

令和３年度経済産業省委託業務報告書

令和３年度化学物質安全対策
(水銀製品に関する国内外実態調査)
調査報告書

令和４年３月
株式会社エックス都市研究所

目次

1. 調査概要	1
1. 1 目的	1
1. 2 調査内容	1
2. 水銀添加製品に関する水銀代替技術及び経済的可能性に関する調査	3
2. 1 水俣条約附属書A見直しに関する調査	3
2. 2 特定水銀使用製品の規制除外に関する調査	16
3. 水銀使用製品の適正分別・排出の確保のための表示等情報提供に関する調査	17
4. 特定水銀使用製品規制運用手引改訂検討会	42

参考資料1 附属書A改正提案（EU、アフリカ地域、カナダ・スイス）の和訳資料

参考資料2 附属書A見直しに関するコンピレーション文書の和訳資料

1. 調査概要

1. 1 目的

水銀による地球環境規模の環境汚染と健康被害を防止するための具体的な取り組みとして、2013年に「水俣条約」が採択され2017年に発効した。我が国としてこの条約の実施を確保し、その他の必要な措置を講ずるための国内法である「水銀による環境の汚染の防止に関する法律（以下、水銀汚染防止法）」を2015年に公布した。以降、経済産業省では、水俣条約附属書Aに定められた水銀添加製品に関する規制の実施及びその見直し及び水銀汚染防止法の適正な実施に取り組んでいる。

附属書Aは、条約発効後5年以内（2021年）に見直しを行うこととされている。このため、2019年11月に開催された第3回水俣条約締約国会議（COP3）では、水銀添加製品について、水銀代替に関する技術的及び経済的な可能性、ヒト健康及び環境へのリスク及びメリット等について、臨時専門家グループを設立し締約国から情報収集を行うとともに、2021年開催予定の第4回水俣条約締約国会議（COP4）に向けて報告を取りまとめることとなった。本調査では、経済産業省として臨時専門家グループ及び締約国会議への議論に積極的に寄与するため、COP4における附属書Aの見直しに向け、水銀添加製品について、水銀代替に関する技術及び経済的可能性についての情報収集及び分析を行い、併せて、水銀添加製品に関する国内規制の運用を見直すことを目的とする。

また、2016年に策定された「水銀使用製品の適正分別・排出の確保のための表示等情報提供に関するガイドライン（以下、政府ガイドライン）」では、水銀汚染防止法第18条の施行後5年以内に、政府ガイドラインを見直す等の措置をとることとされているところ。2021年に見直しすることが規定されている水銀使用製品の適正分別・排出の確保のための水銀等の使用に関する表示等情報提供のあり方についても、本調査において情報収集及び分析を行い、適正化をはかることを目的とする。

1. 2 調査内容

本調査の内容は以下のとおりである。

報告書目次		調査内容
2. 水銀添加製品に関する 水銀代替技術及び経済 的可能性に関する調査		（下記のとおり）
2. 1	水俣条約附属書A見直し に関する調査	・ 臨時専門家グループ会合に参加し、議論内容を把握し、各会合の議事概要を作成した。 ・ 上記臨時専門家グループ会合において取りまとめられた、水銀添加製品に関する製品別のコンピレーション文書の和訳を行った。

		・ COP 4（第二部）及び関連会合に参加し、議論内容を把握し、会合の議事概要を作成した。 ・ 附属書 A 改正提案文書の和訳を行った。
2. 2	特定水銀使用製品の規制除外に関する調査	・ スイッチ・リレー及び計測器に関する許可申請等の審査における「条約で認められた用途」の該否判断について論点を整理した。
3.	水銀使用製品の適正分別・排出の確保のための表示等情報提供に関する調査	・ スイッチ・リレー及びその組込製品並びに計測器の製造者又は輸入者（業界団体を含む）に対して、表示等情報提供に関する取組等についてのヒアリング調査等を実施した。
4.	特定水銀使用製品規制運用手引改訂検討会	・ 経済産業省による上記 2、3 の取りまとめに当たり、事業者等の有識者で構成される検討会を 2 回開催した。
	報告書全体	・ 上記調査結果を報告書としてとりまとめた。

2. 水銀添加製品に関する水銀代替技術及び経済的可能性に関する調査

2. 1 水俣条約附属書 A 見直しに関する調査

水俣条約附属書 A（水銀添加製品）見直しに関し、臨時専門家グループ会合、COP 4 及び関連会合に参加し、情報収集及び概要作成を行った。また、関連資料の翻訳を行った。

2. 1. 1 附属書 A 見直しの検討スケジュール

附属書 A 見直しのスケジュールは、今般の世界的な新型コロナウイルス感染拡大の状況を受けて当初の予定から変更され、2020 年 5 月からオンラインでの臨時専門家グループによる議論が開始された。11 回の臨時専門家グループ会合及び 10 回の製品別の会合を経て、2021 年 4 月 30 日に取りまとめ報告書及び製品別のコンピレーション文書が水俣条約の会期間作業のウェブサイト¹に公開された。また、EU、アフリカ地域、カナダ・スイスによる附属書 A 改正についての提案が COP 4 のウェブサイト²に公開された。附属書 A 改正提案の和訳資料を参考資料 1、附属書 A 見直しに関するコンピレーション文書の和訳資料を参考資料 2 に示す。

2022 年 3 月時点の附属書 A 見直しのスケジュールを表 2. 1. 1 に示す。

表 2. 1. 1 附属書 A 見直しのスケジュール

期限	内容
2020 年 3 月 31 日	締約国による水銀添加製品に関する情報及び水銀を含まないものへの代替に関する情報（技術的及び経済的な代替可能性、ヒト健康及び環境へのリスク及びメリット等）の提供期限。（当初予定。7 月 31 日まで期限延長。）
2020 年 4 月 30 日	締約国以外からの水銀添加製品と水銀フリーの代替製品に関する情報の提供期限。（当初予定。7 月 31 日まで期限延長。）
2020 年 5 月 7 日	第 1 回臨時専門家グループ会合（オンライン） ・5 地域より計 18 名のメンバー
2020 年 6 月 3 日	第 2 回臨時専門家グループ会合（オンライン） ・今次会合にて共同議長決定（アイルランド、ガイアナ）
2020 年 7 月 1 日まで	事務局による現時点までに受領した情報の整理案の作成。
2020 年 7 月 1 日	第 3 回臨時専門家グループ会合（オンライン） ・今次会合より横断的な専門家がオブザーバ参加
2020 年 7 月 21 日	第 4 回臨時専門家グループ会合（オンライン） ・今後の作業スケジュール確定

¹ <https://www.mercuryconvention.org/en/meetings/cop4#cop-intersessional-work>

² <https://www.mercuryconvention.org/en/meetings/cop4.1>

2020 年 7 月 31 日	締約国及び締約国以外からの水銀添加製品と水銀フリーの代替製品に関する情報の提供期限。(延長後)
2020 年 8 月 13 日	製品別のサブグループ、オブザーバ追加等についてのコメント期限。
2020 年 8 月 19 日	第 5 回臨時専門家グループ会合（オンライン）
2020 年 8 月 31 日まで	事務局による締約国から受領した情報の締約国への提供。(当初予定) ⇒7 月 31 日までに提供された情報の水俣条約ウェブサイト上へのアップロード ³ 。
2020 年 9 月～11 月	製品別の会合（オンライン） ※会合には各製品に特化した専門家がオブザーバ参加 ・電池 ・ランプ（CFL, LFL, CCFL, EEFL） ・ランプ（HPMV、その他） ・スイッチ・継電器及びその他の電子装置 ・計測器 ・化粧品 ・駆除剤、殺生物剤及び局所消毒剤、その他の非電子製品 ・衛星燃料 ・製造プロセス（附属書 B）（水銀含有ポリウレタンの使用含む） ・歯科アマルガム
2020 年 11 月 30 日	締約国からの追加修正情報の提供期限。(当初予定)
2020 年 12 月 9 日	第 6 回臨時専門家グループ会合（オンライン） ・製品別の会合の取りまとめ
2020 年 12 月 31 日	締約国からの追加修正情報の提供期限。(延長後)
2020 年 12 月 31 日まで	事務局による締約国から提供された情報の公開。(当初予定)
2021 年 2 月 18 日	第 7 回臨時専門家グループ会合（オンライン） ・臨時専門家グループ会合報告書案取りまとめに向けた作業スケジュール
2021 年 2 月 28 日まで	これまでに整理された製品別のコンピレーション文書に対する追加のコメント、情報の提出。
2021 年 3 月 2 日、3 日	臨時専門家グループ会合報告書案取りまとめの臨時会合（オンライン） ・製品別のコンピレーション文書案の内容
2021 年 3 月 31 日	第 8 回臨時専門家グループ会合（オンライン） ・製品別のコンピレーション文書案の内容 ・臨時専門家グループ会合報告書案の構成

³ <https://www.mercuryconvention.org/en/meetings/cop4#cop-intersessional-work>

2021 年 4 月 14 日	第 9 回臨時専門家グループ会合（オンライン） ・製品別のコンピレーション文書案の取りまとめ ・臨時専門家グループ会合報告書案の構成
2021 年 4 月 21 日	第 10 回臨時専門家グループ会合（オンライン） ・製品別のコンピレーション文書案の取りまとめ ・臨時専門家グループ会合報告書案の取りまとめ
2021 年 4 月 23 日	第 11 回臨時専門家グループ会合（オンライン） ・臨時専門家グループ会合報告書案の取りまとめ
2021 年 4 月 30 日	COP 4 に向けた臨時専門家グループ会合報告書（製品別のコンピレーション文書を含む）の公表。 事務局より附属書 A 改正提案（EU、アフリカ地域、カナダ・スイス）の締約国等への通知。
2021 年 8 月 24 日	ランプのコンピレーション文書の公表。
2021 年 9 月 1 日	附属書 A 改正提案に関する説明会：Minamata Online（オンライン） ・附属書 A 改正提案について提案国からの説明
2021 年 11 月 1 日～5 日	COP 4（第一部）開催（オンライン） ※附属書 A 見直しに関する議論なし
2022 年 3 月 21 日～25 日	COP 4（第二部）開催（対面（インドネシア）及びオンライン） ※附属書 A 見直し（事務局から提出された臨時専門家グループ会合報告書含む。）及び各国からの附属書 A 改正提案について議論 ⁴

⁴ COP 4 の暫定議題(UNEP/MC/COP.4/1) における 4.(a)(i) Review of annexes A and B 及び 4.(a)(iv) Proposals for amendments to annexes A and B
(関連 COP 4 文書)

・ UNEP/MC/COP.4/4 (Review of annexes A and B) , UNEP/MC/COP.4/INF/3
・ UNEP/MC/COP.4/26 (Proposals for amendments to annexes A and B to the Minamata Convention on Mercury) , UNEP/MC/COP.4/26/Add.1～3

2. 1. 2 附属書A見直しに関する臨時専門家グループ会合対応

(1) 我が国の対応状況

(1) - 1 対応の体制等

附属書 A 見直しに関する臨時専門家グループ会合における、我が国の対応体制を表 2. 1. 2 に示す。

表 2. 1. 2 我が国の附属書 A 見直しに関する臨時専門家グループ会合への対応

メンバー／オブザーバの別	対応の体制	
専門家メンバー	経済産業省より 1 名がメンバーとして参画	
製品別オブザーバ	電池、ランプ、スイッチ・継電器及びその他の電子装置、計測器について、関連の業界団体等よりオブザーバ参加	
	電池	(一社) 電池工業会 (BAJ)
	ランプ	(一社) 日本照明工業会 (JLMA)
	スイッチ・継電器及びその他の電子装置	(一社) 日本分析機器工業会 (JAIMA)、(一社) 日本半導体製造装置協会 (SEAJ) 及び同協会会員企業
	計測器	(一社) 日本科学機器協会 (JSIA) 及び同協会の構成団体である東京科学機器協会会員企業、日本硝子計量器工業協同組合会員企業

(1) - 2 情報提供

我が国から水俣条約事務局への水銀添加製品に関する情報提供の状況を表 2. 1. 3 に示す。

表 2. 1. 3 我が国からの水銀添加製品に関する情報提供

製品	提出時期	備考
ランプ、電池	提出済み (2020 年 3 月 31 日まで)	
スイッチ及び継電器	提出済み (2020 年 7 月 31 日まで)	令和元年度業務 ⁵ での検討成果
計測器	提出済み (2020 年 12 月 31 日まで)	令和 2 年度業務 ⁶ での検討成果

⁵ 令和元年度化学物質安全対策 (水銀管理に関する国際動向調査等) 調査報告書

⁶ 令和 2 年度化学物質安全対策 (国際的な化学物質管理戦略構築調査) 調査報告書

（２）附属書Ａ見直しに関する臨時専門家グループにおける議論の概要

表２．１．１のスケジュールにある２０２２年４月に開催された計３回（第９～１１回）の臨時専門家グループ会合に参加し、情報収集及び概要作成を行った。臨時専門家グループ会合の概要を表２．１．４（令和２年度業務において対応した会合を含む。）に示す。

加えて、水俣条約事務局が公表した製品別のコンピレーション文書（臨時専門家グループ会合における議論の取りまとめのために締約国等からの提供情報を編集した文書）のうち、我が国及び関連業界団体より情報提供を行った製品（電池、スイッチ及び継電器、ランプ、計測器、その他の電子装置）に関連するものを翻訳した（参考資料２）。

表２．１．４ 附属書Ａ見直しに関する臨時専門家グループ会合の概要

No.	会合概要	
1	会合名	第１回臨時専門家グループ会合
	開催日時	２０２０年５月７日（木）２１：００～２２：３０（日本時間）
	開催場所	オンライン
	参加国	アルゼンチン、中国、EU、ドイツ、ガボン、ガイアナ、インドネシア、アイルランド、コートジボワール、日本、モンテネグロ、ノルウェー、ペルー、南アフリカ、ウガンダ、米国
	議事	・ 共同議長の選定について ・ 各国からの情報提供について ・ 今後のスケジュールについて ・ オブザーバの選定について
2	会合名	第２回臨時専門家グループ会合
	開催日時	２０２０年６月３日（水）２１：００～２３：００（日本時間）
	開催場所	オンライン
	参加国	アルゼンチン、中国、EU、ドイツ、ガボン、ガイアナ、インドネシア、イラン、アイルランド、コートジボワール、日本、モンテネグロ、ノルウェー、ペルー、南アフリカ、ウガンダ、米国
	議事	・ 共同議長の選定について ・ 各国からの情報提供のテンプレートについて ・ 今後の進め方及びスケジュールについて ・ 提供された情報の充実（Enrichment）について ・ オブザーバの選定について
3	会合名	第３回臨時専門家グループ会合
	開催日時	２０２０年７月１日（水）２１：００～２２：３０（日本時間）
	開催場所	オンライン

No.	会合概要	
	参加国	アルゼンチン、中国、EU、ガイアナ、ドイツ、インドネシア、イラン、コートジボワール、日本、モンテネグロ、ノルウェー、ペルー、南アフリカ、ウガンダ、米国
	オブザーバ	Natural Resources Defence Council (NRDC)、Zero Mercury Working Group (ZMWG)、Centre for Environment Justice and Development (CAJAD)、International Pollutants Elimination Network (IPEN)、Norwegian Institute for Water Research、National Electrical Manufacturer's Association (NEMA)、International Society of Doctors for the Environment (ISDE)、UNEP Global Mercury Partnership、WHO 他
	議事	・ 今後の作業スケジュールについて ・ 提供された情報の充実（Enrichment）について
4	会合名	第4回臨時専門家グループ会合
	開催日時	2020年7月21日（火）21:00～22:00（日本時間）
	開催場所	オンライン
	参加国	アルゼンチン、中国、ガイアナ、インドネシア、アイルランド、コートジボワール、日本、ノルウェー、南アフリカ、ウガンダ、米国
	オブザーバ	NRDC、ZMWG、CAJAD 他
	議事	・ 今後の作業スケジュールについて
5	会合名	第5回臨時専門家グループ会合
	開催日時	2020年8月19日（水）21:00～22:00（日本時間）
	開催場所	オンライン
	参加国	アルゼンチン、中国、EU、ドイツ、ガイアナ、インドネシア、アイルランド、コートジボワール、日本、ノルウェー、南アフリカ、米国
	オブザーバ	NRDC、ZMWG、CAJAD、ISDE、NEMA、Measurement Canada、Instituto Nacional de Tecnologia Industrial、WHO 他
	議事	・ 製品別サブ会合に向けての準備について ・ 製品別サブ会合に参加するオブザーバについて
6	会合名	第6回臨時専門家グループ会合
	開催日時	2020年12月9日（水）22:00～23:30（日本時間）
	開催場所	オンライン
	参加国	アルゼンチン、中国、EU、ドイツ、ガイアナ、インドネシア、アイルランド、コートジボワール、日本、モンテネグロ、ノルウェー

No.	会合概要	
	オブザーバ	NRDC、ZMWG、ISDE、NEMA、Measurement Canada、Instituto Nacional de Tecnologia Industrial、WHO 他
	議事	・今後の予定について
7	会合名	第7回臨時専門家グループ会合
	開催日時	2021年2月18日（木）22:00～23:20（日本時間）
	開催場所	オンライン
	参加国	アルゼンチン、中国、EU、ドイツ、インドネシア、イラン、アイルランド、コートジボワール、日本、ノルウェー、ペルー、米国
	オブザーバ	NRDC、ZMWG、ISDE、NEMA、WHO
	議事	・臨時専門家グループ会合の取りまとめ方針について
8	会合名	臨時専門家グループ報告取りまとめの臨時会合
	開催日時	2021年3月2日（火）22:00～25:00（日本時間） 2021年3月3日（水）23:30～24:10（日本時間）
	開催場所	オンライン
	参加国	アルゼンチン、中国、EU、ドイツ、インドネシア、イラン、アイルランド、日本、ノルウェー、ペルー、米国
	オブザーバ	NRDC、ZMWG、NEMA、Measurement Canada
	議事	・コンピレーション文書のレビューについて ・臨時専門家グループ会合報告書の作成スケジュールについて ・COP4の開催予定について
9	会合名	第8回臨時専門家グループ会合
	開催日時	2021年3月31日（水）22:00～22:45（日本時間）
	開催場所	オンライン
	参加国	中国、EU、ガイアナ、インドネシア、アイルランド、コートジボワール、日本、モンテネグロ、ノルウェー、南アフリカ、ウガンダ、米国
	オブザーバ	NRDC、ZMWG、ISDE、NEMA、UNEP/GMP、Instituto Nacional de Tecnología Industrial 他
	議事	・製品別のコンピレーション文書案の内容について ・臨時専門家グループ会合報告書の取りまとめについて
10	会合名	第9回臨時専門家グループ会合
	開催日時	2021年4月14日（水）22:00～23:45（日本時間）
	開催場所	オンライン
	参加国	アルゼンチン、中国、EU、ガイアナ、ドイツ、イラン、アイルラン

No.	会合概要	
		ド、コートジボワール、日本、ノルウェー、ペルー、ウガンダ、米国
	オブザーバ	NRDC、ZMWG、CEJAD、NEMA、Instituto Nacional de Tecnología Industrial 他
	議事	・製品別のコンピレーション文書案の取りまとめについて ・臨時専門家グループ会合報告書案の取りまとめについて
11	会合名	第 10 回臨時専門家グループ会合
	開催日時	2021 年 4 月 21 日（水）22:00～24:20（日本時間）
	開催場所	オンライン
	参加国	アルゼンチン、中国、EU、ガイアナ、ドイツ、イラン、アイルランド、日本、モンテネグロ、ノルウェー、ウガンダ、米国
	オブザーバ	NRDC、ZMWG、CEJAD、NEMA、Instituto Nacional de Tecnología Industrial
	議事	・製品別のコンピレーション文書案の取りまとめについて ・臨時専門家グループ会合報告書案の取りまとめについて
12	会合名	第 11 回臨時専門家グループ会合
	開催日時	2021 年 4 月 23 日（金）22:00～24:18（日本時間）
	開催場所	オンライン
	参加国	中国、EU、ガイアナ、ドイツ、イラン、アイルランド、日本、ノルウェー、米国
	オブザーバ	NRDC、ZMWG、NEMA、Instituto Nacional de Tecnología Industrial
	議事	・臨時専門家グループ会合報告書案の取りまとめについて

2. 1. 3 COP4 対応

（１）附属書 A 改正提案に関する情報収集

2022 年 4 月 30 日に水俣条約事務局より締約国等に対して通知された、EU、アフリカ地域、カナダ・スイスによる附属書 A 改正提案のうち、附属書 A 第 I 部に関係する内容について、当該提案文書の翻訳を行った（参考資料 1）。

また、附属書 A 改正提案に関連する会合に参加し、情報収集及び概要作成を行った。会合の概要を表 2. 1. 5 に示す。

表 2. 1. 5 附属書 A 改正提案に関連する会合の概要

No.	会合概要	
1	会合名	Information Session on the Proposals to amend Annexes A and B of the Convention (Minamata Online Season 2)
	開催日時	2021 年 9 月 1 日 (水) 21:00~22:30 (日本時間)
	開催場所	オンライン
	参加者	・パネリスト 10 名 (EU、カナダ、アフリカ、水俣条約事務局) ・傍聴者 153 名
	内容	・各国の附属書 A 及び B 改正提案についての説明

(2) COP 4 対応

2022 年 3 月 21 日から 3 月 25 日まで対面 (バリ、インドネシア) 及びオンラインで開催された第 4 回水俣条約締約国会議 (COP 4) の第二部に参加し、会合における議論内容を把握するとともに、概要作成を行った。会合の概要を表 2. 1. 6 に示す。

表 2. 1. 6 水俣条約 COP 4 の概要

会合概要		
開催日時	2022 年 3 月 21 日 (月) ~ 25 日 (金)	
開催場所	インドネシア (バリ) 及びオンライン	
対応議題	4. 締約国による検討又は行動事項 (a) 水銀添加製品及び水銀又は水銀化合物を使用する製造工程 : (i) 附属書 A 及び B の見直し ; (ii) 歯科用アマルガムに関する情報 ; (iii) HS コード (Customs codes) ; (iv) 附属書 A 及び B 改正提案	
対応会合	日時	対応会合
	3 月 21 日 (月)	本会合、附属書 A・B 関連コンタクトグループ
	3 月 22 日 (火)	本会合、附属書 A・B 関連コンタクトグループ
	3 月 23 日 (水)	本会合、附属書 A・B 関連コンタクトグループ
	3 月 24 日 (木)	本会合、附属書 A・B 関連コンタクトグループ
	3 月 25 日 (金)	本会合

(3) COP4 結果概要

① 附属書 A 及び B

- ・附属書 A 第 I 部を下表のとおり改正することを決定した (COP4 において追加された水銀添加製品に網掛け)。

表 2. 1. 7 COP4 において改正された附属書 A 第 I 部 (仮訳)

水銀添加製品	製品の製造、輸入又は輸出が許可されなくなる期限 (段階的廃止期限)
電池 (水銀含有量二パーセント未満のボタン形亜鉛酸化銀電池及び水銀含有量二パーセント未満のボタン形空気亜鉛電池を除く。)	2020 年
スイッチ及び継電器 (極めて高い正確さの容量及び損失を測定するブリッジ並びに監視及び制御のための装置に用いる高周波無線周波数のスイッチ及び継電器であって、ブリッジ、スイッチ又は継電器当たりの水銀含有量が最大二十ミリigramのものを除く。)	2020 年
発光管当たりの水銀含有量が五ミリigramを超える三十ワット以下の一般的な照明用のコンパクト蛍光灯ランプ (CFLs)	2020 年
発光管当たりの水銀含有量が五ミリigramを超えない三十ワット以下の一般的な照明用の安定器内蔵コンパクト蛍光灯ランプ (CFL.i)	2025 年
次のものに該当する一般的な照明用の直管形蛍光灯ランプ (LFLs) (a) 電球当たりの水銀含有量が五ミリigramを超える六十ワット未満の三波長形蛍光体を使用したもの (b) 電球当たりの水銀含有量が十ミリigramを超える四十ワット以下のハロリン酸系蛍光体を使用したもの	2020 年
一般的な照明用の高圧水銀蒸気ランプ (HPMV)	2020 年
次のものに該当する電子ディスプレイ用の冷陰極蛍光灯ランプ (CCFL) 及び外部電極蛍光灯ランプ (EEFL) (a) 電球当たりの水銀含有量が三・五ミリigramを超え、及び長さが五百ミリメートル以下のもの (b) 電球当たりの水銀含有量が五ミリigramを超え、及び長さが五百ミリメートル超千五百ミリメートル以下のもの (c) 電球当たりの水銀含有量が十三ミリigramを超え、及び長さが千五百ミリメートル超のもの	2020 年

全ての長さの電子ディスプレイ用の冷陰極蛍光ランプ（CCFL）及び外部電極蛍光ランプ（EEFL）であって、前項に含まれないもの	2025 年
化粧品（水銀含有量が一質量百万分率を超えるもの）。肌の美白用せっけん及びクリームを含むが、水銀を保存剤として使用する場合において効果的かつ安全な代替の保存剤が利用可能でないときは、眼の周囲の化粧品を含まない。（注）	2020 年
駆除剤、殺生物剤及び局所消毒剤	2020 年
次の非電気式の計測器（水銀を含まない適当な代替製品が利用可能でない場合において、大規模な装置に取り付けられたもの又は高精度度の測定に使用されるものを除く。） (a) 気圧計 (b) 湿度計 (c) 圧力計 (d) 温度計 (e) 血圧計	2020 年
脈波計に使用されるひずみゲージ	2025 年
次の電気・電子計測器（水銀を含まない適当な代替製品が利用可能でない場合において、大規模な装置に取り付けられたもの又は高精度度の測定に使用されるものを除く。） (a) 熔融圧力変換器、熔融圧力伝送器及び熔融圧力センサ	2025 年
水銀真空ポンプ	2025 年
タイヤバルancer及びホイールウェイト	2025 年
写真フィルム及び印画紙	2025 年
人工衛星及び宇宙機用推進剤	2025 年

注 微量の水銀が混入した化粧品、せっけん又はクリームを対象としないことを意図する。

- ・附属書 A 第 II 部を下表のとおり改正することを決定した（COP 4 において追加された措置に網掛け）。

表 2. 1. 8 COP 4 において改正された附属書 A 第 II 部（仮訳）

水銀添加製品	規定
歯科用アマルガム	歯科用アマルガムの使用を段階的に削減するための締約国による措置については、当該締約国の国内の事情及び関連する国際的な手引を考慮するものとし、次の措置から二以上の措置を含める。

	(i) う蝕の予防及び健康の促進を目的とする国の目標を定め、それによって歯科治療の必要性を最小限にすること。 (ii) 歯科用アマルガムの使用を最小限にするための国の目標を定めること。 (iii) 歯科治療のための水銀を含まない代替製品（費用対効果が高く、かつ、臨床的に有効なもの）の使用を促進すること。 (iv) 歯科治療のための水銀を含まない良質の材料の研究及び開発を促進すること。 (v) 代表的な専門的機関及び歯科学校が、歯科治療のための水銀を含まない代替製品の使用及び管理のための最良の慣行の促進について歯科の専門家及び学生に教育及び訓練を行うよう奨励すること。 (vi) 水銀を使用しない歯科治療よりも歯科用アマルガムを使用する歯科治療を有利に扱う保険政策及び保険制度を抑制すること。 (vii) 歯科治療に関し、歯科用アマルガムの良質の代替製品の使用を有利に扱う保険政策及び保険制度を奨励すること。 (viii) 歯科用アマルガムの使用を歯科用アマルガムカプセルに限定すること。 (ix) 水銀及び水銀化合物の水及び土壌への放出を削減するため、歯科用施設における環境のための最良の慣行の利用を促進すること。 さらに、締約国は、次の措置をとる。 (i) 歯科医師によるバルク状の水銀の使用を、適切な場合には措置を講じることにより除外する、又は許可しないこと。 (ii) 患者のニーズに基づいて歯科医師が必要と考える場合を除き、乳歯、15 歳未満の患者、並びに妊娠中及び授乳中の女性の歯科治療において、適切な場合には措置を講じることにより歯科用アマルガムの使用を除外する又は許可しない、或いは使用しないことを推奨すること。
--	--

・ 第 5 回水俣条約締約国会議（COP 5）において、以下の項目の段階的廃止期限及び附属書 A 第 I 部への追加について検討することを決定した。

表 2. 1. 9 COP5において附属書A第I部への追加が検討される項目（仮訳）

水銀添加製品	製品の製造、輸入又は輸出が許可されなくなる期限（段階的廃止期限）
水銀含有量二パーセント未満のボタン形亜鉛酸化銀電池および水銀含有量二パーセント未満のボタン形空気亜鉛電池	2025年又は2029年
極めて高い正確さの容量及び損失を測定するブリッジ並びに監視及び制御のための装置に用いる高周波無線周波数のスイッチ及び継電器であって、ブリッジ、スイッチ又は継電器当たりの水銀含有量が最大二十ミリigramのもの	2025年
次のものに該当する一般的な照明用の直管形蛍光ランプ（LFLs） (a) 電球当たりの水銀含有量が十ミリigramを超えない四十ワット以下のハロリン酸系蛍光体を使用したもの (b) 四十ワット超のハロリン酸系蛍光体を使用したもの	2025年、2027年、2030年のいずれか
次のものに該当する一般的な照明用の直管形蛍光ランプ（LFLs） (a) 電球当たりの水銀含有量が五ミリigramを超えない六十ワット未満の三波長形蛍光体を使用したもの	2027年又は2030年

- ・COP5において、水銀を含む触媒を用いるポリウレタンの製造の附属書B第I部への追加について更なる検討を行うことを決定した。

② HSコード

- ・締約国に対し、UNEP/MC/COP4/27の附属書に掲載されたガイダンス文書案（Draft guidance document on the use of customs codes under the Minamata Convention）を、適切な場合には、自主的に使用するよう呼びかけた。
- ・条約事務局に対し、上記ガイダンス文書案のレビューを継続し、適切な場合には、GMP⁷及びWCO⁸と協力して、同文書案を使用する締約国を支援することを要請した。

⁷ Global Mercury Partnership, UNEP 世界水銀パートナーシップ

⁸ World Customs Organization, 世界税関機構

2. 2 特定水銀使用製品の規制除外に関する調査

水銀汚染防止法上の特定水銀使用製品を製造、組込(部品として他の製品の製造に使用)、特定水銀使用製品またはこれを部品として使用する製品(以下、「特定水銀使用製品等」という。)を輸出入する際は、水俣条約上定められた「水銀を含まない実現可能な代替製品によって交換することができない場合」若しくは「研究、計測器の校正及び参照の標準としての使用を目的とする製品」であることの説明ができれば、例外として規制除外を認めることとなっている。規制除外の適用を求める事業者は、水銀汚染防止法に基づく製造許可申請若しくは用途適合承認申請、または、外国為替及び外国貿易法(以下、「外為法」という。)に基づく輸出入承認申請を行う必要がある。経済産業省では、許可または承認に際して、提出された申請書及び添付書類の記載内容について審査を行う。

本調査では、これまで得られた知見に基づき、「条約で認められた用途」の該否判断における論点を整理した。

3. 水銀使用製品の適正分別・排出の確保のための表示等情報提供に関する調査

水銀汚染防止法の第18条に基づき、水銀使用製品の製造又は輸入の事業を行う者は、当該水銀使用製品への水銀等の使用に関する表示その他の消費者が水銀使用製品を適正に分別して排出することを確保することに資する情報を提供するように努めなければならないとされている。その事業者が参考とするものとして、2016年に策定された「水銀使用製品の適正分別・排出の確保のための表示等情報提供に関するガイドライン」(政府ガイドライン)には、水銀使用製品の適正分別・排出の確保のための表示等の情報提供の望ましい在り方が解説されている。政府ガイドラインの見直しの必要性等を検討するため、水銀使用製品(スイッチ・リレー及びその組込製品並びに計測器)の製造者または輸入者に対してヒアリング調査を実施し、表示等情報提供⁹に関する取組等の把握を行った。ヒアリング調査の概要を表3. 1に示す。

表3. 1 表示等情報提供に関するヒアリング調査概要

大分類	中分類		ヒアリング先	事業の種類
スイッチ・リレー	水銀リレー	単体製品	個別企業(1社)	製造
		組込製品	個別企業(数社)	製造または輸入
計測器	真空計		日本科学機器協会	製造
	温度計		日本硝子計量器工業協同組合	製造
	圧力計		日本圧力計温度計工業会	製造

調査結果を以下に示す。

⁹ 政府ガイドラインにおける表示等情報提供の定義は以下のとおりである。

- 表示：製品本体又はそれに付随するもの(添付文書その他の取扱説明書やパッケージ)に、水銀等使用等について記載又はラベル・銘板貼付を行うこと。
- 情報提供：表示、パンフレット・カタログへの掲載配布やウェブページへの掲載、販売店での告知等、譲渡先が当該製品に水銀等が使用されていること(水銀等使用)等を認識できるようにすること。

また、情報提供の内容として、「水銀等の使用有無」「水銀使用製品の判別方法」「水銀等の使用箇所」「水銀の含有量」「分別・回収の重要性」「処分方法に関する情報」が挙げられている。

(1) スイッチ・リレー

(1) - 1 水銀リレー(単体製品)

①表示等情報提供に関する取組		
水銀使用製品		・水銀リレー
情報提供の方法・内容等	本体表示	・本体に UP 方向（矢印「↑」や「UP」の文字）を表示（水銀リレーは使用する向きがあるため。過去に販売されていた他社の水銀リレーにも同様に、UP 方向の表示があると考えられる）。生産開始時より実施。 ・水銀リレーに組み込む水銀スイッチ（ベルギーより輸入）の本体には表示されていない。
	パッケージ	・梱包パッケージに UP 方向を示すシールを貼付。生産開始時より実施。
	添付文書	・用途適合承認・輸出承認取得品については、経済産業省よりの承認書面を添付予定。同書面によって、水銀の使用、同使用箇所、含有量が確認可能と思われる。 ・2020 年 12 月 31 日より前の製品（完成品）は書面なし。
	その他	【ユーザーの水銀使用等の把握状況】 ・ユーザーは水銀リレーの仕様を求めて購入するため、水銀リレーであることを知らずに使用（組込）するユーザーは想定されない。なお、需要は減少傾向にある。 【ユーザーからの情報提供依頼】 ・顧客より要求され、SDS（Safety Data Sheet：安全データシート）を提供するケースがある。廃棄時よりも、輸出入時に必要となる場合の依頼が多いようである。
情報提供以外の取組		・ユーザーより、水銀リレー（水銀リレーの組込製品製造者が製品のメンテナンス時に回収した水銀リレー等）の回収を要請される場合がある。（しかしながら、廃棄物処理法上の問題があり、回収は難しい）
流通形態を踏まえた取組		・水銀リレーは、ユーザーに直接または代理店経由で販売する。 ・直接販売か、代理店経由かで、情報提供等の取組状況に差はない。
情報提供等に係る留意点等		・廃棄時のマニフェスト交付も含め、ユーザーにおいて水銀リレーの適正廃棄の重要性は認識されていると考えられる。
業界団体、他事業者との連携		—
② 参照／策定しているガイドライン及び見直しの有無等		
—		
③ 政府ガイドラインに関するご意見等		
政府ガイドラインの今後の改定動向を踏まえ、追加すべき取組や必須事項があれば都度対応。		

(1) - 2 水銀リレーの組込製品

① 表示等情報提供に関する取組		
水銀使用製品		・半導体検査装置 ・極性切替コントローラ ・ESD 試験装置
情報提供の方法・内容等	本体表示	・複数の事業者が装置本体（外装）に「Hg」のシールを貼付。 ・複数の事業者が装置内部の、水銀リレーを使用したモジュール／ユニットに「Hg」のシールを貼付。 ・装置内部の水銀リレー（海外製品）に、水銀リレーであること（“Mercury Contactor”）がラベル表示されていることを確認している事業者も存在。
	パッケージ	—
	添付文書	・複数の事業者が、装置の添付文書（マニュアル／取扱説明書／設計図面）において、以下の内容（いずれかまたは複数）を記載。 ➤ 水銀（リレー）が使用されていること ➤ 水銀リレーが使用されている位置 ➤ 廃棄時は当該事業者に連絡すること／環境汚染防止の観点から廃棄時は当該事業者に連絡すること ➤ 廃棄時は適切に処理すること ・製品全般（水銀使用製品に限らない）に添付する、安全使用に関する注意文書において、水銀リレーを使用した製品があること（判別のための型番情報を含む）、環境汚染防止の観点から廃棄時は当該事業者に連絡することを記載している事業者も存在。
	その他	【カタログ】 ・複数の事業者が、カタログにおいて、以下の内容（いずれかまたは複数）を記載。 ➤ 水銀リレー（水銀を含む部品）を使用した製品であること ➤ 廃棄時は地域の法規に従って適切に処理すること（詳しくは、自治体、水銀リレー取扱いメーカー、または、当該事業者に相談すること） ・取扱製品が特注品である事業者では、カタログ販売を実施していない事例も存在。 【ウェブサイト】 ・ウェブサイトに「水銀製品に対する基本方針」として、水銀使用製品には装置本体や装置内部のユニットにシール表示すること、廃棄時に水銀リレーの取り外し等の対応をすること等を記載している事業者も存在。 ・取扱製品が特注品である事業者では、ウェブサイトにおける水銀使用製

	品の記載等の情報提供を実施していない事例も存在。 【販売時の告知】 ・複数の事業者が、販売時に担当者より水銀リレーを使用した製品であること等を説明。見積書に、水銀リレーを使用した製品であることを記載している事業者も存在。 【既製造品への対応】 ・複数の事業者が、修理・メンテナンスまたは定期的な校正時に、以下の情報提供（いずれかまたは複数）を実施 ➤ 水銀リレーを使用した製品であることを説明 ➤ 既製造品に「Hg」シールを貼付 ➤ 「水銀使用製品に対する基本方針」の文書を提供 ➤ 廃棄時は当該事業者にご相談すること等を案内 【ユーザーからの情報提供依頼】 ・複数の事業者が、ユーザーより取扱製品の廃棄時／輸出入時等に問合せを受け、情報提供（以下のいずれかまたは複数）を実施 ➤ SDS、RoHS 指令関連の証明書等を提供 ➤ 水銀リレーの使用箇所（ユニット）を案内
情報提供以外の取組	・ユーザーより廃棄時に問合せを受け、担当者がモジュール／ユニットまたは水銀リレーの取り外しを実施している事業者も存在 ・モジュールの修理時に不良品である水銀リレーの下取り回収（新しい水銀リレーと交換）を実施している事業者も存在
流通形態を踏まえた取組	・全て事業者向け製品であり、直接販売または代理店経由の販売 ・複数の事業者が、代理店経由で水銀使用製品を販売しているが、いずれも当該事業者の担当者が取引には必ず関与するため、情報提供は問題なく実施されている。
情報提供等に係る課題、留意事項	・以下の課題／留意事項が挙げられた。 ➤ ユーザーにおける使用状況の把握が課題である。定期的なメンテナンス時に把握するようにしているが、当社が知らないうちに使用を終了している場合がある。また、担当者が代わった場合に、新たな担当者が水銀リレーの使用について認識しているかは不明である。企業の統廃合によって窓口が不明となるケースもある。 ➤ 過去の製品であり、校正依頼もない場合には、水銀リレーを使用した製品であることを、顧客が十分に把握していない可能性がある。 ➤ 廃棄時の具体的な手続きに関して、事業者が取扱説明書等に記載できるよう、（必要に応じて文章を引用可能な）参考文書があることが望ましい。

	➤ 商社が輸入販売する際には、仕入先より情報提供がなければ、取扱製品の技術部門が図面等より水銀の使用有無を判断することが考えられる。
業界団体や他事業者との連携	・複数の事業者が、関係の深い業界団体と情報共有を実施。
② 参照／策定しているガイドライン及び見直しの有無等	
・複数の事業者が、関連のある業界団体の自主ガイドライン（例：電機・電子4団体「水銀使用製品等の適正分別・排出の確保のための表示等情報提供に関するガイドライン」）を参考にしている（または、確認している）。 ・政府ガイドラインを参考に情報提供の取組を実施している事業者も存在。	
③ 政府ガイドラインに関するご意見等	
・特になし。	

（２）計測器

（２）－１ 真空計

① 表示等情報提供に関する取組		
水銀使用製品		・マクラウド真空計・U字型真空計 ・組込して使用されることはほとんどない（会員企業は、組込製品の製造、販売を実施していない）。なお、研究用途が多く、装置の性能検査で使用する真空計として付属品として同梱されるケースが考えられる。
情報提供の方法・内容	本体表示	・両製品ともに、透明ガラス内の水銀を目視可能。 ・（マクラウド真空計）製品本体に水銀量を記載したシールを貼付。上部に水銀の取扱い注意を表示（別紙１．１）。 ・（U字型真空計）下部に水銀の取扱い注意を表示（別紙１．１）。
	パッケージ	・（マクラウド真空計）真空計本体と分けて梱包・出荷する水銀に水銀の旨を表示。 ・（U字型真空計）梱包に、水銀使用製品であること、衝撃・横転禁止などを記載したシールを貼付（別紙１．１）。なお、U字型真空計は、水銀を抜くことはできない構造である。
	添付文書	・水銀を使用した製品であり取扱いは注意すること、廃棄の際は専門の処理業者へ依頼することを記載した注意書を、取扱説明書とは別に同梱（別紙１．２）。 ・（マクラウド真空計）水銀の量を記載。
	その他	・製品カタログ及び各社ホームページの製品紹介に、水銀使用製品であること、廃棄の際には適正分別・排出が必要なことを記載（別紙１．３）。

		・製品を販売する際には、製品に水銀を使用していることなどの情報を記載した告知文書（別紙1．4）を提供。 ・ユーザーの要求に応じて、SDS（Safety Data Sheet：安全データシート）を提供することが増えてきている。 （WDS（Waste Data Sheet：廃棄物データシート）は要求されたことがない）
情報提供以外の取組		・ユーザーから回収の依頼がある場合は、廃棄証明を発行できないため断っており、専門処理業者への依頼をお願いしている
流通形態を踏まえた取組		・流通形態の大半は、製造事業者 → 代理店（商社） → 最終ユーザー（事業者）のルート（一部、付属品としてのセット販売あり）。 ・告知文書を提供する際、本告知文書が最終ユーザーまでにわたるよう依頼。 ・なお、直接販売した最終ユーザーは把握しているが、代理店が販売した最終ユーザーは把握していない。ユーザーから問い合わせがあり、判明する場合もある。
情報提供等に係る留意点等		・特になし。
業界としての取組推進策		・協会では、毎年、夏季（7月下旬から8月上旬）の期間、1週間にわたって、関連友好団体である日本理科教育振興協会、日本教材備品協会と共催で、会員企業を対象に、実践講習を含む毒物・劇物の取扱資格者の養成を目的とした「毒物・劇物取扱者資格試験受験準備講習会」を開催。 ・自主ガイドライン作成の旨を、水銀使用製品を製造・輸入している会員企業に対し機関誌にて周知。 ・作成した自主ガイドラインを協会ホームページに掲載。現在、ホームページに掲載は無いが、再度掲載する予定。 （協会として、廃棄物の処理方法をホームページ等に掲載する予定はない）
② 策定している自主ガイドラインの見直し有無等		
		・これまでの取組に関して特に課題もなく、会員企業からの問い合わせもないため、特に自主ガイドラインの見直しは考えていない。
③ 政府ガイドラインに関するご意見等		
		・会員企業からの問い合わせもないため、特に意見はない。

(別紙 1. 1) 真空計 本体表示

・製品本体

マクラウド真空計



※マクラウド真空計の水銀量の表示は、性能上、適正な水銀量でご使用いただく必要があるため表示しております。

U字型真空計



・パッケージ

真空計の梱包貼付けシール(例)



出典：水俣条約対応技術的事項検討会（第8回）、平成28年12月27日、資料2

水銀の取扱についてのご注意。ご使用の前に必ず読みましょう！

● 当社からのお願い

- ★この説明書は当製品の水銀について、安全かつ効果的にご使用していただくためのインフォメーションガイドです。よくお読みになってから、当製品の水銀を取扱うようにして下さい。
- ★本書は常に便覧として、当製品の付添に保管して下さい。
- ★本書を汚損・破損・紛失した場合には、速やかに当社へ、発信して下さい。
- ★当製品を譲渡される場合には、次の所有者に、本書を必ず添付し、譲渡して下さい。

● ご使用の際には、こんなことに注意しましょう。

- ★水銀を取扱う時は、目、皮膚、衣服等に触れないように取扱いして下さい。適切な保護具を着用していただければより安全の効果が高くなります。適切な保護具（保護マスク、保護メガネ、保護手袋、保護靴等）着用がより安全です。
- ★水銀をこぼさぬように注意して作業して下さい。こぼれた恐れがある時は受け皿を準備しその上で作業をして下さい。
- ★落差の大きい段差から落下すると飛沫が飛びます。落差を小さくして作業をして下さい。（右図を参照）
- ★水銀に熱や日光が当たらないようにして下さい。
- ★水銀を真空状態もしくは加熱状態で使用する際には、室内の排気（換気）を充分に行って下さい。密閉であっても水銀の蒸気が発生しますので、同様に換気して下さい。
- ★水銀容器の開閉、開封を防ぐため容器の破損にご注意下さい。
- ★水銀が味等にこぼれた場合には、羽根ぼうきで吹き集めスポンジで吸い取るか、または他の金属（亜鉛粉等）でアマルガム（金属化合物）として無害化した上で除去して下さい。
- ★水銀蒸気を吸引したり、水銀を飲んだりしないで下さい。
- ★水銀の取扱後は、必ず手洗いを繰り返して下さい。



● 以下の情報は水銀の安全管理にとっても役に立ちます。

事故時の応急措置

- ・皮膚に付いた場合→直ちに大量の水で洗い流して下さい。
- ・目に入った場合→直ちに流水で洗い流して下さい。
- ・吸入した場合→直ちに鼻をかみ、うがいをして下さい。
- ・誤飲した場合→多量の水でうがいをし、可能であれば吐き出させ、医師の手当てを受けて下さい。

火災時の応急措置

- ・燃焼性はありませんが、火災により有毒ガスが発生します。周辺火災の場合には、速やかに容器を安全な場所に移動して下さい。
- ・移動不可能な場合は、容器及び周囲に敷水して冷却して下さい。消火剤は多量の水が適当です。

輸送上の注意

- ・容器が破損しないように充分な梱包を行い、取扱は慎重にして下さい。
- ・航空輸送はできません。
- ・当社の U 字型 / F 型等の真空計（絶対真空計）以外の真空計に関しては、ゲージと本体と水銀を別々にして輸送して下さい。水銀は比重が重く、振ったり揺れたりすると、ゲージ管が破損する場合がありますし、また大気開放時のゲージ管の出口から水銀が漏れ出す恐れがありますので注意して下さい。

保管上の注意

- ・保管容器は完全に密閉するか水銀の表面を水で拭いて下さい。
- ・長期の保存の場合には、幼児・子供の手の届かない、安全な倉庫等に保管して下さい。
- ・製品に使用する以外に、水銀そのものを室外や屋外を問わず設置しないで下さい。
- ・用済みの水銀は専門の処理業者へ出して処理して下さい。

■ 使用水銀のインフォメーション情報

物質の特定

- ・化学名：水銀
- ・化学式・構造式：Hg
- ・化審法番号：対象外
- ・含有量：99.999%

化学的・物理的性質

- ・外観：銀色の液体
- ・引火点：—
- ・水溶性：—
- ・比重：13.55
- ・爆発範囲：—
- ・燃点：—
- ・融点：-38.83℃
- ・沸点：356.73℃
- ・安定性：空気中で熱すると酸化します。
- ・その他：①アルミニウムとは激しく反応し、腐食します。
②本製品に使用されている水銀は、メチル水銀（有機水銀）ではありません。
③室内に水銀を放置すると、0℃でも気化します。

水銀の適用法規

- ・毒劇物取締法 第2条毒物
- ・消防法 貯蔵等の届け出を要する物質 20kg
- ・危険物・航空法 毒性毒物
- ・水質汚濁防止法 第2条有害物質
- ・労働法 特定化学物質第2類 有害物質

★記載内容は、現時点で入手できた資料や情報に基づいて作成してありますが、それが情報の正確さ、安全性を保障するものではありません。またこの情報は、新しい知見と試験等によって改正されることがあります。

★本書の注意事項は、製品の通常の取扱を対象としたものですが、この製品の定められた用途以外での使用はおやめ下さい。

★当製品の水銀には、上記に記載しているように法規が適用されています。法規を遵守した使用を行って下さい。

お問い合わせ先

05 株岡野製作所

堺屋川営業所 ☎ 573-0608 大阪府堺市東区太田町 16 番地 8 号
TEL 072-827-0801 FAX 072-828-3273

(別紙 1. 3) 真空計 ホームページの製品紹介

マクラウド真空計<型式 : NEW-S>



毛細管球部の残留気体を圧縮し、微小圧力を拡大して真空度を測定するもので、簡単な回転操作で気体の種類に関係なく直接測定できます。

測定範囲 : 0.1~1300Pa

作動液 : 水銀

注意 :

本製品は水銀を使用しております。水銀は高い毒性を有する物質であることから正しい使用が必要です。また、廃棄等の際には、適正に分別し、排出することが必要です。製品には水銀の取扱注意事項の資料を添付しておりますので、ご使用前に必ずお読みいただくようお願い申し上げます。

液柱型真空計 (U字型、PB型)



型式 U字型

木製パネル U字型真空計

測定範囲 : 0.2~23kPa (4機種)

作動液 : 水銀

注意 :

本製品は水銀を使用しております。水銀は高い毒性を有する物質であることから正しい使用が必要です。また、廃棄等の際には、適正に分別し、排出することが必要です。製品には水銀の取扱注意事項の資料を添付しておりますので、ご使用前に必ずお読みいただくようお願い申し上げます。

出典 : http://www.okanoworks.com/pro_J01.html

(別紙 1. 4) 真空計 ユーザーへの告知文書

資料 2-6 別添 2

水銀使用製品の適正分別・排出の確保のための表示等情報提供に関する
ガイドライン（一般社団法人 日本科学機器協会）に基づく告知文書

御〇〇〇

拝啓 時下ますますご隆盛のこととお喜び申し上げます。平素は並々ならぬお引き立てを賜り、厚くお礼申し上げます。

さて、この度、当社では「水銀による環境の汚染の防止に関する法律第 18 条」に基づいて、製品廃棄時の適正分別・排出の確保に資するため、水銀使用製品への水銀等の使用に関する表示等の提供方法等について、一般社団法人 日本科学機器協会のガイドラインに従い、下記の情報について、水銀に関する表示の提供を推進しております。

つきましては当社の製品を販売する際には、本告知文書の主旨が最終ユーザまで徹底して行き渡るようご協力の程お願いいたします。

敬具

記

- ・製品に水銀を使用していること
- ・水銀は高い毒性を有する物質であることから、正しい使用が必要であること
- ・廃棄等の際は、適正に分別し、排出することが必要であること

以上

(2) - 2 温度計

① 表示等情報提供に関する取組	
水銀使用製品	・ ガラス製水銀温度計 ・ 組合員企業の多くは、組込製品の製造は実施していない（製品への組込については、LPG 計測用の浮ひょう等に使用される）。装置とセットで販売される場合もある。
情報提供の方法・内容	本体表示 ・ 組合で表示シールを作成、組合員企業へ配布し、製品本体またはパッケージへの表示シールの貼付を推進している（可能な限り本体への表示を推進。目盛が見えなくなる等の理由から製品本体に表示シールを貼ることが難しい製品にはパッケージへの表示を推進）。(別紙2. 1) ・ 製品の形状から透明ガラス内の水銀を目視可能。
	パッケージ ・ 収納する筒が小さいため、記載が難しいが、筒に水銀温度計と記載しているものもある。
	添付文書 ・ 水銀温度計は使い方が明らかであるため、取扱説明書は無い。
	その他 ・ 各社ホームページの製品紹介や製品カタログに、水銀使用製品であることを記載。 ・ 製品を販売する際には、製品に水銀を使用していること、廃棄時には法に基づき適正に廃棄することなどを記載した組合作成の告知文書を提供。
情報提供以外の取組	・ 特になし。
流通形態を踏まえた取組	・ 販売先は事業者（商社、組込製品の製造事業者、最終ユーザー） ・ 流通形態の大半は、製造事業者 → 代理店（商社） → 中間ユーザー（組込製品の製造事業者）又は最終ユーザー（事業者）のルート。なお、代理店（商社）→最終ユーザー（事業者）の割合が大きい（組込製品として販売されることは少ない）。 ・ 大半が受注生産方式（見込み生産もあり※割合不明）。客先の要求仕様に基づき都度製造・納入。 ・ 多くが商社など複数事業者を介して最終ユーザーに販売される流通形態（ユーザーと直接やり取りする機会は少ない）を踏まえ、告知文書を提供する際に、告知文書が最終ユーザーまでにわたるよう依頼。(別紙2. 2) ・ なお、商社のカタログ、ウェブサイトにおいても、基本的には、水銀使用製品であることが記載されていると思われる。
情報提供等に係る留意点等	・ 特になし。
業界としての	・ 組合のホームページにて、ガイドライン・廃棄について掲示。

取組推進策	・自主ガイドライン作成の旨を、水銀使用製品を製造・輸入している会員企業に対し個別に周知。全会員企業に対し理事会や総会場で口頭ベースにて周知、確認。 ・今後は月報で各組合員の水銀製品に対しての取組状況を確認・把握するとともに、水銀シールの使用や「納品書に水銀を使用している製品である旨を記載してください。」の文言を記載するなど、組合員に当組合の自主ガイドラインの徹底を依頼する。
② 策定している自主ガイドラインの見直し有無等	
・特になし。	
③ 政府ガイドラインに関するご意見等	
・特になし。	

(別紙2. 1) ガラス製水銀温度計 本体／パッケージ表示

・表示シール



・製品本体



・パッケージ

紙筒



出典：日本硝子計量器工業協同組合

(別紙 2. 2) ガラス製水銀温度計 ユーザーへの告知文書

平成 28 年 12 月

お客様各位

〒162-0837
東京都新宿区納戸町2-5-1
日本計量会館内
日本硝子計量器工業協同組合
TEL : 03-3268-4847
FAX : 03-3235-4847
E-mail : jekumiai@aiores.ocn.ne.jp

水銀使用計測器の適正廃棄についてお願い

平素は、「ガラス製温度計」のご使用につきまして「日本硝子計量器工業協同組合」の製品をご愛顧いただき厚く御礼申し上げます。

さて、水銀による環境の汚染の防止に関する法律が平成 27 年 3 月閣議決定され、同年 6 月に可決・成立しております。

以前より当業界で製造しております「ガラス製温度計、水銀を重りとした浮ひょう、フォルタン気圧計」に水銀を使用している製品がございます。
当業界としましては水銀代替の製品化と共に出来る限り水銀を使用しないよう鋭意努力をいたしておりますが、水銀でないと計測器として性能維持できない領域がございます。

お客様におかれましては、水銀使用計測器を廃棄される場合には、廃棄物処理法に基づき適正に廃棄されているものと存じますが、あらためまして徹底ご協力をお願いする次第でございます。

まず、製造メーカーにお問い合わせください。

私ども組合員の製品でしたら、ホームページに記載の事業所または組合事務局までお問い合わせいただきたくお願い致します。

現況をご理解いただき、ご対応宜しくお願い申し上げます。

ガラス製水銀温度計の廃棄について

日本硝子計量器工業協同組合は、水銀に関する水俣条約を踏まえ、既存の使用済みガラス製水銀温度計に廃棄に係る情報を提供いたします。

- ・ガラス製温度計の中には、水銀を使用した製品があります。
- ・当組合としては、以下の方策に取り組んでいます。
 - 製品カタログに対する水銀使用の記載
 - 取扱い説明書に対する水銀使用の記載
- ・また、感温部から目盛部までどなたでも目視することができ、その性能を確認することができます。



ガラス管の中の毛細管に感温液を封入、目盛は表面に刻まれております。

(赤色液は、水銀ではなく、赤い色で染色したアルコール、白灯油などです)

- ・なお、廃棄の際は、産業廃棄物として廃棄事業者にご相談の上、廃棄してください。お求め先などにご相談願います。
- ・その他、不明な点があれば、当組合までお問い合わせください。

法律に関するリンクは下記の通りです。

- ・経済産業省ホームページ <http://www.meti.go.jp/main/rules.html>
- ・環境省ホームページ <http://www.env.go.jp/mail.html>
- ・水銀汚染防止法の掲載場所 (環境省のホームページに掲載されています)
<http://www.env.go.jp/chemi/tmms/law.html>

(2) - 3 圧力計

① 表示等情報提供に関する取組		
水銀使用製品		・電気式高温用ダイヤフラムシール圧力トランスミッタ ・高温用ダイヤフラムシール圧力計 ・水銀液柱型圧力計 ・会員企業は、組込製品の製造、販売を実施していない
情報提供の方法・内容	本体表示	・水銀を使用している旨を、目盛版に表示又は本体に銘板を貼付（別紙３．１）
	パッケージ	・特段の表示はしていない
	添付文書	・製品取扱説明書に水銀を使用している旨を記載（別紙３．２：水銀が封入されていること、廃棄する場合は廃棄物処理法に則り適正に行うことの喚起を記載）
	その他	・製品カタログに、水銀使用製品であることを記載（別紙３．３） ・各社ホームページの製品紹介に、水銀使用製品であることを記載 ・製品を販売する際には、製品に水銀を使用していることなどの情報を記載した告知文書を提供（別紙３．４）
情報提供以外の取組		－
流通形態を踏まえた取組		・販売先は事業者（商社、組込製品の製造事業者、最終ユーザー） ・流通形態の大半は、製造事業者 → 代理店（商社） → 中間ユーザー（組込製品の製造事業者）又は最終ユーザー（事業者）のルート。生産量のうち大半が、代理店経由中間ユーザー向け ・受注生産方式（見込み生産はない）。客先の仕様に基づき都度製造・納入 ・告知文書を提供する際、本告知文書が最終ユーザーまでにわたるよう依頼
情報提供等に係る留意点等		－
業界としての取組推進策		・ユーザーに対し適正廃棄を遵守してもらうよう、工業会として周知文書を作成し、水銀使用製品を製造・販売している会員企業に提供 ・工業会のホームページのトップページに「水銀使用計測器の適正廃棄についてのお願い」として周知文書を掲載し、注意喚起を実施 ・自主ガイドライン作成の旨を、水銀使用製品を製造・輸入している会員企業に対し個別に周知／全会員企業に対し理事会や総会の場で周知
② 策定している自主ガイドラインの見直し有無等		
・特になし。		
③ 政府ガイドラインに関するご意見等		
・特になし。		

(別紙 3. 1) 圧力計 本体表示



<高温用ダイヤフラムシール圧力計>



<同トランスミッタ>



<水銀充満式温度計>

※生産中止済み

<水銀液柱型圧力計>



<銘板の例（この他、目盛板に表示しているものあり）>

出典：水俣条約対応技術的事項検討会（第 5 回）、平成 27 年 11 月 27 日、資料 2

(別紙 3. 2) 高温ダイヤフラムシール式圧力計取扱説明書_抜粋

(参考 2) 高温ダイヤフラムシール式圧力計取扱説明書_抜粋

TY10-22	5/15	改 3
---------	------	-----

⚠ 危険

酸素と油が接触すると爆発するおそれがあります。
このため、酸素を含む測定流体に対しては必ず禁油処理の施された圧力計を使用してください。

⚠ 危険

加圧中に計器を分解すると、測定流体が突出し人身事故に発展するおそれがありますので、加圧中に計器は絶対分解しないでください。

⑩高温用ダイヤフラムシール式圧力計には水銀が封入されており、水銀は密度が高いことから指示部と受圧部とに高さの差があると指示誤差を生じるとともに、計器に損傷を与え使用不可能になることがありますので次の範囲内で取り付けて下さい。

スパン圧力の 20%を超えない範囲で 指示部が受圧部より上の場合 0.5m 以内こと。
指示部が受圧部より下の場合 2.0m 以内こと。

⚠ 危険

本圧力計を容器から取り外す際は、配管内の圧力が完全に大気圧と一致したことを確認した後に作業を行ってください。残圧がある状態で作業を行うと測定流体が突出し、人身事故に発展する可能性があります。
特にヘッド圧力が加わった状態では注意が必要です。

⚠ 危険

測定流体が酸素あるいは酸素を大量に含む気体の場合には、測定流体に接する部分は十分に洗浄した上使用して下さい。
測定流体に接する部分に油分が付着していると、酸素と反応し発火爆発の危険があります。

⚠ 警告

本圧力計には水銀が封入されています。
本圧力計を廃棄する場合は「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」に則り適正に行ってください。
また、万が一ダイヤフラムやリードの破損等により水銀が製品外部へ漏れた場合は、漏れた水銀を速やかに回収し「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」に則り適正に廃棄してください。

(2) 取り外し要領

測定流体が温度低下によって固化する場合、取り外しは受圧部付近の測定流体が適度な流動性を失わない高温のうちに実施してください。

温度が下がり過ぎると測定流体がダイヤフラム面に固着しはじめ、取り外す際にダイヤフラムを破損させることがあります。

- ① 取り外しにあたっては、取り付けねじのみを回転させ、できるだけ受圧部を回さないように注意してください。

特にねじ接続式で A 寸法が長く取り外しが困難な場合は、オプションのジャッキアウトカラを用いて取り外してください。（図 8-1）

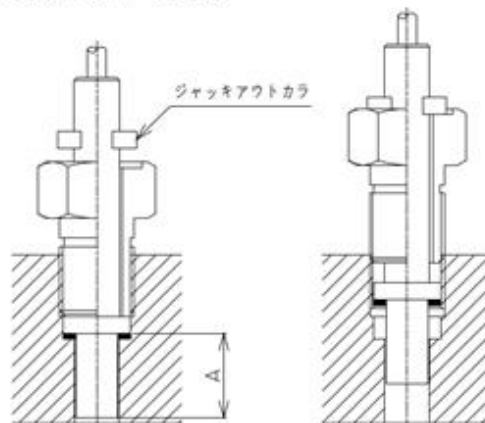


図 8-1 ジャッキアウトカラによる取り外し

- ② 取り外し後、ダイヤフラム面に測定流体が固着している場合には、適当な溶剤を用いるか加熱（330℃以下）して溶かし除去してください。

⚠ 警 告 ⚠

本圧力計には水銀が封入されています。

修理等で弊社又は弊社関連会社へ返送する際には、万が一輸送中に水銀が製品外に漏れた場合に梱包箱外に拡散しないよう製品をポリエチレン袋等で包むとともに、その袋が破れないように梱包してください。

11. 故障対策

不適合発生の際は〔付表 1. トラブルシューティング〕をご参照の上、対処してください。

以上の作業でも解決しない場合は、弊社代理店又は営業所までご連絡ください。

PM26・43

液柱形圧力計

(参考 3) 液柱型圧力計 (PM26) カタログ



特 長

- ・高精度圧力測定器の校正用として、高精度スケール仕様もあります。
- ・1/20目盛まで読み取ることのできるバーニアタイプもあります。(バーニアタイプは高精度スケールとなります。)
- ・ガラス管内径を従来品より太くし(φ6からφ8)液面の読み取り精度が上がりました。
- ・PM43圧力コントローラには微調整用の手動ポンプが内蔵されていますので、従来品より圧力コントロールが良好になりました。
- ・電動式真空ポンプユニットを用意しています。必要に応じ別途ご用命ください。(形番：XJ26-111)
- ・基準器検査・JCSS校正証明書・一般校正証明書対応品。(PM26のみ対応となります。)

製作仕様

PM26 液柱形圧力計

測定範囲 kPa						L (高さ) mm	質 量 約 kg
水 柱			水銀柱				
正 圧	負 圧	両 用	正 圧	負 圧	両 用		
0～8	～8～0	～8～8	0～100	～100～0	～100～100	1,170	30
0～10	～10～0	～10～10	0～130	———	～100～130	1,370	32
0～15	～15～0	～15～15	0～200	———	～100～200	1,880	37
0～20	～20～0	～20～20	———	———	———	2,390	42

スケール	使用液	精 度		最小目盛	形 番
標 準	水	正 圧	±(0.2%O.R. 又は 20Paの大きい方)	0.02kPa	PM26-31□
		負 圧			
	水 銀	正 圧	±0.5kPa	0.5kPa	PM26-32□
		負 圧			
高精度	水	正 圧	±(0.1%O.R. 又は 10Paの大きい方)	0.01kPa	PM26-41□
		負 圧			
	水 銀	正 圧	±0.2kPa	0.2kPa	PM26-42□
		負 圧			

注-1 精度は、20℃±3℃ 重力加速度を補正後にて

注-2 %O.R. : % of reading (読み値の%)

注-3 負圧側の検査及び校正は、－90kPaまでとなります。

注-4 基準器検査の場合、最小目盛が精度となります。

注-5 負圧側は、基準器検査、JCSS校正の対応不可となります。

PM43 圧力コントローラ単体

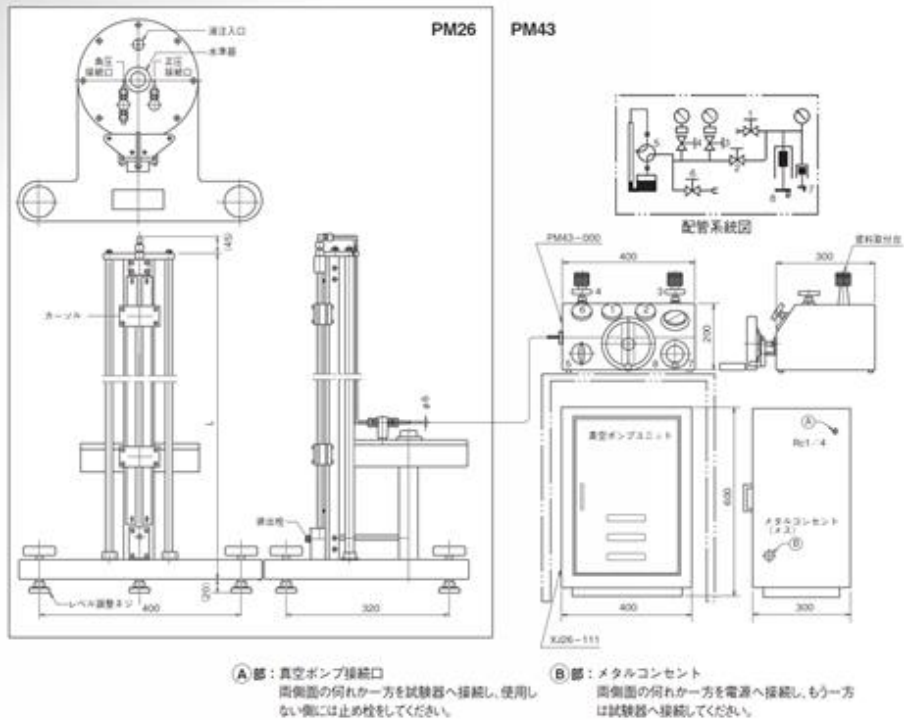
形 番：PM43-000、外 装：パールライトグリーン、質 量：約20kg

52 | 圧力標準器

67

37

外形寸法



付属品・オプション

モデル	計器取付台		予備品・工具・付属品						
	ネジ	接続方式	中間継手				Oリング及びパッキン	ピストンパッキン	スパン等の工具
PM43	中間継手使用	半継手	G1/4	G3/8	G1/2	G3/4	P4-5 P7-5 S34-1 #40-1	P25-2 P63-2	一式

PM26バーニア



バーニヤタイプ (1/20目盛)
は高精度スケールによる校正・
測定が可能となります。

XJ26真空ポンプユニット

PM43専用真空ポンプユニット (XJ26-111)
真空ポンプ仕様 排気速度：18 l/min (60Hz大気圧にて)
(能力) 15 l/min (50Hz大気圧にて)
到達圧力：6.7Pa abs.
電源：100/110V AC (50/60Hz)
外形寸法：幅400mm×奥行300mm×高さ600mm
質量：約36kg

標準付属品
電源コード 3m、配線用コード 3m、配管用チューブ 1.5m
※ご用命の際は、別途ご指定ください。

液柱形压力計

形番構成 ご注文に際しては、形番、各仕様及び取付条件をご指定ください。

型号No.

P M 2 6

液柱形壓力計

陳文顯

選擇什麼

付加仕様（オプション）

① 精度	3	標準スケール : 水 柱 正圧・負圧 : ±(0.2%O.R. 又は 20Paの大きい方) : 水銀柱 正圧・負圧 : ±0.5kPa
	4	高精度スケール : 水 柱 正圧 : ±(0.1%O.R. 又は 10Paの大きい方) : 水 柱 負圧 : ±(0.2%O.R. 又は 20Paの大きい方) : 水銀柱 正圧・負圧 : ±0.2kPa

② 使用液	1	水
	2	水銀

③ パーニア指定	1	パーニアナシ
	2	1/20 パーニア付 (高精度スケール仕様のみ)

④ 測定範囲 (kPa)	標準スケール (①精度 : 3)		
		水 柱	水銀柱
	1	0~8, -8~0, -8~8	0~100, -100~0, -100~100
	2	0~10, -10~0, -10~10	0~130, -100~130
	3	0~15, -15~0, -15~15	0~200, -100~200
	4	0~20, -20~0, -20~20	----
	高精度スケール (①精度 : 4)		
		水 柱	水銀柱
	5	0~8, -8~0, -8~8	0~100, -100~0, -100~100
	6	0~10, -10~0, -10~10	0~130, -100~130
	7	0~15, -15~0, -15~15	0~200, -100~200
	8	0~20, -20~0, -20~20	----

⑤ 基準器検査/校正	1	基準器検査 (標準スケール)※
	3	JCSS校正証明書
	4	一般校正 (不確かさ付)

※基準器検査の場合、最小目盛が精度となります。

注-1) 負圧側は、基準器検査、JCSS校正の対応不可となります。

注-2) 負圧側の一般校正は、-90kPaまでとなります。

注-3) JCSS校正、一般校正には、校正証明書が付ききます。

⑥ その他付加仕様	0	ナシ
	1	アリ (ご希望のものを別途ご指示ください) 水 (500ml単位)、水銀 (4kg単位)
⑦ ドキュメント	0	ナシ
	1	アリ (ご希望のものを別途ご指示ください) 提出図、取扱説明書、検査要領書、 立会検査

※仕様項目がない場合は、メーカー標準となります。

ご使用にあたって

- 振動がある場所、ホコリやゴミの多い環境、また腐食性雰囲気、直射日光は避けてください。
- 液柱形圧力計は必ず垂直になるように設置してください。傾いていると正しい圧力を示しません。
- 急激な加圧・減圧は危険ですから避けてください。(バルブ等の開閉はゆっくり行います) 使用液の吹き出しや逆流につながります。
- 本器に示されている測定範囲以上の圧力を加えることは危険であるばかりでなく、機器を破壊する恐れがありますので注意してください。
- 校正される圧力計は原則として油や水の入っていないものとしてください。
- 使用液の酸化や汚れ等でガラス管が汚れると正確な測定が出来ません。定期的に校正を行ってください。
- 液柱形圧力計の使用液は純粋で清浄なものをご使用ください。水柱の場合は精製水(約500ml)、水銀柱の場合は純度99.5・試薬特級(約4kg)をご使用ください。

形番構成

ご用命に期しては、形番、各仕様及び圧力レンジをご指定ください。

モデルNo.

PM43

液柱形圧力計+圧力コントローラ

形番

選択仕様

付加仕様(オプション)

①
精度

0	PM43 圧力コントローラ単体のみ		
3	標準スケール	水 柱	正圧・負圧：±(0.2%O.R.又は20Paの大きい方)
		水銀柱	正圧・負圧：±0.5kPa
	高精度スケール	水 柱	正圧：±(0.1%O.R.又は10Paの大きい方)
4		水 柱	負圧：±(0.2%O.R.又は20Paの大きい方)
		水銀柱	正圧・負圧：±0.2kPa

②
使用液

0	PM43 圧力コントローラ単体のみ
1	水
2	水銀

③
バーニア指定

0	PM43 圧力コントローラ単体のみ
1	バーニアなし
2	1/20 バーニア付(高精度スケール仕様のみ)

④
測定範囲 (kPa)

標準スケール (①精度：3)

	水 柱	水銀柱
1	0~8, -8~0, -8~-8	0~100, -100~0, -100~-100
2	0~10, -10~0, -10~-10	0~130, -100~-130
3	0~15, -15~0, -15~-15	0~200, -100~-200
4	0~20, -20~0, -20~-20	—

高精度スケール (①精度：4)

	水 柱	水銀柱
5	0~8, -8~0, -8~-8	0~100, -100~0, -100~-100
6	0~10, -10~0, -10~-10	0~130, -100~-130
7	0~15, -15~0, -15~-15	0~200, -100~-200
8	0~20, -20~0, -20~-20	—

⑤

基準器検査/校正

1	基準器検査 (標準スケール)※
3	JCSS校正証明書 (PM26のみ対応)
4	一般校正 (不確かさ付)

※基準器検査の場合、最小目盛が精度となります。

注-1) 負圧側は、基準器検査、JCSS校正の対応不可となります。

注-2) 負圧側の一般校正は、-90kPaまでとなります。

注-3) JCSS校正、一般校正には、校正証明書が付きません。

※仕様項目がない場合は、Xをご指定ください。

⑥
その他付加仕様

0	なし
1	アリ (ご希望のものを別途ご指示ください。) 水 (500ml単位)、水銀 (4kg単位)

⑦
ドキュメント

0	なし
1	アリ (ご希望のものを別途ご指示ください。) 提出図、取扱説明書、検査要領書 立会検査

ご使用にあたって

- 振動がある場所、ホコリやゴミの多い環境、また腐食性雰囲気、直射日光は避けてください。
- 液柱形圧力計は必ず垂直になるように設置してください。傾いていると正しい圧力を示しません。
- 急激な加圧・減圧は危険ですから避けてください。(バルブ等の開閉はゆっくり行います) 又、圧力が加わった状態で「圧力・真空切替コック」の切替えは行わないでください。使用液の吹き出しや逆流につながります。
- 本器に示されている測定範囲以上の圧力を加えることは危険であるばかりでなく、機器を破損する恐れがありますので注意してください。
- 校正する圧力計は原則として油や水の入っていないものとしてください。
- 使用液の酸化や汚れ等でガラス管が汚れると正確な測定が出来ません。定期的に校正を行ってください。
- 液柱形圧力計の使用液は純粋で清浄なものをご使用ください。水柱の場合は精製水(約500ml)、水銀柱の場合は純度99.5・試薬特級(約4kg)をご使用ください。

(別紙 3. 4) 圧力計 ユーザーへの告知文書

(参考 1)

平成 27 年 10 月

お客様各位

〒104-0032

東京都中央区八丁堀 2-1-2 水銀ビル

日本圧力計温度計工業会

TEL 03-3551-7676

FAX 03-3551-8244

E-mail: jptma@titan.ocn.ne.jp



水銀使用計測器の適正廃棄についてのお願い

平素は、圧力計・金属製温度計のご使用につきまして当工業会会員の製品をご愛顧いただき厚く御礼申し上げます。

さて、水銀による環境の汚染の防止に関する法律が平成 27 年 3 月閣議決定され、同年 6 月に可決・成立しております。

以前より当業界で製造しております圧力計・金属製温度計の一部に水銀を使用している製品がございます。当業界としましても水銀代替の製品化と共に出来得る限り水銀を使用しないよう鋭意努力をいたしておりますが、水銀でないと計測器として性能維持できない領域がございます。

従来計測器製造事業者として水銀の取り扱いについては細心の注意を払い、また水銀を使用している計測器にはその旨を目盛板に表示又は本体に銘版表示しております。

お客様各位におかれましては、水銀使用計測器を廃棄される場合には廃棄物処理法に基づき適正に廃棄されているものと存じますが、あらためまして徹底ご協力をお願いする次第でございます。

現況をご理解いただき、ご対応宜しくお願い申し上げます。

4. 特定水銀使用製品規制運用手引改訂検討会

事業者等の有識者で構成される検討会を2回開催し、2及び3の調査結果に関する討議を行った。検討会委員及び各回の議題をそれぞれ表4. 1及び表4. 2に示す。

表4. 1 令和3年度特定水銀使用製品規制運用手引改訂検討会委員

(敬称略、五十音順)

名前	所属
斎藤 毅	一般社団法人日本照明工業会 技術部 技術部長
澤井 道則	一般社団法人電池工業会 ボタン電池回収推進センター センター長
杉坂 勉	一般社団法人日本半導体製造装置協会 環境部 部長
中井 章仁	一般社団法人日本分析機器工業会 環境委員会 委員長
三田村 義崇	日本硝子計量器工業協同組合 理事
村田 嘉一	一般社団法人日本科学機器協会

表4. 2 令和3年度特定水銀使用製品規制運用手引改訂検討会の議題

回次	開催時期	主な議題
第1回	令和3年 9月2日	・ 検討会の進め方 ・ スイッチ・リレー及び計測器の規制除外に関する論点 ・ 水俣条約附属書Aの見直しの動向
第2回	令和4年 1月26日	・ 第1回検討会議事概要 ・ 表示等情報提供に関するガイドラインの見直し等の方向性

参考資料 1

附属書 A 改正提案（EU、アフリカ地域、カナダ・スイス）の和訳資料

（1）EU による附属書 A 改正提案

（原文） https://www.mercuryconvention.org/sites/default/files/documents/submission_from_government/ES_EU_Amendment_Proposal_April_2021.pdf

原文 P.3

附属書 I

水銀に関する水俣条約の附属書 A: 第 I 部、附属書 A: 第 II 部、及び附属書 B: 第 I 部に関する 欧州連合による改正提案

背景

水俣条約の第 4 条 (7) 及び第 5 条 (9) に従って、締約国は、水銀を含まない代替手段の利用可能性、技術的及び経済的な実行可能性並びに環境及び健康へのリスク及び便益に関連する情報を含め、水銀添加製品を附属書 A に、また、製造プロセスを附属書 B に掲出するための提案を事務局に提出することができる。

さらに、決定 MC-3/1: *附属書 A 及び B のレビュー* に従って、事務局は 12 月 13 日付けの文書 (MC/COP3/2019/15) において、締約国に対して 2020 年 3 月 31 日までに以下の情報を提出することを求めた：

- a) 水俣条約の第 4 条 (4) の規定により、水銀添加製品及び、水銀添加製品に対する無水銀代替製品の利用可能性、技術的及び経済的な実行可能性並びに環境及び健康へのリスク及び便益に関連する情報；
- b) 水俣条約の第 5 条 (4) の規定により、水銀又は水銀化合物を使用するプロセス及び、水銀又は水銀化合物を使用する製造プロセスに対する無水銀代替プロセスの利用可能性、技術的及び経済的な実行可能性並びに環境及び健康へのリスク及び便益に関連する情報。

EU は 2020 年 3 月 31 日に、数多くの水銀添加製品及びプロセス、並びにその技術的及び経済的に実行可能で利用可能な無水銀代替手段に関する情報を条約事務局に提出した。提出された情報は、報告書「*水銀添加製品及びその代替品に関する情報収集(Collection of information on mercury-added products and their alternatives)*」に基づくものであり、既に公表されてインターネット上でも公開されている。この情報は、会期間活動に関する臨時専門家グループ報告

書に反映されている。EU はさらに 2020 年 8 月 31 日に条約事務局に対して、COP3 で締約国によって制定された関係プロセスによる提出資料の中で、歯科用アマルガムに関する技術的及び経済的な情報を提出した。この提出資料は両方とも、下記の水俣条約[ウェブサイト](#)で入手可能である。

無水銀代替品及びその利用可能性、技術的及び経済的な実行可能性並びに関連する環境及び健康への便益に関する上記提出資料の中で提示された情報に基づき、EU は、COP4 での採択を目的とし、本文書の附属書 I に記載した附属書 A 及び B の改正を第 26 条に従って提案する。

附属書 II は、この改正提案の対象とした水銀の使用に関する上記提出資料の該当部分の抜粋を含む。

原文 P.4

水俣条約の附属書 A: 第 I 部の改正に関する欧州連合の提案

欧州連合は、附属書 A の第 I 部に以下の項目を追加することを提案する¹:

水銀添加製品	製品の製造、輸入又は輸出が許可されなくなる期限 (段階的廃止期限)
水銀含有量 2%未満の酸化銀亜鉛ボタン電池及び水銀含有量 2%未満の空気亜鉛ボタン電池	2023
一般的な照明用のハロリン酸系直管蛍光ランプ (LFL)	2023
次の非電気式計測器: (a) 脈波計用のひずみゲージ; (b) 張力計	2023
次の電気式・電子式計測器: (a) 溶融圧力変換器、トランスミッター及びセンサー; (b) 水銀真空ポンプ	2023
ポリウレタン(ポリウレタンの塗付用キャニスターを含む)	2023

¹ この表に示すポリウレタンに関する改正の提案は、「水銀を含む触媒を用いるポリウレタンの製造」の項目を附属書 B: 第 I 部に追加する提案を補足するものである。この附属書 B: 第 I 部の項目追加提案は、水銀を含有するポリウレタンキャニスターの輸入を禁止するものではない。

改正提案に関する欧州連合からの詳細説明注記

水俣条約の第 4 条 (7) 及び第 5 条 (9) に規定された技術、経済、及び環境に関する情報
水銀添加製品及び水銀又は水銀化合物を使用する製造プロセスに関する EU 提出資料

電池(水銀含有ボタン電池)

概要

ボタン電池は、腕時計、補聴器及びその他の電子装置で一般的に使用される小型で薄型の電池である。水銀含有ボタン電池の主な種類は、空気亜鉛、酸化銀及びアルカリの三種類である。

現行では、水俣条約は水銀含有量が 2%未満の酸化銀亜鉛ボタン電池及び空気亜鉛ボタン電池に対する適用除外を定めている。この適用除外は、2015 年までは指令 2006/66/EC (バッテリー指令) によって EU 内でも有効であったが、それ以後は、水銀含有量 0.0005%超の電池の上市は禁止されている。米国内では、酸化水銀ボタン電池は 1996 年から禁止されている。

無水銀ボタン電池は利用可能であり、最も一般的な種類は空気亜鉛電池で、すべての用途に対して技術的に実現可能である。この電池のコストは、水銀電池よりも約 10%高い (BIO Intelligence, 2012)。無水銀空気亜鉛電池は、自己放電、耐リーク性及び容量に関する性能では、従来の水銀電池とほぼ同等であるが (BIO Intelligence, 2012)、2~10%の寿命の短縮が確認される場合がある。しかしながら、性能の改善が見込まれている (欧州委員会、2014)。また、無水銀代替品による経済的な利益として、廃棄物回収業者及びリサイクル業者は、ボタン電池廃棄物のリサイクルコストを 30 ~ 40%削減できる (BIO Intelligence, 2012)。

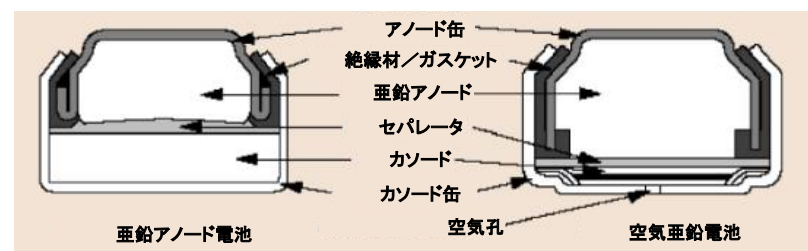
Lin など (2016) によれば、水銀含有亜鉛ボタン電池の中国国内生産量は、2005 年の 88 億個から 2014 年には 55 億個となり、徐々に減少してきている。EU 内においては、2010 年のボタン電池の EU 市場取扱い量は 10.8 億個で、推計水銀含有量は 1.4 ~ 8.8 トンであり、上昇傾向を示していた (BIO Intelligence, 2012)。

技術的な説明

水銀含有ボタン電池の現行の種類は、空気亜鉛、酸化銀及びアルカリの三種類である。これらの電池の水銀含有量は少量(標準 0.1~2%) (欧州委員会、2014) であり、各電池における水銀の使用目的は水素ガス蓄積の防止である。水銀は、水素発生に対するバリアとして機

能し、電池の膨張及び損傷を防止する。

図 1 – 亜鉛アノードボタン電池及び空気亜鉛ボタン電池の断面図 (欧州委員会、2014)



製品 1 個あたりの水銀含有／消費範囲

0.1 ～ 2 重量% (意図的に水銀を使用したボタン電池)

0.0005 重量% (水銀の使用が意図的ではないボタン電池)

無水銀代替品の利用可能性

主要な代替品: 無水銀空気亜鉛電池

無水銀代替品は、ボタン電池の主要な種類 (リチウム、銀、酸化、アルカリ及び空気亜鉛) のすべての用途に対して市販されている。最も使用頻度が高い種類では、空気亜鉛技術を活用している (欧州委員会、2014)。

EU では、電池指令で定めた適用除外の失効以後の 2015 年 10 月より、水銀含有ボタン電池が禁止されている。

無水銀代替品の技術的な実現可能性

米国では、水銀含有ボタン電池の禁止の後で、無水銀代替品の性能と使用性に関連する問題が当初発生したが、技術改良によって現在ではこの問題は解消されている。

各利害関係者は、無水銀ボタン電池の自己放電、耐リーク性、容量及びパルス能力などの性能パラメータが、従来の水銀含有電池と同等であることを既に確認している (BIO Intelligence, 2012)。

無水銀代替品の経済的な実現可能性

無水銀代替品の現在の消費者向け価格は、水銀含有電池の価格よりも約 10% 高い (BIO Intelligence, 2012)。理由としては、ボタン電池メーカー側で研究開発 (R&D) 並びに組立ライン適応のための投資に関する限界費用が発生するため、これらの費用が小売り業者から消費者へと流通する過程で価格に反映され、結果として小売価格が 5～10% 高くなっていると考えられる。

マサチューセッツ・ローウェル大学の持続可能な製造のためのローウェル・センター (The Lowell Centre for Sustainable Production in Massachusetts) が 2011 年に行ったボタン電

池の無水銀製品への切替の経済的側面に関する研究では、水銀使用製品と無水銀製品の両方に対する二重製造能力を維持することで、効率性が失われ、製造コストが上昇することが示された (Lowell Centre for Sustainable Products, 2011)。

無水銀代替品による経済的な利益としては、廃棄物回収業者及びリサイクル業者は、ボタン電池廃棄物のリサイクルコストを 30～40%削減できる (BIO Intelligence, 2021)。

無水銀代替品の環境及び人健康へのリスク及び便益

2009 年の推計では、EU では、ボタン電池の 88%が分別廃棄物としては回収されておらず、結果として埋め立てまたは焼却処分が行われたと考えられる。この数字から、推計で 4.5 トンの水銀が廃棄処分されたことになる。

電池の分別廃棄回収率を向上させることは難しいため、水銀を代替品に切り替えることが、環境への影響を削減する上で最も効果的な方法である。

水銀含有ボタン電池の禁止は、この製品から環境に放出される水銀への人々の曝露を世界的に減少させることになると考えられる。

地域又は国内規制の例

電池及び蓄電池ならびに廃電池及び廃蓄電池に関する指令 2006/66/EC (電池指令)では、水銀含有量が 0.0005 重量%を超える電池及び蓄電池の上市を禁止しており、この指令で定めた制限の結果として、EU では既にほとんどの電池 (例:酸化水銀電池) で水銀が使用されていない。この閾値は、微量のコンタミネーションをカバーし、また現行の測定限界値を反映したものである。水銀を含有する電池は、有害廃棄物として分類されているが、同指令でリサイクル実施のための分別回収が義務化されている割合は限定的である (2016 年以降は 45%)。

1996 年に、米国は酸化水銀電池に関する国家禁止令を導入し、この後で、コネチカット州、メイン州、ロードアイランド州、ルイジアナ州、ウィスコンシン州、イリノイ州など多くの州が水銀を含有するボタン電池の全種類に関する禁止令を実施した (Lowell Centre for Sustainable Products, 2011)。

2011 年に、中国は電池分野に対する「クリーンプロダクション指針」を発行したが、同指針には、企業による無水銀ボタン電池の積極的な推進を求める勧告が含まれている。中国国内で製造された亜鉛ボタン電池の水銀含有量は、2013 年以降は電池 1 個あたり 0.005 mg (0.25%)であった (Lin et al., 2016)。2017 年に、中国環境保護部は、2021 年以降の水銀含有電池の禁止を規定する水銀規制を発行したが、この規制には水銀含有量 2% 未満の酸化銀亜鉛電池及び空気亜鉛電池に関する水俣条約の適用除外が含まれている (CIRS-REACH, 2017)。

参考文献

- BIO Intelligence. (2012). *Study on the potential for reducing mercury pollution from dental amalgam and batteries*. Retrieved from http://ec.europa.eu/environment/chemicals/mercury/pdf/mercury_dental_report.pdf
- CIRS-REACH. (2017). *China Enforcing Mercury Convention*. Retrieved from <http://www.cirs-reach.com/news-and-articles/China-Enforcing-Mercury-Convention.html>
- European Commission. (2014). *Report on the availability of mercury-free button cells for hearing aids, in accordance with Article 4.4 of Directive 2006/66/EC of the European Parliament and of the Council on batteries and accumulators and waste batteries and repealing.../*. Retrieved from http://ec.europa.eu/environment/waste/batteries/pdf/COM_2014_632.pdf
- European Commission. (2014). *Study: Availability of Mercury-free Button Cells for Hearing Aids*. Retrieved from <https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/16d794d9-1947-48b9-ba5a-4d9d2e3d3c24/language-en>
- Lin et al. (2016). *Material flow for the intentional use of mercury in China*. Retrieved from https://pubs.acs.org/doi/suppl/10.1021/acs.est.5b04998/suppl_file/es5b04998_si_001.pdf
- Lowell Centre for Sustainable Products. (2011). *Economics of Conversion to Mercury-Free Products, Report for UNEP DTIE Chemicals Branch (Referenced in EC, 2014)*.

直管蛍光ランプ (LFL)

ハロリン酸系ランプに関する EU 提出資料の抜粋

概要

直管蛍光ランプ (LFL) は、機能的にはコンパクト形蛍光ランプ (CFL) と同じである。その形状から直管蛍光ランプと呼ばれており、一般家庭用途から専門建築物や工業用建屋など幅広い用途で使用されている。2016 年には、LFL を活用した照明設備の数は数億に及んだと報告されている (Gensch ほか、2016)。

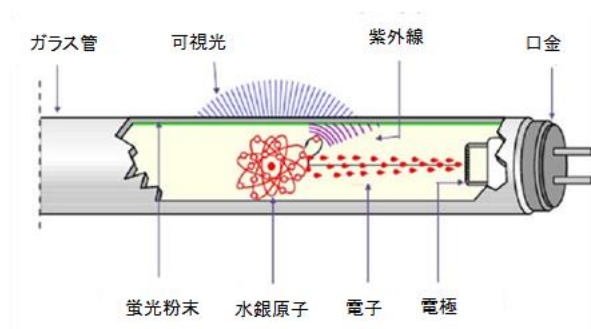
水俣条約では、一般照明用 LFL に関しては、60 ワット未満の 3 波長形蛍光ランプで電球当たりの水銀含有上限値は 5 mg と規定し、また、この上限値を超えるすべてのランプの段階的廃止期限は 2020 年としている。40 ワット以下の一般照明用ハロリン酸系 LFL に関しては、電球当たりの水銀含有上限値は 10 mg で、この上限値を超えるすべてのランプの段階的廃止期限は 2020 年と規定されている。欧州では、ハロリン酸系ランプの段階的廃止は実施済みであるが、このランプが未だに EU で製造・輸出されているという証拠が確認されている (COWI & ICF、2017)。

LED は、LFL に対する最適な代替品であり、開発及び普及が進んでいる。長寿命 LFL は例外として、LED は LFL よりも製品寿命が長く、環境上の便益が得られる。ハロリン酸系ランプの代替品としては、無水銀 LED 以外にも、水銀含有量の低い 3 波長形 LFL を使用することができる。

技術的な説明

LFL では、アルゴンと水銀を封入した管の中を電流が通ることで紫外線が発生する。この紫外線に蛍光塗料が反応し、可視光が発生する。LFL は、使用する蛍光体の種類によって分類される。3 波長形蛍光ランプは、青色、緑色及び橙色をピークとして発光する 3 種類の蛍光物質を混合して活用し、全体的に白色の色相の光を発する。LFL は、ハロリン酸系ランプの技術を引き継いでいる。

図 2: 直管蛍光ランプ (Sethurajan 他, 2019)



製品 1 個あたりの水銀含有／消費範囲

ハロリン酸系 LFL の平均水銀含有量/本は 8～10 mg である (COWI&ICF, 2017)

無水銀代替品の利用可能性

主要な代替品: 発光ダイオード (LED) による管形 LED ランプ

ハロリン酸ランプに関しては、無水銀代替品が実現不可能な場合、水銀含有量が低い 3 波長形蛍光ランプに交換可能である。3 波長形蛍光 LFL は、球径に応じて更に厳格な 3～5mg の水銀含有量制限の対象となる。一方で、ハロリン酸ランプは欧州内では段階的廃止を実施中であり、以前の限界値は 10mg であった。

無水銀代替品の技術的な実現可能性

ハロリン酸 LFL の交換品として使用可能な 3 波長形蛍光 LFL の水銀含有量は、水俣条約の規定値未満に制限されている。つまり、規定値に適合する水銀含有量の減少の達成に関連した技術的な実現可能性については、問題はない (域内または国内の規制の例を参照)。

無水銀代替品の経済的な実現可能性

蛍光ランプが入手不可能になった場合でプラグイン代替品がない状態では、照明器具や制御装置あるいは照明システム全体などの切替が必要となり、結果として各企業で高い投資コストが発生すると考えられる (Gensch, et al., 2016)。欧州委員会が最近発行した社会経済報告書では、これに関連するコストは 1,300～2,500 億ユーロにも達するという (European Commission, 2019)。切替事業に関与する分野 (ランプメーカー、照明設置業者など) では、収益が得られるかもしれないが、全体的な経済の観点からは、時期尚早の切替は、資本の損失と 1～6 百万トンもの廃棄物の発生を意味する (EU commission 2019)。したがって、本来の製品寿命到達時にランプ交換を実施して段階的廃止を行えば、このような影響が回避されると考えられる。

無水銀代替品の環境及び人健康へのリスク及び便益

EU におけるハロリン酸 LFL の段階的廃止 (3 波長形蛍光ランプの推奨) の結果、ランプ 1 個あたりの水銀使用量が 53%削減された (Lighting Europe, 2015)。

地域又は国内規制の例

ロシア及びユーラシア経済連合 (技術規則 EAEU 037/2016) ならびにインド (G.S.R338(E) 電子廃棄物 (管理) 規則, 2016) では、3 波長形蛍光 LFL に関しては水俣条約の規定よりも低い限界値を設定している。設定限界値は、上記に概要を示した EU RoHS 指令の規定値と同じである。その他の多くの国でも、3 波長形蛍光 LFL に関してこれと同じ限界値を設定した RoHS 相当の規制が既に採用されている。

欧州では、電気・電子機器における特定有害物質の使用制限に関する 2011/65/EU 指令

(RoHS 指令) による適用除外が失効した 2012 年以来、ハロリン酸 LFL の上市の禁止が効果的に実施されている。

数多くの国家で、水銀含有 LFL を禁止する RoHS 相当の規制を実施済みである。例えば、ロシア及びユーラシア経済連合 (EAEU) では、電気製品及び無線電子製品における有害物質の使用制限に関する技術規則 EAEU 037/2016 があり、また、インド、シンガポール、タイ、ウクライナ、ヨルダン、トルコ、UAE、サウジアラビア、ベトナム、韓国ならびに日本では、水銀含有ハロリン酸品を禁止する RoHS 相当の規制を実施している。

参考文献

COWI & ICF. (2017). *Support to assessing the impacts of certain amendments to the Proposal of the Commission for a Regulation on Mercury*. Retrieved from

http://ec.europa.eu/environment/chemicals/mercury/pdf/Final%20Report_KH0617141ENN.pdf

Energy Rating, 2017. Australia drops mercury levels in fluorescent lighting. *Available at:*

<http://www.energyrating.gov.au/news/australia-drops-mercury-levels-fluorescent-lighting> [Accessed 13/06/2019].

European Commission, 2019. *Study to assess socio-economic impact of substitution of certain mercury-based lamps currently benefitting of RoHS 2 exemptions in Annex III*. [Online] Available at:

<https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/9f8f7878-b72a-11e9-9d01-01aa75ed71a1/language-en>

Gensch, C.-O. et al., 2016. Study to assess renewal requests for 29 RoHS 2 Annex III exemptions [no. I(a) to e -lighting purpose), no. I(f - special purpose), no. 2(a), no. 2(b)(3), no. 2(b)(4), no. 3, no. 4(a), no. 4(b), no. 4(c), no. 4(e), no. 4(f), no. 5(b), no. 6(a), no. 6(b),, no. 6(c), no. 7(a), no. 7(c) - I, no. 7(c) - II, no. 7(c) - IV, no. 8.

Lighting Europe, 2014. *Globally Harmonized Limits on Mercury for Lighting*. [Online] Available at:

https://www.lightingeurope.org/images/publications/position-papers/LE_PP_Global_Mercury_limit_20131002_final.pdf

Lighting Europe, 2015. *Request to Renew Exemption 2(a)(1)*. [Online] Available at:

https://rohs.exemptions.oeko.info/fileadmin/user_upload/RoHS_Pack_9/Exemption_2_a__1-5_Lighting_Europe/2a1_LE_RoHS_Exemption__Req_Final.pdf

Lighting Europe, 2016. Request to renew Exemption 1(g) under the RoHS Directive 2011/65/EU Mercury in single-capped (compact) fluorescent lamps for general lighting purposes < 30 W with a lifetime equal or above 20000 h: 3,5 mg, 28.06.2016.

Lighting Europe, 2017. Answers to 1st Questionnaire - Exemption No. 1(g) (renewal request): "For general lighting purposes < 30 W with a lifetime equal or above 20 000 h: 3,5 mg", 15.09.2017. Available at: http://rohs.exemptions.oeko.info/fileadmin/user_upload/RoHS_pack_13/Annex_1g/LE_WG_CE_-_TF_RoHS_-_1G_Questionnaire_Response_-_20170915_-_v5_-_FINAL.pdf [Accessed 20/05/2019].

Sethurajan et al., 2019. *Recent advances on hydrometallurgical recovery of critical and precious elements from end of life electronic wastes- a review*. [Online] Available at: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10643389.2018.1540760#aHR0cHM6Ly93d3cudGFuZGZvbmxpbmUuY29tL2RvaS9wZGYvMTAuMTA4MC8xMDY0MzY0MDE4LjE1NDA3NjA/bmVlZEFjY2Vzc210cnVlQEBAMA==>

Swedish Energy Agency (SEA), 2019. Evidence of the availability of mercury-free alternative products to certain fluorescent lamps. Available at: <https://meta.eeb.org/wp-content/uploads/2019/11/SEA-and-CLASP-analysis-of-RoHS-exemptions-for-fluorescent-lamps-v2-1.pdf>

The Lightbulb Company, 2019. A Guide To Compact Fluorescent Lamps (CFL) & Fluorescent Tubes. Available at: https://www.thelightbulb.co.uk/resources/compact_fluorescent_lamps_guide/.

UNEP, 2013. Acceptance on behalf of the United States of America. Available at: <http://www.mercuryconvention.org/Portals/11/documents/submissions/US%20declaration.pdf> [Accessed 13/06/2019].

VHK & VITO, 2015. *Preparatory Study on Light Sources for Ecodesign and/or Energy Labelling Requirements ('Lot 8/9/19') - Draft Interim Report*. [Online] Available at: <http://ecodesign-lightsources.eu/sites/ecodesign-lightsources.eu/files/attachments/1st%20Stakeholder%20comments%20-%20summary%20and%20answers.pdf>

World Bank, 2019. Capacity Strengthening for Implementation of Minamata Convention on Mercury Project. Available at: <http://projects.worldbank.org/P151281?lang=en>.

Zero Mercury Working Group, 2019. *Information Relevant to the Review of Annexes A and B*. [Online] Available at: http://www.mercuryconvention.org/Portals/11/documents/submissions/ZMWG_Submission_AnnexA_B.pdf

毛細管システムを利用した熔融圧力変換器、トランスミッター及びセンサー

概要

熔融圧力変換器、トランスミッター及びセンサーは、一定断面形状に物を加工する押出成形プロセス中に、熔融圧力の制御及び測定を行うために使用される。熔融圧力変換器は、特定の設計要求事項に合わせた押出成形を確実に製品に対して実行するために、寸法の安定性を維持する (Dynisco, 2016)。この装置は、食料及び飲料の梱包、配管、医療品製造及びリサイクルのプロセスで使用されている。

熔融圧力変換器は 1950 年代に市場に参入したが、当初は特許で保護されていたため、供給及び市場価格がその影響を受けていた。熔融圧力変換器が複数のメーカーによって製造されるようになり、市場で入手しやすくなったのはつい最近のことである (Bagsik, 2019)。しかしながら、業界のデータによれば、熔融圧力測定器を搭載した押出成形機はわずか 50% である (Dynisco, 2016)。

現行では、熔融圧力製品は水俣条約の対象ではない。

ナトリウムカリウム合金及びシリコンオイルは、水銀の代替品として技術的に有効で、世界中で利用可能である。ただし、高温条件ではこれらの物質はいずれも同じ効果を持つわけではない。シリコンオイルは、食品、医療及び製薬用途において、水銀の代替品として適している。ナトリウムカリウム合金 (NaK) は、プラスチック製造において、水銀の代替品として適している。このような代替品は既に市販されており、無水銀変換器の製造・輸出は、欧州、アジア並びに北米で行われている。また、これらの物質の健康や環境への影響は、水銀と比べて限定的である。なお、EU は、熔融圧力変換器の水銀含有率に制限 (0.1%) を実施している唯一の地域である。米国では、連邦食品・医薬品・化粧品法に従って、特定の食品、医療又は薬品用途で使用する物質は「一般に安全と認められる」(GRAS: Generally Regarded as Safe) ものでなければならない。無水銀代替品のシリコンオイル及び NaK は、GRAS である。

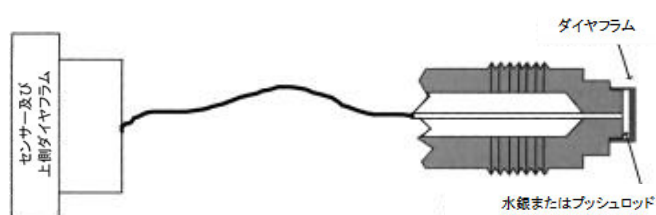
技術的な説明

熔融圧力変換器、トランスミッター及びセンサーは、製品品質の向上及び機器の損傷の抑制のための正確な圧力測定を可能にする (Dynisco, 2016)。熔融圧力変換器では、伝達媒体 (水銀) を充填した密閉毛細管システム内部で圧力伝達が発生する。図 1 に示す通り、このシステムは、ダイアフラムに加えられた圧力を圧力変換部 (ひずみゲージ付きの上側ダイアフラム) に伝達する設計になっている。ひずみゲージは、伝達された物理的圧力を電気信号に変換する (Gefran, 2017)。押出成形中の過剰圧力の発生に対しては、この信号変換の過程で圧力変換器による安全確保が有効化され、既定の圧力限界値の超過により、押出成形機

の駆動システムのスイッチがオフになる (Bagsik, 2019)。

熔融圧力変換器では、高温時の圧力計測値の伝達能力がある伝達媒体として、水銀が従来は使用されていた。しかしながら、製造過程で水銀漏洩の潜在的なリスクがある。EU では、指令 2011/65/EC (RoHS 指令) により、シリコンオイル及びナトリウムカリウム合金 (NaK) などの不活性無水銀代替品の使用が義務化された (Industry Search, 2019)。他の各国では規則は制定されていないが、EU 以外の多くの国でも、グローバル顧客に対する訴求力を持つ無水銀代替品の製造が行われている。

図 3 – 熔融圧力変換器の断面図 (Wagner, et al., 2014)



製品 1 個あたりの水銀含有／消費範囲

熔融圧力変換器の水銀含有量は、型式によって異なる。Dynisco 社によれば、同社の圧力変換器の型式 420/460 は、伝達媒体として水銀 7mm³ を含有している。一方、他の会社が発売した型式の水銀充填容量は 30mm³ ～ 40mm³ であった (Gefran, 2014)。また、Dynisco 社が提示した別の推計では、圧力変換器 1 個あたりの水銀充填量は 約 0.003 立方インチ (～50mm³) であった (Dynisco, 2016)。

無水銀代替品の利用可能性

主要な代替品：ナトリウムカリウム合金、シリコンオイル

水銀式装置は現在でも上市されているが、数多くの代替伝達媒体がある。押出成形加工に対する代替品の適切性を確保するため、代替品が特定の要求事項を満たしていることは必須である。例えば、製品は、耐高温性 (最高 700°F) 及び耐高圧性 (最高 30,000 psi) を持つだけでなく、潜在的に腐食が発生する条件においても機能することができなければならない (Dynisco, 2016)。さらに、水銀の代替物質は、同様の様式で圧力の伝達が可能でなければならない。

伝達媒体として使用される水銀の重要な二つの代替要素は、シリコンオイル及びナトリウムカリウム合金 (NaK) である。ナトリウムカリウム合金は、水銀と同等の品質の圧力伝達が可能である (Gräff, 2015)。一方、Gräff (2015) によれば、シリコンオイルは、水銀と同等の方法では圧力伝達能力に差があるため、必ずしも水銀の代替品として適しているわけではないという。ただし、比較的低い温度が必要な食品及び医療用途においては、シリコンオイルは代替品として一般的に使用されている。

伝達流体を必要としないセンサーも数社によって開発されている。この場合、ダイアフラムを通じてシリコンエレメントに圧力が伝達される (Gefran, 2017)。

無水銀代替品の技術的な実現可能性

無水銀代替品は技術的に実現可能で、既に市販されている。高度な製造プロセスにより、水銀充填が不要で正確な計測が可能な溶融圧力計製品を製造することができる (Müller, 2019)。ナトリウムカリウム合金は水銀の特性に似た性質を持つため、複数のメーカーが代替品として採用している。ナトリウムカリウム合金による代替品は、400°C の温度に耐えることができ、また、Gräff 社 (2015, p. 4)によれば、自社の無水銀代替品は「一般的な全てのメーカーの上市製品に対して 100%の互換性がある」という。ナトリウムカリウム合金は、高温でも機能性が維持されるため、プラスチック製造業においては理想的な代替品である (Industry Search, 2019)。

さらに、大半のメーカーが代替の伝達媒体としてシリコンオイルを使用した溶融圧力変換器の製造を行っている。この製品が耐えることが可能な温度には限界があるが、食品、医療及び製薬用途では最も適した代替品である。

無水銀代替品の経済的な実現可能性

米国食品医薬品局 (FDA) 及び EU 有害物質規則 (RoHS) 指令による圧力の高まりに対応し、一部のメーカーは既に無水銀代替品の製造を実施している (Gräff, 2015)。このような代替品は容易に市場で入手可能なため、メーカー各社は、今後の無水銀代替品の研究開発に追加費用を投じる必要はなくなる (Gefran, 2010)。欧州内のメーカー全社が RoHS 指令に適合しており、また、中国に拠点を置くメーカー各社も既に無水銀代替品を製造している。

無水銀代替品の環境及び人健康へのリスク及び便益

水銀使用圧力変換器、トランスミッター及びセンサーによる主要なリスクは、製造プロセスでの水銀への曝露である。さらに、水銀の使用は、人による摂取に直接関係する食品梱包の過程において特に懸念される (Dynisco, 2016)。シリコンオイル及び NaK 代替品は、いずれも有害物質を含んでいないため、米国 FDA によって安全とみなされている。しかし、NaK は水に強く反応し、可燃性の高い水素を発生することが確認されている。また、NaK は CO₂ に反応してメタンを発生させる (Chemwatch, 2009)。ただし、この反応性の程度は、NaK の含有量に依存する。溶融圧力変換器用の伝達媒体としての充填量は比較的少ない (7mm³-50mm³) ため、反応の効果は最小限になると考えられる。

地域又は国内規制の例

欧州においては、溶融圧力変換器、トランスミッター及びセンサーの水銀使用量を規制する規則は、RoHS 指令のみである。水銀使用圧力変換器は現在でも EU 内で利用可能であるが、EU 内の全てのメーカーは RoHS に完全に適合している。

参考文献

- AZO Materials, 2019. What are Mercury Fill Sensors?. *Available at:* <https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=17470>.
- Bagsik, 2019. Pressure Measurement. *Available at:* <http://www.bagsik.net/download.php?module=download&file=ZmlsZXMvZG93bmxvYWQvMTQ3Njk2MjAzMzE3NTNfZW5fcHJlc3N1cmUtbWVhc3VyZW1lbnQucGRm>.
- Chemwatch, 2009. Sodium-potassium alloy. *Available at:* <http://datasheets.scbt.com/sc-281150.pdf> [Accessed 25/06/2019].
- Dynisco, 2016. Melt Pressure Measurement: Environmental Effects. *Available at:* https://www.dynisco.com/userfiles/files/Datasheets/melt_pressure_measurement_environmental_effects.pdf.
- Gefran, 2010. Melt pressure transducers and transmitters. *Available at:* <https://gefran-online.com/products/pdf/1323.pdf>.
- Gefran, 2014. Pressure Sensors for High Temperature. *Available at:* <http://www.thermalsolutionsoftexas.com/pdfs/components/user-manuals/nak-fill.pdf>.
- Gefran, 2017. Melt Pressure Sensors. *Available at:* <https://www.gefran.com/en/download/3367/attachment/en>.
- Government of Canada, 2017. Terms and conditions for the approval of pressure transducers. *Available:* <https://www.ic.gc.ca/eic/site/mc-mc.nsf/eng/lm00123.html>.
- Gräff, 2015. Melt Pressure Sensors. *Available at:* http://www.graeff-gmbh.com/pdf/MASSEDRUCK_EN_eigen.pdf.
- Industry Search, 2019. Highly Durable Melt Pressure Sensor by Gefran. *Available at:* <https://www.industrysearch.com.au/highly-durable-melt-pressure-sensor-by-gefran/p/65842>.
- METI, 2017. Overview of the National Implementation Plan for Preventing Environmental Pollution of Mercury. *Available at:* https://www.meti.go.jp/english/press/2017/pdf/1016_003a.pdf.
- Minister of Justice, 2019. Products Containing Mercury Regulations. *Available at:* <https://laws-lois.justice.gc.ca/PDF/SOR-2014-254.pdf> [Accessed 13/06/2019].
- MPI Melt Pressure, 2019. Oil Fill Melt Pressure Transducers & Transmitters. *Available at:* <https://www.mpipressure.com/melt-pressure/transmitters/oil-fill>.

Müller, 2019. Melt pressure and melt temperature sensors. Available at: <https://mueller-ie.com/en/current-news/1112-melt-pressure-and-melt-temperature-sensors.html>.

Wagner, J., Mount, E. & Giles, H., 2014. Extrusion. Available at: <https://www.sciencedirect.com/book/9781437734812/extrusion#book-info>.

World Bank, 2019. Capacity Strengthening for Implementation of Minamata Convention on Mercury Project. Available at: <http://projects.worldbank.org/P151281?lang=en>.

水銀を使用して体の部位の容積変化を測定する装置 (脈波計と合わせて使用するひずみゲージ)

概要

水銀は、血流及び血圧の測定を行うひずみゲージの脈波計で使用されている。ひずみゲージは、動脈硬化症 (動脈壁に影響を与え、血液循環の低下を引き起こす症状) の診断に使用される。

脈波計における水銀使用量は、血圧計などのその他の医療装置よりも低い。水銀含有ひずみゲージは、現在では稀である。推計によれば、例えば、スウェーデン国内の年間のひずみゲージ使用台数はわずか 200 台であり、また、ひずみゲージの世界的な大手メーカー1 社が 2004 年に消費した水銀量は 946 グラムであった (ECHA, 2011)。2010 年に EU 市場に上市された水銀量は推計で 0.014 t であった。

現行では、その他の測定装置と合わせて使用するひずみゲージは、実現可能な無水銀代替品が存在しないため、水俣条約の附属書 A から外されている。

しかし、実際のところ、水銀含有ひずみゲージを使用して数十年かけて収集したデータに依存するような特定の研究用途を除けば、現在では、ひずみゲージのすべての用途に対して実現可能な無水銀代替品を利用することができる。インジウム - ガリウムひずみゲージは代替品として最も注目されており、水銀ひずみゲージと組み合わせて使用する高価で幅広い電気機器に適合する。

技術的な説明

水銀ひずみゲージは、水銀を充填した細いゴム管で構成されており、このゴム管を対象の体の部位に装着して血圧を測定する。

製品 1 個あたりの水銀含有／消費範囲

ひずみゲージ 1 台あたり 1.25g 水銀元素 (ECHA, 2011)。

無水銀代替品の利用可能性

主要な代替品: インジウム-ガリウム使用ひずみゲージ、光電セルレーザードップラー技術

技術的にも経済的にも実現可能な無水銀代替品が使用可能である (ECHA, 2011)。インジウム-ガリウムひずみゲージは、水銀ひずみゲージの主な代替品である。

光電セル及びドップラー技術は、インジウム-ガリウム式ゲージの使用が適していない指やつま先での測定で一般的に使用される (COWI, 2008)。光電セル技術では、異なる圧力における組織の色の変化を記録する。ドップラー技術では、赤血球の流速を測定し、血流の判定を行う。広範囲の測定では超音波装置が使用され、小さい体積の測定ではレーザー装置が使

用されている。

水銀式及びインジウム-ガリウム式の両方のひずみゲージの輸出品製造の分野で世界をリードするメーカーは、米国の D.E. Hokanson, Inc.である (COWI & ICF, 2017)。2014 年以来、欧州内では水銀ひずみゲージは販売されておらず、また、NEWMOA によれば、水銀充填済みのひずみゲージはほぼ使用されていない (NEWMOA, 2016)。

無水銀代替品の技術的な実現可能性

COWI (2008) によれば、光電セル及びレーザードップラー技術、またはガリウム/インジウムひずみゲージでは、水銀含有機器を使用して行った各種の診断の特定が可能である。インジウム-ガリウムひずみゲージは、水銀ひずみゲージと同じ用途に対して、既存の脈波計との組み合わせによる使用が可能である (ECHA, 2011)。

ただし、研究分野においては、腕及び脚の絶対血流の測定が可能な水銀含有脈波計の代替品は存在していない。これは、研究機関や参考資料が数十年間に及ぶこの装置の使用に基づいているためである。また、インジウム-ガリウムひずみゲージは、凝固点がこれよりも高く、抵抗は低いため、特にレイノー病、小さい桁数の検査、冷水浸漬研究など一部の用途では使用することができない (Hokanson, 2019) (COWI & ICF, 2017)。

無水銀代替品の経済的な実現可能性

水銀含有ひずみゲージの継続使用の要因は、水銀含有管が安価であるという経済的な要素である。水銀含有管は、20,000 ユーロを超える価格の複合電子機器との併用が可能で、寿命も 10～15 年である。このため、診療所では技術的な故障の場合を除き、装置全体の交換に対しては消極的である (COWI, 2008)。なお、数例の例外を除き、Hokanson 社の脈波計にインジウム-ガリウムひずみゲージを後付け交換することは可能である (COWI & ICF, 2017)。

主要サプライヤーからの情報によれば、インジウム-ガリウムひずみゲージの価格は、水銀ひずみゲージよりも約 40%高い (COWI & ICF, 2017)。しかし、ECHA (2011) は、インジウム-ガリウムひずみゲージは経済的に実現可能と判断し、水銀含有ひずみゲージの制限に関して EU 内で適合性を確保するためのコストは推計で、2015～2034 年の期間で 260 万ユーロであるとした。なお、ある水銀ひずみゲージ大手メーカーの主張によれば、インジウム-ガリウムは、製造中の取り扱いが水銀使用品よりも難しく、組立て時間も長くなるという。

無水銀代替品の環境及び人健康へのリスク及び便益

ガリウムは、皮膚、目及び呼吸器への刺激の原因になると報告されており、また、造血組織の損傷を伴う骨髓異常の原因になる可能性がある (ECHA, 2011)。インジウムの毒性に関する情報はほとんどない。しかしながら、水銀の有害性及びリスクに関しては明白な証拠があるため、インジウム-ガリウムひずみゲージの使用により、環境及び人の健康への全体的なリ

スクが減少するとみなされている。

地域又は国内規制の例

脈波計と組み合わせて使用する水銀含有ひずみゲージの輸出、輸入及び製造は、水銀に関する規則 (EU) 2017/852 により 2020 年 12 月 31 日から EU 内では禁止される。

この規則では、特に以下のものなど、いくつかの適用除外がある：

大規模な装置に取り付けられた非電気式計測器、あるいは、高精密度の測定に使用された非電気式計測器で適切な無水銀代替品が利用可能でない場合；

2007 年 10 月 3 日の時点で製造から 50 年以上経過している計測器

文化的・歴史的な公共展示用途に用いられる計測器

工業用及び業務用で脈波計と組み合わせて使用するひずみゲージの上市は、2014 年 4 月 10 日以降は禁止されている。この規則は、水銀を充填する目的で製造され、水銀が空の状態で上市される装置に対しても適用される。

米国内では、水銀ひずみゲージの販売は、メーン州、ルイジアナ州、コネチカット州及びロードアイランド州で禁止されている。

参考文献

COWI & ICF. (2017). *Support to assessing the impacts of certain amendments to the Proposal of the Commission for a Regulation on Mercury*. Retrieved from http://ec.europa.eu/environment/chemicals/mercury/pdf/Final%20Report_KH0617141ENN.pdf

COWI. (2008). *Options for reducing mercury use in products and applications, and the fate of mercury already circulating in society*. Retrieved from http://ec.europa.eu/environment/chemicals/mercury/pdf/EU_Mercury_Study2008.pdf

ECHA. (2011). *Background document to the opinions on the Annex XV dossier proposing restrictions on Mercury in measuring devices*. Retrieved from <https://echa.europa.eu/documents/10162/20f4ee0a-6bcf-4ed0-a271-6674cd333710>

Hokanson. (2019). *Strain Gauges*. Retrieved from <http://hokansonvascular.com/products/133386>

NEWMOA. (2016). *Hospital Equipment*. Retrieved from <http://www.newmoa.org/prevention/mercury/projects/legacy/healthcare.cfm>

水銀真空ポンプ

概要

真空ポンプは、部分真空を形成するために、密閉空間から気体を排出させる装置である。

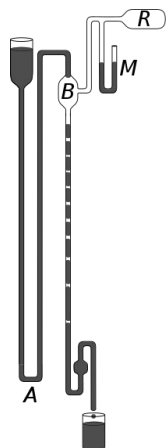
2008 年の報告では、水銀真空ポンプの使用は継続されていたが、販売は終了していた (COWI, 2008)。

無水銀代替品は存在し、普及している。容積移送式ポンプが低真空発生用として使用されており、また、運動量輸送式ポンプは高真空発生用として使用されている (Atta & Hablanian, 1991)。

技術的な説明

スプレングルポンプは、小口径の毛細管から落下する水銀の滴を使用して、空気を閉じ込めて真空にする真空ポンプである。リザーバー内の水銀が球部 B に流れ込み、ここで滴が形成され、滴は球部 B の空気を間に閉じ込めた状態で落下する。水銀は回収され、左側のリザーバーに戻される。このようにして、ほぼすべての空気を球部 B から、また、接続された容器 R から除去することができる。

図 4 – 水銀含有真空ポンプ (Beach & Chandler, 1914)



製品 1 個あたりの水銀含有／消費範囲

3.4 kg-Hg (COWI, 2008)

無水銀代替品の利用可能性

主要な代替品：容積移送式ポンプ、運動量輸送式ポンプ

容積移送式ポンプは、空洞部を拡張させることによって、チャンバーから気体が抜き出されて空洞部に流入し、この後でチャンバーを密閉し、ガスを排出させる仕組みの機構を使用している。真空度を上昇させるために、無限にこれを繰り返すことが可能である。運動量輸送式ポンプ (分子ポンプ) は、高密度流体または高速ブレードを使用して、チャンバーから気

体分子を排出する。

無水銀代替品の技術的な実現可能性

水銀ポンプに対する代替品は技術的に実現可能で、一般的に使用されている。

容積移送式ポンプは低真空用として最も効果的であり、運動量輸送式ポンプは高真空用として使用されている。

核融合実証発電プラント (DEMO、ITER の後継候補) 計画において、排気ガスからヘリウムを除去する KALPUREX 技術では、2つの水銀真空ポンプを採用している。水銀は、放射性トリチウムとの親和性に優れているため、作用流体として使用されている (Giegerich & Day, 2014)。この概念は、SWOT (Strength: 強み、Weakness: 弱み、Opportunity: 機会、Threat: 脅威) 分析に 基づく最適なオプションとして選択された (Giegerich & Day, 2014)。

無水銀代替品の経済的な実現可能性

水銀使用真空ポンプに対する代替品は経済的に実現可能であり、これは、2008 年以前から EU 内では無水銀ポンプが販売されていたという事実からも証明されている (COWI, 2008)。

無水銀代替品の環境及び人健康へのリスク及び便益

水銀含有真空ポンプに対する無水銀代替品の環境上の悪影響として確認されているものはない (COWI, 2008)。

地域又は国内規制の例

指令 2011/65/EU、RoHS 指令により、加盟国は、上市するすべての電気・電子機器の均質材料中に含まれる水銀が最大許容濃度 0.1 重量%を超えていないことを確実に順守しなければならない。ただし、研究を目的とする製品と同様に、医療用装置及び監視ならびに制御装置に対する適用除外がある。

参考文献

Atta & Hablanian, 1991. "Vacuum and Vacuum Technology". In Rita G. Lerner; George L. Trigg (eds.) *Encyclopedia of Physics (Second ed.)*. s.l.:VCH Publishers.

Beach & Chandler, 1914. "Air Pump". *The New Student's Reference Work*. Chicago: F.E. Compton and Co..

COWI, 2008. *Options for reducing mercury use in products and applications, and the fate of mercury already circulating in society*. [Online] Available at:

http://ec.europa.eu/environment/chemicals/mercury/pdf/EU_Mercury_Study2008.pdf

Giegerich & Day, 2014. *Development of Advanced Exhaust Pumping Technology for a DT Fusion Power Plant*. [Online] Available at: <https://ieeexplore.ieee.org/document/6762984>

Giegerich & Day, 2014. *The KALPUREX-process - A new vacuum pumping process for exhaust gases in fusion power plants*. [Online] Available at:
https://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig_q=RN:46087195

張力計

概要

張力計は、液体の表面張力を測定し、土壌水分張力の判定、ワイヤ、繊維ならびに梁の貯力の測定などの用途で使用される（リスク評価専門家委員会及び社会経済分析専門家委員会、2011）。

水銀含有張力計は、土壌水分の負圧（土壌水分ポテンシャル）を測定するために使用される。張力計の構成要素として水銀を含有する可能性のある部分は、圧力測定部分としての圧力計である。

水俣条約では、附属書 A に掲出された計測器の中で張力計は言及されていない。

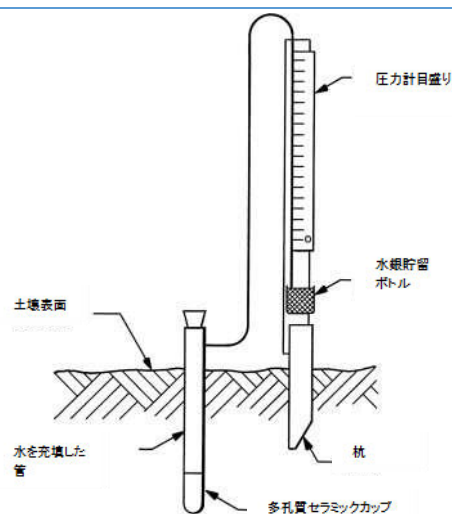
すべての用途に対して水銀含有張力計の代替品が存在し、代替品に関係する深刻な健康リスク又は技術的実現可能性の制約はない。無水銀代替品は水銀圧力計よりも一般的に安価であるが、例外として、電子式圧力計の価格は大幅に高いが、追加機能が搭載されている（リスク評価専門家委員会及び社会経済分析専門家委員会、2011）。

技術的な説明

張力計で水銀を含有する部分は、圧力計である。圧力計は、U 字型のガラス管又はプラスチック管で構成され、この管の部分に液体（水、アルコール又は水銀）が充填されており、U 字の片方の先端にある液体の表面が、もう一方の先端にある液体に比例して移動する仕組みになっている。圧力を加えた時の、一方の液面の上昇ともう一方の液面の降下による値を測定する。

水銀張力計は、水銀圧力計に接続された毛細管を含む。毛細管は、土壌に挿入された多孔質カップに取り付けられている。水銀圧力計/張力計は、水銀を充填していない状態で納品され、使用者が水銀を充填する（リスク評価専門家委員会及び社会経済分析専門家委員会、2011）。破損による放出のリスクも想定されるが、最も高い放出リスクは廃棄中に発生する。

図 5 – 水銀張力計 (Kirkham, 2005)



製品 1 個あたりの水銀含有／消費範囲

圧力計 1 台あたり 70～140 g-Hg

EU における 2011 年の時点での圧力計残存蓄積水銀量は推計で約 4 t、上市された製品の 1 年あたりの水銀使用量は 0.04-0.4 t であった (ECHA, 2010)。

無水銀代替品の利用可能性

主要な代替品：液体封入管式圧力計、機械的代替品/弾性形圧力センサー、電気式圧力計、その他の装置

張力計で用いられる水銀圧力計は一般的に、弾性形センサーまたは電気式圧力計によって代替される。

弾性形圧力センサーは、圧力を受けることで変形または伸長する部分を持つ。変位レベルは記録される。一般的な弾性形圧力センサーは、ブルドン管圧力計及びダイアフラム式圧力ゲージを装備している。ブルドン管圧力計は、片方の端が密閉された状態の C 形管を使用している。圧力を開口端に導入すると、圧力がギヤと指針に伝達される。ダイアフラム式圧力ゲージは、機械式または電気式で、両面式の軟質隔膜を含んでおり、この隔膜の片面側は、所定の圧力の空気などの流体を封入したカプセルの中に入れられている。もう片方の側に圧力が加えられ、隔膜の屈曲が記録される。

電気式圧力計では、アナログ - デジタル変換器に接続された圧力変換器を使用して、センサー反応を電気信号に変換する。

液体封入管式圧力計では、水銀以外の水やアルコールなどの液体を使用することができる。

土壌水分測定では、圧力計を代替する方法もある。重量法は、土壌の重力測定、乾燥、重量

の差異の測定を行い、土壌の水分量を算定する方法である。

無水銀代替品の技術的な実現可能性

欧州のある水銀圧力計メーカーからの情報によれば、水銀圧力計を他の装置で代替不可能な用途はない（リスク評価専門家委員会及び社会経済分析専門家委員会、2011）。

ブルドン管圧力計は、水銀圧力計よりも堅牢で、高圧測定に適している（リスク評価専門家委員会及び社会経済分析専門家委員会、2011）。

ダイヤフラム式圧力ゲージの正確性は、従来の水銀圧力計と同等である。

電気式圧力計は普及しており、メンテナンス回数の削減や専門技術の必要性の低減など、水銀圧力計と比較した場合の利点がある。

重量法は多くの時間と作業を必要とするが、正確でコストは低い。

無水銀代替品の経済的な実現可能性

一般的に、水銀圧力計よりも代替品の方が安価である（リスク評価専門家委員会及び社会経済分析専門家委員会、2011）。2006年時点の水銀圧力計の価格は約108ユーロ、ブルドン管圧力計の価格は54～122ユーロ、ダイヤフラム式圧力ゲージの価格は30～76ユーロであった。

電気式圧力計は例外で、同等の圧力範囲の水銀圧力計に比べて価格が3～4倍であった（リスク評価専門家委員会及び社会経済分析専門家委員会、2011）。

無水銀代替品の環境及び人健康へのリスク及び便益

水銀圧力計/張力計は、水銀を充填していない状態で納品され、使用者が水銀を充填する（リスク評価専門家委員会及び社会経済分析専門家委員会、2011）。破損による放出のリスクも想定されるが、最も高い放出リスクは廃棄中に発生する。

圧力計における代替液体の使用に関連するリスクはなく、また、電気式代替品に関連するリスクは重大なものではない（リスク評価専門家委員会及び社会経済分析専門家委員会、2011）。

地域又は国内規制の例

化学物質の登録・評価・認可・制限に関する規則 1907/2007 (REACH) により、工業用ならびに業務用の水銀含有張力計は、2014年4月以降は上市が禁止されている。この規則は、水銀を充填する目的で製造され、水銀が空の状態でも上市される張力計に対しても適用される。また、電気圧力計は、最大水銀含有量が0.1%を超える電気・電子機器の上市を禁止するRoHS指令の規則の対象である。

参考文献

Committee for Risk Assessment and Committee for Socio-economic Analysis, 2011. *Background document to the opinions on the Annex XV dossier proposing restrictions on Mercury in measuring devices*. [Online] Available at: <https://echa.europa.eu/documents/10162/20f4ee0a-6bcf-4ed0-a271-6674cd333710>

COWI, 2008. *Options for reducing mercury use in products and applications, and the fate of mercury already circulating in society*. [Online] Available at:
http://ec.europa.eu/environment/chemicals/mercury/pdf/EU_Mercury_Study2008.pdf

ECHA, 2010. *Annex XV Restriction Report: Proposal for a restriction*. [Online] Available at:
https://echa.europa.eu/documents/10162/13641/annex_xv_restriction_report_mercury_en.pdf/e6f7cce2-ecf4-49cc-ba4e-34bb2c60b4a5

Kirkham, M., 2005. *Tensiometers*. [Online] Available at:
<https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/tensiometers>

ポリウレタンの製造

概要

ポリウレタンは、ウレタン結合によって結合された一連の有機ユニットで構成されるポリマーである (ChemEurope, 2019)。ポリウレタンはさまざまな形態と密度のものを製造可能であり、寝具、断熱材、床材などに使用されている (同上書)。しかしながら、ポリウレタンのコーティング剤 (coatings)、接着剤 (adhesives)、シーラント (sealants)、エラストマー (elastomers) など (「CASE 用途」) の製造においては、主に水銀触媒が使用されている。大手触媒サプライヤーによれば、エラストマーは水銀触媒市場の約 90% を占めている (Norwegian Climate and Policy Agency, 2010)。

多くのポリウレタンエラストマーの製造に水銀触媒が使用されている。特に、複雑な形状に注入・射出成形するものや、断熱材 (腐食防止) として表面に吹き付けるポリウレタンエラストマーの製造において、水銀が使用されている。ポリウレタンエラストマーの注入・射出成形品やコーティングは、ポリウレタンエラストマーの全用途の 90% 以上を占めると推定されている (COWI, 2008)。

水俣条約の附属書 B 第 II 部では、水銀触媒の使用を削減し、無水銀代替品の使用に関する研究を行うための一連の措置の概要について規定されている。しかしながら、ポリウレタンの製造において水銀触媒の使用は禁止されていない。

世界中でポリウレタンの製造において使用されている水銀触媒の割合は 5% 以下で、2008 年に世界中でポリウレタンエラストマーの製造において使用された水銀触媒は 300 ~ 350 トンと推定されている (COWI, 2008)。

ビスマス及び亜鉛カルボキシレート、並びに第三級アミンは、世界中で既に使用されている水銀触媒の代替品として技術的及び経済的に有効である。しかしながら、これらの代替品はいずれも、水銀触媒の特性を示すようにするためには別途調整が必要である。これらの代替品による健康や環境への影響は、水銀と比べて限定的である。

2018 年 1 月 1 日以降、ポリウレタンの製造における水銀化合物の使用は EU 内で完全に禁止されている。

技術的な説明

ポリウレタンを形成する際に水銀触媒を使用すると、ポリオールとイソシアネート成分が反応する。水銀触媒により、この反応中に長時間の誘導期を与えることが可能となり、その後の急速な反応により製品を硬化させることができる。触媒はポリオール成分に含まれる傾向がある。水銀触媒はポリマーに取り込まれ、最終的なポリウレタン製品に残留する

(Norwegian Climate and Policy Agency, 2010)。

有機水銀化合物は、多くのポリウレタン用途にとって望ましい触媒特性を有している。水銀触媒を使用すると、初期誘導期（ポットライフ）にポリウレタンと触媒の反応が緩やかになる、又は反応が起こらない。これにより、触媒を添加した後に十分な時間をかけて混合物を注入・射出成形することができる。このため、メーカーはポリウレタン用途をより正確に管理することができる（同上書）。

次に、水銀触媒は初期誘導期後に急速な反応を起こすため、製品が最終形態に到達し、形状、密度、可塑性に関して望ましい特性を備えることができる。さらに、急速な反応によって製品に望ましい特性が備わるだけでなく、製造プロセスをタイムリーに進めることができる（COWI, 2008）。

製品 1 個あたりの水銀含有／消費範囲

一般に、ポリウレタンシステムに添加される水銀触媒の濃度は 0.2% ～ 1% である。しかしながら、この濃度は最終製品の仕様及びその他の含有成分によって異なる（Norwegian Climate and Policy Agency, 2010）。

無水銀代替品の利用可能性

主要な代替品：ビスマス及び亜鉛カルボキシレート、第三級アミン、有機スズ化合物

欧州ジイソシアネート及びポリオール生産者協会（European trade association for producers of diisocyanates and polyols：ISOPA）及び欧州脂肪族イソシアネート生産者協会（European Aliphatic Isocyanates Producers Association：ALIPA）によれば、現在使用されているポリウレタンシステムに無水銀触媒を使用した場合、水銀触媒を使用した場合と同レベルの性能を得ることができない。したがって、代替のポリオール成分又はイソシアネート成分を使用する代替のポリウレタンシステムについては、無水銀触媒の使用を考慮して設計するのが望ましい（ISOPA, 2009）。

水銀系ポリウレタンシステムの代替品となるその他のポリマーをベースにしたシステムが開発される可能性もある。しかしながら、要求される用途が多岐にわたるため、適切なポリマーを発見するのは複雑な作業になると予想される（Norwegian Climate and Policy Agency, 2010）。

これに対して、無水銀触媒は多くの用途で利用可能であり、ポリウレタンエラストマー用途の 95% 以上で触媒として使用されている（ChemEurope, 2019）。水銀触媒の代替品として複数の用途に対応する「万能」なアプローチがないため、ポリウレタンエラストマー用に異なる特性を持つ無水銀触媒がいくつか開発されている（Norwegian Climate and Policy Agency, 2010）。

ビスマス及び亜鉛カルボキシレートは、1980 年代から水銀触媒の代替品として使用されている。ビスマス及びジルコニウムシステムも、水銀触媒の代替品として市販されている。さらに、第三級アミン及び有機スズ化合物も水銀触媒の代替品としてさまざまな用途で使用されている (同上書)。

無水銀代替品の技術的な実現可能性

ビスマス及び亜鉛カルボキシレートは何十年も利用されており、水銀、鉛、スズの触媒の代替品として使用できるように設計されている。これらの触媒は水銀と比べると欠点があるにもかかわらず、商業的に成功を収めている (ChemEurope, 2019)。例えば、メーカーはビスマス化合物を使用する場合、水銀と比べてビスマスの反応性に違いがあることを考慮して調整する必要がある。さらに、ビスマス化合物は、反応が発生すると水銀に比べて粘度が高くなる。これにより、水銀触媒で生成されるポリマーと濃度が異なるポリマーが生成される。しかしながら、ネオデカン酸ビスマスとネオデカン酸亜鉛の混合物を使用することで、2 種類の金属の濃度を調整できるため、ゲルの挙動を調整することができる (Norwegian Climate and Policy Agency, 2010)。

ビスマス及びジルコニウムシステムも、ポリウレタンエラストマーを製造するための水銀触媒の代替品として使用されている。しかしながら、ビスマス及びジルコニウムシステムは水分に弱いため、水分があると触媒として機能しないことがある。

有機スズ化合物は、一部の用途で水銀の代替品として使用されているが、完全に水銀触媒の代替品として使用できるわけではない。例えば、有機スズ化合物はフォーム、コーティング剤、接着剤、エラストマーを製造するためにポリウレタンシステムで使用されている。しかしながら、有機スズ化合物は、すべての用途で水銀の代替品として使用できるわけではない (同上書)。

第三級アミンも触媒として使用されており、水銀触媒の適切な代替品に必要な 2 種類の特性 (長時間のポットライフ及び急速な反応) を備えている。第三級アミンは接着剤、シーラント、エラストマーの用途に使用できる。しかしながら、発泡時に問題が生じないようにポリウレタンシステムの水分含有量を制御する必要がある (同上書)。

現在、上記の触媒はすべて市販されている。

無水銀代替品の経済的な実現可能性

無水銀触媒のコストは、水銀触媒のコストと同等になると予想される。水銀触媒のコストは上昇しているため、代替品の価格は普及の妨げにならないと予想される (COWI, 2008)。比較的単純なポリウレタンシステムの代替品を調達するには、1 人の研究者が 2 ヶ月間研究する必要があると予想されるため、研究開発の範囲が広がればコストも高くなると予想される (10,000 ~ 15,000 ユーロ相当)。しかしながら、水銀システム及び無水銀システムに同じ

装置を使用できるため、装置のコストは別途発生しないと予想される (Norwegian Climate and Policy Agency, 2010)。

EU 内ではポリウレタンの製造に使用されているのは無水銀代替品のみである。

無水銀代替品の環境及び人健康へのリスク及び便益

ポリウレタンの製造に使用される水銀触媒はすべて、製品に残留する。製品に残留するポリウレタンは 0.2 ~ 1%に相当し、世界中では数百トンに達する。ほとんどの場合、ポリウレタン廃棄物は特定の廃棄物処理の対象ではないため、環境への排出及び放出といった深刻なリスクを招いている。

無水銀代替品によって健康問題が生じる場合がある。例えば、ネオデカン酸亜鉛は皮膚や目に刺激を与える可能性があると報告されている。さらに、亜鉛及びビスマスを摂取した場合にも悪影響があるとされている。しかしながら、ビスマス及びジルコニウムは皮膚を刺激しないと考えられている (同上書)。

ポリウレタンエラストマーに使用される水銀による環境問題の一つは、自治体による廃棄物処理場や廃棄物焼却炉の汚染である。この汚染によって、水銀が大気中に放出されるだけでなく (COWI, 2008)、水生生物にとっても有毒である (Norwegian Climate and Policy Agency, 2010)。これに対して、無水銀代替品による水生生物への毒性影響はほとんどない。

無水銀代替品による健康や環境への影響は、水銀と比べてほとんどない。

地域又は国内規制の例

EU 内では規則 (EC) No 2017/852 により、2018 年 1 月 1 日から製造プロセスにおいて水銀又は水銀化合物を触媒として使用することが禁止されている。

規則 (EC) No 2017/852 が発効する前に、ノルウェーの国内法では EU レベルでの規制の範囲を超えて、水銀を使用したポリウレタンエラストマーを含む水銀化合物の製造、使用、販売が禁止されている (COWI, 2008)。

2017 年、日本は水俣条約に沿った措置を採用するだけでなく、厳格な措置を追加した水銀汚染防止法を施行した。日本は国内実施計画において、「ポリウレタンの製造プロセスにおいて水銀触媒を使用した製造プロセスは認められていない」と明記している (Mercury Convention, 2017, p. 16)。

参考文献

ChemEurope, 2019. Polyurethane. Available at:
<https://www.chemeurope.com/en/encyclopedia/Polyurethane.html>.

COWI, 2008. *Options for reducing mercury use in products and applications, and the fate of mercury already circulating in society*. [Online] Available at:

http://ec.europa.eu/environment/chemicals/mercury/pdf/EU_Mercury_Study2008.pdf

ISOPA, 2009. Personal communication with Wolfram Frank, ISOPA Secretary General/ALIPA Sector Manager.. *European Aliphatic Isocyanates Producers Association (ALIPA) and the European trade association for producers of diisocyanates and polyols (ISOPA)*.

Mercury Convention, 2017. National Implementation Plan for Preventing Environmental Pollution of Mercury and Mercury Compounds. Available at:

http://www.mercuryconvention.org/Portals/11/documents/NIP/Japan_NIP_EN.pdf.

Minister of Justice, 2019. Products Containing Mercury Regulation. Available at: <https://laws-lois.justice.gc.ca/PDF/SOR-2014-254.pdf>.

Norwegian Climate and Policy Agency, 2010. Annex XV Restriction Report: Proposal for a Restriction. Available at:

https://echa.europa.eu/documents/10162/13641/annex_xv_restriction_report_phenylmercury_compounds_en.pdf.

US EPA, 2015. Petition to promulgate reporting rules for mercury manufacturing, processing, and importation under Section 8(a) of the Toxic Substances Control Act. Available at:

https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-09/documents/2015-06-24-tsca_hg_reporting_petition-final_0.pdf.

World Bank, 2019. Capacity Strengthening for Implementation of Minamata Convention on Mercury Project. Available at: <http://projects.worldbank.org/P151281?lang=en>.

(2) アフリカ地域による附属書 A 改正提案

(原文) https://www.mercuryconvention.org/sites/default/files/documents/submission_from_government/ES_Africa_Amendment_Proposal_April_2021.pdf

原文 P.3

附属書 I

水銀に関する水俣条約の附属書 A: 第 I 部に関するアフリカ地域による改正提案

アフリカ地域は、以下の 3 つの製品分類およびその段階的廃止期限を附属書 A の第 I 部: 水銀添加製品に追加することを提案する。

第 I 部: 第 4 条 1 の規定の適用を受ける製品

水銀添加製品	製品の製造、輸入又は輸出が許可されなくなる期限 (段階的廃止期限)
30 ワット以下で一般照明用の安定器内蔵コンパクト形蛍光ランプ (CFL.i)	2024
一般的な照明用の直管蛍光ランプ (LFL)、 (a) 60 ワット以下の 3 波長蛍光ランプ、 (b) 40 ワット以下のハロリン酸系蛍光ランプ	2025
すべての長さの電子ディスプレイ用の冷陰極蛍光ランプ (CCFL) 及び外部電極蛍光ランプ (EEFL)	2024

附属書 A: 第 I 部: 蛍光照明品の廃止に対する改正提案に関するアフリカ地域からの詳細説明
注記

この説明注記では、水俣条約の附属書 A: 第 I 部に含まれる 3 つの分類の蛍光ランプの各々に
関する詳細、並びに、蛍光ランプの段階的廃止を支持する証拠を示す。

I. コンパクト形蛍光ランプ (CFL)

CFL に関する重要項目のまとめ:

- **概要:** CFL は、水銀を含有し、旧式で非効率かつ高価な技術である。
- **選択肢:** 一般的なすべてのソケット及びほぼすべてのピンベース式ソケットに対して、無水銀の後付け品が利用可能であり、光の出力レベルと白色光の色に関しても幅広い選択肢がある。
- **経済面:** 後付け LED は、コスト効果が高く、ハロゲンランプとの比較による投資回収期間は 6 週間である。LED の購入・使用コストは CFL より 50% 減少している。LED はライフサイクル・コストが最も低い選択肢である。
- **技術:** LED は引き続き改善が実施されており、また、年々安価になる一方で、効率性も向上している。
- **廃棄物:** ほとんどの蛍光ランプは、先進国においてさえも、使用期限終了後の廃棄処分が安全には行われていない。
- **ビジネス:** アフリカでは、LED ランプを生産する新規現地メーカーの数は多いが、蛍光ランプの製造はアフリカ大陸では行われていない。
- **政策:** アフリカの一部の国は、省エネとコストを理由として、CFL の段階的廃止を実施中である。
- **公平性:** OECD での蛍光ランプの段階的廃止を受けて、供給業者がアフリカで水銀照明品のダンピングを行うリスクがある。

CFL は、一般家庭用途と専門用途の両方で一般的に使用されており、特に、卓上ランプやダウンライト、壁面照明器具などの屋内用として使用されているが、一部の国では街路灯としても使用されている。これらの商品は、照明用電力消費の削減を目標として、1970 年代後半から 1980 年代前半に開発された。CFL はすべて、水銀を含有している。CFL は、完全に明るくなるまでのウォームアップ時間として 5 分必要な場合もあり、壊れやすく、また、LED に比べて寿命が短い。

CFL の種類は、安定器内蔵型 (CFL.i) と、「ピンベース式 CFL」とも呼ばれる安定器分離型 (CFL.ni) の 2 種類である。

コンパクト形蛍光ランプ ー 安定器内蔵型 (CFL.i)	コンパクト形蛍光ランプ ー 安定器分離型 (CFL.ni)
白熱ランプの代替として設計された蛍光ランプ。1 本の蛍光管を白熱ランプ内の空間に合わせて曲線状、螺旋状、又は折り畳んだ形状にし、ランプのベースに電子式安定器を内蔵している。ランプ 1 個当たりの水銀含有量は、3 ～ 10 ミリグラム。	この蛍光ランプでは、ランプ作動用安定器は、ピンベース式 CFL.ni ランプを差し込む器具に内蔵されている。「ni」は、non-integrated (分離式) の略で、安定器がランプ自体には内蔵されていないことを意味する。ランプ 1 個当たりの水銀含有量は、3 ～ 10 ミリグラム。
	

原文 P.6

容易な利用可能性、経済的な実現可能性、並びに、水銀含有 CFL の廃止による環境及び健康上の便益に基づき、これらの製品の製造及び輸出入の禁止をなるべく 2024 年末¹までに、可能な限り早期に実施するべきである。CFL は、世界各国での販売も急激に減少しており、例えば欧州では、2021 年 9 月 1 日以降はエコデザイン指令によって CFL.i ランプが禁止される。

無水銀代替品の利用可能性:過去においては、家庭や職場、学校など様々な場所で CFL は一般的に使用されていたが、現在では LED との交換が進んでいる。CFL.i 及び CFL.ni ランプに対する無水銀 LED 代替品はどの照明市場でも一般的に入手可能である。代替品は、数千もの形状や種類があり、光の出力レベル、演色性や色温度も豊富に取り揃えられている。後付け

¹ 選択した年は、各国が禁止に必要な法律を運用／国内適応可能な最も早い時期とするべきである。

LED ランプも利用可能で、一般的な電球ソケット（主電源電圧）と CFL.ni 用のピンベースのどちらにも対応している。CFL.ni ピンベースの利用可能性に関する研究によれば、19 種類の CFL.ni ベース（例：2G7、2GX-7、2G11、など）のうちの 16 種類に対して LED 後付け品が現在利用可能である。現状すぐには LED 交換品が利用できない 3 種類は、その販売量が少ないことが理由となっている。しかしながら、中国の供給業者によれば、この 3 種類のベースに対する後付け LED ランプに関しては、製造上の技術的な障害はないため、要請を受ければ数か月以内に生産可能であるという。²

代替品の経済的な実現可能性：CFL の LED 代替品への交換は、コスト効果が高い。CFL の LED への代替に関係する投資回収期間は短く、ほとんどの場合で 1 年未満である。実際に世界の多くの国や地域で、CFL 用 LED 代替品は既に CFL と同等の価格になっている。米国³や南アフリカでは実際にこのような価格になっており、これらの市場の分析では、LED の所有・使用コストは、CFL よりも約 50%低くなっていることが示されている。

次の例は、南アフリカとウガンダにおける LED とその他のランプのコスト効果の比較を示している。1 日当たりの電球使用時間は 4 時間と仮定した場合、LED ランプの投資回収期間はわずか数週間で、さらに、何年間も使用可能である。

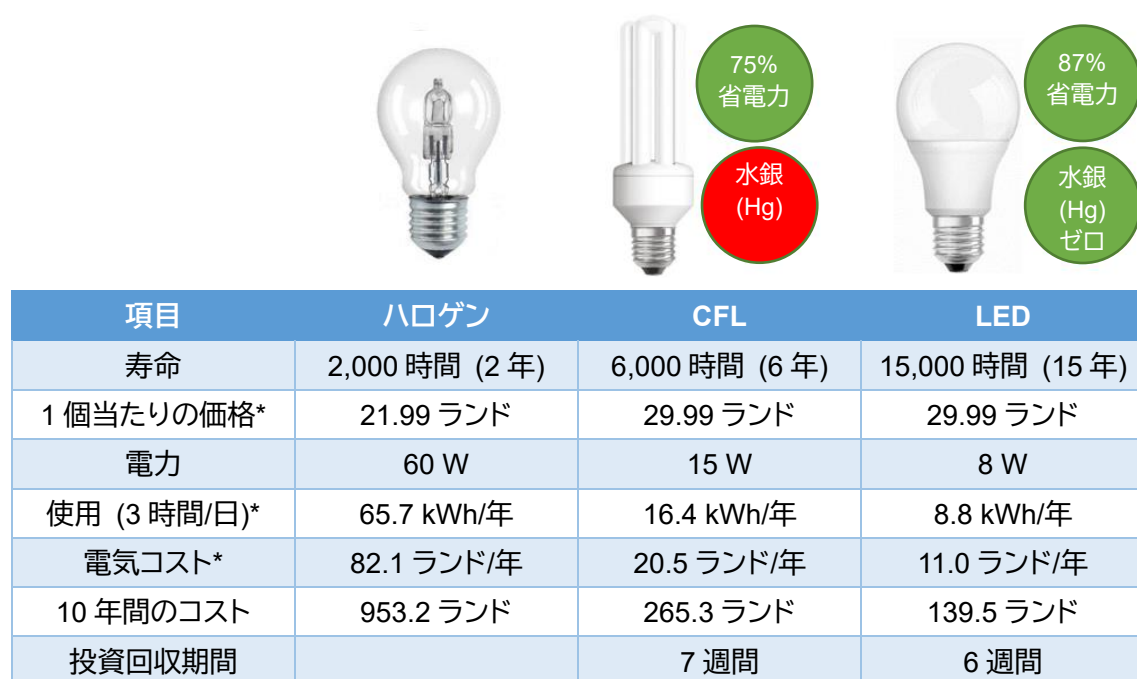


図 1. 一般用 LED ランプ 1 個当たりの南アフリカにおける投資回収期間

原文 P.7

² Green Electrical Supply <https://www.greenelectricalsupply.com/>

³ Electrical Engineering (EE) Times <https://www.eetimes.com/whatever-happened-to-cfls/#>



項目	白熱ランプ	CFL	LED
寿命	1,000 時間 (1 年)	6,000 時間 (6 年)	15,000 時間 (15 年)
1 個当たりの価格	1,850 UGX	7,400 UGX	8,150 UGX
電力	60 W	15 W	7.5 W
使用 (4 時間/日)*	88 kWh/年	22 kWh/年	11 kWh/年
電気コスト*	59,100 UGX	15,000 UGX	7,400 UGX
10 年間のコスト	612,000 UGX	166,000 UGX	82,000 UGX
投資回収期間		7 週間	6 週間

図 2. 一般用 LED ランプ 1 個当たりのウガンダにおける投資回収期間

マダガスカルにおける一般用ランプに関する同様の分析によれば、白熱ランプから LED 後付け品に切り替えた場合の投資回収期間は、わずか 3.5 カ月であった。さらに、現在価値に対して割引計算済みの、10 年間の削減の正味現在価値 (電球購入及び電球使用時電気コストを含む) は、560,700 MAG となった。コスト削減額は 50 万マダガスカル・アリアリ (MAG) を超え、LED の高い購入価格 (白熱電球よりも高額で、16,100 MAG) を大幅に上回っている。

ザンビアでは、白熱ランプから LED ランプに切り替えた場合の投資回収期間は、わずか 3.9 カ月である。さらに、マダガスカルと同様に、現在価値に対して割引計算済みの、10 年間のエネルギー削減の正味現在価値 (電球購入及び電気コストを含む) は、1,078 ZMW となった。このように、ザンビアでは、白熱ランプから LED への交換を行った家庭では、ソケット 1 個当たり 1,000 クワチャ超 (現在の通貨) が節約される。この削減額は、白熱ランプに対する LED ランプ購入コスト差額の 30 クワチャを大幅に上回っている。

上記で検証した各市場では、同じ状況が確認された。つまり、LED ランプは CFL の価格と同等あるいは非常に近い価格だが、LED 電球の効率が CFL の 2 倍となるため、LED の方が使用中のコストが大幅に低い。したがって、所有時の合計コスト — 家庭での照明コストの合計 — は、LED は蛍光灯の約半分で、水銀もゼロとなる。投資回収期間も一般的にわずか数か月であった。最後に、LED ランプは 1 個あたり 1.00 ミドルで購入可能なものもあれば、高品質な LED ランプの場合は価格が 2 倍又は 3 倍となるような高価なものもあるため、留意すべきである。上記の例で使用した価格は、2.20 ~ 3.00 ミドルである。

代替品の環境及び人の健康へのリスク及び便益:LED の場合は、家庭、オフィス、学校及び事業所でのランプ破損時に、消費者及び従業員が有毒な水銀に曝露するという不必要なリスクが発生しない。また、LED は、不適切な廃棄処分による埋立処分場及び廃棄物処理場の水銀汚染量を減少させる。

デンマーク環境保護庁による 2016 年報告書では、EU 内で最も高い回収率を達成している国の 1 つとされるデンマークでさえも、全体的な電球回収達成率がわずか 36%であることが示された。米国におけるリサイクル率は、工業用リサイクル蛍光ランプ及び CFL で 29%、消費者用の場合はわずか 2%と報告されている⁴。アフリカでは、(照明製品だけでなく) 電気電子機器廃棄物の回収及び適切なリサイクルの実施率は、南部アフリカで 4%、東部アフリカで 1.3%、他の地域では 0%に近い⁵。電球は小型で軽量なため、消費者は一般ごみと間違えて廃棄しやすく、また、消費者が特別な廃棄の必要性を認識していない場合もある。また、蛍光電球は脆く、一般ごみの廃棄フローの途中で簡単に破損し、環境に水銀が放出されて、作業者や一般の人々の健康にリスクを与える。

原文 P.8

無水銀代替品の使用によって直接的な水銀の使用が回避されることに加えて、蛍光ランプから LED ランプへの切替に伴うエネルギーの削減は、化石燃料式発電機の使用や石炭火力電力の使用を減少させることにより、間接的に水銀汚染を削減する可能性もある。一般的に、発生させる光出力レベルが同一の場合に、LED の電力使用量は蛍光ランプよりも 40% ~ 60%少ない。

II. 直管蛍光ランプ (LFL)

LFL に関する重要項目のまとめ:

- **概要:** LFL は、水銀を含有し、非効率かつ高価な技術である。
- **選択肢:** ほぼすべての LFL に対して、無水銀の後付け品が利用可能であり、何万種類も利用可能で、光の出力レベルと白色光の色に関しても幅広い選択肢がある。
- **経済面:** 後付け LED は、コスト効果が高く、T8 LFL 用の場合は投資回収期間も 1 年未満である。LED の購入・使用コストは LFL よりも 50%低い。LED はライフサイクル・コストが最も低い選択肢である。
- **技術:** LED は引き続き改善が実施されており、また、年々安価になる一方で、効率性も向上している。
- **廃棄物:** ほとんどの蛍光ランプは、使用期限終了後の廃棄処分が安全には行われてい

⁴ <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23635464/>

⁵ <https://www.statista.com/statistics/1154659/ewaste-documented-recycling-africa/>

ない。

- **ビジネス:** アフリカでは、LED ランプを生産する新規現地メーカーの数は多いが、蛍光ランプの製造はアフリカ大陸では行われていない。
- **政策:** アフリカの一部の国は、省エネとコストを理由として、LFL の段階的廃止を実施中である。
- **衡平性:** OECD での蛍光ランプの段階的廃止を受けて、供給業者がアフリカで水銀照明品のダンピングを行うリスクがある。

直管蛍光ランプ (LFL)

一般照明用の LFL には、3 波長蛍光 (希土類) ランプとハロリン酸蛍光系ランプの両方が含まれる。対象としては、すべての寸法 (例: T5、T8、T12)、長さ、及び形状 (例: 直管、U 字管) の LFL が含まれる。現行では、水俣条約は、最大 60 ワットまでの 3 波長蛍光 LFL 及び最大 40 ワットまでのハロリン酸系 LFL を対象としているが、市場における抜け穴や混乱の回避を目的として、この適用範囲はすべての LFL を含むように簡素化することができる。



経済的な実現可能性、並びに、水銀含有 LFL の廃止による環境及び健康上の便益に基づき、また、無水銀代替品がほぼ世界中で利用可能な状況を鑑み、これらの製品の製造及び輸出入の禁止を 2025 年までに実施するべきである。後付け LED 管の市場への投入によって、世界各国で LFL の販売量が減少している。欧州では、2021 年 9 月 1 日以降はエコデザイン指令によってすべての T2 及び T12 LFL ランプが禁止される。最も一般的に使用されている長さの T8 LFL (2 フィート、4 フィート及び 5 フィート) も 2023 年 9 月 1 日以降はエコデザイン指令によって禁止される。

無水銀代替品の利用可能性: 直管蛍光管は、オフィス、病院、学校などの他、長時間照明を点灯したままにする場所で一般的に使用されている。現在では、蛍光管ランプの交換品として利用

可能な無水銀 LED ランプは実際に数万種類あり、ほとんどすべてのサイズ、長さ、安定器の種類、色温度及び光の出力レベルで利用可能である。このような LED 製品は、本来は蛍光管を取り付けるように設計された器具に対して、直接取り付けることが可能な設計となっている。

原文 P.9

このように、無水銀 LED 管は、単純に直接交換するだけの製品であり、第 1 世代の LED 管の一部の製品で必要とされた再配線を全く行う必要がない。⁶

代替品の技術的な実現可能性:

後付け LED ランプの課題は、既設の蛍光照明器具に取り付けられた安定器に関係している。蛍光照明器具に含まれる安定器（一次電子部品）の種類は、アフリカをはじめ世界中で最も一般的な種類として磁気式安定器（「チョーク式」とも呼ばれる）、及び電子式安定器の 2 種類がある。磁気式安定器はすべて、後付け LED ランプに 100%適合しており、シンプルな同種交換が可能である。電子式安定器付きの照明器具の場合は、(メーカー宣言書による) 適合率は 80 ~ 99% である。適合性の評価は、供給業者への照会や発行済みの文書の確認によって実施することができる。主要な世界的な供給業者からの適合性情報を記載したスプレッドシートが、水俣条約事務局のウェブサイトに掲載されている。⁷

簡単に購入できない構成の LFL に関しては、その主な障壁は技術的なものではなく、需要の不足であることが研究によって示されている。あらゆる長さ、ベース種類、ワット数、演色評価数及び色温度の LED ランプを 1 ヶ月という短期間のリードタイムで納品可能としたカスタム製造も広く宣伝されている。現在、後付け LED ランプは市場で入手可能で、蛍光ランプのすべての演色評価数 (CRI) に対応している。蛍光ランプの CRI は 77~98 で、これらの LED 交換品の CRI は 80~98 である。CRI と同様に、相関色温度 (CCT) に関しても、蛍光灯の CCT 値はすべて LED ランプで達成されるため、技術的な障壁はない、つまり、ランプに対して LED を選択する際に、CRI は製品設計決定要素の 1 つとして使用される。蛍光ランプは 2,700K から 12,000K の範囲で利用可能で、後付け LED は 2,700K から 20,000K の範囲で利用可能なため、利用可能な CCT の範囲は LED の方が広い。

代替品の経済的な実現可能性: 無水銀代替品への LFL の交換は、コスト効果が高い。一般的に、後付け LED ランプに対する初期投資は 1 年以内に回収され、先行限界費用差額も、大幅なエネルギー削減によってわずか数か月以内に相殺される。また、この交換用ランプは長寿命で、

⁶ [Assessing Annex III Fluorescent Lamp Exemptions in the Light of Scientific and Technical Progress: Report to the Committee on the Restriction of Hazardous Substances](#), Swedish Energy Agency, Feb 2020.

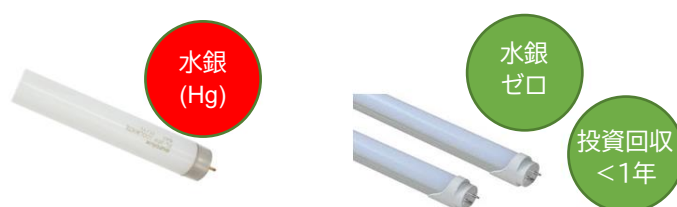
⁷ 以下のリンクをクリックして Excel スプレッドシートをダウンロードすること:

http://www.mercuryconvention.org/Portals/11/documents/meetings/COP4/submissions/CLASP_AnnexAB_spreadsheet.xlsx

LFL よりも標準で 2 倍長いため、作業コストも削減される。交換用 LED ランプの投資回収期間が短いという特徴は、LED 照明のその他の利点と合わせて、メーカー各社によって特に宣伝されている (Dansk Supermarked⁸、Denmark and Verhoef Access Technology⁹、オランダ)。

後付け LED 電球のコスト回収計算に関する南アフリカの例を以下に示す。この例では、49.00 ZAR の 36 ワット T8 直管蛍光ランプ (寿命 16,000 時間) 1 本と、定格寿命はこの 2 倍を超え、消費電力はわずか 18W で同じ光を発生する後付け LED ランプ 1 本を比較した。1 日当たり 10 時間の使用及び 1.25 R/kWh と仮定し、蛍光ランプと比較した場合の LED ランプの投資回収期間は 10 ヶ月であった (さらに、蛍光ランプよりも 2.5 倍長持ちする)。この計算は、エネルギーコストとランプ費用を反映しているが、電球交換頻度の減少による長期的な作業コストの削減を反映していない。

原文 P.10



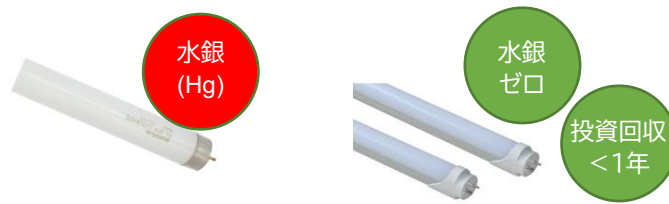
項目	直管蛍光ランプ	同等の後付け LED 品
寿命	16,000 時間	40,000 時間 (~11 年)
ランプ価格*	49.00 R	119.00 R
電力	36 W	18 W
使用 (10 時間/日)*	131 kWh/年	66 kWh/年
電気コスト*	164.25 R/年	82.13 R/年
10 年間の照明コスト合計	1,600 R	862 R
投資回収期間		10 ヶ月

図 3. T8 磁気式蛍光ランプ 1 個当たりの南アフリカにおける投資回収期間

ウガンダでは、上記と同じ後付け LED 電球の投資回収期間はさらに短い、これは、蛍光管と LED 管の卸売価格の差が南アフリカほど大きくないためである。両方の国において、投資回収期間は 1 年未満である。

⁸ <https://www.lighting.philips.com/main/cases/cases/food-and-large-retailers/dansk-supermarked>

⁹ <https://www.lighting.philips.com/main/cases/cases/industry-and-logistics/verhoef-access-technology>



項目	直管蛍光ランプ	同等の後付け LED 品
寿命	16,000 時間	30,000 時間
ランプ価格*	12,500 UGX	30,000 UGX
電力	36 W	18 W
使用 (10 時間/日)*	131 kWh/年	66 kWh/年
電気コスト*	88,700 UGX/年	44,350 UGX/年
8 年間の照明コスト合計	732,300 UGX	384,800 UGX
投資回収期間		5 ヶ月

図 4. T8 磁気式蛍光ランプ 1 個当たりのウガンダにおける投資回収期間

後付け LED 管に関しては、アフリカ大陸全体にわたって、この市場に参入する供給業者が増加しており、また、製品を顧客に提供するための新規事業も設立されているため、製品を取り巻く経済的な状況が改善している。

代替品の環境及び人の健康へのリスク及び便益:後付け LED ランプの場合は、LFL の使用及び破損に関係した水銀の曝露や汚染のリスクが発生しない。工業用、商業用及び集合住宅用の建物で大量の LFL を取り扱うスタッフに対しては特に、廃棄物管理作業者と同様に、このような曝露経路によるリスクが発生する。

原文 P.11

III. 冷陰極蛍光ランプ (CCFL) 及び外部電極蛍光ランプ (EEFL)

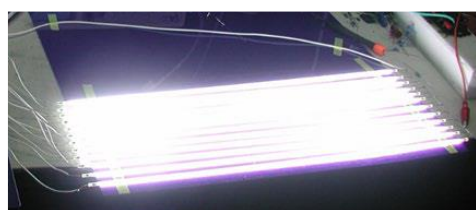
CCFL 及び EEFL に関する重要項目のまとめ:

- **概要:**CCFL 及び EEFL は、約 20 年前に LCD 電子ディスプレイのバックライト用使用された旧式の技術である。これらのランプは、2008 年以降の新設ディスプレイでは LED バックライトに既に置き換えられている。
- **技術:**現在、CCFL/EEFL から LED バックライト装置への置換えが完了しており、この旧式技術による新規ディスプレイの製造は行われていない。
- **廃棄物:**旧式モニターのエンドユーザーが使用を継続できるようにするため、予備部品を認める箇条を水俣条約で維持することも可能と考えられるが、市場としては極めて小さい (存在しない?) ものと思われる。

CCFL 及び EEFL

電子ディスプレイで使用する次の分類の CCFL 及び EEFL は、水俣条約の適用除外となっている：

- a) 長さが短く (500 mm 以下)、電球当たりの水銀含有量が 3.5 ミリグラムを超えるもの
- b) 長さが中程度で (500 mm を超え、1,500 mm 以下)、電球当たりの水銀含有量が 5 ミリグラムを超えるもの
- c) 長さが長く (1,500 mm を超える)、電球当たりの水銀含有量が 13 ミリグラムを超えるもの



この製品グループは、約 10 年前までは薄型テレビ用技術で使用されていた。この非常に細い管は、バックライトディスプレイ装置で使用されていたが、LED への切替が完了すると、CCFL/EEFL 技術も市場から段階的に廃止されていった。この分類の蛍光灯は既に存在しないため、適用除外の即時廃止が可能である。実施の便宜上、CFL と合わせて 2024 年の適用除外終了を提案する。

Waste Management & Research (持続可能な循環経済についてのジャーナル) に 2018 年に掲載された論文¹⁰では、市場におけるこの技術の状況を次のように要約している：

「冷陰極蛍光灯 (CCFL) は、水銀を必須成分として含有し、液晶ディスプレイ (LCD) 用バックライトとして 2008 年までは広く使用されていた。2008 年以降は、無水銀の発光ダイオードが CCFL の代わりに使用されるようになり、2014 年頃には切替が完了した。現在、CCFL は、製造が中止された商品である。」

ただし、水俣条約の附属書 A の前文では、予備部品として供給される CCFL 及び EEFL を許容しているため留意すべきである：

(c) 水銀を含まない実現可能な代替製品によって交換することができない場合におけるスイッチ及び継電器、電子ディスプレイ用の冷陰極蛍光灯 (CCFL) 及び外部電極蛍光灯 (EEFL) 並びに計測器；

旧式の電子ディスプレイを使用中の人々が使用の継続を希望する場合の例外を認めるため、上記文章を水俣条約に保持することが可能である。しかしながら、このように例外的なケースは稀であり、LED はすでに 10 年以上もディスプレイ用バックライトの独占的な製品として使用

¹⁰ <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0734242X18785727>

されている。

原文 P.12

決定 MC-3/1 の規定によるその他の関連情報

1. エネルギー効率に関する政策の進展

南部及び東部アフリカ全体における照明製品の品質及び性能に関する規格の開発は、この 2 年間で大きく前進した。「省エネルギー照明及び電化製品」(EELA: Energy Efficient Lighting and Appliances) と呼ばれるプロジェクトにより、照明製品及び電化製品の品質及び性能に関する地域整合規格を現在開発中である。この開発作業は、2 つの再生可能エネルギー・省エネルギー地域センター (Regional Centres for Renewable Energy and Energy Efficiency) — 東アフリカ共同体 (EAC) の EACREEE (所在地:ウガンダ カンパラ) と南部アフリカ開発共同体 (SADC) の SACREE (所在地:ナミビア ウィントフック) — 並びに、この 2 つの地域の規格化団体 — 東アフリカ規格委員会 (EASC: East African Standards Committee) と SADC 規格協力機関 (SADCSTAN: SADC Cooperation in Standards) — と共同で実施されている。

EELA プロジェクトは、この 18 ヶ月の間、ランプ及び照明器具の両方を含むすべての照明製品の品質及び性能に関する規格の開発に積極的に関わってきた。この規格は、一般照明用のランプ (CFL を含む) と直管ランプ (LFL) の両方を対象とし、蛍光ランプ技術で達成可能な値を超える最低効率要求事項を規定している。これらの規格は、蛍光ランプの段階的廃止を効果的に実施するものである。

この地域は、照明製品に関する新規省エネ規則の開発、実施及び施行を通じて、エネルギー安全保障や経済成長の改善だけでなく、家庭や事業所での電気代の減少、照明品質の向上といった恩恵を受けることになる。現時点でこの規格は、検討及び採択の最終段階にあり、SADC 及び EAC の 21 ヶ国に適用されることになる。

上記の地域的な顕著な進展と並行して、アフリカの数か国では、蛍光ランプの段階的廃止及びエネルギー効率が高く水銀を含有しない LED への切替を目的として、国内照明規則を更新する作業が現在進められている。南アフリカ政府は官報の中で、60 日間のコメント期間を設定した上で、一般照明用ランプのエネルギー効率及び機能性能要求事項に関する強制的な仕様を 2021 年 3 月 1 日に発表した。¹¹ この規則は、EELA の仕様に基づいて作成されており、CFL の段階的廃止を規定している。

¹¹ <https://archive.opengazettes.org.za/archive/ZA/2021/government-gazette-ZA-vol-669-no-44210-dated-2021-03-01.pdf>

ケニアでは、一般照明用 LED 製品に関する規格が 2020 年に採択され¹²、さらに、すべての照明技術に対してより高い効率要求事項を規定するために規格の更新を実施中である。コートジボワールでは、照明に関する最小エネルギー性能基準 (MEPS: minimum energy performance standards) が 2018 年に採択され (NI 3011)、さらに、LED 照明製品に関する MEPS を対象とするために 2019 年に規格が更新された。ブルキナファソとガボンには特定の照明規則はないが、両国ともに自国のエネルギー政策実施促進のための国内戦略を定めている。

白熱ランプの販売は、コートジボワール、モーリシャス、南アフリカ、ガーナなど多くの国で既に禁止されている。この禁止を確実に実施する目的で、多くの国では、白熱ランプから高効率のランプへの切替を積極的に推進する消費者向けの下取りプログラムが実施されている。モザンビークとエスワティニは、白熱ランプの禁止を実施するために必要な規則を現在開発している。

上記の国々の例は、よりエネルギー効率が高く、ライフサイクル・コストが低く、そしてより安全な無水銀 LED ランプへの切替の傾向を明確に示している。

原文 P.13

2. 衡平性及びアンチ・ダンピングに関する検討事項

環境に有害なダンピング¹³とは、以下のような製品を別の国又は地域に輸出する行為のことである：

- 有害物質を含む；
- 消費者の利益を下回る、又は、地域的あるいは全世界的な公共財の利益に反するような環境性能を有する；又は、
- 輸入する国が国際環境条約に対する取組みを実施する能力を損なう可能性がある。

水銀含有ランプの原産国では国内市場の成長がもはや見込めないことから、アフリカ諸国がそのダンピング先となるリスクがある。経済的に豊かな国々の照明製品市場でのクリーンな LED 照明への切替に伴い、規制が緩い市場は旧式の蛍光ランプの「環境ダンピング」を経験する可能性がある。自国の市場で水銀含有の非効率な照明製品を販売できない製造業者は、規

¹² 以下のリンクをブラウザにコピーして規格表をダウンロードすること：

https://www.kebs.org/index.php?option=com_phocadownload&view=category&download=115:sac-approved-list-of-kenya-standards-april-2020&id=62:year-2020&Itemid=253

¹³ Andersen, Stephen O., Ferris, R., Piccolotti, R., Zaelke, D., Carvalho, S., Gonzalez, M. (2018). Defining the legal and policy framework to stop the dumping of environmentally harmful products. Duke Environmental Law & Policy Forum: Vol. XXIX:1.

<http://scholarship.law.duke.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1356&context=delpf>

制対象外で十分な規制が実施されていない市場へ — 主に開発途上国の市場へ — 輸出するであろう。

さらに、廃棄物の分別収集、輸送、廃棄処理及び水銀回収を含む使用期限終了後のランプの適切な管理は、現在でもアフリカ諸国における主な懸念事項となっている。電気電子機器廃棄物管理システムが実施されているほとんどの国においても、リサイクルは未だに限定的である。デンマーク環境保護庁による 2016 年報告書では、EU 内で最も高い回収率を達成している国の 1 つとされるデンマークでさえも、全体的な電球回収達成率がわずか 36%であることが示された。米国におけるリサイクル率は、工業用リサイクル蛍光ランプ及び CFL で 29%、消費者用の場合はわずか 2%と報告されている。¹⁴ アフリカでは、(照明製品だけでなく) 電気電子機器廃棄物の回収及び適切なリサイクルの実施率は、南部アフリカで 4%、東部アフリカで 1.3%、他の地域では 0%に近い。¹⁵

蛍光照明品リサイクル施設は広範囲に利用可能な状態とはなっていない。UNEP 世界水銀パートナーシップ水銀廃棄物管理技術・サービス目録¹⁶は、水銀含有照明品などの水銀廃棄物管理業務提供事業者を記載している。一覧に掲出された施設の大半は米国及び EU 内に所在しており、開発途上国ではほんのわずかで、アフリカには 1 つ (南アフリカ) しかない。

3. LED による僻地での生活レベルの改善

携帯型 (ピコ) ソーラー・ランタンで使用された照明技術は、数年の間に変化し、オングリッド照明システムで現在進行中の変化を反映している。2008 年時点では、ソーラー・ランタン照明技術は主に CFL に依存し、CFL を含むピコソーラー照明システムの品質及び性能基準を定めた IEC 規格の IEC/TS 6227-9-6 第 1.0 版 2008 にこの技術が反映されていた。IEC は、この規格の再検証を行い、最新版の IEC/TS 62257-9-6 第 2.0 版 2019 は、完全に LED 技術を基準とした規格になった。

現在では、すべてのピコソーラー・ランタンが LED 照明技術に基づいている — LED 照明技術は、その高効率性と耐久性によって、光の品質の向上、長寿命化、さらに価格の低減を実現している。低価格化と長寿命化に加えて、LED の効率性の向上によって、エネルギー供給に必要なソーラーPV とバッテリーのサイズ及びコストも減少したため、低所得の消費者も電力を購入しやすくなり、さらには、ソーラー照明だけでなく、携帯電話の充電、ファンや冷蔵庫などを対象としたソーラー住宅システムとして、複数のエネルギーサービスを同時に使用できるようになった。

¹⁴ <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23635464/>

¹⁵ <https://www.statista.com/statistics/1154659/ewaste-documented-recycling-africa/>

¹⁶ https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/27819/WMA_catalog.pdf?sequence=1&isAllowed=y

(3) カナダ・スイスによる附属書 A 改正提案

(原文) https://www.mercuryconvention.org/sites/default/files/documents/submission_from_government/ES_Canada_Swiss_Amendment_Proposal_April_2021.pdf

原文 P.3-4

附属書 I

水銀に関する水俣条約の附属書 A: 第 I 部に関するカナダ及びスイスによる改正提案

水俣条約は、水銀及び水銀化合物の人為的な排出及び放出から人の健康及び環境を保護するという目的を達成するために、ライフサイクル・アプローチを採用している。このアプローチにおいては、締約国は、水銀を含まない実現可能な代替製品が利用できないエッセンシャルユースを除き、附属書 A の第 I 部に掲出された特定の水銀添加製品の製造、輸入又は輸出を許可しないことが要求される。

附属書 A の第 I 部に現行で掲出されている製品は、2010 年から 2013 年の間に開催された政府間交渉委員会会合の結果によるものである。第 4 条の 8 の規定では、締約国会議は、この条約が効力を生じた日の後 5 年以内に附属書 A をレビューすることとしている。

レビューのプロセスは、決定 MC-3/1 において、2019 年 11 月に開催された第 3 回締約国会議で開始された。この決定は、臨時専門家グループの設置を含み、また、水銀添加製品及びその代替品に関する情報の提出を締約国に求めた。このプロセスを通じて、多くのその他の締約国と同様に、カナダは数多くの水銀添加製品及びその代替品に関する情報を提出した。他の締約国からの提出資料及び臨時専門家グループのフィードバックを検討した上で、カナダ及びスイスは、附属書 A の第 I 部へ 3 つの新項目を追加すること、並びに、「極めて高い正確さの容量及び損失を測定するブリッジ並びに監視及び制御のための装置に用いる高周波無線周波数のスイッチ及び継電器であって、ブリッジ、スイッチ又は継電器当たりの水銀含有量が最大 20 ミリigramのもの」に対する現行の適用除外を削除することを提案する。

改正提案の根拠

輸入及び製造に関するカナダ国内での報告から収集した情報及び臨時専門家グループから得た情報によれば、水銀含有のカウンターバランス調整装置 (タイヤバランス調整装置/車輪用ウェイト)、写真フィルム及び印画紙、並びに、衛星及び宇宙機用推進剤に対して技術的及び経済的に実現可能な無水銀代替品が存在するようである。このような製品は広く使用されていないが、これらを附属書 A に追加すれば、今後これと同じ製品が再度提案されること、あるいは、場合によっては新規用途として導入されることを防止できるものと考ええる。

極めて高い正確さの容量及び損失を測定するブリッジ並びに高周波無線周波数のスイッチに対する水銀含有量最大 20 ミリグラムの制限の削除に関しては、我々は、これらの製品がすでに大半の締約国で使用されていないことを把握している。このようなスイッチ及び継電器の高度に専門的な使用が未だに必要な場合や、実現可能な無水銀代替品が利用可能ではない場合があるとすれば、このような専門的な使用は、附属書 A の前文 (c) の適用除外に該当するものとして引き続き許可されるであろう。

カナダ及びスイスは、必要に応じて関連国内要求事項を実施するための時間を締約国に与えるため、2025 年を段階的廃止期限とすることを提案する。

附属書 A:第 I 部:第 4 条 1 の規定の適用を受ける製品への新規項目導入に関する提案:

水銀添加製品	製品の製造、輸入又は輸出が許可されなくなる期限 (段階的廃止期限)
タイヤバランス調整装置及び車輪用ウェイトを含むカウンターバランス調整装置	2025
写真フィルム及び印画紙	2025
衛星及び宇宙機用推進剤	2025
極めて高い正確さの容量及び損失を測定するブリッジ並びに監視及び制御のための装置に用いる高周波無線周波数のスイッチ及び継電器であって、ブリッジ、スイッチ又は継電器当たりの水銀含有量が最大 20 ミリグラムのもの	2025

原文 P.5

附属書 II

水俣条約の附属書 A の第 I 部の改正提案に関するカナダ及びスイスからの詳細説明注記

無水銀代替品の利用可能性、技術的及び経済的な実現可能性、並びに環境及び健康へのリスク及び便益に関連する情報

第 4 条 7 の規定に従って、カナダ及びスイスによる改正提案の草案作成においては、附属書 A 及び B のレビューに関する臨時専門家グループによって提示され、締約国及びその他の利害関係者から提出された情報を含み、さらに専門家によって内容の充実と整理が行われた以下の編集文書を検討した。

タイヤバランス調整装置及び車輪用ウェイトを含むカウンターバランス調整装置、写真フィルム及び印画紙に関する提案について：

補助資料：compilation_06_other_non_electronic_products

http://www.mercuryconvention.org/Portals/11/documents/meetings/COP4/submissions/compilation_06_other_non_electronic_products.pdf

衛星及び宇宙機用推進剤に関する提案について：

補助資料：compilation_09_satellite_propulsion

http://www.mercuryconvention.org/Portals/11/documents/meetings/COP4/submissions/compilation_09_satellite_propulsion.pdf

極めて高い正確さの容量及び損失を測定するブリッジ並びに監視及び制御のための装置に用いる高周波無線周波数のスイッチ及び継電器であって、ブリッジ、スイッチ又は継電器当たりの水銀含有量が最大 20 ミリグラムのものである提案について：

補助資料：compilation_02_switches_and_relays

http://www.mercuryconvention.org/Portals/11/documents/meetings/COP4/submissions/compilation_02_switches_and_relays.pdf

参考資料 2

附属書 A 見直しに関するコンピレーション文書の和訳資料

電池

EU、カナダ、日本、インドネシア、米国、及びその他の利害関係者(BAJ, IPEN, NRDC, ZMWG)から受領した情報

1. 水銀添加製品の分類	電池
2. 製品の具体的な内容	水銀含有ボタン電池
3. 製品の使用に関する情報	水銀含有ボタン電池の現行の種類は、空気亜鉛、酸化銀及びアルカリの三種類である。これらの電池の水銀含有量は少量(標準 0.1~2%) であり、各電池における水銀の使用目的は水素ガス蓄積の防止である。水銀は、水素発生に対するバリアとして機能し、電池の膨張及び損傷を防止する。 図 1 – 亜鉛陽極ボタン電池及び空気亜鉛ボタン電池の断面図 (欧州委員会、2014) <u>製品 1 個あたりの水銀含有／消費範囲</u> - 0.1 ~ 2 重量% (意図的に水銀を使用したボタン電池) - 0.0005 重量% (水銀の使用が意図的ではないボタン電池) ボタン電池は、腕時計、計算機や補聴器など、高容量を必要とする装置の電源として使用される。
4. 水銀代替製品(又は低含有製品)の利用可能性に関する情報	EU <u>主要な代替品: 無水銀空気亜鉛電池</u>

	無水銀代替品は、ボタン電池の主要な種類 (リチウム、銀、酸化、アルカリ及び空気亜鉛)のすべての用途に対して市販されている。最も使用頻度が高い種類では、空気亜鉛技術を活用している (欧州委員会、2014)。 EU では、電池指令で定めた適用除外の失効以後の 2015 年 10 月より、水銀含有ボタン電池が禁止されている。 カナダ <u>代替品:無水銀酸化銀電池、無水銀空気亜鉛電池、リチウム電池</u> 無水銀代替品は、1990 年代後半から 2000 年代初頭以降、主要な電池メーカーから販売されている (例: Sony、Panasonic、Duracell、Rayovac、Energizer、Maxell)。報告によれば、各電池業界代表者は、米国内での無水銀代替品の一般販売を 2011 年までに同等の価格で実施することに合意した。¹ 無水銀代替品は、水銀含有の空気亜鉛電池と酸化銀電池の両方に関して、同一の形状及びサイズとなる。 日本 BAJ 加盟各社は、水銀添加酸化銀亜鉛ボタン電池及び空気亜鉛ボタン電池に関して、無水銀製品への切替を既に完了している。 無水銀空気亜鉛ボタン電池に関しては、ガスの発生を防止する役割を果たす水銀を除去することによる破裂や漏れのリスクがこれまでは課題となっていたが、補聴器メーカーにおいては、使用の安全性を確保する技術が向上したため、無水銀空気亜鉛電池の使用を開始している。 インドネシア 無水銀材料への代替及び技術は、20 年以上前から利用可能な状態である。しかし、乾式電池製品の製造では、製品の 4 分の 1 の割合でいまだに水銀が使用されている。現在実施中の乾式電池製造すべてに対する総合的な無水銀化計画を行う。 IPEN 無水銀酸化銀電池、無水銀空気亜鉛電池及びリチウム電池は、ボタン電池に対する一般的に利用可能な代替品である。 NRDC 無水銀の空気亜鉛及び酸化銀ボタン電池は、世界的にみても入手しやすい状況になった。現在では、多くのメーカーがこのような無水銀の種類の電池を提供している。補聴器を主要な用途とする空気亜鉛ボタン電
--	--

	池に関しては、次のグローバル企業が無水銀製品を提供している：Sony、Power One、Varta (Montana Tech)、Renata、Duracell、Energizer、Rayovac (Spectrum)、iCell Technologies、Toshiba、Kodak、Nexcell、ならびに Camelion。日本、欧州、北米及び南米の各電池工業会は、すべての工業会加盟企業が水銀使用の段階的廃止を完了したことを報告している。 中国では、空気亜鉛電池の製造は、世界最大の補聴器用電池メーカーの一つである Zeni Power (Zhuhai ZhiLi) によって行われている。また、これ以外の補聴器用無水銀電池の製造または販売を行う中国企業として、Shenzhen Euni Battery Company、Shenzhen Everwin、Guangzhou Great Power Energy & Technology、Naccon Power Technology、NAFU、Guangdong TIANQIU Electronics Technology、Shenzhen Doublepow Electronic Technology、Shenzhen Estar Battery Company、ならびに Fuzhou TDRForce Technology Co.がある。さらに中国市場では、上記以外の供給業者として、Resound、Soundmend、SMENGD などが提供する輸入無水銀電池も販売されている。 腕時計で主に使用される酸化銀電池の主要なグローバル製造／販売企業は、Renata、Maxell、Sony、Seiko、Varta、Camelion、Energizer、Duracell、Panasonic である。この電池に関しても、日本、欧州、北米及び南米の各電池工業会は、すべての工業会加盟企業が水銀使用の段階的廃止を完了したことを報告している。中国メーカーとしては、Shenzhen Vtery (Weineng)、Dongguan Enchi Electronics、Shenzhen THUMBCELLS、Dongguan Dituo、Shenzhen Anderui、Shenzhen XSYCELL、Huizhou JinYu、Shenzhen Dualwin Technology Company、Ningbo Baisheng Electronic Technology、Dongguan Liantong Photoelectricity Technology Company がある。 日本、欧州、北米及び南米の電池工業会 BAJ、EPBA、NEMA 及び ALPiBa の加盟企業はすべて、水銀添加ボタン電池の製造を廃止し、無水銀代替品を供給している。加盟企業による製品を合わせると、世界市場の 90%を占める。 一般社団法人電池工業会(BAJ) <u>世界各国の無水銀ボタン電池の利用可能性と状況</u> ● 中国：2020 年 11 月、中国はボタン電池の水銀含有量を 0.0005%に制限する国家規格「亜鉛陽極一次電池の水銀、カドミウム、鉛の含有量制限」(G/TBT/N/CHN/1503) を WTO/TBT に通達した。 ● インドにはボタン電池のメーカーがないが、無水銀代替品を容易に入手できる。酸化銀電池は主に中国から輸入し、空気亜鉛電池は主に EU からシンガポール経由で輸入している。
--	---

	• アフリカも輸入に依存している。一例として、南アフリカでは 2019 年にスイス、米国、日本から 84%の酸化銀電池を輸入したが、これらは無水銀であると考えられる。また、空気亜鉛電池の 91%をドイツと英国から輸入している。
5.(i) 代替製品の技術的な実現可能性に関する情報	EU 米国では、水銀含有ボタン電池の禁止の後で、無水銀代替品の性能と使用性に関連する問題が当初発生したが、技術改良によって現在ではこの問題は解消されている。 各利害関係者は、無水銀ボタン電池の自己放電、耐リーク性、容量及びパルス能力などの性能パラメータが、従来の水銀含有電池と同等であることを既に確認している (BIO Intelligence, 2012)。 カナダ Panasonic 社は、同社の無水銀空気亜鉛電池の容量は、自社の以前の空気亜鉛電池の容量と比べて最大 20%増大したと報告している。また、同社によれば、亜鉛はリチウムよりかなり軽量で安価であり、同社の無水銀空気亜鉛電池はリチウムイオン電池の 2 倍のエネルギーを含む、としている。² また、Seiko 社は、同社の無水銀酸化銀電池は、水銀含有品と比べて、低温での耐漏れ性と放電性が向上したことを示している。³
5.(ii) 代替製品の経済的な実現可能性に関する情報	EU 無水銀代替品の現在の消費者向け価格は、水銀含有電池の価格よりも約 10%高い (BIO Intelligence, 2012)。理由としては、ボタン電池メーカー側で研究開発 (R&D) 並びに組立ライン適応のための投資に関する限界費用が発生するため、これらの費用が小売り業者から消費者へと流通する過程で価格に反映され、結果として小売価格が 5～10%高くなっていると考えられる。 マサチューセッツ・ローウェル大学の持続可能な製造のためのローウェル・センター (The Lowell Centre for Sustainable Production in Massachusetts) が 2011 年に行ったボタン電池の無水銀製品への切替の経済的側面に関する研究では、水銀使用製品と無水銀製品の両方に対する二重製造能力を維持することで、効率性が失われ、製造コストが上昇することが示された (Lowell Centre for Sustainable Products, 2011)。無水銀代替品による経済的な利益としては、廃棄物回収業者及びリサイクル業者は、ボタン電池廃棄物のリサイクルコストを 30～40%削減できる (BIO Intelligence, 2021)。 一般社団法人電池工業会(BAJ) コスト面では、生産ラインやビジネスプロセスを変更するための初期設備投資が必要であったため、従来、無水銀ボタン電池は水銀添加ボタン電池に比べて高価格であった。

	しかし、時代の流れとともに大手電池メーカーが無水銀に移行しているため、コストは下がっている。メーカーが水銀添加製品に生産ラインを随時割り当てなければならなかったら、より高いコストがかかっていたと考えられる。
6. 代替製品の環境及び健康リスク、便益に関する情報	EU 2009 年の推計では、EU では、ボタン電池の 88% が分別廃棄物としては回収されておらず、結果として埋め立てまたは焼却処分が行われたと考えられる。この数字から、推計で 4.5 トンの水銀が廃棄処分されたことになる。 電池の分別廃棄回収率を向上させることは難しいため、水銀を代替品に切り替えることが、環境への影響を削減する上で最も効果的な方法である。 カナダ 電池のリサイクルは優先すべき選択肢ではあるが、一部の管轄区域では、あらゆる種類の廃棄物を処理できる施設がないため、無水銀ボタン電池 (アルカリ電池) の一部は、家庭ごみとして処理されている。入手可能な情報によると、廃棄される無水銀アルカリ電池の成分は比較的不活性で、環境や人体へのリスクはほとんどないとのことである。一方で、水銀含有電池は有害廃棄物としての特別な廃棄処理が義務化されている。^{4,5} 無水銀空気亜鉛電池及び無水銀酸化銀電池は、他の種類のアルカリ電池と合わせてリサイクルが可能であり、水銀レトルト窯などの特別な処理用機器を必要としない。⁶
7. 上記以外で、条約の第 4 条第 4 項に従って水銀添加製品に関して提出する追加情報(例: 製造や一般取引に関する情報など)	該当なし
8. 決定 MC-3/1 に定められたその他の関連情報	EU (米国補足) <u>域内または国内の制限の例</u> 電池及び蓄電池ならびに廃電池及び廃蓄電池に関する指令 2006/66/EC (電池指令) では、水銀含有量が 0.0005 重量% を超える電池及び蓄電池の上市を禁止しており、この指令で定めた制限の結果として、EU では既にほとんどの電池 (例: 酸化水銀電池) で水銀が使用されていない。この閾値は、微量のコンタミネーションをカバーし、また現行の測定限界値を反映したものである。水銀を含有する電池は、有害廃棄物として分類されているが、同指令でリサイクル実施のための分別回収が義務化されている割合は限定的である (2016 年以降は 45%)。

	1996 年に、米国は酸化水銀電池に関する国家禁止令を導入し、この後で、コネチカット州、メイン州、ロードアイランド州、ルイジアナ州、ウィスコンシン州、イリノイ州など多くの州が水銀を含有するボタン電池の全種類に関する禁止令を実施した (Lowell Centre for Sustainable Products, 2011)。 米国内の水銀添加製品の製造に使用される水銀または水銀化合物に関して、2018年には119ポンドの銀亜鉛電池が製造されたが、流通、輸出はされていない。 2011 年に、中国は電池分野に対する「クリーナープロダクション指針」を発行したが、同指針には、企業による無水銀ボタン電池の積極的な推進を求める勧告が含まれている。中国国内で製造された亜鉛ボタン電池の水銀含有量は、2013 年以降は電池 1 個あたり 0.005 mg (0.25%)であった (Lin et al., 2016)。2017 年に、中国環境保護部は、2021 年以降の水銀含有電池の禁止を規定する水銀規制を発行したが、この規制には水銀含有量 2% 未満の酸化銀亜鉛電池及び空気亜鉛電池に関する水俣条約の適用除外が含まれている (CIRS-REACH, 2017)。 ZMWG • <u>インド</u>: Toxics Link が実施した 2019 年の市場調査によると、ニューデリー (ジャングプラ及びカルカジ) の市場では、水銀含有ボタン電池は全く流通していないことが示された。聞き取り調査を受けた (カルカジの) 小売り業者は、「ここではもう水銀添加ボタン電池は販売していません。以前は販売していましたが、今ではほとんどの店が無水銀電池を販売しています。両方とも価格がほとんど同じですから。」と述べた。上記の市場では、アルカリボタン電池及びリチウムボタン電池が主に提供されている。Toxics Link1 による過去の調査でも繰り返し述べられているが、インド国内ではボタン電池に水銀を使用する技術がない。インド国内のエンドユーザーに対する調査を通じて明らかになった点は、無水銀電池は、腕時計や補聴器、ヘルスケア機器、玩具などの用途で主に使用されているが、その主成分は鉄、亜鉛、マンガンなど一般的な材料であり、通常の使用や廃棄において人や環境に対するリスクがないということである。
9. 参考文献	• BIO Intelligence. (2012). <i>Study on the potential for reducing mercury pollution from dental amalgam and batteries</i>. Retrieved from http://ec.europa.eu/environment/chemicals/mercury/pdf/mercury_dental_report.pdf • CIRS-REACH. (2017). <i>China Enforcing Mercury Convention</i>. Retrieved from http://www.cirs-reach.com/news-and-articles/China-Enforcing-Mercury-Convention.html • European Commission. (2014). <i>Report on the availability of mercury-free button cells for hearing aids, in accordance with Article 4.4 of Directive 2006/66/EC of the European Parliament and of the Council on</i>

	batteries and accumulators and waste batteries and repealing.../. Retrieved from http://ec.europa.eu/environment/waste/batteries/pdf/COM_2014_632.pdf • European Commission. (2014). <i>Study: Availability of Mercury-free Button Cells for Hearing Aids</i>. Retrieved from https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/16d794d9-1947-48b9-ba5a-4d9d2e3d3c24/language-en • Lin et al. (2016). <i>Material flow for the intentional use of mercury in China</i>. Retrieved from https://pubs.acs.org/doi/suppl/10.1021/acs.est.5b04998/suppl_file/es5b04998_si_001.pdf • Lowell Centre for Sustainable Products. (2011). <i>Economics of Conversion to Mercury-Free Products, Report for UNEP DTIE Chemicals Branch (Referenced in EC, 2014)</i>. 1. Maine Department of Environmental Protection. 2009. Mercury-free button batteries: their reliability and availability. Available from: http://www.retailcrc.org/RegGuidance/Lists/RNGList/Attachments/661350/GME00087.pdf 2. Panasonic. (N.D.) Zinc air batteries: for hearing aids of the next generation. Available from: https://www.panasonic-batteries.com/en/specialty/zinc-air 3. Seiko Instruments Inc. (2020). Seizaiken (mercury-free silver oxide battery). Available from: https://www.sii.co.jp/en/me/battery/products/silver-oxide/ 4. Buchmann, I. (2020). BU-705: How to recycle batteries. Available from: https://batteryuniversity.com/index.php/learn/article/recycling_batteries 5. Recycle Smart. (2019). Mercury (batteries) rising. Available from: https://recyclesmartma.org/2019/10/mercury-batteries-rising/ 6. Aevitas. (2017). Battery recycling. Available from: http://www.aevitas.ca/batteryrecycling.html 情報は、一般社団法人電池工業会(BAJ)との聞き取り調査により収集された。BAJ 加盟企業は、酸化銀電池と空気亜鉛電池の両方の国内出荷量に対して約 95%のシェアを占めている。
--	---

スイッチ及び継電器

日本、ウガンダ、米国、カナダ 及びモンテネグロから提供された情報

1. 水銀添加製品の分類	スイッチ及び継電器
2. 製品の具体的な内容	
3. 製品の使用に関する情報	日本 日本で現在把握されている国内の主な水銀スイッチ・水銀リレー（動作機構による大まかな分類）は以下のとおりである。: ・ タイプⅠ 水銀式リードリレー ・ タイプⅡ 水銀ディスプレイメントリレー ・ タイプⅢ 水銀式感震スイッチ なお、「極めて高い正確さの容量及び損失を測定するブリッジ並びに監視及び制御のための装置に用いる高周波無線周波数のスイッチ及び継電器であって、ブリッジ、スイッチ又は継電器当たりの水銀含有量が最大二十ミリグラムのもの」は、水俣条約において適用除外であるが、今回実施した調査においては、国内において当該目的のブリッジ、スイッチ又は継電器の製造の実態は確認できなかった。 日本では、水銀スイッチ・水銀リレーは機器に組み込まれ、使用される。 ウガンダ <u>ウガンダにおける環境への水銀放出量の推計 (2018 年 MIA 報告書)</u> 水銀電池を含む電気・電子スイッチ、接点及び継電器の廃棄時: 439kg/Hg/年 <u>製品使用</u> 主に工業用途の特定の機器において、電気接触用の電力装置が水銀元素を含有している可能性がある。 米国 米国内での販売及び米国からの輸出が行われた元素水銀添加スイッチ及び継電器の主な種類は以下の通りである。 ・ ディ스플레이メントリレー ・ フロートスイッチ ・ 圧力スイッチ ・ 温度スイッチ

	- 傾斜スイッチ 米国に輸入された水銀元素添加スイッチの主な種類は、温度スイッチである。 米国内での販売及び米国からの輸出が行われた水銀化合物添加スイッチの主な種類は、傾斜スイッチである。 米国 EPA は、水銀インベントリ報告規則に従って提出された情報から、水銀化合物が添加された「水中用鉛検出センサー」における水銀の追加使用を特定した。 2020 年水銀インベントリの公表 (2018 年水銀インベントリ報告規則に基づく) の策定以前は、米国 EPA は米国で販売される多くの製品の水銀量について IMERC データに依存していた。最新の IMERC のデータ (2010 年) によると、米国で販売されたスイッチ、継電器、センサー、バルブの水銀量は 39,242 ポンドである。 EPA は、水銀インベントリ報告に関する要求事項を作成する際に、最近のデータを収集するだけでなく、米国内で製造される製品、輸入製品ならびに輸出製品の区分による水銀使用量を特定した。2018 年次報告データに基づく数値は以下の通りである。 23,216 lbs : 米国内でスイッチ、継電器、センサー及びバルブの製造に使用した水銀元素量。 19,723 lbs: 米国内で販売されたスイッチ、継電器、センサー及びバルブの水銀元素含有量。 315 lbs: 米国から輸出されたスイッチ、継電器、センサー及びバルブの水銀元素含有量。 1 lb : 米国に輸入、米国で流通、米国から輸出されたスイッチ、継電器、センサー及びバルブの水銀化合物含有量。 モンテネグロ モンテネグロ国内では、水銀添加製品の製造は行われていない。スイッチ及び継電器などの輸入品の数量に関する 2019 年の情報はあがるが、これらの関税番号の大半は、幅広い製品種類を含んでいるため、水銀含有に関する正確な情報を把握することができない。モンテネグロは、水銀添加製品に対する HS コードの使用を受け入れている。 サーモスタットに関する専門家のコメント 水銀サーモスタットは、水銀スイッチを用いて、冷暖房空調 (HVAC) 機器との通信により室温を感知・制御する。水銀サーモスタットには、平均 1.4 個の水銀スイッチ (部品) が含まれている。スイッチ 1 個あたり最
--	--

	低 2.8 グラムの水銀元素が含まれており、1 台のサーモスタットに使用される水銀の総量は 4 グラム以上となる。産業用サイズのサーモスタットは複数のスイッチを有する場合があるため、より多くの水銀量が報告されている。産業用サーモスタットの例として、低圧多段式の壁掛け式サーモスタットやヒートポンプサーモスタットなどがメーカーから報告されている。¹
4. 水銀代替製品(又は低含有製品)の利用可能性に関する情報	日本 - 日本では、現在、水銀不使用のリレー (リードリレー、半導体リレー) が利用可能であり、多くの用途については、水銀式リードリレーの新たな使用を必要としていない。 <u>水銀式過電流リレー</u>: 製造者は、水銀不使用の過電流リレーではなく、同じく過電流から保護する機能をもつ IMP (Internal Motor Protector) による代替を進めている。 <u>海外製の水銀ディスプレイスメントリレー</u>: 水銀不使用のリレーを使用していたが、不具合が発生したため、当該リレーに変更した。 <u>水銀式感震スイッチ</u>: 製造者は、水銀不使用の感震スイッチを開発しており、2020 年末までに製造を終了する予定である。 ウガンダ <u>水銀含有量を低減させたスイッチ及び継電器</u> 高い正確性の装置に用いるスイッチ及び継電器で、ブリッジあたりの水銀含有量が 20 mg 未満のもの。 <u>無水銀スイッチ及び継電器</u> ソリッドステート継電器、電子 - 機械式、乾式磁気リードなどの無水銀継電器。 機械式、ソリッドステート、乾式磁気リード、光学式、サーマル式などの無水銀スイッチ。 専門家のコメント 専門家は、附属書 A に記載されている除外項目、すなわち「極めて高い正確さの容量及び損失を測定するブリッジ並びに監視及び制御のための装置に用いる高周波無線周波数のスイッチ及び継電器であって、ブリッジ、スイッチ又は継電器当たりの水銀含有量が最大二十ミリigramのもの」について述べている。編集文書によれば、該当製品は日本国内では生産されていない。 この専門家は、自ら当該機器の大手メーカー 1 社に問い合わせを行い、当該機器には現在水銀が使用されていないことを確認したとのことであった。

¹ IMERC Fact sheet: Mercury Use in Thermostats

	一般社団法人日本半導体製造装置協会 (SEAJ) の専門家からは、SEAJ の会員企業 3 社で、半導体製造装置で水銀スイッチや継電器を使用しているとの回答があった。また、SEAJ 会員企業は無水銀の代替品を見つけ出そうとしているものの、技術的、経済的な要件を満たす代替品は今のところまだ見つかっていないとのことであった。 サーモスタット 水銀サーモスタットの置換に適した無水銀の代替品として、電気機械式 (空気制御式、リードスイッチ、蒸気封入ダイヤフラム、スナップスイッチ) や電子式プログラマブルサーモスタット (デジタル式) が挙げられる。²
5.(i) 代替製品の技術的な実現可能性に関する情報	日本 ・日本では、現時点で性能及びコストの問題から水銀不使用リレーに代替することが困難な製品 (最終用途) や、水銀不使用リレーの提供に際し回路の変更が必要になるため、単純交換ができない既存製品のメンテナンス目的の水銀リレーの需要が判明している。 ・そのうち、工業会の共通認識として現時点で水銀不使用の代替製品が存在せず、水銀汚染防止法の規制対象外にすべきと考える用途を工業会ウェブサイトで公表している。 ウガンダ ・ウガンダにおいては、代替品の存在に関する消費者の知識は限定的である。 ・一覧に掲出されたスイッチ及び継電器の輸入に関する政策的な制限は限定的である。 ・代替品の使用/輸入に対するインセンティブがない。 ・代替品の採用を促進する制度的な枠組みは存在している。 ・代替品は、水銀含有品よりもコストが一般的に高い。 ・代替品は主に輸入品であるため、輸入関税コストが消費者価格に上乗せされる。
5.(ii) 代替製品の経済的な実現可能性に関する情報	該当なし
6. 代替製品の環境及び健康リスク、便益に関する情報	

² IMERC Fact sheet: Mercury Use in Thermostats

7. 上記以外で、条約の第 4 条第 4 項に従って水銀添加製品に関して提出する追加情報(例:製造や一般取引に関する情報など)	日本 ・日本国内における、水銀スイッチ (水銀式感震スイッチ) の製造者は1社、水銀リレーの製造者は4社(水銀式リードリレー:3社、水銀ディスプレイメントリレー:1社) である。 ・海外製の水銀リレーを輸入し、機器に組み込む場合もある。
8. 決定 MC-3/1 に定められたその他の関連情報	日本 日本では、水銀スイッチ・水銀リレーは、水俣条約のフェーズアウト期限 (2020 年末) 以降、国内の水銀汚染防止法により規制される。水俣条約附属書 A において適用除外とされる「水銀を含まない実現可能な代替製品によって交換することができない場合におけるスイッチ及び継電器」は、水銀汚染防止法においても規制対象外となる (審査において、代替製品の有無によって適用除外の対象範囲が判断される)。 米国 ・ 米国 EPA は今後も、より安全で費用効果の高い代替品の使用量及び利用可能性などの観点から報告結果を慎重に検証し、適宜、法規に従って将来的な法的措置あるいは規制措置の勧告を積極的に行う。 ・ EPA は、2007 年 10 月 5 日に、特定の自動車に含まれる簡易照明スイッチ、アンチロック・ブレーキ・システム (ABS) のスイッチ、ならびにアクティブ・ライド制御システムのスイッチの元素水銀使用量に関して、最終版の重要新規利用規則 (SNUR) を発行した。 カナダ カナダは、高周波無線方式のスイッチ及び継電器に対する水銀含有製品規則の適用除外に関しては、2016 年にこれらの製品の輸入が実際になかったため、適用除外の廃止を検討中である。 モンテネグロ モンテネグロ国内の廃棄物管理に関しては、電気・電子廃棄物の回収・処理制度の確立のための手順に対する命令 (モンテネグロ政府官報 No. 24/12) が電気・電子廃棄物の前処理について規定しており、また、電気・電子機器に含まれる有害物質の上限値に関する規則集 (モンテネグロ政府官報 No. 067/18) では、電気・電子製品に含まれる有害物質 (特に水銀に関して) の上限値、廃棄物分類の指定、ならびにこれらの製品に関係した廃棄物管理の方法を規定している。
9. 参考文献	日本

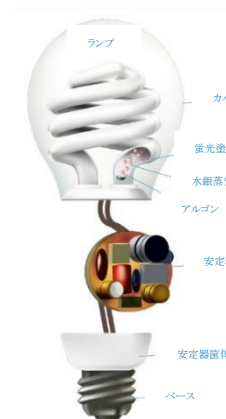
	情報収集は水銀スイッチ・水銀リレーの国内の製造者へのヒアリング調査、並びに、当該製造者からの出荷先及び医療・計測・分析・制御機器関連工業会会員企業へのアンケート調査を通じて行った。 ウガンダ ・Developing National Strategies for Phasing Out Mercury Containing Thermometers and Sphygmomanometers in Health Care, Including in the Context of the Minamata Convention on Mercury, World Health Organization, 2015. Available at http://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/WHOGuidanceReportonMercury2015.pdf?ua= ・UNEP (2013): Minamata Convention on Mercury. Available at http://www.mercuryconvention.org ・Minamata Initial Assessments report, 2018 ・Mercury Learn - HS codes (2015); COMTRADE database EPA. (2020). Inventory of Mercury Supply, Use, and Trade in the United States – 2020 Report
--	--

ランプ

アフリカ地域、カナダ、EU、日本、ノルウェー、米国及びその他の利害関係者 (CLASP, JLMA, ZMWG, Lighting Europe)からの情報

コンパクト形蛍光ランプ (CFL)

1. 水銀添加製品の分類	ランプ
2. 製品の具体的な内容	コンパクト形蛍光ランプ (CFL)
3. 製品の使用に関する情報	コンパクト形蛍光ランプ (CFL) は省エネタイプのランプで、ワット数、種類、サイズが豊富に揃っている。CFLには、安定器がランプに内蔵されている安定器内蔵型コンパクト形蛍光ランプ (CFL.i) と、安定器がランプとは別になっている分離型CFLランプ (CFL.ni) がある (Gensch, et al., 2016)。CFLは白熱灯に代わる省エネ照明として、商業施設 (小売店、オフィス、接客業、レジャー施設など) や住宅で広く使用されている (Gensch, et al., 2016)。CFL.iは、230Vと110Vの電球ソケット (E27など) に直接接続できるネジ式ランプである。CFL.niは、特定の電子ドライバまたは安定器を備えた照明器具の予備部品としてのみ使用できる。 低圧気体放電で必要なため、少量の水銀がすべての CFL.i に含有されている (Gensch, et al., 2019)。CFL.i では、アルゴンと水銀を封入した管の中を電流が通ることによって紫外線が発生する。この紫外線に蛍光塗料が反応し、可視光が発生する。CFL.i は、点灯時に必要なエネルギーは代替ランプに比べて大きくなるが、白熱電球に比べて平均でエネルギー使用が 70%小さくなる傾向がある。安定器は、CFL の点灯時に必要な十分な電圧を供給し、この後で電流調整を行う (US EPA, 2019a)。 電気から紫外線へ変換するために水銀は必須とみなされており、紫外線はこの後で可視光に変換される (Gensch, et al., 2019)。Lighting Europe は、CFL.i で使用される水銀の代替物質として希ガスが検討されたが、寿命や出力またはエネルギー消費に関するランプ性能で同等のレベルが達成されなかったことを示した (Lighting Europe, 2016)。



CFL.i ランプの一般的な構造 (US EPA, 2019a)

CFL.ni は、照明器具に内蔵された幅広い種類の電極駆動部に応じて、様々なワット数、管径、気体圧力及び電極予熱での使用が可能のため、用途に応じて配光、効率、調光ならびに寿命も様々である。CFL は、通常寿命型と長寿命型 (20 000 時間超)に分類される。

水銀含有量の範囲

CFL の平均水銀含有量は、この数年間で少なくとも 20%は削減されている (US EPA, 2019b)。米国における標準的な CFL1 本あたりの水銀含有量は、0.9～4 mg である (COWI and ICF, 2017)。



CFL.ni ランプ

アフリカ地域

CFL は、一般家庭用途と専門用途の両方で一般的に使用されており、特に、卓上ランプやダウンライト、壁面照明器具などの屋内用として使用されているが、一部の国では街路灯としても使用されている。これらの商品は、照明用電力消費の削減を目標として、1970 年代後半から 1980 年代前半に開発された。CFL はすべて、水銀を含有している。CFL は、完全に明るくなるまでのウォームアップ時間として 5 分必要な場合もあり、壊れやすく、また、LED に比べて寿命が短い。CFL の種類は、安定器内蔵型 (CFL.i) と、「ピンベース式 CFL」とも呼ばれる安定器分離型 (CFL.ni) の 2 種類である。

- コンパクト形蛍光ランプー安定器内蔵型 (CFL.i): 白熱ランプの代替として設計された蛍光ランプ。1 本の蛍光管を白熱ランプ内の空間に合わせて曲線状、螺旋状、又は折り畳んだ形状にし、ランプのベースに電子式安定器を内蔵している。ランプ 1 個当たりの水銀含有量は、3 ～ 10 ミリグラム。
- コンパクト形蛍光ランプー安定器分離型 (CFL.ni): この蛍光ランプでは、ランプ作動用安定器は、ピンベース式 CFL.ni ランプを差し込む器具に内蔵されている。「ni」は、non-integrated (分離式) の略で、安定器がランプ自体には内蔵されていないことを意味する。ランプ 1 個当たりの水銀含有量は、3 ～ 10 ミリグラム。

ノルウェー

他の団体から提出された意見とは異なり、CFLni 電球は「予備部品」に分類すべきではない。CFLni 電球は CE マーク付きで市販されている規制対象の完成品である。また、複数の指令による規制を受け、安全基準も定められている。CFLni は、照明器具という別の完成品と組み合わせて使用される完成品である。CD (コンパクトディスク) が CD プレーヤーの予備部品ではないのと同じように、CFLni は CFLni 用器具の予備部品では

ない。消費者は音楽を選ぶことができ、電球形蛍光灯を選ぶことができる。そして、どちらも、それらが入れられた機器がサービスを提供できるようにするものである。

一般社団法人日本照明工業会(JLMA)

(電子) 安定器/制御装置付きではない分離型蛍光ランプ、すなわち直管蛍光ランプ (LFL) ならびに分離型 CFL ランプ (CFL-ni) は、照明器具用のメンテナンスまたは修理部品とみなされており、日本政府は、これらの予備部品の供給に関しては、寿命10年の照明器具に関する照明業界基準への適合を義務化している。予備部品もRoHS規制の対象外となる。

ZMWG

インドは世界最大の水銀含有ランプ使用国の1つであり、年間売上数 (2018年) は、CFLランプが約2800万個、LFL が1億3200万個である。

RoHS指令 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:02011L0065-20200301&from=EN>

第4条および第3条1項、2項、27項において、「予備部品」とは、電気電子機器の部品に置き換えることができる、電気電子機器とは別個の部品をいう。電気電子機器とは、当該部品がないと意図したとおりに機能しない。当該部品を予備部品に交換することで、電気電子機器の機能が回復またはアップグレードする。ランプや照明器具はそれ自体が電気電子機器であり、ある製品が電気電子機器であると同時に予備部品にはなり得ない。

CFL iおよびCFL ni は EU RoHS 指令の照明機器に該当するものであり、予備部品ではない。予備部品も、以前から上市されている場合を除き、EU法における同一、類似製品と同様の制限に従うべきである。なお、予備部品は通常完成品ではないが、CFLniは完成品である。

<https://ec.europa.eu/environment/system/files/2021-01/FAQ%20key%20guidance%20document%20-%20RoHS.pdf>

LightingEurope

CFL-iランプは、主電源に直接接続できる電子ドライバ内蔵のネジ式ランプで、主に住宅用途 (家庭、ガレージ、庭など) で使用される多くの照明器具に使用されている。

CFL-niランプは、電子ドライバをランプ内ではなく照明器具内に配置した、非一体型の非ネジ式ランプである。照明器具メーカーが使用する電子ドライバには多くの種類があり、また、さまざまに標準化されたソケット

	トが多く存在する。これらの照明器具は多種多様な業務用途に使用され、専門業者によって取り付け、保守が行われる（例えば、調光制御用途の通路、リラクゼーションエリア、会議室などのオフィス、小売店、ホテル、アパート、病院、学校、高齢者施設、劇場、出口標識、工業用照明、防水または爆発性雰囲気中の用途、住宅街の街灯、鉄道や地下鉄の駅、列車、バッテリー駆動の緊急用照明器具、医療用途など）。
4. 水銀代替製品（又は低含有製品）の利用可能性に関する情報	EU, 米国補足 主要な代替品: 発光ダイオード (LED)、白熱電球、ハロゲン CFL の代替品の候補は、次の 3 種類である: LED、白熱電球ならびにハロゲン。 ハロゲン及び白熱電球は、CFL よりも非常に多くのエネルギーを消費するため、各国では既に段階的廃止が実施されている。米国のエネルギー・プログラムでは、13 ワット、定格寿命 8,000 時間の CFL (60 ワット相当、一般的な電球タイプ) を使用後にリサイクルすると、376kWh を節約でき、4.3mg の水銀を回避できることを実証している¹。EU では、EU のエネルギー関連規制 (RoHS 指令 2011/65/EU) によって、2018 年 9 月以降は販売が禁止されている。 したがって、LED は、CFL.i の最も適切な代替品である。一般照明用途に関しては、照明業界は、放電ランプ技術を主流とした市場から、LED 技術重視の市場へと進化してきている (Gensch, et al., 2019) 。2013 年時点では、EU 市場での一般照明用 LED のシェアは 5%にすぎなかったが、2020 年までに 60%、さらに 2030 年までには 80%にまで拡大すると予測されている。米国およびカナダでも、LED による CFL の置換えが開始されており、LED は北米市場でもシェアを拡大すると予測されている。Walmart などの多くの小売店や、General Electric などのメーカーは、CFL.i 製品全般の使用及び製造からの撤退を始めている (COWI and ICF, 2017)。 ただし、CFL.ni に関しては、LED への切替は 2020 年までに 8%にしかならないと予測されている。欧州以外では、CFL.ni ランプは、CFL.ni を使用した既設照明器具の予備部品として市場に今後残ることになる。規則 (EC) No 244/2009 によるハロゲン電球の 2019 年 1 月からの EU 域内での禁止後は、欧州市場では LED ランプが唯一の無水銀技術になるという報告がある (Gensch, et al., 2016)。白熱電球も規則(EC) No 244/2009 に適合しないため、非効率な白熱電球の段階的廃止は既に進行中である。なお、LED には有機 LED (OLED)やグラフェンなど数多くの新規材料オプションがあり、このような材料は現在一般的に使用されている金属ベースの半導体の代替として使用されるようになるかもしれない。しかし、これらは、市場では新

¹ https://www.energystar.gov/ia/partners/promotions/change_light/downloads/Fact_Sheet_Mercury.pdf

	参の存在であり、効率性やライフサイクル・インパクトが LED よりも優れているかどうか判断するためには時間が必要である (COWI and ICF, 2017)。 カナダ 水銀含有ランプに対する第一選択肢としての無水銀代替品は、発光ダイオード (LED) 製品である。LEDは、光源として半導体を使用し、エネルギー効率が非常に高く、蛍光ランプよりも寿命が長い。また、LEDは、赤外線検出装置及び放射線検出装置に含まれるランプの交換品として使用される場合が多い。¹ LEDは、上市されて30年になるが、最近の5年間で需要が急激に増大した。¹主要な照明メーカーは、LEDを増産し、従来式の照明製品の段階的廃止を実施している。²GEやPhilipsなどの大手企業は、CFLからLEDへの切替を積極的に推進し、北米の照明製品市場を占める割合は2020年までにLED が70%、CFLが 4%になると予測されている。³ アフリカ地域 過去においては、家庭や職場、学校など様々な場所で CFL は一般的に使用されていたが、現在では LED との交換が進んでいる。CFL.i 及び CFL.ni ランプに対する無水銀 LED 代替品はどの照明市場でも一般的に入手可能である。代替品は、数千もの形状や種類があり、光の出力レベル、演色性や色温度も豊富に取り揃えられている。レトロフィット LED ランプも利用可能で、一般的な電球ソケット (主電源電圧) と CFL.ni 用のピンベースのどちらにも対応している。CFL.ni ピンベースの利用可能性に関する研究によれば、19 種類の CFL.ni ベース (例: 2G7、2GX-7、2G11、など) のうちの 16 種類、または 85%に対して LED レトロフィットが現在利用可能である。現状すぐには LED 交換品が利用できない 3 種類は、その販売量が少ないことが理由となっている。しかしながら、中国の供給業者によれば、この 3 種類のベースに対するレトロフィット LED ランプに関しては、製造上の技術的な障害はないため、要請を受ければ数か月以内に生産可能であるという。(Swedish Energy Agency, 2020) ノルウェー LEDは水銀を含まない代替品で、CFLに代わるコスト効率の高い直接の代替品である。LEDは効率がCFLの2倍 (同じ光を出すのに半分の電力で済む) であるため、石炭火力発電所から排出される水銀も減らすことができる。LEDは寿命が長く、効率的で、色の品質が高いため、家庭用照明にも、オフィス照明、学校、街灯などのプロ業務用途にも適している (Zissis et al., 2021)。LEDは従来の照明技術に比べて50～90%の省エネを達成し、寿命は15,000～50,000時間である。LEDは水銀を含まず、CFLと違って有害廃棄物にはならない。
--	--

国連環境計画 (UNEP, 2021) と国連工業開発機関 (UNIDO, 2021) は、CFLとLFLは非効率かつ有毒であるとして、2023年1月1日から2025年1月1日の間に段階的に廃止するための国際プログラムを定めた。

一般社団法人日本照明工業会(JLMA)

CFLniを使用している器具をLED器具に交換して、CFLniの需要を減らす必要がある。LED器具がコスト的に難しい場合は白熱電球の器具を交換し、入手しやすい白熱電球代替のLEDランプに交換できるようにする方法もある。

EU からの情報に関する専門家/ZMWG のコメント

EUでは、EUエネルギー規制 (エコデザイン指令) により、2018年9月からハロゲン、白熱灯の販売が禁止されている。同指令により、CFLも2021年9月1日までに販売禁止となる予定である。

EU指令2011/65は、CFLを禁止しておらず、また白熱灯やハロゲンも禁止していない。指令2011/65は、CFLに含まれる水銀の最大許容含有量を制限するものである。

しかし、照明を含む製品のエネルギー効率に重点を置くEU [エコデザイン指令](#) に基づき、2019年10月1日の欧州委員会規則2019/2020¹は、エネルギー効率式により、直管蛍光ランプ (LFL) のT2およびT12と安定器内蔵のコンパクト形蛍光ランプ (CFLi) を2021年9月1日までに、またT8直管蛍光ランプのうち特定の長さ (2フィート、4フィート、5フィート) のものを2023年9月1日までに禁止することで合意した。

最新のCLASP /Swedish Energy Agencyのデータから判断すると、以下のCFL.niの試算は現在では古い情報である。2020年7月10日に発表されたOko Instituteの報告書によると、通常 (BAU) 時の出荷量は以下のとおりである。

https://rohs.exemptions.oeko.info/fileadmin/user_upload/reports/RoHS_SEA_Lamps_2020_Revision-Final_10072020.pdf

Table 3-1: Number of CFLni to be replaced, related energy (cc

全データセット	2021	2022	2023	2024	2025
CFLniの予想販売量、全セクター (mln)	44.8	41.9	38.1	33.5	28.6
LEDに置換される CFLni、家庭用 (mln)	13.3	13.2	12.9	12.3	10.9
LEDに置換される CFLni、非家庭用 (mln)	31.4	28.6	25.2	21.2	17.6

2021年について計算すると、欧州ではCFLniが4,480万個、LEDが4,470万個 (1,330+3,140) 販売され、家庭用や業務用に利用されていることになる。つまり、市場に出回っているLEDは8%ではなく、すでに50%である。

また、CFLniの代替となるLEDもある。例として、以下を参照のこと。

https://products.gecurrent.com/sites/products.currentbyge.com/files/documents/document_file/LEDL007-GE-LED- Replacement-CFL-Plug-In-Sell-Sheet.pdf

CLASP

- CFLi: レトロフィットLEDランプは、一般家庭で使用されている ねじ込みソケットや差し込みソケットといった主電源ソケットで動作するねじ込み型や差し込み型の (CFLi) 用途に100%対応している。LED電球には、光を拡散するフロスト加工されたものや、シャンデリアや「きらめき」効果を必要とする器具に適したLEDから成る、黄色のフィラメントが見えるものがある。LEDランプのドライバは、このLEDフィラメント電球の右の写真のように、ランプ本体のネジキャップに収まるほど小型化されている。



- CFLni: ピンベース型 (CFLni) の88%で、レトロフィットLEDランプが利用可能である(Oko-Institut, 2020)。Signifyのウェブページを見るとわかるように、この2年で多くの新製品が発売されている。² CFLniの用途の大部分でLED製品が提供されており、既存の照明器具と同じ器具、同じ安定器で動作するため器具の交換や配線の変更は必要なく、既存の照明器具にレトロフィットLEDを取り付けるだけで、エンドユーザーはCFLよりも2倍効率の高い無水銀照明を享受することができる。直接のレトロフィット品がないごく一部の用途については、調査員がLEDレトロフィットランプメーカーに対し、これらの少数の(一般的でない) ベースタイプについて問い合わせを行った。中国に拠点を置く各社は、必要なLEDレトロフィットランプはすべて製造可能であり、あらゆるCFLniのLED代替品を製造する技術的な障害はなく、単に量的な問題であると回答した (Sweden, 2020)。

NRDC

² さまざまな CFLni レトロフィットランプの例: <https://www.lighting.philips.com/main/prof/led-lamps-and-tubes/led-pl-lamps>

	CFLi: 一般照明の代替品として、文字通り何千もの無水銀ランプがある。LED の代替品は、さまざまな色温度、さまざまなベースタイプ、幅広い光量、拡散光の有無 (きらめき効果) などがあり、多くのモデルで調光も可能である。LED ランプは容易に取り付け可能なレトロフィット品として設計されているため、ソケットの100%がレトロフィット可能であり、再配線や改造は必要ない。LED ランプは CFL に比べ、長寿命で瞬時に明るくなり、効率も最大で 2 倍となる。白熱灯、ハロゲンランプ、CFLi のいずれを交換する場合でも、LED 交換ランプは高い費用対効果を発揮する。 CFLni: ほぼすべてのピンベース型で、既存のCFLniをLEDに置き換えることが可能であり、再配線は必要ない。入手できない3種類のベースタイプについては、調査員が中国のサプライヤーにその理由を問い合わせたところ、販売数が少なくLEDで開発する価値はないとの回答であったが、1万個の注文があれば製造可能であることを確認した。CFLni電球の代替LEDは水銀を含まず、寿命は2～3倍以上、効率は約2倍であり、関連する電気料金を半分に削減することができる。 LightingEurope CFLi 多くの用途で、効率、品質、価格レベルが異なるLED一体型ねじ込み式ランプがEU市場に参入している。他の市場では、高品質なLED代替品の値ごろ感や入手しやすさに関する状況が、EU地域とは異なる可能性がある。 CFLni & LFL-ni ランプ LED 代替品は複数の用途で市場に投入されているが、ランプの多様性から、すべてのタイプのランプに対応できるわけではなく、また、さまざまな効率、寿命品質、価格水準 (低価格品から最高級品まで) の用途すべてに対応できるわけでもない。LED代替品は、設置されている既存の照明器具に使われている多くのドライバと互換性がない問題がある。LightingEurope は、設置済み照明器具に使用されている電子ドライバのトポロジーが多種多様であるため、EU では約 50% で互換性がなく、従って代替品がないと推定している (参考 Oko Institute 10 July 2020 – Table 2-2)。 用途に関わる建物の保険要件における品質、安全上の問題を回避するために、照明器具の再配線や照明器具全体の交換といった (いずれもユーザーに高い費用がかかる)、専門の施工業者からの助言は必然である (施工業者の助言に関するリンクを参照: Signify, Ledvance および Tungsrasm)。
5.(i) 代替製品の技術的な実現可能性に関する情報	EU LED レトロフィット品に交換する場合の技術的な実現可能性は、CFL.i よりも CFL.ni の方が低い。

	業界団体から提供された情報によれば、CFL.ni ランプの完全な機能を満たす適切な代替品は存在していない、という。また、この業界団体によれば、制御装置の互換性が無いことや、利用可能なランプベースの種類の問題によって、使用者は照明器具全体を取り替えざるを得ない状況になる可能性が高いという。ただし、CFL.ni が市場に占める割合は比較的低い (The Lightbulb Company, 2019)。 一般照明用 CFL.i を LED に交換することは技術的に実現可能であるが、一部の交換用 LED 製品では、CFL と同じワット数及びルーメン出力を達成できない場合がある (Gensch, et al., 2019)。長寿命 CFL.i に関しては、重量、配光ならびに形状の違いが原因で、LED 代替品の利用可能性に制限があることが報告されている (Lighting Europe (2017))。 LED の技術的な問題の1つとして、LED の熱感度があげられる。推奨値を超える温度への曝露が原因で、製品寿命が低下する可能性がある (Gensch, et al., 2019)。しかしながら、他の競合技術と比べて、LED の寿命は大幅に長いため、購入頻度の減少は消費者の便益となる (COWI and ICF, 2017)。さらに、白熱照明に比べて、LED は 90% も効率性が高い。LED は、その長寿命性、効率性及び方向特性によって、特に商業用途に適している (US EPA, 2019c)。また、街路灯、ガレージ照明および住宅照明での LED の使用も増加してきている。 特殊用途のランプは特別注文生産品が多いため、代替品による交換の実現可能性は低くなると見込まれている (COWI and ICF, 2017)。最近では、LED は一部の特殊用途照明でも適用されている。ただし、一般照明用途に比べて追加開発の速度は遅くなると予測されている。 業界団体からの情報によると、CFL に含まれる水銀を水俣条約が規定する最大濃度以下にすることは技術的には可能である。EU やオーストラリアなど多くの国で、CFL.is の水銀含有量規制は水俣条約の規定値よりも 50% 低い (水俣条約のランプあたり 5mg に対し、ランプあたり 2.5 mg)。 Swedish Energy Agency による調査 (2019 年) は、水銀を含まない代替品による蛍光ランプの置換には技術的実現可能性があると結論づけ、電気・電子機器における特定有害物質の使用制限に関する指令 (RoHS 指令) 2011/65/EU に基づく CFL の適用除外の失効が認められるようになった。 アフリカ地域 CFLi については、従来 CFLi を使用していたソケットに LED を取り付けことは、技術的に十分可能である。LED レトロフィットランプは、小型軽量で長寿命、高効率であり、価格帯は CFLi と同等かそれに近い。CFLi の上市を維持する理由はない。アフリカの複数の国において、UNIDO の照明器具高エネルギー効率化プロジェ
--	---

	クトのもとで、SADC と EAC で現在最終調整中の照明規制によって CFLi を段階的に廃止する方向に動いている。(SACREEE, 2021) CFLni については、Oko-Institute と VHK が発表した最近の調査で、CFLni ランプの 89%が「プラグアンドブレイレトロフィット」であることが確認されている(Oko-Institut, 2020)。Oko-Institut の分析におけるこの推定値は、照明業界と Sweden/CLASP (Swedish Energy Agency, 2020) が発表したデータと、ここ 2、3 年で EU で上市された多数の新しい CFLni ランプ用 LED レトロフィットに基づくものである。例えば、Signify/Philips (Signify, 2021) や OSRAM/LEDvance (LEDvance, 2021) が提供する幅広い製品がある。 一般社団法人日本照明工業会(JLMA) CFL-i と CFL-ni では、技術的な障壁が全く異なる。特殊用途を除く一般照明用の CFL-i は技術的に代替が可能である。ねじ込み式の CFL-i は白熱電球と同様に商用電源から直接供給されるため、器具との互換性の問題はない。 CFL-ni は、照明器具に内蔵された安定器や電子回路から電力が供給される。安定器や電子回路は CFL-i の特性に合わせて設計されており、CFL-i 以外のランプを使用すると感電や火災のおそれがある。また、CFL-ni と同じ形状の他のランプについても、IEC で安全性に関する議論が行われており、IEC の規定ができるまでは、技術的に代替が可能とは言えない。 CLASP LED レトロフィット電球は、照明に重要なすべての分野で、CFLi や CFLni よりも技術的に進んでいる。LED レトロフィットランプは水銀を含まず、CFL の 2～3 倍長持ちし、効率は 2 倍である。つまり、LED は家庭や企業が照明に費やすエネルギーを半分 (またはそれ以上) に減らすことができる。LED は、CFL よりも軽量であること、スイッチを入れたとすぐに最大限の明るさになること、コンパクトで置き換え対象の電球と同じ形状に収まることなど、技術的にも多くの利点がある。LED は CFL と同じ色温度と演色評価数で提供され、優れた品質の光を生み出すことができる。 NRDC CFLi、CFLni のいずれに対しても、LED は水銀を含まないことに加えて寿命が非常に長いため、消費者はランプの交換回数を減らすことができる。また、LED は白熱灯に比べて 90%以上、CFL に比べて 50%以上効率が良い。数年前の CFL に比べ、LED レトロフィットランプは小型・軽量化 (総重量) され、設置の障壁が取り除かれている。LED レトロフィットは、CFL と同じ (さらにより良い/広い範囲の) 演色評価数および相關色温度
--	--

	をすべて提供する。LED は、主電源電圧 (120V/60Hz、230V/50Hz など) で CFLi が取り付けられているのと同じソケット (ねじ込み式や差し込み式) に直接取り付けることが可能である。 LightingEurope CFLni & LFL-ni ランプ 利用可能な LED 代替品は、設置済みの既存の照明器具に使用されている多くのドライバと互換性がない問題があり (設置されている照明器具に使用されている電子ドライバのトポロジーが多様であるため、EU では約 50% (参考文献 Oko Institute 10 July 2020 – Table 2-2)、保証が適用されず照明器具全体の再配線または交換が必要である。 保証対象外となる特定のドライバや設備との非互換性の例として、ランプやドライバ部品の過熱などによるちらつき、起動しない、初期不良などが挙げられる。 厳しいIEC規格により、LED-niの代替品の使用は、最新の昼光調光設備、直列回路照明器具、電池式非常用照明器具では認められていない (LightingEurope, September 2020 presentation at UN vertical lamps meetings 参照)。 用途に関わる建物の保険要件における品質、安全上の問題を回避するために、照明器具の再配線や照明器具全体の交換といった専門の施工業者からの助言は、いずれもユーザーに高い費用がかかるが、必然である (September 2020 vertical lamps meetings における LightingEurope のプレゼンテーションのとおり)。(施工業者の助言についてはリンク先を参照: Signify, Ledvance および Tungsram)。
5.(ii) 代替製品の経済的な実現可能性に関する情報	カナダ LEDは、従来の照明技術に対して50～70%の省エネを達成し、寿命も50,000～100,000時間である。LED製品の6,000時間使用「突発」故障発生率は、約1%である。⁴ 2012年に実施された推計では、主にLEDの価格減少に伴う需要の拡大によって、2020年までにLEDの世界市場規模は1600億米ドルまで拡大すると予測した。2020年までには、LEDの価格が80%以上値下がりし、世界の照明用途全体の約60%を占めるまでになるという見込みが示された。⁴ ノルウェー 分離型安定器を使用したコンパクト形蛍光ランプ (CFLni) をLEDに交換した場合の投資回収期間は、1.3 ～ 3.0年と非常に魅力的で、寿命も蛍光ランプの 2～3倍長くなる。 EU

表 1 では、CFL.i と LED の各種の形状及び光強度における寿命、定格電力、色温度、演色ならびに価格の範囲の概要³を示す。表 1 は、入手可能な LED と既存の CFL.i 照明器具の同種比較を示すものではない。しかしながら、このデータでは、寿命、価格、定格電力、色温度及び演色は、CFL.i よりも LED の方が値の幅がかなり大きいことが示されている。LED の初期費用は、CFL.i よりも高いが、LED の省エネ効率の高さと製品寿命の長さによる価値はこれを上回る。また、LED の価格は 2011 年以降、下落傾向を継続している (LED Inside, 2018)。

表 1 – CFL.i と LED のランプ仕様及び価格の比較 (Gensch, et al., 2019)

	CFLi	LED
寿命	20 000 時間	20 000 ~ 50 000 時間
定格電力 (範囲)	10 ~ 18 W	3.9 ~ 21 W
色温度	2500 ~ 2700°K	2100 ~ 4500°K
演色 CRI (Ra)	80 ~ 82	80 ~ 97
価格 (ユーロ)	9.5 ~ 18 ユーロ	7.5 ~ 33.5 ユーロ

表 2 は、市場のすべての CFL.ni を交換する場合のコストに関する Lighting Europe (2017)作成の推計値を示している。この表は、一部の CFL.ni 照明器具の交換では、再配線または変換作業が必要なため、特にこの作業の人件費に着目している。

なお、スウェーデンエネルギー庁 (2019) は、CFL.ni を LED に交換した方がコスト効果は高く、CFL.ni に対する LED 交換品の投資回収期間は 1.3 ~ 3 年の間であり、CFL.ni の 2 ~ 3 倍も長持ちする、と報告した。しかし、この計算には交換作業の人件費が含まれていなかった。

表 2 – 市場のすべての CFL.ni を交換する場合のコスト (Lighting Europe, 2017)

商業分野、工業分野及び公共分野の分野で上市されているランプ:			
ランプの種類	上市されているランプ	ランプ/器具	器具
CFL.ni	619 000 000	1.5	412 666 667

³ この範囲は、Philips 社及び Osram 社のウェブサイト上のデータにより、5 種類の長寿命 CFLi 及び 10 種類の LED 代替品に基づいている。

LEDレトロフィット品との交換、割合及びコスト:				
ランプの種類	レトロフィット品の割合	製品コスト	作業人件費	コスト合計
CFL.ni	10%	12.5 ユーロ	20 ユーロ	30 ユーロ
LED照明器具との交換、割合及びコスト:				
ランプの種類	レトロフィット品の割合	製品コスト	作業人件費	コスト合計
CFL.ni	90%	75 ユーロ	25 ユーロ	100 ユーロ
交換コスト合計:				
ランプの種類	レトロフィット品	LED照明器具	コスト合計	
CFL.ni	1 341 166 667 ユーロ	37 140 000 000 ユーロ	38 481 166 667 ユーロ	

アフリカ地域

CFLのLED代替品への交換は、コスト効果が高い。CFLのLEDへの代替に関係する投資回収期間は短く、ほとんどの場合で1年未満である。実際に世界の多くの国や地域で、CFL用LED代替品は既にCFLと同等の価格になっている。米国(Schweber, 2018)や南アフリカでは実際にこのような価格になっており、これらの市場の分析では、LEDの所有・使用コストは、CFLよりも約50%低くなっていることが示されている。

次の例は、南アフリカとウガンダにおけるLEDとその他のランプのコスト効果の比較を示している。1日当たりの電球使用時間は4時間と仮定した場合、LEDランプの投資回収期間はわずか数週間で、さらに、何年間も使用可能である。



項目	ハロゲン	CFL	LED
寿命	2,000 時間 (2 年)	6,000 時間 (6 年)	15,000 時間 (15 年)
1 個当たりの価格*	21.99 ランド	29.99 ランド	29.99 ランド

電力	60 W	15 W	8 W
使用 (3 時間/日)*	65.7 kWh/年	16.4 kWh/年	8.8 kWh/年
電気コスト*	82.1 ランド/年	20.5 ランド/年	11.0 ランド/年
10 年間のコスト	953.2 ランド	265.3 ランド	139.5 ランド
投資回収期間		7 週間	6 週間

図 1. 一般用 LED ランプ 1 個当たりの南アフリカにおける投資回収期間



項目	白熱ランプ	CFL	LED
寿命	1,000 時間 (1 年)	6,000 時間 (6 年)	15,000 時間 (15 年)
1 個当たりの価格	1,850 UGX	7,400 UGX	8,150 UGX
電力	60 W	15 W	7.5 W
使用 (4 時間/日)*	88 kWh/年	22 kWh/年	11 kWh/年
電気コスト*	59,100 UGX	15,000 UGX	7,400 UGX
10 年間のコスト	612,000 UGX	166,000 UGX	82,000 UGX
投資回収期間		7 週間	6 週間

図 2. 一般用 LED ランプ 1 個当たりのウガンダにおける投資回収期間

マダガスカルにおける一般用ランプに関する同様の分析によれば、白熱ランプからLEDレトロフィット品に切り替えた場合の投資回収期間は、わずか3.5ヵ月であった。さらに、現在価値に対して割引計算済みの、10年間の削減の正味現在価値 (電球購入及び電球使用時電気コストを含む) は、560,700 MAGとなった。コスト削減額は50万マダガスカル・アリアリ (MAG) を超え、LEDの高い購入価格 (白熱電球よりも高額で、16,100 MAG) を大幅に上回っている。

ザンビアでは、白熱ランプからLEDランプに切り替えた場合の投資回収期間は、わずか3.9ヵ月である。さらに、マダガスカルと同様に、現在価値に対して割引計算済みの、10年間のエネルギー削減の正味現在価値

	(電球購入及び電気コストを含む) は、1,078 ZMWとなった。このように、ザンビアでは、白熱ランプからLEDへの交換を行った家庭では、ソケット1個当たり1,000クワチャ超 (現在の通貨) が節約される。この削減額は、白熱ランプに対するLEDランプ購入コスト差額の30クワチャを大幅に上回っている。 LEDランプはCFLの価格と同等あるいは非常に近い価格だが、LED電球の効率がCFLの2倍となるため、LEDの方が使用中のコストが大幅に低い。したがって、所有時の合計コスト – 家庭での照明コストの合計 – は、LEDは蛍光ランプの約半分で、水銀もゼロとなる。投資回収期間も一般的にわずか数か月であった。 一般社団法人日本照明工業会(JLMA) (電子) 安定器/制御装置付のコンパクト形蛍光ランプ、いわゆる内蔵型 CFL ランプ (CFL-i) の大半は、ねじ込み式口金付きで (例: E 形または B 形) 主電源電圧に直接接続するため、安全性の問題はない。さらに最近では、これらの種類の CFL-i ランプ用の LED 代替品も手頃な価格で利用可能になってきている。 CFLni を使用している器具を LED 器具に交換して、CFLni の需要を減らす必要がある。LED 器具がコスト的に難しい場合は白熱電球の器具を交換し、入手しやすい白熱電球代替の LED ランプに交換できるようにする方法もある。 ZMWG 国際的な規模の最近のデータとして、国際エネルギー機関 (IEA) による商業用建物/照明に関する追跡レポート (2019 年 5 月) ⁴ によれば、LED が世界市場を独占し始め、CFL と同様に直管蛍光ランプの一般的交換品として使用されるようになっている、という。世界的な LED の普及はこの数年で顕著に拡大し、全世界の住宅照明市場における LED 販売高のシェアは 2013 年の 5%から 2018 年には 40%に上昇した。住宅分野においては、LED の販売高は蛍光ランプを現在では超えているとみられ、今後もさらに拡大するものと見込まれている。現在では、LED は多くの市場で大量生産がされており、メーカー各社の競争によって、新技術の開発、製品の種類の増加、価格の低減が促進されている。 CLASP CFLi: CFLi 用の LED ランプのレトロフィットは世界中で費用対効果が高く、ザンビアでは、2019 年に白熱灯と比較して投資回収期間が 3.9 カ月、寿命が 15 倍と算出された手頃な LED 電球の恩恵を受けている (CLASP, 2019)。そして、10 年間の省エネ効果を 2019 年まで割引いた正味現在価値は 90.53 米ドルとなり、LED の購入にかかる若干高い初期費用 (2.50 米ドル) をはるかに上回る。
--	--

⁴ 国際エネルギー機関(IEA), 「商業用建物/照明に関する追跡レポート」, 2019 年 5 月, www.iea.org/reports/tracking-buildings/lighting

	CFLni: CFLni の交換にかかる投資回収期間は、設置する LED によって異なるが、エンドユーザーが投資を回収できるようなプラスの効果が期待できる。欧州の例では、ピンベース型の 2D 蛍光管 (OSRAM 2D GR10q 28W) と、同じ安定器で動作する General Electric 製の LED レトロフィット代替品 (蛍光灯器具に LED 電球を取り付けるのみで再配線は不要) を比較した。LED 交換電球は蛍光灯の 2 倍以上長持ちし、ランプ取り付けからの投資回収期間は 1.3 年である。調査の結果、この特定の取り付けのケースでは、オフィスのランプを 1 つ変えるだけで、その GE 製 LED 電球の寿命期間にわたって 63.25 ユーロを節約できることがわかった (Sweden, 2020)。 LightingEurope CFLni: 2020年のLightingEuropeの計算では、例えば、2021年に強制的にLED投資を行った場合、人件費を含め、LED照明器具の投資回収期間は18年、LEDniランプの投資回収期間は5年となっている。これは、かつてCFL-isの投資回収期間は通常半年と短い期間であるにもかかわらず、白熱ランプの禁止に利用者が大きく反対したのと同じように、EUの消費者や業務ユーザーから大きな反対を受けるおそれがある。LEDniレトロフィットランプは設置されている照明器具や用途の約50%にしか使用できないため、LightingEuropeは、加盟国が時期尚早に段階的廃止を行う場合、主に今後5年間で、CFL-niおよびLFL技術に関して1,330億ユーロのコストがかかると推定している。 建物部門の主要なエネルギー最終用途のうち、LEDの販売により、照明だけがIEAの持続可能な開発シナリオに沿ったものとなっており、蛍光灯からの置き換えが可能になってきている (IEA report May 2019)。投資回収期間はプラグアンドプレイの代替品の有無や実現可能性によって異なり、CFL-I用途では数年、多くのCFL-niやLFL-ni用途では照明器具の再配線やLED照明器具への切り替えのコストによりさらに何年もかかる。 LED-ni の代替品に対する非互換性の問題の結果、LightingEurope はユーザーに対して次のような現実的な影響を予見している。 - 機能する代替品がない場合、ユーザーは既存の照明器具の再配線や交換に十分なリソースを割く必要があり、そのために高いコストがかかる (EU 市場では、CFL-ni と LFL 技術で合計 1,330 億ユーロと推定される)。 - 照明器具の再配線や交換には、建築物の保険要件に従って製品の安全性や品質を確保するための新たな認証が必要となる。 - 段階的廃止は、ユーザーが代替技術への移行に向けて十分なリソースを割り当てる時間を確保できるように、照明器具の交換サイクル (通常14年) と一致させる必要がある。これらの製品のユーザーは、
--	---

	LightingEuropeとともに、円滑な移行スケジュールを繰り返し求めてきた (これらの製品のユーザーを代表する17の協会が署名した2018年の共同声明を参照)。 また、各用途の LED への移行スピードは、企業、政府、個人の投資にも左右される (IEA report May 2019 を参照)。
6. 代替製品の環境及び健康リスク、 便益に関する情報	EU LED は水銀を含まず、CFL よりも省エネ効率が優れていると評価されている。使用期限終了後の管理では、有害な物質として銅、ニッケル及び鉛の LED における含有量を検証し、これらの資源の活用についても検討する必要がある (Seong-Rim, et al., 2011)。しかし、無水銀代替品を使用することで、使用期限終了の段階であっても他の期間と同様に、環境への水銀放出量を確実に制限することができる。 アフリカ地域 LED の場合は、家庭、オフィス、学校及び事業所でのランプ破損時に、消費者及び従業員が有毒な水銀に曝露するという不必要なリスクが発生しない。また、LED は、不適切な廃棄処分による埋立処分場及び廃棄物処理場の水銀汚染量を減少させる。 Swedish Energy Agency と CLASP による欧州での調査によると、規制、施行、監視にもかかわらず、欧州では蛍光灯の 13% から 50% しか、寿命末期に回収、リサイクルされていないことがわかった。(Swedish Energy Agency, 2019) 電球は小型で軽量なため、消費者は一般ごみと間違えて廃棄しやすく、また、消費者が特別な廃棄の必要性を認識していない場合もある。また、蛍光電球は脆く、一般ごみの廃棄フローの途中で簡単に破損し、環境に水銀が放出されて、作業者や一般の人々の健康にリスクを与える。 無水銀代替品の使用によって直接的な水銀の使用が回避されることに加えて、蛍光灯から LED ランプへの切替に伴うエネルギーの削減は、化石燃料式発電機の使用や石炭火力電力の使用を減少させることにより、間接的に水銀汚染を削減する可能性もある。一般的に、発生させる光出力レベルが同一の場合に、LED の電力使用量は蛍光灯よりも 40% ～ 60% 少ない。発電による水銀排出は環境水銀汚染の主要な経路であり、非効率な照明と結びついた石炭発電関連の水銀排出は、ランプ自体に使用される水銀を上回る可能性がある。(Swedish Energy Agency, 2019) ノルウェー 蛍光灯に含まれる水銀は大きな問題である。蛍光灯の回収率は、WEEE指令の全製品で報告されている回収率よりも低いというのが現場での現実である。最近の報告書によると、現在欧州で市場に投入されている蛍光灯の50～88%が適切に廃棄されていない。したがって、照明に含まれる水銀のほとんどが回収され

	ず、環境と公衆衛生にさらなる被害を及ぼしている (Sweden, 2020)。途上国の回収率は、欧州に比べてかなり低くなりそうである。照明から放出される水銀を止めるには、照明の上市を止めるしかない。蛍光ランプを販売し続ける技術的、経済的理由はなく、家庭、学校、病院、店舗などで、この健康被害を許容する必要は、もはやない。また、蛍光ランプの代替となるLEDは、水銀を含まないだけでなく、消費電力が半分であるため、省エネにより石炭火力発電所からの水銀排出を抑えることができることも注目すべき点である。 ZMWG さらに、SEA-CLASP による報告書では、2021 年までに (CFL-ni、T5 及び T8 ランプに対する) 適用除外を外すことで欧州において得られる便益⁵に関して、以下の通り数値化している： • 4.8 メトリクトンの水銀削減：このうち 2.6 メトリクトンは照明品サプライチェーンに由来し、2.2 メトリクトンは (石炭) 発電所からの排出削減による； • 欧州全体の事業者及び消費者に対するエネルギー及びランプ交換の削減額として 125 億ユーロ； • 138.3 テラワットアワーの電力消費削減；ならびに • 4090 万メトリクトンの CO₂ 排出量の削減。 カナダ LEDは水銀を含有しておらず、高効率と長寿命化が実現されているため、環境上の観点からも水銀含有ランプよりも推奨されている。しかしながら、ある研究者グループからは、鉛などの有害物質を含む特定の種類のLEDの有害性が問題視されている。¹⁵ この研究者グループは、溶出性及びその他の試験を実施した結果、低輝度赤色LEDから規制限界値を超えるレベル (186 mg/L; 規制限界値: 5)で鉛の溶出が発生したが、それ以外のLEDには (米国連邦規格による) 有害性がないことを示した。¹⁵ また、この研究者グループは、LEDは、銅 (最大 3892 mg/kg; 限界値: 2500)、鉛 (最大 8103 mg/kg; 限界値: 1000)、ニッケル (最大 4797 mg/kg; 限界値: 2000)、または銀 (最大 721 mg/kg; 限界値: 500) を含有していることを確認し、低輝度黄色LED以外のすべてのLEDがカリフォルニア州規格による有害性がある、とした。なお、この調査研究は、旧世代型LEDのごく少量のサンプルに基づいていたため、一般的に使用されている現行のLEDに対する最新のデータ内容を活用すべきであろう。このような観点から、現行のLEDに関する主要サプライヤー発行の安全性データシートを検証した結果、現行のLEDは測定可能な量の鉛またはその他の有害材料を含有しておら
--	--

⁵ このモデリングにおける便益は、エネルギー総局 (DG ENER) のために照明市場分析を行ったコンサルタントである VHK によって、スウェーデンと CLASP について計算された。推定値は、同じ欧州の照明市場モデルを用いて算出された。

ず、「LEDランプを有害廃棄物として分類すべき原因となるような物質は、LEDランプには含まれていない」ことが確認された。¹⁶

CLASP

LED 電球は同等の蛍光灯に比べて消費電力が約 50%少なく、発電所において石炭の燃焼により発生する温室効果ガス (CO₂) と水銀の排出量の両方を削減することができる。Swedish Energy Agency と CLASP の報告書 (Sweden, 2020) では、2021 年に欧州で蛍光灯の適用除外が廃止された場合について、次のような計算結果を示している。

- LED 電球のエネルギー効率向上により、蛍光灯から累積 2.9 トンの水銀を排除し、石炭火力発電所からさらに 2.5 トンの水銀排出を回避－欧州では CFLni と 2 種類の直管型ランプ (T5 と一部の T8) の廃止により合計 5.4 トンの水銀を回避。
- 2035 年までに省エネによって 9210 万トンの CO₂ 排出を回避。これは、2018 年のデンマークとスロバキアの年間 CO₂ 総排出量に相当する。

NRDC

LED照明やLED製品については、環境面での安全性や持続可能性など、さまざまな研究が行われている。例えば、国際照明委員会 (CIE) はブルーライトの有害性に関する報告書を発表し、「通常、人が照明に使用される白色光源から国際的に合意されたブルーライトハザード露光限界を超える危険性はない」と結論付けている。(LED Professional, 2019)

また、米国エネルギー省は、LED照明が現在使用されている他の光源よりも有害ということではなく、LED照明が関連する安全性および性能基準に完全に準拠することを妨げるものはないとする研究結果を発表している。結論は、「LED照明はメーカーの指示を守って使用すれば安全であり、その使用によって健康被害が発生することはない」ということである。(JPost, 2018)

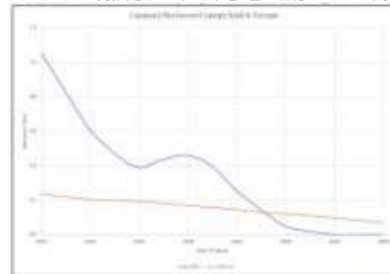
LightingEurope – CFLni

EUにおける主な人為的発生源からの総水銀放出量 (77.2トン) と比較すると、照明用のLFL T8、T5および非直管形製品によりEU市場に投入される水銀の割合は年間1トン以下であり、LightingEurope各社の継続的な技術革新のおかげで長年にわたり着実に減少していることが示されている。これらのタイプのランプによる現在の水銀放出量は2020年のEU全体の水銀放出量の0.33%であり、2026年には0.1%に減少する。

(LightingEurope, September 2020 presentation at UN vertical lamps meetings – 以下スライドの抜粋)

水銀の削減量および 一般照明用 CFL ランプの傾向

- 二種類のCFLランプが市場に投入されており、電子安定器を内蔵するCFL-iランプ及び電子部品を内蔵しないCFL-niランプ(ドライバは照明器具内)である
- 照明用のCFL-i及びCFL-niランプによって市場に放出される水銀は、年間0.4トン以下に制限されており、急速に減少している。



一般照明用 CFL の水銀含有 量の合計(CFL-i & CFL-ni)

EU 内の CFLi 及び CFLni による水銀量の合計 (トン/年)	2020	2022	2026
市場に出回る水銀量の合計	0.4	0.2	0.1
環境に放出される水銀の合計量 (非リサイクルランプ)	0.2	0.1	0.05

EU 放出量に占める CFLi 及び CFLni の割合	2020	2022	2026
市場に出回る水銀量の合計	0.5%	0.3%	0.1%
環境に放出される水銀の合計量 (非リサイクルランプ)	0.3%	0.2%	0.05%

- CFLランプから環境に放出された水銀量は、EUにおける水銀の環境放出量77.2トン中、1%未満 (2020年は0.2トン) である
- 市場におけるLEDへの自然移行によってその量はさらに減少しており、2026年には0.1%未満となる

7. 上記以外で、条約の第4条第4項に従って水銀添加製品に関して提出する追加情報(例:製造や一般取引に関する情報など)

欧州では、水銀に関する規則 (EU) 2017/852、電気・電子機器における特定有害物質の使用制限に関する指令 (RoHS指令) 2011/65/EU、および水俣条約が、CFL-iや関連する代替品に極めて大きな関連性を持つ。

表 1 に、EU の法律で規制されているが水俣条約には該当しないCFL の概要を示す。2018年12月より、規則 (EU) 2017/852の第5条に基づき、「30ワット以下のCFLi で、ランプバーナーあたりの水銀含有量が2.5mgを超える」一般照明用CFLの製造、輸入、輸出がEUで禁止されることになった。また、RoHS指令では、5mg Hgを超えるCFLの一部の上市を2011年12月から、また2.5mgを超えるCFLの上市を2012年12月から禁止している (付属書III, 適用除外1 (a)-(e) および1(g))。

2021年9月1日より、光源および個別ドライバのエコデザイン要件に関する規則 (EU) 2019/2020に基づき、光源の申告消費電力は、付属書IIの閾値効力および端損失係数の指定値に基づいて、最大許容電力を超えないことが義務付けられる。欧州委員会の情報によると、CFLがこれらの効率要件を満たせるかどうかは不明である。

カナダでも水銀を含む製品の国内規制が実施されており、一般照明用途の 25W 以下の CFL は、1 ランプあたりの水銀含有量が 4mg までとされる。また、25W 超の CFL は、ランプ 1 個あたりの水銀含有量が 5mg ま

でとされる (Minister of Justice, 2019)。なお、ワット数が水俣条約で規定されているワット数とは異なるため、直接比較できないことに留意する必要がある。

表 1 – EU の法律で規制されているが、水俣条約の規制対象ではない CFL

製品	EU制限の範囲	関連EU法令	水俣条約
30 W未満の一般照明用 一端接続式 (コンパクト) 蛍光ランプ (CFL)	ランプバーナー当たり 2.5 mg以下	指令 2011/65/EU (RoHS), 適用除外1(a)g 規制 (EU)2017/852	ランプバーナー当たり 5 mg以下 (全CFL)
30W以上50W未満の一般照明用CFL	ランプバーナー当たり 3.5 mg以下	指令 2011/65/EU (RoHS) 規制 (EU)2017/852	規制なし
50 W以上150 W未満の一般照明用CFL	ランプバーナー当たり 5 mg以下	指令 2011/65/EU (RoHS)	規制なし
150 W以上の一般照明用CFL	ランプバーナー当たり 15 mg以下	指令 2011/65/EU (RoHS)	規制なし
円形または四角形状で管 径17mm以下の一般照明 用CFL	ランプバーナー当たり 7 mg以下	指令 2011/65/EU (RoHS)	規制なし
特殊用途用CFL	ランプバーナー当たり 5 mg以下	指令 2011/65/EU (RoHS)	規制なし
30W未満の一般照明用 CFLで寿命が20000 時間 以上	ランプバーナー当たり 3.5 mg以下	指令 2011/65/EU (RoHS)	規制なし

	オーストラリアでは、30W未満のCFLの最大水銀含有量を2.5mgに低減するE3プログラムが実施されている。政策実施前にすでに80%の製品が適合していたため、サプライヤーへの大きな影響はなかった (Energy Rating, 2017)。 米国では、エネルギースター・プログラムを通じて照明器具の規格が施行されており、23W以下のCFLは2.5mg、23W超のCFLは3mgという規制値を導入している (UNEP, 2013b)。 ロシアとユーラシア経済連合 (EAEU) では、電気・無線電子製品における有害物質の使用制限に関する技術規則EAEU 037/2016により、「表1 – EUの法律で規制されているが、水俣条約の規制対象ではないCFL」に示すような、水俣を超え、欧州RoHS指令と同等の制限をCFLに課しているすなわち、30W未満のCFLは2.5mg、30～50Wは3.5mg、50～150Wは5mg、150W超は15mg、円形または角形電球は7mg、特殊用途のランプは5mgとしている。 インドでもCFLに対する同様の規制が施行されている (G.S.R338(E) E-Waste (Management) Rules, 2016) (Gazette of India, 2016)。これに伴い、LEDランプの販売数も同時期に徐々に増加している (表2)。 表2 – インドにおけるランプの種類別年間販売数量 (百万個) <table><tr><th>ランプの種類</th><th>2014</th><th>2015</th><th>2016</th><th>2017</th><th>2018</th></tr><tr><td>CFL</td><td>450</td><td>381</td><td>205</td><td>102</td><td>28</td></tr><tr><td>LED</td><td>4-86</td><td>62</td><td>251</td><td>336</td><td>520</td></tr></table> また、業界団体の情報によると、シンガポール、タイ、ウクライナ、ヨルダン、トルコ、UAE、サウジアラビア、ベトナム、韓国、日本など、さらに多くの国や地域で、水俣条約よりも厳しい水銀基準が、欧州 RoHS 指令に基づき実施されているとのことである。	ランプの種類	2014	2015	2016	2017	2018	CFL	450	381	205	102	28	LED	4-86	62	251	336	520
ランプの種類	2014	2015	2016	2017	2018														
CFL	450	381	205	102	28														
LED	4-86	62	251	336	520														
8. 決定 MC-3/1 に定められたその他の関連情報	アフリカ地域 - 概要: CFL は、水銀を含有し、旧式で非効率かつ高価な技術である。 - 選択肢: 一般的なすべてのソケット及びほぼすべてのピンベース式ソケットに対して、無水銀のレトロフィット品が利用可能であり、光の出力レベルと白色光の色に関しても幅広い選択肢がある。 - 経済面: レトロフィット LED は、コスト効果が高く、ハロゲンランプとの比較による投資回収期間は 6 週間である。LED の購入・使用コストは CFL より 50%減少している。LED はライフサイクル・コストが最も低い選択肢である。 - 技術: LED は引き続き改善が実施されており、また、年々安価になる一方で、効率性も向上している。 - 廃棄物: ほとんどの蛍光ランプは、先進国においてさえも、使用期限終了後の廃棄処分が安全には行わ																		

	れていない。 • ビジネス: アフリカでは、LED ランプを生産する新規現地メーカーの数は多いが、蛍光灯の製造はアフリカ大陸では行われていない。 • 政策: アフリカの一部の国は、省エネとコストを理由として、CFL の段階的廃止を実施中である。 • 衡平性: OECD での蛍光灯の段階的廃止を受けて、供給業者がアフリカで水銀照明品のダンピングを行うリスクがある。 南アフリカは、2021 年 3 月 1 日付の官報で一般照明器具の規制案を公示し、現在 60 日間の意見公募中である (South Africa, 2021)。この草案は、一般業務用ランプの最低効率を 90 lm/W とすることで、CFLi を段階的に廃止するものである (この効率レベルは CFLi では達成不可能)。この規制は、2021 年後半に予定される 2 回目の官報公示から 12 ヶ月後、2022 年に発効する可能性が高い。以下は、この政策措置案に関する短いニュース記事である (BusinessTech, 2021)。
--	---

9. 参考文献

EU

COWI and ICF, 2017. Support to assessing the impacts of certain amendments to the Proposal of the Commission for a Regulation on Mercury. Available at: http://ec.europa.eu/environment/chemicals/mercury/pdf/Final%20Report_KH0617141ENN.pdf [Accessed 20/05/2019].

Energy Rating, 2017. Australia drops mercury levels in fluorescent lighting. Available at: <http://www.energyrating.gov.au/news/australia-drops-mercury-levels-fluorescent-lighting> [Accessed 13/06/2019].

Gazette of India (2016). Notification New Delhi 23 March, 2016. Available at: <http://moef.gov.in/wp-content/uploads/2017/07/EWM-Rules-2016-english-23.03.2016.pdf>

Gensch, C.-O. et al., 2016. Study to assess renewal requests for 29 RoHS 2 Annex III exemptions [no. I(a to e -lighting purpose), no. I(f - special purpose), no. 2(a), no. 2(b)(3), no. 2(b)(4), no. 3, no. 4(a), no. 4(b), no. 4(c), no. 4(e), no. 4(f), no. 5(b), no. 6(a), no. 6(b), no. 6(c), no. 7(a), no. 7(c) - I, no. 7(c) - II, no. 7(c) - IV, no. 8.

Gensch, C.-O., Baron, Y. & Deubzer, O., 2019. Study to assess 3 exemption requests (one for mercury and two for lead) (Pack 13) – Final - amended.

LED Inside (2018). Global LED Lighting Products Price Trend. Available at:
https://www.ledinside.com/news/2018/8/global_led_lighting_products_price_trend

Lighting Europe, 2016. Request to renew Exemption 1(g) under the RoHS Directive 2011/65/EU Mercury in single-capped (compact) fluorescent lamps for general lighting purposes < 30 W with a lifetime equal or above 20000 h: 3,5 mg, 28.06.2016.

Lighting Europe, 2017. Answers to 1st Questionnaire - Exemption No. 1(g) (renewal request): "For general lighting purposes < 30 W with a lifetime equal or above 20 000 h: 3,5 mg", 15.09.2017. Available at:
http://rohs.exemptions.oeko.info/fileadmin/user_upload/RoHS_pack_13/Annex_1g/LE_WG_CE_-_TF_RoHS_-_1G_Questionnaire_Response_-_20170915_-_v5_-_FINAL.pdf [Accessed 20/05/2019].

Minister of Justice, 2019. Products Containing Mercury Regulations. Available at: <https://laws-lois.justice.gc.ca/PDF/SOR-2014-254.pdf> [Accessed 13/06/2019].

Seong-Rim, L., Kang, D. & Ogunseitan, O. a. S. J., 2011. Potential Environmental Impacts of Light-Emitting Diodes (LEDs): Metallic Resources, Toxicity and Hazardous Waste Classification. Environmental Science & Technology, Volume 45, pp. 320-327.

Swedish Energy Agency, 2019. Evidence of the availability of mercury-free alternative products to certain fluorescent lamps. Available at:
<https://meta.eeb.org/wp-content/uploads/2019/11/SEA-and-CLASP-analysis-of-RoHS-exemptions-for-fluorescent-lamps-v2-1.pdf>

The Lightbulb Company, 2019. A Guide To Compact Fluorescent Lamps (CFL) & Fluorescent Tubes. Available at:
https://www.thelightbulb.co.uk/resources/compact_fluorescent_lamps_guide/.

UNEP, 2013a. Minamata Convention on Mercury.

UNEP, 2013b. Acceptance on behalf of the United States of America. Available at:
<http://www.mercuryconvention.org/Portals/11/documents/submissions/US%20declaration.pdf> [Accessed 13/06/2019].

US EPA, 2019a. Learn About Compact Fluorescent Light Bulbs. Available at: http://www.energystar.gov/index.cfm?c=cfls.pr_cfls_about [Accessed 20/05/2019].

US EPA, 2019b. Do CFLs contain mercury?. Available at: <https://energystar.zendesk.com/hc/en-us/articles/212110747-Do-CFLs-contain-mercury-> [Accessed 20/05/2019].

US EPA, 2019c. Learn about LED bulbs. Available at: https://www.energystar.gov/products/lighting_fans/light_bulbs/learn_about_led_bulbs [Accessed 21/05/2019].

World Bank, 2019. Capacity Strengthening for Implementation of Minamata Convention on Mercury Project. Available at: <http://projects.worldbank.org/P151281?lang=en>.

アフリカ地域

LEDvance, 2021. Examples of the wide range of CFLni products offered by LEDvance (formerly OSRAM): <https://www.ledvance.com/professional/products/product-stories/osram-dulux-led/index.jsp>

Oko-Institut, 2020. Study to assess socio-economic impact of substitution of certain mercury-based lamps currently benefiting of RoHS 2 exemptions in Annex III; Oko-Institut, Germany. 10 July 2020. <https://rohs.exemptions.oeko.info/index.php?id=127>

Schweber, 2018. “Whatever Happened to CFLs?” by Bill Schweber, Electrical Engineering Times (EE Times). 27 June 2018. Link: <https://www.eetimes.com/whatever-happened-to-cfls/#>

Signify, 2021. Examples of the wide range of CFLni products offered by Signify (formerly Philips Lighting): <https://www.lighting.philips.com/main/prof/led-lamps-and-tubes/led-pl-lamps>

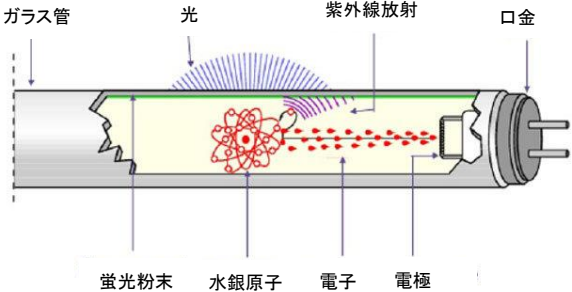
Swedish Energy Agency, 2019. Evidence of the availability of mercury-free alternative products to certain fluorescent lamps: Report to the Committee on the Restriction of Hazardous Substances, Swedish Energy Agency and CLASP, Dec. 2019. Link: <https://www.clasp.ngo/research/all/mercury-free-alternatives-to-certain-fluorescent-lamps-a-report-to-the-european-commissions-committee-on-the-regulation-of-hazardous-substances/>

Swedish Energy Agency, 2020. Assessing Annex III Fluorescent Lamp Exemptions in the Light of Scientific and Technical Progress, Report to the Committee on the Restriction of Hazardous Substances. Swedish Energy Agency and CLASP, 24 February 2020.

BusinessTech, 2021. Government wants to introduce new rules for lightbulbs in South Africa – what you should know, Business Tech, South Africa. 14 April 2021. Link: <https://businesstech.co.za/news/energy/483191/government-wants-to-introduce-new-rules-for-lightbulbs-in-south-africa-what-you-should-know/>

South Africa, 2021. South African Gazette, Government Notices, Department of Trade, Industry and Competition; National Regulator for Compulsory Specifications Act, 2008 (Act no 5 of 2008) as Amended Through Legal Metrology Act: Compulsory Specification for Energy Efficiency and Functional Performance Requirements of General Service Lamps (GSLs) – VC 9109. Link: http://www.gpwonline.co.za/Gazettes/Gazettes/44210_01-03_TradeIndCompetition.pdf

直管蛍光ランプ (LFL)

1. 水銀添加製品の分類	ランプ
2. 製品の具体的な内容	直管蛍光ランプ(LFL)
3. 製品の使用に関する情報	LFL では、アルゴンと水銀を封入した管の中を電流が通ることによって紫外線が発生する。この紫外線に蛍光塗料が反応し、可視光が発生する。LFL は、使用する蛍光体の種類によって分類される。3 波長形蛍光ランプは、青色、緑色及び橙色をピークとして発光する 3 種類の蛍光物質を混合して活用し、全体的に白色の色相の光を発する。LFL は、ハロリン酸系ランプの技術を引き継いでいる。 図 1: 直管蛍光ランプ (Sethurajan 他, 2019)  LFL は、管径に基づいて分類される。T2 LFL (「T」は管形ランプを示し、数字は直径を示す) は、省エネランプとしての市場を占める割合は小さいが、専門用途だけでなく一般家庭でも使用されている。T5 ランプは、主にオフィスや工業用建屋などの専門区域で使用されている。T2、T5 及び T8 ランプは、電子制御装置 (ECG) を装備しており、従来型制御装置 (CCG) に比べて、電力消費や寿命、メンテナンス費用の面が優れている。長寿命ランプは別の種類として製造され、25,000 時間以上の寿命を持つ。T8 ランプは、直径 26mm で、長さは 16 種類あり、最大 100 ルーメン毎ワットでエネルギー効率がよく、寿命は 20,000 時間である。長寿命 LFL は、非長寿命ランプと比較した場合に、水銀を使用する過程の時間が長くなるため、ランプあたりの水銀使用量が大きくなるが、使用時間に対するルーメンあたりの水銀使用量は小さい (Gensch, et al., 2016)。 <u>単位製品あたりの水銀含有量／消費量の範囲</u> - 3 波長形蛍光 T2 LFL の平均水銀含有量/本: 1.5～3.5 mg (Lighting Europe, 2015) - 3 波長形蛍光 T8 LFL の平均水銀含有量/本: 2.5～3.3 mg

- 3波長形蛍光 T5 LFL の平均水銀含有量/本:1.5~2.6 mg (Gensch, et al., 2016)
- ハロリン酸系 LFL の平均水銀含有量/本:8~10 mg (COWI&ICF, 2017)

アフリカ地域

直管蛍光管は、オフィス、病院、学校などの他、長時間照明を点灯したままにする場所で一般的に使用されている。一般照明用の LFL には、3 波長蛍光 (希土類) ランプとハロリン酸蛍光系ランプの両方が含まれる。対象としては、すべての寸法 (例:T5、T8、T12)、長さ、及び形状 (例:直管、U 字管) の LFL が含まれる。現行では、水俣条約は、最大 60 ワットまでの 3 波長蛍光 LFL 及び最大 40 ワットまでのハロリン酸系 LFL を対象としている。経済的な実現可能性、並びに、水銀含有 LFL の廃止による環境及び健康上の便益に基づき、また、無水銀代替品がほぼ世界中で利用可能な状況を鑑み、これらの製品の製造及び輸出入の禁止を 2025 年までに実施するべきである。LED レトロフィット管の市場への投入によって、世界各国で LFL の販売量が減少している。欧州では、2021 年 9 月 1 日以降はエコデザイン指令によってすべての T2 及び T12 LFL ランプが禁止される。最も一般的に使用されている長さの T8 LFL (2 フィート、4 フィート及び 5 フィート) も 2023 年 9 月 1 日以降はエコデザイン指令によって禁止される。

日本

JLMA加盟企業が製造した蛍光ランプ1本あたりの水銀含有量は減少傾向を継続している。2018年は、一般照明用蛍光ランプ1本あたりの平均水銀含有量は 5.8 mgであった。2017年末時点でJLMA加盟各社は既に自社製品の水銀含有量に関して、附属書A の規定レベルよりも低い数値に減少させていた。無電極蛍光ランプに関しては、本条約の規制対象ではないが、メンテナンス用として一部存在する可能性がある。ただし、存在したとしても極めて少量である。

一般社団法人日本照明工業会(JLMA)

(電子) 安定器/制御装置付きではない分離型蛍光ランプ、すなわち直管蛍光ランプ (LFL) ならびに分離型 CFLランプ (CFL-ni) は、照明器具用のメンテナンスまたは修理部品とみなされており、日本政府は、これらの予備部品の供給に関しては、寿命10年の照明器具に関する照明業界基準への適合を義務化している。

ZMWG

インドは世界最大の水銀含有ランプ使用国の1つであり、年間売上数 (2018 年) は、CFL ランプが約 2,800 万個、LFL が 1 億 3,200 万個である。

LightingEurope

	LFL-ni ランプは電子ドライバが照明器具に内蔵されている非一体型の非ネジ式ランプであり、照明器具メーカーにより様々な種類の電子ドライバが使用されている (CFL-ni ランプと同様)。これらの照明器具は、主に専門業者が取り付けや保守を行う多種多様な用途に使用される (例えば、オフィスなど調光制御用途、小売店、ホテル、アパート、病院、学校、高齢者施設、劇場、出口標識、工業用照明、防水または爆発性雰囲気中の用途、住宅街の街灯、鉄道や地下鉄の駅、列車、バッテリー駆動の緊急用照明器具、医療用途など)。 ハロリン酸系ランプ LFL-niランプは2種類の材料からなる蛍光塗料を使用しており、同じような用途に使用されている。 最も効率の良いランプは希土類元素を用いた 3 波長形蛍光塗料を使用するもので、効率は白熱電球のおよそ 7～8 倍である。LFL ハロリン酸ランプは現在でもアメリカ、中南米、アジア諸国などで使用されており、現在では希少材料となっている高価な希土類を使用していない。より安価であるため、高価な 3 波長形技術や LED 技術に投資する資金がない国における照明の効率化 (白熱電球の 5 倍) に貢献することができる。
4. 水銀代替製品(又は低含有製品)の利用可能性に関する情報	ハロリン酸ランプは、EUや米国で段階的に廃止されている。以下の情報では、一般的なLFLの代替品としてLEDランプを中心に取り上げる。 EU (米国補足) 主要な代替品:発光ダイオード (LED) による管形 LED ランプ LED 交換品としては、T8 LFL 用の製品が提供されているが、部品 (LED ランプ) と電気システム (LFL 照明器具に既設のもの) の互換性に限界がある場合がある。このような限界に関しては、低ルーメン出力及び低演色評価数 (CRI) などに関する現在進行中の研究で解決策が提示されることが見込まれている⁶ (VHK & VITO, 2015)。 スウェーデンのエネルギー当局が発行した情報では、2019 年の時点で、既存の T8 安定器で使用可能な設計の LED 電球が提供され、その作業とリサイクル費用も最低限に抑えられていることが示された (SEA, 2019)。 業界からの情報によれば、既設の T2 ランプに対して直接交換可能な LED の T2 ランプはほぼ存在しない状態である。過去の知見では、LED 技術を使用した T5 製品もまだかなり少ないとみなされていたが、最近の

⁶ 基準となる光源と所定の光源の演色の正確性を比較して評価する 0～100 の業界評価指数。

	SEA の研究では、T5 照明器具は LED への更新が容易に実施可能だということが示されている (Gensch, et al., 2016) (SEA, 2019)。 ハロリン酸ランプに関しては、無水銀代替品が実現不可能な場合、水銀含有量が低い3波長形蛍光ランプに交換可能である。3 波長形蛍光 LFL は、球径に応じて更に厳格な 3～5mg の水銀含有量制限の対象となる。一方で、ハロリン酸ランプは欧州内では段階的廃止を実施中であり (また、米国 EPA の 2020 年水銀インベントリにおいても報告されていない)、以前の限界値は 10mg であった。 カナダ CFL参照 ノルウェー 蛍光ランプの交換用として、現在では数多くの無水銀LED交換ランプが販売されており、そのサイズ、長さ、安定器の種類 (すなわち、磁気式/スタータ形及び高周波電子式)、色温度、出力レベル (定格出力、高出力、超高出力) も様々なものがある。また、異なる入力電源構成で使用可能な「世界共通」ランプも流通している。このようなLED製品の多くは、再配線を必要とせずに、既設の蛍光照明器具に直接レトロフィット可能な設計となっている。例えば、Philips/Signify社は⁴、「駆動部の変更も、再配線も不要」で、「箱から取出してすぐに使用可能なプラグ・アンド・プレイ機能」を提供している。OSRAM/LEDvance社は、自社の「SubstiTUBE」製品は「再配線不要で、すぐに、簡単に、安全にランプ交換が可能」としている。Sylvania Lighting社は、自社のSubstiTUBE製品は「既存の瞬時始動設定で使用可能、プログラム済みのラピッド・スタータ形電子式T8安定器を選択可能な設計で、作業とりサイクルの費用も最低限で済む」と宣伝している。⁶さらに、Tungsrasm社の報告によれば、「2.5～3倍の長寿命 (電子磁気式装置を使用したT8蛍光ランプとの比較による) とワット数の低減により、Tungsrasm LED T8管はシステムロスの減少を実現しながらも、既設照明装置をそのまま使用可能」という。⁷ アフリカ地域 現在では、蛍光管ランプの交換品として利用可能な無水銀 LED ランプは実際に数万種類あり、ほとんどすべてのサイズ、長さ、安定器の種類、色温度及び光の出力レベルで利用可能である。このような LED 製品は、本来は蛍光管を取り付けるように設計された器具に対して、直接取り付けることが可能な設計となっている。このように、無水銀 LED 管は、単純に直接交換するだけの製品であり、第 1 世代の LED 管の一部の製品で必要とされた再配線を全く行う必要がない。(Swedish Energy Agency, 2020) ZMWG
--	---

	LEDは、ほぼすべての種類のT8を容易に置き換えることができる。当時起こり得た潜在的な問題は、非常に早く進歩しているこの技術によって現在では解決済みであるため、古い情報を編集文書に含めると判断を誤らせる可能性がある。 主に、照明を含む製品のエネルギー効率を対象とするEUのエコデザイン指令に基づき、2019年10月1日付けの欧州委員会規則2019/2020では、エネルギー効率計算式により、安定器内蔵型コンパクト形蛍光灯ランプ (CFLi) のほか、直管蛍光灯ランプのT2、T12を2021年9月1日までに、またT8直管蛍光灯ランプのうち特定の長さ (2フィート、4フィート、5フィート) のものを2023年9月1日までに禁止することに合意している。 T8 LFLにはLED代替品があり、既存の照明器具との互換性は91-93%である (Oeko Institut for the European Commission , July 2020). https://rohs.exemptions.oeko.info/fileadmin/user_upload/reports/RoHS_SEA_Lamps_2020_Revision_-_Final_10072020.pdf T2は古い技術であり、EUではエコデザイン指令により、2021年9月1日までに禁止される予定である。 JLMA 水銀削減のための水銀代替製品は、法規制で認められた製品を検討する必要がある。日本では、LED照明器具とCFL-iは電気用品安全法の対象製品であるが、それ以外の製品は安全性に問題があり、法律上認められていない。すべての器具との組み合わせで安全性を確認できる交換可能な非一体型LEDランプ (安定器を内蔵していないもの) は存在しない。 水銀使用量を減らすには水銀含有ランプの需要を減らす必要があるため、市場に出回っている放電ランプ器具をLED器具に置き換える必要がある。 最近では、既存の蛍光灯器具に取り付けるLEDランプ (レトロフィットランプ) の安全性が完全ではないという理由から、IECに作業部会が設置され、レトロフィット光源の設計時に、これらのランプ製品の今後の取り扱いやサポートに関する新たな「基本ルール」となる技術文書が検討されている。現在市販されている蛍光灯ランプ用口金付きのLEDランプは不完全な製品であることを理解する必要がある。 CLASP 既存の蛍光灯器具で利用できるLEDレトロフィット管は文字通り何千もあり、単に管球を無水銀LEDに変えるだけで、あらゆるLED管が今日既に利用可能な状態である。さまざまな長さ、管球の幅、ピンベースのタイプのものがあり、また、さまざまな相関色温度、演色評価数、光出力レベル、ランプの寿命、調光性などのものがあり、必要なオプションはすべて、世界中の照明用途で利用可能である。欧州では、蛍光灯器具の91-
--	---

	93%が今日直接レトロフィットLED管を受け入れ可能であることが証明されており (Sweden, 2020)、また、既存のLFL器具や用途の99.9%でLEDの代替品を動作させることができる技術がある (Seaborough, 2021)。 NRDC LFL用のレトロフィットLED管は、発売から10年以上経過した成熟製品である。NRDCがDesign Light ConsortiumのレトロフィットLED管に関するデータベースを調べたところ、LFL用の無水銀LEDレトロフィット管ランプには、文字通り29,000を超える個別のモデルがあることが判明した。そして、このデータベースは北米市場の一部に過ぎないのである。(DLC, 2021)。さまざまな直径、長さ、安定器の種類 (磁気式、電子式)、色温度、演色評価数、光出力レベルなどがある。(DLC, 2021)。 LightingEurope LFL-ni lamps LED 代替品は複数の用途で市場に投入されているが、ランプの多様性から、すべてのタイプのランプに対応できるわけではなく、また、さまざまな効率、寿命品質、価格水準 (低価格品から最高級品まで) の用途すべてに対応できるわけでもない。LED代替品は、設置されている既存の照明器具に使われている多くのドライバと互換性がない問題があり (設置済み照明器具に使用されている電子ドライバのトポロジーが多種多様であるため、EU では約 50% (参考Oko Institute 10 July 2020 – Table 2-2))、保証が適用されず、照明器具の再配線や照明器具全体の交換が必要となる。 用途に関わる建物の保険要件における品質、安全上の問題を回避するために、照明器具の再配線や照明器具全体の交換といった、専門の施工業者からの助言は必然である (LightingEurope, September 2020 presentation at UN vertical lamps meetings)。 (施工業者の助言に関するリンクを参照: Signify, Ledvance およびTungsram)。
5.(i) 代替製品の技術的な実現可能性に関する情報	EU 管形 LED ランプ及び照明器具は、機能、エネルギー効率及び外観に応じて、特定の主要 LFL の交換品として市場に参入している。しかしながら、市場で入手可能な T2 LED ランプは限定的である (Lighting Europe, 2015)。 T8 交換用の管形 LED ランプは、主な用途に対して長さの種類は 3 種類 (600、1,200、1,500mm) のみで、色温度も最も一般的なものだけである (すなわち、温涼感の高い 12000K や 2700K ではない) (Gensch, et al., 2016)。ただし、最近の SEA による研究 (2019) では、T5 及び T8 のレトロフィット LED はどちらも LFL の交換品として技術的に実現可能で、再配線も不要と考えられることを示した。T8 LED は全方向型であるが、

LED 管ランプは光を直線的に発するため、結果としてチラツキが高くなり、発光均一性が低くなる (Lighting Europe, 2015)。

りん酸 LFL の交換品として使用可能な3波長形蛍光 LFL の水銀含有量は、水俣条約の規定値未満に制限されている。つまり、規定値に適合する水銀含有量の減少の達成に関連した技術的な実現可能性については、問題はない (域内または国内の規制の例を参照)。

2021 年 9 月 1 日 (ならびに、特定のサイズの T8 電球の場合は 2023 年 9 月 1 日) からは、光源及び分離型制御装置のエコデザイン要求事項に関する規制 (EU) 2019/2020 により、光源の申告消費電力値は、附属書 II に記載された閾値効果に関する規定値及び端損失係数に基づき、最大許容電力値を超過しないことが義務化される。欧州委員会より提供された情報からは、T8 LFL が上記の効率に関する要求事項に適合可能であるか否かは不明である。

アフリカ地域

アフリカの事情に特化した追加の研究が必要であるが、EU など他の地域での同様の実現可能性調査を見ると、欧州で設置済みの照明器具の詳細な調査の結果、もともと LFL 用に設計された器具の 91～94%が、既に市販されている LED 代替ランプに対応していることがわかった。(Swedish Energy Agency, 2020b)

表 1. 欧州における T5 および T8 照明器具の LED ランプ適合率の修正値

ランプの サイズ	EU ストック における T5 & T8 の割合	安定器種 別	安定器種別ご とのストックに 占める割合	T5 & T8 合計 の EU ストック の推定値	互換性の推定 値 (最低 - 最 高)	EU ストック全 体の互換性
T5	30%	HF/ECC	T5 の 100%	30%	79% - 80%	23.7% - 24%
T8	70%	EM/CGG	T8 の 70%	49%	100%*	49%
		HF/ECC	T8 の 30%	21%	89% - 97%	18.7% - 20.4%
EU 計:	100%			100%		91.4% - 93.4%

*電磁式 T8 安定器との互換性に問題はなく、LED ランプは完全にこれらの設備にレトロフィット可能である

	LEDレトロフィットランプの課題は、既設の蛍光照明器具に取り付けられた安定器に関係している。蛍光照明器具に含まれる安定器（一次電子部品）の種類は、アフリカをはじめ世界中で最も一般的な種類として磁気式安定器（「チョーク式」とも呼ばれる）、及び電子式安定器の2種類がある。<u>磁気式安定器はすべて、LEDレトロフィットランプに100%適合しており、シンプルな同種交換が可能である。</u>電子式安定器付きの照明器具の場合は、（メーカー宣言書による）適合率は80～99%である。適合性の評価は、供給業者への照会や発行済みの文書の確認によって実施することができる。主要な世界的な供給業者からの適合性情報を記載したスプレッドシートが、水俣条約事務局のウェブサイトに掲載されている。 簡単に購入できない構成のLFLに関しては、その主な障壁は技術的なものではなく、需要の不足であることが研究によって示されている。あらゆる長さ、ベース種類、ワット数、演色評価数及び色温度のLEDランプを1ヵ月という短期間のリードタイムで納品可能としたカスタム製造も広く宣伝されている。現在、LEDレトロフィットランプは市場で入手可能で、蛍光ランプのすべての演色評価数（CRI）に対応している。蛍光ランプのCRIは77～98で、これらのLED交換品のCRIは80～98である。CRIと同様に、相関色温度（CCT）に関しても、蛍光灯のCCT値はすべてLEDランプで達成されるため、技術的な障壁はない、つまり、ランプに対してLEDを選択する際に、CRIは製品設計決定要素の1つとして使用される。蛍光ランプは2,700Kから12,000Kの範囲で利用可能で、LEDレトロフィットは2,700Kから20,000Kの範囲で利用可能なため、利用可能なCCTの範囲はLEDの方が広い。 ノルウェー 複数の業界サプライヤーが発行した技術報告書の安定器の互換性データをSweden/CLASPが編集し、発行している。この報告書によると、LEDレトロフィット管は、EU域内のT5およびT8蛍光灯器具の設置済みストックと91.4～93.4%の互換性があり、照明器具の廃棄や交換を必要とせず、代わりにランプを交換するだけでよいことがわかった。（Sweden, 2020）。欧州で設置されているほぼすべての蛍光灯に対して、直接差し込んで使えるレトロフィットLEDランプがある。オランダの独立系コンサルタント会社VHKが市場分析を行い、Sweden-CLASPの調査結果を確認している。VHKは「大多数のFLIに十分なLED代替品がある」と述べ、「あまり普及していないFLIについても、LED代替品を作る技術的な障害はない」ことを確認している。 CLASP 管型LEDランプは、世界中のあらゆる用途でLFLに代わって急速にシェアを拡大している成熟した製品である。LFLの代替品の技術的実現性を調査した報告書によると、LFL用途におけるLEDの適合率は91.4%～93.4%であった。われわれの安定器の性能に対する検討は主に、世界の二大照明企業であるPhilips/SignifyおよびOsram/LEDvanceを含む管形ランプの大手グローバルサプライヤーに基づいて行っ
--	---

ている。この報告書は、Philips/Signify およびOsram/LEDvanceが発行した技術文献を使用し、Sylvania、OpplleおよびLEDs Change the Worldのデータを追加したものである。編集されたデータベースは一般に公開されている⁷。下表は、既存の蛍光灯の91.4%から93.4%が水銀を含まないLED電球に置き換え可能であるという調査結果をまとめたものである (Sweden, 2020b)。

ランプのサイズ	EUストックにおけるT5 & T8の割合	安定器種別	安定器種別ごとのストックに占める割合	T5 & T8合計のEUストックの推定値	互換性の推定値 (最低 - 最高)	EUストック全体の互換性
T5	30%	HF/ECC	T5の100%	30%	79% - 80%	23.7% - 24%
T8	70%	EM/CGG	T8の70%	49%	100%*	49%
		HF/ECC	T8の30%	21%	89% - 97%	18.7% - 20.4%
EU 計:	100%			100%		91.4% - 93.4%

*電磁式T8安定器との互換性に問題はなく、LEDランプは完全にこれらの設備にレトロフィット可能である

NRDC

現在設置されているほぼすべての蛍光灯器具に対して、既設器具の配線変更を必要としないLED交換ランプが世界中で容易に入手できる。主要メーカーのホームページには、以下のように、互換性の高さが明記されている。

- Philips/Signify: 「ドライバの変更や再配線は不要」、また「箱から出したらすぐに使える、プラグアンドプレイ式のソリューション」(Signify, 2021b)
- OSRAM/LEDvanceは、「SubstiTUBE」は、「配線変更なしで、素早く、簡単に、安全にランプを交換できる」と記載。(LEDvance, 2021)
- Tungsramは、「(T8蛍光灯と比較して) 2.5-3倍の長寿命...LED T8チューブは、既存の器具をそのまま、システムロス低減」と記載。(Tungsram, 2021)

LightingEurope

LFL-ni ランプ用のLED-ni 代替ランプ

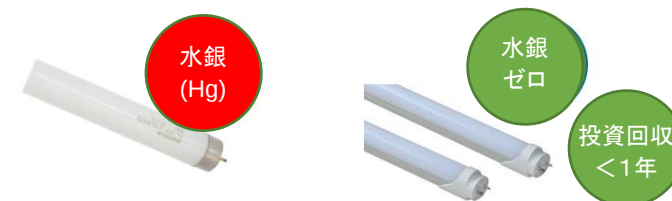
利用可能な LED 代替品は、設置済みの既存の照明器具に使用されている多くのドライバと互換性がない問題があり (設置されている照明器具に使用されている電子ドライバのトポロジーが多様であるため、EU では約 50% (参考文献 [Oko Institute 10 July 2020 – Table 2-2](https://www.mercuryconvention.org/Portals/11/documents/meetings/COP4/submissions/CLASP_AnnexAB_spreadsheet.xlsx))), 保証が適用されず照明器具全体の再配線また

⁷ データベースへのリンク: https://www.mercuryconvention.org/Portals/11/documents/meetings/COP4/submissions/CLASP_AnnexAB_spreadsheet.xlsx

	は交換が必要である。 保証対象外となる特定のドライバや設備との非互換性の例として、ランプやドライバ部品の過熱などによるちらつき、起動しない、初期不良などが挙げられる。また、LED-ni代替品は、IECの厳しい規格により、最新の昼光調光設備や直列回路照明器具、電池式非常用照明器具に使用することが許されていない (LightingEurope, September 2020 presentation at UN vertical lamps meetings))。 用途に関わる建物の保険要件における品質、安全上の問題を回避するために、照明器具の再配線や照明器具全体の交換といった (いずれもユーザーに高い費用がかかる)、専門の施工業者からの助言は必然である (施工業者の助言に関するリンクを参照: Signify, Ledvance および Tungsram)。
5.(ii) 代替製品の経済的な実現可能性に関する情報	EU 蛍光灯ランプが入手不可能になった場合でプラグイン代替品がない状態では、照明器具や制御装置あるいは照明システム全体などの切替が必要となり、結果として各企業で高い投資コストが発生すると考えられる (Gensch, et al., 2016)。欧州委員会が最近発行した社会経済報告書では、これに関連するコストは 1,300～2,500 億ユーロにも達するという (European Commission, 2019)。切替事業に関与する分野 (ランプメーカー、照明設置業者など) では、収益が得られるかもしれないが、全体的な経済の観点からは、時期尚早の切替は、資本の損失と 1～6 百万トンもの廃棄物の発生を意味する (EU commission 2019)。 ある業界団体によれば、LED 代替品は、従来の LFL よりも高価である。しかし、SEA が発行した情報 (2019) によれば、T8 LFL を LED レトロフィットに交換した場合は、省エネ効果による投資回収期間は 5 ～11 ヶ月であり、耐用年数も 1.5～2.5 倍長くなり、T5 LFL を LED と交換した場合の投資回収期間は 3～3.5 年となる (SEA, 2019)。 ノルウェー 欧州においては現在、36W T8直管蛍光灯ランプをLEDレトロフィットランプに交換した場合の投資回収期間は 5～11ヵ月であり、LEDランプの耐用年数は蛍光灯ランプの1.5～2.5倍となるため、交換費用の削減の効果がある。T5蛍光灯ランプをLEDに交換した場合の投資回収期間はこれよりも長く、約3～3.5年となるが、約 16年の寿命があるため、交換を実施したT5蛍光灯ランプ1本あたりでライフサイクルコスト55 ～67ユーロの削減を反映した正味現在価値が見込まれ、最終使用者にとっては最善の選択肢となる。分離型安定器を使用したコンパクト形蛍光灯ランプ (CFLni) をLEDに交換した場合の投資回収期間は、1.3 ～ 3.0年と非常に魅力的で、寿命も蛍光灯ランプの 2～3倍長くなる。 アフリカ地域

無水銀代替品への LFL の交換は、コスト効果が高い。一般的に、LED レトロフィットランプに対する初期投資は 1 年以内に回収され、先行限界費用差額も、大幅なエネルギー削減によってわずか数か月以内に相殺される。また、この交換用ランプは長寿命で、LFL よりも標準で 2 倍長いため、作業コストも削減される。交換用 LED ランプの投資回収期間が短いという特徴は、LED 照明のその他の利点と合わせて、メーカー各社によって特に宣伝されている (Dansk Supermarked (Signify, 2021)、Denmark and Verhoef Access Technology、オランダ (Signify, 2021b))。

LED レトロフィット電球のコスト回収計算に関する南アフリカの例を以下に示す。この例では、49.00 ZAR の 36 ワット T8 直管蛍光ランプ (寿命 16,000 時間) 1 本と、定格寿命はこの 2 倍を超え、消費電力はわずか 18W で同じ光を発生する LED レトロフィットランプ 1 本を比較した。1 日当たり 10 時間の使用及び 1.25 R/kWh と仮定し、蛍光ランプと比較した場合の LED ランプの投資回収期間は 10 ヶ月であった (さらに、蛍光ランプよりも 2.5 倍長持ちする)。この計算は、エネルギーコストとランプ費用を反映しているが、電球交換頻度の減少による長期的な作業コストの削減を反映していない。



項目	直管蛍光ランプ	同等の LED レトロフィット
寿命	16,000 時間	40,000 時間 (~11 年)
ランプ価格*	49.00 R	119.00 R
電力	36 W	18 W
使用 (10 時間/日)*	131 kWh/年	66 kWh/年
電気コスト*	164.25 R/年	82.13 R/年
10 年間の照明コスト合計	1,600 R	862 R
投資回収期間		10 ヶ月

図 3. T8 磁気式蛍光ランプ 1 個当たりの南アフリカにおける投資回収期間

ウガンダでは、上記と同じ LED レトロフィット電球の投資回収期間はさらに短い、これは、蛍光管と LED 管の卸売価格の差が南アフリカほど大きくないためである。両方の国において、投資回収期間は 1 年未満である。

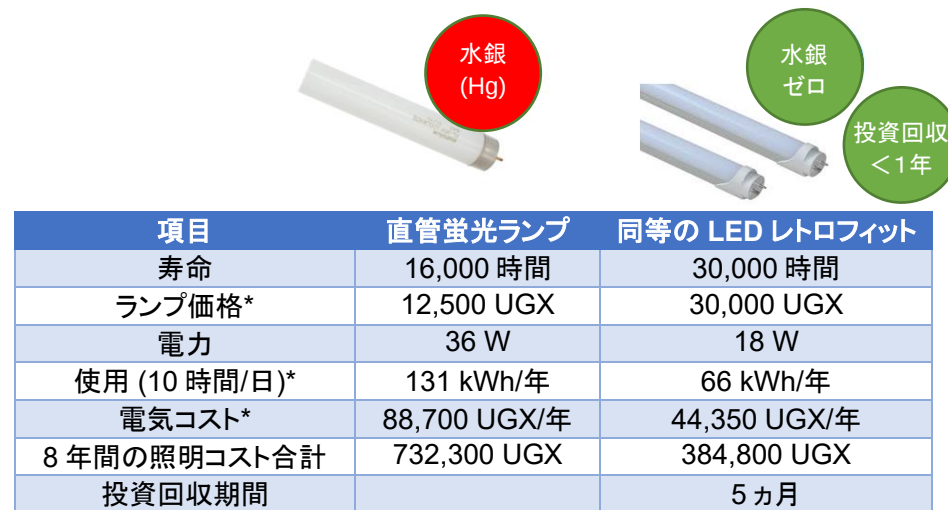


図 4. T8 磁気式蛍光ランプ 1 個当たりのウガンダにおける投資回収期間

LED レトロフィット管に関しては、アフリカ大陸全体にわたって、この市場に参入する供給業者が増加しており、また、製品を顧客に提供するための新規事業も設立されているため、製品を取り巻く経済的な状況が改善している。

ZMWG

EU 提出書類に記載されている 2019 年の社会経済報告書は、2020 年の社会経済報告書によって更新されている。この情報は更新する必要がある、そうでなければ誤解を招くおそれがある。

報告書「RoHS 2 指令の附属書 III に記載される、適用除外の水銀灯の代替による社会経済的影響評価に関する研究」の過程で開発した分析モデルによるデータの更新」が修正され、感度シナリオが追加されている。

報告書は公開されており、[ここ \(PDF\)](#) から閲覧可能である。

本調査の影響算出に適用した複合モデルは、[ここ \(excel\)](#) から閲覧可能である。

LFL T5ランプについては、CLASP/SwEAのデータセットを適用すると、2021年から2035年の間に発生する純便益は合計93億400万ユーロとなる（ランプ1個当たり21.66ユーロの便益）。2019年のSEAによる調査のデータセットでは、総コストはおおよそ174億2,600万ユーロとなった（ランプ1個あたり40.57ユーロのコスト）。代替の過程では、15万6千トンから64万3千トン（それぞれCLASP/SwEAと2019 SEA調査データセット）の電子廃棄物が早期に発生するが、将来的にはLED照明器具や管の軽量化に伴い一般電子廃棄物量が減少する可能性があるため、相殺されると考えられる。いずれの場合も、ランプに含まれる1,064kgの水銀がEU市場に出回ることを回避することができる。感度データセットでは、段階的廃止による2021年から2035年までの累積便益は24億5百万ユーロ、1ランプあたり5.60ユーロとなった。27万9千トンの電子廃棄物が早期に発生し、市場に出回らない水銀量はどのデータセットでも同じである（1,064 kg）。

LFL T8ランプについては、CLASP/SwEAのデータセットでは、2021年から2035年の間におおよそ177億1,200万ユーロの純便益が発生する（ランプ1個当たり47.56ユーロの便益）。2019年のSEA調査のデータセットでは、総コストはおおよそ117億4,900万ユーロ（ランプ1個あたり31.55ユーロのコスト）となった。この代替には再配線やランプの交換による早期の電子廃棄物の発生を伴い、LED照明器具や管の軽量化によって一般的な電子廃棄物量も減少している可能性はあるものの、3万2,000～70万4,000トンの電子廃棄物（それぞれ、LASP/SwEAと2019 SEA調査データセット）が発生する。いずれの場合も、ランプに含まれる962kgの水銀がEU市場に出回るとは回避される。感度データセットでは、段階的廃止による2021年から2035年までの累積便益は28億7,900万ユーロ、1ランプあたり7.73ユーロとなる。36万8,000トンの電子廃棄物が早期に発生し、市場に出回らない水銀量はどのデータセットでも同じである（962 kg）。

CLASP

LFL用LEDレトロフィットランプは、コスト効率が高い。LEDランプの投資回収期間は、ランプのコスト、電気料金、各用途での使用時間によって異なる。例えば、OSRAM/LEDvanceは、T8ランプを同社のレトロフィットLED管の1つと交換した場合の投資回収期間は、わずか4カ月であるとしている。（LEDvance, 2021）Signifyのホームページには、LED照明の省エネ効果と経済的実現可能性を証明するケーススタディが多数掲載されている。オランダのVerhoef Access Technologyというボード製造工場に2,100本のLED管を取り付けたところ、照明代が60%下がり、わずか1年半で投資が回収され、設置後17年間はずっと予想されるとい

	う。(Signify, 2019) レトロフィットLEDチューブの費用対効果は、世界中で高い。欧州では、研究者が3.68ユーロのOSRAM 36W T8 LFL (寿命20万時間)、PhilipsのCorePro LED管 (寿命30万時間)、PhilipsのMasterLED管 (寿命5万時間) を比較した。1日10時間使用した場合、CorePro LEDの投資回収期間はLFLに比べて4.9カ月 (寿命は1.5倍)、MasterLEDの投資回収期間は11カ月 (寿命は13年で、LFLの2.5倍) である。この計算には、エネルギーと電球のコストのみが反映されており、LED導入に伴うランプ交換頻度の減少による人件費の低減は考慮されていないため、実際の投資回収期間はこれよりも短く、節約額も大きくなることに留意しなければならない。この公表された経済分析によると、ライフサイクルコストに基づき正味現在価値に割り引くと、エンドユーザーはT8蛍光灯を1本交換するごとに95.61ユーロ (CorePro) または124.57ユーロ (MasterLED) を節約できることがわかった。(Sweden, 2020) LFL用のLEDレトロフィット管は費用対効果が非常に高い。 LightingEurope LFL-ni T5、T8蛍光灯のLED-ni代替品: LightingEuropeの計算では、2021年にEUで強制的にLED投資を行った場合、人件費を含めてLED照明器具の投資回収期間は18年、LEDniランプの投資回収期間は5年となり、かつて (CFL-の投資回収期間は通常半年と短いにもかかわらず) 白熱灯の禁止にユーザーが大きく反対したのと同様に、EUの消費者や業務ユーザーから大きな反対を受ける可能性がある。 ーLEDni レトロフィットランプは、設置されている照明器具とアプリケーションの約 50%に適用できるため、LightingEurope は、加盟国にとって早期の段階的廃止のコストは CFL-ni と LFL 技術で 1,330 億ユーロ (主に今後 5 年間に負担する) と推定している。建築物における主要なエネルギー最終用途のうち、照明だけが、IEAの持続可能な開発に沿ったものとなっている。 LED販売によるシナリオは、蛍光灯からの置き換えが進み、実現可能であった (IEA report May 2019)。投資回収期間は、プラグアンドプレイの代替品の有無や実現可能性によって異なり、CFL-I用途では数年、多くのCFL-niやLFL-ni用途では照明器具の再配線やLED照明器具への切り替えのコストにより数年以上となる。 LED-ni 代替品の非互換性の問題により、LightingEurope はユーザーに実質的に次のような影響があると予測している (参考文献 LE June 2020 report)。 - 代替品がない場合、ユーザーは既存の照明器具の再配線や交換に十分なリソースを割く必要があるため、高いコストがかかる (EU 市場では、CFL-ni と LFL 技術で合計 1,330 億ユーロと推定される)。 - 照明器具の再配線や交換には、建物の保険要件に関連し、製品の安全性と品質を保証するための新たな認証が必要である。
--	---

	- 段階的廃止は、ユーザーが代替技術に移行するために十分なリソースを割り当てる時間を確保できるように、照明器具の交換サイクル（通常14年）と一致させる必要がある。これらの製品のユーザーは LightingEurope とともに、円滑な移行スケジュールを繰り返し要求してきた（<u>2018 Joint Users Statement</u>）。 照明メーカーの生産能力、用途に応じた互換性のある代替品の有無に加え、用途ごとのLEDへの移行スピードは、企業、政府、個人の投資によって決まる（IEA report May 2019 参照）。 ハロリン酸系ランプ LFL-niランプは2種類の材料からなる蛍光塗料を使用しており、同じような用途に使用されている。最も効率の良いランプは希土類元素を用いた3波長形蛍光塗料を使用するもので、効率は白熱電球のおよそ7～8倍である。LFLハロリン酸ランプは現在でもアメリカ、中南米、アジア諸国などで使用されており、現在では希少材料となっている高価な希土類を使用していない。より安価であるため、高価な3波長形技術やLED技術に投資する資金がない国における照明の効率化（白熱電球の5倍）に貢献することができる。 効率的な（手頃な）蛍光灯のレトロフィットランプを市場で入手できない場合、あるいはLEDレトロフィットや照明器具ソリューションが高価である場合や入手できない場合には、多くの顧客が白熱灯やハロゲン照明を安価な代替品として使用するが、環境面ではより悪い解決策である（エネルギー使用と石炭工場による水銀の放出）。
6. 代替製品の環境及び健康リスク、便益に関する情報	EU EUにおけるハロリン酸 LFL の段階的廃止（3波長形蛍光ランプの推奨）の結果、ランプ 1 個あたりの水銀使用量が 53%削減された（Lighting Europe, 2015）。 環境への影響に関するライフサイクル分析で LFL と LED を比較した研究結果は現状では示されていないが、2012 年には既に CFL（機能的には LFL に類似）と LED は同等であると示されていた（Gensch, et al., 2016）。欧州環境事務局によれば、T5 ランプに関しては、LED 管は LFL とほぼ同じ環境性能レベルである（Gensch, et al., 2016）。 SEA (2019) によれば、EU における 2021 年以降の T5 及び T8 LFL の制限は結果として、エネルギー消費の減少により 4,090 万メトリックトンの CO₂ の削減につながる。 アフリカ地域

LEDレトロフィットランプの場合は、LFLの使用及び破損に関係した水銀の曝露や汚染のリスクが発生しない。工業用、商業用及び集合住宅用の建物で大量のLFLを取り扱うスタッフに対しては特に、廃棄物管理作業者と同様に、このような曝露経路によるリスクが発生する。

ノルウェー

蛍光灯に含まれる水銀は大きな問題である。蛍光灯の回収率は、WEEE指令の全製品で報告されている回収率よりも低いというのが現場での現実である。最近の報告書によると、現在欧州で市場に投入されている蛍光ランプの50～88%が適切に廃棄されていない。したがって、照明に含まれる水銀のほとんどが回収されず、環境と公衆衛生にさらなる被害を及ぼしている (Sweden, 2020)。途上国の回収率は、欧州に比べてかなり低くなりそうである。照明から放出される水銀を止めるには、照明の上市を止めるしかない。蛍光ランプを販売し続ける技術的、経済的理由はなく、家庭、学校、病院、店舗などで、この健康被害を許容する必要は、もはやない。また、蛍光ランプの代替となるLEDは、水銀を含まないだけでなく、消費電力が半分であるため、省エネにより石炭火力発電所からの水銀排出を抑えることができることも注目すべき点である。

JLMA

日本において、既設の照明器具に取り付け可能で安全性が保証されたLEDはない。

分離型ランプ (例: CFL-ni または LFL) を使用する設計の照明器具または器具は、(電子) 安定器／制御装置を装備しており、寿命試験及び安全性試験は、元々取り付けていた蛍光ランプを使用して行われている。代替品としてのLEDランプの電気特性は多様なため、すべての代替LEDランプの安全性試験を行うことは不可能である。また、照明器具は数多くの零細企業から供給され、多種多様な電子制御装置を含んでいるため、これらすべての安全性試験を代替LED製品メーカーが実施することも不可能である。

したがって、照明器具に既に取り付けられている電子制御装置に対する代替LEDランプの安全性を確保することは不可能である。市場で発生する安全性の問題を示すため、安全性 (発火) に関する問題及び警告の報告書が、日本政府の消費者庁

(https://www.caa.go.jp/en/about_us/) 及び東京消防庁から発行されている。

日本では消費者庁が10年間で328件の事故情報を公表している。また、IECでもLEDレトロフィットの問題点を議論しており、将来的にはIEC規格として規制する方向で議論が進んでいる。大手照明



	メーカーのPhilipsやOSRAMもレトロフィットランプを製造しているが、すべての照明器具に採用しているわけではなく、自社の照明器具の適合表を公表している。日本の大手照明メーカーであるパナソニック、東芝、三菱、日立は、安全性の問題から、すべての照明器具に使用できるレトロフィットランプは開発できていない。 LFLの置き換えは技術的に難しいが、蛍光灯照明器具をLED照明器具に置き換えることは既に技術的に可能である。LED照明器具はランプと器具が一体化したものが多く、ランプ自体の置き換えではなく、照明器具の代替の有無を検討すべきである。 LEDVANCE <u>非受動的な障害 (NPF: Non-Passive Failure) – 例: 過熱及び火災の危険</u> <u>タイプA とタイプBの比較</u> 無水銀直管LEDランプには2種類ある。タイプAは、「プラグ・アンド・プレイ」ランプと呼ばれ、蛍光ランプとの直接交換が可能な管形LED (TLED) である。タイプBランプは、安定器を迂回させる必要があり、電気技術者による照明器具の再配線が必要である。 タイプ A「プラグ・アンド・プレイ」ランプ には、「非受動的な障害」(想定値を超える高温及び火災の潜在的な危険を指す業界用語) の原因となるアークの問題が発生する可能性がある。非受動的な障害の大半は、タイプA ランプに関係している。LEDボードとドライバボードの間に発生したアークが、非受動的な障害の原因になる場合がある。この障害を回避するため、ほとんどのメーカーは、互換性のある安定器の一覧を発行するとともに、フェイルセーフ機能を組み込むことで、互換性のない安定器に不適切にランプを取り付けた場合に、ランプが永久的に使用不可能な状態になるようにしている。 さらに、タイプA ランプは、互換性のある蛍光安定器に接続された場合に限り作動し、建物の電源電圧に直接接続された場合は正しく (あるいは全く) 作動しない設計になっている。タイプB ランプは、蛍光安定器では作動不可能である。一部のメーカー提供するタイプ A/タイプ B のハイブリッド式ランプでは、互換性のある安定器による作動と、建物の主電源電圧への直接接続のどちらかを選択可能である。 繰り返しになるが、互換性の問題が生じることは稀であるが、この問題の大半は通常はタイプAランプで発生する。 タイプBランプは、建物の主電源電圧に直接接続して作動する設計であり、始動用の安定器は不要である。タイプ B ランプには、温度フューズ保護や安全スイッチなどの安全機能が内蔵されている。ただし、これらの機能は標準化されていないため、メーカーによって異なる場合がある。メーカー各社は、すべてのTLED ランプに対して統一の安全策を確実に反映させるためのコンセンサス基準を通じて、標準化の問題に取り組んできた。
--	--

	タイプBランプに関して考慮すべき別の点としては、このランプは消費者が自分で簡単に取り付けることができないということである。取り付けの際は、地域の電気規則に従って、照明器具 (すなわち、器具) の再配線が必要となる。 タイプBランプにはいくつかの性能関連の問題があるが、非受動的な障害の発生頻度はタイプAランプに比べて極めて低い。 <u>温度上昇</u> 密閉された照明器具の中のランプは、より高い温度条件で使用されるが、蛍光ランプとは違い、LEDは高温条件での作動性が低下する。TLEDは自動サーマル・カットオフを標準装備しているが、統一安全規格は現状では最終的に確定されていない。 なお、特筆すべき点として、このような潜在的な問題が原因で「急に元の状態に戻るスナップ・バック」行動、つまり、消費者が TLED の安全性を心配し、これまでに何ら問題はなかったと考える蛍光ランプに戻る行動が頻繁に発生していることが、メーカー各社によって確認されている。 <u>まとめ</u> 世界共通のLED交換ランプに関する制約要素は、概して以下の3点である。 1. 器具に対して不適切なランプの種類 (タイプA またはタイプB) 2. 安定器との互換性の欠如 (メーカーは一覧を発行している)。(タイプAは、非受動的な障害の発生リスクが最も高い) 3. コンセンサス基準の不足や追加費用が原因で、市販のすべての製品に安全スイッチ及びその他の安全対策が含まれているわけではない。 CLASP 蛍光灯を廃止すると、多くのメリットがある。以下の表は、Oko-Institutが発表したデータ (Oko-Institut, 2020) を追加の計算で補完して作成したものである (Sweden, 2020)。これらの削減量は、欧州の一部の蛍光ランプ、すなわちCFLniピンベース型ランプ、T5管形ランプ、一部のT8管形ランプ (エコデザインでまだ廃止されていないもの) の段階的廃止から算出されたものである。これらは欧州における蛍光灯の全ポートフォリオではないにもかかわらず、専門家の計算では、5トン以上の水銀が回避され、300TWh以上の電力が節約され、9,000万トン以上のCO2排出が回避されるところである。そして、おそらく最も重要なことは、これらの環境上、健康上のメリットはすべて費用対効果に優れているということである。この研究では、これらのランプの段階的廃止によって、欧州の純節約額は299億ユーロと計算している。
--	---

表 11. T8、T5 および CFLni ランプの段階的廃止による 2021 年の純益 (Öko-Institute 報告書)

節減額	累積 (2021 年－2035 年) 節減額			
	T8	T5	CFLni	Sum
ランプからの水銀削減量 (kg)	962	1064	856	5360 kg
発電所からの水銀削減量 (kg)	1218	1032	227	
節電量 (TWh)	152.3	129.0	28.4	309.7 TWh
CO ₂ 削減量 (MMT)	45.3	38.4	8.4	92.1 MMT CO ₂
ランプおよび電力を含む純節減額 (10 億ユーロ)	177 億ユーロ	93 億ユーロ	28 億ユーロ	299 億ユーロ

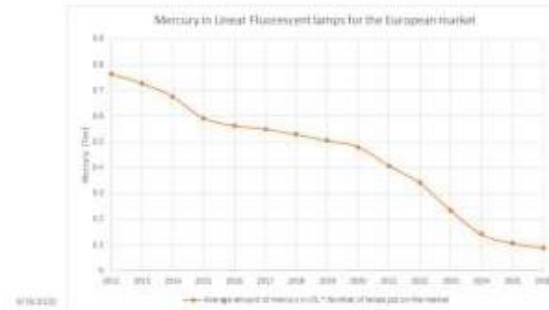
出典: Öko-Institute 報告書、2020 年 7 月 10 日 水銀および CO₂ の推定削減量は SEA/CLASP が算定

LightingEurope – LFLni

EUにおける主な人為的発生源からの総水銀放出量 (77.2トン) と比較すると、照明用のLFL T8、T5および非直管形製品によりEU市場に投入される水銀の割合は年間1トン以下であり、LightingEurope各社の継続的な技術革新のおかげで長年にわたり着実に減少していることが示されている。これらのタイプのランプによる現在の水銀放出量は、2020年のEU全体の水銀放出量の0.33%であり、2026年には0.1%に減少する。(LightingEurope, September 2020 presentation at UN vertical lamps meetings – 以下抜粋)

水銀の削減量および LFL-T5/T8 の予測

LFL T8, T5 製品の照明によって市場に放出される水銀は、年間 1 トン以下に制限されており、急速に減少している。



LFL ランプ (管形-T5/T8) の水銀 含有量の合計

EU 内の管形 LFL (T8、T5) に よる水銀量の合計 (トン/年)	2020	2022	2026
市場に出回る水銀量の合計	0.48	0.34	0.09
環境に放出される水銀の合計量 (非リサイクルランプ)	0.24	0.17	0.04

EU 放出量に占める管形 LFL (T8、T5) の割合	2020	2022	2026
市場に出回る水銀量の合計	0.62%	0.44%	0.11%
環境に放出される水銀の合計量 (非リサイクルランプ)	0.31%	0.22%	0.06%

- LFL ランプから環境に放出された水銀量は、EU における水銀の環境放出量 77.2 トン中、1%未満 (2020 年は 0.24 トン) である
- 市場における LED への自然移行によってその量はさらに減少しており、2026 年には 0.1%未満となる

LightingEurope – Halophosphate lamps

LFL-ni ランプは 2 種類の材料からなる蛍光塗料を使用しており、同じような用途に使用されている。最も効率の良いランプは希土類元素を用いた 3 波長形蛍光塗料を使用するもので、効率は白熱電球のおよそ 7~8 倍である。LFL ハロリン酸ランプは現在でもアメリカ、中南米、アジア諸国などで使用されており、現在では希少材料となっている高価な希土類を使用していない。より安価であるため、高価な 3 波長形技術や LED 技術に投資する資金がない国における照明の効率化 (白熱電球の 5 倍) に貢献することができる。

効率的な (手頃な) 蛍光灯のレトロフィットランプを市場で入手できない場合、あるいは LED レトロフィットや照明器具ソリューションが高価である場合や入手できない場合には、多くの顧客が白熱灯やハロゲン照明を安価な代替品として使用するが、環境面ではより悪い解決策である (エネルギー使用と石炭工場による水銀の放出)。

7. 上記以外で、条約の第 4 条第 4 項に従って水銀添加製品に関して提出する追加情報(例: 製造や一般取引に関する情報など)

該当なし

8. 決定 MC-3/1 に定められたその他の関連情報	EU 欧州内の3波長形蛍光 LFL に関しては、電気・電子機器における特定有害物質の使用制限に関する 2011/65/EU 指令 (RoHS 指令) により、ランプ直径に基づいて、水俣条約よりも具体的な制限値が LFL の水銀含有量に対して規定されている。2口金式 LFL は、適用除外の対象で、以下の制限の対象となる: • 通常寿命の3波長形蛍光ランプで、管径が 9 mm 未満 (例:T2): 4 mg • 通常寿命の3波長形蛍光ランプで、管径が 9 mm 以上で 17 mm 以下 (例:T5): 3 mg • 通常寿命の3波長形蛍光ランプで、管径が 17 mm を超え 28 mm 以下 (例:T8): 3.5 mg • 通常寿命の3波長形蛍光ランプで、管径が 28 mm を超える (例:T12): 3.5 mg • 長寿命3波長形蛍光ランプで (寿命が 25,000 時間以上): 5 mg ZMWG 2020 年 12 月 31 日より後では、世界共通項目として掲出された上記のランプ分類の製品の製造、輸出及び輸入の禁止は、水銀規制(EU) 2017/852 の対象となる。なお、この規制は水銀に関する既存の EU 環境法規の大部分を補足している。 しかしながら、照明製品などの製品のエネルギー効率に着目した EU エコデザイン 指令により、2019 年 10 月 1 日付委員会規制 2019/2020 では⁸、エネルギー効率計算公式によって、直管蛍光ランプ (LFL) T2 及び T12 ならびに内蔵型安定器付きコンパクト形蛍光ランプ (CFLi) は 2021 年 9 月 1 日、特定の長さ(2 フィート、4 フィート、5 フィート)の T8 直管蛍光ランプは 2023 年 9 月 1 日をそれぞれ期限として禁止とすることに合意した。 EU ロシア及びユーラシア経済連合 (技術規則 EAEU 037/2016) ならびにインド (G.S.R338(E) 電子廃棄物 (管理) 規則, 2016) では、3波長形蛍光 LFL に関しては水俣条約の規定よりも低い限界値を設定している。設定
---	---

⁸ 2019 年 10 月 1 日付の委員会規則 (EU) 2019/2020 では、欧州議会及び欧州理事会の指令 2009/125/EC に従って光源及び分離型制御装置に関するエコデザイン要求事項を制定し、委員会規則 (EC) No 244/2009, (EC) No 245/2009 及び (EU) No 1194/2012 (EEA 関連のテキスト) を廃止した。https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2019.315.01.0209.01.ENG&toc=OJ.L:2019:315:TOC

	限界値は、上記に概要を示した EU RoHS 指令の規定値と同じである。その他の多くの国でも、3波長形蛍光 LFL に関してこれと同じ限界値を設定した RoHS 相当の規制が既に採用されている。 欧州では、電気・電子機器における特定有害物質の使用制限に関する 2011/65/EU 指令 (RoHS 指令) による適用除外が失効した 2012 年以来、ハロリン酸 LFL の上市の禁止が効果的に実施されている。 数多くの国家で、水銀含有 LFL を禁止する RoHS 相当の規制を実施済みである。例えば、ロシア及びユーラシア経済連合 (EAEU) では、電気製品及び無線電子製品における有害物質の使用制限に関する技術規則 EAEU 037/2016 があり、また、インド、シンガポール、タイ、ウクライナ、ヨルダン、トルコ、UAE、サウジアラビア、ベトナム、韓国ならびに日本では、水銀含有ハロリン酸品を禁止する RoHS 相当の規制を実施している。 アフリカ地域 • 概要: LFL は、水銀を含有し、非効率かつ高価な技術である。 • 選択肢: ほぼすべての LFL に対して、無水銀のレトロフィット品が利用可能であり、何万種類も利用可能で、光の出力レベルと白色光の色に関しても幅広い選択肢がある。 • 経済面: LED レトロフィットは、コスト効果が高く、T8 LFL 用の場合は投資回収期間も 1 年未満である。LED の購入・使用コストは LFL よりも 50% 低い。LED はライフサイクル・コストが最も低い選択肢である。 • 技術: LED は引き続き改善が実施されており、また、年々安価になる一方で、効率性も向上している。 • 廃棄物: ほとんどの蛍光ランプは、使用期限終了後の廃棄処分が安全には行われていない。 • ビジネス: アフリカでは、LED ランプを生産する新規現地メーカーの数は多いが、蛍光ランプの製造はアフリカ大陸では行われていない。 • 政策: アフリカの一部の国は、省エネとコストを理由として、LFL の段階的廃止を実施中である。 • 公平性: OECD での蛍光ランプの段階的廃止を受けて、供給業者がアフリカで水銀照明品のダンピングを行うリスクがある。 ZMWG インドでは、2016⁹年に、水銀含有ランプはインド国内電子廃棄物管理規則の対象となった。この規則は、EU が定めた金属に対する ROHS 限界値を根拠として、LFL など様々な種類のランプの水銀含有量を規定している。限界値は 2016 年 10 月に有効となって以来、インド国内に登録のあるすべての照明関連企業がこれを順守している。なお、この許容限界値は、水俣条約で設定された最大水銀含有限界値よりもかなり低い設定となっている。
--	--

⁹ インド電子廃棄物規則 2016 <http://cpcb.nic.in/displaypdf.php?id=UHJvamVjdHMvRS1XYXN0ZS9FLVdhc3RITV9SdWxlc18yMDE2LnBkZg==>

9. 参考文献

EU

COWI & ICF. (2017). Support to assessing the impacts of certain amendments to the Proposal of the Commission for a Regulation on Mercury. Retrieved from http://ec.europa.eu/environment/chemicals/mercury/pdf/Final%20Report_KH0617141ENN.pdf

Energy Rating, 2017. Australia drops mercury levels in fluorescent lighting. Available at: <http://www.energyrating.gov.au/news/australia-drops-mercury-levels-fluorescent-lighting> [Accessed 13/06/2019].

European Commission, 2019. Study to assess socio-economic impact of substitution of certain mercury-based lamps currently benefitting of RoHS 2 exemptions in Annex III. [Online] Available at: <https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/9f8f7878-b72a-11e9-9d01-01aa75ed71a1/language-en>

Gensch, C.-O. et al., 2016. Study to assess renewal requests for 29 RoHS 2 Annex III exemptions [no. I(a to e -lighting purpose), no. I(f - special purpose), no. 2(a), no. 2(b)(3), no. 2(b)(4), no. 3, no. 4(a), no. 4(b), no. 4(c), no. 4(e), no. 4(f), no. 5(b), no. 6(a), no. 6(b), no. 6(c), no. 7(a), no. 7(c) - I, no. 7(c) - II, no. 7(c) - IV, no. 8.

Lighting Europe, 2014. Globally Harmonized Limits on Mercury for Lighting. [Online] Available at: https://www.lightingeurope.org/images/publications/position-papers/LE_PP_Global_Mercury_limit_20131002_final.pdf

Lighting Europe, 2015. Request to Renew Exemption 2(a)(1). [Online] Available at: https://rohs.exemptions.oekoinfo/fileadmin/user_upload/RoHS_Pack_9/Exemption_2_a__1-5_/Lighting_Europe/2a1_LE_RoHS_Exemption__Req_Final.pdf

Lighting Europe, 2016. Request to renew Exemption 1(g) under the RoHS Directive 2011/65/EU Mercury in single-capped (compact) fluorescent lamps for general lighting purposes < 30 W with a lifetime equal or above 20000 h: 3,5 mg, 28.06.2016.

Lighting Europe, 2017. Answers to 1st Questionnaire - Exemption No. 1(g) (renewal request): "For general lighting purposes < 30 W with a lifetime equal or above 20 000 h: 3,5 mg", 15.09.2017. Available at: http://rohs.exemptions.oekoinfo/fileadmin/user_upload/RoHS_pack_13/Annex_1g/LE_WG_CE_-_TF_RoHS_-_1G_Questionnaire_Response_-_20170915_-_v5-_FINAL.pdf [Accessed 20/05/2019].

Sethurajan et al., 2019. Recent advances on hydrometallurgical recovery of critical and precious elements from end of life electronic wastes- a review. [Online] Available at:

<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10643389.2018.1540760#aHR0cHM6Ly93d3cudGFuZGZvbmxpbmUuY29tL2RvaS9wZGYvMTAuMTA4MC8xMDY0MzM4OS4yMDE4LjE1NDA3NjA/bmVIZEFjY2Vzcz10cnVlQEBAMA==>

Swedish Energy Agency (SEA), 2019. Evidence of the availability of mercury-free alternative products to certain fluorescent lamps. Available at: <https://meta.eeb.org/wp-content/uploads/2019/11/SEA-and-CLASP-analysis-of-RoHS-exemptions-for-fluorescent-lamps-v2-1.pdf>

The Lightbulb Company, 2019. A Guide To Compact Fluorescent Lamps (CFL) & Fluorescent Tubes. Available at: https://www.thelightbulb.co.uk/resources/compact_fluorescent_lamps_guide/.

UNEP, 2013. Acceptance on behalf of the United States of America. Available at: <http://www.mercuryconvention.org/Portals/11/documents/submissions/US%20declaration.pdf> [Accessed 13/06/2019].

VHK & VITO, 2015. Preparatory Study on Light Sources for Ecodesign and/or Energy Labelling Requirements ('Lot 8/9/19') - Draft Interim Report. [Online] Available at: <http://ecodesign-lightsources.eu/sites/ecodesign-lightsources.eu/files/attachments/1st%20Stakeholder%20comments%20-%20summary%20and%20answers.pdf>

World Bank, 2019. Capacity Strengthening for Implementation of Minamata Convention on Mercury Project. Available at: <http://projects.worldbank.org/P151281?lang=en>.

Zero Mercury Working Group, 2019. Information Relevant to the Review of Annexes A and B. [Online] Available at: http://www.mercuryconvention.org/Portals/11/documents/submissions/ZMWG_Submission_AnnexA_B.pdf

Canada

1. ToxEcology Environmental Consulting Ltd. (2018). Technical background study on products containing mercury in Canada with reference to the recently ratified Minamata Convention on Mercury.
2. For example: 'LEDVANCE to Shut Down Two Facilities to Focus on Solid State Lighting' Jan 23, 2018. Available from: https://www.ledinside.com/news/2018/1/ledvance_to_shut_down_two_facilities_to_focus_on_solid_state_lighting
3. Nunez C. (2016). An unloved light bulb shows signs of burning out. National Geographic: <https://news.nationalgeographic.com/energy/2016/02/1602016-cfl-phase-out-light-bulb-leds/>
4. The Climate Group. (2012). Lighting the clean revolution. Available from: https://www.theclimategroup.org/sites/default/files/archive/files/LED_report_web1.pdf
5. EDN Network (2015). LEDs for liquid crystal display (LCD) backlighting. Available from: <https://www.edn.com/design/led/4438213/LEDs-for-liquid-crystal-display--LCD--backlighting--Part-1>
6. LEDinside. (2013). Direct-type LED TV penetration rate surpasses 60% in 2014. Available from: <https://www.ledinside.com/node/19148>

7. LEDinside. (2016). Overview of micro-LED history and current developments. Available from: https://www.ledinside.com/outlook/2016/8/overview_of_micro_led_history_and_current_developments and refer to footnote 40 for perspective on EEFL as well as CCFL uses in displays
8. For example: A sign of the times, LED is replacing neon (2016). Available from: <http://www.eastoregonian.com/eo/business/20160819/a-sign-of-the-times-led-is-replacing-neon>; Replacing glass neon with flexible LED. Available from: <https://blog.1000bulbs.com/home/neon-sign-repair>
9. LEDs Magazine. (2014). Finally light challenges LED lighting with induction replacement lamp. Available from: <http://www.ledsmagazine.com/articles/2014/05/finally-light-challenges-led-lighting-with-induction-replacement-lamp.html>
10. Buildings Smarter Facility Management. (2015). LED vs Induction lighting: Which Illumination Solution is Right for Your Facility? Available from: <https://www.buildings.com/article-details/articleid/18718/title/led-vs-induction-lighting/viewall/true>
11. Stouch lighting. (N.D.) LED versus high pressure sodium (HPS) and low pressure sodium (LPS). Available from: <http://www.stouchlighting.com/blog/led-vs-hps-lps-high-and-low-pressure-sodium>
12. Stouch lighting. (N.D.) LED versus Metal Halide Lights. Available from <http://www.stouchlighting.com/blog/led-lights-versus-metal-halide>
13. ASD Reports. (2015). Global Automotive Lighting Market 2016-2020: Sample Report. Available from: <https://www.automotive-iq.com/events-autoadvancedlighting/downloads/global-automotive-lighting-market-2016-2020>
14. LEDinside. (2016). Automotive LED market has a bright future with the rise of replacement products. Available from: <https://press.trendforce.com/press/20160707-2544.html#kuqIlg3KvXdEWq2xL.99>
15. Lim et al. (2011). Potential environmental impacts of light-emitting diodes (LEDs): Metallic Resources, Toxicity, and Hazardous Waste Classification. *Environ. Sci. Technol.*, 2011, 45 (1), pp 320–327; DOI: 10.1021/es101052q
16. Example Safety Data Sheets for LEDs from GE and Philips. Available from https://products.currentbyge.com/sites/products.currentbyge.com/files/document_file/LED-Lamp-Material-Sheet_0.pdf and <http://www.usa.lighting.philips.com/support/support/literature/msds-sheets#>
17. American Medical Association (2016). Guidance to Reduce Harm from High Intensity Street Lights Human and Environmental Effects of Light Emitting Diode (LED) Community Lighting. Report of the Council on Science and Public Health CSAPH Report 2-A-16.
18. US Department of Energy. (2017). Street lighting and blue light FAQs. Available from: <https://www.energy.gov/sites/prod/files/2018/04/f50/Street%20Lighting%20and%20Blue%20Light%20FAQs.pdf>
19. Lombardo, T. (2017). Are LED Lights bad for your health? Available from: <https://www.engineering.com/ElectronicsDesign/ElectronicsDesignArticles/ArticleID/14607/Are-LED-Lights-Bad-for-Your-Health.aspx>

アフリカ地域

CLASP, 2020. Database of compatibility of T5 and T8 lamps with ballasts in Europe. Published as part of Assessing Annex III Fluorescent Lamp Exemptions in the Light of Scientific and Technical Progress, Report to the Committee on the Restriction of Hazardous Substances; Swedish Energy Agency and CLASP. Link: http://www.mercuryconvention.org/Portals/11/documents/meetings/COP4/submissions/CLASP_AnnexAB_spreadsheet.xlsx

LEDvance, 2021. Website of LEDvance, highlighting the savings of LED. <https://www.ledvance.com/professional/products/product-stories/led-tubes-online-special>

Oko-Institut, 2020. Study to assess socio-economic impact of substitution of certain mercury-based lamps currently benefiting of RoHS 2 exemptions in Annex III; Oko-Institut, Germany. 10 July 2020. <https://rohs.exemptions.oeko.info/index.php?id=127>

Signify, 2021. Dansk Supermarked case study for LED retrofit installation. 53% power savings with Signify Master LED Tube. Signify, Link: <https://www.lighting.philips.com/main/cases/cases/food-and-large-retailers/dansk-supermarked>

Signify, 2021b. Tecnologia Verhoef Access case study for LED retrofit installation. 60% power savings with Signify Master LED Tube. Signify, Link: <https://www.lighting.philips.com/main/cases/cases/industry-and-logistics/verhoef-access-technology>

Swedish Energy Agency (SEA), 2019. Evidence of the availability of mercury-free alternative products to certain fluorescent lamps. Available at: <https://meta.eeb.org/wp-content/uploads/2019/11/SEA-and-CLASP-analysis-of-RoHS-exemptions-for-fluorescent-lamps-v2-1.pdf>

Swedish Energy Agency (SEA), 2020. Assessing Annex III Fluorescent Lamp Exemptions in the Light of Scientific and Technical Progress, Report to the Committee on the Restriction of Hazardous Substances. Swedish Energy Agency and CLASP, 24 February 2020. Link: <https://www.clasp.ngo/research/all/assessing-annex-iii-fluorescent-lamp-exemptions-in-the-light-of-scientific-and-technical-progress/>

Swedish Energy Agency (SEA), 2020b. Clarifications on LightingEurope's Comments to the RoHS Committee. A report for the Committee on the Restriction of Hazardous Substances (RoHS) addressing Lighting Europe's comments on 20 May and 9 June relating to the exemption application for fluorescent lighting. Swedish Energy Agency and CLASP. 12 July 2020. <https://www.clasp.ngo/research/all/clarifications-on-lighting-europes-comments-to-the-rohscommittee/>

冷陰極蛍光ランプ(CCFL)及び外部電極蛍光ランプ(EEFL)

1. 水銀添加製品の分類	ランプ
2. 製品の具体的な内容	冷陰極蛍光ランプ(CCFL)及び外部電極蛍光ランプ(EEFL)
3. 製品の使用に関する情報	日本 CCFL及びEEFLの国内製造は廃止されており、メンテナンス用製品もほぼ流通していないと推定される。 アフリカ地域 この製品グループは、約10年前までは薄型テレビ用技術で使用されていた。この非常に細い管は、バックライトディスプレイ装置で使用されていたが、LEDへの切替が完了すると、CCFL/EEFL技術も市場から段階的に廃止されていった。この分類の蛍光ランプは既に存在しないため、適用除外の即時廃止が可能である。 CLASP 冷陰極蛍光ランプ (CCFL) や外部電極蛍光ランプ (EEFL) は、新しい電子ディスプレイには使われなくなった。10～15年前までは電子ディスプレイのバックライトとして使用されていたが、2010年頃から使用されなくなり、2021年製造の電子ディスプレイでCCFLやEEFLのバックライトユニットを使用しているものはない。 LightingEurope: サブミニチュアCCFLは、新規用途や交換用途でまだ限定的に使用されている。例として • 民間航空機の一次飛行計器用ディスプレイ: 認定されたオリジナルの交換部品が必要 • その他の用途: 計測器、殺菌・医療機器、工業用モニタリングなど 特殊用途向けCCFLの中には、様々な化学・生物学的プロセス (用途の章を参照) に使用され、その結果、いくつかの医療・健康関連用途に貢献しているものがある。たとえば、 • 医療、治療用ランプ • 細菌やウイルスを不活化するための殺菌ランプ (コロナウイルス感染症など) • バイオテクノロジープロセス、モニタリング装置などの化学・生物学的プロセス • 科学機器や機器校正用の光源
4. 水銀代替製品(又は低含有製品)の利用可能性に関する情報	カナダ 水銀含有ランプに対する主な無水銀代替品は、発光ダイオード(LED)である。LEDは、光源として半導体を使用し、エネルギー効率が非常に高く、蛍光ランプに比べて大幅な長寿命化を実現している。

	アフリカ地域 Waste Management & Research (持続可能な循環経済についてのジャーナル) に 2018 年に掲載された論文では、市場におけるこの技術の状況を次のように要約している (Zhuang, 2018):「冷陰極蛍光ランプ (CCFL) は、水銀を必須成分として含有し、液晶ディスプレイ (LCD) 用バックライトとして 2008 年までは広く使用されていた。2008 年以降は、無水銀の発光ダイオードが CCFL の代わりに使用されるようになり、2014 年頃には切替が完了した。現在、CCFL は、製造が中止された商品である。」 ZMWG 冷陰極蛍光ランプ (CCFL) に関しては、市場では LED による置き換えが急速に進み、この傾向が続くものと予測されている¹⁰。テレビ、PC モニター、ノート PC などの大型デバイス及び電子製品ならびにスマートフォンやタブレットなどの小型デバイスのパネルの LCD バックライトの用途においては、CCFL から LED への切替が実質完了している。LED は、CCFL よりも発光効率が高く、また、大幅に小型化されているため、パネルの背後の各光源の配置をより効果的に行うことができる。さらに、CCFL を含有する製品が使用期限後にリサイクルされる際には、CCFL は人の健康と環境に有害であるため、CCFL の適用除外を廃止して、LED への完全移行を加速させることは喫緊の課題である。 新しいディスプレイの場合、無水銀の代替品がすべての用途、あるいは事実上すべての用途で利用可能である。代替品の利用可能性は電子ディスプレイの仕様と LED の利用可能性により異なる。付属書 A には既に、代替ランプの適用除外が記載されていることに注意すること。 CLASP この 10 年間で、全てのフラットパネルディスプレイのバックライトの CCFL や EEFL に代わり、LED が使われるようになっている。LED は、より薄くて軽い設計を可能にし、エネルギー効率が高いため消費電力が少なく、より高い輝度を実現し、画面をより均一に照らすことが可能である。また、LED バックライトは、画面の各エリアの照明の制御を通じてビューアーの体験を向上させることができる。さらに、従来の CCFL バックライトのディスプレイが最初は暗く、徐々に明るさを増していくのに対し、LED バックライトは瞬時に明るくなる。また、LED バックライトのディスプレイは、CCFL や EEFL よりも長寿命である。以上の理由から、サプライヤーは何年も前から、CCFL と EEFL を生産ラインから外している。
--	--

¹⁰ 2019 廃電子電気機器指令 (WEEE) ハンドブック

	NRDC 電子ディスプレイ (薄型テレビ) は、画面に映像を映し出すために、液晶やフィルターを透過するバックライトを必要とする。薄型テレビのバックライトとしてCCFLが一般的になったのは、約10年前である。現在、この技術はLEDバックライトユニットに取って代われ、CCFL技術は使用されなくなった。下図は、薄型ディスプレイのCCFL (またはEEFL) バックライトユニットとLEDバックライトユニットの違いを示すものである。 CCFL バックライトユニット テレビ用 (旧技術) LED バックライトユニット テレビ用 (現代技術) LightingEurope: 一部の業務用機器では、LED技術を応用した新しい機器が開発されているが、CCFLランプに固有の波長(可視、非可視)を必要とする用途では、LEDによる代替は不可能である。 サブミニチュアCCFLは、新規や交換用途で、以下に例示するような限られた用途にまだ使用されている。 1) 元の認証交換部品を必要とする、民間航空機の一次飛行計器ディスプレイ 2) 医療、殺菌、計測器、医療機器、産業用モニタリングなど、その他の用途
5.(i) 代替製品の技術的な実現可能性に関する情報	カナダ この10年間で、液晶ディスプレイ(LCD)などの平面パネルディスプレイのバックライトとしての用途において、CCFL及びEEFLからLEDへの切替えがほぼ完了した。¹LEDを使用した場合、より薄型で軽量のディスプレイ設計が可能で、使用電力を低く抑えつつ、エネルギー効率や輝度及び画面上の発光均一性の向上が実現される。⁵さらに、LEDの即時発光性とは対照的に、従来のCCFLバックライト使用ディスプレイでは、最初は薄暗く、次第に明るくなるという特徴があった。また、LEDは、CCFL及びEEFLに比べて長寿命である。¹ 以前は、ディスプレイのバックライト用LEDは、CCFL及びEEFLよりも高価であったが、現在では状況は変わり、LEDの価格が下がっている。テレビ用に関しては、CCFLからLEDへの切替が2014年までにほぼ完了す

	ると予測されていた。⁶2016年までには、スマートフォン、タブレット、ノートPC、デスクトップモニター、テレビなどを含む大半の用途で、CCFL及びEEFLからLEDへの切替がほぼ完了した。⁷ また、LED は、看板用など冷陰極／ネオンランプの各種用途に対する主要な代替品でもある。⁸ アフリカ地域 現在、CCFL/EEFL から LED バックライト装置への置換えが完了しており、この旧式技術による新規ディスプレイの製造は行われていない。
5.(ii) 代替製品の経済的な実現可能性に関する情報	アフリカ地域 CCFL及びEEFLは、約20年前にLCD電子ディスプレイのバックライト用使用された旧式の技術である。これらのランプは、2008年以降の新設ディスプレイではLEDバックライトに既に置き換えられている。 JLMA CCFLランプは現在ではほとんど使用されていないが、産業機器に組み込まれたディスプレイの修理交換部品として少量使用されている。このような機器の修理用のために、CCFLを使用しない機器を新たに開発することは経済的に困難である。
6. 代替製品の環境及び健康リスク、便益に関する情報	アフリカ地域 旧式モニターのエンドユーザーが使用を継続できるようにするため、予備部品を認める箇条を水俣条約で維持することも可能と考えられるが、市場としては極めて小さい (存在しない?) ものと思われる。
7. 上記以外で、条約の第4条第4項に従って水銀添加製品に関して提出する追加情報(例: 製造や一般取引に関する情報など)	該当なし
8. 決定 MC-3/1 に定められたその他の関連情報	アフリカ地域 水俣条約の附属書 A の前文では、予備部品として供給される CCFL 及び EEFL を許容しているため留意すべきである: (c) 水銀を含まない実現可能な代替製品によって交換することができない場合におけるスイッチ及び継電器、電子ディスプレイ用の冷陰極蛍光ランプ (CCFL) 及び外部電極蛍光ランプ (EEFL) 並びに計測器;

	旧式の電子ディスプレイを使用中の人々が使用の継続を希望する場合の例外を認めるため、上記文章を水俣条約に保持することが可能である。しかしながら、このように例外的なケースは稀であり、LED はすでに 10 年以上もディスプレイ用バックライトの独占的な製品として使用されている。
--	--

9. 参考文献

カナダ

1. ToxEcology Environmental Consulting Ltd. (2018). Technical background study on products containing mercury in Canada with reference to the recently ratified Minamata Convention on Mercury.
2. For example: 'LEDVANCE to Shut Down Two Facilities to Focus on Solid State Lighting' Jan 23, 2018. Available from: https://www.ledinside.com/news/2018/1/ledvance_to_shut_down_two_facilities_to_focus_on_solid_state_lighting
3. Nunez C. (2016). An unloved light bulb shows signs of burning out. National Geographic: <https://news.nationalgeographic.com/energy/2016/02/1602016-cfl-phase-out-light-bulb-leds/>
4. The Climate Group. (2012). Lighting the clean revolution. Available from: https://www.theclimategroup.org/sites/default/files/archive/files/LED_report_web1.pdf
5. EDN Network (2015). LEDs for liquid crystal display (LCD) backlighting. Available from: <https://www.edn.com/design/led/4438213/LEDs-for-liquid-crystal-display-LCD--backlighting--Part-1>
6. LEDinside. (2013). Direct-type LED TV penetration rate surpasses 60% in 2014. Available from: <https://www.ledinside.com/node/19148>
7. LEDinside. (2016). Overview of micro-LED history and current developments. Available from: https://www.ledinside.com/outlook/2016/8/overview_of_micro_led_history_and_current_developments and refer to footnote 40 for perspective on EEFL as well as CCFL uses in displays
8. For example: A sign of the times, LED is replacing neon (2016). Available from: <http://www.eastoregonian.com/eo/business/20160819/a-sign-of-the-times-led-is-replacing-neon>; Replacing glass neon with flexible LED. Available from: <https://blog.1000bulbs.com/home/neon-sign-repair>
9. LEDs Magazine. (2014). Finally light challenges LED lighting with induction replacement lamp. Available from: <http://www.ledsmagazine.com/articles/2014/05/finally-light-challenges-led-lighting-with-induction-replacement-lamp.html>
10. Buildings Smarter Facility Management. (2015). LED vs Induction lighting: Which Illumination Solution is Right for Your Facility? Available from: <https://www.buildings.com/article-details/articleid/18718/title/led-vs-induction-lighting/viewall/true>
11. Stouch lighting. (N.D.) LED versus high pressure sodium (HPS) and low pressure sodium (LPS). Available from: <http://www.stouchlighting.com/blog/led-vs-hps-lps-high-and-low-pressure-sodium>
12. Stouch lighting. (N.D.) LED versus Metal Halide Lights. Available from <http://www.stouchlighting.com/blog/led-lights-versus-metal-halide>
13. ASD Reports. (2015). Global Automotive Lighting Market 2016-2020: Sample Report. Available from: <https://www.automotive-iq.com/events-autoadvancedlighting/downloads/global-automotive-lighting-market-2016-2020>

14. LEDinside. (2016). Automotive LED market has a bright future with the rise of replacement products. Available from: <https://press.trendforce.com/press/20160707-2544.html#kuqlg3KvXdEWq2xL.99>
15. Lim et al. (2011). Potential environmental impacts of light-emitting diodes (LEDs): Metallic Resources, Toxicity, and Hazardous Waste Classification. *Environ. Sci. Technol.*, 2011, 45 (1), pp 320–327; DOI: 10.1021/es101052q
16. Example Safety Data Sheets for LEDs from GE and Philips. Available from https://products.currentbyge.com/sites/products.currentbyge.com/files/document_file/LED-Lamp-Material-Sheet_0.pdf and <http://www.usa.lighting.philips.com/support/support/literature/msds-sheets#>
17. American Medical Association (2016). Guidance to Reduce Harm from High Intensity Street Lights Human and Environmental Effects of Light Emitting Diode (LED) Community Lighting. Report of the Council on Science and Public Health CSAPH Report 2-A-16.
18. US Department of Energy. (2017). Street lighting and blue light FAQs. Available from: <https://www.energy.gov/sites/prod/files/2018/04/f50/Street%20Lighting%20and%20Blue%20Light%20FAQs.pdf>
19. Lombardo, T. (2017). Are LED Lights bad for your health? Available from: <https://www.engineering.com/ElectronicsDesign/ElectronicsDesignArticles/ArticleID/14607/Are-LED-Lights-Bad-for-Your-Health.aspx>

アフリカ地域

Zhuang, 2018. Stocks and environmental release of mercury in backlight cold cathode fluorescence lamps. Suning Zhuang, Yu Wang, Wenyi Yuan, Jianfeng Bai, Jingwei Wang; Waste Management and Research: The Journal for a Sustainable Circular Economy. 17 July 2018. Link: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0734242X18785727>

その他の蛍光ランプ

1. 水銀添加製品の分類	ランプ
2. 製品の具体的な内容	その他の蛍光ランプ
3. 製品の使用に関する情報	EU、米国／NEWMOA 「その他の蛍光ランプ」は、照明以外の目的で業務用および民生用に使用されるランプを対象とする。これらのランプは、異なるガラスや蛍光体の使用、異なる技術、ワット数、サイズ、一般的に紫外線や青色波長で発光することから、一般照明目的で使用される照明とは異なる (Gensch, et al., 2016)。 低圧ガスで作動する蛍光ランプで、低圧の水銀蒸気と不活性ガスを封入した管の中の電極の間を電流が通ると発光する。電流が管の中の水銀蒸気を励起し、主に紫外線の放射が発生する。この文書で対象とする蛍光ランプは、主に照明用としては使用されず、以下に示すものなどがある (NEWMOA, 2014): • 害虫駆除装置 - 昆虫を引き寄せる UV 光を放出する蛍光ランプを装備している。 • ブラックライト - 蛍光体を使用して、管の中で短波長 UV 光を 長波長 UV に変換する。鑑識、特殊効果照明、検査装置などの用途で利用される。 • 日焼け用ランプ - 蛍光体を使用して、主に UV-A 光と少量の UV-B 光を放出する。 • 皮膚治療用ランプ - 例: 湿疹、乾癬、吹出物、ビタミン D 欠乏症。 • 無電極ランプ - 屋外及び工場照明用として利用される。

図 1-「その他の蛍光ランプ」(Gensch, et al., 2016)の用途の例



水銀含有量の範囲

ランプの種類によって異なるが、推計 2 kg の水銀が毎年 EU に入ってきている (Gensch, et al., 2016)。

LightingEurope- Special Purpose lamps:

特殊用途のランプや照明器具は、交通信号、テラリウム照明、家庭用電化製品など基本的に他の種類の用途向けに設計されており、製品情報にはその旨が明確に記載されている。

特殊用途の製品は、用途に応じた特徴を文書化し、伝達している。主に汎用ランプの製造技術に準じて製造される。特殊な設計・仕様、材料、工程を用いることで、その特殊な用途の機能を提供する。

非可視光線が重視される場合。例えば、

- 医療、治療用ランプ
- 日焼け用ランプ
- ブラックライトランプ (ジアゾ印刷複写、リトグラフ、捕虫器、光化学処理、硬化処理など)
- ブラックライトブルーランプ (エンターテインメント、科学捜査、皮膚科学、紙幣鑑定など)
- 殺菌ランプ (細菌やウイルスを不活化するための空気、水、表面処理用の紫外線など)、ペット用ランプ (水槽や爬虫類用ランプなど)
- 細菌やウイルスを不活化するための殺菌ランプ (コロナウイルス感染症など)
- ワクチン製造プロセス、モニタリング装置などの化学・生物学的プロセス

用途によって特定のランプが必要な場合。例えば、

- 色比較用の技術ランプ

	• カラーランプ (飽和色を含む) • 園芸用照明に使用されるランプ • 鳥類やその他の動物などの目の感度に配慮したランプ • プロジェクターランプ、スタジオ照明、ショー効果用照明、劇場用照明 • フィルム材の応答性への適合など、特定の色スペクトルが要求されるランプ • 食品照明用途やベーカリーなど、高演色評価数ランプ • 低温用途または爆発の危険性のある雰囲気のための特殊な点火機能 (例: 外部点火ストリップ) を備えたランプ • 非常用照明器具に必要なランプ • 極端な物理的条件 (振動、-20℃以下や50℃以上の温度など) に耐える必要がある照明製品 • 非常用照明器具用のランプ • 照明製品を組み込んだ製品で、主目的が照明ではなく、使用中に主目的を満たすためのエネルギー投入に依存する製品 (冷蔵庫、ミシン、内視鏡、血液分析器など) • 科学機器や機器校正用の光源
4. 水銀代替製品 (又は低含有製品) の利用可能性に関する情報	EU 主要な代替品: LED ランプ、誘電体バリア放電 (DBD) ランプ Gensch 他 (2016) によれば、水銀含有量に関する CFL 技術改良研究が行われていないため、LED 技術が主な代替技術となる。一般照明用 LED の利用可能性は増大しているが、特殊用途ランプはニッチ市場であり、この分野の LED 代替品の開発速度は一般照明用に比べて遅い (Gensch, et al., 2016)。 ある業界グループの報告によれば、2019 年時点では、ブラックライトの青色式の捕虫装置や日焼け用ベッドに関しては、LED 技術は不可視光の UV 光に対応できていないという。しかし、内蔵型 LED モジュールに基づく UVA/B 技術が開発段階にあり、一部の用途では HPS ランプの代替が可能になるかもしれない、とした。医療用に関しては、医療当局によって承認された代替品はない (例: 乾癬及び吹出物治療用)。 カナダ 無電極ランプ: LEDのコストは近年では減少傾向が継続しているが、無電極ランプのコストは下がっていない。LEDに関する改善や新技術開発は引き続き実施されているが、無電極ランプでは同様の技術開発は見込まれていない。結果として、無電極蛍光ランプに対するLEDのコスト優位性が増大した。¹ LED は、無電極ランプよりもエネルギー効率が非常に高い。⁹ 大半の無電極ランプは減光機能がなく、減光可能な無電極ランプの場合でも、100%から下の設定が数種類あるだけだが、LED の場合は全範囲の減光

	が可能である。さらに、無電極ランプは、同等の LED 品よりもサイズがかなり大きく、広い空間 (駐車場など) の照明で柱に複数のランプを取り付ける必要がある場合は、小型の LED の方がかなり有利である。¹⁰ JLMA 例えば、UV 殺菌、UV 硬化技術、プロジェクター、消化器内視鏡、自動車ヘッドランプ、分析装置、生物や植物の細胞の培養、紙幣鑑定装置などの光源として、特殊用途のランプが使用されている。特定の色／波長、輝度など光に関する要求事項により、物理的に LED による代替が不可能な用途も多い。 LightingEurope: 水銀を含まない LED の代替品はまだ研究開発段階にあるか、超低消費電力の UV 用途などでは市場に投入されている。
5.(i) 代替製品の技術的な実現可能性に関する情報	EU LED は主に可視光スペクトルでのみ発光するため、不可視光スペクトルの UV 光の発光をランプの主要機能とする日焼け用ベッド、皮膚治療用ランプ、ブラックライト及び捕虫装置などの用途においては、LED の電力変換効率は低く、また、同等のスペクトル出力も可能ではないため、LED は十分な性能を与えることができない。AlGaIn-LED 技術を使用すれば、必要とされる不可視 UV 光スペクトルの LED の製造は可能であるが、効率が低い (Gensch, et al., 2016): • UV-C 及び UB-B LED (100～315 nm) の現行のエネルギー効率は、CFL よりも低い;また、 • UV-A LED (315～400 nm) の効率は、スペクトル出力 380 nm を下回る。 CFL ベースの機器と LED ベースの機器の効果を総合的に比較した試験結果は現状ではない。EU では、UV ランプの最も重要な用途は日焼け装置であり、推計 50,000 の日焼け施設が存在している (Gensch, et al., 2016)。 LED UV ランプの適用を制限する潜在的な要素としては、発生した熱を自然放熱する CFL ランプに対して、LED ランプでは熱伝導によって熱を逃がすことが必要な点である (Gensch, et al., 2016)。 皮膚治療用ランプの場合は、人に使用する前に総合的な試験が必要となり、また、光の波長は治療の有効性に対する重要な要素である。 JLMA 特殊用途のランプには、さまざまなサイズや仕様のものがある。その多くは特定の波長を必要とし、LED に置き換えることは技術的に不可能である。

	LightingEurope – Special purpose lamps: 特殊用途ランプは、医療用、工業用、硬化用、殺菌用、娯楽用、舞台照明用など、さまざまな用途に使用されている。 欧州の多くの工業生産活動へのマイナスの影響: エネルギー総局と環境総局の両コンサルタントが認識しているとおり、水銀含有放電ランプを使用する用途向けの代替ランプは存在しない。特殊用途のランプの多くは、産業用途や商業用途に使用されている (半導体マイクロリソグラフィなど 1 VHK が作成し、2015 年欧州諮問フォーラム後に改良された「欧州光源分析モデル (MELISA)」などを参照。3 演出やエンターテインメント照明など)。
5.(ii) 代替製品の経済的な実現可能性に関する情報	EU 大半の特殊ランプにおいて、交換時に機器の安定器の交換が必要となり、また、機器の当初の使用期限終了時及び適宜に資源のリサイクルを確実に行うべく適切な配慮が必要となる。UV 光放射用の LED は、現時点では CFL よりもエネルギー効率が低いため、エネルギーコストも CFL より高くなると考えられる (Gensch, et al., 2016)。
6. 代替製品の環境及び健康リスク、便益に関する情報	EU LEDの優先利用による水銀含有蛍光ランプの段階的廃止に対しては、照明器具を含む設備を使用期限前に廃棄することになり、結果としてその中に含まれる資源がすべてそれぞれの計画製品寿命を果たすことができなくなるのでは、という一般的な懸念がある (Gensch, et al., 2016)。
7. 上記以外で、条約の第 4 条第 4 項に従って水銀添加製品に関して提出する追加情報(例: 製造や一般取引に関する情報など)	該当なし
8. 決定 MC-3/1 に定められたその他の関連情報	EU 欧州では 2011/65/EC (RoHS) 指令により、ランプ 1 本あたりの水銀含有量が 15mg を超える特殊用途のその他の放電ランプに関する適用除外がある。この適用除外の有効期限は 2021～2024 年で、装置の種類によって異なる。

9. 参考文献

Advanced-UV, 2019. Advanced UV for Life. Available at: <https://www.advanced-uv.de/en/about/welcome/>.

EU, 2011. DIRECTIVE 2011/65/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32011L0065&from=EN>.

Gensch, C.-O. et al., 2016. Study to assess renewal requests for 29 RoHS 2 Annex III exemptions [no. 1(a to e -lighting purpose), no. 1(f - special purpose), no. 2(a), no. 2(b)(3), no. 2(b)(4), no. 3, no. 4(a), no. 4(b), no. 4(c), no. 4(e), no. 4(f), no. 5(b), no. 6(a), no. 6(b), no. 6(c), no. 7(a), no. 7(c) - I, no. 7(c) - II, no. 7(c) - IV, no. 8.

Guo, Y. et al., 2018. Enhancing the light extraction of AlGaIn-based ultraviolet light-emitting diodes in the nanoscale. *Journal of Nanophotonics*.

Helios Quartz, 2016. UV Lamp. Available at: https://www.heliosquartz.com/wp-content/uploads/2016/01/Helios-Quartz_UV-LAMPS_eng.pdf.

Lighting Europe, 2015a. Request to renew Exemption 4a under the RoHS Directive 2011/65/EU. Available at: https://rohs.exemptions.oeko.info/fileadmin/user_upload/RoHS_Pack_9/Exemption_4_a_/Lighting_Europe/4a_LE_RoHS_Exemption_Req_Final.pdf.

Lighting Europe, 2015b. Response to Oeko-Institut regarding the 1st Questionnaire Exemption No. 4a (renewal request); Exemption for “Mercury in other low pressure discharge lamps (per lamp) – 15 mg may be used per lamp after 31 December 2011” Date of submission: September 15, 20. Available at: http://rohs.exemptions.oeko.info/fileadmin/user_upload/RoHS_Pack_9/Exemption_4_a_/Lighting_Europe/Ex_4a_LightingEurope_1st_Clarification-Questions_final.pdf.

Lux Review, 2017. How effective are UVC LEDs?. Available at: <https://luxreview.com/article/2017/09/how-effective-are-uv-c-leds->.

Seong-Rim, L., Kang, D. & Ogunseitan, O. a. S. J., 2011. Potential Environmental Impacts of Light-Emitting Diodes (LEDs): Metallic Resources, Toxicity and Hazardous Waste Classification. *Environmental Science & Technology*, Volume 45, pp. 320-327.

University of Cambridge, 2019. UV LEDs. Available at: <https://www.gan.msm.cam.ac.uk/projects/uv>.

Van der Meer, M., van Lierop, F. & Sokolov, D., 2015. The analysis of modern low pressure amalgam lamp characteristics. Available at: <http://www.dafp.de/wp-content/uploads/2015/10/The-analysis-of-modern-low-pressure-amalgam-characteristics.pdf>.

高輝度放電ランプ (HID)

1. 水銀添加製品の分類	ランプ
2. 製品の具体的な内容	高輝度放電ランプ (HID), 高圧ナトリウムランプ (HPS)を含む
3. 製品の使用に関する情報	EU HPS ランプは、多結晶アルミナ (PCA) 製の円筒形放電管の中の両側に 2 本の電極アセンブリを装着した構造になっている (Gensch et al., 2016)。 電極はタングステン製でロッド型、また、コイル状巻線付きの場合もある。タングステン電極は、電気フィードスルーの役割を果たすニオブ管に溶接されている。放電管の内部には、バッファガスとしてキセノン、ナトリウム水銀として水銀が封入されている。ランプ 1 本あたりの水銀使用量は、ランプの電力及び光学性能に依存する。 電極に供給された高圧パルスは、キセノンガスを破壊し、この結果発生したプラズマの中を電流が流れる。放電によって放出された熱により、PCA 管の温度が上昇し、ナトリウムと水銀が蒸発する。 高演色型の HPS ランプは、演色を重視する商業施設や駐車場などの屋外用途、あるいは、特定の商品展示用の照明を使用する店舗などの屋内用途で主に使用される。このランプにおける水銀の役割は、プラズマ抵抗の調整による効率の最適化、つまり、熱伝導を減少させて、プラズマからの熱損失を低減させることである。水銀の蒸気圧によって、放電管内の電気抵抗が上昇すると、放電管内により高い電力が入るようになり、ナトリウムと水銀の蒸発が更に促進される。また、水銀の存在は、ランプに赤みの強い演色性を与えている。ナトリウムの反応により、アマルガム内で水銀が占める割合は時間の経過とともに高くなるため、水銀はランプの寿命期間内では消費されない。 <u>高圧ナトリウムランプの水銀含有量の範囲</u> 10～50 mg (演色評価指数 Ra>60 の改良型ランプの場合 3～40mg) JLMA 特殊用途ランプは、紫外線殺菌、紫外線硬化、投影、胃内視鏡、自動車用ヘッドランプ、高精度の分析器や検出器、紙幣鑑定器などの光源として使用されている。これらの用途では、特定の波長 (輝線を含む) を光

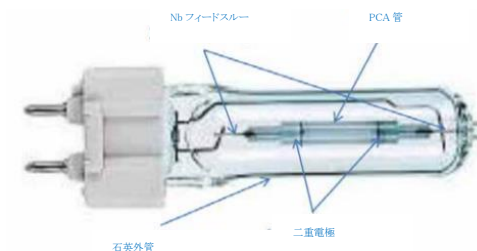


図 1 – HPS ランプ (Gensch et al., 2016)

	源として使用したり、非常に小さな高輝度発光点を光源として使用したりする。 LightingEurope – HID lamps HID ランプは、非常に高輝度の幅広いランプ群で、街路灯、ファサード照明、高速道路、スポーツ施設、小売店のスポット照明、美術館、劇場、エンターテインメントなど、さまざまな用途に使用されている。全世界でおよそ 5 億台の業務用照明器具が設置されている。その寿命は 20 年超 (屋外使用時) で定期的なランプ交換を必要とし、専門家しか扱えない照明器具である。
4. 水銀代替製品(又は低含有製品)の利用可能性に関する情報	主要な代替品:LED ランプ、不飽和蒸気 HPS ランプ、キセノン HPS ランプ HPS 電球に含まれる水銀は、キセノンへの切替が可能であるが、暖色効果に影響を与える (水銀代替品の技術的な実現可能性を参照)。 HPS ランプは不飽和蒸気状態で作動可能であり、この状態では Hg/Na アマルガムがすべて蒸発しているため、水銀使用量を低く抑えることができる。電圧や電力の安定性やウォームアップ速度の向上などの便益がある一方で、ナトリウム損失率の増大によるランプ色の特徴の変化などの技術的な制限もある。 HPS に対する代替品としての LED ランプによる便益は数多くあるが、エネルギー効率、製品長寿命化、水銀使用ゼロは特筆すべき点である。LED 照明器具は、HPS ランプの適用が一般的な屋外照明分野での使用も拡大しており、2027 年までに LED は街路灯の世界市場のシェアで 89%に達すると予測されている (Northeast Group, 2017)。 カナダ 高圧ナトリウムランプ:LEDランプは、高圧ナトリウム蒸気ランプに比べて演色性が非常に高い。LEDでは白色光も出すことができるが、白色光はセキュリティカメラで鮮明な映像を得るために特に重要な要素である。¹ ナトリウムランプの演色性は上市されているすべてのランプの中で最低であり、ナトリウムランプで照らされた対象物は、日中の太陽光の下での色よりもぼんやりと暗く見える。LEDのエネルギー効率は高圧ナトリウムランプよりも大幅に優れており、結果としてランニングコストも低くなる。¹¹ 高圧ナトリウムランプは通常、最大10分の「ウォームアップ」時間を必要とする。このランプが加熱する際には、高い作動電圧が必要であり、この電圧が安定器 (磁気式または電気式の装置で、ランプに定電流を与える) によって制御される。使用期間の経過とともに、高圧ナトリウムランプは同じ光量を発生させるために必要な電圧が増大していく。そして最終的には、この電圧が安定器の固定抵抗値を超えて、ランプが切れる (故障)。このランプの経時的な効率の低下は、同じルーメン出力 (輝度) を発生させるためにより大きな電圧が必

	要になることが原因である。一般的に、標準寿命 (24,000 時間の使用) 到達時には、高圧ナトリウムランプは十分な輝度を通常は維持することができる (当初の輝度の約80%)。¹ 高圧ナトリウムランプは、特に屋外照明用として有効である (街路灯、駐車場などのその他の共有区域等)。白熱電球、蛍光電球ならびに大半の高輝度放電ランプと比べると、高圧ナトリウムランプの方が効率性も優れており、寿命も長い。LED 照明が、エネルギー効率と寿命に関して高圧ナトリウムランプを追い越して普及するようになり、手頃な価格になったのはごく最近のことである。設置時の初期費用は今でも、高圧ナトリウムランプの方が LED よりも低い場合もあるが、寿命期間全体のコスト (メンテナンスの削減やエネルギー効率の向上も考慮した場合) は LED の方が低い。¹ 高圧ナトリウムランプの方が LED よりもメンテナンス費用も高く、しかも壊れやすく、標準的な LED 1 個の寿命期間内で、ナトリウム蒸気電球であれば数回は交換が必要になる。¹¹ メタルハライドランプ:メタルハライドランプは、自動車ヘッドランプ、運動施設の照明、写真撮影照明など高輝度を必要とする用途で有効に使用することができる。メタルハライドランプの主な長所は、高品質の発光による高演色の白色 (クールホワイト) の光である。LEDも、高品質の発光で、暖かみのある「黄色」からクールな「青色」の光まで、ランプに応じて幅広いスペクトルの発光が可能である。メタルハライドランプは、高い演色評価指数の白色の光の光源としては、市販されている製品の中で今でも一番優れているといえるかもしれない。¹² LEDは、メタルハライドランプよりも寿命が長い (LEDは50,000～100,000時間以上、メタルハライドランプは6,000～15,000時間)。以前は、LEDのコストの方が高かったが、近年のLED価格の下落を受けて、現在ではLEDの初期費用はメタルハライドランプの数字にかなり近い。¹ メタルハライドランプは、市販されているどのランプよりもウォームアップ時間が長い (15～30)、LED よりも作動時間が長くかかり、必要な時に瞬時の点灯・消灯を行うことができない。ウォームアップ時間が長い場合、照明が不要な時でさえ点灯したままにする場合が多い。メタルハライドランプの長いウォームアップ時間を原因として、照明が必要な場合での問題がいくつか懸念される。LEDには、瞬時点灯可能という長所がある。LEDもメタルハライドランプも、減光が可能である。しかし、メタルハライドランプで減光を行うと、光の特徴が変わり、ランプ効率が低下する。 LEDは、メタルハライドランプよりもエネルギー効率が高い。メタルハライドランプは、合計エネルギー消費の約15～20%を熱として放出する。LEDは、ほとんど熱を放出しない。メタルハライドランプは、完全に使用できなくなる前に、使用期限に到達すると、不規則な点灯・消灯を開始することが多い。LEDは時間の経過とともに徐々に暗くなった後で使用不可能になる。多くの用途 (例: スタジアム照明) では、予期せず突然照明が消えることは許容されないため、メタルハライドランプは、使用期限終了よりも前に予防交換が行われる場合が
--	---

	多い。また、メタルハライドランプはLEDよりも壊れやすい。LEDは固体光源であり、物理的衝撃による破損が発生しにくい。¹² 自動車ヘッドランプ: 世界的な自動車照明市場におけるLEDの使用は、近年ますます拡大している。しかしながら、LEDの初期費用はハロゲン電球などの代替品よりも依然として高い。¹ LEDの価格は引き続き減少しているが、自動車照明の世界市場に関する市場調査報告書によれば、2016～2020年の期間は、LED照明のコストが原因でこの市場の成長が減速する可能性がある、という。¹³ LEDinsideの予測では、自動車外装用LED市場の価値は2016～2020年の期間で、1年あたり6%上昇し、この用途では従来のランプからの切替が引き続き行われていく、という。¹⁴ LEDinsideの報告書では、2017年末までに多くの自動車モデルで水銀ヘッドランプが段階的に廃止されるという予測が示されていたが、最近のIMERC報告書のデータでは、主要自動車メーカー（例：ホンダ、日産、BMW、スバル、三菱、メルセデスベンツ）は、水銀含有ヘッドランプの段階的廃止をこれよりも速いスピードで進めていることが示されている。¹ JLMA 例えば、UV 殺菌、UV 硬化技術、プロジェクター、消化器内視鏡、自動車ヘッドランプ、高精度の分析器や検出器、紙幣鑑定装置などの光源として、特殊用途のランプが使用されている。これらの用途では、特定の波長（輝線を含む）を光源として使用したり、非常に小さな高輝度発光点を光源として使用したりする。特定の色／波長、輝度など光に関する要求事項により、物理的にLEDによる代替が不可能な用途も多い。高輝度を必要とする用途では、キセノンランプの光量不足を補うためにキセノン水銀ランプが使用されることがある。キセノンランプに代わる、同じ高光度で超小型の強いスポットライト光源は開発されていない。これらの特殊用途の高輝度放電ランプは、4(f)の規定によりRoHSの適用が除外されている。 自動車ヘッドランプに関する質問に対する JLMA の回答 Q. 水銀含有 HID (高輝度放電)ランプは、新設車両でもいまだに使用されているのか？ ⇒ 日本国内市場では、水銀含有 HID ランプは新設車両に対しては現在では使用されていない。2012年より前に登録された車両では水銀含有 HID ランプが使用されているため、水銀含有 HID ランプは交換品として現在でも市場で入手可能である。 Q. 無水銀ヘッドランプはすべての市場で利用可能か？
--	--

	⇒ 無水銀ヘッドランプはすべての市場で技術的に利用可能である。しかし、水銀含有 HID ランプと無水銀 HID ランプの照明制御回路に違いがあるため、無水銀 HID ランプを取り付ける場合は、これと同時に照明制御回路も交換しなければならない。さらに、誤使用を防止するため、HID ランプ用のベースとソケットの形状は、水銀含有式と無水銀式で異なる。したがって、既存の水銀含有 HID ランプから無水銀 HID ランプへの切替は単純に実施できるものではない。 ZMWG LED ランプは、高圧ナトリウム (HPS) ランプとメタルハライドランプの両方を含む 高輝度放電ランプ (HID) の多くの種類との交換が可能であり、HID ランプの水銀含有量は多い。現在では、一般的に使用される各種の HID ベース付きの、様々なサイズ、ワット数、ルーメン出力の LED ランプが利用可能である (例: E27、E40)。屋外及び屋内の適切な用途としては、高天井照明、街路灯、ガレージ、駐車場、エリア照明、歩行者専用区域、公園、工業用途、小売店、美術館などがある。 高圧ナトリウム (HPS) ランプよりも LED が優れている点は、次に示すように数多くある: ○ LED ランプのエネルギー効率、HPS よりも非常に高い。 ○ LED の定格寿命は HPS よりも長く、交換設置費用だけでなくライフサイクル環境影響も低減する。 ○ HPS ランプの発光色は黄色であるが、LED の発光色は高品質の白色である。 ○ LED ランプは、オン・オフのサイクルがない。 ○ HPS ランプとは違い、LED は水銀を使用していない。 高圧ナトリウムランプ (HPS) は、主に街路灯やその他の外装照明の用途で使用されているが、特に LED などその他の技術への急速な切替が進んでおり、その理由は以下の通りである: ○ 色の品質が低い: 多くの HPS ランプの光色は黄色で、CRI は標準で 20 台である; ○ オン・オフのサイクルがあるため、メンテナンスや安全性の問題がある; ならびに、 ○ 相対的に寿命が短い。
--	--

	この数年にわたって、高輝度放電 (HID) ランプ用の LED 交換品の数大幅に増加し、特に、最大 400 ワット¹¹の高圧ナトリウム (HPS) ランプと交換可能な LED の数が増えた。 Global Industry Analysts 社によれば、 <i>高輝度放電 (HID) 電球の世界市場は、発光ダイオード(LED)及び高効率プラズマ照明への切替の拡大によって抑制され、2024 年までには 10 億米ドルまで減少すると予測されている。長年にわたって、街路灯や工場で使用されてきた HID 電球は、現在では LED への切替が急速に進められている。エネルギーコストの上昇やエネルギー効率基準や規制の厳格化は、HID 照明技術の段階的廃止の加速化の要因である。HID の交換品として評価される LED のメリットは、光トラップ率の低減によるエネルギー効率の向上、作動温度が高温の場合でも効率が高い、HID 安定器に比べて LED 電力駆動部の方が効果が優れている、10～12 年の寿命で耐久性に優れていること、などがある。¹²</i> 国際ダークスカイ協会によれば、「初期の LED はエネルギー効率も発光量も低かったが、技術の進歩により、約 3 年で LED の効率性と発光量は倍増した。LED の品質の向上と低価格化により、世界中の地域の屋外照明として従来使用されていた各種の高輝度放電 (HID) ランプに対して、現在では LED への切替が進んでいる。」¹³、という。 HID と交換可能な LED ランプは、豊富な色温度で利用可能である (標準的な範囲: 2700K (暖色) ～ 6500K)。LED ランプの色品質 (CRI を単位として測定した代表値) は通常は 70～90 と非常に高いため、従来の低 CRI の HPS ランプと比べて用途が広い。
--	--

¹¹ Global Industry Analysts 社、「高輝度放電 (HID) 照明: 市場分析、傾向と予測」、2018 年 5 月, <https://www.strategyr.com/market-report-high-intensity-discharge-hid-lighting-forecasts-global-industry-analysts-inc.asp>

¹² Global Industry Analysts 社、「高輝度放電 (HID) 照明: 市場の分析、傾向と予測」、2018 年 5 月, <https://www.strategyr.com/market-report-high-intensity-discharge-hid-lighting-forecasts-global-industry-analysts-inc.asp>

¹³ 国際ダークスカイ協会、LED 実用ガイド, <https://www.darksky.org/our-work/lighting/lighting-for-citizens/led-guide/>

	LED ランプは、高圧ナトリウム (HPS) ランプとメタルハライドランプの両方を含む HID ランプの多くの種類との交換が可能であり、HID ランプの水銀含有量は高い。現在では、一般的に使用される各種の HID ベース付きの、様々なサイズ、ワット数、ルーメン出力の LED ランプが利用可能である (例: E27、E40)。 屋外及び屋内の適切な用途としては、以下に示すものなどがある: ● 高天井照明 ● 街路灯 ● ガレージ ● 駐車場 ● エリア照明 ● 歩行者専用区域 ● 公園 ● 工業用途 ● 小売店ならびに美術館 メーカーは、HID ランプを LED ランプに交換することに関連した環境上、安全上、健康上の複数の便益を積極的に宣伝している。このような便益には、大幅に向上したエネルギー効率、長寿命化 (メンテナンス及び交換費用の削減につながる)、瞬時点灯 (ウォームアップ時間または「サイクルの実施」が無い)、水銀使用の解消、広範な作動温度に対する効果的な熱管理、効果的なルーメン維持、視感度の向上とこれに伴う安全性の増大が含まれる。(ZMWG 提出文書に例を記載) 一般照明用のその他の 高圧ナトリウム (蒸気) ランプの水銀含有量 (1バーナーあたり) 上限に関しては、当該型式の利用可能性を考慮して以下の通りの制限が設定される場合がある: I) $P \leq 155\text{ W}$: 20 mg/バーナー II) $155\text{ W} < P \leq 405\text{ W}$: 20 mg/バーナー III) $P > 405\text{ W}$: 25 mg/バーナー。 石英メタルハライドランプ、特に低ワット型に関しては、セラミックメタルハライド (CMH) ランプへの切替を簡単に実施可能であり、CMH ランプの方がエネルギー効率は高く、定格寿命も長く、標準的な水銀含有量も低減化あるいは同等である。したがって、石英メタルハライドランプは段階的に廃止されと考えられる。 2017 年 GE Lighting 社の CMH データシートによれば、セラミックメタルハライドランプは、「石英メタルハライド [ランプ] よりも最大 24% も効率が低い」。GE 社のセラミック MH ランプの別の便益として、同等の石英 MH ランプと比べて水銀含有量が低い場合が多いという点があげられている。(提出文書に例を記載)
--	--

	石英及びセラミック式の MH ランプはどちらも同じランプ及びベース形状・種類 で提供されている場合が多いため、大半の場合で互換可能である。 したがって、RoHS 適用除外の対象をセラミック式に限定すれば、結果として、簡単に交換可能なセラミック品の使用が促進され、水銀使用量の大幅な削減やエネルギー削減など複数の環境上の便益がもたらされると考えられる。 一部のメタルハライドランプは、最大 400 ワットの HPS ランプのベース、電球形状およびルーメン出力 に類似しているため、メタルハライドランプの一部の種類に対応した LED 交換ランプを提供しているメーカーもある。 この一例として、ProcureLED 社は LED「コーンランプ」シリーズを提供しており、この製品は「メタルハライドランプに直接交換可能」な商品として市販され、工場や職場、倉庫、造船所、採鉱場、給油所、街路などで照明として使用されている「従来のランプ交換用の様々な種類の器具」に適合するという。¹⁴
5.(i) 代替製品の技術的な実現可能性に関する情報	EU 色スペクトルが広がるため暖色効果がなくなり、さらに、非常に高い圧力が要求されるため、現行のイグニッション技術を妨害する可能性もある。 不飽和蒸気式ランプでは、作動中にナトリウムと水銀がすべて蒸気状態になると考えられているが、この形式のランプを検証した結果、製品中の水銀含有量の減少は確認されなかった。 LED 照明器具は、HPS ランプの交換品として製造量が増大しており、交換品としての普及の拡大が見込まれている。また、実証の結果、LED 照明器具は演色評価指数 (CRI) 最大 85 までの用途に適しており、CRI 85 超の用途以外のほとんどの用途で、新設設備の HPS の交換品として適していることが示された。なお、寸法の相違を原因として、既存設備での HPS から LED への切替には制限がある (Gensch et al., 2016)。 JLMA 一般照明では、HID ランプを直接代替できるランプはない。HID ランプに含まれる水銀の削減は、基本的に LED 器具への置き換えにより行われる。 LightingEurope – HID lamps: プラグアンドプレイのLEDランプで代用できるのは限られた場合のみである。

¹⁴ ProcureLED 社の LED コーンランプ、2019 年 3 月、<https://procureled.com/wp-content/uploads/2019/03/Corn-Lamps-ProcureLED.pdf>

	- LEDレトロフィットランプのルーメン出力は低くなる - LEDランプのサイズと重量ははるかに大きいため、ほとんどの照明器具に適合しない - 照明器具の再配線が必要である - HIDの方が環境負荷は低い。例えば街路灯では、ビームが重要／規制されている - LED代替ランプの光学特性は全く異なる(まぶしさ、均一性、街路への最小限の照度) - 電柱を交換し、間隔を変更しなければならない - 総合効率が低いため、LEDのライフサイクルコストは高くなる - 街路灯は高価である。耐候性を備え、破壊行為に強くするため(1台あたり250～500ユーロ)。 - 照明器具の寿命は20年以上である。
5.(ii) 代替製品の経済的な実現可能性に関する情報	EU 業界の主張によれば、水銀含有 HPS ランプの代替に伴う固定費の増加、HPS 製造国であるベルギー及びハンガリーにおける雇用の喪失、無水銀代替品の光色の特徴の違いによる用途の減少が発生するという(Lighting Europe, 2015)。 LEDの初期費用はHPS よりも高い (Lighting Europe, 2015)。しかし、LEDには、長寿命化やエネルギー使用の削減などその他の経済的な便益がある。LED交換ランプは、エネルギー消費がHPSよりも50%低く、交換対象のHID 電球の寿命の24,000時間に対して、LEDの寿命は50,000時間である(European Environment Bureau, 2015)。 自動車ヘッドランプに関する質問に対する JLMA の回答 Q. 水銀含有ヘッドランプの代替を世界的に実施することは経済的に実現可能か？ ⇒ 水銀含有ヘッドランプを無水銀ヘッドランプ交換するためには、ヘッドランプ自体の新規製造が必要であり、さらに、HID ランプ及び照明制御回路全体の交換も必要なため、経済的に実現可能とはいえない。HID ランプは、高輝度かつ高効率であり、同じ形状の LED レトロフィットランプを開発することは技術的に困難である。 LightingEurope 2020年の欧州におけるLED (HID) 移行の進捗状況: • EUのコンサルタントであるVHK & OEKO *)によると、LEDレトロフィットランプは、限られた数の既存のHID 照明器具用に開発されたものである・ほとんどの既存の設備や用途では、LEDレトロフィットランプは正常

	に機能しないか、許可されていない。 • HIDレトロフィットランプは非常に高価である (200-300ドル) ため、費用の負担能力も問題である • 既存の照明器具をすべて交換すると、当局や建物所有者 (道路、トンネル、ビル、事業所など) に莫大な投資コストがかかるため、社会経済全体への影響も検討。
6. 代替製品の環境及び健康リスク、 便益に関する情報	EU 欧州内で HPS ランプに含有されて市場に持ち込まれる水銀の量は、1 年あたり 5～10 kg と推計されている (Lighting Europe, 2015)。省エネ型で高効率の LED は、結果として、エネルギー消費と化石燃料の燃焼の減少ももたらすことになる。Dale 他 (2011) が実施したライフサイクル全体の評価によれば、街路灯ならびにその他の屋外用途に関して、潜在的な地球温暖化の影響、呼吸器官への影響及び生態毒性は、高圧ナトリウムならびにメタルハライド照明器具に比べて LED ランプの方が 30%低い(European Environment Bureau, 2015)。 このような状況であれば、照明器具が交換されるまでの間は、交換用 HPS 電球が入手可能な状態でなければならない。 ZMWG HPS ランプ よりも LED が優れている点は、次に示すように数多くある： • LED ランプのエネルギー効率は、HPS よりも非常に高い。 • LED の定格寿命は HPS よりも長く、交換設置費用だけでなくライフサイクル環境影響も低減する。 • HPS ランプの発光色は黄色であるが、LED の発光色は高品質の白色である。 • LED ランプは、オン・オフのサイクルがない。 • HPS ランプとは違い、LED は水銀を使用していない。 LED 照明器具は、HPS ランプの交換品として製造量が増大しており、交換品としての普及の拡大が見込まれている。国際エネルギー機関が引用した研究によれば、[LED 及び無電極ランプ]の潜在的な地球温暖化の影響、呼吸器官への影響及び生態毒性は、[街路灯及びその他の屋外照明用途に関しては]、高圧ナトリウムならびにメタルハライド照明器具に比べて約 30%低いことが確認された。¹⁵

¹⁵International Energy Agency, *Solid State Lighting Annex: Life Cycle Assessment of Solid State Lighting: Final Report*, 17 September 2014, http://ssl.iea-4e.org/files/otherfiles/0000/0068/IEA_4E_SSL_Report_on_LCA.pdf

LightingEurope – HID:

照明用水銀削減技術に関する技術革新の進展

- HID照明への水銀使用は、EUおよび世界における水銀の総排出量の1%にもはるかに及ばない。
- 照明における水銀の使用は、市場のLEDへの自然な移行により、今後数年間はさらに減少すると思われる。

結論: 一般照明用の水銀灯 (HIDランプ) は、既存の照明器具との技術的な互換性や複雑さ、また新規設置の関連投資、安全性、費用負担能力などの問題から、既存の照明器具の整備用ランプとして依然として必要とされている。LED照明器具を使用する傾向にある。

一般照明用 HID ランプ (HPS&MH) の水銀含有量の合計



EU 内の HID ランプ (HPS&MH) による水銀量の合計 (トン/年)	2020	2022	2026
市場に出回る水銀量の合計	0.3	0.2	0.15
環境に放出される水銀の合計量 (非リサイクルランプ)	0.16	0.12	0.08

EU 放出量に占める HID ランプ (HPS & MH) の割合 (EU の全人為的発生源中)	2020	2022	2026
市場に出回る水銀量の合計	0.4%	0.3%	0.2%
環境に放出される水銀の合計量 (非リサイクルランプ)	0.2%	0.15%	0.1%

- HIDランプから環境に放出された水銀量は、EUにおける水銀の環境放出量77.2トン中、1%未満 (2020年は0.3トン) である
- 市場におけるLEDへの自然移行によってその量はさらに減少しており、2026年には0.1%となる

7. 上記以外で、条約の第 4 条第 4 項に従って水銀添加製品に関して提出する追加情報(例:製造や一般取引に関する情報など)	該当なし
8. 決定 MC-3/1 に定められたその他の関連情報	EU 高圧ナトリウムランプは、電気・電子機器における特定有害物質の使用制限に関する 2011/65/EU 指令 (RoHS 指令)による規制の対象である: • CRI が 60 Ra を超える改良型一般照明用高圧ナトリウム(蒸気)ランプの水銀含有量(バーナーあたり)の上限: ○ ≤ 155W: 30mg ○ >155W: 40mg • 一般照明用のその他の高圧ナトリウム(蒸気)ランプの水銀含有量 (バーナーあたり)の上限: ○ ≤ 155W: 25mg ○ 155W～405W: 30mg ○ >405W: 40mg EU 市場では、155W 未満の高圧ナトリウムランプは現在でも入手可能であるが、405W 超のランプは現在ではすでに入手不可能である。 米国では、水銀に関する教育・削減に関する州間情報共有のためのクリアリングハウス(IMERC) が、水銀に関する教育・削減に関する法規を制定した各州に対して技術支援を行っている。コネチカット州(>100 mg)など一部の IMERC 加盟州では、水銀含有ランプの販売流通に関する規制を制定済みである (IMERC, 2015)。EPA の ユニバーサル廃棄物規則 (UWR)では、水銀含有ランプはすべて有害廃棄物として管理することが義務付けられている。 多くの EU 外の国において、EU の RoHS 指令と同様の、水銀使用ランプの規制を含む規制を制定している。また、インド、ロシア及びユーラシア経済連合、日本、韓国、トルコ、ベトナムについても同様である (Chemical Watch, 2016)。 ZMWG

	インドでは、2016 ¹⁶ 年に、水銀含有ランプがインド国内電子廃棄物管理規則の対象となった。この規則は、EUが定めた金属に対する ROHS 限界値を根拠として、様々な種類のランプの水銀含有量を規定している。限界値が 2016 年 10 月に有効となって以来、インド国内に登録のあるすべての照明関連企業がこれを順守している。なお、この許容限界値は、水俣条約で設定された最大水銀含有限界値よりも低い設定となっている
--	---

9. 参考文献

Chemical Watch. (2016). RoHS around the world. Retrieved from <https://chemicalwatch.com/48769/rohs-around-the-world#overlay-strip>

European Environment Bureau. (2015). Environmental NGOs Response to Stakeholder consultation 2015 #2 on mercury-containing lamps - Exemption 1-4 (Review of Annex to the RoHS directive). Retrieved from https://rohs.exemptions.oeko.info/fileadmin/user_upload/RoHS_Pack_9/Exemption_1_a-e/Ex_1-4_EEP-RPN-MPP_Comments_on_RoHS_Request-final_20151016.pdf

Gensch et al. (2016). Assistance to the Commission on Technological Socio-Economic and Cost-Benefit Assessment Related to Exemptions from the Substance Restrictions in Electrical and Electronic Equipment. Retrieved from https://circabc.europa.eu/sd/a/eda9d68b-6ac9-4fb9-8667-5e561d8c957e/RoHS-Pack_9_Final_Full_report_Lamps_Alloys_Solders_June2016.pdf

IMERC. (2015). IMERC Fact Sheet - Mercury Use in Lighting. Retrieved from http://www.newmoa.org/prevention/mercury/imerc/factsheets/lighting_2015.pdf

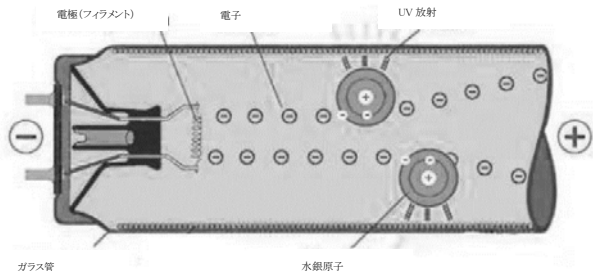
Lighting Europe. (2015). Request to renew Exemption 4(b) under the RHS Directive 2011/65/EU Mercury in High Pressure Sodium Lamps. Retrieved from https://rohs.exemptions.oeko.info/fileadmin/user_upload/RoHS_Pack_9/Exemption_4_b_I-III/4b_LE_RoHS_Exemption_Req_Final.pdf

Lighting Europe. (2015). Response to Oko-Institut regarding the 1st Questionnaire Exemption No. 4c(I-III) (renewal request) Exemption for “Mercury in other High Pressure Sodium (vapour) lamps for general lighting purposes not exceeding (per burner):”. Retrieved from https://rohs.exemptions.oeko.info/fileadmin/user_upload/RoHS_Pack_9/Exemption_4_b_I-III/Ex_4b_I-II-III_LightingEurope_1st_Clarification-Questions_final.pdf

Northeast Group. (2017). Global LED and Smart Street Lighting: Market forecast (2017-2027). Retrieved from <https://www.researchandmarkets.com/reports/4456402/global-led-and-smart-street-lighting-market>

¹⁶ Indian 2016 E-waste rules <http://cpcb.nic.in/displaypdf.php?id=UHHJvamVjdHMvRS1XYXN0ZS9FLVdhc3RITV9SdWxlc18yMDE2LnBkZg==>

蛍光ランプ以外の低圧放電ランプ

1. 水銀添加製品の分類	ランプ
2. 製品の具体的な内容	蛍光ランプ以外の低圧放電ランプ
3. 製品の使用に関する情報	EU 蛍光ランプ以外の低圧放電ランプは可視光を発生しないため、照明用途では使用されない。その代わり、このランプは、微生物の拡散を低減させる殺菌用途で主に使用されている。このランプの使用例には、飲料水、廃水、飲料の紫外線殺菌消毒などが含まれる。さらに、空気殺菌装置、養殖及び栽培漁業での適用、表面消毒でもこのランプが使用されている (Gensch, et al., 2016)。殺菌効果は、UV 光の波長、曝露継続時間及び電力強度によって主に決定される (Lux Review, 2017)。 蛍光ランプ以外の低圧放電ランプにおいては、ランプの作動に必要な水銀量は少量である。放電管の電極の間を電流が通ると、電子が水銀原子に反応し、水銀原子が短波長紫外線を発生させる。国際標準化機構の規格 ISO-12348 によれば、このランプは 100 nm ～ 280 nm の UVC 範囲で光の透過が可能である。一部の UVC 波長は、特定の種類のガラスによって遮断されるが、UVC 光に対する高い透過率を持つ合成石英を使用すれば、185 nm と低い波長でも透過可能となる (Helios Quartz, 2016)。 図 2 – 蛍光ランプ以外の低圧放電ランプ (Lighting Europe, 2015a)  専門性の高い用途で使用されており、各々の特定の用途に応じて様々なサイズ、電力レベル、ならびに口金構成がある。さらに、電力範囲は 1 W から 1000 W まであり、作動温度範囲も 0℃ から 100℃ に及ぶ。なお、温度制御が必要な場合もある (Gensch et al., 2016)。

	<u>水銀含有量の範囲</u> RoHS 指令の「その他の低圧放電ランプの水銀含有量」の適用除外に該当するランプとしての平均水銀含有量は、4 mg ～ 15 mg である (Gensch, et al., 2016)。この上限値は概して RoHS の順守に関連付けられており、RoHS の蛍光ランプ以外の低圧放電ランプの上限値は 15 mg である。ただし、欧州以外で操業する多くのメーカーも RoHS 上限値 15 mg を順守している (Van der Meer, et al., 2015)。 LightingEurope: 特殊用途 (無蛍光) のランプや照明器具は、基本的に紫外線用途に設計されており、特殊な機能を備えている。 例えば以下のような、非可視光線が重視されるもの ● 医療、治療用ランプ ● 細菌やウイルスを不活化するための殺菌ランプ (コロナウイルス感染症など) ● バイオテクノロジープロセス、モニタリング装置などの化学・生物学的プロセス ● 科学機器や機器校正用の光源
4. 水銀代替製品 (又は低含有製品) の利用可能性に関する情報	EU <u>主要な代替品: UVC LED</u> 水銀 UVC には長所 (すなわち、適用が容易で、薬品消毒に比べて有毒な副産物がないこと) がある一方で、壊れやすく、持ち運び性に欠け、場合によっては寿命に制限がある (University of Cambridge, 2019)。したがって、代替品では、廃棄に関連した水銀汚染のリスクを回避するだけでなく、このような欠点への対処が可能である。 UVC LED は、水銀 UVC に対する代替品として最も期待されている。特に、窒化アルミニウムガリウム (AlGaIn) を使用した UVC LED は、長寿命で、低電圧、さらに比較的小型なため、近年では効果的な代替品になっている (Guo, et al., 2018)。 ある業界団体からの情報によれば、家庭やオフィスにおけるボトル飲料水など、小規模の用途に対する LED 代替品の開発も行われているという。 蛍光ランプ以外の低圧放電ランプで使用される水銀の直接的な代替品の調達という点では、水銀の代替物質は現時点では利用可能ではない (Gensch, et al., 2016)。業界団体からの最新の情報によれば、蛍光粉末を使用していない低圧放電ランプでは、実際の状況として、水銀の代替は今でも不可能だという。 ZMWG

	例えば、UV光放射機器による消毒及び促進酸化処理用の低圧放電ランプの使用など、適用除外4(a)で現在対象とされている特定の水銀使用製品に関しては、科学的にも技術的にも実用可能で信頼性の高い代替品があることが確認されている。 詳細な情報の入手先: Typhon Treatment Systems Ltd. www.typhontreatment.com JLMA RoHS 適用除外の 4(a)に規定されるランプは水銀放出線を使用する計測・分析装置に使用され、代替となるランプはない。例えば次のようなものがある。 ・波長校正用光源 ・原子吸光光度計の分析用光源 水銀元素に特化した波長が必要である。 ・水質分析装置用光源 紫外光 (254nm) と可視光 (365、402、545nmなど) が同じ光路上になければならない。 ・酸化分解用光源 酸化分解用光源として、185nmの高輝度が要求される。 これらの分野では代替光源がないため、産業界はRoHSの適用除外を申請している。また、紫外線発光素子を用いた殺菌・滅菌のための低圧放電ランプの代替光源は、出力不足のため有効性が確認されていない。COVID-19の世界的な拡大を受けて、紫外線殺菌、滅菌のための光源として低圧放電ランプが必要とされている。 LightingEurope: 水銀を含まないLEDの代替品は研究開発段階にあるか、超低消費電力のUV用途などでは市場に投入されている。
5.(i) 代替製品の技術的な実現可能性に関する情報	EU 現在数多くのプロジェクト及び研究が、UVC LED の開発及び応用の分野で実施されている (Advanced-UV, 2019; University of Cambridge, 2019)。蛍光灯以外の低圧放電ランプの用途は専門性が高いため、代替品は特定の範囲の UVC スペクトルでの発光が可能でなければならない。UVC の消毒効果で重要な殺菌の範囲は、約 200 nm ~ 300 nm とされる (Lux Review, 2017)。UVC LED のスペクトル範囲は、光源によ

て異なる。Lux Review (2017) は、UVC LED の波長は 200 nm ~ 280 nm であり、消毒用として適切であるとした。

UVC LED は、水銀ランプに対する長寿命の代替品である (Lux Review, 2017)。ある業界団体によれば、UV LED は新しい研究開発分野であり、殺菌用途に不可欠な範囲での発光が可能な UVC LED など、UV LED の特定の用途の製品が利用可能になってきている、という。ただし、消毒用途の場合、UVC LED 製品では新しい機器が必要となるため、後付け交換品は実際には不可能である。

また、業界団体からの情報によれば、現行の UVC LED 技術の効率はかなり低く (UVC ランプの 30% に対して 4%)、新設機器で従来型のランプが不要になるまでには最低でも 5 年かかる見込みである。

JLMA

特殊用途のランプにはさまざまなサイズや仕様のあるものがある。その多くは特定の波長を必要とし、LED に置き換えることは技術的に不可能である。

LightingEurope Special purpose UV lamps:

UV 硬化のデータ比較:

比較にあたっては、最終製品に求められる特性、プロセスに関する要求事項、材料の限界などを考慮しなければならない。水銀の代替を検討する場合には、UV LED インクのより反応性の高い化学物質についても考慮する必要がある。また、LED の使用に伴い廃棄の問題も確実に発生する。

	低圧水銀		中圧水銀		UVC LED	
	最小	最大	最小	最大	最小	最大
UVC 埋め込みコンセント効率 /%	30	35	5	17	1	5
UVC ソース当たりの出力電力 /W	40	1000	1000	35000	0.01	0.4
全出力時の寿命 /h	12000	16000	2000	10000	2500	5000
ソース当たりのコスト /\$	5	100	50	250	0.5	15
W UVC 当たりのコスト / \$/W	\$0.417	\$0.286	\$1.000	\$0.042	\$5.000.00	\$750.00
μJ UVC 当たりのコスト / \$/μJ	\$0.010	\$0.005	\$0.139	\$0.001	\$555.556	\$41.667

- 表の出典: http://www.rohs.biois.eu/Clarification_Questionnaire_VDMA_Answers_final.pdf

	<u>殺菌 (波長240～280nm) のデータ比較</u> フラッシュランプとUV-水銀ガス放電ランプは、いずれも消毒の分野で使用されている。フラッシュランプは、例えば、食品業界のカップの殺菌に有効である。紫外線 LED は殺菌用としてニッチな用途 (非常に低い処理能力) でしか使われておらず、産業的には使用できない。UVC LED の放射効率が 1～6%程度 (表参照) であるのに対し、低圧水銀ランプの光収率は 30～40%以上である。光収率が約 80%下回っているため、UV LED で同等の光収率を得るためには材料費が大幅に増加し、5 倍の電力が必要となる。環境保護の観点からも、現在の工業規模での UVC LED の使用は持続可能ではなく、エネルギーと材料の消費量の増加につながる。注：光収率とは、目的の波長で放射力に変換される電力量を示す。殺菌用の場合、低圧水銀ランプの固有波長は 253.4nm である。ランプ電力 370W の場合、低圧水銀ランプの光学収率は 30%以上となり、放射電力はおよそ 120W となる。また、殺菌用の UVC LED の寿命は、可視域で発光する LED に比べ非常に短く、通常 5,000 時間未満である。特に Covid-19 の観点からは、空気や表面の殺菌に使用する中圧、低圧の UV 水銀ランプの効率の高さにより、さらなる普及が必要である。この Covid-19 の状況は、延長の要請を作成する時点では予見できなかった。
--	---

	<table><tr><td></td><td>UVC LED</td><td>低圧水銀ランプ</td><td>中圧水銀ランプ</td><td>フラッシュランプ</td></tr><tr><td>UVC 埋め込みコンセント効率 /%</td><td>1-6</td><td>30-40</td><td>10-20 (非ドープ)</td><td>2-4</td></tr><tr><td>電力 /W</td><td>0,1-10</td><td>4-1000</td><td>150-36.000</td><td>100 – 3000</td></tr><tr><td>出力 /W</td><td>0,001-0,3^c</td><td>1,2-400</td><td>15-7.200</td><td>2 - 120</td></tr><tr><td>寿命 /h</td><td>< 5000</td><td>8000-16000</td><td>4000-8000</td><td>5 - 10 million flashes^d</td></tr><tr><td>コスト (ランプのみ、チップ) /\$</td><td>チップ当たり 60-120a</td><td>5 - 100</td><td>50 - 250</td><td>180^b</td></tr><tr><td>殺菌効率</td><td>該当なし^f</td><td>99,99 % log 4^e</td><td>99,99 % log 4^e</td><td>99,9999% log 6^e</td></tr><tr><td colspan="5"> a 1,000WのUVパワーシステムのシステムコストは、UV低圧水銀ランプを搭載した最新のシステムと比べて40倍高いと試算される b フラッシュシステムのコストは、低圧ランプを搭載したシステムより5倍以上高い c LEDパッケージ d (1Hz時、1,400-2,800時間に対応) 低圧ランプより2-3倍短い e 滅菌率、log 4は100,000,000から10,000への微生物数の減少、log 6は100への減少を意味する。 f 個人で使用するには効果も経済性も不十分である </td></tr></table>		UVC LED	低圧水銀ランプ	中圧水銀ランプ	フラッシュランプ	UVC 埋め込みコンセント効率 /%	1-6	30-40	10-20 (非ドープ)	2-4	電力 /W	0,1-10	4-1000	150-36.000	100 – 3000	出力 /W	0,001-0,3 ^c	1,2-400	15-7.200	2 - 120	寿命 /h	< 5000	8000-16000	4000-8000	5 - 10 million flashes ^d	コスト (ランプのみ、チップ) /\$	チップ当たり 60-120a	5 - 100	50 - 250	180 ^b	殺菌効率	該当なし ^f	99,99 % log 4 ^e	99,99 % log 4 ^e	99,9999% log 6 ^e	a 1,000WのUVパワーシステムのシステムコストは、UV低圧水銀ランプを搭載した最新のシステムと比べて40倍高いと試算される b フラッシュシステムのコストは、低圧ランプを搭載したシステムより5倍以上高い c LEDパッケージ d (1Hz時、1,400-2,800時間に対応) 低圧ランプより2-3倍短い e 滅菌率、log 4は100,000,000から10,000への微生物数の減少、log 6は100への減少を意味する。 f 個人で使用するには効果も経済性も不十分である				
	UVC LED	低圧水銀ランプ	中圧水銀ランプ	フラッシュランプ																																					
UVC 埋め込みコンセント効率 /%	1-6	30-40	10-20 (非ドープ)	2-4																																					
電力 /W	0,1-10	4-1000	150-36.000	100 – 3000																																					
出力 /W	0,001-0,3 ^c	1,2-400	15-7.200	2 - 120																																					
寿命 /h	< 5000	8000-16000	4000-8000	5 - 10 million flashes ^d																																					
コスト (ランプのみ、チップ) /\$	チップ当たり 60-120a	5 - 100	50 - 250	180 ^b																																					
殺菌効率	該当なし ^f	99,99 % log 4 ^e	99,99 % log 4 ^e	99,9999% log 6 ^e																																					
a 1,000WのUVパワーシステムのシステムコストは、UV低圧水銀ランプを搭載した最新のシステムと比べて40倍高いと試算される b フラッシュシステムのコストは、低圧ランプを搭載したシステムより5倍以上高い c LEDパッケージ d (1Hz時、1,400-2,800時間に対応) 低圧ランプより2-3倍短い e 滅菌率、log 4は100,000,000から10,000への微生物数の減少、log 6は100への減少を意味する。 f 個人で使用するには効果も経済性も不十分である																																									
5.(ii) 代替製品の経済的な実現可能性に関する情報	表の出典:http://www.rohs.biois.eu/Clarification_Questionnaire_VDMA_Answers_final.pdf EU UVC LED 関連の初期費用は、UVC 水銀ランプよりも高い (住宅用浄水処理用で、LED 1 個あたり 10 ユーロに対し、UVC ランプ 1 個あたり 5 ユーロ (Lighting Europe, 2015b))。さらに、前述の通り、エネルギー効率も UVC LED の方が低い。 ただし、業界団体からの情報によれば、既設の設備用の UVC LED 後付け交換ランプはない。 また、業界団体によれば、UV光放射装置で発生するランニングコストは、UV LED ランプを活用した場合は大幅に上昇するという。例えば、UVランプのワットあたりのコストは約0.5米ドルであるが、UVC LEDのワットあたりコストは約400～500米ドルになる。都市部の大型浄水設備では、100 kWを超える場合もあり、UVC LEDを使用すれば、結果として莫大なコストが発生することになる。																																								

6. 代替製品の環境及び健康リスク、便益に関する情報	EU UVC LED は、水銀を含有しておらず、UVC ランプよりもエネルギー消費は低い。しかし、現行の LED 代替品の電力変換効率は UVC よりも低いため、エネルギー消費レベルは水銀 UVC よりも高くなると考えられる (Gensch, et al., 2016)。 また、UVC LEDは水銀を含有していないが、潜在的な有害性を持つ物質の存在により、使用期限終了後の管理に対する懸念がある (Seong-Rim, et al., 2011)。 LightingEurope: 水銀を含まないLEDの代替品は研究開発段階にあるか、超低消費電力のUV用途などでは市場に参入している。
7. 上記以外で、条約の第 4 条第 4 項に従って水銀添加製品に関して提出する追加情報(例: 製造や一般取引に関する情報など)	該当なし
8. 決定 MC-3/1 に定められたその他の関連情報	EU 欧州では、指令 2011/65/EC (特定有害物質の使用制限 (RoHS) 指令) が、蛍光ランプ以外の低圧放電ランプ及び関連代替品の使用に対して適用される。RoHS 指令の第 4 条(1)に従って、加盟国は、電気・電子機器に水銀が含まれていないことを確実にしなければならない。附属書 III では、第 4 条 (1) の適用除外の概要を示し、この中には低圧放電ランプの水銀含有量の上限 15 mg の規定 (4(a)) が含まれている (Gensch, et al., 2016)。 米国、カナダ、中国及びオーストラリアにおいても、蛍光ランプ以外の低圧放電ランプ中の水銀の使用に関する直接的な国内法規はないが、これらの国における個別のエネルギー効率基準またはその他の規制手段は、多くの場合、水銀含有に関する予防的または制限的な措置として機能する可能性がある。業界グループの情報によれば、インド、タイ、ウクライナ及びユーラシア経済連合 (EurAsEC) では、蛍光ランプ以外の低圧放電ランプ中の水銀の使用に関する国内法規が既に実施されている。また、ヨルダン、トルコ、UAE、サウジアラビア、ベトナム及び韓国も、RoHS 指令に則した国内法規を既に採択している。さらに、湾岸地域及びブラジルでは、国内法規を作成中である。

9. 参考文献

Advanced-UV, 2019. Advanced UV for Life. Available at: <https://www.advanced-uv.de/en/about/welcome/>.

- EU, 2011. DIRECTIVE 2011/65/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32011L0065&from=EN>.
- Gensch, C.-O. et al., 2016. Study to assess renewal requests for 29 RoHS 2 Annex III exemptions [no. 1(a to e -lighting purpose), no. 1(f - special purpose), no. 2(a), no. 2(b)(3), no. 2(b)(4), no. 3, no. 4(a), no. 4(b), no. 4(c), no. 4(e), no. 4(f), no. 5(b), no. 6(a), no. 6(b),. no. 6(c), no. 7(a), no. 7(c) - I, no. 7(c) - II, no. 7(c) - IV, no. 8.
- Guo, Y. et al., 2018. Enhancing the light extraction of AlGaIn-based ultraviolet light-emitting diodes in the nanoscale. *Journal of Nanophotonics*.
- Helios Quartz, 2016. UV Lamp. Available at: https://www.heliosquartz.com/wp-content/uploads/2016/01/Helios-Quartz_UV-LAMPS_eng.pdf.
- Lighting Europe, 2015a. Request to renew Exemption 4a under the RoHS Directive 2011/65/EU. Available at: https://rohs.exemptions.oeko.info/fileadmin/user_upload/RoHS_Pack_9/Exemption_4_a_/Lighting_Europe/4a_LE_RoHS_Exemption_Req_Final.pdf.
- Lighting Europe, 2015b. Response to Oeko-Institut regarding the 1st Questionnaire Exemption No. 4a (renewal request); Exemption for “Mercury in other low pressure discharge lamps (per lamp) – 15 mg may be used per lamp after 31 December 2011” Date of submission: September 15, 20. Available at: http://rohs.exemptions.oeko.info/fileadmin/user_upload/RoHS_Pack_9/Exemption_4_a_/Lighting_Europe/Ex_4a_LightingEurope_1st_Clarification-Questions_final.pdf.
- Lux Review, 2017. How effective are UVC LEDs?. Available at: <https://luxreview.com/article/2017/09/how-effective-are-uv-c-leds->.
- Seong-Rim, L., Kang, D. & Ogunseitan, O. a. S. J., 2011. Potential Environmental Impacts of Light-Emitting Diodes (LEDs): Metallic Resources, Toxicity and Hazardous Waste Classification. *Environmental Science & Technology*, Volume 45, pp. 320-327.
- University of Cambridge, 2019. UV LEDs. Available at: <https://www.gan.msm.cam.ac.uk/projects/uv>.
- Van der Meer, M., van Lierop, F. & Sokolov, D., 2015. The analysis of modern low pressure amalgam lamp characteristics. Available at: <http://www.dafp.de/wp-content/uploads/2015/10/The-analysis-of-modern-low-pressure-amalgam-characteristics.pdf>.

非電気式の計測器

アルゼンチン、モンテネグロ、ウガンダ、米国、及びその他の利害関係者(ZMWG)から提供された情報

温度計

1. 水銀添加製品の分類	非電気式の計測器
2. 製品の具体的な内容	温度計(パイロメーターを含む)
3. 製品の使用に関する情報	アルゼンチン アルゼンチン国内の温度計メーカーは、FITE S.A.社のみである。温度計の種類は以下の通りである。 • 精密温度計 • 150 °C 超の温度用 • 化学用標準温度計 • 組み合わせ式(比重計付き) FITE S.A.社によると、アルゼンチン国内では、様々な種類の温度計が、主に化学工業、石油製造所及び製薬業界の分野で使用されている。 専門家による情報提供 • ガラス製水銀温度計は透明なガラス管の内部に感温液として水銀が封入されている温度計である。 • 水銀使用量は求める精度によって異なり、温度計1個あたり 4～20g 程度であり、目量(確認することができる最小表示)が細くなるほど水銀使用量は多くなる。 • 細管残留することがほとんど無く、再現性が良く、精度が高く、塩酸、硫酸、その他の腐食性の高い物質の温度も計ることができる。 • 単体で使用するほかに、湿度計、LPG 計測用の浮ひょう、ディーゼルエンジン、医療機器(ガス滅菌器)、ピクノメータ、引火点試験機に組み込まれている。 • 目量1°C以上のガラス製水銀温度計の需要は減少している。 専門家による情報提供 • パイロメーターは、水銀ダイヤル温度計式の装置で、鑄造技術におけるディーゼル排気温度計測での応用など、高温計測のために使用される(Committee for Risk Assessment and Committee for Socio-economic Analysis, 2011)。

	- 水銀温度計から赤外線温度計へ切替済みとされており、また、新規パイロメーターの製造では水銀が使用されていない (NEWMOA, 2016)。無水銀代替品に関しては、顕著な環境リスクや技術的な実現可能性の制約はないが、電気式赤外線パイロメーターはコストが高い(ただし、機能は増えている)。 - パイロメーターでは、ダイヤルゲージと温度感知頸部 (熱電対) を持つ検出器の焦点に、測定対象物からの放射が集められる (NEWMOA, 2016)。 - 単位製品あたりの水銀含有量/消費量の範囲: 5~10 g が、熱電対 (センサー) に含有されている (NEWMOA, 2016)。
4. 水銀代替製品(又は低含有製品)の利用可能性に関する情報	アルゼンチン - 精密温度計 – 水俣条約の適用除外対象である。 150 °C 超の温度用 – 代替品無し。代替技術を模索中。 - 化学用標準温度計 – 代替品は 150 °C 未満の温度用に限定されている。 - 組み合わせ式 (比重計付き) - 代替品有り。 専門家による情報提供 - 現在、特殊液を感温液として用いた温度計やデジタル式温度計が利用可能である。 専門家による情報提供 - パイロメーターの主要な代替品: 赤外線温度計、頸部に窒素を封入したパイロメーター - 赤外線温度計は、非接触式の温度計測装置である。温度計の構造として、レンズが検出器 (熱電対) の焦点に赤外線エネルギーを集中させ、検出器がエネルギーを電気信号に変換する仕組みになっている (Committee for Risk Assessment and Committee for Socio-economic Analysis, 2011)。
5.(i) 代替製品の技術的な実現可能性に関する情報	アルゼンチン - アルゼンチンアルゼンチンの FITE S.A.社は、150 °C 未満の温度計ならびに 150 °C 未満の化学用標準温度計の代替を既に開始している。従来は水銀を使用していた多くの用途に対して、代替物質としてガリウム (ガリウム、インジウム、スズの共晶合金) を使用している。 - 技術仕様に関しては、国立産業技術研究所 (INTI) 及び物理計測学部門と共同で作業を実施している。

	- 計測器製造に関する情報提供元は、海外企業である。FITE S.A.社は既に、ガリNSTAN及びガラス管のメーカーとの引合いを開始している。ガラス管は、ドイツの ASTEG 社から供給を受ける予定である。 - 技術仕様及び供給品の調達を確保した後に、計測器に使用された水銀の代替に対する各種試験へと進む予定である。 専門家による情報提供 - 一部の用途については、性能の問題により、水銀不使用の温度計への代替ができない。具体的には、以下に示すものについては、代替ができない。 - 計ることのできる最高の温度が 300℃以下のものであって、目量が 0.5℃以下のもの - 計ることのできる最高の温度が 300℃を超え 500℃以下のものであって、目量が 2℃以下のもの - 塩酸、硫酸その他の腐食性の高い薬品の温度を計ることができるものであって、計ることのできる最高の温度が 200℃を超え 500℃以下のもののうち、目量が 2℃以下のもの - サイズの面で単純置き換えが難しいなど、修理時に代替製品に交換することは難しい。 - 日本の石油類試験の中でガラス製水銀温度計が規定されており、デジタル式では全浸没に対応困難であり、また、これまで使用してきた標準データが使えなくなってしまうため、2020 年末以降、当該製品の製造の要望がある。 - また、規格で規定されている温度計以外にも、少量の代替のきかない特注品の製造の可能性がある。 専門家による情報提供 - 赤外線パイロメーターに関係する技術的な実現可能性の障壁はなく、このことは、産業分野では水銀パイロメーターからこの製品への切替が実施済みであることから実証されている。
5.(ii) 代替製品の経済的な実現可能性に関する情報	専門家による情報提供 - ガラス製水銀温度計が1つ 1,000 円前後に対して、デジタル式温度計は 5,000～10,000 円前後と高い。 - デジタル式温度計の中にも精度が高いものは存在するが、精度を高くするためには、感温部と表示部それぞれの精度を高くする必要があることから、非常に高価となる。 専門家による情報提供

	赤外線温度計及びパイロメーターは、電気式であり、水銀温度計よりもコストは高いが、追加機能を備えているため、直接比較することはできない。水銀パイロメーターの製造は米国及び欧州では既に廃止されており、赤外線パイロメーターによる代替が実施されているため、経済的な障壁は重要な要因にはなっていないと考えられる (Committee for Risk Assessment and Committee for Socio-economic Analysis, 2011) (NEWMOA, 2016)。
6. 代替製品の環境及び健康リスク、便益に関する情報	専門家による情報提供 電気式/赤外線温度計 (及びパイロメーター) に関連する環境及び人の健康へのリスクは、水銀温度計/パイロメーターに関連する潜在的な放出と曝露に比べて極めて低い (Committee for Risk Assessment and Committee for Socio-economic Analysis, 2011)。
7. 上記以外で、条約の第 4 条第 4 項に従って水銀添加製品に関して提出する追加情報(例:製造や一般取引に関する情報など)	専門家による情報提供 - 国内における製造者は 10 社である。 - ガラス製水銀温度計 (以下に掲げるものを除く) は、水俣条約のフェーズアウト期限 (2020 年末) 以降、国内の水銀汚染防止法により規制される。水俣条約附属書 A において適用除外とされる「研究、計測器の校正及び参照の標準としての使用を目的とする製品」、「水銀を含まない実現可能な代替製品によって交換することができない場合における計測器」、「水銀を含まない適当な代替製品が利用可能でない場合において大規模な装置に取り付けられたもの又は高精密度の測定に使用されるもの」は、水銀汚染防止法においても規制対象外となる (審査において、左記用途の該非によって適用除外の対象範囲が判断される)。 - 計ることのできる最高の温度が 300℃ 以下のものであって、目量が 0.5℃ 以下のもの - 計ることのできる最高の温度が 300℃ を超え 500℃ 以下のものであって、目量が 2℃ 以下のもの - 塩酸、硫酸その他の腐食性の高い薬品の温度を計ることができるものであって、計ることのできる最高の温度が 200℃ を超え 500℃ 以下のもののうち、目量が 2℃ 以下のもの 専門家による情報提供 域内または国内の制限の例 - 米国 EPA は、有害物質規制法 (TSCA) により、気圧計、圧力計、湿度計及び乾湿計における水銀元素の使用に関して、重要新規利用規則 (SNUR) を公布し、同規則は 2012 年 6 月 29 日付けで発効した。これにより、この最終規則で重要新規利用と指定された活動を目的として水銀元素の製造 (輸入を含む) または加工を行う意図がある者は、当該活動を開始する最低 90 日前に EPA に届出を行わなければならない。所定の届出により、EPA は意図された使用を評価し、さらに、必要な場合は、当該活動の発生よりも前に当該活動を禁止または制限することができる。

	• 米国 EPA は、流量計、天然ガス圧力計及びパイロメーターにおける元素水銀の使用に関して、別の SNUR (2010 年 8 月 20 日付け発効) を公布した。 • EUにおいては、水銀温度計 (パイロメーター、乾湿計を含む) は、水銀に関する規制2017/852およびREACH規制1907/2006により、科学的研究開発での使用を除いて禁止されている。また、水銀の三重点を利用した白金抵抗温度計も除外される。ECHA (2011) は、「既知のあらゆる用途において、水銀温度計を指定する分析基準 (試験方法) に従った試験に用いる温度計を除くすべての水銀温度計および水銀を用いるその他の非電気式温度計測装置を代替できる、技術的に実現可能な代替品が存在する」と結論付けている。 しかし、規格の定期的な改訂により精度が同程度の無水銀体温計が含まれる可能性があり、その作業はすでに始まっている。 代替品には、次のようなものがある。 - アルコールやガリウム合金などの無水銀液体封入のガラス製温度計 - 気体式または液体式ダイヤル温度計 - バイメタル式ダイヤル温度計 - 電子温度計 - 赤外線温度計 • 欧州では、非電気式温度計及びその他の非電気式温度計測器の EU 域内での輸出、輸入ならびに製造は、水銀に関する規則 2018/852 により 2020 年 12 月 31 日を期限として禁止される。化学物質の登録・評価・認可・制限に関する規則 1907/2007 (REACH) により、工業用ならびに業務用の水銀含有温度計及びその他の非電気式温度計測器は、2014 年 4 月 10 日以降、上市することができない。 • 米国の一部の州では、水銀含有計測器の分類に該当する水銀添加パイロメーターの販売を禁止している (ミネソタ、ニューハンプシャー、ニューヨーク、バーモント) (NEWMOA, 2016)。
8. 決定 MC-3/1 に定められたその他の関連情報	
9. 参考文献	専門家による情報提供 情報収集はガラス計量器の国内の製造者の団体へのヒアリング調査を通じて行った。 ECHA. (2011). Background document to the opinions on the Annex XV dossier proposing restrictions on Mercury in measuring devices.

気圧計

1. 水銀添加製品の分類	非電気式の計測器
2. 製品の具体的な内容	気圧計
3. 製品の使用に関する情報	専門家による情報提供 - 液柱型水銀気圧計は一端を閉じたガラス管に水銀を満たし、別の容器に入れた水銀の中に立てると、ガラス管の中の水銀の重さが、容器内の水銀面にかかる気圧と釣り合う原理を利用した気圧計である。 - 現在、需要はあまりなく、製造はほぼ無い。今後、気象庁検定の取得できる製品については、研究・較正用途として参照標準品となるため、製造の要望がある。
4. 水銀代替製品（又は低含有製品）の利用可能性に関する情報	専門家による情報提供 デジタル式気圧計が利用可能である。
5.(i) 代替製品の技術的な実現可能性に関する情報	
5.(ii) 代替製品の経済的な実現可能性に関する情報	
6. 代替製品の環境及び健康リスク、便益に関する情報	
7. 上記以外で、条約の第4条第4項に従って水銀添加製品に関して提出する追加情報(例: 製造や一般取引に関する情報など)	専門家による情報提供 - 液柱型水銀気圧計は、水俣条約のフェーズアウト期限(2020年末)以降、国内の水銀汚染防止法により規制される。水俣条約附属書Aにおいて適用除外とされる「研究、計測器の校正及び参照の標準としての使用を目的とする製品」は、水銀汚染防止法においても規制対象外となる(審査において、左記用途の該非によって適用除外の対象範囲が判断される)。 - 米国EPAは、有害物質規制法(TSCA)により、気圧計、圧力計、湿度計及び乾湿計における水銀元素の使用に関して、重要新規利用規則(SNUR)を公布し、同規則は2012年6月29日付けで発効した。これにより、この最終規則で重要新規利用と指定された活動を目的として水銀元素の製

	造 (輸入を含む) または加工を行う意図がある者は、当該活動を開始する最低 90 日前に EPA に届出を行わなければならない。所定の届出により、EPA は意図された使用を評価し、さらに、必要な場合は、当該活動の発生よりも前に当該活動を禁止または制限することができる。 • 米国 EPA は、流量計、天然ガス圧力計及びパイロメーターにおける元素水銀の使用に関して、別の SNUR (2010 年 8 月 20 日付け発効) を公布した。 • EU においては、REACH 規則 1907/2006 により、気圧計は科学的研究開発での使用を除いて禁止されている。
8. 決定 MC-3/1 に定められたその他の関連情報	
9. 参考文献	専門家による情報提供 情報収集はガラス計量器の国内の製造者の団体へのヒアリング調査を通じて行った。

液体比重計測のために水銀を使用する装置	
製品の使用及び/またはプロセスの名称	比重計 (非電気式)
別名	浮ひょう、密度計 特定の用途: 尿比重計 (医療用)、乳比重計、アルコール計、バッテリーチェッカー、不凍液テスター、不凍液計、温度計 内蔵比重計、糖分計
製品/プロセスの目的	比重計は、浮力の原理に基いて、液体の比重を測定する装置である。通常は、比重などを示す 1 つ以上の目盛りによって、校正及び等級表示が行われているが、例えば、水とアルコールの混合液中のアルコール含有量など、目的とする情報を直接示す目盛りも表示されている (Lemon 2013)。 比重計は一般的に、密封された中空ガラス管 (浮力を保つため底の幅が広い形)、安定性を確保するための鉛や水銀などのバラスト、測定目盛り付きの細長い頸部で構成される。



図 2: 比重計の例: (左から右に) 乳比重計、不凍液計、アルコール計、バッテリーテスター (水銀またはその他の高密度物質を充填したもの: パルマ県食品博物館 2019, Butch 2015b, Michel 2017, Butch 2015a)

応用分野

尿比重計 (尿分析用)、乳比重計 (ミルクの検査)、アルコール計 (液体のアルコール度数の判定)、バッテリーテスター (バッテリー残量テスター)、不凍液計 (車の冷却液の検査)、温度計内蔵比重計 (燃料オイルなど石油製品の密度測定用で、温度計付きの比重計)、糖分計 (溶液中の糖分量の判定)、土壌分析 (細粒土中の粒度分布)

水銀含有量

数グラム。比重計の種類、測定範囲及び比重計容量によって異なる。

(世界的、地域的な)使用/ 製造の規模

水銀充填済みの比重計は、骨董品を除き、欧州または米国の市場では確認することができなかった(Lassen、Maxson 2008, NEWMOA 2016b)。欧州及び米国以外の地域での製造及び使用に関しては、利用可能な情報がない。

環境または人の健康に与えるリスク

- 製品が破損した場合、水銀漏洩のリスクがある
- 廃棄品が不適切に処理された場合、水銀放出のリスクがある

利用可能な無水銀代替品	鉛またはその他の高密度物質を充填した比重計、電気式装置
代替品と比較した場合の水銀の利点	なし
追加コメント	国際的な取引プラットフォーム (Alibaba.com、Made-in-china.com、ExportersIndia.com) 上で提供された製品の目視評価を行ったところ、提供されている比重計の大半は液体水銀を含まず、他の物質を使用していることが示された。この想定を実証するためには、さらに情報が必要である。
参考文献及び追加情報源	Butch (2015a): Battery condition indicator indicates the amount of charge in the battery (around 1985). Available online at https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/44/Battery_condition_indicator.jpg, checked on 9/24/2019. Butch (2015b): Device to measure to what temperature the coolant of a car is protected against freezing. Available online at https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/9d/Coolant_indicator.jpg, checked on 9/24/2019. Food museums of the province of Parma (2019): Densimetro o galattometro con custodia. Available online at https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b8/Densimetro_o_galattometro_con_custodia_-_Musei_del_cibo_-_Parmigiano_-_314a.jpg, checked on 9/24/2019. Lassen, C.; Maxson, P. (2008): Options for reducing mercury use in products and applications, and the fate of mercury already circulating in the society. Final Report. Edited by COWI. Available online at https://ec.europa.eu/environment/chemicals/mercury/pdf/study_report2008.pdf, checked on 9/24/2019. Lemon, K. (2013): Hydrometers- A Guide to applications and usage. Cambridge, United Kingdom (Camlab). Available online at https://camlab.info/wp/index.php/hydrometers-a-guide-to-applications-and-usage/, updated on 2/8/2013, checked on 6/10/2019. Michel (2017): Hydrometer in a still. Available online at https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hydrometer_in_a_still_(cropped).jpg, checked on 9/24/2019. NEWMOA (Ed.) (2016): Hospital equipment. Available online at http://www.newmoa.org/prevention/mercury/projects/legacy/healthcare.cfm, checked on 9/24/2019.

磁束/流量 計測のために水銀を使用する装置 (非電気式流量計)

製品の使用及び/またはプロセスの名称	流量計
別名	アナログ流量計、磁束計、流量センサー、流量計測装置、流速計
製品/プロセスの目的	流量計は、水ならびに下水処理設備、発電所及びその他の工業用途において使用される。また、ポンプ場、配水施設、処理設備など公共水道施設においても使用される場合がある。流量計は、特定の用途向けに個別設計が行われており、測定対象物質 (液体または気体) と必要とされる (体積または質量) 流量に対応した設計となる。 流量計は、気体、水、エアアー及び蒸気の流量を計測する。流量計に含まれる水銀は一般的に、アセンブリまたは配管システムに取り付けられた圧力計に封入されている。圧力計内部の水銀は、液体または気体の流量の変化に応じて上昇/下降する (環境保護庁 2010, NEWMOA 2016c)。  図 3: 水銀流量計 (NEWMOA 2016c)
応用分野	計測技術
水銀含有量	水銀流量計 1 台あたりの水銀元素含有量は、5 kg に達する場合がある。

(世界的、地域的な)使用/ 製造の規模	現在では製造は実施されていない。使用については不明。
環境または人の健康に与えるリスク	• 製品が破損、あるいは水銀が漏出した場合、水銀漏洩/曝露のリスクがある • 廃棄品が不適切に処理された場合、水銀放出のリスクがある
利用可能な無水銀代替品	• 無水銀代替品として、デジタル式、光学式ならびにボール作動式の流量計などがある。
代替品と比較した場合の水銀の利点	なし
追加コメント	1970 年代より前は、水銀含有流量計は一般的に使用されていた。新規の流量計の製造においては、水銀は使用されていないが、旧式の流量計が今でも使用されている場合がある。 • 米国 EPA は、有害物質規制法 (TSCA) により、気圧計、圧力計、湿度計及び乾湿計における水銀元素の使用に関して、重要新規利用規則 (SNUR) を公布し、同規則は 2012 年 6 月 29 日付けで発効した。これにより、この最終規則で重要新規利用と指定された活動を目的として水銀元素の製造 (輸入を含む) または加工を行う意図がある者は、当該活動を開始する最低 90 日前に EPA に届出を行わなければならない。所定の届出により、EPA は意図された使用を評価し、さらに、必要な場合は、当該活動の発生よりも前に当該活動を禁止または制限することができる。 • 米国 EPA は、流量計、天然ガス圧力計及びパイロメーターにおける元素水銀の使用に関して、別の SNUR (2010 年 8 月 20 日付け発効) を公布した。
参考文献及び追加情報源	Environmental Protection Agency (EPA) (2010): Elemental Mercury Used in Flow Meters, Natural Gas Manometers, and Pyrometers; Significant New Use Rule. Available online at https://www.federalregister.gov/documents/2010/07/21/2010-17718/elemental-mercury-used-in-flow-meters-natural-gas-manometers-and-pyrometers-significant-new-use-rule, checked on 7/25/2019. NEWMOA (Ed.) (2016): Measuring Devices (Miscellaneous). Available online at http://www.newmoa.org/prevention/mercury/projects/legacy/measdev.cfm, updated on 12/30/2016, checked on 9/24/2019.

ひずみゲージ

1. 水銀添加製品の分類	非電気式の計測器
2. 製品の具体的な内容	ひずみゲージ
3. 製品の使用に関する情報	- 水銀は、血流及び血圧の測定を行うひずみゲージの脈波計で使用されている。ひずみゲージは、動脈硬化症（動脈壁に影響を与え、血液循環の低下を引き起こす症状）の診断に使用される。水銀ひずみゲージは、水銀を充填した細いゴム管で構成されており、このゴム管を対象の体の部位に装着して血圧を測定する。 - 脈波計における水銀使用量は、血圧計などのその他の医療装置よりも低い。ひずみゲージ1台あたりの元素水銀使用量は、1.25gである（ECHA, 2011）。 - 水銀含有ひずみゲージは、現在では稀である。2014年以来、欧州内では水銀ひずみゲージは販売されておらず、また、NEWMOAによれば、水銀充填済みのひずみゲージはほぼ使用されていない（NEWMOA, 2016）。推計によれば、例えば、スウェーデン国内の年間のひずみゲージ使用台数はわずか200台であり、また、ひずみゲージの世界的な大手メーカー1社が2004年に消費した水銀量は946グラムであった（ECHA, 2011）。2010年にEU市場に上市された水銀量は推計で0.014 tであった。
4. 水銀代替製品（又は低含有製品）の利用可能性に関する情報	<u>主要な代替品：インジウム-ガリウム使用ひずみゲージ、光電セル/レーザードップラー技術</u> 技術的にも経済的にも実現可能な無水銀代替品が使用可能である（ECHA, 2011）。 - インジウム-ガリウムひずみゲージは、水銀ひずみゲージの主な代替品である。 - 光電セル及びドップラー技術は、インジウム-ガリウム式ゲージの使用が適していない指やつま先での測定で一般的に使用される（COWI, 2008）。光電セル技術では、異なる圧力における組織の色の変化を記録する。ドップラー技術では、赤血球の流速を測定し、血流の判定を行う。広範囲の測定では超音波装置が使用され、小さい体積の測定ではレーザー装置が使用されている。 - 水銀式及びインジウム-ガリウム式の両方のひずみゲージの輸出品製造の分野で世界をリードするメーカーは、米国の D.E. Hokanson, Inc. である（COWI & ICF, 2017）。
5.(i) 代替製品の技術的な実現可能性に関する情報	COWI (2008) によれば、光電セル及びレーザードップラー技術、またはガリウム/インジウムひずみゲージでは、水銀含有機器を使用して行った各種の診断の特定が可能である。インジウム-ガリウムひずみゲージは、水銀ひずみゲージと同じ用途に対して、既存の脈波計との組み合わせによる使用が可能である（ECHA, 2011）。

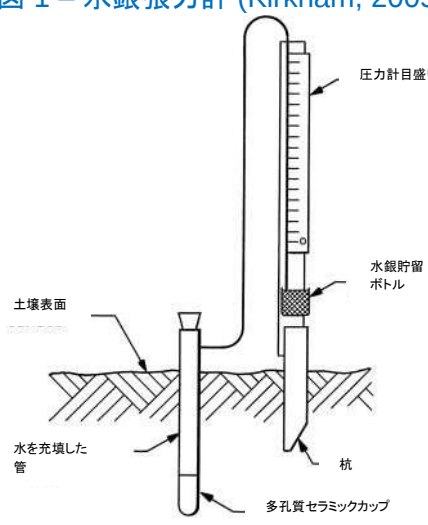
	ただし、研究分野においては、腕及び脚の絶対血流の測定が可能な水銀含有脈波計の代替品は存在していない。これは、研究機関や参考資料が数十年間に及ぶこの装置の使用に基づいているためである。また、インジウム-ガリウムひずみゲージは、凝固点がこれよりも高く、抵抗は低いため、特にレイノー病、小さい桁数の検査、冷水浸漬研究など一部の用途では使用することができない (Hokanson, 2019) (COWI & ICF, 2017)。
5.(ii) 代替製品の経済的な実現可能性に関する情報	水銀含有ひずみゲージの継続使用の要因は、水銀含有管が安価であるという経済的な要素である。水銀含有管は、20,000 ユーロを超える価格の複合電子機器との併用が可能で、寿命も 10～15 年である。このため、診療所では技術的な故障の場合を除き、装置全体の交換に対しては消極的である (COWI, 2008)。なお、数例の例外を除き、Hokanson 社の脈波計にインジウム-ガリウムひずみゲージを後付け交換することは可能である (COWI & ICF, 2017)。 主要サプライヤーからの情報によれば、インジウム-ガリウムひずみゲージの価格は、水銀ひずみゲージよりも約 40% 高い (COWI & ICF, 2017)。しかし、ECHA (2011) は、インジウム-ガリウムひずみゲージは経済的に実現可能と判断し、水銀含有ひずみゲージの制限に関して EU 内で適合性を確保するためのコストは推計で、2015～2034 年の期間で 260 万ユーロであるとした。なお、ある水銀ひずみゲージ大手メーカーの主張によれば、インジウム-ガリウムは、製造中の取り扱いが水銀使用品よりも難しく、組立て時間も長くなるという。
6. 代替製品の環境及び健康リスク、便益に関する情報	ガリウムは、皮膚、目及び呼吸器への刺激の原因になると報告されており、また、造血組織の損傷を伴う骨髄異常の原因になる可能性がある (ECHA, 2011)。インジウムの毒性に関する情報はほとんどない。しかしながら、情報提供者によると、水銀の有害性及びリスクに関しては明白な証拠があるため、インジウム-ガリウムひずみゲージの使用により、環境及び人の健康への全体的なリスクが減少するとみなされている。
7. 上記以外で、条約の第 4 条第 4 項に従って水銀添加製品に関して提出する追加情報(例: 製造や一般取引に関する情報など)	

8. 決定 MC-3/1 に定められたその他の関連情報	脈波計と組み合わせて使用する水銀含有ひずみゲージの輸出、輸入及び製造は、水銀に関する規則 (EU) 2017/852 により 2020 年 12 月 31 日から EU 内では禁止される。 この規則では、特に以下のものなど、いくつかの適用除外がある。 • 大規模な装置に取り付けられた非電気式計測器、あるいは、高精密度の測定に使用された非電気式計測器で適切な無水銀代替品が利用可能でない場合 • 2007 年 10 月 3 日の時点で製造から 50 年以上経過している計測器 • 文化的・歴史的な公共展示用途に用いられる計測器 工業用及び業務用で脈波計と組み合わせて使用するひずみゲージの上市は、2014 年 4 月 10 日以降は禁止されている。この規則は、水銀を充填する目的で製造され、水銀が空の状態で上市される装置に対しても適用される。 米国内では、水銀ひずみゲージの販売は、メイン州、ルイジアナ州、コネチカット州及びロードアイランド州で禁止されている。 ZMWG セルビア国内では、工業用及び業務用で脈波計と組み合わせて使用するひずみゲージは、2018 年 10 月 1 日以降は上市されていない。
---	--

9. 参考文献

- COWI & ICF. (2017). Support to assessing the impacts of certain amendments to the Proposal of the Commission for a Regulation on Mercury. Retrieved from http://ec.europa.eu/environment/chemicals/mercury/pdf/Final%20Report_KH0617141ENN.pdf
- COWI. (2008). Options for reducing mercury use in products and applications, and the fate of mercury already circulating in society. Retrieved from http://ec.europa.eu/environment/chemicals/mercury/pdf/EU_Mercury_Study2008.pdf
- ECHA. (2011). Background document to the opinions on the Annex XV dossier proposing restrictions on Mercury in measuring devices. Retrieved from <https://echa.europa.eu/documents/10162/20f4ee0a-6bcf-4ed0-a271-6674cd333710>
- Hokanson. (2019). Strain Gauges . Retrieved from <http://hokansonvascular.com/products/133386>
- NEWMOA. (2016). Hospital Equipment. Retrieved from <http://www.newmoa.org/prevention/mercury/projects/legacy/healthcare.cfm>
- Minamata Initial Assessment for Serbia, 2018, Available at https://www.researchgate.net/publication/330514455_Mercury_initial_assessment_for_the_Republic_of_Serbia

張力計

1. 水銀添加製品の分類	非電気式の計測器
2. 製品の具体的な内容	張力計
3. 製品の使用に関する情報	図 1 – 水銀張力計 (Kirkham, 2005)  張力計は、液体の表面張力を測定し、土壌水分張力の判定、ワイヤ、繊維ならびに梁の貯力の測定などの用途で使用される (リスク評価専門家委員会及び社会経済分析専門家委員会、2011)。 張力計の構成要素として水銀を含有する可能性のある部分は圧力計である。圧力計は、毛細管により多孔質カップを備えた水を充填した管とつながっている。土壌に挿入すると管の水が土壌に吸い込まれて真空状態が作り出され、これを圧力計で測定する。 水銀圧力計/張力計は、水銀を充填していない状態で納品され、使用者が水銀を充填する (リスク評価専門家委員会及び社会経済分析専門家委員会、2011)。破損による放出のリスクも想定されるが、最も高い放出リスクは廃棄中に発生する。 圧力計 1 台あたりの水銀使用量は 70～140 g である。 EU における 2011 年の時点での圧力計残存蓄積水銀量は推計で約 4 t、上市された製品の 1 年あたりの水銀使用量は 0.04-0.4 t であった (ECHA, 2010)。
4. 水銀代替製品(又は低含有製品)の利用可能性に関する情報	<u>主要な代替品</u>: 液体封入管式圧力計、機械的代替品/弾性形圧力センサー、電気式圧力計、その他の装置

	● 張力計で用いられる水銀圧力計は一般的に、弾性形センサーまたは電気式圧力計によって代替される。 ● 弾性形圧力センサーは、圧力を受けることで変形または伸長する部分を持つ。変位レベルは記録される。一般的な弾性形圧力センサーは、ブルドン管圧力計及びダイヤフラム式圧力ゲージを装備している。ブルドン管圧力計は、片方の端が密閉された状態の C 形管を使用している。圧力を開口端に導入すると、圧力がギヤと指針に伝達される。ダイヤフラム式圧力ゲージは、機械式または電気式で、両面式の軟質隔膜を含んでおり、この隔膜の片面側は、所定の圧力の空気などの流体を封入したカプセルの中に入れている。もう片方の側に圧力が加えられ、隔膜の屈曲が記録される。 ● 電気式圧力計では、アナログ - デジタル変換器に接続された圧力変換器を使用して、センサー反応を電気信号に変換する。 ● 液体封入管式圧力計では、水銀以外の水やアルコールなどの液体を使用することができる。 ● 土壌水分測定では、圧力計を代替する方法もある。重量法は、土壌の重力測定、乾燥、重量の差異の測定を行い、土壌の水分量を算定する方法である。 専門家による情報提供 ● 土壌水分張力の測定の場合、張力計の代替品を容易に利用できる。 ● 水銀張力計に必ず水銀圧力計が付属しているのであれば、張力計は既に附属書 A の圧力計禁止規定により事実上禁止されているのか？これは重要な問題であり明らかにする必要があるが、この点、編集文書は明確さに欠ける。
5.(i) 代替製品の技術的な実現可能性に関する情報	● 欧州のある水銀圧力計メーカーからの情報によれば、水銀圧力計を他の装置で代替不可能な用途はない (リスク評価専門家委員会及び社会経済分析専門家委員会、2011)。 ● ブルドン管圧力計は、水銀圧力計よりも堅牢で、高圧測定に適している (リスク評価専門家委員会及び社会経済分析専門家委員会、2011)。 ● ダイヤフラム式圧力ゲージの正確性は、従来の水銀圧力計と同等である。 ● 電気式圧力計は普及しており、メンテナンス回数の削減や専門技術の必要性の低減など、水銀圧力計と比較した場合の利点がある。

	重量法は多くの時間と作業を必要とするが、正確でコストは低い。
5.(ii) 代替製品の経済的な実現可能性に関する情報	一般的に、水銀圧力計よりも代替品の方が安価である (リスク評価専門家委員会及び社会経済分析専門家委員会、2011)。2006 年時点の水銀圧力計の価格は約 108 ユーロ、ブルドン管圧力計の価格は 54～122 ユーロ、ダイヤフラム式圧力ゲージの価格は 30～76 ユーロであった。 電気式圧力計は例外で、同等の圧力範囲の水銀圧力計に比べて価格が 3～4 倍であった (リスク評価専門家委員会及び社会経済分析専門家委員会、2011)。
6. 代替製品の環境及び健康リスク、便益に関する情報	水銀圧力計/張力計は、水銀を充填していない状態で納品され、使用者が水銀を充填する (リスク評価専門家委員会及び社会経済分析専門家委員会、2011)。破損による放出のリスクも想定されるが、最も高い放出リスクは廃棄中に発生する。 圧力計における代替液体の使用に関連するリスクはなく、また、電気式代替品に関連するリスクは重大なものではない (リスク評価専門家委員会及び社会経済分析専門家委員会、2011)。
7. 上記以外で、条約の第 4 条第 4 項に従って水銀添加製品に関して提出する追加情報(例: 製造や一般取引に関する情報など)	
8. 決定 MC-3/1 に定められたその他の関連情報	EU 化学物質の登録・評価・認可・制限に関する規則 1907/2007 (REACH) により、工業用ならびに業務用の水銀含有張力計は、2014 年 4 月以降は上市が禁止されている。 この規則は、水銀を充填する目的で製造され、水銀が空の状態ですり市される張力計に対しても適用される。また、電気圧力計は、最大水銀含有量が 0.1%を超える電気・電子機器の上市を禁止する RoHS 指令の規則の対象である。 米国 EPA は、有害物質規制法 (TSCA) により、気圧計、圧力計、湿度計及び乾湿計における水銀元素の使用に関して、重要新規利用規則 (SNUR) を公布し、同規則は 2012 年 6 月 29 日付けで発効した。これにより、この最終規則で重要新規利用と指定された活動を目的として水銀元素の製造 (輸入を含む) または加工を行う意図がある者は、当該活動を開始する最低 90 日前に EPA に届出を行わなければならない。所定の届出により、EPA は意図された使用を評価し、さらに、必要な場合は、当該活動の発生よりも前に当該活動を禁止または制限することができる。

	米国 EPA は、流量計、天然ガス圧力計及びパイロメーターにおける元素水銀の使用に関して、別の SNUR (2010 年 8 月 20 日付け発効) を公布した。 ZMWG セルビア国内では、工業用及び業務用の張力計は、2018 年 10 月 1 日以降は上市されていない。
--	---

9. 参考文献

- Committee for Risk Assessment and Committee for Socio-economic Analysis, 2011. Background document to the opinions on the Annex XV dossier proposing restrictions on Mercury in measuring devices. [Online] Available at: <https://echa.europa.eu/documents/10162/20f4ee0a-6bcf-4ed0-a271-6674cd333710>
- COWI, 2008. Options for reducing mercury use in products and applications, and the fate of mercury already circulating in society. [Online] Available at: http://ec.europa.eu/environment/chemicals/mercury/pdf/EU_Mercury_Study2008.pdf
- ECHA, 2010. Annex XV Restriction Report: Proposal for a restriction. [Online] Available at: https://echa.europa.eu/documents/10162/13641/annex_xv_restriction_report_mercury_en.pdf/e6f7cce2-ecf4-49cc-ba4e-34bb2c60b4a5
- Kirkham, M., 2005. Tensiometers. [Online] Available at: <https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/tensiometers>
- Minamata Initial Assessment for Serbia, 2018, Available at https://www.researchgate.net/publication/330514455_Mercury_initial_assessment_for_the_Republic_of_Serbia

水銀液柱型圧力計

1. 水銀添加製品の分類	非電気式の計測器
2. 製品の具体的な内容	水銀液柱型圧力計
3. 製品の使用に関する情報	・水銀の密度（比重）、高さ、重力加速度を利用して正確な圧力を計ることができる圧力計。 ・水銀使用量は平均 1,500g／個である。高精度圧力計の校正やアネロイド型血圧計の検査など、主に研究機関や圧力計の校正に用いられる。 ・校正用途であり装置等に組み込まれることはない。
4. 水銀代替製品（又は低含有製品）の利用可能性に関する情報	・計量法の検定制度を利用する場合、基準液柱型圧力計が必要となるため、水銀の代替製品は困難である。
5.(i) 代替製品の技術的な実現可能性に関する情報	・同等の性能を持たせるため、水銀に変わる液体が存在せず代替できない。受注に応じた製造の要望がある。
5.(ii) 代替製品の経済的な実現可能性に関する情報	
6. 代替製品の環境及び健康リスク、便益に関する情報	
7. 上記以外で、条約の第 4 条第 4 項に従って水銀添加製品に関して提出する追加情報(例：製造や一般取引に関する情報など)	・国内における製造者は 2 社である。
8. 決定 MC-3/1 に定められたその他の関連情報	水銀液柱型圧力計は、水俣条約のフェーズアウト期限（2020 年末）以降、国内の水銀汚染防止法により規制される。水俣条約附属書 A において適用除外とされる「研究、計測器の校正及び参照の標準としての使用を目的とする製品」は、水銀汚染防止法においても規制対象外となる（審査において、左記用途の該非によって適用除外の対象範囲が判断される）。 専門家による情報提供 EUにおいては、科学的研究開発での使用を除き、あらゆるタイプの水銀含有圧力計が REACH規則により禁止されている。利用可能な無水銀代替品があり、使用されている（ECHA 2011）。 ECHA. (2011). Background document to the opinions on the Annex XV dossier proposing restrictions on Mercury in measuring devices

	• 米国 EPA は、有害物質規制法 (TSCA) により、気圧計、圧力計、湿度計及び乾湿計における水銀元素の使用に関して、重要新規利用規則 (SNUR) を公布し、同規則は 2012 年 6 月 29 日付けで発効した。これにより、この最終規則で重要新規利用と指定された活動を目的として水銀元素の製造 (輸入を含む) または加工を行う意図がある者は、当該活動を開始する最低 90 日前に EPA に届出を行わなければならない。所定の届出により、EPA は意図された使用を評価し、さらに、必要な場合は、当該活動の発生よりも前に当該活動を禁止または制限することができる。 • 米国 EPA は、流量計、天然ガス圧力計及びパイロメーターにおける元素水銀の使用に関して、別の SNUR (2010 年 8 月 20 日付け発効) を公布した。
9. 参考文献	・情報収集は圧力計・温度計の国内の製造者の団体へのアンケート調査を通じて行った。

高温用ダイヤフラムシール圧力計

1. 水銀添加製品の分類	非電気式の計測器
2. 製品の具体的な内容	高温用ダイヤフラムシール圧力計
3. 製品の使用に関する情報	・高温・高圧力という過酷な状態で熔融状態にある物質の圧力を測る計測器。 ・水銀使用量は平均 40～50g／個である。化学繊維・化学樹脂機械、射出型樹脂成型機の一部として使用されている。
4. 水銀代替製品(又は低含有製品)の利用可能性に関する情報	・230℃未満で使用する圧力計については代替製品(シリコンオイル)において代替されている。
5.(i) 代替製品の技術的な実現可能性に関する情報	・230℃以上での圧力測定、目量5MPa 以下で使用するものについては、代替が存在しない。
5.(ii) 代替製品の経済的な実現可能性に関する情報	・230℃以上での圧力測定、目量5MPa 以下で使用するものについては、水銀の代替製品開発は技術的にも経済的にも困難である。
6. 代替製品の環境及び健康リスク、便益に関する情報	
7. 上記以外で、条約の第4条第4項に従って水銀添加製品に関して提出する追加情報(例:製造や一般取引に関する情報など)	・国内における製造者は2社である。
8. 決定 MC-3/1 に定められたその他の関連情報	・高温用ダイヤフラムシール圧力計(230℃以上での圧力測定、目量5MPa 以下で使用するもの)は、水俣条約のフェーズアウト期限(2020年末)以降も日本国内での製造等が可能である(水銀汚染防止法施行令の規制対象外)。
9. 参考文献	・情報収集は圧力計・温度計の国内の製造者の団体へのアンケート調査を通じて行った。

マクラウド真空計

1. 水銀添加製品の分類	非電気式の計測器
2. 製品の具体的な内容	マクラウド真空計
3. 製品の使用に関する情報	・毛細管部の残留気体を回転させることにより圧縮させ、生じた液柱差によって真空度を測定できる真空計。 ・測定範囲は 0.1Pa～1,300Pa(対数目盛)。透明なガラスのゲージ管の中に作動液として水銀を充填して使用する。 ・水銀使用量は約 135g／台である。 ・化学プラント(真空蒸留)、製鉄所(真空熱処理)、大学等で使用されている。真空中に置いて計測する場合や、ゴム管等で接続して計測する場合がある。 ・組込製品はほとんどない。
4. 水銀代替製品(又は低含有製品)の利用可能性に関する情報	・熱伝導方式の真空計を代替品として開発中である。
5.(i) 代替製品の技術的な実現可能性に関する情報	・開発中の代替品はマクラウド真空計と同じ測定領域であるが、電気を使わないマクラウド真空計に対し、外部電源で駆動するため、防爆には対応できない。 ・また、センサー部の耐久性(温度変化や電・磁場が激しい環境下での使用、振動の激しい環境下や飛沫の多い環境下での使用への対応)に課題がある。
5.(ii) 代替製品の経済的な実現可能性に関する情報	・代替品の価格はマクラウド真空計の約 1.5 倍するため、価格差が課題である。
6. 代替製品の環境及び健康リスク、便益に関する情報	
7. 上記以外で、条約の第 4 条第 4 項に従って水銀添加製品に関して提出する追加情報(例: 製造や一般取引に関する情報など)	・国内における製造者は 1 社である。 専門家による情報提供 ・ EUにおいては、科学的研究開発での使用を除き、あらゆるタイプの水銀含有圧力計が REACH規則により禁止されている。利用可能な無水銀代替品があり、使用されている(ECHA 2011)。 ECHA. (2011). Background document to the opinions on the Annex XV dossier proposing restrictions on Mercury in measuring devices

	- 米国 EPA は、有害物質規制法 (TSCA) により、気圧計、圧力計、湿度計及び乾湿計における水銀元素の使用に関して、重要新規利用規則 (SNUR) を公布し、同規則は 2012 年 6 月 29 日付けで発効した。これにより、この最終規則で重要新規利用と指定された活動を目的として水銀元素の製造 (輸入を含む) または加工を行う意図がある者は、当該活動を開始する最低 90 日前に EPA に届出を行わなければならない。所定の届出により、EPA は意図された使用を評価し、さらに、必要な場合は、当該活動の発生よりも前に当該活動を禁止または制限することができる。 - 米国 EPA は、流量計、天然ガス圧力計及びパイロメーターにおける元素水銀の使用に関して、別の SNUR (2010 年 8 月 20 日付け発効) を公布した。
8. 決定 MC-3/1 に定められたその他の関連情報	・マクラウド真空計 (計ることのできる最大圧力が 1,300Pa 以下、目量が 300Pa 以下) は、水俣条約のフェーズアウト期限 (2020 年末) 以降も日本国内での製造等が可能である (水銀汚染防止法施行令の規制対象外)。
9. 参考文献	・情報収集は科学機器の国内の製造者の団体へのヒアリング調査を通じて行った。

U 字型真空計

1. 水銀添加製品の分類	非電気式の計測器
2. 製品の具体的な内容	U 字型真空計 これらの計器は圧力計の一種である。
3. 製品の使用に関する情報	・ガラス製の U 字管の一方を封じ、真空中に排気して封じた差圧計で、液柱の高さの差から気体の圧力を直接測ることのできる真空計。測定範囲は 200Pa～28,000Pa。目量 200Pa (等間隔、目盛間隔は約 1mm) ・透明なガラスのゲージ管の中に作動液として水銀を充填して使用する。 ・水銀使用量は約 50g/台である。 ・化学プラント (真空蒸留)、製鉄所 (真空熱処理)、大学等で使用されている。真空中に置いて計測する場合や、ゴム管等で接続して計測する場合がある。 ・組込製品はほとんどない。
4. 水銀代替製品 (又は低含有製品) の利用可能性に関する情報	・代替品として、隔膜真空計が 2012 年から販売されており、U 字型真空計の多くがこの代替製品で置き換わっている。

5.(i) 代替製品の技術的な実現可能性に関する情報	・代替品の精度は U 字型真空計と同等の性能があるが、防爆対応はできていない。
5.(ii) 代替製品の経済的な実現可能性に関する情報	・代替品の価格は U 字型真空計の 3 倍以上するため、価格差が課題である。
6. 代替製品の環境及び健康リスク、便益に関する情報	
7. 上記以外で、条約の第 4 条第 4 項に従って水銀添加製品に関して提出する追加情報(例: 製造や一般取引に関する情報など)	・国内における製造者は 1 社である。
8. 決定 MC-3/1 に定められたその他の関連情報	・U 字型真空計(計ることのできる最大圧力が 66,000Pa 以下、目量が 200Pa 以下)は、水俣条約のフェーズアウト期限(2020 年末)以降も日本国内での製造等が可能である(水銀汚染防止法施行令の規制対象外)。 専門家による情報提供 • EUIにおいては、科学的研究開発での使用を除き、あらゆるタイプの水銀含有圧力計が REACH規則により禁止されている。利用可能な無水銀代替品があり、使用されている(ECHA 2011)。 ECHA. (2011). Background document to the opinions on the Annex XV dossier proposing restrictions on Mercury in measuring devices • 米国 EPA は、有害物質規制法 (TSCA) により、気圧計、圧力計、湿度計及び乾湿計における水銀元素の使用に関して、重要新規利用規則 (SNUR) を公布し、同規則は 2012 年 6 月 29 日付けで発効した。これにより、この最終規則で重要新規利用と指定された活動を目的として水銀元素の製造(輸入を含む)または加工を行う意図がある者は、当該活動を開始する最低 90 日前に EPA に届出を行わなければならない。所定の届出により、EPA は意図された使用を評価し、さらに、必要な場合は、当該活動の発生よりも前に当該活動を禁止または制限することができる。 • 米国 EPA は、流量計、天然ガス圧力計及びパイロメーターにおける元素水銀の使用に関して、別の SNUR (2010 年 8 月 20 日付け発効) を公布した。
9. 参考文献	・情報収集は科学機器の国内の製造者の団体へのヒアリング調査を通じて行った。

附属書 A に従って段階的に廃止される非電気式の計測器

1. 水銀添加製品の分類	非電気式の計測器
2. 製品の具体的な内容	
3. 製品の使用に関する情報	ウガンダ <u>ウガンダにおける環境への水銀投入量の推計 (2018年MIA報告書)</u> - 水銀含有温度計の廃棄時: 21 kg/Hg/年 - 圧力計及びゲージの廃棄時: 205kg/Hg/年 <u>使用に関する情報</u> - ウガンダ国内では、研究分析、環境モニタリング、医療、学術、製造、気象予報、農業など様々な分野で、計測器は広範囲に使用されている。利用可能な無水銀代替品としては、アルコール (スピリット) 温度計、デジタル温度計、オシロメトリック式血圧計などがある。このような無水銀計測器の多くは、業界基準や較正その他の性能関連要求事項にも適合している。 - 医療分野などいくつかの分野において、水銀添加計測器から無水銀計測器への切替は、世界的にも注目されている。このため、世界保健機関 (WHO) は、医療施設での無水銀計測器への切替の推進に対する重点的な取り組みを実施している。実際に、WHOは2015年に発行した文書で、水銀含有温度計及び血圧計の段階的廃止に関する国家戦略の概要を示した。⁷ モンテネグロ モンテネグロ国内では、水銀添加製品の製造は行われていない。非電気式の計測器などの輸入品の数量に関する 2019 年の情報はあるが、これらの関税番号の大半は、幅広い製品種類を含んでいるため、水銀含有に関する正確な情報を把握することができない。モンテネグロは、水銀添加製品に対する HS コードの使用を受け入れている。 専門家による情報提供 (温度計) インドネシア国内で使用されている最も一般的な水銀温度計は、体温計である。体温計は主に、球部、球部に繋がる棒状の部分または毛細管、目盛り、ならびに本体部分で構成される。球部には水銀が封入されており、測定対象の温度の上昇によって、この水銀が膨張して棒状部分を通っていく仕組みになっている。

	る。球部、棒状部分及び目盛りを含む本体部分は通常はガラス管で、このガラス管の棒状部分に沿った目盛りが、摂氏及び華氏の両方の単位で温度数を示す。この温度計は破損しやすいため、メーカーは一般的に保護ケース付きの製品として提供している。 体温計は、家庭と医療施設の両方において、人間ならびに動物/ペットの体温測定のために使用されている。日・ASEAN 統合基金からの資金提供によって現在インドネシア及びフィリピンで実施中の事業、すなわち水銀含有医療用計測器の代替及び環境上適正な管理 (ESM) のための能力開発事業の中間結果報告によれば、インドネシア国内の医療分野で使用されている体温計の相対分布の内訳は、保健所 (71%)、病院 (18%)、診療所 (6.5%)、残りは個人開業その他となっている。また、この事業中間結果報告では、水銀含有温度計のうち約 84%は既に切替を完了していることが確認された。残りは 2020 年末までに切替が行われる見込みである。 (血圧計) 血圧計は、家庭と医療施設の両方において、人の血圧測定のために使用されている。日・ASEAN 統合基金からの資金提供によって現在インドネシア及びフィリピンで実施中の事業、すなわち水銀含有医療用計測器の代替及び環境上適正な管理 (ESM) のための能力開発事業の中間結果報告によれば、インドネシア国内の医療分野で使用されている血圧計の相対分布の内訳は、保健所 (71%)、病院 (18%)、診療所 (6.5%)、残りは個人開業その他となっている。現状で、デスク式血圧計の 76%及びスタンド式血圧計の 86%は段階的廃止を達成している。残りは 2020 年末までに排除される見込みである。
4. 水銀代替製品(又は低含有製品)の利用可能性に関する情報	ウガンダ <u>無水銀の気圧計製品</u> • <u>アネロイド</u> • <u>デジタル</u> • <u>フォルタン</u> <u>無水銀の圧力計製品</u> • <u>アネロイド</u> • <u>デジタル</u> <u>無水銀の湿度計製品</u> • <u>データロガー</u> <u>無水銀の温度計製品</u> • <u>デジタル</u>

	• アルコール / スピリット 特殊用途の電気式及び組み合わせ製品 (例: データロガー、温度/導電率計、など) ガリウム-スズ • 赤外線 (実験研究室) • 標準白金抵抗 • 鼓膜/側頭 (臨床用) <u>無水銀の血圧計</u> • アネロイド • デジタル WHO より提出された情報 WHOの参考文献: https://apps.who.int/iris/handle/10665/331749 - アネロイド型血圧計: カフ内の空気圧を調節するための膨張バルブがチューブで圧力計に接続される構造の圧力計を備えた手動式BPMD。圧力計の先端には、カフ圧を測定値に変換するための機械部品がある。 - 自動BPMD: カフを自動的に膨張、収縮させた後に血圧を推定し、その値を電子ディスプレイに表示する装置。半自動装置は手動で膨張させる必要がある。 - 半自動BPMD: 手動でカフを膨張させ、電子的にカフを収縮させることで動作する装置。他の電子機器と同様に血圧を推定する。バルブによりカフを手動で膨張させるため、省エネである。 - 血圧計: カフ、放出弁付き膨張バルブ、圧力計 (通常、水銀柱またはアネロイドダイヤル式のいずれか) から成る動脈圧測定用医療機器。
--	---

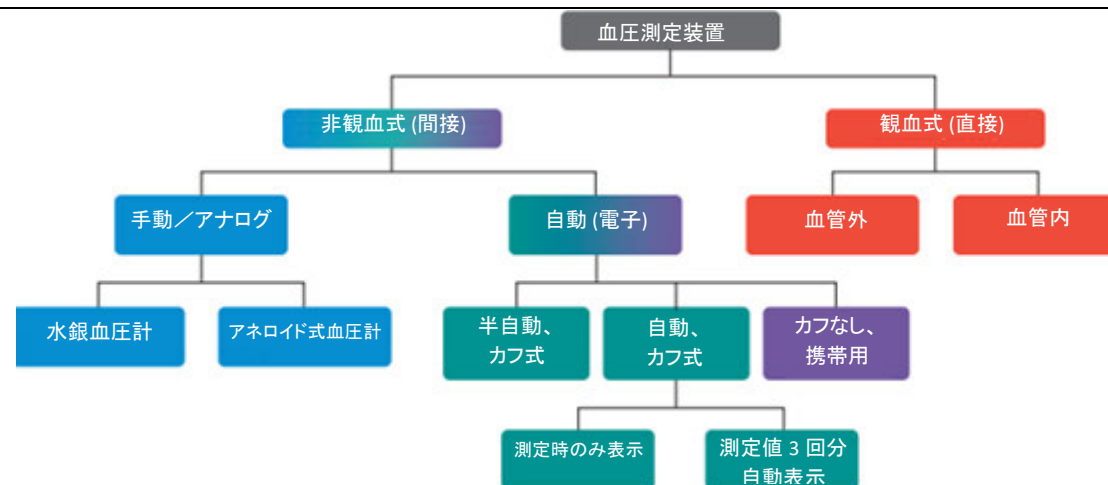


図 2 主な血圧測定手段

医療用計測器に関する WHO の文書

WHO 技術仕様: 非観血式カフ式自動血圧計 (2020)

<https://apps.who.int/iris/handle/10665/331749>

本文書は、様々な種類の血圧計の定義などの詳細な情報が記載されている。

水銀温度計及び血圧計の代替に関する技術的ガイダンス (2011)

<https://apps.who.int/iris/handle/10665/44592>

WHO は、血圧計に関する 2020 年の新規文書の補足として、温度計に関する技術仕様文書を作成する予定である。

水銀に関する水俣条約を反映した、医療分野における水銀含有温度計及び血圧計の段階的廃止に関する国家戦略の策定: 重要検討項目ならびに各段階に対するガイダンス

<https://apps.who.int/iris/handle/10665/259448>

- (会議での質問に対する回答) 赤外線温度計の電池寿命は、装置によって異なるが、通常は、ウェブサイトまたは製品パッケージに記載のメーカー仕様説明に含まれている。

5.(i) 代替製品の技術的な実現可能性に関する情報	ウガンダ ・ウガンダにおいては、代替品の存在に関する消費者の知識は限定的である。 ・一覧に掲出された非電気式計測器の輸入に関する政策的な制限は限定的である。 ・代替品の使用/輸入に対するインセンティブがない。 ・代替品の採用を促進する制度的な枠組みは存在している。
5.(ii) 代替製品の経済的な実現可能性に関する情報	ウガンダ ・代替品は、水銀含有品よりもコストが一般的に高い。 ・代替品は主に輸入品であるため、輸入関税コストが消費者価格に上乗せされる。
6. 代替製品の環境及び健康リスク、便益に関する情報	
7. 上記以外で、条約の第4条第4項に従って水銀添加製品に関して提出する追加情報(例:製造や一般取引に関する情報など)	
8. 決定 MC-3/1 に定められたその他の関連情報	モンテネグロ ・モンテネグロ国内の廃棄物管理に関しては、電気・電子廃棄物の回収・処理制度の確立のための手順に対する命令 (モンテネグロ政府官報 No. 24/12) は電気・電子廃棄物の前処理について規定し、また、電気・電子機器に含まれる有害物質の上限値に関する規則集 (モンテネグロ政府官報 No. 067/18) では、電気・電子製品に含まれる有害物質 (特に水銀に関して) の上限値、廃棄物分類の指定、ならびにこれらの製品に関係した廃棄物管理の方法を規定している。 ZMWG セルビアにおいては、化学品に関する国内法令により、水銀及び水銀化合物の使用、上市及び製造の禁止ならびに制限を定めている。この国内法令は、化学品の製造 (「政府官報 RS」No. 90/2013, 25/2015, 2/2016 及び 44/2017)、上市及び使用の禁止ならびに制限に関する規則集の法的根拠となった。なお、この規則集は、EU 規則 No. 1907/2006 (REACH) 附属書 XVII に調和した規則である。 この規則集により、以下に示す水銀添加製品を上市してはならない: (a) 体温計 (b) 一般消費者向け販売用のその他の計測器 (圧力計、気圧計、血圧計、体温計以外の温度計、など)。

	この制限は、2011 年 7 月 5 日より後に上市された計測器に適用される。 以下に示す工業用及び業務用の水銀含有計測器は、2018 年 10 月 1 日より後は上市されていない: (a) 気圧計 (b) 湿度計 (c) 圧力計 (d) 血圧計 (e) 温度計ならびにその他の非電気式温度測定製品。 水銀が充填されていない状態で上市された (a) ~ (e) の計測器に対しても、規制が適用される。
9. 参考文献	ウガンダ •Developing National Strategies for Phasing Out Mercury Containing Thermometers and Sphygmomanometers in Health Care, Including in the Context of the Minamata Convention on Mercury, World Health Organization, 2015. Available at http://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/WHOGuidanceReportonMercury2015.pdf?ua= •UNEP (2013): Minamata Convention on Mercury. Available at http://www.mercuryconvention.org •Minamata Initial Assessments report, 2018 •Mercury Learn - HS codes (2015); COMTRADE database ZMWG Minamata Initial Assessment for Serbia, 2018, Available at https://www.researchgate.net/publication/330514455_Mercury_initial_assessment_for_the_Republic_of_Serbia

その他の電子装置

カナダ、EU、及びその他の利害関係者 (IPEN)

1. 水銀スリップリング
2. pH 計測器の校正用参照電極
3. 赤外線検出器
4. 毛細管システムを利用した溶融圧力変換器、トランスミッター及びセンサー
5. 水銀真空ポンプ(但し、非電気式装置を含む)
6. 放射光検出器

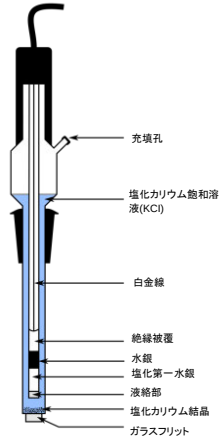
1. 水銀添加製品の分類	スイッチ、継電器及びその他電気式の装置
2. 製品の具体的な内容	1. 水銀スリップリング
3. 製品の使用に関する情報	別々の工業用機器の固定子 (静止) 側と回転子側の間で、信号と電流を伝送する360度回転式装置である。この製品は、電流及び信号の伝達媒体として、常温で液体の水銀を使用している。
4. 水銀代替製品(又は低含有製品)の利用可能性に関する情報	カナダ 無水銀スリップリングのメーカーは多く、あらゆる形状やサイズの製品が一般的に利用可能である。 • <u>導電性ブロック式スリップリング</u>: 電力または簡単な信号の伝送を行う簡易技術用途で主に使用される。カーボンブラシまたは金属合金ブラシを使用して信号伝送を行う。 • <u>ファイバーブラシ式スリップリング</u>: サイズも豊富で、多様な用途に適している。異なる金属ファイバーのブラシにより、回転リングから電力と信号が伝送される。金属ファイバーブラシは柔軟性に優れ、高い接触性と摩耗耐性を確保している。鋼とその他の一般的な金属の合金が通常は電力伝送用として使用される。酸化の発生がなく、長期的な品質の維持が可能な金の特性により、信号伝送用としては金合金が使用される。 • <u>ワイヤレス式スリップリング</u>: 電力と信号の伝送においては、容量性あるいは誘導性のカップリング原理を使用している。 • <u>光ファイバー式スリップリング (光ファイバー式ロータリージョイント)</u>: ワイヤレス式スリップリングの光学的な同等品。光ファイバーを使用し、両端の間で光波が同期される。 • <u>液体金属式スリップリング</u>: 水銀の代わりにガリウム合金を使用した製品も利用可能である。 IPEN

	工業用機器の回転子と固定子の間の信号伝送用水銀スリップリングの代替品は、容易に利用可能である。
5.(i) 代替製品の技術的な実現可能性に関する情報	カナダ - 水銀スリップリングと比較した場合、導電性ブロック式スリップリングの方が、同一回路の場合の重量と体積が大きく、静電容量も大きく、クロストークが多く、かつ、寿命が劣り、定期メンテナンスを必要とする。塵や埃がある場合、スパークが発生することもある。導電性ブロック式スリップリングは安価で、ブラシとリングを別々に利用できるため、機械組立品用に社内でのカスタマイズを容易に実施可能である。¹ - ファイバーブラシ式スリップリングは、使用中の柔軟性に富み、高電力伝送から高周波信号伝送まで様々な用途で使うことができる。ファイバーブラシ式スリップリングは、体積・電流比に優れ、メンテナンスはほぼ不要である。¹また、高周波電気信号伝送部があり、騒音の発生が少ない。この製品は、導電性ブロック式スリップリングよりも高価だが、水銀スリップリングの価格と同等である。 - ワイヤレス式スリップリングには標準的な機械部品がないが、むしろこのため、過酷な使用環境でも回復が早く、維持メンテナンスをあまり必要としない。しかし、機械式スリップリングに比べると、コイル間で伝送可能な電力量がやや少ない。ワイヤレス式スリップリングは一般的に、他のスリップリングよりも効率が低く、効率損失は2つのコンポーネントの間の距離に比例する。便益としては、ワイヤレス式スリップリングの配置では数多くの構成が可能な点があげられる。また、高い回転速度が必要な用途で、メンテナンス時のアクセスを十分確保できない場合に適している。¹ワイヤレス式スリップリングは、機械式スリップリングよりも高価ではあるが、スリップリングのメーカー各社は、より高度なワイヤレス式スリップリング技術の開発への投資を最も積極的に行っている。²この技術の発展に伴うコストの低減が見込まれている。 - 光ファイバー式ロータリージョイントでは、ファイバーから伝送された信号に影響することなく、1本以上の光ファイバーの連続回転が可能である。この製品は、無撚線ケーブルが必要な用途での効果が最も大きい。単一チャンネル式ロータリージョイントは、比較的簡単なコンパクトな構造であるが、高速回転が可能で、信頼性も高く、経時的な性能損失もほとんどない。多チャンネル式ロータリージョイントは、非常に高い性能が要求される場合には、構造がかなり複雑になり、手作業による配置が必要になることがある。¹光ファイバー式ジョイントは、回転組立品の中心として、他の回転部品に組み込まれている場合が多い。この製品の価格は非常に高く、価格はロータリージョイント完成組立品の全体寸法に関係している。 - 水銀は-40℃で固化するため、水銀スリップリングの使用は制限される。他の種類のスリップリングは、この制限を受けない。

	一般社団法人日本分析機器工業会(JAIMA) ACIST IVUS内の水銀ベースの電気回転コネクタ (すなわちスリップリング) 部品は、現在のところRoHS指令対応部品に置き換えることができなかった。これは、RoHS指令の適用除外42 (高周波モード (50MHz超) が可能な血管内の超音波イメージングシステムに使用される電気回転コネクタ中の水銀) (参考文献3) に該当する。他のスリップリングでも、特殊な用途で水銀を使用しているものがある。
5.(ii) 代替製品の経済的な実現可能性に関する情報	該当なし
6. 代替製品の環境及び健康リスク、便益に関する情報	該当なし
7. 上記以外で、条約の第4条第4項に従って水銀添加製品に関して提出する追加情報(例:製造や一般取引に関する情報など)	該当なし
8. 決定 MC-3/1 に定められたその他の関連情報	該当なし
9. 参考文献	1. Servotechnica. (2017) What is a slip ring. 2. Research and Markets. (2019). Global slip rings market 2019-2023. JAIMA Assistance to the Commission on Technological Socio-Economic and Cost-Benefit Assessment Related to Exemptions from the Substance Restrictions in Electrical and Electronic Equipment(RoHS Directive) Final Report – Pack P108 https://rohs.exemptions.oeko.info/fileadmin/user_upload/RoHS_Pack_16/Excerpt_Oeko-Institut_report_2014_AnnexIV_Ex_42.pdf

1. 水銀添加製品の分類	スイッチ、継電器及びその他電気式の装置
--------------	---------------------

2. 製品の具体的な内容	2. pH 計測器の校正用参照電極
3. 製品の使用に関する情報	既知の安定した電位を持つ電極で、電気化学測定で使用される。参照電極を使用することで、作用電極の電位または指示電極の測定の制御が可能になる。¹ 水銀含有参照電極としては、カロメル (Hg/Hg₂Cl₂)、硫酸第一水銀 (Hg/Hg₂SO₄) 及び 酸化第二水銀 (Hg/HgO) の電極がある。カロメル電極はpH測定で一般的に使用され、硫酸第一水銀電極は、その他の電位差測定、例えば、銀、ハロゲン化合物及び化学的酸素要求量などの滴定で使用される。² 専門家のコメント 参照電極は、電気化学測定の主要な条件において実質不変の電位を維持するため、指示 (または試験) 電極あるいは作用電極の電位の観測、測定または制御を可能にする (IUPACによる定義¹⁴)。参照電極は一般的にpH電極と組み合わせて使用され、試験研究所や工業プロセスあるいは現場で、水溶液などの液体の酸性度の測定のために使用される。参照電極のその他の用途としては、酸化電位 (または酸化還元電位) 及び特定のイオン濃度 (塩化物など) の電位差の算定などがある。 参照電極の種類はいくつかある。最も重要とされる標準水素電極 (SHE) の電位は、定義上ゼロである。その他のすべての電極の電位は、SHE を基準に決定される。気体水素を使用するため、SHE の実際の取り扱いが難しい。このため、銀/塩化銀参照電極の方が一般的に広く使用されている。 市販されている水銀含有参照電極は、少なくとも次の三種類がある： • (飽和) カロメル電極 (SCE) (塩化第一水銀または Hg₂Cl₂を含む)、低塩化水銀塩化物電極とも呼ばれる • 酸化水銀電極 (HgO) • 硫酸第一水銀電極 (Hg₂SO₄、水銀-硫酸第一水銀電極とも呼ばれる) カロメル電極は、別の種類による置き換えが進むまでは、参照電極として最も一般的に使用されていた。¹⁵

	 図 1: カロメル電極の主要構成部 (出典: Wikipedia.org)
4. 水銀代替製品(又は低含有製品)の利用可能性に関する情報	カナダ 無水銀代替品はガラス製で、塩化カリウム (KCl) 内部液、銀/ 塩化銀 (Ag/AgCl₂) の内極を含む。3, 4, 5, 4, 5, 6 カナダ国内では水銀含有電極の使用の段階的廃止がほぼ完了しているようであるが、この水銀含有電極からの撤退の動きは、人の健康に対するリスク、取り扱い上の追加対策及び水銀に関連した廃棄費用が原因と考えられる。無水銀電極は、カナダ国内のどの大手科学機器供給者からも入手可能であり、また、一部の供給者は水銀含有電極の提供を既に取りやめている。 一般社団法人日本分析機器工業会(JAIMA) 銀/塩化銀電極は、ほとんどの用途で塩化水銀電極の代わりとなっているが、低塩化物、硫酸水銀、酸化水銀の代替にはなれない(参考文献5)。これは、RoHS指令の適用除外1d(参照電極中の水銀: 低塩素の塩化水銀、硫化水銀、酸化水銀)に該当する。
5.(i) 代替製品の技術的な実現可能性に関する情報	カナダ 水銀含有電極は、塩化カリウム中で最も安定した電位を示すが、塩化水銀の信頼温度範囲は狭い。60°Cを超えると、分解を開始する。無水銀電極は、広い温度範囲(最大140°C)で使用可能で、加熱滅菌可能である。⁷

	銀/塩化銀電極は、硫化物から影響を受ける可能性があるため、塩化物または銀濃度の化学分析用の参照電極としては直接使用することができない。ただし、バリアを設置することにより、硫化物環境及びその他の金属イオン環境での銀/塩化銀電極の使用が可能になる。無水銀代替品は、一般的に水銀含有電極よりもやや高価であるが、ボディ形状の種類が豊富で（水銀含有電極の形状は限定的）、再充填が可能である。⁸ 温度変動に対する感受性を大幅に低減させた新型のヨウ素/ヨウ化物システムも開発されている。^{7, 12}ヨウ素/ヨウ化物システムは、銀及びその他の重金属を使用していないため、トリス緩衝液やタンパク溶液の測定に便利であり、バリアの設置が必要となる銀/塩化銀参照電極とは対照的である。^{7, 11}ヨウ素/ヨウ化物システムは、他の代替品よりもかなり高価であるが、塩化物イオンを使用した分析に適した唯一の方式であり、銀/塩化銀参照電極よりも正確かつ精密である。¹² 専門家のコメント 主要な測定対象の流体の大半は（pH 1～14、水溶液及び非水系の流体、塩化物有り/無し）、上記の電極を使用して、pH ならびにその他の溶液特性の測定が実施可能で、測定の信頼性と追跡可能性も確保できる。カロメル電極から塩化銀電極への切替は、米国薬局方協会からも推奨されている（2017）¹⁶。多くの主要な電極メーカーは、自社の事業での水銀含有電極の取扱いを既に中止しており、塩化銀または独自仕様の参照電極システムの使用を推奨している¹⁵。 特定の溶液の熱力学特性の検証を行う研究活動においては、水銀含有参照電極が必要な場合もある。一部のバッテリー電解液中の水酸化カリウムまたは水酸化ナトリウム高濃度溶液の pH など、極端に高い pH (>14) の溶液特性に対しては、今でも酸化水銀電極が販売されている。業界の情報によると、極端に高いアルカリ性のエッチング液（KOH など）の濃度監視は、導電率、濃度測定、屈折率測定でも測定できるため、電位差測定は不要になるとのことであった。これらの無水銀装置が、酸化水銀電極の適用範囲に完全に対応しているかどうかは、検証する必要がある。 硫酸第一水銀（Hg₂SO₄）電極、参照セルからの塩化物の混入が望ましくない場合は、水銀-硫酸第一水銀電極の使用が指示された。現在は塩化物を含まない参照電極（ヨウ素やヨウ化物など）が利用可能であり、Ag/AgCl 参照電極からの塩化物の放出を阻止するにはダブルジャンクション型の電極で十分であるため、Hg/Hg₂SO₄ 電極の継続的な必要性は疑わしいと思われる。
5.(ii) 代替製品の経済的な実現可能性に関する情報	該当なし

6. 代替製品の環境及び健康リスク、便益に関する情報	カナダ 銀/塩化銀システムの取扱い及び廃棄に関しては、銀は人に対する毒性がないため、特に問題はない。例えば、塩化水銀電極の安全データシートでは、吸入リスクによる急性毒性、生殖毒性及び反復曝露毒性を持つ製品であることが示されている。⁹ 一方、電極内部液としての銀/塩化銀溶液は、皮膚及び眼の刺激性のみが一覧に示されている。¹⁰ ヨウ素/ヨウ化物システムに関しては、ヨウ素/ヨウ化物溶液は人に対する毒性がないため、厳格な取扱いまたは廃棄手順の対象にはならないが、皮膚または気道の刺激性の原因となる場合がある。¹³ 専門家のコメント 水銀含有参照電極の使用は以下に示すリスクを含む： • 製品が破損した場合の、水銀漏洩/汚染 (人の体内または体外) • 計測対象の流体内に水銀で汚染された充填溶液が徐々に拡散することによる、計測溶液の汚染 • 廃棄品/汚染された充填溶液が不適切に廃棄された場合の、水銀漏洩/汚染
7. 上記以外で、条約の第 4 条第 4 項に従って水銀添加製品に関して提出する追加情報(例：製造や一般取引に関する情報など)	該当なし
8. 決定 MC-3/1 に定められたその他の関連情報	該当なし

9. 参考文献

1. Kahlert, H. (2005). Reference electrodes. In: Scholz F. (eds) Electroanalytical Methods. Springer, Berlin, Heidelberg. Available from: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-662-04757-6_14
2. COWI (2008). Options for reducing mercury use in products and applications, and the fate of mercury already circulating in society. Final report for the European Commission prepared by Lassen, C., Holt Andersen, B., Maag, J & Maxson, P.
3. Fisher scientific. (2020). Fisherbrand accumet glass body Ag/AgCl reference electrodes – mercury-free. Available from: <https://www.fishersci.com/shop/products/fisher-scientific-accumet-glass-body-ag-agcl-reference-electrodes-mercury-free-4/p-2903565>
4. Sensorex. (2012). Product specification sheet: Sensorex new ‘calomel free’ epoxy and glass body pH and reference electrodes. Available from: <https://www.sensorex.com/docs/specs/SpecsCalomelFree.pdf>
5. Autolab electrochemical instruments. (N.D.) Autolab application note: reference electrodes and their usage. Available from: <http://www.autolabj.com/appl.files/appl%20note/Apl038.pdf>

6. Fisher scientific. (2020). Fisherbrand accumet epoxy body mercury-free reference electrode. Available from: <https://www.fishersci.com/shop/products/fisher-scientific-accumet-epoxy-body-mercury-free-reference-electrode/p-4950075#?keyword=mercury+sulphate+reference+electrode>
7. YSI (2019). Anatomy of pH electrodes. Available from: <https://www.ysi.com/ysi-blog/water-blogged-blog/2019/02/anatomy-of-ph-electrodes>
8. ThermoFisher Scientific. (N.D.) Essentials of pH measurement. Available from: http://www.ohiowea.org/docs/1500_pH_Seminar_Meiose.pdf
9. Koslow Scientific. (2015). Kit product number: Saturated calomel electrode (SCE), Safety data sheet. Available from https://www.ameteksi.com/-/media/ameteksi/download_links/documentations/supportcenter/princetonappliedresearch/safety_data_sheets/g0115_saturated_calomel_electrode.pdf?la=en
10. ThermoFisher Scientific. (2014). Safety data sheet, Filling solution: 4M KCL saturated with Ag Cl. Available from: <https://www.fishersci.com/shop/msdsproxy?productName=SP135500&productDescription=POTASSIUM+CHLORID+SOL+4M+500ML&catNo=SP135-500&vendorId=VN00033897&storeId=10652>
11. Engineer Live. (2013). Innovative pH electrodes with iodine/iodide reference system. Available from: <https://www.engineerlive.com/content/innovative-ph-electrodes-iodineiodide-reference-system>
12. Fisher scientific. (2020). Sartorius GoldLINE electrodes. Available from: <https://www.fishersci.ca/shop/products/goldline-electrodes/p-5295538>
13. Home science Tools. (2018). Safety data sheet: iodine-potassium iodide solution. <https://www.homesciencetools.com/content/reference/CH-IODINE.pdf>
14. International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC) (2014) Gold book. <https://goldbook.iupac.org/terms/view/R05229>
15. Metrohm (2011) Reference Electrodes and Their Usage. Autolab Application Note EC02. https://www.metrohm-autolab.com/download/Applicationnotes/Autolab_Application_Note_EC02.pdf
16. United States Pharmacopeial Convention (2017) General Chapter Prospectus: <541> Titrimetry. <https://www.uspnf.com/notices/qcp-541-titrimetry>

JAIMA

Review of Directive 2002/95/EC (RoHS) Categories 8 and 9 Final report P61 and P175-177
https://ec.europa.eu/environment/pdf/waste/weee/era_study_final_report.pdf

1. 水銀添加製品の分類	スイッチ、継電器及びその他電気式の装置
--------------	---------------------

2. 製品の具体的な内容	3. 赤外線検出器
3. 製品の使用に関する情報	赤外線検出器は、赤外線 (IR) 放射に反応する検出器である。IR検出器製品は専門性が高く、軍事、科学、セキュリティ、医療、工業及び自動車の各分野の数多くの用途で使用することができる。IR検出器の使用例は以下の通りである：鉄道安全分野、ガス漏れ検知、火災検知、医療用途、石油探査、宇宙探査機運用、温度感知、水及び鋼の分析、ならびに警報システム用動体検知器。 IR検出器の主な種類は、熱検出器ならびに光子反応検出器 (フォトダイオード) の二種類である。熱電対、ボロメーター、サーミスタ、ゴーレイセル及び重水素化硫酸トリグリシン(DTGS) の焦電特性に基づく焦電装置は、熱検出器の例であり、シリコンフォトダイオード、ヒ化インジウムガリウム (InGaAs)、セレン化鉛 (PbSe)、テルル化水銀カドミウム (MCT) ならびに アンチモン化インジウム (InSb) は、光子反応半導体検出器の例である。 専門家のコメント： 赤外線検出器は、可視光よりも長い波長 (700 nm to 1 mm) を持つ電磁放射線 (EMR) を計測する装置である。赤外線検出器は、軍事用途だけでなく数多くの民間用途に使用され、熱効率分析、遠隔温度感知、短距離無線通信、水分測定、分光学、天文学、目標物捕捉、サーベイランス、暗視装置など多くの用途がある。 基本的には次の二つの計測原理がある⁴ - 熱型検出器は、赤外線エネルギーを熱源として活用し、熱による電氣的性質の変化を測定する。熱型検出器は、放射線の波長とは独立して作動し、冷却を必要としないが、応答速度が遅く、感度も低い。 - 量子型または光検出器は、半導体であり、放射線が増えると電気抵抗が減少する。光検出器は、熱型検出器に比べて応答速度が非常に遅く、感度が優れているが、熱雑音を抑制するための冷却が必要となる場合が多い。光検出器システムは、狭いスペクトル帯域幅でのみ使用可能である。 赤外線検出器は、所定の用途で特定の要求事項に応じて選択される。 水銀含有赤外線検出器は、光検出器の分類に属する。その中でも、テルル化水銀カドミウム (MCT) は、最も重要な市販材料である。MCT は、テルル化水銀 (HgTe) とテルル化カドミウム (CdTe) の混合物である。混合比率を変えることで、特定の波長における感度を最適化することができる。このため、MCT検出器は、他のシステムでは不可能な非常に広いスペクトル範囲 (2 – 16 μm) で適用可能である。特に短波及び中波の赤外線スペクトル範囲など、他の種類の半導体では十分に感知できないスペクトル範囲を含んでいる⁵。

4. 水銀代替製品(又は低含有製品)の利用可能性に関する情報	カナダ 検出器及び用途に応じて、この他に利用可能なIR検出器の種類として次のものが含まれる (これらに限定されるものではない): InGaAs (ヒ化インジウムガリウム)、InAs/GaInSb (ヒ化インジウム/アンチモン化ガリウム)、InSb (アンチモン化インジウム)、SiAs (ヒ化ケイ素)、PbSe (セレン化鉛)、InSb (アンチモン化インジウム) 及びSiSb (アンチモン化ケイ素)、ならびにSiGe (シリコンゲルマニウム)。¹ 検出器は、複数の異なる種類の技術を組み合わせて使用している場合もある。また、新型の高性能IR検出器では、グラフェンなどのナノ材料を使用した新技術を使用している。² 報告された IR 検出器製品に対して最適な代替品は、製品の正確な種類及び水銀含有構成部品の性質によって決まる。 ToxEcology社からの2018年の報告によれば、2016年にカナダ国内へのMCT使用検出器の輸入が一部で確認されたが、他の企業は無水銀代替品を使用していた。¹これにより、カナダ国内では無水銀代替品が利用可能であることが示された。 専門家のコメント • 欧州の規制であるRoHS (特定有害物質使用制限) 指令には、赤外線検出器に対する適用除外制度がある。赤外線検出器に含まれる水銀やカドミウムはRoHSの適用除外となっているが、欧州委員会が現在、適用除外を更新する必要がある用途を調査しており、調査結果が出れば確認することができる。欧州RoHS規制の適用除外の更新情報は、ホームページにて確認できる。 https://rohs.biois.eu/requests.html • 専門家は問い合わせに対し、赤外線検出器の実際の水銀含有量については定かではないが、赤外線検出器の機能を実現するために必要な水銀化合物の層はわずかであるため、水銀の絶対量はかなり少なくなるのではないかと回答した。また、赤外線検出機は一般的に、専門家が特殊な状況で使用する何らかの高度な装置の一部である。つまり、赤外線検出器は不適切に廃棄されない限り、一般家庭ゴミになる可能性が低い。一方で、水銀カドミウムテルル (MCT) の代替品は、同じく重金属を含む他の素材であることを忘れてはならない。したがって、これらの代替品の健康、環境上のリスクとメリットを十分に評価する必要がある。 • 一般社団法人日本分析機器工業会(JAIMA) 水銀カドミウムテルル (MCT) は、1970年代に赤外線検出器として開発されたもので、同じ波長域で同等の感度と速度を持つ代替品はまだ見つかっていない。検出器は非常に小さく、10～500mgのMCTを含む。
---------------------------------------	---

	MCTは、6 (InSbの上限) ~20μmの波長に感度を持つ唯一の半導体である。半導体検出器は高感度かつ高速であり、現在市場に出回っている中で最も高精度・高感度な分光器であるフーリエ変換赤外分光器 (FTIR) には特に必須のものである (参考文献5)。RoHS指令の適用除外1C (赤外線検出器の鉛、カドミウム、水銀) に該当する。  図 1: 冷却型赤外線検出器の例 (出典: Wikipedia.org)
5.(i) 代替製品の技術的な実現可能性に関する情報	カナダ 無水銀代替品は、すべての用途に関してMCT使用検出器と同等の性能の確保が可能であり、主要なIR検出器メーカーによって使用されている。^{3, 4}
5.(ii) 代替製品の経済的な実現可能性に関する情報	専門家のコメント: 赤外線検出器の世界市場の規模は、約 5 億米ドルで、今後も著しい成長が見込まれている、という情報がある⁶。MCT 検出器のシェアは不明。
6. 代替製品の環境及び健康リスク、便益に関する情報	カナダ 水銀から鉛化合物への代替は、人の健康または環境の観点から推奨されない。また、水銀化合物からヒ素化合物への代替の適切性に関しても、この代替品の人の健康及び環境へのリスク及び便益の全体的な評価を行うために、更なる検証が必要である。

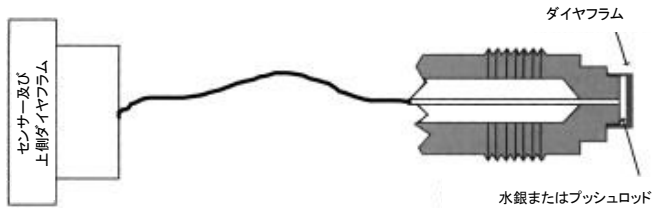
	専門家のコメント: 他に利用可能な IR 検出器は、以下の通りである。 - 熱型検出器 - 光検出器:ヒ化インジウムガリウム (InGaAs)、硫化鉛 (PbS)、セレン化鉛 (PbSe)、ヒ化インジウム (InAs)、アンチモン化インジウム (InSb) 上記の検出器は、一部の用途ではMCT検出器の代替として使用できるが、特徴の違いにより、すべての用途で代替可能というわけではない。
7. 上記以外で、条約の第 4 条第 4 項に従って水銀添加製品に関して提出する追加情報(例:製造や一般取引に関する情報など)	該当なし
8. 決定 MC-3/1 に定められたその他の関連情報	該当なし

9. 参考文献

1. ToxEcology Environmental Consulting Ltd. (2018). Technical background study on products containing mercury in Canada with reference to the recently ratified Minamata Convention on Mercury.
2. Tan, C.L & Mohseni, H. (2017). Emerging technologies for high performance infrared detectors. Nanophotonics, 7(1): 169-197: Available from : <https://www.degruyter.com/downloadpdf/j/nanoph.2018.7.issue-1/nanoph-2017-0061/nanoph-2017-0061.xml>
3. Rogalski, A. (2012). History of Infrared detectors. Opto-Electron. Rev. 20, no.3. 279-308: DOI: 10.2478/s11772-012-0037-7 (e.g. see Table 3) <https://doi.org/10.1088/0034-4885/68/10/R01>;
4. Hamamatsu Photonics. (2011). Infrared Detectors – Technical Information. Available from: https://www.hamamatsu.com/resources/pdf/ssd/infrared_kird9001e.pdf
5. Lynred (2020) Understanding and using infrared technology. https://lynred.com/sites/default/files/2020-05/Livre%20Blanc-Sensibilisation_EN_compressed.pdf
6. Markets and Markets (2020) Infrared Detector Market worth \$683 million by 2025 <https://www.marketsandmarkets.com/PressReleases/ir-detector.asp>

JAIMA

Review of Directive 2002/95/EC (RoHS) Categories 8 and 9 Final report P169-170
https://ec.europa.eu/environment/pdf/waste/wEEE/era_study_final_report.pdf

1. 水銀添加製品の分類	スイッチ、継電器及びその他電気式の装置
2. 製品の具体的な内容	4. 毛細管システムを利用した溶融圧力変換器、トランスミッター及びセンサー
3. 製品の使用に関する情報	溶融圧力変換器、トランスミッター及びセンサーは、製品品質の向上及び機器の損傷の抑制のための正確な圧力測定を可能にする (Dynisco, 2016)。溶融圧力変換器では、伝達媒体 (水銀) を充填した密閉毛細管システム内部で圧力伝達が発生する。図 4に示す通り、このシステムは、ダイヤフラムに加えられた圧力を圧力変換部 (ひずみゲージ付きの上側ダイヤフラム) に伝達する設計になっている。ひずみゲージは、伝達された物理的圧力を電気信号に変換する (Gefran, 2017)。押出成形中の過剰圧力の発生に対しては、この信号変換の過程で圧力変換器による安全確保が有効化され、既定の圧力限界値の超過により、押出成形機の駆動システムのスイッチがオフになる (Bagsik, 2019)。 溶融圧力変換器では、高温時の圧力計測値の伝達能力がある伝達媒体として、水銀が従来は使用されていた。しかしながら、製造過程で水銀漏洩の潜在的なリスクがある。EUでは、指令2011/65/EC (RoHS 指令) により、シリコンオイル及びナトリウムカリウム合金 (NaK) などの不活性無水銀代替品の使用が義務化された (Industry Search, 2019)。他の各国では規則は制定されていないが、EU以外の多くの国でも、グローバル顧客に対する訴求力を持つ無水銀代替品の製造が行われている。 図 4 – 溶融圧力変換器の断面図 (Wagner, et al., 2014)  溶融圧力変換器の水銀含有量は、型式によって異なる。Dynisco 社によれば、同社の圧力変換器の型式 420/460 は、伝達媒体として水銀 7mm³ を含有している。一方、他の会社が発売した型式の水銀充填容量は 30mm³ ~ 40mm³であった (Gefran, 2014)。また、Dynisco 社が提示した別の推計では、圧力変換器 1 個あたりの水銀充填量は 約 0.003 立方インチ (~50mm³)であった (Dynisco, 2016)。
4. 水銀代替製品(又は低含有製品)の利用可能性に関する情報	EU <u>主要な代替品:</u> ナトリウムカリウム合金、シリコンオイル

	水銀式装置は現在でも上市されているが、数多くの代替伝達媒体がある。押出成形加工に対する代替品の適切性を確保するため、代替品が特定の要求事項を満たしていることは必須である。例えば、製品は、耐高温性 (最高 700°F) 及び耐高圧性 (最高 30,000 psi) を持つだけでなく、潜在的に腐食が発生する条件においても機能することができなければならない (Dynisco, 2016)。さらに、水銀の代替物質は、同様の様式で圧力の伝達が可能でなければならない。 伝達媒体として使用される水銀の重要な二つの代替要素は、シリコンオイル及びナトリウムカリウム合金 (NaK) である。ナトリウムカリウム合金は、水銀と同等の品質の圧力伝達が可能である (Gräff, 2015)。一方、Gräff (2015) によれば、シリコンオイルは、水銀と同等の方法では圧力伝達能力に差があるため、必ずしも水銀の代替品として適しているわけではないという。ただし、比較的低い温度が必要な食品及び医療用途においては、シリコンオイルは代替品として一般的に使用されている。 伝達流体を必要としないセンサーも数社によって開発されている。この場合、ダイアフラムを通じてシリコンエレメントに圧力が伝達される (Gefran, 2017)。 IPEN 無水銀代替品は、毛細管システムで水銀を使用する溶融圧力変換器、トランスミッター及びセンサーに対して利用可能である。
5.(i) 代替製品の技術的な実現可能性に関する情報	EU 無水銀代替品は技術的に実現可能で、既に市販されている。高度な製造プロセスにより、水銀充填が不要で正確な計測が可能な溶融圧力計製品を製造することができる (Müller, 2019)。ナトリウムカリウム合金は水銀の特性に似た性質を持つため、複数のメーカーが代替品として採用している。ナトリウムカリウム合金による代替品は、400°C の温度に耐えることができ、また、Gräff 社 (2015, p. 4) によれば、自社の無水銀代替品は「一般的な全てのメーカーの上市製品に対して 100% の互換性がある」という。ナトリウムカリウム合金は、高温でも機能性が維持されるため、プラスチック製造業においては理想的な代替品である (Industry Search, 2019)。 さらに、大半のメーカーが代替の伝達媒体としてシリコンオイルを使用した溶融圧力変換器の製造を行っている。この製品が耐えることが可能な温度には限界があるが、食品、医療及び製薬用途では最も適した代替品である。
5.(ii) 代替製品の経済的な実現可能性に関する情報	EU 米国食品医薬品局 (FDA) 及び EU 有害物質規則 (RoHS) 指令による圧力の高まりに対応し、一部のメーカーは既に無水銀代替品の製造を実施している (Gräff, 2015)。このような代替品は容易に市場で入手可能なため、メーカー各社は、今後の無水銀代替品の研究開発に追加費用を投じる必要はなくなる

	(Gefran, 2010)。欧州内のメーカー全社が RoHS 指令に適合しており、また、中国に拠点を置くメーカー各社も既に無水銀代替品を製造している。
6. 代替製品の環境及び健康リスク、便益に関する情報	EU 水銀使用圧力変換器、トランスミッター及びセンサーによる主要なリスクは、製造プロセスでの水銀への曝露である。さらに、水銀の使用は、人による摂取に直接関係する食品梱包の過程において特に懸念される (Dynisco, 2016)。シリコンオイル及びNaK 代替品は、いずれも有害物質を含んでいないため、米国FDA によって安全とみなされている。しかし、NaKは水に強く反応し、可燃性の高い水素を発生することが確認されている。また、NaKはCO ₂ に反応してメタンを発生させる (Chemwatch, 2009)。ただし、この反応性の程度は、NaKの含有量に依存する。熔融圧力変換器用の伝達媒体としての充填量は比較的少ない (7mm ³ -50mm ³) ため、反応の効果は最小限になると考えられる。
7. 上記以外で、条約の第 4 条第 4 項に従って水銀添加製品に関して提出する追加情報(例: 製造や一般取引に関する情報など)	該当なし
8. 決定 MC-3/1 に定められたその他の関連情報	該当なし

9. 参考文献

AZO Materials, 2019. What are Mercury Fill Sensors?. Available at: <https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=17470>.

Bagsik, 2019. Pressure Measurement. Available at:

<http://www.bagsik.net/download.php?module=download&file=ZmlsZXMvZG93bmVvYWQvMTQ3Njk2MjAzMzE3NTNfZW5fcHJlc3N1cmUtbWVhc3VyZW1lbnQucGRm>.

Chemwatch, 2009. Sodium-potassium alloy. Available at: <http://datasheets.scbt.com/sc-281150.pdf> [Accessed 25/06/2019].

Dynisco, 2016. Melt Pressure Measurement: Environmental Effects. Available at:

https://www.dynisco.com/userfiles/files/Datasheets/melt_pressure_measurement_environmental_effects.pdf.

Gefran, 2010. Melt pressure transducers and transmitters. Available at: <https://gefran-online.com/products/pdf/1323.pdf>.

Gefran, 2014. Pressure Sensors for High Temperature. Available at: <http://www.thermalsolutionsoftexas.com/pdfs/components/user-manuals/nak-fill.pdf>.

Gefran, 2017. Melt Pressure Sensors. Available at: <https://www.gefran.com/en/download/3367/attachment/en>.

Government of Canada, 2017. Terms and conditions for the approval of pressure transducers. Available: <https://www.ic.gc.ca/eic/site/mc-mc.nsf/eng/lm00123.html>.

Gräff, 2015. Melt Pressure Sensors. Available at: http://www.graeff-gmbh.com/pdf/MASSED Druck_EN_eigen.pdf.

Industry Search, 2019. Highly Durable Melt Pressure Sensor by Gefran. Available at: <https://www.industrysearch.com.au/highly-durable-melt-pressure-sensor-by-gefran/p/65842>.

METI, 2017. Overview of the National Implementation Plan for Preventing Environmental Pollution of Mercury. Available at: https://www.meti.go.jp/english/press/2017/pdf/1016_003a.pdf.

Minister of Justice, 2019. Products Containing Mercury Regulations. Available at: <https://laws-lois.justice.gc.ca/PDF/SOR-2014-254.pdf> [Accessed 13/06/2019].

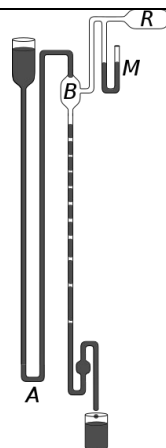
MPI Melt Pressure, 2019. Oil Fill Melt Pressure Transducers & Transmitters. Available at: <https://www.mpipressure.com/melt-pressure/transmitters/oil-fill>.

Müller, 2019. Melt pressure and melt temperature sensors. Available at: <https://mueller-ie.com/en/current-news/1112-melt-pressure-and-melt-temperature-sensors.html>.

Wagner, J., Mount, E. & Giles, H., 2014. Extrusion. Available at: <https://www.sciencedirect.com/book/9781437734812/extrusion#book-info>.

World Bank, 2019. Capacity Strengthening for Implementation of Minamata Convention on Mercury Project. Available at: <http://projects.worldbank.org/P151281?lang=en>.

1. 水銀添加製品の分類	スイッチ、継電器及びその他電気式の装置
2. 製品の具体的な内容	5. 電気式及び非電気式水銀真空ポンプ
3. 製品の使用に関する情報	水銀真空ポンプには以下の二種類がある:



1. スプレングルポンプは、小口径の毛細管から落下する水銀の滴を使用して、空気を閉じ込めて真空にする非電気式の真空ポンプである。リザーバー内の水銀が球部 B に流れ込み、ここで滴が形成され、滴は球部 B の空気を間に閉じ込めた状態で落下する。水銀は回収され、左側のリザーバーに戻される。このようにして、ほぼすべての空気を球部 B から、また、接続された容器 R から除去することができる (Sella 2008)。

図 5 – 水銀含有真空ポンプ (Beach & Chandler, 1914)

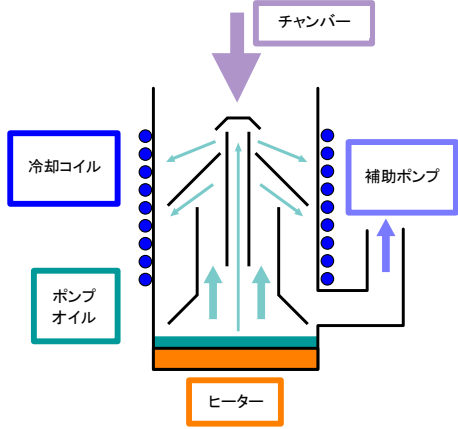
水銀含有量範囲: 3.4 kg-Hg (COWI, 2008)

これと同じ原理が、1905年にGaedeによって発明された高効率性の (電気式) 水銀回転ポンプに使用された。このポンプの水銀含有量は26 kgであった。しかし、これらの種類は両方ともすぐに水銀拡散ポンプに切り替えられた (下記参照)。

2. 水銀拡散ポンプ

水銀拡散ポンプは、1913年にGaedeによって発明され、のちにLangmuirによって改良された。このポンプは、初期の高真空供給源の一つであった。ポンプのスロット内で重質の気体の蒸気を (これよりも軽い) 気体分子に向けて噴射し、ポンプの底に降下させて、排気させる、という原理を使用している (Sella 2009)。重質の気体は、壁に凝縮され、ヒーター部分に流れて戻り、ヒーター部分で再度蒸発する。当時は作用流体として水銀が使用されていたが、1980年代までにはポリフェニルエーテルなど別の種類のオイルによってほぼ完全に置き換えられた (Vac Aero 2014)。他の真空ポンプとは違い、拡散ポンプは可動部がないためロバストで、耐久性が優れている。

作用流体として水銀を使用する他のポンプも現在使用されている可能性があるが、商業ベースで水銀真空ポンプが現在でも製造されていることを示す情報は無い。

	 図 6: オイル拡散ポンプの図 (出典: wikipedia.org、水銀拡散ポンプも同じ原理を使用)
4. 水銀代替製品(又は低含有製品)の利用可能性に関する情報	EU 主要な代替品: 容積移送式ポンプ、運動量輸送式ポンプ 容積移送式ポンプは、空洞部を拡張させることによって、チャンバーから気体が抜き出されて空洞部に流入し、この後でチャンバーを密閉し、ガスを排出させる仕組みの機構を使用している。真空度を上昇させるために、無限にこれを繰り返すことが可能である。運動量輸送式ポンプ (分子ポンプ) は、高密度流体または高速ブレードを使用して、チャンバーから気体分子を排出する。 IPEN 水銀真空ポンプの無水銀代替品は利用可能で、一般的に使用されている。
5.(i) 代替製品の技術的な実現可能性に関する情報	EU 水銀ポンプに対する代替品は技術的に実現可能で、一般的に使用されている。容積移送式ポンプは低真空用として最も効果的であり、運動量輸送式ポンプは高真空用として使用されている。 核融合実証発電プラント (DEMO、ITER の後継候補) 計画において、排気ガスからヘリウムを除去する KALPUREX 技術では、2つの水銀真空ポンプを採用している。水銀は、放射性トリチウムとの親和性に優れているため、作用流体として使用されている (Giegerich & Day, 2014)。この概念は、SWOT (Strength: 強み、Weakness: 弱み、Opportunity: 機会、Threat: 脅威) 分析に基づく最適なオプションとして選択された (Giegerich & Day, 2014)。

5.(ii) 代替製品の経済的な実現可能性に関する情報	EU 水銀使用真空ポンプに対する代替品は経済的に実現可能であり、これは、2008 年以前から EU 内では無水銀ポンプが販売されていたという事実からも証明されている (COWI, 2008)。
6. 代替製品の環境及び健康リスク、便益に関する情報	EU 水銀含有真空ポンプに対する無水銀代替品の環境上の悪影響として確認されているものはない (COWI, 2008)。
7. 上記以外で、条約の第 4 条第 4 項に従って水銀添加製品に関して提出する追加情報(例:製造や一般取引に関する情報など)	該当なし
8. 決定 MC-3/1 に定められたその他の関連情報	EU 指令 2011/65/EU、RoHS 指令により、加盟国は、上市するすべての電気・電子機器の均質材料中に含まれる水銀が最大許容濃度 0.1 重量%を超えていないことを確実に順守しなければならない。ただし、研究を目的とする製品と同様に、医療用装置及び監視ならびに制御装置に対する適用除外がある。

9. 参考文献

Atta & Hablanian, 1991. "Vacuum and Vacuum Technology". In Rita G. Lerner; George L. Trigg (eds.) Encyclopedia of Physics (Second ed.). s.l.:VCH Publishers.

Beach & Chandler, 1914. "Air Pump". The New Student's Reference Work. Chicago: F.E. Compton and Co..

COWI, 2008. Options for reducing mercury use in products and applications, and the fate of mercury already circulating in society. [Online]
Available at: http://ec.europa.eu/environment/chemicals/mercury/pdf/EU_Mercury_Study2008.pdf

Giegerich & Day, 2014. Development of Advanced Exhaust Pumping Technology for a DT Fusion Power Plant. [Online]
Available at: <https://ieeexplore.ieee.org/document/6762984>

Giegerich & Day, 2014. The KALPUREX-process - A new vacuum pumping process for exhaust gases in fusion power plants. [Online]
Available at: https://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig_q=RN:46087195

Sella 2008. Classic Kit: Sprengel pump. Available at: <https://www.chemistryworld.com/opinion/classic-kit-sprengel-pump/3004941.article>

Sella 2009. Classic Kit: Gaede's diffusion pump. Available at: <https://www.chemistryworld.com/opinion/classic-kit-gaedes-diffusion-pump/3004912.article>

1. 水銀添加製品の分類	スイッチ、継電器及びその他電気式の装置
2. 製品の具体的な内容	放射光検出器 / 電離放射線検出器
3. 製品の使用に関する情報	電離放射線検出器は、電離放射線、特にガンマ線の測定のために使用される。人体または技術対象物の内側の診断あるいは透過診断を行う医療用及び工業用の装置で使用される。用途としては、コンピュータ断層撮影、骨密度測定、乳房X線撮影、非破壊検査、X線撮像、食品検査及びセキュリティ目的などが含まれる。 以下の三つの一般測定方法が採用されている： - 写真用フィルム (現在では大半は、高感度電子装置に置き換えられている) - 放射線を可視光に変換するシンチレーターを使用した間接検出器 - 半導体を使用した直接検出器 COCIR (2020) からの情報によれば、ヨウ化水銀(II) (ヨウ化第二水銀、HgI_2) は、上記検出器用の半導体材料の一つである。
4. 水銀代替製品(又は低含有製品)の利用可能性に関する情報	シリコンなど軽量の化学元素は感度がかなり低下するため、電離放射線の電子検出では重金属を使用する必要がある。軽量の元素を使用する場合は、より高い放射線で補わなければならない、潜在的な有害性が伴うため、推奨されない。 既に開発された半導体材料の中でも、以下に示す種類は市場で最も重要な材料である (JBCE 2020, COCIR 2020) - シリコン (Si) - セレニウム ($\alpha\text{-Se}$) - ゲルマニウム (Ge) - テルル化カドミウム (CdTe) - テルル化カドミウム亜鉛 (CZT) - ヨウ化鉛 (PbI_2)

	ヨウ化水銀 (HgI ₂) は現状は開発段階にあり、市販されていないため、電離放射線を活用した既存の製品は、上記物質のうち最低1種類を既に適用している(JBCE 2020)。
5.(i) 代替製品の技術的な実現可能性に関する情報	電離放射線検出器でのカドミウム及び鉛の使用に関しては、現在二つの工業団体が欧州RoHS指令による特定の適用除外を申請している。しかし、これらの団体の申請には水銀化合物が含まれていなかった。したがって、ヨウ化水銀またはその他すべての水銀化合物の使用は技術的に必要ではないと結論付けることができる。
5.(ii) 代替製品の経済的な実現可能性に関する情報	ヨウ化水銀 (HgI ₂) を含有する半導体が現在上市されていることを示す情報はないため、代替品導入に対する経済的なインセンティブはないと考えられる。
6. 代替製品の環境及び健康リスク、便益に関する情報	技術的代替品の多くは、重金属も含有しており、重金属は不適切に廃棄された場合、環境及び人の健康に有害となる可能性がある。
7. 上記以外で、条約の第4条第4項に従って水銀添加製品に関して提出する追加情報(例:製造や一般取引に関する情報など)	該当なし
8. 決定 MC-3/1 に定められたその他の関連情報	該当なし
9. 参考文献	Japanese Business Council in Europe (JBCE) (2020) Exemption Request (RoHS, on cadmium in detectors for ionising radiation) https://rohs.biois.eu/Ex_1-IV_JBCE_Renewal-Request.pdf COCIR (2020) Exemption Request (RoHS, on cadmium and lead in detectors for ionising radiation) https://rohs.biois.eu/Ex_1-IV_COCIR%20Renewal-Request.pdf

二次利用未承諾リスト

令和3年度化学物質安全対策（水銀製品に関する国内外実態調査）調査報告書

令和3年度化学物質安全対策（水銀製品に関する国内外実態調査）調査

株式会社エックス都市研究所

[illegible]