

経済産業省委託事業

令和4年度化学物質安全対策
(残留性有機汚染物質等市場状況調査事業)
報告書

令和5年3月



令和4年度化学物質安全対策
(残留性有機汚染物質等市場状況調査事業)
報告書

目次

1. 事業の背景及び目的	1
1.1 残留性有機汚染物質の国内外の規制	1
1.2 第一種特定化学物質指定の流れと本業務の目的	2
2. POPs条約の規制候補物質の国内における実態調査.....	3
2.1 対象物質.....	3
2.2 調査対象者	7
2.3 調査項目の設定及び調査票の作成	9
2.4 調査票送付及び回収方法	10
2.5 調査結果の整理及び分析	11
3. 代替物質情報の整理	15
3.1 POPRC18資料の代替物質情報	15
3.2 ECHAが公表しているプラスチック添加剤情報	19
3.3 US EPAによる難燃剤デカブロモジフェニルエーテルの代替物質評価	25

1. 事業の背景及び目的

1.1 残留性有機汚染物質の国内外の規制

「化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律」（以下、「化審法」という。）は人の健康を損なうおそれ又は動植物の生息・生育に支障を及ぼすおそれがある化学物質による環境の汚染を防止することを目的としている。化審法では、難分解性、高蓄積性、人又は高次捕食動物への毒性のある化学物質を「第一種特定化学物質」に指定し、製造・輸入を事実上禁止している。さらに、特定用途以外での使用禁止、政令指定製品の輸入禁止、第一種特定化学物質を含有する製品の回収命令等の措置を講じている。

「残留性有機汚染物質に関わるストックホルム条約」（POPs 条約）は、平成 16 年の条約発効後、平成 17 年より締約国会議（COP）が隔年で開催され、条約実施全般に関する議論が継続的に進められている。また、条約への追加候補物質の検討のために専門家による残留性有機汚染物質検討委員会（POPRC）が設置されており、新規物質追加に関する審議が毎年行われている。令和 4 年 9 月に開催された POPRC18 においては、デクロランプラス及び UV-328 について、リスク管理に関する評価及び POPs 条約上の位置付け（製造・使用等の「廃絶」）が議論された。同委員会においてデクロランプラス及び UV-328 を附属書 A（廃絶対象物質リスト）に追加すべきであるとの勧告が決議され、令和 5 年 5 月に開催予定の COP11 においてデクロランプラス及び UV-328 の附属書 A への追加が議論されることになった（図 1.1-1）。

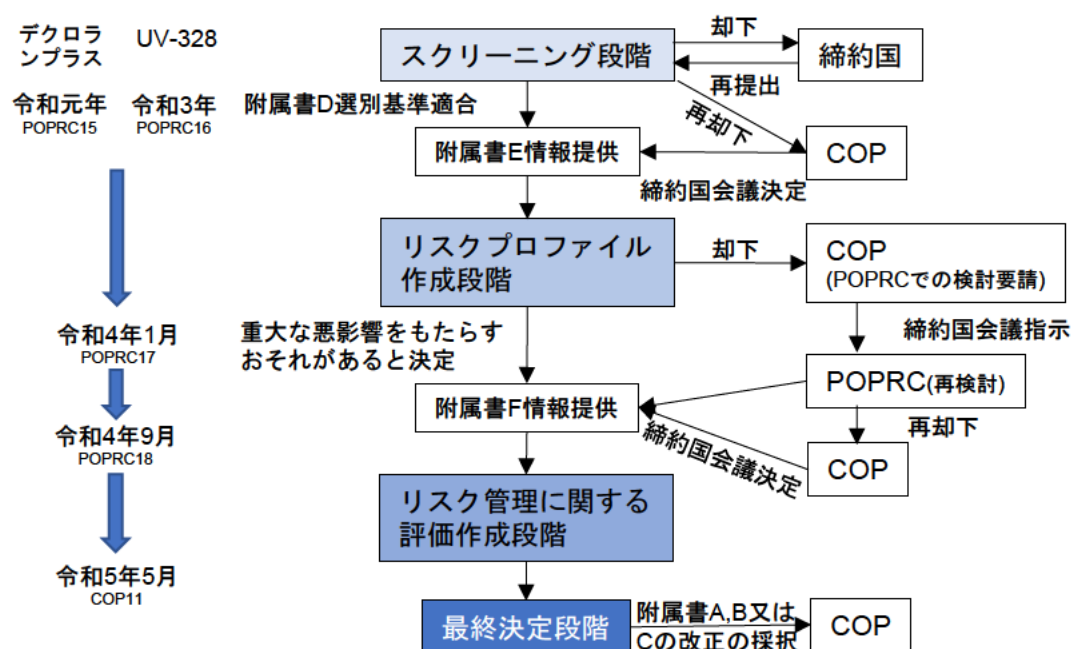


図 1.1-1 POPs 指定の流れとデクロランプラス・UV-328 の協議の経緯

1.2 第一種特定化学物質指定の流れと本業務の目的

POPs 条約において、化学物質が附属書 A に追加された場合は、締約国は事務局からの発報後 1 年以内に国内担保措置を講じる必要があることから、我が国においても、対象物質を化審法の第一種特定化学物質に指定することにより対象物質の製造、輸入、使用の制限を担保することが必要となる。さらに、化審法では、環境の汚染を防止するという法目的を達成するため、第一種特定化学物質ごとに、海外における当該第一種特定化学物質の使用の事情等を考慮して輸入禁止製品を政令指定している（化審法第 24 条）ことから、そうした製品の指定についても併せて実施することが必要となる。

そこで、本事業では、POPs 条約の規制候補物質であるデクロランプラス及び UV-328 について、化審法の第一種特定化学物質に指定された際に適切に措置を講じることができるよう、アンケート調査により、当該物質及び当該物質を使用した製品の実態及び条約対象物質に追加された場合の国内への影響や課題を把握することとした。

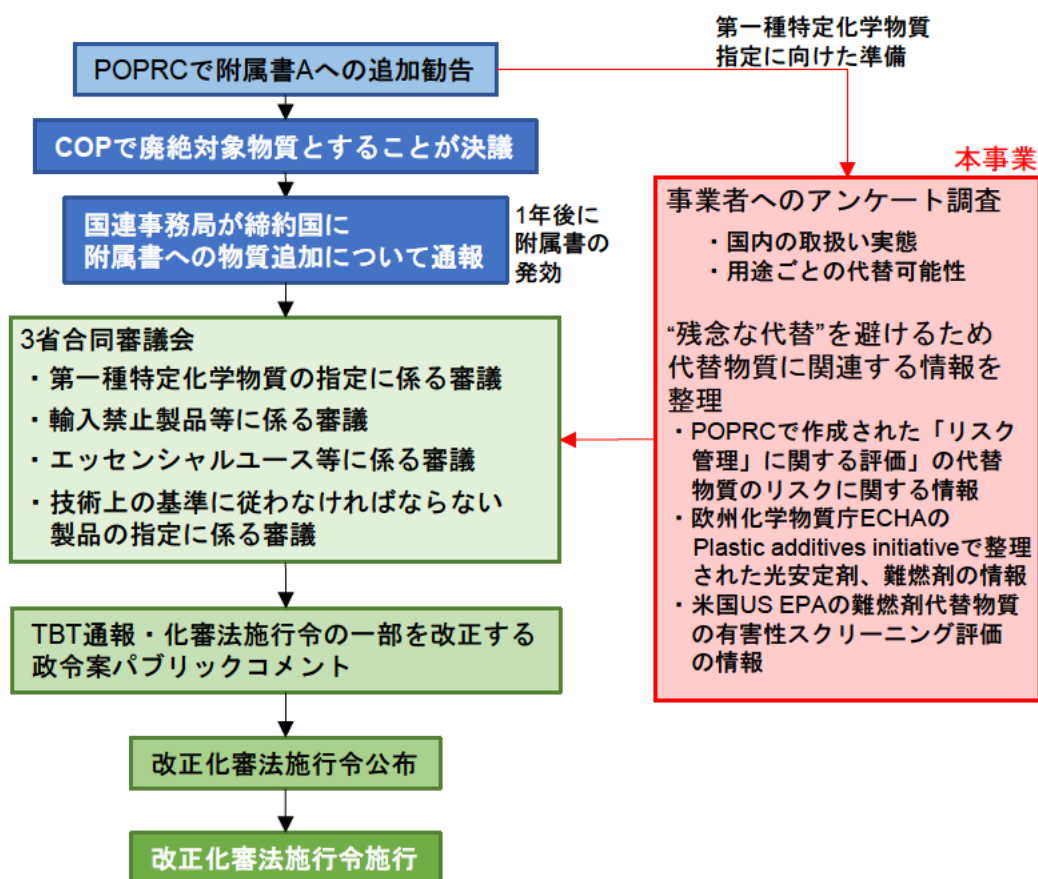


図 1.2-1 化審法における第一種特定化学物質指定の流れと本事業の位置づけ

2. POPs 条約の規制候補物質の国内における実態調査

2.1 対象物質

(1) デクロランプラス

デクロランプラス (DP: Dechlorane PlusTM)¹は、2つの立体異性体を、Syn 体 25～35%、Anti 体 65～75%で含む化学物質製品である。DP は分子式 C₁₈H₁₂Cl₁₂、分子量 653.73 g/mol の有機化合物で、図 2.1-1 で示す構造式で表される。

室温、常圧 (20℃、101.3kPa) では白色の固体粉末で、水溶性は低く、報告されている水溶解度は<1.67 ng/L (20-25 °C) 及び 0.044-249 µg/L (不溶性) である。また、オクタノール/水分配係数 (log K_{ow}) が 9.3、オクタノール-空気分分配係数 (log K_{oa}) が 12.26 と非常に高い値となっている。²

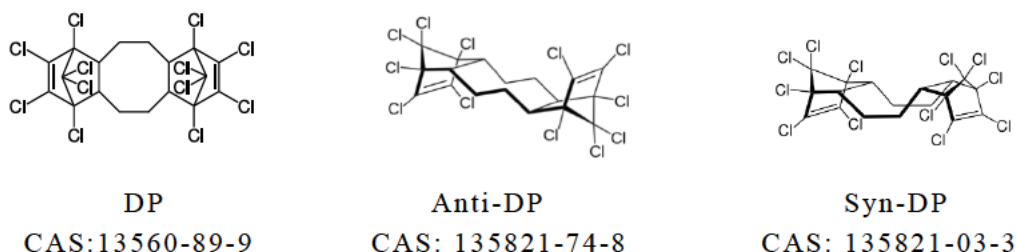


図 2.1-1 デクロランプラス (DP) 及び 2 つの立体異性体の構造式²

DP はもともと、難燃剤及び殺虫剤として使われたデクロラン (別名: マイレックス) の代替品として開発され、現在はデカブプロモジフェニルエーテル (DecaBDE) の代替品として使用されている。なお、マイレックス、DecaBDE は POPs 条約附属書 A に掲載されている物質である。世界的には、米国と中国の 2 つの製造拠点が知られているが、現在では中国でのみ生産されているが、令和 8 年 1 月 1 日からの生産禁止が予想されている²。

POPRC18 のリスク管理に関する評価文書では、DP は、主に自動車用ワイヤーハーネス、コネクタ、絶縁テープの難燃剤として使用され、その他に、接着剤、シーラント、ポリマーにも使用されていると報告されている。さらに、航空宇宙及び防衛用途、電気・電子機器、林業機械を含む海洋、造園、屋外電力機器、医療・放射線治療機器、建設機械、農業機械、産業機械、インフラ設備用途の難燃剤としても使用されていると報告されている。この他に、グリース中の極圧添加剤として少量使用され、火薬類の増色剤としてもわずかに使用されていることが確認されている。

¹ IUPAC 名: 1,2,3,4,7,8,9,10,13,14,14-ドデカクロロ-1,4,4a,5,6,6a,7,10,10a,11,12,12a-ドデカヒドロ-1,4:7,10-ジメタノジベンゾ[a,e][8]アヌレン

² UNEP (2022) Risk management evaluation for Dechlorane Plus, Report of the Persistent Organic Pollutants Review Committee on the work of its eighteenth meeting.
UNEP/POPS/POPRC.18/11/Add.1.
[http://chm.pops.int/TheConvention/POPsReviewCommittee/Meetings/POPRC18/Overview/
tabid/9165/ctl/Download/mid/26175/Default.aspx?id=13&ObjID=31307](http://chm.pops.int/TheConvention/POPsReviewCommittee/Meetings/POPRC18/Overview/tabid/9165/ctl/Download/mid/26175/Default.aspx?id=13&ObjID=31307)

令和 4 年 1 月に開催された POPRC17 において、DP は長距離移動性に基
づき、世界規模で対処することが正当化されるような、ヒトの健康や環境
に大きな悪影響を及ぼす可能性がある」と結論づけられている。毒性及び生
態毒性に関するデータセットが限られているが、入手可能な短期毒性デー
タは、低レベルでの環境及びヒトへの潜在的な悪影響の懸念を示している
ことを認識しつつ、有害作用に関するさらなる情報を調査し、適切であれば、
POPRC18 での検討用にリスクプロファイルを修正することも決定され
た。また、締約国及びオブザーバーに対し、令和 4 年 3 月 14 日までに、DP
の有害影響に関連する附属書 F に規定する情報及び任意の追加情報を事務
局に提出するよう要請している。³

令和 4 年 9 月に開催された POPRC18 では、リスク管理に関する評価及
び POPs 条約上の位置付け（製造・使用等の「廃絶」）について検討し以下
のような適用除外を含む附属書 A への掲載が提案されている³。

委員会は、条約第 8 条第 9 項に従い、締約国会議が、DP を、第 4 条に
基づく航空宇宙、宇宙及び防衛用途並びに医療用画像及び放射線治療装
置／設備の製造及び使用、並びに以下の用途の成形品の交換部品及び修
理について、成形品の使用期間の終了又は 2044 年のいずれか早い時期
まで特定の適用除外をもって附属書 A に掲載することを検討することを
勧告する。

(a)航空機

航空機エンジンファンケースのラプストリップ製品、空隙充填やエ
ッジシール製品など、航空機エンジンの修理、電気製品、構造パネ
ル、航空機の客室内装など

(b)宇宙用途

人工衛星、探査機などの探査機、有人キャビンや実験室、ロケット
モーターや地上支援装置の断熱材など

(c)防衛用途

艦艇、ミサイル、発射台、兵器、通信機器、レーダー／ライダーシ
ステム、支援機器など

(d)自動車

自動車、二輪車、農業・建設車両、産業用トラックなど、陸上車両
全般に用いられる、ケーブル、ワイヤーハーネス、コネクター、絶
縁テープなど

(e)農業、林業、建設業で使用する定置型産業機械

タワークレーン、コンクリートプラント、油圧式破碎機などに用い
られる、ケーブル、ワイヤーハーネス、コネクター、絶縁テープな
ど

(f)海洋、造園、林業、屋外用電力機器

³ UNEP (2022) Risk management evaluation for Dechlorane Plus, Report of the Persistent Organic Pollutants Review Committee on the work of its eighteenth meeting.
UNEP/POPS/POPRC.18/11/Add.1.
[http://chm.pops.int/TheConvention/POPsReviewCommittee/Meetings/POPRC18/Overview/
tabid/9165/ctl/Download/mid/26175/Default.aspx?id=13&ObjID=31307](http://chm.pops.int/TheConvention/POPsReviewCommittee/Meetings/POPRC18/Overview/tabid/9165/ctl/Download/mid/26175/Default.aspx?id=13&ObjID=31307)

(g)医療、体外診断用機器

医療機器：超音波診断装置、磁気共鳴イメージング装置、X線イメージング装置、軟性内視鏡など

体外診断用機器：免疫測定装置、血液分析装置、PCR検査装置、遺伝子分析装置、臨床化学分析装置、血液凝固分析装置、尿検査装置など

(h)医療用画像処理装置、放射線治療装置／設備

(i)分析、測定、制御、監視、試験、生産、検査用の機器

(2) UV-328

UV-328⁴はフェノール性ベンゾトリアゾールであり、そのフェノール部分の4位と6位が2つのtert-ペンチル基で置換されている。UV-328は分子式C₂₂H₂₉N₃O、分子量351.5 g/molの有機化合物で、図2.1-2で示す構造式で表されるように、開環型と閉環型の両方で存在することができる。

UV-328は、破壊されることなく、紫外線の全スペクトルを吸収する。そのため、紫外線吸収剤として、様々な表面を紫外線／太陽光による変色や風化から保護するために使用されている⁵。

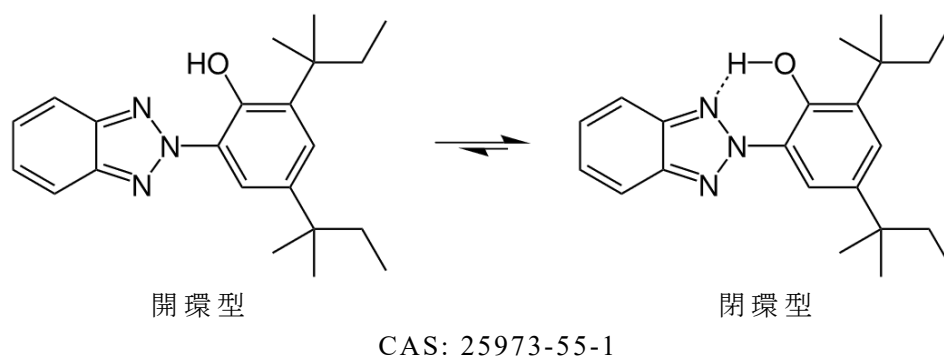


図 2.1-2 UV-328 の構造式

POPRC18 のリスク管理に関する評価文書では、主な用途は自動車産業で、自動車用塗料、コーティング剤、シーラント、接着剤、プラスチック、ゴムなどの材料を紫外線による劣化や色変化から保護するため、また、冷却液や油圧液、モーターオイル中の潤滑油などの自動車用液体製品に用いられていると報告されている。屋外家具、建材、食品包装（非食品接触層）、木製品用

⁴ IUPAC 名：2-(2H-ベンゾトリアゾール-2-イル)-4,6-ビス(2-メチルブタン-2-イル)フェノール

⁵ UNEP (2022) Risk management evaluation for UV-328, Report of the Persistent Organic Pollutants Review Committee on the work of its eighteenth meeting.
UNEP/POPS/POPRC.18/11/Add.2.
<http://chm.pops.int/TheConvention/POPsReviewCommittee/Meetings/POPRC18/Overview/tabid/9165/ctl/Download/mid/26175/Default.aspx?id=15&ObjID=31313>

のプラスチックやゴムの添加剤、印刷インキ、皮革や繊維製品、化粧品などにも使用されることが確認されている。

令和 4 年 1 月に開催された POPRC17 において、UV-328 は、長距離移動性にに基づき、世界規模で対処することが正当化されるような、ヒトの健康や環境に大きな悪影響を及ぼす可能性がある」と結論づけられている。

令和 4 年 9 月に開催された POPRC18 では、リスク管理に関する評価及び POPs 条約上の位置付け（製造・使用等の「廃絶」）について検討し以下のような適用除外を含む附属書 A への掲載が提案されている⁶。

委員会は、条約第 8 条第 9 項に従い、ストックホルム条約締約国会議に対し、以下の製造及び使用について特定の除外を伴う UV-328 の附属書 A への掲載及び関連管理措置の特定を検討することを勧告する。自動車、採血管の機械的分離器、自動車用コーティング、産業機械用コーティング、鉄道輸送用コーティング、大型鋼構造物用重防食コーティングの工業用コーティング用途、偏光板の TAC（トリアセチルセルロース）フィルム、第 4 条に基づく写真用紙、及び以下の用途の製品の交換部品については、製品の耐用年数の終了又は 2044 年のいずれか早い時期までとする。

(a)自動車

自動車、二輪車、農業・建設車両、産業用トラックなど、陸上のすべての車両

(b)農業、林業、建設業で使用する定置式産業機械

タワークレーン、コンクリートプラント、油圧式破碎機など

(c)液晶ディスプレイ（医療機器や体外診断機器に搭載されるもの）

超音波診断装置、軟性内視鏡、免疫測定装置、臨床化学分析装置、血液凝固分析装置など

(d)液晶ディスプレイ（分析、測定、制御、監視、試験、生産、検査などの機器に搭載されるもの）

レコーダー、赤外線放射温度計、デジタルストレージオシロスコープ、放射線検査機器など

⁶ UNEP (2022) Risk management evaluation for UV-328, Report of the Persistent Organic Pollutants Review Committee on the work of its eighteenth meeting.
UNEP/POPS/POPRC.18/11/Add.2.
[http://chm.pops.int/TheConvention/POPsReviewCommittee/Meetings/POPRC18/Overview/
tabid/9165/ctl/Download/mid/26175/Default.aspx?id=15&ObjID=31313](http://chm.pops.int/TheConvention/POPsReviewCommittee/Meetings/POPRC18/Overview/tabid/9165/ctl/Download/mid/26175/Default.aspx?id=15&ObjID=31313)

2.2 調査対象者

令和 4 年 6 月に提出されたドラフト版の「リスク管理に関する評価」に対する日本からのコメント資料⁷及び POPRC18 の「リスク管理に関する評価」^{8,9}において、業界団体を通じて調査された、国内の両物質の取扱い実態の概要が示されており、図 2.2-1 のような流通実態が明らかとなっている。

本調査では、化審法に基づく製造輸入量実績の届出がなされている事業者を「対象者 A」と定義した。また、対象者 A から DP 又は UV-328 を購入し、そのまま他社へ販売する事業者（卸売業）、DP 又は UV-328 あるいはそれらの製品を購入し、調剤品を生産している事業者、成形・加工・組立品を生産している事業者を「対象者 B」と定義した。

【対象者 A】

DP については、製造輸入数量の届出情報から、国内における製造輸入事業者は 2 社以下となっている。製造輸入数量は届出事業者数が 2 社以下であるため公表されていない。UV-328 については、製造輸入数量の届出情報から国内における届出事業者は 3 社以上で 1,000 t 未満の製造輸入数量となっている。本事業では、化審法に基づき、令和元年度以降に製造輸入の実績の届出があった事業者を対象とした。

【対象者 B】

DP は、電気ケーブル等の製造に使われていることが報告されている⁷。UV-328 は自動車、産業機械、医療機器、情報通信機器、家電製品、インフラ設備、農業用フィルム、眼鏡等の製造に使われていることが報告されている¹⁰。本事業では、DP 又は UV-328 含有製品の商流において、対象者 A から回答のあった出荷先より下流に位置する事業者を対象とし、最終製品製造事業者に至るまで調査を行うことを目標とした。

⁷ UNEP (2022) Japan 4. Actual use of DP.

UNEP/POPS/POPRC17CO/SUBM/Comment8/DP/G1/Japan/4/20220617/English.
<http://chm.pops.int/TheConvention/POPsReviewCommittee/Meetings/POPRC17/POPRC17Followup/DP,UV328,Chlorpyrifos,CPSandLCPFCAs/tabid/9228/ctl/Download/mid/25655/Default.aspx?id=7&ObjID=30704>

⁸ UNEP (2022) Risk management evaluation for Dechlorane Plus, Report of the Persistent Organic Pollutants Review Committee on the work of its eighteenth meeting.
UNEP/POPS/POPRC.18/11/Add.1.

<http://chm.pops.int/TheConvention/POPsReviewCommittee/Meetings/POPRC18/Overview/tabid/9165/ctl/Download/mid/26175/Default.aspx?id=13&ObjID=31307>

⁹ UNEP (2022) Risk management evaluation for UV-328, Report of the Persistent Organic Pollutants Review Committee on the work of its eighteenth meeting.
UNEP/POPS/POPRC.18/11/Add.2.

<http://chm.pops.int/TheConvention/POPsReviewCommittee/Meetings/POPRC18/Overview/tabid/9165/ctl/Download/mid/26175/Default.aspx?id=15&ObjID=31313>

¹⁰ Japan (2022) Form for submission of information specified in Annex F to the Stockholm Convention pursuant to Article 8 of the Convention, UV-328.

<http://chm.pops.int/TheConvention/POPsReviewCommittee/Meetings/POPRC17/POPRC17Followup/AnnexFUV328Submission/tabid/9100/ctl/Download/mid/25354/Default.aspx?id=5&ObjID=30099>

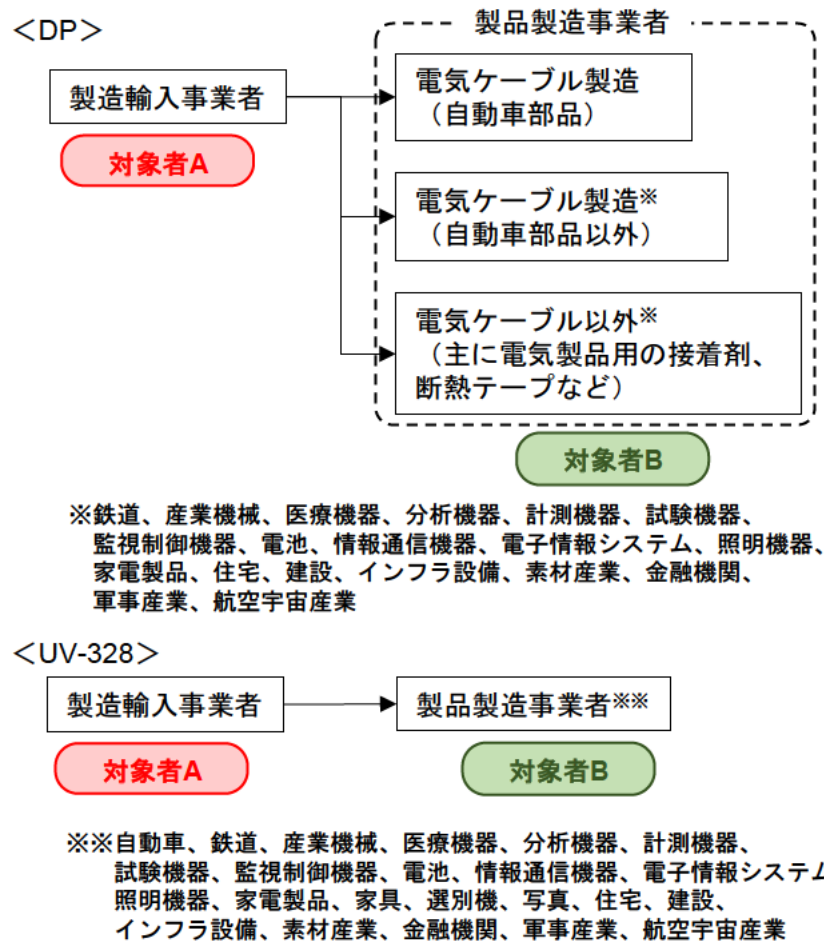


図 2.2-1 POPRC18 で報告された DP 及び UV-328 の国内流通実態

2.3 調査項目の設定及び調査票の作成

平成 21 年に実施された「POPs 条約規制対象物質についての国内実態調査」¹¹の調査表及び過年度の調査項目を参考とし、経済産業省 化学物質安全室とも協議のうえ、表 2.3-1 の項目を調査することとした。

表 2.3-1 調査項目

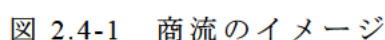
調査項目		対象者 A	対象者 B
基本情報	対象化学物質	●	
	自社製品中の対象化学物質名称	●	
	自社製品中の対象化学物質 CAS 番号	●	
	自社製品中の対象化学物質純度又は含有率	●	
	用途	●	
	対象化学物質を含有する製品名		●
	原料製品中の対象化学物質名称		●
	原料製品中の対象化学物質 CAS 番号		●
	原料製品中の対象化学物質純度又は含有率		●
	用途		●
製造・輸入 数量等	対象化学物質の製造・輸入数量 (kg)	●	
	対象化学物質の国内出荷数量 (kg)	●	
	対象化学物質の輸出数量 (kg)	●	
	対象化学物質の自家消費数量 (kg)	●	
	対象化学物質の在庫数量 (kg)	●	
	処分予定の有無	●	
	処分予定日	●	
使用数量 等	対象化学物質又は含有製品の使用数量 (kg)		●
	製品の国内出荷数量 (kg)		●
	製品の輸出数量 (kg)		●
	製品の用途別出荷数量 (kg)		●
	製品の在庫数量 (kg)		●
	処分予定の有無		●
	処分予定日		●
サプライ チェーン	出荷先事業者	●	●
工程	使用方法(製品への含有／反応させて別の物質にする)		●
	対象化学物質又は含有製品使用の詳細な内容		●
代替可能性	代替品・代替技術の有無	●	●
	代替品・代替技術がある場合 代替完了見込み時期	●	●
	代替品・代替技術がない場合 代替不可理由	●	●

●：該当する調査項目

¹¹ 経済産業省 (2009) 残留性有機汚染物質に関するストックホルム条約 (POPs 条約) 規制対象候補物質の製造・輸入等の状況について
https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/1166558/www.meti.go.jp/policy/chemical_management/kasinhou/1stkind_pops_chousa.html

2.4 調査票送付及び回収方法

本調査では、調査対象者のうち、2.2で述べた対象者 A は「出荷元」、対象者 B は「出荷先」と呼ぶこととした。対象者 B は商流の川上側から川下側に、一次出荷先、二次出荷先、三次出荷先、四次出荷先と呼ぶこととした。図 2.4-1 に商流のイメージを示す。



2.5 調査結果の整理及び分析

2.5.1 DP

(1) DP の取扱い状況

DP は、令和 3 年度に製造輸入数量の増加がみられたが、全体的には減少傾向である。「その他の有機化学工業製品製造業」の国内出荷数量は単調減少しているが、その他の 3 業種については、輸入数量の経年変化と類似した傾向を示しており、令和 3 年度に国内出荷数量の増加がみられた。

DP を取り扱っている事業者の業種を図 2.5.1-1 に示す。自動車及び自動車付属部品製造業の事業者が 23%と最も多く、続いて工業用プラスチック製品製造業が 18%、DP の卸売業が 17%と多かった。また、DP 取扱い事業者が生産又は卸売りしている製品の内訳を図 2.5.1-2 に示す。自動車部品及び付属品が 19%と最も多く、続いて合成樹脂及びその他のプラスチック(合成ゴムを含み、イオン交換樹脂及び繊維を除く。)が 17%と多かった。

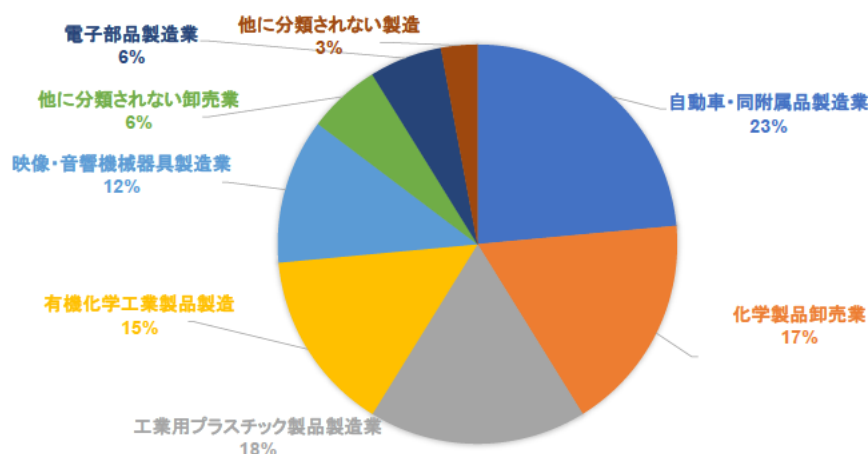


図 2.5.1-1 DP 取扱い事業者の業種

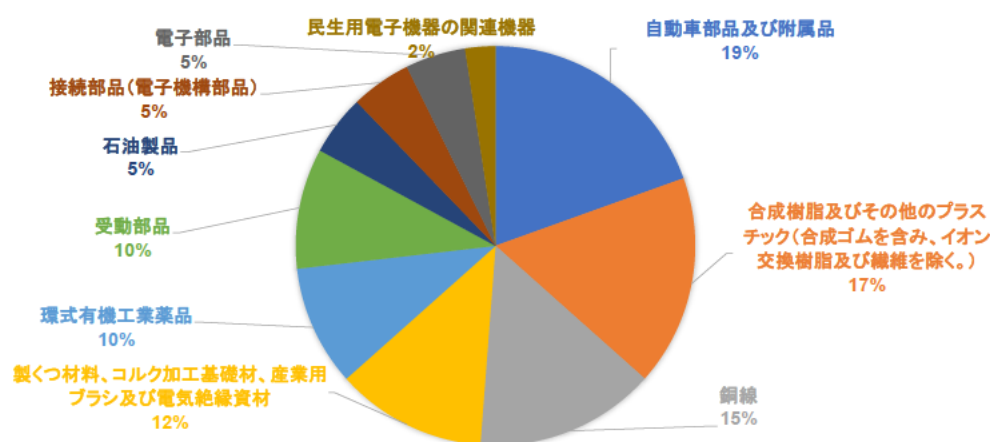


図 2.5.1-2 DP 取扱い事業者が生産又は卸売りする製品の分類

図 2.5.1-3 に DP 含有製品の製品分類ごとの出荷数量（DP 重量換算）割合を示す。DP そのものを除いた DP 含有製品としては、「製くつ材料、コルク加工基礎材、産業用ブラシ及び電気絶縁資材」の出荷数量が全体の 52%を占めていた。

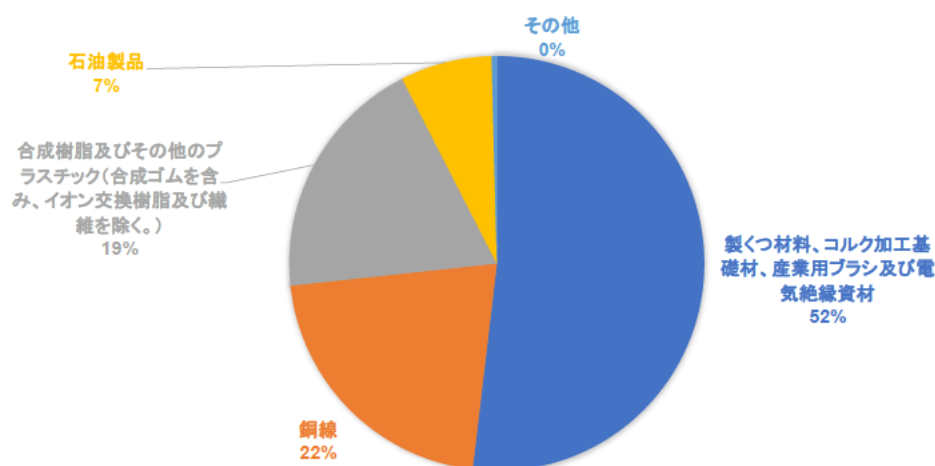


図 2.5.1-3 DP 含有製品の出荷数量の割合

（２）DP の代替完了時期

調査対象者から回答のあった代替完了時期を基に、DP の取扱量の推移予測を行った。令和 5 年 3 月末から令和 5 年 12 月末にかけて DP の代替が進み、令和 7 年末までに大部分の代替が完了する見込みとなっている。ただし、代替技術がある場合であっても、これから代替物質を用いた製品の性能評価を行うため代替予定が「目標」となっているケースや、スペアパーツとして使用しつつけることを希望する意見がみられた。

（３）DP からの代替が困難な用途

ゴム添加剤は代替物質がないと回答されている。また、一部の自動車部品用途については、代替品を開発中と回答されている。この他、一部の商流についてはエンドユーザーにおける代替可能性が未確認となっている。電線については、代替技術が確立しているものの、既存製品の補修用部品として少量のニーズが継続するため、完全な代替には時間を要する。商流の一部について代替可能性が確認できていないが、これらの用途については現状において代替が困難であると考えられる。

2.5.2 UV-328

(1) UV-328 の取扱い状況

UV-328 の製造輸入数量は、令和元年度から令和 4 年度にかけて減少傾向であった。対象者 B のうち、回答の得られた二次出荷先事業者については、「その他の化学工業」、「電線・ケーブル製造業」において令和元年度から令和 2 年度にかけて増加がみられたが、その他の業種では、横ばい又は減少傾向がみられた。

UV-328 を取り扱っている事業者の業種を図 2.5.2-1 に示す。化学製品卸売業の事業者が 23%と最も多く、続いて油脂加工製品・石けん・合成洗剤・界面活性剤・塗料製造業が 15%、プラスチック成形材料製造業及び工業用プラスチック製品製造業が 9%と多かった。また、UV-328 取扱い事業者が生産又は卸売りしている製品の内訳を図 2.5.2-2 に示す。「その他の環式有機工業薬品」(UV-328 そのもの)を出荷する事業者が 24%と最も多く、続いて「合成樹脂及びその他のプラスチック(合成ゴムを含み、イオン交換樹脂及び繊維を除く。)」が 13%と多かった。

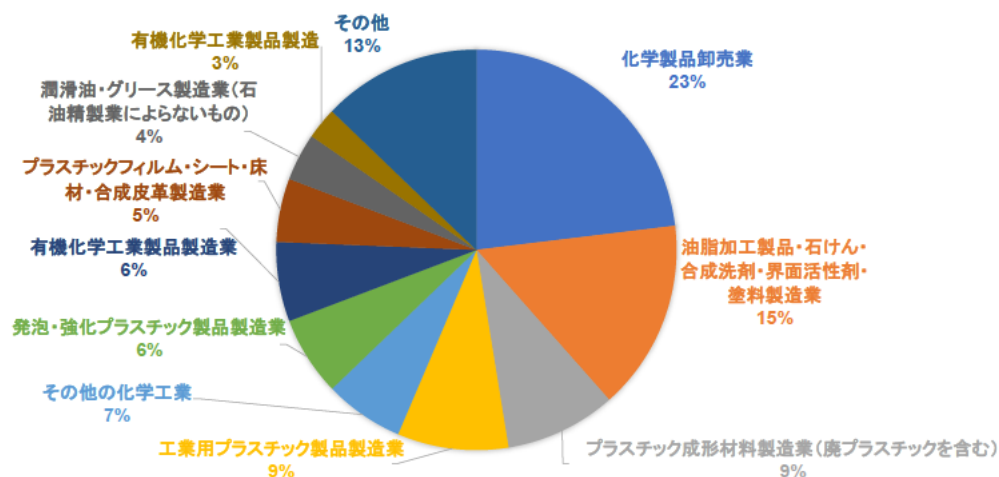


図 2.5.2-1 UV-328 取扱い事業者の業種

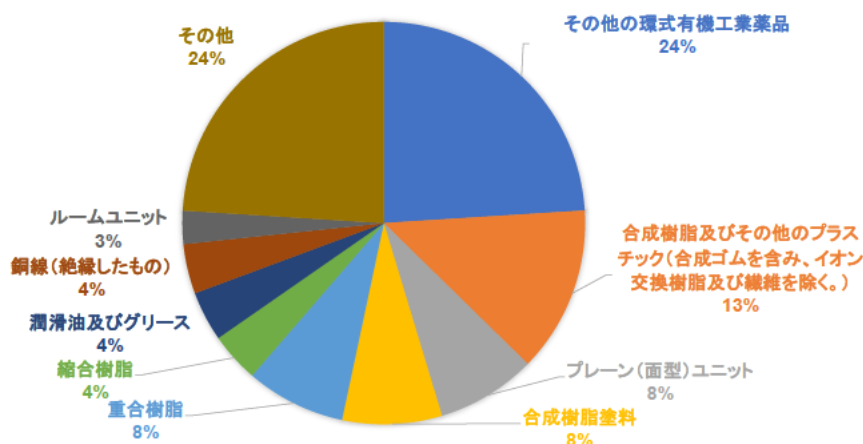


図 2.5.2-2 UV-328 取扱い事業者が生産又は卸売りする製品の分類

図 2.5.2-3 に UV-328 含有製品の製品分類ごとの出荷数量（UV-328 重量換算）割合を示す。UV-328 そのものを除いた UV-328 含有製品としては、セルロース系プラスチックの出荷数量が全体の 64%を占めていた。

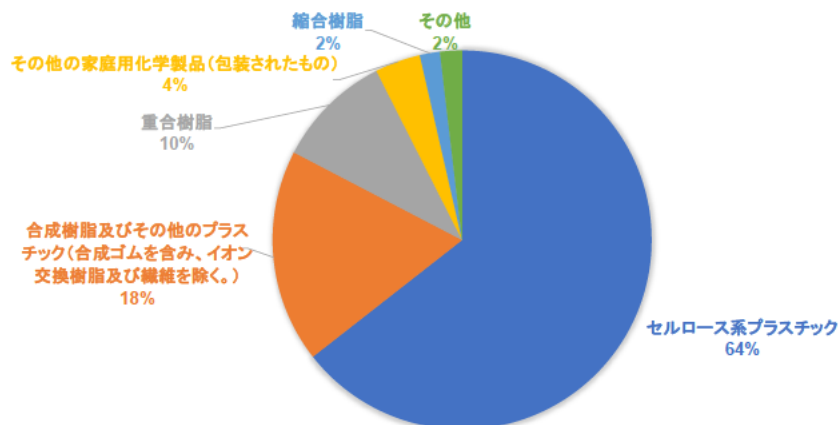


図 2.5.2-3 UV-328 含有製品の出荷数量の割合

(3) UV-328 からの代替が困難な用途

事業者から代替品・代替技術の有無について、「無」、「検討要」、「有」だが条件付のもの、代替時期が「未定」の回答が、合成樹脂及びその他のプラスチック、医薬品及び関連製品、スポーツ用具、電線及びケーブル、医療用機器は代替物質がない、又は検討が必要と回答されている。また、代替品・代替技術があるものの、代替時期は未定又は取引先の承認後とされている用途も確認された。この他、一部の商流についてはエンドユーザーにおける代替可能性が未確認となっている。商流の一部について代替可能性が確認できていないが、これらの用途については現状において代替が困難であると考えられる。

3. 代替物質情報の整理

3.1 POPRC18 資料の代替物質情報

3.1.1 DP の代替物質情報

POPRC18 の「リスク管理に関する評価」において、DP の代替となる化学物質及び、難燃剤以外に着目した代替技術が、以下のように整理されている¹²。

(1) DP 代替物質の考え方

DP の 2 つの主要な機能である (1) ポリマーの難燃剤としての使用、(2) グリースの極圧添加剤の代替を検討する場合、いくつかのアプローチが考えられる。DP を代替する場合、その選択肢は、DP を同じ用途に使用できる別の化学物質で置換するという基本的なものから、生産工程、使用材料、最終製品、さらには最終的なサービスの提供方法（「システム変更」）の再設計によって使用を完全に排除するものまで、様々である。DP を代替する場合、これらすべての選択肢を考慮し、持続可能な方法で DP を代替する最良の方法を見つけることを目指すべきである。

より具体的には、DP の代替は 3 つの異なるレベルで起こり得る：(1) 難燃剤（添加剤）の代替、(2) 基材、又は (3) 最終製品そのものである。したがって、代替品は、(1) 難燃剤を置き換える（ベースポリマーは変えない）、(2) ベースポリマーと難燃剤及び他の添加剤を置き換える（別の材料、プラスチック又は非プラスチックと他の添加剤）、又は (3) 製品を別の製品で置き換える、あるいは全く別のソリューションを使用して機能を満たすことができる。

DP の代替は、技術的・経済的に実現可能であると同時に、後悔するような代替を避けるために、好ましいハザードプロファイルを持つ必要がある。難燃剤とグリース／潤滑剤を必要とする材料は多岐にわたるため、普遍的な代替品は存在しない可能性が高く、代替品は用途ごとに検討する必要がある。

(2) 難燃剤としての DP の代替

難燃剤は一般に、性能に基づく燃焼性要件を満たすために使用される。これらの要求事項は、化学的に難燃剤を使用することを指定するものではなく、むしろ製品や部品がタバコや直火の着火試験などの実験室での試験に合格することを要求する場合がある。製品に難燃剤を使用することは、企業が製品の燃焼性要件を達成するための一つの手段である。上記に示したように、代替技術や非化学物質ベースの代替技術に依存する設計ベースのソリューションも、様々な用途で難燃剤の代わりに使用することができる。このような解決策には、例えば、ウール、石、アルミニウムなどの本質的に難燃性の材料をバリアとして使用したり、従来の火災設計手法を適応させたりすることが

¹² UNEP (2022) Additional information relating to the draft risk management evaluation on Dechlorane Plus. UNEP/POPS/POPRC.18/INF/5
<http://www.pops.int/TheConvention/POPsReviewCommittee/Meetings/POPRC18/Overview/tabid/9165/ctl/Download/mid/25773/Default.aspx?id=49&ObjID=30837>

含まれる場合がある。例えば、あるテレビメーカーは、テレビ内部から電源を取り除くことで、難燃剤の使用を削減した。ノートパソコンの電源コードのような外部電源を使用することで、テレビ周辺のプラスチックケースの難燃剤を不要にしている。これに加え、既存の火災安全規制、建築基準法、標準に変更を加え、難燃剤の使用を回避又は最小化する設計ベースのアプローチを可能にすることができる。

(3) グリース減圧添加剤としての DP の代替

グリースの極圧添加剤を代替するためには、既存の用途における技術的機能に関する詳細な情報が必要である。極圧添加剤は、塩素化パラフィン又は芳香族ジ又はポリ硫化有機化合物、硫化鉱油、アリアル（アルキル）リン酸エステル、塩素化及び／又は硫化脂肪酸又はオレフィン、リン酸エステル、ポリアルキレングリコールなどのリン、塩素、硫黄による有機化合物である。様々な特性を持つ極圧添加剤は、オイルにも水性流体にも使用され、その効果は主に研磨層の負荷と洗掘の防止にある。OECD によると、極圧添加剤を含むグリースは、通常、自動車産業において、ホイールベアリング、等速ジョイント、ステアリング部品などの用途で、密閉型フォーライフシステムに使用されている。使用中、このようなシステムから漏出することはなく、補充する必要もない。しかし、減圧添加剤の調製中に環境へ排出される可能性がある。極圧添加剤の効率、主に研磨層への負荷と研磨の防止にある。

(4) DP の代替技術

化学構造に注目するのではなく、物質や製品の技術的な機能に着目することで、一般的に幅広い代替案を検討することができる。同様の毒性プロファイルを持つことが多い類似の化学物質のドロップイン代替品に注目するのではなく、「機能代替」として知られるこのアプローチは、残念な代替を避けるのに役立ち、プロセスや製品の革新の機会をもたらすことができる。表 3.1-1 に DP の代替技術を示す。

表 3.1.1-1 DP の代替技術とその実現性

代替技術	技術的・経済的実現性
耐火システム	経済的・技術的な実現性の問題はまだ十分に解決されておらず、また、難燃剤に使用される物質は含窒素系や有機リン系難燃剤に属することが多いため、難燃剤としての DP の代替技術としては適切ではないと考えられている。
ナノコンポジット	ポリマーナノコンポジットは、高速炉材料として大きな可能性を示しているが、安全性については十分な評価がされていない。ポリマーナノコンポジットのナノ粒子は、熱放出率の低減と熱安定性の向上を同時に実証している。
熱膨張性黒鉛	セルローズ系材料の難燃化に有望な材料とされているが、難燃剤における DP 添加剤の正確な技術的機能に関するさらなる情報がなければ、膨張性黒鉛が適切な代替技術になるかどうかを評価することはできない。
発煙抑制剤	火災が発生した場合、これらのシステムはガラス質の被膜や噴気性発泡体の形成、可燃物の希釈につながり、熱分解生成物やそれによる煙の発生を防止する。このようなシステムは、DP の輸送用途に関連するものである。

表 3.1.1-1 DP の代替技術とその実現性（つづき）

代替技術	技術的・経済的実現性
ポリマー混合	より高価なポリマーは、ポリカーボネート、ポリフェニレンオキシド、ポリフェニレンサルファイドなどの協力剤の存在下で、ポリマーブレンドが許容レベルの加工性を達成でき、容易にリサイクルできる。より安価だがより燃えやすいポリマーとハロゲン化難燃剤の難燃性と同様のレベルを示すことから、ノンケミカル代替技術としても使用できる。
本質的な難燃性材料の使用	新しい本質的な難燃性材料の例は、文献や商用ウェブサイトで言及されており、これらはしばしば c-decaBDE の代替材料としている。これらの代替材料を採用するためには、製品設計を変更する必要がある場合があり、その実施には DP を代替難燃剤で代替する場合よりも高いレベルの研究開発活動が必要になると考えられる。
技術開発	難燃剤を必要としない材料、例えば、プラスチックではなく、一部の金属、ガラス、セラミックなどの天然の難燃性材料でコンポーネントを作ることにも可能であり、これにより燃焼性を低下させることができる。熱的に安定なポリマーを設計することも可能だが、性能上の制約が生じる場合があり、また、高価で加工が困難な場合が多い。
製品の再設計	自動車産業において DP を含むポリマーの製品設計を変更するためには、要求される厳しい安全基準を満たすために、FR としての代替品の性能に関する広範な研究と開発が必要である。現在、このようなレベルの研究開発は行われておらず、製品の再設計は、DP の FR 機能に対する適切な非化学的解決策とはならない。

3.1.2 UV-328 の代替物質情報

POPRC18 の「リスク管理に関する評価」において、UV-328 の代替となる化学物質及び、紫外線吸収剤以外に着目した代替技術が、以下のように整理されている¹³。

（１）UV-328 代替物質の考え方

フェノール性ベンゾトリアゾールは、技術的には最も重要な紫外線吸収剤である。自動車産業では、プラスチックやコーティングの用途で光安定剤として広く使用されている。UV-328 は、UV-328 の用途に応じた代替のために必要な研究努力が行われる限り、他のベンゾトリアゾールに置換することができる。UV-328 を他のフェノール性ベンゾトリアゾールに置き換えた場合、この化学クラスの他の物質も有害な特性を示し、REACH 認可リストに追加されたことに注意する必要がある。UV-328 と同じ用途に使用される他のフェノール性ベンゾトリアゾール類に含まれる UV-320、UV-327、UV-350 が該当する。表 3.1.2-1 に示すこれらのベンゾトリアゾールの中には、EU で残留性・生物蓄積性・毒性（PBT: Persistence, Bioaccumulation and Toxicity）の評価中のものもあれば、人の健康や環境に害を及ぼす可能性があるものもある。

¹³ UNEP (2022) Risk management evaluation for UV-328, Report of the Persistent Organic Pollutants Review Committee on the work of its eighteenth meeting.
 UNEP/POPS/POPRC.18/11/Add.2.
<http://chm.pops.int/TheConvention/POPsReviewCommittee/Meetings/POPRC18/Overview/tabid/9165/ctl/Download/mid/26175/Default.aspx?id=15&ObjID=31313>

表 3.1.2-1 EU で高懸念物質 (SVHC) に指定されていないフェノール性ベンゾトリアゾールの概要

ベンゾトリアゾール	適用可能性	備考
UV-P (2-(2H-ベンゾトリアゾール-2-イル)-p-クレゾール) CAS No. 2240-22-4	REACH 規則で登録済。 欧州経済領域 (EEA) で 1,000 t/年以上 10,000 t/年未満、製造輸入されている。	PBT 評価中
UV-234 (2-(2H-ベンゾトリアゾール-2-イル)-4, 6-ビス (1-メチル-1-フェニルエチル) フェノール) CAS No. 70321-86-7	REACH 規則で登録済。 EEA で 1,000 t/年以上 10,000 t/年未満、製造輸入されている。	PBT 評価中。vPvB 特性 (高残留性、高生物蓄積性) を有することから、令和 5 年に SVHC (高懸念物質) として特定するための提案を提出する暫定的な計画が示されている。
UV-326 (2-tert-ブチル-6-(5-クロロ-2H-ベンゾトリアゾール-2-イル)-4-メチルフェノール) である。 CAS No. 3896-11-5	REACH 規則で登録済。 EEA で 1,000 t/年以上 10,000 t/年未満、製造輸入されている。	PBT 評価中。その vPvB 特性から令和 5 年に SVHC として特定するための提案を行う暫定的な計画が示されている。
UV-329 (2-(2H-ベンゾトリアゾール-2-イル)-4-(1, 1, 3, 3-テトラメチルブチル) フェノール) CAS No. 3147-75-9	REACH 規則で登録済。 EEA で 1,000 t/年以上 10,000 t/年未満、製造輸入されている。	PBT 評価中。その vPvB 特性から令和 5 年に SVHC として特定するための提案を行う暫定的な計画が示されている。
UV-360 (2-2'-メチレンビス [6-(2H-ベンゾトリアゾール-イル)-4-(1, 1, 3, 3-テトラメチルブチル) フェノール]) CAS No. 103597-45-1	REACH 規則で登録済。 EEA で 100 t/年以上、製造輸入されている。	EU で承認された調和的 分類および表示によれば、この物質は水生生物に長期にわたる有害な影響を与える可能性がある。
UV-571 (2-(2H-ベンゾトリアゾール-2-イル)-6-ドデシル-4-メチルフェノール) CAS No. 125304-04-3	REACH 規則で未登録。 インターネット検索で国際的な供給者が特定されている。この物質が広く利用されているかどうかは不明である。	CLP 通知で企業が ECHA に提供した分類によると、この物質は水生生物に毒性があり、長期的な影響を及ぼす。
UV-928 (2-(2H-ベンゾトリアゾール-2-イル)-6-(1-メチル-1-フェニルエチル)-4-(1, 1, 3, 3-テトラメチルブチル) フェノール) CAS No. 73936-91-1	REACH 規則で登録済。 EEA で 1,000 t/年以上 10,000 t/年未満、製造輸入されている。	PBT 評価中。UV-928 が REACH の vPvB 物質の基準を満たすと結論づけるには、利用可能な証拠で十分かもしれない。生物濃縮試験の必要性については、まだ検討中である。

(2) UV-328 の代替物質

プラスチック、塗料、コーティング、接着剤、シーラントなどの用途において、UV-328 を光安定剤として代用できる様々な代替品が存在すると結論付けられている。代替品には、特にベンゾフェノン、その他のベンゾトリアゾール、ヒンダードアミン系光安定剤 (HALS)、オキサラニリド、シアノアクリレートが含まれる。しかし、コストや代替品の具体的な用途とその効果に関するデータはほとんどない。プラスチック、塗料、コーティング、接着剤、シーラントなどの用途では、代替品は技術的に実現可能であり、十分な量を手に入れることができるようである。このことは、代替物質が UV-328 の実行

可能な代替品であり、UV-328 の上市が令和 5 年 11 月 27 日以降に EU で中止されることを示唆する業界のフィードバックによって裏付けられている。農業用フィルム、ディスプレイ、レンズ、眼鏡の代替品についての懸念に加え、他の特定の用途における UV-328 の実行可能な代替品の欠如に関する情報は得られていない。特に自動車分野での交換部品の供給や、時間のかかる代替プロセスに関する懸念が存在する。したがって、締約国及びオブザーバーからのフィードバックによると、条約に基づくリストに対応する特定の免除が必要な場合があるが、不必要な暴露を避けるために、免除はできるだけ狭く、具体的に保たれるべきである。UV-328 の代替品は、後悔するような代替を避けるために、慎重に選択し評価されるべきである。より安全な代替品を追求すべきである。これは特に、PBT 評価中であり、したがって UV-328 そのものと同様に有害である可能性がある他のベンゾトリアゾールとの代替に関連する。しかし、これはベンゾフェノンや他の光安定剤のような他の潜在的な代替品にも適用される。

3.2 ECHA が公表しているプラスチック添加剤情報

欧州化学物質庁（ECHA）では、産業界とともに、平成 28 年～平成 30 年にプラスチック添加剤の用途と添加剤がプラスチック成形品から排出される可能性の程度を特徴づけるプロジェクトを実施している。年間 100 t 以上生産されている添加剤が対象とされており、最も一般的に含まれるポリマーの種類と添加剤の含有割合の範囲に関する情報が公開されている¹⁴。現在活用されている光安定化剤、難燃剤への代替が現実的であると考えられることから、これらの情報を整理した。光安定化剤の情報を表 3.2-1 に、難燃剤の情報を表 3.2-2 に示す。

表 3.2-1 光安定化剤の情報¹⁴

CAS 番号	物質名	プラスチック中での他機能	主に使用されるポリマーの種類	典型的な濃度 (%)
108-46-3	レゾルシノール	その他の安定化剤、難燃剤	-	-
1843-05-6	オクタベンゾン	その他の安定化剤	ポリオレフィン-I、ポリウレタン、ポリオレフィン-II、軟質ポリ塩化ビニル、ABS、硬質ポリ塩化ビニル、アクリル樹脂、ポリスチレン（フォーム）	0.2-5.0

¹⁴ ECHA. Mapping exercise-Plastic additives initiative. <https://echa.europa.eu/mapping-exercise-plastic-additives-initiative>

表 3.2-1 光安定化剤の情報（つづき）¹⁵

CAS 番号	物質名	プラスチック中での他機能	主に使用されるポリマーの種類	典型的な濃度 (%)
2440-22-4	2-(2H-ベンゾトリアゾール-2-イル)-p-クレゾール	その他の安定化剤	ポリオレフィン-I、ポリオレフィン-II、軟質ポリ塩化ビニル、ABS、硬質ポリ塩化ビニル、アクリル樹脂、ポリスチレン（フォーム）	0.0015-0.5
3147-75-9	2-(2H-ベンゾトリアゾール-2-イル)-4-(1,1,3,3-テトラメチルブチル)フェノール	その他の安定化剤	ポリカーボネート	0.3
3896-11-5	ブメトリゾール	-	ポリオレフィン-I、ポリウレタン、ポリオレフィン-II、軟質ポリ塩化ビニル、ABS、硬質ポリ塩化ビニル、ポリカーボネート、ポリスチレン（フォーム）	0.3-1.0
23949-66-8	N-(2-エチルフェニル)-N'-(2-エトキシフェニル)オキサミド	その他の安定化剤	軟質ポリ塩化ビニル、ABS、硬質ポリ塩化ビニル、ポリアミド、ポリカーボネート、ポリスチレン（フォーム）	0.7
25973-55-1	2-(2H-ベンゾトリアゾール-2-イル)-4,6-ジ-tert-ペンチルフェノール	-	-	-
103597-45-1	2,2'-メチレンビス[6-(2H-ベンゾトリアゾール-2-イル)-4-(1,1,3,3-テトラメチルブチル)フェノール]	その他の安定化剤	アクリル樹脂、ポリカーボネート	0.2-6.0
129757-67-1	ビス(2,2,6,6-テトラメチル-1-オクチルオキシピペリジン-4-イル)-1,10-デカンジオアートと 1,8-ビス[(2,2,6,6-テトラメチル-4-((2,2,6,6-テトラメチル-1-オクチルオキシピペリジン-4-イル)-デカン-1,10-ジオイル)ピペリジン-1-イル)オキシ]オクタンの混合物	その他の安定化剤	軟質ポリ塩化ビニル、硬質ポリ塩化ビニル、アクリル樹脂	0.2-0.5

¹⁵ ECHA. Mapping exercise-Plastic additives initiative. <https://echa.europa.eu/mapping-exercise-plastic-additives-initiative>

表 3.2-1 光安定化剤の情報 (つづき) ¹⁶

CAS 番号	物質名	プラスチック中での他機能	主に使用されるポリマーの種類	典型的な濃度 (%)
147315-50-2	2-(4,6-ジフェニル-1,3,5-トリアジン-2-イル)-5-((ヘキシル)オキシ)フェノール	その他の安定化剤、抗酸化剤	軟質ポリ塩化ビニル、硬質ポリ塩化ビニル、PET、アクリル樹脂、ポリカーボネート	6
124172-53-8	N,N'-1,6-ヘキサンジイルビス(N-(2,2,6,6-テトラメチル-ピペリジン-4-イル)ホルムアミド	-	ポリオレフィン-I、ポリオレフィン-II、ABS、アクリル樹脂、ポリアミド、ポリスチレン(フォーム)	0.5-0.8
86403-32-9	2,2,6,6-テトラメチルピペリジン-4-イル-ヘキサデカノエートと 2,2,6,6-テトラメチルピペリジン-4-イル-オクタデカノエートの混合物	その他の安定化剤、抗酸化剤	-	-
-	ビス(1,2,2,6,6-ペンタメチル-4-ピペリジル)セバシン酸とメチル 1,2,2,6,6-ペンタメチル-4-ピペリジルセバシン酸の反応生成物	熱安定剤	ポリウレタン、ABS、アクリル樹脂、ポリスチレン(フォーム)	0.2-0.5

表 3.2-2 難燃剤の情報 ¹⁶

CAS 番号	物質名	プラスチック中での他機能	主に使用されるポリマーの種類	典型的な濃度 (%)
78-40-0	リン酸トリエチル	-	ポリウレタン	10
79-94-7	2,2',6,6'-テトラプロモ-4,4'-イソプロピリデンジフェノール	-	ポリオレフィン-I、ポリオレフィン-II、ABS	5.0-10.0
108-78-1	メラミン	-	ポリウレタン	25
108-80-5	シアヌル酸	-	ポリオレフィン-I、ポリオレフィン-II	n.a.
1163-19-5	ビス(ペンタプロモフェニル)エーテル	-	n.a.	n.a.
1302-42-7	アルミン酸ナトリウム	-	n.a.	n.a.
1305-62-0	水酸化カルシウム	-	n.a.	n.a.
1309-42-8	水酸化マグネシウム	-	ポリオレフィン-I、ポリオレフィン-II、ABS	4.0-8.0

¹⁶ ECHA. Mapping exercise-Plastic additives initiative. <https://echa.europa.eu/mapping-exercise-plastic-additives-initiative>

表 3.2-2 難燃剤の情報（つづき）¹⁷

CAS 番号	物質名	プラスチック中での他機能	主に使用されるポリマーの種類	典型的な濃度 (%)
1309-64-4	三酸化アンチモン		ポリオレフィン-I、ポリオレフィン-II、軟質ポリ塩化ビニル、ABS、ポリアミド	8
1318-23-6	ペーナイト		ポリアミド	5
3296-90-0	2,2-ビス(プロモメチル)プロパン-1,3-ジオール	-	n.a.	n.a.
7722-76-1	リン酸二水素アンモニウム	-	n.a.	n.a.
7789-79-9	次亜リン酸カルシウム	-	ポリオレフィン-I	1
12251-53-5	テトラヒドロキシアルミン酸ナトリウム	-	n.a.	n.a.
12767-90-7	ホウ酸亜鉛	-	ポリオレフィン-I、ポリオレフィン-II、ポリアミド	0.3-0.4
13308-51-5	リン酸ホウ素	-	n.a.	n.a.
13560-89-9	デクロランプラス	-	ポリオレフィン-I	3
13674-87-8	トリス[2-クロロ-1-(クロロメチル)エチル]リン酸	-	n.a.	n.a.
18755-43-6	プロピルホスホン酸ジメチル	-	ポリウレタン	15
21645-51-2	水酸化アルミニウム	顔料	ポリオレフィン-I、ポリウレタン、ポリアミド	0.25-50.0
21850-44-2	1,1'-(イソプロピリデン)ビス[3,5-ジプロモ-4-(2,3-ジプロモプロポキシ)ベンゼン]	-	n.a.	n.a.
25637-99-4	ヘキサプロモシクロデカン	-	n.a.	n.a.
32588-76-4	N,N'-エチレンビス(3,4,5,6-テトラプロモフタリミド)	-	n.a.	n.a.
35948-25-5	6H-ジベンゾ[c,e][1,2]オキサホスホリン 6-オキシド	-	n.a.	n.a.

¹⁷ ECHA. Mapping exercise-Plastic additives initiative. <https://echa.europa.eu/mapping-exercise-plastic-additives-initiative>

表 3.2-2 難燃剤の情報（つづき）¹⁸

CAS 番号	物質名	プラスチック中での他機能	主に使用されるポリマーの種類	典型的な濃度 (%)
37640-57-6	1,3,5-トリアジン-2,4,6(1H,3H,5H)-トリオンと 1,3,5-トリアジン-2,4,6-トリアミンの 1:1 化合物	-	ポリウレタン、ポリアミド	5.0-30.0
38051-10-4	2,2-ビス(クロロメチル)トリメチレンビス(ビス(2-クロロエチル)リン酸)	-	ポリウレタン	12
41583-09-9	1,3,5-トリアジン-2,4,6-トリアミンリン酸	-	n.a.	n.a.
58398-71-3	酸化二水酸化カルシウムマグネシウム	顔料	n.a.	n.a.
63449-39-8	塩化パラフィン	可塑剤	ポリウレタン、軟質ポリ塩化ビニル	n.a.
68333-79-9	ポリリン酸アンモニウム塩	-	ポリオレフィン-I	30
68937-41-7	リン酸トリス(イソプロピルフェニル)	可塑剤	ポリウレタン、軟質ポリ塩化ビニル	15.0-35.0
84852-53-9	1,1'-(エタン-1,2-ジイル)ビス[ペンタプロモベンゼン]	-	ポリウレタン、軟質ポリ塩化ビニル	15.0-35.0
85535-85-9	塩化アルカン, C14-17	可塑剤	ポリウレタン、軟質ポリ塩化ビニル	15
97416-84-7	1,1'-(イソプロピリデン)ビス[3,5-ジプロモ-4-(2,3-ジプロモ-2-メチルプロポキシ)ベンゼン]	-	ポリウレタン、軟質ポリ塩化ビニル	15
14657-64-8	3-(ヒドロキシフェニルホスフィニル)プロピオン酸		ABS、PET、ポリカーボネート	n.a.
-	2,4,6-トリス(2,4,6-トリプロモフェノキシ)-1,3,5-トリアジン	-	n.a.	n.a.
-	Fyroflex SOL-DP	-	n.a.	n.a.

¹⁸ ECHA. Mapping exercise-Plastic additives initiative. <https://echa.europa.eu/mapping-exercise-plastic-additives-initiative>

表 3.2-2 難燃剤の情報（つづき）¹⁹

CAS 番号	物質名	プラスチック中での他機能	主に使用されるポリマーの種類	典型的な濃度 (%)
-	リン酸 p-t-クロロプロピルジフェニルとリン酸ビス(p-t-ブチルフェニル)とリン酸トリフェニルの反応生成物	-	n.a.	n.a.
-	リン酸トリス(2-クロロプロピル)、リン酸トリス(2-クロロ-1-メチルエチル)、リン酸ビス(2-クロロ-1-メチルエチル)2-クロロプロピルエステル、リン酸2-クロロ-1-メチルエチルビス(2-クロロプロピル)エステルの反応生成物	可塑剤	ポリウレタン、軟質ポリ塩化ビニル	15

¹⁹ ECHA. Mapping exercise-Plastic additives initiative. <https://echa.europa.eu/mapping-exercise-plastic-additives-initiative>

3.3 US EPA による難燃剤デカブロモジフェニルエーテルの代替物質評価

米国環境保護庁（US EPA）は、平成 26 年に難燃剤デカブロモジフェニルエーテル（DecaBDE）と代替品 29 物質の有害性評価を行い、代替品の決定に関する考察をまとめている²⁰。DP は DecaBDE の代替として用いられた経緯がある²¹ことから、US EPA が実施した有害性評価の観点からの DecaBDE の代替物質評価の情報を整理した。

代替物質評価で対象とした DecaBDE と 29 物質は、以下の 5 つに分類されている。

1. 個別ハロゲン系難燃剤
2. 高分子臭素系難燃剤
3. 個別リン系難燃剤、窒素系難燃剤、リン・窒素系難燃剤
4. 高分子リン系難燃剤・窒素系難燃剤、
5. 無機系難燃剤

代替品の中には、何十年も前から使用されているものもあれば、比較的新しく市場に登場したものもある。ハザードプロファイルの結果を表 3.3-1～3.3-5 に示す。DecaBDE と同様のハザードプロファイルを持つ代替品もあれば、ハザードエンドポイントでトレードオフの関係にある代替品もあり、DecaBDE と比較して好ましいプロファイルを持つ代替品もある。

類似のプロファイルを持つ難燃剤は、難分解性、生物蓄積性が高い可能性があり、発がん性、発達神経毒性、反復投与毒性の危険性を持つ傾向がある。その他の代替物質は、水生毒性など異なるエンドポイントに基づく有害性の懸念があり、DecaBDE と比較した場合、有害性のトレードオフが存在する。

高分子臭素系難燃剤は、その大きな分子サイズにより生物学的利用能が制限されるため、より安全であると予想されている。

ハザードプロファイルは、経験的データに大きく基づいているものと、推定値に大きく依存しているものがあり、経験的データが限られている化学物質で、現在または今後大量に使用される可能性があるものは、優先的にさらなる試験を実施する必要があるとされている。

²⁰ US EPA (2014) An Alternative Assessment for The Flame Retardant Decabromodiphenyl Ether (DecaBDE). https://www.epa.gov/sites/default/files/2014-05/documents/decabde_final.pdf

²¹ UNEP (2022) Risk management evaluation for Dechlorane Plus, Report of the Persistent Organic Pollutants Review Committee on the work of its eighteenth meeting. UNEP/POPS/POPRC.18/11/Add.1. <http://chm.pops.int/TheConvention/POPsReviewCommittee/Meetings/POPRC18/Overview/tabid/9165/ctl/Download/mid/26175/Default.aspx?id=13&ObjID=31307>

表 3.3-1 デカブロモジフェニルエーテル及びハロゲン系難燃剤のハザードプロファイル²²

物質名	CAS番号	ヒトの健康影響											生態影響		環境動態	
		急性毒性	発がん性	遺伝毒性	生殖毒性	発達毒性	神経毒性	反復投与毒性	皮膚感作性	呼吸器感作性	眼刺激性	皮膚刺激性	急性毒性	慢性毒性	残留性	生物濃縮性
ビス(ヘキサクロロシクロペンタジエノ)シクロオクタン	13560-89-9	L	M	M	VL	VL	L	M	L	-	VL	L	L	L	VH	H
臭素化ポリ(フェニルエーテル)	機密	L	L	L	VL	M	L	L	L	-	L	VL	L	L	VH	H
デカブロモジフェニルエタン	84852-53-9	L	M	L	L	H	L	L	L	-	VL	VL	L	L	VH	H
デカブロモジフェニルエーテル	1163-19-5	L	M	L	L	H	L	M	L	-	L	L	L	L	VH	H
エチレンビス-テトラブロモフタルイミド	32588-76-4	L	M	L	L	M	L	L	L	-	VL	VL	L	L	VH	H
テトラブロモビスフェノールA ビス(2,3-ジブロモプロピル)エーテル	21850-44-2	L	M	M	M	M	L	M	L	-	L	L	L	L	VH	H
リン酸トリス(トリブロモネオペンチル)	19186-97-1	M	M	L	M	M	H	L	L	-	L	L	L	L	H	M
トリス(トリブロモフェノキシ)トリアジン	25713-60-4	L	L	L	L	L	L	L	L	-	L	VL	L	L	VH	H

VL:非常に低いハザード、L:低いハザード、M:中程度のハザード、H:高いハザード、VH:非常に高いハザード

表 3.3-2 高分子臭素系難燃剤のハザードプロファイル²²

物質名	CAS番号	ヒトの健康影響											生態影響		環境動態	
		急性毒性	発がん性	遺伝毒性	生殖毒性	発達毒性	神経毒性	反復投与毒性	皮膚感作性	呼吸器感作性	眼刺激性	皮膚刺激性	急性毒性	慢性毒性	残留性	生物濃縮性
臭素化エポキシポリマー	68928-70-1	L	L	L	L	L	L	L	L	-	L	L	L	L	VH	L
臭素化エポキシポリマー	機密	L	L	L	L	L	L	L	L	-	L	L	L	L	VH	L
臭素化エポキシポリマーとアクリル酸ブロモベンジルの混合物	機密	L	L	L	L	L	L	L	L	-	L	L	L	L	VH	L
臭素化エポキシレジン、トリブロモフェノールエンドキャップ	135229-48-0	L	L	L	L	L	L	L	L	-	L	VL	L	L	VH	L
臭素化ポリアクリレート	59447-57-3	L	L	L	L	L	L	L	L	-	L	L	L	L	VH	L
臭素化ポリアクリレート	88497-56-7	L	L	L	L	L	L	L	L	-	L	L	L	L	VH	L

VL:非常に低いハザード、L:低いハザード、M:中程度のハザード、H:高いハザード、VH:非常に高いハザード

²² US EPA (2014) An Alternative Assessment for The Flame Retardant Decabromodiphenyl Ether (DecaBDE). https://www.epa.gov/sites/default/files/2014-05/documents/decabde_final.pdf

表 3.3-3 リン系難燃剤、窒素系難燃剤、リン・窒素系難燃剤のハザードプロファイル²³

物質名	CAS番号	ヒトの健康影響											生態影響		環境動態	
		急性毒性	発がん性	遺伝毒性	生殖毒性	発達毒性	神経毒性	反復投与毒性	皮膚感作性	呼吸器感作性	眼刺激性	皮膚刺激性	急性毒性	慢性毒性	残留性	生物濃縮性
置換アミンリン酸塩混合物	機密	H	M	M	M	M	L	M	L	M	M	VL	M	L	H	L
リン酸トリフェニル	115-86-6	L	M	L	L	L	L	H	L	-	L	VL	VH	VH	L	M
ビスフェノールAビス-(リン酸ジフェニル)(BAPP)	181028-79-5	L	M	L	L	L	L	L	L	-	L	L	L	L	H	H
シアヌル酸メラミン	37640-57-6	L	M	M	M	M	L	H	L	-	L	L	L	L	VH	L
ポリリン酸メラミン	15541-60-3	L	M	M	L	L	L	M	L	-	L	VL	L	L	H	L
N-アルコキシヒンダードアミン反応生成物	191680-81-6	L	M	L	H	H	L	H	L	-	L	VL	H	H	H	H

VL:非常に低いハザード、L:低いハザード、M:中程度のハザード、H:高いハザード、VH:非常に高いハザード

表 3.3-4 高分子リン系難燃剤・窒素系難燃剤のハザードプロファイル²³

物質名	CAS番号	ヒトの健康影響											生態影響		環境動態	
		急性毒性	発がん性	遺伝毒性	生殖毒性	発達毒性	神経毒性	反復投与毒性	皮膚感作性	呼吸器感作性	眼刺激性	皮膚刺激性	急性毒性	慢性毒性	残留性	生物濃縮性
リン酸オリゴマー	68664-06-2	L	M	L	L	L	M	L	L	-	M	M	L	H	VH	H
ポリリン酸	68664-06-2	L	L	L	L	L	L	L	L	-	L	L	L	L	VH	L
(1,1'-ビフェニル-4,4'-ジオール)とフェノールの混合リン酸エステル(BPBP)	1003300-73-9	L	M	L	L	L	L	L	L	-	VL	VL	H	H	H	M
ポリ(ホスホネート-コーカーボネート)	77226-90-5	L	L	L	L	L	L	L	L	-	L	L	L	L	VH	L
リン酸レゾルシノールビス-ジフェニル(RDP)	125997-21-9	L	M	L	L	M	M	M	L	-	L	VL	VH	VH	M	H

VL:非常に低いハザード、L:低いハザード、M:中程度のハザード、H:高いハザード、VH:非常に高いハザード

²³ US EPA (2014) An Alternative Assessment for The Flame Retardant Decabromodiphenyl Ether (DecaBDE). https://www.epa.gov/sites/default/files/2014-05/documents/decabde_final.pdf

表 3.3-5 無機系難燃剤のハザードプロファイル²⁴

物質名	CAS番号	ヒトの健康影響											生態影響		環境動態	
		急性毒性	発がん性	遺伝毒性	生殖毒性	発達毒性	神経毒性	反復投与毒性	皮膚感受性	呼吸器感受性	眼刺激性	皮膚刺激性	急性毒性	慢性毒性	残留性	生物濃縮性
ジエチルホスフィン酸アルミニウム	225789-38-8	L	L	L	VL	M	M	M	L	-	L	VL	M	M	H	L
水酸化アルミニウム	21645-51-2	L	L	L	L	L	M	M	L	-	VL	VL	M	M	H	L
ポリリン酸アルミニウム	68333-79-9	L	L	L	L	L	L	L	L	-	VL	L	L	L	VH	L
三酸化アンチモン	1309-64-4	L	M	M	M	L	L	H	L	-	L		H	M	H	L
水酸化マグネシウム	1309-42-8	L	L	L	L	L	L	L	L	-	M	L	L	L	H	L
赤リン	7723-14-0	L	L	M	L	L	L	L	L	-	M		L	L	H	L
ホウ酸亜鉛	1332-07-6	L	L	H	M	M	M	L	L	-	L	L	H	H	H	L

VL:非常に低いハザード、L:低いハザード、M:中程度のハザード、H:高いハザード、VH:非常に高いハザード

²⁴ US EPA (2014) An Alternative Assessment for The Flame Retardant Decabromodiphenyl Ether (DecaBDE). https://www.epa.gov/sites/default/files/2014-05/documents/decabde_final.pdf