

経済産業省 ガス安全室 御中

**令和2年度補正産業保安高度化推進事業
（次期安全高度化計画及びスマート保安技術に係る
調査研究）
報告書**

2021年3月31日

 **株式会社三菱総合研究所**

セーフティ&インダストリー本部

経営イノベーション本部

目次

1. はじめに	4
2. 国内外におけるスマート保安技術の調査・分析	5
2.1 スマートメーター関連	5
2.1.1 国内におけるスマートメーターの動向	5
2.1.2 海外におけるスマートメーターの動向	7
2.2 広域漏えい検査	15
2.2.1 国内で用いられている広域漏えい検査技術	15
2.2.2 米国で用いられているガス漏えい検査技術	15
2.2.3 カナダで用いられているガス漏えい検査技術	17
2.3 その他スマート保安関連	21
2.3.1 インフラ事業者におけるデジタル技術等の利活用事例	21
2.3.2 CBM（Condition Based Maintenance：設備の「状態把握」に基づくメンテナ ス）の具体的な事例	22
3. ガス保安の高度化の方向性の検討	24
3.1 他国・他分野での技術活用の制度的背景としての保安規制体系	24
3.1.1 スマートメーター関連	24
3.1.2 広域漏えい検査	24
3.1.3 その他スマート保安関連	29
3.2 ガス分野の制度的背景等を踏まえた適用可能性、保安規制上の課題	38
3.2.1 スマートメーター関連	38
3.2.2 広域漏えい検査	38
3.2.3 その他スマート保安関連	44
4. 今後のガス保安の高度化に向けたスマート保安のアクションプランの検討	46
4.1 ガス分野のスマート保安技術	46
4.2 ガス分野におけるスマート保安のアクションプラン（案）	47
5. まとめと今後の課題	48
国内外におけるスマート保安活用事例の有識者ヒアリング調査 実績	49
スマート保安官民協議会ガス安全部会 開催実績	49

図目次

図 2-1	日本国内における都市ガス用センシング技術と測定可能範囲.....	15
図 3-1	プラント保安分野での AI 導入促進の取り組み	29
図 3-2	ドローン等の目視検査への活用	30
図 3-3	屋内での飛行についてのガイドライン改訂	31
図 3-4	「プラント内における危険区域の精緻な設定方法に関するガイドライン」によるドローンの飛行可能エリア拡大.....	32
図 3-5	防爆ドローンガイドラインの策定	32
図 3-6	送配電設備の保守・点検等のスマート化の取組.....	33
図 3-7	火力発電所の保守・点検のスマート化の取組.....	34
図 3-8	水力発電設備の保守・点検のスマート化の取組.....	34
図 3-9	自家用電気工作物の保守・点検におけるスマート化の取組.....	35
図 3-10	Condition Based Maintenance(CBM)への移行.....	36
図 3-11	CBM 適用事業所の認定	36
図 3-12	日本国内における都市ガス用センシング技術と測定可能範囲.....	41

表 目 次

表 2-1	スマートメーターの導入目的および特徴的な機能.....	6
表 2-2	スマートメーターに関する EU 指令の経緯	8
表 2-3	ガススマートメーターの導入に関する国内法.....	9
表 2-4	EU 加盟国のガスメーター設置数及びスマートメーター設置数	11
表 2-5	オランダとイタリアにおけるスマートメータリング関連法.....	13
表 2-6	米国における表面ガス検知調査に用いられる機器.....	16
表 2-7	カナダにおける漏えい検査に用いられる技術.....	18
表 2-8	カナダにおける漏えい検査のその他の技術	19
表 3-1	広域漏えい検査(表面ガス検知調査等)に関する国内・海外の法令・ガイドライ ン比較	43
表 4-1	スマート保安官民協議会ガス安全部会で共有のあった技術.....	46
表 4-2	ガス分野におけるスマート保安のアクションプラン（案） 構成.....	47

1. はじめに

2030 年の死亡事故ゼロを目標とした次期安全高度化計画策定に関する検討が実施されている中、国内のみならず諸外国における保安規制や事故状況、対策等を把握した上で、必要に応じて次期計画に反映することが重要である。

また、次期計画の今後のガス事業展開と想定リスクにおいては、保安の担い手・需要家等の構造変化（例：人材不足、高齢化・外国人比率向上）や自然災害の多発化・激甚化リスク等への対応が必要であり、スマートメーター等のスマート保安技術の活用を通じた課題解決を志向することが提言されている。

加えて、2020 年度には、安全確保を第一にスマート保安を強力に推進するため、官民のトップによる「スマート保安官民協議会」が新設された。この中では、企業による先進的な取組と、国による保安規制・制度の不断の見直しを効果的に促進し、スマート保安による一層の安全性向上、関連産業の生産性向上・競争力強化が図られている。

こうしたことから、本事業において、国内外における保安規制等やスマート保安技術の実態調査を実施することを目的とする。

2. 国内外におけるスマート保安技術の調査・分析

海外、国内における下記項目等について、調査・分析を実施する。

- スマートメーター関連 (2.1)
- 広域漏えい検査 (2.2)
- その他スマート保安関連 (2.3)

2.1 スマートメーター関連

日本及び海外におけるスマートメーターの普及状況、機能、費用などについて調査した。

2.1.1 国内におけるスマートメーターの動向

都市ガス事業者および LP ガス事業者、関係団体へのインタビューおよび Web 調査に基づき、スマートメーターの導入状況および技術動向を調査した。

公開情報に基づく、各社のスマートメーターの導入目的および特徴的な機能を表 2-1 に示す。例えば、都市ガスについては、2020 年 12 月 2 日に東京ガス・大阪ガス・東邦ガスがスマートメーターシステムの共同開発を公表している¹。LP ガスについては、日本瓦斯が「スペース堂」を 2019 年 7 月に開発、2021 年 3 月期中に同社グループの LP ガス利用者（約 85 万件、2019 年 5 月末時点）に導入し、次いで、同社グループの導管で都市ガスを供給している利用者（約 41 万件、2019 年 5 月末時点）にも、順次導入する予定とされている²。

保安の目的としては、主にガス漏えい時や地震時の遠隔での閉栓・開栓（保安措置および復旧操作）、災害時の高密度・精緻な被害推定、漏えい検査の高頻度化による保安水準の向上、ガスパ管内への水の浸入箇所の特定等が挙げられている。

なお、スマートメーターの開発・導入における課題としては、技術開発に係るコストの発生、スマートメーターの機能が高度化することによる高価格化、導入後の通信費用の発生等が挙げられる。大手事業者以外の多くの中小事業者でも導入可能となるような環境づくりが求められる。例えば全ての事業者に導入を必須とするのではなく選択肢のひとつとすべきか、既存のマイコンメーターが有する保安機能を考慮して通信回数の柔軟性を確保すべきか、等が論点となる。

¹ 東京ガス株式会社・大阪ガス株式会社・東邦ガス株式会社「スマートメーターシステムの共同開発について」（2020 年 12 月 2 日）、https://www.osakagas.co.jp/company/press/pr2020/1290784_43661.html, 2021 年 3 月 30 日取得

² 日本瓦斯株式会社「配送 4.0 プロジェクト 第 1 弾！ ガスメーターをオンライン化する NCU の自社開発に成功！ LPG 物流の概念を変え、“世界初”の「LPG 託送サービス」を開始します。」（2019 年 7 月 2 日）、<https://ssl4.eir-parts.net/doc/8174/tdnet/1728254/00.pdf>, 2021 年 3 月 30 日取得

表 2-1 スマートメーターの導入目的および特徴的な機能

事業者名	スマートメーターの導入目的			主な導入のきっかけ、特徴的な機能等
	保安	生産性向上	サービス水準の確保	
東京ガス・大阪ガス・東邦ガス（連名） ¹	○	○		- 各種業務システム間の信号授受を担うシステム（センターシステム）の共同開発を実施 - 主な機能は、通信機能、遠隔での閉栓・開栓機能 - 主な導入のきっかけ - 平常時における検針・閉栓業務の効率化 - 災害時等におけるレジリエンスの向上（遠隔での保安措置（閉栓）・復旧操作（開栓））等
東京ガス	○	○		- 従来のガスメーターから無線機付きマイコンメーターへの取替を順次実施中 - ガス漏えい時・地震復旧時の遠隔閉開栓機能 - 高密度な地震データを活用した精緻な被害推定による高度な復旧計画の策定への利用を想定
大阪ガス	○	○		- ガス漏えい時の遠隔閉開栓機能 - スマートメーターシステムの活用により、内管漏えい検査を合理化 - 漏えい検査の高頻度化により、保安水準を向上
東邦ガス	○	○	○	- 検討中／開発中の技術や取組 - ガス漏えい箇所やガスパ管内への水の浸入箇所の特定 - 地震によるガス導管の被害予測の精緻化 - スマートメーター設置地点におけるリアルタイムの流量・圧力値を基に、工事予定箇所の流量・圧力を把握
日本瓦斯	○	○		- マイコンメーターに後付け可能な通信システム「スペース蛍²」を開発 - 通信方式は Sigfox と LTE-M のハイブリットで、遠隔で 1 時間に 1 回自動計測（通信回数は 1 日に 1 回）。 - 電池交換は 10 年間不要 - 通信回数を限定することにより導入コストの低下に成功
北陸電力・東洋ガスメーター・日本エレクトロニクス ³		○	○	- 既存の通信システムを用いたガス遠隔検針（実証実験） - 北陸電力のスマートメーター用通信システムを活用して、ガス遠隔検針サービスを実施することを目的とした実証 - 屋外実証試験では、都市ガスおよび LP ガスの利用者宅に設置したガスメーターと北陸電力のスマートメーターとの間での、降雪・積雪の影響を含む電波伝搬試験を実施
日本 IBM、アズビル金門		○		- LPWA ネットワーク（LoRaWAN）を活用した水道・LP ガス検針（実証実験） - 積雪、低温状況、埋設下における伝達距離や電界強度等を確認し、計測結果をもとに従来のメーターとの精度の比較検討を実施⁴

出所）ガス安全部会資料および脚注の資料に基づき三菱総合研究所作成（「スマートメーターの導入目的」は三菱総合研究所にて付与）

³ 東洋ガスメーター株式会社、日本エレクトロニクス・サービス株式会社、北陸電力株式会社「スマートメーター用通信システムを活用したガス遠隔検針サービス・駐車場予約管理サービスの実証試験の開始について」、<http://www.rikuden.co.jp/press/attach/18090601.pdf>, 2021 年 3 月 30 日取得

⁴ アズビル金門株式会社、日本アイ・ビー・エム「LPWA（Low Power Wide Area）ネットワークを活用した 北海道エリアでの水道／LP ガス検針実証実験について」、https://ak.azbil.com/news/backnumber/pdf/news_20170306.pdf, 2021 年 3 月 30 日取得

2.1.2 海外におけるスマートメーターの動向

(1) EU の動向

1) ガス

a. 法規制のフレームワーク

EU 加盟国（28 か国）におけるガススマートメーターの展開に関する規制の枠組みの概要を表 2-3 に示す。加盟国は、EU 指令を国内法に置き換える必要がある。

表 2-3 からみられる特徴は次のとおり。

- 電力とガスを同一の法律で規定している国
- ガスやエネルギー関連法の改正により推進している国
- 委任法（delegated law）を制定して推進している国

スマートメータリングシステムは、指令 2006/32/EC により、当初は最終用途の省エネルギーの枠組みで導入されたが、エンドユーザーが実際のエネルギー消費を理解するのに役立ち、エネルギー効率に対する需要側の強いインセンティブを生み出すことが期待されていた（表 2-2）。その後、「第三次域内エネルギー市場法令パッケージ」の一部を形成する指令 2009/72/EC（電力）および 2009/73/EC（ガス）の付属書 I で、2012 年 9 月 3 日までに、市場と消費者への長期的な費用便益評価およびスマートメータリングシステムを実装することを規定し、電気については「スマートメーターの展開が肯定的に評価される場合、2020 年までに消費者の少なくとも 80% に実装する必要がある」と記載している。さらに、委員会勧告 2012/148/EU において、スマートメータリングシステムを「従来のメーターよりも多くの情報を追加し、電子通信形式を使用してデータを送受信できること」と定義し、個人データの保護を確実にするためのスマートメータリングシステムの設計に関するガイダンスを加盟国に提供した。

表 2-2 スマートメーターに関する EU 指令の経緯

EU 指令	概要
2006/32/EC(エネルギーの最終用途効率とエネルギーサービスに関する指令)	● 今後 9 年間で 9%の省エネルギー目標を達成するために、電子計測などの費用対効果の高い技術革新の使用を規定 ● 第 13 条「エネルギー消費量の計測と有益な請求」では、電気、天然ガス、地域冷暖房、家庭用水の最終消費者に、個別メーターで実際の消費量や使用時間を反映し、適切な請求情報を提供すること規定
2009/72/EC(電力)および 2009/73/EC(ガス)（「第三次域内エネルギー市場法令パッケージ」(2009 年 7 月 13 日採択)の一部を形成する指令)	● 第 3.11 条で、加盟国および規制当局は、数ある中でも、必要に応じてインテリジェントな計測システムまたはスマートグリッドを導入することにより、エネルギー使用を最適化するためのエネルギー事業を推奨する必要がある、と規定 ● 指令の付属書 I は、2012 年 9 月 3 日までに、市場と消費者への長期的な費用便益評価、およびスマートメータリングシステムを実装することを規定 ● 電気については、「スマートメーターの展開が肯定的に評価される場合、2020 年までに消費者の少なくとも 80%に実装する必要がある」と記載
2012/148/EU(2012 年 3 月 9 日のスマートメータリングシステムの展開の準備に関する委員会勧告)	● スマートメータリングシステムを「従来のメーターよりも多くの情報を追加し、電子通信形式を使用してデータを送受信できること」と定義 ● 個人データの保護を確実にするためのスマートメータリングシステムの設計に関するガイダンスを加盟国に提供し、スマートグリッドおよびスマートメータリングシステムの設計にデータ保護の影響評価を含めることを加盟国に推奨 ● 2009/72/EC および 2009/73/EC の付属書 I に従って、スマートメータリングの展開の経済的評価の方法論に関するガイドラインを提供 ● 電力のスマートメータリングシステムの一般的な最小機能要件を記載
2012/27/EU(2020 年までに省エネ目標を 20%に更新するエネルギー効率に関する指令)	● 第 9 条は計測に特化しており、スマートメータリングシステムの導入と最小限の一般的な機能、および最終消費者のデータ保護とプライバシーに関する追加の手順を提供

出所) Tractebel 「Benchmarking smart metering deployment in the EU-28, Final Report」 (2020 年 3 月) より三菱総合研究所作成

また、Tractebel 「Benchmarking smart metering deployment in the EU-28, Final Report」 (2020 年 3 月) では、次のように指摘している。

- 加盟国の約 4 分の 1 は、ガススマートメーターの配備に関する特定の法的規定を備えた実施戦略を実施している。
- これらの加盟国のほとんどは、ガススマートメーターの実装のために電気スマートメーターに採用した法的枠組みを複製しているか、電気とガススマートメーターの両方に特化した実装法を採用している。
- 一般に、電力と比較すると、スマートメータリングに関するガス固有の課題に対応する法的枠組みの定義または改良の初期段階にある。
- ただし、EU 内の電気メーターに対するガスメーターの平均比率は約 29%であることに注意する必要がある。これは、ガススマートメーター計測(スマートメータリング)の展開のための法的枠組みの採用が遅れている要因の一つである。

表 2-3 ガススマートメーターの導入に関する国内法

国名	ガススマートメーター計測(スマートメータリング)関連法
オーストリア	● 主な法律は「GWG2011 (Gaswirtschaftsgesetz: ガス産業法)」 ● スマートメーターの導入をさらに実装する委任法 (delegated law) は、ガスメーターの機能要件を含む「IGMA-VO2012 (Intelligente Gas-Messgeräte-AnforderungsVO 2012: インテリジェントガスメーター要件規制 2012)」
ベルギー	● 地域ごとにガススマートメーター計測(スマートメータリング)に関する根拠法規制は異なる ● ブリュッセル首都圏でガスのスマートメーター計測を可能にする主な法律は、「l'ordonnance du 1er avril 2004 relative à l'organisation du marché du gaz en Région de Bruxelles-Capitale (ブリュッセル首都圏のガス市場の組織に関する 2004 年 4 月 1 日の条例)」 ● ワロン地域のガスのスマートメータリングを可能にする法律はない ● フランダースでは、電気とガスのスマートメータリングを可能にする主要な法律は、「Decreet van 8 mei 2009 houdende algemene bepalingen betreffende hetenergiebeleid (エネルギー政策に関する一般規定を含む 2009 年 5 月 8 日の法令)」
ブルガリア	● 関連法規制なし
クロアチア	● 電気とガスの両方のスマートメーター計測(スマートメータリング)を可能にする主要な法律は「エネルギー法」
キプロス	● スマートメーター実装の根拠法規制は「Regulation of the Gas Market Act2004 (2004 年ガス市場法の規制)」 ● 2006 年、2007 年、2012 年、2018 年に修正
チェコ共和国	● 「Zákon č. 458/2000 Sb. o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon) (法律第 458/2000 号 エネルギー部門の経営状況と国家行政の実績および特定の法律の改正(エネルギー法))」 ● 2001 年 1 月 1 日発効、2018 年 1 月 1 日最終修正
デンマーク	● 関連法規制なし
エストニア	● ガスのスマートメーター計測(スマートメータリング)を可能にする主要な法律は「Natural Gas Act (天然ガス法)」であり、2017 年 6 月に改正されて有効になった
フィンランド	● 関連法規制なし
フランス	● 電力市場と同様の枠組を適用: Energy Code (art. L.341-4) に組み込まれているエネルギー政策ガイドラインを提供する「Law n° 2005-781」(2005 年 7 月 13 日)
ドイツ	● 電気とガスの両方のスマートメーター計測(スマートメータリング)を可能にする主要な法律は「Gesetz zur Digitalisierung der Energiewende (エネルギー転換のデジタル化に関する法律)」
ギリシャ	● 関連法規制なし
ハンガリー	● ガスのスマートメーター計測(スマートメータリング)を可能にする主要な法律は「Natural Gas Act XL of 2008 (2008 年天然ガス法 XL)」 ● 「政令第 26/2016 号」は現在、電気とガスの両方にスマートメーターの導入をさらに実装する委任法
アイルランド	● 電気とガスの両方のスマートメーター計測(スマートメータリング)を可能にする主要な法律は「Statutory Instrument 426 (法定文書 426)」であり、第 3 指令に基づく義務に基づく二次法によってアイルランドの法律に置き換えられている

国名	ガススマートメーター計測（スマートメータリング）関連法
イタリア	● 最初の立法命令は「Law 99/2009」 ● 現在のガスのスマートメーター計測（スマートメータリング）を可能にする主要な法律は「Legislative Decree 102/2014（法令 102/2014）」であり、電力と同じ
ラトビア	● 天然ガスに関する関連法規制なし
リトアニア	● 関連法規制なし
ルクセンブルク	● ガスのスマートメーター計測（スマートメータリング）を可能にする主要な法律は「Loi modifiée du 1er août 2007 relative à l'organisation du marché du gaz naturel（2007 年 8 月 1 日に改正された天然ガス市場の組織に関する法律）」 ● 2015 年に改正されている
マルタ	● マルタにはガス市場なし
オランダ	● 電気とガスの両方のスマートメーター計測（スマートメータリング）を可能にする主要な法律は次のとおり ➢ Wet implementatie EG-richtlijnen energie-efficiëntie（EC エネルギー効率指令法の実施） ➢ Wijziging van de Elektriciteitswet 1998（1998 年電気法の改正） ➢ Gaswet ter verbetering van de werking van de elektriciteits- en gasmarkt（31374）（電気・ガス市場の運営を改善するためのガス法（31374）） ● これらの法律は現在改正中
ポーランド	● 天然ガスに関する関連法規制なし
ポルトガル	● 電気とガスの両方のスマートメーター計測（スマートメータリング）を可能にする主要な法律は「Decreto-Lei n° 215-A/2012」（10 月 8 日）と「Decreto-Lei n° 231/2012」（10 月 26 日）であり、いずれも改正されたものである ● ガススマートメーター計測（スマートメータリング）に関しては、現在、その展開をさらに実施するための委任法はなし
ルーマニア	● 天然ガスに関する関連法規制なし
スロバキア	● 関連法規制なし
スロベニア	● 「エネルギー法」は電気とガスのスマートメーター計測（スマートメータリング）を可能にする主要な法律であり、ガスセクターの「インテリジェントメータリングシステム」に関する第 174 条が含まれている
スペイン	● ガススマートメーターの展開に関する費用対効果分析の否定的な結果を受けて、ガス用のスマートメーターの展開を構成する特定の法律は制定されていない ● それにもかかわらず、天然ガス活動に関する Orden ETU / 1283/2017 は、市場と競争のための全国委員会に、2019 年までにガススマートメーターの展開に関する新しい費用対効果分析を準備するよう要求した
スウェーデン	● 関連法規制なし
イギリス	● 電力市場と同様の枠組を適用：2011 年のエネルギー法と 2018 年のスマートメーター法によって改正された「2008 年エネルギー法」

出所）Tractebel 「Benchmarking smart metering deployment in the EU-28, Final Report」（2020 年 3 月）

表 2-4 EU 加盟国のガスメーター設置数及びスマートメーター設置数

	Actual number of existing metering points (as of 2018)	Total Smart Meters installed (as of 2018)	Total Smart Meters installed in 2017	Total smart meter penetration rate (as of 2018)	Total smart meters installed in 2017
Austria	1,473,684			0.00%	0.00%
Belgium	> 3,510,404			0.00%	0.00%
Bulgaria	180,000			0.00%	0.00%
Croatia	647,000			0.00%	0.00%
Cyprus	0				
Czech Republic	2,870,000			0.00%	0.00%
Denmark	410,000			0.00%	0.00%
Estonia	43,000	5,000	5,000	11.63%	11.63%
Finland	37,000			0.00%	0.00%
France	10,960,000	818,000	609,900	7.46%	5.56%
Germany	14,000,000			0.00%	0.00%
Greece	287,938			0.00%	0.00%
Hungary	7,000,000	11,584	6,492	0.17%	0.09%
Ireland	600,000			0.00%	0.00%
Italy	22,200,000	7,700,000	3,700,000	34.68%	16.67%
Latvia	2,200			0.00%	0.00%
Lithuania	582,058	1,258	46	0.22%	0.01%
Luxembourg	88,527	14,723	14,723	16.63%	16.63%
Malta	0				
Netherlands	7,300,000	3,400,000	947,000	46.58%	12.97%
Poland	7,349,885	94,266	21,443	1.28%	0.29%
Portugal	1,251,000			0.00%	0.00%
Romania	2,800,000			0.00%	0.00%
Slovakia	805,000			0.00%	0.00%
Slovenia	133,630	165	0	0.12%	0.00%
Spain	7,500,000			0.00%	0.00%
Sweden	37,000			0.00%	0.00%
United Kingdom	23,417,428	4,101,072	2,134,983	17.51%	9.12%
Total	115,004,011	16,146,068	7,439,587	14.04%	6.47%

Table 28: Number of gas metering points by 2020, and total number of smart meters installed today by Member State
(Legend: Blank = data not available).

出所) Tractebel 「Benchmarking smart metering deployment in the EU-28, Final Report」 (2020 年 3 月)

表 2-4 によると、ガススマートメーターの設置数が比較的多いのは、オランダとイタリアである。両国とも電気とガスを同一の法律で規定している(表 2-3)。

オランダでは、「1998 年電気法およびガス法の改正」(2004 年 7 月)で電気事業者およ

びガス事業者によるグリッド監視の実施と強化を行い、「電気・ガス市場の運営を改善するための 1998 年電気法およびガス法の改正（31374）」（2008 年 6 月）でスマートメーターの設置に関して規定した。また、「EU エネルギー効率指令実施法」でエネルギー効率に関する規則を定め、電力とガスの消費者が現在の消費量を確認できる計量装置を設置する責任を事業者に課した。スマートメーター普及の準備として、いくつかのパイロットプロジェクトを実施している。パイロットプロジェクトの参加者には、スマートメーター、太陽光発電システム、スマートアプライアンス（例えば洗濯機や乾燥機等）および「家庭用エネルギー管理システム（HEMS）」を設置している。

イタリアでは、民間企業の自主的な取組により 2001 年から第 1 世代の電力スマートメーターの導入を開始した。2006 年に規制当局（ARERA）がスマートメータリング実装の利点を認識し、審議 292/06 を使用して、全てのエンドユーザーに強制的に設置することを設定した。これにより、2011 年に電力スマートメーターは 95%の普及率を達成している。イタリアで電気のスマートメータリングを可能にする主要な法律は、2014 年 7 月に承認された法令 102/2014 であり、これはエネルギー効率に関する EU 指令（2012/27/EU）を置き換えるものである。これは、第二世代スマートメーターの機能および性能仕様を定義する義務を規制当局に割り当てた法令である。ARERA は、2016 年に第 2 世代スマート電力計測の展開に関する 2 つの決議と 1 つの協議を発表した。

- 決議 87/2016/R/eel には、第 2 世代スマートメーターに期待される機能仕様と性能レベルの定義が含まれている。
- 決議 646/2016/R/eel には、前述の決議で定義された機能要件と性能レベルに準拠したスマートメーターシステムの資本コストの認識に対する基準を設定する料金規制が含まれている。
- 協議 468/2016/R/eel は、既存サービスおよびプロセス改善および第 2 世代スマートメーターの普及による潜在的な新サービスの可能性を特定している。

表 2-5 オランダとイタリアにおけるスマートメータリング関連法

国名	ガススマートメーター計測(スマートメータリング)関連法
オランダ	「EU エネルギー効率指令実施法 ⁵ 」(2011 年 2 月) 第 1 章 省エネルギー 第 5 節 電気・ガス・熱供給、電気とガスに関する情報の請求と提供のための計量装置 第 6 条 2. 電力及びガスのネットワーク事業者は、電力とガスの最終消費者が妥当な期間内に、現在のエネルギー消費量と実際に消費された時間を計量装置で確認できるようにする責任を有する。
	「1998 年電気法およびガス法の改正 ⁶ 」(2004 年 7 月) 第 11 条 この法律は次のように引用されている: グリッド管理監督の実施と強化に関する 1998 年の電力法の改正とガス法
	「電気・ガス市場の運営を改善するための 1998 年電気法およびガス法の改正 (31374) ⁷ 」(2008 年 6 月) アイテム F から I、V から Y、JJ および LL (略)1998 年電気法の第 26ad 条およびガス法の 13d 条は、ネットワーク事業者が 1998 年電気法第 95la 条およびガス法第 42a 条の要件を満たすスマートメーターを利用可能にしなければならない多くの状況を説明している。(略)
イタリア	「法令 102/2014」(Legislative Decree 102/2014) エネルギー効率に関する EU 指令 (2012/27/EU) を置き換えるものであり、第 2 世代スマートメーターの機能および性能仕様を定義する義務を規制当局 (ARERA) に割り当てた法令。

出所) 各法令および Tractebel 「Benchmarking smart metering deployment in the EU-28, Final Report」 (2020 年 3 月) に基づき三菱総合研究所作成

b. 主な機能

委員会勧告 2012/148/EU は、電気スマートメーターシステムの 10 の一般的な最小機能を定義している。同勧告の中で、うち 9 つがガススマートメーターにも関連している旨についても記載されている。

- 消費者および第三者に直接測定値の提供
- 省エネスキームを使用するのに十分な頻度で測定値の更新
- オペレーターによるリモートでの読み取り許可
- 保守と制御のための双方向通信の提供
- ネットワーク計画のために十分な頻度での読み取り許可
- 高度な料金システムをサポート
- 電力供給、流量制限または電力制限に関するリモート制御

⁵ Wet implementatie EU-richtlijnen energie-efficiëntie、<https://wetten.overheid.nl/BWBR0029672/2020-10-25>, 2021 年 3 月 30 日取得

⁶ Wijziging Elektriciteitswet 1998 en Gaswet in verband met implementatie en aanscherping toezicht netbeheer、<https://wetten.overheid.nl/BWBR0016958/2008-01-01>, 2021 年 3 月 30 日取得

⁷ Wijziging van de Elektriciteitswet 1998 en de Gaswet ter verbetering van de werking van de elektriciteits- en gasmarkt (31374)、<https://zoek.officielebekendmakingen.nl/kst-31374-17.html>, 2021 年 3 月 30 日取得

- 安全なデータ通信の提供
- 不正の防止と検出

(2) 米国の動向

2009 年、米国エネルギー省（DOE）は、2009 年の米国復興再投資法（ARRA、the American Recovery and Reinvestment Act）から 34 億ドルの資金提供を受けて、スマートグリッド投資助成金（SGIG、the Smart Grid Investment Grant）プログラムを開始し、国の電力システムの近代化を促進し、強化した。追加の業界投資 45 億ドルと合わせて合計 79 億ドルの投資を受けて、スマートメーターの設置、サイバーセキュリティの強化、データ管理システムの統合、ユーティリティと顧客の間の双方向通信化など Advanced Metering Infrastructure（AMI）を整備した（SGIG プログラムは 2015 年に終了している）⁸。

米国の電力会社は、約 9,480 万台のスマートメーターを設置しており、そのうち約 88%は住宅向けである。こうしたデータは米国エネルギー情報局（EIA）がホームページで公表しているが、天然ガスメーターまたは水道メーターに関するデータは公表していない⁹。

IEI（Institute for Electric Innovation）によると、電力スマートメーターは 2019 年末時点で米国全世帯の 70%が導入済みであり、設置台数は 2020 年末で 1 億台を超える見込みである¹⁰。

ガススマートメーターについては、San Diego Gas & Electric (SDG&E)が上述の DOE による AMI の展開よりも前に、サービス地域全体で電気とガスのスマートメーターを導入している。SDG&E は、サービス地域全体をスマートメーターでカバーした最初の事業者であり、連邦政府や州政府が方針を示すよりも前に事業者がサービスを展開することは、予期せぬ課題に直面することもあるが、SDG&E は、2 年かけて、消費者も巻き込んで詳細な設計作業を実施した、とされている¹¹。

⁸ U.S. Department of Energy 「Advanced Metering Infrastructure and Customer Systems, Results from the Smart Grid Investment Grant Program」 （2016 年 9 月）、
https://www.energy.gov/sites/prod/files/2016/12/f34/AMI%20Summary%20Report_09-26-16.pdf, 2021 年 3 月 30 日取得

⁹ U.S. Energy Information Administration (EIA), FAQs 「How many smart meters are installed in the United States, and who has them?」、<https://www.eia.gov/tools/faqs/faq.php?id=108&t=3>, 2021 年 3 月 30 日取得

¹⁰ T&D World 「Smart Meter Deployment Projected to Reach 107 Million As of Year-End 2020」、
<https://www.tdworld.com/grid-innovations/smart-grid/article/21120206/smart-meter-deployment-projected-to-reach-107-million-as-of-year-end-2020>, 2021 年 3 月 30 日取得

¹¹ International Smart Grid Action Network 「AMI CAS Case09 / USA, 4 California AMI deployments」、
<https://www.iea-isgan.org/ami-case-case09-usa/>, 2021 年 3 月 30 日取得

2.2 広域漏えい検査

日本及び海外におけるパイプラインの漏えい検査に用いられている広域漏えい検査技術について調査する。海外で用いられている広域漏えい検査技術については、海外の法制度、ガイドライン等に記載されている事例を抽出した。

2.2.1 国内で用いられている広域漏えい検査技術

まず、国内で用いられているセンシング技術については、図 2-1 の通り、一般社団法人日本ガス協会発行の「本支管指針(維持管理編)JGA 指-203-16¹²⁾」の「第 4 章本支管及び付属設備の管理 4.2 漏えい検査」にて詳細に記載されている。都市ガス用のセンシング技術としては、熱伝導法、赤外線法、半導体式、イオン化伝導度法、接触燃焼法等のガス検知器が実用化されている。

主な検知器と測定範囲の例は以下の通りである。

検知方式	検知器名	測定可能範囲									
熱伝導度法	サーミスタ式ガス検知器										
赤外線法	赤外線ガス検知器										
半導体式	半導体式ガス検知器										
イオン化電導度法	水素炎イオン化式ガス検知器										
接触燃焼法	識別型ガス検知器										
0.1ppm 1ppm 10ppm 0.01% 0.1% 1% 10% 100%											

図 2-1 日本国内における都市ガス用センシング技術と測定可能範囲

出所) 一般社団法人日本ガス協会発行「本支管指針(維持管理編)JGA 指-203-16」より三菱総合研究所作成

2.2.2 米国で用いられているガス漏えい検査技術

米国では、ガスパイプラインシステムに関するガイドラインとして、アメリカ機械学会(ASME)が開発した ASME B31.8 Gas Transmission and Distribution Piping Systems¹³⁾が定められている。その中の NONMANDATORY APPENDIX M GAS LEAKAGE CONTROL CRITERIA1 M-3 LEAKAGE SURVEY AND TEST METHODS (非必須付録 M ガス漏れ管理基準 1 M-3 漏れの調査と試験方法)において、ガス漏洩検査の方法が記載されている。具体的には、表面ガス検知調査、地下ガス検知器調査(バーホール調査を含む)、植生調査、圧力損失テスト、気泡漏れ試験、超音波漏れ試験が挙げられる。

また、表面ガス検知調査に用いられる機器については、米国運輸省(US Department of

¹²⁾ 日本ガス協会、本支管指針(維持管理編)(2016 年 7 月発行)https://www2.enekoshop.jp/shop/book-gas-or-jp2/item_detail?category_id=531002&item_id=2353065, 2021 年 3 月 31 日取得

¹³⁾ ASME(米国機械学会)、ASME B31.8 Gas Transmission and Distribution Piping Systems(2018 年発行)<https://www.asme.org/codes-standards/find-codes-standards/b31-8-gas-transmission-distribution-piping-systems>, 2021 年 3 月 31 日取得

Transportation)の Pipeline and Hazardous Materials Safety Administration・Office of Pipeline Safety が発行している Guidance Manual for Operators of Small Natural Gas Systems¹⁴の CHAPTER IV: LEAK DETECTION AND ODORIZATION METHODS OF DETECTING A LEAK に記載されている。このマニュアルは、安全規制を簡素化することを目的としており、ガスシステムのオペレーターがパイプラインの安全規制の最小要件を満たすために使用できる事例を示している。

表 2-6 で示すとおり、赤外線光学検知器と赤外線光メタン検知器について、どちらも徒歩・車載の両方の検査に用いられることが明記されている。また、検知可能な濃度についても、ASME で定められている 50ppm 以下の濃度での検知が可能である(1ppm)ことが記載されている。

表 2-6 米国における表面ガス検知調査に用いられる機器

機器名	機器名(和訳)	概要
Infrared (IR) – Optical-based Detectors	赤外線光学検知器	<u>車載と徒歩の両方の調査</u> に使用可能 <u>1ppm</u> まで検知可能 赤外線光学ガス検知システムを使用
IR - Optical Methane Detectors (OMD)	赤外線光メタン検知器 (OMD)	<u>車両の前部に設置</u> し、ドライバーまたは技術者が車両内から調整することが可能 1 秒あたり 10,000 回の測定で、 <u>100 万分の 1 (ppm) 未満の濃度の漏えいを検知可能</u> データはデータロガーに送信するか、地上測位衛星 (GPS) システムに変換する
Laser-based Detectors	レーザー式検知器	最大 100 フィート離れた場所の漏れを検知可能 レーザー技術を使用することで、混雑した道路、大型犬のいる庭、施錠されたゲート、橋の下に吊るされたパイプ、その他のアクセスしにくい場所など、到達が困難な可能性のある領域を安全に調査可能

出所) 米国運輸省(US Department of Transportation)Pipeline and Hazardous Materials Safety Administration・Office of Pipeline Safety「Guidance Manual for Operators of Small Natural Gas Systems」より三菱総合研究所作成

¹⁴ US Department of Transportation(米国運輸省) Pipeline and Hazardous Materials Safety Administration・Office of Pipeline Safety、Guidance Manual for Operators of Small Natural Gas Systems(2017 年 1 月発行)、https://www.phmsa.dot.gov/sites/phmsa.dot.gov/files/docs/Small_Natural_Gas_Operator_Guide_%28January_2017%29.pdf, 2021 年 3 月 31 日取得

2.2.3 カナダで用いられているガス漏えい検査技術

カナダでは、カナダ規格協会(CSA)が発行する CSAZ662:19¹⁵によって、石油およびガス産業のパイプラインシステムの設計、建設、運用、パイプラインシステム管理、および放棄に関する必須要件と最小基準に関して定めており、州、地域、連邦政府によって法律で参照されている。その中で、ガスパイプラインシステムの漏えい検査に用いる技術は、ガス検知器調査、植生調査、ガス量監視調査、バーホール調査、表面検知調査、または事業会社が経験により適切であると判断したその他の検知方法であると定められている。

CSAZ662:19 を補完するベストプラクティス集として、CAPP(Canada's oil and natural gas producers)のパイプライン技術委員会が CAPP 2018-0020 Best Management Practice Pipeline Leak Detection Programs¹⁶を発行しており、その中で表 2-7 や表 2-8 の通り、センシング技術の例が示されている。特に水素炎イオン化について、「トラックに取り付けることが可能」である点を長所として示しており、車載が可能であることを明示的に示している。なお、このベストプラクティス集には、ガスだけでなく、液体等の漏えい検査に関する技術も含まれている。

¹⁵ CSA(カナダ規格協会)、CSA Z662:19(2019 年発行)、
https://store.csagroup.org/ccrz__ProductDetails?viewState=DetailView&cartID=&portalUser=&store=&cclcl=en_US&sku=CSA%20Z662%3A19, 2021 年 3 月 31 日取得

¹⁶ CAPP、CAPP 2018-0020 Best Management Practice Pipeline Leak Detection Programs(2018 年 5 月発行)、
https://www.capp.ca/wp-content/uploads/2019/12/Best_Management_Practice__Pipeline_Leak_Detection_Programs-310502.pdf, 2021 年 3 月 31 日取得

表 2-7 カナダにおける漏えい検査に用いられる技術

パイプライン内外	検知方法	概要	該当する商品タイプ	長所	短所/制限
外部	<u>赤外線 (FLIR)</u>	漏えいを検査するための熱画像	NG－スイートガス(硫化水素の含有量が少ない天然ガス)、サワーガス(硫化水素を大量に含む天然ガス) 40℃以上の液体パイプラインに適用できる可能性がある。	高所からパイプラインの重要な部分を観察できる。航空機に搭載する場合に特に効果的である。	視界をさえぎる葉がある場合や低地で用いる場合は制限される。
外部	<u>水素炎イオン化 (フィールド)</u>	炭化水素濃度の測定	NG－スイートガス、サワーガス	<u>低濃度での漏えいを検知可能</u> <u>パイプラインのある用地を歩きながら使用する</u> <u>トラックに取り付けることが可能</u>	冬にテストする必要がある（沼地等から発生するガスを拾い、誤ったアラートが発生する可能性があるため）。 風、視界をさえぎる葉がある場合や低地で用いる場合は制限される。
外部	<u>レーザーガス 検査</u>	メタンを検査するための航空機搭載装置	NG－スイートガス、サワーガス	高感度である。 長いパイプラインを短時間で検査できる。	大気条件（強風）によって制限される。

出所) CAPP(Canada's oil and natural gas producers)パイプライン技術委員会「CAPP 2018-0020 Best Management Practice Pipeline Leak Detection Programs」より三菱総合研究所作成

表 2-8 カナダにおける漏えい検査のその他の技術

パイプライン内外	検知方法	概要	該当する商品タイプ	長所	短所/制限
外部	観察	植生への悪影響や湿ったエリアでの気泡の発生を観察	すべて	最小限の設備で実施可能 設備費が安価である	漏えいにより植生への悪影響が発生するのに時間を要し、その結果、漏えい量が大きくなる可能性がある パイプライン上を頻繁に検査等するために人件費がかかる 画像の比較が必要である。 植生への悪影響は、液体炭化水素もしくは塩水を含むパイプラインで発生する 土地が湿潤でない限り、スイートガスにはあまり効果的ではない。
外部	空中検査	漏えいを見つけるための目視検査（ドローンの使用を含む可能性がある）	すべて	地表近くを見ることができる 安全である	漏えい量は、検知されるまでに大きくなる可能性がある。 空港や軍事基地付近では使用できない可能性がある。ヘリコプターを使用した場合だと用いることができる「人間のカン」を用いることができない。
内部	ラインバランスの計算測定	パイプラインの入力と出力での、体積、流動温度、圧力（損失）、および質量を監視	すべて 単相タイプ	24 時間年中無休の監視が可能 迅速な検知が可能	測定装置の精度と信頼性に大きく依存する 誤警報や迷惑警報を最小限に抑えるために、許容誤差を適切に設定および調整する必要がある ピンホールによる漏えいは検知が困難である。 密度が大幅に異なる製品を使用する、長いパイプラインではうまく機能しない。 高価になる可能性がある。
外部	光ファイバケーブルシステム	温度、音響、ひずみの測定	すべて 単相及び多相タイプ	コストがかかるため、パイプラインの長さが短い場合に適している 温度や音響を測定するといった多目的アプローチに適している 地震等の地盤変化も検知可能	既存のパイプラインにインストールするのは困難である。 ファイバーのコストとレーザーの範囲制限により、長い回線には不向きである。

パイプライン内外	検知方法	概要	該当する商品タイプ	長所	短所/制限
外部	アコースティックエミッション	音響を使用してパイプラインの小さな漏れを検知する	すべて	特定しづらいパイプライン内で、漏えいの場所を簡単に特定することができる。	パイプライン内を移動するためのツールが必要(スマートボールテクノロジー等)である。 ツールがパイプラインを移動している間のみ、リークを検知できることから、継続的な監視はできない。 腐食検知には使用できない。
内部	運用システムチェック	低圧アラーム、タンクレベルセンサー、圧力モニタリング等が含まれる	すべて	頻繁な操作が可能 一元化されたデータ収集センターが必要になる場合があるが、データ収集シートを使用可能。	他の方法と組み合わせて使用することを目的とし、より大きな漏えいの識別の支援を得意とする。 液体が溜まると、誤った測定値が生じる可能性がある。 オペレーターの経験やシステムに依存する。 漏えいは直接示さず、さらなる調査を必要とすることを警告する。
内部	ライナーベントチェック	ライナーとパイプライン間の漏れをテストする	すべて	問題の早期発見を可能とする	ライナーベント間の距離によって使用可否が決まる。 補強されたガスパイプラインではガスの漏えいを見つけるのは難しい。
内部	シャットインテスト (稼働中のリークテストまたはスタンドアッ プ圧力テスト)	圧力を少しずつ減らす	すべて	現場の担当者が簡単に検知できる	圧力を減らして検査するため、稼働を停止する必要がある。 実際の障害箇所を特定するのは困難である。

出所) CAPP(Canada's oil and natural gas producers)パイプライン技術委員会「CAPP 2018-0020 Best Management Practice Pipeline Leak Detection Programs」より三菱総合研究所作成

2.3 その他スマート保安関連

2.3.1 インフラ事業者におけるデジタル技術等の利活用事例

石油・石化プラントや発電・送電設備等、保安規制を伴う各分野におけるデジタル技術等の利活用事例を調査した。規制当局等による制度的な支援策を伴って活用が促進されている技術として、「AI」「ドローン」「遠隔監視」「ウェアラブル端末」を取りあげた。

(1) AI

石油・石化プラントでの AI の活用事例は、石油コンビナート等災害防止 3 省連絡会議「プラントにおける先進的 AI 事例集」¹⁷にまとめられている。

上記によると、例えば、千代田化工建設株式会社は、深層強化学習を用いて、実プラントおよびシミュレータ上の運転データから、運転パラメータの相関関係を学習した「油種切替 AI」を導入している。運転員が切替操作をする際に、リアルタイムに最適な運転パラメータを提示する。これにより総合的な観点から運転を最適化し、省エネ・製品ロス最小化・早期切替完了などを実現できる。

また、出光興産株式会社は、配管における腐食の進行度合いを AI で解析・評価する実証実験を実施している。同社の腐食評価基準に従い、配管の画像や動画をピクセル単位で評価するモデルをディープラーニング（深層学習）技術を用いて構築している。点検員が端末で撮影した配管の画像を解析し腐食の進行度合いを評価する。配管の腐食の早期検知に加え、点検員による腐食評価のバラつきを均一化でき、設備の信頼性向上へつながる可能性や、若手エンジニアの経験を補足する効果を確認している。

(2) ドローン

石油・石化プラントでのドローンの活用事例は、石油コンビナート等災害防止 3 省連絡会議「プラントにおけるドローン活用事例集」¹⁸にまとめられている。

上記によると、例えば、ENEOS 株式会社は、ドローンにより上空から原油タンク群の浮屋根を撮影する実証実験を実施している。原油タンクにおいて、地震発生時に浮屋根が揺れることで原油が屋根上に漏れてしまった状態や、屋根の腐食により原油が屋根上に染み出してしまった状態を早期に発見することを想定している。撮影対象である 16 タンク中 14 タンクについて、浮屋根全体を確認することができた、としている。

また、電力分野でのドローンの活用事例として、東京電力では、カメラ付きドローンで鉄塔を撮影し、AI で解析することで、正確な腐食診断を可能とする取組を実施している。作業の効率化と定量評価による劣化レベル判定の品質向上を目指しており、80%の作業時間削

¹⁷ 石油コンビナート等災害防止 3 省連絡会議, "プラントにおける先進的 AI 事例集",

https://www.fdma.go.jp/relocation/neuter/topics/fieldList4_16/jisyuhoan_shiryo.html、2021 年 3 月 2 日取得

¹⁸ 石油コンビナート等災害防止 3 省連絡会議, "プラントにおけるドローン活用事例集",

https://www.fdma.go.jp/relocation/neuter/topics/fieldList4_16/jisyuhoan_shiryo.html 2021 年 3 月 3 日取得

減が期待されている¹⁹。

(3) 遠隔監視

電力分野での遠隔監視技術の活用として、例えば、関西電力は、火力発電所における遠隔監視サービス²⁰を展開している。遠隔地にある発電所のリアルタイム運転データを収集・蓄積・可視化することによって、O&M サービス（プラントの運転監視、早期異常検知、性能・稼働率管理、事故分析、設備寿命・補修管理等）を遠隔監視センターにおいて包括的に支援する。遠隔地にある発電所の運転データをリアルタイムで監視するとともに、設備異常の早期発見を行うことで、トラブル事象の未然防止が可能となる。

また、中国電力は、水力発電所の水車・発電機、取水ダムの取水ゲートに設置する各種センシング値（温度、振動、水位等）をデジタル化し、IoT 装置（エッジサーバ等）に取り込み蓄積する実証²¹を行っている。通信回線（V-LAN 等）を通じ、データセンタに設けたクラウドサーバとのデータ通信や、保守員事務所からアクセスしてリアルタイムにデータを参照するシステムを構築している。

(4) ウェアラブル端末

電力分野でのウェアラブル端末の活用事例として、東京電力パワーグリッドでは、ウェアラブルカメラ映像配信システム²²を導入している。従来では複数名で行っていた現場業務をカメラ映像を通して遠隔で確認できる。相互確認や安全確認、操作指示等のための出向回数を削減することができ、生産性の向上を実現できる。

2.3.2 CBM（Condition Based Maintenance：設備の「状態把握」に基づくメンテナンス）の具体的な事例

上記の各技術に加え、CBM（Condition Based Maintenance）の活用について、保安規制を伴う各分野における活用事例を調査した。

(1) 高圧ガス保安分野における CBM の活用

ENEOS 川崎製油所では、高圧ガス分野の制度である「CBM 認定」を取得している²³。

¹⁹ 経済産業省, "電気保安のスマート化に向けた取組について",

https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/hoan_shohi/denryoku_anzen/pdf/022_04_00.pdf, 2021 年 3 月 3 日取得

²⁰ 関西電力, "IoT を活用した火力発電所向け遠隔監視サービスの提供開始について",

https://www.kepcoco.jp/corporate/pr/2017/0919_1j.html, 2021 年 3 月 3 日取得

²¹ 経済産業省, "水力発電設備の保守管理に係るスマート化ガイドライン策定について",

https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/hoan_shohi/denryoku_anzen/hoan_seido/pdf/004_03_00.pdf, 2021 年 3 月 3 日取得

²² Panasonic, "東京電力パワーグリッド株式会社様

ウェアラブルカメラ 映像配信システム", <https://biz.panasonic.com/jp-ja/case-studies/tepcoco>, 2021 年 3 月 3 日取得

²³ 経済産業省, "スマート保安推進に向けた取り組み",

石油コンビナート等災害防止 3 省連絡会議資料²⁴によると、腐食環境の適切な監視（原料の影響、運転条件変更による影響等を監視）、対象機器の適切な選定（8 年以上の運転実績、適切な検査手法による 2 回以上の開放検査実績、低い腐食率、十分な余寿命等）、連続運転期間等を適切に評価できる体制の構築（高い資格要件の設定）、事業所監査の強化、基準類の整備等を実施し、認定を取得した。これにより **CBM** の考え方にに基づき設備の腐食管理を行うことができるようになり、予寿命予測精度の向上・保安レベルの向上、劣化損傷リスクに応じた保全が可能となっているほか、開放機器数の最適化、工事安全上のリスク低減、及び保全費、人員の最適化が可能となっている、とされている。

また、長期開放検査周期設定の可能な機器は、全体の約 1 割程度（約 5 2 0 0 基中約 6 0 0 基）であり、年間約 1 億円の開放検査コストを削減し、少子高齢化による働き手不足の課題解消にも寄与している、とされている。

(2) 船舶分野における CBM の活用

日本郵船では、日本郵船グループが開発した **SIMS2**（船舶の運航状態や燃費、機器の状態に関する詳細なデータを記録すると同時に、船陸間でのタイムリーな共有を可能とする装置）に加え、船用大型主機関に新たなセンサー等を搭載して運航中の軸受の温度や振動値などのデータといった運航データを詳細に取得し、機関メーカーや船級協会とリアルタイムで共有して機関の状態を常時監視する研究を行っている²⁵。機関メーカーのノウハウを生かした故障予知や寿命予測の研究を進め、最適な **CBM** 指針を作成し実船で検証することとしている。

https://www.fdma.go.jp/relocation/neuter/topics/fieldList4_16/pdf/r02/01/shiryoku6-2.pdf, 2021 年 3 月 3 日取得

²⁴ 経済産業省, "スマート保安推進に向けた取り組み",

https://www.fdma.go.jp/relocation/neuter/topics/fieldList4_16/pdf/r02/01/shiryoku6-2.pdf, 2021 年 3 月 30 日取得

²⁵ 日本郵船, "機関プラント自律化へ、次世代 **CBM** の検証開始",

https://www.nyk.com/news/2019/20191122_01.html, 2021 年 3 月 3 日取得

3. ガス保安の高度化の方向性の検討

3.1 他国・他分野での技術活用の制度的背景としての保安規制体系

3.1.1 スマートメーター関連

2.1.2 では、EU および米国におけるスマートメーターの展開に関する規制の枠組みの概要を調査し、特にガス分野のスマートメーターの普及が比較的進んでいるオランダとイタリアについて、その背景を調査した。

EU におけるスマートメーターの導入は、省エネルギー政策がきっかけであった。電気やガスに関する EU 指令および委員会勧告に、スマートメーターの導入、必要な機能、スマートメータリングシステムの設計に関するガイダンス等を記載し、EU 加盟国が国内法に置き換えることにより、スマートメーターの普及に取り組んでいる。

EU 加盟国のうち、ガススマートメーターの普及が比較的進んでいるのは、オランダ(47%)とイタリア(35%)である(いずれも 2018 年現在)。両国とも電気とガスを同一の法律で規定しているのが特徴である。特にオランダの場合は、パイロットプロジェクトを実施して電気・ガス・水道のスマートメーターや「家庭用エネルギー管理システム(HEMS)」の設置が進んでいるようである。

日本の場合、電気については平成 25 年 11 月、電気事業法の附則(平成二五年十一月二〇日法律第七四号)第 11 条の 5 の 6 において、「スマートメーター(電気の小売業を営む者の効率的な事業運営及び多様な電気の小売に係る料金その他の供給条件の設定並びに電気の使用の節減に資する機能を有する電力量計をいう。)の導入を促進するための措置」が成立し、これを受けセキュリティ要件、通信規格等の検討が行われた。しかし、ガスについては、現時点ではガス事業法にスマートメーターに関する記載はみられない。EU の取組を参考にとすると、例えばガススマートメーターの導入について電気と同様に法的に位置づけ、ガス事業法にスマートメーターの導入促進に向けた取組を明記すること等が考えられるが、日本における業界の動向を踏まえた対応が必要である。

具体的取り組みとしては、例えばパイロットプロジェクトを実施してガススマートメーターの導入による保安力の向上等の利点の整理、特に中小事業者向けのガススマートメーター導入ガイドラインの作成等が考えられる。

3.1.2 広域漏えい検査

海外における法制度と運用実態(検査頻度、検査速度等)を調査し、日本におけるスマート保安技術の適用可能性を検討する。調査対象国は以下の通りである。

- 米国
- カナダ
- オーストラリア

なお、パイプラインシステムには、Gathering pipelines、Feeder pipelines、Transmission pipelines、Distribution pipelines(国によって表記は異なる可能性がある)があるが、日本における広域漏えい検査の検討に資するために、地中に埋まっている Distribution pipelines を対象とする。

(1) 米国

米国では、連邦規則集(CFR)とガイドライン(ASME)によって、各州の州法が定められている。

今回の調査対象となる、パイプラインの漏えい検査について記載されている連邦規則集は以下の箇所となる。

連邦規則集 Title49 : Transportation

Subtitle B : OTHER REGULATIONS RELATING TO TRANSPORTATION(輸送に関する他の規制)

CHAPTER I : PIPELINE AND HAZARDOUS MATERIALS SAFETY ADMINISTRATION, DEPARTMENT OF TRANSPORTATION

(パイプライン及び危険物の安全管理)

SUBCHAPTER D : PIPELINE SAFETY(パイプラインの安全性)

PART 192 : TRANSPORTATION OF NATURAL AND OTHER GAS BY PIPELINE: MINIMUM FEDERAL SAFETY STANDARDS

(パイプラインによる天然ガスおよびその他のガスの輸送：連邦政府の最低安全基準)

Subpart M : Maintenance(メンテナンス)

§ 192.723 DISTRIBUTION SYSTEMS: LEAKAGE SURVEYS.

その中では、漏えい検査の頻度について、記載されている。ビジネスエリアにおける漏えい検査は、15 か月を超えない間隔で、ただし少なくとも暦年に 1 回実施する必要がある、また、ビジネスエリア外における漏えい検査は、必要に応じて少なくとも 5 暦年に 1 回、63 か月を超えない間隔で実施する必要があると記載されている。

§ 192.723 Distribution systems: Leakage surveys.

(a) Each operator of a distribution system shall conduct periodic leakage surveys in accordance with this section. (各オペレーターは、このセクションに従って定期的な漏れ調査を実施するものとする)

(b) The type and scope of the leakage control program must be determined by the nature of the operations and the local conditions, but it must meet the following minimum requirements(漏れ制御プログラムの種類と範囲は、操作の性質と地域の条件によって決定する必要がありますが、次の最小要件を満たしている必要があります。)

(1) A leakage survey with leak detector equipment must be conducted in business districts, including tests of the atmosphere in gas, electric, telephone, sewer, and water system manholes, at cracks in pavement and sidewalks, and at other locations providing an opportunity for finding gas leaks, at intervals not exceeding 15 months, but at least once each calendar year.(ビジネスエリア(電気、電話、下水道、水道のマンホールの大気試験、舗装や歩道の亀裂、その他の機会を提供する場所を含む)における漏れ検査装置を使用した漏えい調査は、15 か月を超えない間隔で、ただし少なくとも暦年に 1 回実施する必要があります。)

(2) A leakage survey with leak detector equipment must be conducted outside business districts as frequently as necessary, but at least once every 5 calendar years at intervals not exceeding 63 months. However, for cathodically unprotected distribution lines subject to § 192.465(e) on which

electrical surveys for corrosion are impractical, a leakage survey must be conducted at least once every 3 calendar years at intervals not exceeding 39 months.(ビジネスエリア外における漏えい検査装置を用いた漏えい調査は、必要に応じて少なくとも 5 暦年に 1 回、63 か月を超えない間隔で実施する必要がある。ただし、腐食の電氣的調査が実用的でない § 192.465 (e) の対象となる陰極的に保護されていない配電線の場合、漏れ調査は少なくとも 3 暦年に 1 回、39 か月を超えない間隔で実施する必要があります。)

また、ガイドラインとして、機械学会が開発した ASME B31.8 Gas Transmission and Distribution Piping Systems では、漏えい検査の頻度や具体的な方法が記載されている (Chapter V Operating and Maintenance Procedures 852 DISTRIBUTION PIPING MAINTENANCE(ガス送配システムのメンテナンス) 852.2 Leakage Surveys (漏れ調査))。記載されている調査方法は、表面ガス検知調査、地下ガス検知器調査 (バーホール調査を含む)、植生調査、圧力損失テスト、気泡漏れ試験、超音波漏れ試験である。

そのうち、表面ガス検知調査では、「埋設ガス施設および地上ガス施設に隣接する地上レベルまたはその近くの大気を、任意のサンプリングポイントで空気中の 50ppm のガス濃度を検知できるガス検知器で継続的にサンプリングする」と記載されており、ガス検知機器の検知濃度の性能について定められている。さらに、機器に関して「ポータブル(手で持つ)またはモバイル(車等)にて運ぶ。埋設配管の場合、大気のサンプリングは地面から 2 インチ (50 mm) 以内で行う必要がある。」と記載されており、サンプリングの高さの基準のみ決められており、車載でのガス検知が明示的に認められている。なお、速度については「適切なサンプルを継続的に取得できる十分に遅い速度」とのみ記載されており、明確な速度が記載されているわけではない。

なお、広域漏えい検査で用いられる機器等の詳細については、2.2 に記載している。

(2) カナダ

カナダにおいて、州の境界や国境を超えるようなパイプラインを除く、ほとんどのパイプラインが州の法令によって規制されている²⁶。

カナダ規格協会(CSA)が発行する CSA Z662:19 は、石油およびガス産業のパイプラインシステムの設計、建設、運用、パイプラインシステム管理、および放棄に関する必須要件と最小基準に関して定めており、州、地域、連邦政府によって法律で参照されている。

CSA Z662:19 では、12 章 Gas distribution systems (ガス配送システム) 12.10 Operating, maintenance, and upgrading (操作、保守、およびアップグレード) 12.10.3 Distribution system maintenance (配電システムのメンテナンス) 12.10.3.3 に distribution systems にて、「ガス検知器調査、植生調査、ガス量監視調査、バーホール調査、表面検知調査、または事業会社が経験により適切であると判断したその他の検知方法」でガス漏えい検査が行われると記載されている。

また、検査頻度については、システムの経過年数や状態、人口密度、土壌の状態などを考慮して決定し、運営会社の運営・維持管理手順に記録するものと記載されている。

²⁶ Canada Energy Regulator, Pipeline regulation in Canada、<https://www.cer-rec.gc.ca/en/about/who-we-are-what-we-do/pipeline-regulation-in-canada.html>, 2021 年 3 月 31 日取得

なお、検知技術については、2.2.3において、「CAPP 2018-0020 Best Management Practice Pipeline Leak Detection Programs」に記載されている内容を示している。

(3) オーストラリア

オーストラリア各州で定められた法令では AS 規格が参照されている。AS 規格とは、オーストラリアの社会的・経済的利益（Net Benefit）に鑑み、ISO 規格や IEC 規格などの国際規格をもとに、Standards Australia が規格化したもので、本来、法的拘束力はない。パイプラインに関する AS 規格として、Gas infrastructure standards AS/NZS 4645²⁷が定められている。

AS/NZS 4645 の目的は、一般市民、ガス配給ネットワークを運用する担当者、および環境の保護を提供することである。AS/NZS 4645 の 6.5 LEAKAGE MANAGEMENT に広域漏えい検査に関する内容が記載されており、検査頻度、検査方法が定められている。検査頻度については、本管及び主要な箇所については 5 年を超えない間隔で検査し、特に人口密度が高いエリアやトンネルにあるガス管は 1 年以下の間隔で検査すると定められている。また、検査方法については、天然ガスの場合、地表面で検知することと定められている。

南オーストラリア州を例に説明すると、ガスパイプラインに関する法令として、the Gas Act1997 が定められている。その下に、Gas Regulations2012²⁸が定められており、その中で、パイプラインの広域漏えい検査を定めた AS/NZS 4645 が参照されている。

Gas Regulations 2012 under the Gas Act 1997

Division 1—Safety and technical requirements

37—General requirements for gas infrastructure or installation

(1) For the purposes of section 55 of the Act—

- (a) gas infrastructure must be designed, installed, operated and maintained to be safe for the gas service conditions and the physical environment in which it will operate and so as to comply with any applicable requirements of AS/NZS 4645, AS/NZS 1596 and AS 2885 or achieve, to the satisfaction of the Technical Regulator, the same or better safety and technical outcomes; and
- (b) a gas installation must be designed, installed, operated and maintained to be safe for the gas service conditions and the physical environment in which it will operate and so as to comply with any applicable requirements of— (i) in the case of a liquefied petroleum gas installation— AS/NZS 5601 and AS/NZS 1596; (ii) in any other case—AS/NZS 5601.

（ガス規制 2012

²⁷ Standards Australia、Gas infrastructure standards AS/NZS 4645(2018 年 2 月発行)、
https://infostore.saiglobal.com/en-au/Standards/AS-NZS-4645-1-2018-99129_SAIG_AS_AS_208434/, 2021 年 3 月 31 日取得

²⁸ South Australia、Gas Regulations 2012、
<https://www.legislation.sa.gov.au/LZ/C/R/GAS%20REGULATIONS%202012/CURRENT/2012.200.AUTH.PDF>, 2021 年 3 月 31 日取得

ディビジョン 1: 安全および技術要件

37 - ガスインフラまたは設置のための一般的な要件

(1) 法第 55 条の目的で

(a) ガスインフラは、ガスサービス条件およびそれが動作する物理的環境に対して安全であり、AS/NZS 4645、AS/NZS 1596 および AS 2885 の適用要件に準拠するか、技術規制当局の満足のために、同じまたはより良い安全性および技術的成果を達成するために設計、設置、運用、および維持する必要がある。

そして (b) ガス設備は、ガスサービス条件およびそれが動作する物理的環境に対して安全であり、(i) 液化石油ガスの設置の場合には AS/NZS 5601 および AS/NZS 1596 の適用可能な要件に準拠するように、(ii) その他の場合は、AS/NZS 5601 の適用可能な要件に準拠するように、設計、設置、運転、および維持されなければならない。))

Part 10—Miscellaneous

51—Work near gas infrastructure

For the purposes of section 83(3)(a) of the Act, a person who does work near gas infrastructure must comply with any applicable requirements of AS/NZS 4645, AS/NZS 1596 and AS 2885.

(パート 10 - その他

51 - ガスインフラの近くで作業

ガスインフラの近くで働く者は、第 83 条(3)(a)の目的で、AS/NZS 4645、AS/NZS 1596、AS 2885 の適用要件を遵守する必要がある。))

3.1.3 その他スマート保安関連

その他スマート保安技術としてとりあげた「AI」「ドローン」「遠隔監視」「ウェアラブル端末」について、保安規制の見直しやガイドラインの提示等、規制当局等による技術の普及に向けた制度的な支援について調査した。

(1) AI

高圧ガス保安分野においては、「プラント保安分野 AI 信頼性評価ガイドライン」²⁹「プラントにおける先進的 AI 事例集」³⁰が策定されている。

「プラント保安分野 AI 信頼性評価ガイドライン」は、プラント保安分野に特化して AI の信頼性を評価する基本的な考え方を整理している。「プラントにおける先進的 AI 事例集」は、AI 導入の効果が不明確、AI 導入の課題の乗り越え方がわからない、といった AI プロジェクト推進の課題に対する解決策を整理している。（図 3-1）

プラント保安分野のAI導入促進の取り組み

- プラント保安分野でAIを導入する際に直面する課題解決を支援するために、以下2種類の文書を整備した。これにより、AIを用いたプラント保安の高度化を促進する。

- ①プラント保安分野AI信頼性評価ガイドライン
- ②プラントにおける先進的AI事例集

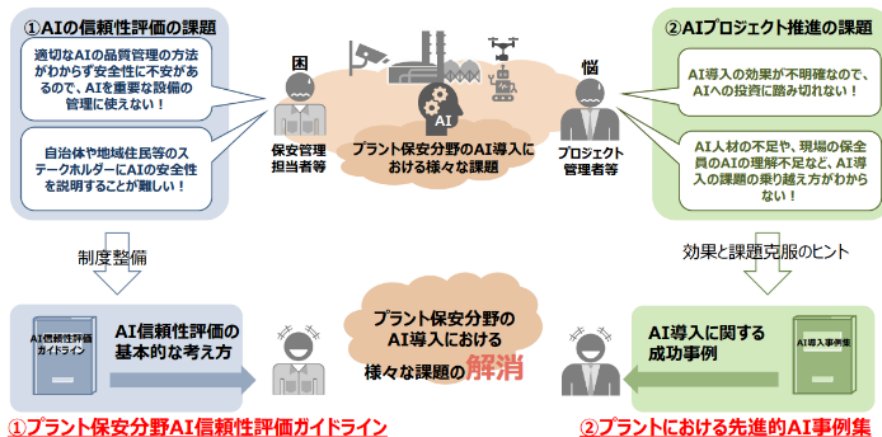


図 3-1 プラント保安分野での AI 導入促進の取り組み

出所) 石油コンビナート等災害防止 3 省連絡会議 3 省共同運営サイト「概要資料（AI 信頼性評価ガイドライン・事例集）」，

https://www.fdma.go.jp/relocation/neuter/topics/fieldList4_16/pdf/r02/jisyuhoan_shiryo_11_04.pdf、2021 年 3 月 29 日取得

²⁹ 石油コンビナート等災害防止 3 省連絡会議 3 省共同運営サイト，

https://www.fdma.go.jp/relocation/neuter/topics/fieldList4_16/jisyuhoan_shiryo.html、2021 年 3 月 29 日取得

³⁰ 同上

(2) ドローン

高圧ガス保安分野においては、プラントの法定検査（目視）を代替する可能性について、実証事業を通した「考察」³¹をとりまとめ、目視検査の代替として有用との結論を得ている。また、この結果を踏まえて省令等の改正を行っている。（図 3-2）

保安検査・完成検査－ドローン等の目視検査への活用《実施済み》

- 実証事業の結果を踏まえ、総務省消防庁とともに、「プラント保安分野における目視検査の代替可能性に関する考察」をとりまとめ、カメラを搭載したドローンが**目視検査の代替として有用であるとの結論を得た。**
- この結果を踏まえ、保安検査・完成検査の各検査項目を総点検し、目視検査においてカメラ等を活用することに問題がないことを確認、省令等の改正を行った。
(省令・通達：令和2年10月改正済み、KHKS：令和2年11月措置済み)

総務省消防庁・経済産業省による考察	省令・通達改正（令和2年10月30日付け）
プラント保安分野における目視検査の代替可能性に関する考察（一部抜粋） 検査の観点では、腐食、摩耗、傷、スケール付着・堆積、破損、割れ、変形・ゆがみ・剥離といった不具合の一次検査には、ドローンの画像による代替が可能と考えられる。このため、工業用カメラの利用を許可している対象となる設備を拡大すべく、高圧ガス設備の保安検査基準であるKHKS等の関連制度をアップデートしていくことが有効。	一般高圧ガス保安規則（下線を追加、他規則も同様） 事業所の境界線の明示及び警戒標の掲示の状況を目視又はこれに類する方法（以下この表、別表第二及び別表第三において「目視等」という。）により検査する。 基本通達（以下を追加） 「これに類する方法」とは、検査を実施する者が自らの目視によるときと同等以上の情報が得られると判断した方法（例えば、ファイバースコープ、カメラ、拡大鏡等の検査器具類を使用した結果、目視と同等以上の情報が得られる方法等）をいう。（以下略）  フレアスタック等の高所の検査（ドローン活用事例集より引用）

図 3-2 ドローン等の目視検査への活用

出所) 第 17 回 産業構造審議会 保安・消費生活用製品安全分科会 高圧ガス小委員会「（４）スマート保安の推進」, https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/hoan_shohi/koatsu_gas/pdf/017_04_00.pdf、2021 年 3 月 29 日取得

また、プラント保安分野におけるドローンの活用に関するガイドラインが複数策定されている。

「プラントにおけるドローンの安全な運用方法に関するガイドライン」³²では、プラント内等でプラント事業者がドローンを安全に活用・運用するための留意事項を整理している。また、屋内での飛行についての安全要件を整理した改定も行っている（図 3-3）。

³¹ 石油コンビナート等災害防止 3 省連絡会議 3 省共同運営サイト「プラント保安分野における目視検査の代替可能性に関する考察（点検におけるドローン活用について）」,

https://www.fdma.go.jp/relocation/neuter/topics/fieldList4_16/pdf/r02/jisyuhoan_shiryo_04.pdf、2021 年 3 月 29 日取得

³² 石油コンビナート等災害防止 3 省連絡会議 3 省共同運営サイト「プラントにおけるドローンの安全な運用方法に関するガイドライン」,

https://www.fdma.go.jp/relocation/neuter/topics/fieldList4_16/pdf/r02/jisyuhoan_shiryo_02.pdf、2021 年 3 月 29 日取得

ガイドラインの改訂・事例集の追加

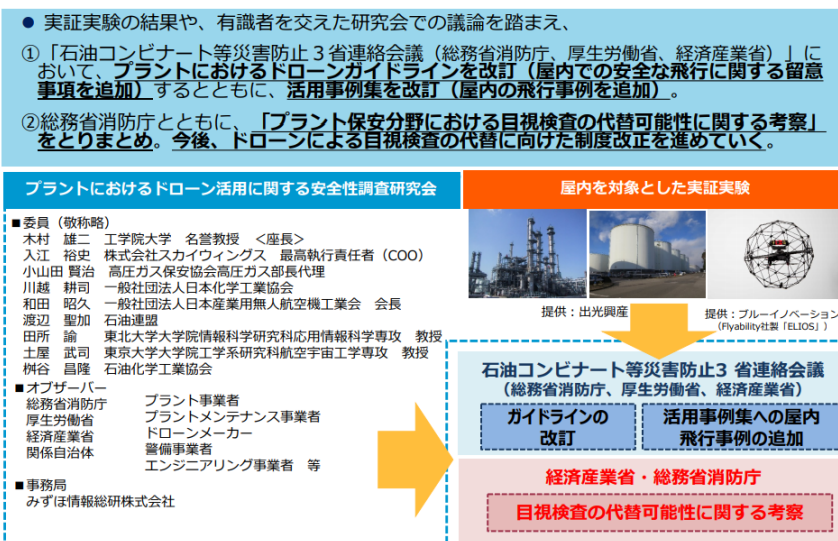


図 3-3 屋内での飛行についてのガイドライン改訂

出所）石油コンビナート等災害防止3省連絡会議3省共同運営サイト「プラント保安分野におけるドローンの活用に向けた取組 概要」，

https://www.fdma.go.jp/relocation/neuter/topics/fieldList4_16/pdf/r02/jisyuhoan_shiryo_01.pdf、2021年3月29日取得

「プラント内における危険区域の精緻な設定方法に関するガイドライン」³³では、最新のIEC規格による危険区域の詳細な設定方法が示されている。従来、プラント内設備のある区画全体を危険区域として設定することが実態として多かったが、このガイドラインにより、法令が定める保安レベルを低下させることなく、精緻に危険区域を設定し、ドローンの飛行可能エリアを広げること等が可能となる。

³³ 経済産業省「プラント内における危険区域の精緻な設定方法に関するガイドライン」，
https://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/sangyo/hipregas/hourei/guideline_.html、2021年3月29日取得

③プラント保安分野におけるドローン活用に向けた取組

- ドローンの活用は、プラント設備の点検頻度の向上や災害時の迅速な現場確認等を実現し、**安全性や効率性の向上さらには保安業務の合理化を図る上で重要。**
- 現状、非防爆機器であるドローンの活用は**現行の非危険箇所での飛行に限定**されており、危険箇所が広く設定されている場合、対象設備の至近距離の飛行が不可能。
- 2019年に経済産業省で策定された最新のIEC規格により危険区域の詳細な設定方法を示した「プラント内における危険区域の精緻な設定方法に関するガイドライン」を用いて危険区域を**再評価し、防爆エリアから非防爆エリアへ変更**することにより、**ドローンの飛行可能エリアを広げることが可能。**

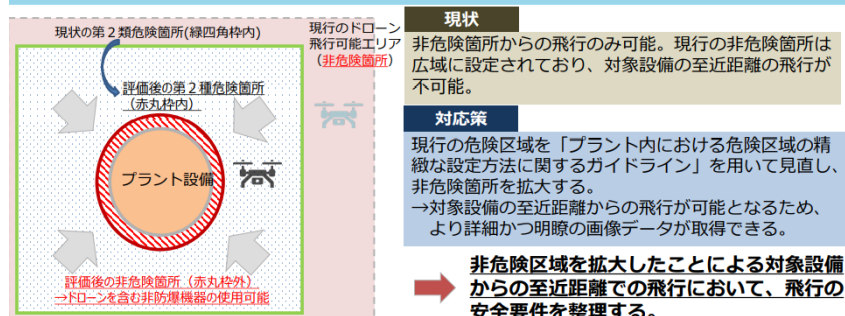


図 3-4 「プラント内における危険区域の精緻な設定方法に関するガイドライン」によるドローンの飛行可能エリア拡大

出所) 第 18 回 産業構造審議会 保安・消費生活用製品安全分科会 高圧ガス小委員会「(4) スマート保安の推進」, https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/hoan_shohi/koatsu_gas/pdf/018_04_00.pdf, 2021 年 3 月 29 日取得

また、防爆対応のドローンを実現するための検討として、防爆ドローンガイドラインの策定も実施されている。(図 3-5)

⑤ 防爆ドローンガイドラインの策定

- 現状では非危険区域での非防爆ドローン活用に制限されているが、危険区域内で運用可能な防爆ドローンに対するニーズがある。(撮影対象への接近、運用リスク低減)
- 現行の防爆型式検定にはドローンに対応しておらず、開発が世界的にも進んでいない状況。
- 防爆対応のドローンを実現するに当たっての課題点を明確化し整理を行い、現段階で検討可能な対応策を提案しガイドラインとしてまとめた。また、対応しきれない課題については今後の検討課題として整理した。

課題点とその対応策	今年度の評価
現存する防爆指針の範囲内での課題 ドローンを構成する部品に適用可能な防爆構造が明らかでない ➡ 構成部品ごとに適用可能な防爆構造を整理し、対応表を作成	個別課題の対応策は左記だが、重量・滞空時間等実用面も加味して総合的に検討すると、現行の防爆指針で防爆ドローンの規格として検定・評価し、実用化することは難しいことが分かった。
落下した場合の防爆機能への影響 現状の試験では落下時の衝撃等によっても防爆機能が維持されるかどうかを評価できない。 ➡ ドローン落下時を想定した衝撃試験装置を用いた落下のリスク評価試験の提案	
衝突・落下した場合の衝撃火花 ドローンが危険区域内の設備装置等に衝突した場合に衝撃火花が発生する可能性がある ➡ ドローンで活用が想定される軽量のアルミニウムは、衝撃火花が発生した際に着火リスクが高いことから、直接金属同士の衝突を防ぐことを提案	今後の検討課題 ✓ 現行の防爆指針・規格内での検討 → 特殊防爆に関する検討 ✓ 新しい防爆規格の検討 → モーターの新しい防爆規格

図 3-5 防爆ドローンガイドラインの策定

出所) 第 18 回 産業構造審議会 保安・消費生活用製品安全分科会 高圧ガス小委員会「(4) スマート保安の推進」, https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/hoan_shohi/koatsu_gas/pdf/018_04_00.pdf, 2021 年 3 月 29 日取得

また、電力分野においては、「送電線点検等におけるドローン等技術活用研究会」により、送電線点検等のドローン活用のための「共通要件」が整備されている³⁴（図 3-6）。点検等を実施するためのドローンを調達するにあたっての標準的な要件を示し、各事業者の導入を容易にすることを目的としている。

2-3.送配電設備の保守・点検等のスマート化の取組

- 平成30年度、電力会社やドローンメーカー等の参画のもと、「送電線点検等におけるドローン等技術活用研究会」を開催し、ドローンに求める要件を「共通要件」等としてとりまとめ。
- 電力会社や研究機関では、鉄塔や電柱といった高所や、水力発電設備の鉄管内といった、人力では保守・点検業務の実施が難しい箇所において、導入を進めているところ。

○電力会社におけるドローンの導入事例

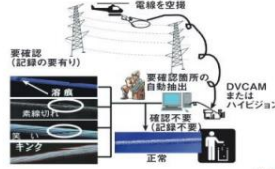
ドローン・AIを用いた正確な鉄塔腐食判定 ＜東京電力＞	ドローンを用いた送電線自動追尾点検 ＜東北電力＞	AIによる送電線点検作業の効率化 ＜電力中央研究所＞
✓ これまで年間約1,200の鉄塔をベテラン作業員が目視で検査。鉄塔を登るリスクの軽減や作業時間の短縮が課題となっていた他、判断に個人差が発生することも課題。 ✓ カメラ付きドローンで鉄塔を撮影し、AIで解析することで、正確な腐食診断が可能。また、80%の作業時間削減も期待。	✓ 送電線点検ドローンを使用する際には、ドローンと送電線間の距離を一定に保ち操縦を行う必要があったことから、一定の技術を有する作業員でなければ操縦が難しいという課題。 ✓ 送電線点検ドローンに、送電線との距離を自動で計測するソフトウェアを搭載。送電線とドローンの距離を検知するセンサー等が不要となり、操縦の簡易化とドローンの軽量化を実現し、長時間の走行も可能。	✓ 送電線の点検は、ヘリや自走機が撮影した長時間の映像を目視で確認。80分程度の送電線の映像を観察し、その中から異常のある部分を探し出すという作業が必要。 ✓ 電力中央研究所では、映像の中から送電線に異常がある部分のみを瞬時に抽出するソフトウェアを開発。これにより、送電線の点検時間を大幅に短縮。
		

図 3-6 送配電設備の保守・点検等のスマート化の取組

出所) 第22回 産業構造審議会 保安・消費生活用製品安全分科会 電力安全小委員会「電気保安のスマート化に向けた取組について」,
https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/hoan_shohi/denryoku_anzen/pdf/022_04_00.pdf、2021年3月29日取得

(3) 遠隔監視

電力分野では、火力発電所や水力発電所での遠隔監視活用のために、電技省令改正、ガイドライン整備等の取組が進められている（図 3-7、図 3-8）。

³⁴ 経済産業省「「送電線点検等におけるドローン等技術活用研究会」のとりまとめを行いました」,
https://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/oshirase/2019/3/310322.html、2021年3月29日取得

2-1.火力発電所の保守・点検のスマート化の取組②（遠隔監視に向けた取組）

- 発電所構内での常時監視のみが可能な火力発電所※に関して、令和元年度にIoTやAI等による発電所構外からの常時監視（遠隔常時監視）の実現に向け、①巡視・点検の高度化、②監視所等の遠隔化の観点から、遠隔監視の導入方法について整理。
※汽力及び1万kW以上のガスタービン発電所
- 発電所構外からの遠隔常時監視を可能とするため、令和2年度中に関係法令（電技省令第46条・電技解釈第47条）の改正や遠隔監視に当たって留意が必要なガイドラインの整備を行う予定。これにより火力発電所におけるスマート保安の選択肢が拡大。

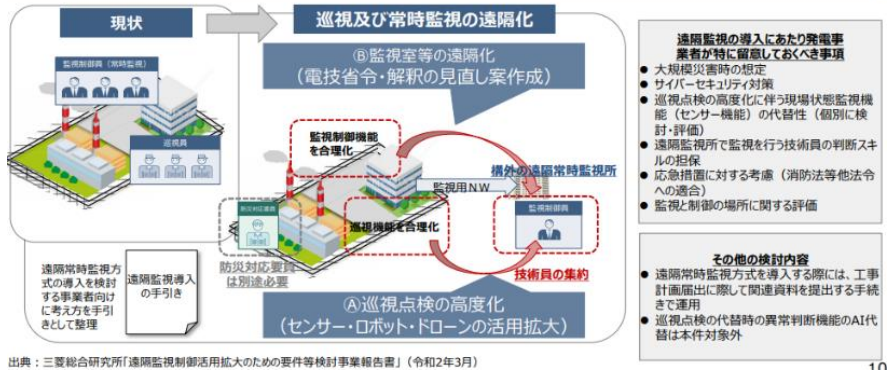


図 3-7 火力発電所の保守・点検のスマート化の取組

出所) 第 22 回 産業構造審議会 保安・消費生活用製品安全分科会 電力安全小委員会「電気保安のスマート化に向けた取組について」,
https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/hoan_shohi/denryoku_anzen/pdf/022_04_00.pdf、2021 年 3 月 29 日取得

2-2.水力発電設備の保守・点検のスマート化の取組②（今後の取組）

- 小規模な水力発電事業者（公営水力等）におけるスマート化を推進するため、令和元年度に水車タイプ毎に故障検出に効果的な巡視・点検項目を整理し、IoT技術の活用等による巡視・点検の代替可能性を効果分析。
- 令和2年度には、センサーにより取得したデータを遠隔伝送し、故障の予兆を行う高度分析やタブレット・Webカメラ等を活用した巡視・点検の効率化など、スマート化の有効性・費用対効果等を実証。
- 実証結果を踏まえ、水力発電のスマート化に関するガイドラインを策定し、他の水力発電事業者に水平展開し、スマート化の手法を広く周知していく。

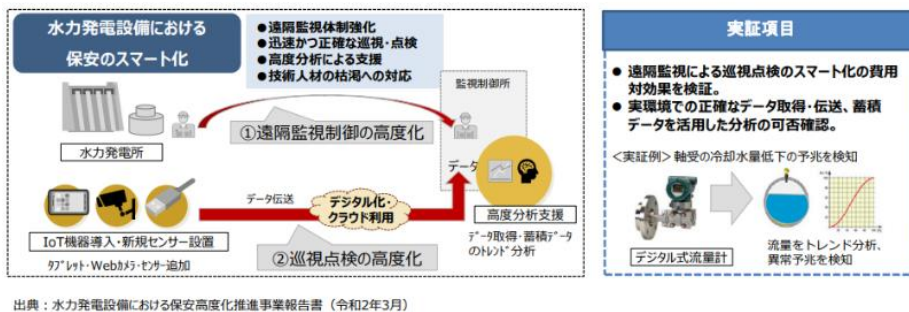


図 3-8 水力発電設備の保守・点検のスマート化の取組

出所) 第 22 回 産業構造審議会 保安・消費生活用製品安全分科会 電力安全小委員会「電気保安のスマート化に向けた取組について」,
https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/hoan_shohi/denryoku_anzen/pdf/022_04_00.pdf、2021 年 3 月 29 日取得

(4) ウェアラブル端末

電力分野では、ウェアラブルカメラや携帯端末を活用した保守点検を試行しており、これを踏まえた自家用電気工作物の点検頻度の見直し（関連告示等の改正）が検討されている（図 3-9）。

2-4. 自家用電気工作物の保守・点検におけるスマート化の取組

- 電気保安人材の不足やベテラン作業員の技術継承等の課題解決のため、**自家用電気工作物の保守・点検でも、スマート保安技術の活用**が進展。また、**新たな技術の開発**も進められている。
- 自家用電気工作物の保守・点検では、**移動時間が効率性を落としている面**があり、**遠隔監視技術**などにより、**保守・点検の効率性や精度の向上**が期待されるところ。
- 自家用電気工作物の保守・点検における**スマート保安技術の導入促進**に向け、**電気保安水準の確保を前提に、スマート保安に適した月次・年次点検の点検頻度や換算係数等の見直し**を行う（令和 2 年中に関連告示等を改正）。

<スマート保安の導入・実証例>

○ウェアラブルカメラと携帯端末を活用した保守点検（一部試行中）

- ・ウェアラブルカメラ等を活用し、現場での不具合事象の録画や、点検手順等の相談・指示などの支援システムを構築し、技術者の負担軽減と均一的な保安管理品質の提供を図る。
- ・点検や検査結果、設備の型式等の情報をデータベース化し、A I を活用した予兆管理を実施。



ウェアラブルカメラ

制御盤にカメラを向けると、携帯端末に操作手順や注意事項が表示。

○サーモバイルセンサによる熱管理（開発中）

- ・近年の電気設備のトラブルは、発熱現象を伴うものが多い。
- ・サーモバイルセンサは、撮影画面を32×32に区分し、各画素内の平均温度を表示。一般的なサーモセンサは点の管理のため、人の視覚による監視が必要であるが、面の管理による比較の自動化が可能。

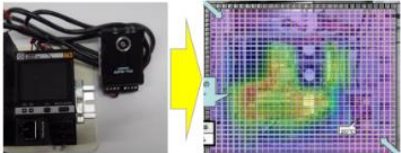


図 3-9 自家用電気工作物の保守・点検におけるスマート化の取組

出所) 第 22 回 産業構造審議会 保安・消費生活用製品安全分科会 電力安全小委員会「電気保安のスマート化に向けた取組について」,
https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/hoan_shohi/denryoku_anzen/pdf/022_04_00.pdf、2021 年 3 月 29 日取得

(5) CBM

高圧ガス保安分野では、CBM を活用した腐食管理を認めるにあたり、従来の検査方法に新たに CBM の考え方を導入するとともに、「CBM 適用事業所」を認定する取組を実施している（図 3-10、図 3-11）。

3. Condition Based Maintenance(CBM)への移行

- 従来の“時間(=time)”で区切った画一的なメンテナンスから、設備の“状態(=Condition)”に基づいた新しいメンテナンスを取り入れ、より安全で効率的な保安管理を実現し更なる自主保安を促進。
- 従来の検査記録による評価に加え、データを活用して腐食等の要因となる環境変化(状態)を把握することで、より信頼性の高い設備管理を実現することが可能であるため、従来の検査方法に新たにCBMの考え方を取り込むなどの一定の要件を追加することで、開放検査周期の12年超を認めることとした。

	周期12年 (KHK/PAJ/JPCA S 0851)	周期12年超	周期12年超 要件追加等の理由
開放検査周期	最大12年	最大 余寿命×0.5	
対象者	認定事業者 特定認定事業者(スーパー認定事業者)	特定認定事業者(スーパー認定事業者)に限定	高度なリスク低減対策、IoT及びビッグデータ等の先進的技術の導入等が求められ、高い保安力を有する特定認定事業者(スーパー認定事業者)に限定
損傷パターン	減肉 クレープ損傷 水素侵食 き裂状欠陥	減肉に限定	他の劣化損傷と比較して精度の高い余寿命予測が可能な減肉に限定 外部からの検査により内部の損傷状態の把握が可能であることが必要条件
環境の監視	—	腐食環境を監視できること	減肉の要因となる運転中の腐食環境の変化を常時又は定期的に確認することを新たに要求
運転実績・検査実績	運転実績 2年以上 開放検査 2回以上	長期的な運転実績及び開放検査実績があること	長期的な運転実績と検査実績から損傷パターン等を確認できていることを要求
評価体制	開放検査周期設定のための組織(評価区分Ⅰ) ※一部評価区分Ⅱの体制が必要	開放検査周期設定のための組織(評価区分Ⅱ)	腐食環境の状態等を踏まえた、より高度な評価を行うため、組織要員となるための要件(資格、実務経歴)のレベルの高い評価区分Ⅱを要求
本社の監査等		評価結果に対する本社の監査 データの提出 必要な基準類の整備 等	周期延長の責任を明確にするため評価結果に対する本社の関与を新たに要求、余寿命予測等に関するデータの提出、その他必要な基準類の整備等を要求

図 3-10 Condition Based Maintenance(CBM)への移行

出所) 石油コンビナート等災害防止 3 省連絡会議 令和 2 年度第 1 回, “資料 6-1 経済産業省の取組み(スマート保安官民協議会、ドローン、CBM)”,

https://www.fdma.go.jp/relocation/neuter/topics/fieldList4_16/r02_konbunato_kaigi.html, 2021 年 3 月 29 日取得

3. 「CBM適用事業所」第一号案件について

ENEOS株式会社 川崎製油所浮島北地区を「CBM適用事業所」第一号として今年 6 月 4 日認定した。

【事業所概要】

事業所名: ENEOS株式会社 川崎製油所浮島北地区(スーパー認定事業者)
所在地: 神奈川県川崎市川崎区浮島町7番1号
主要製品: LPG、ガソリン、エチレン、石油樹脂 他
生産量: 原油処理量235キロバレル/日、エチレン製造100万トン/年

【CBM認定に向けた事業者の取り組み】

- ・腐食環境の適切な監視(原料の影響、運転条件変更による影響等を監視)
- ・対象機器の適切な選定(8年以上の運転実績、適切な検査手法による2回以上の開放検査実績、低い腐食率、十分な余寿命等)
- ・連続運転期間等を適切に評価できる体制の構築(高い資格要件の設定)
- ・事業所監査の強化、基準類の整備

【CBMによる効果】

CBMの考え方に基づき設備の腐食管理を行うことで、
+ 予寿命予測精度が向上し、保安レベルが向上する。
+ 劣化損傷リスクに応じた保全が可能となる。
開放機器数の最適化、工事安全上のリスク低減、及び保全費、人員の最適化が可能となる。
長期開放検査周期設定の可能な機器は、全体の約1割程度(約5200基中約600基)
年間約1億円の開放検査コスト削減、少子高齢化による働き手不足の課題解消にも寄与
+ これまで上限としていた12年を超えた長期開放検査周期の設定が可能(最大設定周期は30年)

図 3-11 CBM 適用事業所の認定

出所) 石油コンビナート等災害防止 3 省連絡会議 令和 2 年度第 1 回, “資料 6-1 経済産業省の取組み(スマート保安官民協議会、ドローン、CBM)”,

https://www.fdma.go.jp/relocation/neuter/topics/fieldList4_16/r02_konbunato_kaigi.html, 2021 年 3 月 29 日取得

また、船舶分野においては、認証機関である日本海事協会により、CBM を利用した検査についてのガイドラインが策定されている。CBM を利用する要件をより明確にした規則改正を、ガイドラインの発行と併せて実施している³⁵。

³⁵ 日本海事協会 プレスリリース, 「「CBM ガイドライン」を発行」,
https://www.classnk.or.jp/hp/ja/hp_news.aspx?id=4042&type=press_release&layout=1, 2021 年 3 月 29 日取得

3.2 ガス分野の制度的背景等を踏まえた適用可能性、保安規制上の課題

3.2.1 スマートメーター関連

日本ガス協会は、第1回産業保安基本制度小委員会（2021年2月24日）³⁶において、スマート保安推進に向けた規制見直しや導入に向けた要望を提示している（資料2-2）。スマートメーターに関連する項目を抜粋すると、次のとおりである。

- スマートメーターシステム導入に向けたメーター検定の有効期間の見直し、メーター号数集約
- スマートメーターシステムなどによる効率的な漏えい検査の実現
- （消費者への）安全周知のデジタル化推進
- お客さまのライフスタイル変化に伴う非接触・非対面型調査・検査手法の追求
- 全国の中小事業者に展開していくための大幅なコストダウンと導入に向けた環境整備
- 補助金等のインセンティブ、通信コスト低減に向けた電力等の他インフラ共同化による選択の自由度拡大のためのサポート 等

企業インタビューにおいても、大手事業者の場合はスマートメーターを先行的に開発し、ガスメーターの有効期間10年にあわせて順次交換していくことが可能だが、ガス事業者の多くを占める中小事業者の場合はコスト高になるため、追従できるかどうか懸念される状況であった。ガスメーターをスマートメーターにすることによるコスト高の要因は、機能の増加や頻度の高い通信費用等が挙げられる。一方で、高機能なスマートメーターの品質を享受する上では相応の費用負担も必要である。スマートメーターの導入による保安業務全体としての高度化・効率化を考慮し、適切な機能選定・費用負担のあり方の検討が必要と考えられる。

なお、電力等の他のスマートメーターを共同化する場合、大手事業者が開発したスマートメーターを中小事業者が利用する場合については、料金制度の考え方の検討・整理が論点になると考えられる。

3.2.2 広域漏えい検査

現在、日本国内では、地中に埋設されているガス導管からガスが漏えいしていないかを確認するために、カート式ガス検知器を用いて徒歩で巡回する漏えい検査を定期的実施している。日本国内における広域漏えい検査の法制度と運用実態を調査し、3.1.2で示した海外の事例と比較し、運用のボトルネックとなっている法制度の箇所を明確化する。

(1) 日本の法制度

道路に埋設されているガス工作物の広域漏えい検査について、記載されている法令は以下の通りである。

³⁶ 第1回 産業保安基本制度小委員会、

https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/hoan_shohi/sangyo_hoan_kihon/001.html、2021年3月29日取得

1) ガス工作物の技術上の基準を定める省令 第五十一条³⁷

対象となる工作物と検査の頻度について以下の通り記載されている。

道路に埋設されている導管（特定地下街等又は特定地下室等にガスを供給するものであって当該導管に関し第四十九条第四項に規定する装置が道路に設置されているもの）は、次の表の上欄に掲げる導管の種類ごとに、それぞれ同表の下欄に掲げる頻度で、適切な方法により検査を行い、漏えいが認められなかったものでなければならない。ただし、次の各号に掲げる場合は、この限りでない。

一 適切な漏えい検知装置が適切な方法により設置されている場合（当該装置が漏えいを検知することができる部分に限る。）

二 ポリエチレン管を使用している場合（当該使用している部分に限る。）

導管の種類	検査の頻度
(1) 最高使用圧力が高圧のもの	埋設の日以後一年に一回以上
(2) 告示で定める導管（以下「特定管理管」という。）であってガス（五C、L一、L二又はL三のガスグループ（ガス用品の技術上の基準等に関する省令（昭和四十六年通商産業省令第二十七号）別表三の備考の適用すべきガスグループの項に掲げる五C、L一、L二又はL三のガスグループをいう。以下同じ。）に属するものであって一酸化炭素を含むものに限る。）を通ずるもの（第四十七条に定める措置（当該部分にアスファルトを含む麻布を巻き付ける方法を除く。）その他当該導管からのガスの漏えいを防止するための適切な措置（以下本条において単に「措置」という。）が講じられたもの及び（1）に掲げるものを除く。）	埋設の日以後一年に一回以上
(3) (1) 又は (2) に掲げる部分以外の部分	埋設の日以後四年に一回以上

2) ガス工作物技術基準の解釈例第百十三条（導管のガス漏えい検査の方法等）³⁸

「ガス工作物の技術上の基準を定める省令第五十一条第二項」に記載された、「ガス漏えい検査の適切な方法」について記載されている。

³⁷ e-gov 法令検索、平成十二年通商産業省令第百十一号ガス工作物の技術上の基準を定める省令
<https://elaws.e-gov.go.jp/document?lawid=412M50000400111>, 2021 年 3 月 31 日取得

³⁸ 経済産業省産業保安グループ、ガス工作物技術基準の解釈例(2014 年 3 月制定、2019 年 1 月改正)、
https://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/sangyo/citygas/hourei/20190123kaisyakurei_jyoubun.pdf, 2021 年 3 月 31 日取得

第一項

省令第五十一条第1項に規定する「適切な方法」とは、次のいずれかの方法（ガスの空気に対する比重が1より大きい場合は、第1号又は第3号に掲げる方法に限る。）とする。ただし、れんが、コンクリート舗装等道路の構造上ボーリングが困難な場合であってマンホール等があるときは、ガス検知器又は臭気により漏えいの有無を検査する方法をもって第1号に掲げる方法に代えることができる。

一 導管の路線上を深さ約50センチメートル、間隔約5メートルでボーリングを行い、その穴に管を立て、約1分を経過した後又は吸引を行った後、ガス検知器又は臭気により漏えいの有無を検査する方法。ただし、水素炎イオン化式ガス検知器又は半導体式ガス検知器を用いて検査する場合にあっては、深さを5センチメートル（舗装が施されている場合は表層（基層を含む。）を貫通し路盤に到る深さ）以上とすることができる。

二 水素炎イオン化式ガス検知器又は半導体式ガス検知器を用いて導管の路線上の地表の空気を連続して吸引して漏えいの有無を検査する方法

なお、導管の近傍に舗装目地、マンホール等の通気性を有する箇所がある場合にあっては、これらの箇所を導管の路線上とみなすことができる。

三 最高使用圧力が低圧の導管にあっては、被検査部分へのガスの流入を遮断した後、次の表の左欄に掲げる圧力測定器具の種類及び同表の中欄に掲げる被検査部分の容積に応じ、同表の右欄に掲げる保持時間以上保持し、漏えいの有無を検査する方法
（表省略）

(2) 日本における運用実態

一般社団法人日本ガス協会発行の「本支管指針(維持管理編)JGA 指-203-16」をもとに、日本における漏えい検査の詳細な運用実態を調査する。「本支管指針(維持管理編)JGA 指-203-16」の「第4章本支管及び付属設備の管理 4.2 漏えい検査」にて詳細に記載されている。

まず、「ガス工作物技術基準の解釈例第百十三条（導管のガス漏えい検査の方法等）」にて記載されている、「一 導管の路線上を深さ約50センチメートル、間隔約5メートルでボーリングを行い、その穴に管を立て、約1分を経過した後又は吸引を行った後、ガス検知器又は臭気により漏えいの有無を検査する方法」について、「ガス検知器」とあるが、方式によって特徴、測定範囲が異なる。都市ガス用としては、熱伝導法、赤外線法、半導体式、イオン化伝導度法、接触燃焼法等のガス検知器が実用化されている。主な検知器と測定範囲の例は以下の通りである。

検知方式	検知器名	測定可能範囲							
熱伝導度法	サーミスタ式ガス検知器							←	→
赤外線法	赤外線ガス検知器					←			→
半導体式	半導体式ガス検知器			←			→		
イオン化電導度法	水素炎イオン化式ガス検知器			←			→		
接触燃焼法	識別型ガス検知器					←			→
0.1ppm 1ppm 10ppm 0.01% 0.1% 1% 10% 100%									

図 3-12 日本国内における都市ガス用センシング技術と測定可能範囲

出所) 一般社団法人日本ガス協会発行「本支管指針(維持管理編)JGA 指-203-16」より三菱総合研究所作成

また、「二 水素炎イオン化式ガス検知器又は半導体式ガス検知器を用いて導管の路線上の地表の空気を連続して吸引して漏えいの有無を検査する方法」について、導管の路線上を毎時 4km 以下で走行し、地表から約 2cm の高さの雰囲気を約 1 リットル毎分で吸引して漏えいの有無を調べると定められている。また、半導体式ガス検知器についてはガスの濃度が 10ppm 以下で探知できる性能を有することが求められている。さらに、水溜りがある場所、凍結している場所、砂ぼこりが舞い上がる程度の風が吹いている場所では測定を行わない等の測定に關しての留意事項を厳守するように定められている。

(3) 日本における法令のボトルネック箇所の特定

日本国内では、カート式ガス検知器を用いて徒歩で巡回する漏えい検査を定期的を実施しているが、事業者へのインタビューからは、自動車等を用いた漏えい検査実施に対する希望も聞かれた。これまでの調査結果を踏まえ、ガス漏えい検査のうち、広域漏えい検査(表面ガス検知調査等)に關する国内・海外の法令・ガイドライン等を比較し、自動車等を用いた広域漏えい検査を行うための法的ボトルネックを特定する。

日本及び海外 3 か国の法令・ガイドラインをとりまとめた内容を表 3-1 に記載した。この中で、自動車等の活用に關する記載の箇所は「検査方法」である。調査した 4 か国のなかでは、日本では、車載を禁止する法令・技術指針はないものの、速度に關する指定(毎時 4km 以下)が日本ガス協会の技術指針に記載されている。一方、米国は ASME のガイドラインにて、「適切なサンプルを継続的に取得できる十分に遅い速度」で実施するよう記載されているのみであり、その中で車載についても触れられている。また、カナダでは、水素炎イオン化式ガス検知器をトラックに取り付けることが可能であるとベストプラクティス集に記載している。

また、「機器性能」にも違いがある。日本では、ガス工作物技術基準の解釈例第百十三条(導管のガス漏えい検査の方法等)にて「水素炎イオン化式ガス検知器又は半導体式ガス検知器を用いて導管の路線上の地表の空気を連続して吸引する」、日本ガス協会の技術指針にて「半導体式ガス検知器については、ガスの濃度が 10ppm 以下で探知できる性能を有する

こと」と示されている。一方で、米国では、ASME のガイドラインにて「空気中の 50ppm のガス濃度を検知できるガス検知器」を使用するよう記載されており、明確な検知器の指定はない。また、米国運輸省 Guidance Manual for Operators of Small Natural Gas Systems の中で、1ppm まで検知できる機器として赤外線光学検知器と赤外線光メタン検知器を例示している。このように、最低限度を記載しつつ、より先進的な事業者が活用できるような機器の選択肢を増やし、事業者側の選択肢を増やしている。

以上のことから、広域漏えい検査に自動車等を用いることに関する日本国内の法的なボトルネックとしては、①「ガス工作物技術基準の解釈例第百十三条（導管のガス漏えい検査の方法等）第一項 二水素炎イオン化式ガス検知器又は半導体式ガス検知器を用いて導管の路線上の地表の空気を連続して吸引して漏えいの有無を検査する方法」におけるガス漏えい検査の適切な方法として指定されているガス検知器の種類、②「ガス工作物技術基準の解釈例第百十三条（導管のガス漏えい検査の方法等）第一項 二水素炎イオン化式ガス検知器又は半導体式ガス検知器を用いて導管の路線上の地表の空気を連続して吸引して漏えいの有無を検査する方法」の内容を詳細に記載した、一般社団法人日本ガス協会発行の「本支管指針(維持管理編)JGA 指-203-16 第4章本支管及び付属設備の管理 4.2 漏えい検査」に記載されている条件であると考えられる。

上記を踏まえて広域漏えい検査に新技術を適用する上では、保安レベルの維持（あるいは向上）が確認できることが求められるが、インタビューにおいて、個社の取組でそれを証明することは難しいとの声もあった。新技術を法定の保安業務に取り入れる際のスキームを検討する必要がある³⁹。

³⁹ インタビューでは、海外において新技術を認めるスキームの例として、現行の検査と新技術による検査を、互いに情報開示せずに公平な条件で比較する「ダブルブラインドテスト」が挙げられた。

表 3-1 広域漏えい検査(表面ガス検知調査等)に関する国内・海外の法令・ガイドライン比較

国	日本	米国	カナダ	オーストラリア
検査頻度	一年に一回以上もしくは四年に一回以上 (導管の種類による) 【ガス工作物の技術上の基準を定める省令第五十一条】	15 か月を超えない間隔で、暦年に 1 回 63 か月を超えない間隔で、5 暦年に 1 回 (パイプライン設置場所による) 【連邦規則集 Title49 : Transportation】	(国の法令・ガイドラインレベルでは記載されていない)	本管及び主要サービスは 5 年を超えない間隔で調査 高密度コミュニティ利用エリアとトンネルは 1 年以下の間隔で調査 【AS/NZS 4645】
検査方法	導管の路線を毎時 4km 以下で走行し、地表から約 2cm の高さの雰囲気を約 1 リットル毎分で吸引 【一般社団法人日本ガス協会発行「本支管指針(維持管理編)JGA 指-203-16」】	適切なサンプルを継続的に取得できるように十分に遅い速度で実施する(手で持つか車載) 埋設配管の場合、サンプリングは地面から 2 インチ (50 mm) 以内で行う 【ASME B31.8 Gas Transmission and Distribution Piping Systems】	水素炎イオン化式ガス検知器はトラックに取り付けることが可能であると記載されている (国の法令・ガイドラインレベルでは例示されているが、指定はない) 【CAPP 2018-0020 Best Management Practice Pipeline Leak Detection Programs】	表面検知(天然ガスの場合) 【AS/NZS 4645】
機器性能	水素炎イオン化式ガス検知器又は半導体式ガス検知器を用いて導管の路線上の地表の空気を連続して吸引 半導体式ガス検知器についてはガスの濃度が 10ppm 以下で探知できる性能を有すること 【ガス工作物技術基準の解釈例第百十三条(導管のガス漏えい検査の方法等)】 【一般社団法人日本ガス協会発行「本支管指針(維持管理編)JGA 指-203-16」】	空気中の 50ppm のガス濃度を検知できるガス検知器で継続的にサンプリング 赤外線光学検知器は車載と徒歩の両方の調査に使用でき、1ppm まで検知可能 赤外線光メタン検知器は 100 万分の 1 (ppm) 未満の濃度の漏えいを検知可能 【ASME B31.8 Gas Transmission and Distribution Piping Systems】 【米国運輸省 Guidance Manual for Operators of Small Natural Gas Systems】	水素炎イオン化式ガス検知器は低濃度の漏えいが検知可能 (水素炎イオン化、赤外線、レーザーガス検知器等が例示されているが、指定はない) 【CAPP 2018-0020 Best Management Practice Pipeline Leak Detection Programs】	(国の法令・ガイドラインレベルでは記載されていない)
その他			ガス検知器調査、植生調査、ガス量監視調査、バーホール調査、表面検知調査、または事業会社が経験により適切であると判断したその他の検知方法であることが許容される 【CSAZ662:19】	ガス配送ネットワークの規模、複雑性、および時代が異なるため、漏えい検査に対する異なるアプローチを採用する必要がある。 【AS/NZS 4645】

出所) 三菱総合研究所作成 ※【】内は記載内容がある文献

3.2.3 その他スマート保安関連

3.1.3 項で示した、その他スマート保安関連技術の活用に対する官による支援策の例を踏まえ、これらの技術をガス分野に適用するにあたって想定しうる制度的な対応・支援策等を整理する。

(1) AI

AI 活用の促進にあたっては、高圧ガス分野における AI 信頼性評価ガイドラインの策定や、AI 活用事例集の策定といった活用支援策がみられた。

ガス分野で AI 活用を促進する場合、特に保安業務に直結する適用に対しては、他分野と同様に AI の信頼性の確保・評価が課題となる可能性がある⁴⁰。ガス分野の保安業務を想定した AI 適用や信頼性評価について、事例やガイドを示すことにより、活用の促進に繋がる可能性がある。

(2) ドローン

ドローンの活用の促進にあたっては、高圧ガス分野において、目視検査の代替に関する実証や関連法令改正、ドローン活用ガイドラインの策定、防爆の観点からの危険区域の設定に関するガイドラインの策定といった活用支援策がみられた。また、電力分野において、送電線点検等にドローンを活用する場合の共通要件のとりまとめといった活用支援策がみられた。

ガス分野でドローン活用を促進する場合、特に、技術基準等において「目視」による検査が要件となっている対象に対する適用がある場合は、代替が適切かを確認し、必要な場合は実証実験等による実績の蓄積を行うことが考えられる。その上で、ガス分野の保安業務を想定した活用事例の提示やガイドライン等による適用の指針の提示を行うことが考えられる。その際、防爆が論点となる場合には、危険区域の精緻な設定と併せての活用を促進することが考えられる。また、必要と考えられる場合は、ドローンを検査に活用可能な手段として関連法令・通達等に明示することも考えられる。

(3) 遠隔監視

遠隔監視の活用の促進にあたっては、電力分野において、火力発電所の遠隔監視を可能とするための関係法令改正や、水力発電設備の遠隔監視・制御実証、ガイドライン策定といった活用支援策がみられた。

ガス分野で遠隔監視の活用を促進する場合、特に、技術基準等において現地への人員配置が要件となっている対象に対する適用がある場合は、代替が適切かを確認し、必要な場合は実証実験等による実績の蓄積を行うことが考えられる。その上で、ガス分野の保安業務を想定した活用事例の提示やガイドライン等による適用の指針の提示を行うことが考えられる。また、必要と考えられる場合には、例えばガス主任技術者の選任等の要件に関する技術基準

⁴⁰ インタビューにおいて、ガス分野への適用について AI の信頼性評価が課題となる旨の指摘あり。

の改訂、また遠隔監視を活用可能な手段として関連法令・通達に明示することも考えられる。

(4) ウェアラブル端末

ウェアラブル端末の活用促進にあたっては、電力分野において、自家用電気工作物の保守・点検における関連告示等の見直しといった活用支援策がみられた。

ガス分野でウェアラブル端末の活用を促進する場合、特に技術基準等において目視や紙媒体での記録が要件となっている場合は、代替が適切かを確認し、必要な場合は実証実験等による実績の蓄積を行うことが考えられる。その上で、ガス分野の保安業務を想定した活用事例の提示やガイドライン等による適用の指針の提示を行うことが考えられる。その際、防爆が論点となる場合には、危険区域の精緻な設定と併せての活用を促進することが考えられる。また、必要と考えられる場合には、検査基準を規定する省令・解釈・業界基準の改訂や、ウェアラブル端末を活用可能な手段として関連法令・通達に明示することが考えられる。

(5) CBM

CBM の活用促進にあたっては、高圧ガス分野において、CBM を活用した腐食管理を認める認定制度といった活用支援策がみられた。また、船舶分野において、CBM の活用のためのガイドライン策定といった活用支援策がみられた。

ガス分野で CBM の活用を促進する場合、技術基準等における検査周期の規定が保安の効率化・高度化の妨げとなっているかを確認するとともに、設備の状態監視に有効な検査技術を確認することが考えられる。その上で、CBM の活用が有効と考えられた場合には、検査基準への CBM の概念の組み込みや、ガイドライン等による適用例の提示を行っていくことも考えられる。

4. 今後のガス保安の高度化に向けたスマート保安のアクションプランの検討

4.1 ガス分野のスマート保安技術

スマート保安官民協議会ガス安全部会⁴¹において、ガス分野のスマート保安技術について共有を行った。

表 4-1 スマート保安官民協議会ガス安全部会で共有のあった技術

技術	事業者名
スマートメーターによるガス漏えい対応・地震復旧対応	東京ガス株式会社
ガス漏れ受付における「AI(音声自動認識等)」の導入	東京ガス株式会社
導管工事における「工程管理アプリ」の導入	東京ガス株式会社
他工事巡回業務における「業務支援アプリ」の導入	東京ガス株式会社
レーザーメタンによる遠隔でのガス漏えい検知	東京ガス株式会社
ドローン+各種デジタル技術による高所遠隔点検	東京ガス株式会社
市販のICTデジタル技術活用(ウェアラブルカメラ、ビジネスチャット、現場管理アプリ、クラウドストレージ)	東邦ガス株式会社
ガス導管設計測量、橋梁添架ガス管点検でドローン活用	東邦ガス株式会社
ガス管の劣化度合いを予測するAIアルゴリズム構築	東邦ガス株式会社
スマートメーター利活用 (例)工事中における活管・仮配管(バイパス)の設置要否の判定への活用	東邦ガス株式会社
車載型ガス測定システム	大阪ガス株式会社
ガス可視化カメラ	大阪ガス株式会社
完全自動溶接	大阪ガス株式会社
溶接検査のデジタル化	大阪ガス株式会社
基幹システムのクラウド化及びスマホ化	日本瓦斯株式会社
お客様データ(保安関連含む)のセキュリティ確保、保安業務をマイクロサービス化	日本瓦斯株式会社
NCU「スペース蜚」によるオフラインメーターのオンライン化	日本瓦斯株式会社
アプリによる検針票など印刷物の廃止、コミュニケーションツールとしての活用	日本瓦斯株式会社
無人LPガスハブ充填システム	日本瓦斯株式会社
容器状況・配送のリアルタイム把握	日本瓦斯株式会社
LPガス集中監視システム(ACU24) (集中監視、ガス切れ防止、配送合理化、検針業務の効率化)	伊丹産業株式会社
LPWA SmartOWL メータ情報提供サービス (指針/検針/保安情報取得)	株式会社ミツウロコ ヴェッセル
LPガス顧客管理プラットフォーム (セキュリティ情報の蓄積、リモート点検)	株式会社ミツウロコ ヴェッセル

出所) スマート保安官民協議会ガス安全部会資料より 三菱総合研究所作成

⁴¹ 会議の開催実績は、本報告書の「スマート保安官民協議会ガス安全部会 開催実績」を参照。

4.2 ガス分野におけるスマート保安のアクションプラン（案）

スマート保安官民協議会ガス安全部会⁴²において、ガス分野におけるスマート保安のアクションプランについて検討を行った。

第1回ガス安全部会で日本ガス協会より提示のあった「都市ガス事業におけるスマート保安アクションプラン案」、経済産業省より提示のあった「官のアクションプラン（案）」、及び部会関係者の意見を踏まえ、第2回ガス安全部会にて経済産業省から「ガス分野におけるスマート保安のアクションプラン（案）」を提示した。

表 4-2 ガス分野におけるスマート保安のアクションプラン（案） 構成

- | |
|---|
| <ol style="list-style-type: none">1. 概要2. 都市ガス分野のスマート保安の取組3. LPガス分野のスマート保安の取組4. コミュニティーガス分野のスマート保安の取組5. 官のスマート保安の取組 |
|---|

ガス分野におけるスマート保安のアクションプランは、部会関係者との調整を経て、3月末～4月上旬に経済産業省ホームページより公開予定である。

⁴² 会議の開催実績は、本報告書の「スマート保安官民協議会ガス安全部会 開催実績」を参照。

5. まとめと今後の課題

本事業では、国内外における保安規制等やスマート保安技術の実態調査を目的に、以下を実施した。

国内外におけるスマート保安技術の調査・分析では、スマートメーター関連、広域漏えい検査、その他スマート保安関連の技術を対象に、国内外・他分野を含めて活用されている技術を調査した。

ガス保安の高度化の方向性の検討では、上記の技術が活用されている背景としての保安規制や制度、活用促進策等について調査した。

今後のガス保安の高度化に向けたスマート保安のアクションプランの検討では、都市ガス・LPガス・コミュニティガスそれぞれの現況を踏まえたガス分野のアクションプラン案について、「スマート保安官民協議会ガス安全部会」での議論を経て策定した。

今後は、本事業で実施した「スマート保安官民協議会ガス安全部会」の場も活用し、アクションプランを実行していくことが求められる。

国内外におけるスマート保安活用事例の有識者ヒアリング調査 実績

年月日	対象	分類
2020/12/2 ^{*1}	A 社	ガス事業者
2020/12/11	B 社	ガス事業者
2020/12/21	C 社	ガス事業者
2021/1/8	D 社	ガス事業者
2021/3/2	E 社	ガス事業者
2021/3/4	F 会	認証機関
2021/3/11	G 会	業界団体
2021/3/15	H 社	ガス事業者
2021/3/16	I 社	技術ベンダー
2021/3/23	J 会	業界団体

*1: A 社については資料提供をもってヒアリングにかえた。この旨を調整した打合せの実施日を記載。

スマート保安官民協議会ガス安全部会 開催実績

<第1回>

開催日時	令和2年12月25日(金) 13:30～15:30 令和3年2月10日(水) 16:00～17:00
開催場所	オンライン(Microsoft Teams 会議)
開催方法	オンラインのみ
議事次第	(1)開会 (2)ガス分野におけるスマート保安について (3)ガス分野におけるスマート保安の取組 (4)その他

配布資料は、以下の URL にて公開されている。

https://www.meti.go.jp/shingikai/safety_security/smart_hoan/gas_anzen/001.html (アクセス確認日：令和3年3月29日)

<第2回>

開催日時	令和3年3月24日(水) 13:00～15:00
開催場所	オンライン(Microsoft Teams 会議)
開催方法	オンラインのみ
議事次第	(1)開会 (2)ガス分野におけるスマート保安の取組 (3)ガス分野におけるスマート保安アクションプラン (4)その他

配布資料は、3月下旬～4月上旬に公開予定。

令和 2 年度補正産業保安高度化推進事業
（次期安全高度化計画及びスマート保安技術に係る調査研究）
報告書

2021 年 3 月

株式会社三菱総合研究所
セーフティ&インダストリー本部
経営イノベーション本部