

# 【類型4 KDDI株式会社】技術実証 最終報告サマリー

## 【技術実証の概要】

<b>対象業務（法令）</b>	高圧ガス保安法第35条の2に係る施設の定期自主検査 ガス事業法施行規則第24条、第92条、第148条に係る施設等の点検																									
<b>実証の全体像</b>	人が目視で行っているLPガスや都市ガスの設備等の検査・点検に関し、高解像度のカメラやガスセンサー等を搭載したドローン及びAIを活用することによって、人手による方法と同等以上の精度で効率的に行うことができないかを実証する。ドローンの自律飛行・マニュアル飛行を通じてガス設備の撮影を実施し、撮影した画像をデータマネージメントシステムに伝送・分析する。データマネージメントシステムではデータ管理及びAI分析を行い、点検対象物のひび割れや錆、腐食の検知、計器の数値読み取りを実施し点検等に活用できるかを実証する。	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p><b>実証イメージ</b></p> </div> <div style="text-align: center;"> <p><b>現行の点検・巡視イメージ</b></p> </div> </div>																								
<b>実施体制</b>	<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th style="background-color: #cccccc;">社名</th> <th style="background-color: #cccccc;">役割</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>KDDI株式会社</td> <td>実証計画の策定、実証のとりまとめ、プロジェクト管理</td> </tr> <tr> <td>KDDIスマートドローン株式会社（再委託先）</td> <td>運航管理、データ管理、AI解析機能の提供、実証実験の運営</td> </tr> <tr> <td>株式会社アイ・アール・システム（再委託先）</td> <td>ドローンの運航</td> </tr> <tr> <td>西部ガス株式会社/ひびきエル・エヌ・ジー株式会社</td> <td>実証フィールド提供、実証結果評価</td> </tr> <tr> <td>ミツロコヴェッセル株式会社/山梨流通株式会社</td> <td>実証フィールド提供、実証結果評価</td> </tr> </tbody> </table>	社名	役割	KDDI株式会社	実証計画の策定、実証のとりまとめ、プロジェクト管理	KDDIスマートドローン株式会社（再委託先）	運航管理、データ管理、AI解析機能の提供、実証実験の運営	株式会社アイ・アール・システム（再委託先）	ドローンの運航	西部ガス株式会社/ひびきエル・エヌ・ジー株式会社	実証フィールド提供、実証結果評価	ミツロコヴェッセル株式会社/山梨流通株式会社	実証フィールド提供、実証結果評価	<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th style="background-color: #cccccc;">社名</th> <th style="background-color: #cccccc;">役割</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>KDDI株式会社</td> <td>実証計画の策定、実証のとりまとめ、プロジェクト管理</td> </tr> <tr> <td>KDDIスマートドローン株式会社（再委託先）</td> <td>運航管理、データ管理、AI解析機能の提供、実証実験の運営</td> </tr> <tr> <td>株式会社アイ・アール・システム（再委託先）</td> <td>ドローンの運航</td> </tr> <tr> <td>西部ガス株式会社/ひびきエル・エヌ・ジー株式会社</td> <td>実証フィールド提供、実証結果評価</td> </tr> <tr> <td>ミツロコヴェッセル株式会社/山梨流通株式会社</td> <td>実証フィールド提供、実証結果評価</td> </tr> </tbody> </table>	社名	役割	KDDI株式会社	実証計画の策定、実証のとりまとめ、プロジェクト管理	KDDIスマートドローン株式会社（再委託先）	運航管理、データ管理、AI解析機能の提供、実証実験の運営	株式会社アイ・アール・システム（再委託先）	ドローンの運航	西部ガス株式会社/ひびきエル・エヌ・ジー株式会社	実証フィールド提供、実証結果評価	ミツロコヴェッセル株式会社/山梨流通株式会社	実証フィールド提供、実証結果評価
社名	役割																									
KDDI株式会社	実証計画の策定、実証のとりまとめ、プロジェクト管理																									
KDDIスマートドローン株式会社（再委託先）	運航管理、データ管理、AI解析機能の提供、実証実験の運営																									
株式会社アイ・アール・システム（再委託先）	ドローンの運航																									
西部ガス株式会社/ひびきエル・エヌ・ジー株式会社	実証フィールド提供、実証結果評価																									
ミツロコヴェッセル株式会社/山梨流通株式会社	実証フィールド提供、実証結果評価																									
社名	役割																									
KDDI株式会社	実証計画の策定、実証のとりまとめ、プロジェクト管理																									
KDDIスマートドローン株式会社（再委託先）	運航管理、データ管理、AI解析機能の提供、実証実験の運営																									
株式会社アイ・アール・システム（再委託先）	ドローンの運航																									
西部ガス株式会社/ひびきエル・エヌ・ジー株式会社	実証フィールド提供、実証結果評価																									
ミツロコヴェッセル株式会社/山梨流通株式会社	実証フィールド提供、実証結果評価																									
<b>実施期間</b>	2023年12月15日～2024年2月16日																									

# 【類型4 KDDI株式会社】技術実証 最終報告サマリー

## 【技術実証の詳細】

技術実証の方法(1/2)	技術実証項目	観点	実証内容
	定期自主検査（高圧ガス保安法）及び施設等の点検（ガス事業法施行規則）のドローンやAIを活用した実証	設備の点検に必要なデータ取得の観点	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 錆やひびなどの不具合箇所を目視と同等の精度で確認できるかを防爆エリア外から可視カメラ（ズームレンズ搭載）にて確認する。</li> <li>• 巡視点検などにて必要なアナログメーターの読み取りができるかを防爆エリア外から可視カメラ（ズームレンズ搭載）にて確認する。</li> <li>• ガス検知カメラを利用しプラント内のガス漏れを検知できるかを防爆エリア外からガス検知カメラにて確認する。</li> <li>• 高所などの危険箇所や仮設が必要な箇所における点検が可能かを確認する。</li> </ul>
		データ蓄積やデータ解析の観点	<ul style="list-style-type: none"> <li>• クラウドサーバーに画像データの蓄積が、モバイルネットワーク回線(4G/LTE)経由又は機体のメモリーカードをPC経由でクラウドサーバー上にアップロードを行うことができるかを確認する。</li> <li>• 画像データのAI解析解析し、点検に必要な錆・ひび検知など人間の作業を補助することができるかを確認する。</li> <li>• 点検結果の管理を日付や作業などの単位で管理ができることを確認する。</li> </ul>

# 【類型4 KDDI株式会社】技術実証 最終報告サマリー

## 【技術実証の詳細】

技術実証の方法(2/2)	技術実証項目	観点	実証内容
	LPガス事業者及び都市ガス事業者においてドローンの運航が可能かの実証	自律飛行するためのフライトルートに関する観点	<ul style="list-style-type: none"><li>複数のフライト高度にて飛行を検証し、対象物を撮影できるか、安全に飛行できるかを実証する。フライトルートを決める際は対象物の撮影可能性と安全性のバランスを取り複数のルートで検証を行う。</li><li>設定したフライトルートを複数回飛行し、ルート間のずれを測定し、ルートの再現性や点検で取得できる画像の再現性を確認する。</li></ul>
		飛行の安全に関する観点	<ul style="list-style-type: none"><li>自律飛行機能の喪失時やバッテリー残量低下時に運航者への通知や自動帰還機能が正常に働くかを確認する。また、バッテリー残量が著しく低下した際に自動的に離陸場所や指定の地点へ移動し、着陸できることを確認する。</li><li>障害物への衝突防止機能を作動させた状態で意図的に障害物へ衝突するルートにて飛行させ、衝突防止機能が正常に働き機体がホバリング状態になることを確認する。</li></ul>

## 【技術実証の詳細】

**実証場所①** ひびきLNG基地 北九州市若松区向洋町20-1

### 実施内容

都市ガス事業者において、P2、3に記載の下記観点を検証

- 設備の点検に必要なデータ取得の観点
- データ蓄積やデータ解析の観点
- 自律飛行するためのフライトルートに関する観点

### 対象設備

LNG貯槽、LPG貯槽、LNG気化器、LPG増熱器、  
配管ラック

### 実証日程

2024年1月15日

9:00-11:00 機体設定

11:00-16:00 LNG気化器、LPG増熱器、LPG貯槽の点検

2024年1月16日

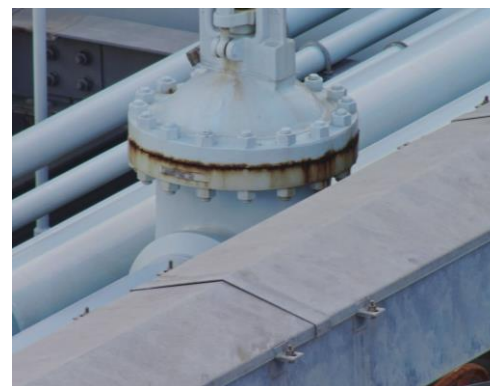
9:00-16:00 LNG貯槽の点検、自律飛行実証試験



LPG貯槽にて実証中の様子



配管ラックの錆を撮影した様子



フランジの錆を撮影した様子



LPG貯槽をサーマルカメラで確認した様子

## 【技術実証の詳細】

**実証場所②** 山梨流通株式会社 都留事業所 山梨県南都留郡西桂町小沼194

### 実施内容

LPガス事業者において、P2、3に記載の下記観点を検証

- 設備の点検に必要なデータ取得の観点
- データ蓄積やデータ解析の観点
- 自律飛行するためのフライトルートに関する観点

### 対象設備

LPG貯槽、配管、充てん機、ローディングアーム、圧縮機

### 実証日程

2024年1月22日

13:00-13:30 機体設定

13:30-16:00 LPG貯槽、配管、充てん機、ローディングアーム、  
圧縮機の点検。自律飛行実証試験



駐車場にて飛行の準備中の様子



ローディングアームを撮影する様子



充てん機の室内設置のスイベルを  
屋外から撮影した様子



ガス検知カメラで低圧のガス漏れを  
検知した様子

## 【技術実証の詳細】

**実証場所③** 山梨流通株式会社 田富営業所 山梨県中央市布施1357

### 実施内容

LPガス事業者において、P2、3に記載の下記観点を検証

- 設備の点検に必要なデータ取得の観点
- データ蓄積やデータ解析の観点
- 自律飛行するためのフライトルートに関する観点

### 対象設備

LPG貯槽、配管、充てん機、ローディングアーム、圧縮機

### 実証日程

2024年1月23日

9:00-9:30 機体設定

9:30-12:00 LPG貯槽、配管、充てん機、ローディングアーム、  
圧縮機の点検。自律飛行実証試験



駐車場で飛行の準備中の様子



配管錆を撮影した様子



LPG貯槽を撮影している様子



自律飛行による自動点検の様子

## 【技術実証の詳細】

**実証場所④** コードベースキミツ 千葉県君津市広岡1000

### 実施内容

KDDIグループのコードベースキミツにて、P2、3に記載の下記観点を検証

- 自律飛行するためのフライトルートに関する観点
- 飛行の安全に関する観点

### 対象設備

LPガス需要家設備、非正常系の試験（対象設備なし）

### 実証日程

2024年1月26日

11:00-12:00 機体設定、ルート設定

13:00-16:00 非正常系の試験、需要家設備の撮影



フィールド全体



需要家設備の撮影状況



運航管理システムの評価状況



安全機能の評価状況

# 【類型4 KDDI株式会社】技術実証 最終報告サマリー

## 【技術実証の詳細】

実施条件	項目	実施条件
	天候	<ul style="list-style-type: none"><li>風速：今回の実証においては実証協力事業者との合意の下、航空法に基づく包括申請の申請内である風速5m/sec以下の風速において実証を行った。</li><li>降雨/降雪：原則として降雨/降雪が発生しているときには飛行は行わない。</li></ul>
	通信環境	<ul style="list-style-type: none"><li>直接通信：免許が不要な2.4GHz帯にてドローン本体とコントローラー間での通信を行う。距離に制約があるので狭い範囲での実証の際に活用する。</li><li>モバイルネットワーク回線：携帯電話回線を活用し、広い範囲でのオペレーションが必要な実証に活用する。</li></ul>
	飛行エリア	<ul style="list-style-type: none"><li>実証協力事業者においては危険エリア（防爆エリア）が存在するため、防爆エリア外からの撮影が必須となるため、事業者から提供された危険エリア図を基に飛行エリアを決定する。</li></ul>







# 【類型4 KDDI株式会社】技術実証 最終報告サマリー

## 【技術実証の結果】

<b>結果の評価の観点</b>	ドローンやAIを活用した定期自主点検や設備等の点検において、点検の精度が人での点検と同等以上であるかの確認を評価した上で、汎用性、安全性などの観点で運用が可能かを評価する。また将来の導入において十分な経済性や展開可能性があるかの観点についても評価を行う。		
<b>結果の評価のポイント・方法</b>	<b>評価する観点</b>	<b>評価ポイント</b>	<b>評価方法</b>
	精度	撮影された画像から錆・ひびなどの異常やメーターの値確認が目視での確認と同等のレベルで可能であるか。	事業者による目視同等かの主観評価及び、AI解析による客観評価
	汎用性	法令や天候などから導き出された就航率、運用難易度から汎用的に活用できるか	本事業の協力事業者における就航率、運用難易度を導出し試算
	経済性	ドローンによる定期自主検査やその他の点検において、現行の人手による点検等と比較して経済的に優位かどうか	ドローンに代替した際にどの程度の工数が削減できるかの試算
	安全性	ドローンの運用が十分な安全性を持って行うことができるか	自律運航の飛行精度やドローンの安全機能を実際に試験し評価する
	展開可能性	本実証で構築したモデルを他分野、他法令に展開できるか	類似するフィールドのデスクトップリサーチやエキスパートインタビューにより検証を行う





# 【類型4 KDDI株式会社】技術実証 最終報告サマリー

## 【技術実証の結果】

実証の実施結果 (1/4)	技術実証項目	実証結果
	錆やひびなどの不具合箇所を確認できるか	<p>防爆エリア外からの画像による目視検査は十分な解像度にて行えることが検証できた。一方でドローンにて物理的に撮影できない死角となる箇所も存在するため、考慮が必要であった。</p> <div data-bbox="1235 496 1679 753"></div> <p>点検に必要な項目の撮影ができた例</p> <div data-bbox="1760 496 2244 762"></div> <p>パネルが死角となり点検困難な箇所</p>
	巡視点検などにて必要なアナログメーターの読み込みは可能か	<p>防爆エリア外からメーターを撮影し、メーター指示値の読み取りが可能であることが確認できた。一方でメーターの向きが悪く、ドローンでの撮影が困難であるなど、メーターの向きを調整するなどドローンでの検査を前提とした調整が必要な点も確認できた。</p> <div data-bbox="1327 1033 1564 1258"></div> <p>正面から撮影できた例</p> <div data-bbox="1862 1033 2135 1258"></div> <p>正面からの撮影が困難な例</p>

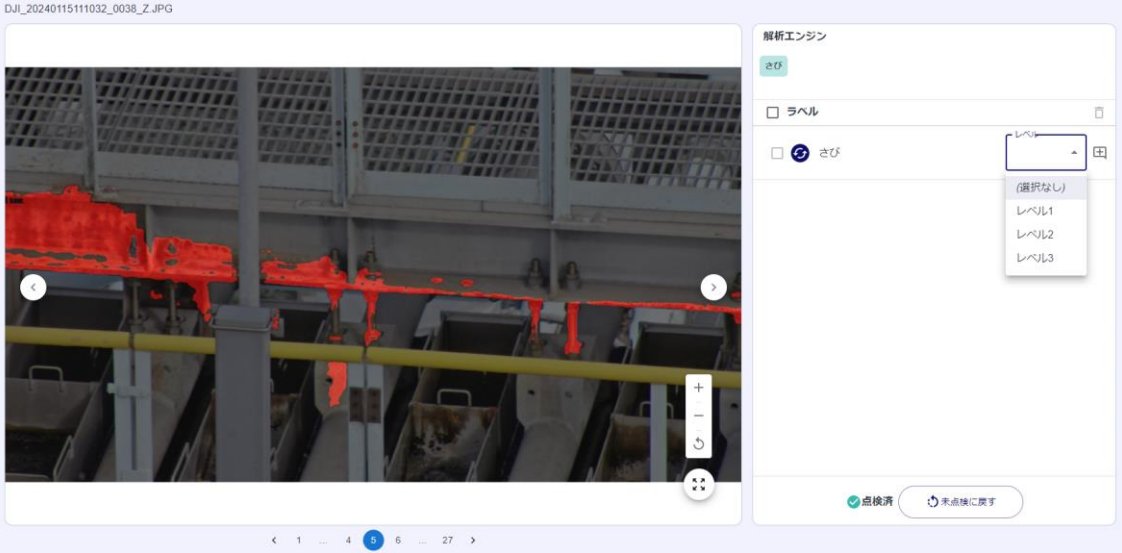
# 【類型4 KDDI株式会社】技術実証 最終報告サマリー

## 【技術実証の結果】

実証の実施結果 (2/4)	技術実証項目	実証結果
	ガス検知カメラを利用しプラント内のガス漏れを検知できるか	ガス検知カメラを活用し、低圧のガスを含めたガスの検知（可視化）が可能であった。一方で微量のガス漏れに関しては映像の変化量が小さいため漏れなく検知するためにはAI画像解析などの手法を今後検討する必要がある。   LPガスボンベからのガス漏れ試験      ガスメーターからのガス漏れ試験
	高所などの危険箇所や仮設が必要な箇所における点検が可能か	ドローンを活用することでLNGガス貯槽や配管上部など高所などの危険箇所での点検が可能となることが検証できた。   LNG貯槽上部を撮影した様子      配管ラックを上部から撮影した様子

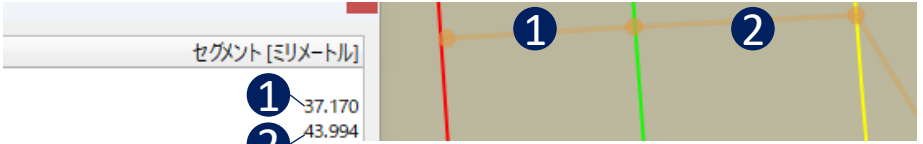


# 【類型4 KDDI株式会社】技術実証 最終報告サマリー

## 【技術実証の結果】

実証の実施結果	技術実証項目	実証結果
実証の実施結果 (3/4)	ドローンで撮影したデータのクラウド上での蓄積、AI解析、管理ができるか	<p>ドローンからの画像を自動又はマニュアルにて蓄積することが可能であった。今回用意した錆・ひびの検知AIモデルはプラント向けに開発されたモデルではないため一定数の過検知、誤検知は見られたが、今後社会実装に向けた取り組みの際には追加学習を行うことで対応できる程度である。今回の実証で活用したデータマネージメントシステムにおいて撮影データの管理を行えることが検証できた。</p>  <p>データマネージメントシステム上の錆検知結果表示画面</p>

# 【類型4 KDDI株式会社】技術実証 最終報告サマリー

## 【技術実証の結果】

実証の実施結果	技術実証項目	実証結果
	ドローン飛行の際にルートを適切に設定し、ルート通りに飛行できるか	<p>今回の実証においては点検に必要なルートを構築し、問題なく飛行が可能であった。実際の運用においては一度のフライトで多数の設備を点検する必要があり、設備の上空を通過するなどの検討が必要。設定した飛行ルートと実際のルートの差分は十分小さいため実用に耐えるものであった。（3回の飛行にて最大誤差合計81mm程度）</p>  <p>セグメント [ミリメートル]            ① 37.170            ② 43.994</p> <p>飛行ルート間の距離</p> <p>飛行経路 ● 1回目 ● 2回目 ● 3回目</p>
	飛行の安全に関する観点	<p>自律飛行機能が喪失した際やバッテリー残量低下時の通知や帰還は問題なく動作し運用が可能。衝突防止の機能は十分に動作し、安全に飛行ができることが検証された。</p>  <p>低電力。ホームに帰還中。</p> <p>13% 41.0V 10% 41.0V</p> <p>バッテリー残量切れ時の帰還動作</p>  <p>衝突防止機能が働いている様子</p>

# 【類型4 KDDI株式会社】技術実証 最終報告サマリー

## 【技術実証の結果】

実証の結果分析 (1/3)	評価観点	結果	事業者からのヒアリング結果	今後の課題
	精度	<ul style="list-style-type: none"> <li>ドローン搭載カメラでの撮影画像が目視と同等の精度で異常の確認が可能だった</li> <li>AI解析結果における錆・ひびは概ね検知可能であった</li> <li>メーターの値は正面からブレずに撮影することで正確な読み取りが可能であった</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>「想定よりもドローンの画像で確認できる箇所が多い」</li> <li>「一部数値にずれが生じる可能性があるが、日常点検で確認可能な精度」</li> <li>「一部の目視検査で代替の検討が可能なレベル」</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>事業者個別のAI解析のチューニングや撮影条件の検討が必要だが、精度の向上対応は可能</li> <li>死角になるなど、ドローンでの撮影が難しい箇所は人手の点検との棲み分けの検討が必要</li> </ul>
汎用性	<ul style="list-style-type: none"> <li>気象庁及び事業者における1年分の気象観測データから就航率を算出した結果、58%～78%であった。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>「汎用性の高い技術である。弊社の他工場でも使用可能なシステムと考える」</li> <li>「他事業所を含め工場内でドローン飛行が不可の地域はない認識のため、汎用性はあるだろう」</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>事業者の稼働日数や所在地により、就航率が変わるため、運用の際は経済性の観点を含めて検討が必要</li> </ul>	

# 【類型4 KDDI株式会社】技術実証 最終報告サマリー

## 【技術実証の結果】

実証の結果分析 (2/3)	評価観点	結果	事業者からのヒアリング結果	今後の課題
	経済性	<ul style="list-style-type: none"> <li>ドローンドッグを活用すると、ガス事業法施行規則に従う事象者は137,500円のメリット、高圧ガス保安法第35条の2に従う事業者は-2,501,750円でメリットは見込めなかった</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>「定期自主検査だけでなくは巡視・日常点検でも活用できると導入しやすい」</li> <li>「ドローンを活用した点検ではデータの蓄積が可能のため、トラブルなどの発生時に簡単に確認できるだろう」</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>事業者の規模や目視点検の量でドローンの導入のコストメリットが変わるため、対象点検や他施設への併用、各自治体との連携でコストを下げることが必要</li> <li>予防保全効果も期待できるためそれらの加味が必要</li> </ul>
安全性	<ul style="list-style-type: none"> <li>自律飛行中の自律飛行喪失やバッテリー残量低下、障害物へのトラブルがあった場合、いずれも回避するための機能が正しく機能し、安全にホームポイントへ帰還できた</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>「実証中のドローン飛行を確認する限り、飛行は安定しており、十分安全に運航できると感じた」</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ワイヤーなどのセンサーに反応しづらい障害物などのへの衝突や防爆観点での立ち入りを防ぐ方法について今後も検討が必要</li> </ul>	

## 【技術実証の結果】

実証の結果分析 (3/3)	評価観点	結果	事業者からのヒアリング結果	今後の課題
	展開可能性	<ul style="list-style-type: none"> <li>ガス事業者と類似の設備（貯槽、配管など）を保有する、化学プラントや鉄鋼業、重工業、発電所など、防爆エリアがあり屋外での点検が求められる業界への適用が可能と考えられる</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>本実証の対象法令以外に活用の可能性のある業務は以下               <ul style="list-style-type: none"> <li>保有する太陽光発電所の点検</li> <li>液状化した際の状況把握</li> <li>ガス事業法21条 ガス工作物の維持(施行規則24条別表四 別表2-1)への適用</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>今回のシステムを最終的に展開する場合、人手の点検工数を減らす観点で、無人自動運航が望ましい。</li> <li>現場への導入では一連の点検作業の自動化まで行われることが望ましいため、ドローンドックの活用も視野に入れた検討が必要</li> </ul>



## 【技術実証の結果】

実証総括	<p><b>高圧ガス保安法第35条の2に係る設備の定期自主検査に係るデジタル技術の適用可能性</b></p> <p><b>本実証にて得られた知見</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>定期自主検査における外観目視検査においては、本実証にて撮影した画像やAI解析結果を事業者にて評価した結果、ドローンやAIを活用し、一部代替することは可能であると考えられる。</li></ul> <p><b>今後継続して検討が必要な事項</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>現状の点検期間の延長は、巡視点検等にドローンを活用し、定期的に対象を撮影し変化をより早く見つけるなどの方法を採用することで延長できる可能性があるがデータ蓄積が必要である。</li><li>経済性の観点では定期自主検査のみにドローンを活用する場合、ドローンの稼働日数が少なく投資対効果が見込めない可能性が高いため、日常の巡視点検と組み合わせた活用が必要となる。</li><li>定期自主点検の他の検査項目においては配管内部の点検などドローン単体では実行が難しい項目があるため、IoT機器などとの組み合わせを検討する必要がある。</li></ul>
	<p><b>ガス事業法施行規則第24条、第92条、第148条に係る施設等の点検に係るデジタル技術の適用可能性</b></p> <p><b>本実証にて得られた知見</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>検査における外観目視検査、巡視・点検における外観目視点検、異常の確認、アナログメーターの読み取りは本実証にて撮影した画像やAI解析結果を事業者にて評価した結果、ドローンやAIを活用し、一部代替することは可能であると考えられる。</li></ul> <p><b>今後継続して検討が必要な事項</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>検査/巡視・点検の他の項目においては配管内部の点検などドローン単体では実行が難しい項目があるため、IoT機器などとの組み合わせを検討する必要がある。</li></ul>