

平成28年度水素導管供給システムの安全性評価事業
(維持管理工法の水素適用性評価
(穿孔作業の水素適用性調査))

調査報告書

平成29年3月

日鉄住金パイプライン&エンジニアリング株式会社

目次

I. 調査の概要	1
1. 目的	1
2. 調査体制	1
3. 調査内容	3
3. 1 都市ガス用施工機器の水素適用性調査	3
3. 2 穿孔貫通部の温度測定	3
3. 3 穿孔試験	3
3. 4 都市ガス用中圧遮断機による水素遮断性能の確認	3
II. 調査の報告	4
1. 都市ガス用施工機器の水素適用性調査	4
1. 1 目的	4
1. 2 調査内容	4
1. 3 調査結果	7
1. 4 調査結果まとめ	9
2. 穿孔貫通部の温度測定	9
2. 1 目的	9
2. 2 調査内容	9
2. 3 調査結果	11
2. 4 調査結果まとめ	18
3. 穿孔試験	19
3. 1 目的	19
3. 2 調査内容	19
3. 3 調査結果	20
3. 4 調査結果まとめ	24
4. 都市ガス用中圧遮断機による水素遮断性能の確認	25
4. 1 目的	25
4. 2 調査内容	25
4. 3 調査結果	27
4. 4 調査結果まとめ	29
5. まとめ	30

I. 調査の概要

1. 目的

水素導管供給システムの安全性評価事業では、近年、実用化が想定される水素導管の供給形態を見据え、想定される新設の中低圧水素導管供給システムを構成する要素を整理し、その安全を確保するための手法や保安のレベルのあり方及びガス事業法の技術基準案を検討することとしている。

このため本事業では、その想定される新設の中低圧水素導管供給システムを実際に運用していく際の維持管理上の課題について、技術調査等を通じて安全かつ合理的な維持管理方法を明らかにすることにより、水素ガスの工作物の技術基準の整備に資することを目的とする。

万一ガス漏えいが発生した場合には、「①漏えいを迅速に検知」⇒「②漏えい位置を的確に特定」⇒「③遮断等の措置」⇒「④漏えい箇所の修理」といった対応が必要となる。

本調査では、「③遮断等の措置」の措置を講じるための技術を対象とし、水素導管供給システムにおいて、人為もしくは自然災害等で損傷し水素漏えいが生じた際、適切な箇所においてガス遮断等の措置を講ずる必要があることから、遮断措置として活管（水素供給中の導管）に対して穿孔作業が安全に実施可能であるかについて調査を行う。また、併せて遮断機による水素の遮断性能の調査を行う。

2. 調査体制

経済産業省で実施された平成28年度水素導管供給システムの安全性評価事業は、4事業に分割公募され、日鉄住金パイプライン&エンジニアリング株式会社はそのうち「維持管理工法の水素適用性評価（穿孔作業の水素適用性調査）」を受託した。

本調査にあたっては、「総合調査」の受託を受けた一般社団法人日本ガス協会の事務局にて設置された有識者、ガス事業者の代表から構成される「水素導管供給システムの安全性評価特別専門委員会」に合計3回の報告を行い、審議を受けつつ調査を実施した。また、特別専門委員会の下部組織として4事業の横のつながりも持たせる「推進ワーキング」「テーマ別連携会議」によって事業の内容、進捗について確認を行いながら推進した。図2.1に調査実施体制（全体関連図）、図2.2に調査実施体制（日鉄住金パイプライン&エンジニアリング株式会社）を示す。また、表2.1に委員会の名簿を示す。

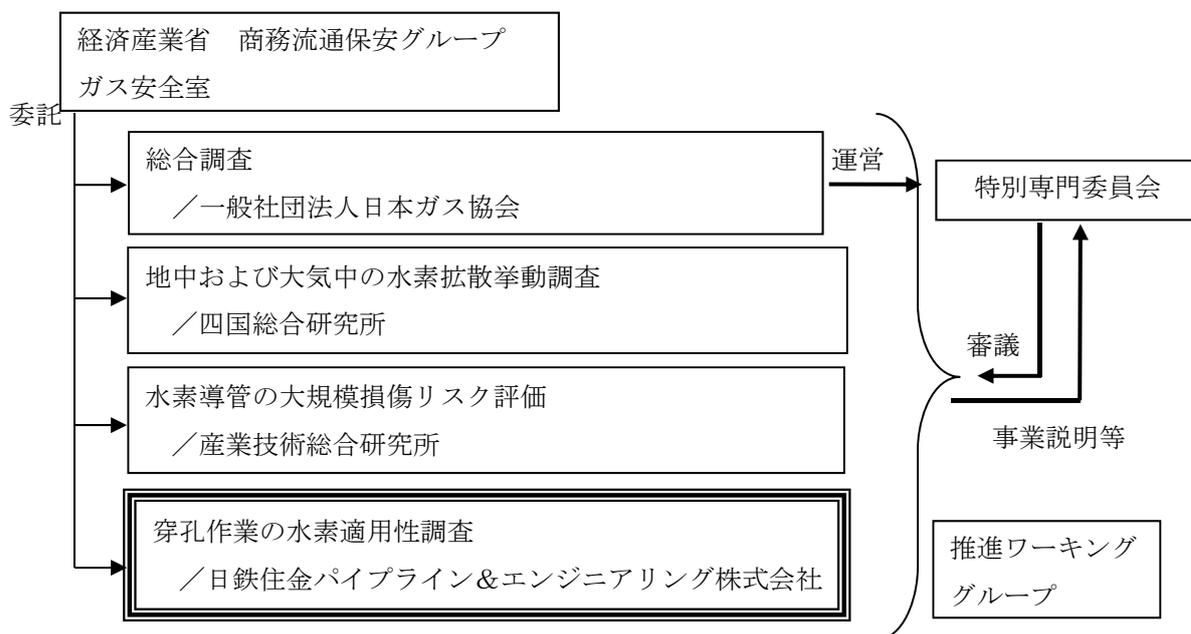


図2.1 調査実施体制（全体関連図）

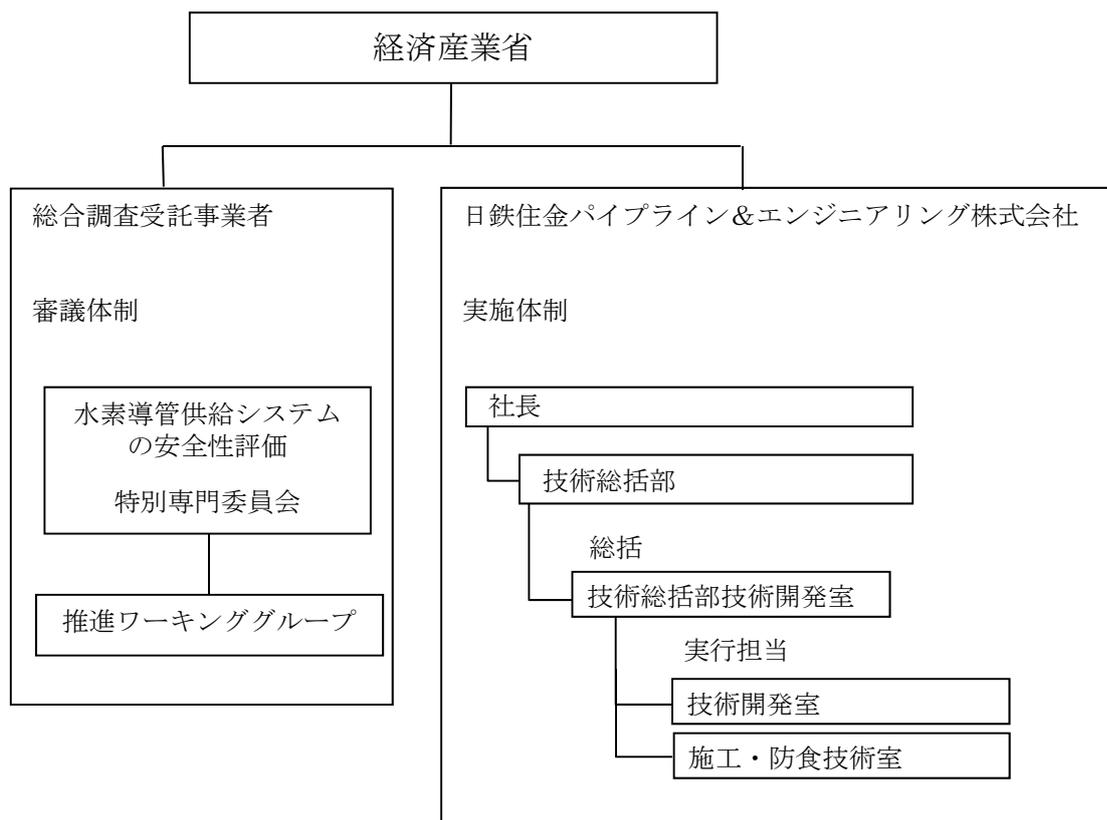


図2.2 調査実施体制（日鉄住金パイプライン&エンジニアリング株式会社）

表2.1 平成28年度 「水素導管供給システムの安全性評価」特別専門委員会名簿

委員長	倉渕 隆	東京理科大学工学部建築工学科教授
委員	西村 寛之	京都工芸繊維大学大学院 工芸科学研究科 先端ファイブロ科学部門教授
	井上 雅弘	九州大学大学院 工学研究院地球資源システム工学部門 水素エネルギー国際研究センター准教授
	笠井 尚哉	横浜国立大学 環境情報研究院准教授
	岩本 薫	東京農工大学大学院 工学研究院 先端機械システム部門准教授
	門 正之	東京ガス株式会社 基盤技術部長
	石川 哲夫	大阪ガス株式会社 導管事業部 供給部長
関係者	田村 厚雄	経済産業省 商務流通保安グループ ガス安全室長
	根岸 寿実	経済産業省 商務流通保安グループ ガス安全室 ガス・熱供給保安担当補佐
	下館 拓章	経済産業省 商務流通保安グループ ガス安全室 技術担当補佐
	萬上 俊隆	経済産業省 商務流通保安グループ ガス安全室 技術係長
	伊藤 純一	経済産業省 商務流通保安グループ ガス安全室 ガス・熱供給事故分析・対策係長
	清水 良郁	経済産業省 商務流通保安グループ ガス安全室 都市ガス保安専門職 事務局 一般社団法人 日本ガス協会 技術開発部 燃料電池・水素グループ

3. 調査内容

平成28年度水素導管供給システムの安全性評価事業（維持管理工法の水素適用性評価（穿孔作業の水素適用性調査））仕様書を受けて以下に示す調査を実施した。

3. 1 都市ガス用施工機器の水素適用性調査

穿孔および遮断試験の実施に先立ち、各施工機器から外部への水素漏えいが無い事を気密試験で確認した。試験圧力は中圧(1MPa未満)を想定し0.9MPa程度とした。

3. 2 穿孔貫通部の温度測定

穿孔試験の実施に先立ち、穿孔貫通部の温度上昇を確認するために、口径150AのSGP管を用いて実際に穿孔作業を行い、貫通部の温度を測定した。

3. 3 穿孔試験

上記2つの確認結果を踏まえ、都市ガスと同じ工法で水素導管に安全に穿孔が可能か、実際に穿孔作業を行い確認した。試験圧力は中圧(1MPa未満)を想定し、2条件（0.3および0.9MPa）設定した。

3. 4 都市ガス用中圧遮断機による水素遮断性能の確認

都市ガス用中圧遮断機を使用した水素ガスの遮断性能を確認した。2条件（0.3および0.9MPa）設定した。

Ⅱ. 調査の報告

1. 都市ガス用施工機器の水素適用性調査

1. 1 目的

都市ガスでは、中圧導管に対して、ガスの供給を停止することなく配管の分岐などを行う活管分岐工法が一般的に行われている。本調査は都市ガス用の活管分岐工法で使用されている施工機器が水素ガスに対して気密性を有しているかを確認する。

1. 2 調査内容

(1) 試験対象機器の選定

都市ガス用の活管分岐工法の各工程のうち、万一施工機器に漏えいが生じた場合に大気との混合状態が生じる可能性のある工程に使用する機器を選定した。

- ①ゲートバルブ : 全作業工程において使用
- ②穿孔機 : 穿孔作業時に使用
- ③遮断機 : 遮断作業時に使用

都市ガス用の活管分岐工法の主要工程を図1.2-1に示す。

No.	施行内容	イメージ図
1	既設管の防食装剥離 ・穿孔位置の防食装を加熱して剥離	<p>既設管 防食装剥離部 既設管 正面図 側面図</p>
2	継手の設置取付け ・専用継手を溶接により設置	<p>既設管 継手 溶接 既設管 継手 溶接 正面図 側面図</p>
3	機器の設置と気密確認 ・穿孔機やゲートバルブ設置 ・気密確認	<p>ゲートバルブ 穿孔機 正面図 側面図</p>

<p>4</p>	<p>窒素によるエアパージ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・継手機器に窒素充填しエアを排出 	
<p>5</p>	<p>既設管の穿孔</p> <ul style="list-style-type: none"> ・穿孔作業 	
<p>6</p>	<p>遮断機の設置および遮断</p> <ul style="list-style-type: none"> ・遮断機を設置 ・気密確認 ・遮断 	
<p>7</p>	<p>既設管の切断、Cap溶接（遮断中）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・既設管の切断 ・Cap溶接 	

図1.2-1 都市ガス用活管分岐の主要工程と施行内容

(2) 試験条件

選定した施工機器に対して水素ガスによる気密試験を実施した。気密保持時間は各機器の一般的な施工時間に対して1.5倍とした。各機器における試験条件を表1.2-1に示す。判断基準は圧力センサーによる計測圧力が精度以上に低下しないこととした。本試験においては、漏洩した水素が天井などに滞留する危険性を排除するために、屋外で試験を行う事としたが、日射による試験体の加熱による圧力変動の影響を排除するため、日没後の夕方～夜間に試験を実施した。

表1.2-1 気密試験条件表

試験機器	保持時間	試験圧力(設定値)	確認方法
ゲートバルブ	4.5時間	0.9MPa	圧力センサー、水素検知器、検漏液
穿孔機	45分間	0.9MPa	〃
遮断機	4.5時間	0.9MPa	〃

(3) 試験手順

気密試験は、都市ガス用活管分岐工法の作業手順に準じ、表1.2-2の手順で実施した。

表1.2-2 試験手順

手順	項目	内容	確認事項
1	準備	機器、付帯設備の準備	
2	エアパージ	窒素によりエア排出	酸素濃度計により確認
3	水素充填	水素により窒素排出後 試験圧力まで充填	水素検知器、検漏液により漏れ確認 圧力計により充填圧力確認
4	保持	設定した時間保持	圧力計、水素検知器、検漏液により確認
5	水素放散	減圧後窒素により水素排出	

気密試験に使用した主な計測機器を表1.2-3に示す。

表1.2-3 主な計測機器

機器名	型式(メーカー)	目的	備考
圧力センサー	GP-M025(キーエンス製)	圧力計測	精度±25kPa
データロガー	NR-600(キーエンス製)	圧力記録	
水素検知器	SP-220(理研計器)	水素検知	感度10ppm
酸素濃度計	SD3/8R/LD-450-T(東レエンジニアリング)	酸素濃度確認	0.001ppm~100%

また、圧力センサーおよび水素検知器、酸素濃度計の写真を図1.2-2に示す。



図1.2-2 圧力センサー、水素検知器、酸素濃度計

1. 3 調査結果

各機器の気密試験結果を表1.3-1に示す。各機器の試験状況および気密領域を図1.3-1～3に示す。

表1.3-1 試験結果

試験機器	保持時間	試験圧力	天候	圧力計	水素検知器	検漏液
ゲートバルブ	4.5時間	0.9MPa	曇り	精度範囲内	検知無	漏れなし
穿孔機	45分間	0.9MPa	晴れ	精度範囲内	検知無	漏れなし
遮断機	4.5時間	0.9MPa	曇り	精度範囲内	検知無	漏れなし

気密試験の結果、各機器の保持時間中に、圧力計に精度を超える低下が見られなかったことから、各設備の気密性を確認できたと考えられる。また、各機器の保持時間の圧力センサーによる計測データを図1.3-4～6に示す。

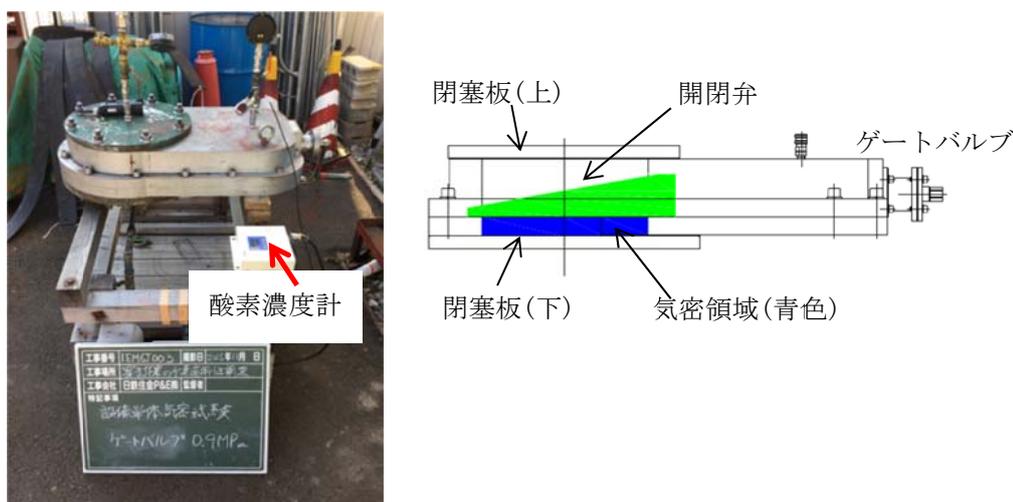


図1.3-1 ゲートバルブ気密試験



図1.3-2 穿孔機気密試験

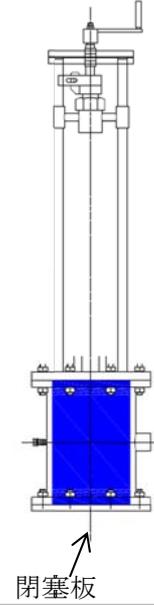


図1.3-3 遮断機気密試験

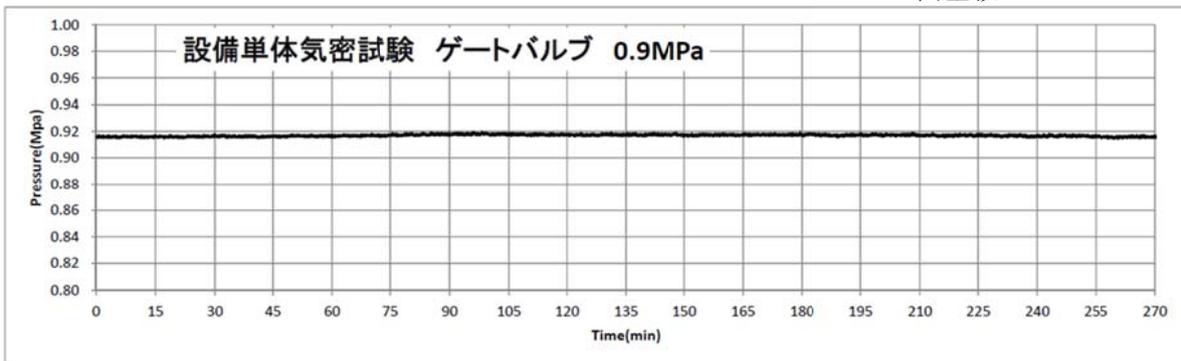


図1.3-4 ゲートバルブ気密試験の圧力計測データ

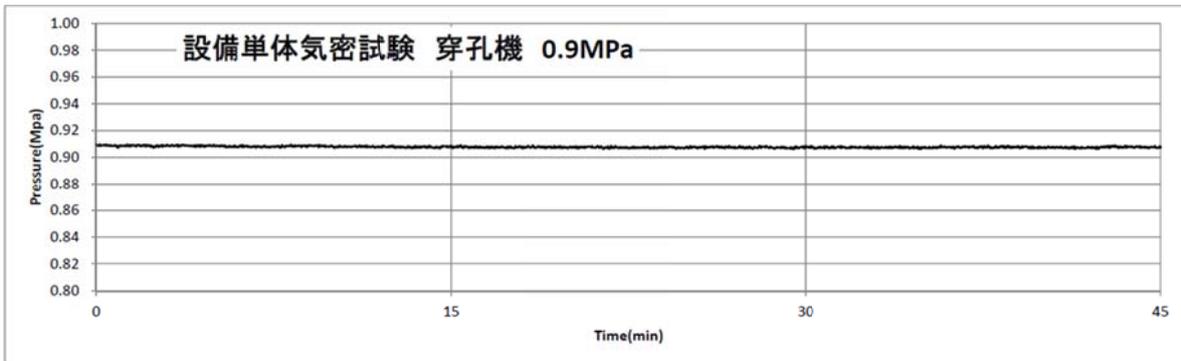


図1.3-5 穿孔機気密試験の圧力計測データ

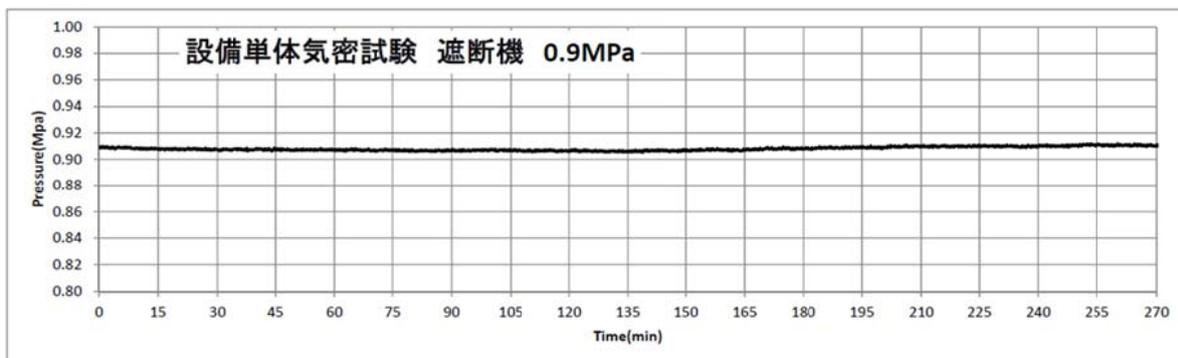


図1.3-6 遮断機気密試験の圧力計測データ

1. 4 調査結果まとめ

都市ガス用の活管分岐工法の施工機器から選定した機器の気密試験を実施した結果、各機器の保持時間中に、圧力計に精度を超える低下が見られなかったことから、各設備の気密性を確認できたと考えられる。

2. 穿孔貫通部の温度測定

2. 1 目的

都市ガス用の活管分岐工法では、天然ガスを流送している（活管）状態でカッターを用いて穿孔作業を行っている。水素ガス導管に対して穿孔作業を行うにあたり、このカッターによる穿孔作業の温度を計測し、水素の着火温度（500℃）に到達するかを確認する。加えてガスパージに用いるパージ用小型穿孔機についても計測し、水素の着火温度（500℃）に到達するかを確認する。

2. 2 調査内容

活管分岐工法においては、水素ガスを流送している配管に外側からカッターを用いて穿孔を行う。そのため、カッターが配管を貫通した瞬間以降に水素ガスと接触が生じる。そこで管内面を露出させた試験体（露出穿孔試験体）を用いて、穿孔開始時から終了時までの管内面側の温度を計測し、穿孔中の最高温度が水素の着火温度（500℃）に到達するかどうかを確認した。

本調査は、カッターによる穿孔作業中の温度計測であるため、非接触式の温度計測機器であるサーモグラフィカメラを用いた。穿孔機の温度確認の装置構成を図2.2-1に、パージ用小型穿孔機の温度確認装置構成を図2.2-2に示す。

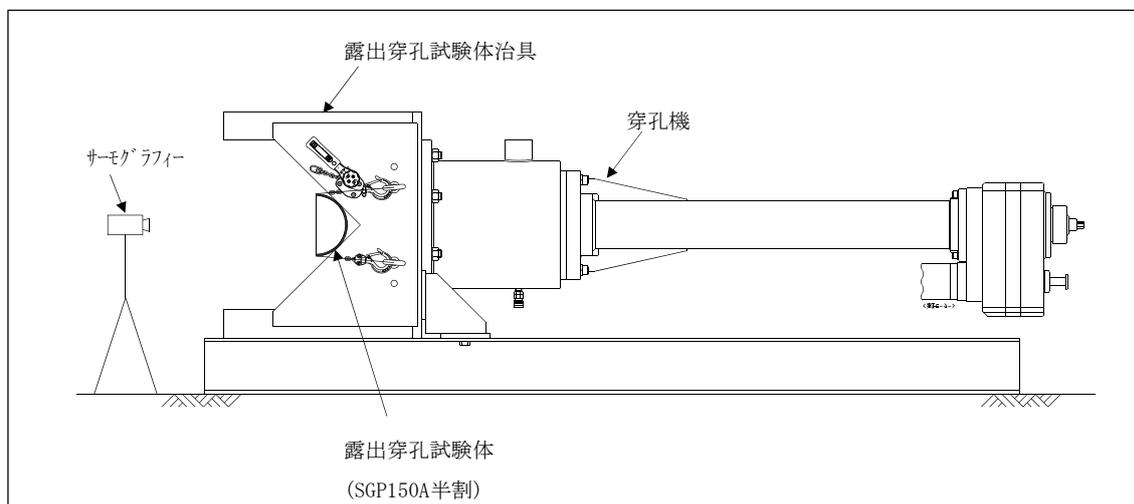


図2.2-1 穿孔機の温度確認試験

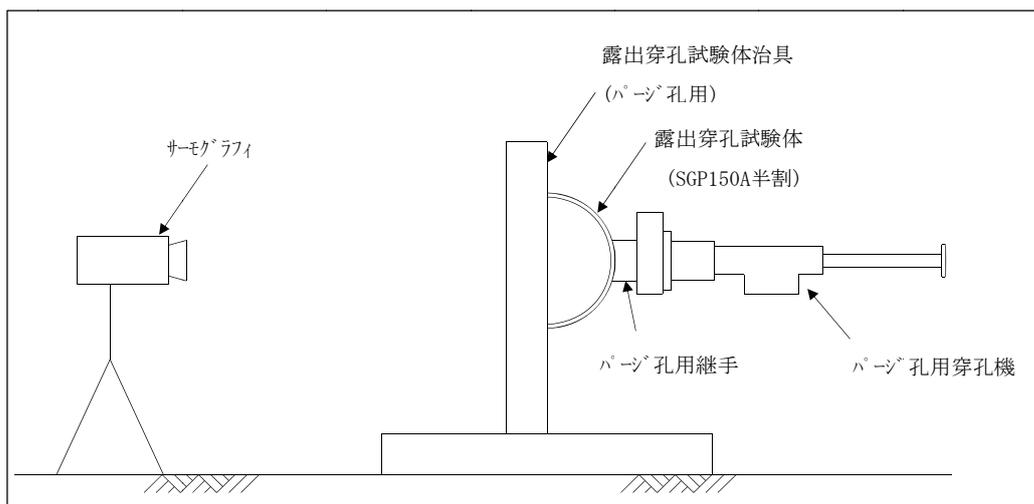


図2.2-2 パージ用小型穿孔機の温度確認試験

露出穿孔試験体は、SGP150Aを半割にして使用した。穿孔機の穿孔条件を表2.2-1に使用したカッター写真を図2.2-3に示す。

表2.2-1 穿孔条件

項目	条件
カッター仕様	センタードリル+ホルソー
カッター回転数	30rpm
センタードリル径	φ 30mm
ホルソー径	φ 150mm
ホルソー周速	236mm/sec
送り量	0.21mm/rev

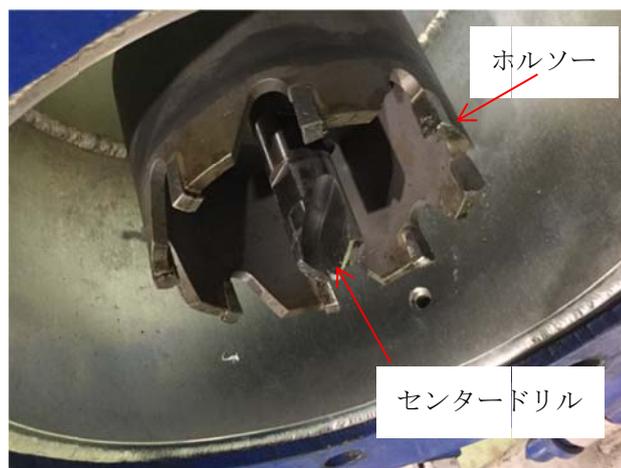


図2.2-3 カッター写真

温度確認にはFLIR製の赤外線サーモグラフィT450SCを用い、計測したデータの解析には動画解析ソフトResearchIRを用いた。赤外線サーモグラフィカメラの主な仕様を表2.2-2に、サーモグラフィカメラの外観と使用状況を図2.2-4に示す。

表2.2-2 赤外線サーモグラフィカメラ仕様

項目	仕様
温度分解能	0.03℃ (30℃にて)
温度精度	±2℃もしくは読値の±2%
解像度	320×240
撮影速度	30fps
瞬間視野角	1.36mrad



図2.2-4 赤外線サーモグラフィカメラ外観および使用状況

2. 3 調査結果

(1) 放射率の設定

刃物による加工貫通部の温度を計測する試験であるため、非接触式の赤外線サーモグラフィカメラを採用することとした。この方式の計測原理は物体表面から放出される放射エネルギーを検知して温度を測定するものである。しかしカメラにより計測される放射エネルギー W は、下記式(1)で表される様に、①試験体の放射率、②周囲の熱源の反射や外乱光、③空気の透過率の影響を受ける。試験体の放射率は、特に金属の場合、表面状態により大きく異なる値となることが知られている。そのため、本試験においては、管内面の計測部に黒色塗料を塗布した状態で計測を行うこととした。そこで、予め黒色塗料を塗布した状態で、放射率の事前確認を行った。なお、撮影距離が1m程度と短いため空気の透過率による影響はほぼ無視してよいと考えられる。

$$\text{計測放射エネルギー } W = \epsilon\tau W_{obj} + (1 - \epsilon)\tau W_{refl} + (1 - \tau)W_{atm} \quad \dots \text{式(1)}$$

- ただし、
- W_{obj} : 試験体の放射エネルギー
 - W_{refl} : 周囲熱源等の放射エネルギー
 - W_{atm} : 空気の放射エネルギー
 - ϵ : 試験体の放射率、黒体の場合 $\epsilon=1$
 - τ : 空気の透過率

設定は、周囲熱源等の影響を低減するため、管を200℃程度まで加熱し、接触式温度計による表面温度計測値とカメラの温度表示値が一致する様に放射率を調整することで行った。加熱は半

割試験体の外側にコイルを取付けて誘導加熱により行った。また接触式温度計はサーモグラフィカメラの温度計測点近傍に配置した。図 2.3-1 に設定試験時のサーモグラフィカメラ画像を示す。

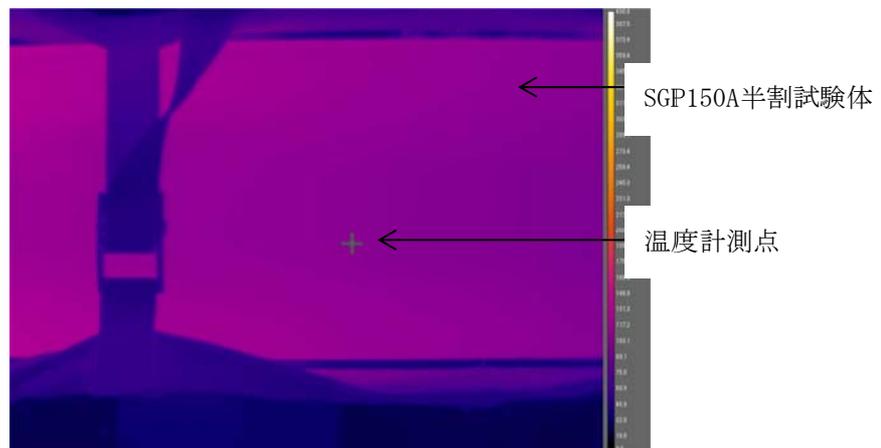


図2.3-1 試験状況

その結果、放射率を $\epsilon = 0.91$ と設定することとした。

(2) 穿孔機の貫通温度計測結果

本試験においては同一穿孔条件で3回の計測を行った。試験状況を図 2.3-2 および図 2.3-3 に、各回の最高温度結果を表 2.3-1 に示す。

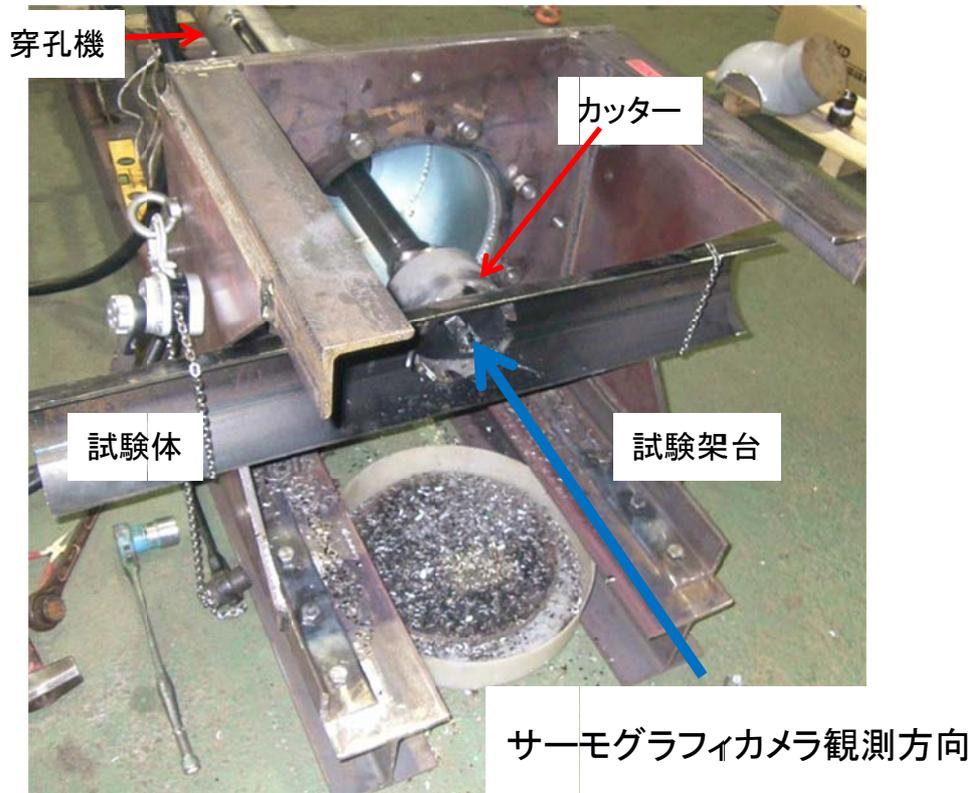


図2.3-2 試験状況



図 2.3-3 穿孔後試験体内面状況

3回の試験ともに最高到達温度はホルソー部で計測され、いずれの回でも水素ガスの着火温度(500℃)に到達しなかった。試験後の試験体外観および切断片、切粉を図 2.3-4 に示す。

表2.3-1 穿孔機貫通温度計測結果

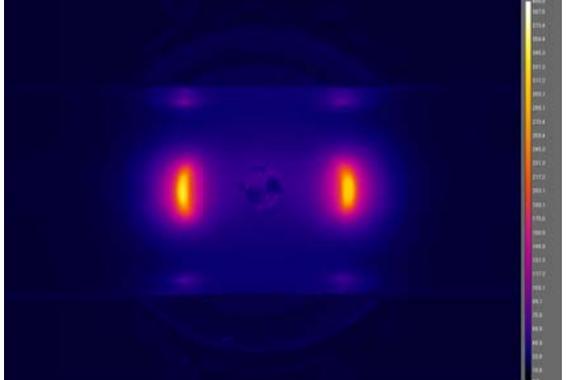
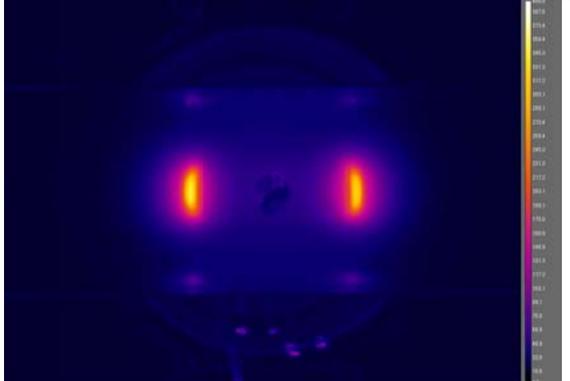
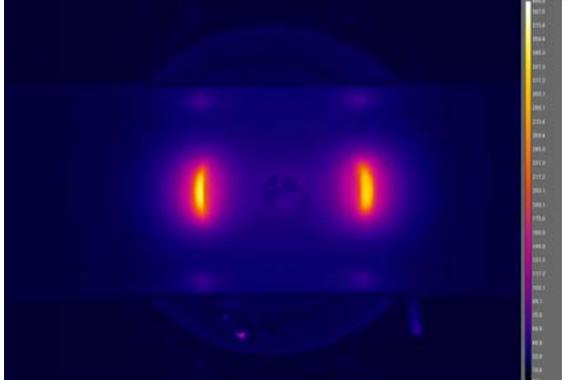
	最高温度	最高温度計測箇所	最高温度計測時のカメラ画像
1回目	352.9℃	ホルソー部	
2回目	355.0℃	ホルソー部	
3回目	361.6℃	ホルソー部	



図 2.3-4 貫通試験後の試験体

3回の試験について画面内の最高温度の時間変化を図2.3-5~7に示す。3回とも以下の様な特徴がほぼ同じ位置とタイミングで生じていることを確認した。

- 特徴① 250℃程度まで温度上昇 : [位置]ドリル [タイミング]ドリル貫通直後
- 特徴② 最高到達温度まで上昇 : [位置]ホルソー貫通箇所 [タイミング]ホルソー貫通直後
- 特徴③ 再度温度上昇 : [位置]最終切断箇所 [タイミング]切断完了時

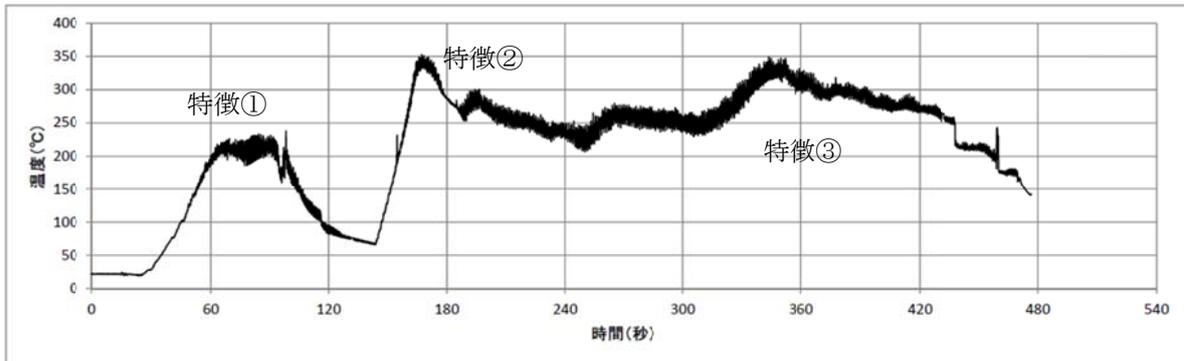


図2.3-5 1回目温度変化

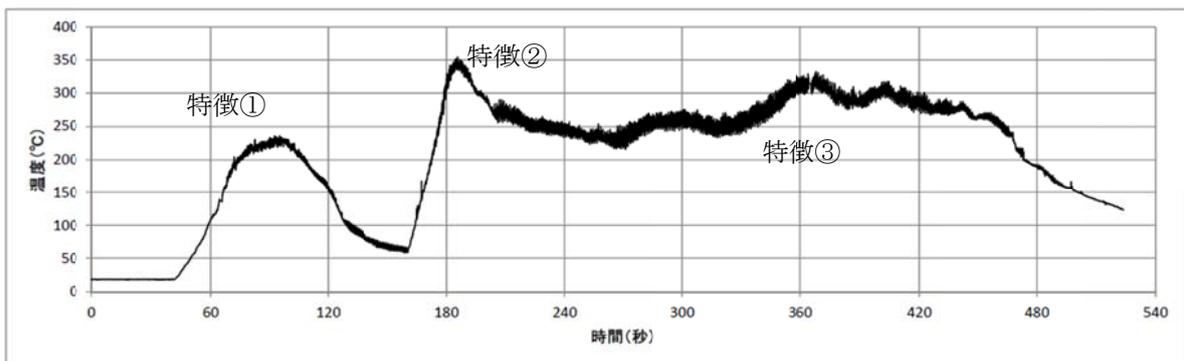


図2.3-6 2回目温度変化

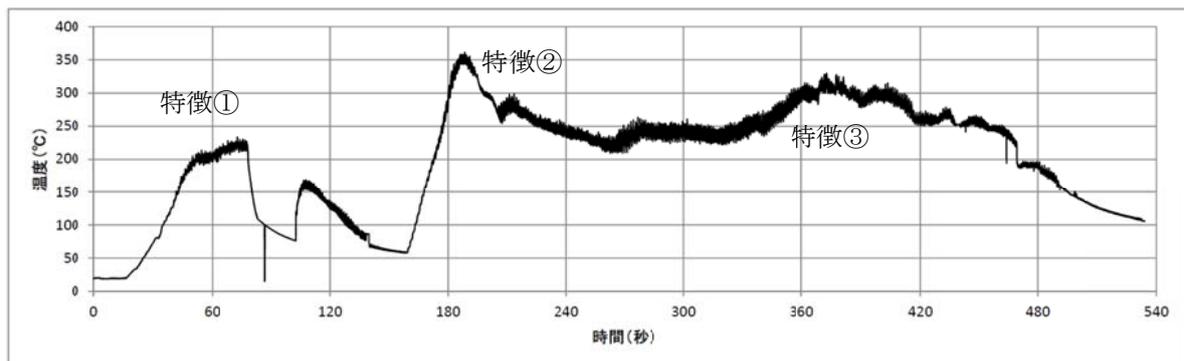


図2.3-7 3回目温度変化

穿孔 1 回目の特徴①および③の時点のサーモグラフィカメラ画像を図 2.3-8 および図 2.3-9 に示す。

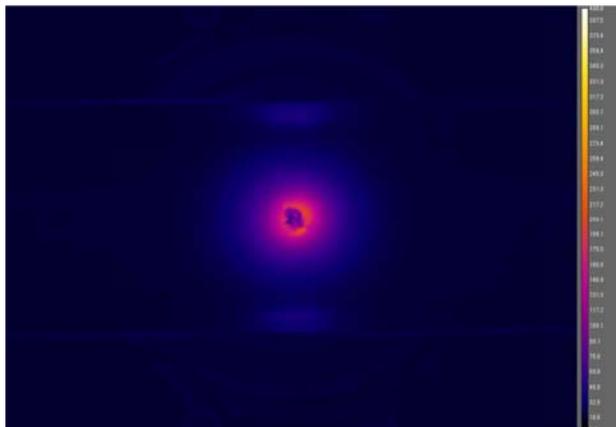


図2.3-8 1回目特徴①（センタードリル貫通直後）

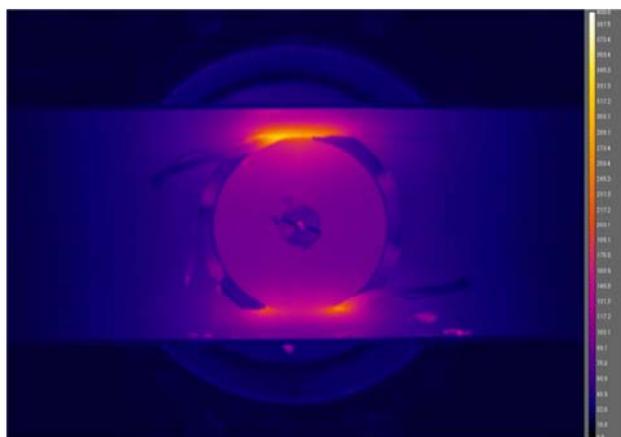


図2.3-9 1回目特徴③（切断完了直前）

なお、特徴②の温度上昇の勾配が急である（ $11^{\circ}\text{C}\sim 13^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ ）が、3回の試験ともに、ホルソーが貫通する直前ほぼ 20 秒間に生じており、この温度勾配の期間が後 10 数秒間継続すると水素着火温度である 500°C に到達する可能性がある。本試験は同一の穿孔条件でほぼ同じ肉厚の管に対して行っているため、ホルソーが外面に接触してから貫通するまでの時間は凡そ 50 秒と一定であり、同一条件下でさらに 10 数秒間穿孔が継続するという現象は生じない。

しかし、さらに肉厚が厚い場合、同一穿孔条件を用いてもさらに穿孔時間が長くなることは生じうるが、その場合の結果については本試験の実行範囲外であるため本調査において判断は行えない。ただし、特徴②の上昇は 3 回のテスト共に 20 秒程度でありホルソー接触から貫通までの 50 秒間のうち最初の凡そ 30 秒間は明確な温度上昇が計測されていない。これは、今回の条件下においては、外面から内面に向かってカッターにより掘り進む加工による熱影響が内面側で温度変化として観測されるまでの時間的な遅れであると推測している。肉厚が厚くなった場合、熱影響が内面側に達するまでの時間が長くなる可能性もあり、その場合は肉厚の増加がそのまま最高到達温度の上昇とはならない。

(3) パージ用小型穿孔機の貫通温度計測結果

パージ用小型穿孔機を用いた貫通温度計測を2回行った。試験状況を図2.3-10に、各回の最高温度結果を表2.3-2に示す。



図2.3-10 試験状況

2回の試験ともに最高到達温度は水素ガスの着火温度（500℃）に到達しなかった。

表2.3-2 パージ用小型穿孔機貫通温度計測結果

	最高温度	最高温度計測時のカメラ画像
1回目	305.8℃	
2回目	309.4℃	

2回の試験について画面内の最高温度の時間変化を図 2.3-11~12 に示す。

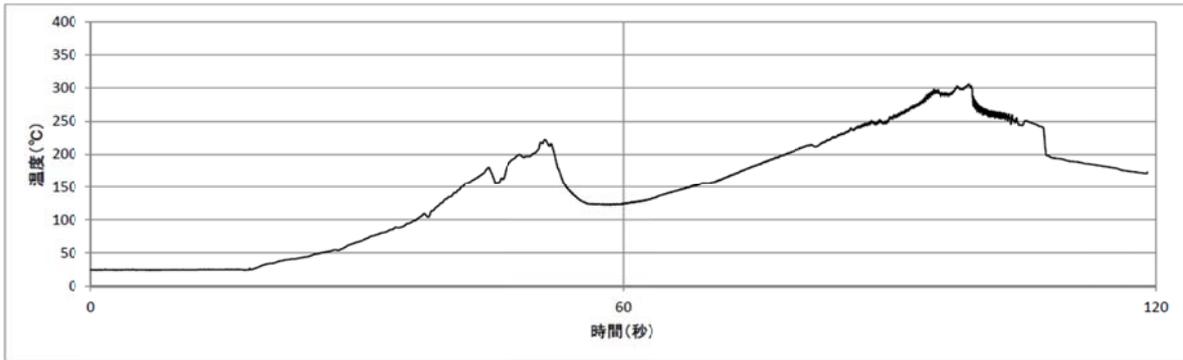


図 2.3-11 1回目温度変化

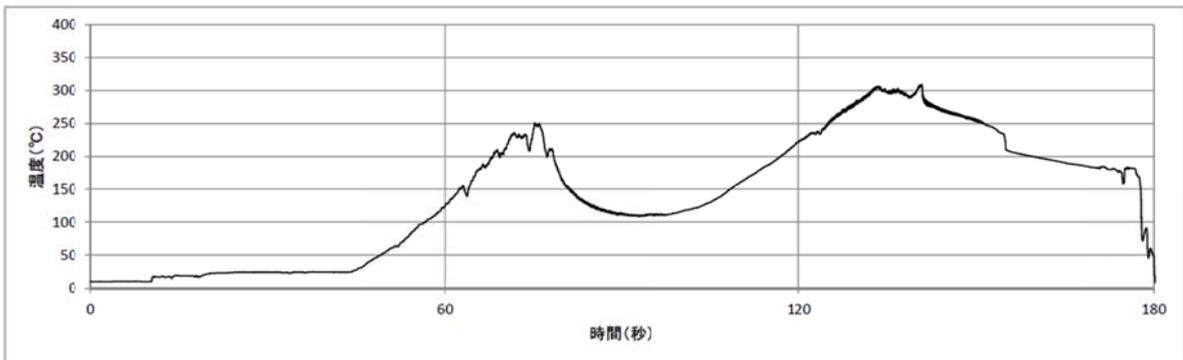


図 2.3-12 2回目温度変化

2. 4 調査結果まとめ

都市ガス用の活管分岐工法に用いる穿孔機およびページ用小型穿孔機の貫通時の温度計測を行った結果、本調査に用いた施工条件の範囲において水素ガスの着火温度（500°C）には到達しなかった。

3. 穿孔試験

3.1 目的

都市ガス用の活管分岐工法と同等の手順により水素導管に安全に穿孔が可能か、水素充填試験体
に実際に穿孔作業を行って確認する。

3.2 調査内容

本調査の試験条件を表3.2-1に、各試験体に対する試験手順を表3.2-2に示す。本調査においては
念のため穿孔作業を遠隔操作で行うこととしたため、穿孔作業が水素漏洩無く実施できるかどうか
を、施工機器付近に設置した水素検知器が水素漏洩を検知しないかで確認することとした。また、
上記の水素適用性調査と同様、本調査も漏洩した水素が天井などに滞留する危険性を排除するた
めに、屋外で試験をすることとしたが、日射による試験体の加熱による圧力変動の影響を排除するた
め、日没後の夕方～夜間に試験を実施した。

表3.2-1 穿孔試験条件

項目	条件
試験圧力	0.3および0.9MPa
試験数量	各3回
カッター回転	30rpm
センタードリル径	φ 30mm
ホルソー径	φ 150mm
ホルソー周速	236mm/sec
送り量	0.21mm/rev
試験体	SGP150A

表3.2-2 各試験体に対する作業手順

手順	項目	内容	確認事項
1	準備	機器、付帯設備の準備	
2	試験体水素充填	窒素で空気排出後試験圧力まで水素充填	(検漏液で漏洩確認)
3	施工機器空気排出	窒素によりエア排出	酸素濃度計により確認
4	穿孔	穿孔作業	水素ガス検知器
5	穿孔完了後放散	窒素により水素排出	

なお、都市ガスの工法に準じた手順で穿孔作業を行う事により、本試験に先行実施した施工機器
の水素適用性調査および穿孔貫通温度測定の結果と併せて、

①水素と空気の混合気体発生可能性なし（下記3点の確認を以て）

- ・施工機器の水素適用性調査により気密性確認済み
- ・作業手順により施工機器内の空気は窒素により排出済み
- ・試験体および施工機器は大気圧以上のため機器への空気の逆流無し

②穿孔時の到達温度は水素着火温度以下

- ・穿孔貫通温度測定により水素着火温度（500℃）以下を確認

の2点を確認できたため、穿孔作業は安全に確認行えると判断し実施した。

穿孔設備の図と実際の設置状況を図3.2-1に示す。

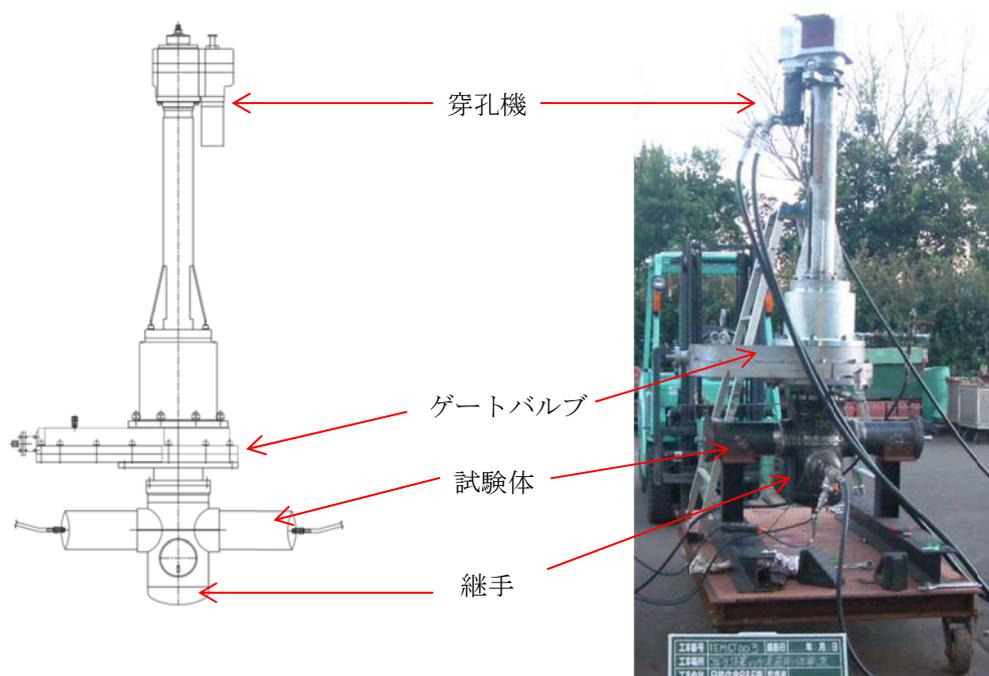


図 3.2-1 穿孔試験穿孔機概略

穿孔試験に使用した主な計測機器を表3.2-3に示す。

表3.2-3 主な計測機器

機器名	型式(メーカー)	目的	備考
圧力センサー	GP-M025(キーエンス製)	圧力計測	精度±25kPa
データロガー	NR-600(キーエンス製)	圧力記録	
水素検知器	SP-220(理研計器)	水素検知	感度10ppm
酸素濃度計	SD3/8R/LD-450-T(東レエンジニアリング)	酸素濃度確認	0.001ppm~100%

3. 3 調査結果

穿孔試験の結果を表3.3-1に示す。2条件の圧力で各3回ともすべての試験で、水素漏洩は確認されず穿孔作業を完了することが出来た。試験状況を図3.3-1~5に示す。

表3.3-1 穿孔試験結果

試験圧力	試験結果
0.3MPa	穿孔完了 (全3回、水素検知無)
0.9MPa	穿孔完了 (全3回、水素検知無)



図 3.3-1 穿孔試験



図 3.3-2 空気排出状況



図 3.3-3 水素充填



図 3.3-4 穿孔試験準備完了



図3.3-5 穿孔中

なお、本試験の試験手順3において、空気排出時に酸素濃度変化を記録した。酸素濃度計測箇所を図3.3-6に、計測結果を図3.3-7~9に示す。酸素濃度は全ての試験及び計測点において水素ガスの着火範囲である酸素濃度5%を下回る1%以下に低下することを確認した。なお、図3.3-7において出口部の酸素濃度が計測開始0.7分後付近で急上昇しているのは、酸素濃度計の取付けに不備があったため再接続を行った結果であり、空気排出作業そのものは問題なく完了した。

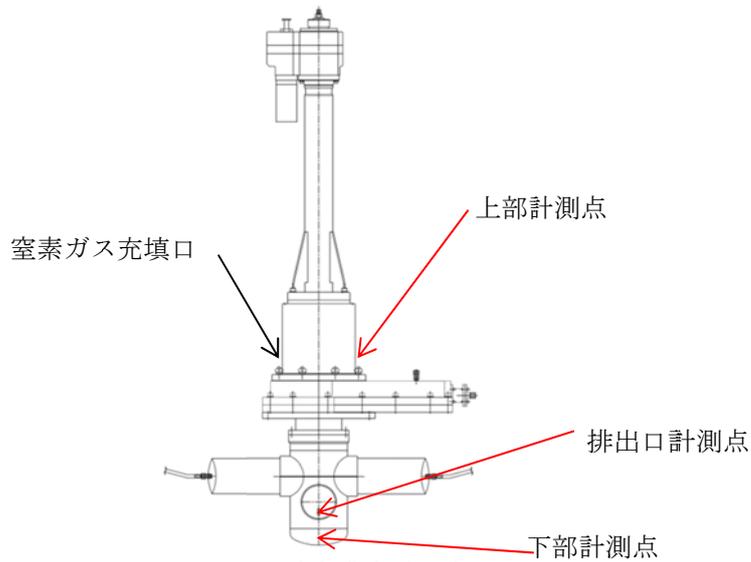


図3.3-6 酸素濃度計測点

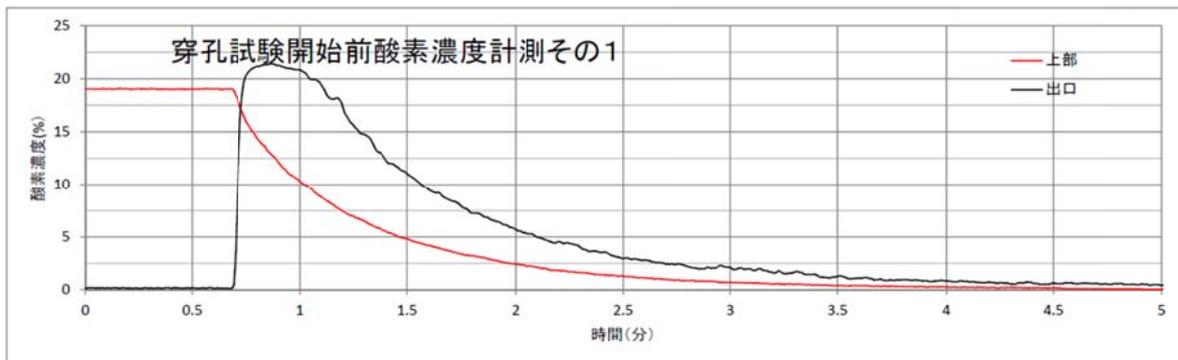


図3.3-7 酸素濃度計測その1

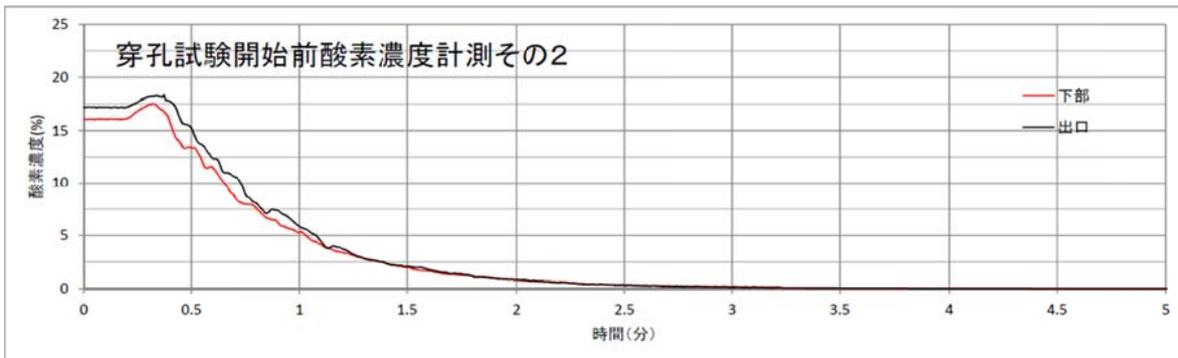


図3.3-8 酸素濃度計測その2

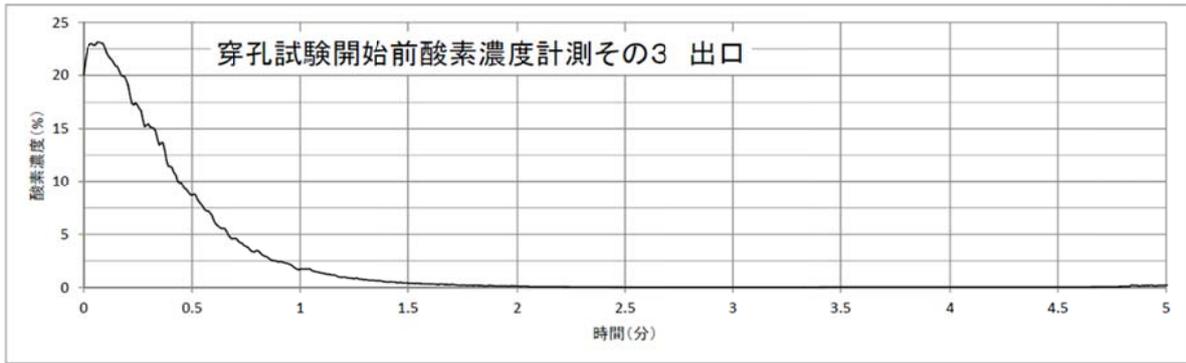


図3.3-9 酸素濃度計測その3

3. 4 調査結果まとめ

都市ガス用活管分岐工法と同じ工法が水素導管に適用可能か、実際の水素充填試験体に対して穿孔試験を行った結果、穿孔が問題なく行えることを確認した。

4. 都市ガス用中圧遮断機による水素遮断性能の確認

4.1 目的

都市ガスでは、中圧導管に対してガスの供給を停止することなく配管の取り換え等のために遮断機を用いてガスを遮断する工法が適用されている。本調査は都市ガス用中圧遮断機が水素ガスに対して遮断性能を有しているか確認を行う。

4.2 調査内容

本調査の試験条件を表4.2-1に、各試験体に対する試験手順を表4.2-2に示す。通常の都市ガス用工法では、図1.2-1の手順5,6に示すように、穿孔作業後、穿孔機を遮断機に取り換えて遮断を行う。この場合、継手内部が流送ガスと同圧の状態では遮断用シールエレメントを設置した後、下流側でガス放散等の作業を行う。しかし本調査は、遮断機の遮断性能を確認する独立した試験作業のため、大気圧で遮断用シールエレメントを設置した後、上流側に水素ガスを充填し、下流側に水素ガスの漏洩が生じないかの確認を行う手順とした。通常都市ガス手順との比較を表4.2-3にまとめた。

なお、これまでの調査同様、本調査も漏洩した水素が天井などに滞留する危険性を排除するために、屋外での試験とすることとしたが、日射による試験体の加熱による圧力変動の影響を排除するため、日没後の夕方～夜間に試験を実施した。

表4.2-1 遮断試験条件

試験	保持時間	試験圧力（設定値）	確認方法
遮断試験	4.5時間	0.3、0.9MPa	圧力センサー、水素検知器、検漏液

表4.2-2 各試験体に対する作業手順

手順	項目	内容	確認事項
1	準備	試験継手、機器、付帯設備の準備	
2	遮断エレメント設置	遮断用シールエレメントを遮断位置に設置	
3	空気排出	窒素で空気を排出	酸素濃度計により確認
4	水素充填	上流側を試験圧力まで水素充填	水素検知器、検漏液
5	保持	設定時間（4.5時間）保持	圧力センサー、水素検知器、検漏液
6	水素放散	水素ガスを放散し窒素により水素排出	

表4.2-3 試験手順比較

手順	作業手順	本試験	通常都市ガス手順
1	準備	継手内大気圧で機器設置	継手内ガス圧ありで機器設置
2	遮断エレメント設置	大気圧でエレメント設置	ガス圧ありでエレメント設置
3	ガス放散	—	下流側ガスを放散
4	ガス置換	上流側空気を窒素により排出 上流側酸素濃度計で確認	下流側ガスを窒素により排出 下流側ガス検知器で確認
5	ガス充填	上流側に水素充填 水素検知器、検漏液で確認	—

遮断設備の図と実際の設置状況を図4.2-1に、シールエレメントを図4.2-2示す。

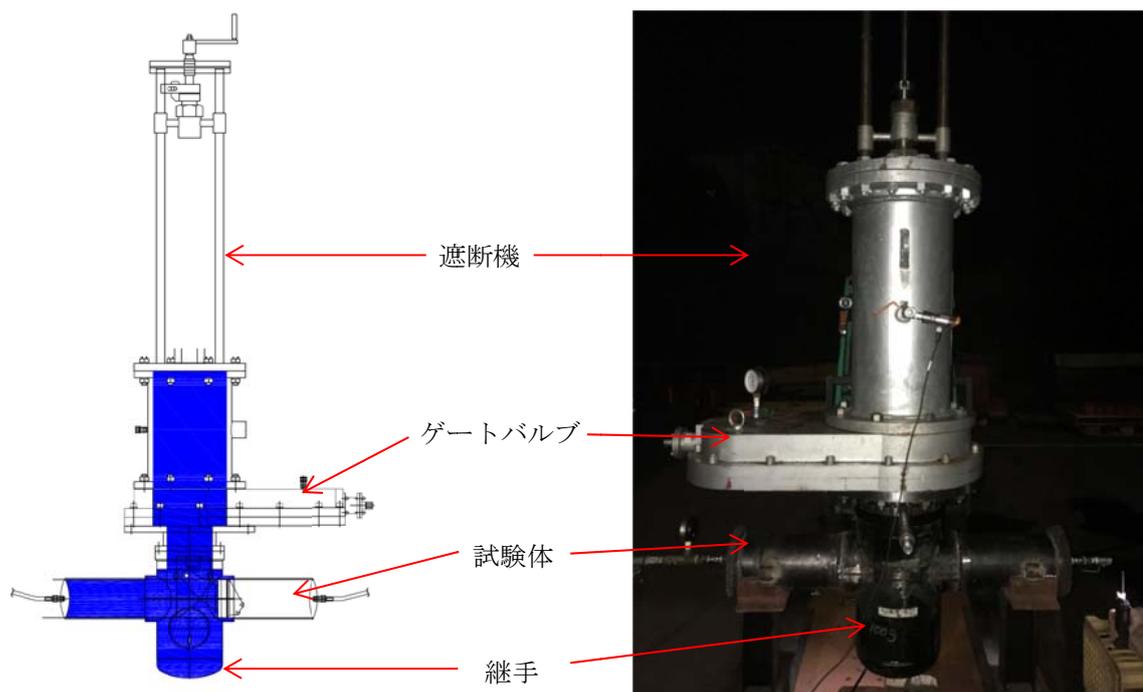


図 4.2-1 遮断試験穿孔機概略

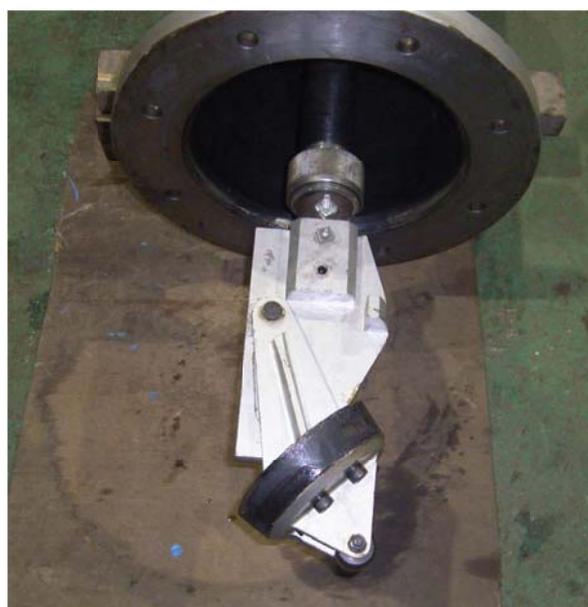


図 4.2-2 遮断機シールエレメント

遮断試験に使用した主な計測機器を表4.2-3に示す。

表4.2-3 主な計測機器

機器名	型式(メーカー)	目的	備考
圧力センサー	GP-M025(キーエンス製)	圧力計測	精度±25kPa
データロガー	NR-600(キーエンス製)	圧力記録	
水素検知器	SP-220(理研計器)	水素検知	感度10ppm
酸素濃度計	SD3/8R/LD-450-T(東レエンジニアリング)	酸素濃度確認	0.001ppm~100%

4.3 調査結果

遮断試験の結果を表4.3-1に示す。また遮断性能確認試験の状況を図4.3-1および2に示す。各圧力の遮断保持時間中、水素検知器および検漏液による漏洩は検知されず、圧力計測値も精度範囲を超える変化が見られなかったことから水素ガスに対する遮断性能を有していると評価できる。

表4.3-1 遮断試験結果

試験機器	保持時間	試験圧力	天候	圧力計	水素検知器	検漏液
遮断機	4.5時間	0.3MPa				
	4.5時間	0.9MPa	晴れ	精度範囲内	検知無	漏れなし



図4.3-1 遮断試験機器設置状況



図4.3-2 遮断試験中

図4.3-3および図4.3-4に保持時間中の圧力計測結果を示す。

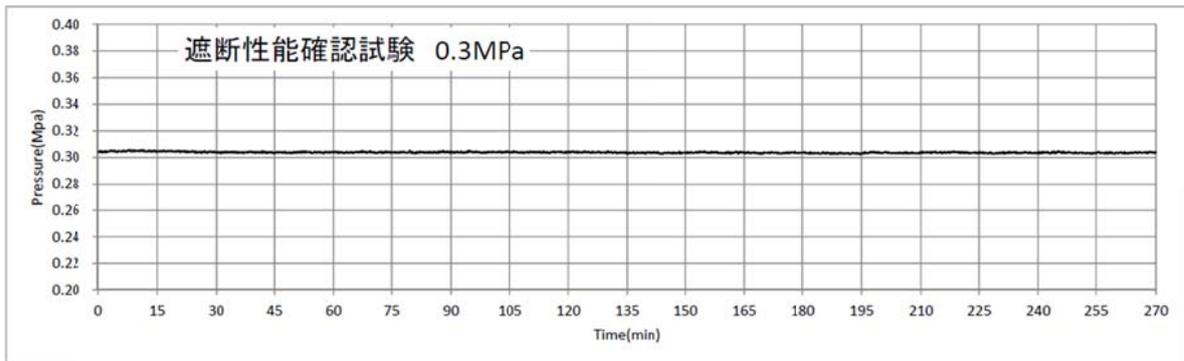


図4.3-3 遮断性能確認試験の圧力計測データ(0.3MPa)

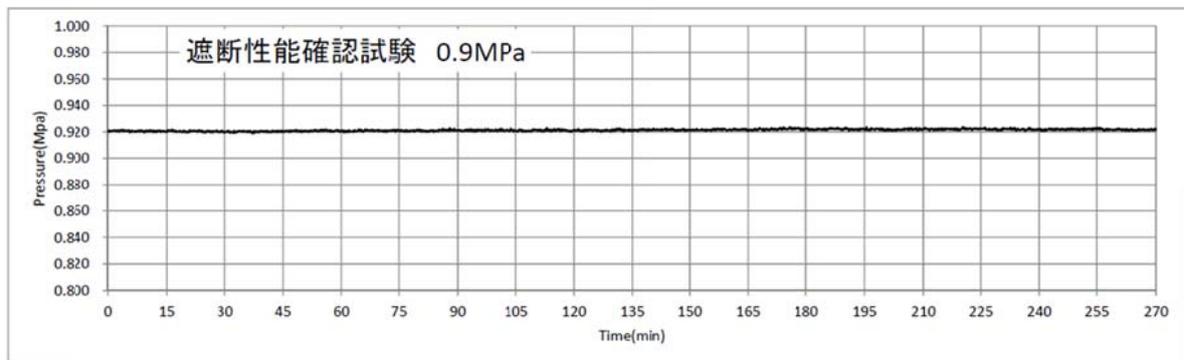


図4.3-4 遮断性能確認試験の圧力計測データ(0.9MPa)

また、本調査においても表4.2-2の手順3の空気排出の段階で空気排出口（出口）での酸素濃度の計測を行った。結果を図4.3-4~5に示す。いずれの試験でも酸素濃度は1%以下まで低下していることを確認した。

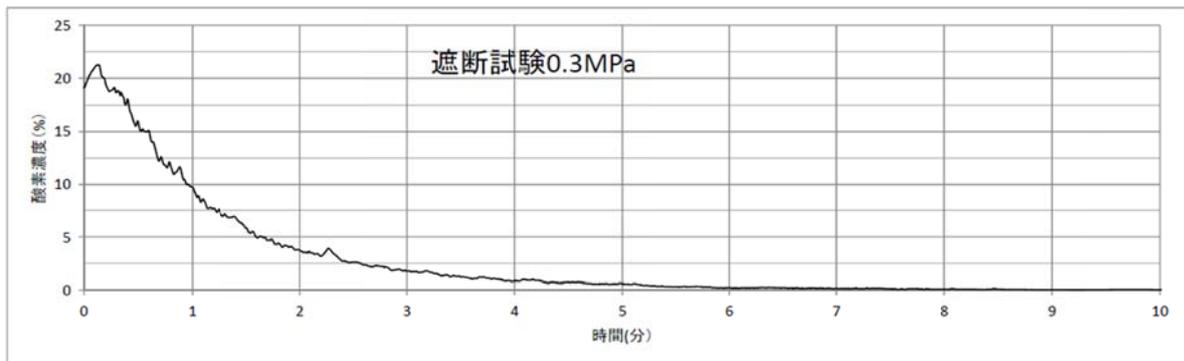


図4.3-4 酸素濃度計測データ(0.3MPa試験開始前)

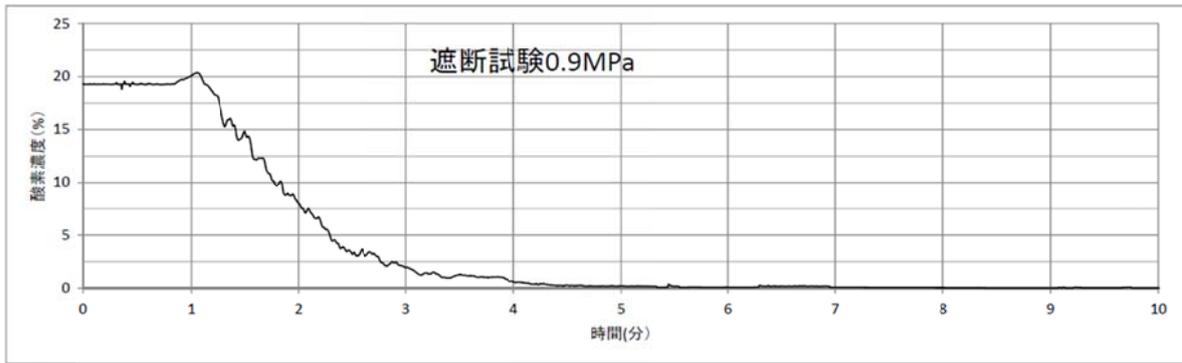


図4.3-5 酸素濃度計測データ(0.9MPa試験開始前)

4. 4 調査結果まとめ

都市ガス用中圧遮断機が水素導管に適用可能か実際に遮断性能確認試験を行った結果、遮断性能を有していることを確認した。

5. まとめ

・穿孔作業の安全性調査

施工機器の水素気密性を確認し、SGP150Aに対して設定した穿孔条件において貫通時の温度も水素ガスの着火温度以下であることを確認した。この結果を踏まえて実施したSGP150Aの水素充填試験体に対する穿孔試験により、都市ガス用活管分岐工法の穿孔手順が水素ガスに対して適用可能であることを確認した。ただし、本調査結果は特定の条件を想定した範囲のものであるため、一般的な解釈を行う場合には注意が必要である。

・遮断機による水素遮断性能の確認

都市ガス用中圧遮断機により水素ガスが遮断できることを確認した。