

LNG受入基地に関する検査の考え方について

平成17年1月14日

高 圧 ガ ス L N G 協 会

日本のLNG取扱量と適用法規について

電気事業法

1970年、東京電力南横浜火力発電所を皮切りに、石油代替エネルギー、グリーン燃料として導入され、近年のコンバインドサイクル発電技術の向上、地球温暖化対応の観点から、利用がさらに増大。

ガス事業法

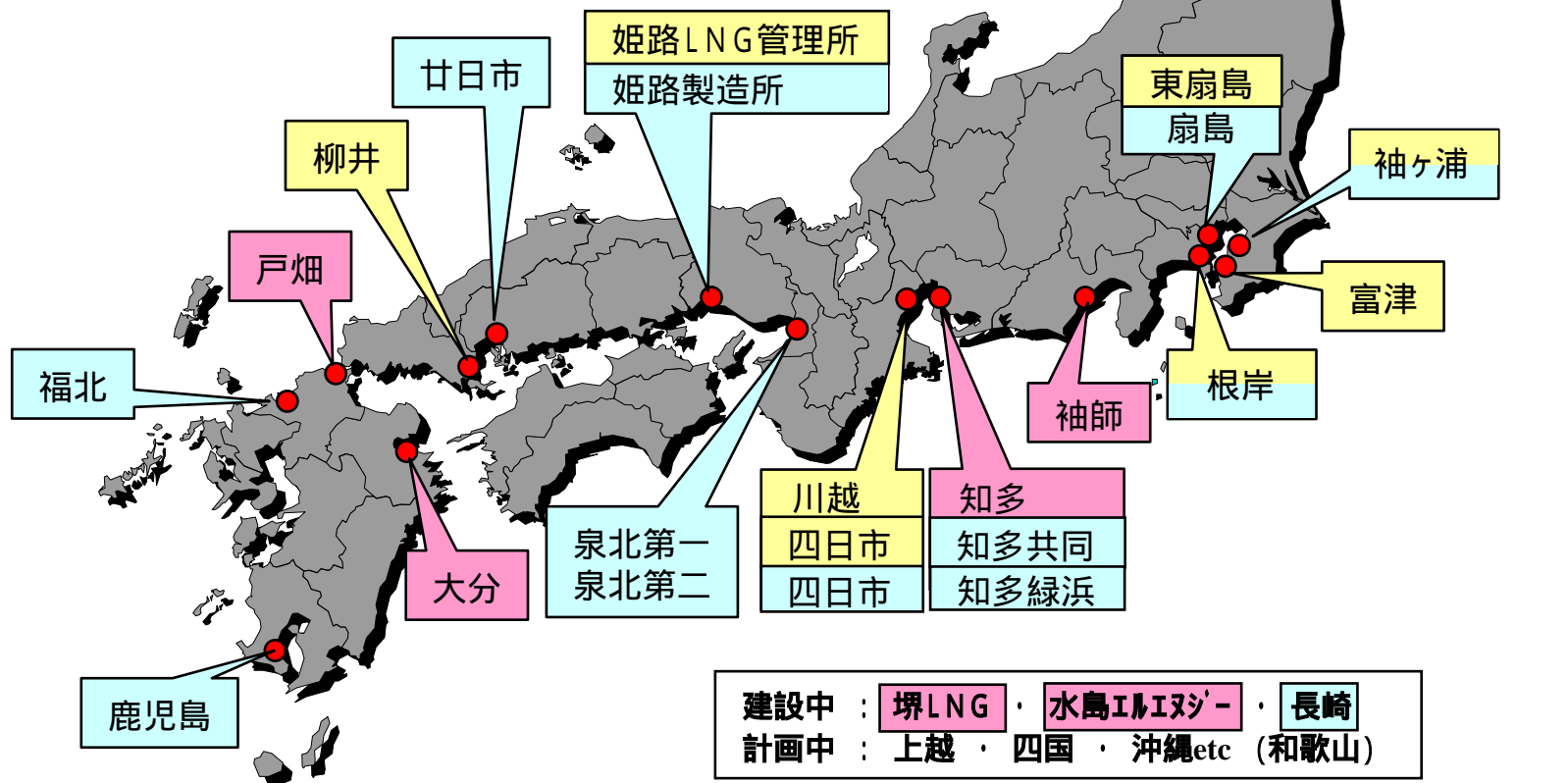
1969年、東京ガス根岸工場を皮切りに、長期安定性確保、需要増加対応、環境負荷改善として導入され、近年のCO₂シエ技術開発進展等も相俟ってさらに増大。

高圧ガス保安法

1977年、北九州IL・I・N・J-戸畑工場を皮切りに、複数の工場、発電所etcにガス供給が開始される。エネルギー供給の自由化時代を迎え、今後、高圧ガス保安法下での設備形成の増加も考えられる。

凡例

- : 電気事業法適用
- : ガス事業法適用
- : 高圧ガス保安法適用

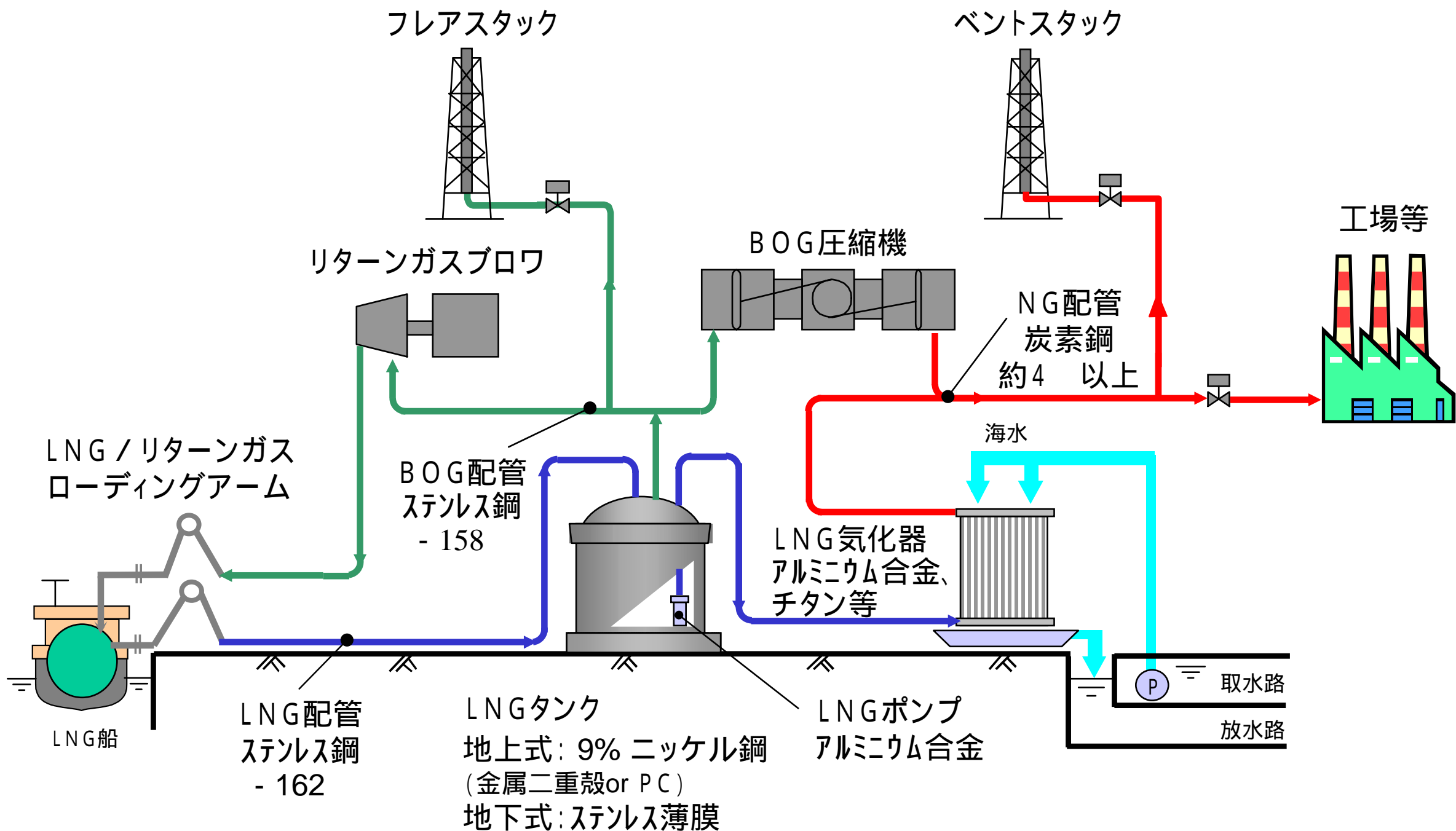


適用法規	稼働開始	年間取扱量(万トン)	割合	
電気事業法	東京電力	1969 根岸工場	8.9	44%
		1973 袖ヶ浦工場	50.8	
		1984 東扇島	50.0	
		1985 富津	47.0	
	中部電力	1987 四日市センター	13.0	
		1997 川越	27.0	
	関西電力	1979 姫路LNG管理所	26.0	
	中国電力	1990 柳井火力発電所	12.0	
-	(計)	2,347		
ガス事業法	東京ガス	1969 根岸工場	11.2	35%
		1973 袖ヶ浦工場	39.2	
		1998 扇島工場	10.9	
	東邦ガス	1977 知多LNG共同基地	19.0	
		1991 四日市工場	3.0	
		2001 知多緑浜工場	11.0	
	仙台市ガス局	1997 新港工場	1.6	
	大阪ガス	1972 泉北第一	7.0	
		1977 泉北第二	60.0	
		1984 姫路製造所	17.0	
	広島ガス	1996 廿日市工場	2.0	
	西部ガス	1993 福北工場	3.0	
	日本ガス	1996 鹿児島工場	7.0	
-	(計)	1,856		
高圧ガス保安法	北九州IL・I・N・J-	1977 戸畑工場	18.0	21%
		知多IL・I・N・J-	1983 知多基地	
	日本海IL・I・N・J-	1984 新潟基地	40.0	
	大分IL・I・N・J-	1990 大分工場	15.0	
	清水IL・I・N・J-	1996 袖師基地	4.5	
	-	(計)	1,155	
-	合計	5,358	100%	

建設中 : 堺LNG · 水島IL・I・N・J- · 長崎
 計画中 : 上越 · 四国 · 沖縄etc (和歌山)

(出典) LNG取扱量 LNG in Japan 日本ガス協会から作成

LNG受入基地の系統構成



検査方法見直しの基本的な考え方について

見直しの基本的な考え方

LNG受入基地設備に適用される現行の高圧ガス保安法の検査方法の見直しを考える上で、

- 1．LNG（NG）は腐食性がないガスであること
- 2．設備の使用材料、構造、設計並びに製作・施工時に徹底した品質管理がなされること
- 3．適切な維持管理を行い、過去の検査実績データ（最長約20年）から腐食減肉や割れ等の異常が認められていないこと

に基づき、さらに同設備に対する他法令（電気事業法、ガス事業法）における検査内容を踏まえ、**開放（耐圧）検査、肉厚測定、気密試験**の方法の見直しを要望する。

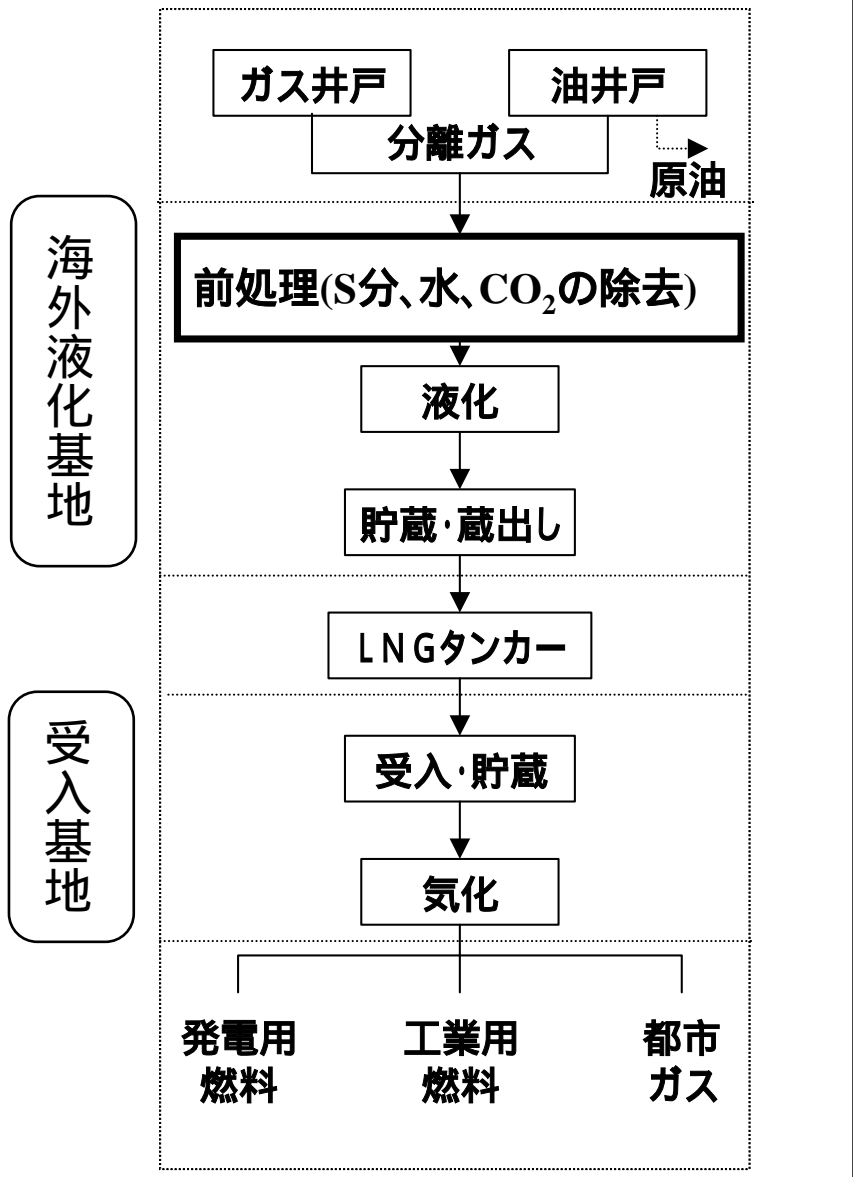
本資料について

本資料においては、LNGに腐食性がないこと及び各設備の材料、構造、設計・製作段階で考慮される主な内容を整理し、それぞれの設備に対する維持管理方法について、現行の保安検査方法（開放、肉厚、気密）に対する要望内容と合わせてまとめる。

なお、維持管理とは、例えば「LNG受入基地設備指針」（JGA指 - 102 - 03）において、「維持管理要領」として日常点検内容や一定期間毎の検査内容等について詳細に述べられている。本資料は、一定期間毎に実施する検査内容のみを取り扱ったものであり、同指針を踏まえたものである。

LNGについて

LNGチェーン



実際のLNG組成

組成 (mol%)					
メタン	CH ₄	91.30	ペンタン以上	C ₅ H ₁₂ ~	0.01
エタン	C ₂ H ₆	5.37	窒素	N ₂	0.02
プロパン	C ₃ H ₈	2.42	酸素	O ₂	0.00
イソブタン	i-C ₄ H ₁₀	0.46	二炭酸炭素	CO ₂	0.00
ノルマルブタン	n-C ₄ H ₁₀	0.42	合計		100

不純物 (mg/Nm ³)	
硫化水素 (H ₂ S)	0.48 (0.32ppm)
全硫黄 (TotalSulfur)	0.97 (0.68ppm)

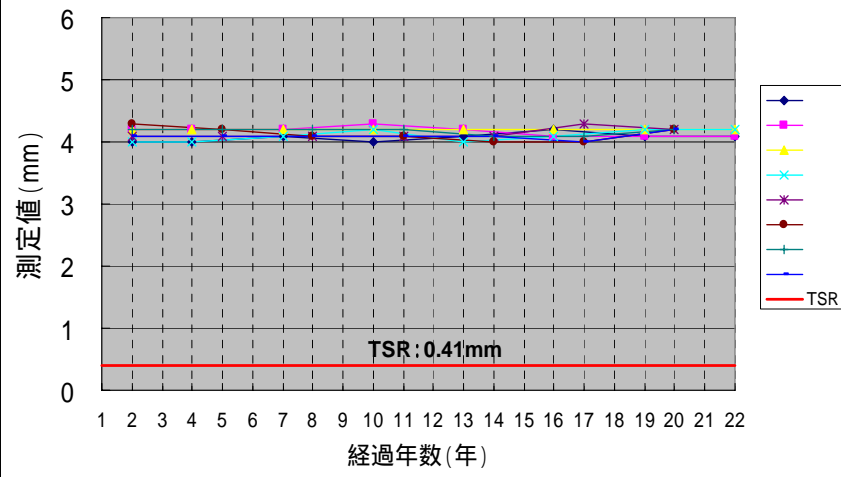
PT SUPERINTENDING COMPANY OF INDONESIA
(=インドネシアの第三者検定機関)発行の分析結果

検査実績データ

検査実績データから減肉傾向は認められない。他データは参考1-1、1-2、2参照。

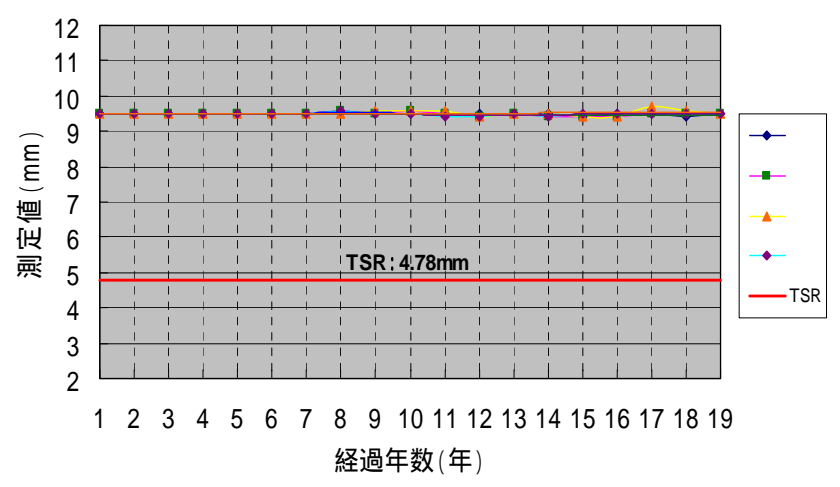
< LNG配管のデータ >

保冷循環ポンプミニマムフロー配管 (P221, P222)



< NG配管のデータ >

低圧送出配管



前処理の方法
S分、炭酸ガスの除去
硫化水素等の硫黄化合物や炭酸ガスは、通例、アルカリ性のアルカノールアミンを用いて吸収除去されている。
水分の除去
凝縮にて水分を粗分離し、その後固体脱水剤(モレキュラーシーブ等)によりさらに脱水される。

< LNGの腐食性に関する参考文献 >

LNG受入設備指針(JGA指-102-03 (社)日本ガス協会 >
第1章1.3解説 1LNGの性状
天然ガス中に含まれる炭酸ガス、硫化水素、水分等の不純物は精製工程で除去されているので、**腐食性はない。**

液化ガス設備規程(JEAC3709-2000 (社)日本電気協会)
第2章2.2.1LNG 不純物を分離して精製されているので、**毒性・腐食性はない。**

LNG配管、NG配管について

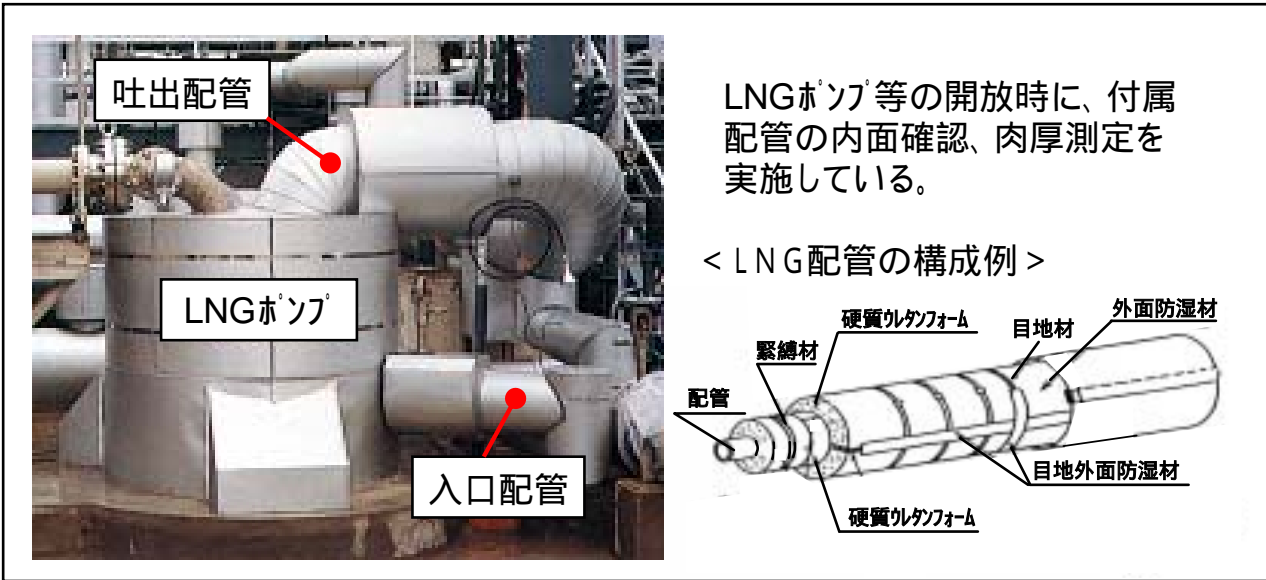
1. 使用材料、構造

- ・LNG配管には、低温靱性に優れたステンレス鋼（SUS304、SUS316）を使用し、外面には保冷材を施工する。
- ・常温のNGを通ずるNG配管には炭素鋼（STPG370等）を使用し、外面には防食塗装を行っている。

2. 設計・製作

- ・配管溶接部は全線について検査（材料検査、開先検査、非破壊検査）し、欠陥のないことを確認する。
- ・ステンレス配管の溶接には低炭素系溶接材料を使用し、溶接による鋭敏化部の粒界腐食割れ、SCCを未然防止する。
- ・漏洩防止のため、配管 - 弁、配管 - 配管の接合には極力溶接構造を採用する。また、フランジ接合部については締め付けトルク管理を行う。

3. 現状と今後の維持管理内容及び要望内容



LNGポンプ等の開放時に、付属配管の内面確認、肉厚測定を実施している。

< LNG配管の構成例 >

	現 状		今後の維持管理内容		要望内容
	方法	頻度	方法	頻度	
LNG配管	・LNGポンプ等の開放時に、付属配管の内面確認を実施している。 <u>異常は認められていない。</u>	機器開放時	・変形、破損、氷結等の異常の有無を目視で確認する。異常があれば開放する。	随時	・開放検査を不要とする。異常があれば開放するので、異常有無に拘わらず、定期に開放することは不要とする。 ・毎年の肉厚測定を不要とする。減肉しやすい箇所を特定した余寿命管理を可能とする。 ・実ガス・運転圧力で、気密試験が可能なことを明確にする。
	・変形、破損、氷結等の異常の有無を目視で確認している。 <u>異常は認められていない。</u>	随時			
	・LNGポンプ等の開放時に、付属配管を肉厚測定している。 <u>測定結果から減肉はない。（参考1）</u>	1回/年	・長期的な浸食を考慮し、機器出口曲管、制御弁下流部等の測定部位を特定して肉厚測定を行い、余寿命管理する。	余寿命予測により設定	
	・定期に実ガス・運転圧力で、携帯用ガス検知器で気密試験を行っている。 (常設のガス検知器による常時監視も実施)	1回/年	・定期に実ガス・運転圧力で、携帯用ガス検知器で気密試験を行う。 (常設のガス検知器による常時監視も実施)	1回/年	
NG配管	・BOG圧縮機等の開放時に、付属配管の内面確認を実施している。 <u>異常は認められていない。</u>	機器開放時	・変形、破損等の異常の有無を確認する。異常があれば開放する。	随時	・開放検査を不要とする。異常があれば開放するので、異常有無に拘わらず、定期に開放することは不要とする。 ・毎年の肉厚測定を不要とする。外観検査結果から劣化箇所があれば、実施することとする。 ・実ガス・運転圧力で、気密試験が可能なことを明確にする。
	・変形、破損等の異常の有無を目視で確認している。 <u>異常は認められていない。</u>	随時			
	・毎年、肉厚測定を実施している。 <u>測定結果から減肉はない。（参考2）</u>	1回/年	・外観検査により、塗膜劣化箇所等を確認する。劣化箇所に対して、肉厚測定を実施する。	随時	
	・定期に実ガス・運転圧力で、携帯用ガス検知器で気密試験を行っている。 (常設のガス検知器による常時監視も実施)	1回/年	・定期に実ガス・運転圧力で、携帯用ガス検知器で気密試験を行う。 (常設のガス検知器による常時監視も実施)	1回/年	

6

オープンラック式LNG気化器について

オープンラック式LNG気化器の構造

1. プロセス上の役割

- LNGタンクからポンプにより送られたLNGを気化させて常温ガス（NG）とし、ユーザーに供給する。

2. 使用材料・構造

- 伝熱管には低温靱性および熱伝導性に優れたアルミ合金を使用する。
- オープンラック式気化器は、海水を熱源とし伝熱管内部を流れるLNGと伝熱管外部を流下する海水とを熱交換させ、常温ガス（NG）とするものである。
- 多数の伝熱管からなるパネル、パネルの外面に海水を流すための散水トラフ並びにこれらを支持する基礎、架構から構成される。

3. 設計・製作

- 伝熱管表面には犠牲陽極となるメタリコン(アルミ - 亜鉛合金)を溶射し海水腐食を防止する。
- 起動停止時に伝熱管に発生する熱応力を解析し、伝熱管下部ヘッダ溶接部にR加工を施す等により、十分な疲労強度(1回/1日の起動停止の繰り返しでも約900年以上)を有している。

4. 現状と今後の維持管理内容及び要望内容

	現 状		今後の維持管理内容		要望内容
	方法	頻度	方法	頻度	
LNG 気化器	<ul style="list-style-type: none"> 外観検査により、変形、破損、メタリコン剥離等を確認している。 必要に応じて、伝熱管溶接部（伝熱管 - ヘッダ配管の溶接部）の非破壊検査（PT）を実施している。 	1回 / 3年	<ul style="list-style-type: none"> 外観検査により、変形、破損、メタリコン剥離等を確認する。 必要に応じて、伝熱管溶接部（伝熱管 - ヘッダ配管の溶接部）の非破壊検査（PT）を実施する。 	1回 / 3年	<ul style="list-style-type: none"> 外観検査を実施する。
	<ul style="list-style-type: none"> 供用中の開放検査は不可能。 <u>気化器更新時の内部確認結果より、流速や形状から浸食等が懸念される箇所においても異常は認められていない。又過去に浸食等による不具合もない。</u> 	気化器更新時	<ul style="list-style-type: none"> 異常が認められた場合は、速やかに原因を調査し、修理等状況に応じた処置をする。 	都度	<ul style="list-style-type: none"> 開放検査を不要とする。
	<ul style="list-style-type: none"> メタリコン上からの肉厚測定は不可能であり、メタリコン膜厚測定及び伝熱管外径測定を行っている。 <u>メタリコン膜厚測定結果から、再溶射を決定している。（参考3）</u> 	膜厚管理	<ul style="list-style-type: none"> メタリコンの膜厚測定及び伝熱管外径測定を行う。 	膜厚管理	<ul style="list-style-type: none"> 肉厚測定を不要とする。メタリコン膜厚管理とする。
	<ul style="list-style-type: none"> 定期に実ガス・運転圧力で、携帯用ガス検知器で気密試験を行っている。（常設のガス検知器による常時監視も実施）ただし、外観検査時に発泡液等による伝熱管溶接部の気密試験を行っている。 	1回 / 年	<ul style="list-style-type: none"> 定期に実ガス・運転圧力で、携帯用ガス検知器で気密試験を行う。（常設のガス検知器による常時監視も実施）ただし、外観検査時に発泡液等による伝熱管溶接部の気密試験を行う。 	1回 / 年	<ul style="list-style-type: none"> 実ガス・運転圧力で、気密試験が可能なことを明確にする。

1. 使用材料・構造

地上式タンクの主な構造例を右図に示す。LNGタンクは内槽、保冷材、外槽から構成される二重殻構造を有している。

- ・内槽：LNGを貯蔵する容器で、材料には低温靱性に優れた9%Ni鋼を使用している。
- ・保冷材：外部入熱によるボイルオフガス（BOG）の発生を抑えるため、保冷層を設置する。
- ・外槽：保冷材を保持し、外気の侵入を防ぐため、気密構造としている。

2. 設計・製作

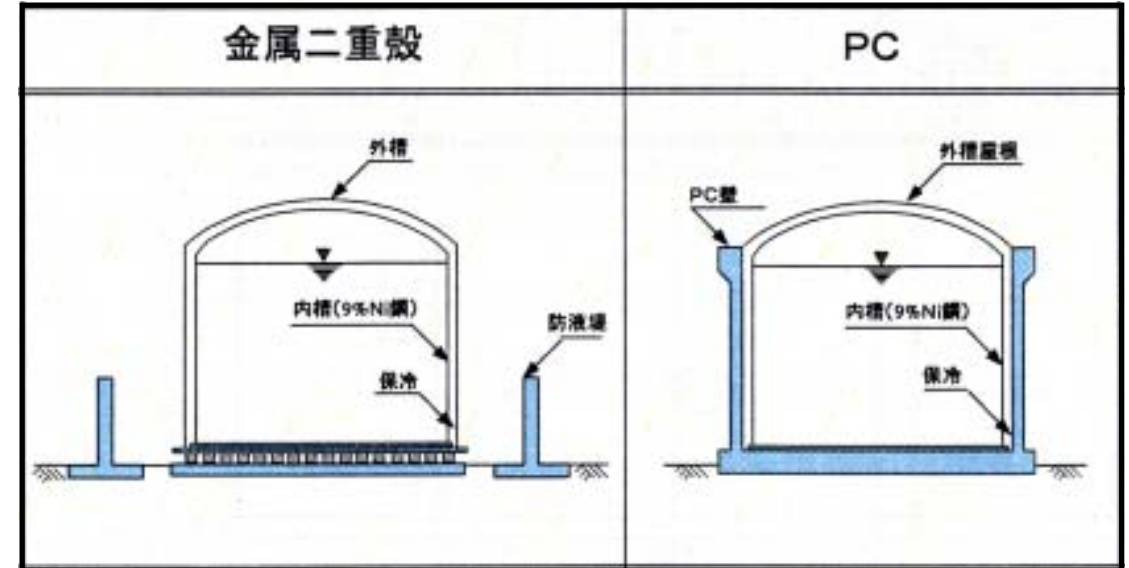
- ・内外槽間には窒素ガスを封入している。
- ・内槽の溶接は大部分を高品質の溶接ができる自動溶接機により実施する。
- ・溶接部について、材料検査、開先検査、非破壊検査(PT、RT)を全数実施し、溶接部に欠陥のないことを確認している。
- ・内槽は、受入、払出による液面変化等にて繰り返し応力を受けるが、地上式タンクの場合、最も発生応力が厳しい側板 - 底板隅肉溶接部において約600年以上の疲労強度を有している。

3. 見直しの要望内容と見直し後の維持管理内容

	現 状		今後の維持管理内容		要望内容
	方法	頻度	方法	頻度	
LNGタンク	・構造上肉厚測定は不可能である。 腐食減肉による不具合はない。	—	・外観検査により、変形、破損、着霜等の異常の有無を確認する。	1回 / 1年	・肉厚測定を不要とする。

開放検査、気密試験は、現行の高圧ガス保安法において除かれている。

代表的な地上式LNGタンクの構造



BOG圧縮機について

1. プロセス上の役割

- BOG圧縮機はLNGタンクから発生するボイルオフガス（BOG）を昇圧して送ガス（NG）系統に送出し、LNGタンクの運転圧力を一定に制御する役割を担っている。

2. 使用材料、構造

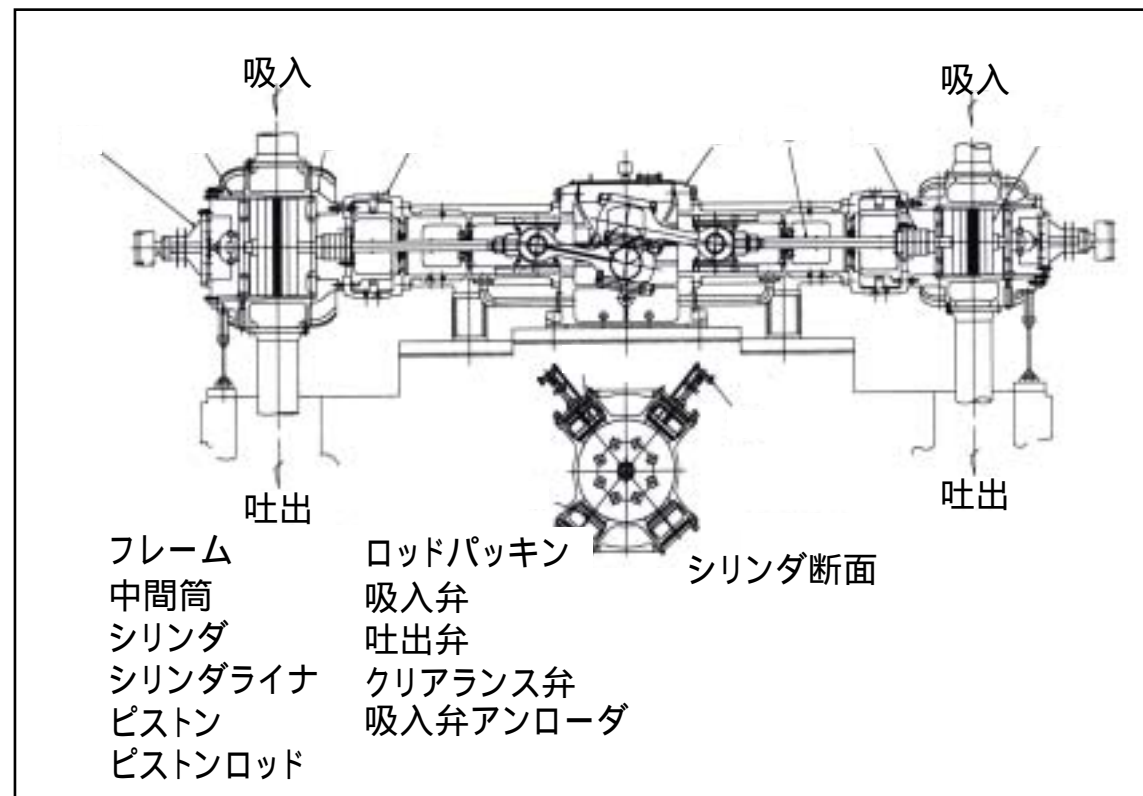
- 圧縮機の型式としては、水平対向往復動式（レシプロ）が多く採用されている。構造例を右図に示す。
- 圧縮機本体材料の内、低温部は低温靱性に優れたステンレス鋳鉄、アルミニウム合金を使用する。

3. 設計・製作

- 吸込ガス（BOG）が極低温であり、BOGに接する部分（シリンダー）は潤滑油を使用しない無給油構造としている。
- ピストンリング、ピストンリップパッキンは、十分なシール性、耐摩耗性に優れたものを使用している。（連続運転時間12000時間以上）
- 起動、停止・負荷変動により温度変化（常温 - 低温）を繰返すステンレス配管、タンクにはSCC対策として、外面塗装を実施する。

4. 見直し要望内容と見直し後の維持管理内容

BOG圧縮機（レシプロ型）構造図



	現 状		今後の維持管理内容		要望内容
	方法	頻度	方法	頻度	
BOG 圧縮機	<ul style="list-style-type: none"> 法令上の周期は5年だが、運転時間に基づいて摺動部点検手入れの為、開放（分解点検）を行っている。 開放時に、耐圧部の目視並びに駆動部の目視、PT、MTを行っている。 	運転時間管理 （実績最大） 1回 / 4年	<ul style="list-style-type: none"> 摺動部点検手入れの為、開放（分解点検）を行う。 開放時に、耐圧部の目視並びに駆動部の目視、PT、MTを行う。 	運転時間管理	<ul style="list-style-type: none"> 運転時間に応じた開放検査（分解点検）を可能とする。固定的な周期（1回 / 5年）を不要とする。
	<ul style="list-style-type: none"> 年1回の肉厚測定は実施せず、開放時に耐圧部の目視を行っている。 <u>開放時の内部確認結果、耐圧部の腐食変形等の異常はない。</u> 	開放時	<ul style="list-style-type: none"> 開放時の目視結果から必要に応じて劣化箇所肉厚測定を行う。 	開放時	<ul style="list-style-type: none"> 毎年の肉厚測定を不要とする。開放時の外観検査結果から劣化箇所があれば、実施することとする。
	<ul style="list-style-type: none"> 定期に実ガス・運転圧力で、携帯用ガス検知器で気密試験を行っている。（常設のガス検知器による常時監視も実施） 	1回 / 年	<ul style="list-style-type: none"> 定期に実ガス・運転圧力で、携帯用ガス検知器で気密試験を行う。（常設のガス検知器による常時監視も実施） 	1回 / 年	<ul style="list-style-type: none"> 実ガス・運転圧力で、気密試験が可能なことを明確にする。

開放検査(耐圧)及び肉厚測定について(まとめ)

検査の目的: 設備が使用圧力に対して十分な耐力を有し、また肉厚(強度)が維持されていることの確認

ガス事業法、電気事業法適用基地での検査内容も同じ内容である。

設備名 (使用材料)	高圧ガス保安法での検査内容		不具合の発生要因に対するLNG設備での考え方								その他	要望内容		実施する内容	
	開放検査	肉厚測定	減肉		浸食	強度不良	溶接不良	SCC	疲労	開放検査		肉厚測定	方法	頻度	
			腐食	内面											外面
LNG配管 (ステンレス鋼)	1回/ 3年	毎年	LNGに腐食性はない。22年経過の配管でも減肉ない。 1	保冷材で被覆。凍結環境で腐食の発生はない。	実績から浸食による減肉はない。 1	製作時の耐圧試験で確認している。	製作時に全線のRT, PTにより有害欠陥を削除。	低炭素系溶接材料を採用。19年経過の配管も割れなし 2	温度・圧力の変動幅は小さくヒートサイクルない。	構造及び運用上、開放による内面確認は実施不可能。	不要とする。	不要とする。	・外観検査により、変形、破損、氷結等の異常の有無を確認する。 ・長期的な浸食を考慮し、曲管、弁下流部等 3を対象に余寿命管理する。	随時 余寿命予測で設定	
NG配管 (炭素鋼)	1回/ 3年	毎年	NGに腐食性はない。19年経過の配管でも減肉はない。 4	塗膜劣化を外観点検で確認可能。劣化箇所肉厚測定を行う。	ガス体による浸食はない。	同上	同上	-	同上	構造及び運用上、開放による内面確認は実施不可能。	同上	同上	・外観検査により、塗膜劣化箇所等を確認する。劣化箇所に対して、肉厚測定を実施する。	随時	
オープンラック式LNG気化器 (Al合金)	1回/ 3年	毎年	LNGに腐食性はない。	外面マトリコンの膜厚管理を行う。	-	同上	同上	-	設計時に、熱応力解析し、十分な疲労強度を確保。 5	構造上、開放検査、肉厚測定は実施不可能。	同上	同上	・外観検査により、変形、破損、マトリコン剥離等を確認する。 ・必要に応じて、伝熱管溶接部のPTを実施する。 ・マトリコン被膜の膜厚測定、伝熱管外径測定を行う。	1回/3年 膜厚管理	
LNGタンク (内槽材料:9%Ni鋼)	-	毎年	同上	内外槽間に窒素ガスを封入。腐食はない。	-	同上	同上	-	温度・圧力の変動幅は小さくヒートサイクルない。	構造上、肉厚測定は実施不可能。	現行法で不要。	同上	・外観検査により、変形、破損、氷結等の異常の有無を確認する。	1回/1年	
BOG圧縮機 6 (1段ステンレス2、3段炭素鋼)	1回/ 5年	毎年	同上	塗膜劣化等の外観点検で確認可能。劣化箇所を対象に肉厚測定を行う。	-	同上	同上	付属配管、スハータンクには外面塗装を行う。外観点検で劣化状況を確認。	温度・圧力の変動を受ける。	摺動摩耗部品(ピストリング)の定期交換を要するため、開放は必要。	運転時間による開放(分解点検)を行う。	同上	・摺動部点検手入れの為開放(分解点検)を行う。 ・開放時に、耐圧部の目視、駆動部の分解及びPT、MTを行う。 ・目視結果から劣化箇所の肉厚測定を行う。	運転時間管理	

1: LNGポンプ出口等の直管、曲管部や弁下流部を対象とした実績データ有り。
2: 17年経過配管溶接線約800箇所を対象としたPT結果から割れないデータ有り。
3: 機器付属配管等に設定し、機器開放時に合わせて実施する。

4: LNG気化器、BOG圧縮機出口のNG配管の実績データ有り。
5: 設計例) 1回/1日の起動停止繰り返しで約900年以上の疲労強度確保。
6: BOG圧縮機付属スハータンクは、使用環境からNG配管の要望内容と同じ。

LNG配管の肉厚測定データ～その1

参考1-1

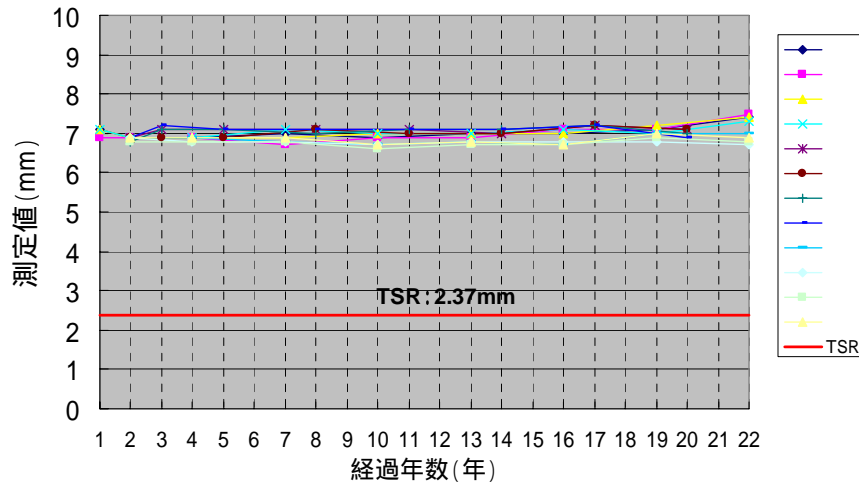
<データ集計表>

測定点数	減肉率(減肉量(mm/年))			
	0.01未満	0.01以上0.05未満	0.05以上0.1未満	0.1以上
130	114	14	2	0
割合	87.7%	10.8%	1.5%	0.0%

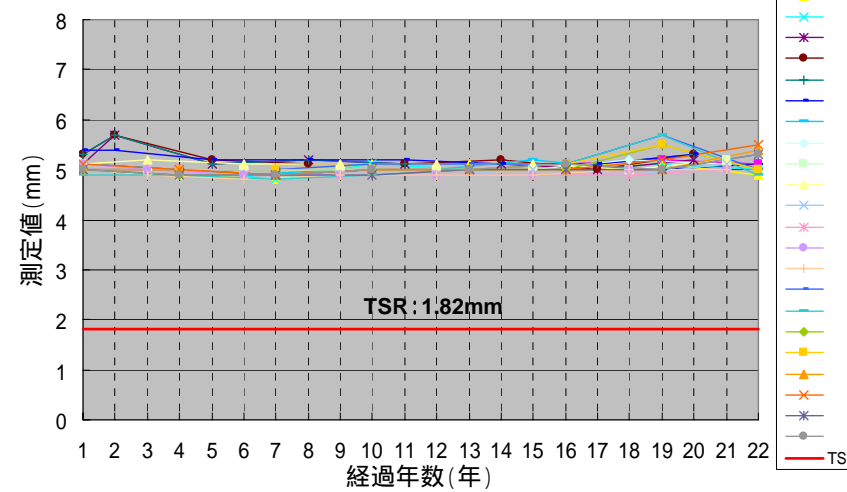
A事業所

B事業所

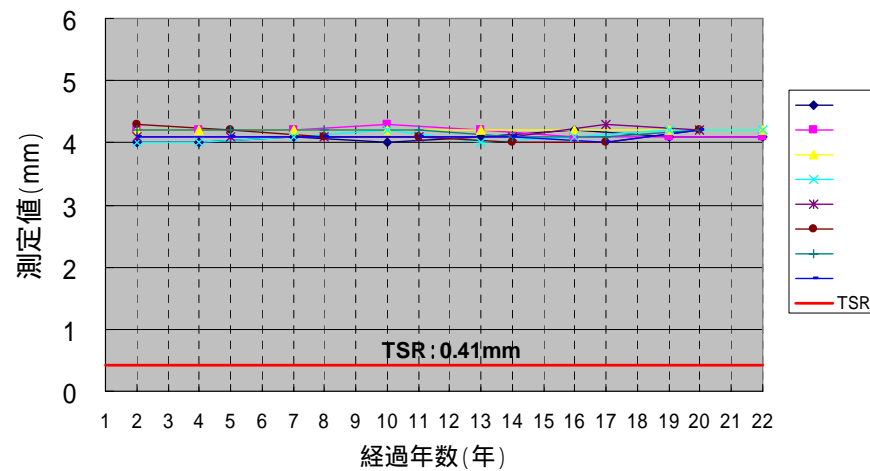
低圧気化器入口配管 (H301、H302、H303)



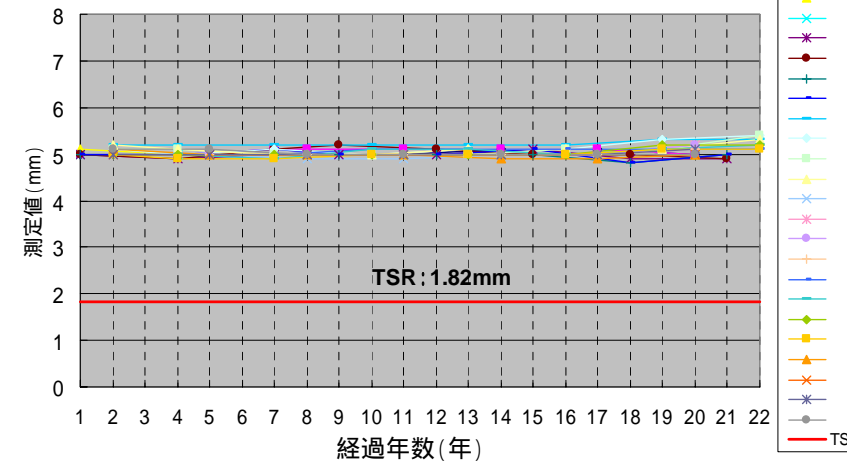
LNGポンプ出口弁下流部 (P301 ~ P306)



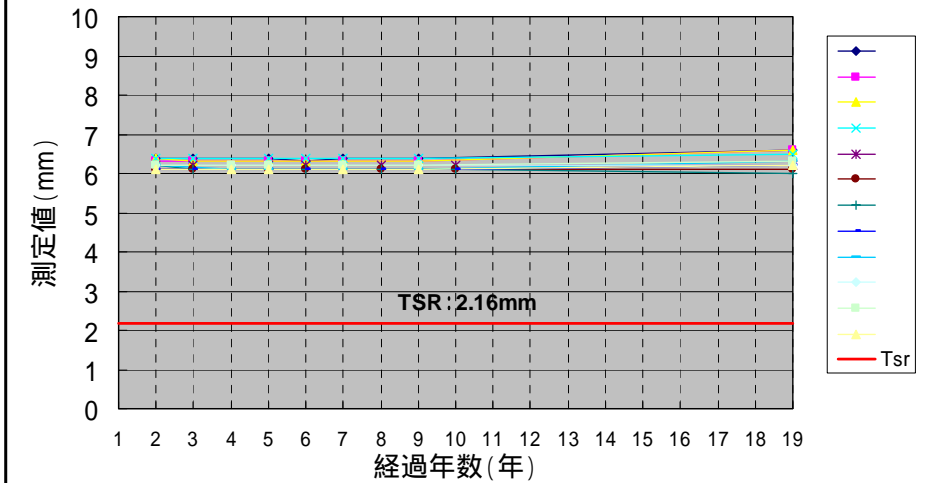
保冷循環ポンプミニマムフロー配管 (P221、P222)



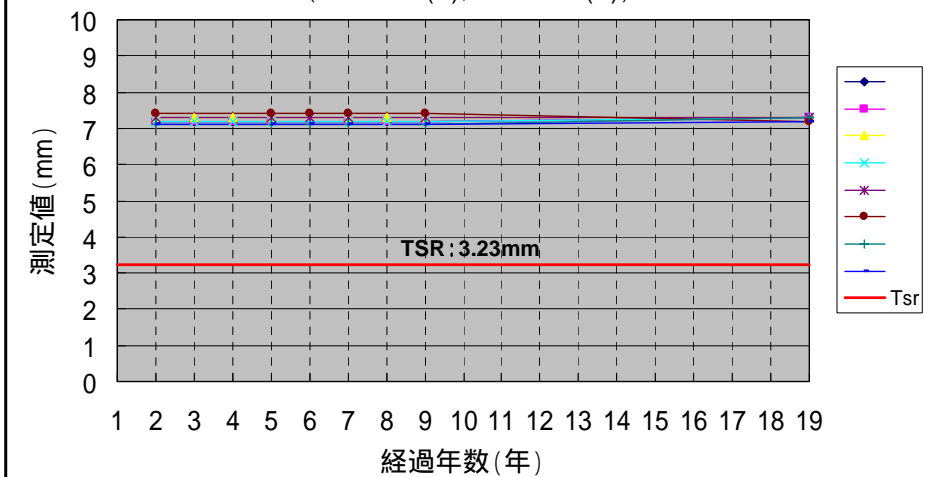
LNGポンプ出口弁下流部 (P307 ~ P312)



低圧LNGポンプ出口配管 (PU-141A(4A)、PU-1511B(5B)、PU-161A(6A))



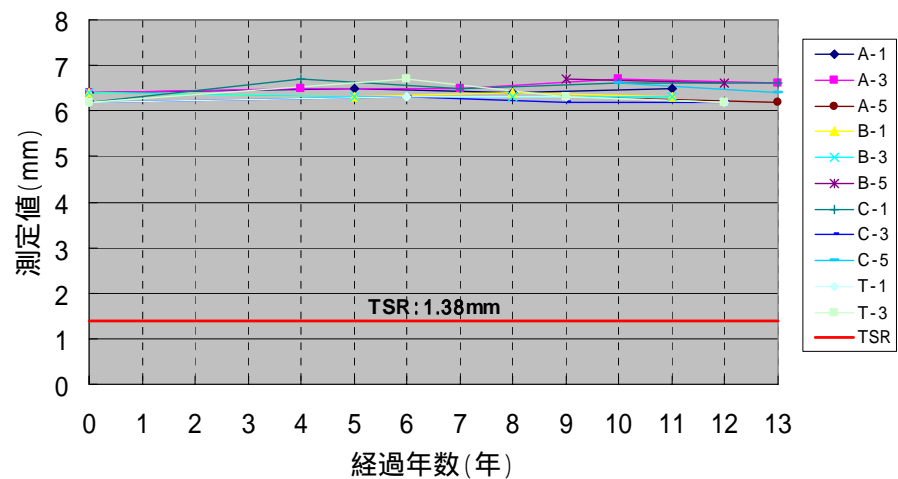
中圧LNGポンプ出口配管 (PU-301A(A)、PU-301B(B))



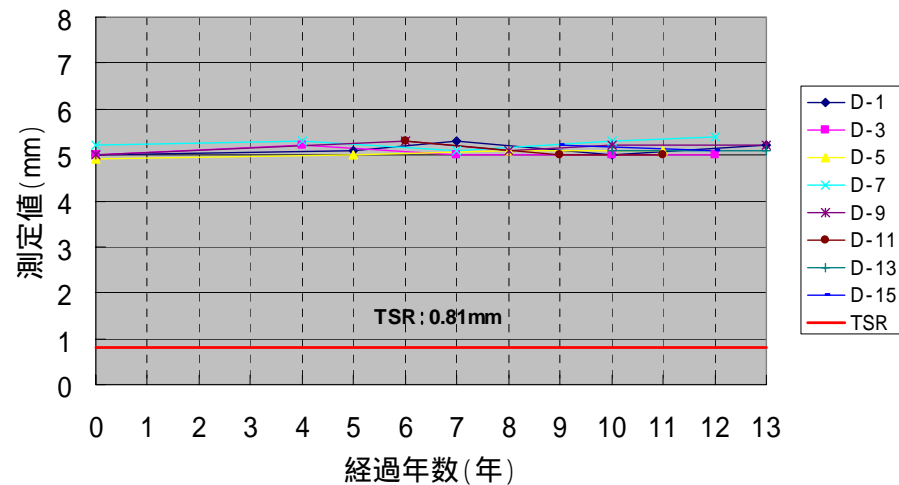
LNG配管の肉厚測定データ～その2

C事業所

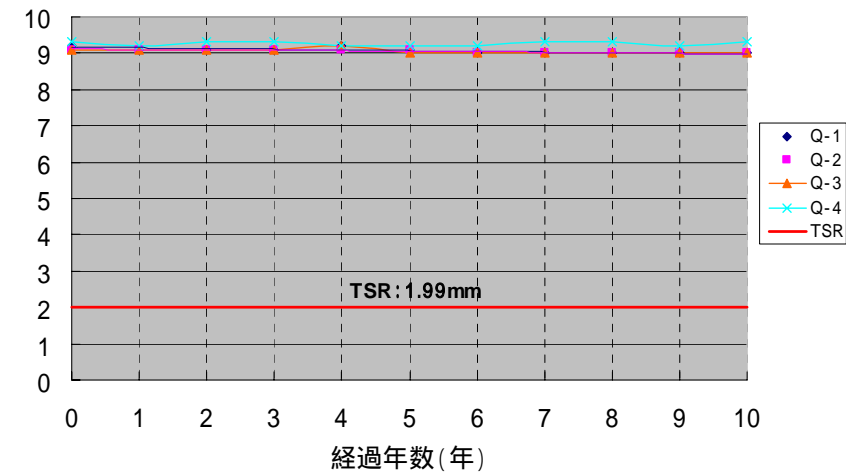
プライマリーポンプ入口配管 (1～3-A,B,C, 4-A,B)



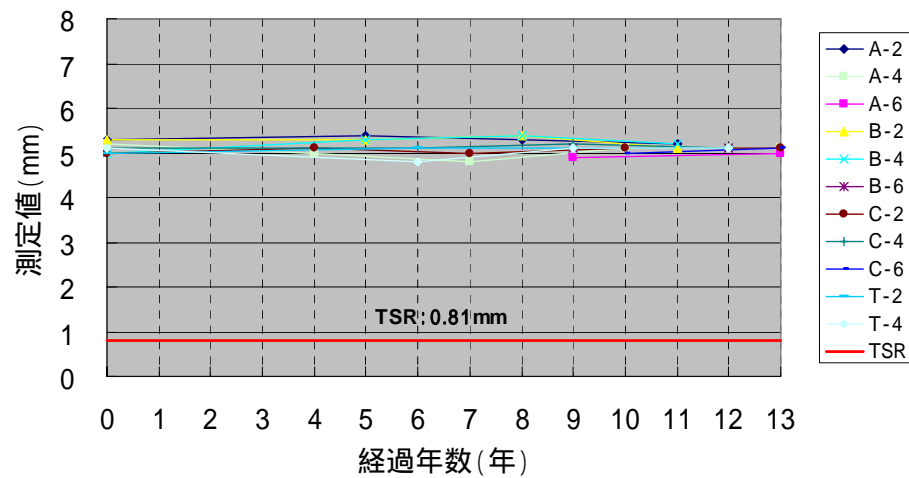
セカンダリーポンプ入口配管 (No.1～8)



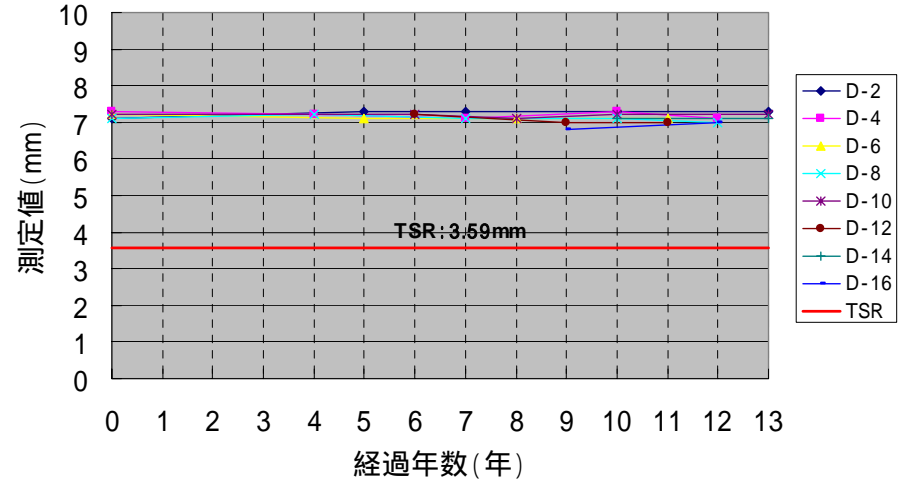
ローディングアーム接液管



プライマリーポンプ出口配管 (1～3-A,B,C, 4-A,B)



セカンダリーポンプ出口配管 (No.1～8)



NG配管の肉厚測定データ

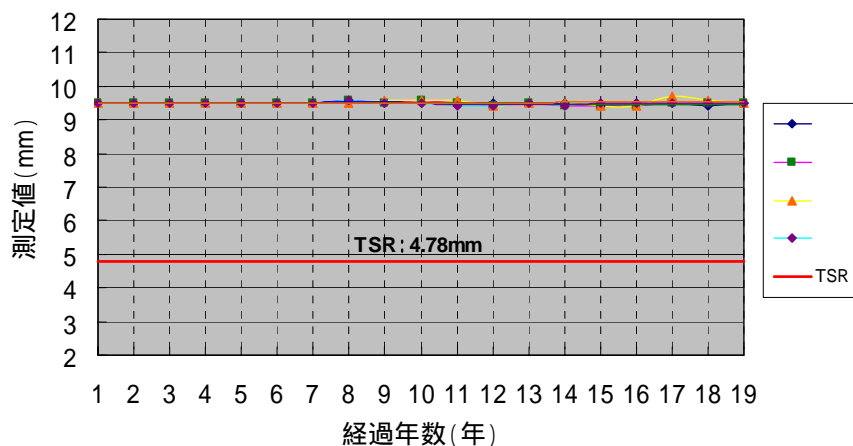
参考2

< データ集計表 >

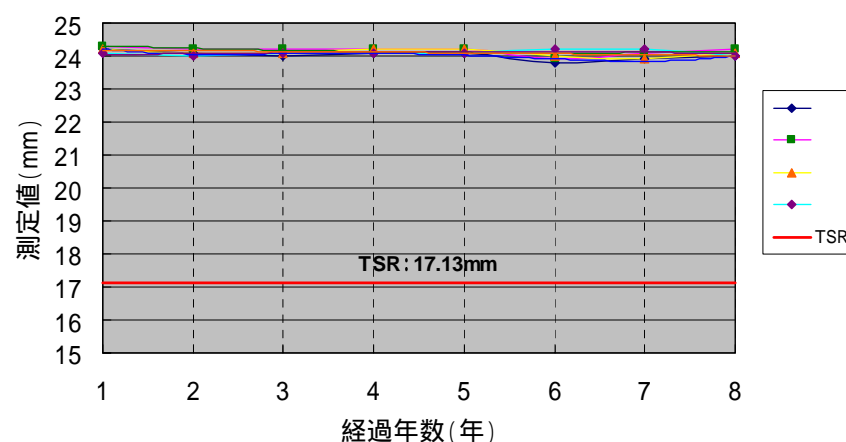
測定点数	減肉率(減肉量(mm/年))			
	0.01未満	0.01以上0.05未満	0.05以上0.1未満	0.1以上
22	15	7	0	0
割合	68.2%	31.8%	0.0%	0.0%

B事業所

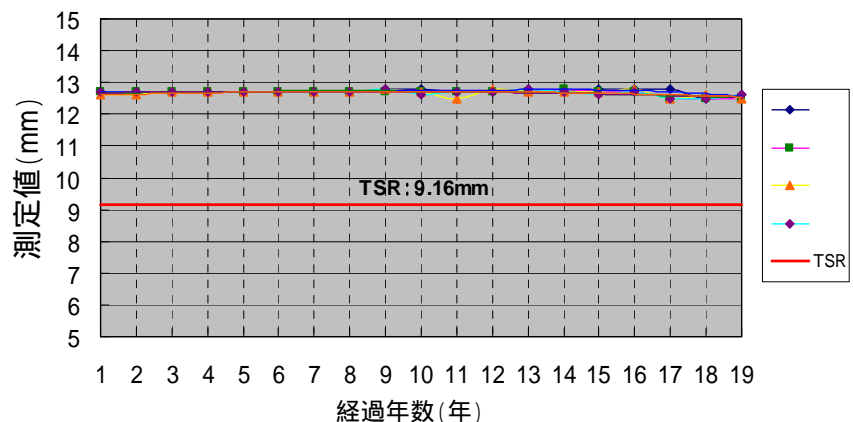
低圧送出配管



高圧送出配管

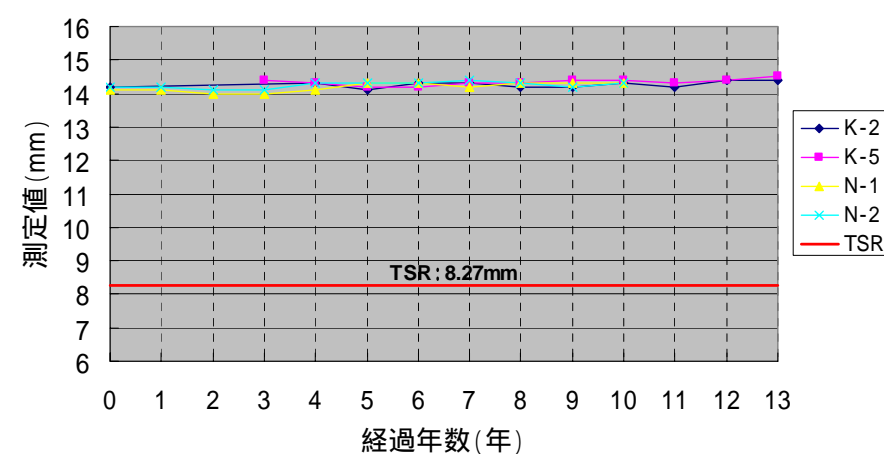


中圧送出配管

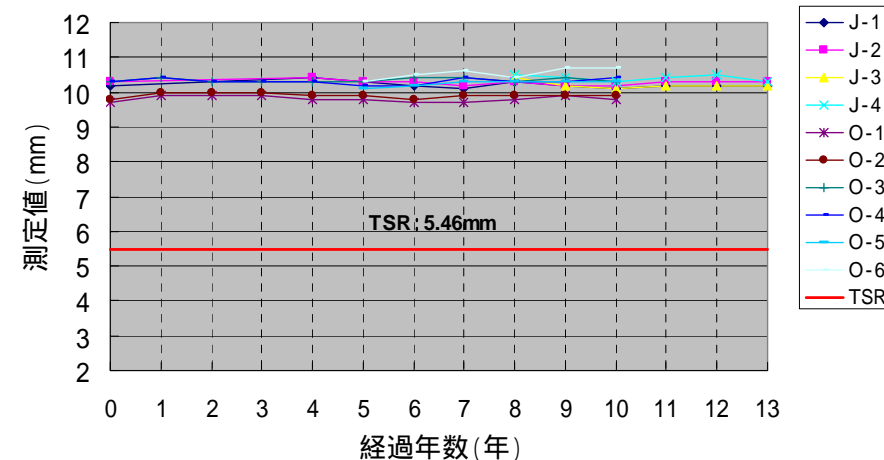


C事業所

NG送出母管



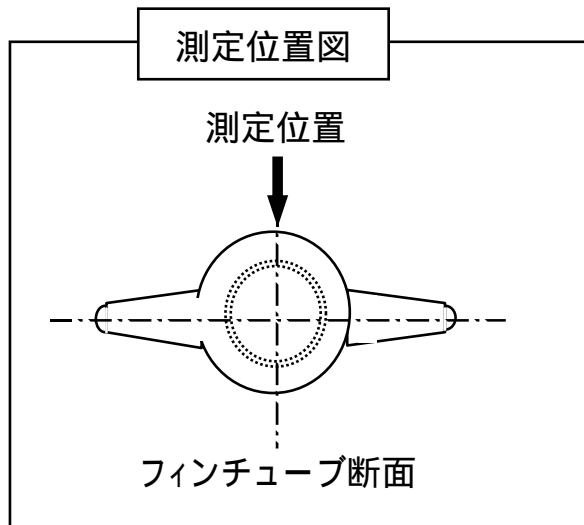
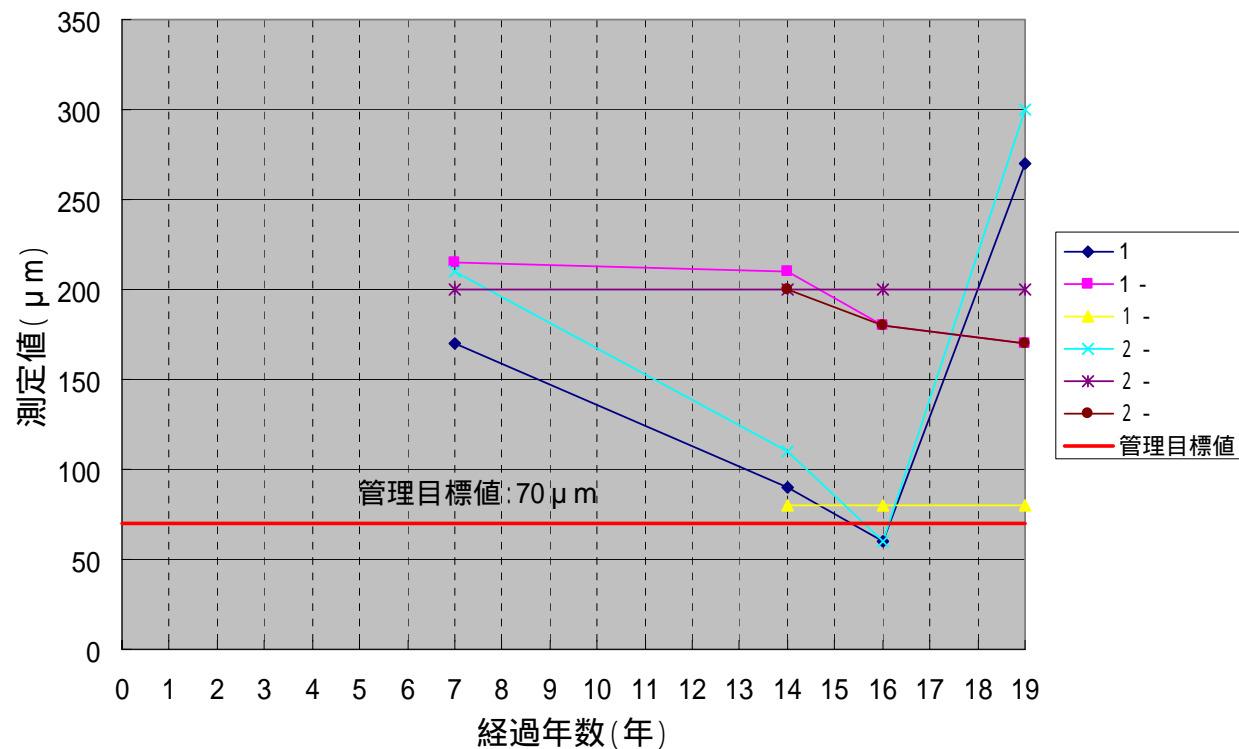
LNG気化器出口配管



LNG気化器のメタリコン膜厚管理データ

B事業所: No.2低圧LNG気化器

メタリコン膜厚測定結果(フィンチューブ)



C事業所: LNG気化器1号機

メタリコン膜厚測定結果(下部ヘッド)

