

## 2 設 計 編

## 2.1 ステンレス配管の設計の考え方

建築設備において配管設計を行うにあたっては、建物用途・適用箇所、配管に求められる性能、コストなどを勘案する必要がある。

建物用途・適用箇所を勘案する例としては、例えば病院や住宅で飲用系に腐食の少ない衛生性に優れた配管を採用したい場合、データセンターのようにノンダウン性能が求められ腐食の少ない長寿命配管が求められる場合などが挙げられ、これらにステンレス配管が選択されることが多い。

配管に求められる性能としては、例えば、衛生的な配管、腐食のない配管、環境性能（長寿命、再生可能など）を重視した配管としたい場合などが挙げられ、設計のコンセプトと関って決められる性能である。長期優良住宅を目指す場合などは、ステンレス配管の適用が一つの相応しい例となる。漏水をできるだけ避けたい場合も選択肢に挙がる。

コストとしては、イニシャルコスト、ライフサイクルコストが評価軸としてあげられる。ライフサイクルコストを重視すれば、ステンレス配管の適用が有力となる。また、ステンレス配管は配管抵抗が少ないため、管内流速を早めることができ、他配管種よりもサイズダウンできる場合も多くコストダウンが期待できる。

これらの条件を整理した上で、配管システム設計を行うことになるが、空調でいえば密閉系配管システムにするか開放系配管システムにするかにより、ステンレス配管の適用度が変わる。開放系配管システムであれば配管内溶存酸素が多い系統にステンレス配管を選択することは主要な選択肢である。蒸気配管システムであれば還管に多く見られる炭酸ガス腐食を避けるため、ステンレス配管を選択することが主流である。給排水でいえば、給水システムに衛生性・サステナビリティを求める場合や、受水槽方式や高置タンク方式で溶存酸素が増える点を考慮する場合などはステンレス配管が視野に入る。給湯配管システムでは、近年、ステンレス配管を選択することが主流となってきたが、これは以前は主流だった銅管の腐食（潰食）懸念により、ステンレス配管の適用に置き換わってきたものである。またクリーンルーム系配管や純水を扱う配管でもステンレス配管が適用される。

以上のプロセスを踏まえ、コスト、物性（耐用年数、耐圧力、耐温度、耐水質etc）、施工性、仕様書などの諸元から総合比較して配管材料を決定する。図2.1-1に配管設計の流れ（配管材を選択する経緯）を示す。

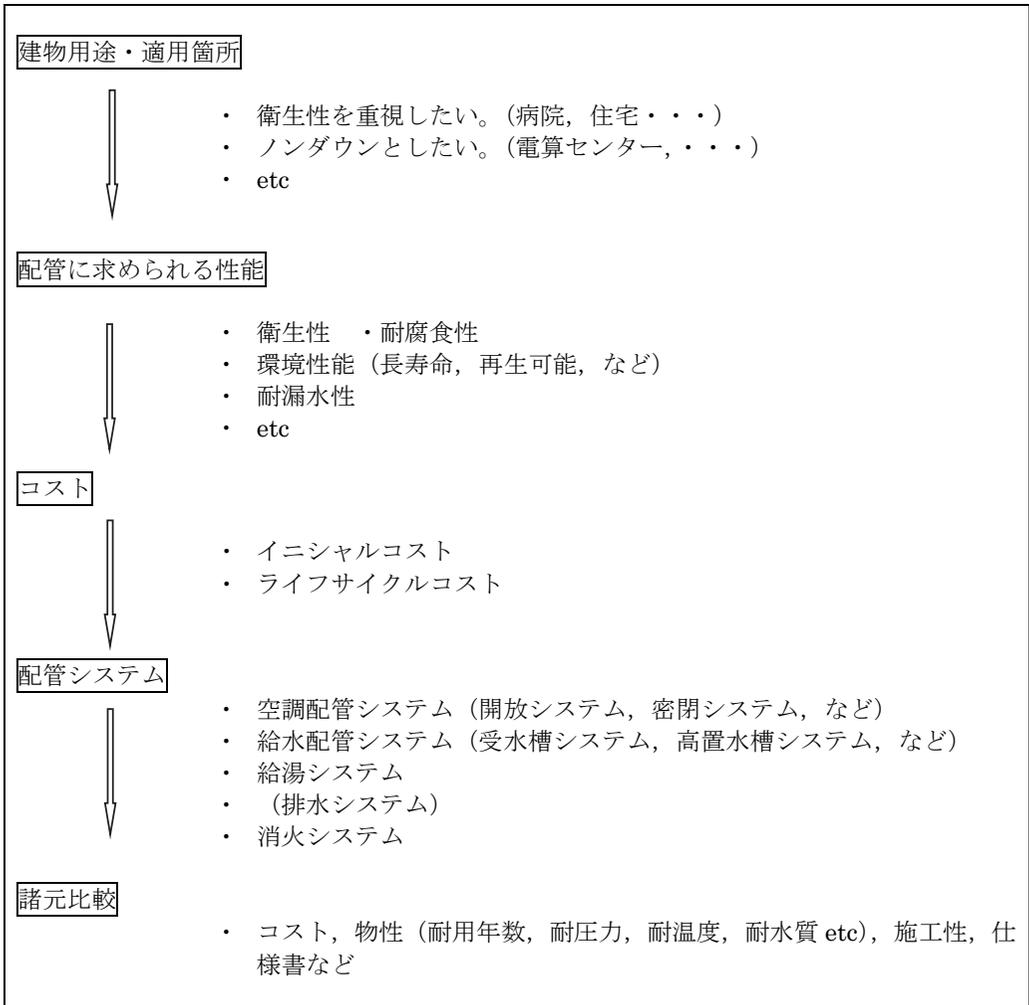


図 2.1-1 配管設計の流れ (配管材を選択する経緯)

注 作成: 飯塚 宏

## 2.2 ステンレス配管の使用範囲

### 2.2.1 一般配管用ステンレス鋼管の用途別使用範囲

建築設備に使用されている管材は、鋼管・鋳鉄管・銅管・プラスチック管など、その種類が多く、多年にわたる実績から用途別、施工場所などの違いなどによって使い分けられている。

本マニュアルで取り上げられている一般配管用ステンレス鋼管（JIS G 3448）は、ステンレス協会の「建築設備用ステンレス配管検討会」において、約30年の使用実績等を調査検討した結果から、用途別使用範囲を、給水・給湯・冷却水・冷温水・蒸気・蒸気還水・生活排水・消火配管とした。排水については、生活排水の汚水と雑排水に限る。また、排水用の継手が準備されていないことも考慮する必要がある。

なお、本マニュアルは、一般配管用ステンレス鋼管による屋内配管用途に限定した内容であるが、配管用ステンレス鋼管では、工場プラント排水、高温水、油、通気の配管としても使用される場合もありステンレス鋼管の使用範囲は、確実に拡大していると考えて良い。

以上をまとめた各種管材の使用区分を表2.2-1に示す。表2.2-1は、空気調和・衛生設備工事標準仕様書（SHASE-S 010）より引用した「一般配管用ステンレス鋼管と他管種の使用区分」の表に、同検討会にて使用可能とした用途を追記したものである。追記部分については、「\*」で表している。

適用可能な水質としては、「2.9.1配管システムのための水質基準」を参照されたい。

なお、給水管として使用する場合、水道水に対してクロムなどの金属が溶出することが問題となるが、これについては、東京都衛生試験所や、ステンレス協会が独自に行った実験結果からも六価クロムは検出されておらず、全クロムとしても平成15年厚生労働省令第101号（令和2年4月1日改正版）の水道水の水質基準（表2.2-2参照）を十分下回っており、問題ない。

表2.2-3は、日本冷凍空調工業会（JRA）が、1994年に発表した「冷凍空調機器用水質ガイドライン」（JRA-GL-02-1994）より抜粋した冷却水・冷水・温水・補給水の水質基準値である。本ガイドラインは、冷凍空調設備を構成する冷凍空調機器の性能、効率および寿命の保持、並びに低下の防止を目的に策定されたものであり、配管は対象外であるが、各種系統における、塩化物イオン濃度、硫酸イオン濃度、残留塩素濃度等を参考にされたい。



表 2.2-2 水道水の水質基準値<sup>2)</sup>

項目	水道水の水質基準
1 一般細菌	1mLの検水で形成される集落数が100以下であること。
2 大腸菌	検出されないこと。
3 カドミウムおよびその化合物	カドミウムの量に関して、0.003mg/L以下であること。
4 水銀およびその化合物	水銀の量に関して、0.0005mg/L以下であること。
5 セレンおよびその化合物	セレンの量に関して、0.01mg/L以下であること。
6 鉛およびその化合物	鉛の量に関して、0.01mg/L以下であること。
7 ヒ素およびその化合物	ヒ素の量に関して、0.01mg/L以下であること。
8 六価クロム化合物	六価クロムの量に関して、0.02mg/L以下であること。
9 亜硝酸態窒素	0.04mg/L以下であること。
10 シアン化物イオンおよび塩化シアン	シアンの量に関して、0.01mg/L以下であること。
11 硝酸態窒素および亜硝酸態窒素	10mg/L以下であること。
12 フッ素およびその化合物	フッ素の量に関して、0.8mg/L以下であること。
13 ホウ素およびその化合物	ホウ素の量に関して、1.0mg/L以下であること。
14 四塩化炭素	0.002mg/L以下であること。
15 1,4-ジオキサン	0.05mg/L以下であること。
16 シス-1, 2-ジクロロエチレン及びトランス-1, 2-ジクロロエチレン	0.04mg/L以下であること。
17 ジクロロメタン	0.02mg/L以下であること。
18 テトラクロロエチレン	0.01mg/L以下であること。
19 トリクロロエチレン	0.01mg/L以下であること。
20 ベンゼン	0.01mg/L以下であること。
21 塩素酸	0.6mg/L以下であること。
22 クロロ酢酸	0.02mg/L以下であること。
23 クロロホルム	0.06mg/L以下であること。
24 ジクロロ酢酸	0.03mg/L以下であること。
25 ジブromクロロメタン	0.1mg/L以下であること。
26 臭素酸	0.01mg/L以下であること。
27 総トリハロメタン (クロロホルム, ジブromクロロメタン, ブromジクロロメタンおよびブromホルムのそれぞれの濃度の総和)	0.1mg/L以下であること。
28 トリクロロ酢酸	0.03mg/L以下であること。
29 ブromジクロロメタン	0.03mg/L以下であること。
30 ブromホルム	0.09mg/L以下であること。
31 ホルムアルデヒド	0.08mg/L以下であること。
32 亜鉛およびその化合物	亜鉛の量に関して、1.0mg/L以下であること。
33 アルミニウムおよびその化合物	アルミニウムの量に関して、0.2mg/L以下であること。
34 鉄およびその化合物	鉄の量に関して、0.3mg/L以下であること。
35 銅およびその化合物	銅の量に関して、1.0mg/L以下であること。
36 ナトリウムおよびその化合物	ナトリウムの量に関して、200mg/L以下であること。
37 マンガンおよびその化合物	マンガンの量に関して、0.05mg/L以下であること。
38 塩化物イオン	200mg/L以下であること。
39 カルシウム, マグネシウム等 (硬度)	300mg/L以下であること。
40 蒸発残留物	500mg/L以下であること。
41 陰イオン界面活性剤	0.2mg/L以下であること。
42 (4S, 4aS, 8aR)-オクタヒドロ-4,8a-ジメチルナフタレン-4a(2H)-オール(別名ジェオスミン)	0.00001mg/L以下であること。
43 1,2,7,7-テトラメチルピシクロ[2,2,1]ヘプタン-2-オール (別名 2-メチルイソボルネオール)	0.00001mg/L以下であること。
44 非イオン界面活性剤	0.02mg/L以下であること。
45 フェノール類	フェノールの量に換算して、0.005mg/L以下であること。
46 有機物 (全有機炭素(TOC)の量)	3mg/L以下であること。
47 pH 値	5.8以上 8.6以下であること。
48 味	異常でないこと。
49 臭気	異常でないこと。
50 色度	5度以下であること。
51 濁度	2度以下であること。

注：平成15年厚生労働省令第101号、令和2年4月1日改正版より



### 2.2.2 一般配管用ステンレス鋼鋼管の温度・圧力の範囲

配管材料を選定する場合、流体の種類および温度・圧力・流速が要因となる。温度・圧力は管材の許容引張応力値などの機械的性質に直接関係し、流速は、システム設計に影響を及ぼし、また、水撃作用時の圧力上昇値を押し上げるなどやはり管材の機械的性質にも関係する。

図2.2-1に温度・圧力に対する一般配管用ステンレス鋼鋼管SUS-TPD（JIS G 3448）の推奨適用範囲を配管用炭素鋼鋼管SGP（JIS G 3452）と配管用ステンレス鋼鋼管SUS-TP（JIS G 3459）とともに示す。一般に、温度が低い場合は圧力を高く選定してよく、右下がりの図となるがSGPに習って矩形とした。適用範囲の選定根拠は、官報（昭和54年10月15日付、号外第63号）をベースとした。まずSGPを1MPa、350℃と設定し、つぎに本来低温から高温で、かつ高圧の範囲で使用できるSUS-TPをSGPと同じ350℃と、蒸気でまれに使用される3.0MPaの圧力で区切った。そして本マニュアルの一般配管用ステンレス鋼鋼管については、2004年2月のJISの改正で、最高使用圧力を1.0MPa以下とする規定が削除されたことに伴って、ステンレス協会としては、継手等を含めた配管システムとして、推奨最高使用圧力を、2.0MPa以下を目安とし、温度の上限は、現在対象としている高温用途が、蒸気、給湯、冷温水等であることから、150℃とした。

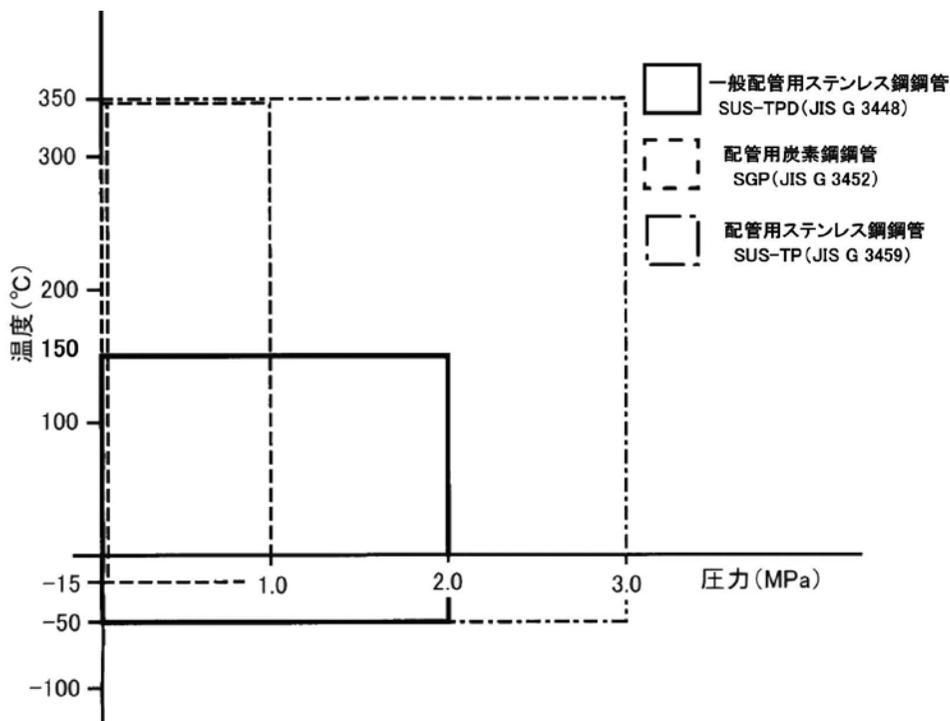


図 2.2-1 建築設備における一般配管用ステンレス鋼鋼管の温度・圧力推奨適用範囲

### 2.2.3 一般配管用ステンレス鋼鋼管の設計許容応力と最大許容圧力

一般配管用ステンレス鋼鋼管の設計許容応力は、130MPaとする。これは、JISにおけるSUS 304鋼の引張強さ520MPaの1/4に当たり、JISの0.2%耐力<sup>4)</sup>参照205MPaを下回ることなどから判断したものである。

最大許容圧力（許容応力に対応する管径ごとの最大許容圧力）は、JIS G 3448一般配管用ステンレス鋼鋼管の解説項に基づき、前記の許容応力130MPaを用いて、式(2.2-1)によって算出する。

$$P=2 \times S \times \eta \times t / D \dots\dots\dots(式2.2-1)$$

P：最大許容圧力（MPa）

S：許容応力（130MPa）

$\eta$ ：溶接効率（0.85）

t：管の厚さ（mm）

D：管外径（mm）

表2.2-4は、JIS G 3448一般配管用ステンレス鋼鋼管より抜粋の表に、外径・厚さから算出した最大許容圧力を追加したものである。なお、前2.2.2項に述べた管の推奨最高使用圧力の2.0MPa以下の目安は、あくまでも最高使用圧力の目安値であり、表2.2-4の算出値とは別に考えるべきものである。

表 2.2-4 一般配管用ステンレス鋼鋼管の最大許容圧力<sup>4)</sup>

区分	呼び方 Su	外径 (mm)	外径の許容差		厚さ (mm)	厚さの許 容差	単位質量(kg/m)			最大許容 圧力 (MPa)
			外径	周長			SUS 304TPD	SUS 315J1TPD SUS 315J2TPD SUS316TPD		
直管及び コイル巻 管	8	9.52	0	—	0.7	±0.12	0.154	0.155	16.3	
	10	12.70	-0.37	—	0.8		0.237	0.239	13.9	
	13	15.88			0.8		0.301	0.302	11.1	
	20	22.22			1.0		0.529	0.532	9.9	
直管	25	28.58			±0.34	±0.20	1.0	±0.15	0.687	0.691
	30	34.0	1.2	0.980			0.987		7.8	
	40	42.7	±0.43	1.2			1.24		1.25	6.2
	50	48.6	±0.49	±0.25		1.2	1.42	1.43	5.5	
	60	60.5	±0.60	±0.5%		1.5	±0.15	2.20	2.22	5.5
	75	76.3	±1%			1.5	2.79	2.81	4.3	
	80	89.1	—			2.0	±0.30	4.34	4.37	5.0
	100	114.3		2.0		5.59	5.63	3.9		
	125	139.8		2.0		6.87	6.91	3.2		
	150	165.2	—	3.0		±0.40	12.1	12.2	4.0	
	200	216.3		3.0		15.9	16.0	3.1		
	250	267.4		3.0		19.8	19.9	2.5		
	300	318.5		3.0		23.6	23.7	2.1		

注) JIS G 3448 : 2022 一般配管用ステンレス鋼鋼管、表 4 に、最大許容圧力をステンレス協会が追加。

### 2.2.4 一般配管用ステンレス鋼管の寸法呼称

一般配管用ステンレス鋼管の規格で、設計上、注意しておかなければならない点として一般配管用ステンレス鋼管特有の呼び方（Su呼称）がある。表1.5-1（基礎編1-5）は寸法と質量について他の管材と比較したものであるが、従来の鋼管の呼び方、銅管の呼び方または外径寸法と微妙に異なっている。

従来、配管の呼び方はあくまで“公称”として扱われ、例えば25A、50A、100Aなど整数で記憶するのに便利であり、取り扱い易く、これらの点から現在も継承されている。しかし、この呼び径寸法は実際上の外径・内径いずれとも一致していない。実際上の設計・施工に際しては、配管管径を決定する流量計算は内径を基準にしているし、施工面では外径を基準としている。

一般配管用ステンレス鋼管の呼び方は、多分にその製品としての生い立ちによっている。製品は、各寸法とも銅管あるいは鋼管の外径に一致している、“外径基準”の製品であるが、今ほど継手類が整備されていなかった以前に、銅管の継手を流用していたことから、25Su以下の管については鋼管の外径に合わせており、30Su（鋼管の25Aに相当）以上では鋼管の外径に合わせてあるとの由来による。

従って、一般配管用ステンレス鋼管の呼び径は、従来の鋼管の呼び方Aとは一致しておらず、30Suから75Suまでは鋼管の呼び方Aとまったく違ってしまい、例えば鋼管の40Aのつもりで一般配管用ステンレス鋼管の40Suとしてしまうと、鋼管の32A相当の外径寸法となってしまう。これらは、弁、継手や保温材の選定にも波及することから、注意を要するところである。

### 2.2.5 ステンレス鋼管の選定上のポイント

一般配管用ステンレス鋼管を採用するかどうかを、何によって決めるかは大変に難しい問題である。2.1節で述べたように、配管設計の決定事項と留意点からの各項目について検討を加え、評価を行って結論を出して行くことになるが、他管材との経済性の比較や特性の比較については、ここでは総合評価を行う上でポイントとなるであろうステンレス鋼管の特徴についていくつか挙げるに留める。

- (1) 耐久性に優れている。
- (2) クリーンで衛生的な配管である。
- (3) 表面粗度が小さいため、摩擦損失が少なく、サイズダウンの可能性がある。
- (4) 表面粗度が経年劣化しないため、竣工時と同じ流量が維持できる。
- (5) 軽量につき、施工性に優れている。
- (6) ライフサイクルコスト（LCC）に優れている。
- (7) 地球環境に優しい材料である。
  - ①ほぼ100%リサイクル可能である。

- ②ライフサイクル CO<sub>2</sub> (LCCO<sub>2</sub>) が低い。
- ③グリーン調達にマッチングしている。

## 2.2.6 ステンレス配管システム管の寿命

### (1) 寿命の定義

工業製品の寿命とは、使用中に被る種々のストレスや経年による劣化などにより、その機器の電氣的性能や機械的性能が低下して、使用上の信頼性や安全が維持できなくなるまでの期間をいい、例えば、金属の破壊に至るまでの時間などをいう。寿命には、期待寿命、平均寿命、平均故障寿命、疲労寿命、材料寿命などがあり、それぞれ以下のように定義する。

- (a) 期待寿命：製造者において設定された使用条件下で、製品が使用可能と推測される使用期間
- (b) 平均寿命：製造者において設定された使用条件下での製品の平均寿命
- (c) 平均故障寿命 (MTTF)：非修理アイテムの故障寿命の平均値 (JIS Z 8115信頼性用語により) と定義され、システムの寿命特性を示す尺度の一つ
- (d) 疲労寿命：金属疲労に代表される、繰返し応力作用時の破断限界に基づく使用期間
- (e) 材料寿命：樹脂管のクリープ特性に代表されるように、圧力や温度などの使用環境に基づく材料本体の使用期間

### (2) 直管の期待寿命

直管の寿命は、母材から漏水が発生したときとし、ステンレス配管では耐食性の面より決定される。対象は、給水・給湯・冷却水・冷温水・蒸気・蒸気還水・消火配管に適用された場合とする。また水質は、2.9.1 で示す水質基準 (残留塩素濃度, M アルカリ度, 塩化物イオン濃度) を適用された場合とする。

一般に、直管部での漏水の危険性が最も高い部位としては、ねじ接合箇所 (切削ねじ加工による厚さの減少) と溶接箇所 (金属組織への熱影響) が挙げられる。建築設備用に使用される薄肉ステンレス配管では、ほとんどが溶接での接合箇所であり、適切な作業管理を行うことにより、不具合の発生を未然に防止している。ステンレス配管では、腐食の面から、とくに異種金属接触腐食による劣化が懸念され、接合箇所に適切な絶縁処理を施し、耐食性能を向上させることが必要となる。

これらを考慮して、ステンレス製の直管の期待寿命は、表2.2-5のように想定される。

表 2.2-5 直管の寿命<sup>6)</sup>

適用	期待寿命	備考
実態水質に対して	200年以上	環境に応じた鋼種の選定要

※1) 対象は、給水・給湯・冷却水・冷温水・蒸気・蒸気還水・消火配管とする。

※2) 水質は、2.9.1節の水質基準を適用すること。

※3) 溶接は、適切な条件で行うこと。

注 超高耐久オールステンレス共用部配管システムガイドラインより引用

### (3) 継手の期待寿命

継手の寿命は、止水性能や可とう性などに要求される封止性能や耐圧性能を失ったときとし、メカニカル形管継手やハウジング形管継手は止水部に使用される合成ゴムの劣化状況によって決定される。

建築設備の流水箇所に、止水の目的で使用されている合成ゴムは、常時、残留塩素や水酸化イオンなどの酸化剤の影響や流水に伴うせん断力などの影響を受けており、複合した劣化要因の作用を把握し、使用年数などを検討する必要がある（表2.2-6参照）。

そこで、市場より回収された試料の分析結果、およびダンベル試験片を採用した熱老化試験、残留塩素に対する耐久促進試験の結果から、継手の機能を失ったとき、すなわち漏水が発生したときを想定し、止水箇所に使用される合成ゴムの寿命を推定するとともに、老化防止剤の残留率を基に、表2.2-7のように継手の期待寿命を予測した。

給水系統を対象とした場合、前述の試験結果より40年の使用期間で老化防止剤の残留率が10%程度となることから、期待寿命は50年程度としている。ただし合成ゴムの劣化は、流水との接触面積の影響が大きい。合成ゴムが流水と接触しない構造の継手（図2.2-2および図2.2-3のような合成ゴムが閉じ込められる構造の継手）では、流水との接触面積が小さく、使用年数による圧縮永久ひずみ率に大きな変化がなければ、期待寿命は前述の50年程度と想定される。一方、合成ゴムが常時流水に接触する構造の継手（図2.2-4のような構造の継手）では、接触面からの老化防止剤の溶出が促進されるため、期待寿命は20年程度となる。

残留塩素の影響に関しては、濃度が高くなるにつれて物性の低下は促進される傾向が認められる。薬剤が注入される系統で、残留塩素が1mg/Lを超えるような場合、給水系統における期待寿命（50年程度）を基準として1/1.5倍程度（30年程度）を期待寿命とする。

給湯系統に関しては、温度が2倍になると物性変化が2～4倍になることおよび、17年の使用期間で老化防止剤の残留率が10%程度となるという試験結果から、期待寿命は15～20年程度とする。

一方で、従来、メカニカル形管継手（図2.2-2および図2.2-3など）の合成ゴムの寿命を推定する場合には、老化防止剤の残留率ではなく、一つの物性値（圧縮永久ひずみ率など）を代表としたアレニウスプロット法が採用されている。例えば、熱劣化による影響のみを検討するのであれば、アレニウスプロット法により、寿命評価は概ね可能といえる。ステンレス協会規格「一般配管用ステンレス鋼鋼管の管継手性能基準 SAS322：2016」では、ゴムガスケットの熱影響に対する耐用年数を「実体による促進劣化試験」によって規定し、80℃で40年程度として管継手の期待寿命を設定している。さらに当該促進試験では、使用水温が常温（25℃前後）であれば、100年以上の寿命が期待できる（表2.2-8参照）。

表 2.2-6 合成ゴムの寿命に影響するパラメータ<sup>5)</sup>

適用	耐用年数	備考
残留塩素*	1/1.5 程度となる	実態状況下
水温**	1/4～1/2 程度となる	実態状況下
作用する力***	変化は少ない	実態状況下

\*) 残留塩素濃度が 1mg/L を超えるような場合に、影響を受けることを想定すること。

\*\*) 水温は、給湯系統等の水温が高い系統において、影響を受けることを想定すること。

\*\*\*) 作用する力による圧縮永久歪みへの影響は小さい。

注 超高耐久オールステンレス共用部配管システムガイドラインより引用

表 2.2-7 継手の期待寿命<sup>6)</sup>

適用	対象	流水との接触面積		備考
		小	大	
本体材質	給水、給湯、冷却水、冷温水、蒸気、蒸気還水、消火配管	200年以上		SUS304相当材含む
合成ゴム	給水、冷却水、消火配管	50年程度	20年程度	流水との接触面積と温度、残留塩素の影響を受ける
	給湯、冷温水	15～20年程度		

※ 1) 水質は、2.9.1 の水質基準を適用すること。

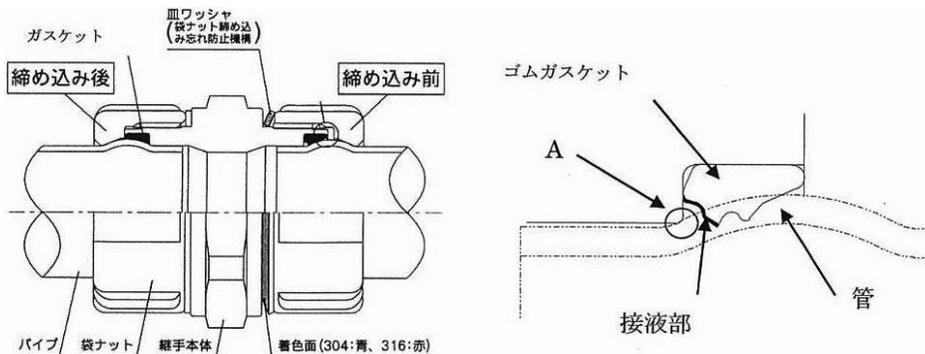
※ 2) 溶接は、適切な条件で行うこと。

注 超高耐久オールステンレス共用部配管システムガイドラインの表をベースとして作成

表 2.2-8 熱影響による促進劣化試験から設定した期待寿命

温度	80℃	70℃	25℃
期待寿命	40年	80年	100年以上
用途	給湯	給湯・冷温水	給水

注 本表の期待寿命は、メカニカル形管継手に適用する。24 時間連続使用を想定。残留塩素の影響は考慮していません。

図 2.2-2 合成ゴムが流水と接触しない継手の構造例<sup>1)</sup>

注 超高耐久オールステンレス共用部配管システムに関する技術開発平成 21 年技術開発報告書より引用

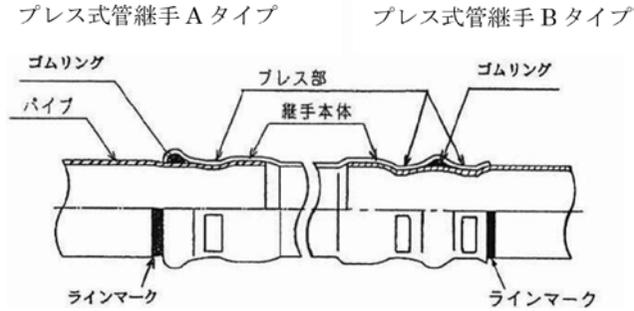


図 2.2-3 合成ゴムが流水と接触しない継手の構造例 2<sup>5)</sup>

注 超高耐久オールステンレス共用部配管システムに関する技術開発  
平成 21 年技術開発報告書より引用

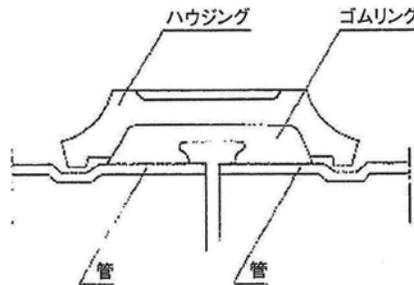


図 2.2-4 合成ゴムが流水と接触する継手の構造例 5<sup>5)</sup>

注 超高耐久オールステンレス共用部配管システムに関する技術開発  
平成 21 年技術開発報告書より引用

#### (4) 弁

弁の寿命は、次のいずれかの性能（機能）が不能となったときとし、ステンレス配管に適した弁材質の選定、適切な使用法および維持管理を行うことにより決定される。

- ① 耐圧性能：パッキンおよびガスケットなど消耗部品以外の耐圧性能
- ② 封止性能：流体を止める性能
- ③ 作動性能：弁を作動（操作）する性能

弁の法定耐用年数は 15 年とされているが、30 年の使用実績もみられるので、耐圧性能、封止性能および作動性能を材質の耐久性（ステンレスと銅合金の異種金属接触腐食およびステンレスと銅合金その他の材質の耐食性比較）の視点から、弁の期待寿命を予測した。なお、耐圧性能は弁本体（弁箱、ふた）の材料、封止性能は弁座（弁体、弁箱付弁座）の材料、作動性能は弁棒の材料に対する耐食性の面から、次の材質を対象に検討した。

- (a) 耐圧性能に係わる弁箱およびふた：ステンレス、青銅
- (b) 封止性能に係わる弁座：弁体－ステンレス、青銅、耐脱亜鉛黄銅  
弁箱付き弁座－ステンレス、青銅、PTFE、合成ゴム
- (c) 作動性能に係わる弁棒：ステンレス、耐脱亜鉛黄銅

ステンレス配管における銅合金製弁の腐食に関して、次のデータに基づいて検討を行ない、材質による弁の期待寿命を評価した結果を表2.2-9、表2.2-10に示す。

- ① 異種金属接触腐食に関する文献
- ② 模擬循環腐食試験
- ③ 市場回収品の調査

一般に、共用部配管に使用される弁は、仕切弁、ボール弁及びバタフライ弁であり、呼び径50A以上では、配管スペースが狭くて済む、質量が軽い、操作性が良いなどの理由から、バタフライ弁が使用されることが多いため、同表では呼び径別に示している。

表 2.2-9 呼び径 50A 以下の弁の耐久性評価（仕切弁またはボール弁）<sup>6)</sup>

弁種	本体	弁座		弁棒	評価
		弁体	弁箱付き弁座		
仕切弁	ステンレス	ステンレス	ステンレス	ステンレス	◎
	青銅	青銅または耐脱亜鉛黄銅	青銅	耐脱亜鉛黄銅	○
ボール弁	ステンレス	ステンレス	PTFE	ステンレス	◎
	青銅	ステンレスまたは耐脱亜鉛黄銅	PTFE	耐脱亜鉛黄銅	○

※ 1) ◎：40年の期待寿命に相当する耐食性を有している。

※ 2) ○：水質に起因する軽微な腐食が発生することがある。

注 超高耐久オールステンレス共用部配管システムガイドラインより引用

表 2.2-10 呼び径 50A 以上の弁の耐久性評価（バタフライ弁）<sup>6)</sup>

弁種	弁箱	弁座		弁棒	評価
		弁体	弁箱付き弁座		
中心形	アルミ合金他 (接液しない)	ステンレス	合成ゴム	ステンレス	△
偏心形	ステンレス	ステンレス	PTFE	ステンレス	◎

※ 1) ◎：40年の期待寿命に相当する耐食性を有している。

※ 2) △：バタフライ弁のゴムの耐久性は10～15年である。

注 超高耐久オールステンレス共用部配管システムガイドラインより引用

## 2.3 ステンレス配管の経済性・環境評価

### 2.3.1 一般配管用ステンレス鋼管の経済性評価

コスト計画を行うことは、事業を実現するためには必要不可欠であるが、初期建設費（工事費）の算出だけではなく、計画・設計・施工・維持管理・廃棄まで含めたライフサイクルコスト（LCC）の算出することも重要である。

#### (1) 工事費

工事費の算出は、事業の実現のために全体工事費を算出する一工程として行うものであるが、その前の基本計画などにおいてはステンレス配管と他配管の工事費を算出し、配管選定の判断基準とする場合もある。

これを配管工事に限定して説明すると、設計図面に基づき、配管や弁などの仕様や長さ・数量を計測・計量し、配管の単価を乗じて積み上げ、積算内訳書を作成するために行うものである。単価は、材料費に搬入・据付などの労務費を含めた複合単価とする場合が多く、これに試験費・仮設諸経費・諸経費などを積み上げ、積算内訳書とする。

公共工事で使用される複合単価の基準に「公共建築工事積算基準 公共建築工事標準単価積算基準」があり、民間工事においても準用されることが多い。配管については、配管の材料、配管の継手の種類、配管の施工部位ごとに、管径ごとの表が作られている。

表2.3-1～表2.3-3に、ステンレス配管の複合単価の標準歩掛りの掛け率等を示す。管単価や配管工の労務費には、公表されている市場単価を入れ、その他は労務費の20～30%とする。

表 2.3-1 一般配管用ステンレス鋼管（給水・給湯）圧縮、プレス接合<sup>7)</sup>

摘 要		単位	材 料				配管工 [人]	はつり補修	その他
施 工 箇 所	呼び径		管 [ m ]	継 手	接合材等	支持金物			
屋内一般配管	13	m	1.10	1式 (管単価× 1.45)	—	1式 (管単価× 0.10)	0.052	1式 (労務費× 0.08)	1式
	20						0.071		
	25						0.090		
	30						0.106		
	40						0.132		
	50						0.149		
	60						0.185		
機械室・便所配管	13	m	1.10	1式 (管単価× 2.30)	—	1式 (管単価× 0.10)	0.062	1式 (労務費× 0.08)	1式
	20						0.085		
	25						0.108		
	30						0.127		
	40						0.158		
	50						0.179		
	60						0.222		
屋 外 配 管 (架空・暗渠内・共同溝内)	13	m	1.05	1式 (管単価× 1.25)	—	1式 (管単価× 0.10)	0.047	—	1式
	20						0.064		
	25						0.081		
	30						0.095		
	40						0.119		
	50						0.134		
	60						0.167		
地 中 配 管	13	m	1.05	1式 (管単価× 0.90)	—	—	0.036	—	1式
	20						0.050		
	25						0.063		
	30						0.074		
	40						0.092		
	50						0.104		
	60						0.130		

注 公共建築工事標準単価積算基準（令和6年改訂）より引用

表 2.3-2 一般配管用ステンレス鋼鋼管（給水・給湯）拡管式接合<sup>7)</sup>

摘 要		単位	材 料				配管工 [人]	はつり補修	その他
施 工 箇 所	呼び径		管 [ m ]	継 手	接合材等	支持金物			
屋内一般配管	13	m	1.10	1式 (管単価× 1.60)	—	1式 (管単価× 0.10)	0.052	1式 (労務費× 0.08)	1式
	20						0.071		
	25						0.090		
	30						0.106		
	40						0.132		
	50						0.149		
	60						0.185		
機械室・便所配管	13	m	1.10	1式 (管単価× 4.27)	—	1式 (管単価× 0.10)	0.062	1式 (労務費× 0.08)	1式
	20						0.085		
	25						0.108		
	30						0.127		
	40						0.158		
	50						0.179		
	60						0.222		
屋 外 配 管 (架空・暗渠内・共同溝内)	13	m	1.05	1式 (管単価× 1.35)	—	1式 (管単価× 0.10)	0.047	—	1式
	20						0.064		
	25						0.081		
	30						0.095		
	40						0.119		
	50						0.134		
	60						0.167		
地 中 配 管	13	m	1.05	1式 (管単価× 1.00)	—	—	0.036	—	1式
	20						0.050		
	25						0.063		
	30						0.074		
	40						0.092		
	50						0.104		
	60						0.130		

注 公共建築工事標準単価積算基準（令和6年改訂）より引用

表 2.3-3 一般配管用ステンレス銅鋼管(冷温水・給水)ハウジング形管継手<sup>7)</sup>

摘 要		単位	材 料				配管工 [人]	はつり補修	その他
施 工 箇 所	呼び径		管 [ m ]	継 手	接合材等	支持金物			
屋内一般配管	60	m	1.10	1式 (管単価× 1.47)	-	1式 (管単価× 0.10)	0.106	1式 (労務費× 0.08)	1式
	75						0.133		
	80						0.173		
	100		1.05	1式 (管単価× 1.10)			0.256		
	125						0.302		
	150						0.368		
	200						0.485		
	250						0.653		
	300						0.787		
機械室・便所配管	60	m	1.10	1式 (管単価× 2.32)	-	1式 (管単価× 0.10)	0.127	1式 (労務費× 0.08)	1式
	75						0.159		
	80						0.207		
	100		1.05	1式 (管単価× 1.69)			0.307		
	125						0.363		
	150						0.441		
	200						0.582		
	250						0.784		
	300						0.944		
屋 外 配 管 (架空・暗渠内・共同溝内)	60	m	1.10	1式 (管単価× 1.24)	-	1式 (管単価× 0.10)	0.095	-	1式
	75						0.119		
	80						0.155		
	100		1.05	1式 (管単価× 0.94)			0.230		
	125						0.272		
	150						0.331		
	200						0.437		
	250						0.588		
	300						0.708		

注 公共建築工事標準単価積算基準(令和6年改訂)より引用

また、弁などの配管付属品の複合単価作成用の歩掛表を、表2.3-4に示す。

表 2.3-4 配管付属品の複合単価作成用の歩掛表<sup>7)</sup>

細 目	摘 要	単 位	材 料	配管工[人]	そ の 他	備 考
	呼び径		弁類[個]			
弁 類 (仕切弁、玉形弁、逆止弁、ボール弁、減圧弁、安全弁、コック、エア抜弁、吸排気弁、ストレーナ) (バタフライ弁) (多量トラップ) (高圧トラップ) (低圧トラップ)	15	個	1	0.07	1式	バタフライ弁は、配管工の歩掛りを50%、多量トラップは、配管工の歩掛りを200%とする。
	20			0.08		
	25			0.09		
	32			0.11		
	40			0.13		
	50			0.16		
	65			0.28		
	80			0.34		
	100			0.40		
	125			0.48		
	150			0.65		
	200			0.72		
	250			0.90		
300	1.10					

注 公共建築工事標準単価積算基準（令和6年改訂）より引用

図2.3-1、図2.3-2にステンレス配管の屋内一般仕様の複合単価を配管材ごとに比較した。内径基準および単位流量（単位摩擦損失500Pa）あたりの複合単価を示す。ステンレス鋼管は給水で汎用されている塩化ビニルライニング鋼管や、給湯で汎用されている耐熱塩化ビニルライニング鋼管と比較して、コスト的に優れた材料であることがわかる。

冷温水配管についても、ステンレス鋼管は汎用的に使用されている配管用炭素鋼鋼管と比較して、コスト的に優れた材料であることがわかる。

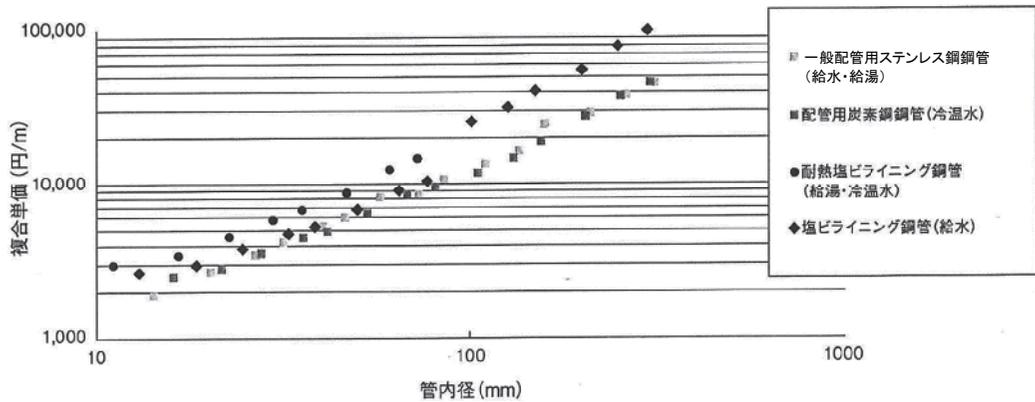


図 2.3-1 管内径あたりの複合単価<sup>8)</sup>

※ 1) 一般配管用ステンレス鋼管の継手は、60Su 以下は圧縮式、75Su 以上はハウジング継手とし、その他の配管継手は、80A 以下はねじ、100A 以上はフランジとする。

注 作成：小原直人（建築設備工事積算実務マニュアル 2010、全日出版社により計算）

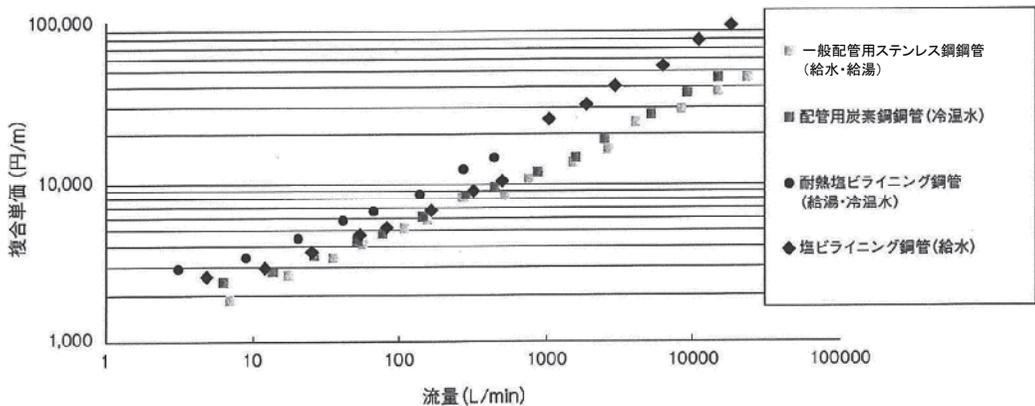


図 2.3-2 単位流量（単位摩擦損失 500Pa）あたりの複合単価<sup>8)</sup>

※ 1) 一般配管用ステンレス鋼管の継手は、60Su 以下は圧縮式、75Su 以上はハウジング継手とし、その他の配管継手は、80A 以下はねじ、100A 以上はフランジとする。

注 作成：小原直人（建築設備工事積算実務マニュアル 2010、全日出版社により計算）

## (2) ライフサイクルコスト

ライフサイクルコスト（Life Cycle Cost, 以下LCC と記す）は生涯費用と訳され、建築物の企画設計・建設・運用管理・解体再利用の一連で消費される全コストを集計してその経済性を評価する方法である。

LCC法は、アメリカで1960年代に開発・運用されている方法で、日本においてもいくつかの研究がなされてきているが、「建築物のライフサイクルコスト」(建築保全センター・1993)により算定法が紹介されている。ここには概算法と精算法が用意されているが、ステンレス配管については、データベース上では、30Aの工事費および撤去・更改係数が準備されている。

設備は、運転の維持管理費が高く施工費の3倍程度といわれているため、そのシステム比較に有用である。計算手法には多くのものがあり、そのうち年経費法と年経費現価法が広く用いられている。ただし、これらの方法は費用の比較であるから、比較する対象案の間で性能に差のないことが前提になる。年経費法は、年経費すなわち「設備投資額を回収するために各年に割り当てられる費用(資本回収比)と設備を維持していくために毎年必要とする水・ガス・電気料金、維持管理費などを合わせた、ある年の総費用」の少ない案を経済的に有利とする比較方式であり、将来、追加投資がなく、初年度1回だけの場合や取換えを検討する場合は、この案で十分、比較できる。ある設備の年経費は下式で与えられる。

$$A = fC + E - S / (1 + i)^n$$

価格変動率を考慮すると、

$$A = f[C + \{(1 + i)^n - (1 + k)^n\} / \{(1 - k) - (1 + k)^n\} E] - S(1 + k)^n / (1 + i)^n$$

ただし、 $i = k$  の場合は

$$A = f(C + nE) - S$$

ここに、

A : 年経費

C : 工事費 (設備工事費・スペースの建築工事費およびそれらの間接費を合算したもの)

S : 純残価 (n年後に設備を処分して得られる収入)

f : 資本回収係数

$$f = i(1 + i)^n / \{(1 + i)^n - 1\}$$

i : 利率

k : 価格変動率

n : 設備使用期間 (平均実用寿命)

E : 年間費

配管工事については、建設時・修繕時・撤去時の工事費用および維持管理・運用時の費用を集計する。ステンレスの特質は長寿命を期待できる材料であるとともに、非常にリサイクル性の高い金属であることである。ライフサイクルわたってのコスト低減の可能性が期待され、LCCが効果的である。

ステンレス配管の配管本体の計画更新年数は、適切な溶接と、流体の適切は水質管理などによって200年が期待できるとされているが、それと同時に、継手や弁類などに使用する合成ゴ

ムなどの寿命の短い材料の更新計画や、附帯工事の更新計画を適切にすることがLCCを小さくするために必要である。

ステンレス配管の長寿命を活かした、継手や弁の交換スケジュールを立案し、経済性に配慮したステンレス配管システムについてLCC評価を行い、検討を行う。

図2.3-3、図2.3-4に、LCC単価（円/年・m）を示す。配管は屋内一般仕様、建物寿命を100年、配管の耐用年数をBELCA（ロングライフビル推進協会）によるものとするが、圧縮式のステンレス配管（機械式継手の一種）は、耐用年数を50年とする。図2.3-3には内径基準の複合単価を示し、図2.3-4には流量基準の複合単価を示す。

ステンレス配管は給水で汎用されている塩化ビニルライニング鋼管や、給湯で汎用されている耐熱塩化ビニルライニング鋼管と比較して、優れた材料であることがわかる。冷温水配管についても、汎用的に使用されている配管用炭素鋼管と比較して、優れた材料であることがわかる。

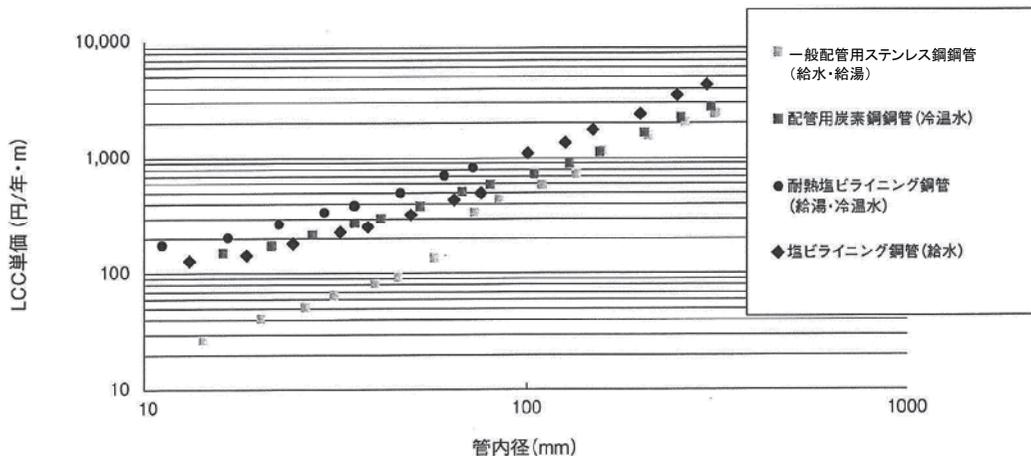


図 2.3-3 管内径あたりの LCC<sup>8) 9)</sup>

※ 1) 一般配管用ステンレス鋼管の継手は、60Su 以下は圧縮式、75Su 以上はハウジング継手とし、その他の配管継手は、80A 以下はねじ、100A 以上はフランジとする。

注 作成：小原直人（建築設備工事積算実務マニュアル 2010 および建築設備の環境保全設計マニュアルにより計算）

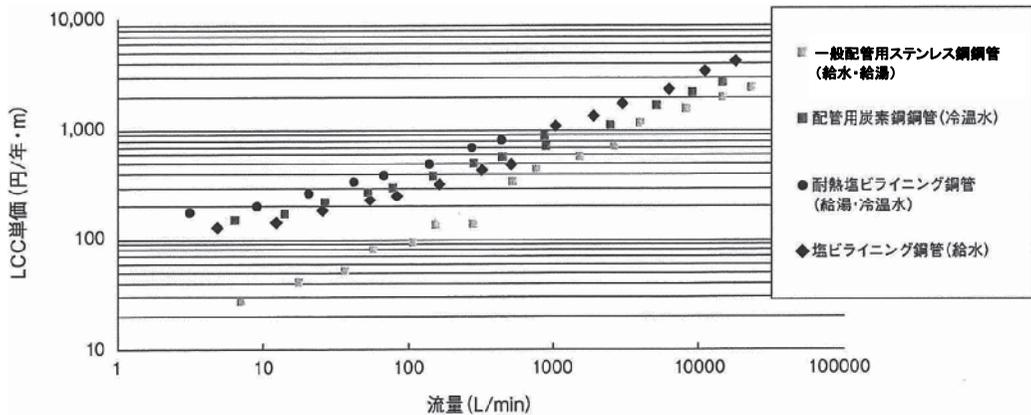


図 2.3-4 単位流量（単位摩擦損失 500Pa）あたりの LCC<sup>8) 9)</sup>

※ 1) 一般配管用ステンレス鋼鋼管の継手は、60Su 以下は圧縮式、75Su 以上はハウジング継手とし、その他の配管継手は、80A 以下はねじ、100A 以上はフランジとする。

注 作成：小原直人（建築設備工事積算実務マニュアル 2010 および建築設備の環境保全設計マニュアルにより計算）

### 2.3.2 一般配管用ステンレス鋼鋼管の環境評価

人類の活動による環境影響は、従来の局地的影響から、現在では地球環境問題として顕在化しており、建築とその運用についても、適切かつ緊急な対処が必要になっている。

わが国では、建築分野においては、エネルギー使用の合理化に関する法律（通称省エネ法）があり、PAL（年間熱負荷係数）あるいは CEC（空調・給湯・動力などのエネルギー消費係数）などの係数を定め、近年はその規制の対象用途や面積の範囲を拡大し、評価方法も充実させて省エネルギー化を推進している。

一方で、地球環境に及ぼす負荷を小さくするためには、エネルギー量の削減量の評価だけでは不十分であり、CO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub> などの地球温暖化ガスや廃棄物量の削減による評価が有効である。特に、地球温暖化ガスとして最も影響度が高いとされる CO<sub>2</sub> の発生量を指標として評価することが一般的である。

材料や機器の環境負荷は、単純に建設時の地球温暖化ガス量で評価するのではなく、運用や廃棄・リサイクルまで含めた評価をする必要があり、そのような手法としてライフサイクルアセスメント（LCA）やライフサイクル CO<sub>2</sub>（LC CO<sub>2</sub>）がある。

ステンレスは、長寿命が期待でき、さらに半永久的にリサイクルできる金属であるから、ステンレス配管を採用することは、産業廃棄物や CO<sub>2</sub> 排出量等の環境負荷を低減することでもある。

ステンレスの環境上の優位性は、LCCO<sub>2</sub> によって評価することができる。この環境評価に関する考え方と方策については、詳しくは空気調和・衛生工学会編集の“空気調和・衛生設備の環境負荷削減対策マニュアル”に示されている。

#### (1) 地球温暖化ガスの発生原単位

CO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub> などの地球温暖化ガスの原単位には、現在のところ総務省が取りまとめ

行っている産業連関表に基づくものと、材料メーカーや所属団体のまとめた積上げ法によるものとがある。産業連関表は、マクロな分析であり、厳密な計算には限界があるといわれ、積上げ法が可能な場合は、積上げ法によることが望ましいといわれている。

表2.3-5に主要配管材料およびステンレス鋼管の地球温暖化ガスの発生原単位を示す。ステンレス鋼管に限っては、産業連関表と積上げ法による差異は少ない。

表 2.3-5 配管・弁類等の地球温暖化ガスの原単位<sup>9)</sup>

配管材	積上げ法				産業連関表による法			
	エネルギー (MJ/kg)	CO <sub>2</sub> (kg-CO <sub>2</sub> /kg)	SO <sub>2</sub> (kg-SO <sub>2</sub> /kg)	NO <sub>x</sub> (kg-NO <sub>x</sub> /kg)	エネルギー (MJ/kg)	CO <sub>2</sub> (kg-CO <sub>2</sub> /kg)	SO <sub>2</sub> (kg-SO <sub>2</sub> /kg)	NO <sub>x</sub> (kg-NO <sub>x</sub> /kg)
塩化ビニルライニング鋼管	23520	1.533	0.002608	0.004547	22.631	1.497	0.00265	0.005195
ステンレス鋼管	—	2.67	0.004742	0.009443	40.457	2.683	0.004746	0.009451
塩化ビニルライニング鋼管	27.518	1.561	0.00206	0.002267	50.517	3.148	0.004408	0.00702
架橋ポリエチレン管	40.092	2.167	0.003162	0.002503	—	—	—	—
ポリブテン管	25.820	3.863	0.00469	0.00583	—	—	—	—
銅管	—	—	—	—	48.947	3.119	0.005589	0.006205
配管用炭素鋼管	—	—	—	—	22.289	1.488	0.002612	0.00511
鉛管	—	—	—	—	31.487	2.78	0.003433	0.004007
鋳鉄管	—	—	—	—	30.472	2.368	0.003224	0.005238
青銅弁	63.242	3.3258	0.0023	0.0023	—	—	—	—
黄銅弁	42.686	2.3554	0.0014	0.0011	—	—	—	—
鋳鉄弁	29.563	—	0.012	0.0013	—	—	—	—
ダクタイル弁	29.584	1.458	0.025	0.026	—	—	—	—
ステンレス弁	66.213	3.5625	0.0026	0.0025	—	—	—	—
アルミバタフライ弁	15.062	8.8469	0.052	0.3443	—	—	—	—

注 建築設備の環境保全設計マニュアルより引用

## (2) ライフサイクル CO<sub>2</sub> (LCCO<sub>2</sub>)

国際標準化機構 (ISO) では、ISO14040 (Principles and frame work) や、ISO14044 (Requirements and guidelines) などで製品等の原材料の採取から製造、使用及び処分に至る生涯を通しての環境影響を定量的に調査する技法であるライフサイクルアセスメント (LCA) として規定されており、日本では、これに対応する規格として JIS Q14040・JIS Q14044 が規定されている。

建築設備においては、LCA の一手法であるライフサイクル CO<sub>2</sub> (LCCO<sub>2</sub>) により CO<sub>2</sub> 排出量を計画・設計・施工・運用・改修・廃棄にわたってトータル的に評価することが一般的になっている。

ステンレス鋼管は、内径基準および単位流量 (単位摩擦損失500Pa) あたりの LCCO<sub>2</sub> (CO<sub>2</sub>kg/m) をそれぞれ図2.3-5、図2.3-6 に示す。屋内一般仕様、建物寿命を100年、配管の耐用年数を BELCA (ロングライフビル推進協会) によるものとするが、機械式継手を用いたステンレス配管は、耐用年数を50年とする。

ステンレス鋼管は、給水で汎用されている塩化ビニルライニング鋼管や、給湯で汎用されている耐熱塩化ビニルライニング鋼管と比較して、LCCO<sub>2</sub> の面で優れた材料であることがわかる。

冷温水配管についても、ステンレス鋼管は、汎用的に使用されている配管用炭素鋼管と比較して、優れた材料であることがわかる。

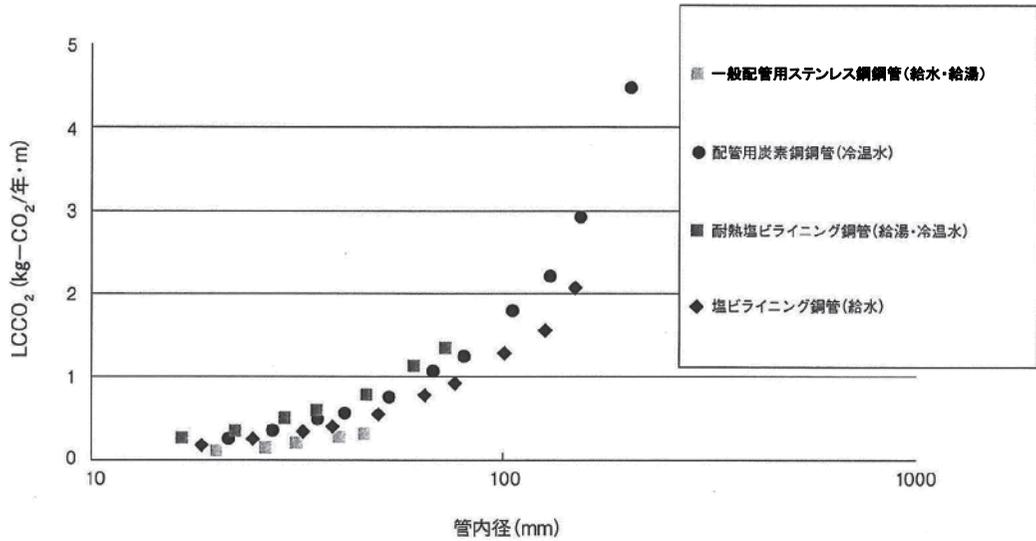


図 2.3-5 内径あたりの LCCO<sub>2</sub><sup>9)</sup>

※ 1) 一般配管用ステンレス鋼管の継手は、60Su 以下は圧縮式、75Su 以上はハウジング継手とし、その他の配管継手は、80A 以下はねじ、100A 以上はフランジとする。

注 作成：小原直人（建築設備の環境保全設計マニュアル P241 による、ただし、一般配管用ステンレス鋼管圧縮式は、耐用年数を 50 年として再計算した）

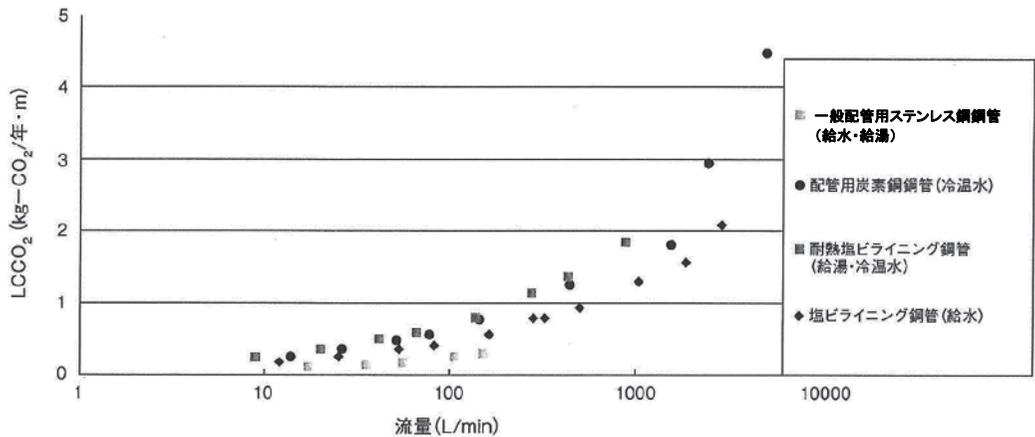


図 2.3-6 単位流量（単位摩擦損失 500Pa）あたりの LCCO<sub>2</sub><sup>9)</sup>

※ 1) 一般配管用ステンレス鋼管の継手は、60Su 以下は圧縮式、75Su 以上はハウジング継手とし、その他の配管継手は、80A 以下はねじ、100A 以上はフランジとする。

注 作成：小原直人（建築設備の環境保全設計マニュアル P241 による、ただし、一般配管用ステンレス鋼管圧縮式は、耐用年数を 50 年として再計算した）

### 2.3.3 一般配管用ステンレス鋼管のリサイクル性

①世界は大量消費型社会から循環型社会へと急速に変わろうとしている。100%リサイクルできるステンレスは、これからの循環型社会の貴重な資源である。高価な金属を無駄にしないためにも、ステンレス配管システムのリサイクルを推進すべきである。

ステンレスは、さびにくいいため、ほぼ 100%リサイクルすることが可能である。再溶解するだけで何度でも新しい素材に生まれ変わることができる。ステンレス配管システムを含む多く

のステンレス製品は、原料の約65%がリサイクルスクラップである。

また、ステンレスには耐食性を保たせるためにもクロムやニッケルといった貴重で価値の高い金属がたくさん含まれており、端材や廃材となったスクラップも他の管材と比べ、リサイクル業者に高価で引き取ってもらえる（ただし、ステンレスの鋼種を明確にしておくことが必要な場合がある）。

つまり、資源価値があり、長寿命が期待でき、さらに半永久的にリサイクルできるステンレス配管システムを採用することは、将来に貴重な財産を残すことになり、産業廃棄物やCO<sub>2</sub>排出量等の環境負荷を低減することができる。

②ステンレス配管システムのリサイクルは、すでに始まっており、ステンレスを製造設備に使用してきた食品メーカーや、化学工業関連の会社、さらにステンレスを製品素材として使用してきた加工メーカーなどでは、ステンレスのリサイクルは当たり前で、ステンレスの板や帯については80%以上が回収されている。

一方で、建築設備配管システムとしてステンレス鋼管や継手などが使われ始めて、すでに45年以上が経過したが、耐久性の良いステンレス配管は、まだ建築廃材（スクラップ）になる量が少なく、ステンレス配管システムのリサイクルは今後、建て替えの増加に伴い、年々増加すると考えられる。

③ステンレス製品には、既にリサイクルシステムが出来上がっており、そのシステムを安心して利用できる。ステンレスは、鉄鋼材料の一種類として、日本鉄リサイクル工業会の会員会社により回収され、電気炉メーカーに送られる。すなわちステンレスには、すでに立派なリサイクルシステムがある。

## 2.4 配管計画

### 2.4.1 配管設計上の特徴と留意点

配管計画は、建物の様式・構造や設備システムに関係し、これらが基本計画から実施へと進められる中で順次つめられて行くものであるが、ここでは一般配管用ステンレス鋼管が設計上、どう特徴づけられるかという点について述べる。

表2.4-1は“配管設計”を、配管に関して何を決定しなければならないかという見方で整理したものである。この項目のうち、一般配管用ステンレス鋼管と特にかかわりのあるのは、管材質・管径・管の厚さ・管継手の形状とその使用箇所、管の熱膨張・伸縮の吸収・支持方法、保温・保冷の仕様及びガスケットの仕様である。

管材質については、単に“ステンレス鋼管”というような受け取り方をすると、その反動として“全く問題のない管材”というような一般的解釈に陥りがちとなる。基礎編を参照されたいが、一般配管用ステンレス鋼管の主な特徴に触れれば、オーステナイト系ステンレス鋼であることから、焼入れ硬化性がない代わりに加工硬化性があること、400～850℃に粒界腐食を生じさせる温度範囲をもつなどの物理的性質を有することである。このことにより、溶接性に優れているものの、その作業は十分な不活性雰囲気内で行うなどの注意と、曲げ加工の許容曲げ半径の取り方に留意することなどを喚起している。溶接部は本来、溶接後1000～1100℃に昇温した後、急冷する溶体化処理をすることが望ましいが、本マニュアルが対象としている配管については、上述の注意を払えば、そこまで行わなくてもよいと考えてよい。物理的性質の特徴としては、銅管と同等の熱膨張係数を持ち、よく伸びることが挙げられ、これは、配管経路の取り方や支持方法に関係する。また機械的性質としては、非常に硬いことが特徴で、例えばブリネル硬さでは軟鋼のほぼ2倍の値を示し、耐キャビテーション性に優れた性質をもっている。

管径および管の厚さについては、前述の“寸法呼称”が、銅管および鋼管の外径と対応していることと、その呼称が従来の鋼管の呼称と“ずれている”ことに注意することが挙げられ、次に、管の厚さが薄いことである。この管の厚さが薄いということは、搬送上軽いという点はもとより、配管寸法決定上、管内径が大きいということと、内面の粗さが鋼管に比較して滑らかであることから、銅管と同じ外径、同じ圧損の場合、流量を増やす又はダウンサイジングが可能という設計上の特徴をもつ。

一般配管用ステンレス鋼管の接合については、メカニカル形管継手（SAS322）、ハウジング形管継手（SAS361）、フランジ接合、溶接接合、ねじ接合、伸縮可とう式管継手などの形式がある。これらは大きく6種類に分類できるが、それぞれに特徴がある。（それぞれの特徴については施工編「3.6 管の接合」を参照のこと）

どの形式の継手を選ぶかは、どの特徴を評価するかによるが、それは次のような点を検討す

ることによって行うことが考えられる。第一に、腐食防止上の特徴として、すきまを形成しないこと、過度の応力が残る部分のないこと、施工時に粒界腐食の起こる温度範囲に長時間さらされないことなどである。

配管の支持については、管の熱膨張係数が大きいことから、変位の吸収については鋼管より大きな量を必要とするし、結果的に伸縮継手の位置や、固定・支持、レストレイント（軸直角方向を拘束した支持）の位置についての検討が要求される。

保温、保冷およびガスケットについては、結露部分、接液部分で、それぞれの材料からハロゲンイオン（特に塩化物イオン）の溶出がないことが望まれる。しかし、実用の保温・保冷材では致命的な問題になっていないと考えてよく、配管設計の際には事前に確認をしておく程度（保温・保冷材、ガスケット材メーカーとの協議をする）で十分であると考えられる。また、ガスケット材については、すきまを構成しない構造を持つものを選定すべきである。

表 2.4-1 一般配管用ステンレス鋼鋼管の配管設計の特徴と留意点

決定事項	ステンレス鋼管としての特徴	留意点
(1) 管材質	耐食性に優れている。ただし使い方を誤ると、ハロゲンイオンにより孔食、すきま腐食、応力腐食割れなどの局部腐食を起こすことがある。非磁性。	手溶接に注意する。ハロゲンイオンに弱い、特に海水、井水への使用には注意（成分により腐食の危険性あり）。
(2) 管径	Su 呼称。内径が大。内面粗さが小。場合により管径を 1 サイズないし 2 サイズ落とせる。	銅、鋼管呼称との照合に注意。最大流速は 3.5m/s。但し、ウォーターハンマーに注意。
(3) 管の厚さ	薄い。軽い。	取扱いの時、変形させないように注意。
(4) 配管ルート	在来管通り。	
(5) 管の配列	〃	
(6) 分岐および合流方法	〃	
(7) 継手の形状とその使用箇所	メカニカル形管継手、ハウジング形管継手、フランジ接合、溶接接合、ねじ接合、伸縮可とう式管継手、に大別する。	異種金属：確実に絶縁する。溶接：バックシールドを確実に行うと共に、入熱管理を行う。
(8) 支持方法	異種金属接触腐食（ガルバニック腐食）に注意する必要がある。	絶縁支持。
(9) 弁の形状とその使用箇所	在来管通り。	弁材質と施工法に注意。ステンレス製弁の使用を検討する。
(10) 管の熱膨張・伸縮の吸収	伸びる（変位が大きい）。ほぼ銅管程度の伸縮量である。	伸縮継手の材質や伸縮量を正しく把握して、これを吸収する措置をとる。
(11) 保温・保冷の仕様	ハロゲンイオンに弱い。	塩化物イオンの溶出のないこと（特に結露のある場合や漏れ、屋外浸入水に注意）。
(12) ドレン抜き・エア抜きの方法	在来管通り。	
(13) ガスケットの仕様	ハロゲンイオンを多量に含んだものはすきま腐食を起こすことがある。	ステンレス専用のものを使用する。

## 2.5 配管のサイズ決定

### 2.5.1 流速基準

配管の管径を決定する場合、多くは等摩擦損失法が用いられる。これは、単位摩擦損失圧力がある一定に設定して、流速に対応する管路を選ぶ方法であるが、この方法によれば流量の増加に従って流速も増す。そこで流速にもある限界を設けて、エロージョンや水撃作用への影響を少なくする方法を併用する。

各管種の流速基準を図2.5-1に示す。流速は、図中の実線部で示す範囲が一般に適用されているが、一般配管用ステンレス鋼鋼管については耐キャビテーション性および耐食性に優れていることなどから、鋼管より速い流速を採用することが可能であり、3.5m/sを上限とした。

ただし、流速基準をどこにおくかは大変に難しく、管径や配管される場所等で分類する、また図示以外では年間運転時間数に流速基準に対応する等の例がみられるが、これらを参考にしているのが現状である。しかし、図2.5-1からもみられるように、小口径管ほど、単位摩擦損失圧力が大きくなるように流速を抑えなければならないということは理解でき、前述の等摩擦損失法と流速の上限値を併用する方法によれば、自然と小口径管になるほど流速が小さく選定できることから、実用的な方法であることが十分にわかる。

種別		管内流速(m/s)				
		1	2	3	4	
空調 配管	一般配管用ステンレス鋼鋼管	0.6	2.0	3.5		
	鋼管	125A以上		2.1	2.8	
		50~100A	1.2	2.1		
		40A以下	0.6	1.2		
	ポンプ吸込管		1.4	2.1		
鋼管	0.6	1.5	1.8			
給水 給湯 配管	一般配管用ステンレス鋼鋼管	0.6	2.0	3.5		
	鋼管	一般鋼管	0.5	1.2		
		ポンプ吸込管	0.5	1.0		
		ポンプ吐出管		1.5	2.0	
鋼管	0.5	1.5				

図2.5-1 各種管材の流速基準<sup>9)</sup>

※ 1) 一般配管ステンレス鋼鋼管を流速 2.0m/s 以上で使用する場合、騒音、振動、水撃作用、圧送動力などを考慮すること。

表 2.5-1 一般配管用ステンレス鋼鋼管と他種管との流量比較 (l/min, ヘーゼン・ウイリアムスの式による)

管 種	流量決定根拠	呼径 (mm)														
		20	25	30	40	50	60	75	80	100	125	150	200	250	300	
一般配管用ステンレス鋼鋼管 (C=150 <sup>*1</sup> )	v=2.0による	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	R=440による	7	16	34	53	101	144	257	486	720	1,424	2,461	4,180	7,294	11,296	
	v=3.5による	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
配管用炭素鋼鋼管 (C=100 <sup>*2</sup> )	v=2.0による	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	R=440による	6	13	25	49	73	138	265	417	841	1,488	2,270	3,949	6,090	8,750	
	v=3.5による	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
塩ビライニング鋼管 (C=130 <sup>*3</sup> )	v=2.0による	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	R=440による	5	11	24	50	78	153	306	475	967	1,515	2,126	3,759	5,806	8,409	
	v=1.4による	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
銅 管 (C=130 <sup>*3</sup> )	v=2.0による	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	R=440による	6	15	30	—	51	79	160	265	380	660	1,025	1,470	2,580	4,006	

v : 流速 (m/s) R : 単位摩擦損失圧力 (Pa/m) C : 流量係数

- ※1 ステンレス協会の調査結果より
- ※2 空気調和衛生工学会 第14版 空気調和設備編より
- ※3 SHAFS206-2019 給排水衛生設備基準・同解説より

図2.5-2は、流量線図上で摩擦損失圧力値とともに、流量基準を設定して適用範囲を示したものである。一般配管用ステンレス鋼管が耐キャビテーション性に優れており流速を速められることから、経済性に優れる。ただし、管内流速2.0m/s以上で使用する場合は、騒音や振動、水撃作用および圧送動力などを考慮する必要がある。

一般配管用ステンレス鋼管を用いた場合、配管用炭素鋼管と比較して、同じ呼び径でも内径が大きいことと、流量線図上での適用範囲を広げられることから、同じ流量に対して小さな管径を選定できる。表2.5-1は、その一例（空調配管）として、管材ごとに流量をヘーゼン・ウィリアムスの式によって試算したものである。流速基準と単位摩擦損失圧力は、図2.5-2の通常適用範囲に準じて、2.0m/s（銅管は1.4m/s）と440Pa/mとを用いたが、一般配管用ステンレス鋼管については3.5m/sも加えた。表2.5-1から明らかなように、流量が流速基準によって決定される範囲で管サイズがより落とせることがわかる。例えば、一般配管用ステンレス鋼管の流速 $V=3.5\text{m/s}$ 、流量 $Q=7000\text{l/min}$ のときの200Aに対して、配管用炭素鋼管では300Aとなり2サイズの差となる。なお、給水配管のように、高置タンクと器具との位置圧力および器具の必要圧力から決まる動水勾配により管径決定する場合は、必ずしも流速基準によらない場合もあり、そのときは上記の例を適用できない。

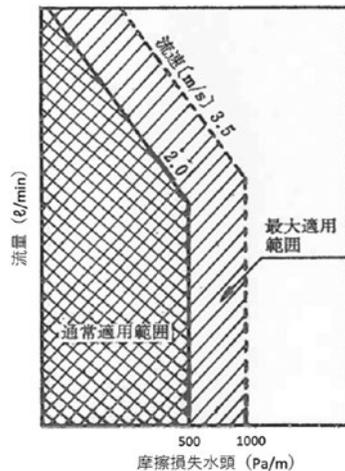


図 2.5-2 一般配管用ステンレス鋼管の流速と摩擦損失圧力の基準（上限）

## 2.5.2 流量線図・局部抵抗相当長

ステンレス鋼管に対する流量線図を、図2.5-3、図2.5-4および図2.5-5に示す。図2.5-3および図2.5-4は、ダルシー・ワイズバッハ式で作成したものである。実証試験も別途行い結果が良好なことは確認済みである。図2.5-3は給水管・冷水管・冷却水管などの常温の流体に対するもの、図2.5-4は、給湯管・温水管に対するものである。図2.5-5は、ヘーゼン・ウィリアムスの式を流量係数 $C=150$ で計算したものである。両者の結果が、ほぼ同じ値となってい

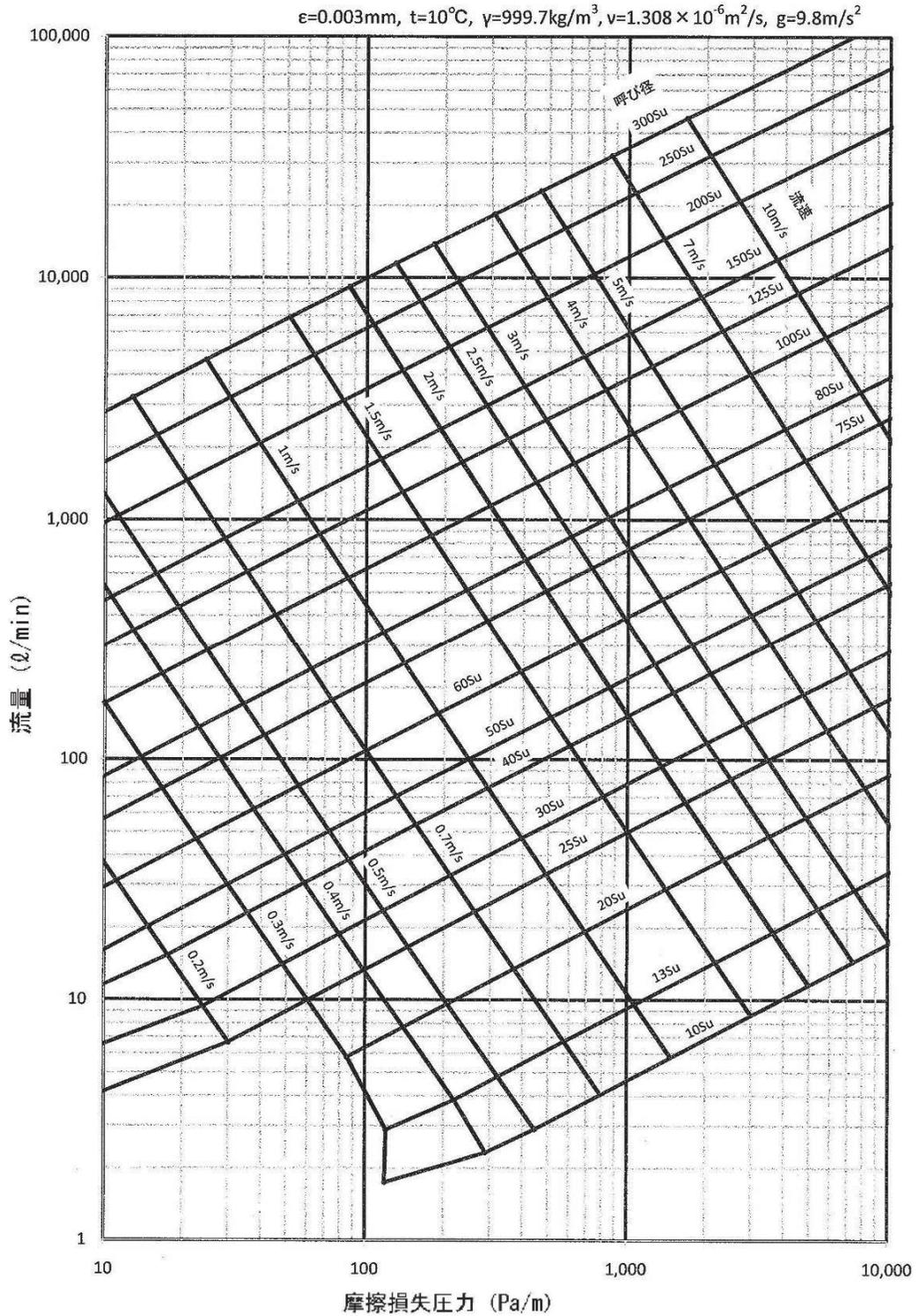


図 2.5-3 一般配管用ステンレス鋼管流量線図 (10°C, ダルシー・ワイズバッハ式)

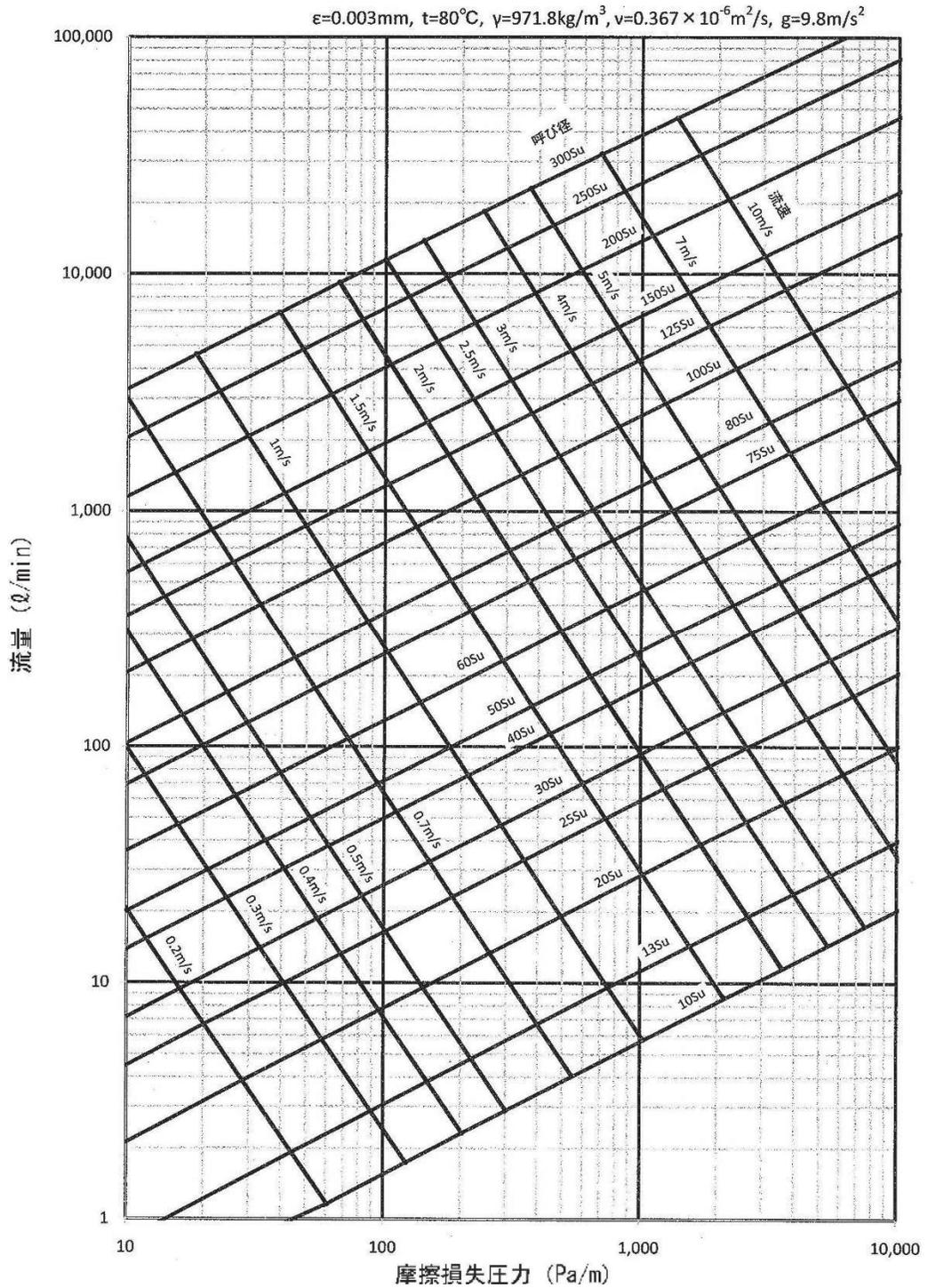


図 2.5-4 一般配管用ステンレス鋼管流量線図 (80°C, ダルシー・ワイズバッハ式)

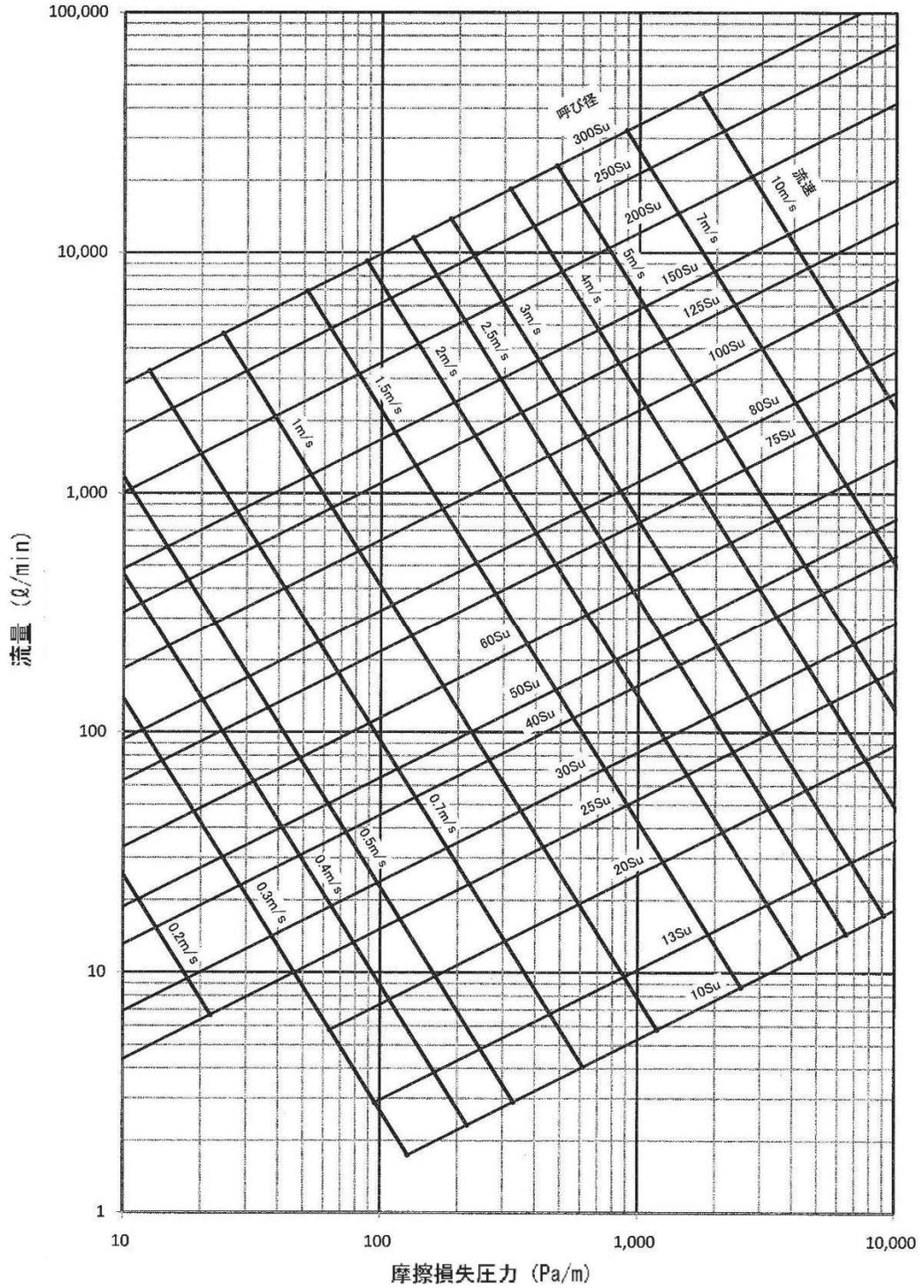


図 2.5-5 一般配管用ステンレス鋼管流量線図 (ヘーゼン・ウィリアムスの式 流量係数 C=150)

ることがわかる。このことからステンレス協会では、ステンレス鋼管の流量係数は、 $C=150$ とすることが妥当と考えている。一方、給排水衛生設備規準・同解説（SHASE-S-206-2019）では、同値を $C=140$ 、ステンレス協会では、これら資料の編者に対し、ステンレス鋼管の流量係数を $C=150$ とするように働きかけている。なお、空気調和・衛生設備工事標準仕様書2000年版（SHASE-S010-2000）では、 $C=130$ であったが、ステンレス協会の働きかけにより、2007年版（SHASE-S010-2007）から $C=140$ に変更された経緯がある。

ステンレス製継手類の局部抵抗の相当管長を表2.5-2に示す。エルボ及び $90^\circ$  Tについては、ステンレス協会にて、 $C=150$ とし、後述の消防庁告示第38号と同じ計算式にて計算した値を記載した。各種弁については、平成18年12月27日消防庁告示第38号からの抜粋である。なお、 $90^\circ$  Tやクロスを直流で使用する場合やソケットについては、ステンレス鋼管の直管として計算すれば良い。

表 2.5-2 ステンレス製継手類の局部抵抗の相当管長<sup>10)</sup>

呼び径		相 当 管 長 (m)						
Su	A	90° エルボ	45° エルボ	90° T (分流)	仕切弁	玉形弁	アングル 弁	スイング 逆止め弁
13	15	0.78	0.18	0.79				
20	20	1.07	0.24	1.40				
25	25	1.32	0.31	1.73	0.3	14.1	7.1	3.5
40	32	2.18	0.48	2.67	0.3	18.0	9.0	4.5
50	40	2.52	0.56	3.10	0.4	20.6	10.3	5.2
60	50	3.08	0.72	3.78	0.5	25.7	12.8	6.4
75	65	2.66	0.97	3.75	0.6	32.7	16.4	8.2
80	80	2.78	1.14	3.87	0.7	38.0	19.0	9.5
100	100	3.77	1.51	5.26	0.9	49.2	24.6	12.3
125	125				1.2	60.6	30.3	15.2
150	150				1.4	71.1	35.5	17.8
200	200				1.8	93.9	46.9	23.5
250	250				2.2	116.7	58.3	29.2

注 1)各種弁については、平成18年12月27日消防庁告示第38号（平成28年2月改正）からの抜粋

2)エルボ及び $90^\circ$  Tについては、ステンレス協会にて独自に計算した値を記載

## 2.6 支持・固定

配管の支持・固定については、必ずしも一般配管用ステンレス鋼管に限られた問題ではないが、管の厚さが薄く軽量であるという特徴と他管材と比較することを考慮して、一般的な事項を含めて述べる。

### 2.6.1 共通事項

#### (1) 配管および支持・固定点にかかる荷重

配管にかかる荷重は、下記のように大別される。

##### (a) 軸方向応力

###### (i) 内圧による応力

###### (ii) 自重・水・保温材・弁類による応力（曲げモーメントによるものを含む）

###### (iii) 熱応力（曲げモーメントによるものを含む）

###### (iv) 地震力（曲げモーメントによるものを含む）

##### (b) 円周方向応力

###### (i) フープ応力（内圧による円周方向の応力）

一般には、上記のいくつかが合成されたものとして管壁に応力がかかるが、それが許容応力値以下になるように支持・固定をしなければならない。そして、支持・固定の検討項目は概略、次のようになる。

##### (a) 配管の質量

##### (b) 外部からの振動や衝撃

##### (c) 管の熱応力に対する逃げ

##### (d) 管と構造体相互の振動

##### (e) 管のたわみに対する支持問題

#### (2) 支持・固定法

支持・固定は、種々の見方により、次のように分類される。

##### (a) 配管の方向による分類

###### (i) 垂直固定

###### (ii) 水平固定

###### (iii) 軸方向固定

##### (b) 柔軟性による分類

###### (i) 剛固定法（まったく変位を考えない）

###### (ii) 柔固定法

###### (イ) 管軸方向の変位を考慮

###### (ロ) 管軸垂直方向の変位を考慮

(ハ) ばね・ゴム等を介入しての防振支持

(c) 圧力による分類

(i) 常時荷重を受ける

(ii) 多数管をまとめて支持する

これらの例を図2.6-1～図2.6-10に示す。

また、電氣的絶縁および耐震支持を両立する方法としては、次の方法がある。

(d) 耐震振れ止め支持

揚水管・給水管・冷温水管・冷却水管・消火栓用配管・連結送水管等に使用される。

(e) 防振固定支持

同上の用途において原則的に、直線上の最下階または伸縮継手の前後に設置する。

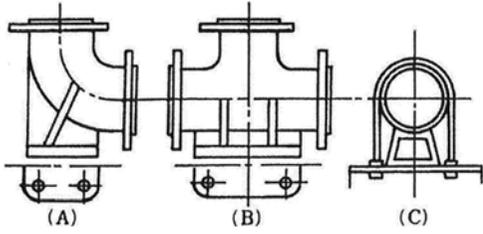


図 2.6-1 固定アンカ (固定支持台)

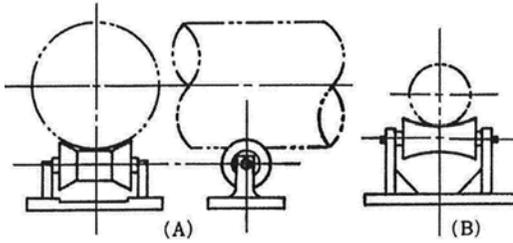


図 2.6-2 案内アンカ (滑り支持台)

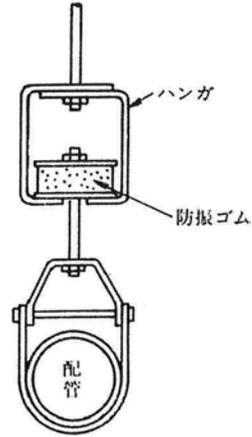


図 2.6-4 水の横引管の防振支持

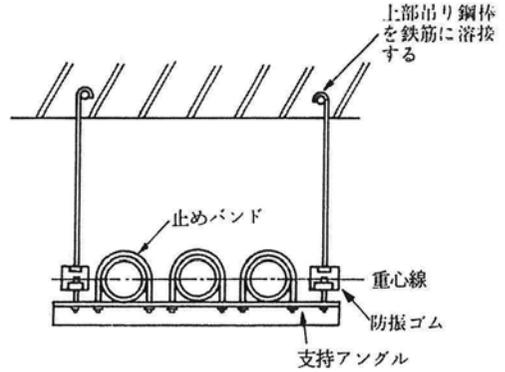


図 2.6-5 数本の横走配管の防振支持

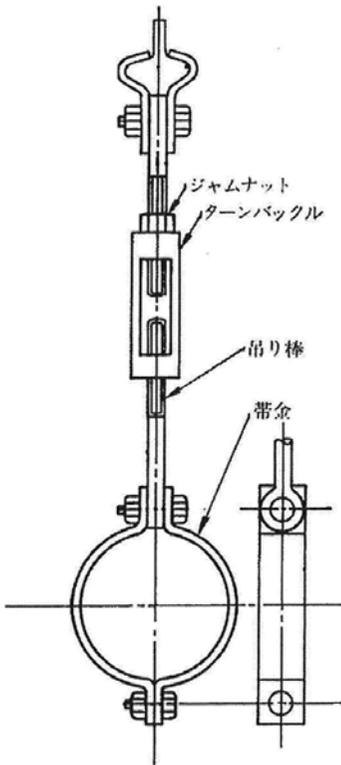


図 2.6-3 棒ハンガ (管吊り)

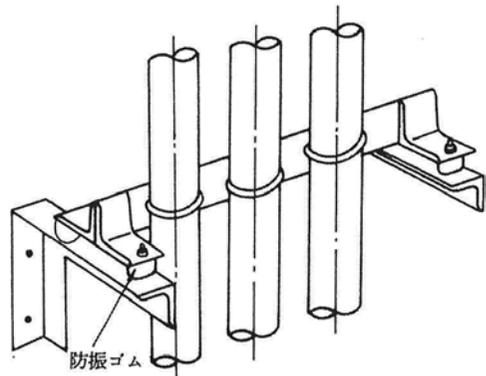


図 2.6-6 数本の立て管の防振支持

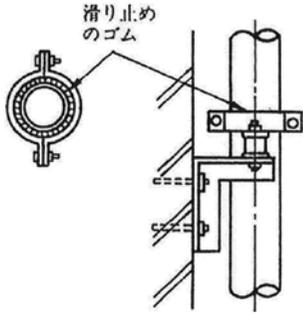


図 2.6-7 1本の立管の防振継手

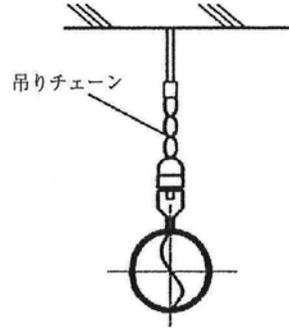


図 2.6-9 チェーンハンガ

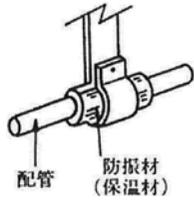


図 2.6-8 簡単な防振

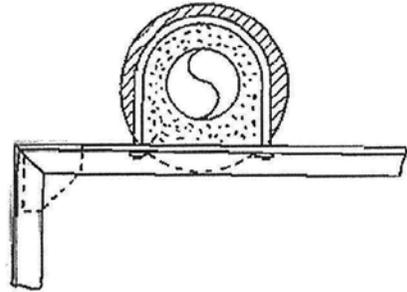


図 2.6-10 硬質ウレタンフォーム製支持受け

### (3) 耐震措置

ステンレス配管は、鋼管（SGP等）と同様に耐震設計・施工ができる。国土交通省「公共建築工事標準仕様書（機械設備工事編）」における支持間隔、振れ止め等の基準は、ステンレス配管と鋼管（SGP等）を同様とみなしていることから、耐震支持基準についても、ステンレス配管と鋼管（SGP等）を同様と考えて差し支えないとする。

建築設備機器の耐震クラスは、日本建築センター「建築設備耐震設計・施工指針2014年版」で定められている。その適用については、「建物用途（防災拠点建築物であるか否か）」、「設備機器の用途（重要度の高い水槽類）」あるいは「設備機器の応答倍率（防振装置設置機器であるか否か）」により、任意に定めるものとされている。

#### (a) 耐震支持の種類と適用

(i) 耐震支持の種類は次に示す S<sub>A</sub>種、A種、B種の3種類とする。

S<sub>A</sub>、A種耐震支持は、地震時に支持材に作用する引張力、圧縮力、曲げモーメントにそれぞれ対応した部材を選定して構成されているもの。

B種耐震支持は、地震力により支持材に作用する圧縮力を自重による引張力と相殺させることにより、吊材、振止斜材が引張力（鉄筋、フラットバー等）のみで構成されているもの（表2.6-2に配管の耐震支持の例を示す）。

(ii) 耐震支持の適用は表2.6-1による。

表 2.6-1 横引配管の耐震支持の適用<sup>1)</sup>

設置場所	配管	
	設置間隔	種類
耐震クラス A・B 対応		
上層階、屋上、塔屋	配管の標準支持間隔の3倍以内（ただし、銅管の場合には4倍以内）に1箇所設けるものとする。	A種
中間階		A種
地階、1階		125A以上はA種 125A未満はB種
耐震クラス S 対応		
上層階、屋上、塔屋	配管の標準支持間隔の3倍以内（ただし、銅管の場合には4倍以内）に1箇所設けるものとする。	S <sub>A</sub> 種
中間階		S <sub>A</sub> 種
地階、1階		A種

ただし、以下のいずれかに該当する場合は、上記の適用を除外する。

(i) 40A以下の配管（銅管の場合には20A以下の配管）。

ただし、適切な耐震措置を行うこと。

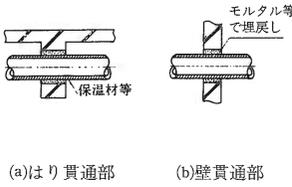
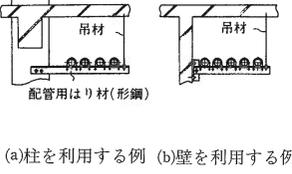
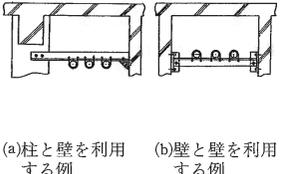
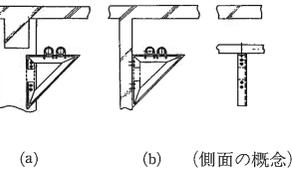
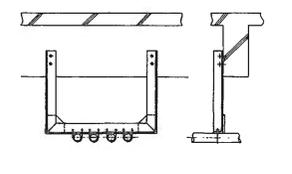
(ii) 吊り長さが平均20cm以下の配管

※1 耐震支持の適用に際し吊り長さが平均20cmであっても、吊り長さが異なる場合、吊り長さの短い部分に地震力が集中する為、適宜、耐震支持を設ける必要がある。

※2 耐震支持の適用に際し、配管の末端付近では、耐震クラスによらず、耐震支持を設けることを原則とする。

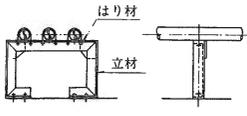
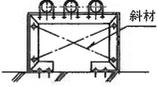
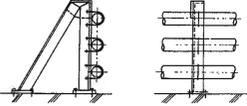
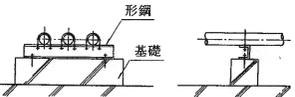
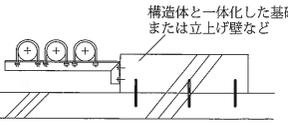
注 建築設備耐震設計・施工指針2014年版をもとに作成

表 2.6-2 (1) 横引配管の耐震支持方法の種類<sup>11)</sup>

分類	耐震支持方法の概念	部材選定	備考	
S、および A 種耐震支持の例	梁・壁などの貫通部	 <p>(a)はり貫通部 (b)壁貫通部</p>		建築物躯体の貫通部（梁、壁、床など）は、貫通部周囲をモルタルなどで埋戻しすれば、配管の軸直角方向の振れを防止することができる。貫通部の処理方法例 (i) 保温されている配管 保温材表面と貫通部の間をモルタルなどで埋戻しする。 (ii) 裸配管 (i) と同様に埋戻しする。
	柱・壁などを利用する方法	 <p>(a)柱を利用する例 (b)壁を利用する例</p>	「付表 2」の付表 2.1-1 および付表 2.2-1 の部材選定表および付表 2.4-1 に準ずる。	柱（または壁）を利用すると比較的容易に配管の軸直角方向の振れを防止することができる。ここに示すものは、その一例である。
	柱・壁などの間を利用する方法	 <p>(a)柱と壁を利用する例 (b)壁と壁を利用する例</p>	「付表 2」の付表 2.1-2 および付表 2.2-2 の部材選定表および付表 2.4-2 に準ずる。	柱（または壁）と壁にはさまれた空間に配管する場合には、比較的容易に配管の軸直角方向の振れを防止することができる。ここに示すものは、その一例である。
	ブラケット支持する方法 (その 1)	 <p>(a) (b) (側面の概念)</p>	「付表 2」の付表 2.1-3 および付表 2.2-3 の部材選定表および付表 2.4-3 に準ずる。	柱や壁などからブラケットにより支持された配管は、軸直角方向の振れを防止できる。ここに示すものは、その一例である。
	梁や上面スラブより吊り下げる方法	 <p>はり (又はスラブ) に吊り下げる場合 (ラーメン架構)</p>	「付表 2」の付表 2.1-6 および付表 2.2-6 の部材選定表および付表 2.4-6 に準ずる。	これは、ラーメン架構の場合の一例を示しており、考え方は上記と同様である。ただし、吊材と梁材の接合箇所は曲げを伝えるために剛接合とする必要がある。

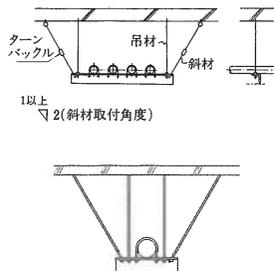
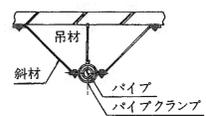
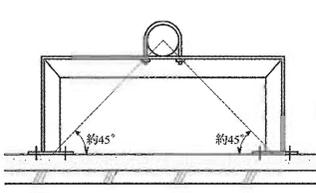
注 建築設備耐震設計・施工指針 2014 年版より抜粋  
 部材選定欄の図番、表番は、建築設備耐震設計・施工指針 2014 年版に記載の図番、表番を示す。

表 2.6-2 (2) 横引配管の耐震支持方法の種類<sup>11)</sup>

分類	耐震支持方法の概念	部材選定	備考
S <sub>A</sub> およびA種耐震支持の例	 <p style="text-align: center;">ラーメン架構</p>	「付表2」の付表2.1-7および付表2.2-7の部材選定表および付表2.4-7に準ずる。	床上に配管架台を設けて配管の軸直角方向の振れを拘束する方法である。ここに示すものはラーメン架構の一例である。ただし、立柱と梁材との接合箇所は曲げを伝えるために、剛接合とする必要がある。
	 <p style="text-align: center;">トラス架構</p>	「付表2」の付表2.1-8および付表2.2-8の部材選定表および付表2.4-8に準ずる。	(その1) 同様の方法であり、ここに示すものはトラス架構の一例である。
	 <p style="text-align: center;">配管を縦に並べる方法 (トラス架構)</p>	部材は配管 (内容物を含む) の重量と地震力により生ずる応力度が短期許容応力度以内となるようにする。また、圧縮力に対して座屈しない材とする。	(その1) と同様の方法であり、ここに示すものは配管を縦に並べる場合のトラス架構の一例である。
	 <p style="text-align: center;">コロガン配管等</p>	Uボルトおよび躯体取付けアンカーの太さにより必要とする形鋼を選定する。	コロガン配管等で形鋼を介して基礎などに支持する場合の一例であり、容易に配管の軸直角方向の振れは防止できる。
	 <p style="text-align: center;">構造体と一体化した基礎 または立上げ壁など</p>	部材は配管 (内容物を含む) の重量 (考慮する場合) と地震力により生ずる応力度が短期許容応力度以内となるようにする。また、圧縮力に対して座屈しない材とする。	これは、耐震支持の場合の一例を示している。ただし、自重支持を兼ねる場合は、必要に応じて先端部に自重支持材を追加する必要がある。

注 建築設備耐震設計・施工指針 2014 年版より抜粋  
 部材選定欄の図番、表番は、建築設備耐震設計・施工指針 2014 年版に記載の図番、表番を示す。

表 2.6-2 (3) 横引配管の耐震支持方法の種類<sup>11)</sup>

分類	耐震支持方法の概念	部材選定	備考
B種耐震支持の例 梁や上面スラブより吊下げの方法		吊り材、梁材ともに配管（内容物を含む）の重量により生ずる応力度が長期許容応力度以内となるように余裕をもって決定する。また、斜材は吊り材と同程度以上の部材とする。	自重支持用の吊り材と同程度以上の斜材を設けて、軸直角方向の振れを防止する。斜材は振止めとして、ガタを生じない程度に締め、締めすぎにすぎないように注意する。ここに示すものは、複数本の配管を支持する場合の一例である。
		同上	ここに示すものは1本の配管を支持する場合の一例である。考え方は上記と同様である。
管径が異なる並行配管の連結方法	 <p>形鋼を用いて互いの配管を連結する</p>	Uボルトの太さにより、必要となる形鋼を選定する。	管径が異なり耐震支持間隔の著しく異なる配管が並行する場合、短い耐震支持間隔以内ごとに解図のように配管を連結して長い耐震支持間隔以内とすることができる。この際長い耐震支持間隔を有する配管に加わる荷重増が1倍以内であれば支持材は荷重に見合ったものを選定し、最大耐震支持間隔の値を10%減ずればよいものとする。
床上配管の自重支持の例		配管（内容物を含む）の重量により生ずる応力度が長期許容応力度以内となるように余裕をもって決定する。	配管（内容物を含む）の重量により生ずる応力度が長期許容応力度以内となるように余裕をもって決定する。

注 建築設備耐震設計・施工指針 2014 年版より抜粋

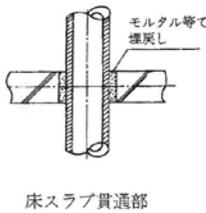
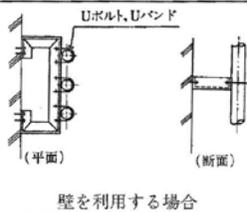
部材選定欄の図番、表番は、建築設備耐震設計・施工指針 2014 年版に記載の図番、表番を示す。

表 2.6-2 (4) 立て配管の耐震支持方法の種類 (自重支持を兼ねる場合)<sup>1)</sup>

分類	耐震支持方法の概念	部材選定	備考
立て配管の耐震支持の例  配管下部での支持方法 (鋼管の場合)	<p>(a) (b)</p> <p>(c) (d)</p>	支持材は配管本体と同程度の強度を有するものとする。	自重を配管の下部で支持する場合には、この部分で配管の軸直角方向を拘束することができる。ここに示すものはその一例である。 なお、(c) のタイプは $l_s$ が長い場合は避ける方が望ましい。
	配管途中での支持方法	<p>(断面)</p> <p>(平面(1)) (平面(2))</p> <p>スラブ及びはりを利用する場合</p>	(i) 耐震支持 (振止め) のみの場合は「付表 2」の付表 2.6-1、2.6-3 および付表 2.7-1 に準ずる。 (ii) 耐震支持 (振止め) と自重支持を兼用する場合は「付表 2」の付表 2.6-2、2.6-4 および付表 2.7-2 に準ずる。

注 建築設備耐震設計・施工指針 2014 年版より抜粋  
 部材選定欄の図番、表番は、建築設備耐震設計・施工指針 2014 年版に記載の図番、表番を示す。

表 2.6-2 (5) 立て配管の耐震支持方法の種類 (振止め)<sup>11)</sup>

分類	耐震支持方法の概念	部材選定	備考
立て配管の耐震支持の例	スラブの貫通部 		床スラブの貫通部は貫通部周囲をモルタルなどで埋戻しすれば軸直角方向の振れを防止することができる。 貫通部の処理方法例 (i) 保温されている配管 保温材表面と貫通部の間をモルタルなどで埋戻しする。 (ii) 裸配管 (i) と同様に埋戻しする。
	配管途中での支持方法 	部材は配管 (内容物を含む) に作用する地震力により生ずる応力度が短期許容応力度以内になるように決定する。	壁面などを利用して、立て配管の軸直角方向の変位を拘束する方法を示す。 なお、この場合は自重支持を兼用することはできない。

注 建築設備耐震設計・施工指針 2014 年版より抜粋

### (b) 耐震支持上の留意点

#### (i) 配管の集中荷重に対する配慮

配管途中に特に重量の大きい弁等を取り付ける場合、地震時に配管等の損傷が生じないように、重量に応じた措置を講ずること。その支持の例を図2.6-11に示す。

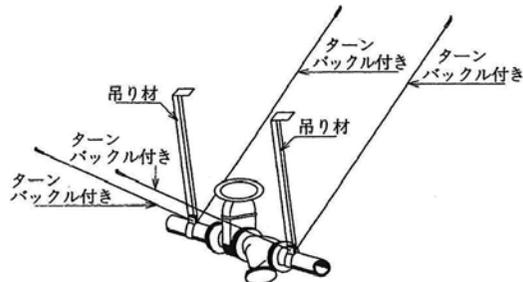


図 2.6-11 配管途中に集中荷重のある場合の支持方法の例<sup>11)</sup>

注 建築設備耐震設計・施工基準 2014 年版より抜粋

## (ii) 分岐部の配管と支持

太い配管から細い配管を分岐する場合は、太い配管にかかる応力が、そのまま細い配管に伝達しないように配管形状及び支持方法を考慮する。その例を図2.6-12に示す。

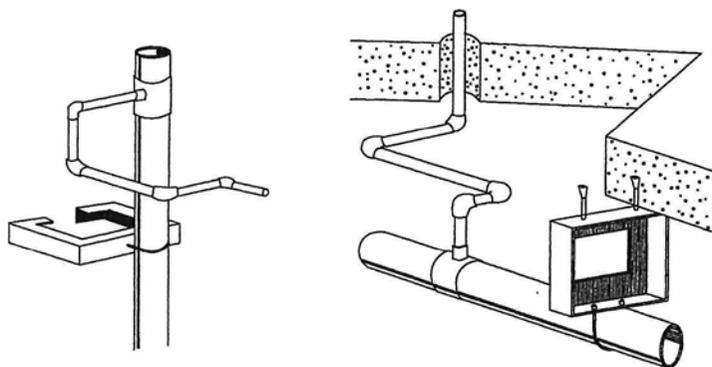


図 2.6-12 分岐部の配管・支持位置例<sup>11)</sup>

注 建築設備耐震設計・施工基準 2014 年版より抜粋

## (4) ステンレス配管の許容応力

一般配管用ステンレス鋼鋼管の設計許容応力は、130MPaとする。これは、JISにおける SUS 304鋼の引張強さ 520MPa の 1/4 に当たり、JIS の 0.2%耐力205MPa を下回るなどから判断したものである。

## 2.6.2 水平配管

水平配管の支持間隔を決定するのに、等分布荷重のかかった両端支持ばりの計算式が用いられる。計算式には単純ばり式と、連続ばり式があり、同じ支持間隔で計算した場合、そのたわみ量 ( $\delta$ ) は表2.6-3 の計算式から明らかなように、前者の結果は後者のその 5倍となる。したがって、安全面を優先させれば単純ばりの式で許容応力を検討し、また、たわみによる水の滞留を除く最小必要な配管勾配をとっておけば問題ないことになる。しかし、通常の配管形態は連続ばりと解釈でき、さらに給水管・冷却水管などは、使用中は水を抜くことはなく、実用的には連続ばりの式で算出しても大きな問題とはならないといえる。また、鋼管、銅管の支持間隔が連続ばりに準じて決められていることもあり、連続ばり扱いとした。

以上のことから、水平支持間隔を決定するには、次の2点を原則とした。

- (a) 配管に生じる応力が、許容応力以下であること。
- (b) 図2.6-13 による配管のたわみ量( $\delta$ )により滞留水を生じないこと (勾配をとること)。

なお、配管接続する管継手に関して、接合方式によっては配管応力によるねじの緩みに留意する必要がある。

設計で使用してもよい連続ばりとして計算した支持間隔を表2.6-4に示す (計算式は表2.6-3参照)。なお、計算によれば、この支持間隔で配管に生じる応力は、許容応力の 1/10程度で

あり、まったく問題ない。表2.6-8は、500galおよび1000galの水平方向の加速度を受けた場合の、座屈しない最大固定間隔を示したものである。

表 2.6-3 一般配管用ステンレス鋼管の水平配管の最大曲げ応力とたわみ<sup>12)</sup>

支持型式	最大応力 $\sigma$ [N/cm <sup>2</sup> ]	$\sigma$ の場所	最大たわみ $\delta$ [cm]	$\delta$ の場所
単純ばり	$(6.34wL^2+12.6WL)D$	スパン中央	$12,850wL^4+20,600WL^3$	スパン中央
	I		EI	
連続ばり	$(4.23wL^2+6.30WL)D$	支 点	$2570wL^4+5,160W L^3$	スパン中央
	I		EI	

w : 等分布荷重 [N/m] (管自重+水+被覆)  
W : はりの中央に作用する集中荷重 [N]  
E : ヤング率 [N/cm<sup>2</sup>]  
I : 断面2次モーメント [cm<sup>4</sup>]  
L : 配管長 [m]  
D : 配管外径 [cm]

注 配管工事 (昭和 39 年) より抜粋

### (1) 振動

ある間隔で支持・固定された水平配管の固有振動数 ( $f$ ) は、表2.6-5の支持・固定の形態によって決まる係数を用いて、表2.6-6の計算式から計算できる。固有振動数は、地震時における建物の振動数 ( $f_0$ ) に対して  $f/f_0 \geq 2$  として共振点を避けたいとき、また、例えば  $f$  を 20Hz以上の“剛”として耐振性を向上させたいときに、しばしば、その値がどのくらいかが問題となる。表2.6-6は、単純支持とバンド固定についての計算結果である。

$f_0$  は構造設計者が算出するのが原則だが、一概には式 (2.6-1)、式 (2.6-2) で与えられる。

$$\text{鋼構造 } f_0 = 1/0.03H \dots\dots\dots \text{(式2.6-1)}$$

$$\text{RC構造および異種混合構造 } f_0 = 1/0.02H \dots\dots\dots \text{(式2.6-2)}$$

ただし、 $f_0$  : 建物の振動数 [Hz]

H : 建物の地上高さ [m]

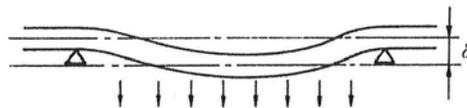


図 2.6-13 水平配管のたわみ

表 2.6-4 一般配管用ステンレス鋼鋼管の水平配管の支持間隔<sup>13)</sup>

呼び径 Su	等分布荷重 (N /m)	支持間隔 <sup>※1</sup> (m)	支持点荷重 (N)	他管種の支持間隔 <sup>※2</sup>			
				鋼管		銅管(Mタイプ)	
				呼び径	支持間隔	呼び径	支持間隔
10	5.6	1.5	4.1	10	2.0	10	1.0
13	8.0		6.1	15		15	
20	13.0		13.0	20		20	
25	16.9	2.0	16.9	25	2.5	25	1.5
30	22.7		28.4	32		32	
40	35.0		43.7	40		40	
50	42.3	3.0	63.5	50	3.0	50	2.0
60	60.6		90.8	65		65	
75	87.4		131.1				
80	118.8	4.0	237.5	80	3.0	80	3.0
100	172.2		344.3	100		100	
125	237.3		593.2	125		125	
150	345.3	5.0	863.4	150	3.0	150	3.0
200	536.3		1608.8	200			
250	766.7		2300.0	250			
300	1037.0	6.0	3111.1	300	3.0		3.0

※1 計算式と条件は下記の通り

※2 SHASE-S010-2021 より抜粋。

$$L = \sqrt[4]{EI\delta/2570w}$$

E : ヤング率 (N/cm<sup>2</sup>)

I : 断面 2 次モーメント (cm<sup>4</sup>)

L : 支持間隔(m)

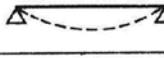
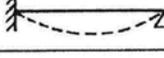
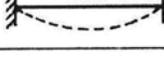
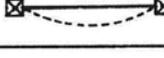
w : 等分布荷重(N/m)

δ : たわみ量 0.1(cm)

条件)

①自重は満水・保温状態

表 2.6-5 配管の固有振動数の係数 a の値<sup>14)</sup>

形 態	a
1. 片持ばり 	17.6
2. 単純支持 	49.2
3. 一端固定 	76.9
4. 両端固定 	112
5. バンド固定 (実験値) 	84

注 配管設計講座 (昭和 41 年) より引用

表 2.6-6 支持・固定された水平配管の固有振動数（一般配管用ステンレス鋼鋼管）

呼び径 (Su)	固有振動数 (Hz)		計算式・条件
	単純支持	バンド固定	
10	9.3	15.9	
13	11.1	18.9	
20	9.1	15.6	
25	11.9	20.3	
30	9.3	15.9	
40	10.7	18.3	
50	8.2	14.1	
60	10.7	18.3	
75	12.7	21.7	
80	8.9	15.2	
100	10.8	18.5	
125	8.0	13.7	
150	10.4	17.7	
200	8.7	14.9	
250	10.1	17.2	
300	11.3	19.3	

$f = a \sqrt{EI / Wl^3}$   
 f: 固有振動数  
 a: 支持形態による係数 (表 2-6-5)  
 E: ヤング率  $1.93 \times 10^7$  (N/cm<sup>2</sup>)  
 I: 断面 2 次モーメント (cm<sup>4</sup>)  
 W: 支持点間の配管重量 (N)  
 $W = wL$   
 L,  $\ell$ : 支持点間隔(m), (cm)  
 (w, Iについては表 2-6-4 を用いた。)

## (2) 横方向加速度に対する固定点間隔

横走配管が長く、配管が吊りボルトで支持されている場合、その吊り間隔が表 2.6-4 に準じていても横方向からの力に対しては比較的自由であり、吊り間隔より広いある 2 点間の長スパン両端固定ばりと同様な状況下に置かれ、大きな曲げモーメントがかかる。表 2.6-7 は、両端固定ばりと片持ちばりに対する曲げモーメントの算出式である。そのとき発生する曲げ応力は、式 (2.4) によって求められるが、この曲げ応力が、許容応力以下であればよいことになる。

$$\sigma^b = M / Z \dots\dots\dots (式 2.6-3)$$

$\sigma^b$ : 曲げ応力 (N/m<sup>2</sup>)

M: 曲げモーメント (N・m)

Z: 断面係数 (m<sup>3</sup>)

表 2.6-7 固定された水平配管の横方向加速度による曲げモーメント

支持型式	最大曲げモーメント	最大曲げモーメントの起こる点
両端固定ばり	$\alpha w L^2 / 8$	支 点
片持ちばり	$\alpha w L^2 / 2$	支 点

但し、  
 $\alpha$ : 加速度 (m/s<sup>2</sup>)  
 w: 等分布荷重 (N/m)  
 L: 固定間隔 (m)

表2.6-8は、横方向からの加速度を500galおよび1000galとしたときの最大固定間隔を示したものである。したがって、この値より小さい間隔で固定しなければ座屈してしまうことになる。

### 2.6.3 垂直配管

垂直配管の支持固定の間隔は、層間変位によって発生する曲げモーメント（図2.6-14）に対応できるか、また自重などによって座屈しないか、によって多くは決まる。したがって、層間変位の大きい柔構造の建物では、支持間隔を長くとることになる。その場合、より座屈に対しては危険側となるが、一般には、座屈を考慮しなくてもよい。支持間隔が長くなれば、前述の水平配管と同様に、地震時の加速度のような横方向の荷重（図2.6-15）による曲げモーメントを満足する最大支持間隔以下とする必要がある。

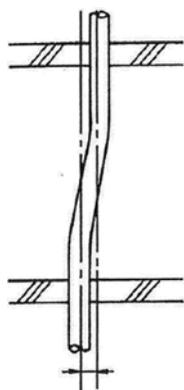


図 2.6-14 垂直配管の支持

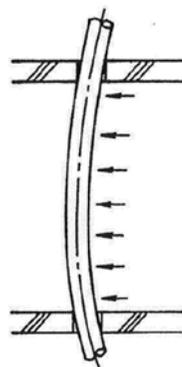


図 2.6-15 垂直配管に加速度が架かる場合

表 2.6-8 横荷重を受ける水平配管の座屈しない最大固定間隔 (m)  
(一般配管用ステンレス鋼鋼管)

呼び径 (Su)	最大固定間隔	
	500gal	1000gal
10	5.8	4.1
13	6.5	4.6
20	8.0	5.7
25	8.9	6.3
30	9.9	7.0
40	10.3	7.3
50	10.7	7.6
60	12.2	8.6
75	12.9	9.1
80	14.7	10.4
100	15.6	11.0
125	16.3	11.5
150	19.3	13.6
200	20.3	14.0
250	21.0	14.8
300	21.6	15.3

但し、加速度  $\alpha = 500\text{gal}, 1000\text{gal}$   
許容応力  $\sigma_b = 130\text{MPa}$  とした。

表2.6-9中の計算式は、層間変位を許容する最小支持間隔を、柔構造建物、剛構造建物に対して示したものと、横方向荷重により発生する曲げモーメントを満足する最大支持間隔の算出式を示したもので、実際には両者の間隔が許されるが、実務上は各階に1箇所の支持で良い。

表 2.6-9 垂直配管の支持間隔（一般配管用ステンレス鋼鋼管）

(単位：m)

呼び径 (Su)	層間変位を満足する最小支持間隔		横荷重を受けたときの 座屈しない最大支持間隔
	柔構造	剛構造	
10	0.8	0.6	5.8
13	0.9	0.6	6.5
20	1.0	0.7	8.0
25	1.2	0.8	8.9
30	1.3	0.9	9.9
40	1.4	1.0	10.3
50	1.5	1.1	10.7
60	1.7	1.2	12.2
75	1.9	1.4	12.9
80	2.1	1.5	14.7
100	2.3	1.7	15.6
125	2.6	1.8	16.3
150	2.8	2.0	19.3
200	3.2	2.3	20.3
250	3.5	2.5	21.0
300	3.8	2.7	21.6
試算式	$l \geq \sqrt{3EI \delta / (\sigma Z)}$ $= 0.9535 \sqrt{lZ}$	$l \geq \sqrt{3EI \delta / (\sigma Z)}$ $= 0.6742 \sqrt{lZ}$	$l \leq \sqrt{8Z \sigma / (0.5w)}$ $= 14.4 \sqrt{Z/w}$
	但し、 $l$ ：支持間隔(m) $Z$ ：断面係数(cm <sup>3</sup> ) 加速度 = 500gal $\sigma$ ：許容応力 130MPa $E$ ：ヤング率 $193 \times 10^3$ MPa $w$ ：等分布荷重(kg/m) $\delta$ ：層間変位 柔 = 2cm 剛 = 1cm		

## 2.7 配管の伸縮対策

### 2.7.1 配管の伸縮

#### (1) 線膨張係数と伸縮量

熱による配管の伸縮は、熱応力として配管に発生し、支持点の破壊や管自体の座屈、あるいは接続機器の破壊を引き起こすが、伸縮量の大きい一般配管用ステンレス鋼鋼管では、重要な検討対象となる。表2.7-1は、各種材料の平均膨張係数を示したものであるが、一般配管用ステンレス鋼鋼管に用いる、18-8ステンレス鋼は、約 $17 \times 10^{-6}$ と炭素鋼に比べて50%程度伸びが大きいことがわかる。表2.7-2は、管長10m当たりの膨張量を、0℃を基準として各温度にて算出したものである。

表 2.7-1 各種材料の平均膨張係数<sup>12)</sup>

(単位:  $\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ )

材質	温度(°C)	-100 ~0	0~ 100	0~ 200	0~ 300	0~ 400	0~ 500	0~ 600	0~ 700
18Cr-8Niステンレス鋼		16.2	16.7	17.2	17.6	18.1	18.5	18.8	19.1
12Crステンレス鋼		9.7	11.0	11.5	12.1	12.3	12.9	13.2	13.3
炭素鋼(0.3~0.4C)		10.5	11.5	11.9	12.6	13.3	14.0	14.2	14.5
鑄鉄		8.3	10.4	11.0	11.7	12.4	-	-	-
黄銅		16.6	17.5	18.0	18.5	18.9	19.3	20.0	20.6
銅		15.7	16.6	16.9	17.3	17.8	18.2	18.5	18.9
アルミニウム		21.0	24.0	24.7	25.5	26.1	26.6	27.9	28.3

注 配管工事(昭和39年,工業図書)より引用

表 2.7-2 管長10m当たりの膨張量(但し0°Cを0とする)

(単位: mm/10m)

温度°C	-10	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
一般配管用ステンレス 鋼鋼管(SUS 304)	-	0	1.7	3.3	5.0	6.7	8.4	10.0	11.7	13.4	15.0	16.7
配管用炭素鋼鋼管	-	0	1.2	2.3	3.5	4.6	5.8	6.9	8.1	9.2	10.4	11.5
銅管	-	0	1.7	3.3	5.0	6.6	8.3	10.0	11.6	13.3	14.9	16.6
計算式	$\Delta L = \alpha L \Delta t$ $\Delta L: \text{管の伸縮量 (mm)}$ $\alpha: \text{線膨張係数 } (\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C})$ $L: \text{管全長 (mm)}$ $\Delta t: \text{温度差 } (^{\circ}\text{C})$											

(2) 熱応力と反力

配管系に熱が加えられると熱応力が発生するが、その結果として、支持固定点や機器に反力がかかる。例えば、両端を固定された変位のない直管には式(2.7-1)による圧縮応力が発生し、その固定点に式(2.7-2)から算出される反力がかかる。

$$\sigma = E \cdot \alpha \cdot \Delta t \dots\dots\dots (式2.7-1)$$

$\sigma$ : 圧縮応力 (MPa)                      E: ヤング率  $193 \times 10^3$  (MPa)

$\alpha$ : 線膨張係数 ( $^{\circ}\text{C}$ )                       $\Delta t$ : 温度差 ( $^{\circ}\text{C}$ )

$$F = \sigma A \dots\dots\dots (式2.7-2)$$

F: 反力 (N)

$\sigma$ : 圧縮応力 ( $\text{N}/\text{mm}^2 = \text{MPa}$ )

A: 配管断面積 ( $\text{mm}^2$ )

図2.7-1や図2.7-2のような曲り管に対しては、ここでは省略するが、文献などに、反力を計算するための図、表が詳細に記されており、それらを用いて計算することになる。また、接続機器にかかる反力は、それら機器の許容値以下でなければならないが、データは対象メーカーから入手することになる。

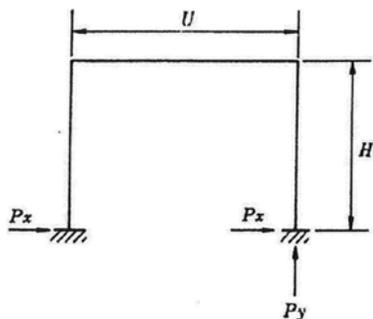


図 2.7-1 平面内の曲がり管

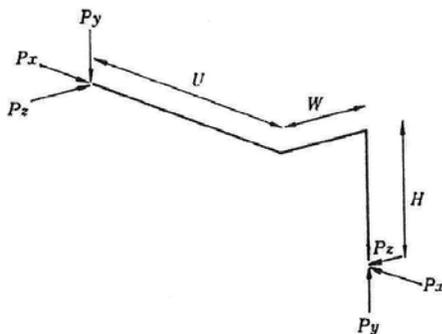


図 2.7-2 立体的な曲がり配管

### 2.7.2 伸縮の対策法

配管の熱膨張による伸縮を吸収する方法としては、二つに大別できる。一つは配管の可とう性によって吸収する方法、もう一つは伸縮管継手を入れる方法である。配管の可とう性により吸収する方法は、伸縮吸収のための特別な伸縮管継手を使わないことから、低コストかつ管継手の不具合によるリスクが無いことが利点である。ただし、この方法では伸縮吸収量に限界があり、スペースも3次的に広く必要とされるのが欠点である。実際的には伸縮量が多く、スペースもあまりとらない伸縮管継手が用いられることが一般的となっている。

#### (1) 配管の可とう性による伸縮の対策法

配管の可とう性による方法は、適用する配管系について、配管、各支持固定点および接続機器にかかる反力や曲げモーメント、回転モーメントなどを計算し、それぞれの許容値に対して比較検討する方法であるが、膨大な計算量から電算機を必要とするものである。それについてはここでは触れないが、簡易判別法について記す。

簡易判別法は、ANSI / ASME B31 で述べられているもので、式 (2.7-3) で示される値以下であれば、伸縮量を配管の可とう性で吸収できるとする経験式である。ただし、(a) ~ (c) の制約下で用いてもよい式である。

$$\frac{DY}{(L-U)^2} \leq 208.3 \dots\dots\dots (式2.7-3)$$

- D : 管呼び径 (mm)
- Y : 吸収すべき全伸縮量 (mm)
- L : 配管延長 (m)
- U : 固定点間距離 (m)

$$Y = \sqrt{(\Delta x + \Delta x')^2 + (\Delta y + \Delta y')^2 + (\Delta z + \Delta z')^2} \dots\dots\dots (式2.7-4)$$

- $\Delta x, \Delta y, \Delta z$  : x, y, z, 方向の熱膨張量 (mm)
- $\Delta x', \Delta y', \Delta z'$  : x, y, z, 方向の固定点の変位 (mm)
- (管の膨張に対し、反対方向を正、同方向を負とする)

(制約条件)

- (a) 分岐のない配管
- (b) 全長にわたり、管径・管の厚さ・材質・温度などの変化がない配管
- (c) 固定点は両端の2点

簡易判別法の計算例を以下に示す。図2.7-3に示すような管径150Su (150A) の配管系で、熱膨張量2mm/m の場合について、配管の可とう性で吸収できるかを判別する。

図より、式 (2.7-4) に代入すべき各値を求める。

$$\Delta x = 3 \times 2 = 6\text{mm} \quad \Delta x' = 0$$

$$\Delta y = 2 \times 2 = 4\text{mm} \quad \Delta y' = 0$$

$$\Delta z = 10 \times 2 = 20\text{mm} \quad \Delta z' = 0$$

$$Y = \sqrt{6^2 + 4^2 + 20^2} \approx 21.3\text{mm}$$

また、式 (2.7-3) に代入する値としては、次のようになる。

$$Y = \sqrt{3^2 + 2^2 + 10^2} \approx 10.63\text{mm}$$

$$L = 3 + 2 + 10 = 15\text{m}$$

したがって、

$$\frac{DY}{(L-U)^2} = \frac{150 \times 21.3}{(15 - 10.63)^2} = 167.3 \leq 208.3$$

となり、本配管系は、配管の可とう性のみで吸収できることになる。

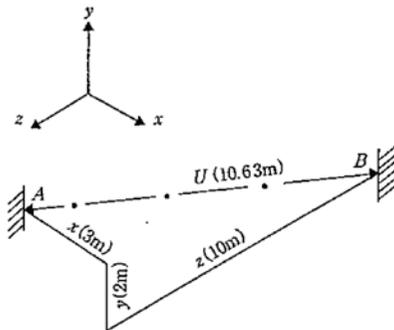


図 2.7-3 配管の可とう性による伸縮対策判定の計算例<sup>23)</sup>

注 蒸気・高温水システムより引用

## (2) 伸縮管継手による伸縮の対策法

伸縮管継手は、配管の熱膨張収縮による変位を、継手自体が伸縮することにより吸収するものである。伸縮管継手の規格としては、JIS B 2352 ベローズ形伸縮管継手がある。

立て管の伸縮管継手選定についての計算例を次に示す。本計算においては、図2.7-4に示す構造の立て管を想定した。立て管の伸縮量の計算式を式2.7-5に示す。

$$L = a \cdot (T - t) \cdot L \cdots \cdots (\text{式}2.7-5)$$

L : 伸縮量 (mm)

a : 熱膨張係数 ( $1/^\circ\text{C}$ )

SUS304 の  $a = 17.3 \times 10^{-6}$  ( $1/^\circ\text{C}$ )

T : 最高使用温度 ( $^\circ\text{C}$ )

t : 施工時期の温度 ( $^\circ\text{C}$ )

L : 配管長さ

[計算における設定条件]

冷温水管 : 常用圧 1.0MPa以下

配管全長 : L = 46 (m)

(夏季)

冷水温度 :  $T_1 = 7$  ( $^\circ\text{C}$ )

外気温度 :  $T_2 = 32$  ( $^\circ\text{C}$ )

(冬期)

温水温度 :  $T_1 = 65$  ( $^\circ\text{C}$ )

外気温度 :  $T_2 = 0$  ( $^\circ\text{C}$ )

共に施工時期の温度は  $t = 20^\circ\text{C}$  とする

上記条件にて計算する。

夏季の伸縮量

$$\begin{aligned} \Delta L_1 &= 17.3 \times 10^{-6} \times (7 - 20) \times 46 \\ &= -10.35 \text{ (mm, 縮み側)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta L_2 &= 17.3 \times 10^{-6} \times (32 - 20) \times 46 \\ &= 9.55 \text{ (mm, 伸び側)} \end{aligned}$$

冬期の伸縮量

$$\begin{aligned} \Delta L_1 &= 17.3 \times 10^{-6} \times (65 - 20) \times 46 \\ &= 35.81 \text{ (mm, 伸び側)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta L_2 &= 17.3 \times 10^{-6} \times (0 - 20) \times 46 \\ &= -15.92 \text{ (mm, 縮み側)} \end{aligned}$$

以上より、伸び側に対して 35.8mm、縮み側に対して -15.9mm を満足する伸縮管継手を挿入する必要がある。

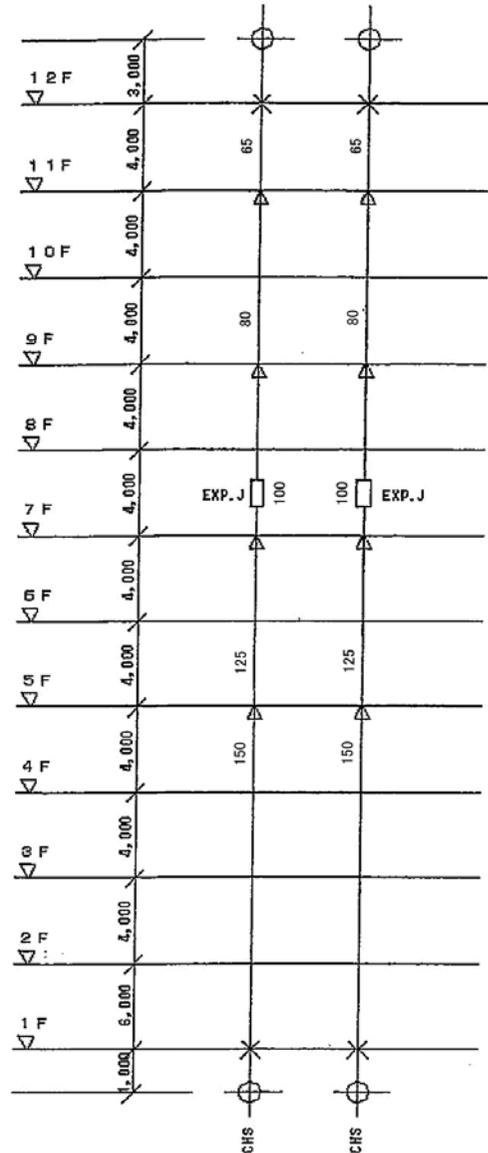


図 2.7-4 立て管の伸縮継手選定の計算例

## 2.8 配管の水撃防止

水撃作用とは、配管系を構成しているポンプの停止時、あるいは弁急閉鎖時に起こり、配管中の圧力が急激に上昇し、圧力波が閉鎖区間を往復しながら管壁や接続機器を水撃する現象をいう。

一般配管用ステンレス鋼管の、水撃作用が起こったときの耐力が、炭素鋼管に比較して勝っているのか否かは難しい問題である。炭素鋼に比べて2倍近い引張強さ（520MPa）があることから、管の厚さを薄くしてある。そのため水撃作用時の管内圧力の上昇に対しては、継手を含めた配管系全体を考えた場合や、管内流速を大きく想定した配管設計が行われ得ることを考えると炭素鋼管に対して優位性は認められない。以上のことから、水撃作用の現象の理解や上昇圧力の計算、防止策については、炭素鋼管と同様に扱う必要がある。

### 2.8.1 水撃作用の防止

水撃作用および水栓分離に対する防止策を次に挙げる。

- (a) ポンプ吐き出し側の逆止め弁に一般のスイング形を用いず、ばね、重錘などを用いた水撃作用防止形を用いる。
- (b) 逆止め弁にダッシュポットを連動させ、管内に水が逆流する場合に弁に抵抗を与えて閉鎖時間を長くする。
- (c) エアチャンバを設けて衝撃圧を吸収する。
- (d) 自動圧力調整弁やサージタンクを設けて、管路内圧力上昇を防止する。
- (e) 管内流速を出来るだけ小さくする。
- (f) 揚水管の横走りが長い場合は、横引きをなるべく低い所で行い、水柱分離を避ける。
- (g) 場合によっては、水中ポンプまたは、閉回路管路網中のポンプなどでは、逆止め弁を省略して、すべて逆流させるのも有効である。
- (h) 水撃防止器を使用する。

## 2.9 配管の腐食対策

配管の腐食は、流体の水質などによる内面腐食と、埋設土壌の性質や、雰囲気ガスの条件などによる外面腐食とに分けられ、それぞれに対して防食対策が施される。鋼管や銅管の場合に行う内面防食法は、塩ビライニングなどを別とすれば、主として薬剤投入により管内面に化学的防食皮膜を形成させる方法が採られる。一般配管用ステンレス鋼鋼管の場合は、酸化クロムの不動態皮膜が形成されるので、内面防食を必要としない（表2.9-1参照）。

表 2.9-1 腐食の種類と発生メカニズムおよび防止対策

腐食の種類	発生メカニズム・発生形態	主な腐食発生原因	給水・給湯配管での防止対策	
			材料	環境
1 孔食	同一表面に活性態と不動態が共存し、活性態-不動態電池による局部腐食（閉塞電池腐食）が発生するもの。発生要因と進行形状により、孔食、すきま腐食に分かれる。	一定以上のハロゲン化物イオン濃度および酸化剤の濃度と温度により、不動態皮膜を破壊し局部的な腐食を発生させる。	・高 Cr, Mo, Ni 付加等耐食性向上材料の選択 ・ SUS315J1, SUS 315J2, SUS316 の採用	・ハロゲン化物イオン濃度、酸化剤濃度、温度の低減
2 すきま腐食	孔食とは環境により不動態皮膜が破壊されることで局部電池を形成し起こす腐食。 すきま腐食とは閉塞部における酸素の供給不足、腐食生成物の付着堆積などにより局部電池を形成し起こす腐食。			・溶接時の酸化防止 ・閉塞状態を発生させる配管の設計回避 ・塵、異物の混入回避
3 粒界腐食	結晶粒界では粒内に比して、拡散、偏析あるいは析出などが進行しやすい、粒界に炭化物、金属間化合物などが析出、または溶質不純元素などが偏析し粒界の耐食性が粒内の耐食性より劣化して発生する腐食。	400～850℃の加熱により結晶粒界にクロム炭化物を析出し Cr 欠乏層が発生し、その部分が優先的に腐食される。	・鋭敏化しにくい低 C 材の採用 ・ SUS304L, SUS 316L の採用	・ハロゲン化物イオン濃度、酸化剤濃度、温度の低減 ・溶接時の高温化防止
4 応力腐食割れ	引張り応力と材料及び水質の腐食発生要因が重複した状態で発生する割れを伴う腐食。	引張り応力とハロゲン化物イオンおよび酸化剤、温度との条件、結晶粒界での Cr 欠乏層が組み合わさり発生する。	・引張り応力の低減 ・鋭敏化しにくい低 C 材の採用 ・ SUS315J1, SUS 315J2 の対策材料の採用	・ハロゲン化物イオン濃度、酸化剤濃度、温度の低減
5 異種金属接触腐食（ガルバニック腐食）	電位が異なる 2 種の金属が電解質中で接すると、両者の間に電池を形成し、卑な金属がアノードとなって腐食する。	炭素鋼は異種管との接合時絶縁不良により発生する。	・絶縁継手、絶縁ガスケットの採用	・炭素鋼は異種管との接続回避 ・異種金属との接続について十分な注意を払う
6 エロージョン・コロージョン（濃食）	高速流および乱流により金属表面の酸化皮膜が破壊され、下地金属が直接溶液により局部腐食を生ずる腐食。 ステンレス鋼では不動態皮膜が強固で有るので発生は少ない。	高温の液体で、しかも塩化物イオン、硫酸イオン、砂状粒子などを含む場合または pH などが低い場合発生。		

外面防食に対しては、一般配管用ステンレス鋼鋼管といえども無傷というわけにはいかないが、ステンレス協会が国内要所で行った埋設実験において、かなり良好な結果を得ており、建築設備として一般に使われる範囲内であれば、一応問題なしとしていいようである。ただし、海岸地区・埋立地・湧水の多い土壌などでは土壌計画を行い、対処する方が望ましい。そこで、次にステンレス鋼特有な性質に関連した、設計上の防食対策を挙げる。

- (a) ハロゲン化物イオン、特に塩化物イオンを含まない保湿・保冷材を使用する（メーカーと協議）。
- (b) 水処理剤を使用する場合は、塩化物イオンを含有するものがあるので、水質管理も含めて十分注意を要する。

- (c) ガasketは、ステンレス配管専用の材料を使用する（塩化物イオンが溶出しない）。
- (d) 異種金属との接続には、絶縁処理の要否を見極め、十分注意して行う（特に銅合金との接続の場合）。（詳細は「施工編3.7異種管との接続」を参照）。
- (e) 管の曲げ半径は、ベンダを使用する場合には4D（D：管外径）以上を目安とする。
- (f) 塩素滅菌器などの使用に当たっては、残留塩素とCl<sup>-</sup>の濃縮・滞留に十分注意する。
- (g) 配管の一部に極端な応力集中が生じないようにする。
- (h) 滞留部を形成する鳥居・逆鳥居配管をしないようにする。やむを得ぬ場合は、水抜き弁を設けて定期的に清掃、流動させる。

### 2.9.1 配管システムのための水質基準

水道事業者から配水される上水に含まれる塩化物イオンと残留塩素の濃度は、ステンレス配管システムの耐食性に大きな影響を与える。一方、平成15年10月10日に厚生労働省健康局より通知された「水質基準に関する省令の制定及び水道法施行規則の一部改正について（健発1010004号）」において、将来にわたり水道水の安全性の確保等に万全を期する見地から、水道水に含まれる化学物質の濃度について、管理目標が公布された。残留塩素濃度は、1.0mg/L以下が目標とされた。

全国の水道事業者では、「安全でおいしい水」の供給に取り組んでおり、上水中の塩化物イオンと残留塩素の濃度は低減される傾向にある。「おいしい水」の要件としては、1985年に厚生省の「おいしい水研究会」により残留塩素0.4mg/L以下が示されている。また、空気調和・衛生工学便覧（第13版）給排水衛生設備設計編P81の表5.3「おいしい水」製造処理装置の参考フローシートにおいて、残留塩素濃度制御の目標として、0.4mg/L以下が示されている。

平成16年度および平成19年度の全国浄水場の水質データのまとめを表2.9-2～2.9-3に示す。両年度を比較した場合、塩化物イオンの値は大差ないが、残留塩素の最高値は、8.4mg/Lから2.7mg/Lまで低減していることがわかる。このことから、ステンレス配管システムにとっては、腐食しにくい環境が整備されつつあるといえる。

表 2.9-2 全国浄水場の水質データのまとめ（平成16年度）<sup>5)</sup>

区分	塩化物イオン			残留塩素		
	最高値	平均値	最低値	最高値	平均値	最低値
最大値	200.0	200.0	200.0	8.4	6.2	5.0
平均値	16.1	12.4	9.7	0.5	0.4	0.2
最小値	0.4	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0

注 超高耐久オールステンレス共用部配管システムに関する技術開発、平成21年度技術開発報告書（参考表）より引用

表 2.9-3 全国浄水場の水質データのまとめ（平成 19 年度）<sup>5)</sup>

区分	塩化物イオン			残留塩素		
	最高値	平均値	最低値	最高値	平均値	最低値
最大値	240.0	155.6	130.0	2.7	2.0	1.0
平均値	15.8	12.4	9.9	0.5	0.4	0.2
最小値	0.3	0.2	0.0	0.1	0.1	0.0

注 超高耐久オールステンレス共用部配管システムに関する技術開発，  
平成 21 年度技術開発報告書（参考表）より引用

配管システムにおいて、腐食の可能性が最も高い部位は、継手部である。継手は、耐食性に関して分けた場合、溶接継手とメカニカル形管継手に分けられる。これらについての腐食を発生させないための水質基準について解説する。なお、本水質基準は、資料編に掲載する、ステンレス協会作成の「建築設備用ステンレス配管の水質指針－改訂版 1」による。

#### (a) 溶接継手に関する水質基準

溶接継手につき、実環境を推測し策定した腐食発生限界水質の簡便図を図 2.9-1 に示す。

なお、前提条件として、溶接品質 A（施工編参照）、補給水の残留塩素濃度は 1.0mg/L 以下、給水・中央循環式給湯・空調システムとし、給水・給湯が多くなる時間は約 3～4 時間程度とする。

図 2.9-1 では、塩化物イオン濃度と M アルカリ度（pH4.8 における酸消費量）にて整理し、耐食域と腐食域を示している。

給水については、SUS304 製の場合、概して残留塩素 1.0mg/L 以下、塩化物イオン 90.0mg/L 以下、M アルカリ度 100mg/L 以下であれば、耐食域となる。

給湯については、SUS304 製の場合、概して残留塩素 1.0mg/L 以下、塩化物イオン 50.0mg/L 以下、M アルカリ度 100mg/L 以下であれば、耐食域となる。

上記の水質範囲にて、全国の水道事業者の水質に対して、どの程度の確率で満足できるか検討した結果を表 2.9-4 に示す。SUS304 の配管で、給水用途は、全国の 97% 以上をカバーでき、給湯用途も 96% はカバーできる。実際には、残留塩素、塩化物イオン、M アルカリ度の濃度が同時に外れる確率はより低くなると考えられることから、全国のほとんどの地域において SUS304 溶接継手の適用が可能である。

表 2.9-4 全国水道事業者の水質への SUS304 の適用確率

区分	残留塩素	塩化物イオン	M アルカリ度	3 項目を同時に満足する確率
	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	
給水	1.0 以下	90.0 以下	約 100 以下	97.38%
	99.86%	99.70%	97.81%	
給湯	1.0 以下	50.0 以下	約 100 以下	96.40%
	99.86%	98.70%	97.81%	

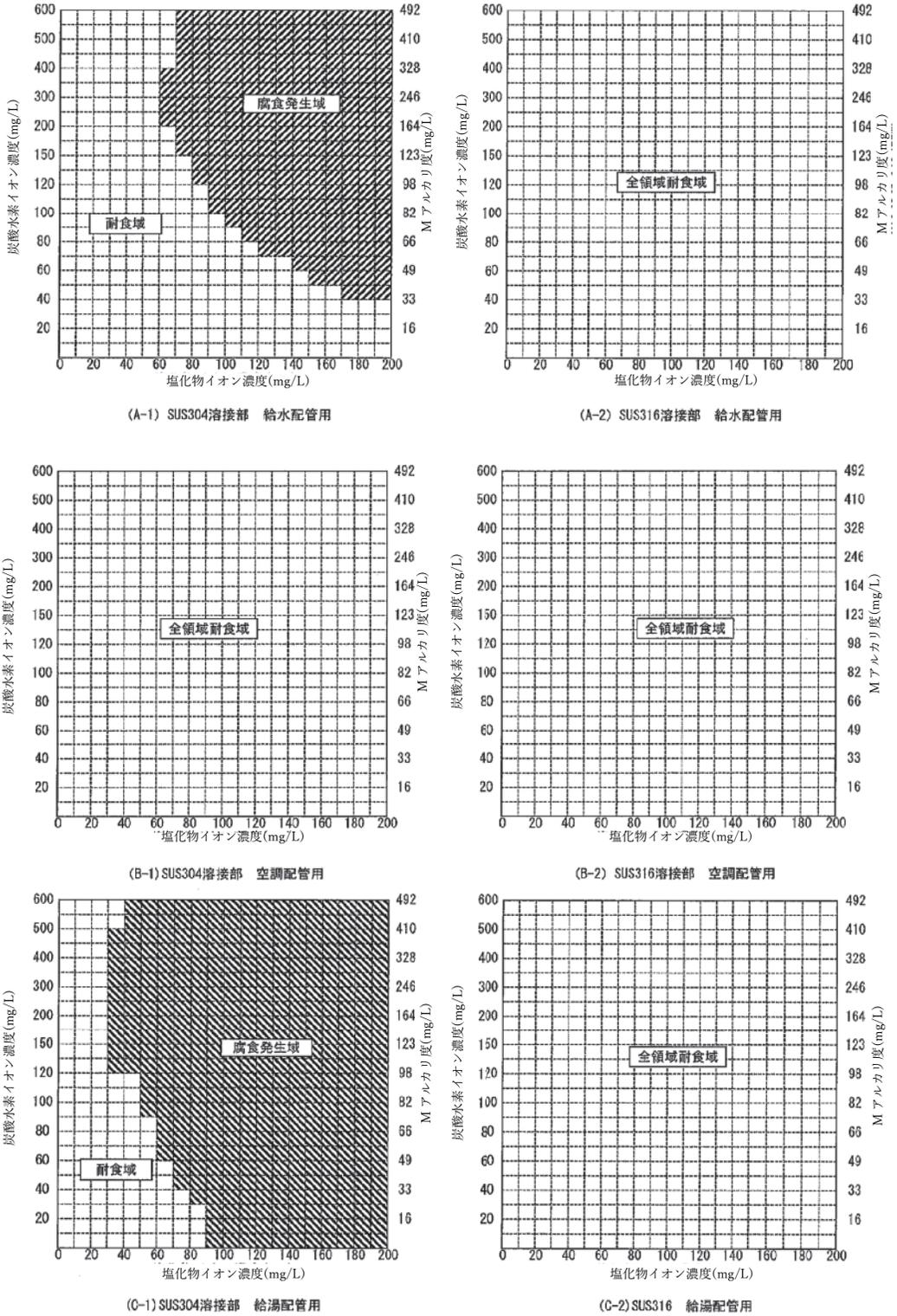


図 2.9-1 溶接継手部の水質基準

## (b) メカニカル形管継手に関する水質基準

メカニカル形管継手についての水質基準を図2.9-2、図2.9-3に示す。メカニカル形管継手のすきま腐食発生限界水質簡便図については、旧版の「建築設備用ステンレス配管の水質指針」に掲載されているものが良く対応しているとの認識があり、また、上水の給水配管では腐食による漏水事故は皆無であるとのこともあったため、その図の一部を改訂してメカニカル形管継手の水質基準とした。

ただし、すきま腐食発生電位は継手の構造に影響されるため、継手の種類によっては△の領域まで適用できる可能性があることから、各継手メーカーの実績に基づいて判断するのが好ましい。

また、電位を貴にする因子である遊離塩素および溶存酸素が少なければ、腐食の可能性は当然小さくなるが、ここではそれらが特に低くない、通常の水を想定している。

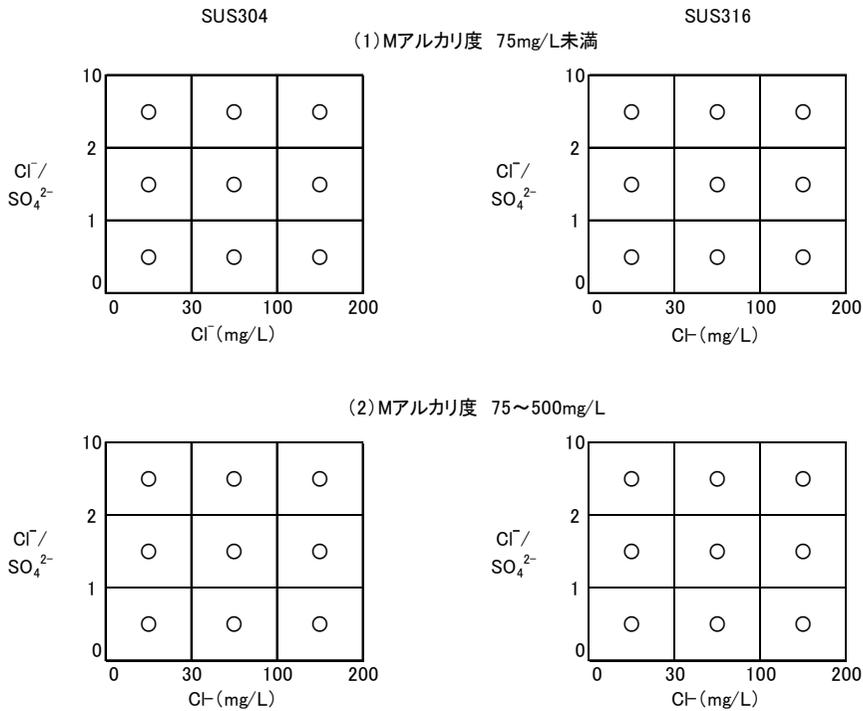


図 2.9-2 メカニカル形管継手部の水質基準（給水用）

○：腐食の可能性小 ×：腐食の可能性大 △：○または×

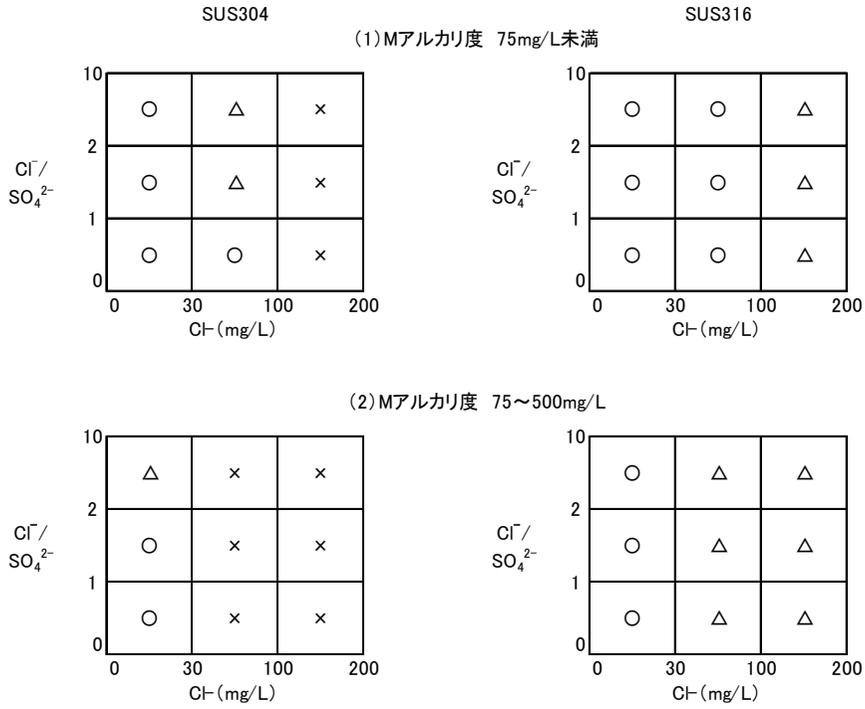


図 2.9-3 メカニカル形管継手部の水質基準 (給湯・空調用)

○：腐食の可能性小 ×：腐食の可能性大 △：○または×

## 2.10 配管の保温・防露

### 2.10.1 ステンレス配管の熱損失

ステンレス配管からの熱損失は、計算の結果から鋼管をわずかに下回る（熱伝導率の違いによる）が、実際は等しいと考えてよいことがわかっている。従って、新たに計算する必要はなく、既存のデータを用いてよい。

### 2.10.2 保温材の選定

保温・保冷材の種類および主な物性を表2.10-1に示す。表2.10-1は、JIS A 9501保温保冷工事施工標準の表2～4より、保温筒と継ぎ手カバーの部分を抜粋したものである。種類としては、前述のように可溶性ハロゲン化物を含まないものが望ましいが、可溶性ハロゲン化物（特に塩化物イオン $\text{Cl}^-$ ）を含むものもあり、このためステンレス鋼管が結露するか、水分を含んだ場合に、応力腐食割れを生じることがある。

しかし、図2.10-1に示すように保温材中のナトリウム＋ケイ酸イオンがハロゲン化合物イオンの腐食性を抑制する効果があり、使用許容範囲で使用することができる。

したがって、塩化物イオンとナトリウム＋ケイ酸イオンの含有量がわかれば、使用の可否が判断できる（図2.10-2参照）。

原則的には、表2.10-1に示す保温材の使用は問題ないとしていいが、貯湯槽でグラスウール保温材が問題になった例もあり、ケースに応じての検討が必要であると考えられている。

表 2.10-1 保温・保冷材の種類及び主な物性<sup>15)</sup>

規格番号	種類		密度 kg/m <sup>3</sup>	収縮 温度 °C以上	使用 温度 °C以下	熱伝達率 W/(m・K)以下		ホルムアルデヒド 放散区分	
						平均温度			
JIS A9504	ロックウール	保温筒	40~200	600	— <sup>(1)</sup>	70	0.044	F☆☆等級~ F☆☆☆☆等級	
	グラスウール	保温筒	45~90	350		70	0.043		
JIS A9510	けい酸カルシウム	保温筒	1号-15	155以下	—	1000	200	0.066	—
							300	0.079	
							400	0.095	
							500	0.114	
							600	0.137	
		1号-22	220以下	—	1000	200	0.077		
						300	0.088		
						400	0.106		
		2号-17	170以下	—	650	200	0.070		
						300	0.088		
	400					0.113			
	はっ水性パーライト	保温筒	3号-25	250以下	—	900	70	0.072	
			4号-18	185以下	—	650	70	0.056	
	JIS A9511	ビーズ法ポリスチレンフォーム	保温筒	1号	35以上	—	70	23	
2号				30以上	—	70	23	0.036	
3号				25以上	—	70	23	0.037	
継ぎ手カバー				25以上	—	70	23	0.037	
A種硬質ウレタンフォーム		保温筒	1種1号	35以上	—	100	23	0.029	
			1種2号	35以上	—	100	23	0.026	
			1種3号	35以上	—	100	23	0.024	
			1種4号	25以上	—	100	23	0.025	
			2種1号	35以上	—	100	23	0.026	
			2種2号	35以上	—	100	23	0.024	
B種硬質ウレタンフォーム		保温筒	1種1号	35以上	—	100	23	0.024	
			1種2号	25以上	—	100	23	0.025	
			2種	35以上	—	100	23	0.024	
ポリエチレンフォーム		保温筒	1種	10以上	—	70	23	0.043	
			2種	20以上	—	120	23	0.043	

※ (1) 実際に使用する際の使用諸条件を考慮した使用温度の最高の注意点は、JIS A 9501 を参照。

注 本表は、JIS A 9501 : 2019 保温保冷工事施工標準、表 2 ~ 4 より引用

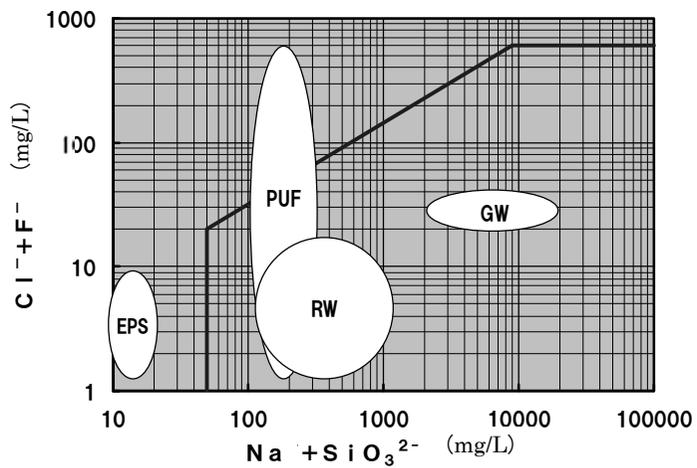
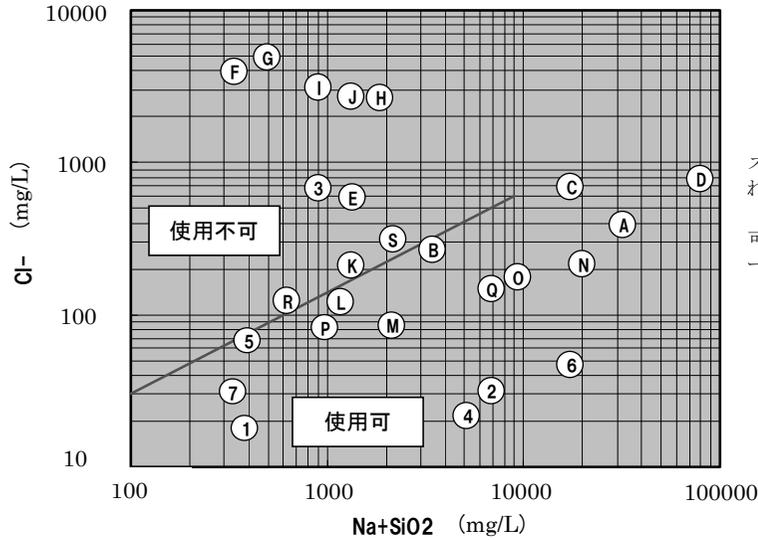


図 2.10-1 保温材の溶出試験結果とステンレス鋼の使用許容域<sup>16)</sup>

注 ステンレス協会 配管システム普及委員会 HP  
報告書レポート「ステンレス鋼保温材に関する調査」(図-2)より引用



ステンレス鋼の応力腐食割れにおよぼす各保温材中の (ASTM C-795) 可溶性ハロゲンとケイ酸ソーダ含有量の関係

	品名	pH	Cl <sup>-</sup> (mg/L)	Na+SiO <sub>2</sub> (mg/L)	
A	グラスウール	9.62	390	31,900	
B	ロックウールカバー	7.37	290	3,490	
C	シリカーカバー	9.70	680	16,780	
D	パーライトカバー	10.16	780	77,180	
E	ポリスチレンカバー	7.18	580	1,340	
F	ロックセルボンド	3.06	3,970	330	
G	ロックセルボンド	3.06	4,850	470	
H	硬質ウレタン	3.39	2,710	1,920	
I	硬質ウレタン	3.34	3,000	910	
J	軟質ウレタン	3.54	2,710	1,450	
K	ポリエチレン	7.57	190	1,340	
L	ポリエチレン	6.98	140	1,140	
M	ケイ酸カルシウム	—	85	2,100	
N	石綿 A	—	205	20,920	
O	岩綿	—	175	9,300	
P	グラス綿	—	87	980	
Q	石綿 B	—	153	6,930	
R	水ねり石膏	—	123	645	
S	水ねり仕上げセメント	—	295	2,236	
製造会社					
ニチアス	①	ロックウールカバー	9.2	18	365
マグ・イソパール	②	グラスウールカバー	9.4	28	6,588
丸昌夏山フェルト	③	牛毛フェルトカバー	6.8	650	908
ニチアス	④	ケイ酸カルシウム	9.4	23	5,300
アディア	⑤	ポリスチレンフォーム	7.2	66	402
三井金属鉱業	⑥	撥水性パーライト	9.6	46	17,130
ニチアス	⑦	硬質ウレタンフォーム	6.5	30	335

但し、①、②、③、④、⑤、⑥、⑦は、平成5年3月5日 溶出試験結果による。

保温材の化学分析結果

図 2.10-2 ステンレス鋼管に対する各種保温材の使用可能範囲<sup>17)</sup>

注 ASTM C795(2008)より抜粋

### 2.10.3 保温材の厚さの決定

保温材の厚さは、経済性を考慮したJIS A 9501掲載の計算式によって決められるのが望ましい。一方、公共建築工事標準仕様書（機械設備工事編，令和4年版）や、空気調和・衛生設備工事標準仕様書SHASE-S010-2021，日本建築家協会の建築設備工事共通仕様書2010には、保温材の必要厚さについて、一定の条件にて計算された表が掲載されており、それらを適用しても良い。本マニュアルでは、公共工事を中心に多く使用されている公共建築工事標準仕様書（機械設備工事編，令和4年版）からの抜粋を表2.10-2に示す。

表 2.10-2 保温材の厚さ<sup>18)</sup>

(単位:mm)

呼び径 保温 の種別	呼び径															参考使用区分		
	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200	250	300				
I	イ	20					25					40					ロックウール 給湯管	
	ロ	20					25					40						グラスウール
II	イ	20			30			40									ロックウール 蒸気管 (低圧(0.1MPa未満))	
	ロ	20			30			40										グラスウール
III	イ	30			40						50						ロックウール 冷水管 冷温水管	
	ロ	30			40						50							グラスウール
	ハ	30			40						50							ポリスチレンフォーム
IV	ハ	30		40					50					ポリスチレンフォーム	冷水管 (冷水温度2~4℃)			
V	ハ	40			50				65						ポリスチレンフォーム	ブライン管 (ブライン温度-10℃)		
VI	イ	30			40						50						ロックウール 冷媒管	
	ロ	30			40						50							グラスウール
VII	イ	20					25					40					ロックウール 給水管 排水管	
	ロ	20					25					40						グラスウール
	ハ	20					25											ポリスチレンフォーム
VIII	25															機器、排気筒、煙道、内貼		
IX	50																	
X	75																	
XI	屋内露出（機械室、書庫、倉庫）及び隠ぺい部は25 屋内露出（一般居室、廊下）、屋外露出及び多湿箇所は50																	

注 公共建築工事標準仕様書・機械設備工事編 令和4年版より引用

## 2.11 ステンレス配管に接続される機器に関する注意事項

ステンレス配管や継手に接続される機器（弁、ポンプ、貯水・貯湯槽、グリース阻集器等）は、材質にステンレスが使用されているものが望ましい。一方、経済性やステンレス製の機器が製造されていない等の問題により、ステンレス製でない機器を使用することもあると考えられるので、各機器に対する留意点を解説する。なお、空調システムについては、システムが多岐に分かれており機器も多種におよぶため、ここでは省略する。

### 2.11.1 弁

建築設備のステンレス配管用弁を選定する際は、異種金属接触腐食、耐食性およびLCCなどを総合的に考慮し決定する必要がある。青銅弁の自然電位（腐食電位）は、ステンレス鋼管とほぼ同等であるが、長期的な耐食性は劣る。また、鋳鉄弁に絶縁処理を施してステンレス鋼管に配管しても赤さびは発生する。

建築設備のステンレス配管用弁の規格は、ステンレス協会規格「一般配管用ステンレス鋼弁(SAS 358-1992)」および一般社団法人日本バルブ工業会規格「一般配管用ステンレス鋼弁(JV 8-1:2007)」がある。SAS 358には、呼び圧力10Kの仕切弁、逆止め弁、ボール弁およびバタフライ弁が規定されている。JV 8-1には、呼び圧力10K、16Kおよび20Kの仕切弁、玉形弁、逆止め弁、バタフライ弁およびボール弁が規定されている。

それぞれの規格には、種類、流体の温度と最高許容圧力との関係、品質、材料、試験、検査、その他が規定されている。

ステンレス協会規格SAS 358に規定されている弁の種類を表2.11-1に、日本バルブ工業会規格JV 8-1に規定されている弁の種類を表2.11-2に示す。この中で、呼び径50A以下はボール弁が、また、呼び径65A以上はバタフライ弁が多く使用されている。

表 2.11-1 弁の種類<sup>19)</sup>

呼び 圧力	弁種	呼び径														
		A B	15 1/2	20 3/4	25 1	32 1 1/4	40 1 1/2	50 2	65 2 1/2	80 3	100 4	125 5	150 6	200 8	250 10	300 12
10K	ねじ込み形内ねじ仕切弁	○	○	○	○	○	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10K	フランジ形外ねじ仕切弁	—	—	—	—	—	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○
10K	ねじ込み形逆止め弁	○	○	○	○	○	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10K	フランジ形逆止め弁	—	—	—	—	—	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○
10K	ウエハー形逆止め弁	—	—	—	—	—	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○
10K	ねじ込み形ボール弁	○	○	○	○	○	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10K	フランジ形ボール弁	—	—	—	—	—	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○
10K	ウエハー形バタフライ弁	—	—	—	—	—	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○

注 ステンレス協会規格 SAS 358 : 1992 一般配管用ステンレス鋼弁 より抜粋

表 2.11-2 弁の種類<sup>20)</sup>

呼び 圧力	弁 種	シート	呼 び 径																
			A	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200	250	300		
			B Su	1/2 13	3/4 20	1 25	1 1/4 30	1 1/2 40	2 50	— 60	—	—	—	—	—	—	—	—	
10K	ねじ込み形内ねじ仕切弁	メタル	○	○	○	○	○	○	○	○	—	—	—	—	—	—	—		
	フランジ形内ねじ仕切弁	メタル	○	○	○	○	○	○	○	○	—	—	—	—	—	—	—		
	フランジ形外ねじ仕切弁	メタル	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
	メカニカル形内ねじ仕切弁	メタル	○	○	○	○	○	○	○	○	—	—	—	—	—	—	—		
	ねじ込み形内ねじ玉形弁	メタル及びソフト	○	○	○	○	○	○	○	○	—	—	—	—	—	—	—		
	フランジ形内ねじ玉形弁	メタル及びソフト	○	○	○	○	○	○	○	○	—	—	—	—	—	—	—		
	フランジ形外ねじ玉形弁	メタル及びソフト	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
	メカニカル形内ねじ玉形弁	メタル及びソフト	○	○	○	○	○	○	○	○	—	—	—	—	—	—	—		
	ねじ込み形スイング逆止め弁	メタル	○	○	○	○	○	○	○	○	—	—	—	—	—	—	—		
	フランジ形スイング逆止め弁	メタル	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
	メカニカル形スイング逆止め弁	メタル	○	○	○	○	○	○	○	○	—	—	—	—	—	—	—		
	ねじ込み形リフト逆止め弁	メタル	○	○	○	○	○	○	○	○	—	—	—	—	—	—	—		
	フランジ形リフト逆止め弁	メタル	○	○	○	○	○	○	○	○	—	—	—	—	—	—	—		
	メカニカル形リフト逆止め弁	メタル	○	○	○	○	○	○	○	○	—	—	—	—	—	—	—		
	ウエハー形逆止め弁	メタル及びソフト	—	—	—	—	—	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
	ウエハー形バタフライ弁	ソフト	—	—	—	—	—	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
ねじ込み形ボール弁	ソフト	○	○	○	○	○	○	○	○	—	—	—	—	—	—	—			
フランジ形ボール弁	ソフト	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○			
メカニカル形ボール弁	ソフト	○	○	○	○	○	○	○	○	—	—	—	—	—	—	—			
16K	ウエハー形バタフライ弁	ソフト	—	—	—	—	—	—	○	○	○	○	○	○	○	○			
20K	フランジ形外ねじ仕切弁	メタル	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
	フランジ形外ねじ玉形弁	メタル	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
	フランジ形スイング逆止め弁	メタル	—	—	—	—	—	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
	フランジ形リフト逆止め弁	メタル	○	○	○	○	○	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
	ウエハー形逆止め弁	メタル及びソフト	—	—	—	—	—	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
	フランジ形ボール弁	ソフト	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
	メカニカル形内ねじ仕切弁	メタル	○	○	○	○	○	○	○	○	—	—	—	—	—	—	—		
メカニカル形ボール弁	ソフト	○	○	○	○	○	○	○	○	—	—	—	—	—	—	—			

注記 フランジ形およびウエハー形の呼び径はA呼び、ねじ込み形はB呼び、メカニカル形はSu呼びとする。

注 日本バルブ工業会規格 JV 8-1 一般配管用ステンレス鋼弁 (2007) より引用

(1) 弁の選定

(a) 弁の種類

長寿命を考慮したステンレス配管システムに用いる弁は、遮断に適すること、圧力損失が少ないこと、メンテナンス性がよいことなどを考慮して次のように推奨する。

- ①呼び径50A以下：仕切弁またはボール弁
- ②呼び径65A以上：偏心形バタフライ弁

基本的な弁の種類、構造および特徴を表2.11-4に示す。この中では、共用部配管には、遮断に適するおよび圧力損失が小さいなどの理由により、呼び径50A以下は仕切弁またはボール弁、呼び径65A以上は、バタフライ弁が適している。玉形弁は、圧力損失が大きく、常時開使用の共用部配管には適さない。

「中心形ゴムシートバタフライ弁」および「偏心形PTFEシートバタフライ弁」の構造と特徴を表2.11-5に示す。中心形のゴムシートは、現場での交換が困難であるが、偏心形のPTFEシートの交換は容易である。PTFEは、ゴムに比べて耐薬品性に優れている。

## (b) 弁の材料

40年の耐久性を有する弁の各弁種の本体、弁座および弁棒の材料は、表2.11-3による。

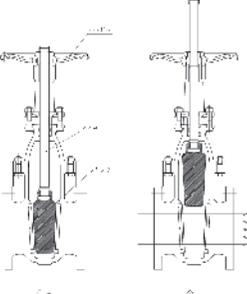
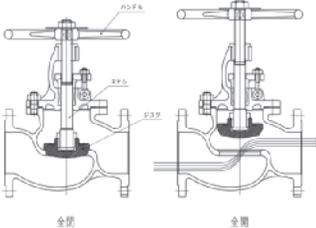
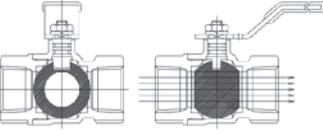
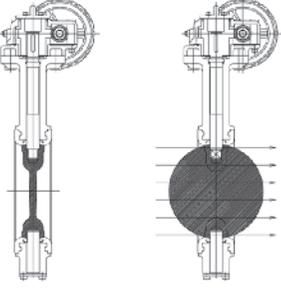
表 2.11-3 40年の耐久性を有する弁の材料<sup>6)</sup>

弁種	本体	弁座		弁棒
		弁体	弁箱付き弁座	
仕切弁	ステンレス	ステンレス	ステンレス	ステンレス
ボール弁			PTFE	
偏心形バタフライ弁				

注 超高耐久オールステンレス共用部配管システム、ガイドラインより引用

建築設備に使用される材料の分類を表2.11-6に示す。一般に、ステンレス管にはステンレス製弁の他に、ステンレスとの自然電位（腐食電位）の差がない青銅および鉛レス青銅が使用される。公共建築工事標準仕様書では、黄銅の使用は、脱亜鉛腐食および応力腐食割れが発生することがあることから、認められていない。

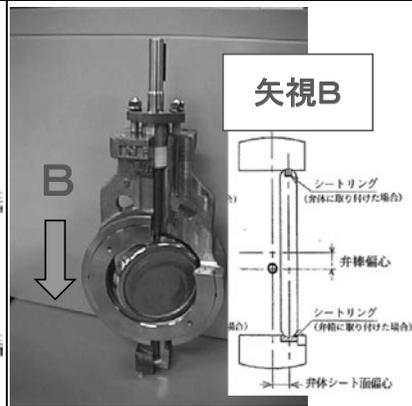
表 2.11-4 基本的な弁の構造と特徴<sup>6)</sup>

種類と構造	特 徴	遮断に適する	制御に適する	圧力損失が小	高圧に適する	高温に適する	大口径に対応
	<p><b>仕切弁</b></p> <p>①主として遮断用弁として使用（調節弁としては、基本的に使用しない） ②直線流路をもち、流体抵抗が小</p>	◎	△	◎	◎	◎	◎
	<p><b>玉形弁</b></p> <p>①主として流量の調節目的に使用 ②仕切弁に比べて、大きな操作力が必要</p>	◎	◎	△	◎	◎	△
	<p><b>ボール弁</b></p> <p>①他の弁と比べて速やかな遮断 ②直線流路をもち、流体抵抗が極めて小 ③主として遮断用弁として使用（調整弁としては使用しない）</p>	◎	△	◎	○	△	○
	<p><b>バタフライ弁</b></p> <p>①管路の遮断、または流量調節に使用（より厳しい条件で使用できる機種もある） ②直線流路を有し、流体抵抗が小</p>	◎	○	○	△	△	◎

◎：優れている，○：一般に使用する，△：条件により適用する

注 超高耐久オールステンレス共用部配管システム，ガイドラインより引用

表 2.11-5 中心形・偏心形バタフライ弁の構造と特徴<sup>6)</sup>

種類	中心形ゴムシート バタフライ弁	偏心形 PTFE シート バタフライ弁
構造	弁体外周が弁棒の中心と同一面上にある構造形式である。	弁体の回転中心(弁棒)が弁の口径の中心になく、さらに弁体シート面が弁棒の中心から偏心している構造形式である。
材質	弁箱：内面がラバーで覆われているため、管の材質によらない。建築設備用は、アルミ合金製が多い。 弁箱付き弁座（シート）：ゴム 弁体・弁棒：ステンレス	弁箱：内面が接液するため、管の材質と同等とする。 弁箱付き弁座（シート）：PTFE 弁体・弁棒：ステンレス
耐久性	ゴムシート：10年～15年	PTFE：40年の使用が可能である。これは、弁体の全開時、弁体とシートは接していないため、応力緩和は発生しないことによる。また、耐薬品性に優れている。
弁座の交換	困難	容易
価格	低廉	高価（ゴムシートの約5倍）
構造図		

注 超高耐久オールステンレス共用部配管システム、ガイドラインより引用

表 2.11-6 建築設備に使用される弁の材料<sup>6)</sup>

分類		種類	JIS 材料記号	国交省標準仕様書の規定		
				規格番号	規格名	
非金属	プラスチック	硬質塩化ビニル	PVC	—	—	
金属	非鉄	銅合金	青銅(鑄造)	CAC406	JIS B 2011	青銅弁
			鉛レス青銅(鑄造)	CAC911		
			黄銅(鍛造)	C3771		
	アルミニウム合金	アルミニウム合金(鑄造)	ADC12	JIS B 2032	ウェハー形ゴムシート バタフライ弁	
	鉄鋼	鑄鉄(鑄造)	ねずみ鑄鉄品	FC200	JIS B 2031	ねずみ鑄鉄弁
			球状黒鉛鑄鉄品	FCD400-15, FCD450-10	JIS B 2051	可鍛鑄鉄弁及びダクタ イル鑄鉄弁
			黒心可鍛鑄鉄	FCMB350-10		可鍛鑄鉄弁及びダクタ イル鑄鉄弁
			ダクタイル鉄鑄造品	FCD-S	JIS B 2051	可鍛鑄鉄弁及びダクタ イル鑄鉄弁
			マレアル鉄鑄造品	FCMB-S35		可鍛鑄鉄弁及びダクタ イル鑄鉄弁
		鑄鋼(鑄造)	炭素鋼鑄造品	SCPH2	JIS B 2071	鋼製弁
			ステンレス鋼鑄造品	SCS13	JV 8-1	一般配管用ステンレス鋼弁
				SCS13A		
				SCS14		
		SCS14A				
鍛鋼(鍛造)		炭素鋼鍛造品	SFVC2A	—	—	
	ステンレス鋼鍛鋼品	SUSF304	—	—		
		SUSF316	—	—		

注 超高耐久オールステンレス共用部配管システム、ガイドラインより引用

### (c) ステンレス鋼管に最適な弁の材料

#### ①呼び径50A以下(仕切弁・ボール弁)

仕切弁およびボール弁について、40年の耐用年数を前提とした場合のステンレス製と青銅製の耐食性の評価を表2.11-7に示す。青銅弁は、水質に起因する軽微な腐食が発生することがある。

#### ②呼び径65A以上(バタフライ弁)

ゴム弁座のバタフライ弁とPTFE弁座のバタフライ弁の耐食性の評価を表2.11-8に示す。中心形のバタフライ弁は、弁箱の内面がラバーで覆われているため、本体は接液しない。ゴムは、水質により10～15年で劣化する場合がある。

表 2.11-7 ステンレス弁と青銅弁の耐食性の評価<sup>6)</sup>

弁種	本体	弁座		弁棒	評価
		弁体	弁箱付き弁座		
仕切弁	ステンレス	ステンレス	ステンレス	ステンレス	◎
	青銅	青銅 or 耐脱亜鉛黄銅	青銅	耐脱亜鉛黄銅	○
ボール弁	ステンレス	ステンレス	PTFE	ステンレス	◎
	青銅	ステンレス or 耐脱亜鉛黄銅		耐脱亜鉛黄銅	○

注 超高耐久オールステンレス共用部配管システム、ガイドラインより引用

表 2.11-8 ゴム弁座・PTFE 弁座バタフライ弁の耐食性の評価<sup>6)</sup>

弁種	本体	弁座		弁棒	評価
		弁体	弁箱付き弁座		
中心形	アルミ合金, 他 (接液しない)	ステンレス	ゴム	ステンレス	△
偏心形	ステンレス		PTFE		◎

◎：40年の耐用年数を有している。△：ゴムは水質により10～15年で劣化する場合がある。

注 超高耐久オールステンレス共用部配管システム、ガイドラインより引用

#### (d) 法律上の使用制限

給水設備用弁および消防設備用弁の選定に際しては、次の法律の規定を満足しなければならない。

##### ①給水設備用弁（水道法）

- 1) 弁の材料は、厚生労働省令の鉛などの水質基準を満足する浸出性能を有すること。
- 2) 直結給水に使用する場合、JIS B 2011(青銅弁)以外の弁は、厚生労働省に登録された第三者検査機関の認証が必要となる。

##### ②消防設備用弁（消防法）

消防設備用弁のうち、一斉開放弁、アラーム弁等自動消火弁および消火栓等開閉弁は除く。

- 1) 消防法施行規則の規定に基づく金属製管継手および弁類の基準に適合するものであること。
- 2) JIS B 2011(青銅弁)、JIS B 2031(ねずみ鋳鉄弁)およびJIS B 2051(可鍛鋳鉄10K ねじ込み形弁)以外の弁は、総務省消防庁に登録された第三者検査機関の認定が必要となる。

#### 2.11.2 ポンプ

従来、建築設備に使用されるポンプは、接液部を含めてステンレス鋼製であることは、稀であった。しかし、最近では、赤水対策、あるいは耐用年数の延長を意識して、超高層事務所ビ

ルの給水ポンプあるいは給水ポンプユニット等を中心に、積極的にステンレス製ポンプが用いられるようになってきている。

管材にステンレス鋼管を採用した配管系で、系を構成する主要機器であるポンプ接液部の材質が、炭素鋼あるいは鋳鉄の場合、ポンプがステンレス鋼管に対して電氣的に卑となるため、腐食が促進し、赤水が発生しやすくなる。ステンレス配管が“加害者”となるケースである。

空気調和・衛生工学会規格「空気調和・衛生設備工事標準仕様書（SHASE-S 010-2021）」のポンプの項において、指定されているポンプの材料を表2.11-9に示す。同書では、ポンプの適用規格としてJIS B 8313（小形渦巻きポンプ）、JIS B 8319（小形多段遠心ポンプ）、JIS B 8322（両吸込み渦巻きポンプ）にいずれかに適合するか、これらの規格にないものは製造業者の標準仕様とすることが明記されている。また材料として、ねずみ鋳鉄品（JIS G 5501）や銅合金鋳物（JIS G 5120）と併記される形で、ステンレス鋼（JIS G 4305 冷間圧延ステンレス鋼板及び鋼帯、JIS G 5121 ステンレス鋼鋳鋼品またはJIS G 4303 ステンレス鋼棒）が指定されている。

ステンレス製ポンプは、各ポンプメーカーが、広範囲わたって用意している。給水ポンプユニット、小形の渦巻きポンプあるいはラインポンプのような清水用ポンプと、化学工業、食品工業、水処理工業等における特殊液用ポンプ（清水も可）がある。後者は、渦巻きポンプ、多段渦巻きポンプをはじめとして、水中ポンプ、水中汚水ポンプなど種々の形式のポンプが用意されている。表2.11-10は、ポンプメーカーの資料から再編したもので、数値は、複数のメーカーの数値をオーバーラップさせているので、実際に選定するときの数値とは若干異なるが、製品化している範囲を概観する意味からまとめてみた。

表 2.11-9 SHASE-S010-2021 で規定されるポンプの材料<sup>2)</sup>

規格	部位	材料
小形滴巻きポンプ (JIS B 8313) 小形多段遠心ポンプ (JIS B 8319) 両吸込滴巻ポンプ (JIS B 8322)	ポンプ本体	JIS G 5501 (ねずみ鋳鉄品) JIS G 5502 (球状黒鉛鋳鉄品) JIS G 4305 (冷間圧延ステンレス鋼板および鋼帯) JIS G 5121 (ステンレス鋼鋳鋼品)
	羽根車	JIS H 5120 (銅及び銅合金鋳物) JIS G 5501 (ねずみ鋳鉄品) JIS G 5502 (球状黒鉛鋳鉄品) JIS G 4305 (冷間圧延ステンレス鋼板および鋼帯) JIS G 5121 (ステンレス鋼鋳鋼品)
	主軸	JIS G 4303 (ステンレス鋼棒) JIS G 4053 (機械構造用合金鋼鋼材)

注 SHASE-S010-2021 空気調和・衛生設備工事標準仕様書より抜粋

表 2.11-10 ステンレス製ポンプの概況

材 質 <sup>注)</sup>	滴巻きポンプ	滴巻きポンプ	多段滴巻きポンプ	ラインポンプ	水中ポンプ	汚水水中ポンプ	給水ボンプユニット	水中ボンプユニット
インペラ	SUS304 SUS420J2 SUS304	SCS13 SUS304 SCS13	SCS13 SUS304 SCS13	SCS13 SUS304 SCS13	SUS304 SUS420J1 SUS304	SCS13 SUS304 SCS13	CAC406 SUS304 SCS13	SUS304 SUS420J1 SCS13
吐出口径 (mm)	32~65	25~100	25~100	32~100	32~65	40~65	32~65	32~50
吐出量 (m <sup>3</sup> /min)	0.04~0.65	0.03~1.20	0.03~1.6	0.02~1.2	0.05~0.8	0.01~0.80	0.1~0.75	0.1~0.35
全揚程 (m)	26~65	17~100	23~255	6~52	16~130	8~21	30~55	18~62
液質	清水	清水・特殊液	清水	清水・特殊液	清水	汚水	清水	清水
液温	0~100℃	-20~180℃	0~40℃	0~100℃	0~40℃	0~50℃	0~40℃	0~32℃
用途	給水用 給湯用 冷温水循環用 一般工業用 特殊液用							
汚水用	○	○	○	○	○	○	○	○

SUS304 : JIS G 4305 (冷間圧延ステンレス鋼板及び鋼帯) の SUS304

SUS420J1, SUS420J2 : JIS G 4305 (冷間圧延ステンレス鋼板及び鋼帯) の SUS420J1, SUS420J2

SCS13 : JIS G 5121 (ステンレス鋼鋳鋼品) の SCS13

CAC406 : JIS H 5111 (青銅鋳物) の CAC406

S35C : JIS G 4501 (機械構造用炭素鋼鋼管) の S35C

### 2.11.3 貯水槽

受水槽，あるいは高置水槽などの貯水槽は，材質的に見ると鋼板製，FRP製，ステンレス鋼板製，および木製があり，構造的には，一体型とパネル組立型がある。ステンレス鋼板製・パネル組立型貯水槽は，その耐食性に期待することは勿論のこと，衛生性，耐候性，耐震性，透光性，および経年劣化などの有利さ，あるいは美観上から，採用されている。

表2.11-11は，材質的に，耐食性，加工性，あるいは経済性などの特徴を，空気調和・衛生工学便覧（第14版，2010年発行）より引用したものである。

表 2.11-11 材質比較表<sup>22)</sup>

材質	項目	結露	耐食	耐候	耐寒	揚重	搬入	加工性		経済性	備考
								工場	現場		
鋼板	一体型	△	△	○	○	△	△	◎	○	○	重量大・防せいの良否に左右される 大容量も可，現場組立てに適する。
	パネル組立て型	△	△	○	○	◎	◎	◎	○	○	
ステン レス鋼	一体型	△	○	◎	○	△	△	△	△	△	経済性に難
	短板パネル組立て型	△	○	◎	○	◎	◎	○	△	△	同上，現場組立て可
	複合板パネル組立て型	◎	○	◎	◎	◎	◎	◎	△	△	同上
グラス ステック	単板一体型	△	◎	○	△	△	△	○	○	◎	軽量，破損しやすいので取扱いに注意
	単板パネル組立て型	△	◎	○	△	◎	◎	◎	◎	◎	同上，現場組立てに適する
	サンドイッチ一体型	◎	◎	○	◎	△	△	○	○	◎	軽量，破損しやすいので取扱いに注意
	サンドイッチパネル組立型	◎	◎	○	◎	◎	◎	◎	◎	○	同上，現場組立てに適する
木板		◎	◎	○	○	○	◎	◎	◎	△	重量やや大，現場組立て専用，経済性にやや難

◎良い ○普通 △やや悪い

注 空気調和・衛生工学便覧 給排水衛生設備編（第14版，2010年発行）より抜粋。

#### (1) 貯水槽に現れる腐食形態

貯水槽は，貯湯槽と比較して，利用環境にいくつかの大きな違いがある。常温下での使用，水槽内水面上部に気相部が存在すること，水道水中に滅菌を目的とした残留塩素が比較的多く含まれることである。常温下であることは，相対的に欠点とはならないが，あとの二つは，問題である。実際に，貯水槽の腐食形態は，気相部に現れる孔食がほとんどで，貯水槽入口での曝気現象により，気相部に拡散・濃縮した塩素ガスが，気相部内面の水滴に再溶解し，結果として不動態皮膜を破壊して局部電池を形成し，孔食を発生させるという現象である。気相部の現象は，非常に特徴的であるが，採用する鋼種，構造，あるいは加工法に起因する，すきま腐食，応力腐食等への配慮は，貯湯槽に対してと同様である。

#### (2) 貯水槽に使用される材料

貯水槽に使用される材料は，実績としては，貯湯槽と同様にオーステナイト系ステンレス鋼板，フェライト系ステンレス鋼板，およびオーステナイト系ステンレスクラッド鋼板であるが，オーステナイト系のSUS304が，気相部での環境に対して，十分な耐食性を考慮し，最近では，二相系のステンレス鋼も使用されてきている。

### 2.11.4 貯湯槽

建築設備に使用されている熱交換器は、シェルアンドチューブ形といわれる熱交換器と、貯湯槽に大別される。管胴材料をステンレス鋼あるいはステンレスクラッド材とした熱交換器のチューブの材質は、いわゆる熱交換器ではSUS304あるいはSUS304Lが、また貯湯槽ではCuTが用いられることが多いことなどから特徴づけられるが、前者は、流体の種類、温度・圧力条件などがより厳しい環境下での使用が多いことから、ここでは除外し、貯湯槽について述べる。

ステンレス製貯湯槽は、昭和38年頃から耐食性、清潔性などの向上を図るため、広く用いられるようになってきた。従来、貯湯槽の主たる材料は、鋼板（JIS G 3101一般構造用圧延鋼材のSS400）で、内面に亜鉛メタリコン溶射、亜鉛浸漬めっき、塗装（亜鉛塗料）、エポキシコーティング、グラスライニングなどの、いわゆるライニングを施したものが多く用いられてきた。しかし、ライニングは、施工面あるいは維持管理面で細心の注意と困難さを伴うこともあって、このことが、ステンレス鋼製、ステンレスクラッド材製貯湯槽が用いられるようになった、一つの理由であると考えられる。

#### (1) 貯湯槽に現れる腐食の形態

貯湯槽においては、貯湯槽の各部位の構造あるいは加工方法により、曲げ部・すきま・溶接部が各所に存在することから、孔食・すきま腐食・粒界腐食および応力腐食割れと、全ての腐食形態が存在する。表2.11-12は、貯湯槽の代表的な部位と腐食形態の関係をまとめたものである。

特に、貯湯槽における50～100℃という使用温度範囲は、応力腐食割れが多く発生する温度範囲であり、すきまを作らない、無理な曲げ半径を取らない、あるいは溶接時の熱管理を十分行うなどの留意が必要である。

表 2.11-12 貯湯槽の各部位と腐食形態

	槽内全般	溶接部 又はその近傍	スラッジ 堆積物	マンホール・ 管台取付部	鏡板曲部	熱交換管 サポート溶接部
孔食	○	○	○			
すきま腐食		○		○		○
粒界腐食		○ (溶接部すきま)				
応力腐食割れ		○			○	

#### (2) 貯湯槽に使用される材料

貯湯槽に使用される材料としては、フェライト系ステンレス鋼板の、SUS444が代表的である。これは不純物である炭素および窒素を極めて低濃度とし、モリブデン、チタン、ニオブなどの添加により耐食性を向上させたものである。フェライト系ステンレス鋼板は、靱性に乏しく、曲げ加工・溶接時の十分な寸法管理を要すること、また、切り欠き感受性が高く、熱影響

部の組織が粗大になりやすいことなどから，加工技術管理面，あるいは熱管理面から，オーステナイト系ステンレス鋼板に比べて，より厳しいものが要求される。

---

### 引 用 文 献

- 1) SHASE-S010-2021 空気調和・衛生工学会：空気調和・衛生設備工事標準仕様書，P13～15 ステンレス協会が一部追加
- 2) 厚生労働省：平成 15 年厚生労働省令第 101 号，令和 2 年 4 月 1 日改正版
- 3) 日本冷凍空調工業会：JRA GL - 02 - 1994
- 4) JIS G 3448：2022 一般配管用ステンレス鋼管，P5，表 4 に最大許容圧力の計算結果の欄を追加したものである，オーステナイト系ステンレス鋼のように，降伏点を明瞭に示さない材料では，ある大きさの永久ひずみ（一般には 0.2%）を生じる応力をもって降伏応力と見なし，これを 0.2% 耐力と呼ぶ。
- 5) 明治大学 坂上恭助，ステンレス協会，日本肉厚工業会，ニッケル協会：国土交通省住宅・建築関連先導技術開発事業「超高耐久オールステンレス共用部配管システムに関する技術開発」平成 21 年度報告書
- 6) ステンレス協会：超高耐久オールステンレス共用部配管システムガイドライン（平成 22 年 5 月 11 日）
- 7) 国土交通省大臣官房官庁営繕部：公共建築工事標準単価積算基準
- 8) 建築設備工事 積算実務マニュアル 2010，全日出版社を基に小原直人作成
- 9) 東京都建築設備設計事務所協会編：建築設備の環境保全設計マニュアル，P241
- 10) 消防庁：平成 18 年 12 月 27 日消防庁告示第 38 号（平成 28 年 2 月改正）およびステンレス協会
- 11) 日本建築センター：建築設備耐震設計・施工指針 2014 年版
- 12) 小河内美男：配管工事（昭和 39 年），P112～122，P134～136，工業図書
- 13) SHASE-S010-2021 空気調和・衛生工学会：空気調和・衛生設備工事標準仕様書 P27
- 14) 成瀬 勉：配管設計講座（昭和 41 年），P283，日本工業出版
- 15) JIS A 9501：2019 保温保冷工事施工標準，P31～34，表 2～4
- 16) ステンレス協会 配管システム普及委員会：ステンレス鋼保温材に関する調査，図 2
- 17) ASTM C795 (2008) Standard Specification for Thermal Insulation for Use in Contact with Austenitic Stainless Steel
- 18) 国土交通省監修，公共建築協会編纂・発行：公共建築工事標準仕様書（機械設備工事編）令和 4 年版
- 19) ステンレス協会規格 SAS 358：1992 一般配管用ステンレス鋼弁，P1
- 20) 日本バルブ工業会規格 JV 8-1：2007 一般配管用ステンレス鋼弁，P2

- 21) SHASE-S010-2021 空気調和・衛生工学会：空気調和・衛生設備工事標準仕様書，P82
- 22) 空気調和・衛生工学会：空気調和・衛生工学便覧 第14版，4巻 2010年 給排水衛生設備編，P96
- 23) 省エネルギーセンター編，千葉孝男著，蒸気・高温水システム