

5 資料編

I 建築設備用ステンレス配管の水質指針—改訂版 1

1. 緒言

ステンレス配管において材料側に目立った欠点がなくとも、水質条件によっては、孔食、すきま腐食、応力腐食割れ等が発生する事例があったことから、ユーザーよりステンレス配管を使用する場合の水質限界を明らかにして欲しいという要望に従って、平成 10 年（1998 年）に暫定的ではあるが「建築設備用ステンレス配管の水質指針」^{1) 2)}を発行した。

初回の水質指針の前提条件を要約すると、次の通りである。

- (1) 腐食発生電位測定用サンプルとして、管内部をガスシールし、酸素濃度が 1%以下で溶接したものを使用し、温度 70℃で腐食発生電位を測定し、孔食電位 (V_{c10}) $> 400\text{mV vs SCE}$ を○、孔食電位 (V_{c10}) $301\sim 400\text{mV vs SCE}$ を△、孔食電位 (V_{c10}) $\leq 300\text{mV vs SCE}$ を×として、腐食トラブル実績と照合し、妥当性を検討した結果設定されたものである。
- (2) 溶接継手とメカニカル継手の両方を包含したものである。
- (3) 水質項目は①M アルカリ度 (pH 約 4.8 酸消費量^{1) 15)} ②塩素イオン (塩化物イオン) ③ $\text{Cl}^-/\text{SO}_4^{2-}$ の 3 項目である。

2009 年にステンレス協会および空気調和・衛生工学会の施工・保全委員会組織下の「ステンレス管プレハブユニット製作の規格化小委員会」の委員より提供を受けたプレハブ加工管溶接部の漏水事件事例では、遊離残留塩素 (以下残留塩素と記す^{15) 16)})の影響を含めないと、説明がつかない事例が出てきている。

また、国土交通省の住宅・建築関連先導技術開発助成事業の「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」の研究³⁾において昭和 50 年前後に施工されたステンレス配管のアンケート調査結果および抜管調査を実施した結果、溶接品質が良くない物件でも漏水事故が発生していないことが判明し、水質管理ができておればステンレス配管は十分な耐久性を有していることが判った。

今回の改訂は、中水など残留塩素が多量に添加された水へのステンレス配管の適用には十分な注意を払わなければならないこと、および大型建築物で塩素滅菌処理を現地で実施する場合、必要以上に残留塩素を添加しないよう注意を喚起することを主目的とした。

また、炭酸水素イオンは溶接部の耐食性に対してある濃度範囲で悪影響を及ぼすことが認められていること⁴⁾、および漏水事故例と市場調査結果を踏まえて、メカニカル継手のすきま腐食に対しては、給水用途では事件事例がなく、給湯用途は現在の水質指針は良く適合するという意見が強いことから、現在の水質指針の給水用の水質区分を実態に合わせて改訂し、給湯用の水質区分は現行の水質指針の一部を修正してメカニカル継手対応水質指針として残し、溶接継手対応として、残留塩素と炭酸水素イオンの要因を水質指針に含め、現在の水質指針から溶接部の水質指針を分離して見直しを実施した。

2. 流動状態における残留塩素と自然電位の関係

引用文献^{4) 6) 7) 8) 9)}から求めた流水環境における残留塩素濃度と自然電位の関係を図1に示す。

なお、作成手順についてはステンレス協会ホームページ「建築設備用ステンレス配管の水質指針－改訂版1」（以下HPと略記する）資料編第2項を参照願されたい。

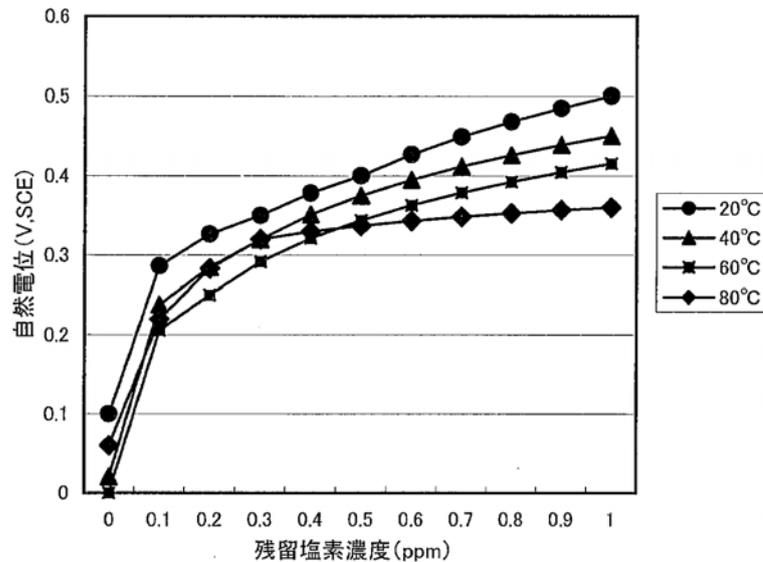


図1 残留塩素濃度と自然電位の関係^{4) 6) 7) 8) 9)}

3. 各種残留塩素濃度における腐食発生限界水質

溶接条件および溶接品質が明確な実験供試材を用いて実施された、各種温度、塩化物イオン濃度および炭酸水素イオン濃度の影響について、腐食発生電位の試験データが記述されている文献⁴⁾の測定値を引用し、SUS304TPDおよびSUS316TPDの溶接品質Aランクの温度20°C、60°Cにおける腐食発生電位におよぼす塩化物イオンと炭酸水素イオンの関係表を作成し、自然電位との関係から各条件での腐食発生限界水質の図を作成した。溶接Aの溶接状態を付図1に示す。

なお、腐食発生限界水質図の作成手順については、HP資料編第3項を参照願されたい。

	外 観	断 面	備 考
溶接 A			スケールなし ビード形状 良好
溶接 B			スケールあり ビード形状 良好
溶接 C			スケールあり ビード形状 不良

付図 1 溶接状態の分類¹⁸⁾ (口絵 8 参照)

(1) 温度 20℃における、各種残留塩素濃度での SUS304TPD 溶接 A の腐食発生限界水質を **図 2** に示す。

残留塩素濃度が高くなるに従い、耐食領域が著しく狭くなることが、明らかである。

(2) 温度 20℃における各種残留塩素濃度での SUS316TPD 溶接 A の腐食発生限界水質を **図 3** に示す。

SUS316TPD は SUS304TPD に比較して耐食性に優れるため、耐食領域は明らかに広がっている。水質判定結果 SUS304TPD の適用が難しい場合は、SUS316TPD の使用を推奨する。

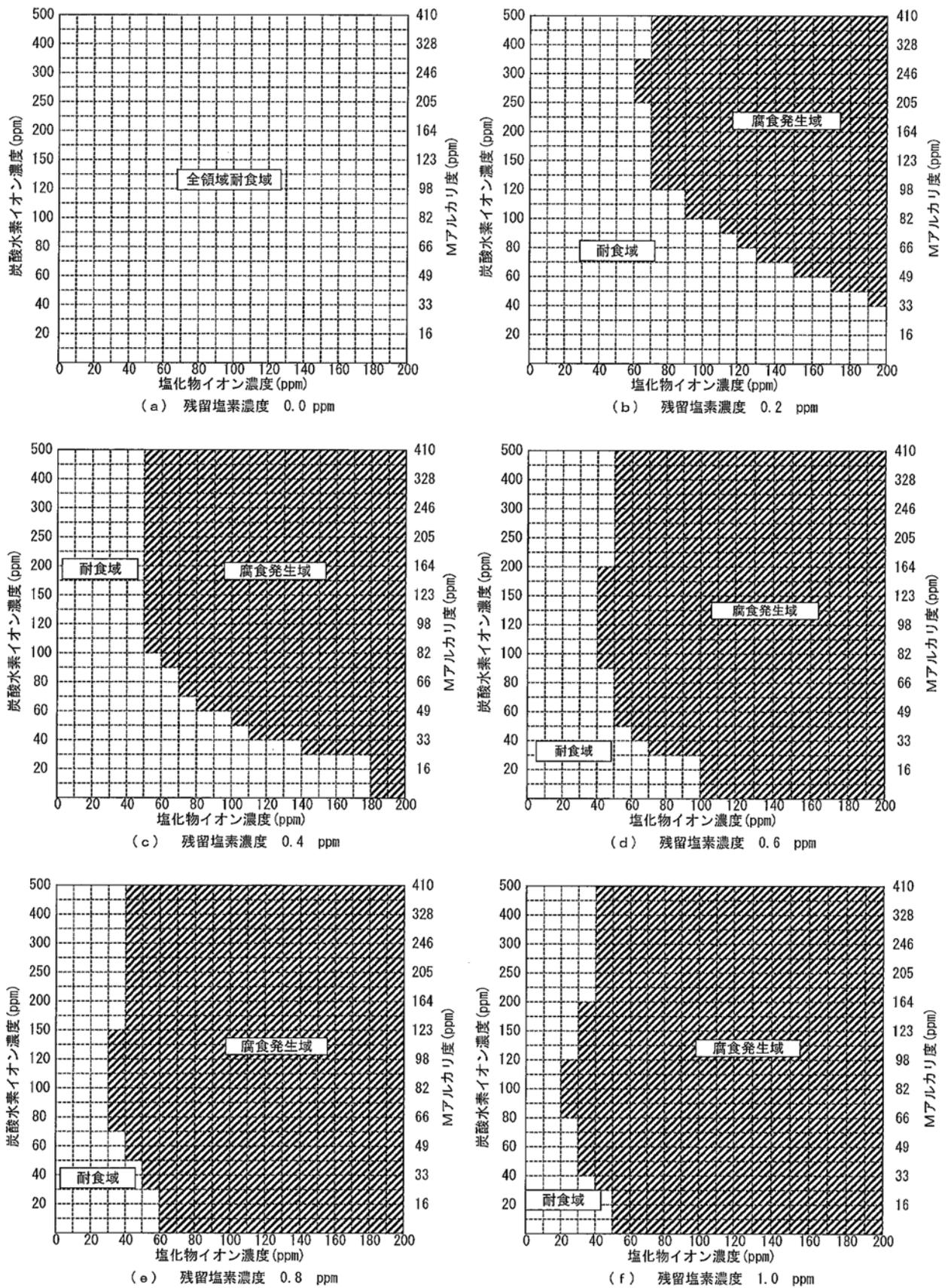


図 2 温度 20°Cにおける SUS304TPD 溶接 A の腐食発生限界水質

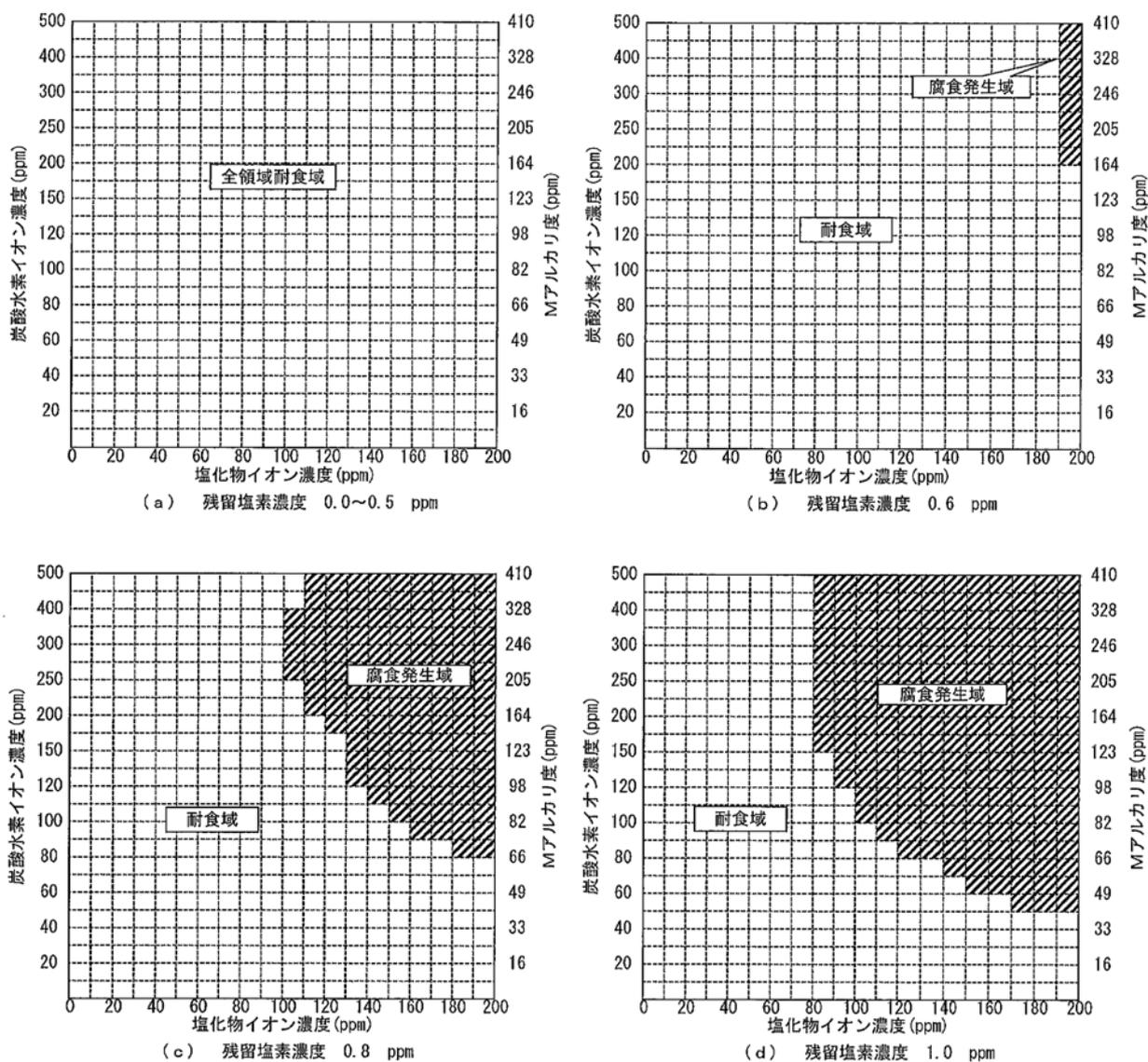


図 3 温度 20℃における SUS316TPD 溶接 A の腐食発生限界水質

(3) 温度 60℃における各種残留塩素濃度での SUS304TPD 溶接 A の腐食発生限界水質を図 4 に示す。

温度 20℃の場合に比較すると、耐食域は著しく狭くなり、配管中の流水の残留塩素濃度が 0.6ppm 以上ではほとんど適用できなくなる。

例えば、塩化物イオンが 25ppm、炭酸水素イオンが 60ppm(M アルカリ度:約 49ppm)のとき、残留塩素が 0.6ppm では腐食発生域であり、残留塩素を 0.4ppm に低減すると耐食域になる。

(4) 温度 60℃における各種残留塩素濃度での SUS316TPD 溶接 A の腐食発生限界水質を図 5 に示す。

SUS316はSUS304より耐食性に優れた鋼であるが、配管中の残留塩素濃度が 1.0ppm では、耐食域が著しく狭く、適用には細心の注意が必要となる。

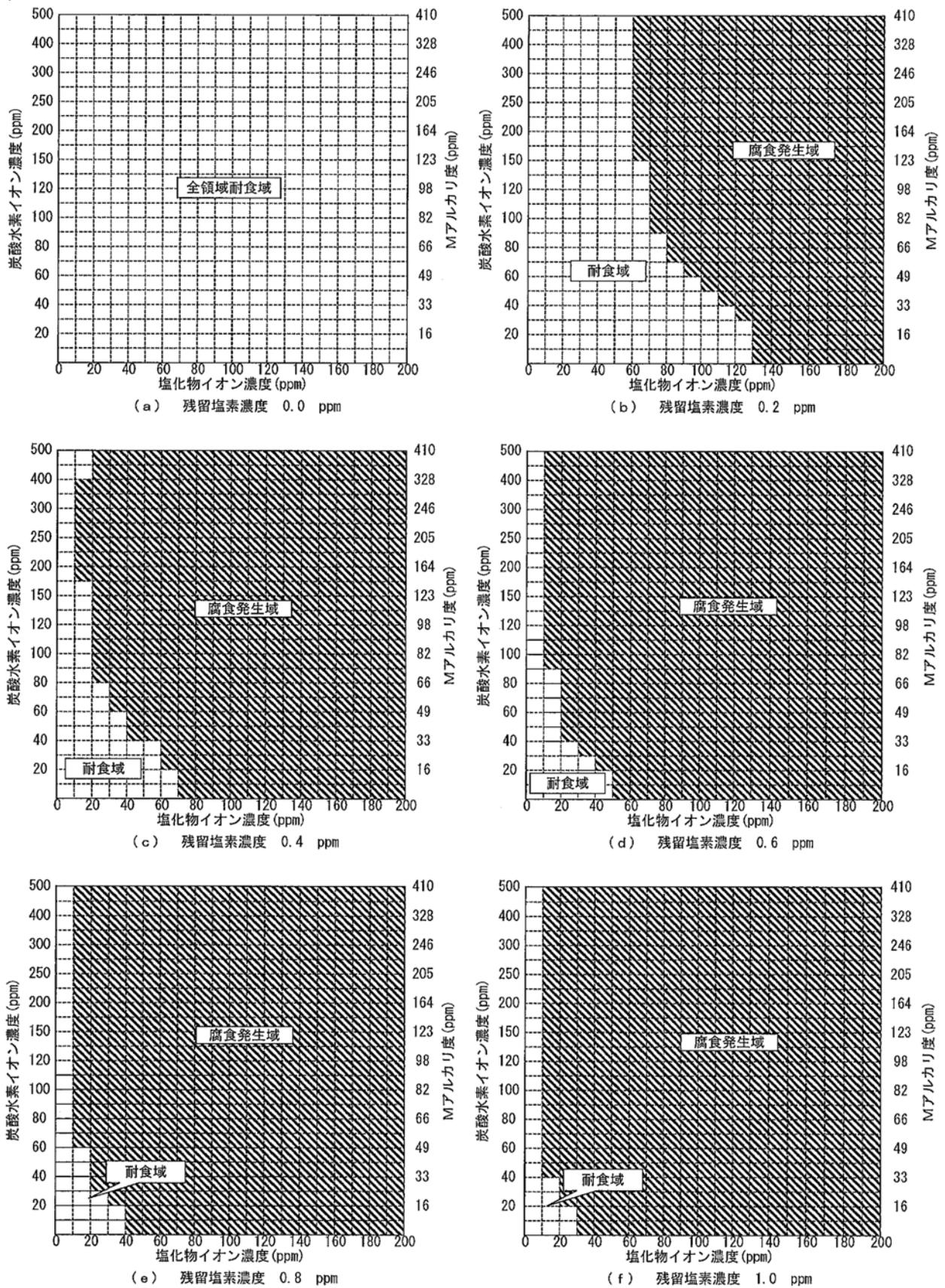


図4 温度 60°Cにおける SUS304TPD 溶接 A の腐食発生限界水質

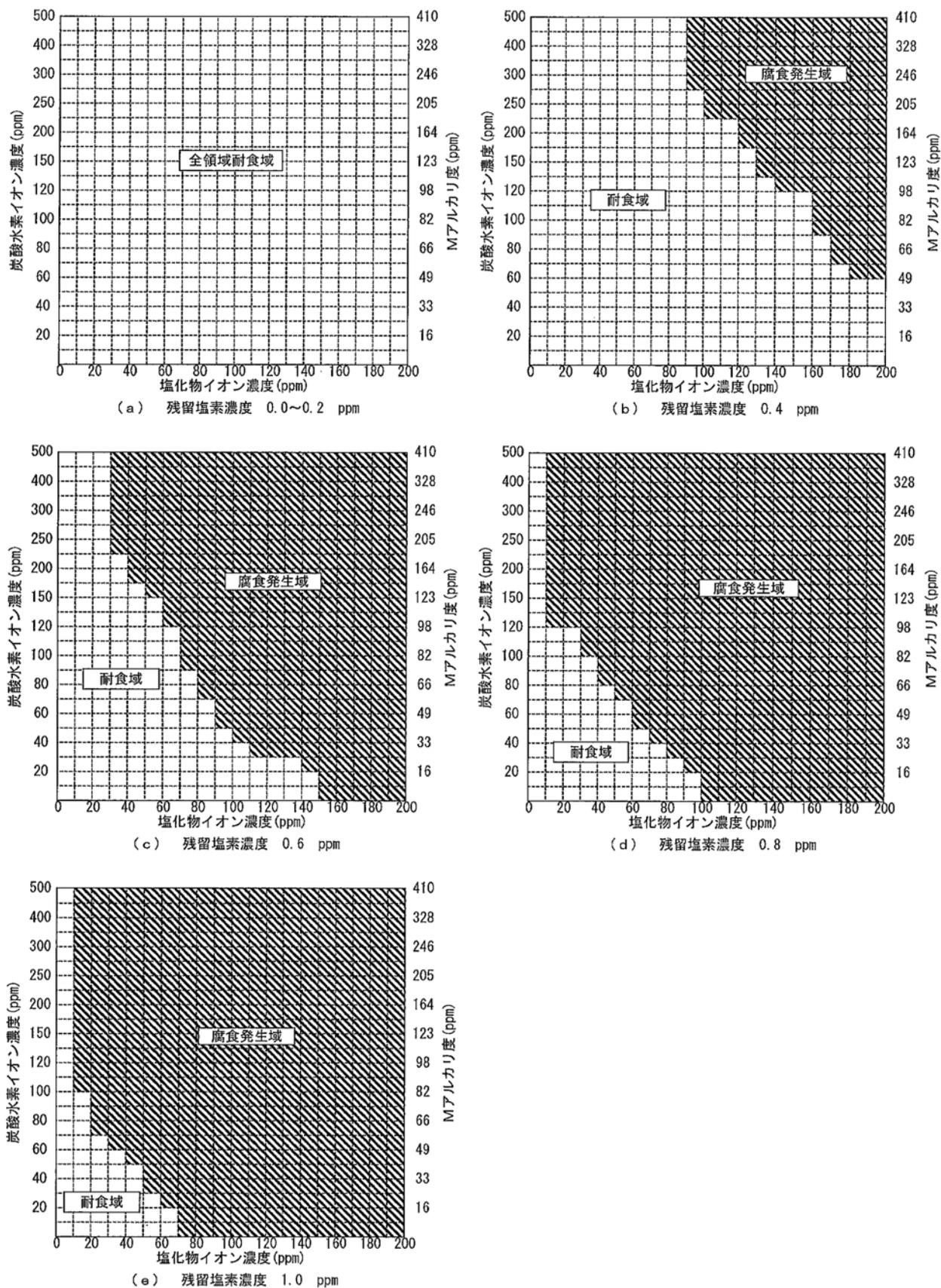


図5 温度 60°Cにおける SUS316TPD 溶接 A の腐食発生限界水質

4. 実環境を推定した腐食発生限界水質区分簡便図の策定

建築設備ステンレス配管の腐食発生の可能性については、配管内の水質の最悪値が判明すれば自然電位と腐食発生電位の関係からほぼ推定することが可能と判断されるが、設計段階にステンレス配管の鋼種選定やステンレス配管の採用可否判断をするためには、実環境の自然電位や腐食発生電位を推定し、ステンレス配管の腐食の可能性を判定する簡便図が必要と考えられる。

実績調査事例^{1) 3)}および文献^{12) 13)}より実環境を推定し、腐食発生限界水質区分の簡便図を策定した。なお、簡便図の作成手順はHP資料編第5項および第6項を参照されたい。

(1) 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6に示す。なお、前提条件として、溶接A、補給水の残留塩素濃度は1.0ppm以下、中央循環式給水・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時間程度とし、補給水の比率を最大60%と仮定して、策定した。

従って、補給水の最大比率が60%を超える場合や、補給水の残留塩素濃度が1.0ppmを超えるような、使用条件においてはこの簡便図は適用できないので、設計上の使用条件と本前提条件を照会した後、適用することが肝要である。なお、残留塩素除去方法として、エアレーションや紫外線照射法、活性炭処理法他も報告されているため参考にされたい。図6に示した水質範囲で、全国の水道事業体の水質に対して、どの程度の確率で満足できるか検討した結果を表1に示す。

表1 全国水道事業体の水質へのSUS304の適用確率¹⁹⁾
(日本水道協会・水道統計—水質編・浄水(給水栓水等)—平均値より引用)

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
	(ppm)	(ppm)	(ppm)	
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%	

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。

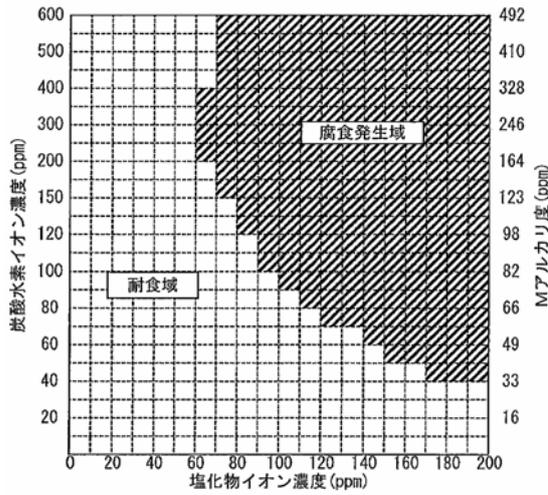
実際には、残留塩素、塩化物イオン、Mアルカリ度の濃度が同時に外れる確率は更に低くなると考えられることから、全国のほとんどの地域でSUS304溶接継手の適用が可能である。

(2) メカニカル継手につき、給水用途の実績を考慮して一部改訂した水質区分を図7-1、図7-2に示す。

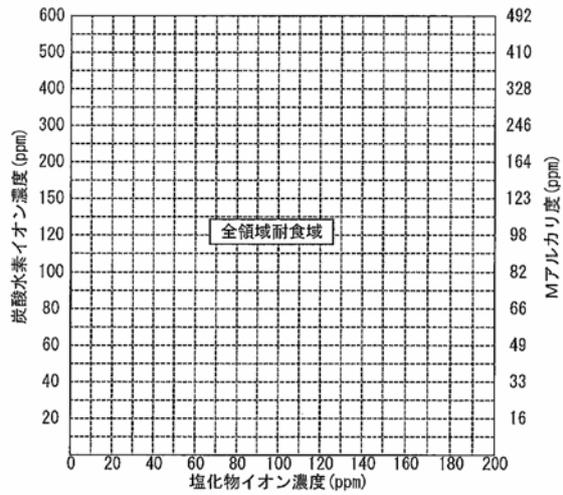
メカニカル継手のすきま腐食発生限界水質簡便図については、メカニカル継手製造・販売業者より、現在の水質指針は良く対応しているとの意見が強く、また、上水の給水配管では腐食による漏水事故は皆無であるとのことであったため、現在の水質指針の給水配管用途の図の一部を改訂してメカニカル継手の水質指針とした。

但し、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、各継手製造・販売業者の実績に基づいて判断するのが

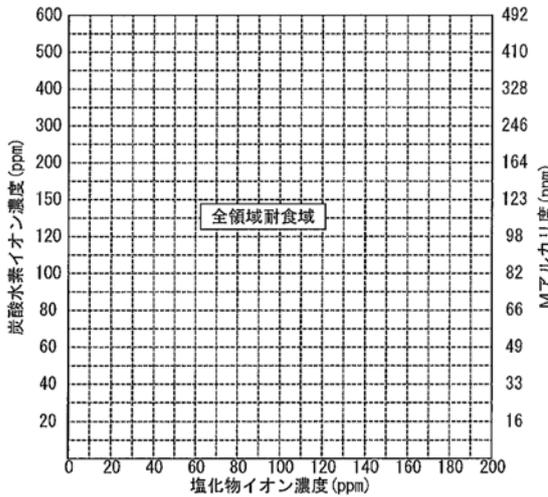
好ましい。



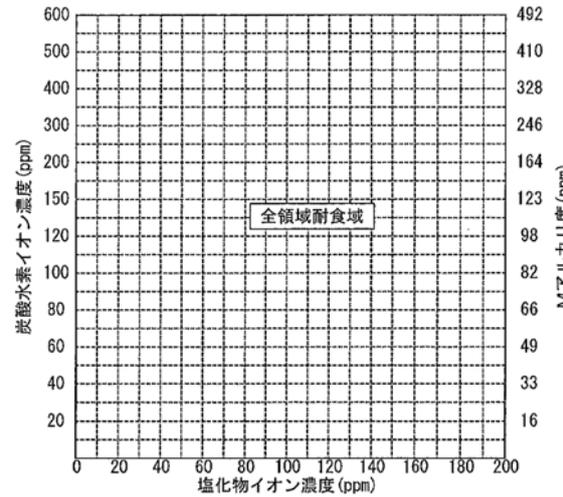
(A-1) SUS304 溶接部 給水配管用(20°C)



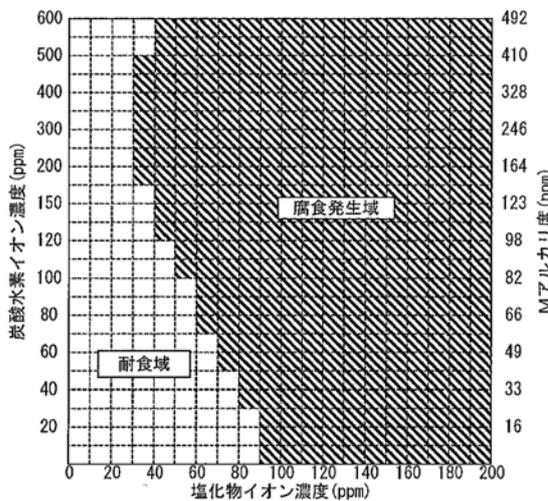
(A-2) SUS316 溶接部 給水配管用(20°C)



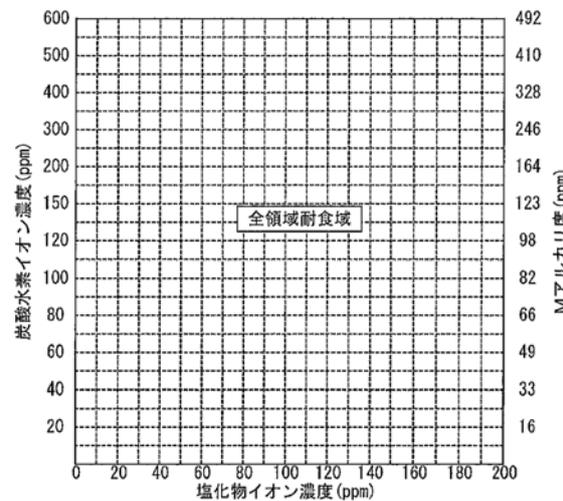
(B-1) SUS304 溶接部 空調配管用



(B-2) SUS316 溶接部 空調配管用



(C-1) SUS304 溶接部 給湯配管用(60°C)



(C-2) SUS316 溶接部 給湯配管用(60°C)

図 6 溶接 A の腐食発生水質区分の簡便図

5. 結言

平成 10 年に、ステンレス協会より、暫定的ではあるが「建築設備用ステンレス配管の水質指針」を発行したが、その後、建築設備用ステンレス配管用途に対応する研究論文や腐食漏水事故例より、残留塩素への注意喚起が必要と考えられたこと、および炭酸水素イオン（約 $1.22 \times M$ アルカリ度）はある濃度範囲で溶接部（溶接金属および熱影響部を含む¹⁷⁾）の腐食発生電位を卑にするが、継手のすきま腐食には影響しないとの報告があることから、溶接継手とメカニカル継手を区分して、水質指針の改訂を検討した。

検討結果、残留塩素と自然電位の関係図、各種残留塩素濃度における腐食発生限界におよぼす塩化物イオンと炭酸水素イオンの関係図を策定し、実環境を推定した溶接継手用の腐食発生限界水質区分簡便図およびメカニカル継手用のすきま腐食発生限界水質区分図を設定した。

今後、更なる水質指針の精度向上のために、ホテル、病院、事務所ビル等の建築用途別の水・湯の使用量推移、残留塩素濃度の推移、自然電位の推移などの実態調査、および溶接継手の水質項目として、悪影響が報告されている残留塩素、塩化物イオン、炭酸水素イオンまたは M アルカリ度の 3 項目以外に、腐食緩和因子である硫酸イオンなどについても、文献調査を継続実施し、次回の検討事項としたい。

水質指針見直しに際して、実績調査資料に水質データの不備や溶接品質の調査および記載がなく、調査資料の活用ができなかった案件が多かったことから、HP 資料編第 7 項に実績調査要領を記載し、また、漏水事故例で注意を要すると考えられる案件の概要を HP 資料編第 8 項に数件記載したので参照されたい。

ステンレス協会としては、ステンレス配管を安心して使用できるよう、今後とも実績および実験結果等を取り入れ、信頼性の高いものに少しでも近づけたい。

参 考 文 献

- 1) ステンレス協会配管システム普及専門委員会：ステンレス，平 10(1998)-12，P.8
- 2) ステンレス協会腐食対策委員会・設備配管システム分科会合同会議：平成 10 年 3 月 31 日(改訂)
- 3) 明治大学 坂上恭助，ステンレス協会，日本バルブ工業会，ニッケル協会：国土交通省住宅・建築関連先導技術開発助成事業「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 年度技術報告書，P81
- 4) 西川光昭，原田和加大，足立俊郎，名越敏郎：日新製鋼技報，No.77 (1998)，P25
- 5) 長谷川正義監修，ステンレス協会編：ステンレス鋼便覧第 3 版，(1995)，P.251
- 6) ノーラエンジニアリング勉強会資料：原典；日新製鋼(株)ステンレス鋼管販売部作成，平成 13 年 9 月 27 日版

- 7) 渡辺孝仁, 小向 茂 : 材料と環境, 46 (1997), P783
- 8) 小向茂 : 腐食防食協会 第 152 回腐食シンポジウム、P54
- 9) JIS G 0596 : 2010 : 平成 22 年 3 月 23 日制定, 「ステンレス鋼管継手の腐食試験方法解説」
- 10) 吉井紹泰, 西川光昭, 前北杲彦 : 日新製鋼技報, 第 42 号 (1980), P25
- 11) 小玉俊明, 藤井哲雄 : 防食技術, 6 (1977), 641
- 12) 笠原晃明, 小向 茂 : 防食技術, 36 (1987), P492
- 13) 足立俊郎, 西川光昭, 林 公爾 : 日新製鋼技報, 第 63 号 (1990), P109
- 14) 足立俊郎, 西川光昭, 吉井紹泰 : 日新製鋼技報, 34 (1988), P56
- 15) 日本水道協会「水道統計 (水質編) における調査対象項目の解説」
- 16) 厚生労働省健康局通知 健発第 1010004 号 (平成 5 年 10 月 10 日)「水質基準に関する省令の制定および水道法施行規則の一部改訂等について」
- 17) JIS Z3001「溶接用語」
- 18) 3)と同じ, P88
- 19) 日本水道協会 : 水道統計—水質編・浄水 (給水栓等)

注) 参考文献は、ステンレス協会ホームページに掲載の「建築設備用ステンレス配管の水質指針—改訂版 1」の資料編に引用したのも全て記載しているため、本紙に記載されていない文献もある。また、本編の図表で特記のないものは、ステンレス協会作成。

II ステンレス管溶接加工における酸化スケール色調の 定量化方法の検討

1. 緒言

ステンレスプレハブ加工管製作において溶接加工が多く採用される。溶接部の耐食性について、Ar ガスや N₂ ガスで管内面のガスシールを実施した場合と実施していない場合では、ガスシールを実施せずに溶接した場合、耐食性が著しく劣化することが報告されており^{1) 2) 3) 4)}、耐食性劣化の原因としては、溶接酸化スケール最下層（アンダスケール）の Cr 欠乏によるといわれている^{1) 5)}。

ステンレス協会の「建築設備用ステンレス配管溶接施工マニュアル」では、次のことを記載している。

(1) バックシールドは管内 O₂ 濃度が 1 % 以下になってスタートする。

(2) 内面溶接部にはスケール発生がないこと（白い肌）

しかしながら、酸素濃度が 1 % で本当に白い肌の溶接ができるのか、白い肌とはどの程度の溶接肌を言うのか、問題提起があった。

文献調査の結果、AWS D 18.2 : 2009 に、オーステナイト系ステンレス鋼管の管内面の酸素濃度 10ppm～25000ppm の範囲で 10 段階変化させて、溶接焼け（以降酸化スケールと記す）の変化を調査したデータを **図 1** に示す。本ガイドに用いられたサンプルは、外径 50.8mm のステンレス管で、管を付き合わせることなく、ビードオンプレート溶接したもので且つバックシールドガスは Ar を使用したものである⁶⁾。

図 1 の写真は、かなり光沢のあるステンレス管と考えられることおよび写真では溶接酸化スケールの判定をし難いことから、実用の JIS G 3448, SUS304TPD を用いて実験を実施した。

また、溶接酸化スケールの色調は、光沢や表面粗さによっても視覚が異なるのではないかと考え、色調を定量化（数値化）する方法について色差計を用いて検討した。

ここでは、「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」報告書⁷⁾ から一部を抜粋した。詳細は、当報告書を参照されたい。

No. 1—10 ppm	No. 3—50 ppm	No. 5—200 ppm	No. 7—1000 ppm	No. 9—12 500 ppm
No. 2—25 ppm	No. 4—100 ppm	No. 6—500 ppm	No. 8—5000 ppm	No. 10—25 000 ppm

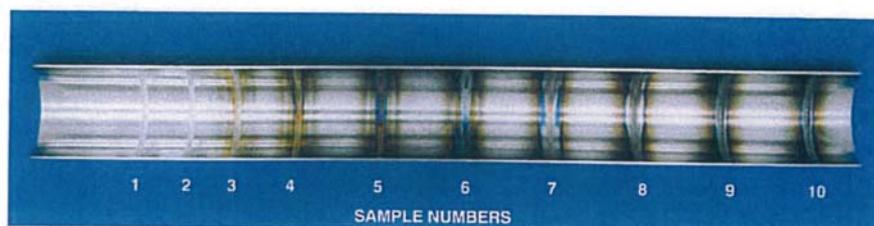


図 1 オーステナイトステンレス鋼管内面の溶接肌の変化⁶⁾（口絵 9 参照）

2. 実験方法

2.1 溶接実験

(1) 溶接実験の条件の概要を表 1 に示す。各条件についての、溶接酸化スケールの状態の詳細は、前述の「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」報告書に写真を掲載しているのので、参照されたい。

表 1 溶接実験条件一覧表

規格	寸法		シールドガス		溶接方法	溶接方向	溶接回数	ガス開放温度
	呼び径	厚さ (mm)	窒素ガス (一部 Ar + 5% H ₂)	酸素濃度 (ppm)				
JIS G 3448 SUS304T PD	40	1.2			8,20,30,50 ,100, 200,500,1 000	全自動、 半自動、 手動	横引き 立引き	1回溶接 2回溶接
	50	1.2						
	60	1.5						
	100	2.0						
	150	3.0						

(2) 溶接実験結果

バックシールド窒素ガス中の酸素濃度と、溶接酸化スケールの関係の代表例を図 2 に示す。溶接開始と終了のオーバーラップ部は、溶接の高温に 2 回さらされるためと考えられ、例えば 50ppm のオーバーラップ部の色調と 100ppm のオーバーラップ部以外の溶接部とがほぼ同じ色調となっている。

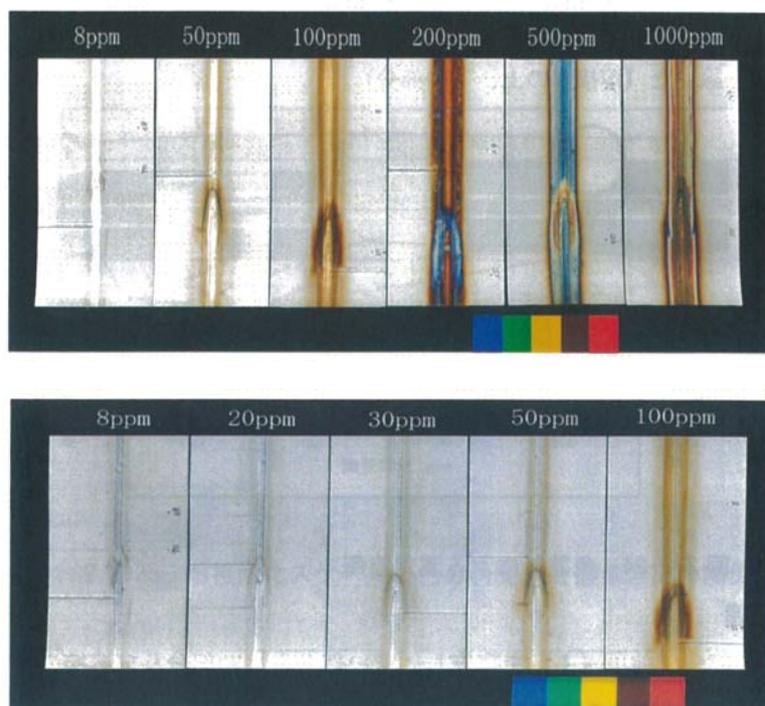


図 2 100Su 内面シールド窒素ガス中の酸素濃度による溶接酸化スケールの色調の変化 (口絵 10 参照)

オーバーラップ部以外の溶接部のみを切り出し、バックシールド窒素ガス中の酸素濃度と溶接酸化スケールの色調の関係を整理した結果を図 3 に示す。

バックシールド窒素ガス中の酸素濃度の増加に伴い、100ppm までは徐々に茶色が強くなり、200ppm では茶色にやや青みがかかった（青紫）色調に変化し 500ppm では青み、1000ppm では白みがかかった色調に変化している。

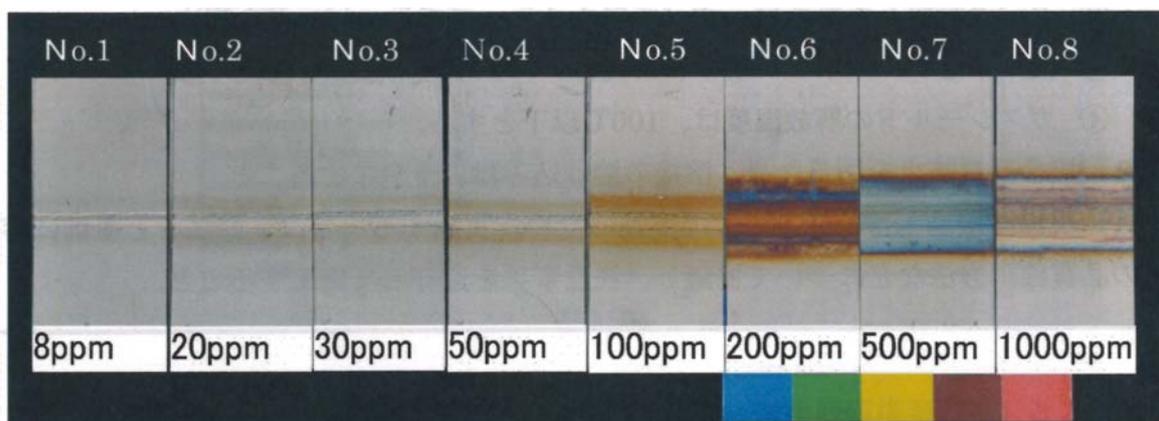


図 3 バックシールド窒素ガス中の酸素濃度と酸化スケールの色調との関係（口絵 1 参照）

2.2 色差測定実験

(1) 色差測定方法

色差の測定は、分光色差計を用い、測定径 4mm で測定した。測定径 8mm でも実施したが、溶接ビード部や母材部の色調の影響を受けることが判明したため、4mm を選択した。

また、酸化スケールの色調は干渉色であるといわれているため⁵⁾測定器の光源は C2° とし、酸化スケール部の L*a*b* の測定値による単独評価ではなく、酸化スケール部の L*a*b* と直近の母材部の L*a*b* の測定値の差異を求めた。

(a) 色の表示：L*a*b*（JIS Z 8729）

これは、CIE（国際照明委員会）が 1967 年に推奨した知覚的にほぼ均等な歩度を持つ色空間の一つである。L*が明度を表し、a*とb*により、色相と彩度を表す。図 4 に明度、彩度、色相の立体図を示す。

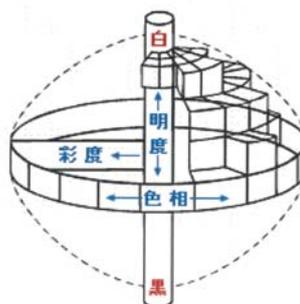


図 4 明度、彩度、色相の立体図

$$(b) \text{ 色差} = (\Delta L^*2 + \Delta a^*2 + \Delta b^*2)^{0.5} \dots \dots \dots (1)$$

ここに、 ΔL^* : 母材 L^* - 酸化スケール部 L^*

Δa^* : 母材 a^* - 酸化スケール部 a^*

Δb^* : 母材 b^* - 酸化スケール部 b^*

測定箇所の模式図を図 5 に示す。酸化スケールの色が最も濃い部分 B とその直近の母材の測定位置 A の部分を色差計で測定し、各々 L^* ・ a^* ・ b^* を読み取り、(1) 式から色差を算出した。

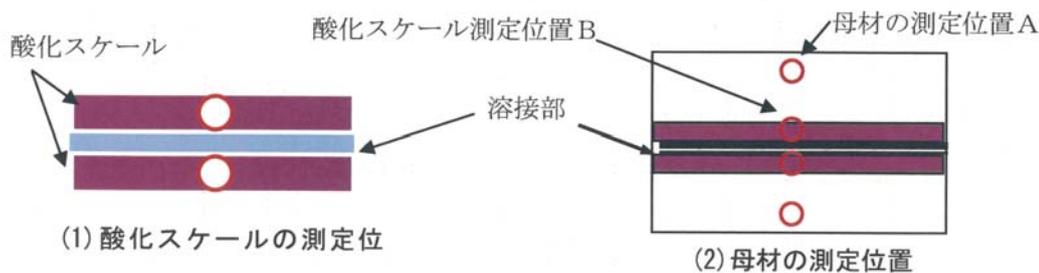


図 5 酸化スケールの色差計測部位

(2) 色差測定結果

前述図 2 に示したサンプルにつき色差を測定した結果を図 6 に示す。

酸素濃度が 200ppm を超えると、色差が低下する。これは、200ppm を超えると色調が変化していることと良く対応する。

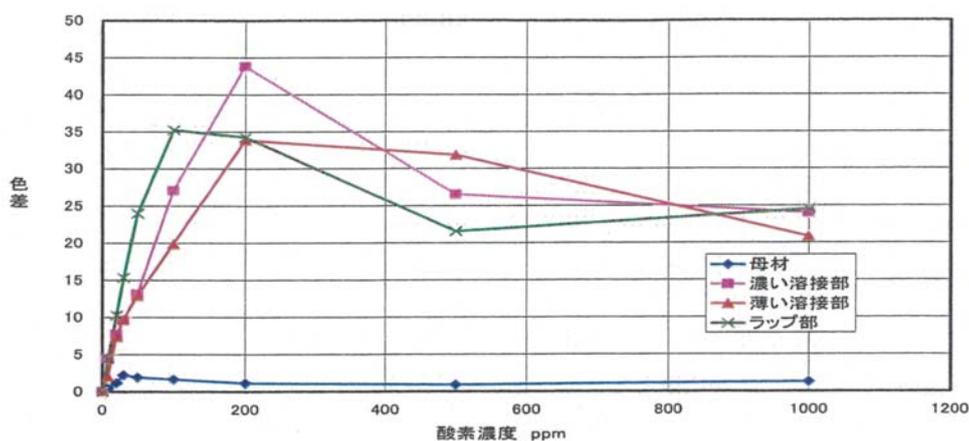


図 6 溶接酸化スケールと母材との色差と酸素濃度の関係

酸化スケールの色調が、茶色の領域である酸素濃度 200ppm 以下における酸素濃度と色差の関係を図 7 に示す。

溶接の熱が 2 回加わるオーバーラップ部を除くと、酸素濃度の増加に伴って、ほぼ比例して色差が増加する。

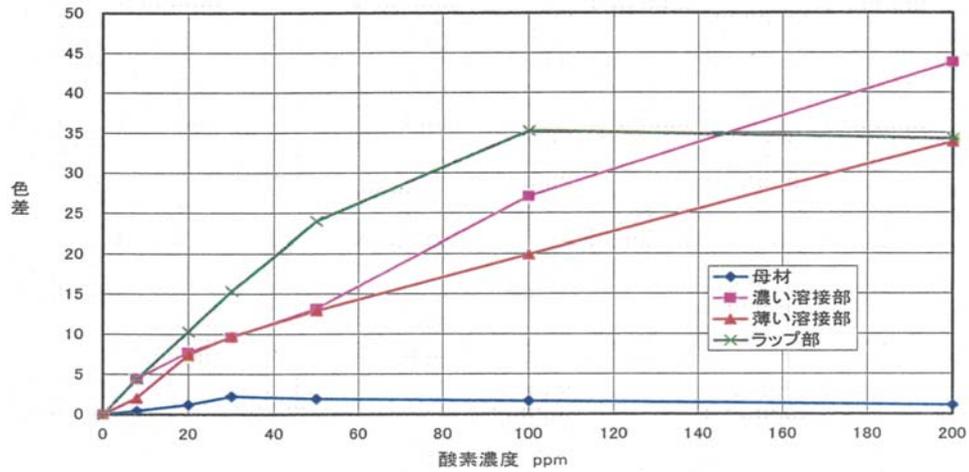


図7 酸素濃度 200ppm 以下の溶接酸化スケールと素材との色差と酸素濃度の関係

前述の図3に示したサンプルにつき、酸化スケールの色差を測定した結果を図8に示す。

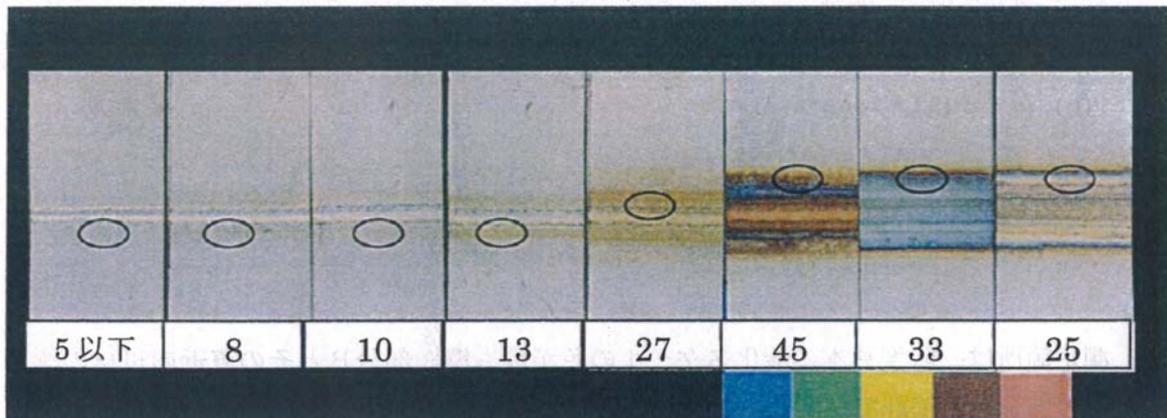


図8 溶接酸化スケールの状態と色差の関係 (写真中の○で囲った箇所の色差の値) (口絵 11 参照)

(3) 今回の SUS304TPD (焼鈍なし) を用いた実験結果では、溶接酸化スケールの色調は、酸化スケール部の色差計測値と母材部の色差計測値の差異を求めた色差で定量化が可能と考えられ、今後、溶接品質評価見本サンプルの製作に際し、視覚による差異を生じない色差による定量評価を期待できる。

3. 今後の課題

(1) 溶接酸化スケールの色調を定量化する方法として、色差計により酸化スケール部と直近の母材部の色差を求めることを立案したが、今回の実験供試材は JIS G 3448 の 40Su~150Su について試験したものであり、建築設備に供されるステンレス鋼管は JIS G 3459 もある。

ステンレス協会の会員会社4社で一般配管用ステンレス鋼管 (JIS G 3448) の焼鈍なしの管の表面粗度を調査した結果を図9に示す⁸⁾。厚さ 2.0mm の 100Su で平均 Ra 約 0.5 μ ，厚さ 3.0mm の 150Su で平均 Ra 約 1.4 μ である。

また、溶接造管素材である、厚さ 3.0mm の熱間圧延材の表面粗度を測定した結果を 図 10 に示す⁸⁾。平均 Ra3.80 μ ，最大値は Ra5.01 μ であり，溶接管の素材が冷間圧延材と熱間圧延材とで表面粗度が著しく異なる。

したがって，色差による酸化スケールの色調の評価が JIS G 3448 および JIS G 3459 全領域に適用できる手法か否かを追加実験することが必要と考えられる。

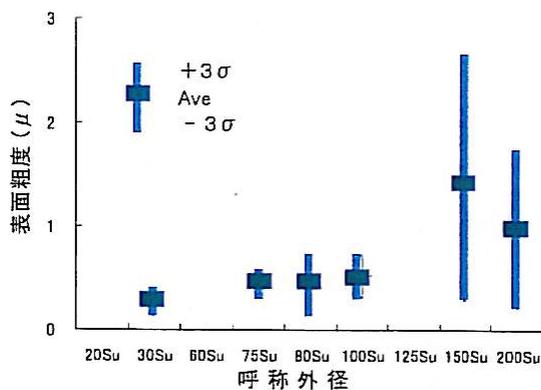


図 9 一般配管用ステンレス鋼管の表面素度測定結果（焼鈍なし）

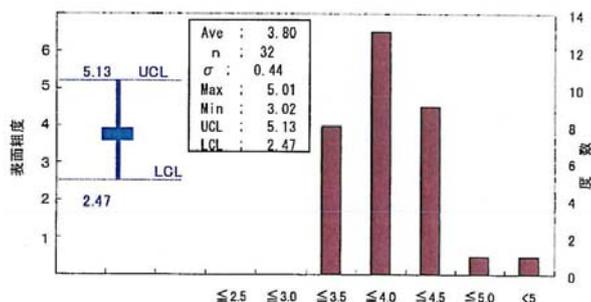


図 10 熱間圧延材（厚さ 3mm の溶接造管素材）の表面粗度測定結果

(2) 溶接酸化スケールの色調を評価することで溶接部の耐食性を推定することが目的であるため，各色差で評価した溶接酸化スケールのサンプルの腐食発生電位を測定する追加実験が必要である。色差の評価を Φ 4 mm で実施しているため，腐食発生電位測定実験サンプルの作成方法についても十分な検討が必要である。

用途に適応する酸化スケールの程度の検討において，衛生配管用途は，図 1 の No.5 より変色の強いものは許容できないとし，No.3 まではほとんどの状況で許容できる⁵⁾ という報告もあることから，腐食実験を実施後，酸化スケールの色調と適用用途について検討する必要がある。

(3) プレハブ加工管の溶接部の耐食性が重要視されるのは，主に管内面の酸化スケールであり，加工管の内面に色差計をセットして色差を測定することは現時点では不可能なため，実際の運用は，溶接品質評価見本サンプルを設定し，見本サンプルと管内面酸化スケールの色調を目視によって比較し判定（内視鏡による判定を含む）する方法となる。この場合，母材の表面粗さ

や色調によって視覚判定に誤差が生じることが考えられるため、冷間圧延や熱間圧延の溶接造管素材および熱処理有無の材料の色差の調査と共に、溶接品質評価見本サンプルの種類など設定要領を検討する必要があると考える。

また、今回、大気中に放置していた溶接酸化スケールのサンプルの色調が変化することを経験したことから、見本サンプルの保管方法についての検討も必要である。

5. 結言

ステンレス管プレハブユニットの溶接部の耐食性は、酸化スケール最下層（アンダスケール）のCr欠乏により低下するといわれているため、バックシール窒素ガス中の酸素濃度を調整し、SUS304TPD 40Su～150Suにつき酸素濃度と溶接酸化スケールの色調の関係の見本サンプルを作製した。

溶接酸化スケールの色調につき、定量化（数値化）の方法について検討した結果、酸化スケール部と管の素材部の色調の差異を計測して求める色差で定量化する方法を立案した。

今後、造管素材の表面粗さが粗い熱間圧延材や造管後の焼鈍有無の材料について追加実験して、色差の定量化手法の適正を確認すること、および酸化スケールの影響は最終的には、ステンレス管プレハブユニットの溶接部の耐食性の評価になるため、環境要因（水質、温度、流動状態）を用途別に推定し、各色差ランクの供試材で腐食試験を実施し、用途毎に適用できる溶接ランクを色差で設定することなどを次回の検討事項としたい。

ステンレス協会としては、ステンレス配管を安心して使用して頂けるよう、今後とも誰が見ても間違いのない定量化（数値化）手法を提案し、信頼性の向上に努める所存である。

参 考 文 献

- 1) 長谷川正義監修、ステンレス協会編：ステンレス鋼便覧第3版、(1995)、P417、P454
- 2) ステンレス協会腐食対策委員会・設備配管システム分科会合同会議：平成10年3月31日(改訂)
- 3) 渡辺孝仁，小向 茂：材料と環境，46(1997)，P783
- 4) 西川光昭，原田和可大，足立俊郎，名越敏郎：日新製鋼技報，No.77(1998)，P25
- 5) LH Boulton(New Zealand) & RE Avery(USA)、Corrosion Control and NDT-2003Paper105
- 6) An American National Standard、AWS D18.2:2009
- 7) 坂上恭助，ステンレス協会，(社)日本バルブ工業会，ニッケル協会：国土交通省住宅・建築関連先端技術開発助成事業「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、P14

8) 7)と同じ、20 年度報告書、P39