

ISO 12944の改定

Revision of ISO 12944



技術開発部門
開発部 技術開発第一グループ
Technical Development Div.
Technical Development Group 1

田辺 知浩
Tomohiro TANABE

1. はじめに

鋼構造物を腐食環境から護るための塗装は、一般的に種々の機能(例えば鋼材表面において、さびの発生を抑制する機能や塗膜表面の美観を長期間維持する機能など)を有した塗膜の組み合わせで構成される。その塗膜の組み合わせは、塗装システム、あるいは塗装仕様と呼ばれ、その塗膜品質、および塗装システムの基準となる標準規格が各国・各地域で多数制定されている。それらのうち最も活用されているものが、ISO(国際標準化機構)が定める、ISO 12944シリーズ(Paint and varnishes-Corrosion Protection of steel structures by protective paint systems: 塗料とワニス-防食塗装システムによる鋼構造物の腐食防食)である。

このISO12944シリーズは、1990年に設立された分科会であるISO/TC35/SC14(Protective paint systems for steel structures: 鋼構造物用防食塗装システム委員会)での審議を経て、1998年に初版が制定された。その際、日本塗料工業会を事務局とする日本国内の同委員会メンバーも策定作業に参加した。この規格は、塗料メーカー、設計エンジニア、顧客、塗装業者を対象に、鋼構造物に対する防食塗料、および防食塗装システムを選定するための要領について紹介している。最近では海外展開する鋼構造物の建設に際して、この規格に準

拠した案件が増加するなど、益々その有用性が注目されつつある。

この規格の変遷として、初版発行後に同シリーズのPart.5が2007年に改定され、次いで初版発行から約20年が経過し、さらに見直すべき内容が議論された結果、2017年11月から2018年2月にかけて、シリーズ全般において改定発行がなされた。本報はそれら新版の内容につき初版(一部旧版)と比較し概説する。

2. ISO 12944シリーズの概要と各Partの変遷

ISO 12944シリーズは、1998年の初版発行の際に構成されたPart.1からPart.8(Part.5のみ2007年に一度改定)と2018年1月に追加されたPart.9を含めた計9つのPartからなる。Part.9は、これまでISO 20340 (Paint and varnish – Performance requirements for protective paint systems for offshore and related structures: 海洋構造物および関連構造物向け防食塗装システムの要求性能)として別途定められていた規格を元にした内容として、この規格に組み込まれたものである。

Part.1: General introduction

総論

Part.2: Classification of environments

環境分類

Part.3: Design considerations

設計上の考慮

Part.4: Types of surface and surface preparations

素地の種類と素地調整

Part.5: Protective paint systems

防食塗装システム

Part.6: Laboratory performance test methods

実験室における性能試験方法

Part.7: Execution and supervision of paint work

塗装作業の実施と監督

Part.8: Development of specifications for new work and maintenance

新規および補修における仕様展開

Part.9: Protective paint systems and laboratory performance test methods for offshore and related structures

海洋構造物および関連構造物向け

防食塗装システムの実験室における

性能試験方法

以下に、新版において特に重要な改定がなされた、Part.1, 2, 5, 6, 9について解説する。

2.1 ISO 12944-Part.1: 総論 (General introduction)

Part.1では、ISO 12944の導入として規格の適用範囲、定義、要求事項が記載されている。

Part.1の新版(第2版、2017年11月発行)で主に改定された箇所は期待耐用年数(The expected life)に関して定めた部分である。その初・新版対比を表1に示す。

表1 ISO 12944-1 期待耐用年数分類の改定

分類	レベル	初版	新版(第2版)
L	low: 低い	2~5年	~7年未満
M	medium: 中程度	5~15年	7~15年
H	high: 高い	15年以上	15~25年
VH	very high: 極めて高い	—	25年以上

※セルの色: 新版での追加部分

初版にて定められた、L(low:低い)、M(medium:中程度)、H(high:高い)の3分類に、新版ではVH(very high:極めて高い)が加わり、各分類での期待耐用年数範囲も改定されたことで、25年以上の耐用年数を期待する塗装システムの選択肢に対応しうようになっている。ただし、この期待耐用年数は所有者が維持補修計画を立てる際の技術的検討数値であること、期待耐用年数は「保証期間」ではないこと、保証期間はこの規格の範疇外であること、保証期間と期待耐用年数との間に関連性はないこと、保証期間は概ね期待耐用年数より短いことなどに留意せねばならない。

表2 ISO 12944-2 腐食環境分類の改定(大気腐食)

分類	レベル	初版	新版 (第2版)	単位面積当たりの質量/厚み損失(初年度)			
				低合金炭素鋼		亜鉛	
				質量損失 [g/m ²]	厚み損失 [μm]	質量損失 [g/m ²]	厚み損失 [μm]
C1	very low corrosivity: 極めて低い	✓	✓	≤ 10	≤ 1.3	≤ 0.7	≤ 0.1
C2	low corrosivity: 低い	✓	✓	>10~200	>1.3~25	>0.7~5	>0.1~0.7
C3	medium corrosivity: 中程度	✓	✓	>200~400	>25~50	>5~15	>0.7~2.1
C4	high corrosivity: 高い	✓	✓	>400~650	>50~80	>15~30	>2.1~4.2
C5-I	very high corrosivity (industrial): 非常に高い(工業)	✓		>650~1500	>80~200	>30~60	>4.2~8.4
C5-M	very high corrosivity (marine): 非常に高い(海洋)	✓		>650~1500	>80~200	>30~60	>4.2~8.4
C5	very high corrosivity: 非常に高い		✓	>650~1500	>80~200	>30~60	>4.2~8.4
CX	extreme corrosivity: 極めて高い		✓	>1500~5500	>200~700	>60~180	>8.4~25

※セルの色：新版での追加部分

2.2 ISO 12944-Part.2: 環境分類 (Classification of environments)

Part.2では、腐食環境の分類を「大気腐食」と「水中および土中埋設腐食」に分けて定めている。このPart.2も新版(第2版、2017年11月発行)で以下の改定がなされている。

まず「大気腐食」環境に関して、初版では、
 C1(very low corrosivity: 極めて低い腐食性)
 C2(low corrosivity: 低い腐食性)
 C3(media corrosion: 中程度の腐食性)
 C4(high corrosion: 高い腐食性)
 C5-I(very high corrosion(industrial): 非常に高い腐食性(工業))
 C5-M(very high corrosion(marine): 非常に高い腐食性(海洋))
 の6分類であった。

新版では、C1~C4はそのままに、C5をvery high corrosion(非常に高い腐食性)に統一して初版の工業、海洋の区域細分類を無くし、新たにCX(extreme corrosion(offshore): 極めて高い腐食性(沖合))を加えた6分類へと変更がなされている(表2参照)。

また「水中および土中埋設腐食」環境に関しては初版では、Im1(immersion in fresh water: 淡水浸せき)、Im2(immersion in sea or brackish water: 海水あるいは汽水浸せき)、Im3(buried in soil: 土中埋設)の3分類であった。新版では、Im1とIm3はそのままに、Im2がimmersion in sea or brackish water(without cathodic protection): 海水あるいは汽水浸せき(電気防食なし)の細分類に変更となり、新たにIm4としてimmersion in sea or brackish water(with cathodic protection): 海水あるいは汽水浸せき(電気防食あり)の細分類が加えられ4分類となった(表3参照)。

表3 ISO 12944-2 腐食環境分類の改定
(水中および土中埋設腐食)

分類	レベル	初版	新版 (第2版)
Im1	Fresh water: 淡水浸せき	✓	✓
Im2	Sea or brackish water: 海水または汽水浸せき	✓	
Im2	Sea or brackish water (without cathodic protection) : 海水または汽水浸せき(電気防食なし)		✓
Im3	medium corrosion: 中程度	✓	✓
Im4	Sea or brackish water (with cathodic protection) : 海水または汽水浸せき(電気防食あり)		✓

※セルの色：新版での追加部分

表4 ISO 12944-5: 2007 旧版(第2版)低合金炭素鋼C5-I, C5-M, Im1-3環境推奨塗装システム例

塗 装 システム No.	プライマー				次 層 樹脂系	塗装システム		期待耐用性											
	樹脂系	種 別	塗 装 回数	公称 膜厚		塗 装 回数	公称 膜厚	C5-I			C5-M			Im1~3					
								L	M	H	L	M	H	L	M	H			
A5I.01	EP, PUR	Misc.	1~2	120μm	AY, CR, PVC	3~4	200μm												
A5I.02	EP, PUR	Misc.	1	80μm	EP, PUR	3~4	60μm												
A5I.03	EP, PUR	Misc.	1	150μm	EP, PUR	2	120μm												
A5I.04	EP, PUR, ESI	Zn(R)	1	60μm	EP, PUR	3~4	240μm												
A5I.05	EP, PUR, ESI	Zn(R)	1	60μm	EP, PUR	3~5	320μm												
A5I.06	EP, PUR, ESI	Zn(R)	1	60μm	AY, CR, PVC	4~5	320μm												
A5M.01	EP, PUR	Misc.	1	150μm	EP, PUR	2	300μm												
A5M.02	EP, PUR	Misc.	1	80μm	EP, PUR	3~4	320μm												
A5M.03	EP, PUR	Misc.	1	400μm	—	1	400μm												
A5M.04	EP, PUR	Misc.	1	250μm	EP, PUR	2	500μm												
A5M.05	EP, PUR, ESI	Zn(R)	1	60μm	EP, PUR	4	240μm												
A5M.06	EP, PUR, ESI	Zn(R)	1	60μm	EP, PUR	4~5	320μm												
A5M.07	EP, PUR, ESI	Zn(R)	1	60μm	EPC	3~4	400μm												
A5M.08	EPC	Misc.	1	100μm	EPC	3	300μm												
A6.01	EP	Zn(R)	1	60μm	EP, PUR	3~5	360μm												
A6.02	EP	Zn(R)	1	60μm	EP, PURC	3~5	540μm												
A6.03	EP	Misc.	1	80μm	EP, PUR	2~4	380μm												
A6.04	EP	Misc.	1	80μm	EPGF, EP, PUR	3	500μm												
A6.05	EP	Misc.	1	80μm	EP	2	300μm												
A6.06	EP	Misc.	1	800μm	—	—	800μm												
A6.07	ESI	Zn(R)	1	60μm	EP, EPGF	3	450μm												
A6.08	EP	Misc.	1	80μm	EPGF	3	800μm												
A6.09	EP, PUR	Misc.	—	—	—	1~3	400μm												
A6.10	EP, PUR	Misc.	—	—	—	1~3	600μm												

※EP:エポキシ(2液形,水系), EPC:変性エポキシ(2液形), ESI:エチルシリケート(1,2液形,水系), PUR:ポリウレタン(1,2液形,水系),
PURC:変性ポリウレタン(2液形), AY:アクリル(1液形,水系), CR:塩化ゴム(1液形), PVC:ポリ塩化ビニル(1液形), EPGF:エポキシガラスフレーク(2液形),
Zn(R):ジンクリッチプライマー, Misc.:その他の樹脂系

2.3 ISO 12944-Part.5: 防食塗装システム (Protective paint systems)

Part.5は、最も核をなす防食塗装システムにつき記載している。この規格のみ2007年9月に一度改定され第2版が発行されている。よって新版では第3版(2018年2月発行)となる。

第2版(旧版)では、鋼材を基材とした腐食環境分類における期待耐用年数ごとの推奨塗装システムを総括した一覧表が示されている。次いで、各腐食環境分類における期待耐用年数ごとの推奨塗装システムが示された

一覧表、素地が溶融亜鉛めっきである場合や金属溶射表面である場合の推奨塗装システムが別途順次紹介されている。C5-I環境以上向けの推奨塗装システムを抜粋し、表4に示す。

新版(第3版)では、各腐食環境分類に適応する代表的塗装システム例が一覧表としてAnnex C(鋼材用塗装システム)に順次紹介されている。ただし、先述のCX、およびIm4環境の推奨塗装システムについてはPart.9のみに該当するため、このPart.5には含まれていない。C5環境以上向けの推奨塗装システムを抜粋し、表5に示す。

表5 ISO 12944-5: 2018 新版(第3版)低合金炭素鋼C5, Im1~3環境推奨塗装システム例

塗 装 システム No.	プライマー				次 層	塗装システム		期待耐用性										
	樹脂系	種 別	塗装 回数	公称 膜厚		樹脂系	塗装 回数	公称 膜厚	C5				Im1~3					
									L	M	H	VH	L	M	H	VH		
C5.01	EP, PUR, ESI	Misc.	1	80~160 μm	EP, PUR, AY	2	180 μm											
C5.02	EP, PUR, ESI	Misc.	1	80~160 μm	EP, PUR, AY	2~3	240 μm											
C5.03	EP, PUR, ESI	Misc.	1	80~240 μm	EP, PUR, AY	2~4	300 μm											
C5.04	EP, PUR, ESI	Misc.	1	80~200 μm	EP, PUR, AY	3~4	360 μm											
C5.05	EP, PUR, ESI	Zn(R)	1	60~80 μm	EP, PUR, AY	2	160 μm											
C5.06	EP, PUR, ESI	Zn(R)	1	60~80 μm	EP, PUR, AY	2~3	200 μm											
C5.07	EP, PUR, ESI	Zn(R)	1	60~80 μm	EP, PUR, AY	3~4	260 μm											
C5.08	EP, PUR, ESI	Zn(R)	1	60~80 μm	EP, PUR, AY	3~4	320 μm											
1.01	EP, PUR, ESI	Zn(R)	1	60~80 μm	EP, PUR	2~4	360 μm											
1.02	EP, PUR, ESI	Zn(R)	1	60~80 μm	EP, PUR	2~5	500 μm											
1.03	EP, PUR, ESI	Misc.	1	80 μm	EP, PUR	2~4	380 μm											
1.04	EP, PUR, ESI	Misc.	1	80 μm	EP, PUR	2~4	540 μm											
1.05	—	—	—	—	EP, PUR	1~3	400 μm											
1.06	—	—	—	—	EP, PUR	1~3	600 μm											

※EP:エポキシ(2液形, 水系), PUR:ポリウレタン(1,2液形, 水系), ESI:エチルシリケート(1, 2液形), AY: アクリル(1液形, 水系),
 Zn(R):ジンクリッチプライマー, Misc.:その他の樹脂系,
 ※PURについては、そのほかポリロキサン樹脂、ポリアスパラギン酸樹脂、ふっ素樹脂 (FEVE:フルオロエチレン/ビニルエーテル共重合体)も適用可能。

2.4 ISO 12944-Part.6: 実験室における性能試験方法 (Laboratory performance test methods)

Part.6は実験室における防食塗装システムの試験方法と条件について定めている。ただし、試験で得られた結果は塗装システムを選定する手段であり、正確な耐久性を決定するためのものではない、としている。

2.4.1 ISO 12944-Part.6: C2~C5(-M)環境での試験項目

初版では、4種の耐久性試験(ISO 2812-1:耐薬品性、ISO 2812-2:水浸せき、ISO 6270:耐湿性、ISO 7253(現ISO 9227):耐中性塩水噴霧性)に対し、各腐食環境分類の期待耐用年数に応じた試験期間が規定されていた。

新版(第2版、2018年1月発行)では、初版に定められていた試験項目のうち、耐薬品性試験が無くなり、耐中性塩水噴霧性は該当試験規格であるISO 7253(1996年版)から新たに制定されたISO 9227(2006

年版)へと変更され、腐食環境分類とその期待耐用年数の改定に応じた試験期間が規定し直されるとともに、新たに付属書Bに記載のサイクル促進試験が追加されている。そのサイクル促進試験の条件は、a) ISO 16474-3に準拠したUVA-340nmランプ暴露4時間(60±3°C)と結露4時間(50±3°C)の繰り返しを72時間、次いでb) ISO 9227に準拠した中性塩水噴霧を72時間、さらにc)低温暴露を24時間(-20±2°C)の合計168時間を1サイクルとして規定合計時間繰り返しものである。

2.4.2 ISO 12944-Part.6: Im1~Im3環境での試験項目

初版では、3種の耐久性試験(ISO 2812-2:水浸せき、ISO 6270:耐湿性、ISO 7253(現ISO 9227):耐中性塩水噴霧性)に対し、各腐食環境分類の期待耐用年数に応じた試験期間が規定されていた。

新版では、期待耐用年数分類が改定されたため、それに応じて試験期間が規定し直されている。

表6 ISO 12944-6 におけるC2～C5(-M), Im1～3環境向け耐久性試験方法・条件の改定

腐食環境分類	期待耐用性	ISO 2812-1	ISO 2812-2		ISO 6270-1		ISO 7253 (現ISO 9227)		付属書B: サイクル 促進試験
		耐薬品性	水浸せき		耐湿性		耐中性塩水噴霧性		
		初版	初版	新版 (第2版)	初版	新版 (第2版)	初版	新版 (第2版)	新版 (第2版)
C2	L	—	—	—	48時間	48時間	—	—	—
	M	—	—	—	48時間	48時間	—	—	—
	H	—	—	—	120時間	120時間	—	—	—
	VH	—	—	—	—	240時間	—	480時間	—
C3	L	—	—	—	48時間	48時間	120時間	120時間	—
	M	—	—	—	120時間	120時間	240時間	240時間	—
	H	—	—	—	240時間	240時間	480時間	480時間	—
	VH	—	—	—	—	480時間	—	720時間	—
C4	L	—	—	—	120時間	120時間	240時間	240時間	—
	M	—	—	—	240時間	240時間	480時間	480時間	—
	H	—	—	—	480時間	480時間	720時間	720時間	—
	VH	—	—	—	—	720時間	—	1440時間	1680時間
C5-I	L	168時間	—	—	240時間	—	480時間	—	—
	M	168時間	—	—	480時間	—	720時間	—	—
	H	168時間	—	—	720時間	—	1440時間	—	—
C5-M	L	—	—	—	240時間	—	480時間	—	—
	M	—	—	—	480時間	—	720時間	—	—
	H	—	—	—	720時間	—	1440時間	—	—
C5	L	—	—	—	—	240時間	—	480時間	—
	M	—	—	—	—	480時間	—	720時間	—
	H	—	—	—	—	720時間	—	1440時間	1680時間
	VH	—	—	—	—	—	—	—	2688時間
Im1	M	—	2000時間	—	720時間	—	—	—	—
	H	—	3000時間	3000時間	1440時間	1440時間	—	—	—
	VH	—	—	4000時間	—	2160時間	—	—	—
Im2	M	—	2000時間	—	—	—	720時間	—	—
	H	—	3000時間	3000時間	—	—	1440時間	1440時間	—
	VH	—	—	4000時間	—	—	—	2160時間	—
Im3	M	—	2000時間	—	—	—	720時間	—	—
	H	—	3000時間	3000時間	—	—	1440時間	1440時間	—
	VH	—	—	4000時間	—	—	—	2160時間	—

※セルの色：新版での追加部分

削除部分

表7 ISO 12944-9とISO 20340の対比(塗装システムと初期最低要求性能)

基 材	プラスト処理鋼板 (素地清浄度:Sa 2½~3: ISO 20340, Sa 2½: ISO 12944-9)					溶融亜鉛めっき 亜鉛系溶射		備 考	
	沖合 (C5-M, CX)		飛沫・干満帯 (C5-M / Im2, CX / Im4)			没水部 (Im2, Im4)			沖合 (C5-M, CX)
腐食環境分類								()内 左:旧版 ISO 20340 右:新版 ISO 12944-9	
	初期最低付着力 (ISO4624)	3 5	4 5	3 5	4 5	4 5	8 5	3 5	旧版 単位: MPa 新版 単位: MPa
第1層	Zn(R)	他の プライマー	Zn(R)	他のプライマー		他のプライマー		—	
公称膜厚	≥ 40	≥ 60	≥ 40	≥ 60	≥ 200	—	≥ 150	—	単位: μm
最少塗装回数	3	3	3	3	2	1	2	2	
塗装システム 公称膜厚	≥ 280	≥ 350	≥ 450	≥ 450	≥ 600	≥ 800	≥ 350	≥ 200	単位: μm

※旧: ISO 20340: 2009, 新: ISO 12944-9: 2018, Zn(R): ジンクリッチプライマー

※セルの色: 新版での 追加部分

2.5 ISO 12944 – Part.9: 海洋構造物および 関連構造物向け防食塗装システムの実験室 における性能試験方法 (Protective paint systems and laboratory performance test methods for offshore and related structures)

Part.9は海洋(関連)構造物用防食塗装システムの実験室での試験方法について定めている。この規格はISO 20340(第2版、2009年4月)にてISO 12944-2の初版に準じたC5-MとIm2の腐食環境分類を対象に規

定されていた内容を元に、新たな腐食環境分類として、ISO 12944-2の新版に準じたCXとIm4を対象とする形で制定し直されたものである。推奨塗装システムと初期性能の最低要求事項を表7に示す。

品質試験に関しては主としてISO 20340での腐食環境分類であるC5-MとIm2が、それぞれISO 12944-9のCX(沖合)とIm4に置き換わる改定であり、試験項目(耐エージング性、陰極はく離、海水浸せき)やそれらの各試験条件・試験期間は変更されていない。

表8 ISO 12944-9とISO 20340の対比(品質試験項目)

旧版: ISO 200340 ⇒		腐食環境 C5-M(海洋)	飛沫・干満帯 C5-MとIm2の複合腐食環境	腐食環境 Im2
新版: ISO 12944-9 ⇒		腐食環境 CX(沖合)	飛沫・干満帯 CX(沖合)とIm4の複合腐食環境	浸せき環境 Im4
試 験*	切削線*			
サイクル促進試験 (旧版: Annex A, 新版: Annex B)	あり	4200時間	4200時間	—
陰極はく離試験 (ISO 15711: 2003, A法)	なし (意図的欠損部を作製)	—	4200時間	4200時間
海水浸せき試験 (ISO 2812-2)	あり	—	4200時間	4200時間

※試験方法、および切削線の寸法や位置の詳細は各規格参照

※セルの色: 新版での 追加部分

8. おわりに

防食塗装システムに関する国際規格であるISO 12944シリーズの主要なPartにおける新版での改定概要について述べた。

初版発行から約20年が経過し、塗料、およびその塗膜性能も進歩してきた。鋼構造物資産の維持管理の面で、より最適な防食設計がなされるよう幅広い塗装システムの選択肢へと拡充された結果であるといえる。

この規格が各国、各地域での個別の関連規格に与える影響は非常に大きいと思われる。塗料メーカーに課せられた使命は、これら規格の品質基準、性能合格判定基準を十分満たしつつ、地球環境への負荷やライフサイクルコストを軽減する優れた防食塗装システムを開発し、それらを進化させ続けていくことと考える。
