ISO 国際標準化と塗料分野における動向

田 邊 弘 往^{a, †}

^a元 大日本塗料(株) (〒144-0052 東京都大田区蒲田 5-13-23)

Trend of ISO Organization and Activity of Paint Industry for ISO

Hiroyuki TANABE^{a, †}

^aEx- Dai Nippon Toroy Co., Ltd. (5-13-23, Kamata, Ohta-ku, Tokyo 144-0052)

Keywords : ISO Organization, ISO/TC35/SC14, ISO12944, Protective Coating Systems, Cyclic Aging Test

1. はじめに

筆者が ISO 活動を始めてかなりの年月が経過したが、ISO の組織もいろいろ変遷があったと聞いている。ISO に普段なじみのない方、若い技術者に向けて ISO について紹介したい。ISO の活動を進めてくるうちにいろいろ考えさせられることがあったが、それにつけても ISO について知らないことが多くあった。その意義、重要性についてもはっきりしないことも事実ではないだろうか。初心に戻って標準化とは何か、規格とは何かを考え、ISO を中心に国際標準化の基礎について筆者なりにまとめてみたい。それに続き塗料分野の ISO の最近の動向について紹介する。塗料分野は一般試験法、表面調整、腐食防食に大別され、数百の ISO 規格がこれまでに制定されてきている。ISO 全体を見ても最近の技術動向が反映されているといわれる。ここでは腐食防食分野の ISO 活動の現状と活動を通して、我々の取るべき方向性について述べてみたい。若い読者に少しでも ISO 活動を理解いただき、興味を感じていただく機会になることを期待したい。

2. ISO 国際標準化の基礎 標準化とは何か、規格とは何か^{1), 2)}

決められた方法で試験をしたりあるいはモノを作るようにしたり、一定の基準を設けたりする活動のことを標準化という。

それぞれの産業の各分野において標準化の結果を文書にしたものが規格であるといわれている。

ISO 規格のもう少し詳しく定義をみると ISO/IEC 専門業務用指針¹⁾第二部 3.1.2 に次のように述べられている。「コンセンサスに基づいて制定され、認められた団体によって承認された文書(ドキュメント)であり、公共及び繰り返しの使用のために、ある状況下で最适度の秩序を達成することを目的とし、活動またはその結果に関する規則、指針または特性を提供するもの」²⁾

注：「ISO/IEC 専門業務用指針」¹⁾は毎年改定されており、邦訳は日本規格協会のホームページに掲載されている。

2. 1 標準、標準化と規格の定義

標準の定義：a) 関連する人々の間で利益、利便が公正に得られるように統一し、そして単純化する目的で、もの(生産活動の産出物)及びもの以外(組織、責任権限、システム、方法など)について定めた取り決め。b) 測定に普遍性を与えるために定めた基本として用いる量の大きさを表す方法またはもの(SI 単位、キログラム原器、ケージ、見本など)

標準化の定義：実在の問題または起こる可能性のある問題に関して、与えられた状況において最適な秩序を得ることを目的として、共通に、かつ繰り返して使用するための記述事項を確立する活動

規格の定義：与えられた状況において最適な秩序を達成することを目的に、共通的に繰り返して使用するために、活動またはその結果に関する規則、指針または特性を規定する文書であって、合意によって確立し、一般に認められている団体により承認されているもの

それでは規格はなぜ必要か、その必要性は何か。

- 1) 製品の安全性の強化
- 2) 共通の理解の促進
- 3) 製品及びサービスの相互運用性の促進

などである。

次に規格の種類(階層別規格の分類)について述べる。

- 1) 国際組織で開発された国際規格で ISO 規格などが相当する。
- 2) いくつかの国で形成された地域の規格の地域規格でこれには EU 規格などがある。
- 3) 国ごとに決められる国家規格でこれには JIS (日本産業規格)、BSI、ANSI などがある。業界、団体などで作られる業界(団体)規格で ASTM、ASME、IEEE などがある。

この他に規制との関係からみた規格分類があり、任意規格と強制規格が相当する。前者は規格に基づくか否かは任意である規格で ISO 規格、JIS 規格が該当する。後者は JIS を引用した建築基準法、消防法などで、引用された規格の内容は

[†] GPCR (Global PC Research), 131210tanabe@gmail.com

法規として強制力を持つことになる。

本稿では主に ISO 規格について扱うが、国際規格とは何かをまとめると、

- 1)国際組織で開発されたもの
 - 2)公的な組織で開発されたもの
 - 3)守ることが任意であること
- である。

我が国には日本産業規格(JIS)などの国家規格があるが、どうして ISO のような国際規格を重視しなければならないのか。それを知るためにも WTO/TBT 協定の存在があることを触れておきたい。これは WTO (世界貿易機構)にある TBT 協定(Agreement on Technical Barriers to Trade；貿易の技術的障壁に関する協定)のことである。現在では多くの国が日常的に貿易を行っているが、国によって依存する規格が異なるために自由貿易が阻害されるなど、問題が起きていた。これを解決するために ISO などの国際規格の役割が求められた。WTO は各国に対し強制規格、任意規格、適合性評価手続きを作成、改正するときは原則として ISO などの国際規格を基準として用いることを義務付けている。TBT 協定は3年ごとの見直しが行われ、国際規格策定のプロセスについて透明性、開放性、公平性、適合性、一貫性とともに入国への配慮の原則が定められた。

このような背景にあって ISO のような国際規格の存在は貿易を円滑に進めることができれば貿易当事国にとっては有益なことから、国際規格 ISO と国家規格である JIS 規格整合化の要求がされている。

2. 2 国際標準化機構

国際標準化機構(ISO；International Organization for Standardization)は 52 各国が参加して戦後間もない 1946 年に発足した。各国の代表的国家標準化機関の連合であり、スイスのジュネーブに本部を置く法人格を有する非政府組織である。2017 年の年末現在で参加国は 160 各国である。日本は日本産業標準調査会(JISC 2019 年 7 月 1 日法改正より改称)がメンバーとなっている。ISO の規格発行数は約 22000 件(2017 年末)である。

2. 3 欧州標準化委員会

欧州標準化委員会(CEN；Comite Europeen de Normarisation = European Committee for Standardization)は本部をブリュッセル(ベルギー)に置き 1961 年に開設した。参加メンバーは AFNOR (フランス), BSI (イギリス), DIN (ドイツ), UNI (イタリア)など 33 各国である。欧州における電気分野(CENELLEC が担当)以外の統一規格を開発・出版している。規格開発において CEN と ISO との関係は深いことは知られているが、ISO との間にウィーン協定が 1991 年に締結された。丁度このころから日本塗料工業会は塗料分野の ISO の会議に参加したこともあってよく記憶している。

2. 4 ISO/CEN ウィーン協定

ISO と CEN は相互の互惠協定となるウィーン協定を 1991 年に締結した。双方が協力して ISO 規格と EN 規格を相互に利用できる内容となっている。欧州が統合し、欧州統一規格が開発されることになったが CEN は 1961 年に創設された。この統一規格によって欧州内の商品安全確保、流通の円滑化

が図られることになったが、CEN は欧州市場統一化のためのスピードアップを図りたいことと、双方にとって類似規格の重複を避けたいことなど効率化を図りたかった。最近はそのような場面に出くわすことはなくなったが、かつては塗料分野の ISO の会議においても同じ規格テーマを EN 規格と ISO 規格双方の会議を同じ場所で開催することもあったほどである。現在では ISO 規格が審議され出版されるまでの段階で、規格案がメンバー国に投票にかけられるが、その規格文書の表紙に ISO と CEN に並行して投票にかけていることが記載されていることもこのウィーン協定の証である。以前には CEN から規格が多く提案され、いわゆる CEN リードの状況が多かったといわれるが、最近では殆ど ISO リードの状況となっているという。

ISO 機構に加盟する国にはそれぞれ標準化組織があり、国家規格を制定している。日本の場合は JISC (日本産業標準調査会)があるが、海外の代表的な国家標準化組織を表 1 に示す。日本の国際標準化に関係する主要な関係組織は日本工業標準調査会(JISC)、国内審議団体、日本規格協会(JSA)である。ここでいう国内審議団体とは国内規格および国際標準化活動を統括する JISC がその実務を委託する国内の団体で、該当する専門分野の学会・工業会・協会などが請け負うとされる。例えば塗料分野では日本塗料工業会が TC35 および SC14, SC15 の審議団体として担当し、それ以外の塗料の試験法を中心とする SC9 は日本塗料検査協会が審議団体となっている。

TC35 を構成する分科会 SC9, SC12, SC14, SC15, TC35 の活動テーマを表 2 に示す。

3. ISO/TC35/SC14 への取り組みの経緯^{4), 5), 6)}

1991 年ごろに ISO/TC35/SC14 がスタートし ISO 12944 シリーズ規格(鋼構造物の防食塗装システムによる防食“Corrosion protection of steel structures by protective paint systems”)が制定に向けて始動した。これに遡ること 1987 年 9 月に ISO/TC35 会議がハンガリーのブタペストで開催され、「鋼構造物の防食塗装システム」に関する分科会を設立することを決議した。1989 年 8 月にノルウェーのオスロでの TC35 作業部会はノルウェーの規格協会が SC14 の事務局を務めることを決めた。1990 年 6 月に ISO/TC35 がオランダのロッテルダムで開催され、ISO/TC35/SC14 として正式に分科会が設立され、各国に参加を呼びかけた。日本は日本塗料工業会が中心になり検討の結果、審議団体として参加を決定した。ISO/TC35/SC14 国内委員会が設立され、増子昇教授(当

表 1 各国の代表的国家標準機構

略称	国名	各国の標準化組織
JISC	日本	日本産業標準調査会
ANSI	アメリカ	アメリカ規格協会
AFNOR	フランス	フランス規格協会
BSI	英国	イギリス規格協会
DIN	ドイツ	ドイツ規格協会
NNI	オランダ	オランダ規格協会
KATS	韓国	韓国技術標準化機構
SAC	中国	中国標準化管理委員会

時千葉工業大学、元東大生産技術研究所長)を委員長にお願
いし、塗料工業会を事務局にして関連業界の機関、企業の専
門家からなる国内委員会で構成された。下部機関として WG

(ワーキンググループ)が同時に設置された。1991 年 10 月に
第 1 回 ISO/TC35/SC14 のキックオフ会議がオスロで開催さ
れ、日本にとっての最初の参加であった。以後毎年開催され
る SC14 国際会議には日本から参加することとなった。

表 2 ISO/TC35 “Paints and varnishes” の活動

分科会	ワーキンググループ
SC9: 塗料のための一般試験法	
	WG16: 粉体塗料
	WG29: 電気化学的方法
	WG30: 塗装および乾燥工程に先立つ塗膜の性質
	WG31: 塗装後の塗膜の性質
	WG32: 風力発電機回転翼塗装材料
SC12: 鋼材の塗装前処理	
	WG2: 表面清浄
	WG3: 表面処理方法
	WG4: プラスト清浄研掃材
SC14: 鋼構造物の防食塗装システム	
	WG5: 防食塗装システム
	WG6: ラボラトリー性能試験
	WG9: 海洋環境の試験法
SC15: コンクリートの防食塗装	
TC35	WG1: 有機揮発性成分
	WG2: 用語
	WG4: 塗料用バインダー

4. ISO 12944 シリーズ規格の制定へ向けて

4. 1 ISO/TC35/SC14 が制定する ISO 12944 規格シリー ズの構成

ISO 12944 シリーズ規格は 9 Parts から構成されている。そ
れぞれの ISO ナンバー、担当作業グループ(WG)、規格タイ
トルとその概要は表 3 のようになる。前回の 1998 年制定当
時の各 WG のコンベナーを記載したが 2018 年の改訂見直し
ではドイツからのコンベナーを選任し、審議を進めた。投票
権のある P メンバー国は日本をはじめオランダ、英国、ド
イツ、フランス、米国、スペイン、中国、デンマーク、スイ
ス、フィンランド、イタリア、ポルトガル、など 29 か国(2016)
となっている。アメリカは 1995 年のノルウェー開催の頃か
ら積極的に参加している。SSPC, ASTM, NACE など独自の
規格を有しており、その影響力は大きいものがある。開催
地もヨーロッパ、日本中心とするアジア、米国を交互にホス
ト国を担う形で進めている。すでに日本は東京で 3 回ほど数
年間隔で開催してきた。

表 3 ISO 12944 シリーズ規格の構成

ISO No. 担当 WG	SC, WG コンベナー	タイトル 活動概要
ISO12944-1 制定 1998 改訂 2017	SC14 ノルウェー ドイツ	一般的な紹介(General introduction) この標準の目的、構成、適用範囲、各パート規格の概要および基本用語の定義 2018 改訂版に 1998 版の変更点が要約されている。
ISO12944-2 制定 1998 改訂 2017	WG1 ノルウェー ドイツ	腐食環境の分類(Classification of environment) 構造物設置現場の腐食環境を大気及び浸漬について分類し、大気については金属及び合金の腐食に関する ISO 9223-2011 を基本とし、清水、海水、汽水および土壌を対象。2018 改訂で海洋環境の厳しい環境 CX を加え 3 段階から 4 段階とした。
ISO12944-3 制定 1998 改訂 2017	WG6 英国 ドイツ	構造物のデザイン上の考慮(Design consideration) 構造物の設計にあたり、防食上考慮すべき基本的な考え方、塗装ワークや点検の容易さに関する指針も含まれている。
ISO12944-4 制定 1998 改訂 2017	WG2 ノルウェー ドイツ	素地表面の種類と表面調整(Type of surface and surface preparation) 塗装施工前の鋼材表面処理に関する内容で ISO 8053 シリーズ企画などが参考とされている。対象素材に低炭素鋼、低合金鋼、亜鉛めっき鋼材など。
ISO12944-5 制定 1998 改訂 2018	WG3 ノルウェー ドイツ	防食塗装系(Protective paint systems) 防食塗装系に適用される塗料の概要および現場の腐食環境に相当する腐食カテゴリと塗装系の耐久性レベルを対応させて表とした。すなわち Part 2 の腐食カテゴリ別に表とした。
ISO12944-6 制定 1998 改訂 2018	WG4 フランス ドイツ	室内性能試験方法(Laboratory performance test methods) 標準参考資料(Normative reference)を更新。「テストパネル」の記載を見直し。試験片の最大膜厚を規定。試験片カットの方法。炭素鋼、溶融亜鉛鋼、金属溶射被覆鋼に塗装した塗装系の大気及び浸漬環境の耐久性評価手順(表 1, 表 2)。室内促進試験前後の評価方法。
ISO12944-7 制定 1998 改訂 2017	WG5 オランダ ドイツ	塗装の実施及び監督(Execution and supervision of paint work) 塗装ワーク実践上の規準。標準参考資料などは最近版に更新。テキスト全体の編集上の改訂を行う。リファレンスエリアも改訂。
ISO12944-8 制定 1998 改訂 2017	WG7 ドイツ ドイツ	新設及びメンテナンスの仕様の開発(Development of specifications for new work and maintenance) Part 2 ~ 7 の全体を網羅した防食塗装の仕様について、事業計画書、塗装仕様書、工事施行書、検査検収基準書などが示されている。最近の内容に改定。
ISO12944-9 * 制定 2009 改訂 2018	WG8 フランス ドイツ	海洋構造物及び関連の構造物のための防食塗装系および室内性能試験方法 (Protective paint systems and laboratory performance test methods for offshore and related structures) このパートは ISO 20340-2009 を置き換え見直した。海洋環境 CX をもっぱら対象にした内容のもの。ラボ促進試験は DNV 規格を参考。

* ISO12944-9 は ISO20340 を海洋環境対象の塗装系の試験法として整合させたもの

4. 2 ISO/TC35/SC14 分科会による ISO 12944 シリーズ規格制定活動

これらの規格はプライマー、中塗り、上塗りから構成される防食塗装系が対象であり、それぞれの単独膜を対象にしたものではない。1998 年頃に Part 1 ～ Part 8 が制定された。この時からおよそ 20 年を経て 2015 年になった頃にその間の塗料の技術的進歩も著しく見られることから大幅な改訂を積極的に合意した。そして 2017 年から 2018 年にかけて改訂 ISO 12944 が出版された。米国の審議団体 NII (NACE International Institute) が積極的に参加したことは、従来我々の多くが思い込んできたかもしれない米国の ISO への対応とは大きく異なるものであった。この間にも米国で ISO/TC35 会議を 2 度程開催し NACE がホスト国を務めることもあり、2020 年はピッツバーグでの開催が予定されていた。

最近では少なくとも ISO 12944 シリーズ規格が欧州のいずれの国々、米国、そして中国、ベトナム、インドなどのアジアの国々において非常に重要な規格となっていることを知ることができる。グローバルな貿易が発展する今の時代にあって製品の市場を広げていくためにも特許と同時に国際規格による品質・性能の整合がビジネスを発展させるためにも必要な時代だといわれる。

ところで規格が制定されるまでの過程を表 4 に示す。NWI (New Work Item) として新規規格提案がされると少なくとも P-メンバー 5 か国の支持を得て、WG (Working Group) が構成される。そこでまとめられた規格原案はメンバー国の賛同を得て SC (Sub Committee) に送られ、CD (Committee Draft) として審議されることになる。ここでまとめられた CD はメンバー国の賛同を得て TC (Technical Committee) に DIS (Draft International Standard) として提案される。TC は討議を重ね DIS として編集する。最終的にまとめ上げた DIS はこの間に得られた各国のコメントを丁寧に議論してその結論を規格の内容に反映させる。こうしてできたものが FDIS (Final Draft International Standard) として扱われる。FDIS は正式な規格の一手手前の状態であるが、この段階になると購入することができる。FDIS 段階ではメンバー国に賛否の投票のため回付されるが、コメントは編集上のものが多く、技術的な変更のコメントはほとんどない。こうして賛成が得られるといよい

よ ISO として制定され出版されることになる。表 4 に標準開発期間とあるが通常規格が完成するまでに 36 ヶ月が標準とされる。最近の ISO 機構の方針ではより短期間での開発を目指しているが、24 ヶ月の案も提示されている。技術開発の速度は速く、ISO 規格も制定までのスピードが求められている。

5. ISO 12944 シリーズ

5. 1 ISO 12944-1 (シリーズ規格全体の紹介)

この Part 1 は ISO 12944 シリーズ規格 (2018 年改訂版) の全体の輪郭を理解することができる。1998 年当時の初版 12944 シリーズ規格の改訂・変更内容が説明されていることも利用者にはわかりやすい。適用範囲 (Scope) にはこの Part 1 の文書には ISO 12944 すべての Part 規格を総括した適用範囲 (Scope) を規定している。さらには健康、安全および環境保全に関する一般的な記述を含んでいることをここで述べている。今回の改定で大きく変更されたところを考慮して以下に ISO 12944-2, -4, -5, -6 を主体に紹介する。その他については別の機会に紹介したい。

ISO 12944 のいずれの parts も防食塗装系による鋼構造物の防食を扱うものであり、腐食環境分類、耐久性のレベル分け、対応する防食塗装系の選定を規格の対象としている。更には健康、安全および環境保護に関する一般的記述、それにあるプロジェクトに関し、ガイドラインとなることを意図している。

ISO 12944 規格は防食以外の以下のような機能については対象としない。

- ・微生物付着 (海洋生物付着、バクテリア、カビ類など)
- ・薬品 (酸類、アルカリ類、有機溶剤類、各種ガス類)
- ・機械的作用 (摩擦等)

ここでの規格が規定する適用内容を簡単に紹介し、更には詳しくはそれぞれの規格 (Part 1 から Part 9) を紹介している。

① 構造物のタイプについて

ISO 12944 規格のいずれの parts も炭素鋼または低合金鋼で造られる構造物を対象とし、鋼材は 3 mm 以上の厚みであり、承認されている強度計算を使用して設計されたものであること。鋼材で強化した鉄筋コンクリート構造物は対象とならない。

② 表面のタイプ及び表面調整について

当協会にとっても表面の扱いは重要と思われるので説明を加えておく。この規格では炭素鋼または低合金鋼の以下のタイプの表面を対象とする。

- ・無塗装の表面
- ・亜鉛、アルミあるいはそれらの合金で溶射された表面
- ・溶融亜鉛めっき表面
- ・電気亜鉛めっき表面
- ・拡散浸透亜鉛表面 (Sherardized surface)
- ・プレファブリケーションプライマー塗装表面
- ・そのほかの塗装表面

③ 環境のタイプについて

ISO 9223 における腐食環境分類に従うもので、初版の ISO 12944-1998 では実質 5 段階であったが、2018 年の改訂版で

表 4 ISO 規格開発ステップ

段階		標準開発期間
NWI (新業務項目提案) ↓	新規規格に関する提案	24 ヶ月
WD (作業原案) ↓	WG (作業部会) でまとめる規格原案	
CD (委員会原案) ↓	SC (分科会) でまとめる規格原案	
DIS (国際規格案) ↓	TC (技術委員会) 総会で承認される国際規格原案	
FDIS (最終国際規格案) ↓	DIS 投票でのコメントが整理された承認段階の国際規格案	12 ヶ月 計 36 ヶ月
ISO (国際規格)	規格制定・出版	

規格開発期間は 36 ヶ月が標準だが 24 ヶ月 (加速) も検討されている

は CX が追加され、6 段階の分類となった。浸漬の場合も分類が一つ増え 4 分類となった。

④防食塗装系について

Part 5 に相当するがここはこのシリーズ規格の中で最も重要なものと考えられ、会議では出席者が最も多い。室温で乾燥、硬化する条件に合う塗料製品を対象とする。ISO 12944 では粉体塗料、焼き付けエナメル塗料、熱硬化型塗料およびタンク内面の防食塗料(ライニング類)は対象としない。

⑤作業のタイプについて

この規格では新設とメンテナンスを対象とする。

⑥防食塗装システムの耐久性について

この規格では異なる 4 種類の耐久性の範囲としている (low, medium, high, 及び very high)。節を改めて一般的な配慮と必要な条件について次のように記載している。

- ・防食塗装系の耐久性は通常構造物の期待耐用年数と比べると短いと考えられるので、計画、設計段階でのメンテナンス(補修)及びリファビシユメント(全面的な改装)の可能性に対してよく考察しておくことが必要となること。新規に塗装した塗膜の性質をテストする場所をサンプルエリアと定義しているが、このエリアはリファビシユング(改装)のタイプに関する指針を与えたり、目視の状態評価に使用ができる。
- ・塗装系を選択する場合には環境の条件と塗装系の耐久性が主なパラメーターとなる。
- ・最初の主なメンテナンス塗装前の塗膜損傷の程度は当事者で同意しておくことだが、当事者間の決まりごとがない場合には ISO 4628-1, -2, -3, -4, -5 (塗膜劣化の評価に関するシリーズ規格)に従って評価するものとする。

・改訂された ISO 12944 では耐久性の範囲が従前の 3 段階から 4 段階に変更された。

- low [L] : 7 年まで
- medium [M] : 7 年～ 15 年
- high [H] : 15 年～ 25 年
- very high [VH] : 25 年以上

*特にここでの耐久性範囲は期待耐久性であって、決して保証期間を示すものでないことを注記している。

この耐久性の示す段階は“保証期間(guarantee time)”ではなく、施主がメンテナンスプログラムを始める際などに考察の参考にしたりし得る技術的考慮／計画立案に供するものであるとしている。

⑦健康と安全と環境保護

以下に示す項目は ISO 12944-2018 では改訂前と同様の記述であるが、今日健康、安全、環境については重要な事項である。これらの事項は顧客を含むすべての当事者の義務である。

- ・毒性、発癌性の物質をスペックしたり使用してはならない
- ・VOCs 放出の注意
- ・火災の危険と同様ヒューム、ダスト、蒸気、騒音などの対策
- ・身体、目、皮膚、耳および呼吸系の保護
- ・腐食防食作業中の水利および土壌の保護
- ・材料のリサイクリング、廃棄物のリサイクリング

最後の第 7 節には ISO 12944 の他の parts に関する概要説明の記載があり、ISO 12944 シリーズ規格の全体を知る上でも有用と思われる。

表 5 大気腐食環境カテゴリーと代表的な環境の例(ISO 12944-2)³⁾

Corrosivity Category	Mass loss per unit surface/thickness loss (after first year of exposure)				Examples of typical environments (informative only)	
	Low-carbon steel		Zinc		Exterior	Interior
	Mass loss	Thickness loss	Mass loss	Thickness loss		
	g/m ²	μm	g/m ²	μm		
C1 very low	≤ 10	≤ 1,3	≤ 0,7	≤ 0,1	—	Heated buildings with clean atmospheres, e. g. officers, shops, schools, hotels
C2 low	> 10 to 200	> 1,3 to 25	> 0,7 to 5	> 0,1 to 0,7	Atmospheres with low level of pollution: mostly rural areas	Unheated buildings where condensation can occur, e.g. depots, sport halls
C3 medium	> 200 to 400	> 25 to 50	> 5 to 15	> 0,7 to 2,1	Urban and industrial atmospheres, moderate sulfur dioxide pollution; coastal areas with low salinity	Production rooms with high humidity and some air pollution e. g. food-processing plants, laundries, breweries, dairies
C4 high	> 400 to 650	> 50 to 80	> 15 to 30	> 2,1 to 4,2	Industrial areas and coastal areas with moderate salinity	Chemical plants, swimming pools, coastal ship and boatyards
C5 very high	> 650 to 1500	> 80 to 200	> 30 to 60	> 4,2 to 8,4	Industrial areas with high humidity and aggressive atmosphere and coastal areas with high salinity	Buildings or areas with almost permanent condensation and with high pollution
CX extreme	> 1500 to 5500	> 200 to 700	> 60 to 180	> 8,4 to 25	Offshore areas with high salinity and industrial areas with extreme humidity and aggressive atmosphere and subtropical and tropical atmospheres	Industrial areas with extreme humidity and aggressive atmosphere

NOTE The loss values used for the corrosivity categories are identical to those given in ISO 9223.

以下に ISO 12944 シリーズの各 part の紹介をする。

5. 2 ISO 12944-2：環境の分類
(Classification of environments)

適用範囲(scope)では鋼構造物が暴露される主要な腐食環境を分類し、それぞれを以下に示している。この ISO 12944 の環境分類は ISO 9223-2011 を参考にしており、大気環境は 6 段階のカテゴリーに分類されている。

- C1 very low corrosivity
- C2 low corrosivity
- C3 medium corrosivity
- C4 high corrosivity
- C5 very high corrosivity
- CX (C6) extreme corrosivity

注：新規 ISO 12944-9:2017 では offshore 環境に限定して CX とした。従って、この part 規格では CX として表記する。ISO12944-9 以外の parts ではこの CX は適用しないとしている。

表 5 に大気環境カテゴリー分類と代表的な環境の例を示す。ISO 9223-2011 ではまとめた腐食性カテゴリーと対応する金属の腐食量を示しているが、ここでの規格でもこれを引用して、金属は低炭素鋼と亜鉛の大気暴露試験開始の最初の 1 年間の単位面積当たりの腐食量と減少厚さを測定した。陸上の最も厳しい腐食環境は very high (C5)では低炭素鋼の腐食量が 650 ～ 1500 kg/m² がある。更に海洋大気環境に適用される extreme(CX)では 1500 ～ 5500 kg/m² となっている。塗装ワーク関係者の利便性を考慮して多くの鋼構造物が設置される代表的な環境の例を分かりやすく具体的に示してある。

このほか、表 6 に示すように水中浸漬および土壌埋設構造物を対象とする異なる 4 種類の環境カテゴリーが規定されている。Im1 清水、Im2 海水または汽水、Im3 土壌、Im4 海水または汽水でカソード防食を併用した海洋構造物などを想定した場合である。

また情報として腐食速度の著しい増加をおこす可能性のある特別な腐食ストレスに関する情報が要点で示されているので、興味のある方は規格のテキストを参照いただきたい。

5. 3 ISO 12944-4 (表面のタイプと表面調整)

適用範囲(Scope)には対象とする表面のタイプを定義しているが、これについては前出の Part 1 で述べた。

改訂前の 1998 年版と比較して変更箇所は normative reference を更新したこと、化学的处理も含めていること。Annex A (normative)には塗装前の全面表面処理グレードを表に示されている。ISO 8501-1 を参考に編集されているので参照いただきたい。

Annex C (informative)には異物などの除去の手順の表と元からのミルスケールなどの層の除去の手順を表で示してある。詳しくはこの規格を参照いただきたい。

5. 4 ISO 12944-5 (防食塗装系)

このシリーズ規格の中でも Part 5 は重要な規格とされている。適用範囲(Scope)には鋼構造物の防食のために通常使用される塗料のタイプと塗装系を記載するとある。

また異なる環境(ISO 12944-2 参照)に対応する塗装系の選択のためのガイドラインとなるとし、ISO 12944-2 に規定されている腐食カテゴリー CX と Im4 そして異なる素地調整グレード(ISO 12944-4 参照 9)および期待される耐久性グレード(ISO 12944-1)については対象としないと断り書きしている。Part 9 がカバーする海洋環境 CX の適用、浸漬カテゴリー海水で電防を併用する場合はこの Part 5 では扱わないこととしている。そのことを意味している。

用語と定義はいずれの part の規格でも節を設けて説明し規定している。ここでの例を挙げれば膜厚に関するものがある。Dry Film Thickness (DFT, 乾燥膜厚)、Nominal Dry Film Thickness (NDFT, 標準乾燥膜厚)、Maximum Dry Film Thickness (最大乾燥膜厚)などはコストに関係することもあり、しばしば議論の対象となるが、大きな面積を有する構造物の塗装作業では重要なことである。別の例では Shelf Life (塗料の貯蔵期間)がある。塗料が通常の保管状態(Normal Storage Conditions)で保管して良好な状態を維持している期間としている。ここで注(Note)として「通常の保管状態」とは +5℃ と 30℃ の間での保管を意味すると通常は理解されると付記しているので、規格を利用する際には注意が求められる。このように場合によってかなり細かい内容にも触れている。

① 4 節 大気腐食分類について

4 節では大気腐食環境の 5 レベルの分類を規定している。

- C1 very low
- C2 low
- C3 medium
- C4 high
- C5 very high

この大気腐食分類は ISO 12944-2 でも扱っているがここでの ISO 12944-5 では記述のように腐食分類 CX 以外のものとしている。海洋腐食環境 CX については ISO 12944-9 で扱う。そのほかの CX 環境の場合には、その環境の特別な必要性に応じて個々の systems を規定することが必要としている。

次に示す水浸漬と土壌の 3 腐食カテゴリーがこの Part 5 規格に直接関係するものである。

- Im1 清水浸漬 (immersion in fresh water)

表 6 水および土壌の腐食環境カテゴリー (ISO 12944-2)³⁾

Category	Environment	Examples of environments and structures
Im1	Fresh water	River installations, hydro-electric power plants
Im2	Sea or brackish water	Immersed structures without cathodic protection (e. g. harbour areas with structures like sluice gates, locks and jetties)
Im3	Soil	Buried tanks, steel piles, steel pipes
Im4	Sea or brackish water	Immersed structures with cathodic protection (e. g. offshore structures)
NOTE For corrosivity category Im1 and Im3, cathodic protection can be used with a paint system tested accordingly		

— Im2 海水または汽水 (immersion in sea or brackish water)

— Im3 土壌埋設 (buried in soil)

ISO 12944-2 で規定される浸漬環境分類には Im4 (電防併用海水浸漬) カテゴリーは除外している。海洋環境および関連する構造物対応のシステムと Im4 環境については ISO 12944-9 での対象としている。

② 5 節 新設とリファーマビシュメントについて

新設の構造物の場合と経年後に旧塗装を全面的に除去し、素地調整から塗装施工計画を実施する場合がリファーマビシュメントに相当するが、同様の扱いができる。

新設では、溶融亜鉛めっき、熱溶射金属被覆 (ISO 12944-4 参照) と同様に ISO 8501-1 (旧塗膜の全面除去後の無塗装鋼材のさび程度および素地調整程度) に規定されるさびグレード A, B および C の炭素鋼である。可能な素地調整は ISO 12944-4 に述べているので詳しくは是非参照していただきたい。また、部分的なリファーマビシュメント、メンテナンスについても規格を参照していただきたい。

③ 6 節 塗料の種類

腐食カテゴリーに基づく、多くの塗装系の例が挙げられる。この規格では期待される耐久性に関係して幾つかの表に示されている。これらは参加各国のもつ実績に基づくものもあるが決して全体を網羅したものではないことから、有益な情報として参考にするのと、これ以外の塗装系についても受け入れることができるとしている。加えて新しい技術が絶え間なく発展を見せているが、しばしば国によっても推進されてきており、このような技術の実績であったり、あとで述べる ISO 12944-6 に示す性能試験等の結果で検証するものも受け入れるとしている。ここで取り上げられている具体的な塗料のタイプの例については以下に示した。アルキッド塗料、アクリル塗料、エチルシリケートジンクリッチ塗料、エポキシ樹脂塗料、ポリアスバチック樹脂塗料 (PAS)、ポリシロキサン樹脂塗料 (PS)、ポリウレタン樹脂塗料が記載されている。そしてポリウレタン樹脂塗料の中に FEVE タイプふっ素樹脂塗料が特別なタイプのポリウレタン樹脂塗料として技術的内容の説明が記載された。この FEVE タイプふっ素樹脂塗料は

1983 年に我が国で開発され、当時の建設省土木研究所による駿河湾のマリンステーションにおける暴露試験をはじめとして日本での 30 年を超える実績が受け入れられたものである。

④ 7 節 塗装系

7 節はこの規格の中でも関心が向けられる部分である。塗装系についてプライマーの種類、それに続く中塗り、上塗りを規定しており、更には塗膜厚の扱い、耐久性についても記載があるので、機会があれば一読をお勧めしたい。工場塗装と現場塗装についても長所、短所について示されている。

腐食環境 C2 から C5, および Im1, Im2, Im3 と防食塗装系の期待耐久性の対応に関する表がそれぞれまとめられている。これによれば腐食環境と期待耐久期間を決めれば、塗装系が選択されることになる。C5 の腐食環境カテゴリーの場合を例に表 7 に示す (ISO 12944-5, p.16, Table C.5)。規格中の Table C.1 から C.6 および Table E.1, Table C.1 には、それぞれ塗装系のナンバーを左カラムに示されている。これによって例えば Table C.2 にある該当する塗装系 08 を ISO 12944-5/C2.08 というように示すことができる。

表 7 (ISO12944-5, Table C.5 に同一) を見てみよう。この表は炭素鋼を対象とする腐食カテゴリー C5 の塗装系を示したものである。塗装系のナンバーを左カラムに示してある。右方向のカラムに向けて、下塗りの欄 (バインダー、プライマーのタイプ、中塗り / 上塗り、塗装系の塗装回数と標準乾燥塗膜膜厚)、そして右側に、耐久性を示す欄が設けられている。この耐久性についてはすでに述べたが、l: 短期, m: 中期, h: 長期, vh: 極めて長期の中で期待する耐久性を選択することになる。

Table D.1 は省略するが溶融亜鉛めっきのための塗装系である。溶融亜鉛めっきを基材としたときの塗装系についての内容になっている。

Table E.1 は省略するが、腐食カテゴリー C4 および C5 の熱溶射金属被覆のためのエポキシ樹脂塗料下塗りとポリウレタン樹脂上塗り塗料からなる塗装系とし、耐久性も high, very high を対象に標準乾燥膜厚それぞれ 160-200 μm , 200-240 μm としていることは興味深い。

ISO 12944-5 では塗装系が使用される腐食環境カテゴリー

表 7 腐食環境カテゴリー C5 に適用する塗装系 (ISO 12944-5, Table C.5)³⁾

System No.	Priming coat				Subsequent coat (s)	Paint System		Durability			
	Binder type	Type of primer	No. of coats	NDFT in μm	Binder type	Total no. of coats	NDFT in μm	l	m	h	vh
C5.01	EP, PUR, ESI	Misc.	1	80 to 160	EP, PUR, AY	2	180	X			
C5.02	EP, PUR, ESI	Misc.	1	80 to 160	EP, PUR, AY	2-3	240	X	X		
C5.03	EP, PUR, ESI	Misc.	1	80 to 240	EP, PUR, AY	2-4	300	X	X	X	
C5.04	EP, PUR, ESI	Misc.	1	80 to 200	EP, PUR, AY	3-4	360	X	X	X	X
C5.05	EP, PUR, ESI	Zn (R)	1	60 to 80	EP, PUR, AY	2	160	X			
C5.06	EP, PUR, ESI	Zn (R)	1	60 to 80	EP, PUR, AY	2-3	200	X	X		
C5.07	EP, PUR, ESI	Zn (R)	1	60 to 80	EP, PUR, AY	3-4	260	X	X	X	
C5.08	EP, PUR, ESI	Zn (R)	1	60 to 80	EP, PUR, AY	3-4	320	X	X	X	X

NOTE 1 For abbreviations see Table A.1

NOTE 2 In addition to polyurethane technology, other coating technologies may be suitable, e. g. polysiloxanes, polyaspartic and fluoropolymer [fuluoroethylene/vinyl ether co-polymer (FEVE)]

1 塗膜 2 炭素鋼（基材）

単位 mm

図1 スクライブ線の断面
(ISO12944-6 の Figure A.1)

と期待耐用年数から塗装系の選択を規定する規格であったが、これらの塗装系を対象にした性能評価のためのラボラトリー性能試験が ISO 12944-6 に規定されている。

5. 5 ISO12944-6：ラボラトリー性能テスト方法 (Laboratory performance test methods)

この規格 Part 6 の適用範囲 (Scope) には鋼構造物の防食を目的とした塗装系の評価のためのラボテスト方法とテスト条件を規定することとある。単層膜ではなくあくまでも塗装系を対象に行う性能テストの結果は相応しい塗装系を選択する目的手段としては受け入れられるが、耐久性を決定するための確かな情報として考慮することはできない。ここでの塗装対象となる表面は無塗装鋼、溶融亜鉛めっき、金属溶射した鋼表面などであるとしている。腐食カテゴリーの C2 から C5、そして浸漬カテゴリー Im1 から Im3 の環境に対応したものである。試験に使用する塗装の許容される最大膜厚は NDFT (標準乾燥膜厚) の 1.25 倍 (膜厚が 60 μm 以上の場合)、1.5 倍 (同 60 μm 以下の場合) としている。塗装後の乾燥は当事者間の合意がない場合は温度 $23 \pm 2^\circ\text{C}$ 、湿度 $50 \pm 5\%$ に 2 週間とする。カット傷およびサイクル劣化テストの手順については Annex A, Annex B に示されているが、我が国で普通行われているものと異なるので参考を示す。屋外の暴露およびラボ試験で優れた性能実績を有する周知の塗装系は Reference system として使用することを推奨するとしている。テストの手順とテスト期間については ISO 12944-6 の Table 1 (大気腐食環境の各カテゴリーを対象に炭素鋼、溶融亜鉛めっき或は熱溶射金属被覆した鋼に対し塗装した塗装系の試験手順)、Table 2 (浸漬腐食環境の各カテゴリーを対象に炭素鋼、溶融亜鉛めっきあるいは熱溶射金属被覆した鋼に対し塗装した塗装系の試験手順) に記載がある。これらの試験を実施するにあたり塗装した試験片のサイズ、厚み、スクライブライン (引っ掻きによる線) のつけ方を示す断面図と試験片の表面での位置を Annex A (Informative) に示してあるが、後述する。さて次に塗装システムの評価について紹介する。6 節に塗装システムの評価について記載がある。室内促進劣化試験を開始する前に初期性能としての性能評価項目にはクロスカット試験 (ISO 2409)、引張付着試験 (ISO 4624) が規定されている。さらに試験をするにあたっての留意すべき事柄の記載がある。

室内劣化試験を終えた後の評価については、要求性能、試験後に評価するまでの時間、条件などの項が表 (ISO 12944-6,

図2 試験片表面のスクライブ線位置
(ISO12944-6 の FigA.2)

図3 サイクル腐食劣化試験
(ISO12944-6 の Annex B (normative))

Table 4) にまとめられている。評価項目はブリストー (ISO 4628-2)、さび (ISO 4628-3)、われ (ISO 4628-4)、フレーク (ISO 4628-5) となっている。更に塩水噴霧試験後のスクライブ部位の腐食状況、サイクル劣化試験後のスクライブ部位の腐食状況、クロスカット付着テスト (ISO 12944)、引張試験 (ISO 4624, A 法, B 法) があり、評価にあたっての条件・注意が記載されている。最後の Annex では Annex A (normative) に塩水噴霧試験 (ISO 9227) とサイクル劣化試験 (ISO 12944-9) のためのスクライブ線の作成方法が図で規定がある。参考に図 1、図 2 に示す。Annex A.2 にスクライブ線の位置が図で示され、室内促進腐食試験後の評価について規定の説明がある。Annex B (formative) には今回の改定で採用されたサイクル劣化試験の記載があるが、その要点を図 3 に示す。このサイクル劣化試験は DNV 規格由来で ISO 20340 に採用され、この規格が今回の改定で ISO 12944-9 (海洋環境を対象とした塗装の試験法) に組み入れられた経緯がある。

6. まとめ

本稿では ISO 機構の最近の動向を鋼構造物の塗装による

防食に関する ISO 12944 シリーズ規格について、重要と思われる要点を紹介した。塗料分野における ISO 活動の経験から、若い読者に国際規格としての ISO の理解を深めていただき、更に活用していただくことを提案したい。我々の周囲にある有用なあるいは優れた技術を規格に採用する努力の重要性を痛感している。技術者はものを開発して工業所有権を考えるが、それに加えてその技術に関する規格を具備できればその先のビジネス展開に大いに助けになるのではないだろうか。製品の開発と特許に加え規格は三位一体のものと考えられるので、企業などの現場において ISO などの国際規格への理解を深めていただき、特に現役の読者の ISO 活動への参画

を期待したい。ISO 活動に参加することで世界が目指そうとしている技術の潮流も感じ取れることが期待できるからである。

(Received July 8, 2020)

参考資料

- 1) ISO/IEC 専門業務用指針(2018).
- 2) 平成30年度ISO国際標準化セミナー資料(2018).
- 3) ISO 12944-1 ~ ISO 12944-9
- 4) 中尾義一; 表面技術, **46**, (6), 529 (1995).
- 5) 田邊弘往; 鋼橋塗装, **26**, (1), 14 (1998).
- 6) 田邊弘往; 防錆管理, **64**, (3), 88 (2020).