

はじめに

国民の社会活動や経済活動に欠かすことができない道路橋や鉄道橋などの橋梁や、水門・樋管・ダムのゲートや取水施設などの河川管理施設、電力の送電施設である鉄塔、石油備蓄タンク及び、各種工業生産設備（プラント類）などの重要な社会資本（社会インフラ）の機能を長期間にわたって維持・向上させることが不可欠である。これら社会インフラは、鋼構造物であることが多く鋼材の腐食対策が欠かせず、そのほとんどが塗装で防食されている。

このため、塗装の防食機能や景観機能などの耐久性を向上させることが重要であるが、これら社会インフラを直接管理している技術者以外の関係者は、塗装について基本的な知識を持っていないことが多い、管理者が必要と考えている個々のインフラの塗装のメンテナンスについて理解されず適切なメンテナンス時期を逃すこともあり、このため腐食による事故も起こっている。

本書は、これら社会インフラを直接に管理している技術者以外の社会インフラの計画・建設・運営に係わる関係者の方々に鋼構造物の塗装について、少しでも理解を深めていただくなきっかけとなるように、Q&A方式で鋼構造物塗装に関する技術情報を鋼構造物塗装小委員会で取りまとめたものである。

鋼構造物塗装について少しでも理解が進むことによって、社会インフラが適切にメンテナンスされるようになることを期待するものである。

2018年3月

鋼構造物塗装小委員会
委員長 守屋 進

鋼構造物塗装小委員会名簿

| | | | |
|-------|-----|-----|-----------------------|
| 【委員長】 | 守屋 | 進 | 元 土木研究所 |
| 【幹事長】 | 斎藤 | 誠 | 中国塗料株式会社 |
| 【幹 事】 | 坂本 | 達朗 | 公益財団法人鉄道総合技術研究所 |
| " | 富山 | 禎仁 | 国立研究開発法人土木研究所 |
| 【委 員】 | 井合 | 雄一 | 株式会社 IHI |
| " | 石田 | 雅己 | 新日鐵住金株式会社 |
| " | 市場 | 幹之 | 東京電力ホールディングス株式会社 |
| " | 今井 | 篤実 | 日鉄住金防蝕株式会社 |
| " | 江成 | 孝文 | 建設塗装工業株式会社 |
| " | 大庭 | 哲也 | 日本ファブテック株式会社 |
| " | 岸 | 慶一郎 | JFEスチール株式会社 |
| " | 笠原 | 大輔 | 旭硝子株式会社 |
| " | 高柳 | 敬志 | 旭硝子株式会社 |
| " | 竹添 | 浩司 | 関西ペイント株式会社 |
| " | 田代 | 稔 | 神東塗料株式会社 |
| " | 中野 | 正 | 一般社団法人日本橋梁・鋼構造物塗装技術協会 |
| " | 中村 | 宏之 | 日本ペイント株式会社 |
| " | 中元 | 雄治 | 一般財団法人橋梁調査会 |
| " | 山内 | 健一郎 | 大日本塗料株式会社 |
| 【旧委員】 | 宇留嶋 | 秀人 | 関西ペイント株式会社 |
| " | 大澤 | 隆英 | 日本ペイント株式会社 |
| " | 笠原 | 潔 | 旭硝子株式会社 |
| " | 福岡 | 麻里 | 株式会社 IHI |
| " | 二股 | 誠 | 神東塗料株式会社 |
| " | 村瀬 | 正次 | JFEスチール株式会社 |

(五十音順)

印は, 鋼構造物の塗装 Q&A WG 委員

印は, 鋼構造物の塗装 Q&A WG 主査

目次

| | |
|---|----|
| 1 腐食・防食に関する Q&A | 1 |
| Q1-01 鉄はなぜ錆びるのですか？ | 1 |
| Q1-02 鋼構造物に生じる代表的な腐食にはどのようなものがありますか？ | 3 |
| Q1-03 鋼構造物に用いられる防食法にはどのような種類がありますか？ | 5 |
| 2 塗料に関する Q&A | 7 |
| Q2-01 塗料はどのようなもので構成されていますか？ | 7 |
| Q2-02 鋼構造物では、どのような塗料が使用されていますか？ | 9 |
| Q2-03 鋼構造物の塗装は、なぜ複数の種類の塗料を塗り重ねるのですか？ | 11 |
| Q2-04 塗料を塗り重ねる場合において、塗料同士の相性の良し悪しはありますか？ | 13 |
| Q2-05 塗装系とはどのようなものですか？ | 15 |
| コーヒーブレイク ① 鉄と鋼の違い | 16 |
| Q2-06 重防食塗装とはどのようなものですか？ | 17 |
| Q2-07 塗料の色はどのように決めているのですか？ | 19 |
| Q2-08 塗料の規格や塗装に関する基準・指針にはどのようなものがありますか？ | 21 |
| Q2-09 弱溶剤形塗料とはどのような塗料ですか？ | 23 |
| Q2-10 水性塗料とはどのような塗料ですか？ | 25 |
| Q2-11 無溶剤形塗料とはどのような塗料ですか？ | 27 |
| Q2-12 低溶剤形塗料とはどのような塗料ですか？ | 29 |
| Q2-13 ジンクリッヂペイントは防食上どのような役割を担うのですか？ | 31 |
| Q2-14 上塗塗料の種類によって耐候性に差がありますか？ | 33 |
| Q2-15 1工事あたりの塗装コストを削減するためにはどのような手法がありますか？ | 35 |
| 3 素地調整に関する Q&A | 37 |
| Q3-01 素地調整の良し悪しは塗膜の耐久性にどのくらい影響しますか？ | 37 |
| Q3-02 素地調整の管理項目にはどのようなものがありますか？ | 39 |
| Q3-03 塗替え時に旧塗膜を剥がす必要はありますか？ | 41 |
| Q3-04 旧塗膜を剥がす方法にはどのようなものがありますか？ | 43 |
| Q3-05 鋼構造物の素地調整に使用されるプラスチックにはどのような種類がありますか？ | 45 |
| Q3-06 ターニングした場合にはどのように対応すればよいですか？ | 47 |
| コーヒーブレイク ② めっき、溶射及び耐候性鋼材による防食 | 48 |
| Q3-07 手工具、動力工具処理にはどのような種類がありますか？ | 49 |
| Q3-08 塗膜剥離剤を適用する場合にはどのような点に注意すればよいですか？ | 51 |
| コーヒーブレイク ③ 塩素系塗膜剥離剤と水性の塗膜剥離剤 | 52 |
| Q3-09 素地調整しにくい箇所はどのように対応すればよいですか？ | 53 |
| Q3-10 素地調整時の廃棄物について、どのような点に留意すればよいですか？ | 55 |
| 4 塗装方法に関する Q&A | 57 |
| Q4-01 塗り替え塗装の前にどのような準備をすればよいですか？ | 57 |
| Q4-02 被塗面に塩分が付着していると塗り重ねた塗膜にどのような影響がありますか？ | 59 |
| コーヒーブレイク ④ 悪素地面用の塗料 | 60 |
| Q4-03 塗装前の塗料の取り扱いに関する留意点には、どのようなものがありますか？ | 61 |
| Q4-04 鋼構造物の塗装方法にはどのような種類がありますか？ | 63 |
| Q4-05 エアレススプレー塗装にはどのような特徴がありますか？ | 65 |

| | | |
|------------|--|-----|
| Q4-06 | 工場塗装と現場塗装にはどのような違いがありますか？ | 67 |
| Q4-07 | 塗装直後に損傷が生じた場合には、どのようにすればよいですか？ | 69 |
| Q4-08 | 塗装時の膜厚管理はどのように行われますか？ | 71 |
| Q4-09 | 開缶時の塗料の不具合にはどのようなものがありますか？ | 73 |
| Q4-10 | 塗装直後の白化とは、どのような現象ですか？ またどのように対処したらよいですか？ | 75 |
| コーヒーブレイク ⑤ | 塗膜の白化と白亜化の違い | 76 |
| Q4-11 | 上塗り塗装時や塗装後に色分かれが生じた場合には、どのように対処すればよいですか？ | 77 |
| コーヒーブレイク ⑥ | 無機ジンクリッチペイントの発泡とミストコート | 78 |
| Q4-12 | 塗膜が膨れた場合には、どのように対処すればよいですか？ | 79 |
| コーヒーブレイク ⑦ | 耐候性の高い塗料を用いた塗装系の防食性 | 80 |
| Q4-13 | 塗膜が剥がれた場合には、どのように対応すればよいですか？ | 81 |
| Q4-14 | 塗料がたれた場合には、どのように対処すればよいですか？ | 83 |
| コーヒーブレイク ⑧ | 防汚塗料について | 84 |
| Q4-15 | 塩化ゴム系塗膜の上に塗り重ねる場合、どのような点に留意すればよいですか？ | 85 |
| コーヒーブレイク ⑨ | 塩化ゴム系塗料への強溶剤形塗料の影響と対策 | 86 |
| 5 | 塗膜点検に関する Q&A | 87 |
| Q5-01 | なぜ、塗膜の点検を行わなければならないのですか？ | 87 |
| Q5-02 | 塗膜には、どの程度の耐久性が期待できるのですか？ | 89 |
| Q5-03 | 塗膜はどのように劣化するのですか？ | 91 |
| Q5-04 | 塗膜調査にはどのような種類がありますか？ | 93 |
| 6 | 各種構造物に関する Q&A | 95 |
| Q6-01 | 鋼道路橋、鋼鉄道橋の塗膜の維持管理はどのようなものに基づいていますか？ | 95 |
| コーヒーブレイク ⑩ | 素地調整に関する用語の違い | 96 |
| Q6-02 | 鋼道路橋、鋼鉄道橋で用いられる塗装系にはどのような種類がありますか？ | 97 |
| Q6-03 | 海洋鋼構造物で用いられる塗装系にはどのような種類がありますか？ | 99 |
| Q6-04 | 海生生物が付着しないようにする防汚塗料には、どのようなものがありますか？ | 101 |
| Q6-05 | 送電鉄塔の塗装系にはどのようなものがありますか。 | 103 |
| Q6-06 | 送電鉄塔の塗装や防錆に関する保全はどのように行うのですか？ | 105 |
| Q6-07 | プラントに用いられる塗装系にはどのような種類がありますか？ | 107 |
| Q6-08 | 塗膜の耐熱温度はどの程度ですか？ | 109 |
| Q6-09 | 建設に数年を有する場合、その間の防食についてどのような対策が必要ですか？ | 111 |
| コーヒーブレイク ⑪ | 耐熱塗料と耐火塗料の違い | 112 |
| Q6-10 | 断熱材で覆われるものに塗装は不要ですか？ | 113 |
| Q6-11 | タンク内面の塗装にはどのような種類がありますか？ | 115 |
| Q6-12 | コンクリート製タンクの外側塗装にはどのような塗料が適していますか？ | 117 |
| コーヒーブレイク ⑫ | タンク底部の防食 | 118 |
| Q6-13 | 地際部の防食対策にはどのようなものがありますか？ | 119 |
| Q6-14 | プラント配管の塗装にシルバーが多く用いられるのはなぜですか？ | 121 |
| コーヒーブレイク ⑬ | 塗料の色相の変遷 | 122 |
| Q6-15 | めっき、溶射及び耐候性鋼を補修する場合、どのように対処するのがよいですか？ | 123 |
| 索引 | 125 | |

Q1-01

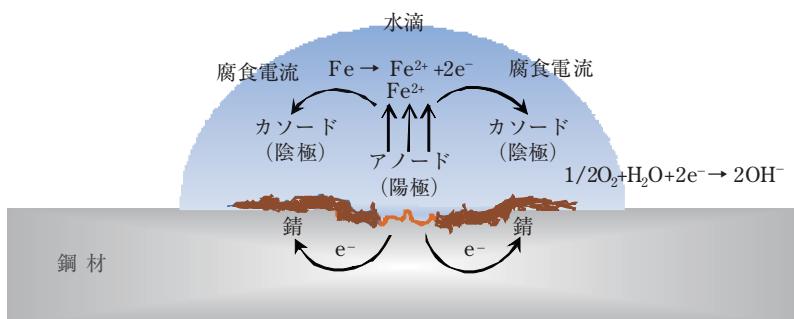
Q 鉄はなぜ錆びるのですか？

A 鉄は水と酸素によって錆びます。これは金属鉄表面の不安定な鉄原子が環境中の酸素や水分などとの酸化還元反応に基づいて腐食し錆になります。

鉄は、地球上で酸化物などの安定な状態の鉄鉱石として存在しているものを、溶鉱炉で莫大なエネルギーを費やして還元したものです。鉄が錆びるということは、腐食によって鉄が元の安定な鉄鉱石の状態に戻る現象です。

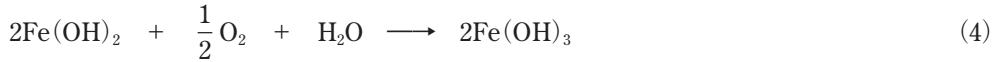
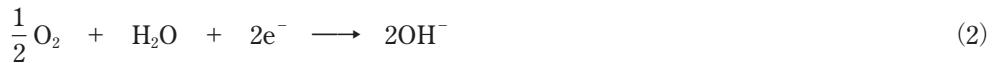
鉄の腐食には湿食と乾食があります。湿食は常温状態において水と酸素の存在下で生じる一般的な腐食で鉄がイオン化して水の中へ溶解する電気化学反応です。乾食は高温状態で環境中の酸素と反応して生じる特別な腐食で、そのほとんどが酸化反応です。

湿食による鉄の錆発生の模式図を図1に示します。また、中性水溶液中での一般的な錆発生の酸化還元反応を①～④式に示します。微視的には鉄表面は不均一で不安定であるため、水や酸素が存在すると、アノード部とカソード部が形成されます。アノード部では①式に示すように鉄原子がイオン化 (Fe^{2+}) し、水の中に溶け出します。(この反応をアノード反応といいます。) この反応によって生じた電子 (e^-) は②式に示すように水中の溶存酸素と結びつき、水酸基イオン (OH^-) に変化します。(この反応をカソード反応といいます。) なお、この水酸基イオンは③式で示されるように鉄イオンと反応して、水酸化第一鉄 ($Fe(OH)_2$) の白濁物となり、④式で示されるように、さらに酸化され、水酸化第二鉄 ($Fe(OH)_3$) の赤褐色の沈殿となります。

図1 鉄表面での錆発生の模式図¹⁾

この沈殿はコロイド状粒子の集合体で、いわゆる赤錆と呼ばれるものですが、鉄表面には密着せず鉄を保護する力がないので、酸素と水とが存在するかぎり錆の生成は進行します。

2 ① 腐食・防食に関する Q&A



このように、水と酸素の存在は鉄が錆びる腐食反応に不可欠な条件であるとともに、水と酸素の量や温度などによって、表1に示すようなさまざまな組成の錆となります。したがって、錆を防止する基本は、水あるいは酸素の供給を断つことです。

表1 錆の種類¹⁾

| 化 合 物 | 名 称 | 形 状 |
|----------------------------------|-------------------------------|-----------|
| $\alpha - \text{FeOOH}$ | ゲーサイト / geothite | 針 状 |
| $\beta - \text{FeOOH}$ | アカガネイト / akaganeite | 針 状 |
| $\gamma - \text{FeOOH}$ | レピドクロサイト / lepidocrocite | 針 状 |
| $\delta - \text{FeOOH}$ | — | 六角板状 |
| $\text{Fe}(\text{OH})_2$ | 水酸化第一鉄 / iron(II) hydroxide | 六角板状 |
| FeO | ウスタイト / wustite | (結晶；立方晶) |
| Fe_3O_4 | マグネタイト (黒錆) / magnetite | 八面体状、六面体状 |
| $\alpha - \text{Fe}_2\text{O}_3$ | ヘマタイト (赤錆) / hematite | 六角板状、八面体状 |
| $\gamma - \text{Fe}_2\text{O}_3$ | マーゲマイト / maghemite | 八面体状 |
| 緑錆 I、II | グリーンラスト / green rust | 六角板状 |
| 無定形錆 | — | 非晶質 |

[参考文献]

- 1) 社団法人日本鋼構造協会：重防食塗装, pp.1-2, 2012

Q4-07

Q

塗装直後に損傷が生じた場合には、どのようにすればよいですか？

A

塗装後の塗膜の損傷には、部材を移動・輸送・架設時の損傷と塗装直後の降雨など塗膜品質に支障をきたす損傷があります。いずれの場合においてもそれぞれ適切な素地調整の後に、補修塗装を行います。

塗装後の塗膜の損傷は、部材を移動・輸送・架設時の損傷と塗装直後の降雨など塗膜品質に支障をきたす損傷があります。塗膜の損傷程度と補修方法例を表1に示します。

補修塗装した部分と既存塗膜との間には段差が生じやすいので、補修部分の周辺を研磨紙などにより段差がつかないように処理する必要があります。局部的な損傷の補修塗装は刷毛塗りで、補修対象面積が広い場合にはローラー塗りで行います。また、損傷原因が塗装系としての塗膜品質に支障をきたす場合には、再度プラストにより素地調整からやり直すことが推奨されます。

表1 塗膜の損傷程度と補修方法例¹⁾

| 塗膜の損傷程度 | 素地調整 | 塗装系 |
|--|-----------|---------------------------------------|
| 移動・輸送・架設時の損傷 | 素地露出の場合 | 手、動力工具により十分に錆を除去する。 原塗装仕様に準ずる。 |
| | 素地に達しない場合 | 手、動力工具により面粗し、清掃をする。 状況に応じて仕様を選択する。 |
| 塗膜品質に支障をきたす損傷 (塗装直後の降雨による損傷等) ^{注)} | プラス | 原塗装仕様に準ずる。 |

注) 塗膜表面の白化は極表層のみの変状のため塗膜品質に支障をきたす損傷ではない

部材の輸送・架設時の局部的な塗膜の損傷は避けられません。輸送・架設中に発生した塗膜損傷部は、点検漏れが生じないよう十分な調査を行い、マーキングテープなどで識別しておく必要があります。また、塗膜損傷部の塵埃、汚れなどは、補修塗膜との付着に支障をきたすためウエス等で拭い取ります。

輸送・架設時の塗膜損傷は、引っかき傷、擦り傷、圧着傷、打ち傷に分類されますが、その補修方法は傷の深さによって対応が異なります。下記塗装系の場合の傷の深さによる補修方法施工例を図1に示します。

コーヒーブレイク⑬ 「塗料の色相の変遷」

1950 年代頃～

「色彩調節（色彩設計）」が主に米国の文献から紹介され始め、まだ人々の色彩に対する関心は低かった頃です。橋梁色彩についても同様に、旧国鉄の「鉄ゲタの色見本帳」に掲載されているダークグレー・錆色・ダークグリーンなどの濁った色が主流でした。これらの色は、鉄道車輪とレールの摩擦から発生する鉄粉汚れを目立たせない役割もありました。

1960 年代頃～

1962 年開通の「若戸大橋」は、日本における長大橋の始まりであり、当時は日本一の吊り橋でした。この若戸大橋に鮮やかな赤が採用されたことで、原色が流行となりました。従来の濁った色から、明るく鮮やかな色が山や街に彩りを添え、橋梁色彩が脚光を浴びました。赤は神社の鳥居をイメージさせ、橋梁に神聖さと威厳を与えました。そして、赤は日本の高度成長時代のシンボルカラーとなりました。

1970 年代頃～

赤の橋梁が環境・機能に配慮することなく大量に出現したため、目障りになってきました。また、この頃公害や環境破壊が社会問題となり、自然を大切にする機運が高まり、鮮やかすぎる色彩は人工的でふさわしくなく、次第にソフトな中彩色～クリーンな淡彩色に移行していきました。中でも 1976 年開通の「大島大橋」は、当時自然環境に配慮した橋梁色彩の代表作として注目されました。

1980 年代頃～

1978 年に開通した本州四国連絡橋の供用第 1 号である「大三島橋」（尾道－今治ルート）に、N 7.5 のライトグレーが採用され、以後、本四橋の塗色の基準となりました。

この色は陽が当たると、周囲の海や島との明度対比効果から白く明るく見え、シンプルで現代的な印象となりました。さらに、白は、当時橋梁では流行の形状であった優雅な吊り橋や斜張橋とよくマッチし、その後人気の色として現在まで定着しています。1998 年開通の吊り橋「白鳥大橋」（北海道室蘭市）は、その名の通り白鳥が翼を大きく広げたような優美な美しい橋として、観光名所になっています。

2000 年代頃～現在

1998 年開通の「明石海峡大橋」（神戸－鳴門ルート）では、世界最長の吊り橋をアピールするため、本四橋では唯一ライトグリーンが採用され、一見無味な白から橋としての個性を打ち出しました。2004 年には景観法が施行され、良好な景観形成の高まりから、穏やかで優しい配色が主流となりました。橋梁が色彩ガイドラインの対象となり、それぞれの地域にあった郷土性が求められています。

[参考文献]

- 1) 一般社団法人日本塗料工業会：彩、pp.6-7, No.32, 2014

【あ, い】

安全データシート 62

一般腐食環境 17

色分かれ 77

【う, え】

上塗塗装 12, 19, 33

エアレススプレー 65, 68

エポキシ樹脂塗料 9, 17

塩化ゴム系塗料 10, 85

【か】

海洋鋼構造物 99

可使時間 62

活膜 40

乾食 1

顔料 7, 73

【き】

希釈 62

犠牲防食作用 11, 31

旧塗膜 40, 41, 43, 81

金属溶射 6, 12, 48, 123

【け, こ】

研削材 46

現場塗装 67

工場塗装 67

光沢保持率 33

【し】

下塗塗装 12, 19

湿食 1, 3

湿度 40

弱溶剤形塗料 23, 86

重防食塗装 17

重防食塗装系 12, 41, 91, 97

手工具 43, 49

樹脂 7

除錆度 37, 39

ジンクリッヂペイント 9, 11, 17, 31, 78, 81, 89, 111

【す, セ, そ】

水性塗料 25

スプレー 63

施工計画書 57

送電鉄塔 103, 105

素地調整 37, 39, 45, 53, 96

【た】

ターニング 47

タールエポキシ樹脂塗料 10

耐候性 7, 9, 12, 17, 33, 80, 89, 92, 104, 124

耐候性鋼材 48

耐熱性 109

耐熱塗料 110, 121

たれ 83

タンク 115, 117

【ち, て】

地際部の防食 119

超厚膜形エポキシ樹脂塗料 9

低溶剤形塗料 29

添加剤 8

電磁誘導加熱 44

電導度法 59

【と】

動力工具 43, 49

塗装系 6, 11, 15, 97, 99, 103, 107

塗装コスト 35

塗装仕様 15

塗装に関する基準・指針 21

塗膜点検 87, 93

塗膜剥離剤 44, 51

塗料同士の相性 13

塗料の色 19

塗料の規格 21

【な】

中塗塗装 12, 19

鉛・クロムフリーさび止めペイント 10

鉛系さび止めペイント 10

【は, ひ】

剥がれ 81

白亜化 33, 76

白化 75, 76

刷毛 63, 68

PCB (ポリ塩化ビフェニル) 41, 43, 55

表面あらさ 39

【ふ】

VOC (揮発性有機化合物) 10, 24, 25, 27, 29, 104

膨れ 79

腐食環境 17

フタル酸樹脂塗料 89

付着塩分量 40, 59, 112

ふっ素樹脂塗料 9, 12, 17, 89, 92

プラスト 43, 45, 54

プラスト面形成動力工具 50

プラント 107, 121

プレッスル法 60

【へ, ほ】

変性エポキシ樹脂塗料 9

防汚塗料 84, 101

防食下地 11

防食性 7, 12, 17, 89, 91, 104

防錆度 37, 39

ポリウレタン樹脂塗料 9, 12, 17

【ま, む】

膜厚管理 71

無溶剤形塗料 27

【ゆ, よ】

有機溶剤 24

溶剤 8

溶融亜鉛めっき 6, 12, 48, 123

【ら, ろ】

ライフサイクルコスト 18

ローラー 63, 68

鋼構造物の塗装 Q&A

定価はカバーに表示しております。

2018年3月31日 1版1刷 発行

ISBN978-4-7655-1853-6 C3051

編 者 一般社団法人日本鋼構造協会

発行者 長 滋 彦

発行所 技報堂出版株式会社

〒101-0051

東京都千代田区神田神保町1-2-5

電 話 営業 (03) 5217 0885

編集 (03) 5217 0881

F A X (03) 5217 0886

振替 口座 00140-4-10

<http://gihodobooks.jp/>

Printed in Japan

© Japan Society of Steel Construction, 2018

装幀・ジンキッズ 印刷・製本 三美印刷

落丁・乱丁はお取替えいたします。



＜出版者著作権管理機構 委託出版物＞

本書の無断複写は著作権法上での例外を除き禁じられています。複写される場合は、そのつど事前に、出版者著作権管理機構 (電話 03-3513-6969, FAX 03-3513-6979, e-mail: info@jcopy.or.jp) の許諾を得てください。