

(48) 鋼板遮水システム最終処分場における鋼板の腐食因子と防食法に関する研究

Corrosion Factor and Prevention of the Steel Plate in the Landfill Sites Using the Steel Plate Liner

小林直樹*, 小松俊哉**, 姫野修司**, 藤田昌一**, 鎌田佳奈恵***

Naoki KOBAYASHI*, Toshiya KOMATSU**, Shuji HIMENO**, Shoichi FUJITA**, Kanae KAMADA***

ABSTRACT; In the new type landfill site system using the steel plate liner, cathodic protection, heavy duty coating and corrosion margin will be used as corrosion prevention methods of steel plates. Corrosion margin should be adopted as a backup prevention method and it is necessary to measure the corrosion rate of steel plate in waste to determine the corrosion margin. In this study, the corrosion rate of an unpainted steel plate was measured and the performance of cathodic protection and various types of heavy duty coating was checked by landfill site exposure examinations. The results showed that both cathodic protection and heavy duty coating were effective for preventing corrosion in waste. The laboratory corrosion examinations for investigating the influence of pH, chloride ion, and dissolved oxygen (DO) were also conducted, because these factors seemed to play important roles in corrosion. It was suggested that DO in water which touches to steel plate has the most significant influence on corrosion.

KEYWORDS; steel plate liner, corrosion prevention, cathodic protection, corrosion margin, dissolved oxygen

1. はじめに

現在、確実な遮水が行える廃棄物埋立最終処分場が早急に求められている中、遮水材に鋼板を用いたシステムが開発されている。鋼板は水を全く通さない材料であるので信頼性は高いが腐食が起こりうる。そのため鋼板を遮水工として用いる場合、土中パイプラインや船体外板などで用いられている工法と同様の ①電気防食、②塗装の併用を行うと共にバックアップとして ③腐食しろによる防食が必要と考えられる。腐食しろとは予め鋼板の腐食量を想定してその分の板厚を増しておく厚さのことで、全面平均腐食速度を参考に決定されるため廃棄物中の腐食速度を正確に知る必要がある。しかし、廃棄物中での腐食速度および防食効果についてはほとんど測定されていないのが現状である。

著者らは既報¹⁾において廃棄物中での塗装による防食の有効性を調べることと、鋼板の腐食しろの設定に必要な廃棄物中での全面平均腐食速度を測定するための野外曝露試験を行い、塗装による防食が有効であること、埋設初期の腐食速度は焼却灰中において高く 0.12 mm/year (最大 12 ヶ月間の腐食量経年データを直線近似) であったことを明らかにし、主な腐食因子を溶存酸素濃度 (DO) や塩化物イオンと推定した。

しかし腐食しろの設定に必要な廃棄物中での全面平均腐食速度に関しては短期間の腐食試験で実際の腐食寿命を予知することは難しい²⁾ため、できるだけ長期間の曝露試験における評価が必要である。さらにより信頼性の高い設計を行うために各種の腐食因子の影響を明らかにする必要がある。また、塗装による防食を行っても物理的要因による損傷部からの腐食が起こる可能性はあるため実施においてより確実な防食効果を得るため電気防食との併用を行うことが望ましく、その防食効果を確認する必要があると思われる。

本研究では既報¹⁾で行った野外曝露試験を引き続き継続して行い、より信頼性のある腐食速度を求めると

* 長岡技術科学大学大学院 環境システム工学専攻 (Graduate Student of Civil and Environ. Eng., Nagaoka Univ. of Tech.), (現 北海道庁)

** 長岡技術科学大学 環境・建設系 (Dept. Civil and Environ. Eng., Nagaoka Univ. of Tech.)

*** (株) 横河ブリッジ (Yokogawa Bridge Corporation)

ともに、電気防食による効果の確認と室内試験により焼却灰中における腐食因子の検討を行った。

2. 野外曝露試験（腐食速度、塗装効果）

2.1 試験方法

本試験では工業用水腐食性試験方法（JIS K 0100）を一部改変した方法を用い、3 実験場に試験片の埋設を行った。試験片は埋設期間ごとの試験片保持装置に 7 種類を 3 枚ずつ取り付け埋設する方法で行った。試験片の材質は遮水鋼板に用いるものと同じ一般構造用の圧延鋼材である SS400 であり、形状は 150×70×9 mm の平板と、中央に隅肉溶接を行った溶接板の 2 種類の試験片を埋設した。試験片はブラスト処理により鋼板表面のさびや汚れを除去した後、表 1 に示す表面処理を施し試験を行った。塗装片の片面には素地まで達する対角線の傷（クロスカット）を入れ、この部分からの腐食の状況を確認することとした。

表 1 野外曝露試験における試験片の表面処理

	塗装タイプ	名称	塗装方法	工程	塗装系	膜厚 (μm)
未塗装片	無防食試験片 (ブラスト処理のみ)	平板B 溶接板B	なし			
	ジンクリッチプライマー	平板Z	スプレー塗り	第1層	無機ジンクリッチプライマー	15
塗装片	タールエポキシ樹脂 200 μm	平板E2 溶接板E2	スプレー塗り	第1層 第2層 第3層	無機ジンクリッチプライマー タールエポキシ樹脂塗料 タールエポキシ樹脂塗料	15 100 100
	タールエポキシ樹脂 300 μm	平板E3	スプレー塗り	第1層 第2層 第3層 第4層	無機ジンクリッチプライマー タールエポキシ樹脂塗料 タールエポキシ樹脂塗料 タールエポキシ樹脂塗料	15 100 100 100
	ガラスフレーク入り エポキシ樹脂 350 μm	平板G	スプレー塗り	第1層 第2層	有機ジンクリッチプライマー ガラスフレーク入りエポキシ樹脂塗料	15 350

2.2 試験条件

産業廃棄物埋立場の A 実験場、および一般廃棄物焼却灰の埋立場の B、C 実験場において塗装片、未塗装片を深さ約 1 m の場所に埋設し最長 37 カ月間の野外曝露試験を行った。また、A 実験場には浸出水調整槽についても試験片を浸漬し、C 実験場は鉛直と水平の 2 方向に埋設した。各実験場の概要は表 2 に示す通りである。

表 2 野外曝露試験における各実験場の概要

	A 実験場(産業廃棄物)		B 実験場	C 実験場
	第1, 2, 3 地点	調整槽		
埋立 内容物	燃え殻 (30%) 鉱さい (30%) 汚泥 (30%) 煤塵 (5%未満)	浸出水	焼却灰	焼却灰
降雨条件	自然降雨	—	定期散水 2 条件	自然降雨 1600 mm/年
評価年数	6,12,24,37 カ月		4,8,32 カ月後	3,6,12,24 カ月後

2.3 評価方法

2.3.1 外観観察

本研究では、塗装片および未塗装片について試験前と試験後の外観観察写真を比較し、さび、ふくれ、傷の発生を確認した。

2.3.2 塗装片の評価

塗装片は塗膜の劣化を調査するため付着力測定、インピーダンス測定、膜厚測定を行った。

・付着力（アドヒージョン）測定

端子（ドーリー）を塗膜面に接着剤で接着し、垂直引張力のみによる引張試験によって塗膜を剥離させることにより塗膜の付着力を求めた。

・インピーダンス測定

ポータブル形インピーダンスブリッジを用いた測定器により、各周波数（0.2, 0.5, 1.0 kHz）における交流抵抗値と電気容量値を測定し、周波数に対する抵抗値や電気容量値の変化もしくは抵抗値の経時変化から塗膜の劣化度を評価した。

・膜厚測定

本実験では付着力測定、インピーダンス測定による塗膜評価結果の検証のため、膜厚計（サンコウ電子研究所製 SDM-mini）を用いて膜厚測定を行った。

2.3.3 未塗装片の評価

未塗装片の評価は試験片を取り出し、外観観察を行った後腐食量（侵食度）による評価を行った。本研究では重量減測定法により全面一様な腐食が起こると仮定したときの鋼材の減少厚を求めて腐食量とした。

前処理として酸洗浄による腐食生成物の除去を行った。酸洗浄は 15% 塩酸溶液（腐食抑制剤を 0.5% 添加）に試験片を浸漬しナイロンブラシで 10 分間ブラッシングした後、蒸留水で洗浄しアセトンで脱脂した。その後電子天秤により試験片重量を 0.1 g まで測定し埋設前に予め計測しておいた試験片重量（約 720 g）から差し引き重量減少を算出した。同時に空試験を行い除去操作による試験片減量を補正した。腐食量（mm）は次式により算出し、全面平均腐食速度（mm/year）は腐食量の経年データから原点を通る直線に近似したときの傾きとした。以後、全面平均腐食速度は単に腐食速度と記述する。

$$\text{腐食量 } W \text{ (mm)} = \frac{(M_0 - M_1) \times 10}{S \times d}$$

M_0 : 試験片の試験前の質量 (g)

S : 試験片の表面積 (cm^2)

M_1 : 試験片の試験後の質量 (g)

d : 試験片の密度 (g/cm^3)

2.3.4 曝露環境の評価方法

本研究では試験片の曝露環境を調査するため、試験片引き上げ時に埋設を行った各地点から埋立内容物を採取した。採取した試料は環境庁告示 13 号法の埋立処分に関わる試験法に基づいた溶出試験を行い、溶出液中の pH、塩化物イオン濃度、金属類等を測定した。また、調整槽より採取した浸出水は $0.45 \mu\text{m}$ のメンブレンフィルター（ADVANTEC 製）でろ過後、同様の測定を行った。得られた検液は表 3 に示す各項目について測定した。なお、pH は pH メーター（HORIBA 製カスターニー ACT）、塩化物イオンは硝酸銀滴定法（クロム酸カリウム指示薬）、硫酸イオンは分光光度計（HACH 社製 DR/2010, Sulfate 試薬）、金属類および陽イオンは ICP 発光分光分析装置（セイコー電子工業（株）製 SPS4000）によって行った。

2.4 結果と考察

最大 37 ヶ月間の野外曝露試験を行った平板 B、Z 片の腐食量の経時変化を図 1 に示す。この結果を見ると全ての地点で時間が経過するにつれて傾きが緩やかになってきている。それらの中で腐食量は廃棄物中でも特に焼却灰中である B、C 実験場において埋設方向、降雨条件（定期散水：500, 2000 mm/year, 自然降雨条件：約 1600 mm/year）に関わらず大きくなった。そこで焼却灰中の結果を合わせて腐食速度を求めたところ、約 0.10 mm/year となった。浸出水中に浸漬した調整槽では、腐食速度は 0.01 mm/year となり低い値を示した。また、平板 Z 片は平板 B 片と比較すると腐食速度は全地点で明らかに低い。したがって、ジンクリ

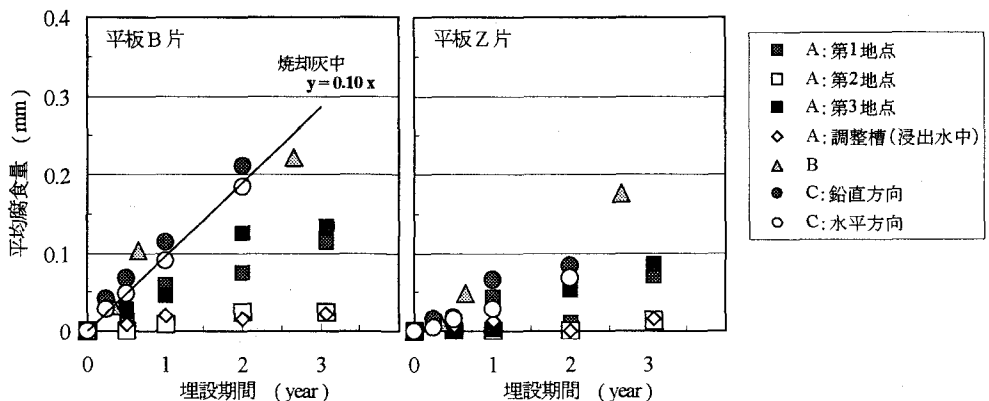


図1 野外曝露試験における焼却灰中の腐食量の経時変化（調整槽は1枚，他は3枚の平均値）

ツチプライマー塗装中に含まれる亜鉛の防食効果が確認された。なお、溶接部に関しては外観観察の結果、一般部と同様の腐食形態であったことから溶接部のみで著しい腐食が起こる可能性はないものと判断できる。

廃棄物中での腐食因子の検討のため試験片引き上げ時にA,C地点から埋立内容物を採取し溶出試験を行った(表3)。溶出試験の結果を既報¹⁾の結果と比較すると、A実験場は全ての項目でほぼ同じであるのに対し、C実験場では塩化物イオン濃度が減少していた(埋設時の濃度は約1500 mg/l)。

鋼板の腐食に大きく影響を与える項

目として一般的に知られているのはpHと溶存酸素、塩化物イオンであり³⁾、廃棄物水分中においてもそれらが影響していることが推測された。また、焼却灰中で腐食速度が大きくなった原因としては、塩化物イオンなどの可溶性塩類を多量に含有していることに加え、焼却灰中の水分の溶存酸素濃度(DO)が高くなっていることが予想された。これは地表付近の埋設で空隙が多く通気性も比較的良好なこと、無機物が主体であるため酸素の消費が少ないことが考えられる。一般土壌中においても通気性の良い土壌は酸素拡散が容易に起こり、通気差電池が形成され腐食速度が高くなる⁴⁾⁵⁾。このことから焼却灰中の腐食は埋設初期に塩化物イオンの洗い出しが行われることを考慮すると通気性の良い土壌中の腐食とそれ程変わらないのではないかと考えられた。また、浸出水調整槽において高い塩化物イオン濃度であるにもかかわらず低い腐食速度となった原因としては、①有機物が多く微生物活動が活発であることなどから浸出水中の溶存酸素濃度が低いこと、②鋼板表面が白くなっており、この白い付着物が鋼板と浸出水との接触を妨げることで腐食を抑制していることの2点が考えられた。

また、塗装による防食性能については付着力測定、インピーダンス測定、膜厚測定の塗膜評価試験を行った結果、既報¹⁾による結果と同様に全地点で物理的損傷を受けた部分以外は試験期間(最大37ヵ月)を通して塗膜の劣化は全く認められず健全であった。

3. 野外曝露試験(電気防食効果)

3.1 試験方法

電気防食とは被防食体(鋼材)に電流を流し腐食を防止する方法⁶⁾で、電気伝導性が高い環境でなければ効果が低いなど適用条件があるものの、局部腐食に対しても有効な防食法である。本研究では実施で行うカソード防食法の流電陽極法(マグネシウム合金陽極)を用いた。図2のように鋼板(プラスト処理のみ未塗装片)とマグネシウム合金陽極を電氣的に接続することで、マグネシウムが溶け出すときにイオン化傾向の違いにより電子が陽極からケーブルを通して鋼板に供給され鋼板の防食が行われる。

3.2 試験条件

電気防食試験については腐食量調査で最も腐食の大きかった焼却灰中で行うこととし、B実験場(年間降

表3 各実験場の溶出試験結果(環告13号法, 調整槽はろ過後測定)

	A実験場 37ヵ月後				C実験場	埋立基準
	第1地点	第2地点	第3地点	調整槽	24ヵ月後	
Cl ⁻ (mg/l)	<5	<5	<5	862	<5	—
pH (-)	9.44	11.03	10.04	9.38	10.42	—
Hg (mg/l)	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10	0.005
Cd (mg/l)	0.005	0.005	0.004	<0.004	0.006	0.3
Pb (mg/l)	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	0.3
Cr (mg/l)	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	0.017	1.5※
Se (mg/l)	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15	0.3
As (mg/l)	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15	1.5
Zn (mg/l)	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	0.007	—
Cu (mg/l)	0.016	0.027	0.033	<0.0025	0.073	—
K (mg/l)	8	5	3	87	9	—
Na (mg/l)	8.4	6.7	3.0	512	21.3	—
Ca (mg/l)	40.1	63.8	33.4	52.7	219	—
Fe (mg/l)	<0.005	<0.005	0.007	0.059	<0.005	—

※6価クロムとして

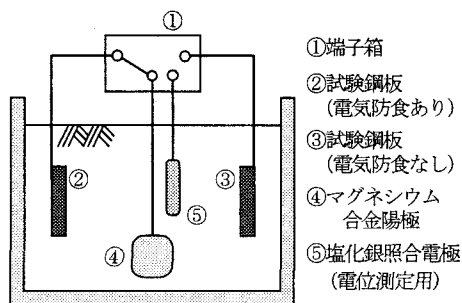


図2 電気防食試験の模式図(焼却灰中)

雨量 1000 mm/year の定期散水槽) にて実施した。試験片はブラスト処理のみを行った平板 B 片を用いた。埋設期間は 4 ヶ月と 8 ヶ月の 2 回で、1 回の測定で電気防食あり、電気防食なしの試験片をそれぞれ 4 枚ずつ取り出し外観観察と腐食量測定を行った。

3.3 評価方法

用いた試験片は平板 B 片のみであるので、野外曝露試験と同様に 2.3 に示した外観観察と腐食量測定を行った。

3.4 結果と考察

電気防食試験を行った結果を図 3, 4 に示す。図 3 は試験開始後 8 ヶ月経過後の外観観察写真、図 4 は埋設期間 4, 8 ヶ月の腐食量測定結果である。結果を見ると電気防食なしの腐食速度を見ると野外曝露試験で得られた焼却灰中を合わせた腐食速度 0.10 mm/year (図 1) とほぼ等しい値を示した。また、電気防食を行うことで明らかな防食効果が確認され、腐食速度は 0.01 mm/year となり電気防食を行わない場合の 1/10 となった。

実施において塗装の損傷部から露出した鋼板部分が電気防食によって防食されることを考慮すると本実験で行った未塗装鋼板は過酷な条件を想定していることになり、その条件での十分な防食効果が確認できたことになる。

このことから塗装と電気防食は廃棄物中においてもそれぞれ問題なく、従来どおり併用することによってさらに効率的に長期間の防食効果を発揮することが確認された。

4. 室内浸漬試験 (腐食因子の検討)

4.1 実験方法

野外曝露試験で推測された DO、塩化物イオン濃度、pH と焼却灰による影響の検討のため、実処分場の浸出水の調査結果をもとに処分場内で起こりうる条件を設定した試験水を用い図 5 に示す 2 種類の試験装置を用いた未塗装鋼板 (70×50×9 mm) による 12 ヶ月間連続の腐食試験を行った。

4.2 実験条件

実験条件には大きく分けて低 DO 系 (DO 0~2 mg/l) と高 DO 系 (DO 4~5 mg/l) がありそれぞれについて焼却灰、塩化物イオン (Cl^-) 濃度、pH の影響を調べる 12 ヶ月間の連続試験を行った。各影響因子の設定の際に基準としたのが焼却灰影響試験の pH、および pH 影響試験の Cl^- 濃度

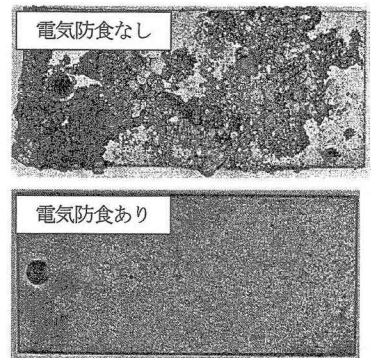


図 3 電気防食試験における外観写真 (平板 B 片, 150×70×9 mm)

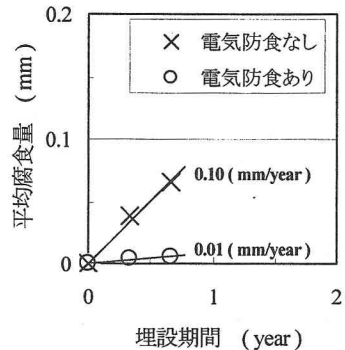


図 4 電気防食試験における平均腐食量結果 (各プロットは 4 枚の平均値)

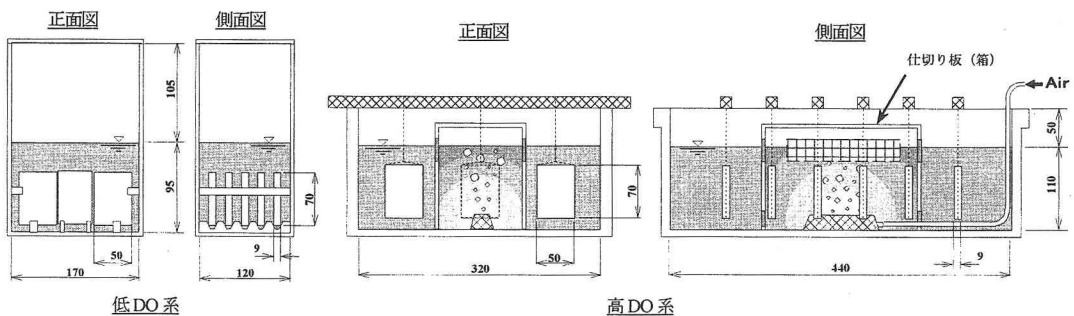


図 5 室内浸漬試験装置の概要 (単位: mm)

をそれぞれ焼却灰影響試験の試験水中 pH, Cl^- 濃度とほぼ同じになるように調整した。なお焼却灰中の pH は試験期間中に空気中の二酸化炭素による中和が起こり試験開始直後 pH 11 であるものが徐々に低下していくため、 Cl^- 濃度影響試験の pH もそれにあわせて調整した。試験水は週 2 回 pH と DO の測定と調整を行い、また 1 ヶ月ごとに試験水と焼却灰の交換を行った (図 6)。

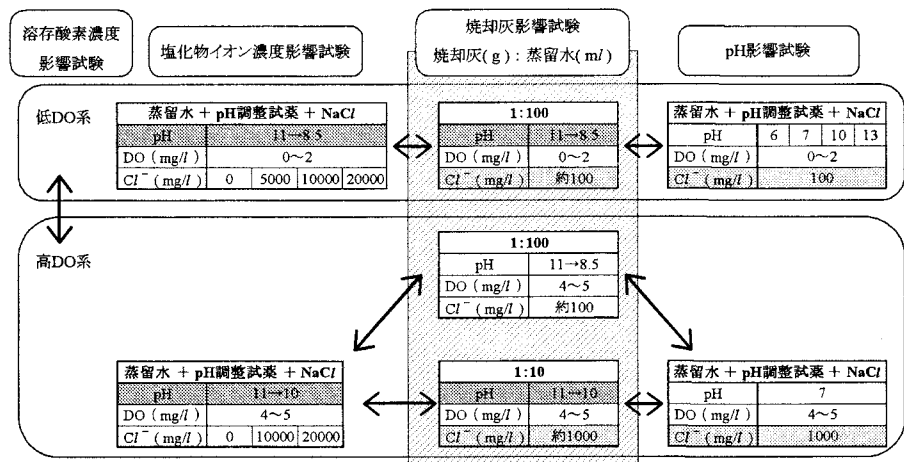


図 6 設定条件 (Cl^- 濃度調整は $NaCl$, pH 調整は HNO_3 , $NaOH$)

用いた焼却灰はストーカ炉式のごみ焼却処理施設 (表 4) より排出された一般廃棄物の焼却主灰を風乾させた後 2 mm のふるいを通過させたものである。本試験では焼却灰を大量に用いるため同施設から 2 回収集した。このため試験の途中で異なる焼却灰を用いることになったが、表 5 に示すとおり Cl^- 濃度, pH はほぼ等しかった。

なお、焼却残渣のうち焼却飛灰は塩化物イオンや重金属などが高濃度に含まれており鋼板腐食に大きく影響を与えると予想されるが、焼却飛灰は特別管理一般廃棄物の指定を受けており何らかの中間処理をしなければ一般廃棄物処分場に搬入されることはないため用いなかった。

4.3 評価方法

ブラスト処理のみの未塗装鋼板であるので 2.3 に示した外観観察と腐食量測定を行った。腐食量測定の前処理はサイズが小さいことから (重量約 230 g), 酸洗浄時間を 3 分に短縮して行った。

4.4 結果と考察

4.4.1 外観観察結果

各試験条件 12 ヶ月間浸漬後の外観写真を図 7 に示す。その結果、全体として高 DO 系の方が低 DO 系に比べ鋼板表面の大部分がさびで覆われ腐食が進行していた。しかし、高 DO 系の焼却灰 (1:100) と (1:10) の条件ではさびの他に表面に白い付着物が存在していた。特に高 DO 系焼却灰 (1:10) では顕著で全面が白く腐食によるさびは一部

表 4 用いた焼却灰の焼却施設概要

焼却炉	燃焼形式 焼却能力 炉内温度	ストーカ式燃焼炉 160 t / 24 h 930℃以上
集塵装置	形式 アルカリ剤	バグフィルター 消石灰
ごみの種類		分別収集した 一般廃棄物可燃分 (汚泥も若干含む)
灰発生量	主灰 飛灰	10% 5%

表 5 用いた焼却灰の性状 (環境庁告示 13 号法)

	室内試験用焼却灰		埋立基準
	No.1	No.2	
Cl^- (mg/l)	797	845	—
pH (-)	11.61	11.61	—
Hg (mg/l)	< 0.10	< 0.10	0.005
Cd (mg/l)	< 0.004	< 0.004	0.3
Pb (mg/l)	0.074	0.115	0.3
Cr (mg/l)	0.189	0.479	1.5*
Se (mg/l)	< 0.15	< 0.15	0.3
As (mg/l)	< 0.15	< 0.15	1.5
Zn (mg/l)	< 0.005	0.015	—
Cu (mg/l)	0.944	0.387	—
K (mg/l)	208	178	—
Na (mg/l)	791.2	436.6	—
Ca (mg/l)	39.75	188.55	—
Fe (mg/l)	< 0.005	< 0.005	—

※6価クロムとして

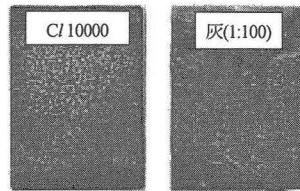
分のみに存在するものの、その表面も白く覆われ腐食が抑制されているように思われた。

4.4.2 腐食量測定結果

12 ヶ月間連続の腐食試験を行い得られた腐食量の結果を図8に示す。低DO系では各条件（塩化物イオン濃度、pH、焼却灰）に関わらず全て 0.04 mm/year 程度の低い腐食速度となった。一方、高DO系では Cl^- 0 mg/l の条件と焼却灰(1:100)の条件では低DO系と大きな違いが見られなかったものの、塩化物イオンを多量に含有する条件において明らかに腐食速度が大きくなった。最も腐食速度が大きかったのは高DO系の Cl^- 10000 mg/l の条件で 0.15 mm/year の腐食速度であった。

低DO系の全条件と、高DO系の Cl^- 0 mg/l、焼却灰(1:100)の条件では時間が経過するにつれて傾きが緩やかになってきており、12 ヶ月が経過したときには腐食の進行はかなり小さくなっている。これは酸化皮膜（不動

低DO系 (DO 0~2 mg/l)



高DO系 (DO 4~5 mg/l)

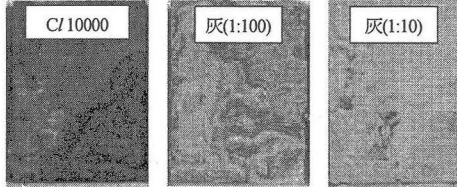


図7 12 ヶ月間浸漬後の外観写真の一例
(ブラスト処理鋼板: 70×50×9 mm, さび取り前)

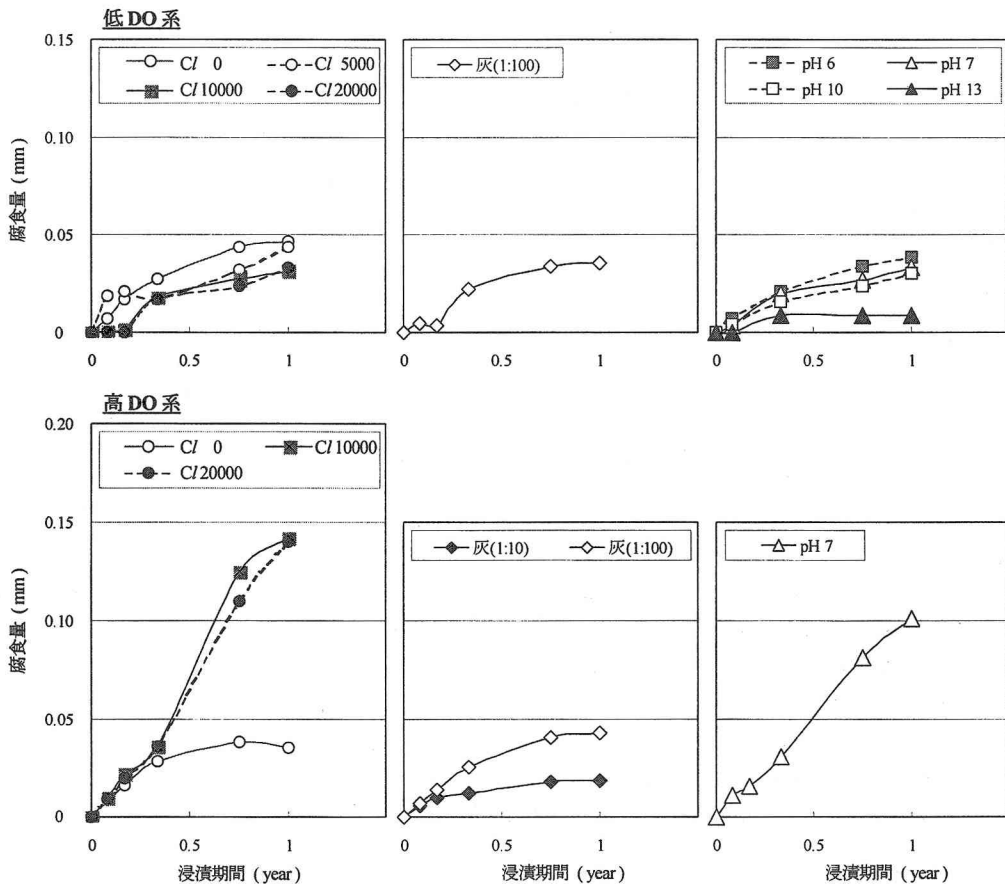


図8 室内浸漬試験の腐食量結果

態皮膜など)や難溶性塩皮膜の形成により鋼板表面と試験水との接触を妨げ腐食が抑制されるため⁷⁾と推察される。試験水中に塩化物イオンを含む場合は鋼板表面の不動態皮膜を局部的に破壊することにより⁸⁾鋼板が腐食されていくものと考えられる

室内試験の結果をまとめるため、図8より求めた腐食速度(直線近似より算出)と塩化物イオン濃度(対数軸)との関係を示すと図9のようになり、焼却灰による腐食抑制作用を除けば関連性が明確となる。なお Cl^- 0 mg/l, の条件は塩化物イオンが含まれていないが便宜上 5 mg/l にプロットした。

室内試験の結果より低DO系ではどの条件においても腐食速度が低かったことから鋼板腐食に最も影響を与える因子は溶存酸素であり、溶存酸素の存在する場合のみ塩化物イオンが腐食に影響を与えることが示された。そして pH の影響に関しては本実験で行った中性付近からアルカリ側では目立った腐食の促進は見られず、高アルカリになるにつれて腐食は抑制される傾向を示した。

また、焼却灰影響試験では鋼板腐食の促進は見られず、逆に焼却灰量が多い条件で塩化物イオン濃度が高くなるのにもかかわらず腐食が抑制されていた。これは鋼板表面の白い付着物が鋼板と試験水との接触を妨げることで腐食を抑制したためと考えられる。この物質を採取し、粉末X線回折分析(理学電気製X線分析装置RAD-2D, 定格出力40kV30mA, Cu管球)を行った結果、炭酸カルシウム(CaCO_3)であることが明らかとなった。水溶液中にカルシウムを多量に含む場合、空気中の二酸化炭素と接触することで不溶性の炭酸カルシウムを生成し鋼板表面に皮膜を形成するので腐食が抑制される。この炭酸カルシウムは実際の埋立最終処分場では浸出水処理施設でカルシウムスケールを生成し管の閉塞や水中ポンプの停止などの問題点として指摘されているものである⁹⁾¹⁰⁾。本研究で行った野外曝露試験において浸出水調整槽で腐食速度は低くなっており、炭酸カルシウムの特定はできなかったものの鋼板表面が白いことは確認できた。

以上から、焼却灰の条件では塩化物イオンの影響よりも、炭酸カルシウムの皮膜の形成による腐食抑制があることが本実験により明らかになった。

海水中においては鉄鋼構造物に電気防食(カソード防食)を施すと界面のpHが上昇し、それにより鋼板表面に炭酸カルシウムの析出が促進され表面が被覆される効果もある⁵⁾。このことから焼却灰を主体とした埋立処分場の浸出水中でもカルシウムを多く含むため、電気防食を行うことでより表面被覆が起こりうる可能性を示している。

5. 結論

複数の実験場において最長37ヵ月間の野外曝露試験を実施し、塗装や電気防食による防食の有効性、未塗装鋼板の腐食速度の調査を行った。また、腐食因子の検討のため各実験場の埋設環境を調べると共に12ヵ月間の室内浸漬試験を行った。本研究の主な結論は以下のとおりである。

- 1) 塗装や電気防食は廃棄物中においても極めて有効であることが確認されたことから、それらの併用を行うことで設計耐用年数まで信頼性の高い遮水機能が保たれると考えられる。
- 2) 埋設初期の全面平均腐食速度は焼却灰中で高く 0.10 mm/year であることが得られた。
- 3) 焼却灰中の鋼板の主要な腐食因子は、可溶性塩類を含むことと、通気性の良いことによる焼却灰中の水分に含まれる溶存酸素と考えられた。
- 4) 室内浸漬試験を行った結果、最大の腐食因子は焼却灰中の水分に含まれる溶存酸素であることが示唆された。

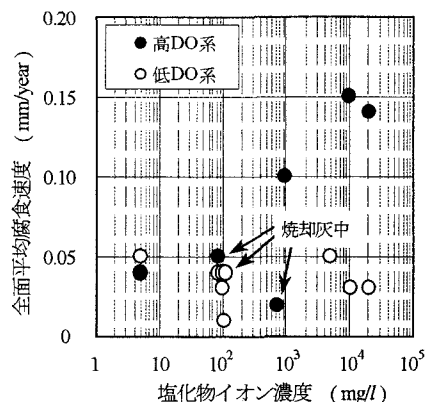


図9 室内浸漬試験における塩化物イオン濃度と腐食速度との関係

5) カルシウムを多量に含有する焼却灰中では腐食抑制環境になりうることが示唆された。

室内実験から最も腐食速度が大きかったのは高 DO 系の Cl^- 10000 mg/l の条件であり、この条件でも腐食速度は 0.15 mm/year 程度であったことから、本システムにおける腐食しろの設定で用いる全面平均腐食速度を 0.10 mm/year とするのは十分妥当であると思われる。さらに廃棄物中でも塗装や電気防食は極めて有効であることが確認されたことから、それらの併用を行えば設計耐用年数まで信頼性の高い遮水機能が保たれると考えられる。

謝辞

本研究は鋼板遮水システム研究会（花嶋正孝会長）のご協力の元に行うことができました。ここに同研究会の各位に深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 小林直樹, 小松俊哉, 姫野修司, 吉村有希子, 小高直: 廃棄物最終処分場における遮水鋼板の防食法に関する検討, 環境工学研究論文集, Vol.39, pp.431-438 (2002)
- 2) 藤井哲雄: 初歩から学ぶ防錆の科学, 工業調査会, p.53 (2001)
- 3) 伊藤伍郎: 腐食科学と防食技術, コロナ社, pp.109-132 (1969)
- 4) 伊藤伍郎: 腐食科学と防食技術, コロナ社, pp.351-355 (1969)
- 5) 鋼材倶楽部編: 土木鋼構造物の防錆技術 Q&A, 技報堂出版, pp.58-63 (1997)
- 6) 藤井哲雄: 初歩から学ぶ防錆の科学, 工業調査会, pp.170-177 (2001)
- 7) 電気学会, 電食防止研究委員会編: 新版 電食・土壌腐食ハンドブック, 電気学会, p.13 (1977)
- 8) 腐食防蝕協会編: 金属防蝕技術便覧, 日刊工業新聞社, p.203 (1972)
- 9) 川西敏雄, 松本伸吾, 堀井安雄, 高橋進, 長岡英明: 埋立浸出水処理施設の管理, 都市清掃, 第 45 巻, 第 186 号, pp.66-75 (1992)
- 10) 田中信寿・花嶋正孝: 都市ごみ埋立地における埋立物の無機化と高塩類問題, 廃棄物学会誌, Vol.8, No.7, pp.481-485 (1997)