JCMA：一般社団法人コンクリートメンテナンス協会主催
コンクリート構造物の補修・補強に関するフォーラム2019

鉄筋防錆の観点から
コンクリート構造物の健康寿命を考える
電気化学的防食技術と健康寿命

CP工法研究会・日本エルガード協会

© 2019 CP工法研究会 & エルガード協会

内容

1. 電気防食の学協会

2. 腐食コスト（電気防食適用環境）

3. 腐食とは？

4. 塩害コンクリートの予防保全補修工法

5. 電気防食とは？
   1）実際の電気防食のご紹介
   2）電気防食の設計施工
   3）電気防食Q＆A
   4）電気防食のトピックス

© 2019 CP工法研究会 & エルガード協会

電気防食にかかわる
学協会の簡単なご紹介

© 2019 CP工法研究会 & エルガード協会

CP工法研究会

コンクリート構造物の電気化学的防食工法研究会

Electrochemical Corrosion Prevention Method of Concrete Structures

- コンクリート構造物の劣化を電気化学的な原理により防止する工法（電気化学的防食工法）の普及・発展のため創られた研究会
- 脱塩、再アルカリ、電気防食の3工法
- 発足：1992年，現在の会員会社：19社

会　長	宮川豊章（京都大学 特任教授）
顧　問	関　博（早稲田大学 名誉教授） 福手　勤（東洋大学 教授） 武若　耕司（鹿児島大学 教授） 濵田　秀則（九州大学教授）
事務局	東亜建設工業(株)内
HPアドレス	http://www.cp-ken.jp/

主な活動内容
- 普及活動の実施
- 学術研究の実施（土研・土木学会）
- 設計施工マニュアルの作成
- 工法別施工実績調査

© 2019 CP工法研究会 & エルガード協会

日本エルガード協会

- エルガード工法(IrO_2/Ti陽極)を核とした電気防食工法の普及と技術の研鑽
- 発足：2001年，現在の会員会社：23社
- 電気防食技術研究会：22社(コンサルタント)

会　長 副会長	住友大阪セメント(株) ショーボンド建設(株)
顧問	福手　勤（東洋大学 教授） 宮川　豊章（京都大学 特任教授）
理事	五洋建設㈱ 東洋建設㈱ ㈱ナカボーテック 三井住友建設㈱ 日本防蝕工業㈱
HPアドレス	http://www.elgard.com/

主な活動内容

- 特別記念講演
- 電気防食施工管理技術者認定試験(合格者554名)
- 共同研究
  (土研、材料学会、東洋大、岐阜大、鹿児島大、JCI)
- 技術講習会、ディスカッションセミナー、発注者セミナー
- 次世代技術者の会

© 2019 CP工法研究会 & エルガード協会

公益社団法人腐食防食学会

- 英語名Japan Society of Corrosion Engineering(JSCE)は土木学会Japan Society of Civil Engineers(JSCE)と同じ！
- 発足：1933年，法人会員：約200団体、会員数：約1300人

建設系研究者・技術者の方々の入会歓迎します！

海水練コンクリートでJCIとクウェートPJでコラボ

会　長 副会長	日本原子力研究開発機構 東京工業大学・JFEテクノリサーチ・東京大学
理事	日立製作所・大阪府立大学・広島工業大学・琉球大学・電力中央研究所・関西電力・東京工業大学・富山大学・小山工業高等専門学校・新日鐵住金・日本防蝕工業・東京電力ホールディングス・秋田大学・三菱マテリアル・日本電子電話
HPアドレス	https://www.jcorr.or.jp/

会長・副会長・理事は2年毎に半数改選

主な活動内容

- 春(関東)、秋(地方:学会員でなくても発表可)で学術講演会
- 腐食防食に関するシンポジウム、セミナー、フォーラム、入門講習会等をほぼ毎月開催
- 腐食専門士試験
- 腐食センター(各種腐食防食の相談受付)
- 建設小委員会、電気防食小委員会など各種あり

© 2019 CP工法研究会 & エルガード協会

腐食コスト
と
電気防食が適用される環境

© 2019 CP工法研究会 & エルガード協会

日本の腐食コスト

Uhlig式：防食方法に関する生産・製造面から直接的な腐食対策費を単純加算したもの

腐食防食学会/腐食コスト調査委員会："わが国における腐食コスト"材料と環境Vol.50,№.11(2001)

約20年毎に調査、現在最新版を調査中！　　**＊:内閣府**　http://www5.cao.go.jp/j-j/wp/wp-je12/h10_data01.html

防食対策	1997(H9)年[10億円]		1975(S50)年[10億円]		'97/'75比率
表面塗装	2,299.5	58.4%	1,595.5	62.5%	1.441
金属の表面処理	1,013.5	25.7%	647.6	25.4%	1.565
耐食材料	443.2	11.3%	238.8	9.4%	1.856
防錆油	63.7	1.6%	15.7	0.6%	4.069
インヒビター	44.9	1.1%	16.1	0.6%	2.789
電気防食	21.7	0.6%	15.8	0.6%	1.376
腐食研究費	41.7	1.1%	21.5	0.8%	1.936
腐食調査費	9.6	0.2%	—	0.0%	—
①合計	3,937.7	100.0%	2,550.9	100.0%	1.544
②名目国民所得*	382,294.5	1.0%(②/①)	123,990.7	2.1%(②/①)	3.083
③GDP(国内総生産)*	521,295.4	0.8%(③/①)	156,080.2	1.6%(③/①)	3.340

シェアは僅かだが生き残っているのは、電気防食が得意とする環境があるから。

© 2019 CP工法研究会 & エルガード協会

電気防食が最も得意とする環境

海です！（海中の鋼材）

腐食しやすい。しかし電気は流れやすい。

© 2019 CP工法研究会 & エルガード協会

電気防食が次に得意とする環境

土です！（土中配管）

腐食はする。電気は流れにくい。
しかし塗覆装と併用で効果絶大！

© 2019 CP工法研究会 & エルガード協会

電気防食がその次に得意とする環境

水を使う機械装置です！

熱交換器の異種金属接触腐食/すき間腐食

日本材料学会/腐食防食部門委員会編
事例で学ぶ腐食損傷と解析技術,さんえい出版(2009)

河口堰
海側：アルミニウム合金陽極
川側：マグネシウム合金陽極

色々な腐食ある。しかし設計の自由度あり！
近年では耐食材料の普及で若干減少気味。

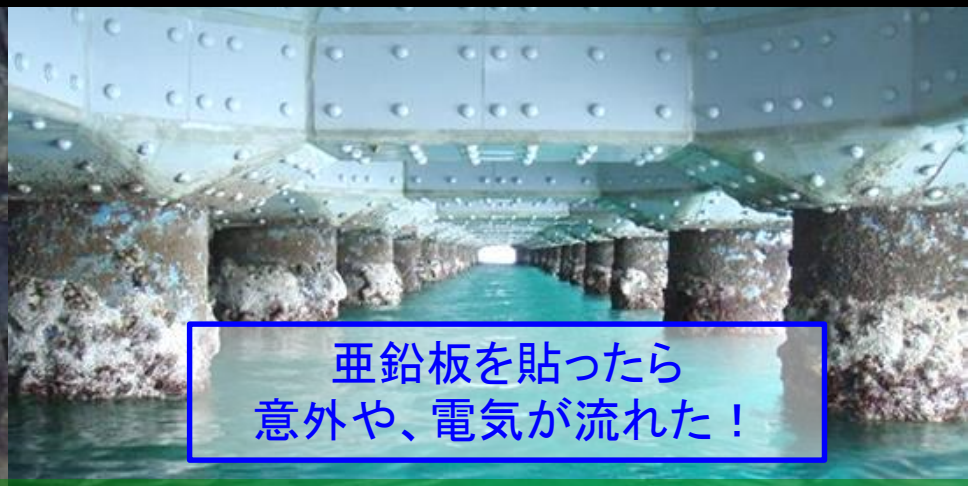
白金めっきチタン陽極

大型直流電源装置

© 2019 CP工法研究会 & エルガード協会

電気防食が適用され成功した新しい環境

コンクリートです！



亜鉛板を貼ったら
意外や、電気が流れた！

塩害等で腐食大きい。電気は最も流れにくい。
アルカリ・固体環境だからできる！

直流電源装置

共同溝縦坑エルガードリボン

橋梁外付け陽極方式

© 2019 CP工法研究会 & エルガード協会

腐食(錆びる)って何？

勝つため(防食する)には、

まず敵(腐食)を知る！

© 2019 CP工法研究会 & エルガード協会

なぜ鉄は錆びる（腐食する）？

鉄：Fe

錆：Fe（OH）$_2$等

錆（さび）を分析すると鉄の水酸化物であることが分かる。

すなわち鉄Feに酸素Oと水素Hが付くと錆Fe（OH）$_2$になる！

回答

地球には、酸素（O_2）と水（H_2O）があるから。
仮にどちらかが無ければ錆ない。

© 2019 CP工法研究会 & エルガード協会

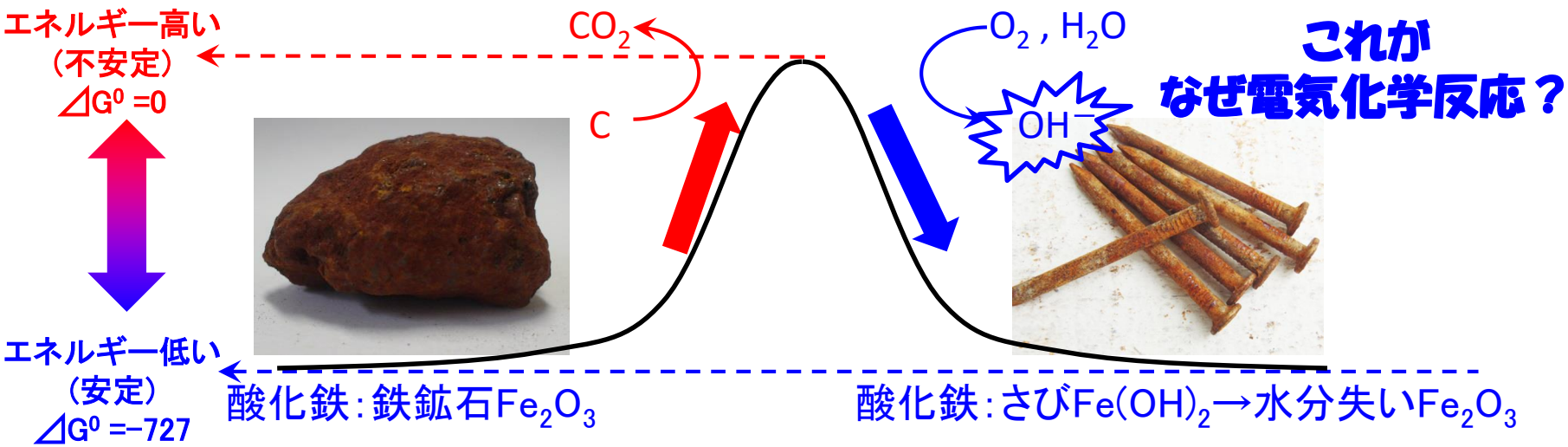
腐食は自然現象

鉄は鉄鉱石(酸化鉄)を高温(1500℃以上)で製錬(還元)して製造します。
実は製錬された鉄はエネルギーが高く不安定です。
だから鉄は安定した元の状態(さび≒酸化鉄)に戻ろうとします。
つまり、鉄がさびる(腐食する)ことは自然なことです。

鉄Fe

製錬:還元反応(化学反応)
$2Fe_2O_3 + 3C \rightarrow 4Fe + 3CO_2$

腐食＝酸化反応(電気化学反応)
$Fe + H_2O + 1/2O_2 \rightarrow Fe(OH)_2$

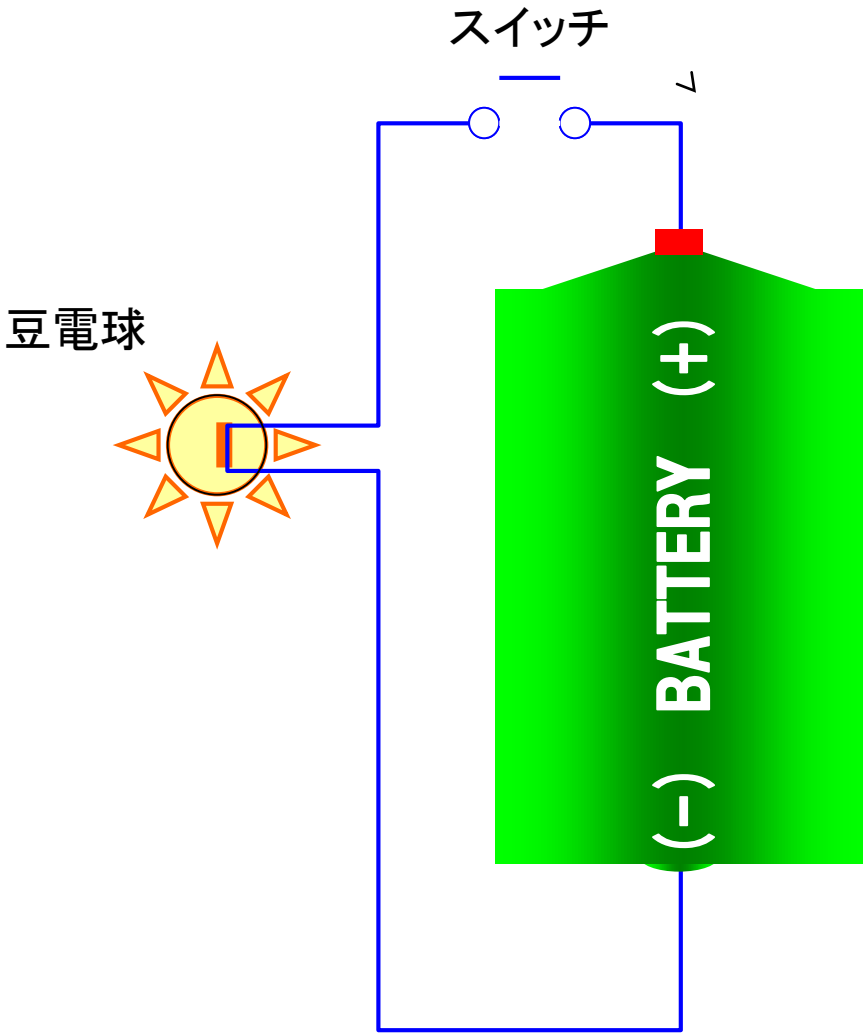


これが
なぜ電気化学反応？

参考:鋼材倶楽部:土木構造物の腐食・防食Q&A, p3 (1992)

© 2019 CP工法研究会 & エルガード協会

腐食(錆び)は電池です！

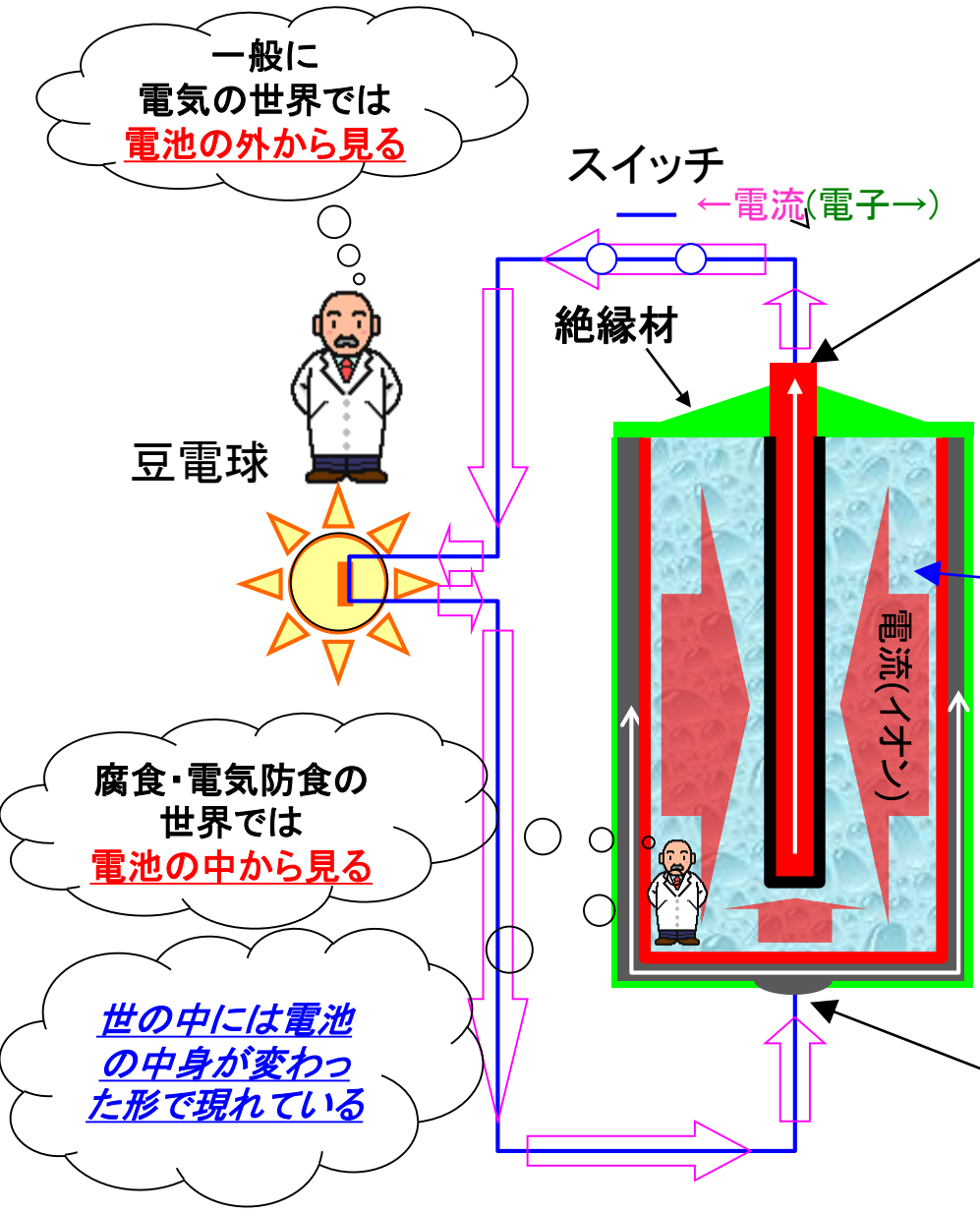


乾電池に豆電球をつなぎ
スイッチを入れれば光る！

この時、乾電池の中では
何が起こっているのだろう？

© 2019 CP工法研究会 & エルガード協会

電池の電気の源は腐食です！



CSE:飽和硫酸銅照合電極

電気：＋（正極）→鉄で作ったもの

材料：炭素棒/二酸化マンガン

＝+0.5[V vs. CSE]

電気化学：カソード・陰極

$H_2O + 1/2O_2 + 2e^- \rightarrow 2OH^-$

防食（還元反応）

電解質：塩化亜鉛 →海や土など

塩化アンモニウム・水

1.5[V]

電気：−（負極）→亜鉛など

材料：亜鉛＝−1.0[V vs. CSE]

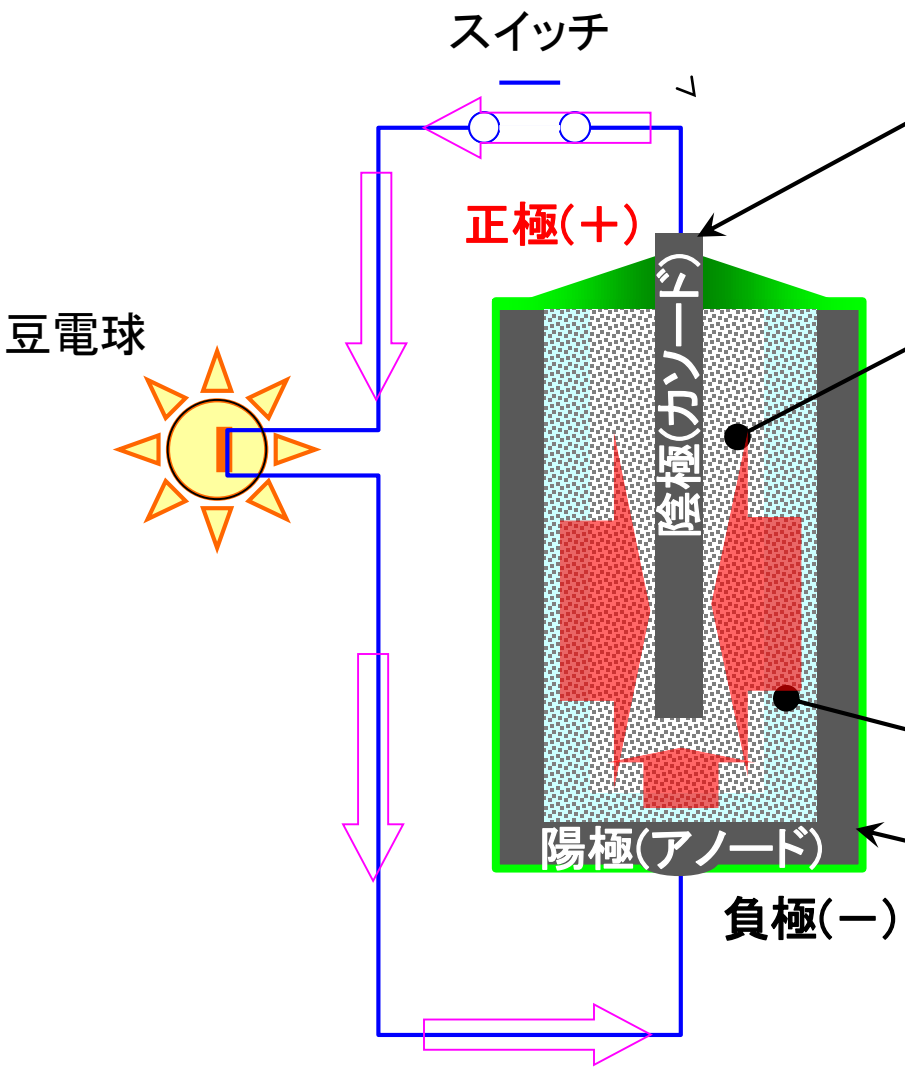
電気化学：アノード・陽極

$Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$

腐食（酸化反応）

© 2019 CP工法研究会 & エルガード協会

鉄筋コンクリート乾電池？！



鉄筋：−0.20[V vs. CSE]以上

$H_2O + 1/2O_2 + 2e^- \rightarrow 2OH^-$

防食（還元反応）

健全コンクリート（塩なし）

鉄筋は鉄容器より

−0.20[V]−（−0.35[V]）＝0.15[V]高く

0.15[V]の乾電池の完成

塩入りコンクリート

鉄の容器：−0.35[V vs. CSE]以下

$Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e^-$

腐食（酸化反応）

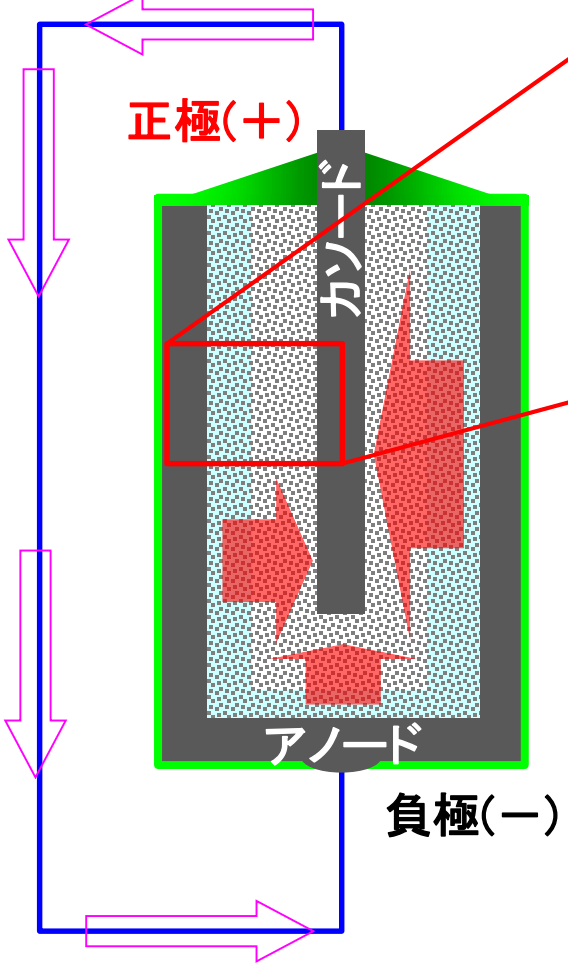
参考：電機計算2018年5月号pp28−34(電気書院)

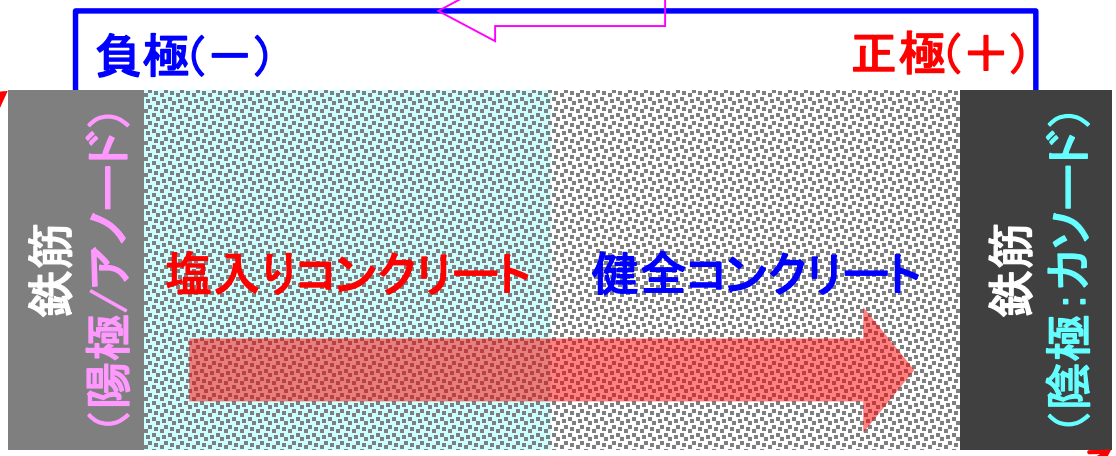
© 2019 CP工法研究会 & エルガード協会

鉄筋コンクリート乾電池の形を変える

鉄筋コンクリート乾電池の一部を切り取っても電池の機能は変わらない！

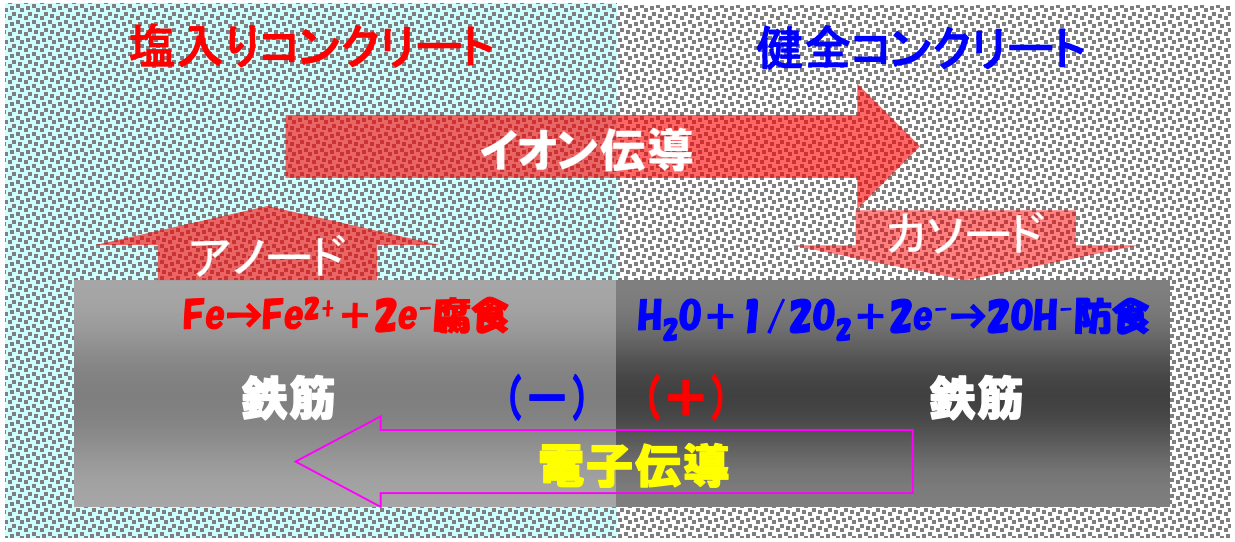
豆電球を取っても電流は流れる。





電線を鉄筋に替え鉄筋位置を移しても電池機能は変わらない！

（教科書で見る腐食の原理図）



© 2019 CP工法研究会 & エルガード協会

腐食電池の種類

マクロセル

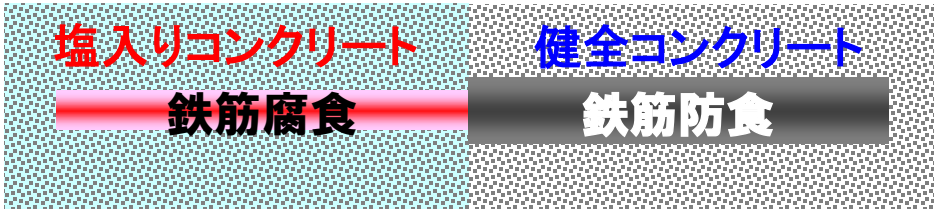
巨大(目に見える)電池

>>特徴<<

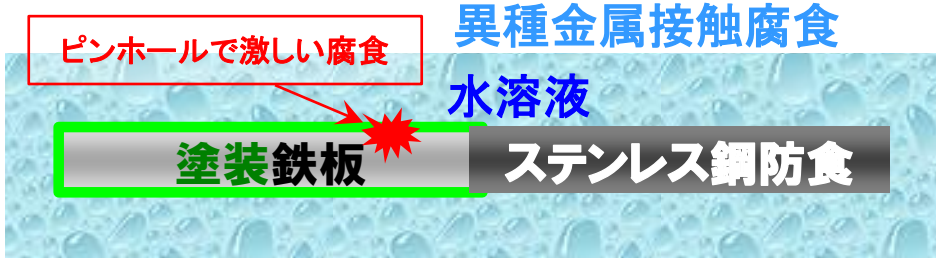
腐食箇所が固定され局部的に腐食する。

<<例>>

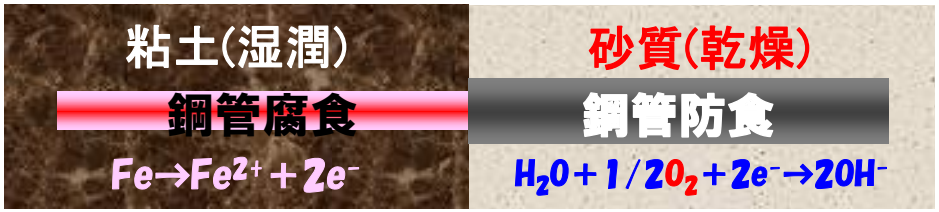
塩害コンクリート



異種金属接触腐食



酸素濃淡電池(すき間腐食)



ミクロセル

微小(目に見えない)電池

>>特徴<<

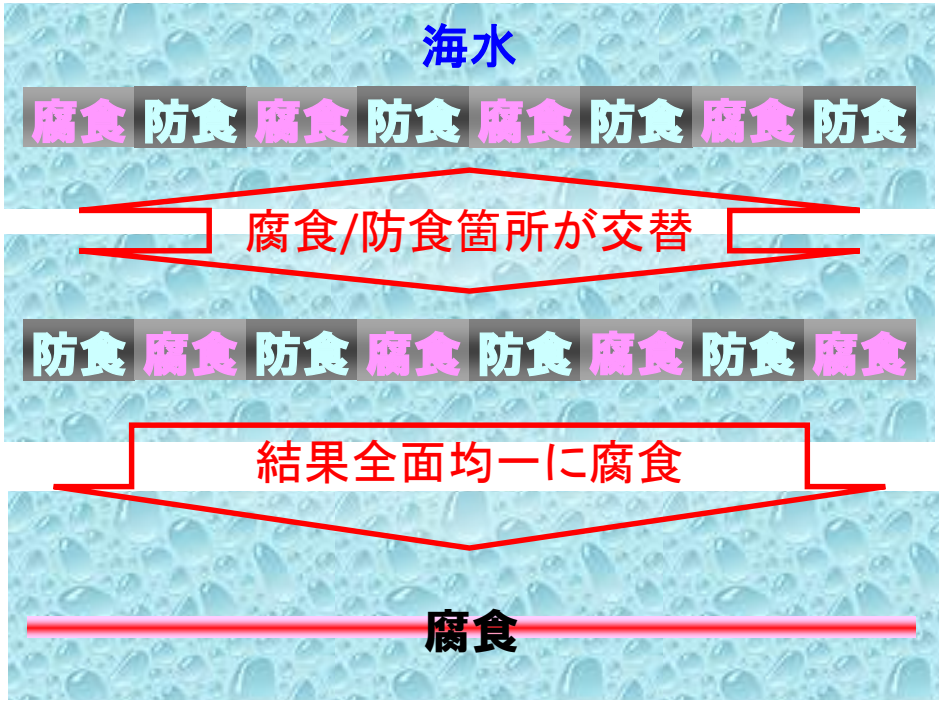
腐食箇所が次々交替し全面的に腐食する。

<<例>>

私達が良く目にする錆

ある湿度以上の大気中

水中(完全没水)



© 2019 CP工法研究会 & エルガード協会

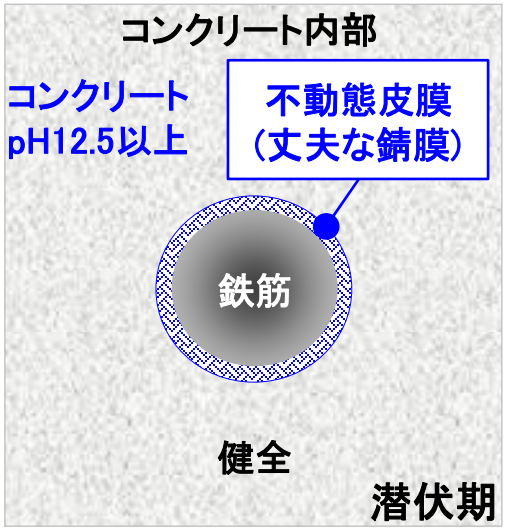
腐食と防食の条件

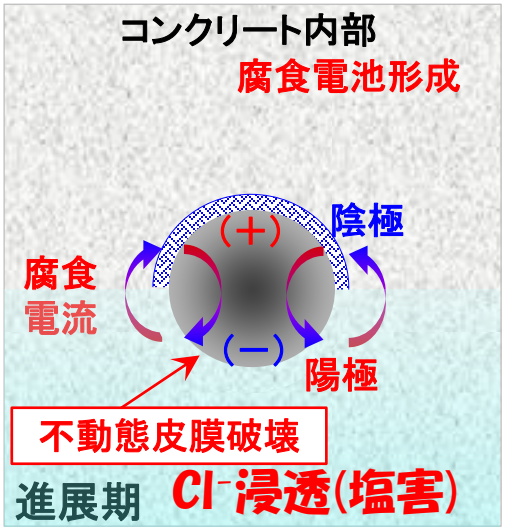
No.	腐食条件 錆びる	防食条件 錆びない
①	水分があること。 （電解質：イオン）	乾燥していること。 （湿度約65％以下）
②	酸素があること。 （例外：酸素濃淡では防食）	酸素がないこと。 （例外：酸素濃淡では腐食）
③	①と②の 両方が揃うこと。	①と②の 片方が無いこと。

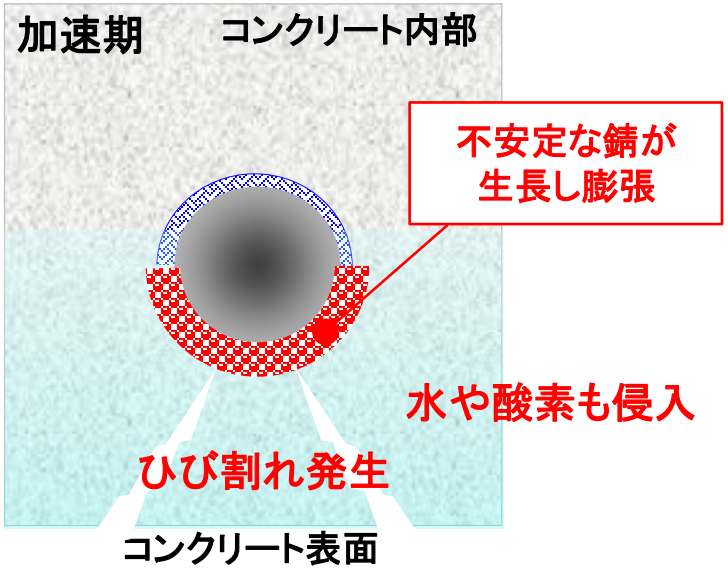
えっ！　塩（塩化物イオンCl^-）は関係ない？

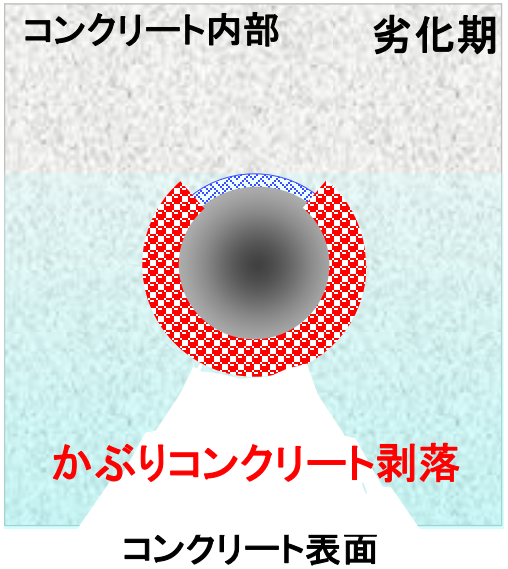
© 2019 CP工法研究会 & エルガード協会

コンクリートの塩害メカニズム









© 2019 CP工法研究会 & エルガード協会

参考：電機計算2018年5月号pp28-34(電気書院)

コンクリートと海水の違い　環境

環境	コンクリート(大気暴露)	海水
	密度：2.3[g/cm^3]	密度：1.0[g/cm^3]
物質移動	固相のため遅い	液相のため速い
電気抵抗	30～100[kΩ・cm]	0.03[kΩ・cm]
Cl^-	1.2～2.0*1[kg/m^3]	19.0[kg/m^3]
	0.05～0.08[mass%]	1.900[mass%]
	500～800[ppm]	19,000[ppm]
NaCl	2.0～3.3[kg/m^3]	31.3[kg/m^3]
	0.09～0.14[mass%]	3.130[mass%]
	900～1400[ppm]	31,300[ppm]
水分量	5.5[mass%]	100[mass%]
O_2	0.2～2[%]	0.001[%]
	2,000～20,000*2[ppm]	10[ppm]

*1：発錆限界Cl^-濃度　　*2：大気酸素濃度20[%]・コンクリート空隙量1～10[%]と仮定

© 2019 CP工法研究会 & エルガード協会

コンクリートと海水の違い　腐食速度

海水中

鋼材の腐食速度	：	0.1[mm/年]＝0.01[cm/年]
1[cm^2]当り	：	1[cm^2]×0.01[cm/年]＝0.01[cm^3/年]
鉄の比重	：	7.86[g/cm^3]
1[年]・1[cm^2]当り腐食減量	：	0.01[cm^3/年・cm^2]×7.86[g/cm^3]＝0.0786[g/年・cm^2]
		＝78.6[mg/年・cm^2]≒100[mg/年・cm^2]
ファラデーの法則	：	W[g]＝I[A]×T[sec]×eq[g]／96500[C]([A・秒])
鉄の電気化学当量(eq)	：	28[g]（Feの原子量56、$Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e^-$、2価でeq=56/2）
電流値に換算	：	$I[A] = \dfrac{0.0786[g/年\cdot cm^2] \times 96500[A\cdot 秒] \times 10{,}000[cm^2/m^2]}{365[日/年] \times 24[時/日] \times 60[分/時] \times 60[秒/分] \times 28[g]}$
		＝0.0859[A/m^2]≒0.10[A/m^2]
防食電流密度	：	100[mA/m^2]

コンクリート中

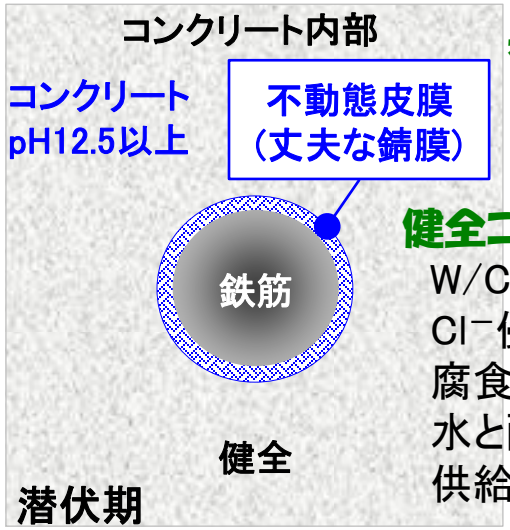
ひび割れ発生鉄筋腐食量	：	10[mg/cm^2](10[mA/m^2])(海水中の約1/10) 1[mA/m^2]不動態維持電流
電流値に換算	：	$I[A] = \dfrac{0.01[g/年\cdot cm^2] \times 96500[A\cdot 秒] \times 10{,}000[cm^2/m^2]}{365[日/年] \times 24[時/日] \times 60[分/時] \times 60[秒/分] \times 28[g]}$
		＝0.0109[A/m^2]≒0.01[mA/m^2]
防食電流密度	：	10[mA/m^2]

© 2019 CP工法研究会 & エルガード協会

コンクリートの
予防保全補修工法

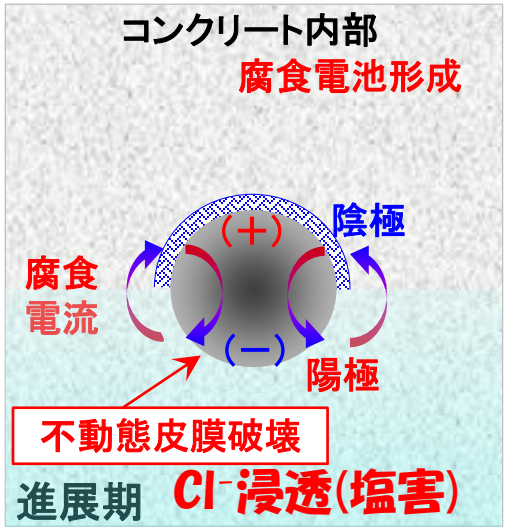
© 2019 CP工法研究会 & エルガード協会

塩害コンクリートの補修・補強対策



表面塗装
Cl^-の侵入防止

健全コンクリート打設
W/C小、かぶり大
Cl^-侵入しても
腐食に必要な
水と酸素が
供給不足



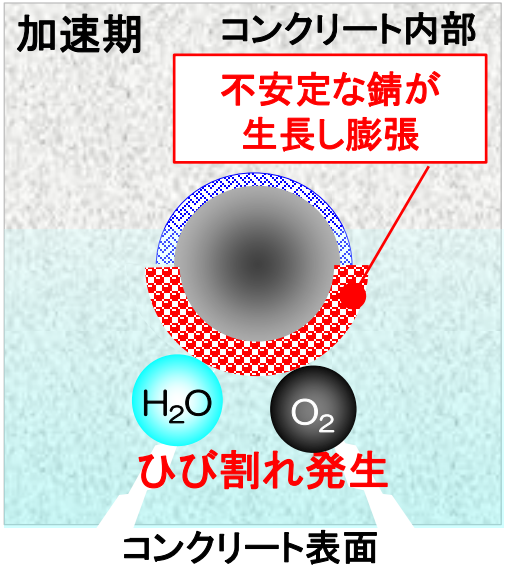
断面修復＋表面塗装/含浸剤
Cl^-の除去と侵入防止

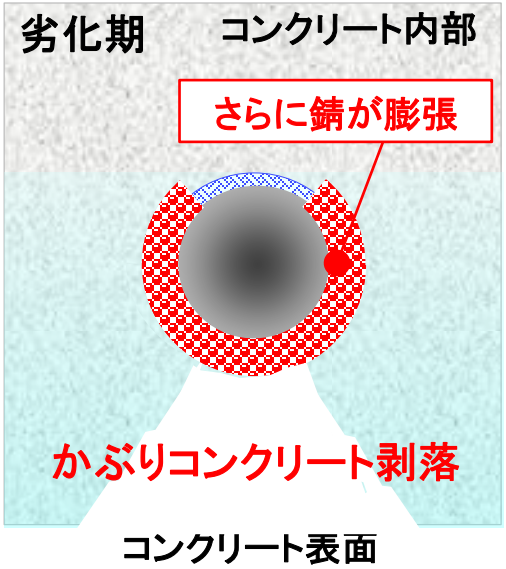
以下、断面修復不要

$LiNO_2$注入
強力な不動態化剤

含浸剤、再アルカリ化・脱塩
環境改善(再不動態化)

電気防食
腐食抑制
環境改善(再不動態化)





FRP接着・外ケーブル・巻立
補強

ひび割れ補修+断面修復+表面塗装
Cl^-の除去と侵入防止

以下、断面修復や補強と併用

$LiNO_2$注入
強力な不動態化剤

含浸剤、再アルカリ化・脱塩
環境改善(再不動態化)

電気防食
腐食抑制、環境改善(再不動態化)

© 2019 CP工法研究会 & エルガード協会

電気防食とは？

腐食と防食は
必ず対で起こる！

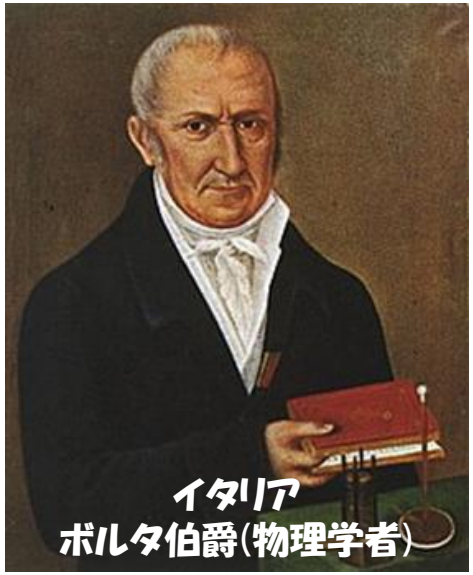
© 2019 CP工法研究会 & エルガード協会

電気防食の歴史　それは電気の歴史

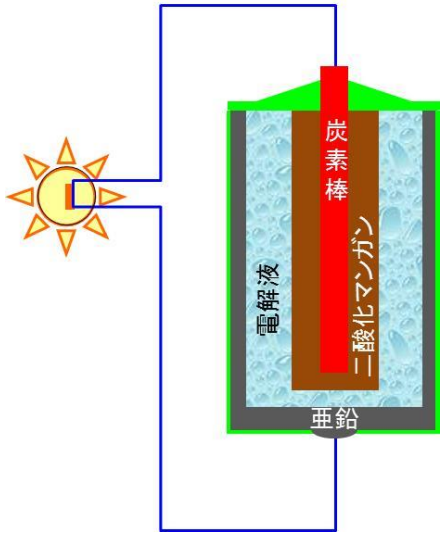
1780年
イタリアの医師ルイジ・ガルバーニが
お亡くなりになったカエルの足に
亜鉛と銅の電極を当てると
ピクピクと動くことを発見した！
電気が流れ筋肉が刺激された！
電池の原理！

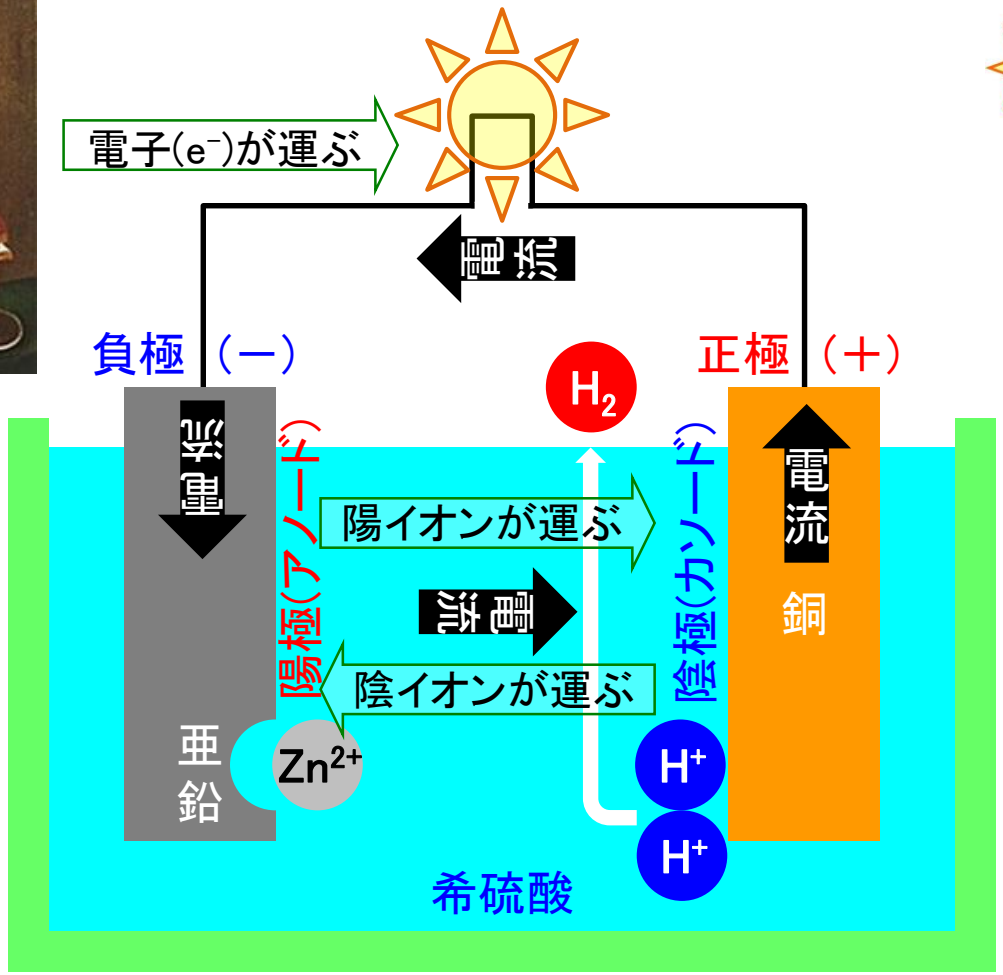
© 2019 CP工法研究会 & エルガード協会

電気防食の歴史　それは電池の歴史



1800年　イタリアのボルタ伯爵が亜鉛と銅と希硫酸で構成したボルタ電池を発明した。
形を変えれば基本的に乾電池と同じ構成！





電池は電気を得るものだが、観点変え電池の中では亜鉛は溶けて腐食している。

逆に銅は溶けずに防食される。

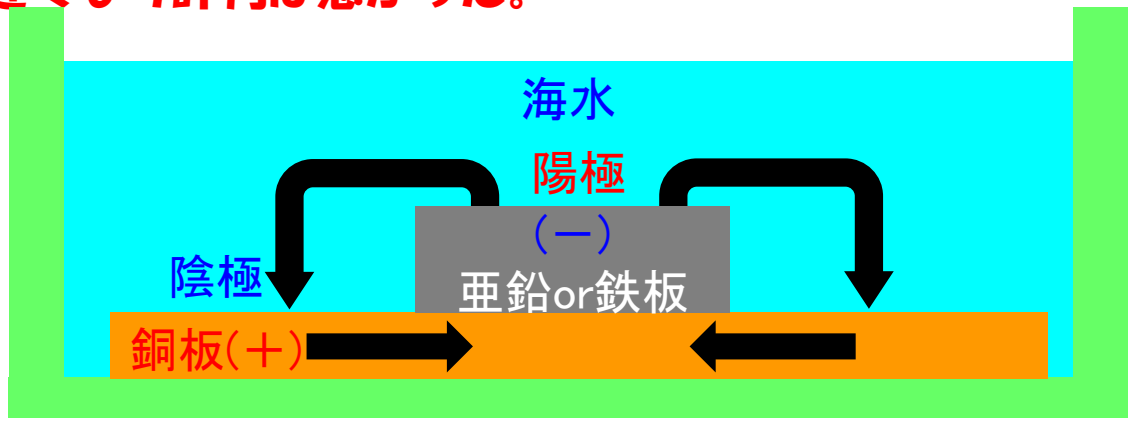
https://受験理系特化プログラム.xyz/theory/volta-cell

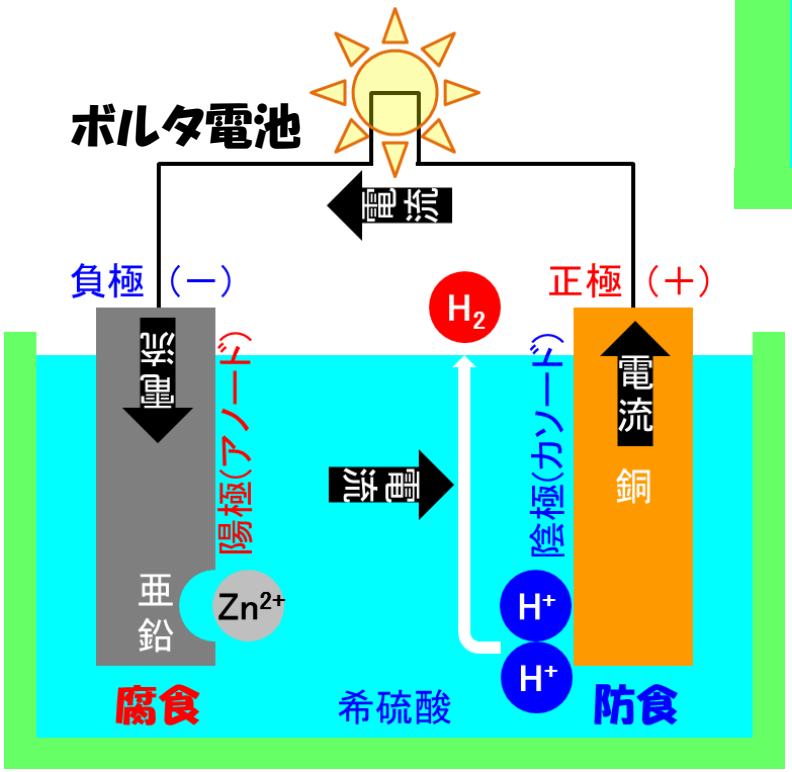
© 2019 CP工法研究会 & エルガード協会

電気防食の歴史　電池を自然界に応用

1824年　イギリスのデイヴィ男爵がボルタ電池の電解液を海水に置き換え、銅板に直接亜鉛や鉄板を貼り付けても、銅板が防食されることを発見！

電気防食（陰極防食/カソード防食、流電陽極方式）の始まり！
ただし、船速遅くなり評判は悪かった。





軍艦の銅外板に亜鉛板を付け、亜鉛が溶ける代わりに銅外板を守った！
海水は電気を通し易いので小さな亜鉛板で広い範囲の銅板を防食できた。

© 2019 CP工法研究会 & エルガード協会

電気防食の歴史

西暦	1850	1900	1950	2000
海外	1824年：英国でDavyが軍艦銅外板を鉄犠牲陽極で電防したのが起源			
			1928年：米国でKuhnが埋設ガス管に電防適用	
			1933年：Kuhn電気防食基準−850mVvsCSEを提唱	
				1973年：米国でStratfullがコンクリート橋梁に導電塗料
				1982年：FHWAが電防効果を確認
国内			1919年：日本では帝国海軍が戦艦三笠に電防用Zn犠牲陽極を艤装	
			1930年：埋設管の電防研究開始	
			1946年：天然ガス油井管に電防適用	
				1952年：尼崎港の防潮堤閘門にMg陽極適用
				1962年、Al合金陽極・水中溶接の開発により、電防急速発展
				1986年、土研が旧洞川橋梁で外電電防試験
				1988年、清水港桟橋に亜鉛板電防を適用
				1997年、大井埠頭にエルガード外電電防適用

凡例

海水

土壌

コンクリート

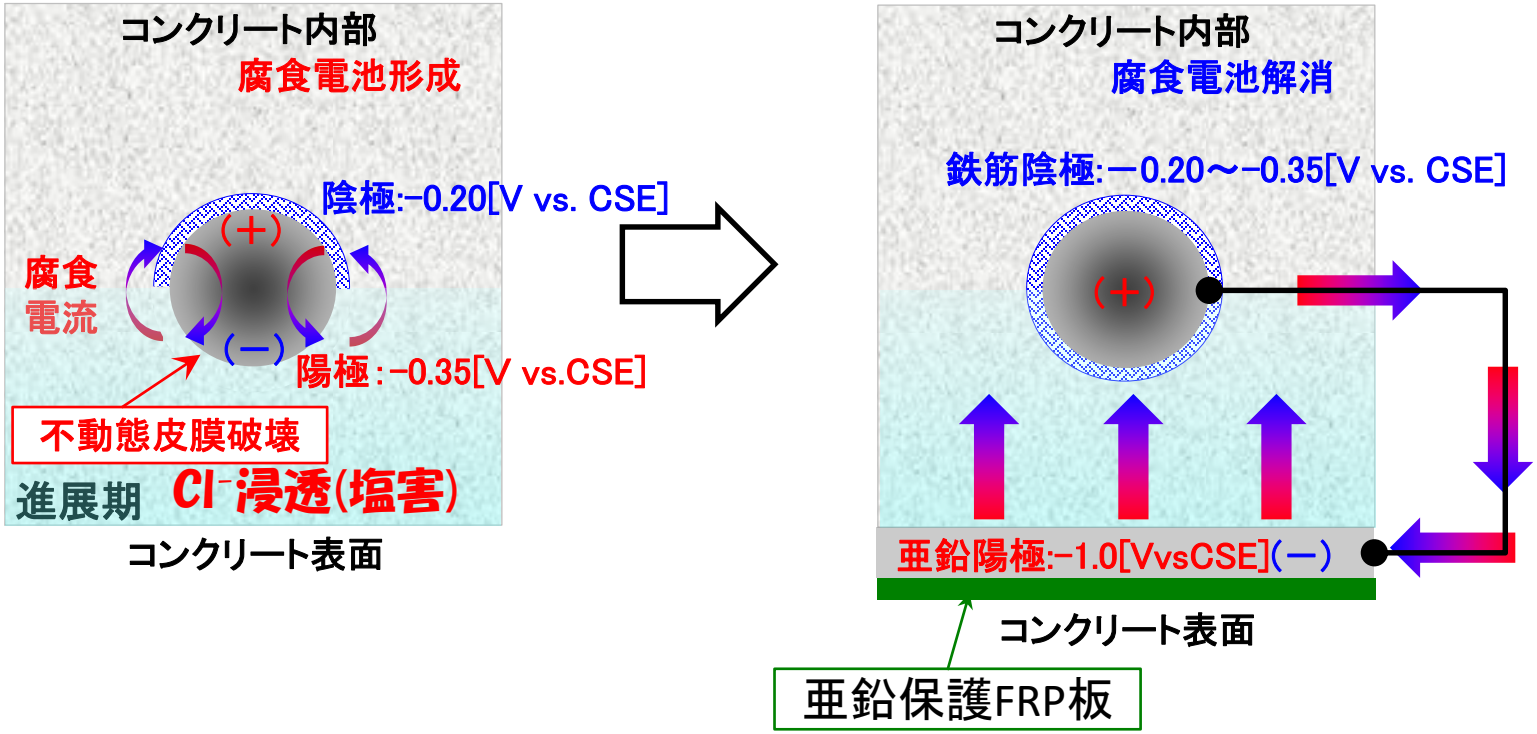
海中や土中の電防の歴史は古く豊富な実績がある。
コンクリート構造物中の鋼材の電気防食への技術展開も海外で40年以上、国内で32年になる。

参考：電機計算2018年5月号pp28−34(電気書院)

© 2019 CP工法研究会 & エルガード協会

コンクリートの流電(犠牲)陽極方式電気防食

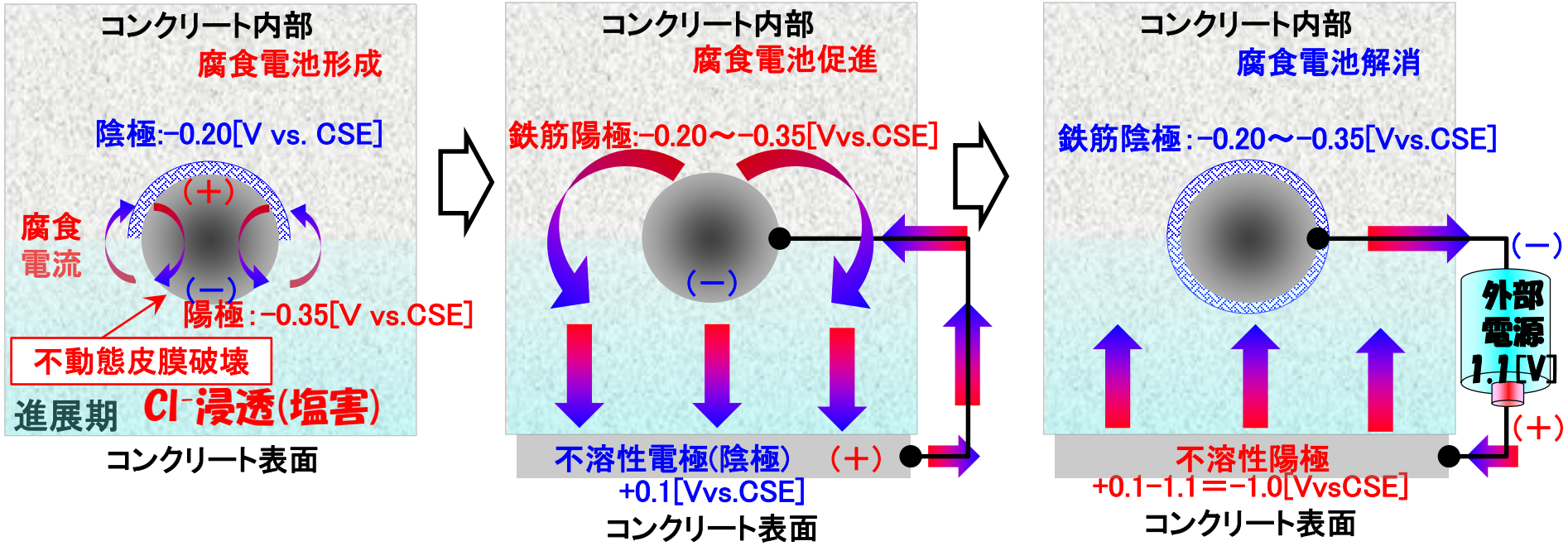
ガルバーニのカエル実験、ボルタ電池と原理は同じ。
すなわち、約200年前のデイヴィ男爵発明の電気防食と同じ。
腐食電池の陽(ー)極の代りに、もっと強力な陽(ー)極を準備し腐食電池につなげる。
（鉄筋よりもっと腐食しやすい金属を持ってきて、腐食を肩代わりさせるイメージ）
海水中の鋼材で最も普及している。
亜鉛板には腐食しやすいように電解質を含んだ保水性のある粘土を塗る。
その反対側面は亜鉛が腐食しないようにFRP板を貼る。
コンクリートは抵抗が高いためほぼ全面に亜鉛パネルを貼る。



© 2019 CP工法研究会 & エルガード協会
参考:電機計算2018年5月号pp28−34(電気書院)

コンクリートの外部電源方式電気防食

流電陽極では、陽極が消耗する。また電池と同じなので電圧調整できない。
そこで、白金などの不溶性陽極と、直流電源装置による電気防食が考案された。
しかし、白金は鉄筋よりも腐食しにくく、短絡すれば鉄筋が腐食し、白金が防食され、鉄筋腐食は促進されてしまう！
したがって、逆向きに電流を流すことは必須で、このため外部に直流電源装置を必ず備えねばならない。腐食電池を充電するイメージ！
不溶性陽極と鉄筋は必ず絶縁する。
コンクリート抵抗は高いため不溶性陽極も全面に設置するが、電圧調整できるので多少陽極の間隔は開けられる。
不溶性陽極はモルタル等で被覆しコンクリートとの接触抵抗を下げる。



© 2019 CP工法研究会 & エルガード協会

参考:電機計算2018年5月号pp28−34(電気書院)

電気防食のメリット

●電気防食は腐食反応を直接的に抑制する！
●コンクリートでは鉄筋の再不動態化も担う！

1）腐食による再劣化はしない

電流を供給している間は腐食は進行しない

2）多量の塩分が存在する環境でも防食可能

所定の防食電流を供給すれば腐食は進行しない

3）塩分を含有するコンクリートの除去が不要

塩分の存在は電気防食上は全く問題ない

4）鉄筋の防錆処理が不要

鉄筋の表面に錆びがあっても防食可能

※但し，できる限り取り除くことが望ましい

5）防食効果の確認が容易

鉄筋の電位計測によって確認できる

© 2019 CP工法研究会 & エルガード協会

電気防食のデメリット

1）イニシャルコストが割高である

約10万円/㎡

2）維持管理が手間である（よく分からない）

外部電源方式は電源保守必須・流電陽極方式も定期点検実施はベター

（→ある意味、定期健診は健康維持には不可欠でメリット？）

3）電気代がかかる

外部電源方式の場合

4）陽極材の定期的な交換が必要

流電陽極材の定期的な交換が必要

5）陽極被覆材の劣化が起こる場合がある

外部電源方式の陽極表面では水の電気分解反応が起こる。

$H_2O \rightarrow 1/2O_2 \uparrow + 2H^+$

この時発生する酸(H+)で、陽極被覆材が劣化する場合がある。

通常はコンクリートの主成分$Ca(OH)_2$で中和される。

© 2019 CP工法研究会 & エルガード協会

実際の電気防食のご紹介

© 2019 CP工法研究会 & エルガード協会

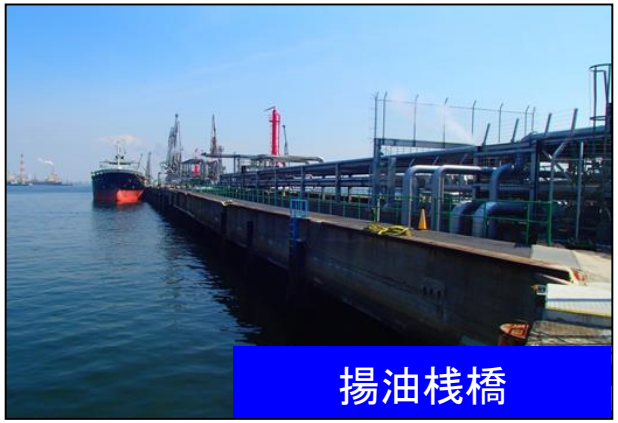
適用できるコンクリート構造物

道路橋･鉄道橋

ボックスカルバート

ロックシェッド

荷役桟橋


揚油桟橋

ドルフィン上部工

- 一般的な鉄筋コンクリート構造物であれば、ほとんど適用可能
- 大気中、飛沫帯、（干満帯）等の環境に応じて防食方式を選定
- 水中部は基本的に電気防食不要(Cl^-と水が豊富にあっても、酸素不足で腐食しない！）
- 供用しながらの補修が可能
- 他の補修工法との併用可能
- 部材単位での適用可能

© 2019 CP工法研究会 & エルガード協会

どのような調査が必要か？

特別な調査は不要！
基本的に塩害対策・最低限必要な調査は①

①外観目視によるひび割れ・浮き確認！
最低限の断面修復量を確認（できれば打検）

②鋼材位置での塩化物イオン量
フィック拡散式で供用年数内に発錆するか予測する
発錆するようならば電防は補修対策として有効

③腐食が顕在化していない場合は電気化学的測定
鉄筋腐食速度を推定し、ひび割れ発生が予測されれば
電防は補修対策として有効

© 2019 CP工法研究会 & エルガード協会

電源は？

流電(犠牲)陽極方式では電源不要

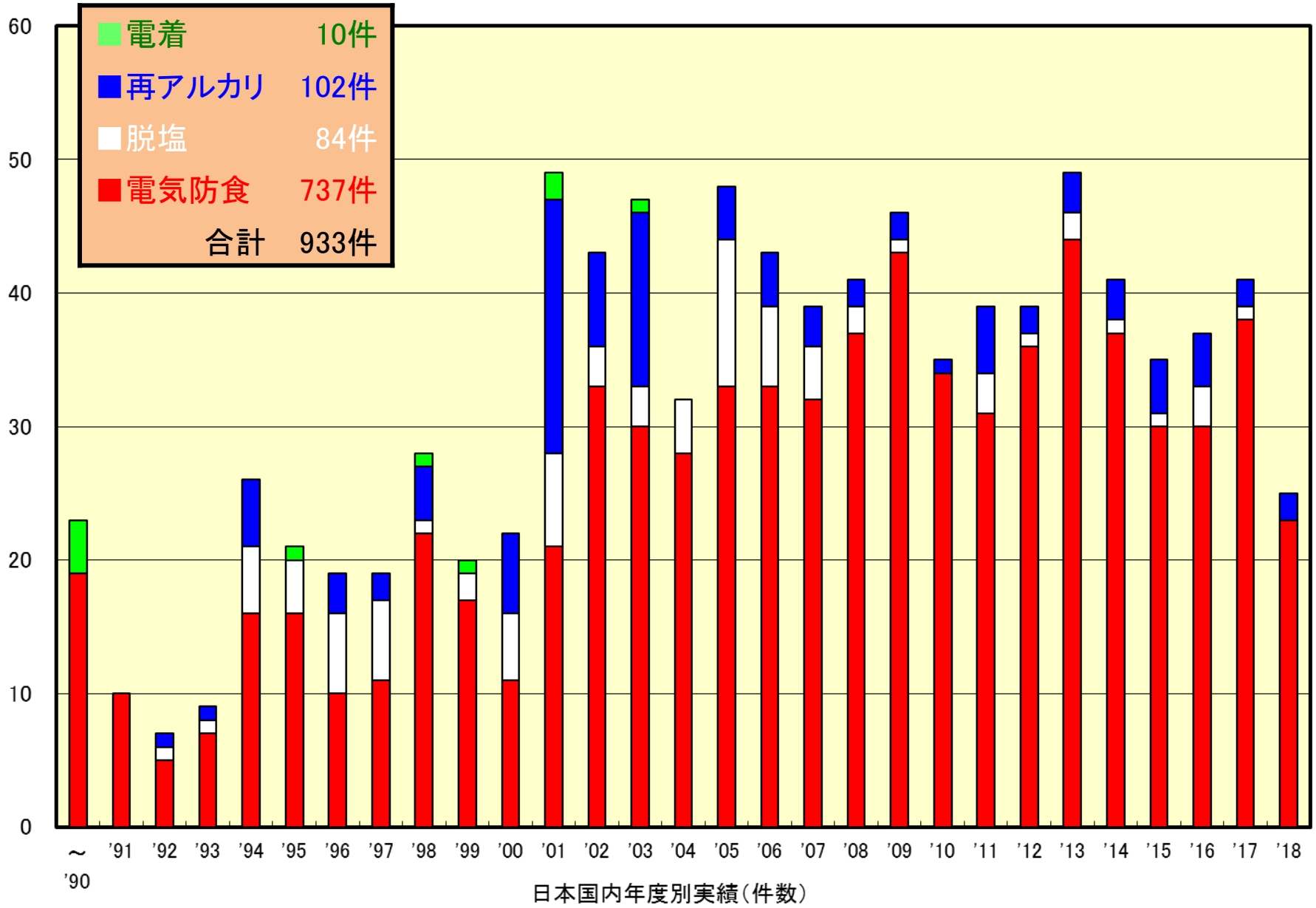
外部電源方式の場合

電柱や変圧器の有無を確認
上記無くても心配無用
施設近傍までの配電設備は電力会社負担
受電設備のみ利用者負担

どうしても電源が無い場合
ソーラーや風力などの自然エネルギーも利用可能

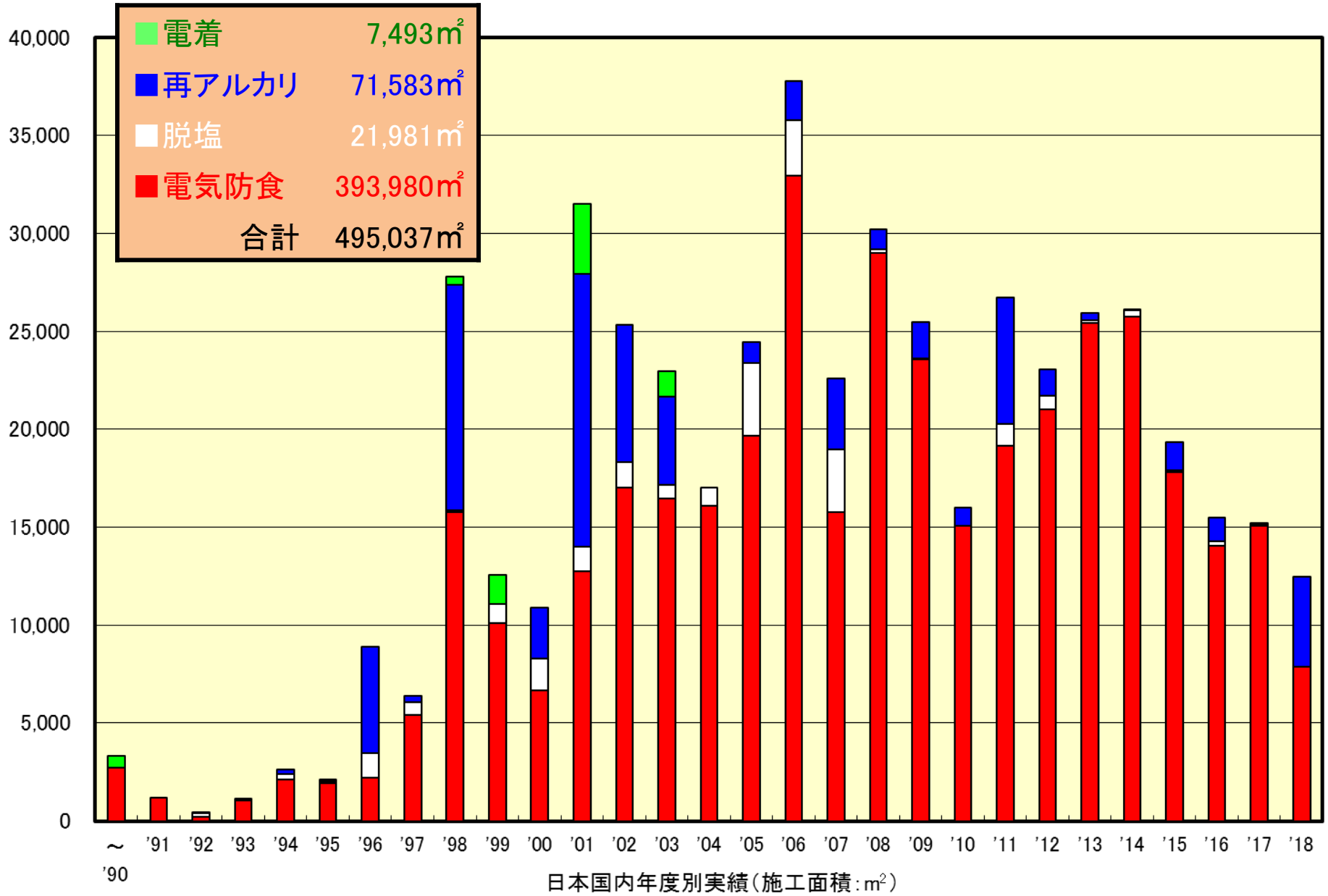
© 2019 CP工法研究会 & エルガード協会

電気化学的防食工法の施工実績推移(件数)



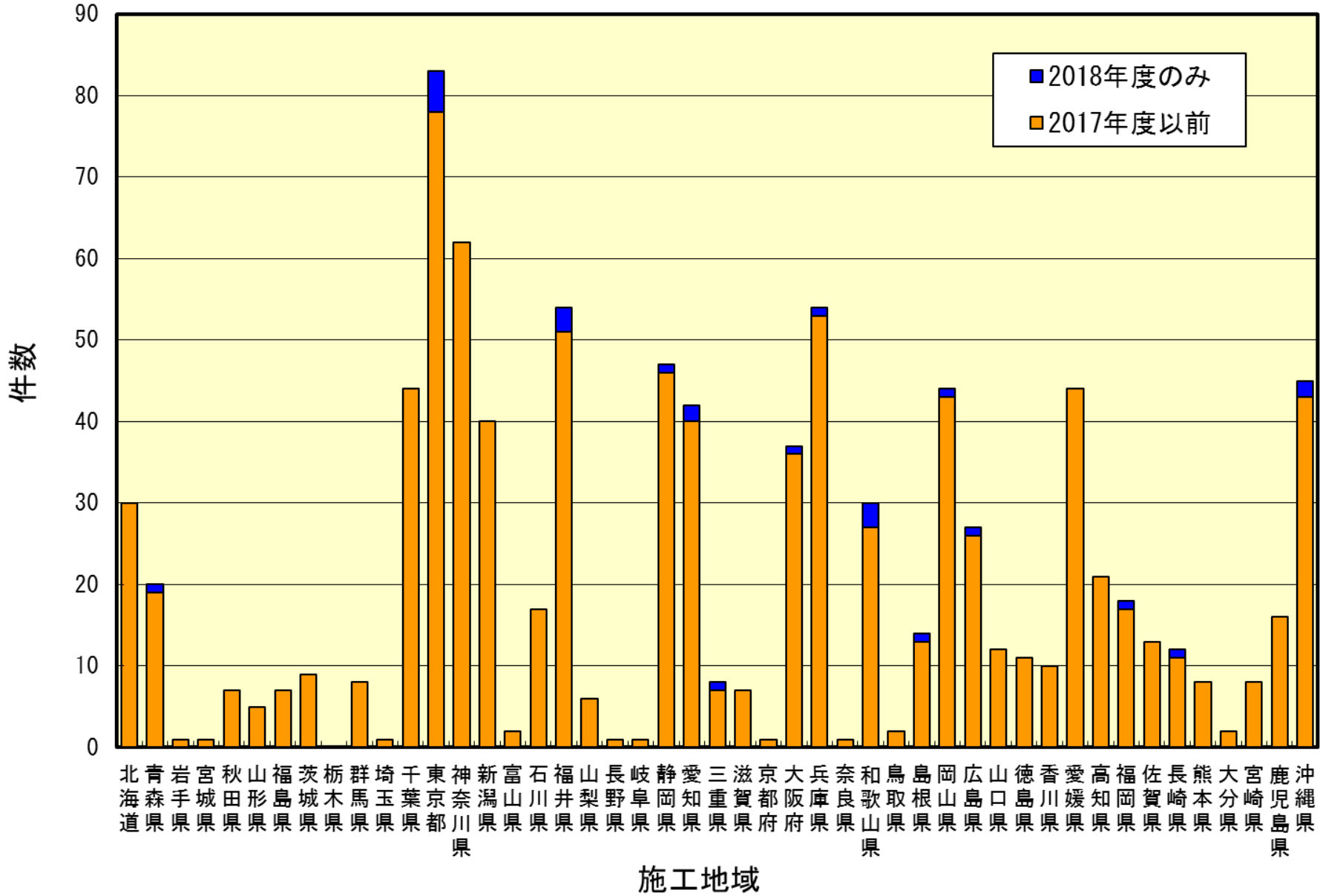
© 2019 CP工法研究会 & エルガード協会

電気化学的防食工法の施工実績推移(面積)



© 2019 CP工法研究会 & エルガード協会

電気化学的防食工法の地域別施工実績



© 2019 CP工法研究会 & エルガード協会

How to 電気防食？

© 2019 CP工法研究会 & エルガード協会

電気防食のマニュアル類

①「電気化学的防食工法設計施工指針（案）」（改訂作業中）

土木学会：コンクリートライブラリ107，2001/11

②「電気防食工法研究委員会報告書」

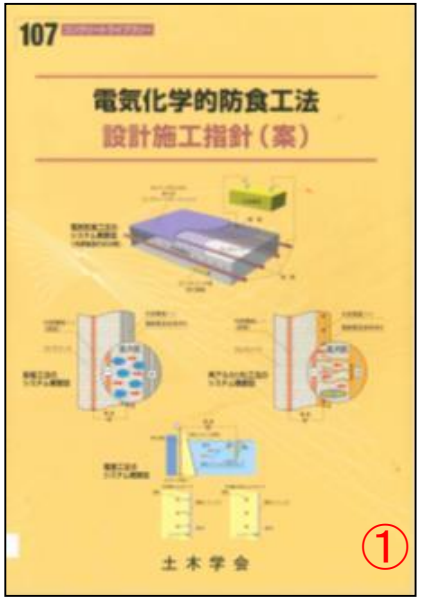
日本コンクリート工学会，1994/10

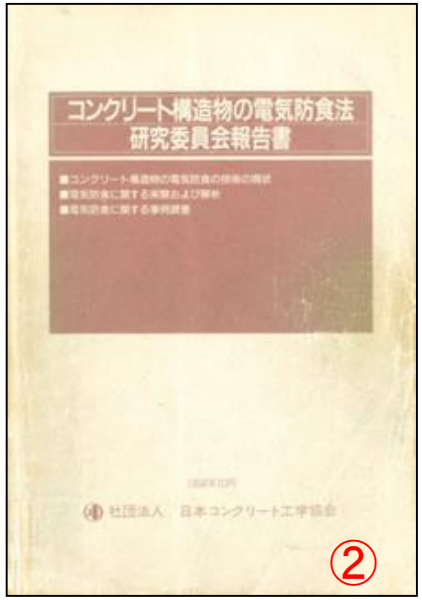
③「桟橋劣化調査・補修マニュアル」

東京港埠頭（株），2012/11

④「コンクリート構造物の電気防食Q＆A」

新建新聞社，日本エルガード協会編，2008/5





© 2019 CP工法研究会 & エルガード協会

電気防食設計の急所

①陽極の配置

1)1台の電源の防食範囲は500㎡以下が目安。

2)環境別に陽極が区画化されているか？

コンクリートの湿潤状態により電気回路抵抗が変わるので回路を分けておく必要がある。

3)配筋量・腐食程度に応じて陽極数量を変えているか？

配筋量が多ければ必要な防食電流も増えるので陽極数量も増加する。

②電線の太さ・配置

1)電線の太さは適当か？

電線の布設長さが長くなれば、電線抵抗も増すので、電線の径は太くなる。

2)電線の配置はある程度細かいか？

陽極配置は①により区分されているので、それに応じた電線配置になる。

© 2019 CP工法研究会 & エルガード協会

施工の実際1/2

①モニタリング装置設置工マーキング

モニタリング装置や陽極の設置位置をマーキングする.

②モニタリング装置設置工端子取付部はつり

マーキング位置のコンクリートをはつり出し鉄筋を露出させる.

③モニタリング装置設置工端子類取付け

排流･測定用端子を溶接する.
照合電極を鉄筋の近傍に設置する.

④モニタリング装置設置工鉄筋間導通確認

マルチメータを用いて排流線と鉄筋間の導通を確認し,
1mV未満であれば合格.

© 2019 CP工法研究会 & エルガード協会

施工の実際2/2

⑤モニタリング装置設置工はつり部復旧

コンクリートと同程度の抵抗率を有する無収縮のモルタルで埋戻す.

⑥陽極設置工溝切り,陽極設置,埋戻し

陽極を埋込むために溝切りを行う. 陽極・コンダクターバーを設置し修復材で埋戻す.

⑦配線配管工配線配管

コンダクターバーとリード線をプルボックス内で結線し, 直流電源装置まで配線配管を行う.

⑧直流電源設置工:電源設置,電流調整

直流電源装置の設置, 配線の接続を行う. 通電調整試験によって防食電流を決定し, 通電する.

© 2019 CP工法研究会 & エルガード協会

電気防食Q＆A

© 2019 CP工法研究会 & エルガード協会

電気代はどの程度？

1人暮らし向けの冷蔵庫

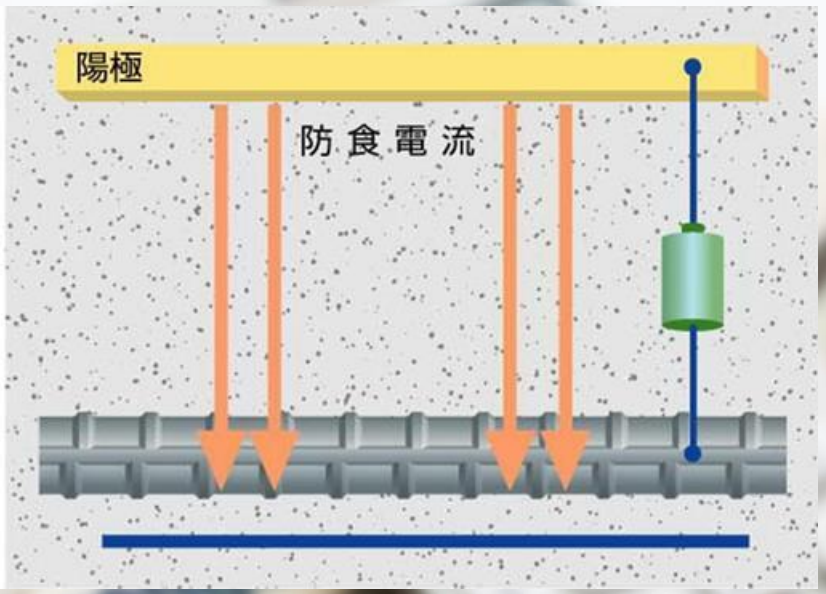
75L：年間消費電力243kWh

243kWh×25.91円＝6,296円

電気防食

500㎡：年間消費電力219kWh

219kWh×25.91円＝5,674円



防食面積	500㎡(1回路あたり最大)
通電電圧	5V(過去実績より)
防食電流	2.5A(500㎡×0.005A/㎡)
交流から直流への変換効率	50%
年間消費電力	5V×2.5A÷50%×8760h ＝219kWh

© 2019 CP工法研究会 & エルガード協会

適用後に管理者がやるべきことは？

点検	概　　要	頻度
日　常	維持管理者が定期的に目視可能な箇所について点検記録する 直流電源装置の運転ランプが点灯していることを確認する。	1回／月 管理者
定　期	専門知識を有する調査員が定期的に異常個所の有無を点検記録する 専門家による電位変化量の確認と適切な電流調整	1回／1～2年 専門メーカー コンサル
詳　細	専門知識を有する調査員が定期的に異常個所が確認された場合や天災などの異常時に実施する	1回／5年 （異常時） 専門メーカー コンサル

© 2019 CP工法研究会 & エルガード協会

管理者の点検

日常点検で受電ランプと運転ランプの点灯を確認する。

受電ランプ　運転ランプ

柱上（ちゅうじょう）型

受電ランプ　運転ランプ

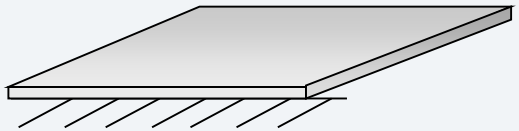
自立（じりつ）型

施工者は管理者がランプを目視確認しやすいように
電源装置の立地・方向性を管理者と協議し設置する。

© 2019 CP工法研究会 & エルガード協会

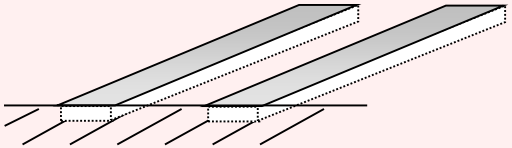
電気防食の種類？　その違い？

面状陽極



防食対象に対して陽極材を面状に設置
防食電流の均一性に優れる
複雑な形状の構造物への設置は難しい場合がる
死荷重が増加する場合がある
美観に優れる
表面塗装の撤去必要

線状陽極



防食対象に対して陽極材を線状に設置
配筋量などに応じた陽極設置が可能
複雑な形状の構造物への設置は概ね容易
死荷重が増加はあまりない
線状の模様が付く
工法によっては表面塗装の撤去不要

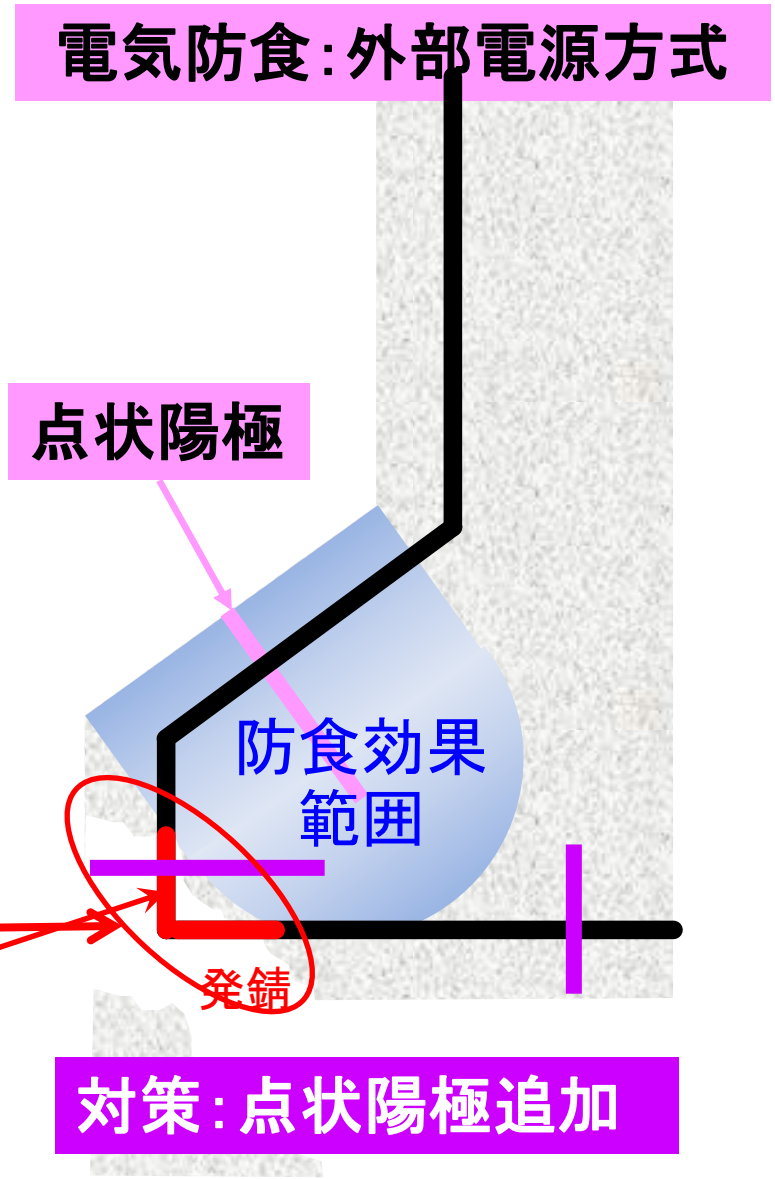
いずれも防食効果に違いは無い！

※図：コンクリート構造物の電気防食　Q&A　日本エルガード協会編から一部抜粋

© 2019 CP工法研究会 & エルガード協会

電気防食に失敗はないか？

あります！　陽極配置不足による防食効果不足



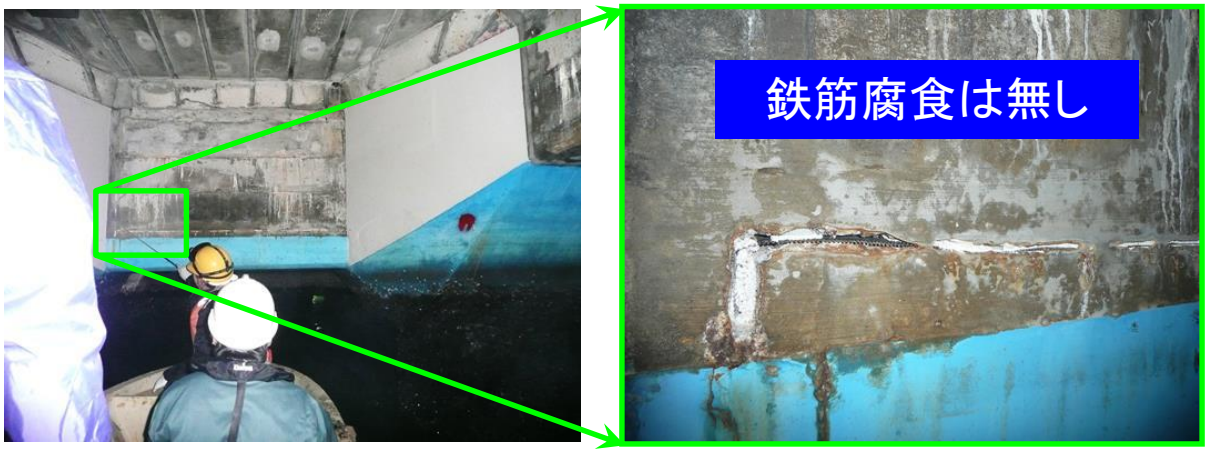
剥離・剥落箇所

防食効果不足

© 2019 CP工法研究会 & エルガード協会

他に電気防食に失敗はないか？

あります！　陽極充填モルタルの変色　ただし防食効果はあり！



原因　外電不溶性陽極による電気化学反応：$H_2O \rightarrow 1/2O_2 \uparrow + 2H^+ + 2e^-$
（流電陽極方式では陽極自体が溶けるため、この現象は起こらない。）
陽極電流密度高くH^+（酸性イオン）が増加・中性化しモルタルが劣化・変色
通常はコンクリートのアルカリ（OH^-）と中和し変色は顕在化しない
陰極（鉄筋）電気化学反応：$H_2O + 1/2O_2 + 2e^- \rightarrow 2OH^-$ ⇒ OH^-は不足なし

対策　陽極かぶり不足　→陽極かぶりを十分にとる
陽極電流密度増大　→陽極設置数量を増やす
充填モルタルの改良→耐酸性モルタル
定期的な補修　→陽極は健全なので定期的にモルタルを充填する

現在では変色無し！

© 2019 CP工法研究会 & エルガード協会

その他の問題は？

自然災害等の不可抗力

原因：台風
対策：修理
予防：材質変更
（金属製）
設置位置
（物陰）

流木が衝突しプルボックス破損

原因：落雷
対策：取替
予防：避雷器類

落雷による過大電流で電子部品焼損

経年劣化

原因：紫外線
対策：修理
予防：材質変更
材料変更
（エルボ）
設置位置
（物陰）

経年劣化で応力負荷部劣化

原因：経年劣化
対策：取替
予防：定期清掃
定期取替

経年劣化でゴムパッキン劣化

© 2019 CP工法研究会 & エルガード協会

電気防食の
最近の研究って何？

© 2019 CP工法研究会 & エルガード協会

公益団体との共同研究

土木学会(CP工法研究会・エルガード協会他)

コンクリートライブラリー107「電気化学的防食工法設計施工指針(案)」の改訂

土木研究所(東北大学・CP工法研究会・エルガード協会他)

電気防食工法を用いた道路橋の維持管理手法に関する研究

電気防食適用橋梁の実態調査

電気防食工の技術整理、間欠通電適用検討、電気防食システム標準化

(新たな活用)

日本コンクリート工学会-JCI-(エルガード協会他)

軍艦島共通試験

東洋大学(エルガード協会)

干満帯の電気防食基準　ConMat2016で成果発表

岐阜大学(エルガード協会)

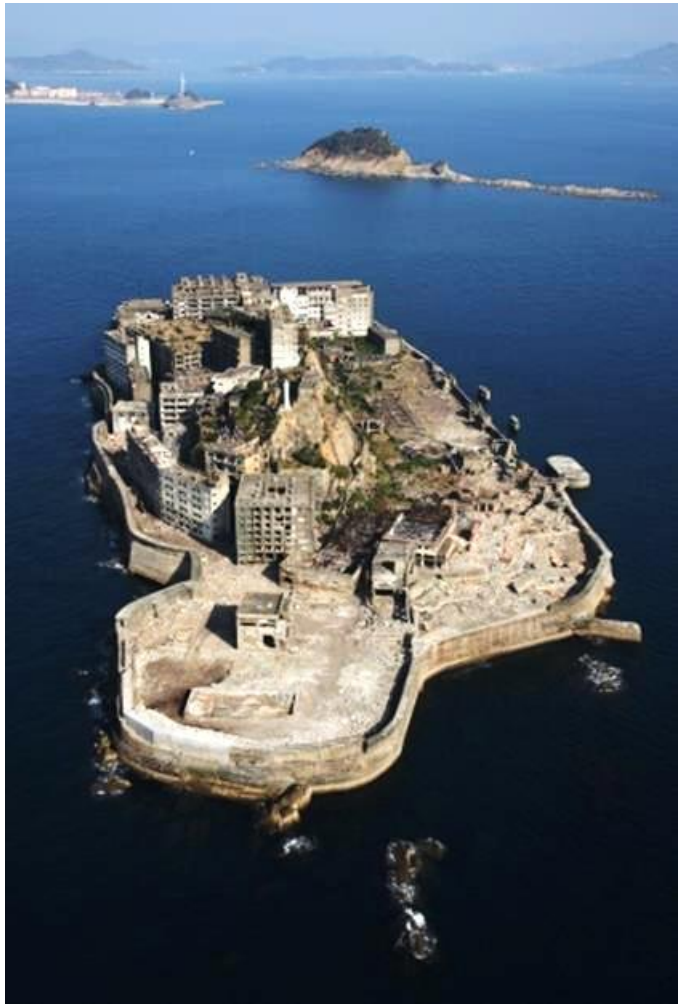
電気防食のLCM研究、電気防食の効果は何に影響されるか？

© 2019 CP工法研究会 & エルガード協会

JCI公募「軍艦島共通試験」

トピックス

世界遺産・軍艦島での
電気防食の長期性能
検証試験に **チャレンジ！！**



日本エルガード協会
東洋建設
ショーボンド建設
ナカボーテック
日本防蝕工業
住友大阪セメント

協会会員5社との協同応募

© 2019 CP工法研究会 & エルガード協会

ご清聴ありがとうございました。

© 2019 CP工法研究会 & エルガード協会

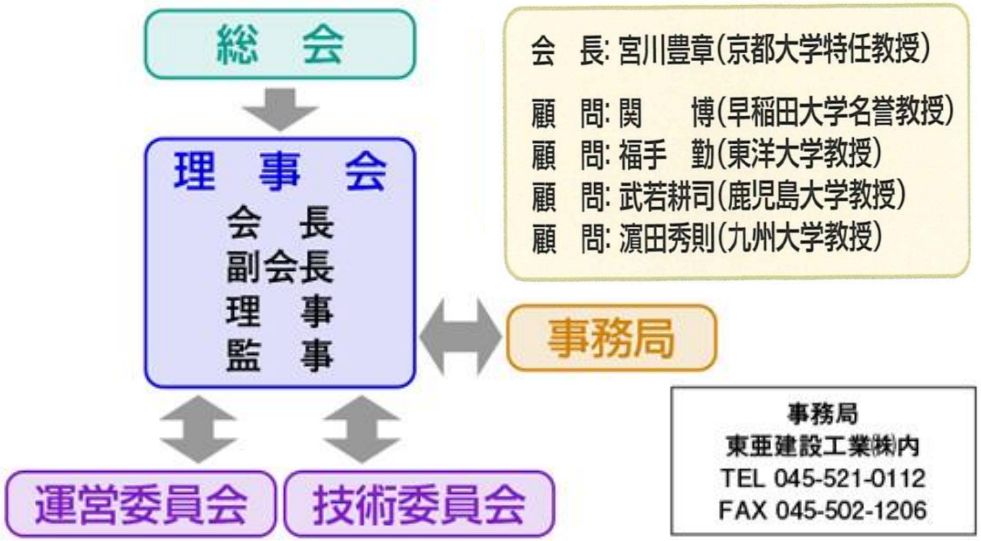
付属資料

© 2019 CP工法研究会 & エルガード協会

CP工法研究会詳細

設立	時期	平成4(1992)年4月
	目的	電気化学的防食工法の普及調査・診断から補修、効果の測定、保守管理まで トータルなシステムの整備

組織・会員



エステック	ナカボーテック
オリエンタル白石	日本防蝕工業
国際建設技術研究所	ニューテック康和
五洋建設	ピーエス三菱
住友大阪セメント	BASFジャパン
大日本塗料	本間組
デンカ	三井住友建設
東亜建設工業	みらい建設工業
東洋建設	若築建設
飛島建設	(以上19社)

活動概要

普及活動の実施	技術講演会の開催、学協会主催の技術講演会等での工法展示、 技術紹介論文の発表、専門誌・新聞等への広告
学術研究の実施	自主研究、土木学会、日本材料学会、JCI等との共同研究
技術指針類の作成	設計施工マニュアルの作成、学協会等による指針作成の支援 「コンクリートライブラリー107電気化学的防食工法設計施工指針(案)」
施工実績の調査	工法別の施工実績調査(毎年)

© 2019 CP工法研究会 & エルガード協会

日本エルガード協会詳細

設立	時期	2001年
	目的	コンクリート構造物の塩害対策である電気防食法「エルガードシステム」の普及を目的とした協会

組織・会員

電気防食技術研究会会員：24社
会長：住友大阪セメント・副会長：東洋建設

アースデザインエンジニアリング	CORE技術研究所	日本工営
東コンサルタント	シーテック	日本港湾コンサルタント
アジア技術コンサルタント	中研コンサルタント	ニュージェック
いであ	千代田コンサルタント	パシフィックコンサルタント
オリエンタルコンサルタンツ	ドラムエンジニアリング	ビューテック
キタコン	ニシキコンサルタント	保全技術
建設技術研究所	西日本技術開発	ポートコンサルタント
コサカ技研	日本海洋コンサルタント	みちのく計画

日本エルガード協会
会長　住友大阪セメント
副会長　ショーボンド建設

総会

協会会員：23社

特別会員A：13社
- IHIインフラ建設
- あおみ建設
- エスイーリペア
- 五洋建設(理事・技術)
- ショーボンド建設(副会長)
- フジタ
- 東亜建設工業
- 東洋建設(理事・LCM)
- 奈良建設
- 日本ピーエス
- 富士ピーエス
- 三井住友建設(理事・施工)
- 若築建設

正会員：7社
- SNC
- エステック
- 化工建設
- 関西化工建設
- ナカボーテック(理事・広報)
- 日本防蝕工業(監事)
- ニューテック康和

賛助会員：5社
- エステック
- 化工建設
- 関西化工建設
- ナカボーテック
- 日本防蝕工業

準会員：2社
- ケミカル工事
- 中部化工建設

特別会員B：1社
- 住友大阪セメント(会長)

理事会
- 監事：1社
- 理事：6社
- 顧問　福手勤(東洋大学)　宮川豊章(京都大学)
- 事務局　住友大阪セメント

技術委員会　施工委員会　広報委員会　LCM特別施工委員会

次世代技術者の会

活動概要

特別記念講演
2001年より毎年1回
計16回

技術講習会
2003より1～6回/年
計30回開催・全国14箇所

ディスカッションセミナー
2006年より
計7回・全国7箇所

電気防食管理技術者
2004年より毎年1回
東京・大阪にて
554名(2018年3月現在)

共同研究
土木研究所、材料学会、東洋大学、東北大学、岐阜大学、JCI、CP研

© 2019 CP工法研究会 & エルガード協会