



平成22年度「技術発表会(PAT)」

亜鉛・アルミ擬合金溶射による 電気防食工法の紹介

飛島建設株式会社



コンクリート構造物の塩害劣化(橋梁)



海浜地域でのT桁橋の劣化



融雪剤による橋梁端部の劣化



ひび割れ



かぶりコンクリートの
はくりと鉄筋の発錆



浮き、はくり、鉄筋の発錆



コンクリート構造物の塩害劣化(棧橋)



はり、スラブの塗膜の
はがれと浮き



はつり後の発錆状況



コンクリート構造物の補修技術

<劣化機構と補修技術>

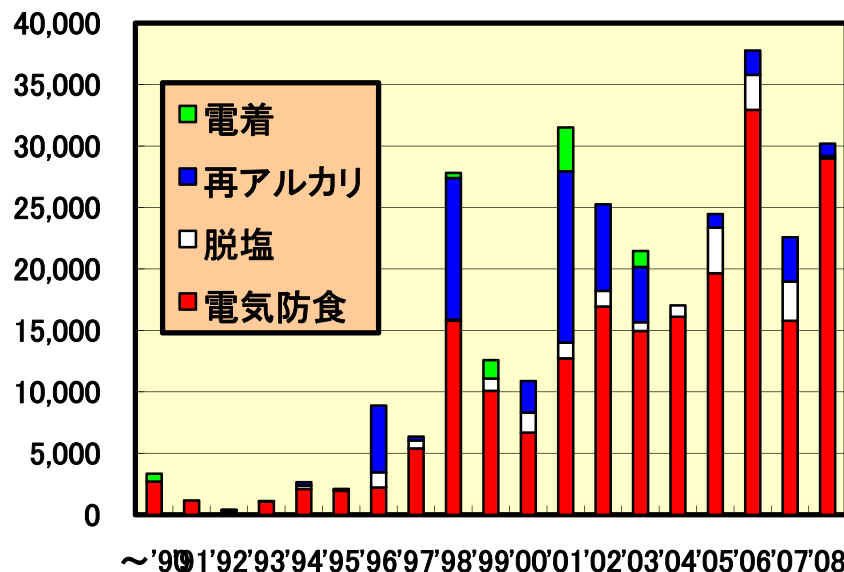
劣化機構	補修方針	補修工の構成
中性化	<ul style="list-style-type: none">・ 中性化したコンクリートの除去・ 補修後のCO₂水分の浸入抑制・ 中性化したコンクリートへのCO₂の供給	<ul style="list-style-type: none">・ 断面修復工・ 表面処理工・ 再アルカリ化工・ 電気防食工
塩害	<ul style="list-style-type: none">・ Cl⁻を含むコンクリートの除去・ 補修後のCl⁻, 水分, 酸素の浸入抑制制・ コンクリート中のCl⁻の除去・ 鉄筋の電位制御	<ul style="list-style-type: none">・ 断面修復工・ 表面処理工・ 脱塩工・ 電気防食工
凍害	<ul style="list-style-type: none">・ 劣化したコンクリートの除去・ 補修後の水分浸入抑制・ コンクリートの凍結融解抵抗性の向上	<ul style="list-style-type: none">・ 断面修復工・ 表面処理工
化学的侵食	<ul style="list-style-type: none">・ 劣化したコンクリートの除去・ 有害化学物質の浸入抑制	<ul style="list-style-type: none">・ 断面修復工・ 表面処理工
アルカリ骨材反応	<ul style="list-style-type: none">・ 水分の供給抑制・ 内部水分の散逸促進・ アルカリ骨材反応抑制	<ul style="list-style-type: none">・ 表面処理工・ リチウム圧入工
疲労 (道路橋鉄筋コンクリート床版の場合)	<ul style="list-style-type: none">・ 軽微な場合にはひび割れ進展の抑制	(大半は補強に該当する)



電気防食工法とは

電気防食工法は、**電気化学的防食工法**のなかでも利用実績が最も多く以下の特徴を有す。

- ◆塩害、中性化などによる生じた鉄筋などのコンクリート中の鋼材の発錆を電気化学的作用により確実に抑制
- ◆施工後通電調整などのメンテナンスが必要
- ◆初期コストが高い(6~8万円/m²程度)



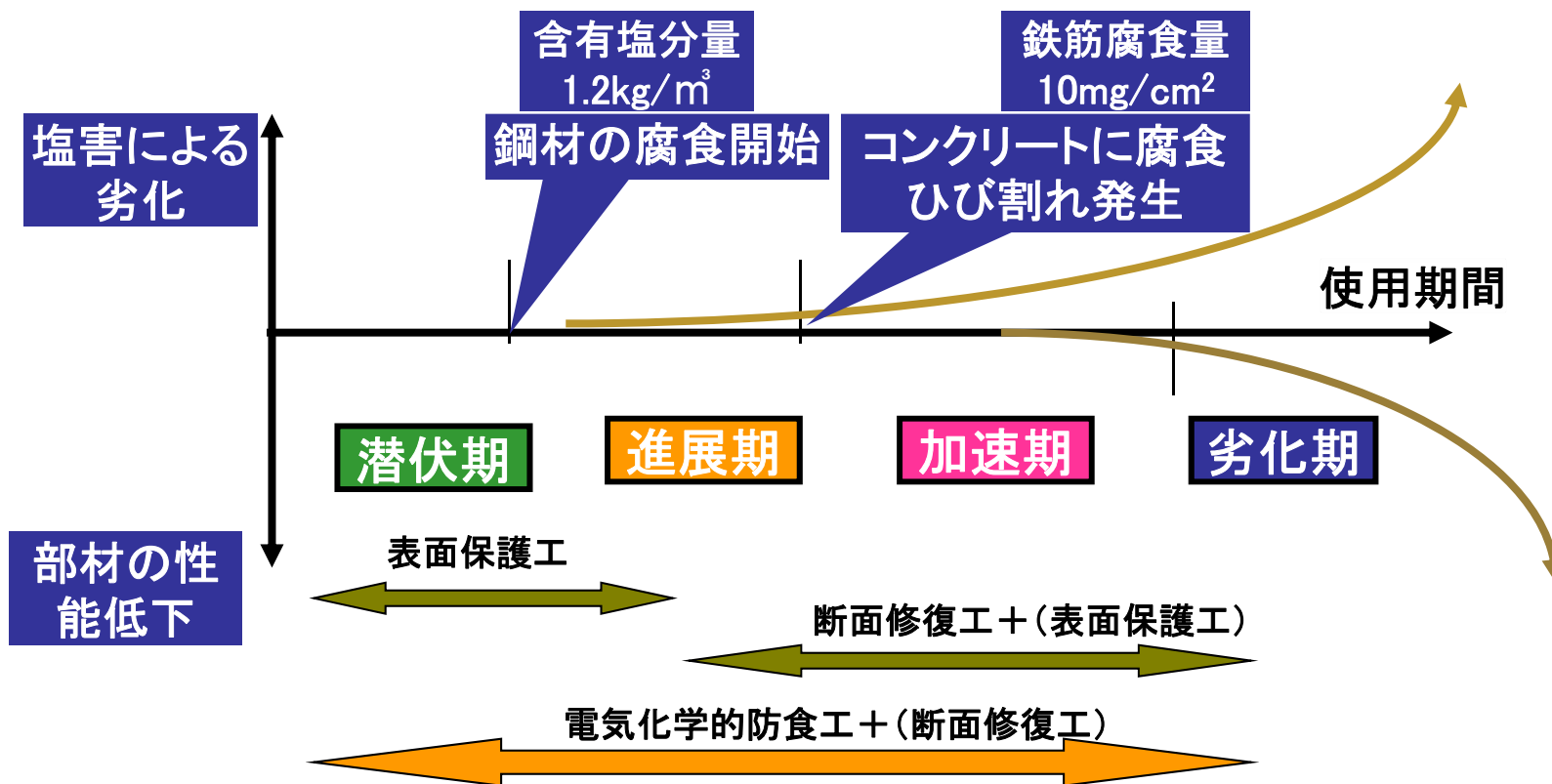
電気化学的防食工法施工面積実績

(コンクリート構造物の電気化学防食工法研究会資料より)



電気防食工法の適用性

- ◆ 電気防食工法は**予防保全対策**から劣化期の**事後保全対策**まで幅広いライフステージでコンクリート構造物の劣化抑制できる。



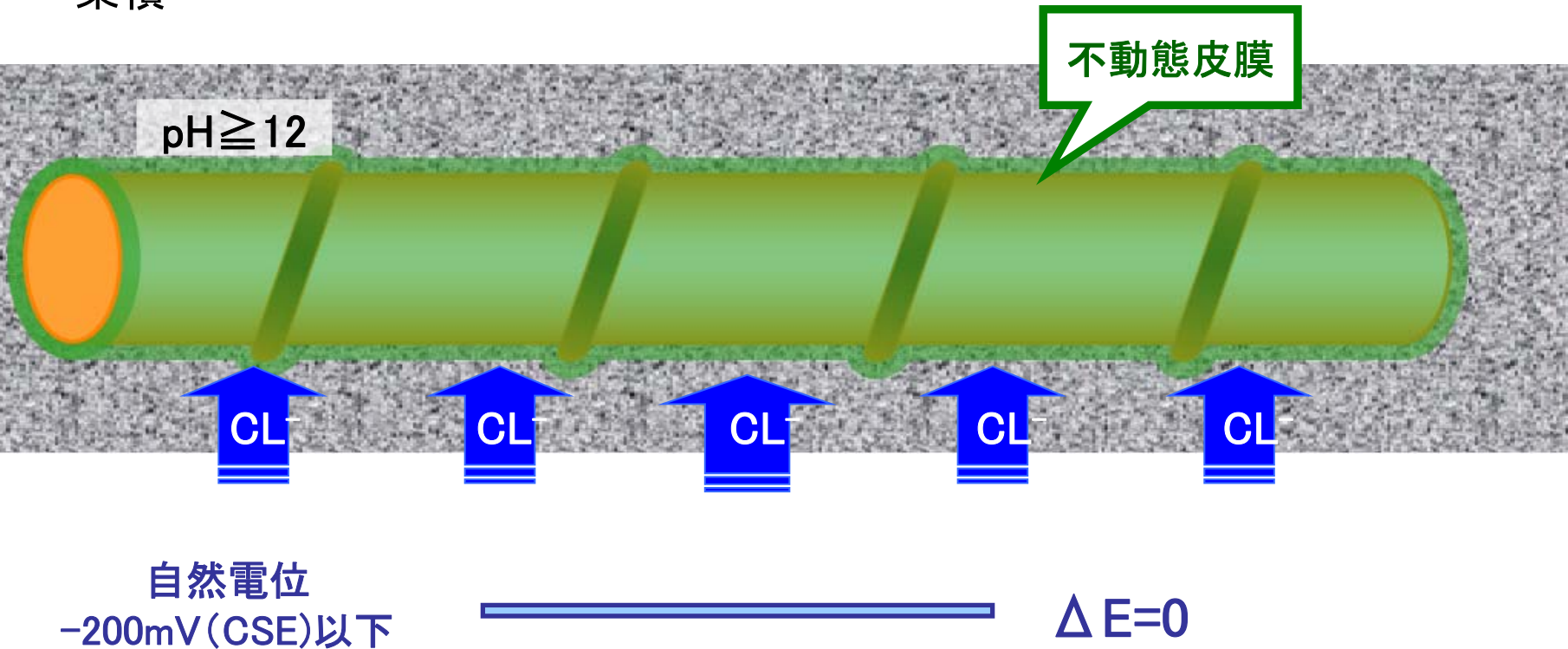
注)2001年制定 土木学会 コンクリート標準示方書 [維持管理編] p99 塩害劣化過程



電気防食の原理

<潜伏期の鋼材腐食と鉄筋電位>

- ◆コンクリート表面の塩化物イオンがコンクリート中に拡散し、鉄筋周りに集積

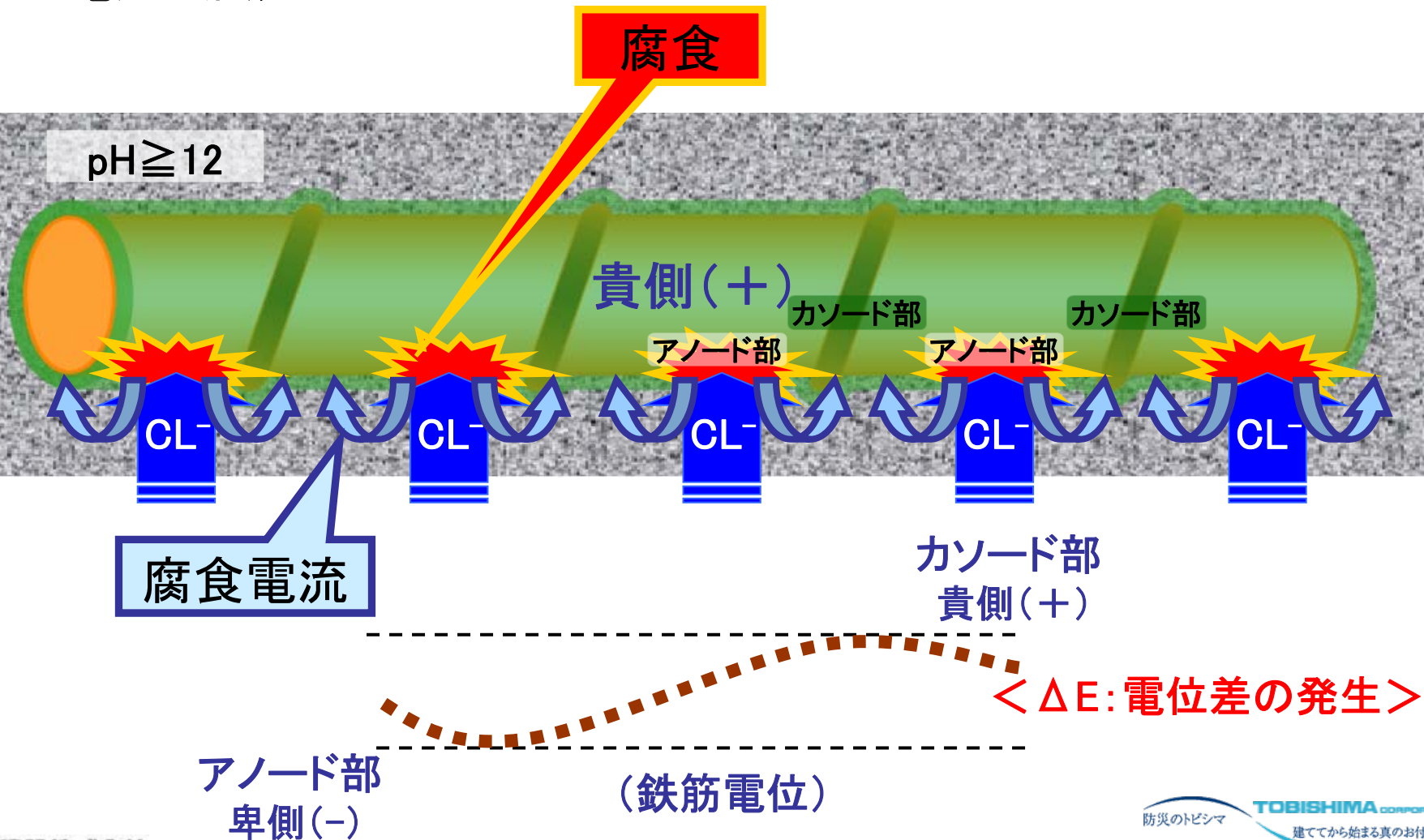




電気防食の原理

<進展期の鋼材腐食と鉄筋電位>

◇不導体皮膜の破壊により点錆が発生、マイクロ(マクロ)セルによる腐食電池の形成

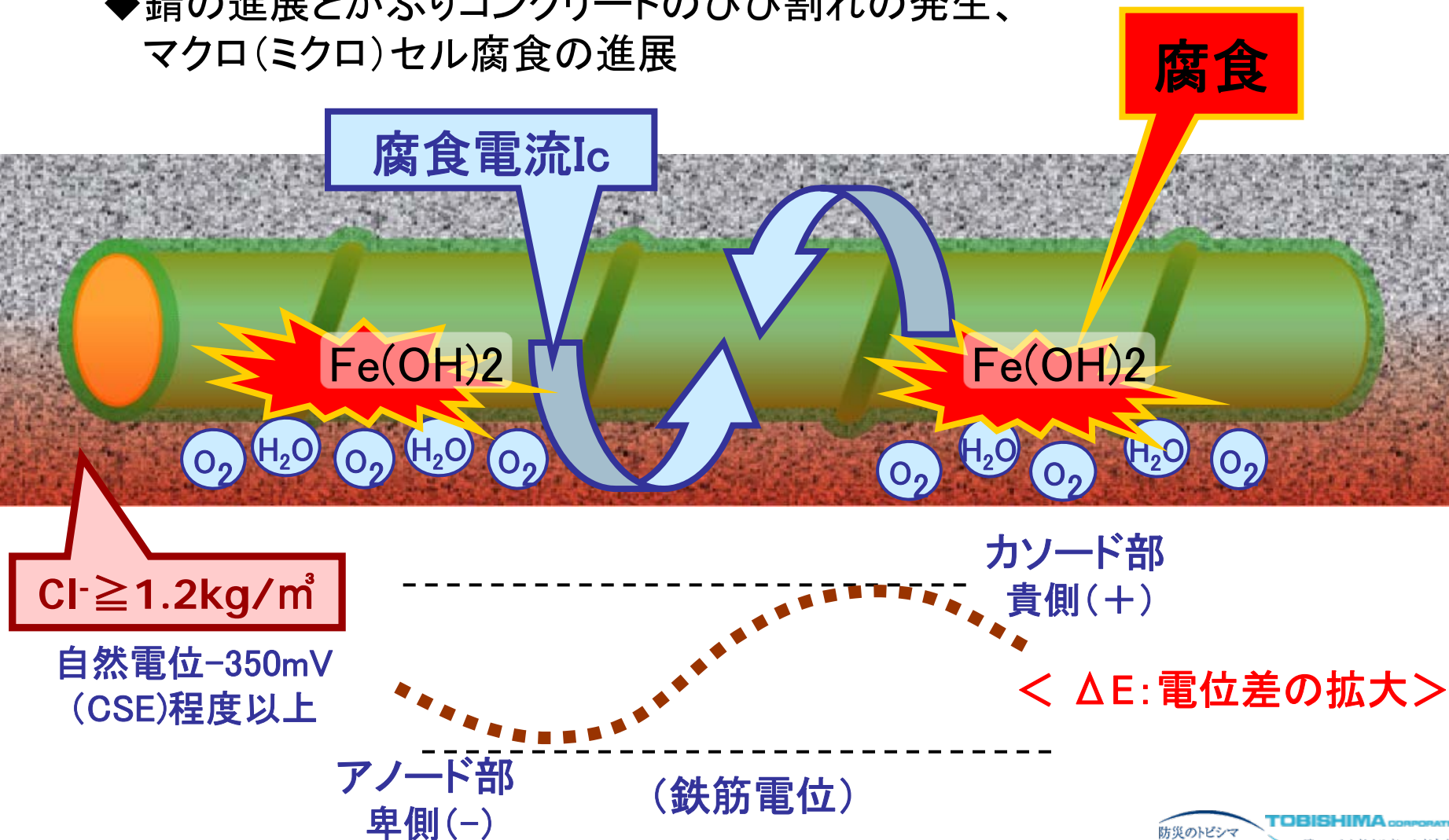




電気防食の原理

<加速期の鋼材腐食と鉄筋電位>

- ◆ 錆の進展とかぶりコンクリートのひび割れの発生、マクロ(ミクロ)セル腐食の進展

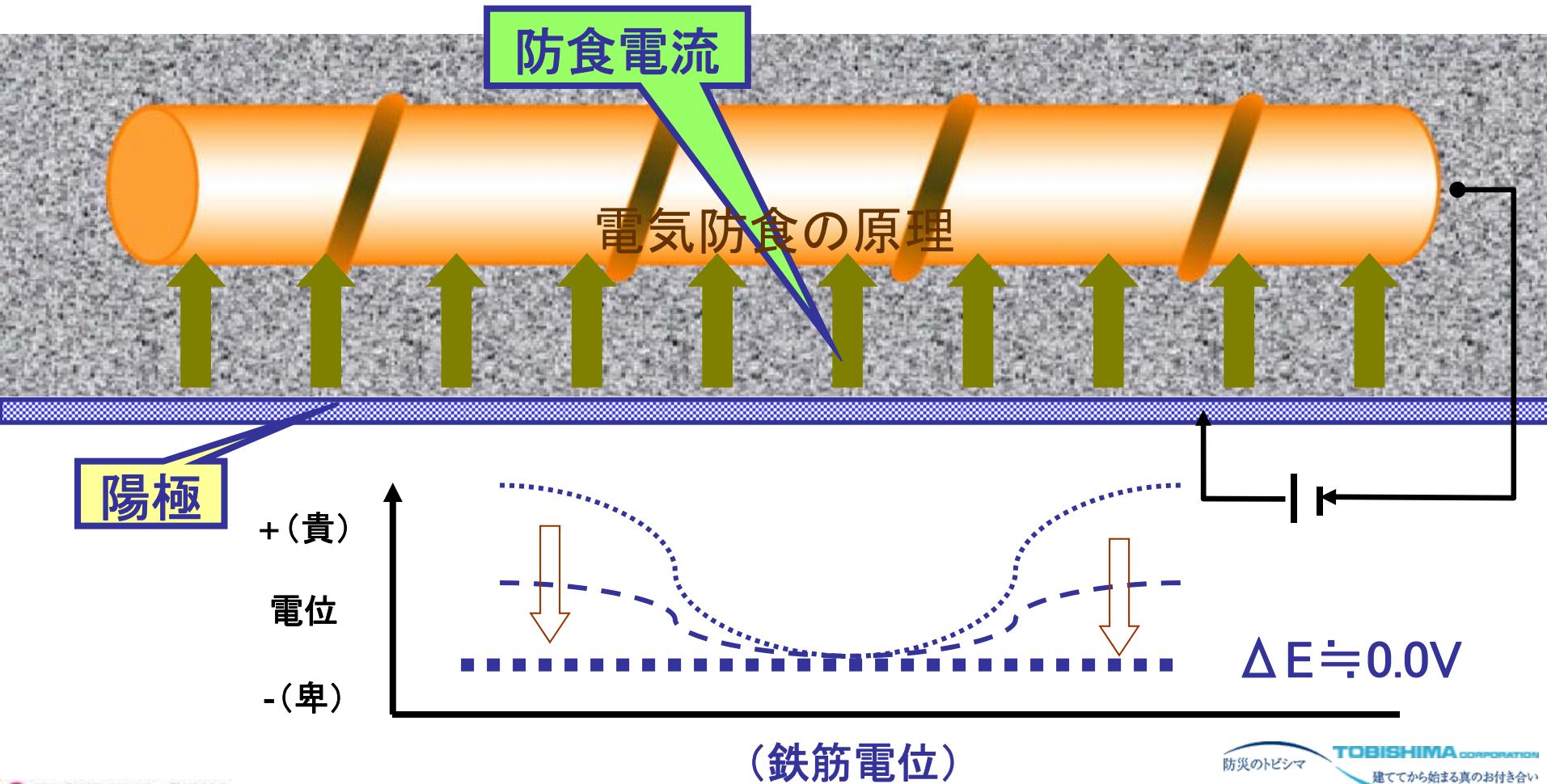




電気防食の原理

<防食電流の印加による腐食反応の停止>

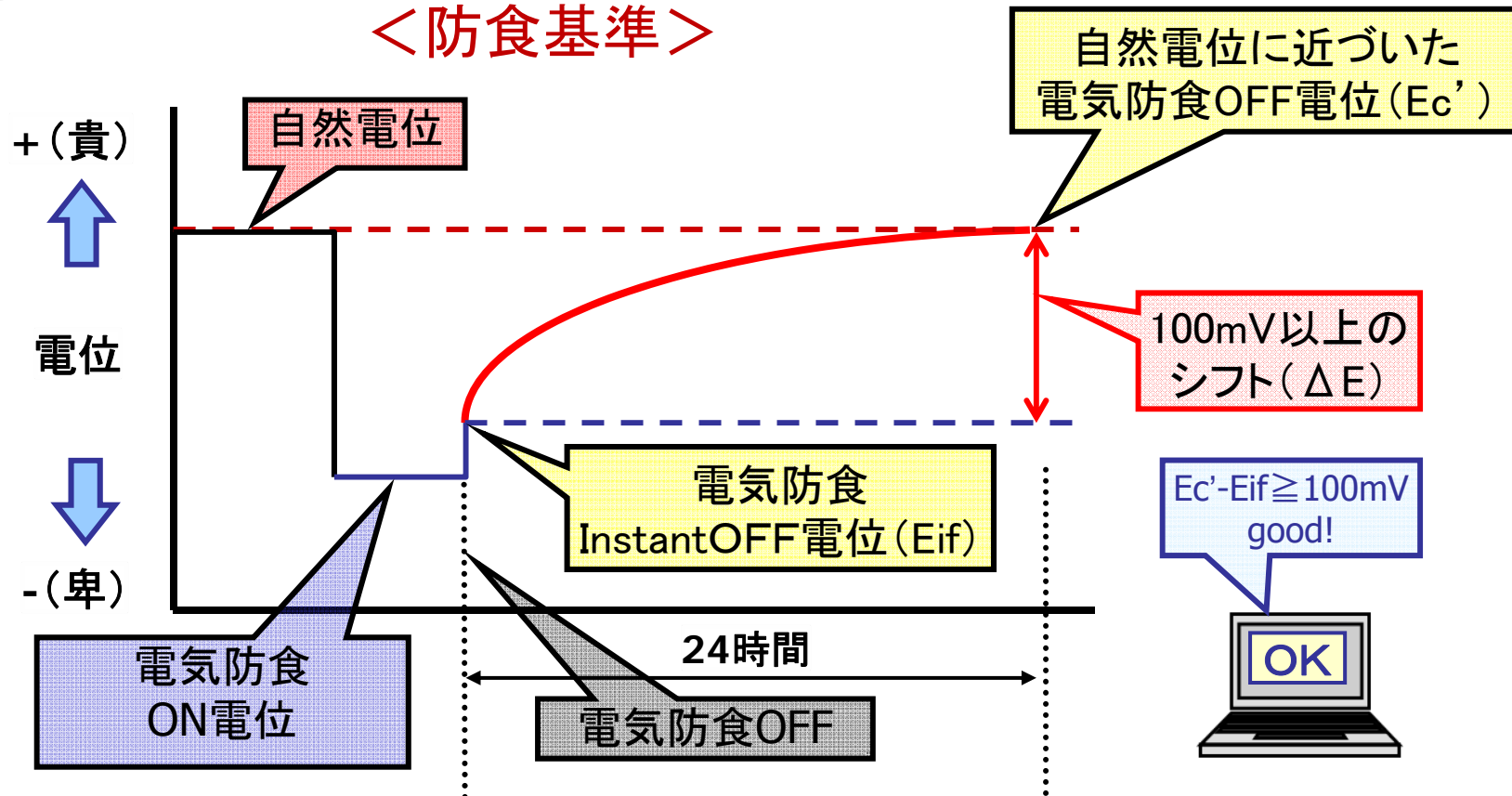
- ◆コンクリート表面に設置した陽極から防食電流を供給することで鉄筋電位が均一化しマクロセルが解消、鉄筋の腐食が停止





電気防食の原理

<防食基準>



防食基準 → 復極量が100mV以上

※復極量-防食電流遮断直後(スイッチOFF)の鉄筋電位と24時間放置した時点の鉄筋電位の差

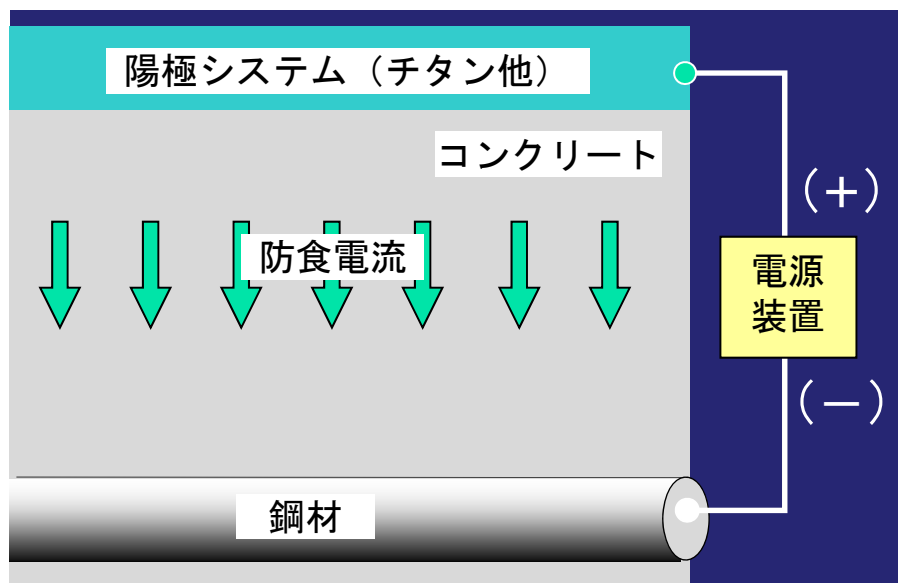


電気防食工法の種類

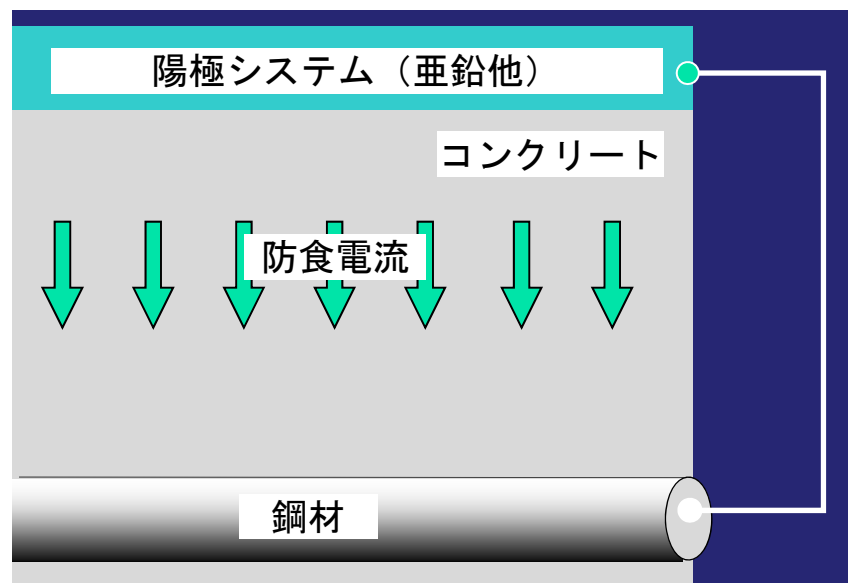
<防食電流の供給方法による分類>

- ◆ **外部電源方式** — 直流電源装置を用いて陽極材から鉄筋に電流を供給
 - ・ 印加電流の調整により一定の防食性能を維持
 - ・ 防食性能維持のための維持管理が必要
- ◆ **流電陽極方式** — 鉄と陽極材とのイオン化傾向の差を起電力として電流を供給
 - ・ 電流の調整不要であり、維持管理は殆ど不要
 - ・ 環境変化(温度, 湿潤)の影響を受け、防食性能が変動

(外部電源方式)



(流電陽極方式)





電気防食工法の種類

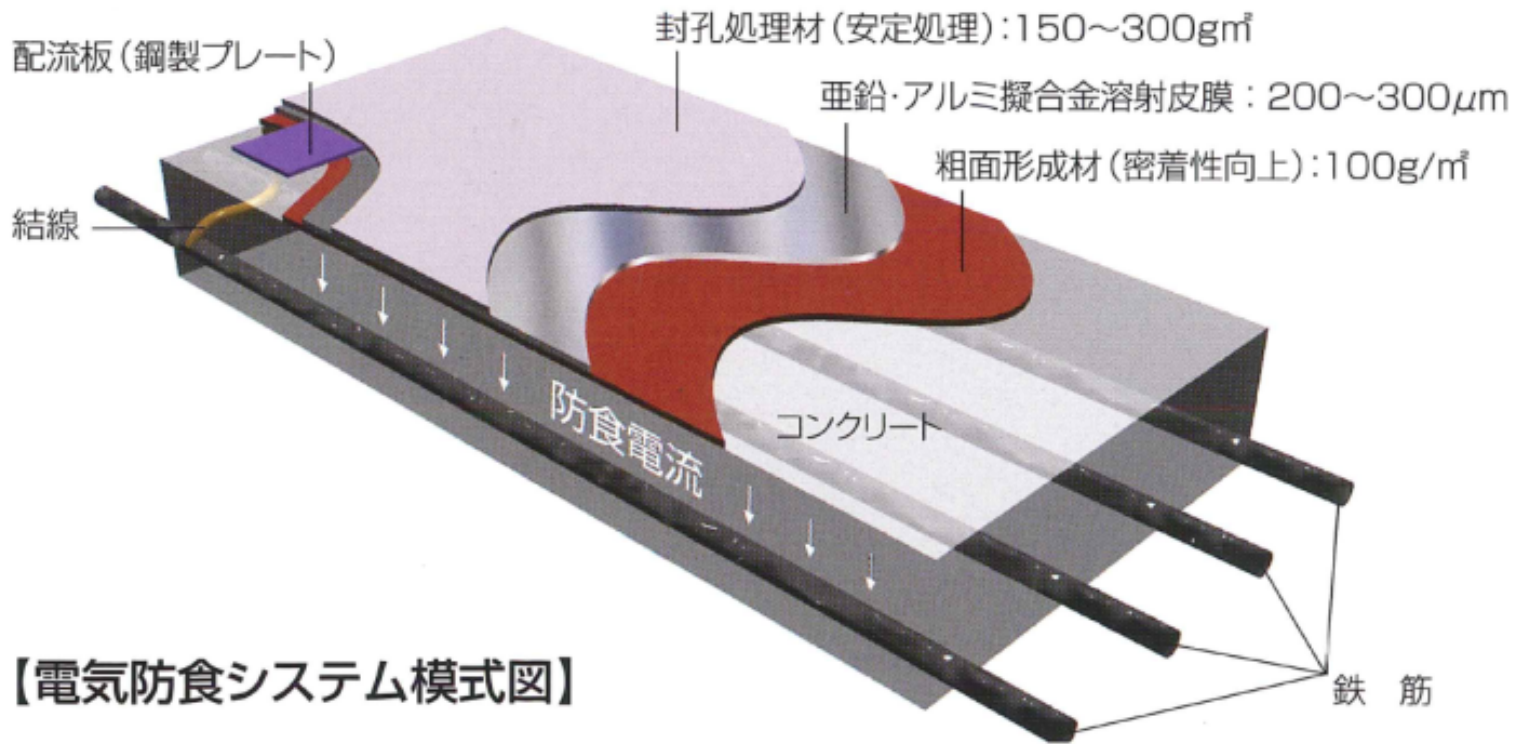
＜陽極材の種類による分類＞

外部電源方式	面状陽極	チタンメッシュ陽極方式
		パネル陽極方式
		導電性塗料方式(ソロCPアノード30方式)
		導電性塗料方式(キャプロンコート方式)
		チタン溶射方式
		導電性モルタル方式
	線状陽極	チタンリボンメッシュ方式
		チタングリッド方式
		チタントレイ方式
		ニッケル被覆炭素繊維方式
点状陽極	チタンロッド方式	
流電陽極方式	面状陽極	亜鉛シート方式
		亜鉛・アルミ擬合金溶射方式
		アラパネル方式



亜鉛・アルミ擬合金溶射による電気防食工法

<システム構成>



【電気防食システム模式図】

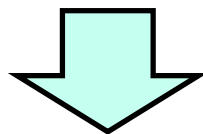
- 配流板-鉄筋との回路形成
- 粗面形成材-溶射被膜の付着性向上
- 亜鉛・アルミ擬合金皮膜-犠牲陽極材としての作用
- 封孔処理材-溶射金属の安定化処理



亜鉛・アルミ擬合金溶射による電気防食工法

<工法の特徴>

- ◆ 流電陽極方式の電気防食工法であり、維持管理の負担が軽微
- ◆ 鋼材腐食が軽微な「塩害劣化の進展期あるいは部分断面修復後の再劣化」を対象とした予防保全に適合
- ◆ 「塗布型の陽極システム」のため、複雑な部材形状に適合
- ◆ 従来方式に比べ初期コストが大幅にダウン(30%~40%)
- ◆ 「溶射+封孔処理材」の仕上げは、美観に優れ色合わせも可能
- ◆ 寿命は10から15年、再溶射により更新可能



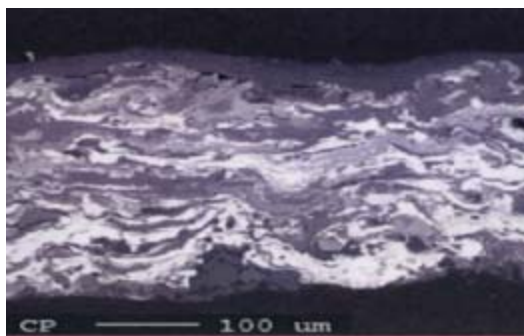
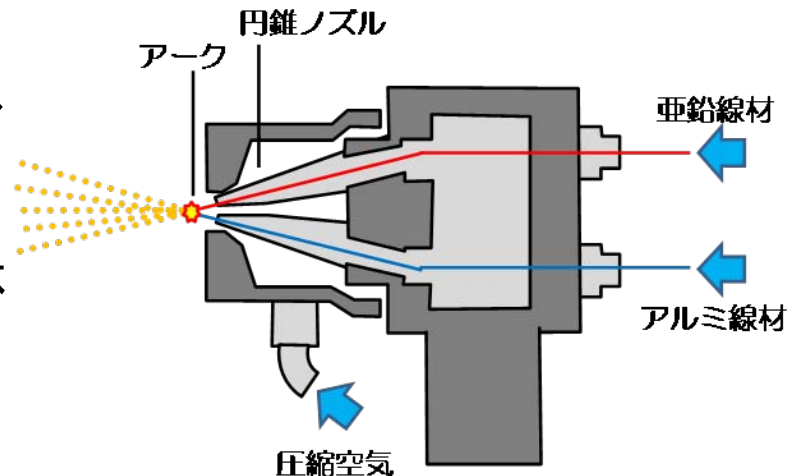
防食機能を有する塗装



亜鉛・アルミ擬合金溶射による電気防食工法

<擬合金溶射>

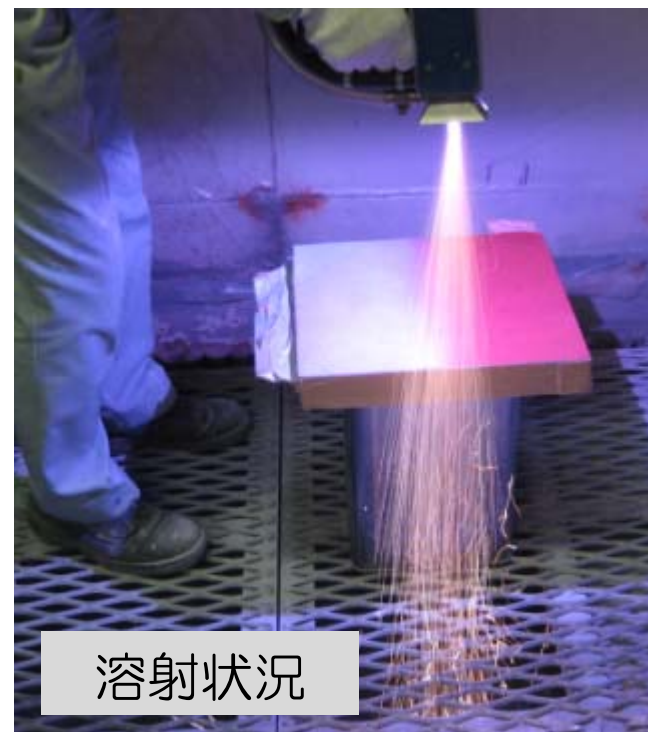
- ・亜鉛とアルミの線材をアークにより溶融させ、**圧縮空気**で溶滴を加速、**微粒子化**、**冷却**し、半溶融状態で基材表面に付着させる方式
- ・亜鉛とアルミは、**擬合金**と呼ばれる複層一体構造をなす



- ← 封孔材
- ← 亜鉛・アルミ擬合金
- ← 粗面形成材
- ← コンクリート

溶射皮膜の顕微鏡写真

- ・溶射金属が高温にならない**常温溶射方式** (特許第1626558号)のため、コンクリートが受ける熱の影響がほとんどないため「めくれ」「はがれ」が生じにくい。



溶射状況



亜鉛・アルミ擬合金溶射による電気防食工法

< 施工手順-1 >

配流板の設置



下地調整



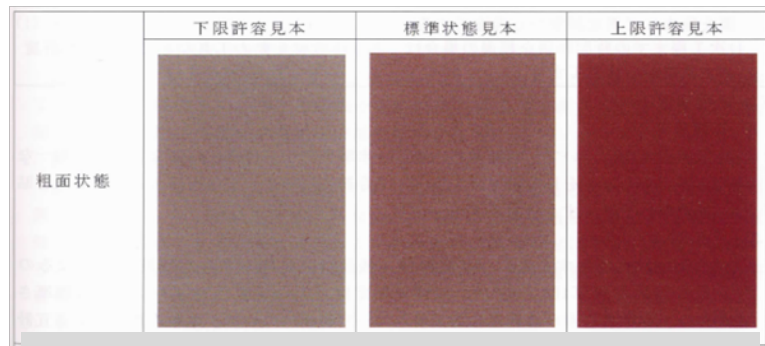
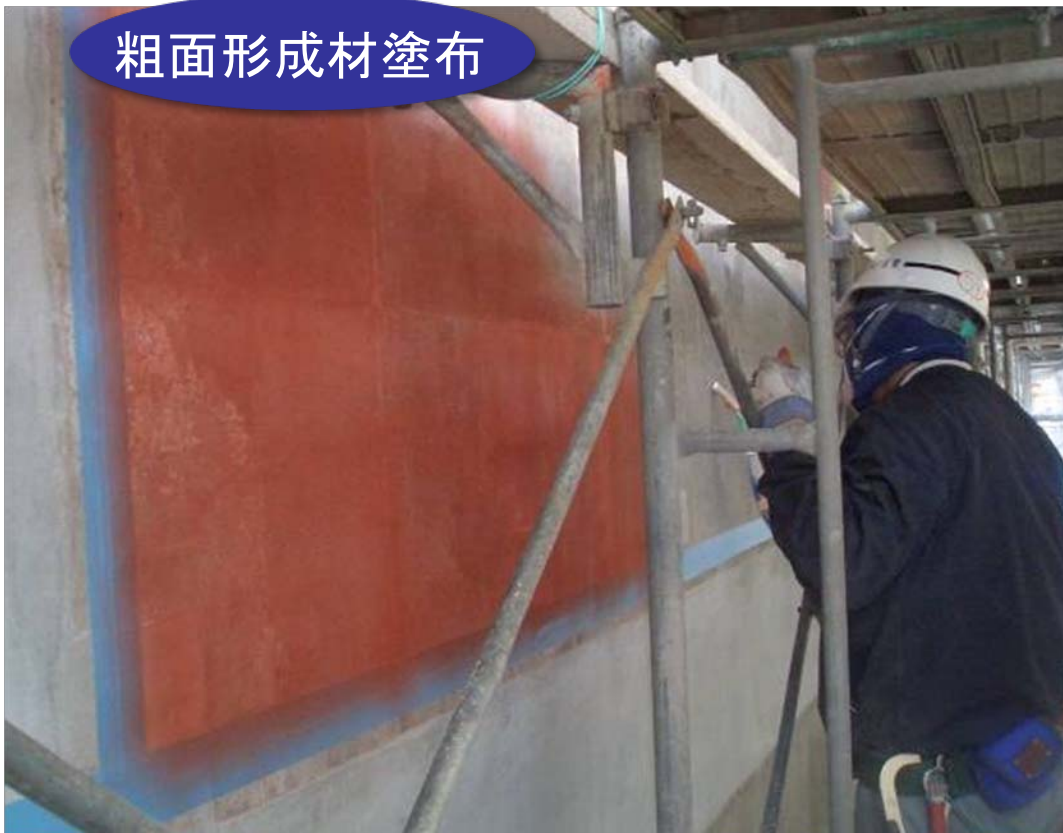
ディスクサンダー使用状況



亜鉛・アルミ擬合金溶射による電気防食工法

<施工手順-2>

粗面形成材塗布



限度板見本による管理

*)粗面形成材の塗布により、コンクリートと溶射金属との付着性を向上



ループを用いた管理



亜鉛・アルミ擬合金溶射による電気防食工法

<施工手順-3>

亜鉛・アルミ擬合金溶射



封孔処理材塗布



溶射膜厚計測管理



施工事例紹介

<工事概要>

- 1) 対象構造物: 鉄道橋(3径間連続鉄筋コンクリート2主桁版橋)、供用後50年経過
- 2) 劣化環境 : 海岸線から約100m
- 3) 施工面積 : 155m²
- 3) 施工時期 : 平成22年3月



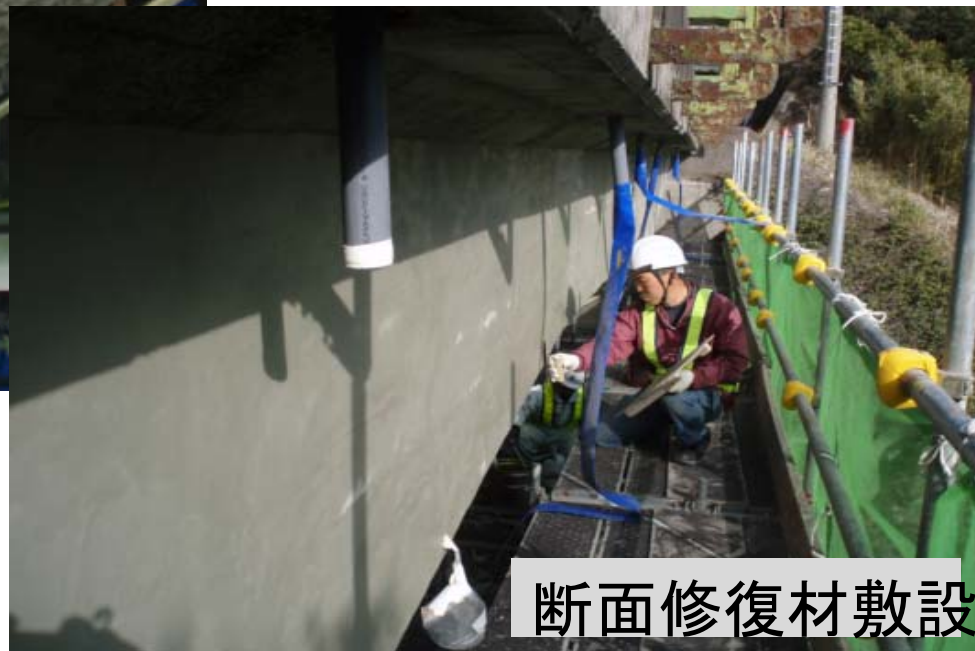


施工事例紹介

<作業状況-1>



断面修復状況(はつり後)



断面修復材敷設



施工事例紹介

<作業状況-2>



粗面形成材塗布状況



限度板見本による管理状況



施工事例紹介

<作業状況-3>



溶射実施状況



施工事例紹介

＜竣工状況＞



施工完了

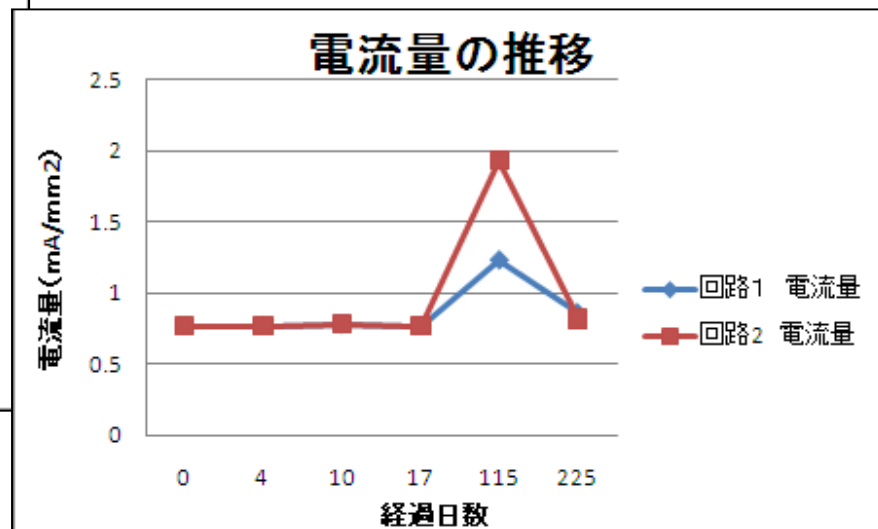
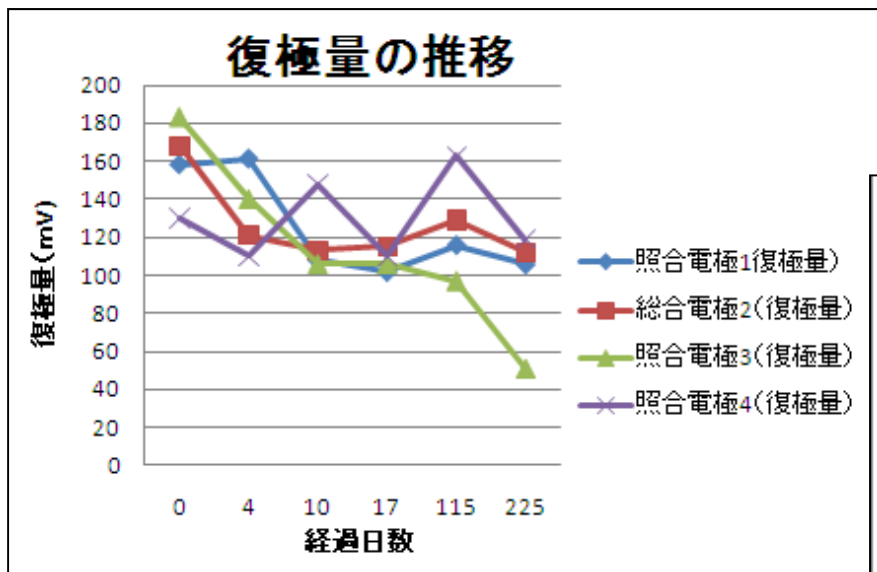




施工事例紹介

<モニタリング状況>

- ◆防食性能確認のためのモニタリングを実施中、復極量は防食基準の100mVをほぼ維持、電流量は0.7~2.0mA の間で推移





今後の技術対応

◆耐久性の検証

長期耐久性評価のためのデータの蓄積

◆コストの検証

実工事を通じた施工歩掛り等の検証とコストのさらなる削減

◆新たな用途拡大

予防保全、初期保全対策、補修後の再劣化対策など工法の特性に合致した用途拡大



ご清聴ありがとうございました。