

# 耐候性鋼橋梁の維持管理

(株)四電技術コンサルタント

三浦 正純

## 1. 耐候性鋼の橋梁への適用状況

耐候性鋼の開発の歴史

適用環境および地域

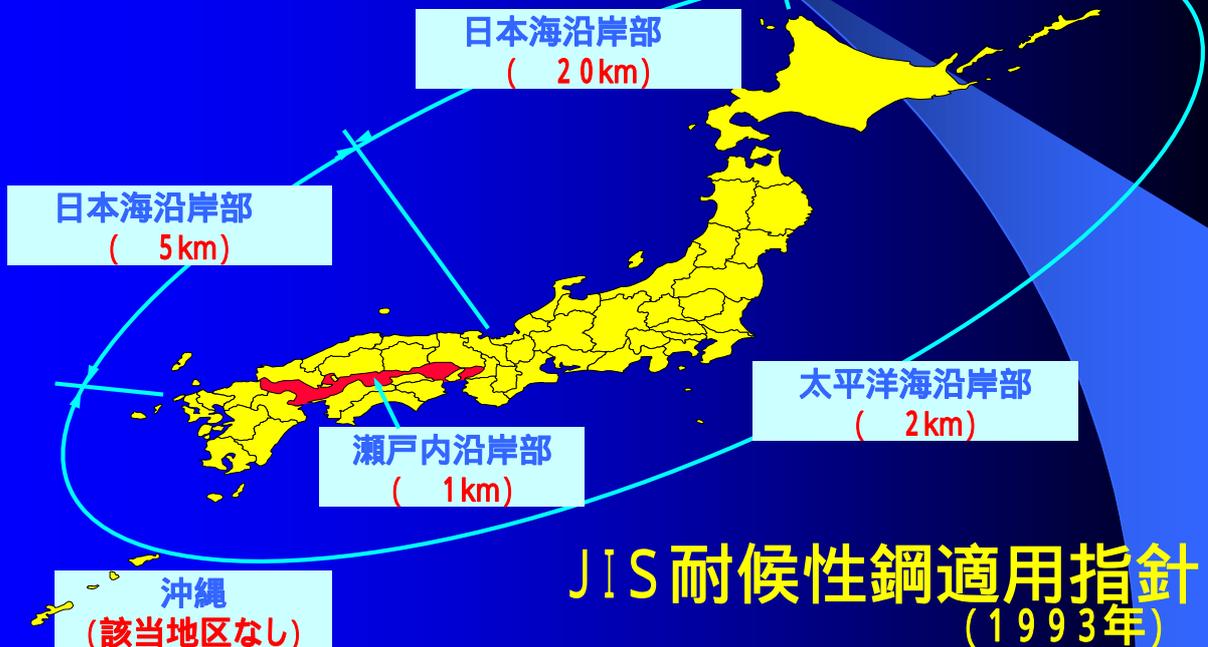
適用量の推移

# 耐候性鋼の開発の歴史

暦年	米国での出来事	暦年	日本での出来事
1933	USS社COR-TEN販売開始	1957	日本鋼管販売開始 各社相次ぎ販売開始
1964	橋梁に適用開始	1968	橋梁に適用開始 JIS制定
1975	スパイクタイヤ使用禁止	1982	土研,鋼材クラブ,橋建共研開始 (飛来塩分等の影響調査)
1980	凍結防止剤散布地域で禁止 AISIで調査開始	1991	スパイクタイヤ使用禁止
1989	FHWAが技術解説書発行	1993	共研最終報告( 0.05mdd)
1990	使用禁止令解除	1998	米国調査(鋼材クラブ,橋建) ニッケル系高耐候性鋼初適用

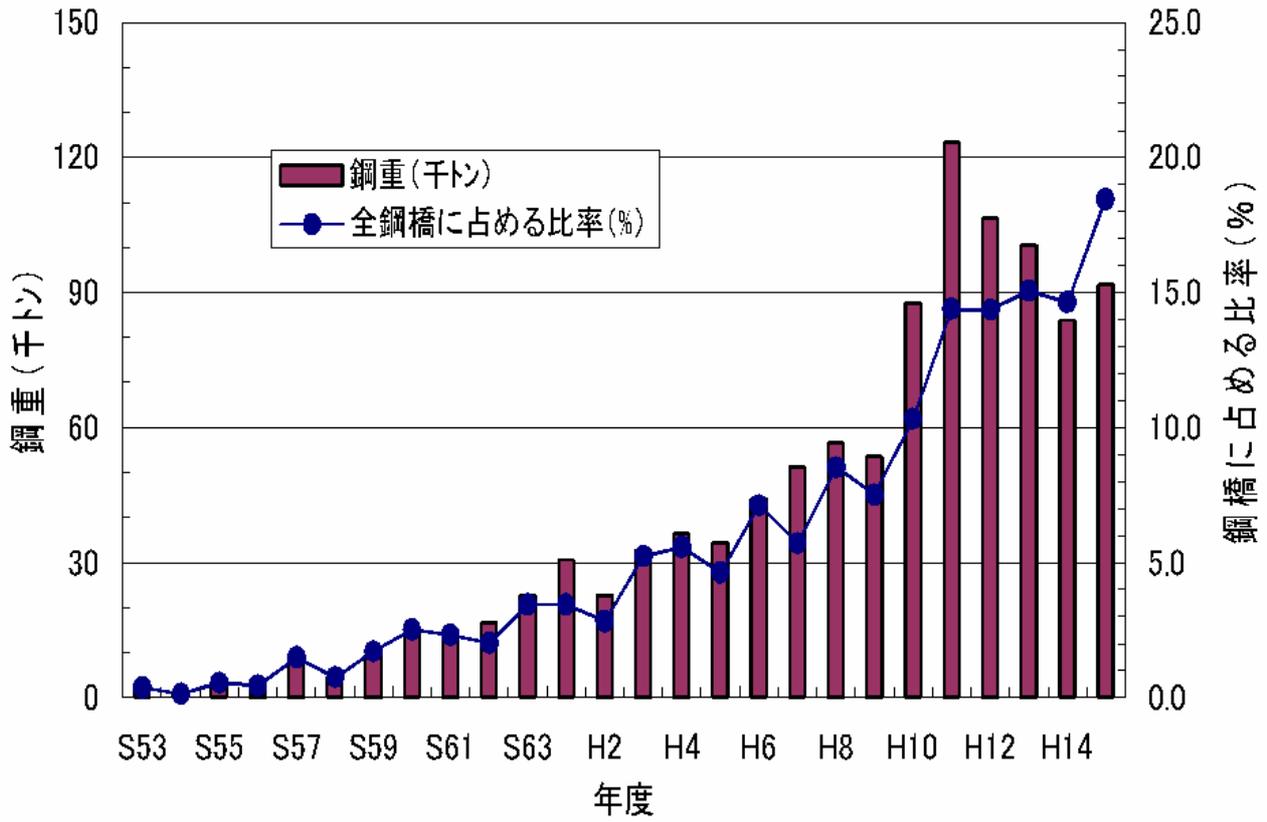
## 適用環境および地域

飛来塩分量 0.05mdd  
飛来塩分測定省略可能地域



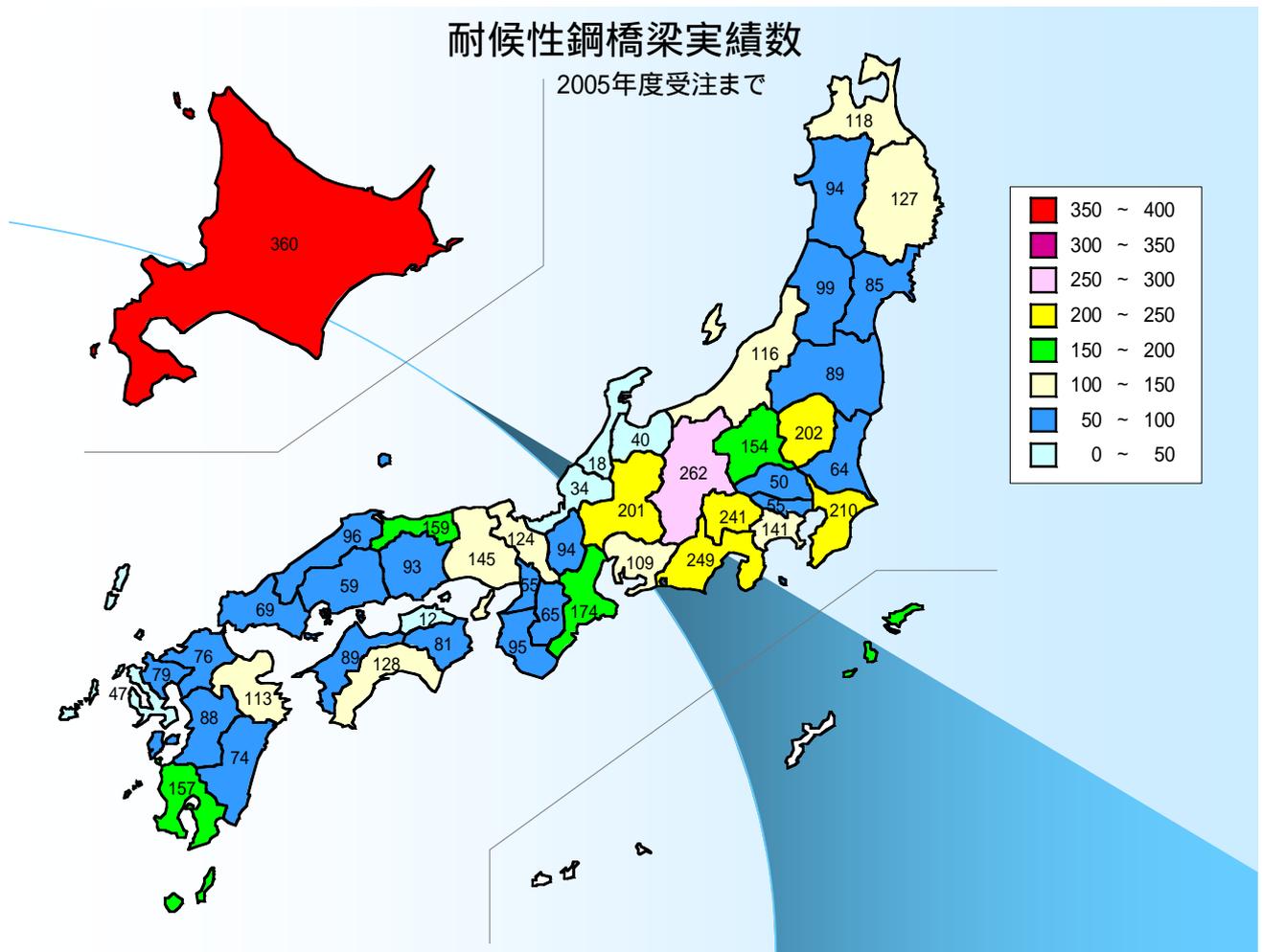
JIS 耐候性鋼適用指針  
(1993年)

# 耐候性鋼材の橋梁への適用実績

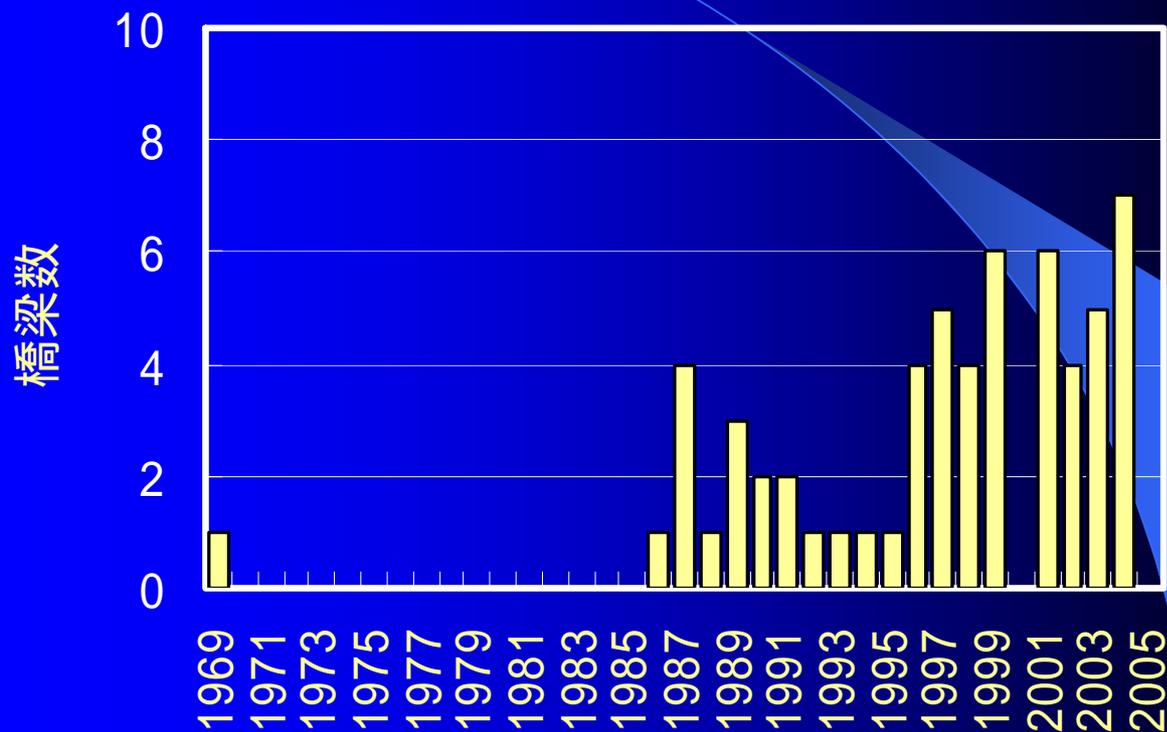


## 耐候性鋼橋梁実績数

2005年度受注まで



## 広島県での耐候性鋼橋梁架設数の推移



## 2. 耐候性鋼の基礎知識

耐候性鋼のさび断面構造

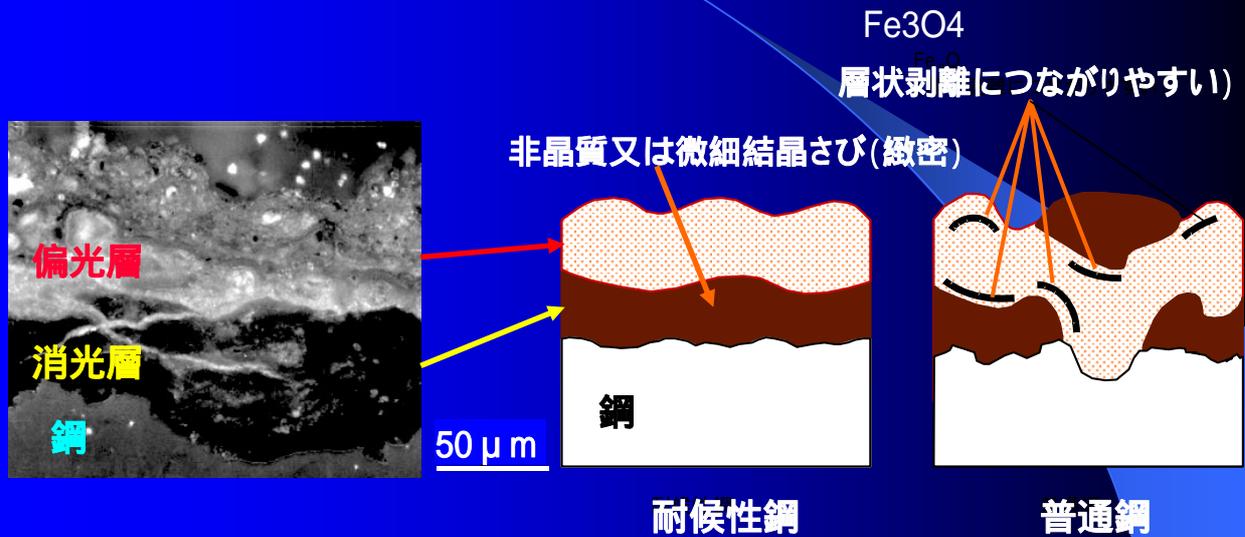
過去の誤った認識

安定さびとは？

耐候性鋼は防食技術か？

耐候性鋼の腐食概念

# 耐候性鋼のさび断面構造



## 過去の誤った認識

耐候性鋼は「安定さび」を形成することで腐食による板厚減少が生じない鋼材で、これを使用した鋼橋はメンテナンスフリーとなる。

正しくは

耐候性鋼は腐食する

耐候性鋼はメンテナンスが必須

## 「安定さび」とは？

- 英語では Protective Rust
- どのような環境においても安定なさびは存在しない。
- 保護性の高いさびが形成された状態であっても腐食速度はゼロにならない。
- 保護性が低くとも、腐食環境が緩やかであれば、腐食速度は遅い。
- 腐食速度が遅い状態を「安定化」と定義。

耐候性鋼橋梁の目標は安定化

## 耐候性鋼は防食技術か？

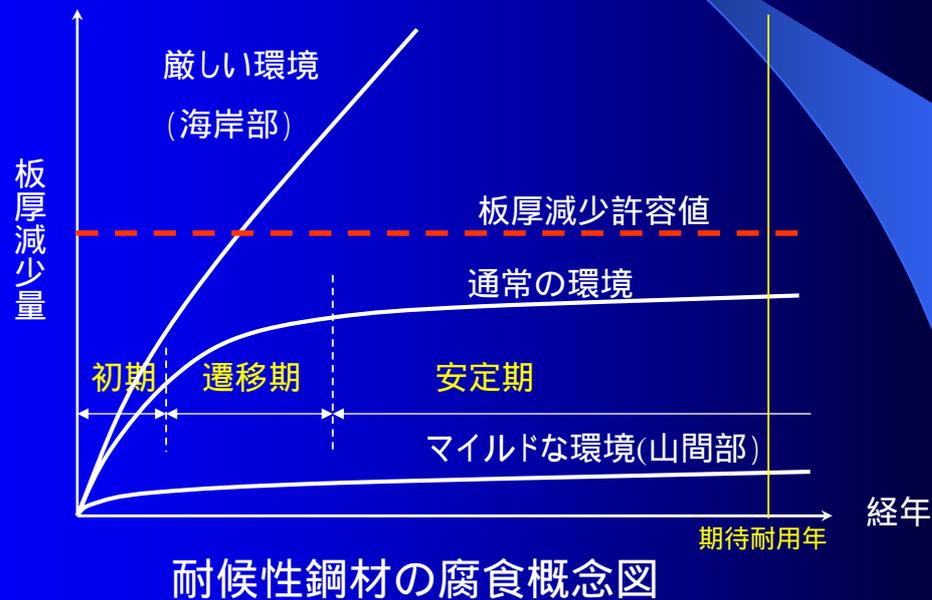
- 「防食」は腐食防止であり、鋼材を腐食させないこと。
- 耐候性鋼は腐食を許容している。
- 安定化しても腐食速度は零ではない。
- 腐食速度を遅くし、期待する耐用年数を維持させるもの。

耐候性鋼は腐食制御技術

**初期**：鋼表面がむき出しで、腐食速度は速い。流れさびが多く、発生するさびは黄色で細かい。

**遷移期**：初期さびの下で緻密なさびが生成しはじめることにより腐食速度がしだいに低下する。さびは黄色から赤褐色、黒褐色と落ち着いた色に変化してくる。

**安定期**：環境に応じた一定の腐食速度となった段階。腐食進行によるさび成長と、成長したさびの脱落が繰り返される。



### 3. 耐候性鋼橋梁の現状

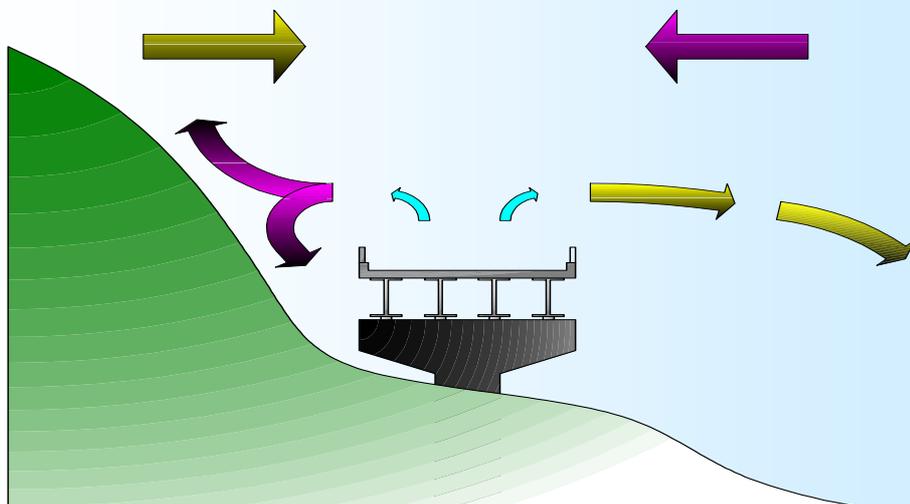
凍結防止剤の影響

良好でないさびの発生要因



## うろこ錆の発生原因

漏水、地形等の要因による凍結防止剤の飛散により、局部的に粗いさびやうろこ錆が発生



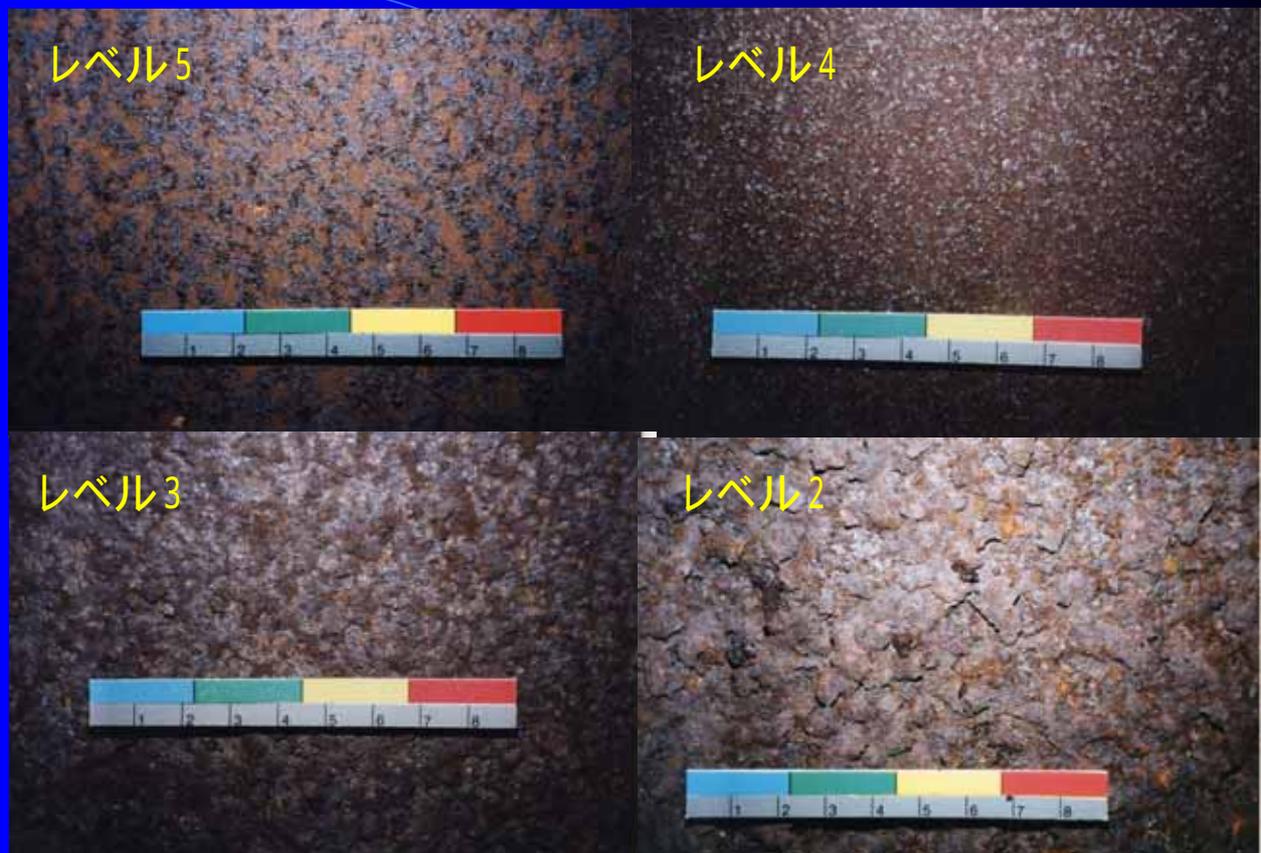
桁横に斜面が迫っている場合、不良

# 耐候性鋼のさび外観評価基準

状態	評点	目視外観	さび厚
正常	5	腐食が進まず、さびも薄い	200 $\mu$ m程度未満
	4	平均外観粒径1mm程度以下で均一なさび.	400 $\mu$ m程度未満
	3	平均外観粒径1~5mm程度のさび.	
要観察	2	外観粒径5~25mm程度のうろこ状剥離があるさび.	400 $\mu$ m程度以上 800 $\mu$ m程度未満
異常	1	層状剥離がおきているさび.	800 $\mu$ m程度以上

注) 異常とは、耐候性構造物として期待された状態ではないことを表す.

注) 正常の判定は、層状剥離の痕跡が無いことを前提に、9年目以降において可能.





## 良好でない「さび」の発生要因

架設環境が不適切

飛来塩分量, 湿潤環境等

局所的な不適切な環境の形成

細部構造, 周辺地形, 植生, 等

アクシデント(漏水)

約10%の橋梁で層状剥離さび

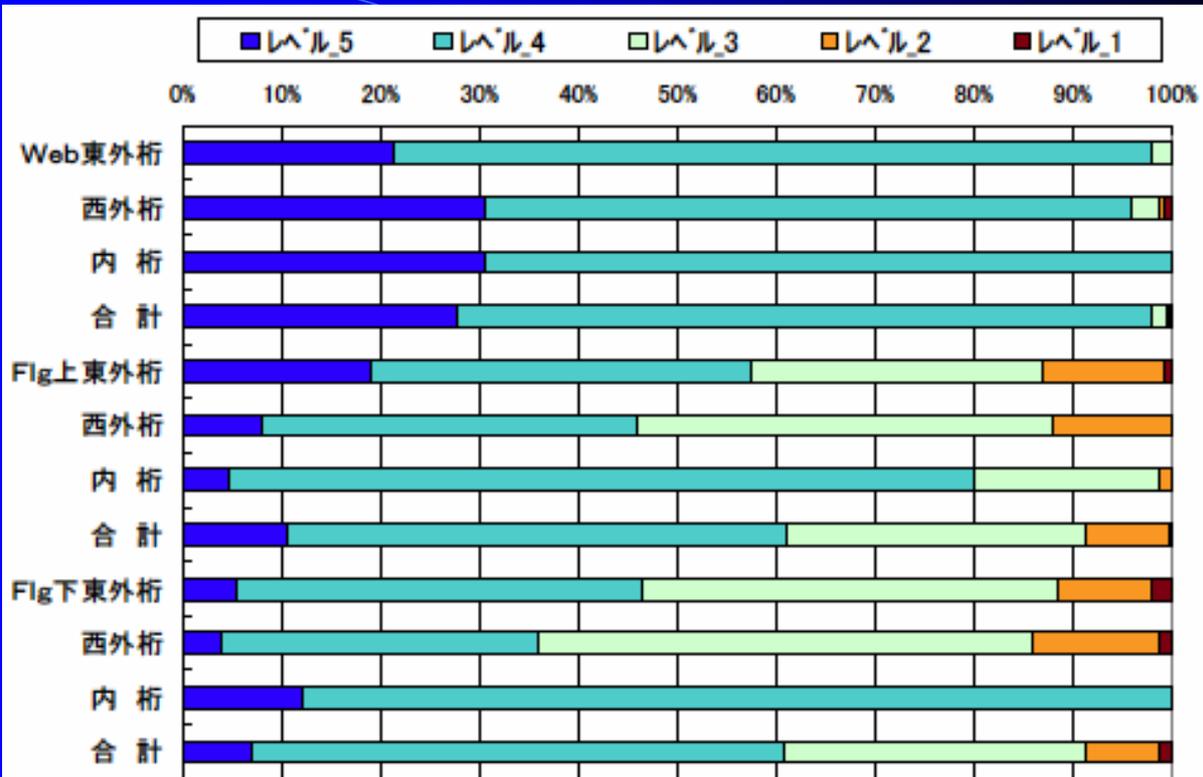


図-3 耐候性鋼橋梁の部位別外観レベル

### 外観評点別橋梁数

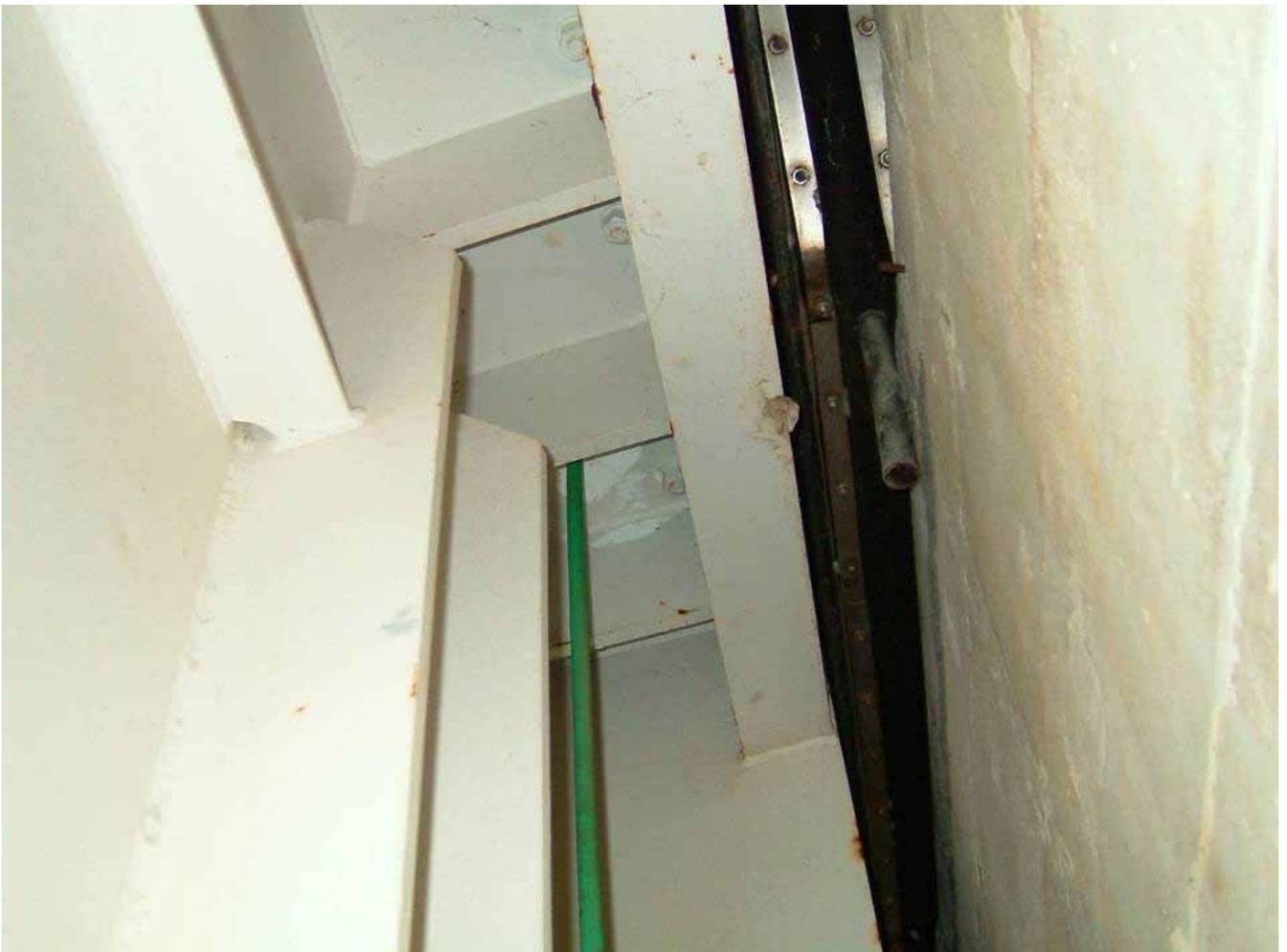
外観評点	マクロ評価	ミクロ評価
1	1(0.4%)	17(9.3%)
2	5(1.9%)	33(18.0%)
3	122(46.4%)	91(49.7%)
4	133(50.6%)	41(22.4%)
5	2(0.8%)	1(0.5%)
合計	263	183

単位：橋

## アクシデントの分類とその事例数

要因分類	原因	事例数
アクシデント	伸縮装置	15
	ドレーンの不備	3
	床版漏水	2
	直上の道路からの排水	1
	場所を特定できない漏水	5
	堆積物	2
	上フランジと床版の隙間からの漏水	1
	排水装置からの漏水	1

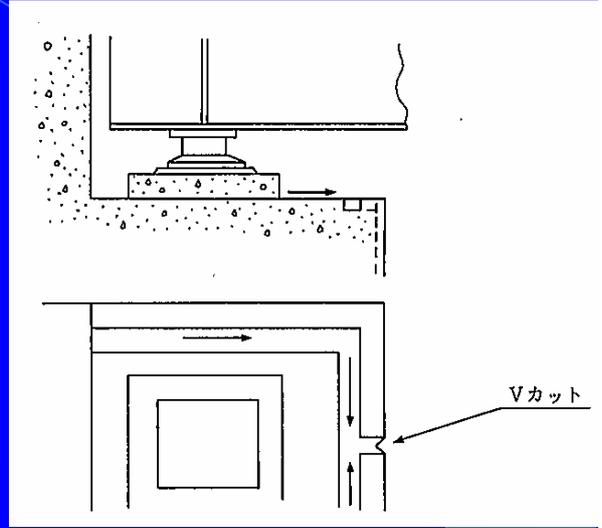
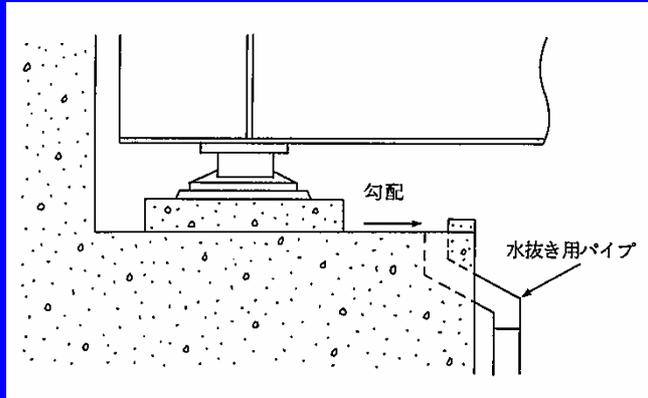




















## 4. うろこ錆の腐食速度

さび外観と腐食速度

うろこ錆の生成環境

さび厚の経年変化

さび形状と実橋の板厚減少量の関係



# さび外観と腐食速度の定性的な関係

腐食速度		遅い	→			速い
外観レベル		5	4	3	2	1
さび外観	形状	←		←	←	→
		粒子状		うろこ状	板状	
	径	小	→			大
	厚さ	薄い	→			厚い
	凹凸	小	→			大



# うろこさびの生成環境

塩分濃度が高く、湿潤になりやすい環境

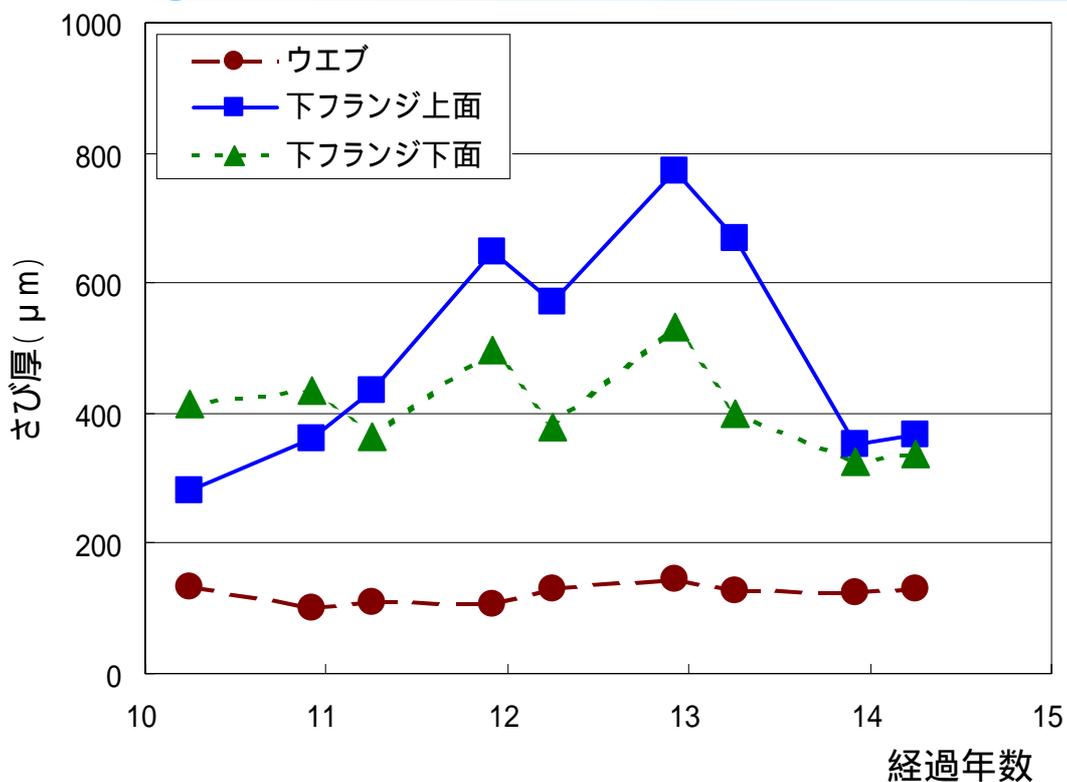
海塩粒子の影響の場合

内桁のウェブ、フランジに発生

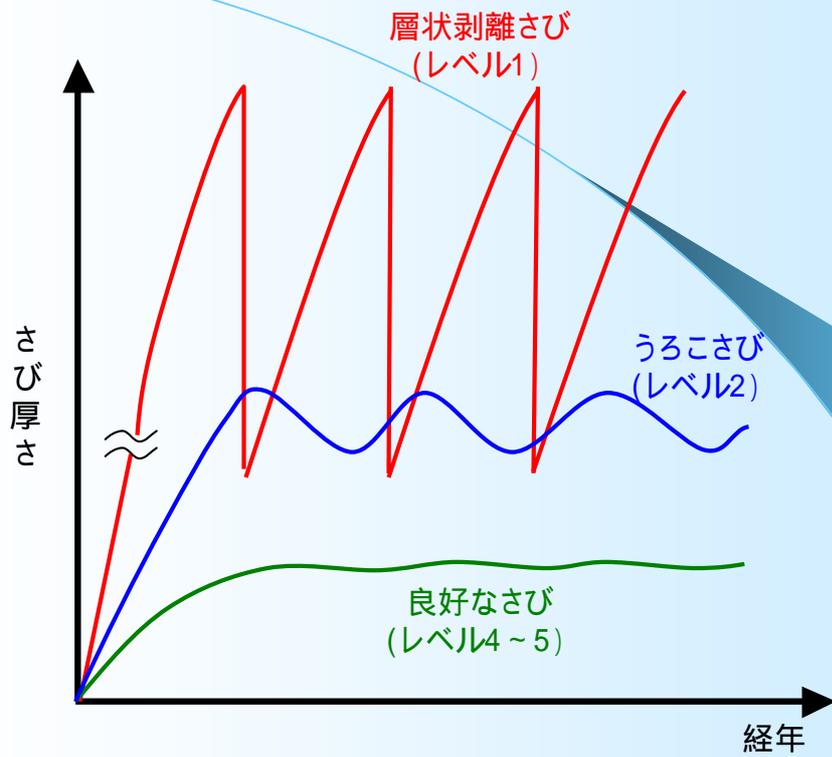
凍結防止剤の影響の場合

外桁の下フランジに発生

漏水の影響の場合



実橋梁のさび厚経年変化



さび厚経年変化の概念図

# うろこさび形状と腐食速度の関係

- 対象橋梁

架設後約15年経過

「うろこさび」が発生した9橋の外桁19箇所

- 調査項目

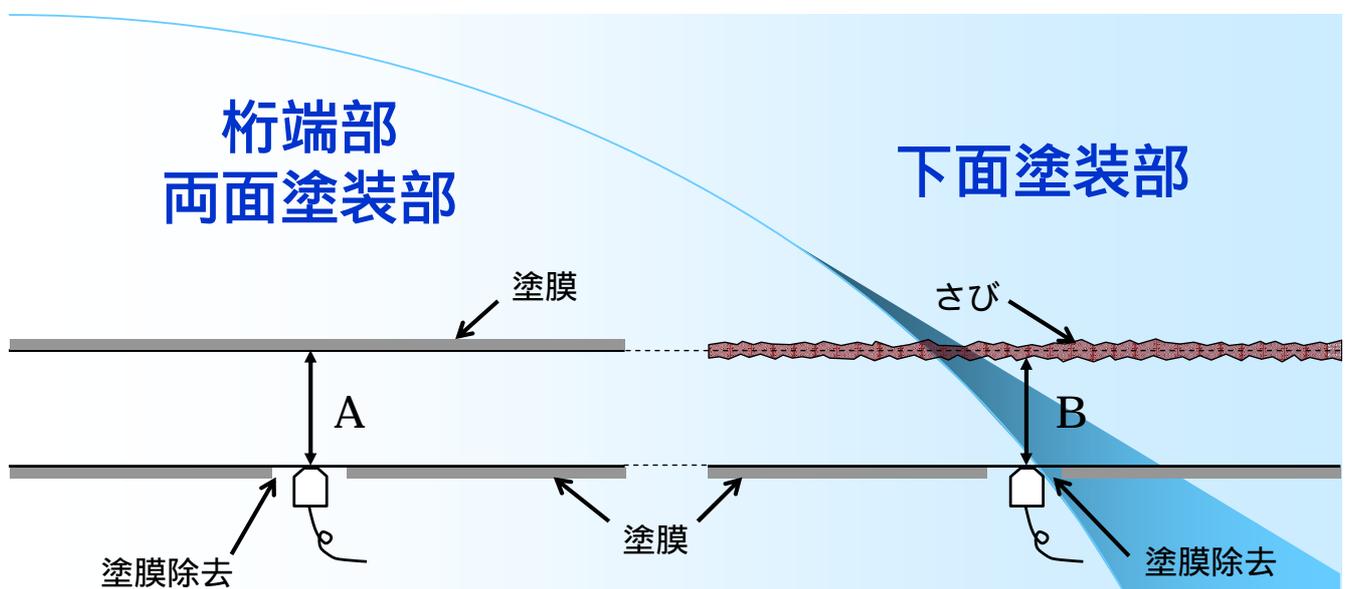
外観観察(細分化したレベル評価)

セロファンテープ試験(浮きさびの径、厚さ)

さび厚さ(電磁膜厚計)

板厚測定(超音波板厚計)

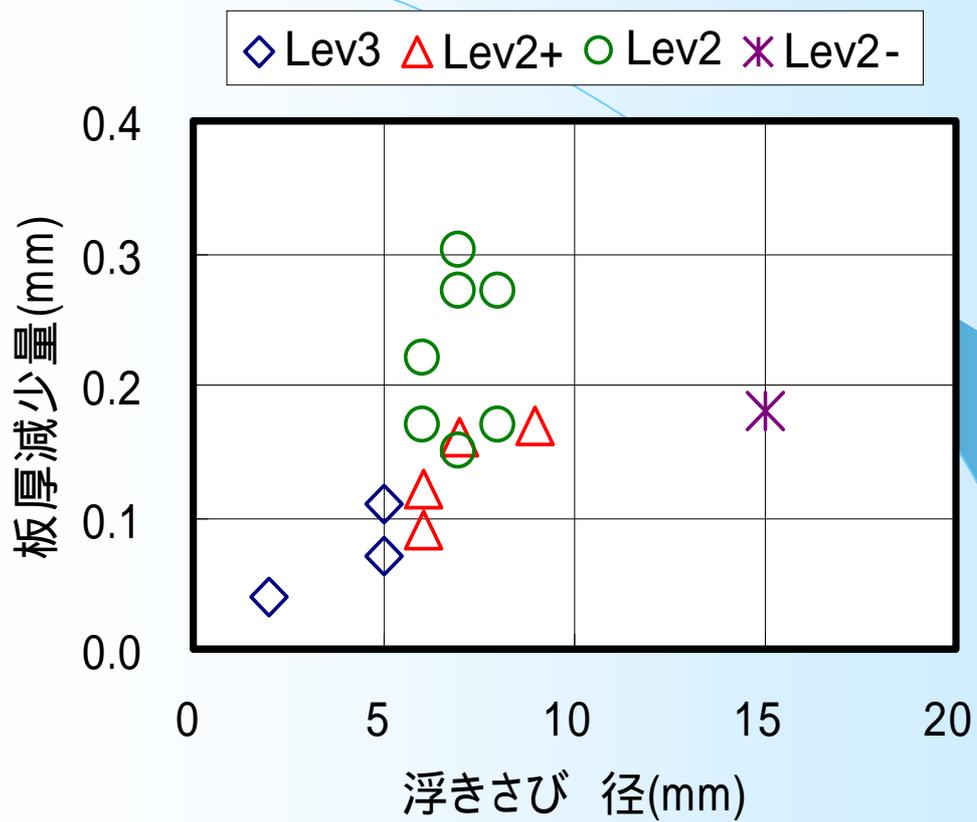
問題点: 板厚の初期値が不明

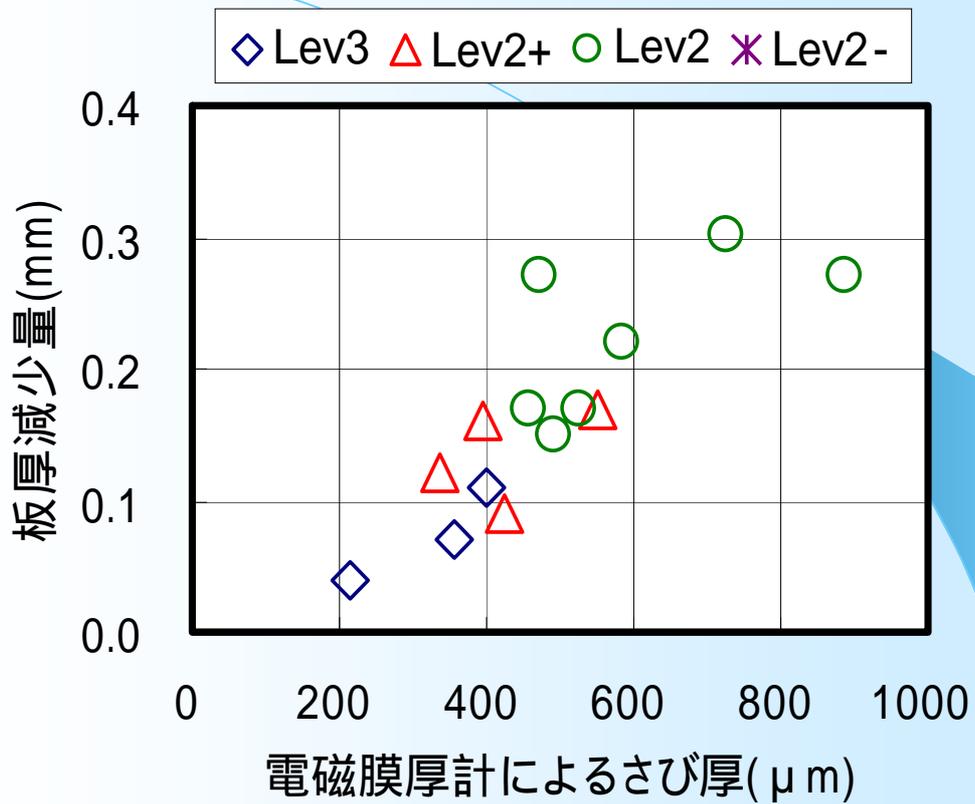
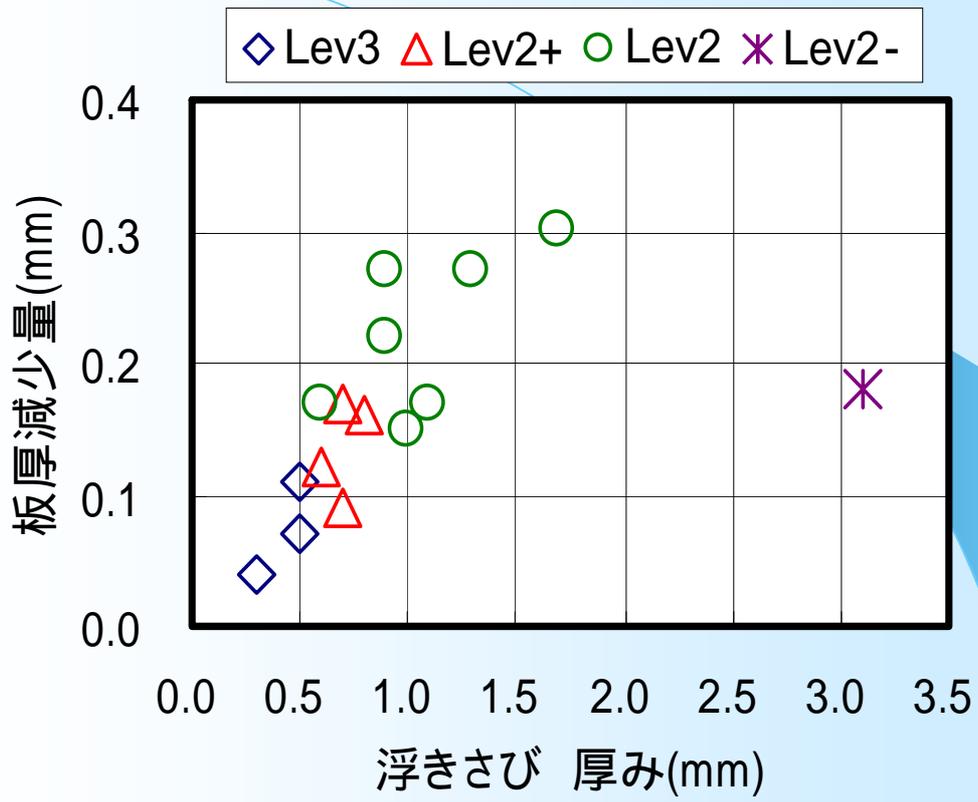


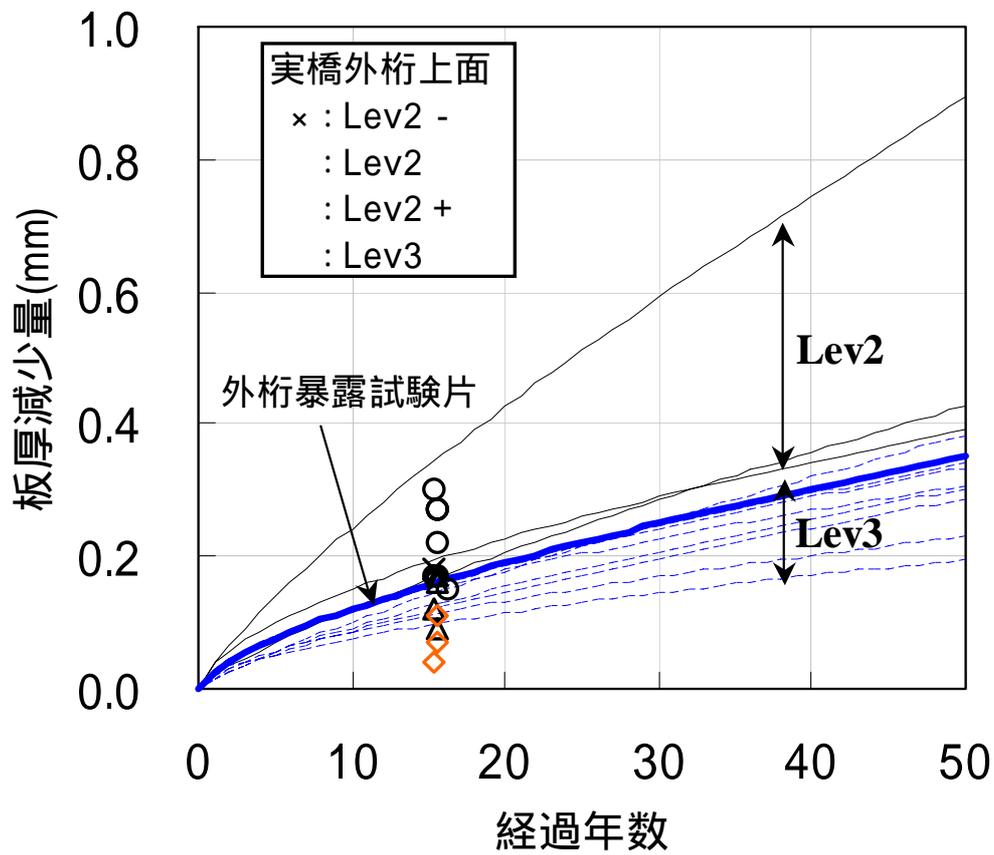
$$\text{上面板厚減厚量} = A - B$$

- ・ 超音波板厚計 (最小表示: 0.01mm)
- ・ 各箇所9点測定し平均

上面板厚減少量 = 両面塗装部 - 下面塗装部





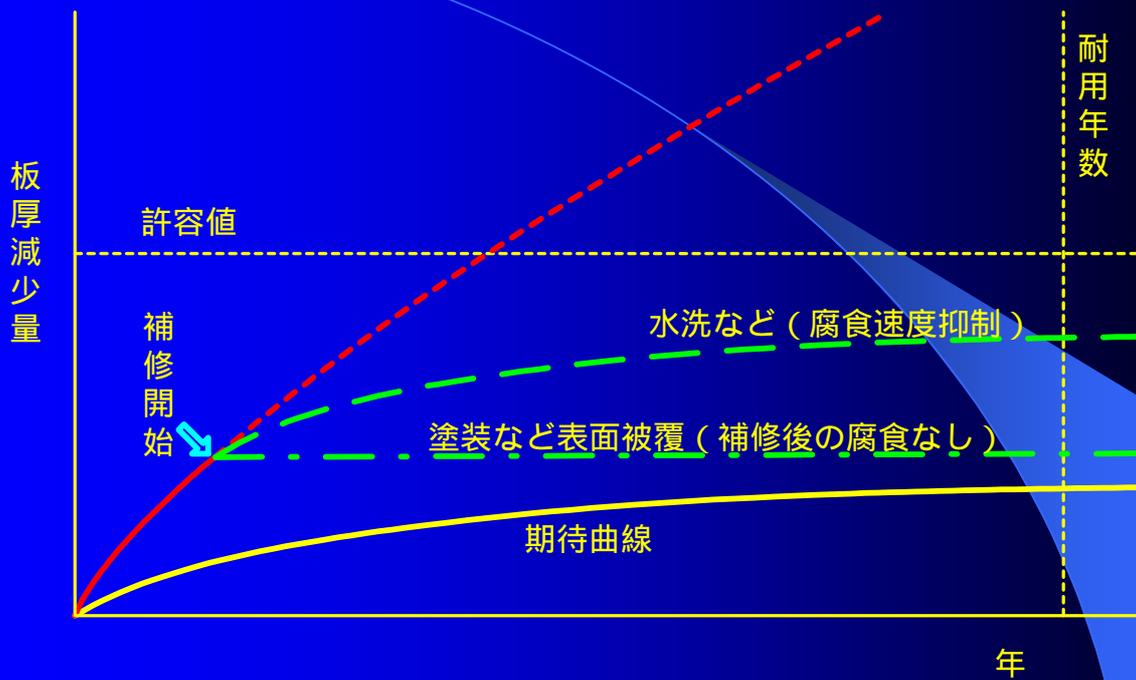


## 5 . 耐候性鋼の補修

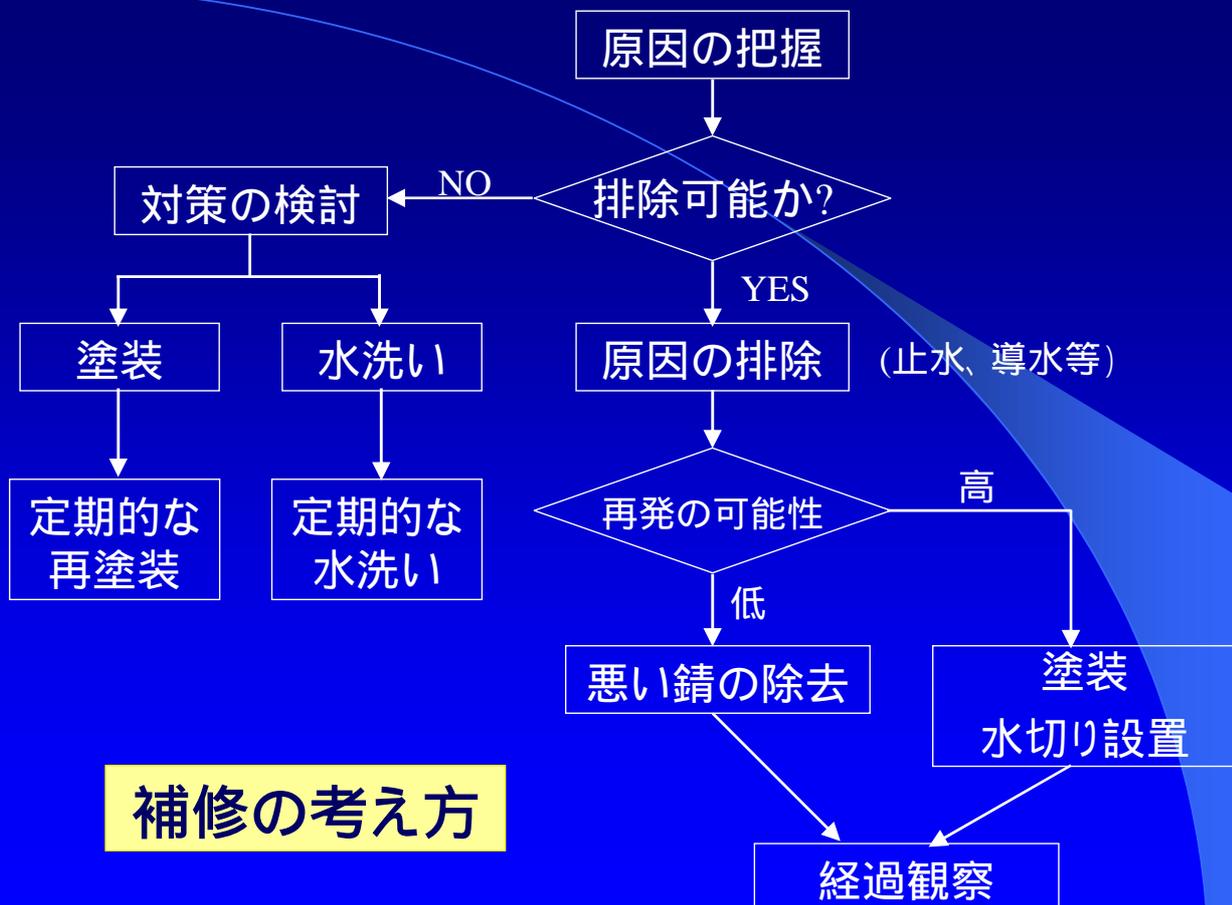
耐候性鋼の補修概念

補修の考え方

漏水対策



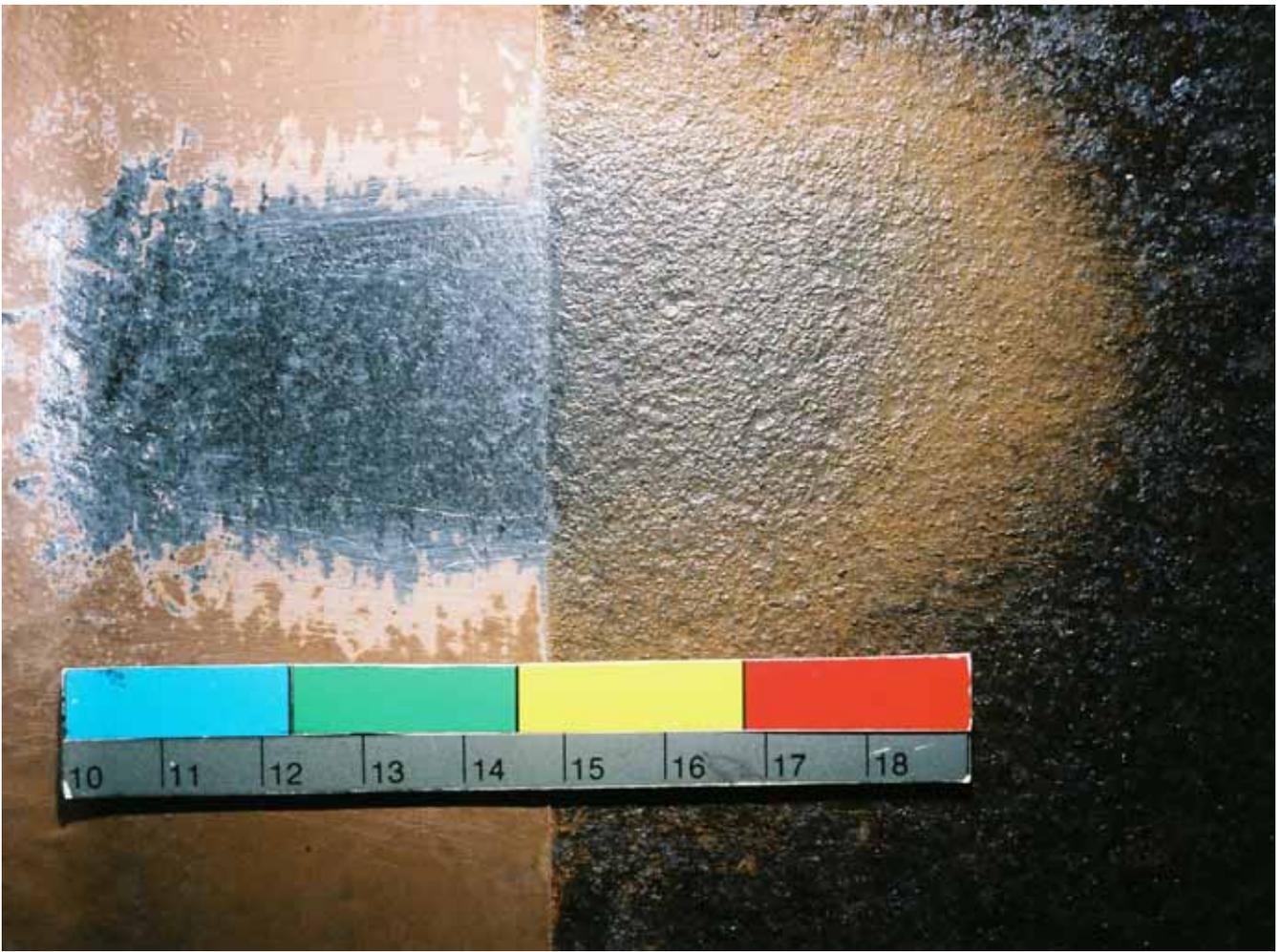
## 耐候性橋梁の補修概念図



# 漏水対策

- 漏水を止める(止水)
- 桁にかからないようにする(導水)
- 将来の漏水が避けられない部位は塗装  
(桁端部など)
- 塗装部と非塗装部の境界に水切りが必須  
(水切りは接着でよい)





ドレン管延長

## 補修事例



止水ではなく、  
集めて流す







## 5 . 耐候性鋼の維持管理

点検の目的

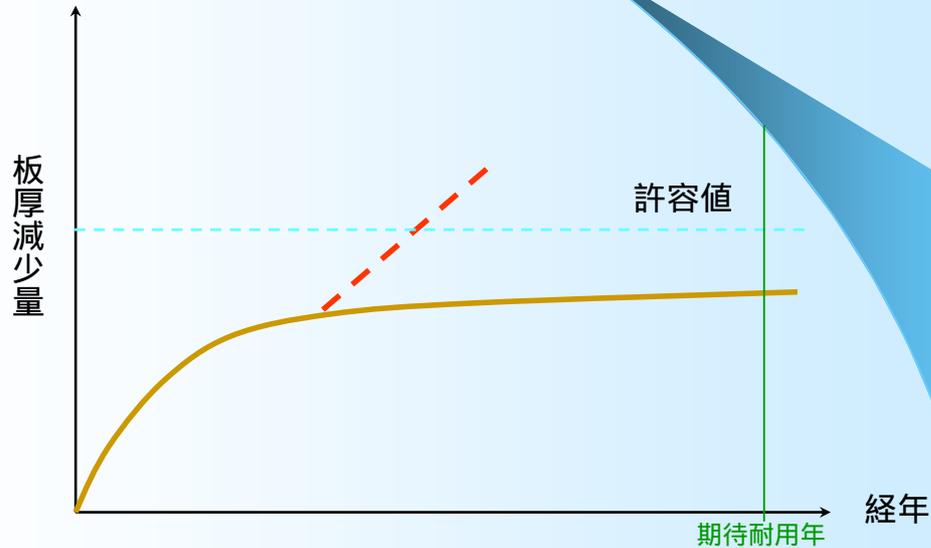
耐候性鋼橋梁の点検・調査フロー

調査・試験項目

今後の課題

## 点検の目的

期待耐用年における板厚減少予測値が許容値以下であることを確認する



耐候性鋼の腐食概念図

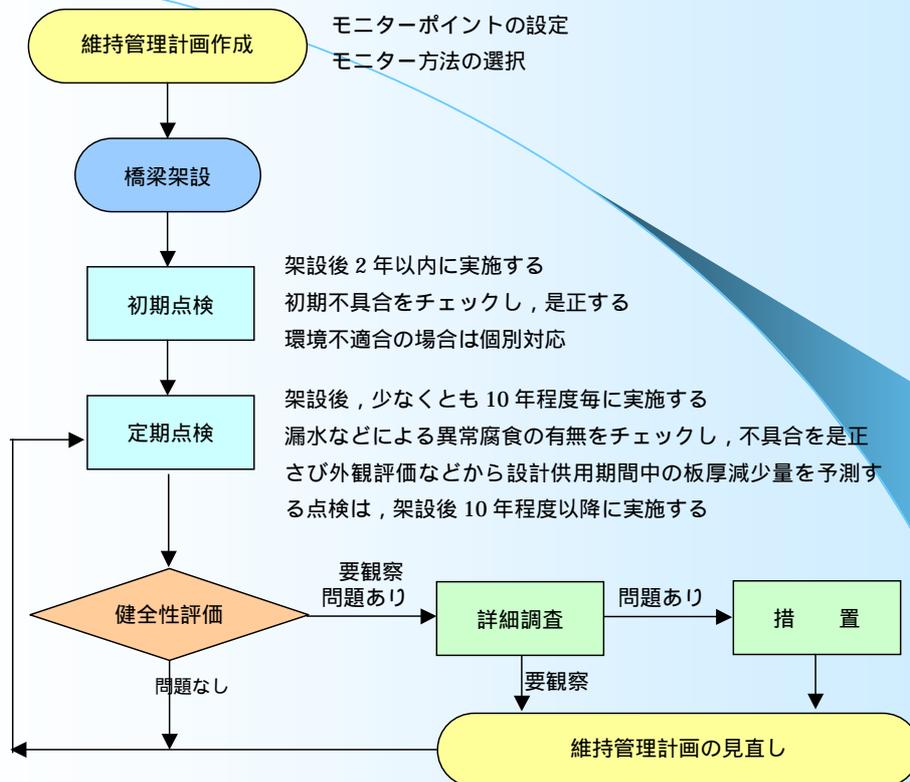


図 1.1 耐候性鋼橋梁の点検調査フロー

# 耐候性鋼橋梁の調査・試験項目

## さび評価のための調査

- 外観観察
- セロテープ剥離試験
- さび厚さ
- フェロキシル試験
- イオン透過抵抗
- 自然電位
- さび組成分析
- 板厚測定

## 間接的な調査

- 小型試験片暴露  
(腐食減量)
- 付着塩分分析
- 飛来塩分調査
- 濡れ環境調査  
(ACMセンサシステム)

JSSCテクニカルレポート 73

## 「耐候性鋼橋梁の可能性と新しい技術」

平成18年10月 社団法人 日本鋼構造協会

- ・ 耐候性鋼橋梁の可能性と新しい技術 (概要)
- ・ A 編 耐候性鋼橋梁防食設計指針 (案)
- ・ B 編 防食設計技術
- ・ C 編 耐候性鋼橋梁維持管理マニュアル (案)
- ・ D 編 資料集

現地適用性評価技術(ワッペン式暴露試験)の充実  
劣化診断, 評価技術(要観察さびの腐食予測)の充実  
実務者のための適用性判定マニュアル



平成21年発行予定

# 今後の課題

## (1) 啓蒙活動

- 耐候性鋼の正確な知識
- 点検の必要性

## (2) 実態把握

- 良好でない箇所の早期是正措置
- 新設橋梁へのフィードバック

## (3) 維持管理技術の充実

- 調査、評価方法
- 補修方法

# 耐候性鋼橋梁は

- 腐食する
- さびを求めてはいけない
- 環境に敏感
- 見ればわかる
- 我慢が必要

特性を把握し使いこなすことが重要



おわり