

# 橋梁の耐久性向上に資する排水構造と排水設備に関する 技術標準の策定

—水を留めない、通さない、水による材料劣化を抑制し、  
排水設備の持続的機能保持が可能な構造とその保全—

1. 研究の経緯と成果の概要
2. 技術標準(案)の要点
3. 腐食マトリックスの適用
4. 腐食マトリックスを活用した腐食耐性の改善
5. 今後の課題～持続的取り組みの重要性

岐阜大学名誉教授 大阪大学名誉教授 奈良 敬

# 1. 研究の経緯と成果の概要

## 技術標準(案)の策定に向けて

H25～H27の調査研究成果

雨水排水対策**手引き案**の提示

H28～H30の調査研究取組

橋梁排水**技術標準(案)**の策定

### 手引き案 から 技術標準(案) への 課題

- 1) どのように補修補強をするか ～ 損傷既設橋
- 2) どのように維持管理をするか ～ 損傷予想橋
- 3) どのように超長寿命化するか ～ 新設ならびに更新橋

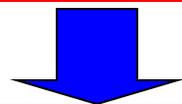
**産官学の連携が不可欠！**

# 1. 研究の経緯と成果の概要

## 技術標準(案)の策定に向けて(1)

---

- ①水を溜めない構造
- ②水を通さない構造
- ③水による材料劣化を抑制する構造
- ④排水設備の維持管理し易い構造



- a) 橋面勾配、橋面防水工、橋面排水構造、舗装内雨水の排水構造
- b) 地覆、壁高欄等の強制目地と止水構造
- c) 伸縮継手の止水構造と排水構造
- d) 桁端部や支承部の排水構造
- e) 橋梁の耐久性向上に寄与する橋梁各部の構造詳細

# 1. 研究の経緯と成果の概要

## 技術標準(案)の策定に向けて(2)

---

- 1) 滞水や漏水のない排水構造と排水設備の維持・更新計画の立案
- 2) 排水設備の機能的長寿命化に資する排水構造
- 3) 橋梁の耐久性向上に資する定期点検手法
- 4) 既設橋梁の耐久性向上に資する改善手法

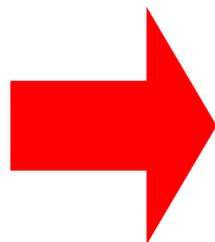


- ①水を溜めない構造
- ②水を通さない構造
- ③水による材料劣化を抑制する構造
- ④排水設備の維持管理し易い構造

# 1. 研究の経緯と成果の概要

## 技術標準(案)の策定に向けて(3)

- ・既設橋の**長寿命化**
- ・既設橋の**補修補強**
- ・新設橋の**長寿命化**
- ・新設橋の**維持管理**



- ・既設橋の**寿命制御**
- ・既設橋の**長期保全**
- ・新設橋の**寿命計画**
- ・新設橋の**管理戦略**

**モノ**づくり から **コト**づくり へ

## 研究成果項目

---

### (1) 腐食マトリックスの提示

3つの指標の定量的評価

### (2) 試験施工橋梁のモニタリング方法の提示 ならびに実施

浅水川橋(国道8号)、百瀬川大橋(国道161号)、  
山添橋(国道25号)など

### (3) 橋面排水の定量的把握ならびに実データ 収集に基づく腐食負荷の定量化案を提示

孝子ランプ橋での散水実験ならびに橋面排水の水理解析

### (4) 技術標準案の提示

腐食マトリックスの適用による持続的改善手法

## 2. 技術標準(案)の要点

### 技術標準(案)の目次構成

#### 第1章 総論

- 1.1 目指す目標と考え方
- 1.2 技術標準(案)の目的と背景
- 1.3 適用の範囲

#### 第2章 腐食マトリックス

- 2.1 腐食マトリックスの基本的な考え方
- 2.2 腐食マトリックスの構成因子

#### 第3章 排水計画

- 3.1 排水計画の要点
- 3.2 排水計画上の留意事項
- 3.3 維持管理性への配慮
- 3.4 今後の必要な技術開発

#### 第4章 鋼橋

- 4.1 桁端部の構造
- 4.2 床版漏水部の構造改善
- 4.3 防食機能の向上

#### 第5章 コンクリート橋

- 5.1 桁端部の構造
- 5.2 床版排水
- 5.3 上部構造

#### 第6章 付属物

- 6.1 支承
- 6.2 伸縮装置
- 6.3 排水装置

#### 第7章 腐食マトリックスの適用と改善例

- 7.1 マトリックスの活用法
- 7.2 既設橋
- 7.3 新設橋
- 7.4 腐食マトリックスの実橋への適用方法
- 7.5 データの蓄積と腐食マトリックスの精度向上

#### 第8章 継続的データ収集と技術標準の見直し

- 8.1 継続的なデータ収集と分析
- 8.2 収集データの評価と技術標準の改訂

## 2. 技術標準(案)の要点

### はじめに

---

橋梁計画・設計段階から、供用後の維持管理を考慮して、長期間の安全性を保証する耐久性能が最も優先される。

- 1) 初期性能を長期間保持
- 2) 性能の劣化を見越した上で、余裕のある初期性能と実施可能な維持管理法を組み合わせ

腐食マトリックスを活用して、腐食耐性を向上または制御できる持続可能な仕組みの構築が重要。

点検に基づき、腐食マトリックスの3成分(腐食環境、腐食負荷、腐食耐性)の評価項目ならびに評価値の持続的改善。

## 2. 技術標準(案)の要点

### 1. 1 目指す目標と考え方

本技術標準(案)は、**水に起因する**道路橋の主として予期しない**腐食劣化を制御**するために、**橋梁毎に腐食環境と腐食負荷を評価**するとともに、**橋梁毎に必要なとされる腐食耐性を明らかにし、道路橋の超長寿命化を実現できる仕組みづくりを目指す**ものである。このためには、新設橋では計画と設計段階から、種々の制約が予想される既設橋では維持管理において、**腐食環境、腐食負荷**および**腐食耐性**を、**適切な評価基準**に基づいて、適正かつ総合的にこれらを選択し、その選択に見合った**効果的な維持管理方法を選定**しなければならない。

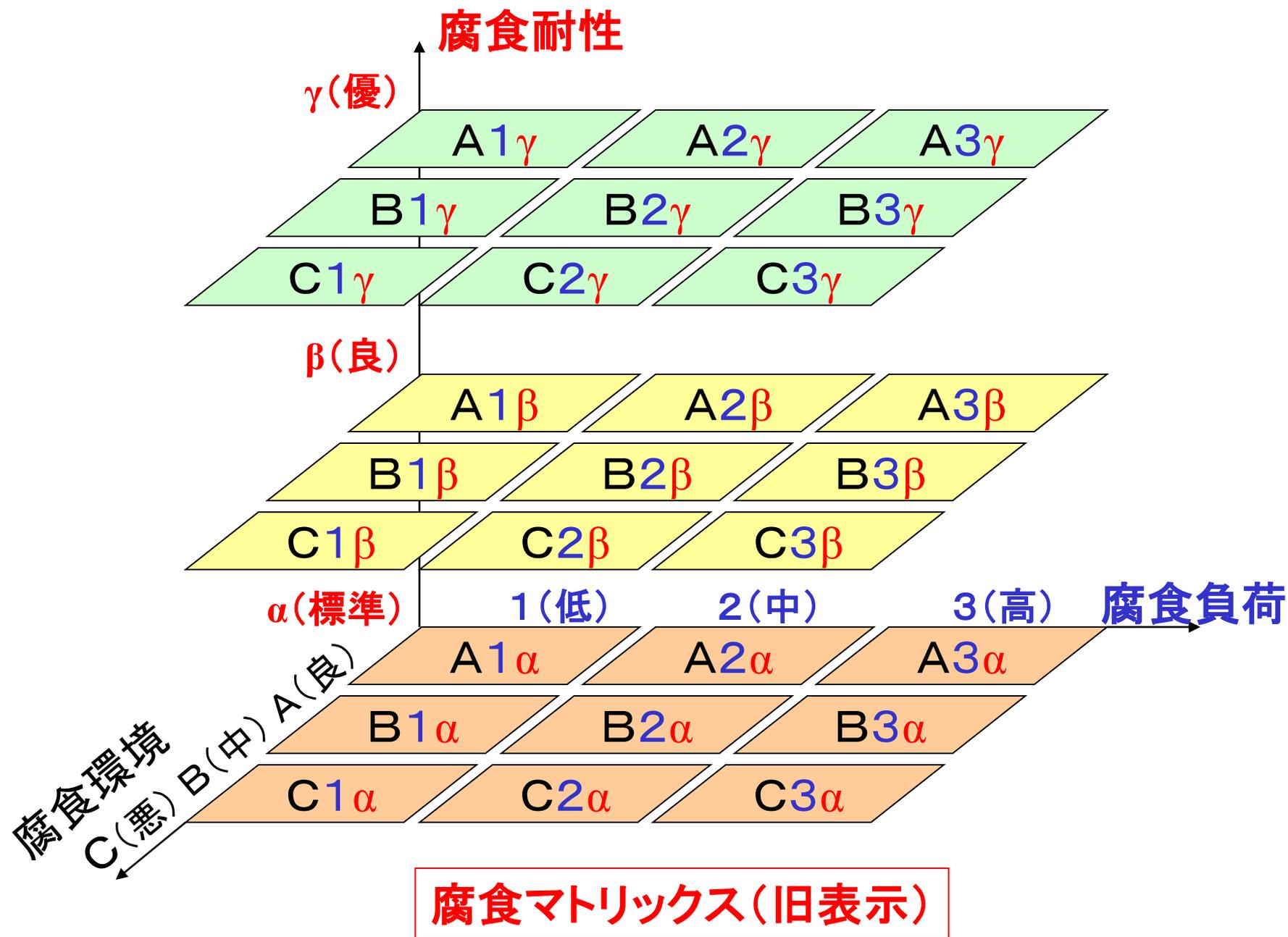
### 3. 腐食マトリックスの提案

#### 腐食マトリックスの定量化

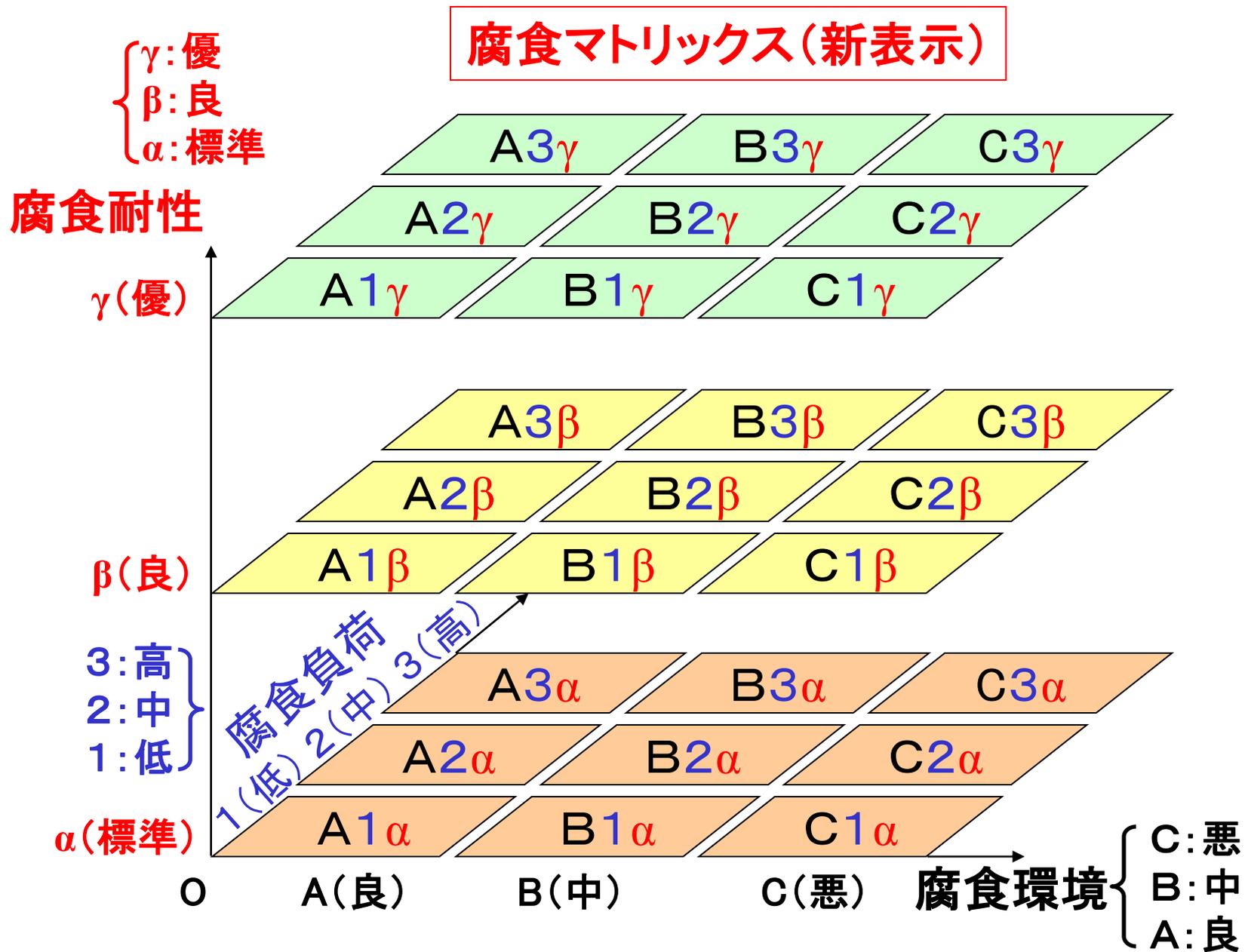
---

- (1) 腐食マトリックスの表示を変更  
(腐食耐性改善結果を示す2次元表示のため)
- (2) 腐食損傷を受けた橋梁と健全な橋梁の点検調書に基づいて、腐食環境、腐食負荷、腐食耐性それぞれに、**評価指標と評価値、重み**の設定
- (3) 防食性能マトリックスの必要性

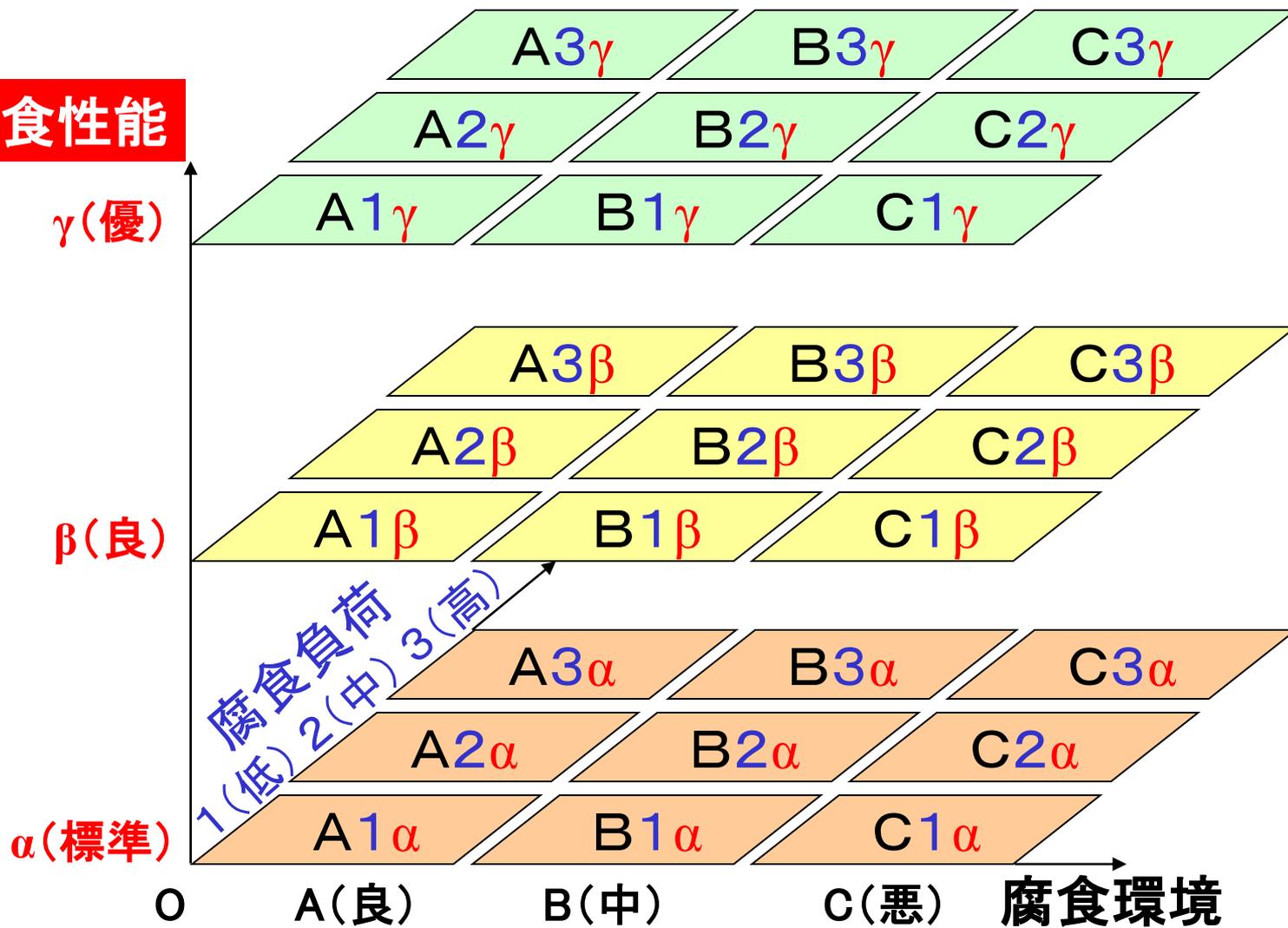
### 3. 腐食マトリックスの提案



### 3. 腐食マトリックスの提案



### 3. 腐食マトリックスの提案



腐食耐性向上のための防食性能マトリックス

### 3. 腐食マトリックスの提案

## 第2章 腐食マトリックス

### 2.1 腐食マトリックスの基本的な考え方

道路橋の排水不良や漏水等に起因する腐食損傷に対する耐久性は、その橋梁の置かれた環境や橋梁自体が保有している耐腐食性能に応じて、図2.1.1に示すような腐食マトリックスによって評価することができる。この腐食マトリックスの概念を導入することで、今後の橋梁の長寿命化対策を効果的に実施する。

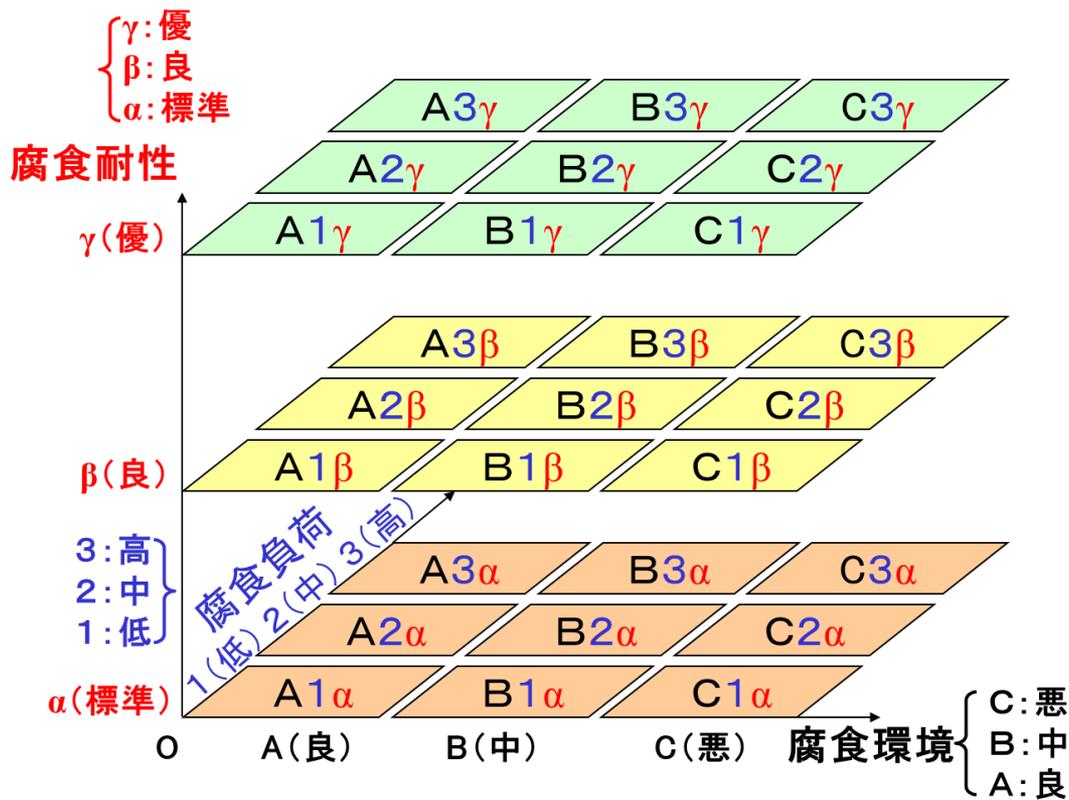


図2.1.1 腐食マトリックス

### 3. 腐食マトリックスの提案

## 2.2 腐食マトリックスの構成因子

腐食マトリックスは、「腐食環境」、「腐食負荷」、「腐食耐性」の3軸で構成する。

腐食環境は、架橋位置の自然環境に由来するものである。

腐食負荷は、橋梁の設置路線や道路線形等の影響も含め、人工的・人為的な要因による評価とする。

腐食耐性は、橋梁の持つ性能に由来するものとする。

腐食環境、腐食負荷、腐食耐性の3つの要因を各々評価することにより、任意の橋梁が3軸の腐食マトリックス内に置かれる位置(評価レベル)を定めることができ、橋梁の効率的な維持管理や長寿命化対策の適切な判断に寄与するものと考えられる。

また、橋梁の架橋位置や道路線形、桁下状況等の条件が決定された際に、腐食環境及び腐食負荷の評価レベルが定まるため、当該橋梁の効率的な長寿命化のためにはその橋梁をどの程度の腐食耐性とすべきかの指標となる。

なお、3軸を評価するためのパラメータは、橋梁一覧表や橋梁定期点検調書、カルテ、橋梁台帳等から容易に入手できる項目・数値等とすることが望ましい。

### 3. 腐食マトリックスの提案

#### 2.2.1 腐食環境の構成因子と評価基準

腐食環境を『人が制御できない自然環境条件』と定義し、腐食に影響を及ぼすと考えられる因子から評価可能なパラメータ(評価項目)を選定し、評価レベルを算出する。

腐食環境 (架橋位置の自然環境に由来)							
選定項目		パラメータ (評価項目)	評価基準			重み 係数	評価レベル
			A(良)	B(中)	C(悪)		
桁下の 湿気度合		① 塩害地域区分	D	CⅢ	CⅡ以上	5	Aを1、Bを2、Cを 3点とする  $① \times 5 + ② \times 2 +$ $③ \times 3 + ④ \times 4$  A良:20点以下 B中:21~27点 C悪:28点以上
飛来塩分量		② 降水量	架橋位置により評価			2	
年間降雨量		③ 桁下状況	陸上	河川、湖沼		3	
日照量		④ その他の 環境特性	腐食し づらい	中位	腐食し やすい	4	
湿度							
交差物件 の有無							

### 3. 腐食マトリックスの提案

## 2.2.2 腐食負荷の構成因子と評価基準

腐食負荷を『人が制御できる人工的負荷条件』と定義し、腐食に影響を及ぼすと考えられる因子から評価可能なパラメータ(評価項目)を選定し、評価レベルを算出する。

腐食負荷 (人工的人為的な要素)								
選定項目		パラメータ (評価項目)		評価基準			重み 係数	評価レベル
				1(低)	2(中)	3(高)		
伸縮装置通過 水量	→	①	伸縮装置への 路面排水負荷	120m <sup>2</sup> 以下	120～ 200m <sup>2</sup>	200m <sup>2</sup> 以上	2	低を1、中を2、高を 3点とする  ①×2 + ②×1 + ③×5 + ④×2 + ⑤×2 + ⑥×2  1低:20点以下 2中:21～32点 3高:33点以上
路面勾配 (縦、横断)	→	②	路面合成勾配	3.5% 未満	3.5%～ 5%	5% 以上	1	
排水柵 設置間隔	→	③	凍結防止剤 散布量	架橋位置により評価			5	
凍結防止剤 散布量	→	④	大型車交通量	3000 未満	3000～ 10000	10000 以上	2	
交通量	→	⑤	排水柵土砂 詰まり状況	無し	5割 未満	5割 以上	2	
路面清掃 の頻度	→	⑥	その他の 腐食負荷	低い	中位	高い		

### 3. 腐食マトリックスの提案

#### 2.2.3 腐食耐性の構成因子と評価基準

腐食耐性を『橋梁の持つ特性(腐食耐性)』と定義し、腐食に影響を及ぼすと考えられる因子から評価可能なパラメータ(評価項目)を選定し、評価レベルを算出する。

腐食耐性の構成因子としては様々な因子が考えられるが、そのうちから評価可能な項目を選定してパラメータとし、それぞれに評価基準及び重み係数を設けることで、「腐食耐性」の評価レベルを定めることとした。

「腐食耐性」のパラメータ並びに評価基準、重み係数については、次ページの表を参照するものとする。

なお、腐食環境、腐食負荷、腐食耐性の各パラメータ並びに評価基準、重み係数については、腐食マトリックスの運用状況から評価し直し、適宜見直すことが望ましい。

### 3. 腐食マトリックスの提案

腐食耐性 (橋梁の持つ特性)									
選定項目		パラメータ (評価項目)		評価基準				重み係数	評価レベル
				α 標準	β 良	γ 高	δ 優		
設計基準等	→	①	架設年度	1973年以前	1974～1980	1981～2001	2002年以降	3	α を1、β を2、γ を3、δ を4点とする  $① \times 3 + ② \times 2 + ③ \times 3 + ④ \times 1 + ⑤ \times 2 + ⑥ \times 1$  α 標準: 20点以下 β 良: 21～28点 γ 優: 29点以上
橋梁材料 防食方式等	→	②	伸縮装置からの漏水有無	多い	少ない	無し		2	
鉄筋かぶり	→	③	定期点検結果の健全度	IV	III	II	I	3	
伸縮装置形式	→	④	斜角	60度未満	65度～75度	75度～85度	85度以上	1	
定期点検結果の健全度	→	⑤	塗装経過年数	21年以上	15～20年	10～15年	10年未満	2	
防水工の有無	→	⑥	その他の腐食耐性	低い	中位	高い		1	
斜角	→								

## 4. 腐食マトリックスを活用した腐食耐性の改善

### 腐食環境と腐食負荷に応じた腐食耐性の改善

---

#### (1) 既設橋

- ・腐食損傷結果から、腐食耐性改善対策の具体化
- ・複数の対策が必要

#### (2) 新設橋

- ・橋梁計画ならびに設計段階から、必要な腐食耐性を有するための防食性能を具体化
- ・多様な選択肢が考えられるが、計画通りにならなかったときの対策を実現できる柔軟性が重要

#### (3) 腐食マトリックスの活用による腐食耐性の改善

## 4. 腐食マトリックスを活用した腐食耐性の改善

### 腐食負荷と腐食環境の低減と腐食耐性の向上

---

#### 1. 腐食負荷の低減

構造改善、排水改善

#### 2. 腐食環境の低減

植生、清掃

#### 3. 腐食耐性の向上

高性能防食の利用

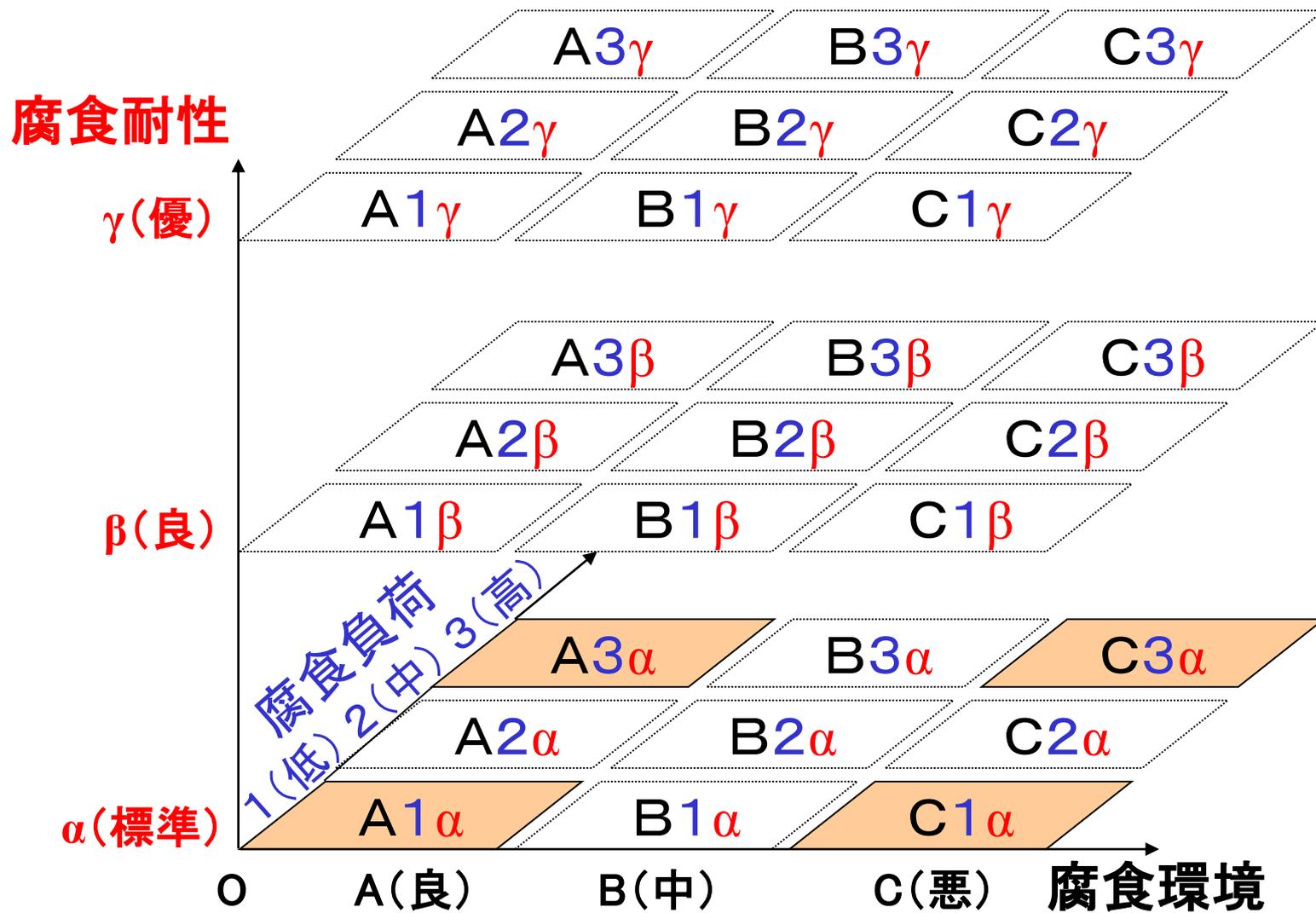
(優)

(良)

(標準)

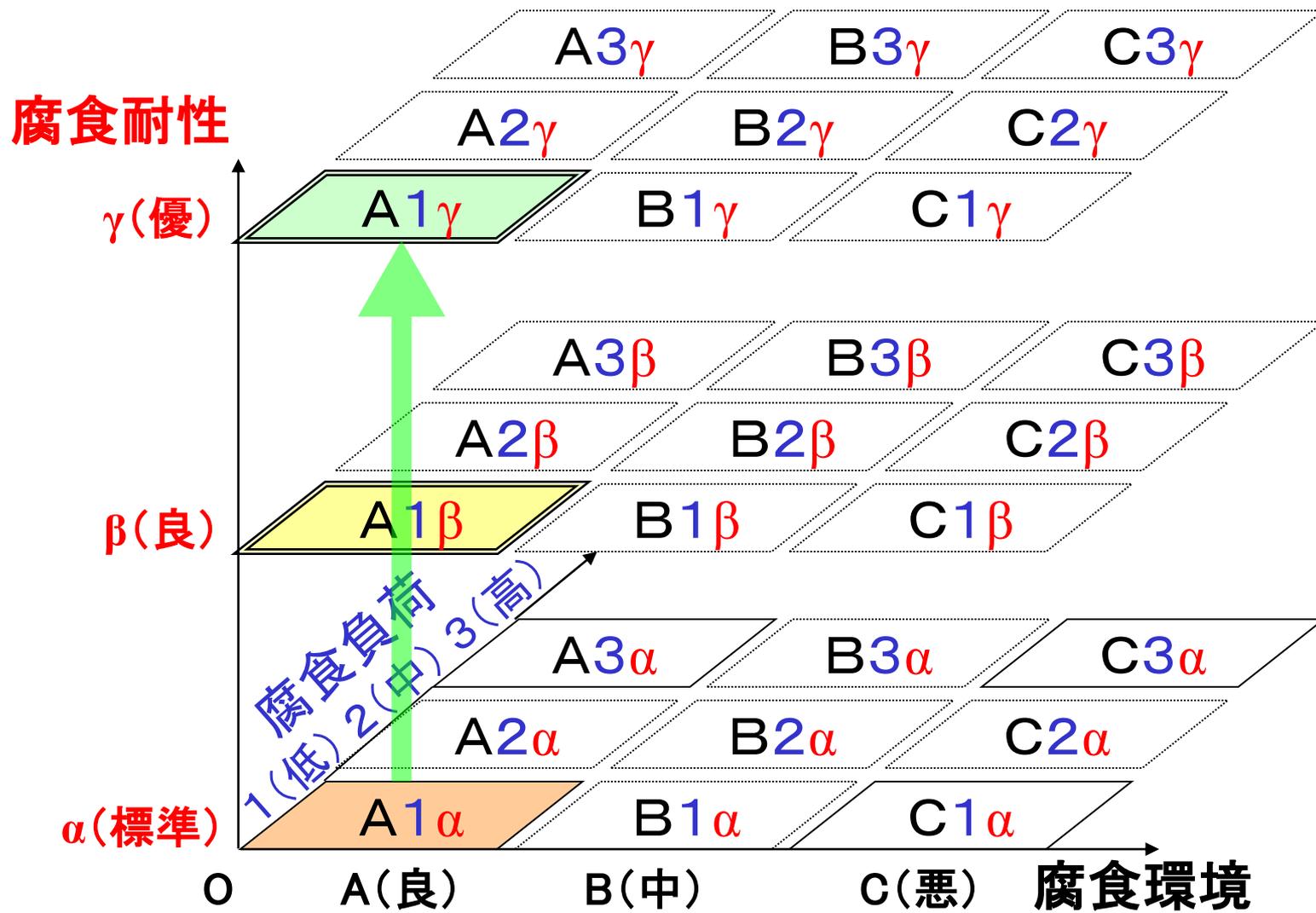
} 一次元あるいは三次元表示

#### 4. 腐食マトリックスを活用した腐食耐性の改善



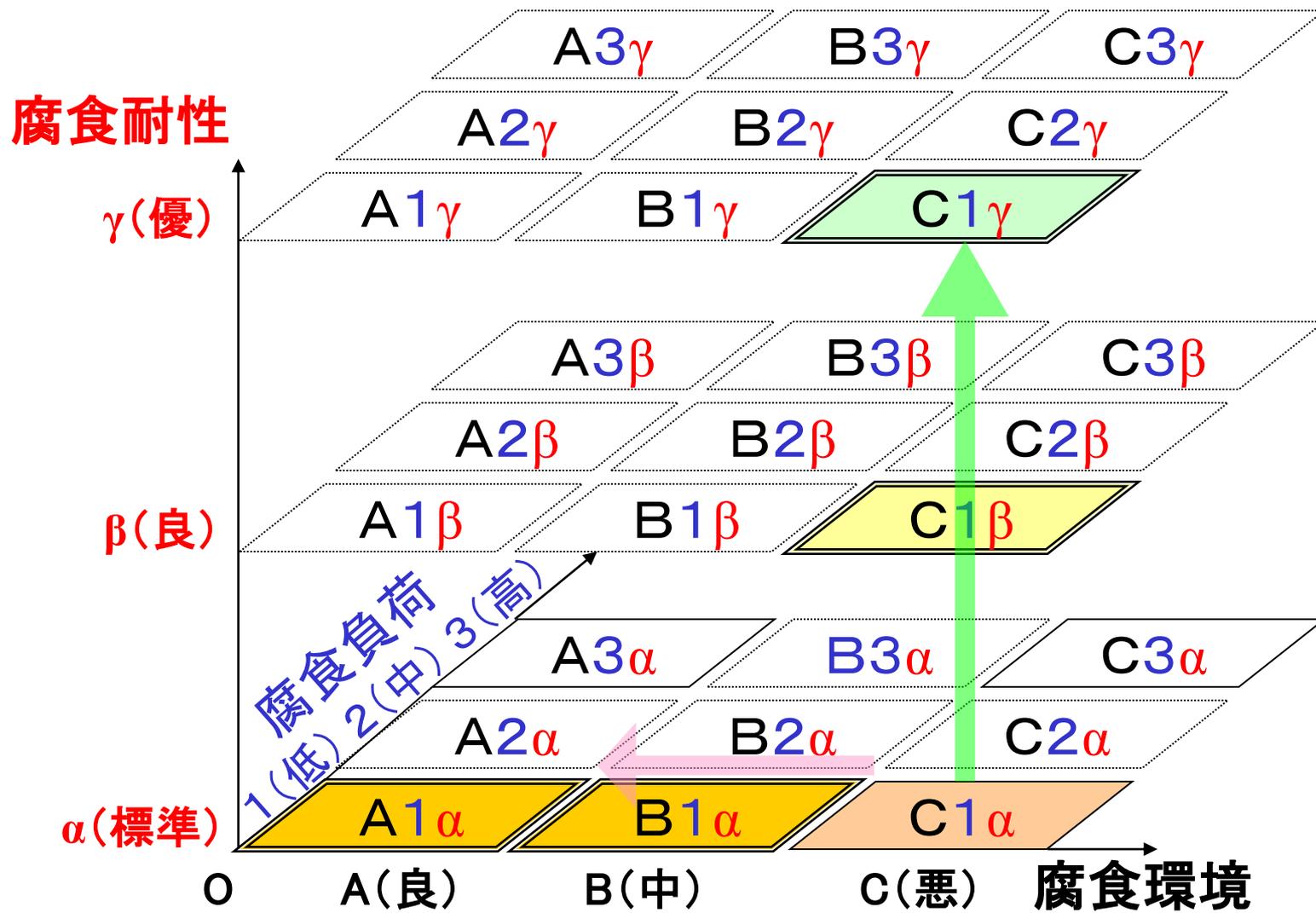
既設橋ならびに新設橋について腐食マトリックスで評価

#### 4. 腐食マトリックスを活用した腐食耐性の改善



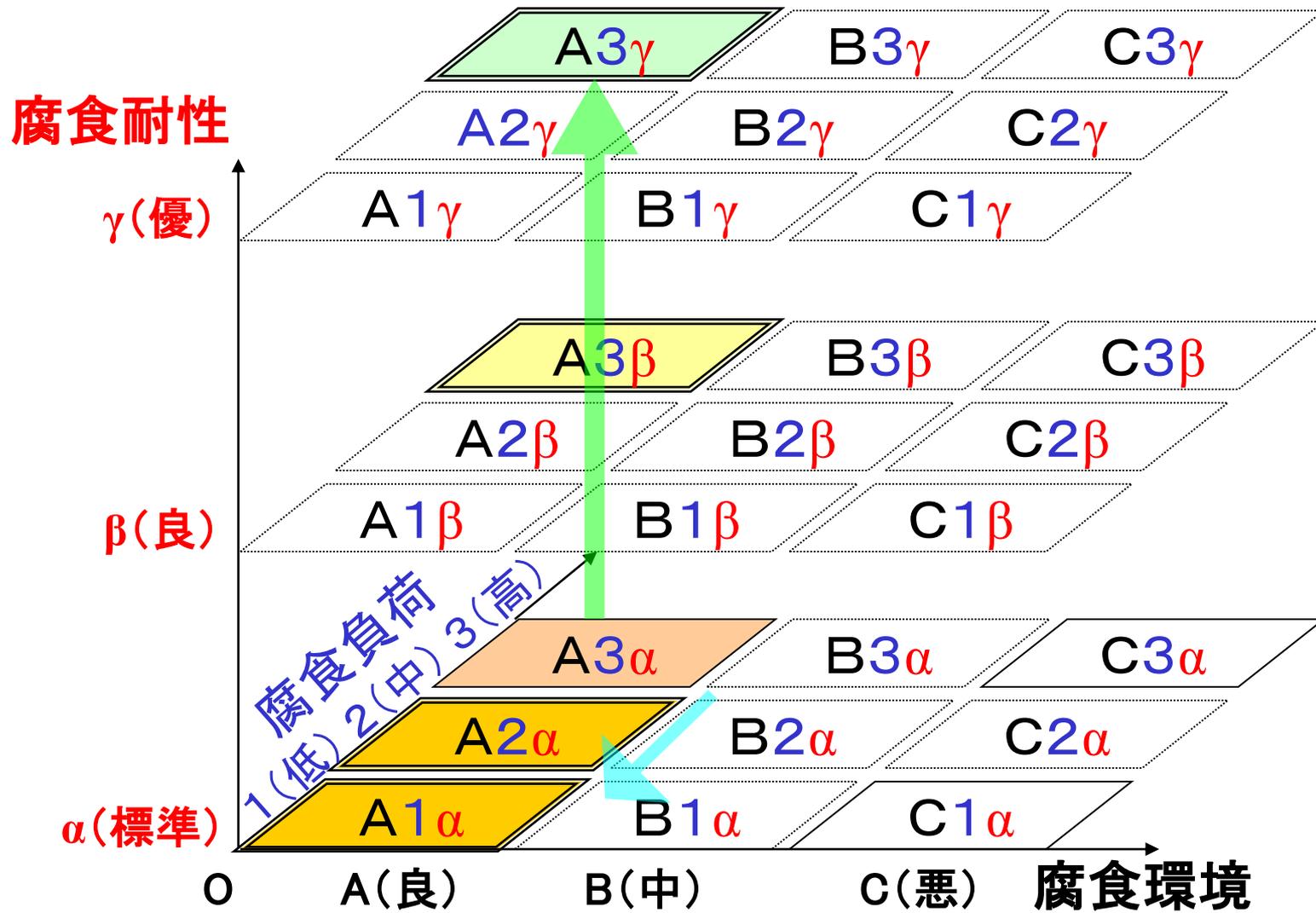
既設橋ならびに新設橋を腐食マトリックスで改善

#### 4. 腐食マトリックスを活用した腐食耐性の改善



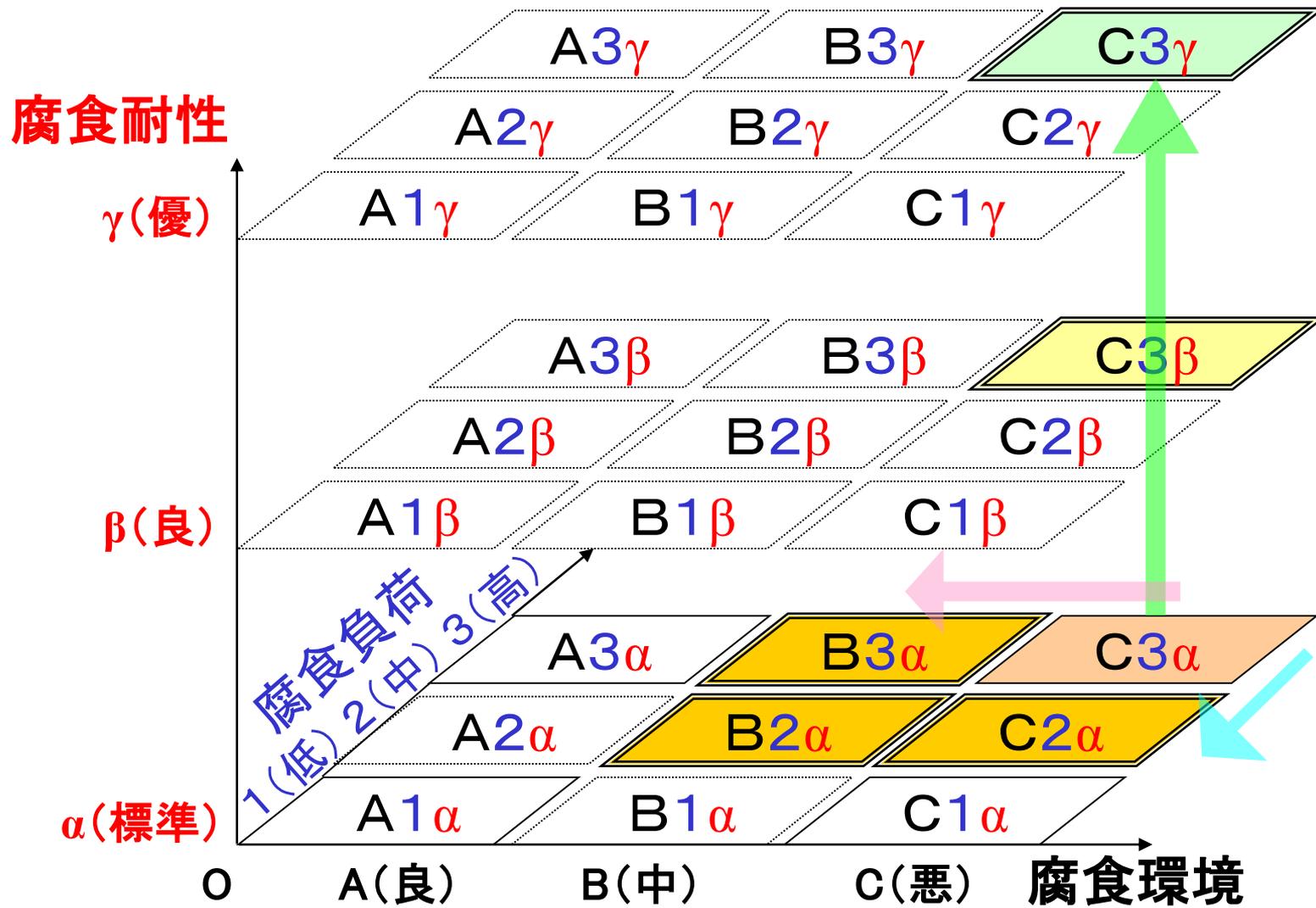
既設橋ならびに新設橋を腐食マトリックスで改善

#### 4. 腐食マトリックスを活用した腐食耐性の改善



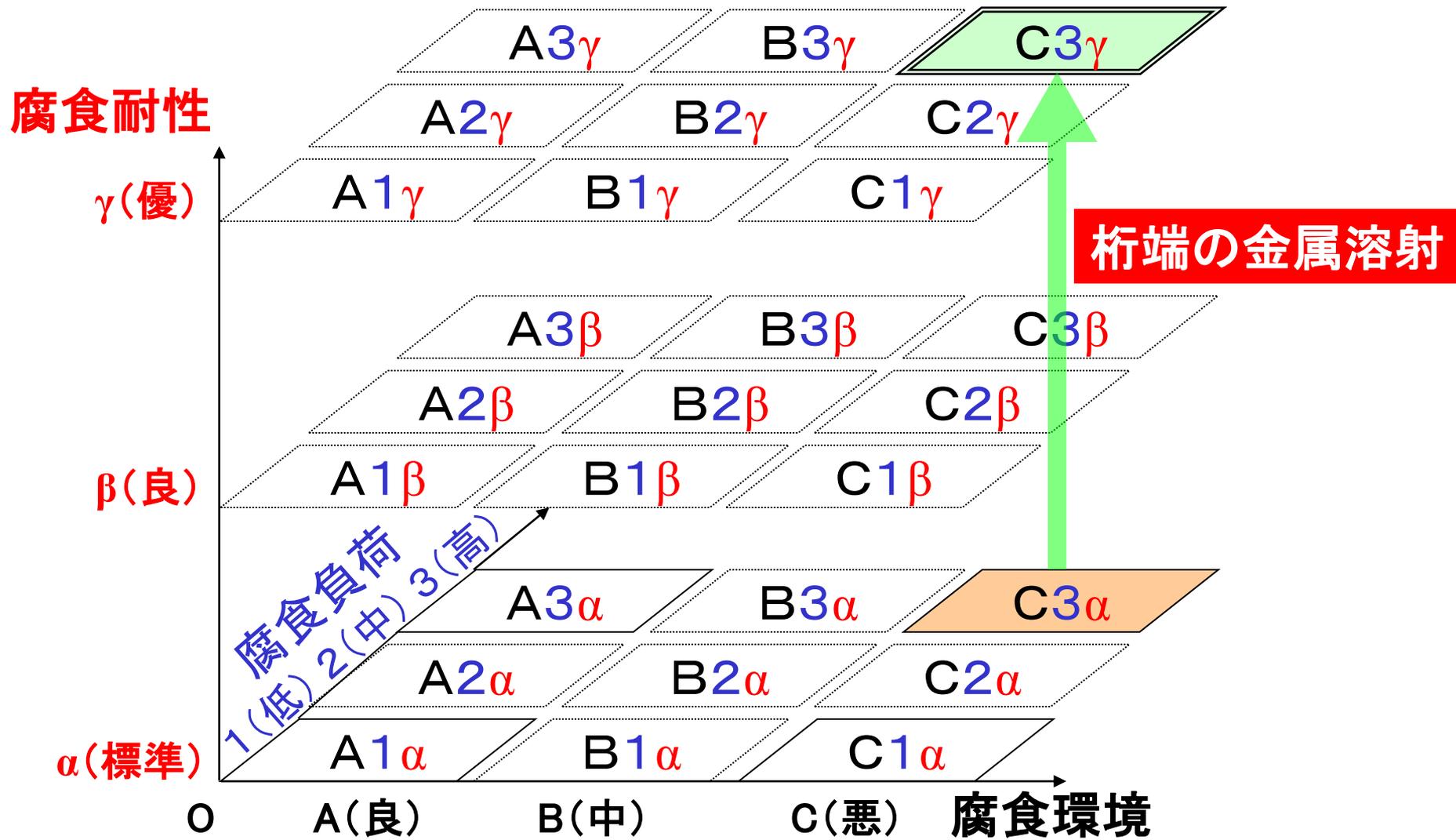
既設橋ならびに新設橋を腐食マトリックスで改善

#### 4. 腐食マトリックスを活用した腐食耐性の改善



既設橋ならびに新設橋を腐食マトリックスで改善

#### 4. 腐食マトリックスを活用した腐食耐性の改善

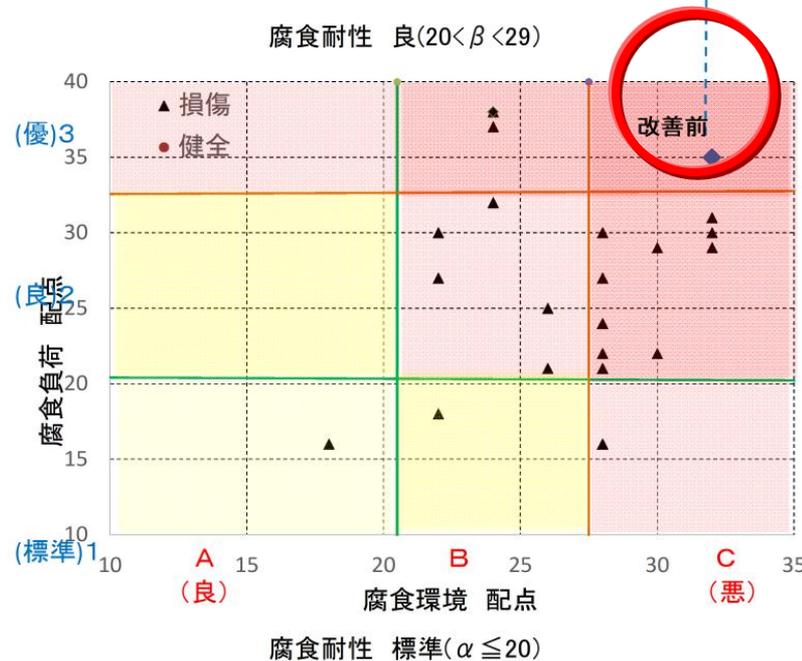
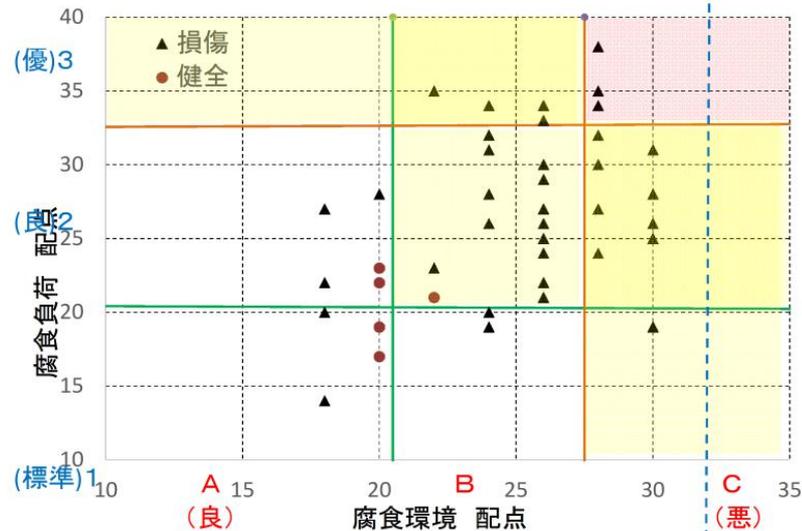
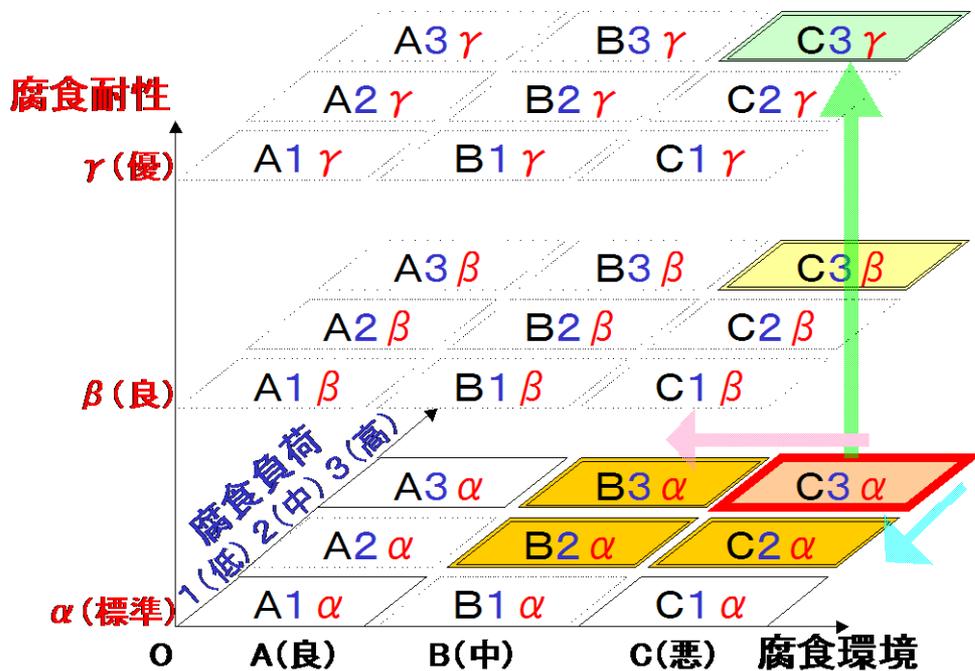


浅水川橋の改善方法

# 4. 腐食マトリックスを活用した腐食耐性の改善

## 改善例

「C3 $\alpha$  を C3 $\gamma$  に」



## 4. 腐食マトリックスを活用した腐食耐性の改善

### 表 1 腐食耐性の評価表

		腐食耐性 (橋梁の持つ特性)				重み 係数	評価レベル
パラメータ (評価項目)		評価基準					
		a標準	b良	c高	d優		
①	架設年度	1973年 以前	1974年～ 1980年	1981年～ 2001年	2002年 以降	3	aを1、bを2、cを3、dを4点と する。  $\textcircled{1} \times 3 + \textcircled{2} \times 2 + \textcircled{3} \times 3$ $+ \textcircled{4} \times 1 + \textcircled{5} \times 2 + \textcircled{6} \times 1$ +Ⅲ  全て【a標準】の場合：12点 全て【b良】の場合：24点 全て【c高】の場合：36点 全て【d優】の場合：45点 となる。  ・α 標準：20点以下 ・β 良：21～28点 ・γ 優：29点以上
②	伸縮装置からの漏水の 有無(直近の点検結果)	有り・多 い	有り・少 ない	無し	—	2	
③	定期点検結果の健全度	Ⅳ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅰ	3	
④	橋梁の斜角	60度未 満	60度以上 75度未満	75度以上 85度未満	85度以 上	1	
⑤	塗装経過年数	21年以 上	15年を超 え20年以 下	10年を超 え15年以 下	10年以 下	2	
⑥	その他の腐食耐性	耐性が 低い	中位	耐性が高 い	—	1	
Ⅲ	腐食耐性の 向上効果	【研究会内で既存工法や 新工法を整理, 抽出】 ここでは詳細は省略				1	

#### 4. 腐食マトリックスを活用した腐食耐性の改善

表 6 腐食耐性の向上

評価項目		選択工法				評価点		
		aなし	b小	c中	d大	点数	重み 係数	合計 点
評価点		0.0	1.0	2.0	3.0			
腐 食 耐 性	防食機能の向上 (金属溶射)				●	3.0	2.0	6.0
	防食対策(止水板)			●		2.0	1.0	2.0
	防食対策(水抜き箱桁)			●		2.0	0.5	1.0
	支承防食機能の向上 (金属溶射)				●	3.0	1.0	3.0
	合 計							

表 7 各評価の効果

	現況	改善後	改善の効果
環境	32	32	C
負荷	35	35	3
耐性	18	30	$\alpha \rightarrow \gamma$

## 4. 腐食マトリックスを活用した腐食耐性の改善

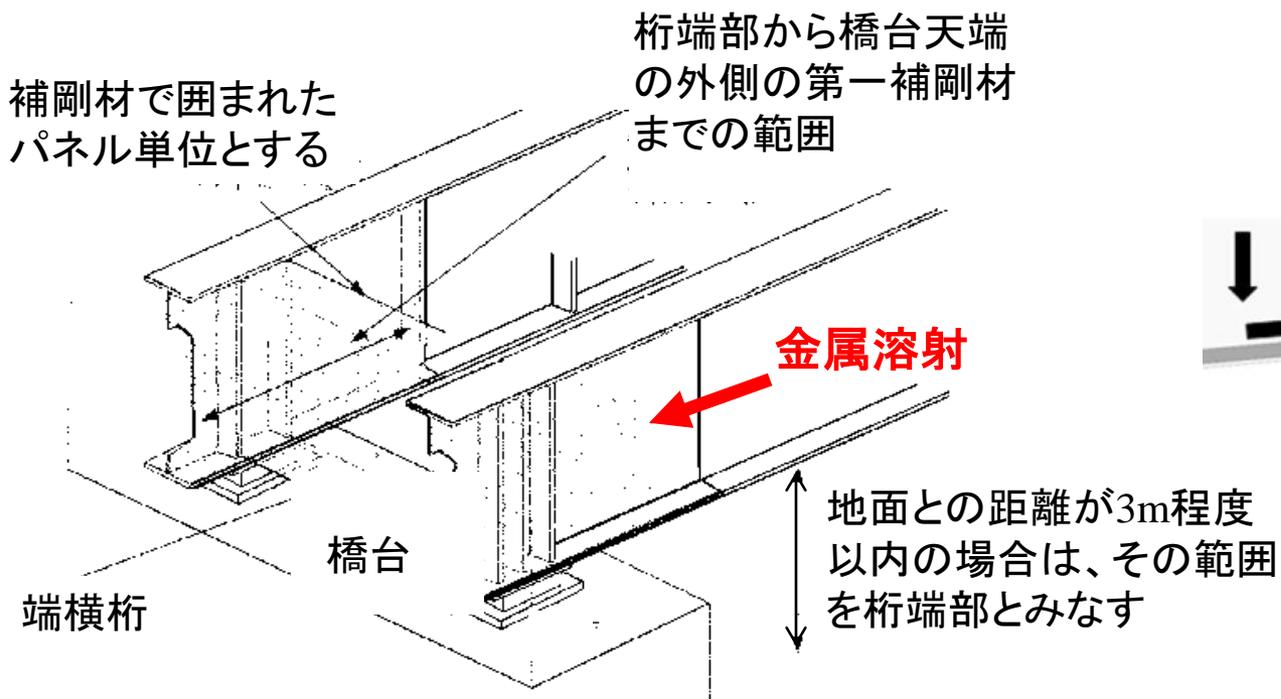


図4 金属溶射による対策

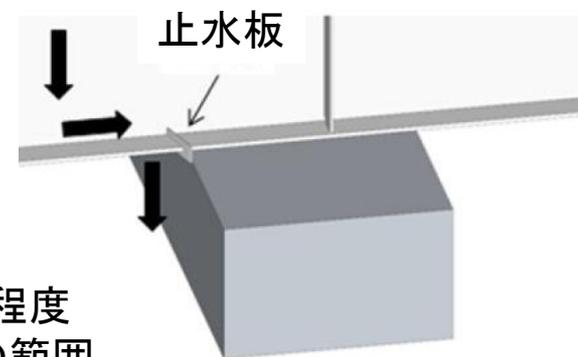
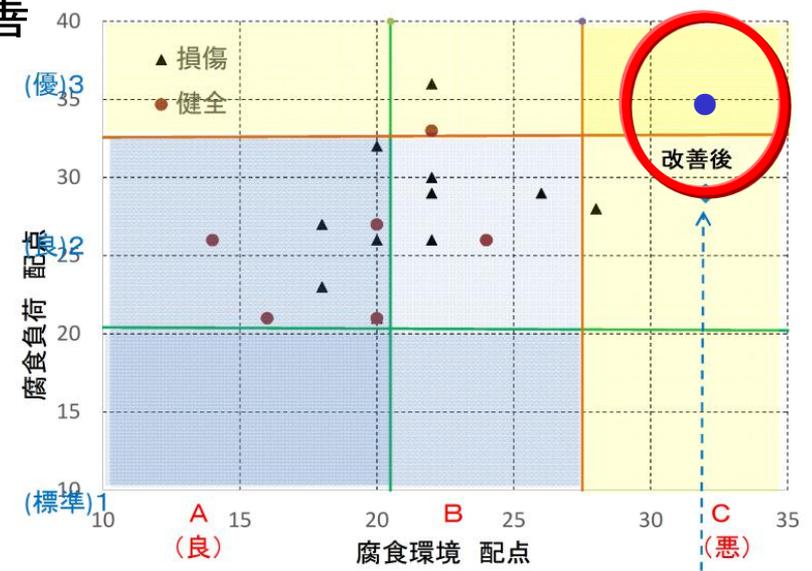
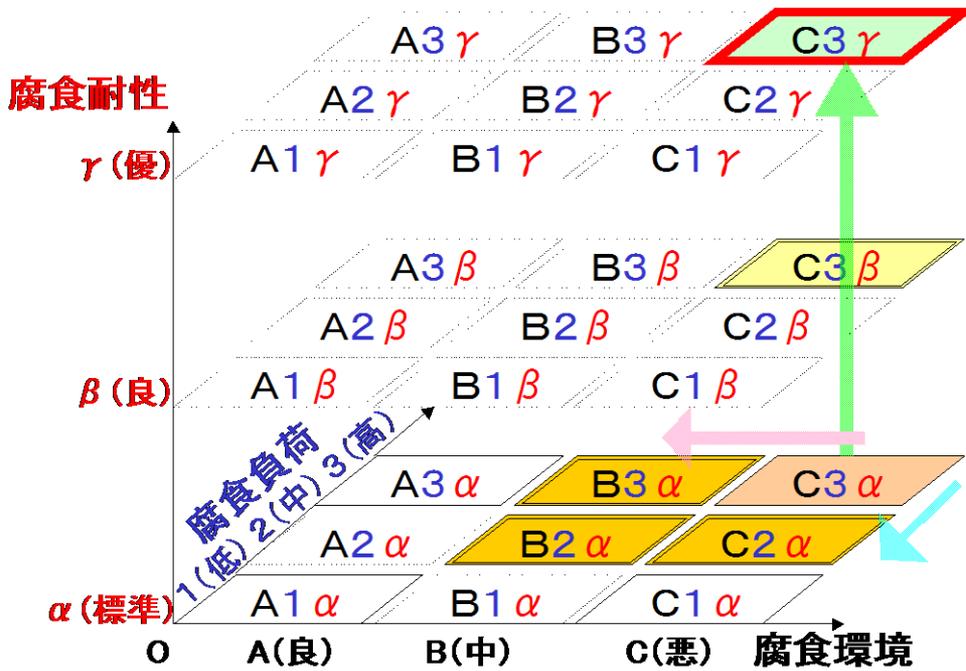
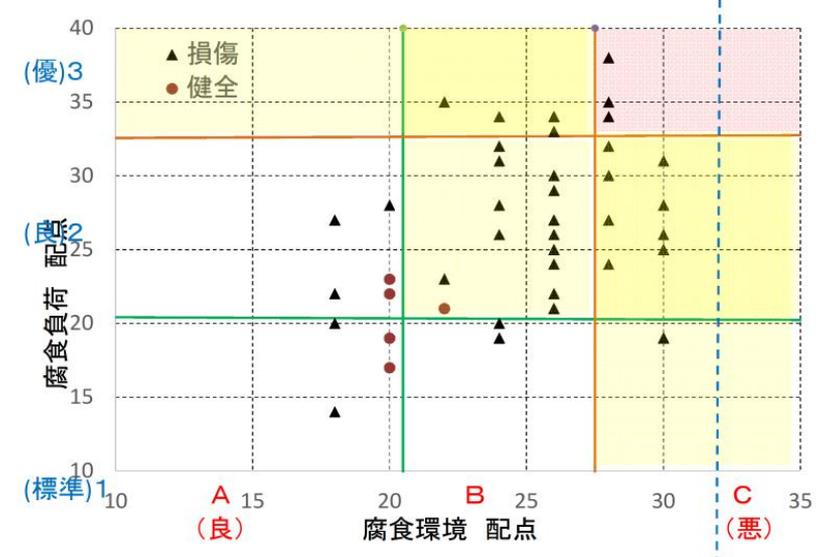


図5 止水板設置による対策

# 4. 腐食マトリックスを活用した腐食耐性の改善



腐食耐性 優 ( $\gamma \geq 29$ )



腐食耐性 良 ( $20 < \beta < 29$ )



## 5. 今後の課題

### 定期的点検に基づいた腐食耐性の持続的改善

---

#### (1) 既設橋

- ・腐食損傷結果から、腐食耐性改善対策の見直し
- ・複数の対策を検討

#### (2) 新設橋

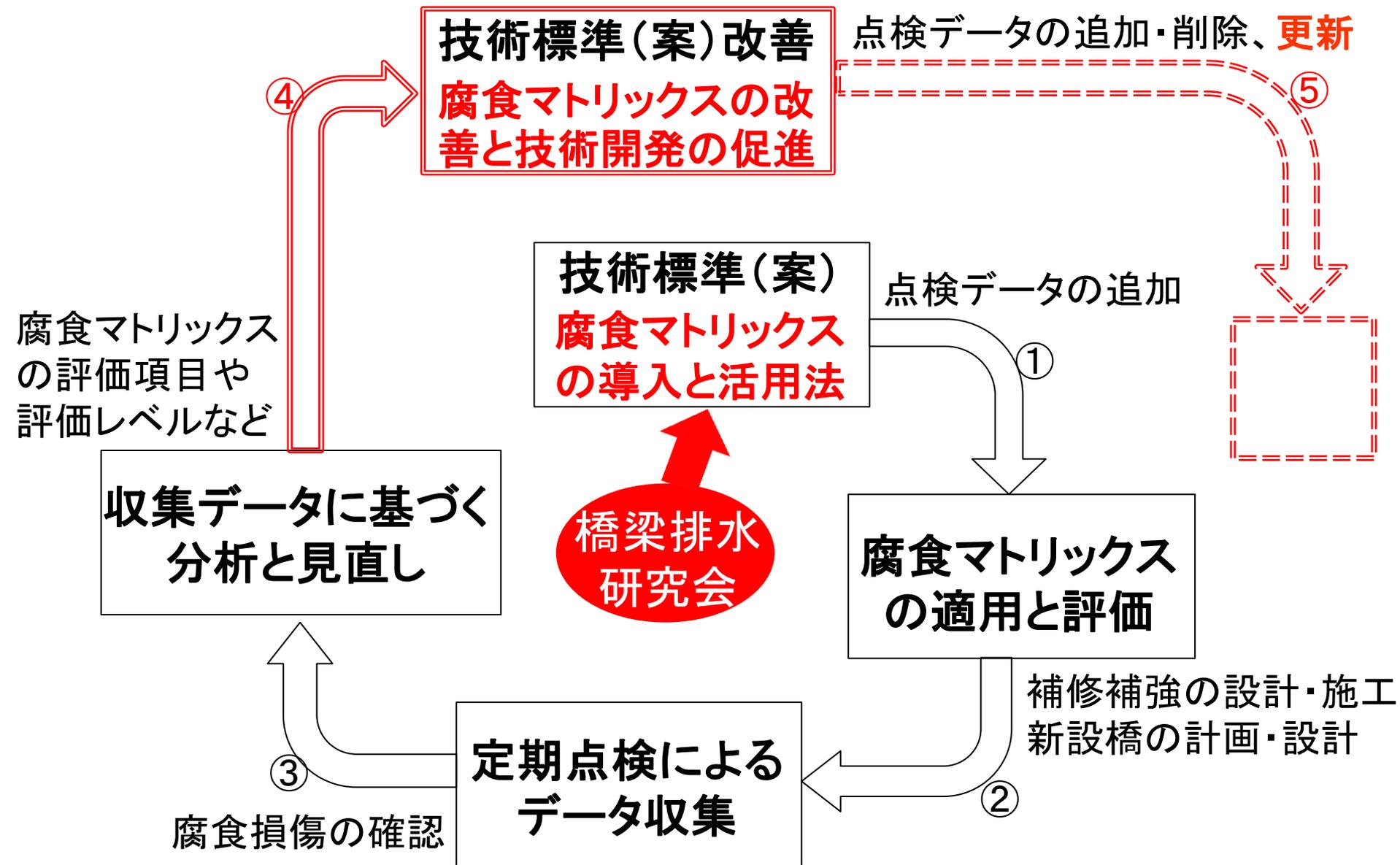
- ・既設橋の点検結果と腐食耐性改善対策を利用
- ・橋梁計画ならびに設計段階から、必要な腐食耐性を有するための防食性能を具体化
- ・多様な選択肢が考えられるが、計画通りにならなかったときの対策を実現できる柔軟性が重要

#### (3) 腐食マトリックスの活用による腐食耐性の持続的改善

#### (4) 腐食マトリックスの拡張もあり

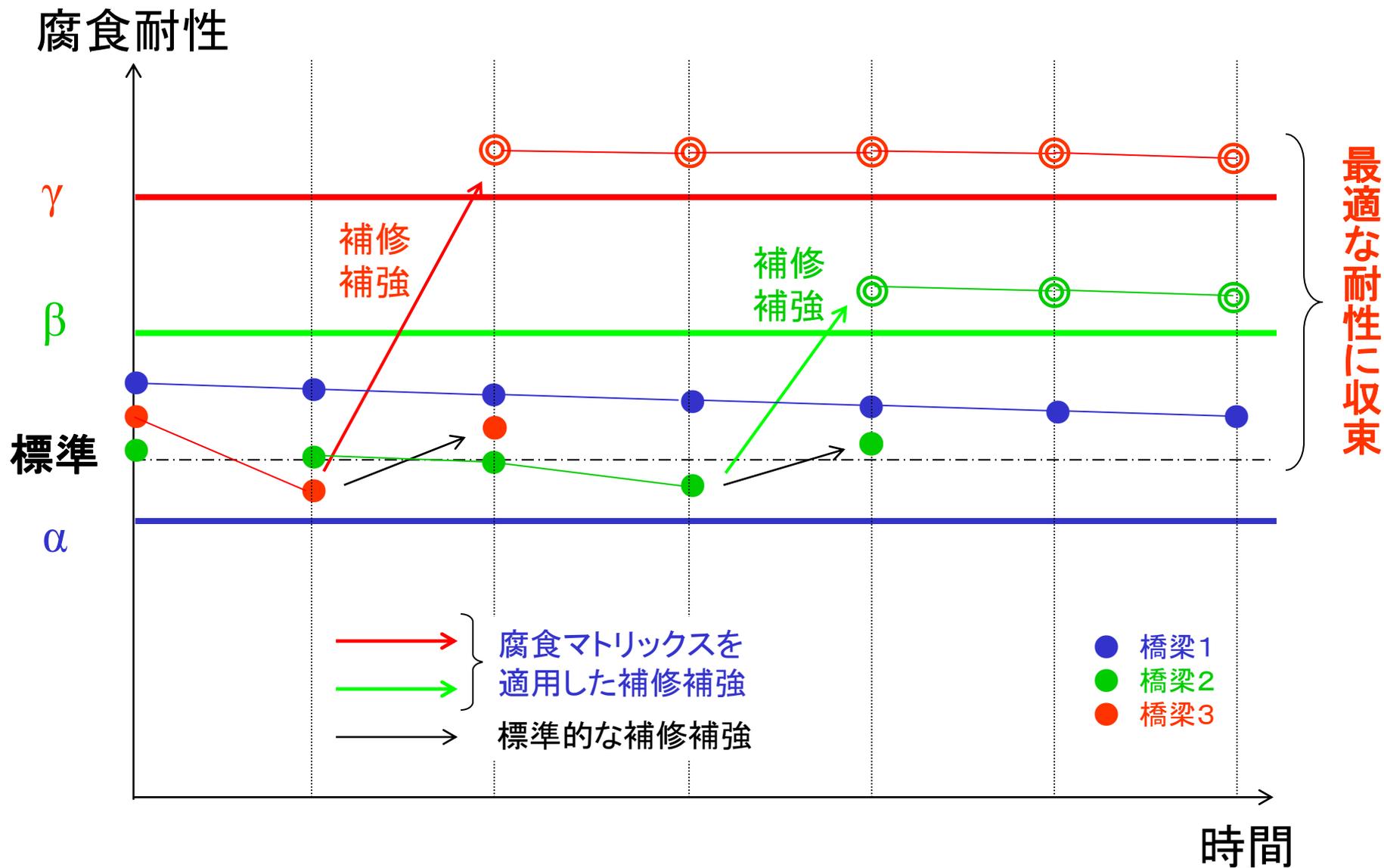
## 5. 今後の課題

### 持続的取り組みの重要性



## 5. 今後の課題

### 腐食環境と腐食負荷に適した腐食耐性への改善





ようやく改善の取り組みが始まりました。

ご清聴ありがとうございました

Millennium Bridge with St.Paul's Cathedral in the Background