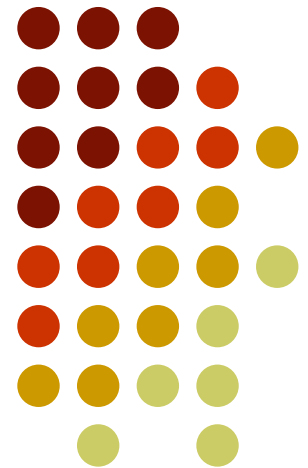


# 社会資本ストックの 戦略的維持管理とは何か

国土交通省 国土技術政策総合研究所  
研究総務官 兼 総合技術政策研究センター長  
西川和廣





# 自己紹介

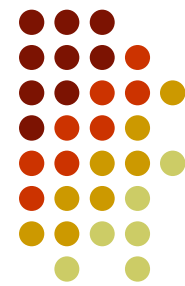
- 大学・大学院では鋼構造物の疲労試験
- 1978年 建設省土木研究所 橋梁研究室研究員
  - 鋼橋の設計・施工・維持管理担当、荒廃するアメリカに留学
- 1987年 道路局 国道第二課課長補佐
  - 日米建設摩擦、道路橋示方書改訂
- 1989年 東北地建 酒田工事事務所長
  - 塩害で国道7号のPC橋15橋が全滅
- 1991年 建設省土木研究所 橋梁研究室長
  - 設計荷重改訂20→25トン
  - 兵庫県南部地震、耐震補強工法
  - 道路橋示方書改訂、性能規定、疲労設計指針
  - ライフサイクルコスト、アセットマネジメント
- 2001年 国土技術政策総合研究所 企画部 評価研究官
  - 鋼製橋脚疲労損傷対応
- 2003年 独立行政法人 土木研究所 企画部長
  - 鋼床版疲労損傷対応
- 2005年 国土技術政策総合研究所 研究総務官  
兼 総合技術政策研究センター一長
  - 入札・契約制度、総合評価型落札方式
  - 土木学会 鋼構造委員長(H19-20)

# 本講演会におけるストックマネジメント 関連テーマ



- 社会資本ストックの戦略的維持管理とは何か（総合技術政策研究センター）
- 下水管渠のストックマネジメントー劣化曲線とリスク管理ー（下水道研究部）
- 道路構造物の長寿命化とLCC縮減に向けた取り組み（道路研究部）
- 住宅分野における持続可能社会実現に向けた取り組み（住宅研究部）

# 各研究部・センターの重点研究テーマ



- 水・物質循環ソフトウェア共通プラットフォーム、降雨予測を用いた洪水調節手法、避難意思決定要因に基づく海岸災害からの避難促進（河川）
- 治水と環境、計画と管理を一体的に捉える統合的・継続的川づくり、**社会資本のライフサイクルをととした環境評価技術**、都市緑化樹木のCO2のストック量の把握（環境）
- 人口減少期における都市・地域の将来像アセスメント（都市）
- **港湾アセットマネジメントの空間的手法**（港湾）
- **空港舗装巡回点検等支援システム**、エアラインの行動を考慮した空港需要マネジメント（空港）

→ **ストックマネジメント研究会**



# 社会資本ストックの戦略的維持管理 とは何か

1. はじめに ー戦略と戦術ー
2. 維持管理戦略を定めるための道筋
  - 2.1 戦略といえば孫子の兵法
  - 2.2 彼(敵)ヲ知ル
  - 2.3 己ヲ知ル
3. マネジメントに関する言葉について
  - 3.1 様々なマネジメント、それぞれの立場
  - 3.2 劣化曲線、効用と弊害
  - 3.3 ライフサイクルコスト



# 1. はじめに

## — 戦略と戦術 —

- **戦略 (Strategy)** とは一般的には長期的視野、複合思考で特定の目標を達成するために力や資源を総合的に運用する技術・科学である。
- **戦術 (Tactics)** とは、作戦・戦闘において任務達成のために部隊・物資を効果的に配置・移動して戦闘力を運用する術である。
- 以上、Wikipedia

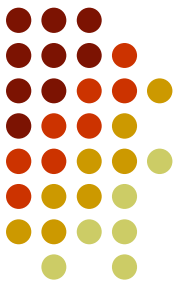
# 戦略と戦術と戦略目標



- **まず必要な「戦略目標」**
  - 何をどのようなレベルで達成すれば成功か？
  - どのような管理レベルをめざすのか？
    - 国・県・市町村における、点検、予防保全レベルとも関連
- **目標達成のための「戦略」**
  - どのような道筋で目標にたどり着くか？
  - 壁を越えるのか、壊すのか、避けるのか？
- **戦略を実現するための具体的な行動＝「戦術」**
  - どのように壁を越え、壊し、避けるのか？
  - それを誰が行うのか？

# 道路橋の長寿命化計画(道路局)

—どんな戦略なのか?—



- 「戦略目標」は、道路の機能が将来にわたって持続的に維持され、老朽化によって喪失されないこと
  - あって当たり前、「永久性への暗黙の期待」に応えること
  - 社会資本管理の特質
- 既設・新設橋の長寿命化は「戦略」
  - 長寿命化を進めることが持続的な機能保持を可能にする
- 予防保全は長寿命を実現する「戦術」
  - 予防保全は長寿命化の実現に有効な行動規範である





## 2. 維持管理戦略を定めるための道筋

### 2.1 戦略といえば孫子の兵法

「彼(敵)ヲ知り、己ヲ知レバ、百戦殆フカラズ」

### 2.2 彼(敵)ヲ知ル

2.2.1 施設の性質・性格を知ること

2.2.2 寿命を縮める損傷・劣化要因とメカニズムを知ること

2.2.3 何処に、どんな状況で使われているか把握すること

2.2.4 点検・診断手法、補修工法、予防方法を開発すること

### 2.3 己ヲ知ル

2.3.1 自らの戦力を知る

2.3.2 維持管理に必要な“脳”力を知る

2.3.3 自らの弱点を知る



## 2.1 戦略といえば孫子の兵法

- 「彼(敵)ヲ知り、己ヲ知レバ、百戦殆フカラズ」
- 「彼(敵)」とは、
  - 橋、港湾施設、下水道、河川構造物、ダムetc.
- 「己」とは、
  - 外注先を含めた管理者
- 経済学、公会計の知見を導入し、優先順位を設定することだけで戦略と言えるのだろうか。

## 2.2 彼(敵)ヲ知ル

### 2.2.1 施設の性質・性格を知ること



- どのような目的で造られ、どのような形で機能することを期待されているのか？
  - サービス提供型施設→サービス中断の有無が重要
  - 災害防御施設→災害発生時に機能、防御レベルが重要
- 機能停止でどのような損失を、誰が受けるのか？
  - 代替性は？影響を受ける範囲は？
- 物理的寿命はどの程度か？
  - 寿命を延ばすことは技術的、経済的に可能か？
- 機能的寿命はどの程度か？
  - サービスレベル充足度は？**陳腐化圧力**は？

# 各分野の進捗状況(国総研ストックマネジメント研究会)

施設名			性状把握					現状把握		計画策定		人的対応
			劣化メカニズム	点検・診断手法	補強工法	健全度指標	劣化予測	データ蓄積	DB運用	管理水準	維持管理計画	体制の確立
サービス提供型の施設	下水道	管渠	●	●	●	●	●	●	●	●		
		処理場	●	●	●			●	●			
	道路	舗装	●	●	●	●	●	●	●	●		
		橋梁	●	●	●	●	●	●	●	●		
		トンネル	●	●	●	●		●	●	●		
	港湾	防波堤・岸壁・臨港交通施設	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		航路・泊地	●	●	●	●		●	●	●	●	
	空港	滑走路	●	●	●	●		●	●	●		
	防災型の施設	河川	堤防	●	●	●					●	
護岸			●	●	●							
水門・樋門・樋管			●	●	●							
ダム			●	●	●	●		●	●	●		
砂防		堰堤・山腹工・集水井等	●	●	●			●				
海岸		堤防・護岸等	●	●	●	●		●		●		

【凡例】

● 進捗度(中)

● 進捗度(低)

《空白》 未着手、詳細不明

## 2.2 彼(敵)ヲ知ル

### 2.2.2 寿命を縮める損傷・劣化要因とメカニズムを知ること



- 寿命を縮める病気にはどのようなものがあるか？
  - 腐食(化学的作用)、疲労(力学的作用)etc.
- その原因はわかっているか？
  - 施工不良、漏水、過積載車両、支持装置の機能不全etc.
  - 原因を取り除けなければ完治不能
- 発生から終末に至るプロセスがわかっているか？
- 完治可能、延命可能、手遅れの境界は？
  - 予防保全に不可欠な情報

## 2.2 彼(敵)ヲ知ル

### 2.2.3 何処に、どんな状況で使われているか把握すること



- 設計施工データ、補修履歴のデータベース
  - 構築と更新、どこにどのような状態であるのか
- 個々の施設の健全度情報(カルテ)
  - 点検時の詳細情報、管理担当者異動時の申し送り
- 施設群としてのマネジメント情報
  - 施設全体の健全度指標、点検・補強等の後随時更新
  - 経時変化、地域格差、進捗状況、施策効果等のチェック
- ハイテクであることは必須ではない
  - 活用の仕組みが存在することが前提

# 体力測定と健康診断



- 体力測定
  - 基準充足度の測定
  - 健康状態で発揮できる機能、能力のレベル
    - 耐震性能、耐荷力(25トン)、幅員、歩道の有無など
  - 既存不適格
    - 放置しても額面上の能力は低下しないが、・・・資産価値低下
- 健康診断
  - 健全度の診断、測定
  - 損傷・劣化(≡病気)の種類と症状
    - 腐食、疲労等経年劣化する損傷
  - 現状とともに将来の予測が重要
    - 放置すると悪化し、危険度、将来の負担が増大・・・有利子負債



## 2.2 彼(敵)ヲ知ル

### 2.2.4 有効な点検・診断手法、補修工法、予防方法

- 点検・診断手法
  - 損傷・劣化メカニズムを知らなければ非効率
- 補修工法
  - 補修工法の有無は診断に影響
  - 不治の病を治す特効薬、低コストの方法の開発を
- 予防方法
  - 完治、延命、手遅れの境界を知ることが必須





## 2.3 己ヲ知ル

### 2.3.1 自らの戦力を知る

- 戦略目標に見合った戦力はあるか？
- 必要な戦力(技術力)の確保
  - 外部勢力・・・資格制度
  - インハウス
  - その他
- 国道の橋と市町村道の橋はどこが違う？
  - 管理者の実力に応じた維持管理があり得るか？
  - 目標レベルで差をつけるしかない
  - 安全レベル～コスト最小レベル～安心・信頼レベル

## 2.3 己ヲ知ル

### 2.3.2 維持管理に必要な“脳”力を知る



- 維持管理技術は独自の専門技術
- 設計のおまけではない
- 専門家の育成が急務

# 設計と維持管理の壁

— 設計ができれば維持管理くらいできる？ —



設計

維持管理

脳

身体

都市

自然

必然性

偶有性

半ば必然半ば偶然

理論

実際

理想

現実

Fiction

Realism

予定

結果

創造力

推理力

養老孟司の壁

茂木健一郎

実体験と想像力で壁を越える



## 2.3 己ヲ知ル

### 2.3.3 自らの弱点を知る

- 「見ない」「見過ごし」「先送り」
  - 橋の崩壊を招く3悪
  - 道路橋の予防保全に向けた有識者会議提言(2008 5)
  - ミネソタ、木曾川(R23)、本荘(R7)の教訓
- 陥りやすい各段階での錯覚と誘惑
  - ① 点検
  - ② 診断
  - ③ 判断・・・決断と実行

# 錯覚と誘惑 その1 点検



## ● 点検者のすべきこと

- 想定内・想定外の異常を発見し、記録・報告すること
  - 点検に用いる計測機器に対する理解と熟練(目視を含む)が必要

## ● 錯覚

- 点検と診断を同一視
  - それぞれ必要な技術力がある(レントゲン技師と医師)
- 自ら現場を見ようとしなない(責任に気づいていない)
- 思いこみ点検
  - 予断(=思考停止)を持った点検は正しい診断の妨げになる
- 機器に頼る
  - 想定外の異常に気がつくのは「人」の仕事、「客観性」の罨

## ● 誘惑

- 悪い報告を見たがらない管理者、報告したがらない検査者
  - 点検結果を枉げること(偽装)は粉飾決算を助ける監査法人

# 錯覚と誘惑 その2 診断



- 診断者のすべきこと
  - 点検データに基づいて損傷・劣化の種類と程度、原因を特定し、処方を示す
    - 知識と経験に裏付けられた総合的な診断能力が必要
    - 必要ならば自ら点検データを取得あるいは確認する
  - 患者に処方を示し実行を求める説得力が必要
- 誘惑（管理者）
  - 悲観的な診断はできれば聞きたくない
- 錯覚（診断者）
  - マニュアルに頼った仕分け（Categorize）・・・偽医者
  - 管理者（患者）が喜ぶ診断
    - 誤診断は責任問題と信用喪失

# 錯覚と誘惑 その3 判断・・・決断と実行



- 管理者のすべきこと
  - 診断に基づき、損傷の切迫性、予算、要員、交通への影響等を勘案して総合的に判断し、対策を決断、実施する（道路橋）
- 錯覚
  - 患者は施設ではなく管理者である！
  - 橋は自ら病院には行かない
- 先送りの誘惑
  - 希望的観測、予算の制約は決断から逃げるための口実
  - 「予算がない」は呪文であり麻薬
- 制度上の問題
  - 短期間に異動することが患者であることを忘れさせる
  - 管理者としての劣化・損傷対応の訓練をされていない



## 3. マネジメントに関する言葉について

### 3.1 様々なマネジメント、それぞれの立場

- アセット・マネジメント
  - 投資用資産の管理を実際の所有者・投資家に代行して行う業務のこと
- ファシリティ・マネジメント
  - 業務用不動産(土地、建物、構築物、設備等)すべてを経営にとって最適な状態(コスト最小、効果最大)で保有し、運営し、維持するための総合的な管理手法
- スtock・マネジメント・・・Wikipediaには項目なし
  - 社会資本ストック(蓄積)の機能維持
  - 社会資本施設の特質・・・永久への暗黙の期待
  - ミクロ(個別)とマクロ(群)のマネジメント



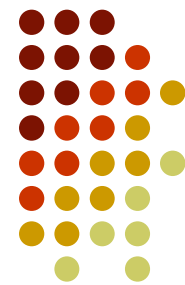
3つの立場	アセット・ マネジメント (財政)	マクロ・ マネジメント (国土交通本省)	ミクロ・ マネジメント (現場事務所)
マネジメントの 目的	投資効果を最大に したい	施設の機能を確保 しながら総予算を 抑制したい	限られた予算で安 全性、供用の信頼 性を確保したい
説明責任の 相手と内容	出資者、料金負担 者 資金運用の適切性	国民全般 道路ネットワーク の信頼性、健全性	管内の道路利用者 所管の橋の安全性 、供用性確保
関心事項	資金運用は適切か、 透明性は確保され ているか	予算の額と配分、健 全度の動向と地域間 格差、必要な施策、 施策効果	損傷の部位、種類 と原因、深刻度、補 修・補強の可能性、 交通規制の要否及 び可否、LCCetc.
必要とされる 指標等	施設劣化の予測式 他分野、他機関等 と比較可能な指標	施設の全般的な健 全度指標とその経年 的推移	部材、損傷の種類 ごとの損傷レベルと その動態を表す指 標

# アセットマネジメント(財政責任者)



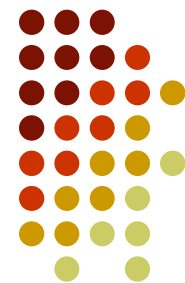
- 目的
  - 投資効果を最大にしたい
- 説明責任(相手と内容)
  - 出資者、料金負担者に資金運用の適切性
- 関心事項
  - 資金運用は適切か、透明性は確保されているか
- 必要な指標
  - 施設劣化の予測式
  - 他分野、他機関等と比較可能な指標

# マクロマネジメント(国土交通本省・・・政策責任者)



- 目的
  - 施設の機能を確保しながら総予算を抑制したい
- 説明責任(相手と内容)
  - 国民全般、道路ネットワークの信頼性、健全性
- 関心事項
  - 予算の額と配分、健全度の動向と地域間格差、必要な施策と効果
- 必要な指標
  - 施設の全般的(マクロ)な健全度指標とその経年的推移

# ミクロマネジメント(現場事務所・・・実務責任者)



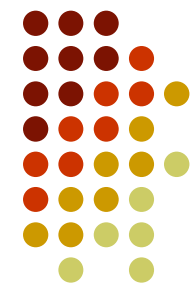
- 目的
  - 限られた予算で安全性、供用の信頼性を確保したい
- 説明責任(相手と内容)
  - 管内の道路利用者、所管の橋の安全性、供用性
- 関心事項
  - 損傷の部位、種類と原因、深刻度、補修・補強の可能性、交通規制の要否及び可否、LCCetc.
- 必要な指標
  - 部材、損傷の種類ごとの損傷レベルとその動態を表す指標



## 3. マネジメントに関する言葉について

### 3.2 劣化曲線、効用と弊害

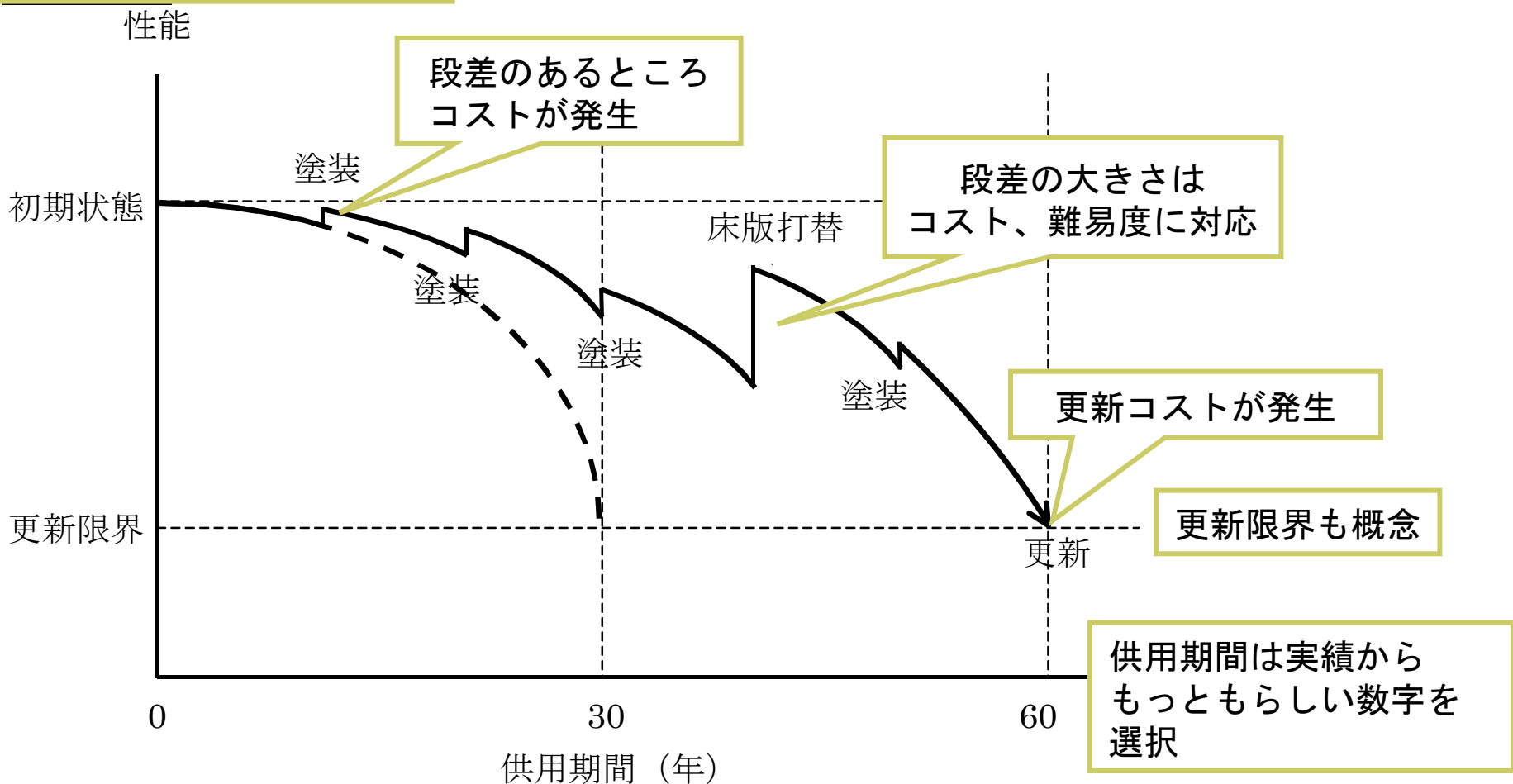
- 右肩下がりの曲線で劣化の進行を示す
  - 上に凸の曲線、損傷が加速、早期発見・早期治療
  - 維持管理のタイミング、難易度、効果等をギャップで表現
- 戦略を考える上で有用、しかし以下に要注意
  - 精度を高めようとしてもデータがないのが普通
  - 複雑なプロセスを一本の曲線で示すのは不可能
  - 劣化曲線は何処まで行っても定性的な模式図



# 劣化曲線の意味すること

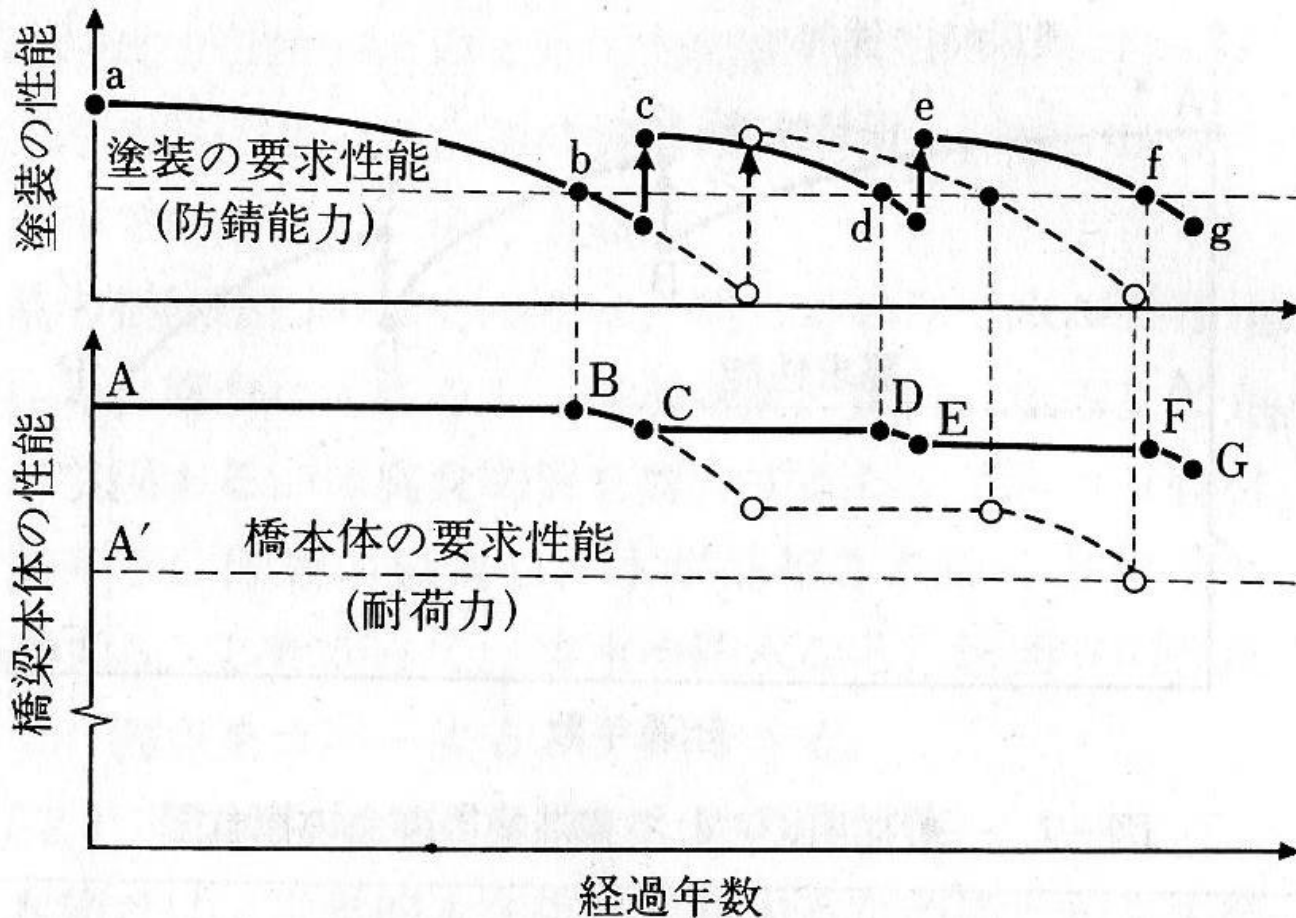
縦軸は概念、無理に定義すると失敗する

曲線の形：上に凸は予防保全推奨  
下に凸は先送り推奨



# 経年劣化が直接本体に及ぶとは限らない

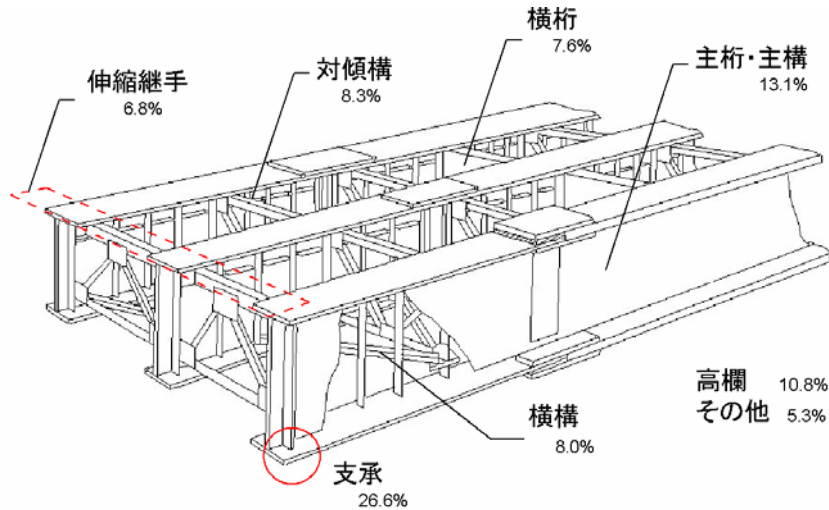
— 塗装の劣化と鋼橋本体の劣化の事例 —



- 適切な塗装が維持されれば、腐食による本体の劣化は進まない
- 因果関係が複雑な対象を単純な曲線で定量的に評価することには限界がある

図—8 本体と関連要因の性能を分離表示したモデル

# 鋼桁が一様に腐食することはない



- 大半は伸縮装置やRC床版クラックからの漏水が原因の局所的な腐食である
- 塗装全体の劣化度が進むまで待っていると、局部的には危険な状況に達し、橋全体の致命傷になりうる
- 塗り替える前に原因を取り除くのが先決である
- 局所的な腐食に合わせて全体を同じ仕様で塗り替えるのは壮大な無駄である



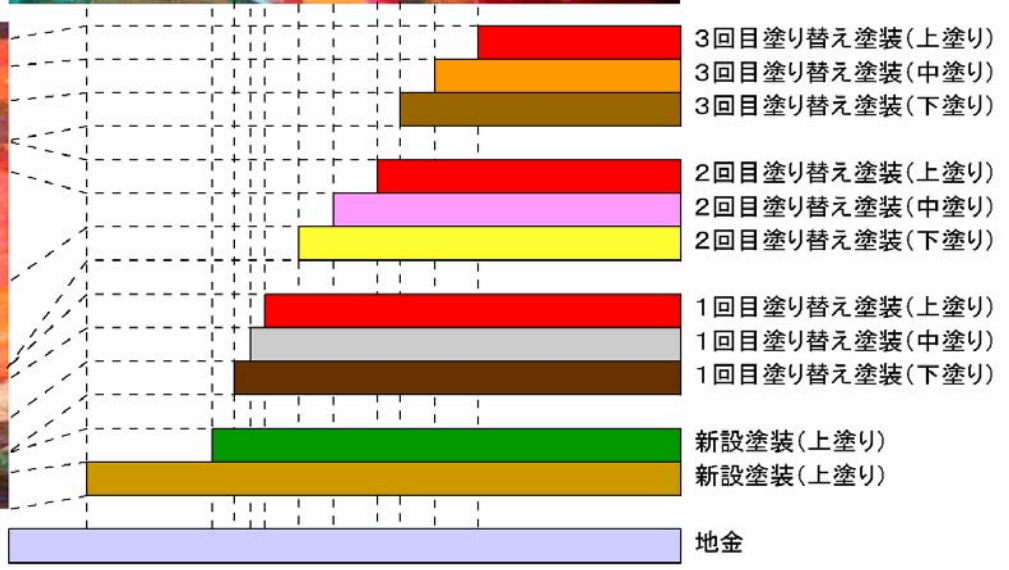
# 十二単を注文したのは誰か？



(素地調整部分の塗装境界)



(旧塗膜断面)

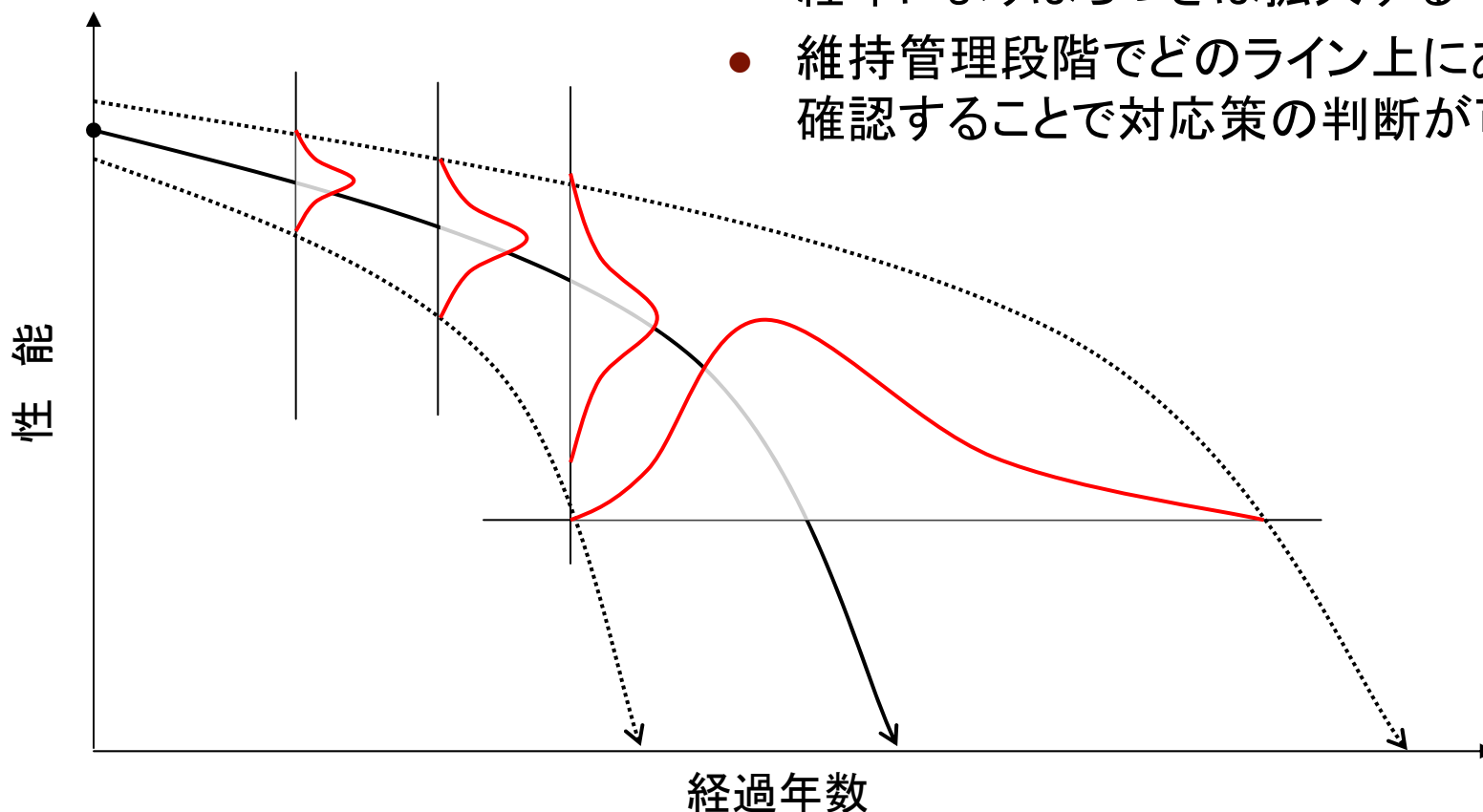


# 実構造物の劣化曲線のばらつきは大きい

—コンクリートの劣化パターンのイメージ—



- 個別橋梁の劣化パターンは個別の条件により千差万別（施工・環境etc.）
- 経年によりばらつきは拡大する
- 維持管理段階でどのライン上にあるかを確認することで対応策の判断が可能に





## 3. マネジメントに関する言葉について

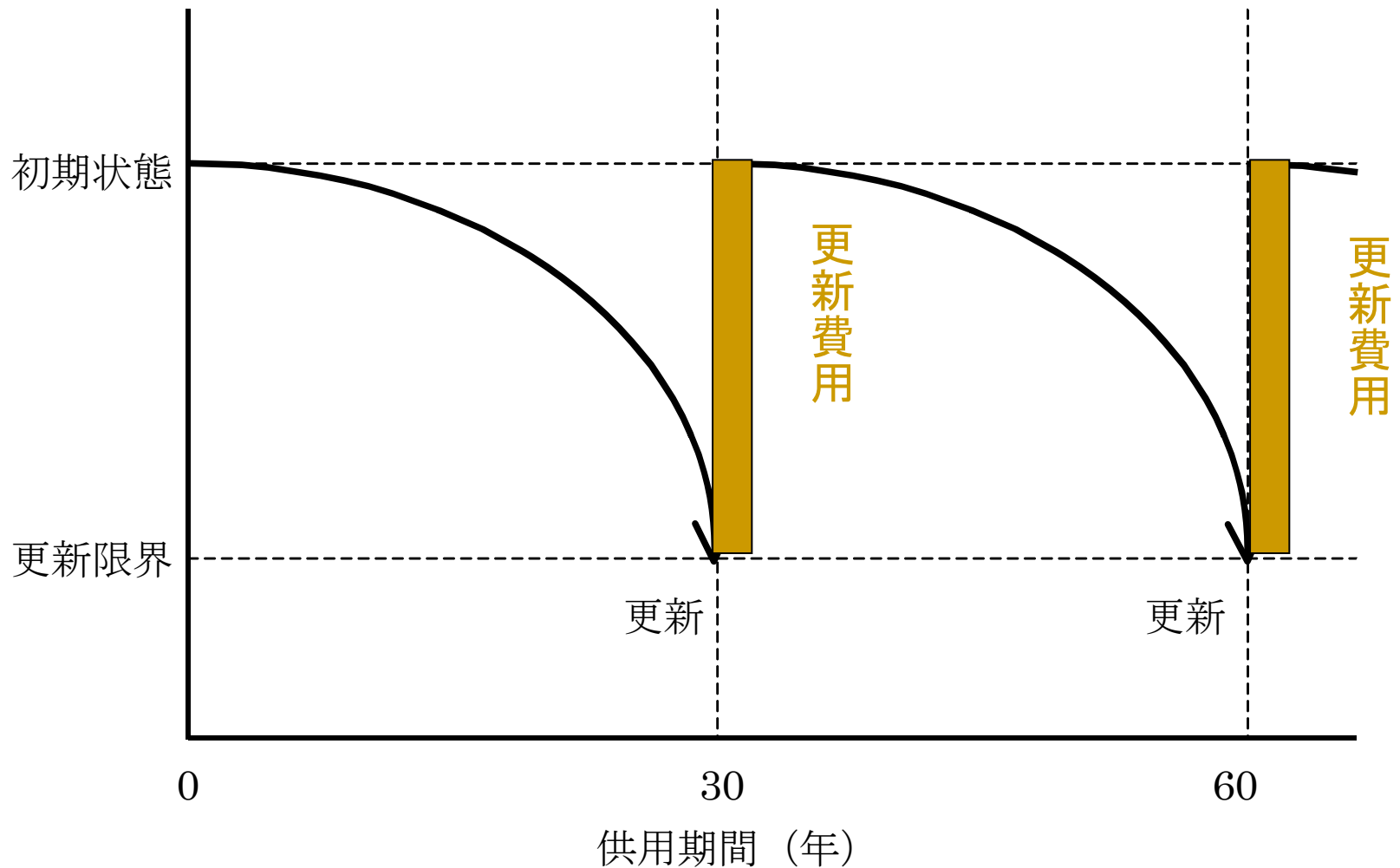
### 3.3 ライフサイクルコスト

- 社会資本施設のライフサイクルコストとは……
  - 永久に機能が維持されることを期待される施設の、更新と延命を選択肢に含めた長期的なコスト
  - 建設・運営・撤去までのライフタイムコストとは異なる
- 初期コスト偏重の風潮を是正するために提唱
  - 1994.10「道路橋の寿命と維持管理」土木学会論文集
- ただし、以下に要注意
  - 鋼橋(維持管理が前提)とコンクリート橋(メンテナンスフリー)の比較は本質的に困難
  - 将来のコスト推定は概算の域を出ない
  - 技術開発等により必ず誤差が拡大する

# 使い捨て型維持管理



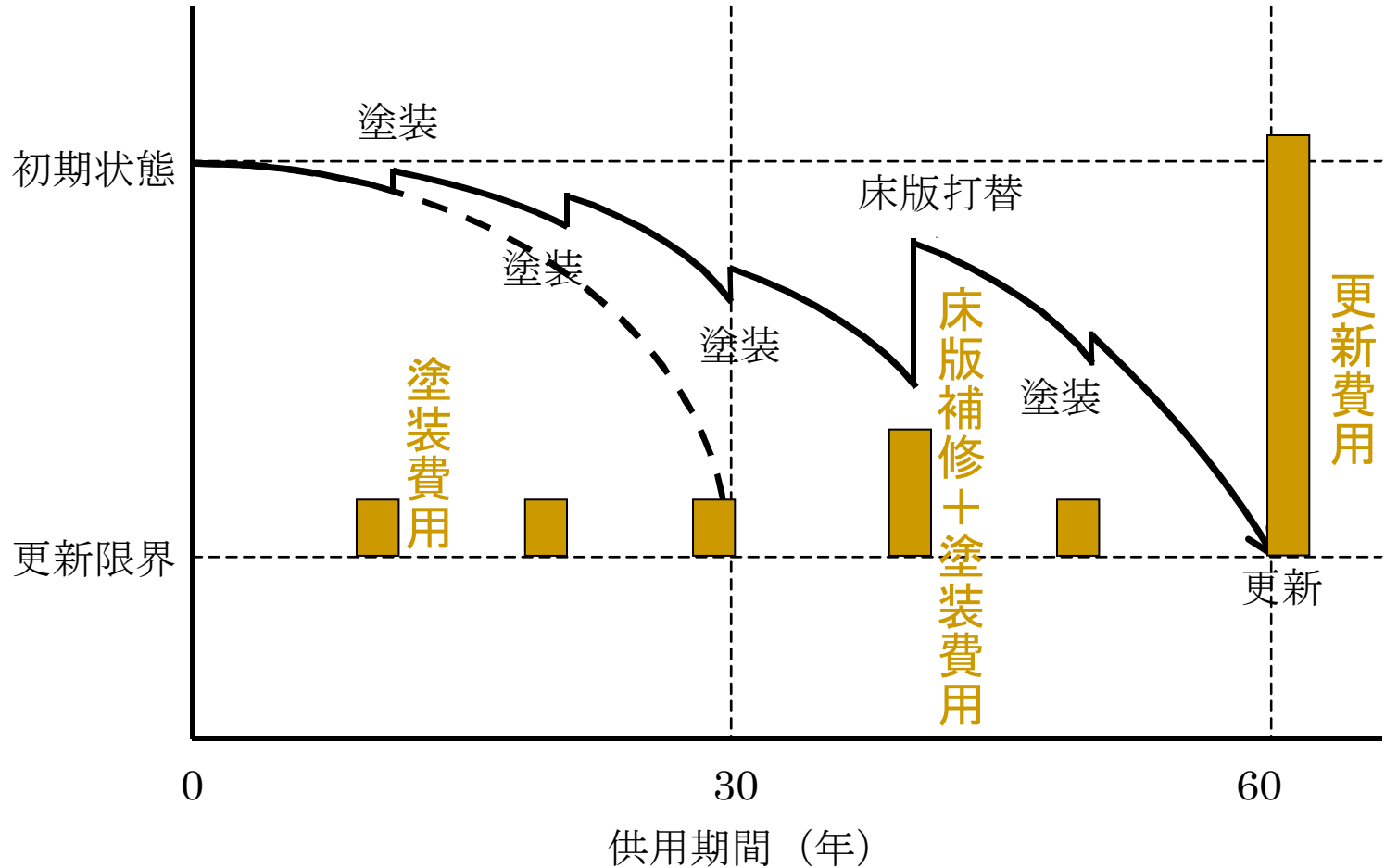
シナリオ A  
性能



# 対症療法型維持管理



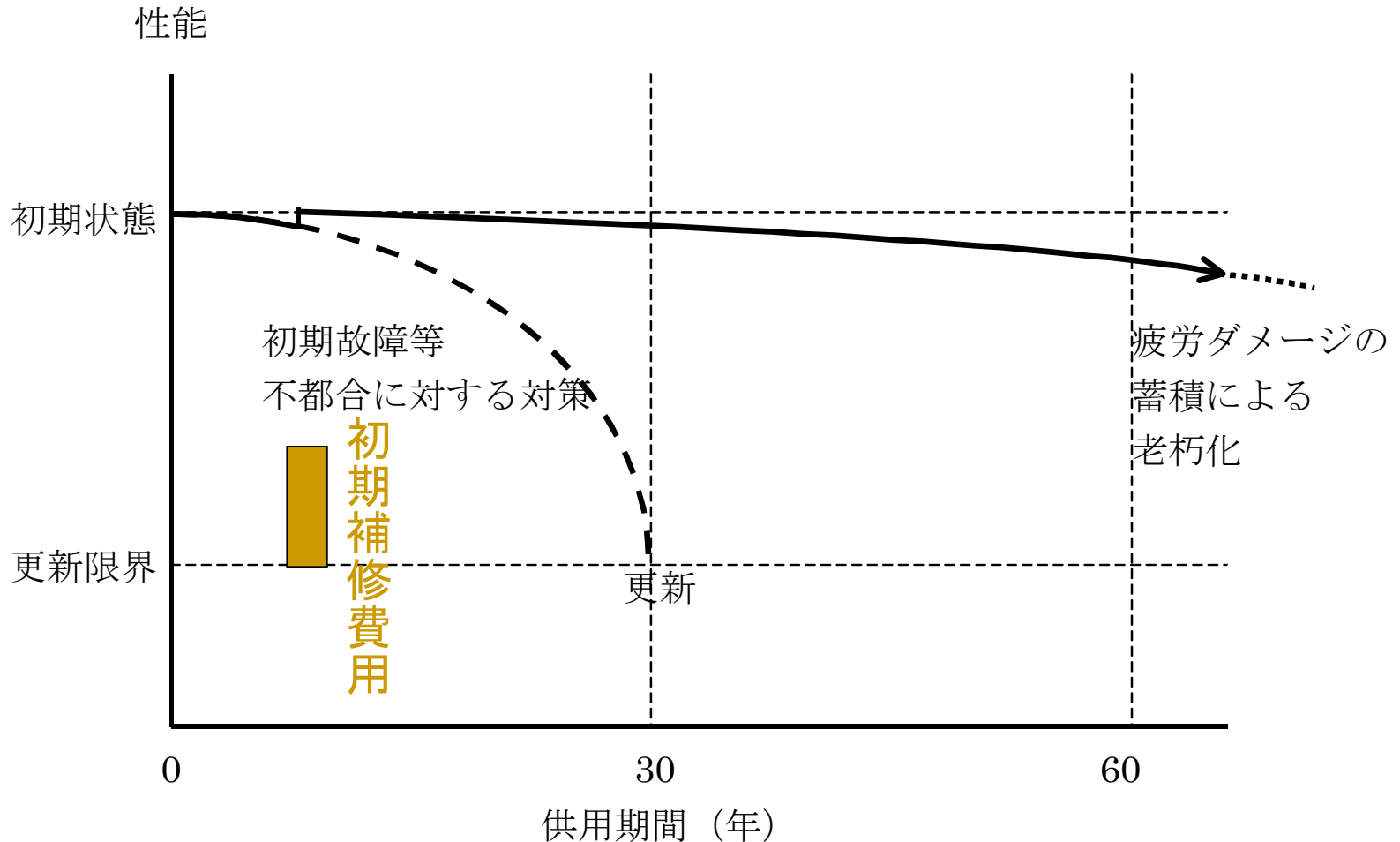
シナリオ B  
性能



# トラブルシューティング型維持管理 「米国海軍の危機管理」より



## シナリオ C



# おわりに



- 維持管理戦略を策定するためには、達成すべき「戦略目標」を明確にすることが重要
- 策定した戦略と採用する戦術が、将来の目標につながるものであることのチェックと修正が必須
- 戦略策定にもっとも大切なことは、  
「敵と己を知悉すること」に尽きる