

3周年記念G-CPSシンポジウム

混沌の時代における叡智と共創によるビジネス・組織・社会デザインへのアプローチ

合理的メンテナンス実現へのアプローチ ー 基本メンテナンス計画のための知識 ー

2025年10月20日（月）

早稲田大学 名誉教授

高田祥三

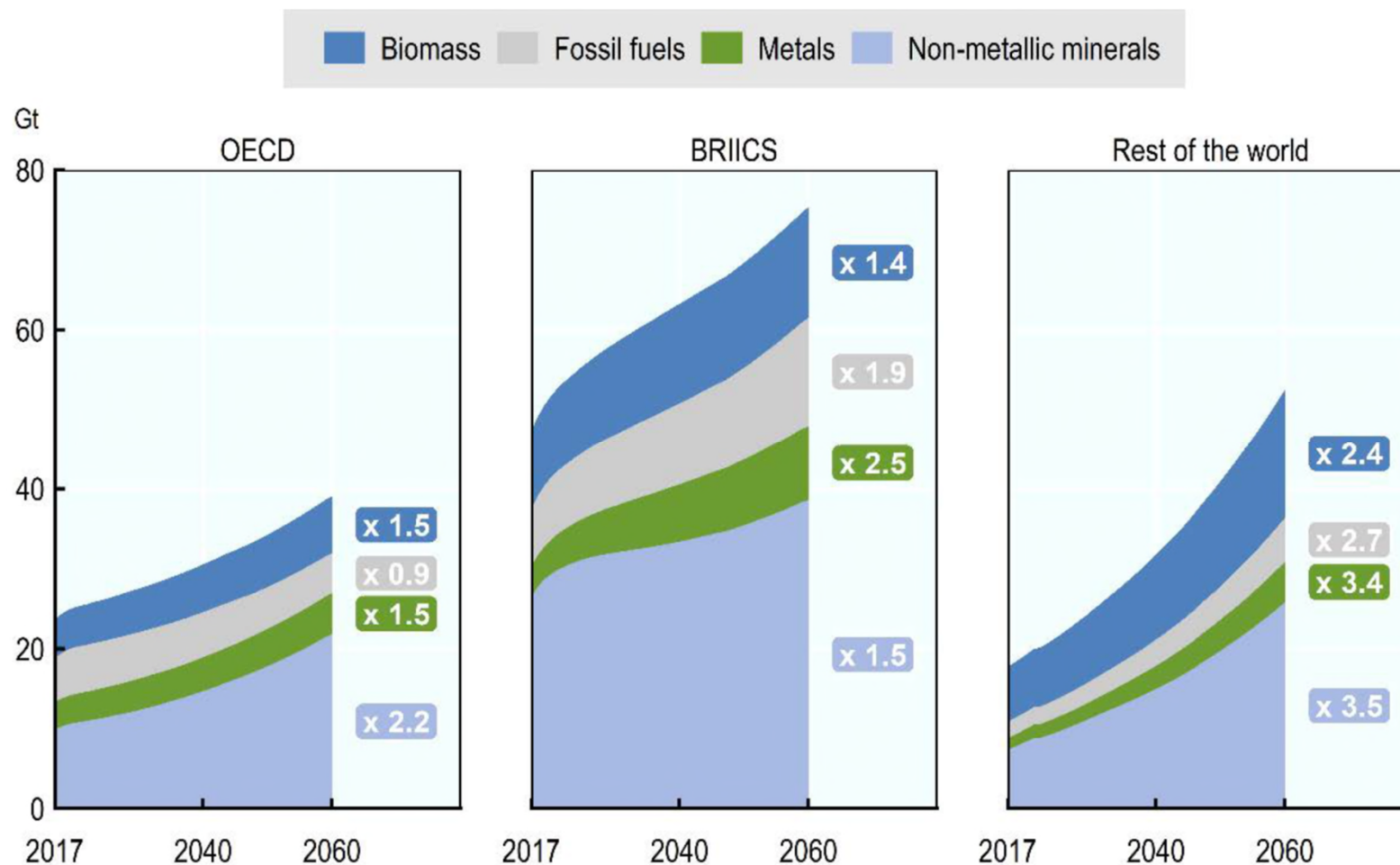
なぜ今メンテナンスが重要なのか？

- 資源環境問題
- ストック社会
- 人手不足

地域ごとの資源消費量の増加見通し

- ✓ 資源消費量は、バイオマス、化石燃料、金属・非金属材料とも全地域で増加が見込まれる。
- ✓ 短期的には、インフラ等の整備のためにBRIICSでの需要が急速に増加する。

BRIICS: Brazil, Russia, India, Indonesia, China, South Africa



OECD (2019), Global Material Resources Outlook to 2060: Economic Drivers and Environmental Consequences, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/9789264307452-en>.

資源リスク

4

生態系への影響



Chuquibambilla copper mine in Peru, Wikipedia

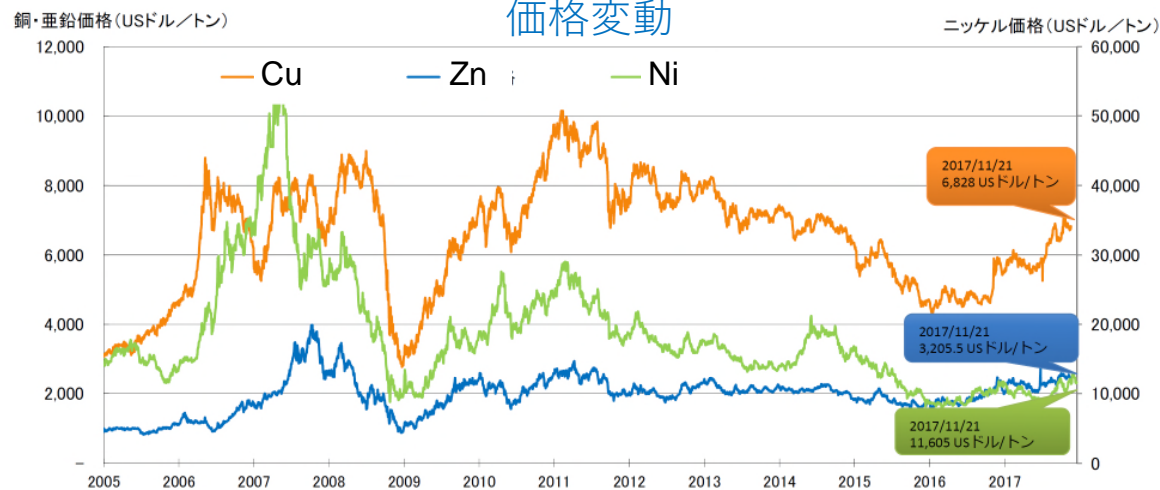
偏在，紛争鉱物



出所：財務省貿易統計

http://www.jogmec.go.jp/library/metal_002.html (2020.11.20)

価格変動

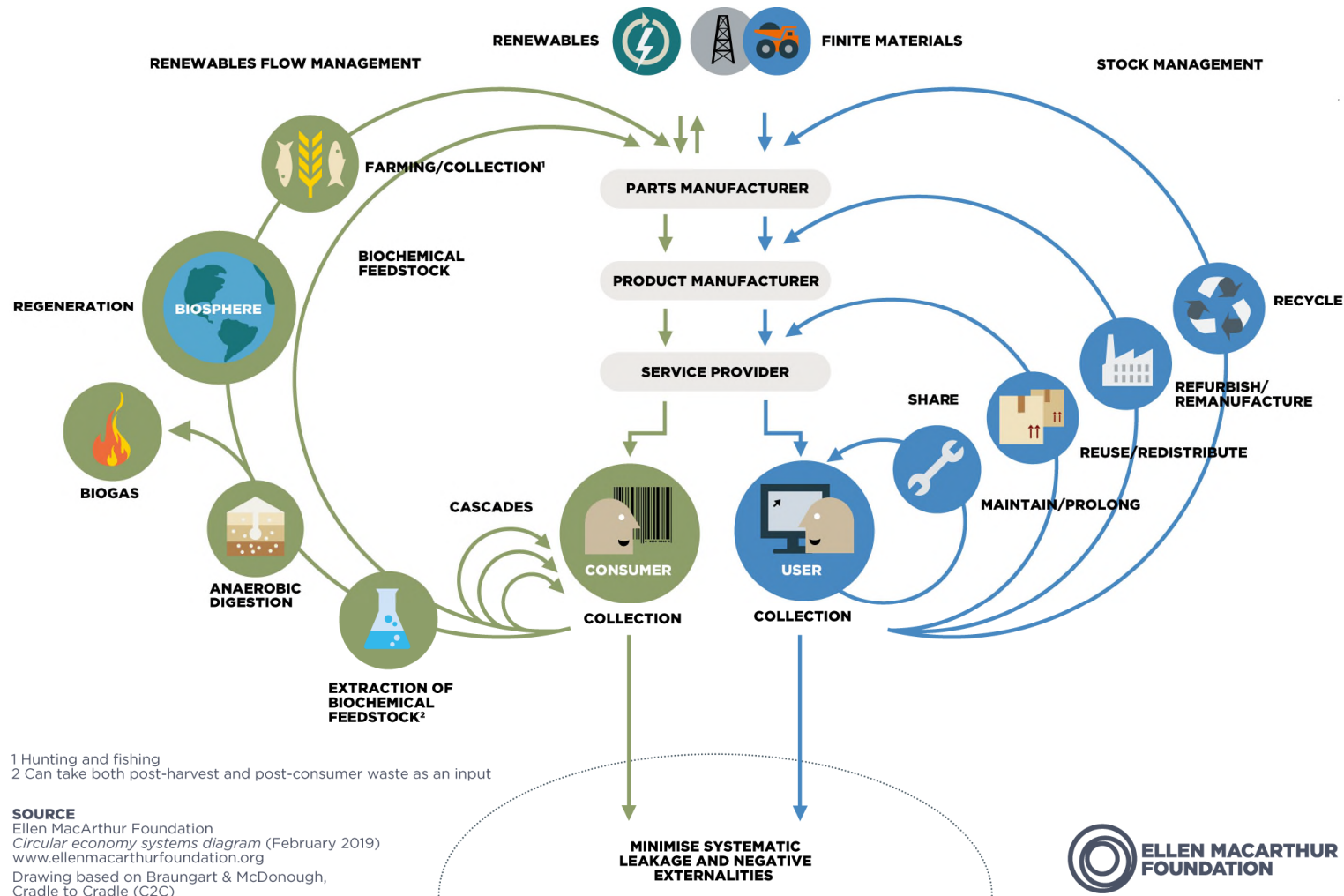


<https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/tokushu/anzenhoshokoubutsusigen.html>
(2020.11.20)

サーキュラエコノミー

5

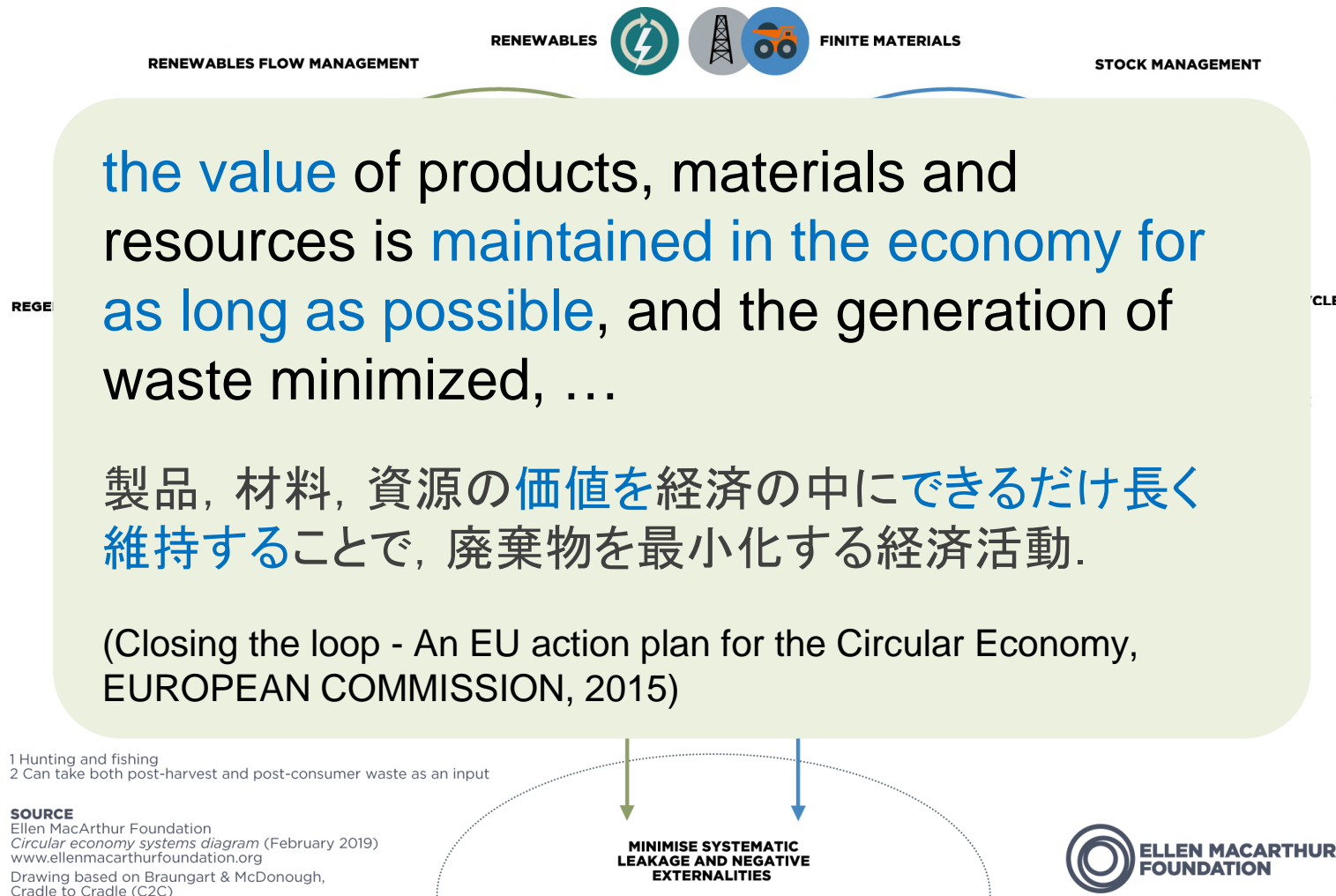
Ellen MacArthur Foundation, Circular Economy System Diagram,
<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/explore/the-circular-economy-in-detail>



サーキュラエコノミー

6

Ellen MacArthur Foundation, Circular Economy System Diagram,
<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/explore/the-circular-economy-in-detail>



なぜ今メンテナンスが重要なのか？

- 資源環境問題
- ストック社会
- 人手不足



民間企業設備
約749.7兆円*



* 2024 年 10-12 月期の固定資本ストック速報: 結果の概要, 内閣府 (2025.3.28)
https://www.esri.cao.go.jp/jp/sna/sonota/kotei/kotei_top.html

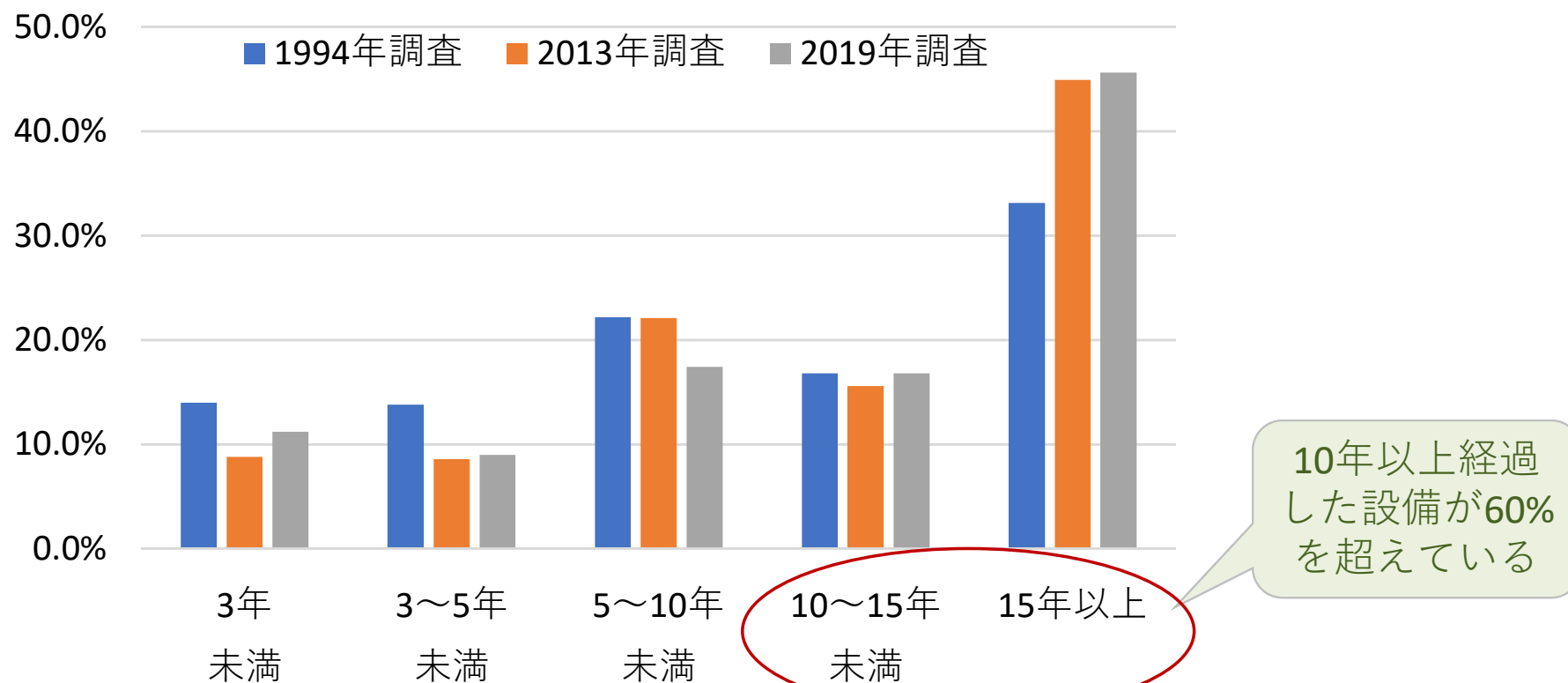


公的固定資産
約786.4兆円*



生産設備保有期間

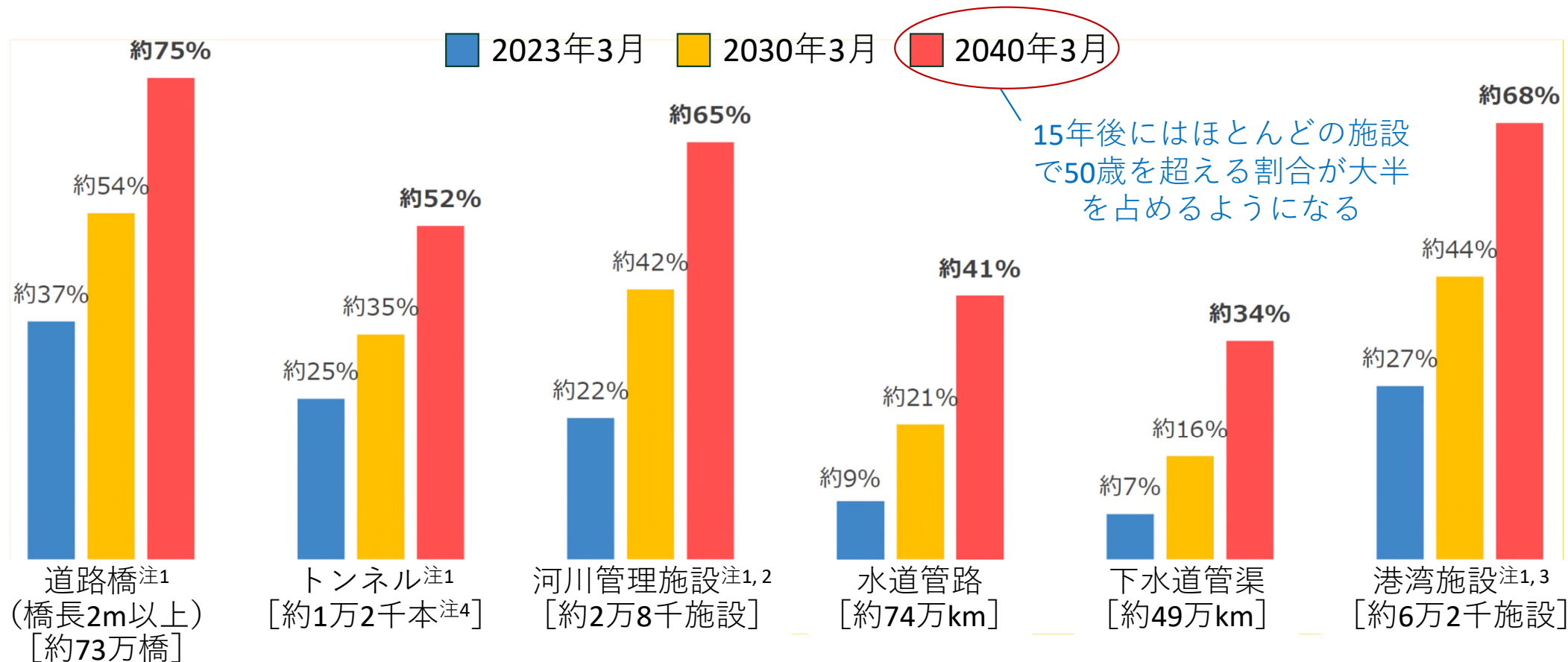
10



日本機械工業連合会, 生産設備保有期間実態調査～結果概要～ (2019)

建設後50年以上経過する社会資本の割合（2023年3月時点）

11



注1) 建設後50年以上経過する施設の割合については、建設年度不明の施設数を除いて算出。

注2) 国：堰、床止め、閘門、水門、揚水機場、排水機場、樋門・樋管、陸閘、管理橋、浄化施設、その他（立坑、遊水池）、ダム。独立行政法人水資源機構法に規定する特定施設を含む。
都道府県・政令市：堰（ゲート有り）、閘門、水門、樋門・樋管、陸閘等ゲートを有する施設及び揚水機場、排水機場、ダム。

注3) 一部事務組合、港務局を含む。

注4) 総数には、建設年度不明の施設を含む。



© Shozo Takata, Waseda University

https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/maintenance/_pdf/50year_percentage.pdf

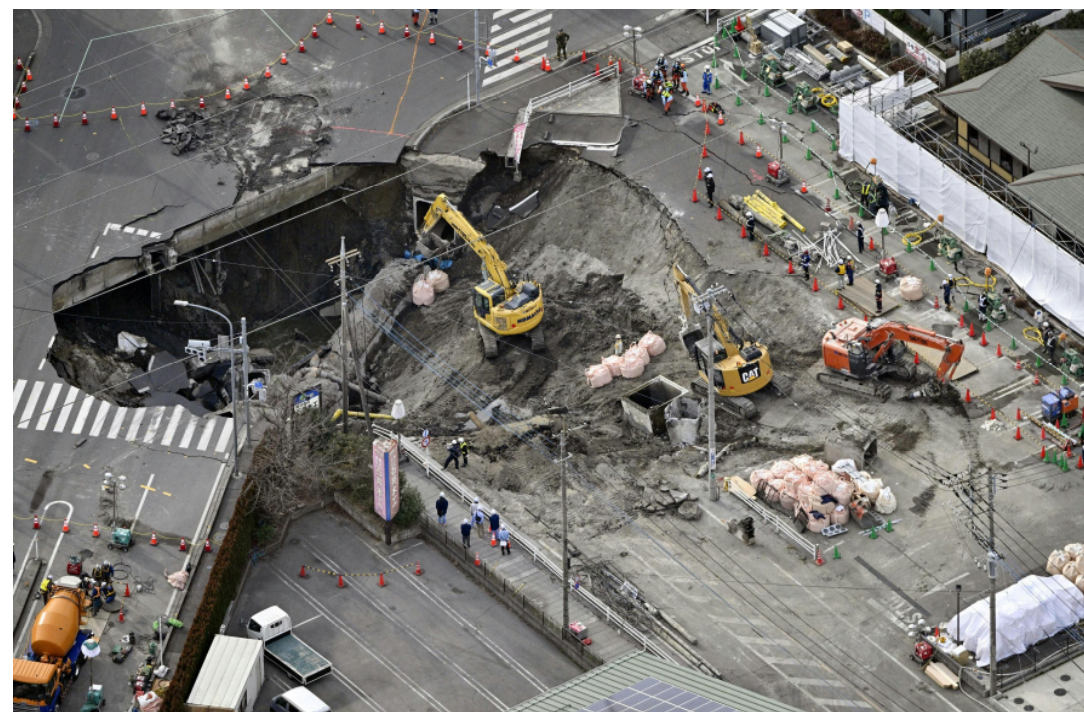
インフラの老朽化による事故

中央自動車道笹子トンネル天井板崩落事故



日経クロステック
事故発生の翌日深夜に撮影された崩落現場（写真：山梨県大月市消防本部）
<https://xtech.nikkei.com/kn/atcl/bldcolumn/15/00050/>

埼玉県八潮市道路陥没事故



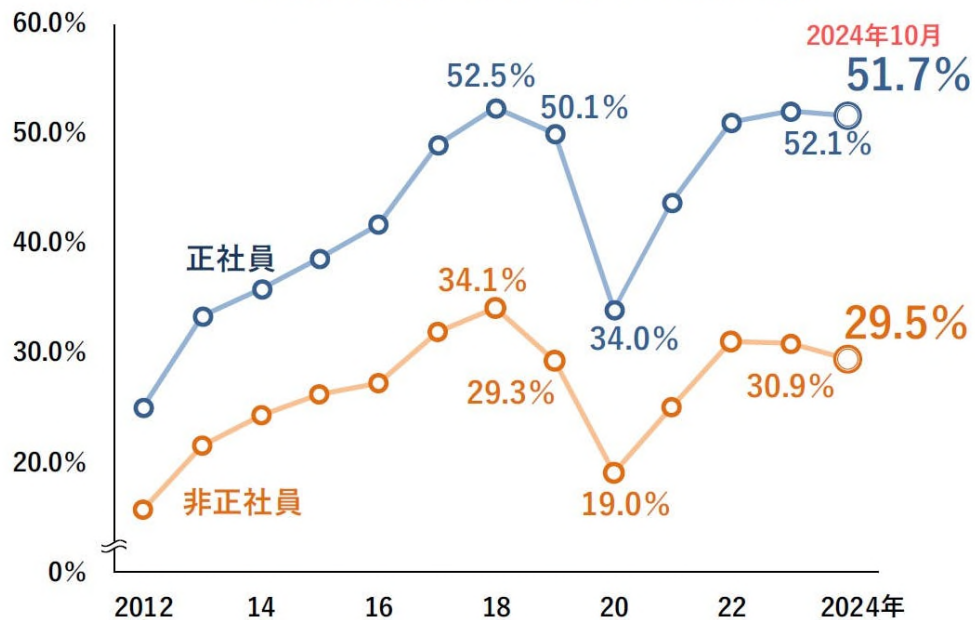
2025年2月1日 日本経済新聞〔社説〕 インフラ老朽化を直視し総合対策を探れ
<https://www.nikkei.com/article/DGXZQODK319NF0R30C25A1000000/?msockid=2c2a3c29dc5a6a511c722e4eddb06bc8>

なぜ今メンテナンスが重要なのか？

- 資源環境問題
- ストック社会
- 人手不足

人手不足の状況

人手不足割合 推移（各年 10 月時点）



[注] 人手不足割合は各年の10月時点

正社員の人手不足割合（上位 10 業種）

		(%)			
		2022年10月	2023年10月	2024年10月	
1	情報サービス	69.1	↑ 72.9	↓ 70.2	
2	メンテナンス・警備・検査	62.4	↑ 68.4	↑ 69.7	
3	建設	64.5	↑ 69.5	↑ 69.6	
4	金融	62.0	↑ 63.9	↑ 67.1	
5	運輸・倉庫	63.8	→ 63.8	↑ 65.8	
6	旅館・ホテル	65.4	↑ 75.6	↓ 62.9	
7	専門サービス	55.9	↓ 50.9	↑ 59.1	
8	リース・賃貸	53.8	↑ 55.9	↑ 56.8	
9	人材派遣・紹介	61.3	↑ 61.8	↓ 56.7	
10	自動車・同部品小売	56.7	↑ 61.3	↓ 56.3	

※母数が20社以上の業種が対象

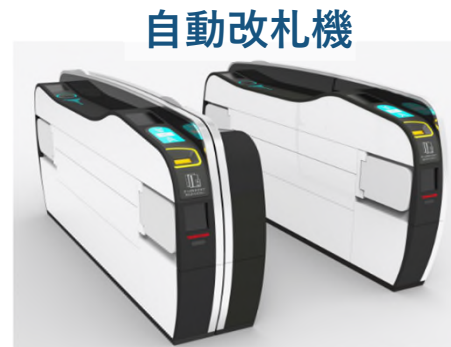
帝国データバンク 人手不足に対する企業の動向調査（2024年10月）

<https://www.tdb.co.jp/report/economic/20241113-laborshortage202410/>（最終アクセス2025.4.16）

自動化によるメンテナンス負荷の増大



<https://ycs3120.com/platform-doors/8781/>



<https://www.global.toshiba/jp/product-s-solutions/security-automation/fare-collection/ticket-vending-machine.html>



<https://www.meti.go.jp/press/2022/03/20230327001/20230327001.html>



<https://www.watch.impress.co.jp/docs/series/nishida/1618351.html>

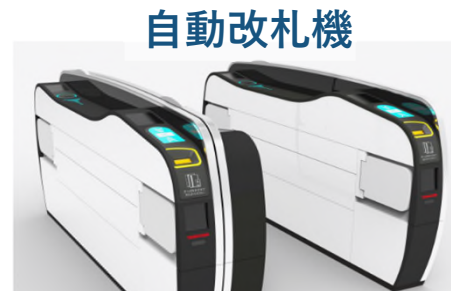


<https://nishituga.com/products/detail/569>



<https://n-apt.com/info/logistics-robot/>

自動化によるメンテナンス負荷の増大



人手不足→自動化→メンテナンスにおける人手不足に拍車



<https://www.watch.impress.co.jp/docs/series/nishida/1618351.html>



<https://nishituga.com/products/detail/569>



<https://n-apt.com/info/logistics-robot/>

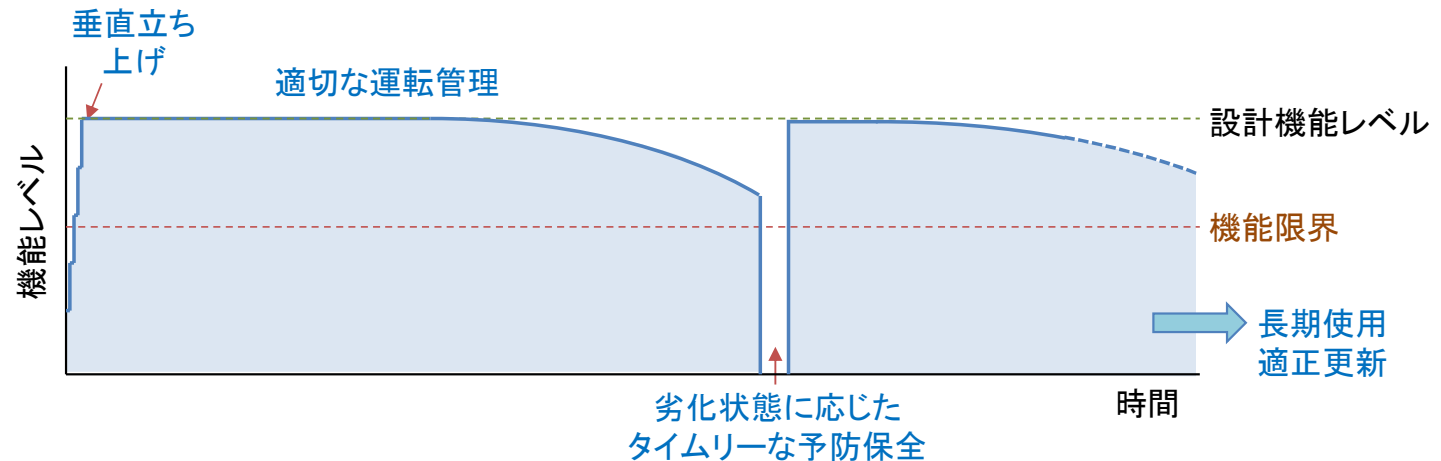
望ましいライフサイクルメンテナンス マネジメントのためのフレームワーク



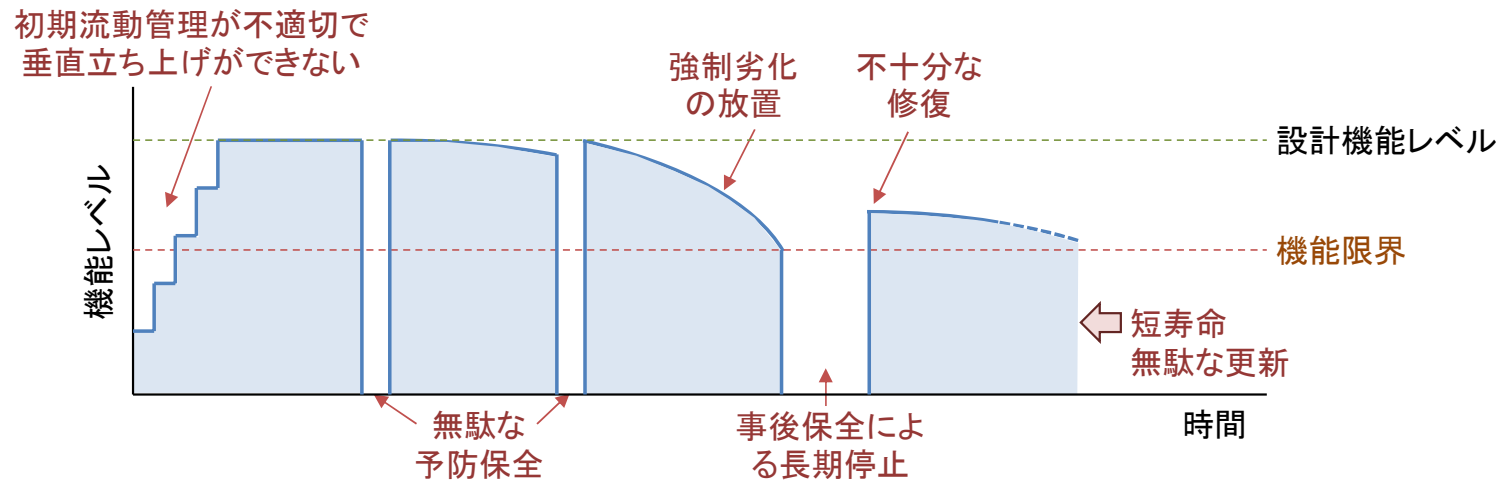
望ましいライフサイクルメンテナンスマネジメントとは

18

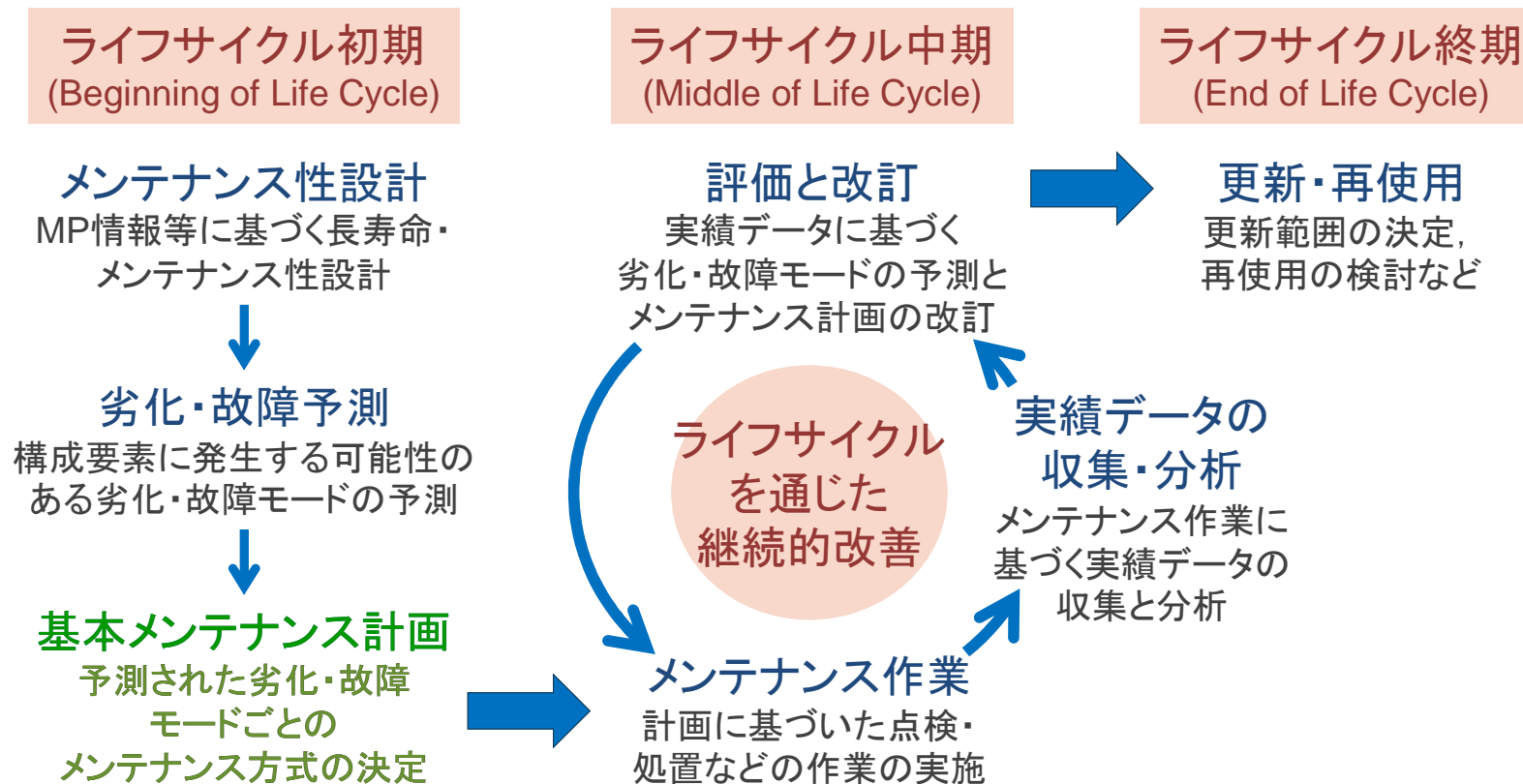
望ましい
メンテナンス
マネジメント



望ましくない
メンテナンス
マネジメント



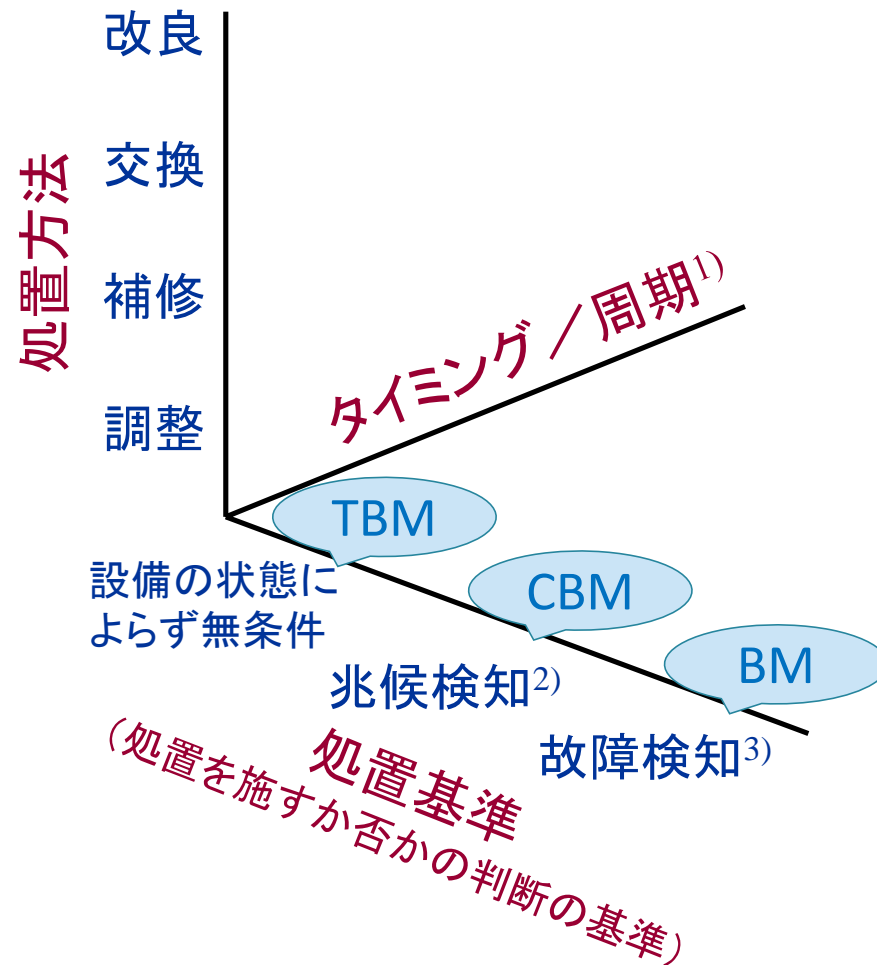
プロアクティブなライフサイクルメンテナンスマネジメント 19



基本メンテナンス計画

- 劣化・故障モードごとのメンテナンス方式の決定

メンテナンス方式の分類



1) タイミング／周期

- タイミングの分類例
 - 運転中
 - 停止中
 - 分解時
- 周期の尺度の例
 - 経過時間
 - 稼働時間
 - 稼動量(累積回転数等)

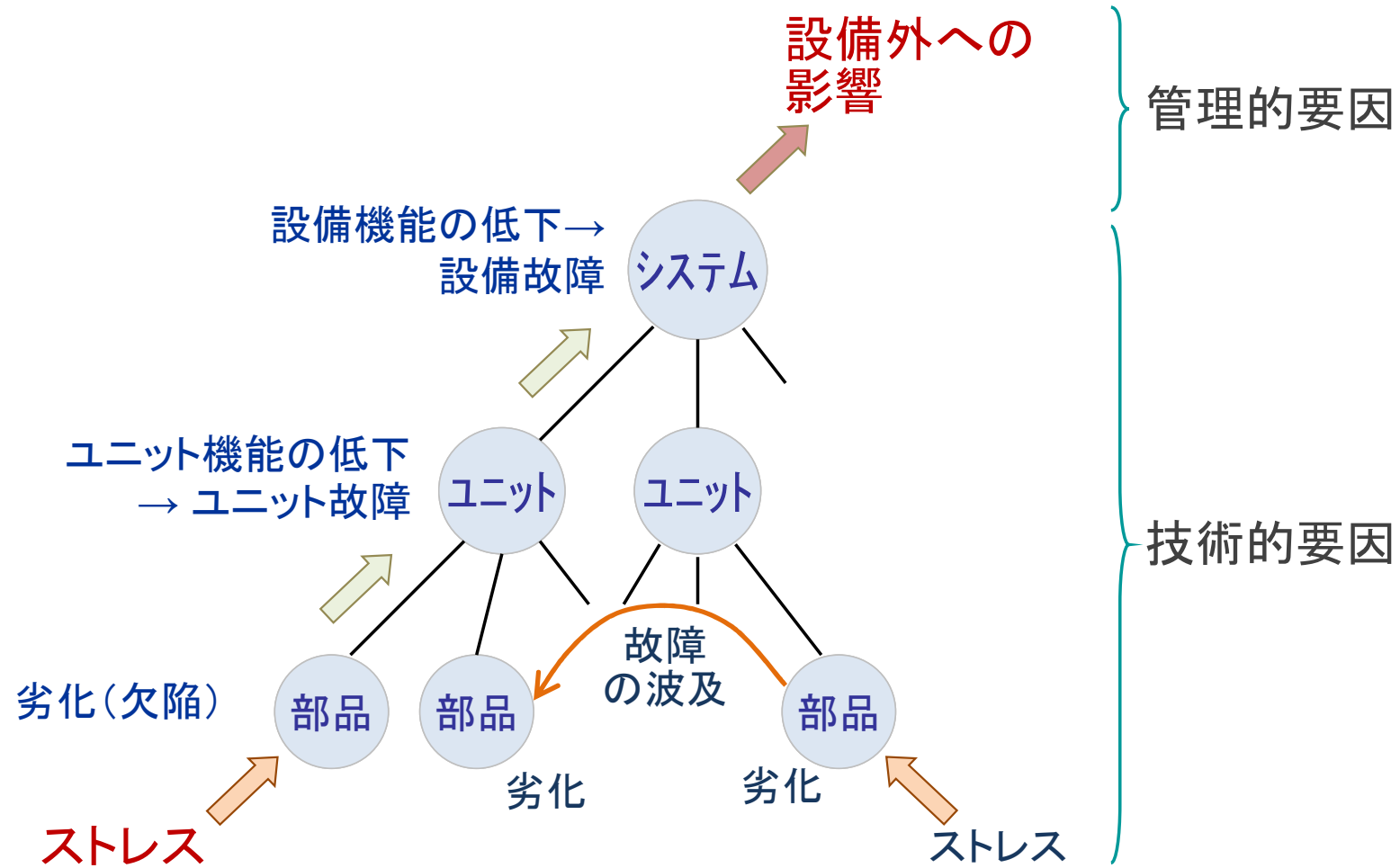
2) 兆候検知の小分類

- 兆候が検知されたらすぐ処置(兆候事後)
- 劣化の進展予測に基づき次回に点検時期または処置時期を設定(劣化傾向管理).

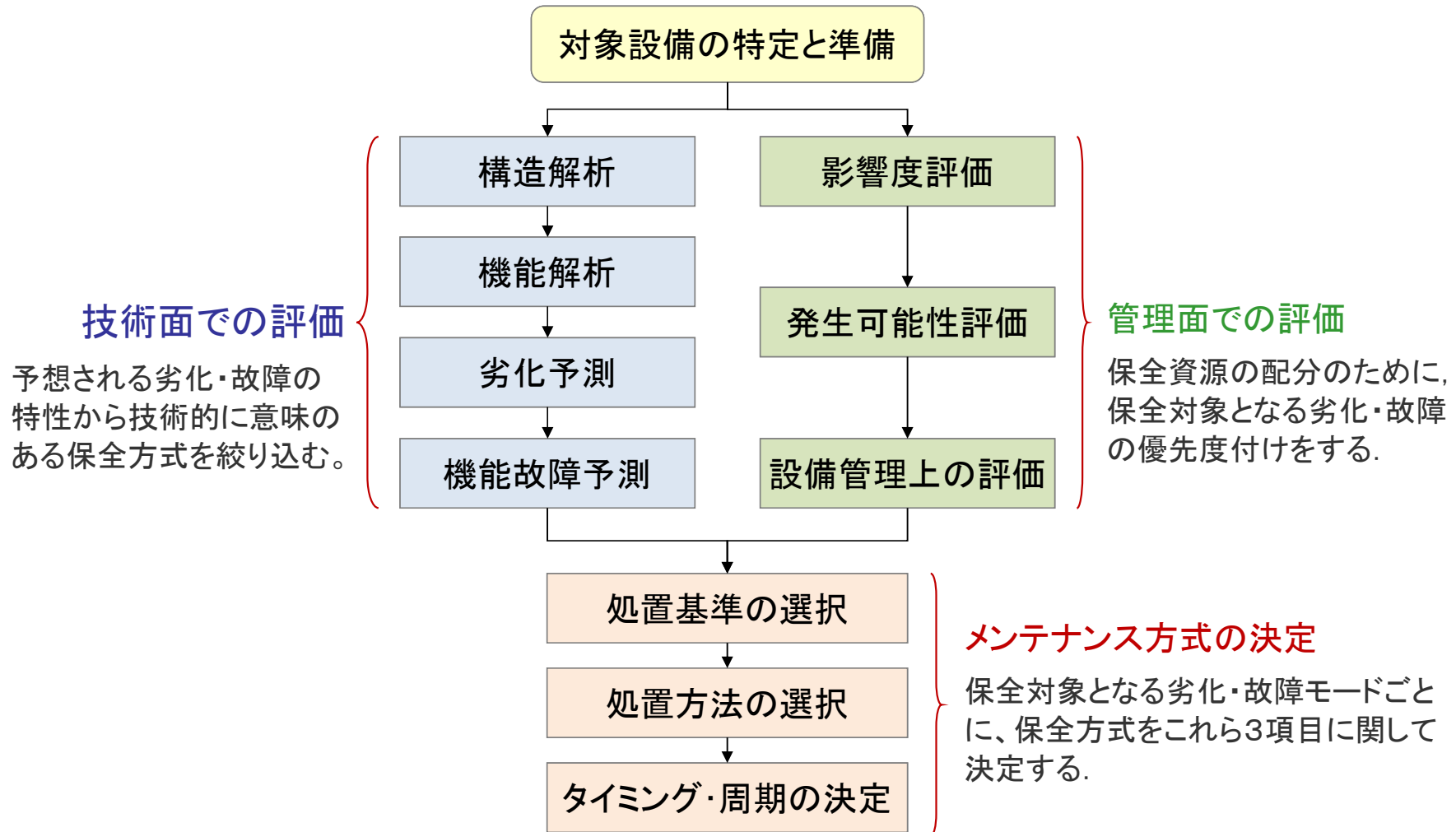
3) 事後保全における故障率管理を含む

- 故障率の変化を監視.
- 上昇傾向がみられた場合に対策を講じる

メンテナンス方式の決定要因

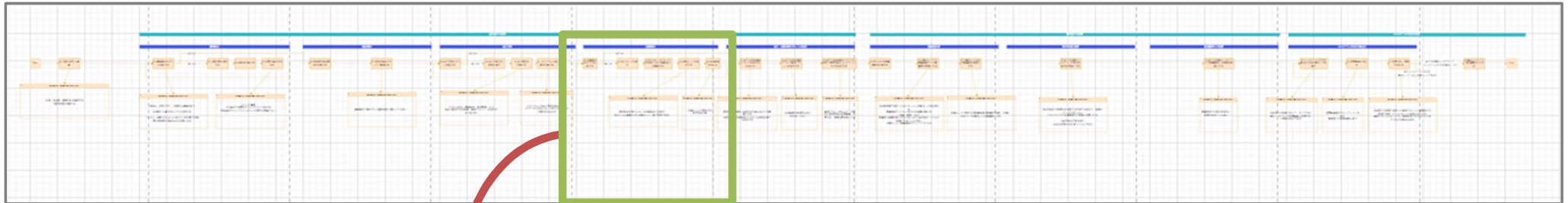


基本メンテナンス計画の手順

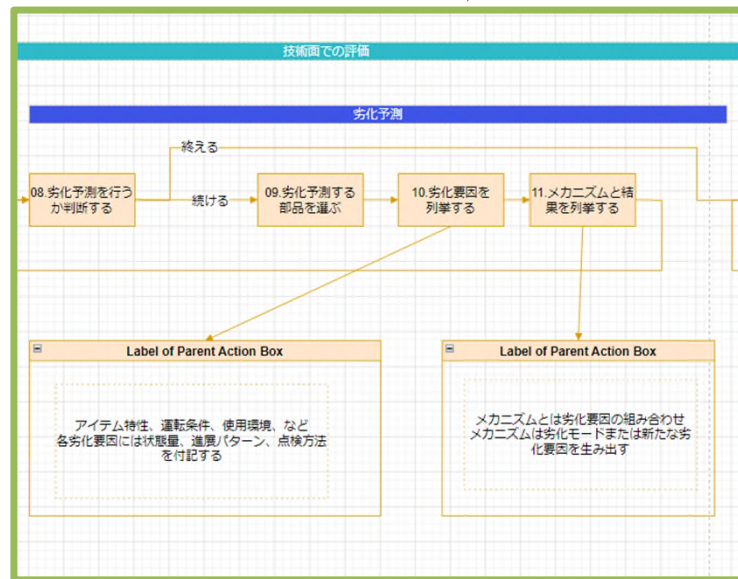


Collective Wisdomセンターにおける取組

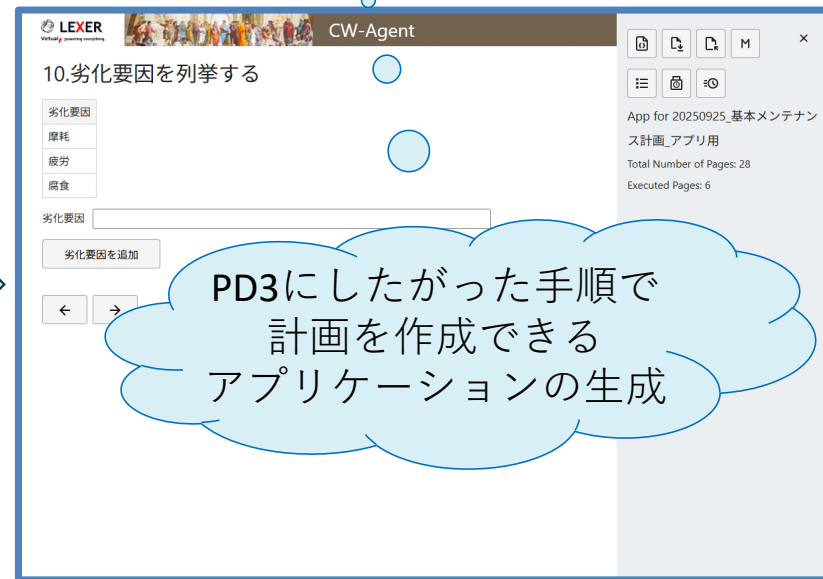
基本メンテナンス計画の手順をPD3で記述



劣化予測部分のPD3



アプリケーションの生成

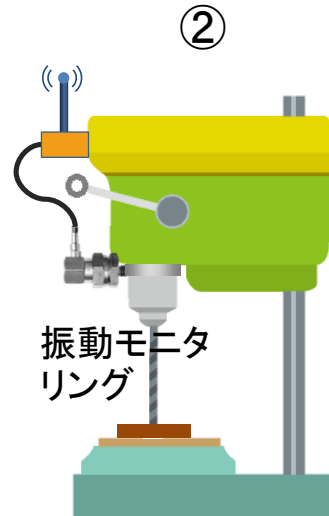


劣化・故障の因果関係の追究

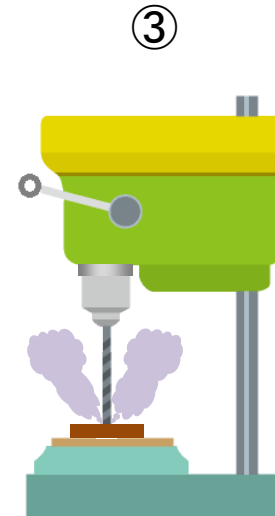
根本原因分析に基づく改善例



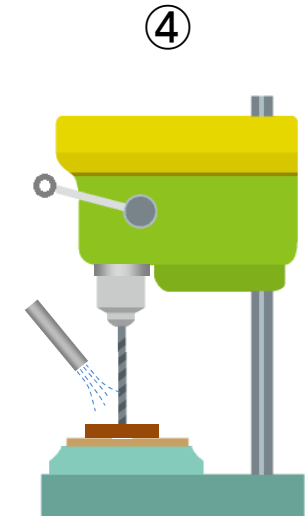
- 基板の穴あけ加工
- 工具折損トラブル
- 工具交換しても折れる
- 工具摩耗が原因ではない



- 主軸軸受摩耗の進行
- 振動により工具折損
- 主軸軸受の振動モニタリングを実施
- 工具折損に至る前に軸受け交換が可能
- 折損は防止できたが、MTBFが約1年

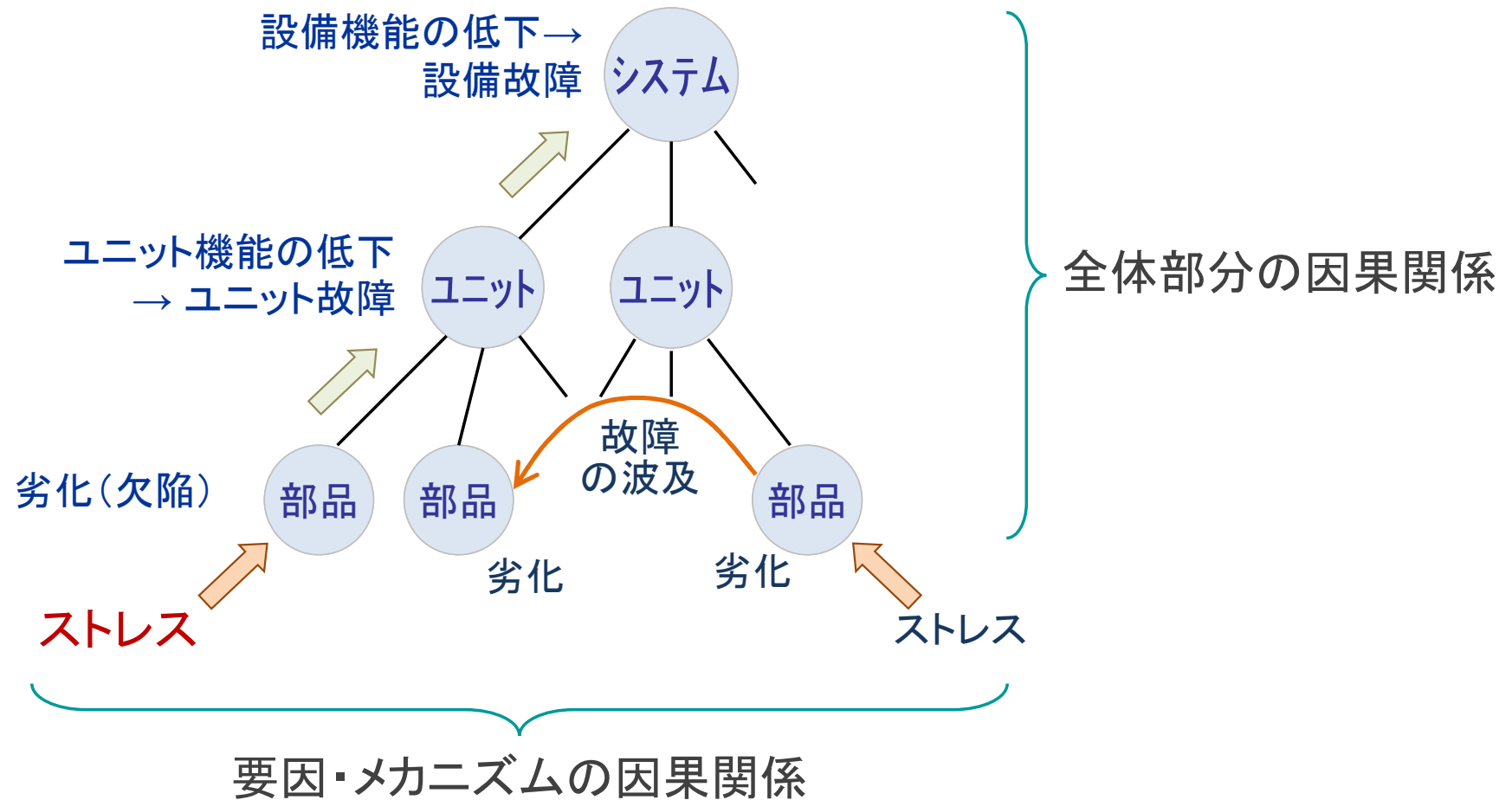


- 強制劣化の可能性
- 加工で微粉が発生
- 微粉が軸受に侵入して軸受摩耗を引き起こしている

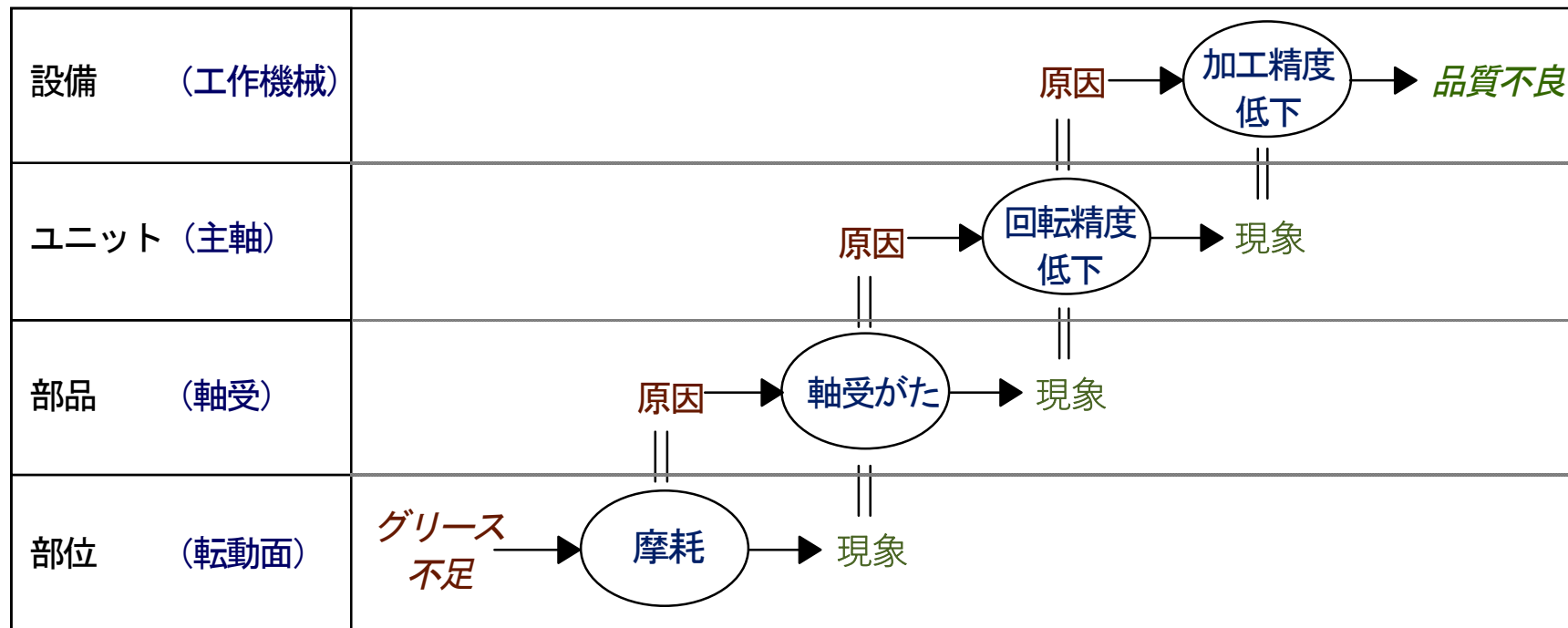


- 微粉をエアで吸引して軸受が吸い込まないようにした
- 軸受の約1年おきの交換の必要がなくなった

劣化・故障の因果関係

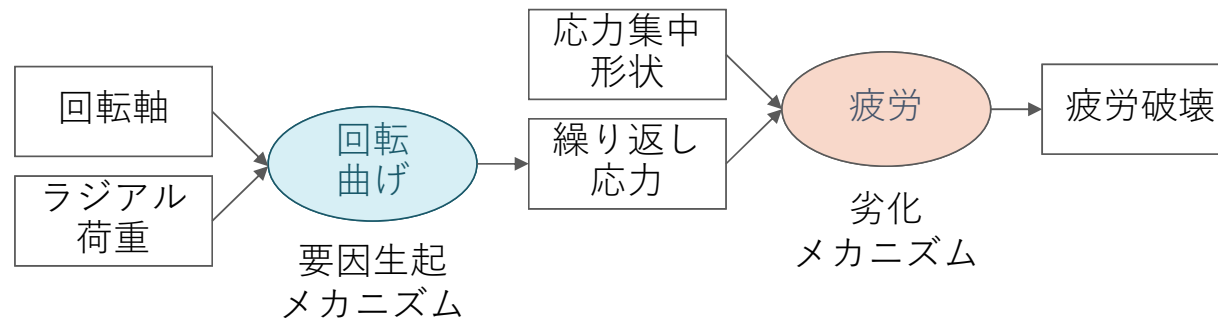
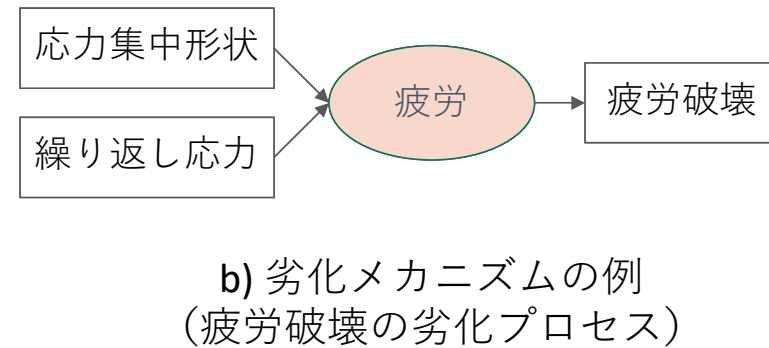
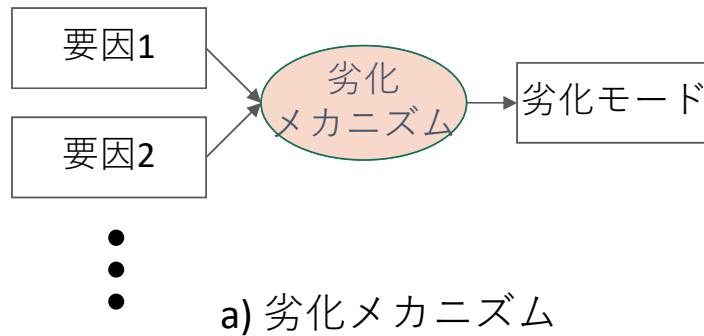


劣化・故障の因果関係の例－設備階層に基づく部位の特定

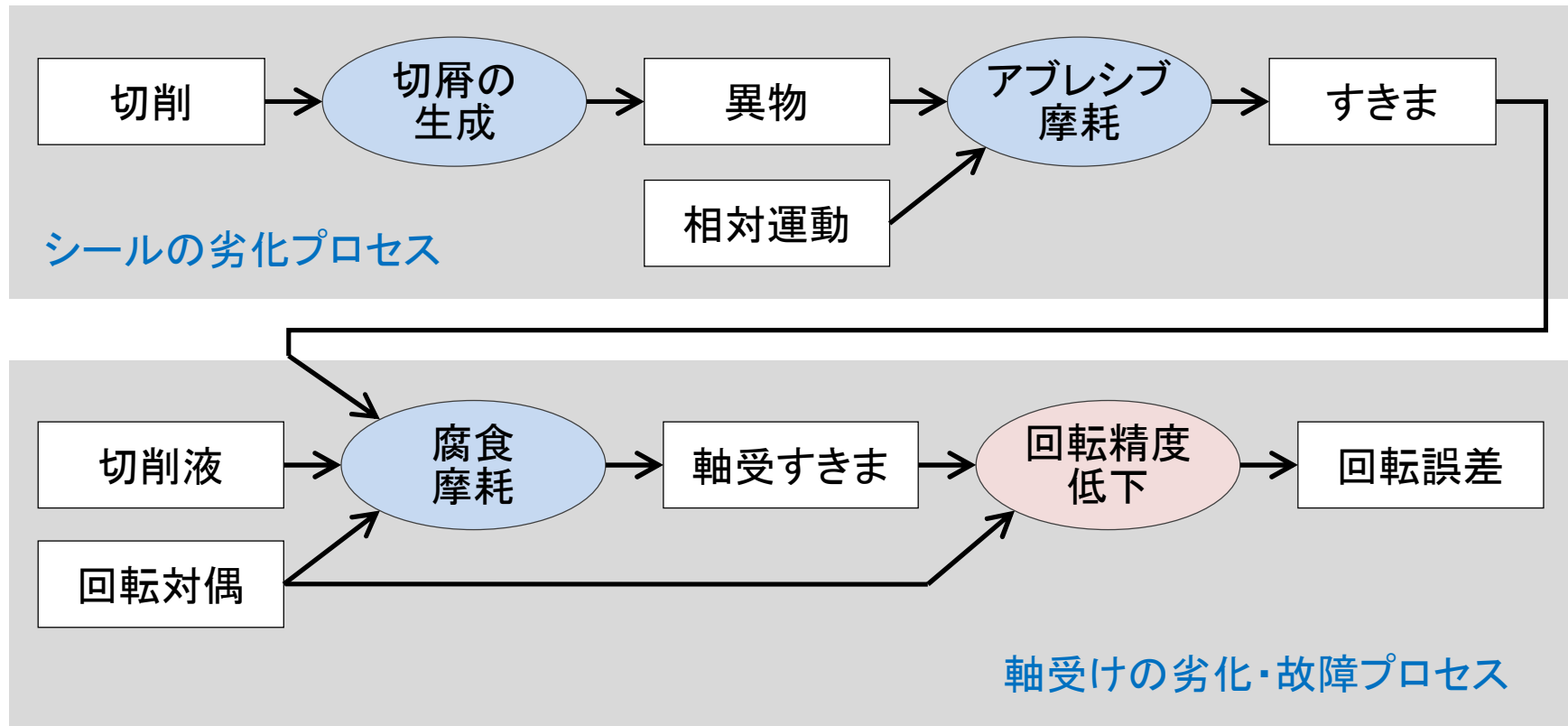


着目する階層によって観測される現象が異なることに注意する必要がある。

劣化・故障の因果関係－要因とメカニズムの関係



劣化・故障プロセスの例



まとめ

- CWセンターで取り組んでいるメンテナンス計画の中の劣化・故障予測のための知識について考えてみた.
- 過去の経験や工学的知見から, 劣化・故障メカニズムや要因生起メカニズムに関する断片的な知識は得られる.
- しかし, 実際の劣化・故障は, 「原因－結果」の因果連鎖によって発生する.
- したがって, 因果の連鎖を解明することではじめて根本原因が特定できるといったメタ知識が重要である.
- 今後, 実務経験豊富な専門家の助けをかりて, 知識記述の充実を図っていく.

ご清聴大変ありがとうございました.

takata@waseda.jp

