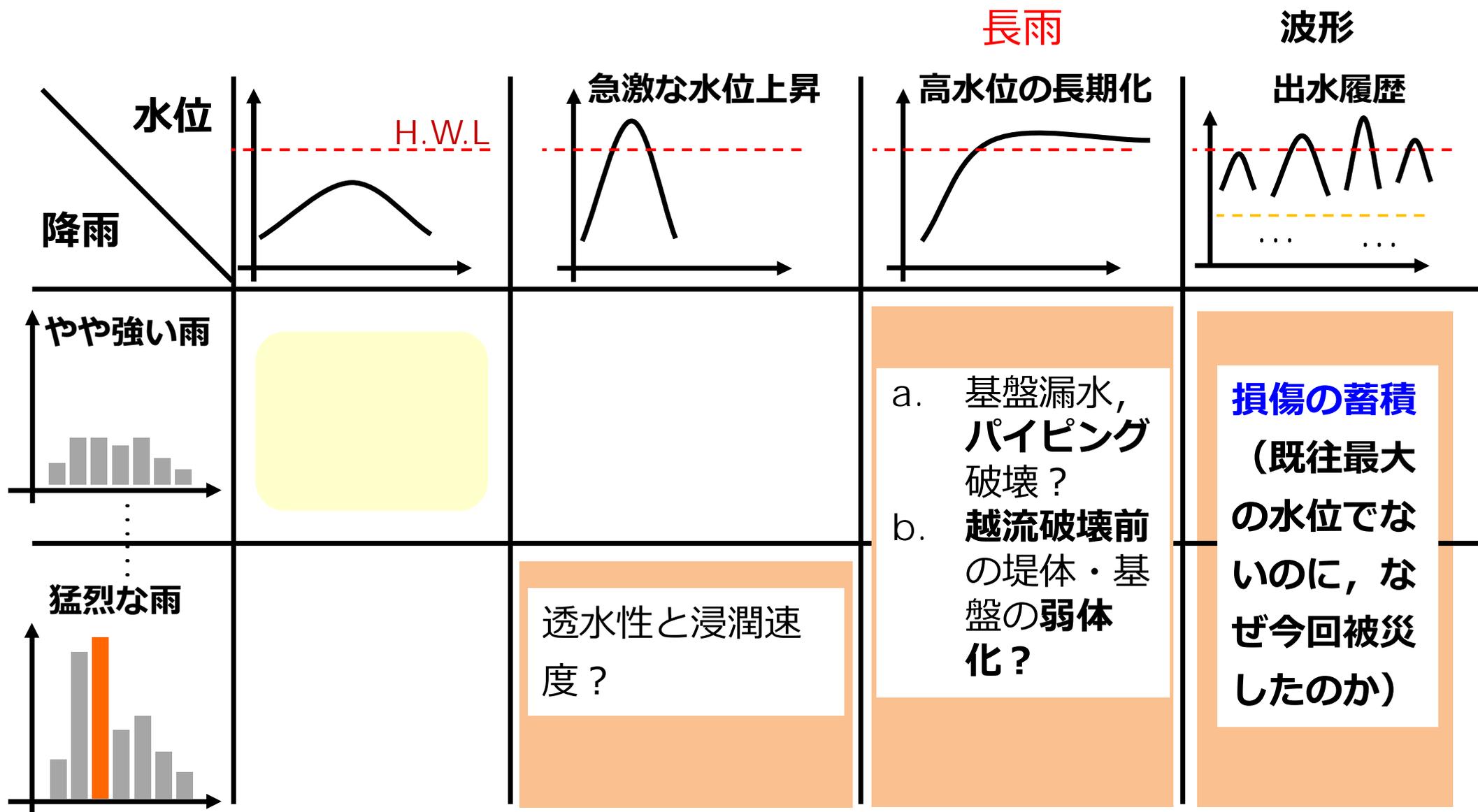


第12回河川堤防技術シンポジウム 企画セッション

『堤防工学6課題の解決に向けて 取り組むべき研究内容を探る』

- できるようになったこと、いま足りないこと
- 見逃している大事な視点・現象・研究は何か
- それは堤防の管理、強化、流域の管理にどのように影響を与え、変えていけるのか

外的作用としての降雨・水位の組み合わせと 土構造としての堤防の応答：シナリオ



- ※ 流域に降る雨と堤内地からの周辺の地形から作用する地下水(被圧)
- ※ 河川の通常の流れとは異なる流れの作用

堤防研究連携WG 活動報告書

平成24年7月九州北部豪雨
矢部川水系矢部川の堤防の決壊
(越水なき破堤)

事例を下敷きに
(Fact sheet)



狭在部の幅は130m，
詳細点検データは約200～1000mピッチ

土木学会地盤工学委員会堤防研究小委員会: <http://committees.jsce.or.jp/jiban02/>, (参照2019-05-24) .
堤防研究連携WG: 堤防研究連携WG 活動報告書, <http://committees.jsce.or.jp/jiban02/node/25> (参照2019-05-24)

2015年 9月

土木学会水工学委員会河川部会: 過去のシンポジウム報告書, 河川技術に関するシンポジウム, <http://committees.jsce.or.jp/hydraulic01>, (参照2019-05-24) .

地盤工学委員会・堤防小委員会：侵食・浸透破壊・洗掘WG

水工学委員会・河川部会：堤防WG

河川工学, 地盤工学の協同により作成したアカデミックロードマップ



河川部会堤防ワーキンググループ, 堤防小委員会侵食・浸透破壊・洗掘ワーキンググループ: 河川堤防の効率的補強に関する技術的課題とその取り組みの方向性, 河川技術論文集, 土木学会, pp.367-372, 2015.

地盤工学会との協働による豪雨災害への提言と 新たなアクションプランの作成

平成 30 年 7 月豪雨を踏まえた
豪雨地盤災害に対する地盤工学の課題
- 地盤工学からの提言 -

「単なる復旧から予防
的復旧...」



公益社団法人 地盤工学会

2019 年 5 月
公益社団法人 地盤工学会
平成 30 年度 会長特別委員会
東京都文京区千石四丁目 38 番 2 号

TEL: 03-3946-8677 FAX: 03-396-8678 jgs@jiban.or.jp

- ◆ 前回提言（2009年）のレビュー
 - チェックシートを用いた達成度評価：A)～D)評価
- ◆ 提言実現のタイムスパン（短・中・長期）を考えた具体的な課題

◆研究者と管理者と「インフラの基本的考え方」「科学的考え方」「整備・管理の考え方」に関して共通理解を深める相互理解と議論。当然のように使われる構造令や基準等を科学的・工学的に分かり易く説明し、（行間の）解釈を与え文章化、管理者側の人手不足の問題を解消するための研究・技術開発

地盤工学会の提言策定作業を協働で実施。豪雨災害に関する9つの提言をまとめ（2009年以降の水害を受けて）⇒新たなアクションプランに

1. 『堤防の設計法の高度化と実装』⇒「堤防情報の新WG」（どんな情報を蓄積すれば、どんな効果？）
2. 『高水時の破堤を引き起こす弱部が内在する堤防および基礎地盤の点検・診断法の高度化』（重点化箇所抽出）
3. 『地震と豪雨の総合評価と対策工法の開発』（現WG活動加速）
4. 『気候変動と流域特性を考慮した災害リスク評価と避難計画に基づく堤防管理体制の構築』⇒「◆堤防ダイアログ新WG」で議論（堤防の常識・非常識を理解し書き下す）→L1->L2, 高くするだけでなく底上げ, 移転の支援
5. 『堤防の侵食破壊の理解および対策の地盤工学的研究・技術開発の推進』（新WG）
6. 『効果的な水防工法による堤防の破壊抑制技術の評価と効率的な運用への貢献』（現WG活動加速）
7. 『河川堤防の浸透破壊の状態をリアルタイムに可視化する技術の開発と避難支援』（現WGに追加）
8. 『センシング技術, 情報技術の利活用による維持管理の高度化』⇒「堤防情報の新WG」
9. 『インフラの管理者である行政との協働と新たな工学の役割の発見』⇒「◆堤防ダイアログ新WG」（堤防の常識・非常識を理解し, 書き下す）

河川堤防技術シンポジウムにおける いままでの河川堤防の企画セッション

□ 堤防研究小委員会：（主催）河川堤防技術シンポジウム

- ✓ 「地盤工学から見た堤防技術シンポジウム」→「河川堤防技術シンポジウム」
- ✓ 2016年度 土木学会全国大会研究討論会「河川堤防の安全性を如何に守るか—今後数百年を見据えて—」……
- ✓ 2018年度：「河川堤防の**模型実験、数値解析**は**どこまで**あらかわせるようになったのか？ ～課題の浮き彫りと今後の方向～」
- ✓ 2019年度：「河川堤防の**すべり破壊**について（第1弾）」**どこまで評価**できるのか？
- ✓ 2020年度：「**越流侵食性能**は**どこまで評価**できるのか？その**対策**は**設計**できるのか？」
- ✓ 2021年度：「『堤防の被災**メカニズム**の解明や堤防の**安全性評価、対策**を進める上で**どのような情報**をとれば有用性があるのか』（どんな情報でどれだけ計画、設計、管理が良くなるのか？）について 堤防の **Failure Path** を起点に工学に基づいた情報のあり方を議論する。」
- ✓ 2022年度：「気候変動への対応を見据え、堤防の**安全性をいかに確保すべきか？**～堤防に求められる性能と**堤防の変状から破堤に至るプロセス（Failure path）**を踏まえて～」
- ✓ 科学・工学と経験が融合する「**堤防工学**」の構築に向けて ～堤防工学で**なすべきこととは～**

堤防研究・技術開発を進めるにあたっての問いかけ ～いままでの議論から～（1）

- ① いままでの整備・研究・技術開発の延長線上でいいのか？現状の延長線上に将来はあるのか？を考える。
- ② (①と同様に)短いスパンでの研究、開発の積み重ねだけで、将来・長いスパンの議論ができるのか？
- ③ 安全の定義？と破壊(破堤)の定義？:「受け入れられないリスクがない状態」
- ④ 設計論の議論できているのか？
- ⑤ 分かってきたことを冷静に公平にレビューできているのか？「どこまでは分かった、ここまでは確実にいえる」を明確に
- ⑥ (洗堀・侵食～対策、ねばり強さ)水深だけでなく河川の流れと堤防のダイナミックな相互作用はどれくらいか？三次元効果は？
- ⑦ (主に浸透)降雨～河川水～地下水で堤防はどう変化するのか？
- ⑧ 不均質・ばらつくことを知っているというステージから、基礎地盤(氾濫原・自然堆積..)と堤体の不均質評価、堤防強化をどうしたらできるのか？

堤防研究・技術開発を進めるにあたっての問いかけ ～いままでの議論から～ (2)

- ① 破堤に至るか否かを分けた要因，被災と非被災を分けた要因は？ 変状連鎖図に新たな知見を入れていく体制
- ② 不確実性，不均質性は重要。一方，堤防は大きさのあるインフラであり，ある程度は平均的な挙動は重要である。どの程度，平均値の影響があるのか，どれくらいの不確実性，不均質性の影響があるのかを明確にすべきである。
- ③ なぜ今までの堤防がかなりもっている(堤防が壊れなかった)のはなぜか。被災データだけでなく，非被災データ(こちらに方が多い)，を考える必要性。堤防の現在の実力を推しはかれるように技術力，調査の蓄積を行うべき(既存の堤防の性能を毀損しない)
- ④ がんばっている堤防の平均値，バラツキの物理的な意味がみえてくるのではないか。これが次に行くためのステップになる。
- ⑤ 不均質性が大事な問題と大事でない問題(パイピングは不均質性が大事?)，三次元が大事な問題を明確にする。
- ⑥ 学術としての検討と管理を使う行政としての検討での議論の関係：研究成果を使う姿勢とレギュラトリーサイエンス，

堤防工学でなすべきこと、に関する議論

- ① 将来の堤防のあるべき姿（現状のギャップが課題）
- ② 河道と堤防の一体化した治水（それらの関連性）
- ③ 破堤・決壊の定義、メカニズム・変形モード、評価指標
- ④ 堤防のバラツキ
- ⑤ モニタリングの現状と課題、導入のしくみづくり
- ⑥ 堤防巡視・点検結果の活かし方

- 以下の「やるべきこと」①～⑥の内容や関係性について
- 共通点として、「リスク管理」「縦断・横断方向に河川と堤防構造の管理」について
- ②と③を合わせて考えことの必要性
- 連携の必要性、河川—地盤の相互連携の必要性（河川側と地盤側からのアプローチを、お互いを意識ながら進める並行して考える。ここにお互いの意見交換の必要性）
- 研究・技術の工学的レビュー、ロードマップの更新と具体的研究の実施について

堤防のあるべき姿に関する提案

『天端水位（越水まで）は破堤しない堤防にする』

HWLでなく、天端水位まで（越水するまで）は破堤させない、安全にすべきということ大きな目標とした研究・技術開発

- 気候変動による、降雨量、流量の増大、頻度が高くなる中、リスクで議論
- 「リスク管理」という前提の下、HWLを越え天端以下でも破堤するかもしれないという状況を抱えた現状では、治水計画においてリスクを調整する難しいのではないか（上下流バランスなど）
- 河川計画が明瞭になり流域治水を実現、加速しやすい
- 河道と堤防の一体化した治水に繋がり、堤防の設計が分かり易くなる
- 「リスク管理」「縦断・横断方向に河川と堤防構造の管理」「②と③を合わせて考えことの必要性
- 連携の必要性、河川—地盤の相互連携の必要性
- 堤防工学のアカデミックロードマップを更新
- このような信頼性解析を可能にする解析手法、調査の要件は何か
 - ①手法と調査などの要件は何か？②現状技術は満たしているのか？③足りないものを重点研究課題とする

話題提供・質問および全体討議

□趣旨説明：委員長 前田健一(名古屋工大)；～9:10

□話題提供：9:10～9:55

①「河川堤防研究で抜け落ちていること」

今、水工学ではどこまで分かって来て、
地盤工学と何を一緒に進める必要があるのか

／福岡捷二(中央大)；15分

②「堤防の安全性をどのように考えるか？」

海外との比較に学ぶ

／森 啓年(山口大)；10～15分

③「メカニズムに基づくパイピング照査のために必要な研究とは？」～icとG/Wの先へ～

／藤澤和謙(京都大)；10～15分

④実務レベルから見た堤防工学の課題

／坂本淳一(中央開発株式会社)；10～15分

□全体討議；10:05～10:25

話題提供，聴講参加者

参考：

堤防工学の課題に関するアンケート意見抜粋

①近い将来の堤防のあるべき姿（あるべき姿と現状のギャップが課題）

- 新しい技術や素材の導入による堤防の強化と長寿命化
- 治水に対して強い堤防を目指すとともに、地域に受け入れられる堤防であることも重要（あるべき姿）であると考えます。
- 結局のところ、決壊を予知できないのが問題？
- "・「どうせ分からないから」を少しでも減らすための調査、モニタリング、点検の充実（④、⑤、⑥に関連）・堤防設計と河道計画・設計の分断の解消に向けた論点整理（②に関連）・"
- 土堤原則が今後も遵守すべきなのか。
- 「堤防天端以下の水位では破堤しない堤防にする」

②河道と堤防の一体化した治水（それらの関連性）

- 河川管理と堤防の連携を強化し、より効果的な治水施策を検討
- "流域治水プロジェクト2.0の取組みでは、河道の目標流量引上げに対応する施策として河道掘削、遊水地の整備が進められている。・河道掘削により、流速の変化による侵食リスクの増加や浸透路長が減少することによる堤防安全性低下の課題がある。・遊水地の整備は、越流堤、周囲堤、囲繞堤が設けられるが、これらの堤防には技術基準がないという課題がある。・流域治水プロジェクト2.0の展開は、河道（流域）だけでなく、堤防も一体として考える必要があり、上記の課題を早急に解決することが求められる。"
- 「一体化」の意味するところを明確にする必要はあると思います。
- 浸透、侵食、越水に強い堤防設計のためには、河道形状も一体的に設計するのが効率的であるが、計画規模だけでなく超過洪水も対象になること、ハイドログラフの概念が必要になることが予想されるため、現行の河道計画、河道設計との馴染みが悪く、連携には河川サイドとの十分な議論、ブレークスルーが必要。
- 一体化とはそもそも何か？
- "一体化とはそもそも何か？そもそも堤防は河道の一部ではないか。本当の河道設計とは堤防も含まれてしかるべきではないかという考え方が必要。①と②は密接に関係すると考えられる。"
- 川表側の侵食について、洪水流のうねりや渦の影響度はどれほどか。
- 「堤防天端以下の水位では破堤しない堤防にする」

③破堤・決壊の定義、メカニズム（変形モード）、評価指標

- 破堤予測モデルの開発とリスク管理の強化
- 堤体断面の減少（堤高の低下）とハイドログラフとを関連させて破堤の定義を考え直してみてもどうか？
- 二相流モデルの開発、検証のための模型実験の実施
- 河川でよく用いられるH.W.L.破堤という概念は正しいのか（実際起こりうるのか）
- "【パイピング破壊のメカニズム】・浸透破壊のメカニズムの解明・パイピングによって破堤まで至るケースと至らないケースで、外力一定条件として、どのような地盤条件が厳しい条件として絞り込めるのか？（これまでの実験，研究成果から検討）【浸透破壊の盛土の変形モード】・堤防の浸透による破堤の評価は、円弧すべり破壊によ評価として妥当か。"

④堤防のバラツキ

- 材料の不確実性だけでなく、堤防の改修や補強が行われた際の記録を分析し、過去の修繕がどのような問題を解決し、どのような改善が行われたかを評価することで、各箇所の子余リスクが分かるかも。
- 堤防を表す特性値や地質区分の精度
- 堤体内部の物性値（例えば、せん断強度や透水係数）の把握
- 堤防法線沿いの3D連続的な堤体・基盤の概略構造の把握
- "物性のばらつきなのか。層構成のばらつきなのか。何を持ってバラツキというのかバラツキによって生じる事象とは。バラツキを評価するために必要な調査や検討とは。調査密度はどうするのか。"
- "・河川堤防の浸透点検の妥当性の評価手法について・堤防のボーリング調査本数と浸透点検結果の信頼性の関係・堤防規模に応じた適切な調査頻度と配置について・堤防の不均質性を定量的に評価する方法・堤体土で透水性の高い薄層（粗砂、礫など）の取り扱い（浸透流解析時のモデル作成時の留意点）"

⑤ モニタリングの現状と課題、導入のしくみづくり

- 航空的手法, レーザー・画像解析等空間把握系の新技術による新たなモニタリング手法の開発。
- 粘り強い河川堤防では、裏法面を越流水が流れるため、裏法面の変状の把握および状態監視が重要である。施工前は十分に締め固まった法面であるか、施工後は降雨浸透などにより緩んでいないかを確認できていないという課題がある。
- 不飽和盛土内の水位把握・不飽和浸透特性
- モニタリング体制の整備（外水位、堤体水位、基盤の地下水位）
- "モニタリングすべき物理量の選択とその計測点配置の指針モニタリングデータを用いた回帰モデルの構築"
- "なぜモニタリングが必要なのか、明確にすることがまず一步モニタリングを行う箇所を選定するための指標・基準の明示リアルタイムの観測の必要性の有無（リアルタイムで見る必要な事象があるか？その場合の技術は？）"

⑥堤防巡視・点検結果の活かし方

- データ収集、解析、共有のプロセスの効率化。人工知能の活用
- 堤防巡視・点検結果を堤防安全性の評価に活かしていないという課題がある。堤防巡視・点検結果を踏まえた堤防の安全性評価を行う必要がある。FPを検証して、変状等がある場合は、状態に応じて堤防安全率を低下させる等が考えられる。
- 人員・点検結果の継続性の確保
- 巡視項目の更新・見直し
- 出水後点検の重点化と要因分析（点検結果（変状有無）と水位計測データから、変状有／無の要因分析）
- "河川堤防における構造ヘルスマモニタリングの実施従来の維持管理技術を対症療法型から予防保全型への転換する技術提案"
- "堤防巡視・点検で用いられる指標（点検項目、返上の種類）と堤防の機能低下の関連の明確化既存堤防の変状による機能低下についてこれ以上の変状拡大は堤防機能に支障が生じるなどの閾値があると堤防の巡視や点検により意義を見いだせるのではないか。"
- 変状の種類（＝点検項目）がどのような危険をもたらすか、必ずしも明確になっていない。
- "同じ変状でも、規模、発生位置、方向（縦断方向／横断方向）等で危険度は異なるはず。変状発生箇所の場合（地形、地質、セグメント、河道形状（平面、断面））等でも異なると考えられるが、これらが体系的に整理されていない。"
- "点検項目として挙がる変状の種類には、破壊の原因となる変状、破壊の兆候を示している変状、両方に該当する変状が混在している。各点検項目の評価区分（a～d）が妥当かどうか。"
- "・堤防及び施設点検結果の分析による性能評価・性能低下につながる要因分析など"