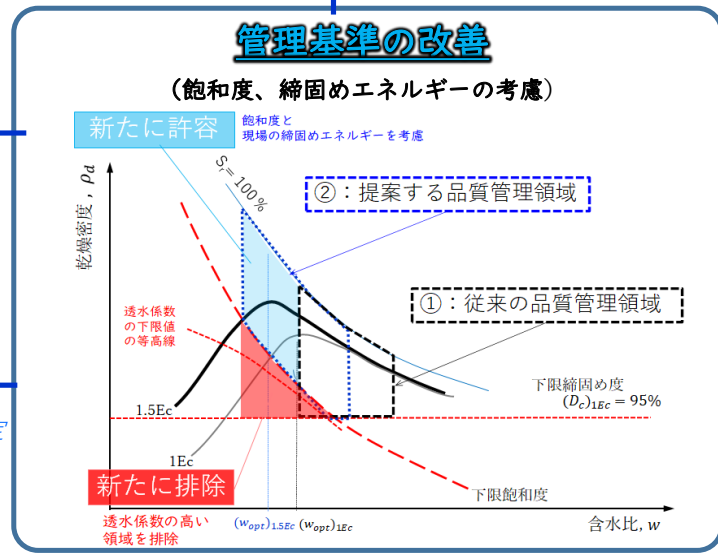
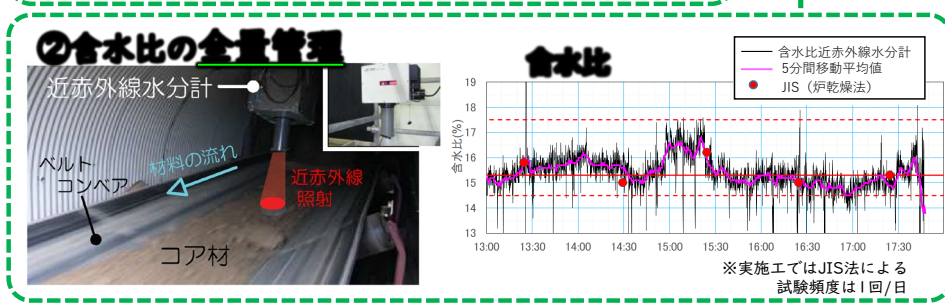
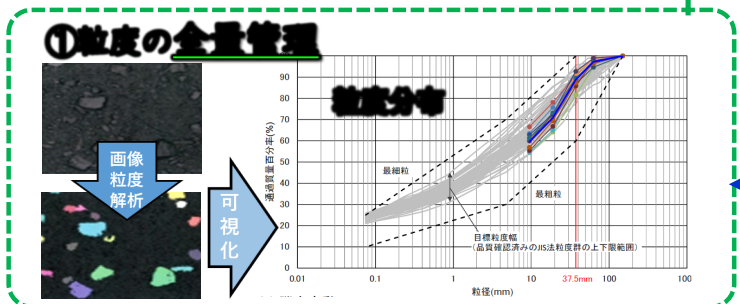
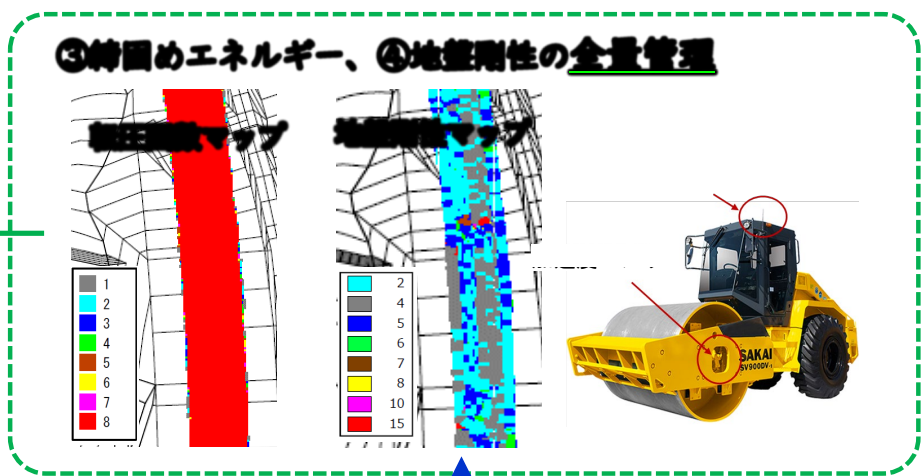
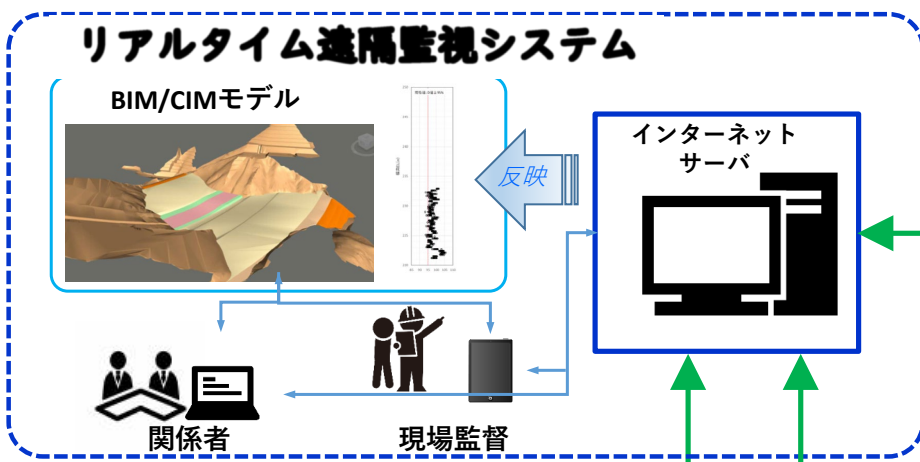


遮水性盛土の総合的な品質管理法の開発

～最新の技術知見とICTを融合した新たな品質管理～



開発背景

1. フィルダムの要求品質に対応する新たな品質管理法の開発

- フィルダム建設では、湛水によりダム本体が浸透破壊したダムが多数存在。
- 日本国内でのフィルダム施工では、多数の品質管理項目や施工仕様規定によって入念な施工管理・品質管理を実施する。



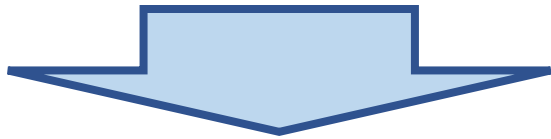
1976年ティートンダム決壊



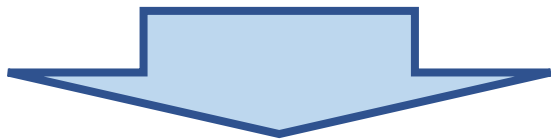
2018年セナムノイダム決壊

開発背景

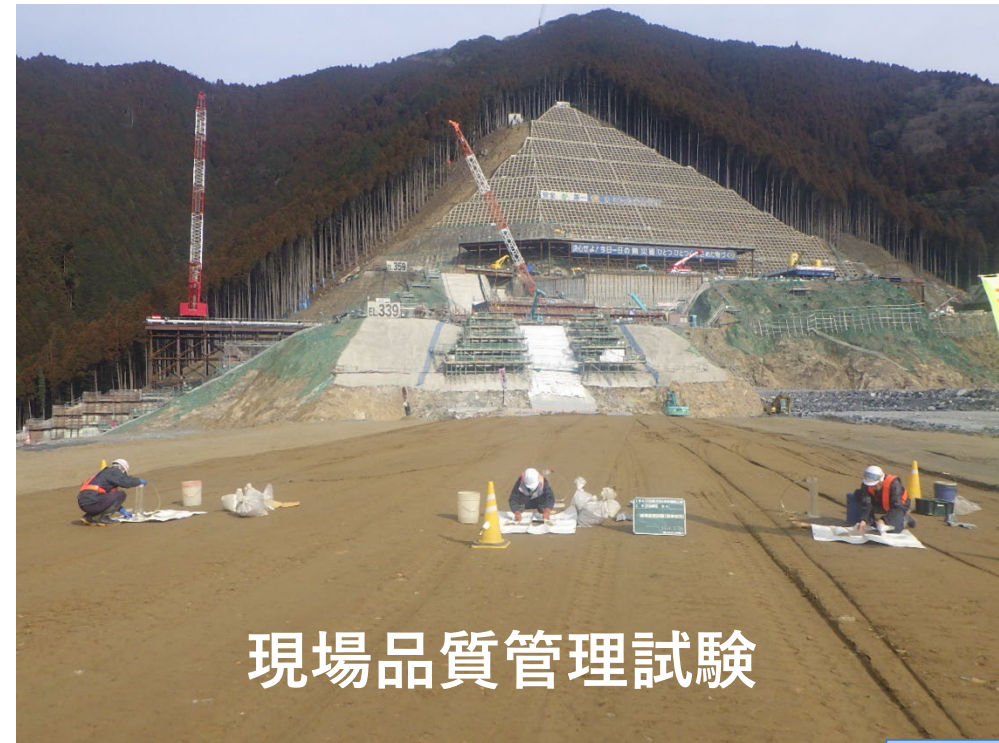
- 施工後の現場品質管理試験は3点/回 程度
- 品質の一様性や局所異常の有無については、熟練技術者が目視監視により判断
しかし、、、熟練技術の数は減少傾向



熟練技術者の監視管理だけに頼らず、フィルダムの品質を確保するための技術確立が急務



ICTを活用した、全量管理型の
新たな締固め管理方法の開発



現場品質管理試験

開発背景

2. 高い品質確保の要求

- 小石原川ダムでは**事業効果の早期発現**を地元等が大いに期待。
- 標準工程が急速施工を前提としており、さらに、九州地方で冬期休止もなかったため、同規模のフィルダムと比べて**盛立期間が非常に短い計画**。
- 試験湛水までにコア内の過剰間隙水圧が消散しないことで、有効応力が不足する可能性が懸念された。その対策として、**高密度・低透水で将来の沈下が小さい高品質なコア**を築堤することが要求された。



より「合理的な締固め管理基準」の検討が必要

1. 技術の概要

【締固め条件】

搬出時点の品質確認を 全量管理+クラウド管理

【締固め結果】

転圧後の品質確認を 全量管理+クラウド管理

全量管理型の品質管理

+

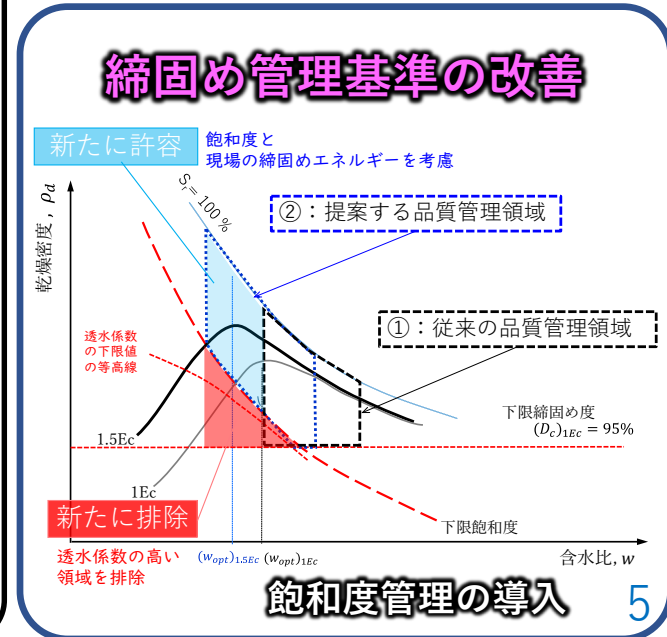
締固め管理基準の改善



従来：抜取検査

ICTで
全量管理

開発技術：全量管理+クラウド管理



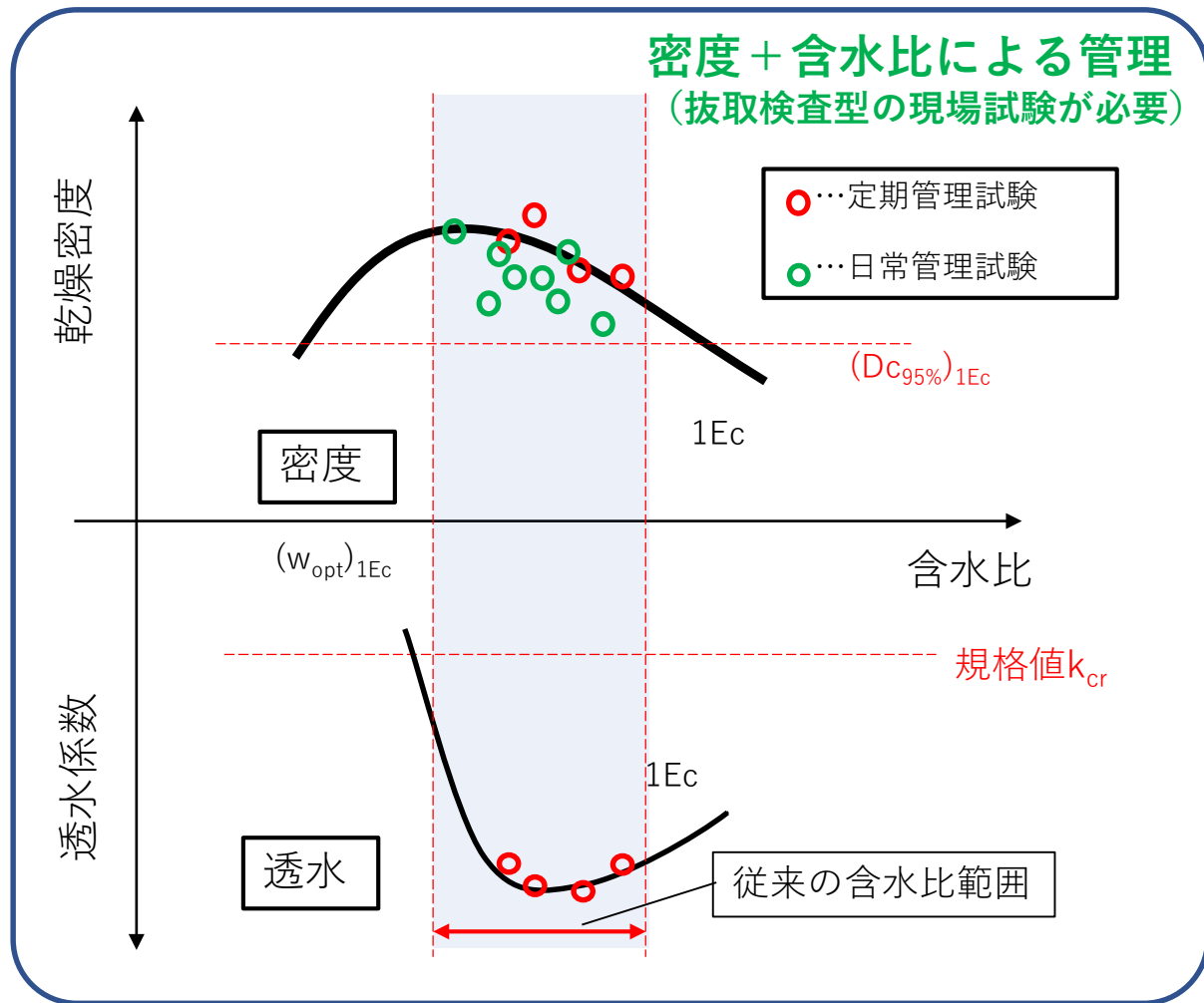
本技術開発の内容

- ① 締固め管理基準の改善
- ② 締固め条件の全量管理
- ③ 締固め結果の全量管理

①締固め管理基準の改善

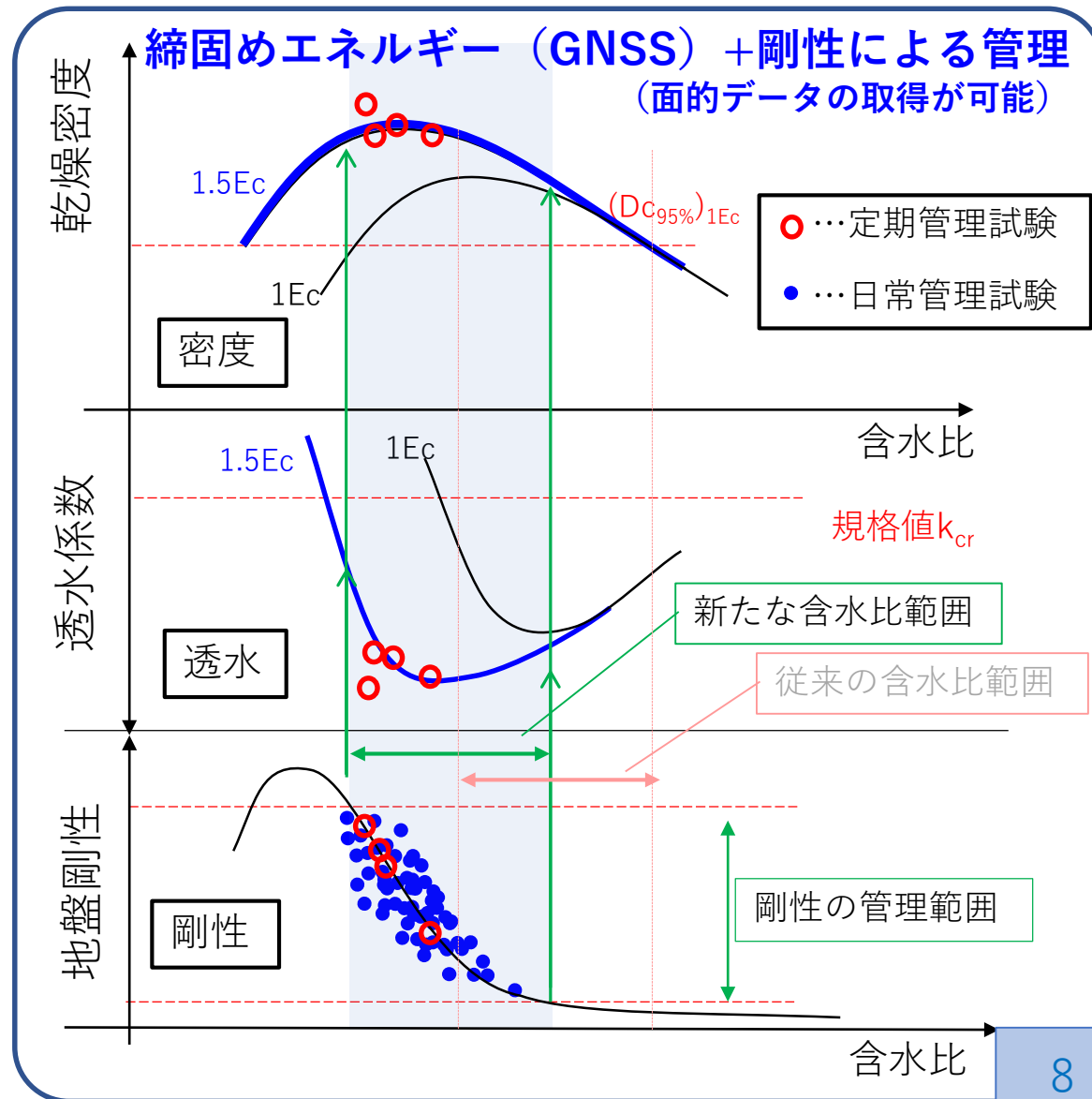
締固め管理基準の改善 (概要)

<従来の管理法 (多点管理型)>

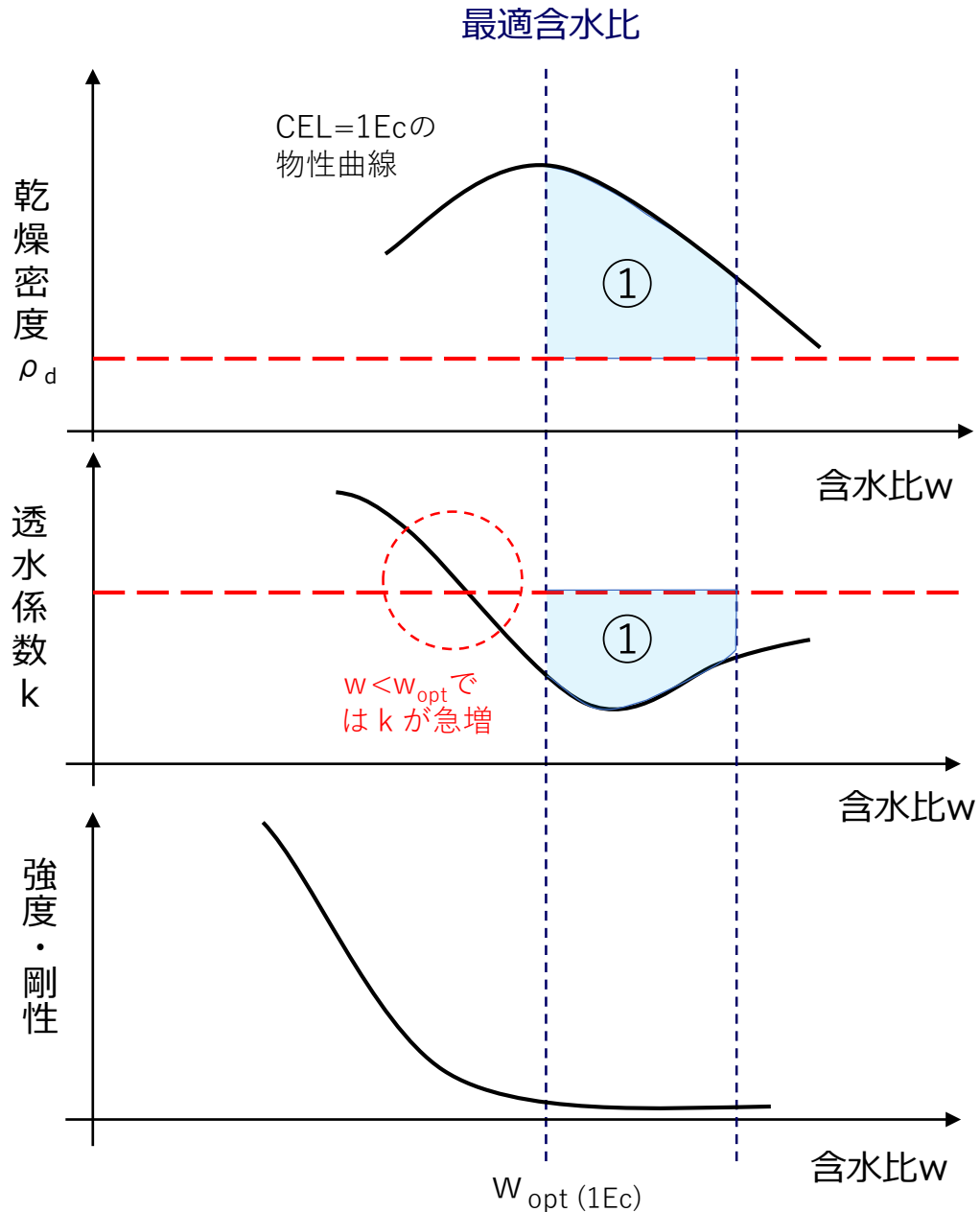


※ どちらの管理法も粒度・土質も概ね一定であることが前提

<提案する管理法 (面的管理型)>



締固め管理基準の改善

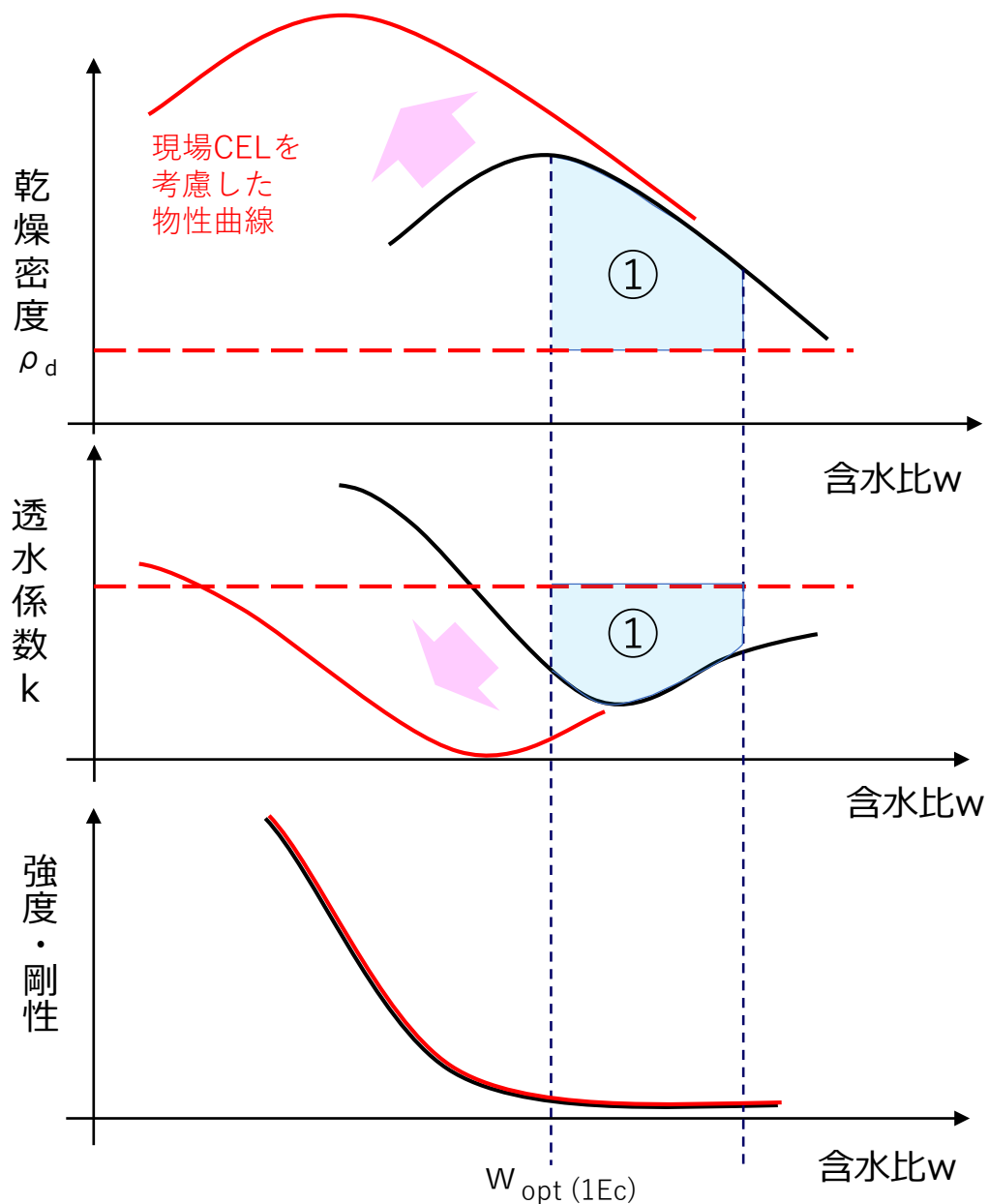


【従来】

1 Ecの最適含水比

(w_{opt})_{1Ec}より湿潤側で管理。

締固め管理基準の改善



転圧機の性能向上により、
現場の締固めエネルギーは $1Ec$ より
も高い傾向



課題

CEL= $1Ec$ で含水比管理すると、現場CEL
に対応した適切な含水比管理範囲より、
湿潤側で非効率な施工をしていること
になる。

締固め条件の全量管理

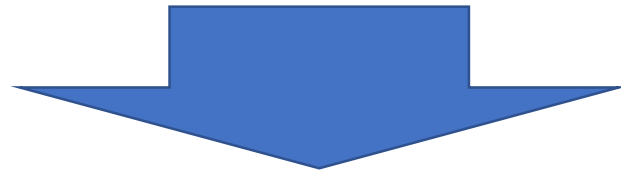
全量検査型の品質管理(概要)

【締固め条件】

盛土品質を規定する**締固め条件（含水比、粒度、CEL）**の**全量管理**
搬出時点のロット全体の品質が保証される。



「**施工中の含水比変化**」、「**施工中の粒度の局所変化**」、
等の影響は確認することはできない。



【締固め結果】

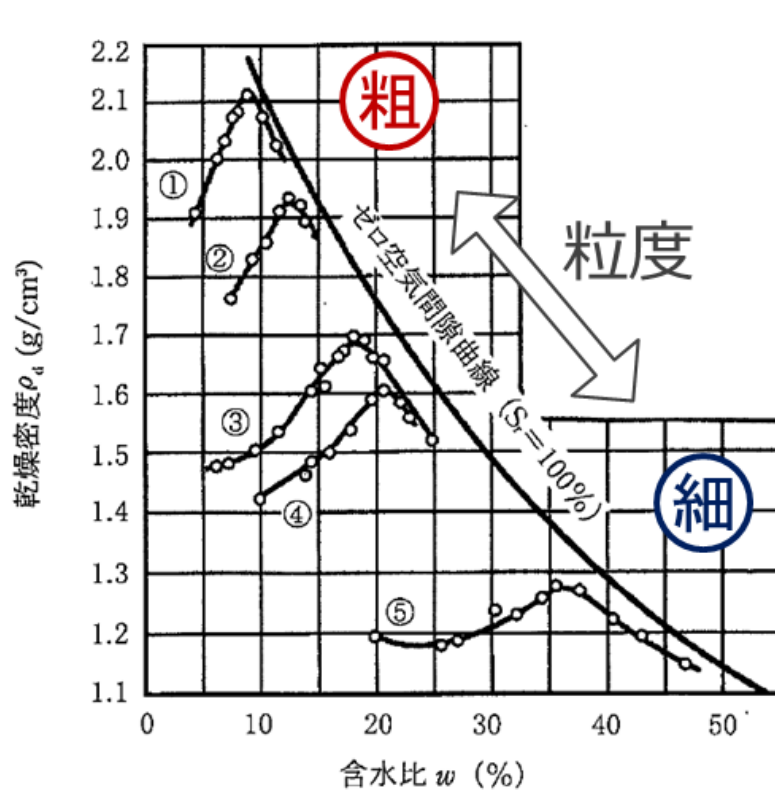
締固め結果（剛性；～密度・透水）の**全量管理**
転圧後のロット内の品質の一様性や局所異常の有無を確認する

全量管理型の新たな品質管理

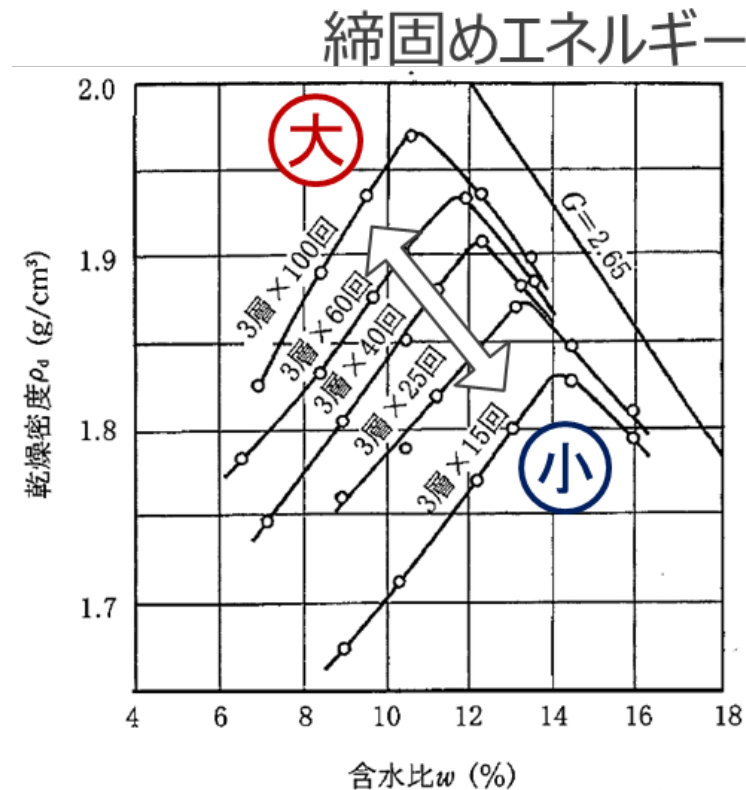
締固め条件(含水比・粒度・締固めエネルギー)の全量管理

盛土の工学特性(密度・剛性・遮水性等)は、

①含水比、②粒度、③締固めエネルギー(CEL)の3つの条件で概ね決まる。



土質と締固め曲線の関係

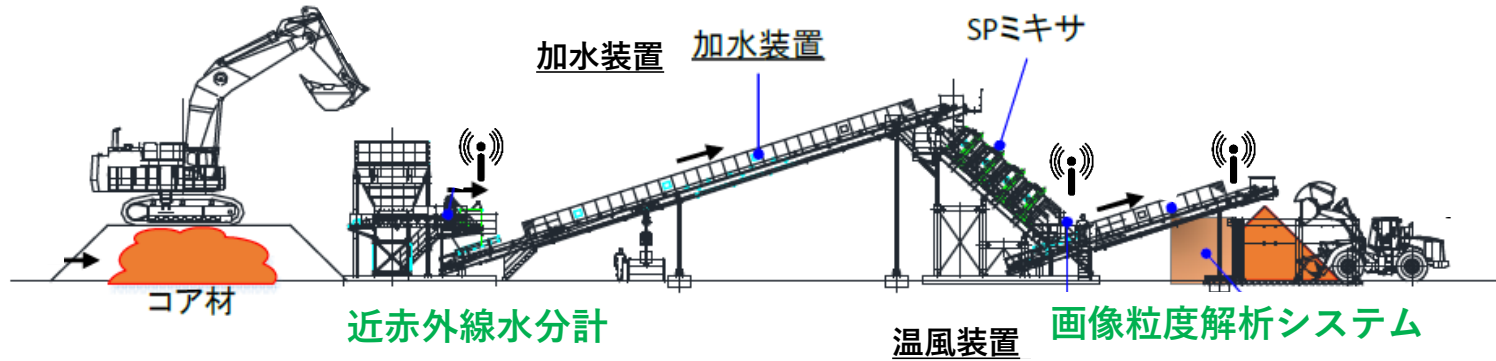


CELと締固め曲線の関係

締固め条件 (含水比、粒度、CEL) の全量管理を行う

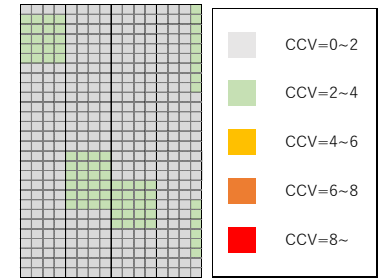
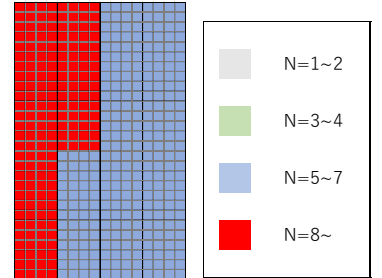
締固め条件(含水比・粒度・締固めエネルギー)の全量管理

盛土材搬出時



転圧時


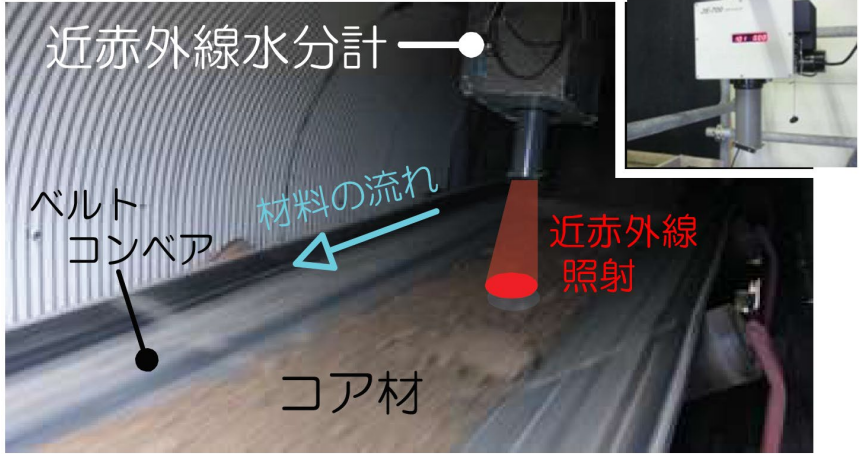
転圧回数MAP
地盤剛性MAP
施工状況動画



ICT (近赤外線水分計、画像粒度解析システム、転圧管理システム) を活用し、含水比、粒度、締固めエネルギーをリアルタイムに監視・管理した

① 含水比の全量管理


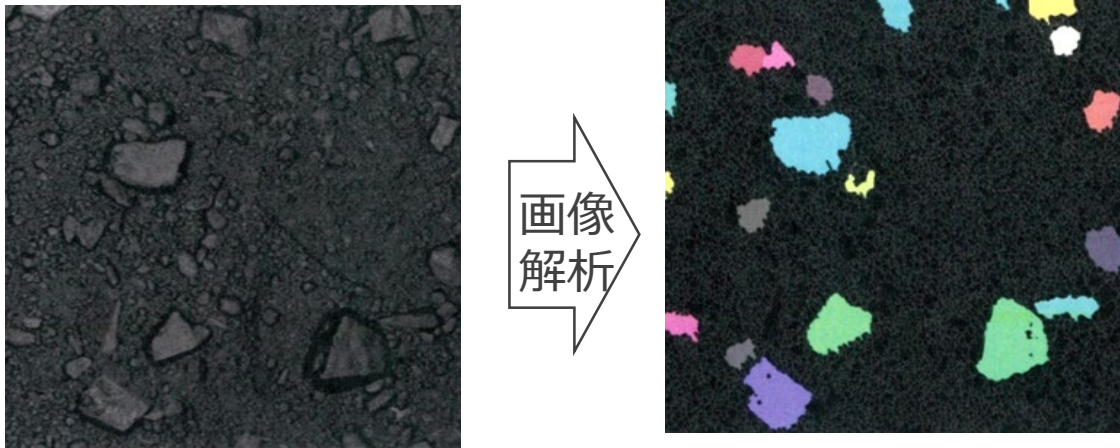
- 含水比の品質管理として、近赤外線水分計を導入。

項目	従来手法	本手法
手法	フライパン法	近赤外線水分計
試験写真		
頻度	1日3回	常時 (全量)

含水比に対する試験頻度が、1日3回から全量管理となった

②粒度の全量管理

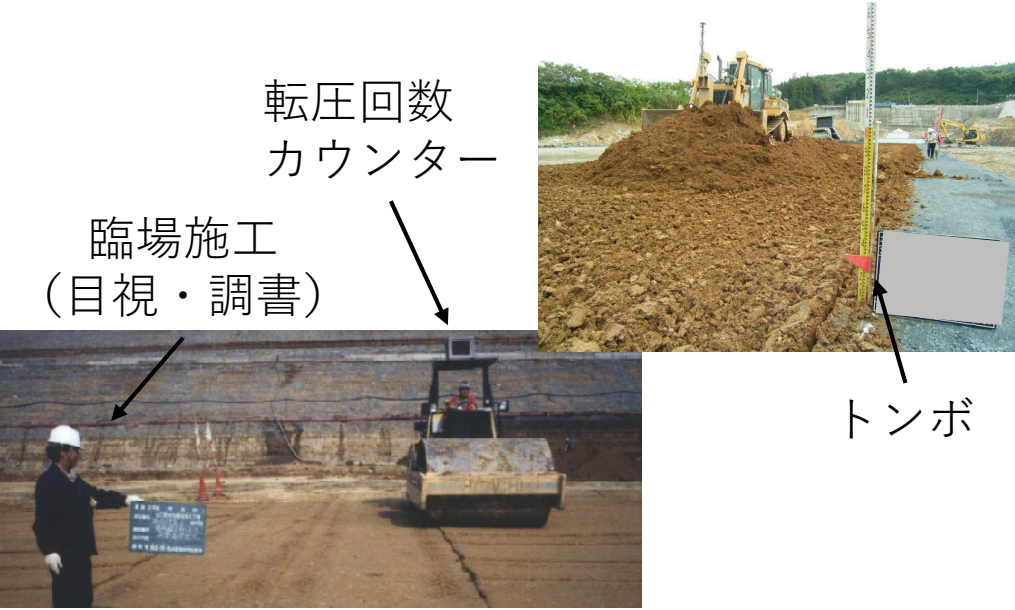
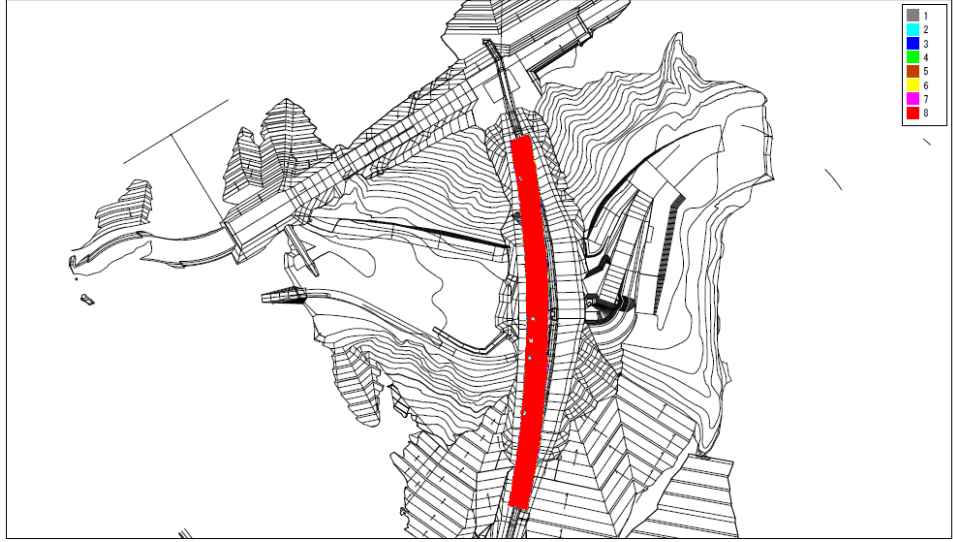
- 粒度の品質管理として、画像粒度解析システムを導入。

項目	従来手法	本手法
試験	粒度試験	画像粒度解析システム
試験写真		
頻度	1日1回	30分に1回

粒度に対する試験頻度が、1日1回から30分に1回になった

③締固めエネルギーの全量管理

- CELの管理として、GNSS転圧管理システムを導入。

項目	従来手法	本手法																												
手法	施工仕様規定	転圧管理システム																												
管理 写真	<p>転圧回数 カウンター</p> <p>臨場施工 (目視・調書)</p>  <p>トンボ</p>	<table border="1"> <tr> <td>工事名</td> <td>小石原川ダム</td> <td>締固め機械名</td> <td>SV512D、SV512D、SV512D AT</td> </tr> <tr> <td>発注会社名</td> <td>岩倉建設</td> <td>機種番号 (No.)</td> <td>11300、11350、11360</td> </tr> <tr> <td>作業日</td> <td>31/01/29~31/02/20</td> <td>締固め幅 (m)</td> <td>2.13、2.14、2.14</td> </tr> <tr> <td>オペレータ名</td> <td>藤野 幸之、藤野幸之、藤野 幸治</td> <td>巻出し厚 (m)</td> <td>0.30</td> </tr> <tr> <td>管理ブロックサイズ (m)</td> <td>0.5</td> <td>規定締固め回数</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>施工箇所</td> <td>R1321.4</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>盛土材料</td> <td>コア</td> <td></td> <td></td> </tr> </table> 	工事名	小石原川ダム	締固め機械名	SV512D、SV512D、SV512D AT	発注会社名	岩倉建設	機種番号 (No.)	11300、11350、11360	作業日	31/01/29~31/02/20	締固め幅 (m)	2.13、2.14、2.14	オペレータ名	藤野 幸之、藤野幸之、藤野 幸治	巻出し厚 (m)	0.30	管理ブロックサイズ (m)	0.5	規定締固め回数	8	施工箇所	R1321.4			盛土材料	コア		
工事名	小石原川ダム	締固め機械名	SV512D、SV512D、SV512D AT																											
発注会社名	岩倉建設	機種番号 (No.)	11300、11350、11360																											
作業日	31/01/29~31/02/20	締固め幅 (m)	2.13、2.14、2.14																											
オペレータ名	藤野 幸之、藤野幸之、藤野 幸治	巻出し厚 (m)	0.30																											
管理ブロックサイズ (m)	0.5	規定締固め回数	8																											
施工箇所	R1321.4																													
盛土材料	コア																													
頻度	全量 (一部自主管理)	全量																												

GNSS管理により施工管理記録が従来よりも詳細かつ定量的に記録される

締固め結果の全量管理

全量検査型の品質管理(概要)

【締固め条件】

盛土品質を規定する**締固め条件（含水比、粒度、CEL）の全量管理**
搬出時点のロット全体の品質が保証される。



「施工中の**含水比変化**」、「施工中の**粒度の局所変化**」、
等の影響は確認することはできない。



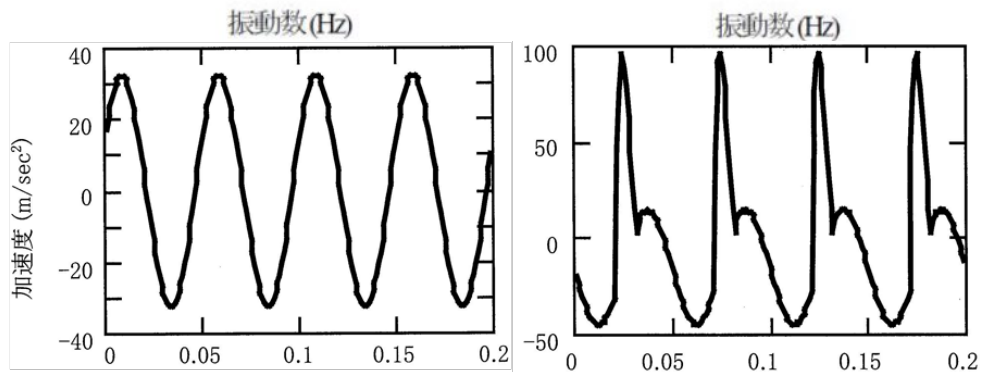
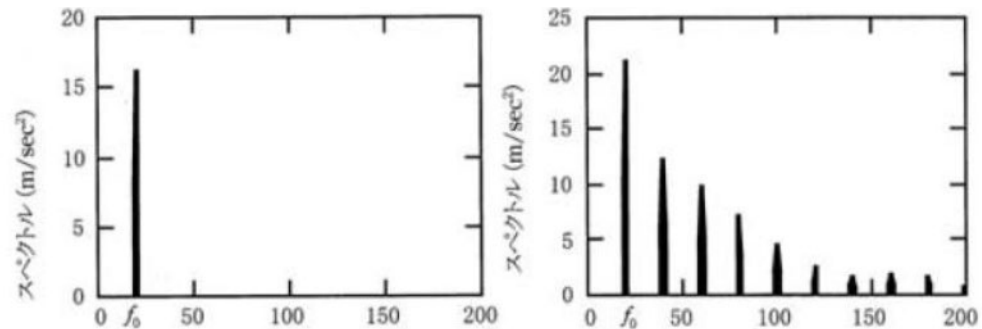
【締固め結果】

締固め結果（剛性；～密度・透水）の全量管理
転圧後のロット内の品質の一様性や局所異常の有無を確認する

全量管理型の新たな品質管理

締固め結果の全量管理

一般土工の締固め管理では、振動ローラの加速度記録を分析して得られる地盤剛性指標とGNSS記録を関連付けした、より定量的な面的管理法が国内外で普及しつつある。

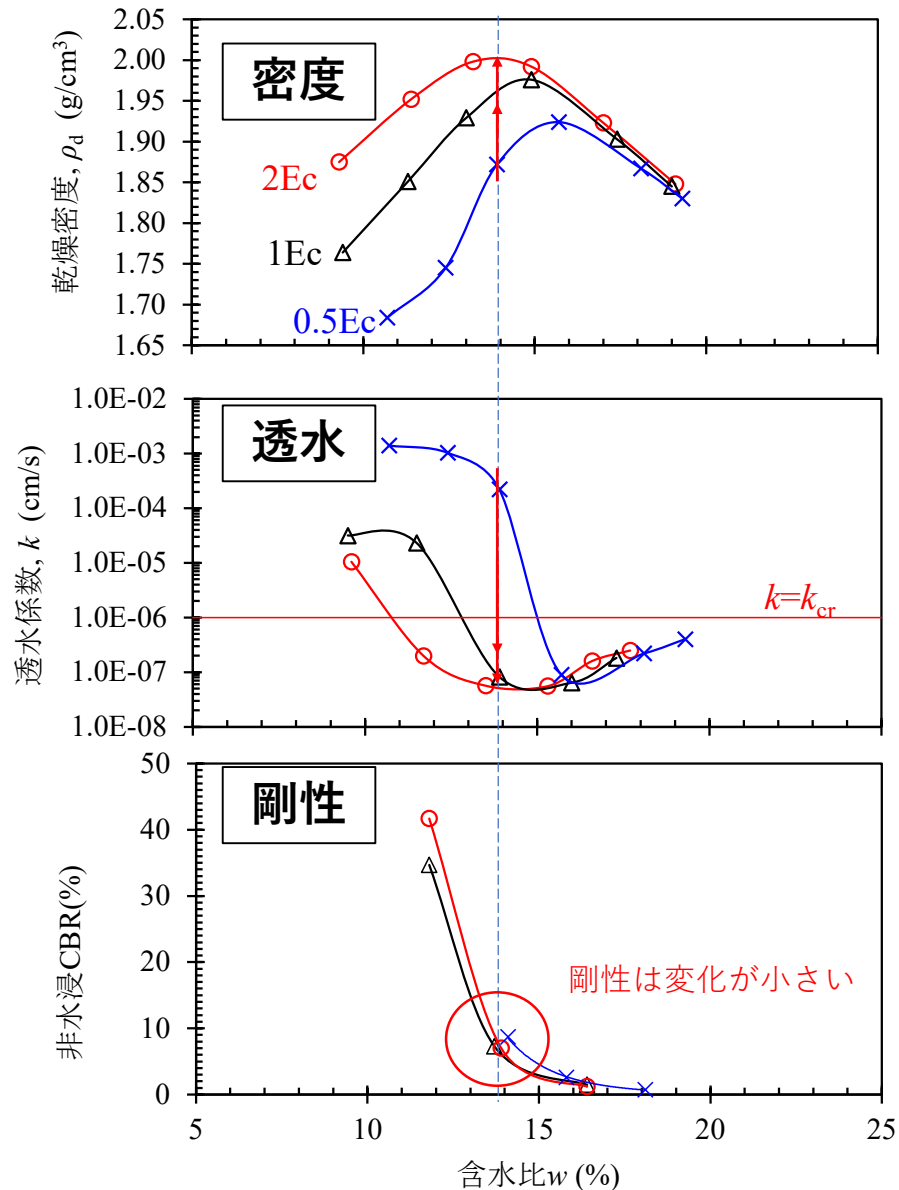


空転時
(CCV=0)

柔らかい地盤
(CCV 小)

硬い地盤
(CCV大)

遮水性能の面的管理



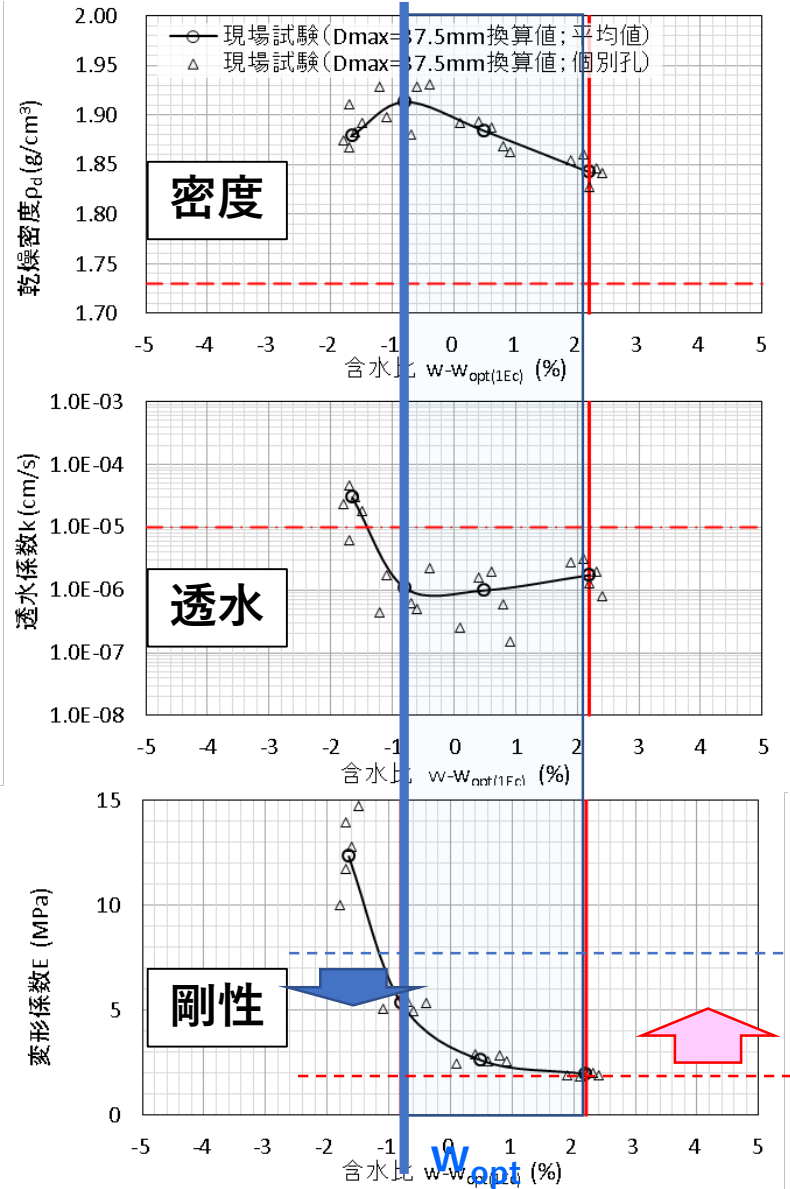
◆ 高含水比材料では締固めエネルギーの変化に伴い、剛性がほとんど変化しないため、剛性値のみで密度・透水が確保できているかは判断できない。

⇒ 既存の剛性指標を用いた締固め管理は高含水比材料には適用不可とされてきた。



ICT施工で締固めエネルギー（撒出厚、転圧回数）を管理したうえで、剛性の評価・管理を行う。

遮水性能の面的管理



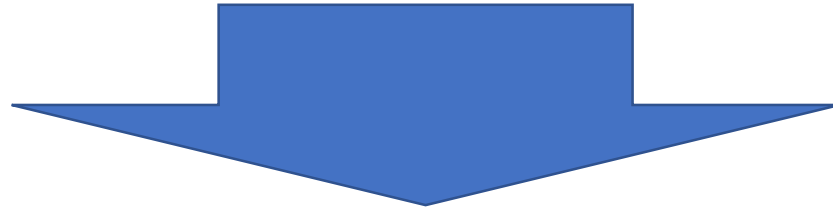
盛立試験結果

- 剛性の上限値管理で乾燥側の透水係数の上昇を抑制
- 剛性の下限値管理で湿潤側の乾燥密度とトラフィカビリティの低下を抑制

遮水性能の面的管理

【従来型の剛性指標管理】

- ・ **下限値管理**を行う。
- ・ 下限値を超過した段階で転圧終了し、剛性の均一性を確保し、過転圧を防ぐ



【提案する剛性指標管理】

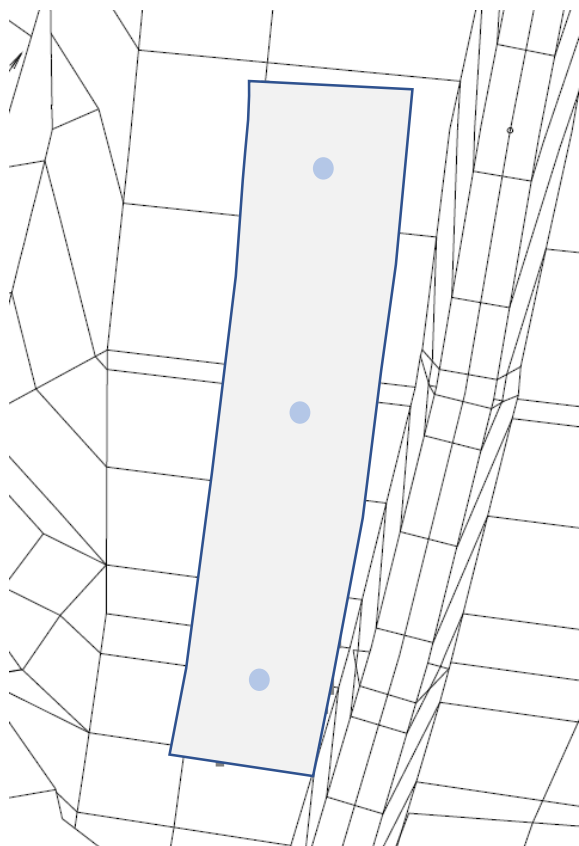
- ・ **上下限値管理**を行う。
- ・ **転圧エネルギー管理をした上で、剛性指標を評価**する。（転圧不足を防ぐ）

【効果】

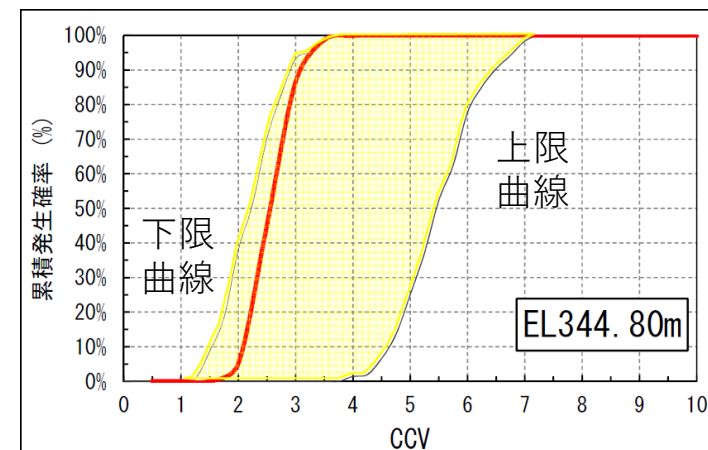
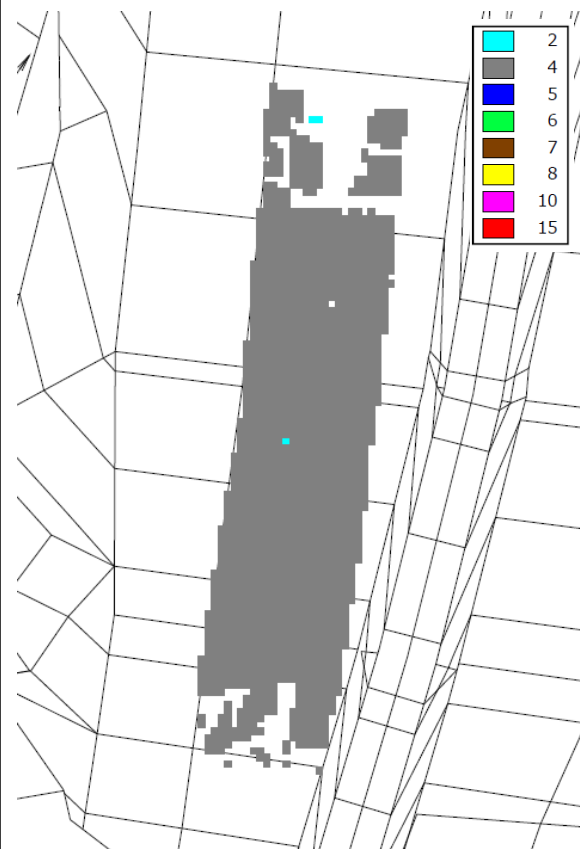
- ・ 遮水性盛土への剛性指標を用いた管理が可能になる。
- ・ 遮水性盛土での 面的な品質管理が可能になる。

遮水性能の面的管理

【従来法】 RI(乾燥密度)による評価



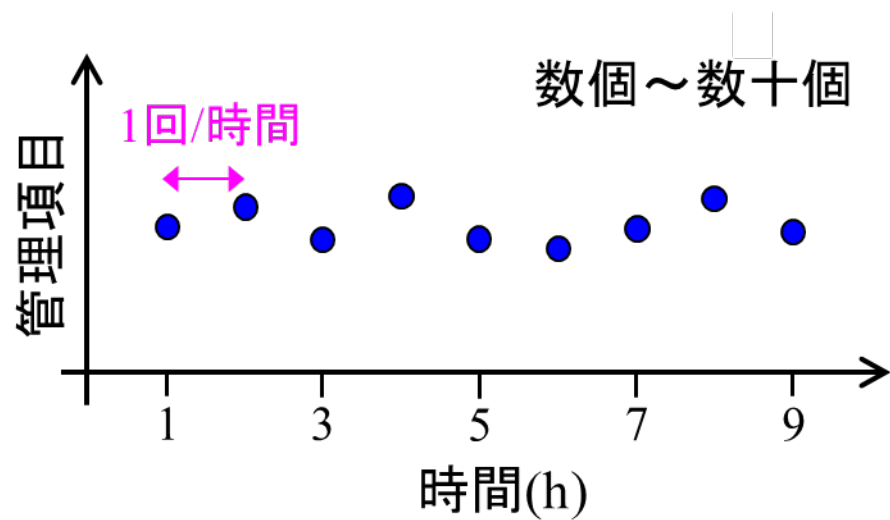
【本手法】 CCV(地盤剛性)による評価



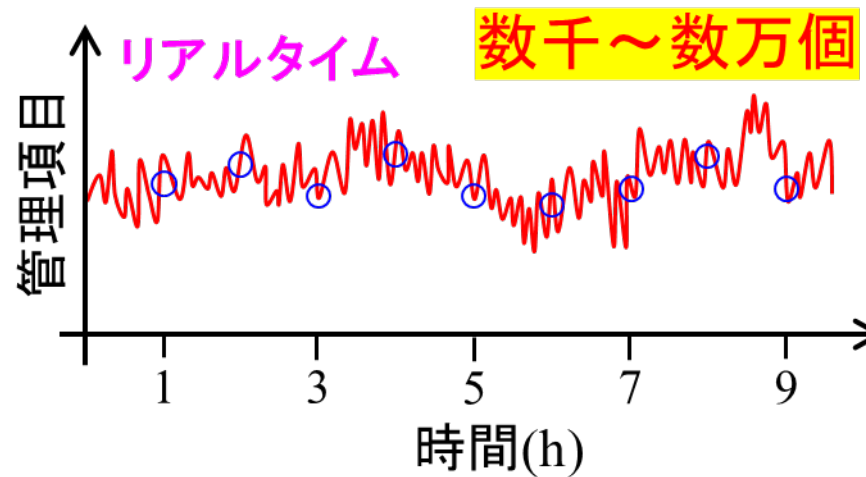
統計データ	平均値	2.82	中央値	2.56
	標準偏差	0.41	累計10%値	2.06
	変動係数	14.4%	累計90%値	3.14
	異常値発生率	0.0%		

剛性指標にCCVを採用し、遮水性盛土の面的管理を実現した。

【従来】 抜取検査による品質管理



【開発技術】 全量管理技術



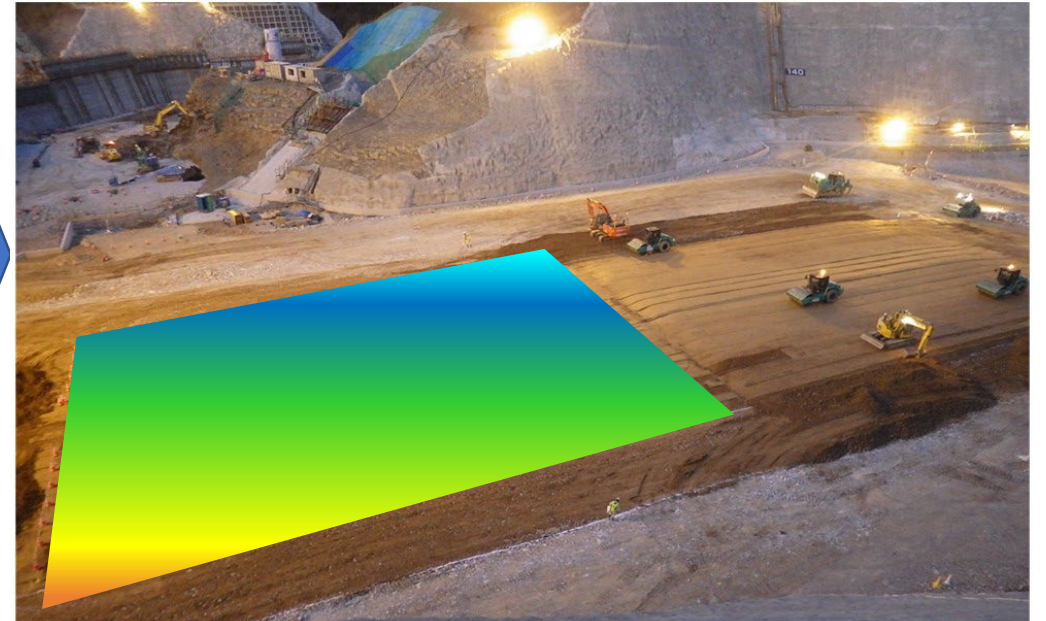
【従来】 抜取検査による品質管理

数千m²に3点程度



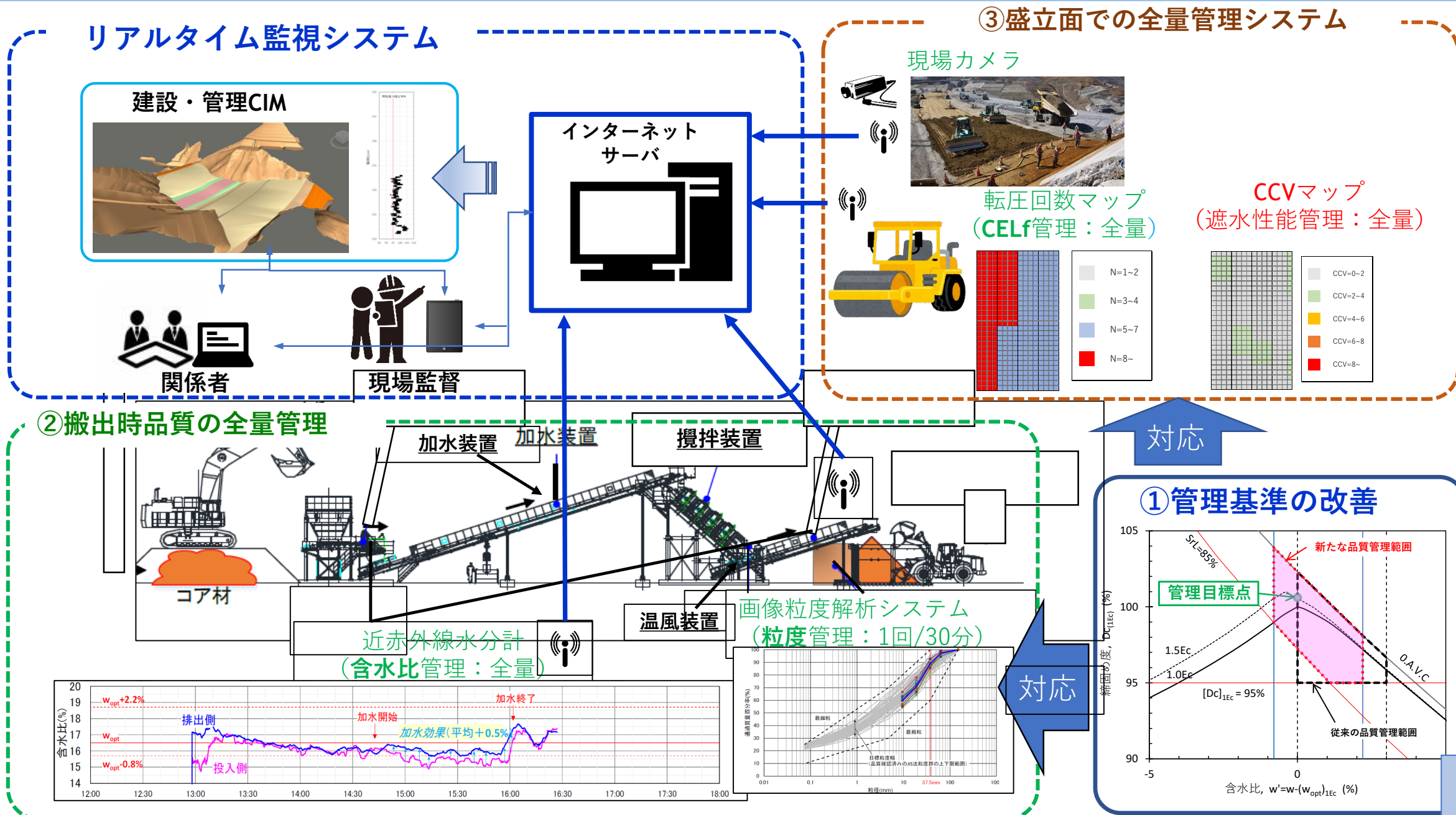
【開発技術】 全量管理技術

全量管理



遮水性盛土の総合的な品質管理法

遮水性盛土の総合的な品質管理法 概要図

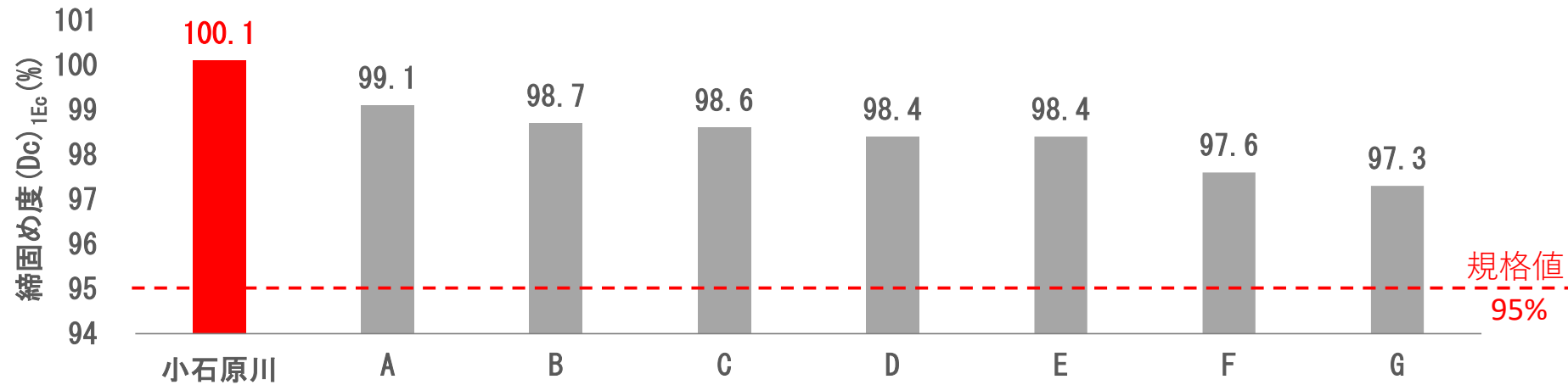


開発技術の導入効果

開発技術の導入効果

①盛土品質の向上

近年のロックフィルダム（100m超級） 締固め度の比較



◆ 本技術を適用した小石原川ダムは、締固め度100%を超過。

本開発技術により、**盛土品質が向上した**

開発技術の導入効果

②品質管理の高度化

管理項目	従来法		本手法		
含水比（搬出時）	フライパン法 （レンジ法）	3回/日	従来法 + 近赤外線水分計	全量管理	} 締固め条件 の管理
粒 度（搬出時）	JIS法	1回/日	従来法 + 画像粒度解析	1回/30分	
締固めエネルギー	仕様規定 + 臨場施工	—	仕様規定 + GNSS管理	全量管理	
乾燥密度 （日常管理）	RI密度試験	1回/ロット	RI密度試験 + GNSS管理	全量管理	} 締固め結果 の管理
遮水性能 （日常管理）	RI密度試験	15点/回	ローラ加速度応答法 （上限値管理）	全量管理 （異常値 [*] は排除）	

※ CCVでは電源ON/OFF時、前後進切替時、境界施工時にローラ基本振動数の急変に起因する異常値が発生する

締固め条件（含水比，粒度，締固めエネルギー）と
締固め結果（乾燥密度、遮水性能）の**主要な品質管理項目で全量管理を実現**

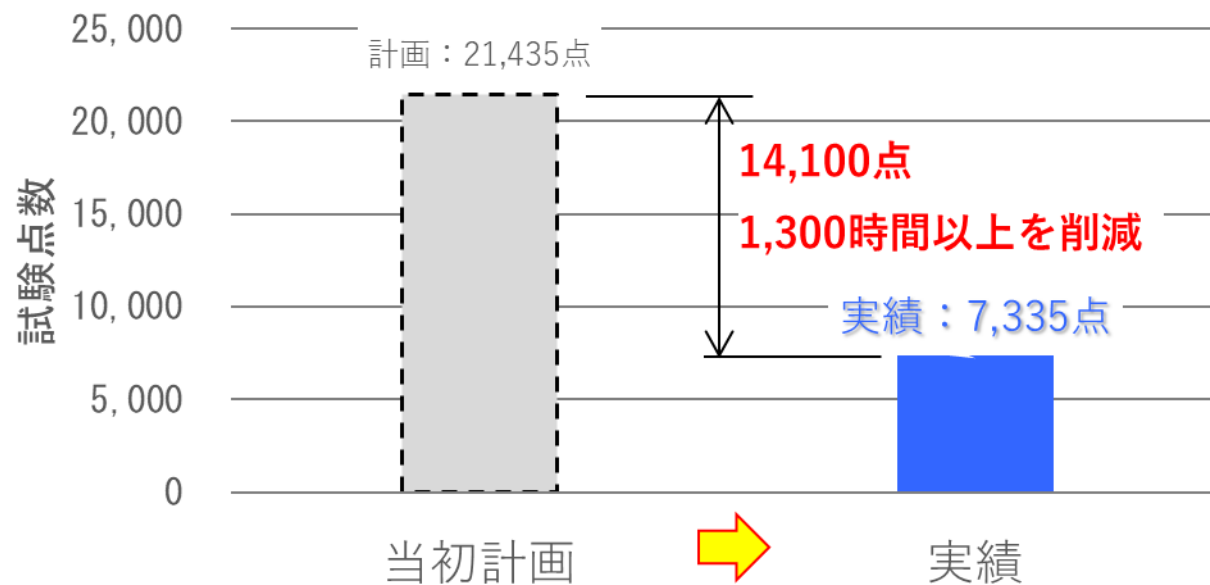
開発技術の導入効果

③品質管理の合理化・迅速化

■品質管理試験に掛かる時間・労務の削減

	試験項目	試験方法	試験頻度		
			当初	変更1	変更2
日常管理	乾燥密度 (締固め状態)	RI法	1回/1層	1回/4層	1回/4層
		GNSS	参考値	1回/1層	1回/1層
	含水比	簡便法	1回/1層	1回/1層	1回/1層
	変形係数	落球探査法	参考値	1回/1層	—
	CCV	ローラ加速度応答法	参考値	参考値	1回/1層

品質管理試験 (RI試験) の削減



RI試験の省略により転圧面での試験時間を1300時間以上を縮減

■監督労務の削減

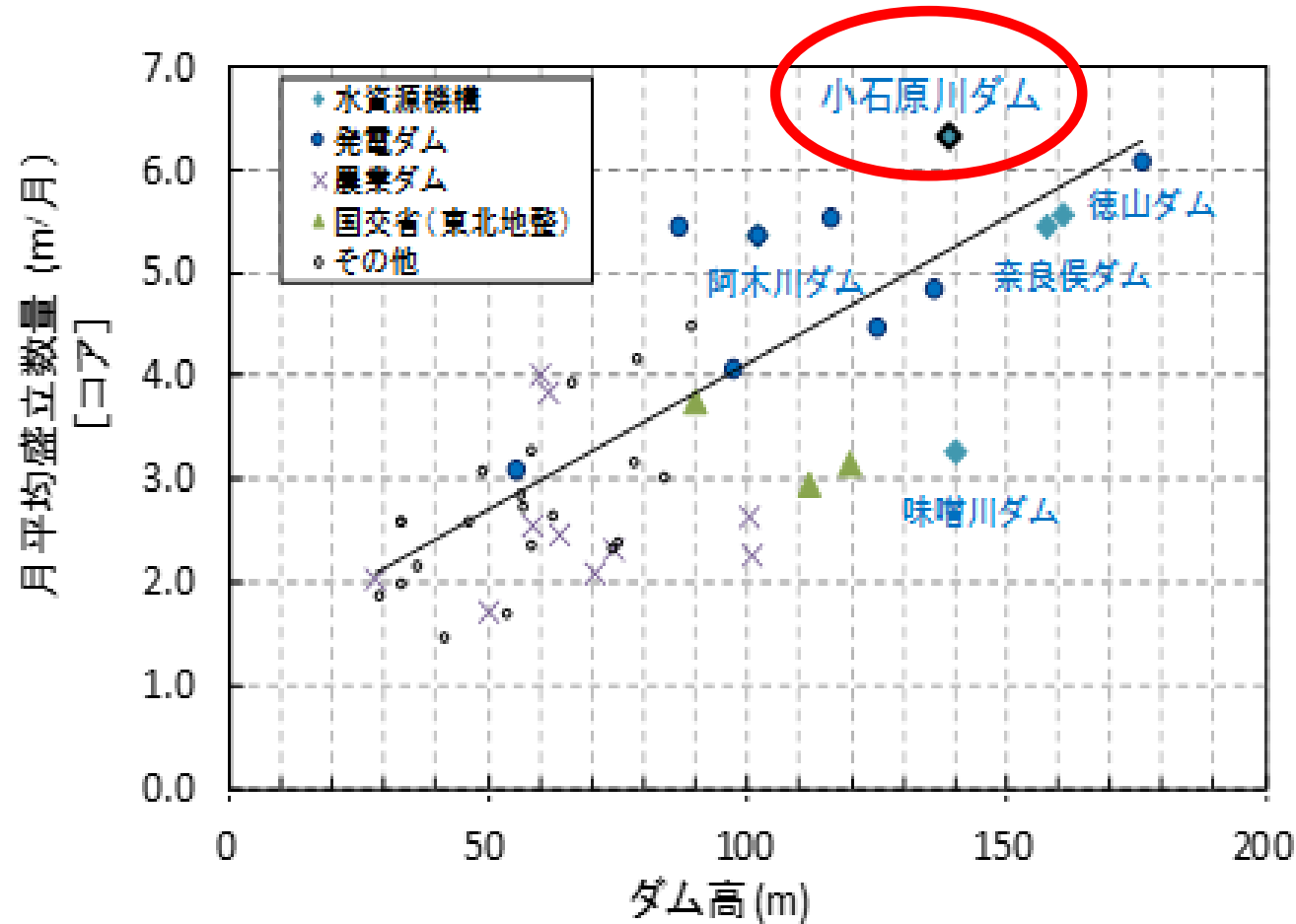
リアルタイムな全量監視が可能になり、
発注者側の臨場施工を廃止し、**監督員数を大幅に削減**※

※ 最盛期に盛立工事に関与した**監督員数 9名→5名**；既往ダムとの比較

試験労務・監督労務等の削減が可能となり、品質管理が合理化・迅速化された

開発技術の導入効果

④施工効率・施工速度の向上



- 国内のハイダムでは最速となるコア盛立施工速度を実現した。
- 試験湛水中の有効応力、沈下量、コア浸透流量についても問題ない。

まとめ

まとめ

以下の3つの技術を組合わせた「**遮水性盛土の総合的な締固め管理法**」を開発した。

- ① 締固め状態（締固め度、飽和度、含水比）の管理目標・管理範囲の改善
- ② 締固め条件（粒度、含水比、締固めエネルギー）のリアルタイム管理
- ③ 剛性指標の上限値に基づく遮水性能の面的かつリアルタイムな管理

この開発技術を小石原川ダムに適用し、**100万m³に及ぶ大規模な遮水性盛土**の締め固めを行い

- ① 盛土品質の向上（密度、遮水性能、剛性、沈下量等）
- ② 品質管理の高度化（主要な品質管理項目の全量管理化、遮水性盛土での面的管理の実現）
- ③ 品質管理の合理化（試験労務・監督労務の大幅な削減）
- ④ 施工効率・施工速度の向上

を実現することで、**品質と生産性の両方を大きく向上することができた。**

また、**本開発はI-constructionの推進にも寄与**したと考えられる。

開発技術は、**他の遮水性盛土や一般土工にも拡張可能な技術**で、今後も広く利用されることが期待される。

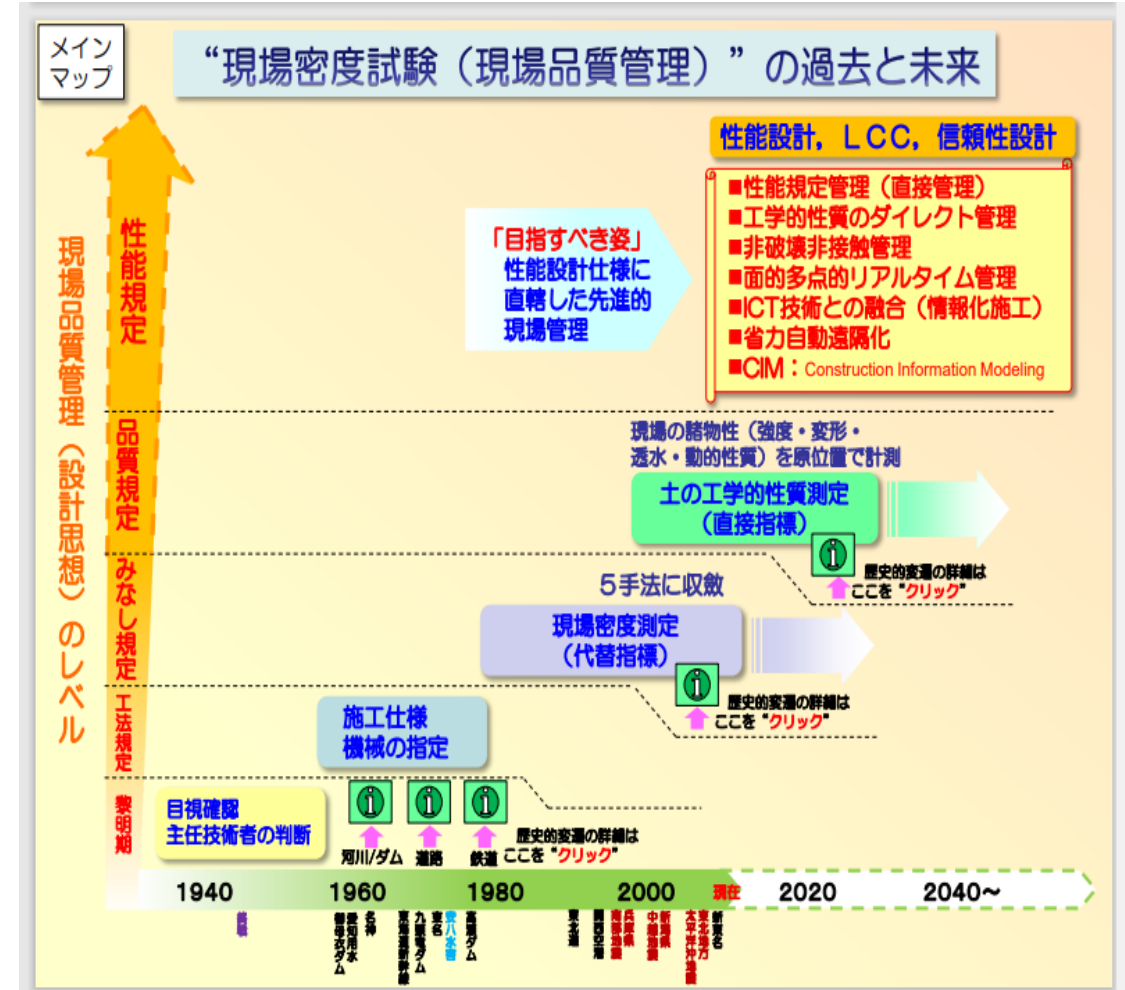
今後の展望

本技術は、「**締固め管理**」において **I-construction** に適合した上で、**品質と生産性の両方を大きく向上することができる可能性のある技術**。

今般の発表は、特に **粒度・含水比を規定** して遮水性を担保するダムの遮水性材料を対象にしたもの。

今後、センシング技術の発展による材料管理の高度化や、締固め後検査技術の高度化により、使用する **材料の粒度・含水比の変化に対応した新たな管理手法** が開発出来る可能性がある。

そのような先進的な取り組みや試みが各所でなされ、世界の現場で使われる日本発の技術となればと考えている。



地盤工学会 アカデミックロードマップ（現場密度試験）

受賞等

本件において、「ものづくり日本大賞」はじめ多くの賞を頂きました。
ご指導いただいたみなさま、実現に向けご助力いただいた多くの方々に感謝いたします。



日本語

ご意見・ご感想

検索

メニュー

総理の一日 官房長官記者会見 主要政策 閣僚等名簿

#新しい資本主義

#成長戦略

#科学技術・イノベーション

ものづくり日本大賞内閣総理大臣 賞表彰式及び展示会

更新日：令和5年1月17日 | 総理の一日

ツイート

シェアする

LINEで送る



受賞者との記念撮影3

令和2年度地盤工学会賞（技術開発賞）

地盤剛性に基づく遮水性盛土の面的な締固め管理手法の開発

坂本博紀（(独)水資源機構）
龍岡文夫（東京大学・東京理科大学）
福島雅人（電源開発(株)，前（独）水資源機構）

小林弘明（鹿島建設(株)）
曾田英揮（国土技術研究センター，前（独）水資源機構）

水がたもえる豊かな社会 株式会社 水資源機構

KAJIMA CORPORATION

JICE 国土技術研究センター
Japan Institute of Geology and Engineering

ださい。

最優秀賞：遮水性盛土の総合的な品質管理法

副題：最新の技術知見とICTを融合した新たな品質管理

受賞技術の応募者および開発者



写真：斉藤鉄夫国土交通大臣と受賞者

応募者名	(独)水資源機構/鹿島建設(株)	
技術開発者	(独)水資源機構	坂本博紀
	(独)水資源機構 鹿島建設(株)	曾田英揮 小林弘明
共同開発者	東京大学名誉教授 東京理科大学名誉教授 龍岡文夫	
受賞技術概要		



ご清聴ありがとうございました