

中部地方整備局

名古屋港湾空港技術調査事務所

第11回民間技術交流会

FTマッドキラー工法

(株)フジタ 建設本部 マッドキラーPJ室 望月美登志

発表内容

1. はじめに
泥土改良材「FTマッドキラー」開発の背景
2. 基本性能と改質効果について
3. 泥土改良材の配合設計について
4. 改良材の改良効果と改良土の
土構造物への適用性
5. 環境改善効果と適用実績
6. 今後の展開
7. まとめ

1.はじめに（PS灰を基材とした泥土改良材）

FTマッドキラーの特徴

FTマッドキラーによる泥土改良の特徴

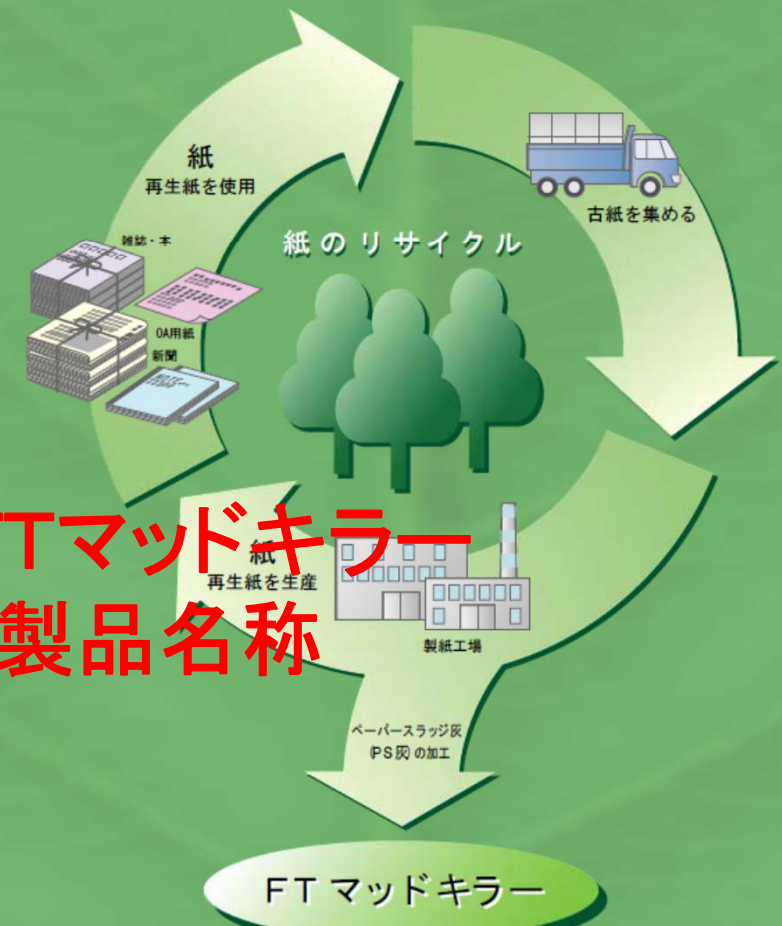
- 吸水効果を主体とする物理的な改良です。
- 養生時間なしに、瞬時に改良します。
- 粘性土、砂質土、腐植土等すべての土質に対応可能です。
- 改良土は、中性域^{※1}で植生は良好、動植物にやさしい改良です。
- 改良土はくり返し利用できます。
- 第4種以上の強度は、少ない追添加により得られます。^{※2} ^{※3}

改善機能

環境浄化機能（消臭）
栄養塩、有害物不溶化
分別（廃棄物、木質混合土）
災害復旧対策
水質汚濁防止
泥土造粒化活用

FTマッドキラーは、
ペーパースラッジ灰を基材とした
新しい土質改良材です。

私たちの生活の中で、紙のリサイクルは常識となっています。紙の再生を繰り返すと、その繊維は短く短くなり、再生紙として利用できなくなります。このような繊維の集まりなどをペーパースラッジ（PS）と呼んでいます。PSは、減量化などのために一般に焼却処理され灰（PS灰）となり、一部はセメントの材料などに有効利用されますが、残りは埋立処分されています。昨今の環境への関心の高さや埋立処分場の確保の問題から、PS灰の有効利用が求められています。FTマッドキラーはこのPS灰を基材とした新しい土質改良材です。



FTマッドキラー
：製品名称

特定重要港湾、重要港湾及び開発保全航路の浚渫土発生量と

自然再生のための利用量(単位:万m³)

1990-2004年		処分量			
年	全体発生量	自然再生	(干潟・覆砂)	(養浜)	処分割合
1990	2238.0	241.7	19.7	222.0	0.11
1991	2670.4	253.9	11.9	242.0	0.10
1992	2280.2	248.7	24.7	224.0	0.11
1993	2460.2	220.1	149.1	71.0	0.09
1994	2049.2	286.4	224.2	62.2	0.14
1995	2760.5	91.9	69.9	22.0	0.03
1996	2595.4	240.8	123	117.8	0.09
1997	2346.8	248.2	180.1	68.1	0.11
1998	3976.9	299.4	227	72.4	0.08
1999	3280.4	415.8	382.5	33.3	0.13
2000	4191.7	174.6	169.8	4.8	0.04
2001	2925.3	159.6	145.3	14.3	0.05
2002	2665.7	325.6	289.5	36.1	0.12
2003	1974.9	440.7	377.6	63.1	0.22
2004	1994.5	350.9	311.7	39.2	0.18
合計	40410.1	3998.3	2706.0	1292.3	0.10
平均	2694.0				

開発の背景



異なる産業間での協力関係

豊かな街づくり



産業間をまたがる ゼロエミッション



NETIS登録、グリーン調達品

- NETIS優良技術 CB-010011-V
FTマッドキラー工法
震災対応技術としても登録
- ・グリーン購入法特定調達品目候補群掲載

静岡県リサイクル認定登録

- FTマッドキラー NO22-09
- FTマッドキラーHP-2 NO23-04
- 静岡県新技術登録(1346)

2. 基本性能と改質効果について

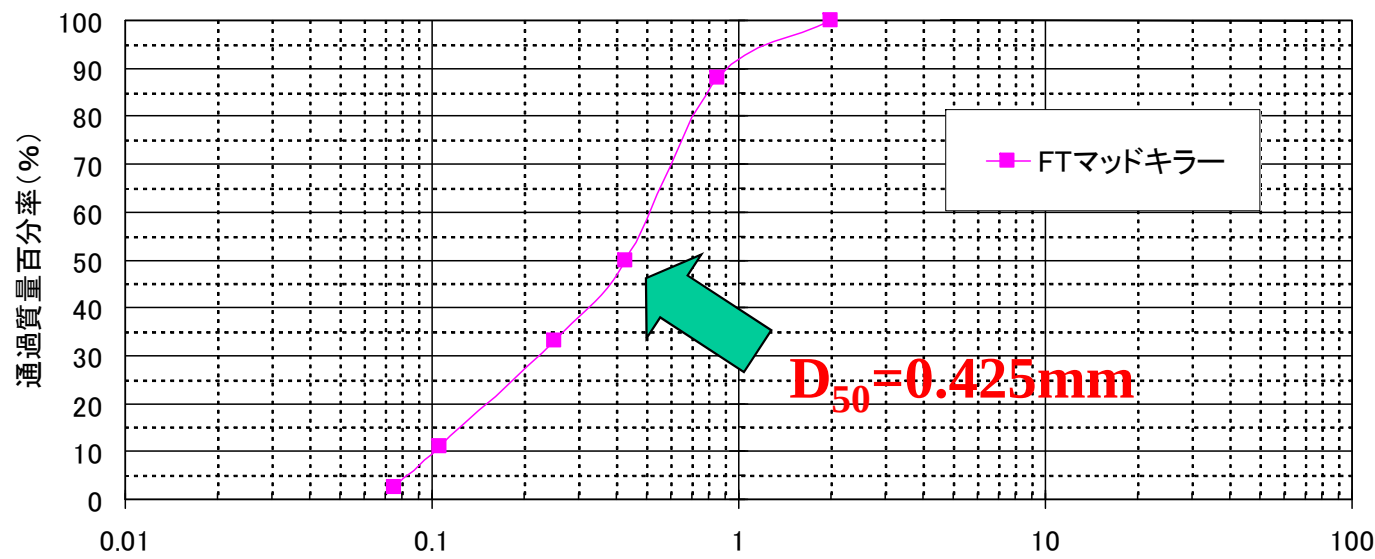
①PS灰改良材の基本性能(従来)

真比重 (g/cm ³)	かさ比重 (g/cm ³)	吸水率 (%)	吸水性能 (%)
2.4	0.60	39	115

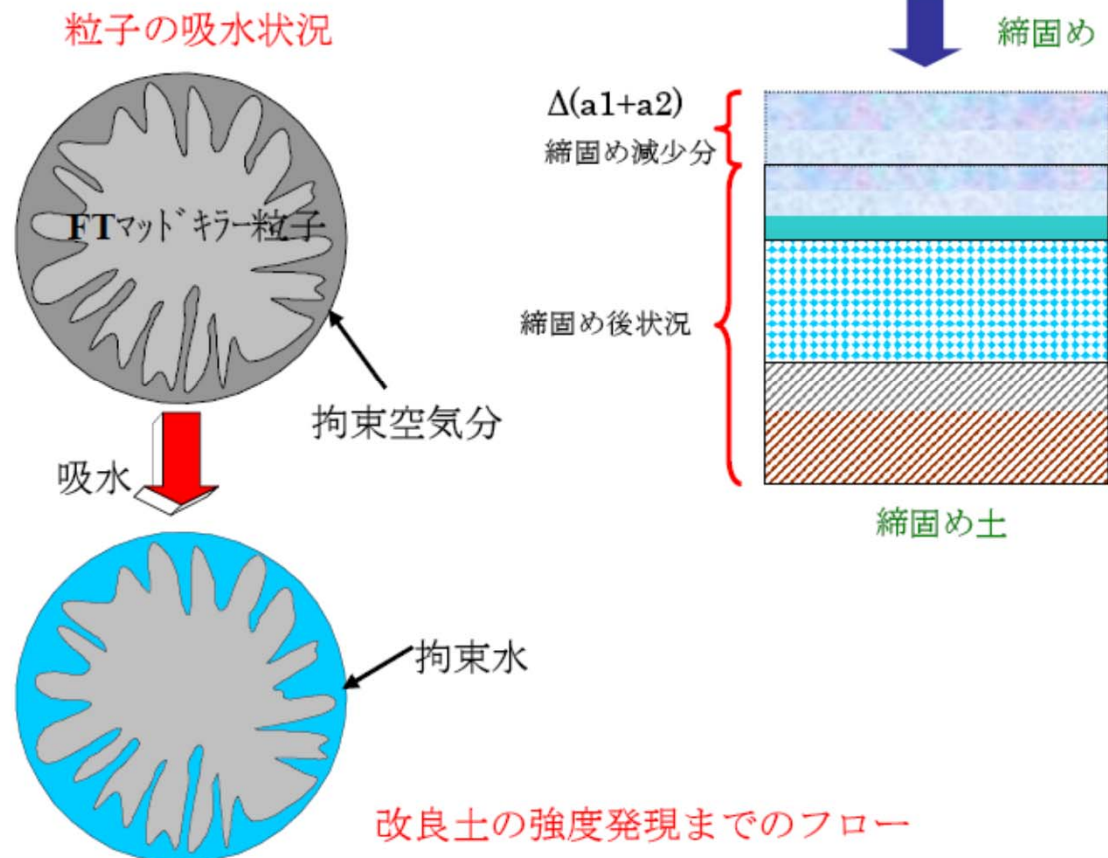
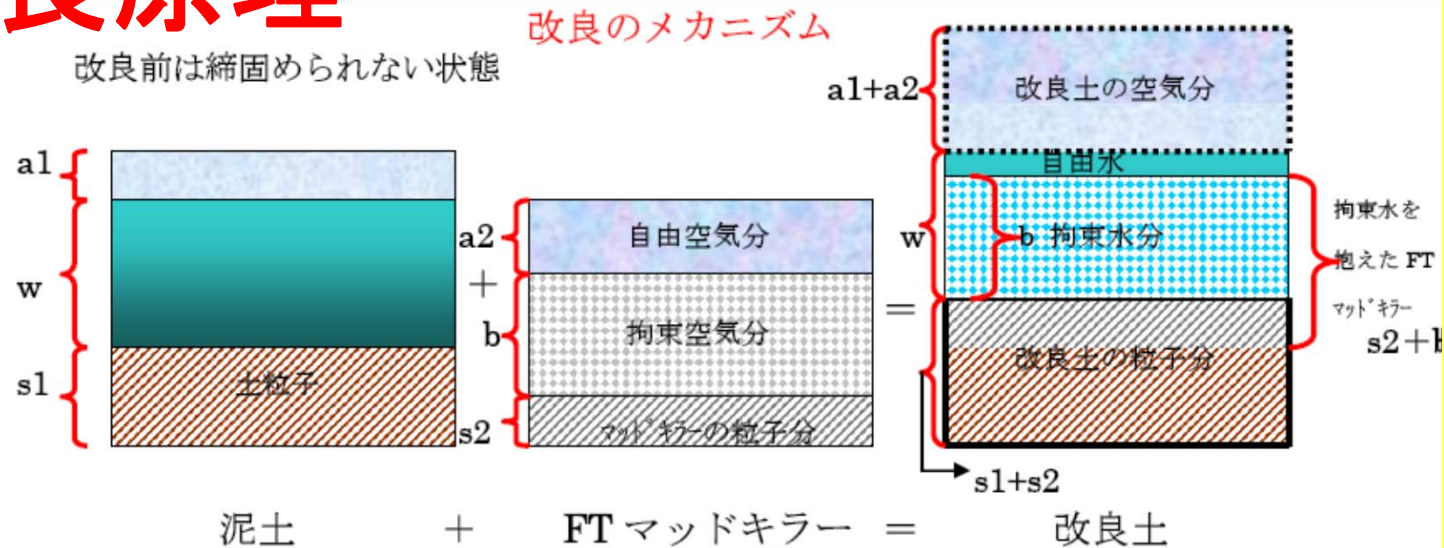
注)吸水率は、吸水試験JIS A 1109に準拠しています。

吸水性能は、FTマッドキラー自身が許容し得る限界含水比を表します。

FTマッドキラー

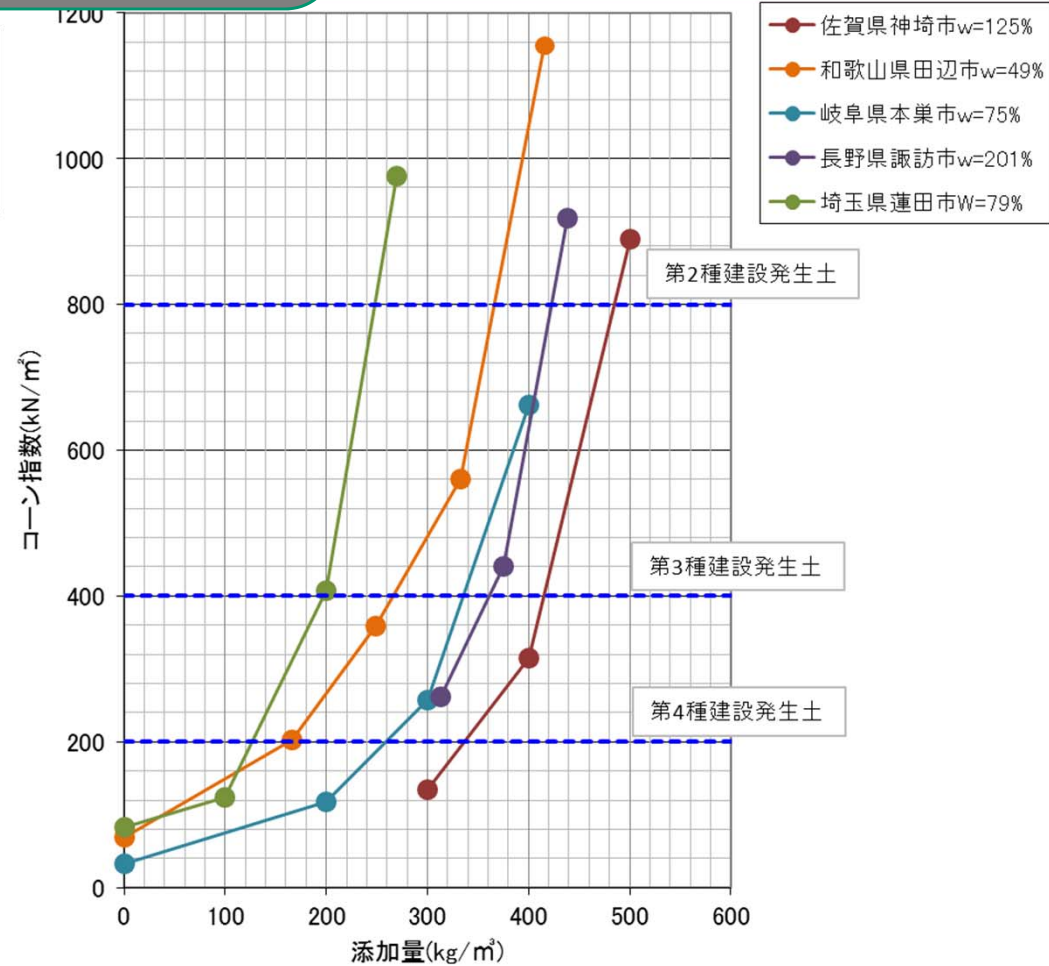
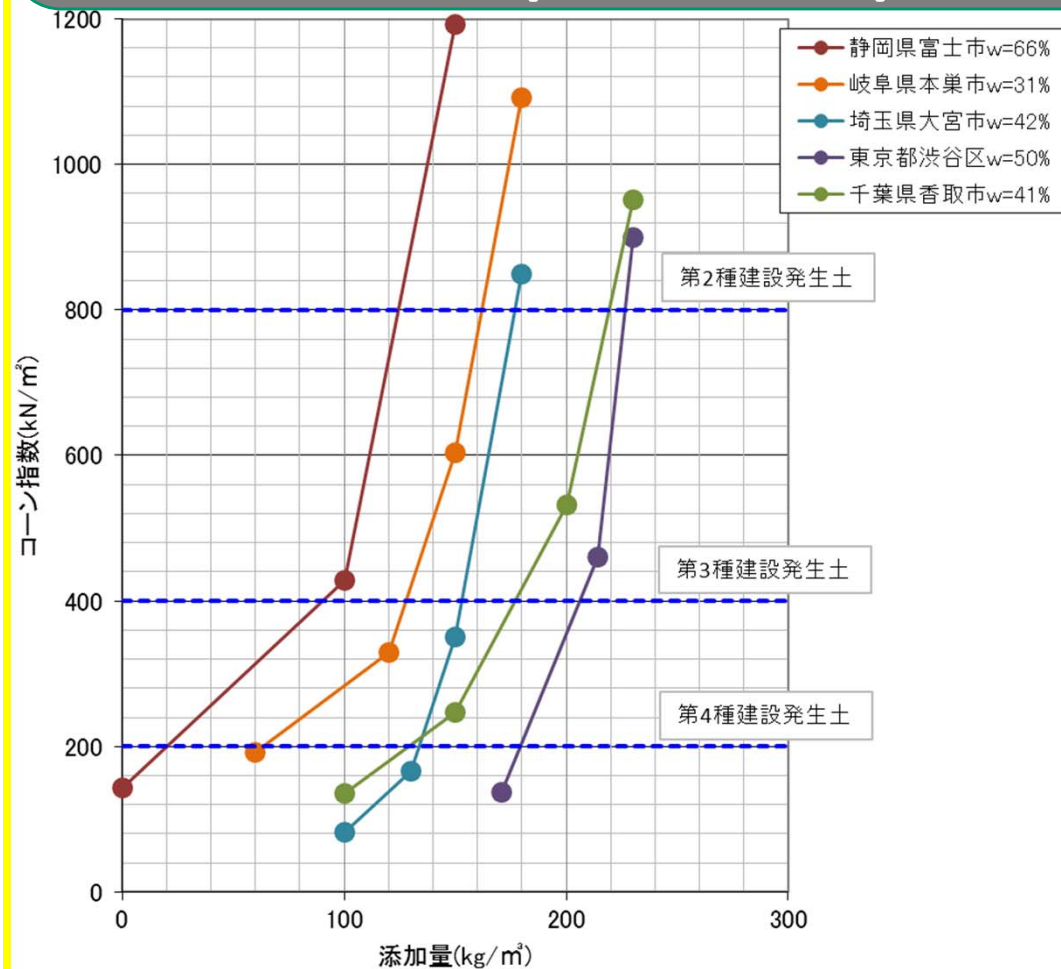


② 改良原理



③ 改良効果

FTマッドキラーによる改良効果例 (瞬時改良)



砂質土

粘性土

* 泥土改質には、養生効果も有する。

4日養生で必要配合量3割減

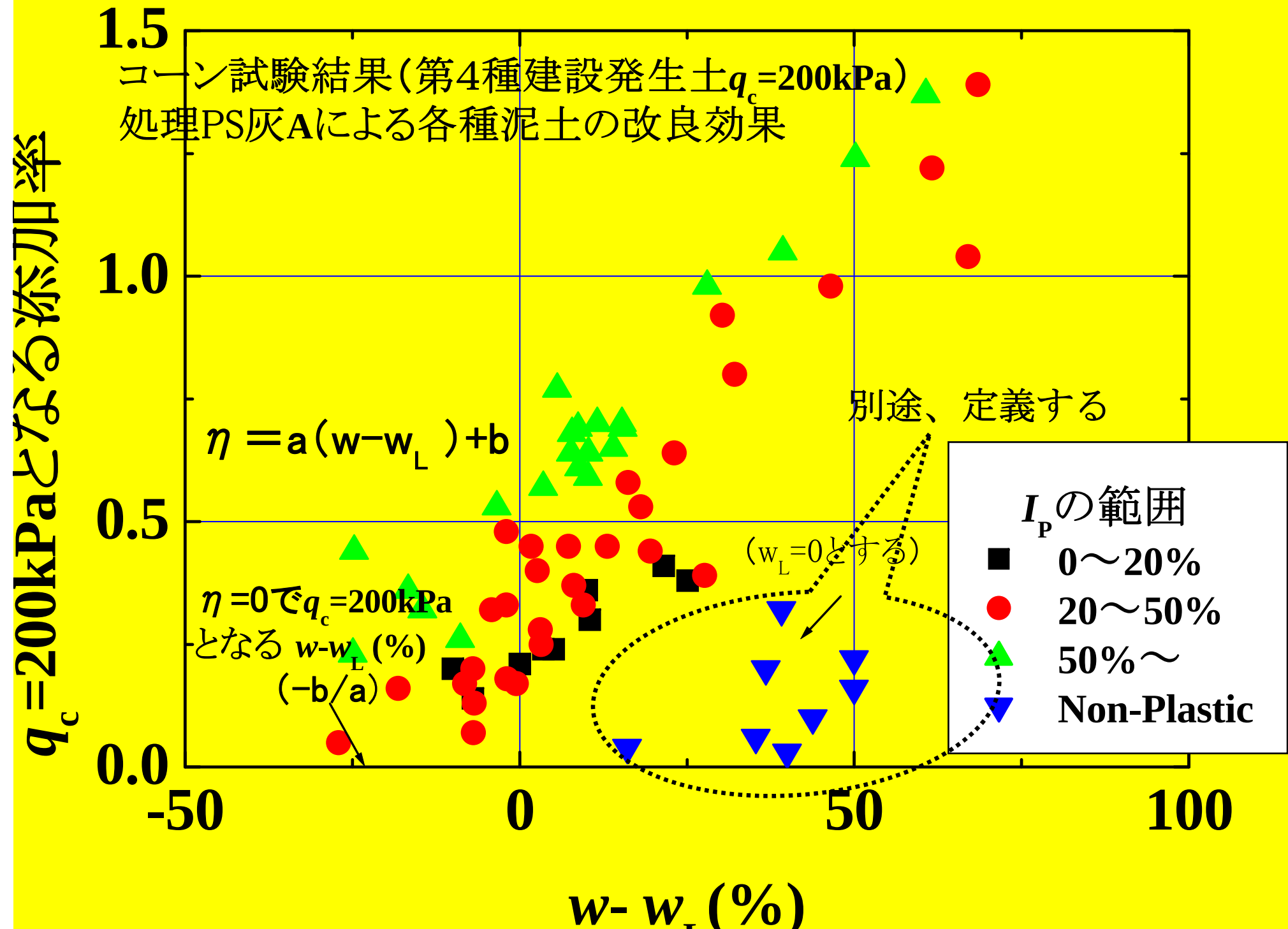
土質改良材の比較

項 目	FTマッドキラー	石灰系	セメント系	高分子系	石膏系
改良原理	吸水作用による物理的改良。	消化吸水反応、硬化反応により固化する化学的改良。	水和反応、ポゾラン反応等により固化する化学的改良。	水分吸着、固定化、土表面の被覆による物理的改良。	水和反応により固化する化学的改良。
改良効果	瞬時改良が可能で、FTマッドキラーが行き渡らない部分も吸水作用により改良効果が期待できる。	養生期間が必要で、材料が行き渡らない部分も吸水作用による改良効果が期待できる。	養生期間が必要で、材料が行き渡らない部分は固まらないため、改良効果のムラが懸念される。	瞬時改良が可能だが、添加量が少ないため十分な混練が必要。	瞬時改良が可能で、土中の水分を取り込み固化する。
適用可能な土質	粘性土、砂質土をはじめ、腐植土にも適用可能である。	主に粘性土に適しており、有機質土の場合は適応可能な材料を選択する。	主に砂質土に適しており、粘性土、有機質土の場合は適応可能な材料を選択する。	粘性土、シルト質土の泥土に適している。土の含水比が高い場合には、注意が必要である。	粘性土、砂質土ともに適用可能であるが、有機質土の場合は注意が必要。
適用可能な含水比	高含水比の土であっても適切に添加することにより、改良効果が期待できる。	高含水比の土であっても適切な材料と添加量を設定することで、改良効果が期待できる。ただし、高い発熱温度には注意を要する。	高含水比の土であっても適切な材料と添加量を設定することで十分硬化し、改良効果が期待できる。	砂質土の場合は含水比50%前後、粘性土の場合は120%前後までしか改良効果が期待できない。	高含水比の土に対しては添加量を増やすか、他の固化材との併用を検討する。
環境影響	標準的な使用範囲では中性からアルカリ域で改良ができ、動植物に対する影響が少ない。	改良土のpHは強アルカリで、改良時は発熱に注意を要する。	改良土のpHは強アルカリで、六価クロムの溶出に注意を要する。	中性域で毒性がなく長期間放置しても問題がない。	中性域で危険ではないが原料石膏の選定と改良土の硫化物の影響について注意が必要。
施工性	瞬時に改良できるため、養生期間が必要ない。	養生期間が必要である。500kg以上の貯蔵・取扱いは消防署等へ届出が必要である。	養生期間が必要である。	養生期間はないが、処理土として強度増が必要な場合は、別途、固化材等を追加する。	固化後の練り返しにより強度低下を起こすため施工時に注意が必要。
再利用	物理的な改良であるため、再利用しても強度に変化はない。	固結した改良土をほぐすと強度低下が懸念され、十分な締固めが必要となる。	固結した土をほぐすと極端に強度が低下するので注意が必要である。	物理的な改良であるため、再利用しても強度に変化はない。	固結した土をほぐすと極端に強度が低下するので、注意が必要である。

製品の品質管理内容

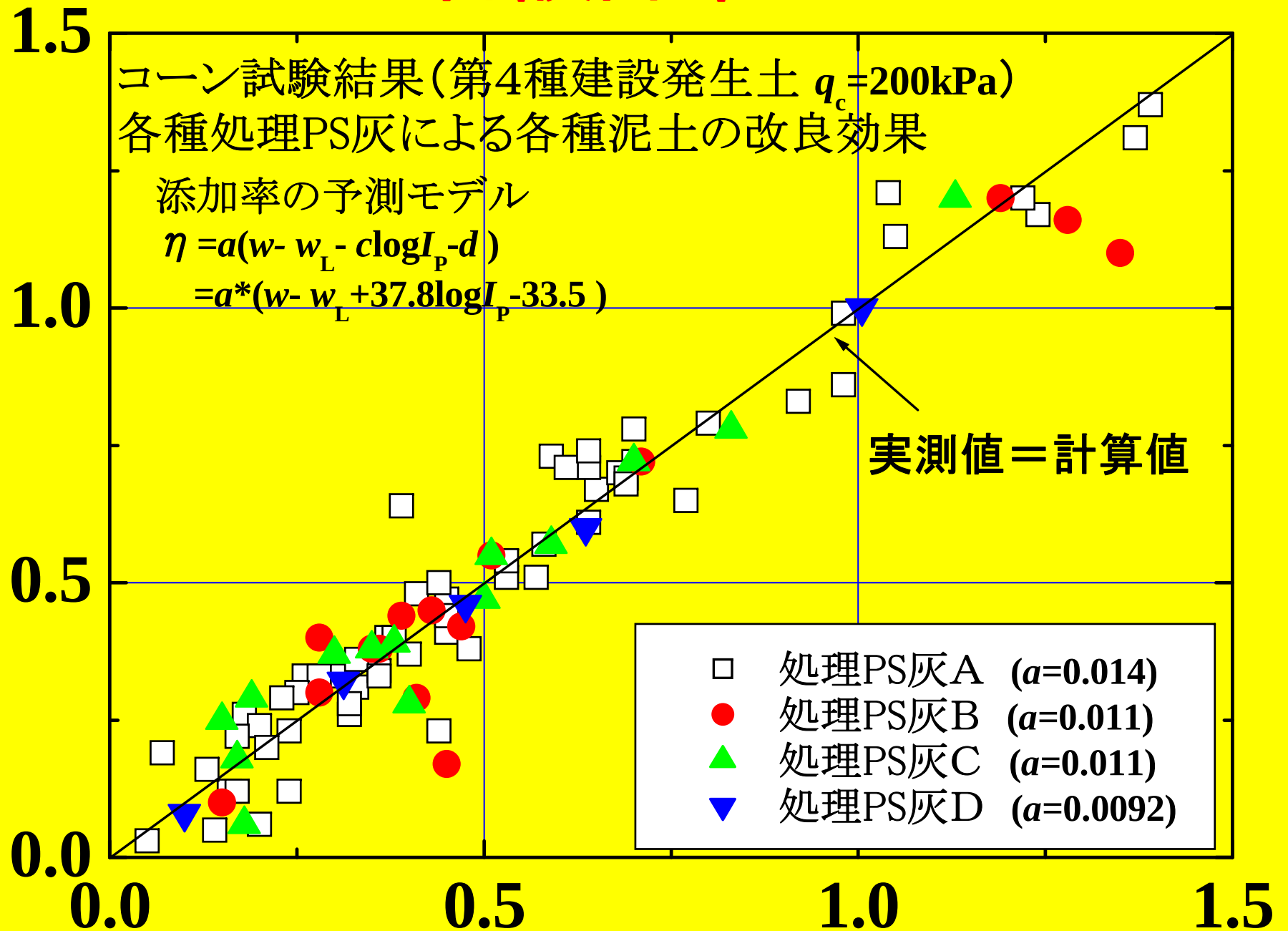
検査項目		分析方法	分析機関	頻度
P S 灰	成分分析	蛍光X線	自社	週2回
	フッ素溶出量(簡易法)	イオン電極	指定機関	週2回
	砒素溶出量	メルコアント	指定機関	週2回
	pH	ガラス電極	指定機関	週2回
	ダイオキシン類	公定分析	指定機関	年1回
製 品	フッ素溶出量	イオン電極	指定機関	毎日
	砒素溶出量	メルコアント	指定機関	毎日
	pH	ガラス電極	指定機関	毎日
	土壌溶出量(26項目)	公定分析	指定機関	月1回
	UCR基準(含有11項目)	公定分析	指定機関	月1回
	ダイオキシン類	公定分析	指定機関	年1回
	改良効果	コーン試験	建設会社	月1回

3. 配合設計について



配合設計案

予測モデルから推定した添加率

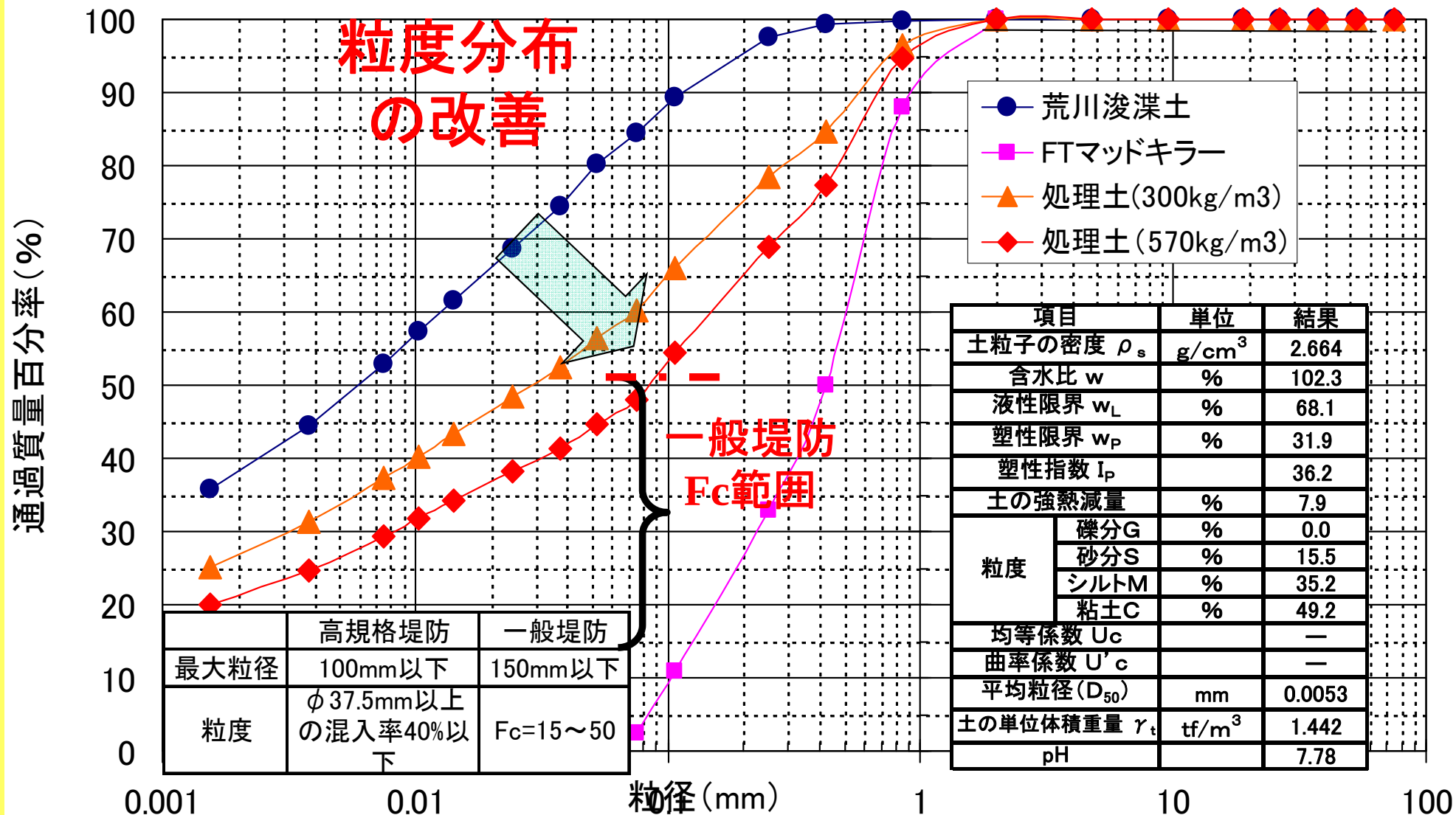


コーン試験結果から得られた添加率

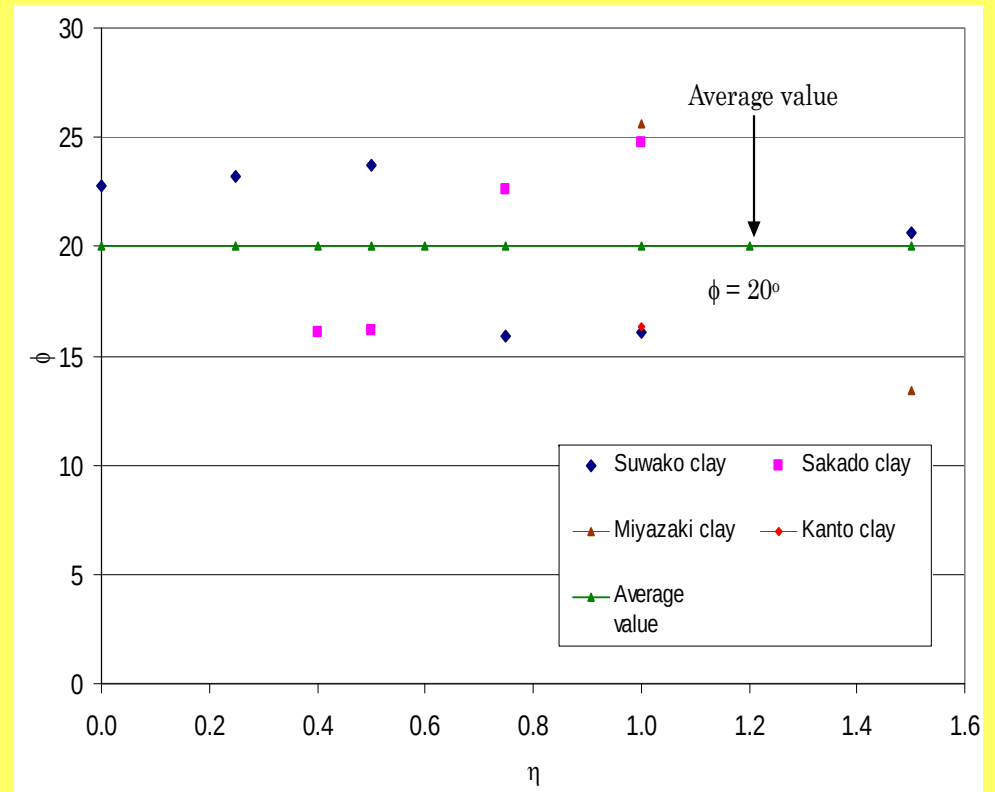
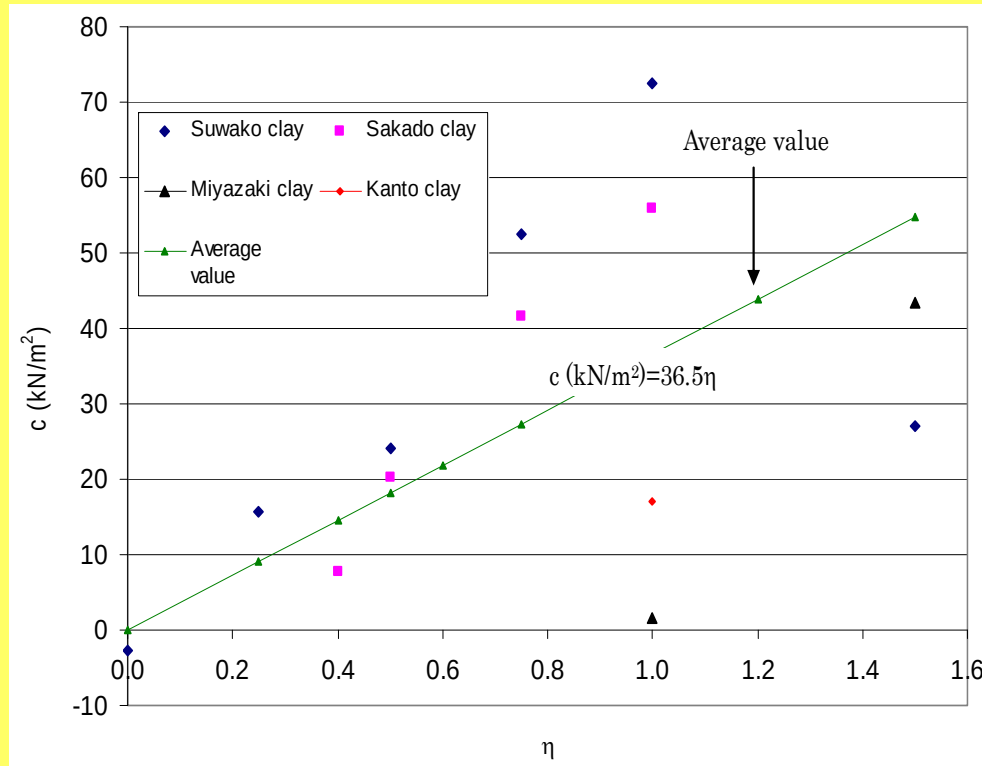
4. 改良材の改良効果と改良土の土構造物への適用性

- i) 余剰水の吸水(基本性能)
- ii) 粒度調整効果
- iii) 改良材の改良効果の把握(定式化)
- iv) 安定計算(シュミレーション)
- v) 試験施工(NETIS試行)による施工性、耐久性確認

ii) 堤防規格と粒度調整効果



iii) 改良による強度パラメータへの効果



改良効果の定式化

iv) 安定計算結果

Soil layer	Depth (m)	γ_{total} (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)	ϕ (degree)	c_u (kN/m ²)
T _s	0.0 ~ 6.5	16.82	16.98	25	17.3
T _c	-1.0 ~ 0.0	—	14.90	0	7.7
Y _{us}	-8.0 ~ -1.0	—	18.50	31	0
Ylc-1	-15.0 ~ -8.0	—	17.40	0	27.53
Ylc-2	-20.0 ~ -15.0	—	16.70	0	43.65

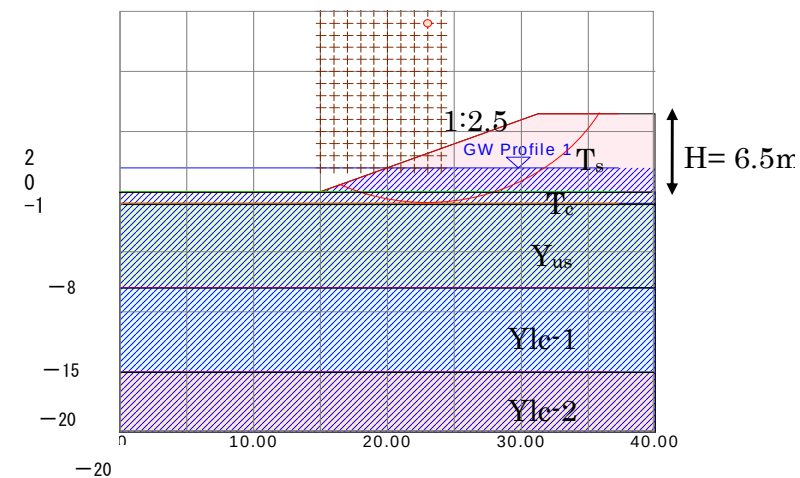
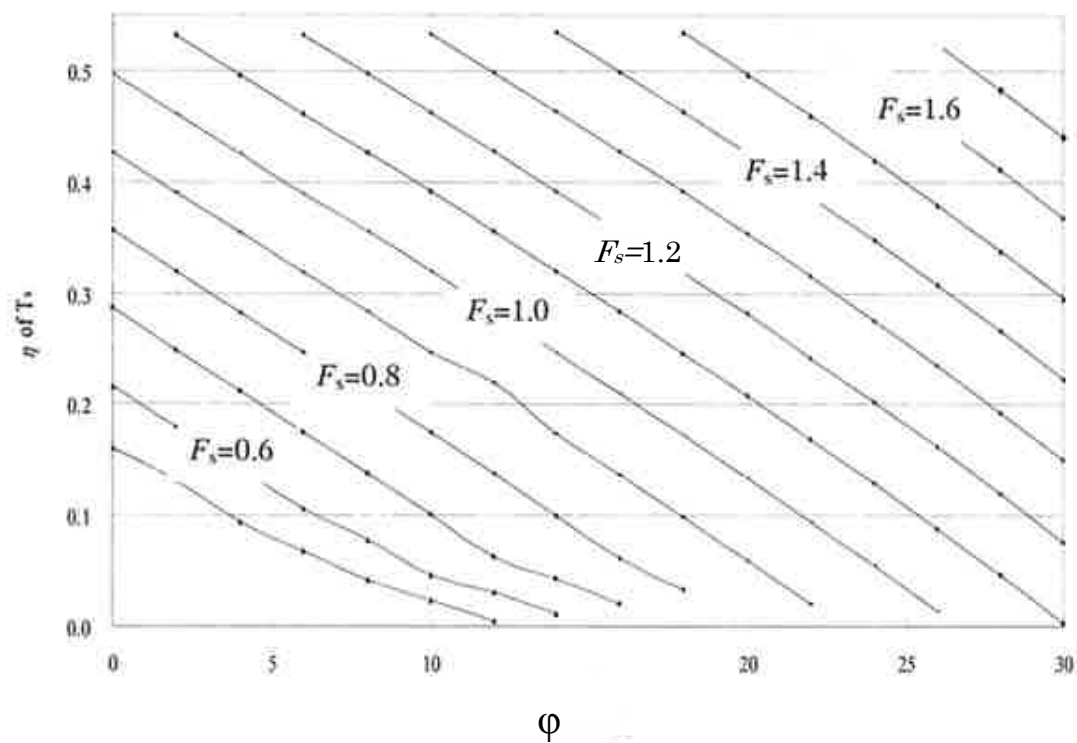


図3.3.3-1 河川堤防の概要



v) NETIS試行による施工性、耐久性確認

「現状と課題」

①建設発生土不足 ②土砂仮置きヤード不足 ③河床材料の再利用不適



浚渫土砂の仮置きヤードを極力少なくし、建設発生土の有効利用を検討



本工事で試行的に改良工事を実施



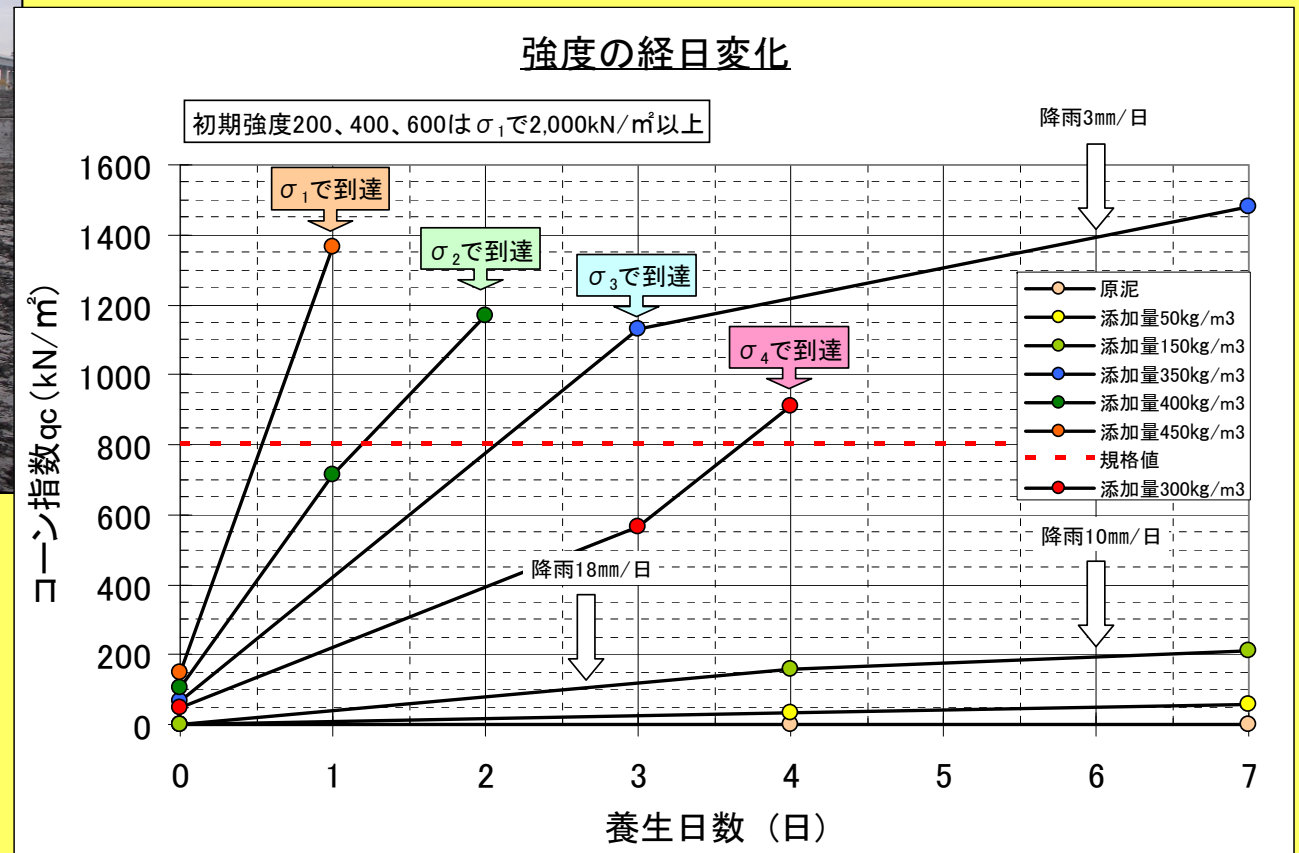
継続モニタリング(施工後3年間)

①施工性(改良)



②施工状況(盛土構築)

- 貧配合の気中養生



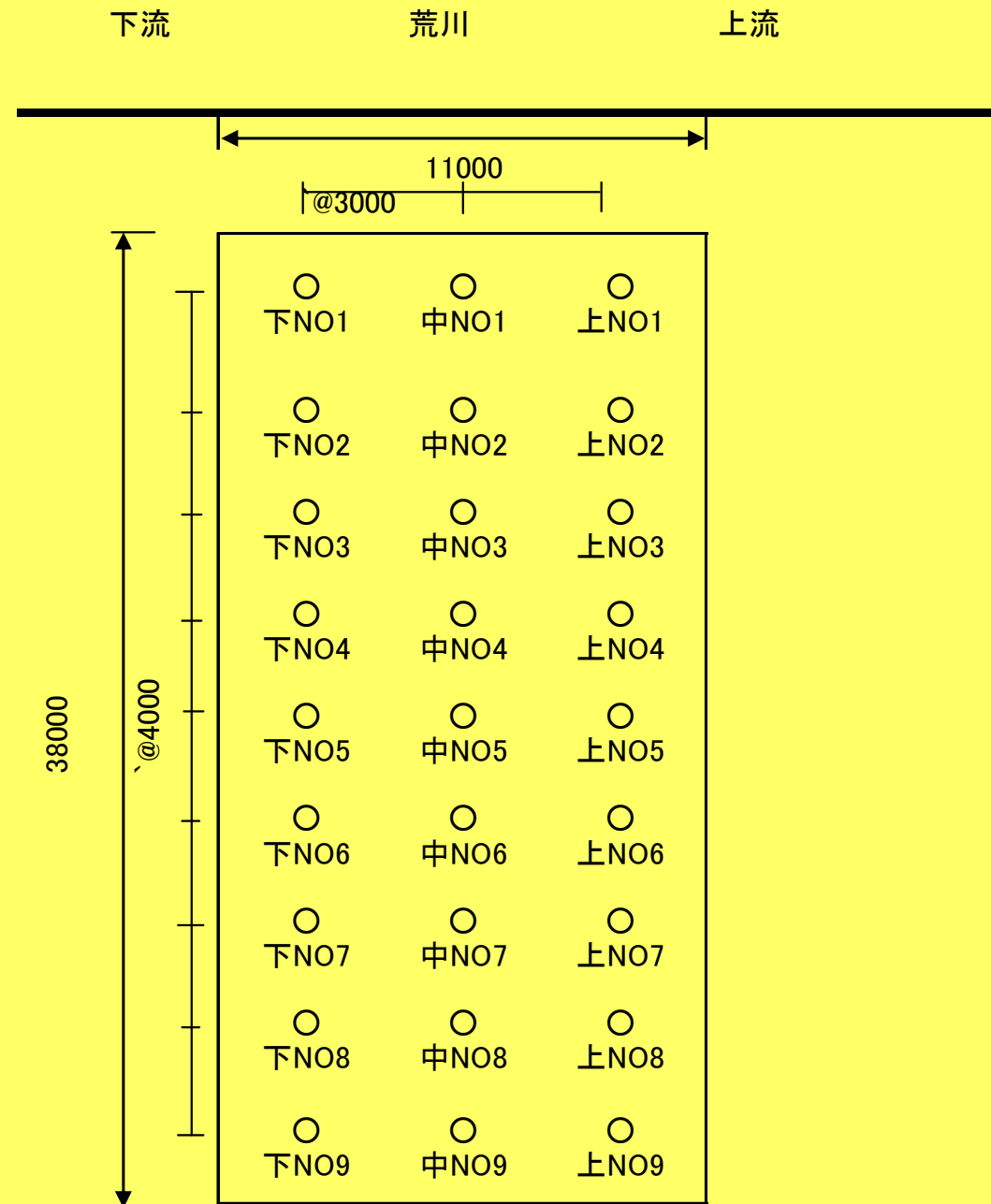
③モニタリング盛土耐久性確認

荒川下流盛土長期強度確認



○コーン実施ポイント

H=2m



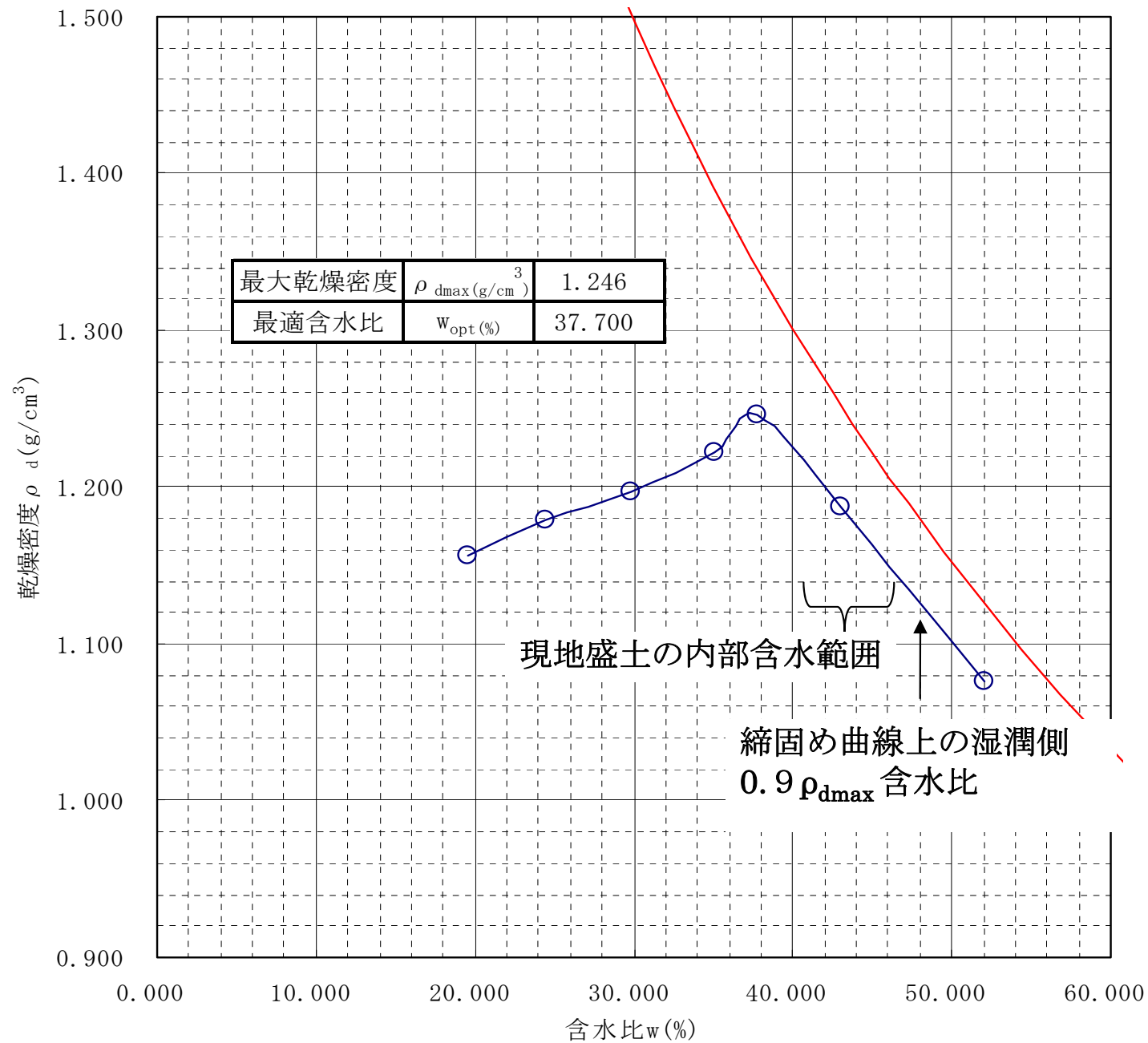
モニタリング盛土長期耐久性結果

番号	コーン指数 (KN/m ²)		
	下流側	中	上流側
NO1	測定不能	測定不能	測定不能
NO2	測定不能	測定不能	測定不能
NO3	測定不能	測定不能	測定不能
NO4	測定不能	測定不能	1988
NO5	1668	測定不能	2321
NO6	測定不能	測定不能	測定不能
NO7	測定不能	1710	1765
NO8	測定不能	測定不能	測定不能
NO9	測定不能	測定不能	測定不能

	NO5			
	深度 (m)			
測定項目	-0.5	-1.0	-1.25	-1.5
コーン指数 (KN/m ²)	測定不能	測定不能	測定不能	—
ρ_t (t/m ³)	1.625	1.651	—	1.647
w (%)	42.8	44.8	—	45.6
ρ_d (t/m ³)	1.138	1.138	—	1.134

処理土締固め特性と現地試料状況

乾燥密度—含水比曲線



5. 環境改善効果と適用例

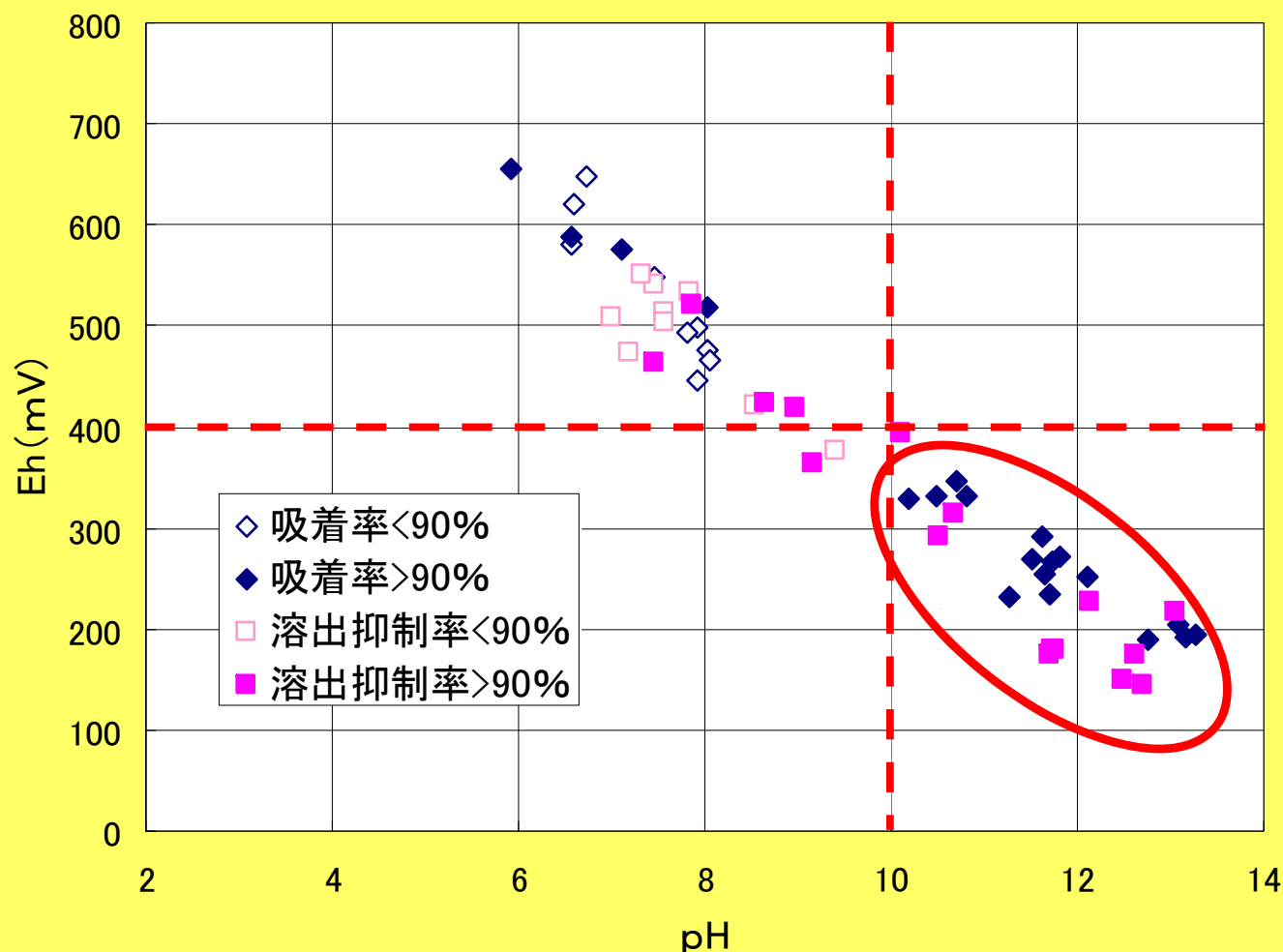
- 1) 有害物対策(不溶化)
- 2) 消臭効果
- 3) 生態親和機能

1) 有害物対策

有害物吸着機能

検体	模擬汚染水 (添加前)	模擬汚染水 PS灰改良材 添加後	模擬汚染水 活性炭添加後	模擬汚染水 土壌添加後	定量下限値	
項目						
pH	4.8	9.9	9.9	7.1	－	－
EC	17500	17500	17700	17300	－	$\mu\text{ s/cm}$
鉛	0.069	<0.001	<0.001	<0.001	0.001	mg/L
カドミウム	0.071	<0.001	<0.001	0.013	0.001	mg/L
ヒ素	0.092	0.10	0.13	0.072	0.001	mg/L
水銀	0.0047	<0.0005	<0.0005	0.0016	0.0005	mg/L
ナトリウム	3900	3700	3800	3800	1	mg/L
塩素	6200	6000	6200	6000	1	mg/L
リン	6.0	1.7	9.4	3.1	0.01	mg/L

ひ素吸着特性の考察 (Eh~pH)



- 吸着試験および不溶化試験において、90%以上の吸着・溶出抑制性能をもつ材料に共通する溶出液の条件

① $\text{pH} \geq 10$ かつ $\text{Eh} \leq 400\text{mV}$

② $\text{Ca溶出量} \geq 50\text{mg/L}$ 以上

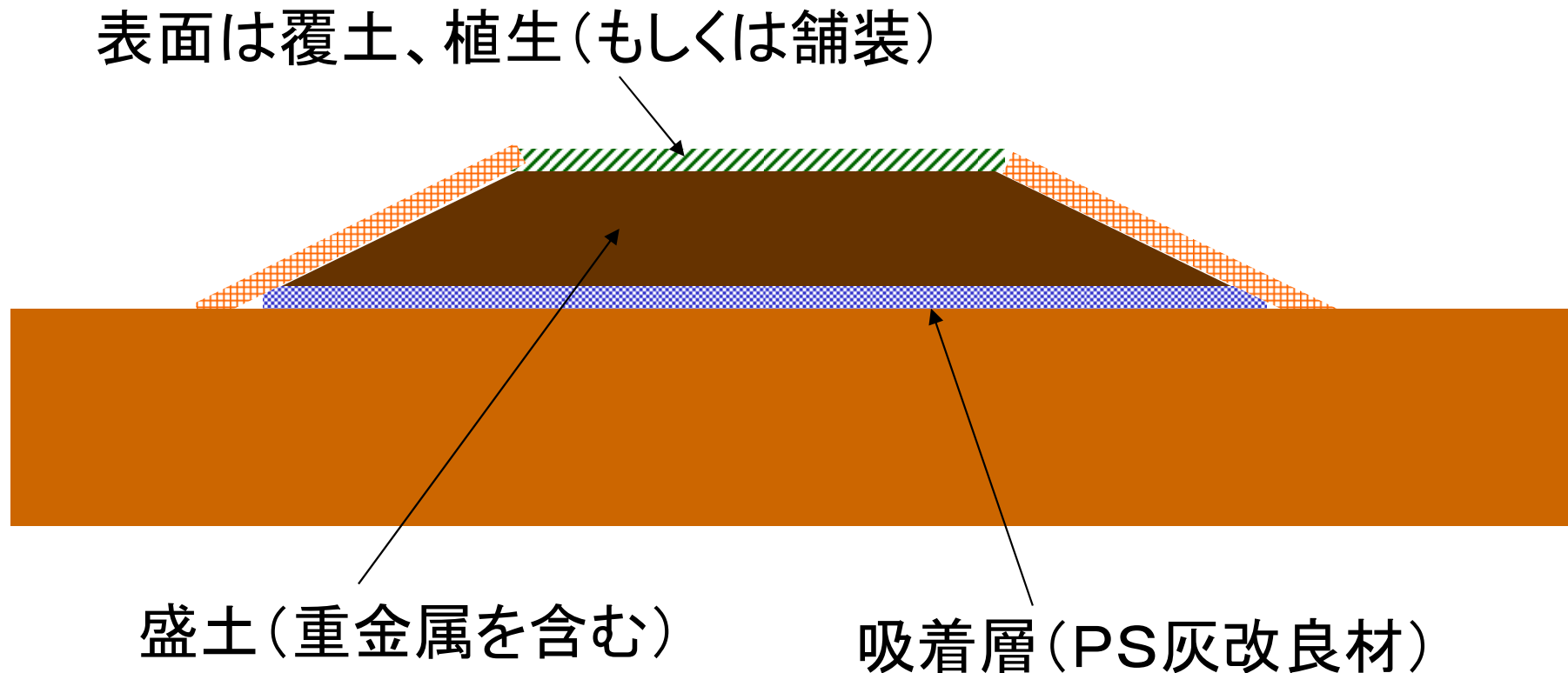
有害物不溶化効果

(単位: mg/L)

		六価クロム			ヒ素	フッ素		ホウ素	鉛	カドミウム
添加量	初期濃度	1.35	0.42	0.095	0.044	5.4	1.10	5.1	0.437	0.237
	50kg/m ³	0.203	0.11		0.020	4.8		1.0	<0.001	<0.001
	75kg/m ³			<0.05			0.66			
	100kg/m ³	0.081	0.011		0.010	4.8	0.72	0.88	<0.001	<0.001
	150kg/m ³	0.057			0.006	2.9	0.60	0.73	0.001	<0.001
	200kg/m ³		<0.005				0.47			
基準値		≤0.05			≤0.01	≤0.8		≤1.0	≤0.01	≤0.01
備考		人工汚染土	汚染物	汚染土	人工汚染土	人工汚染土	浚渫土	人工汚染土	人工汚染土	人工汚染土

※人工汚染土：今回実験用に用いた汚染土、※汚染物：焼却灰、※汚染土：六価クロム汚染泥土、※浚渫土：自然由来の浚渫土データ

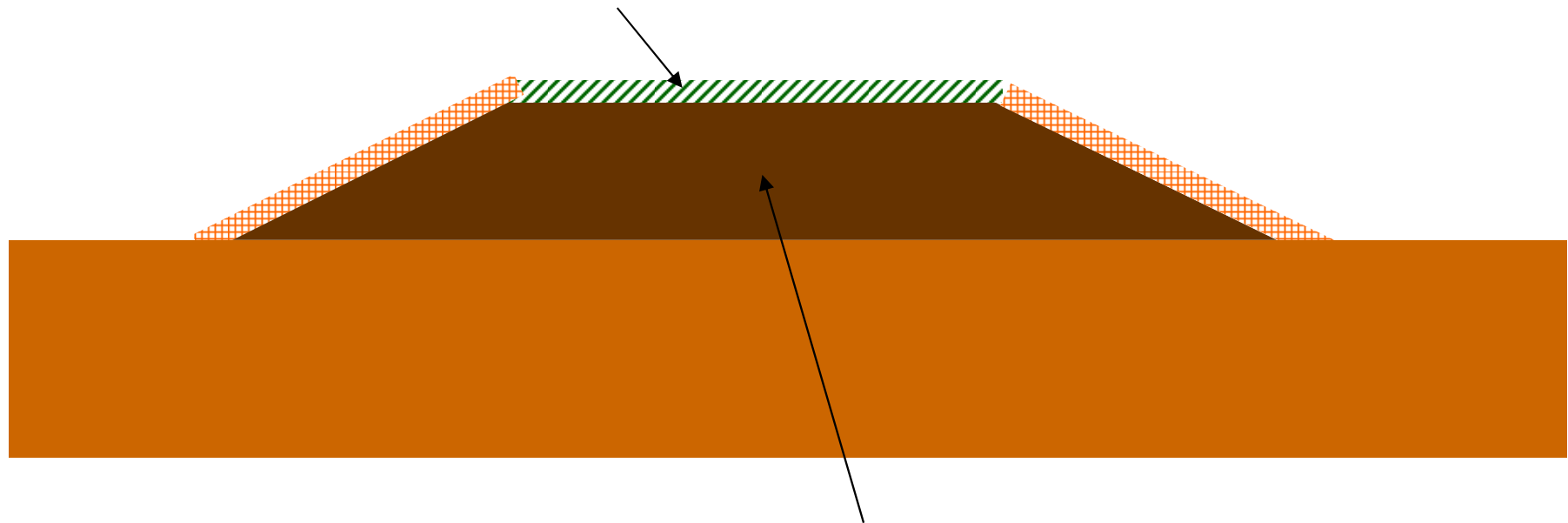
対策工のイメージ(吸着層工法)



- 重金属類を含む掘削土による盛土の基礎にPS灰改良材による吸着層を敷設することにより、重金属が地下に浸透することを防止する。

対策工のイメージ(不溶化工法)

表面は覆土、植生(もしくは舗装)



掘削土をPS灰改良材で不溶化处理して盛土

- 掘削土からの重金属の溶出を低減させる**PS灰改良材**を添加する。

処分場表層改良への検討



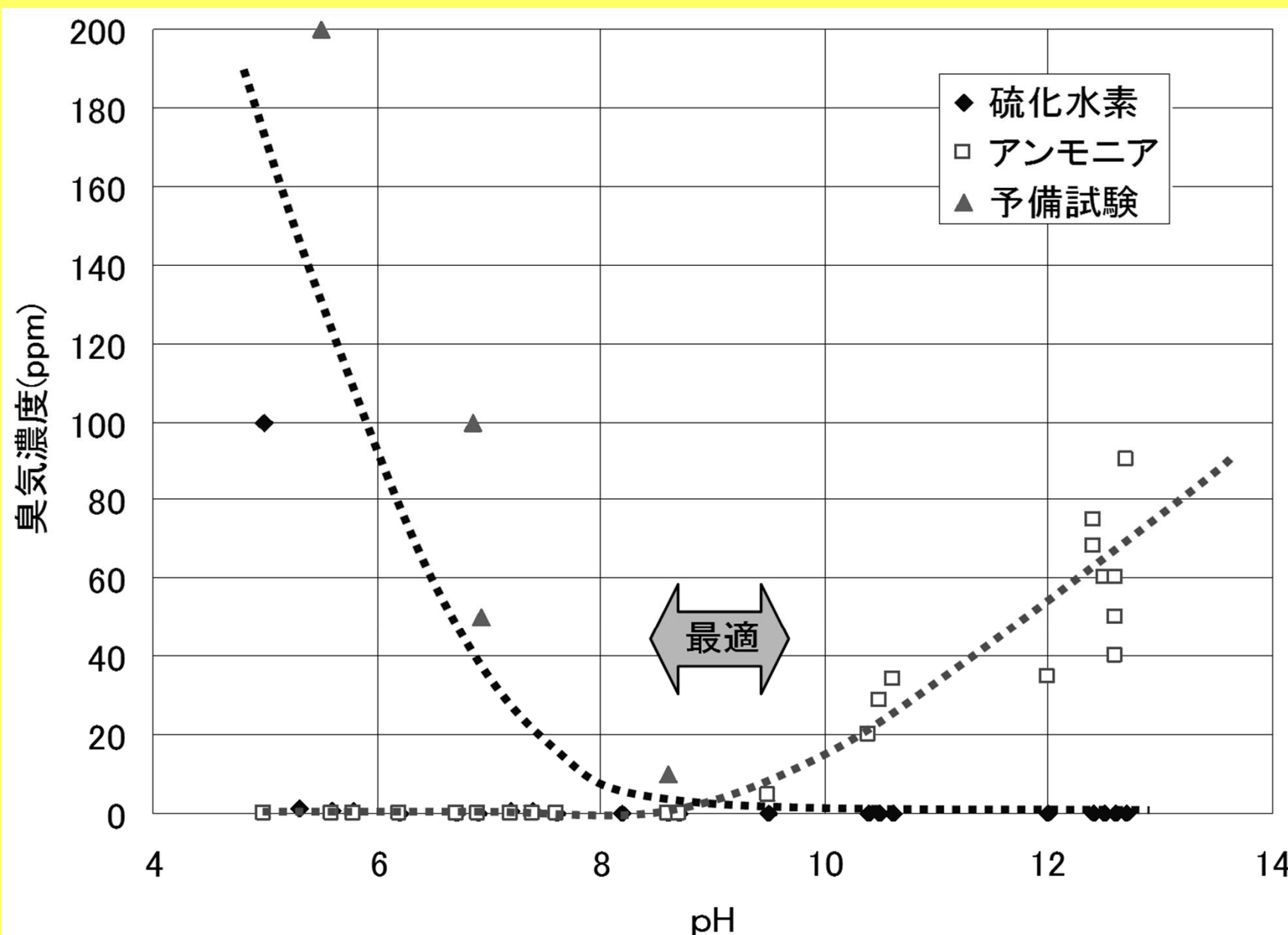
2) 消臭機能

三点比較式におい袋法による消臭効果

試料名	項目	原泥	改良土
泥土A	臭質	腐敗臭	腐敗臭
	臭気濃度	730	41
	臭気指数	29	16
泥土B	臭質	腐敗臭	腐敗臭
	臭気濃度	550	31
	臭気指数	27	15

試料名	項目	原泥	改良土
漁港A底泥	臭質	下水臭	際立ったにおいなし
	臭気濃度	98	12
	臭気指数	20	11
漁港B底泥	臭質	腐敗臭	アミン臭
	臭気濃度	55000	41
	臭気指数	47	16
漁港C底泥	臭質	アミン臭	際立ったにおいなし
	臭気濃度	17	<15
	臭気指数	12	<12

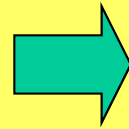
pHと硫化水素、アンモニア濃度の関係



泥土の臭気対策としての活用改善



原泥の臭気測定*



表層へ少量添加

排水機場での泥土改良 工事状況と処理土の堤防活用



写真-11

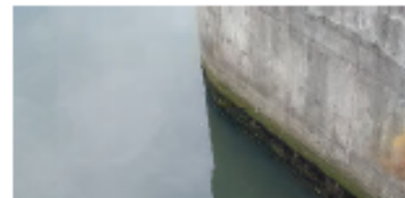


写真-12



写真-13

写真-11～13 波瀬前の排水機場の状況



漁港における航路浚渫泥土の改良

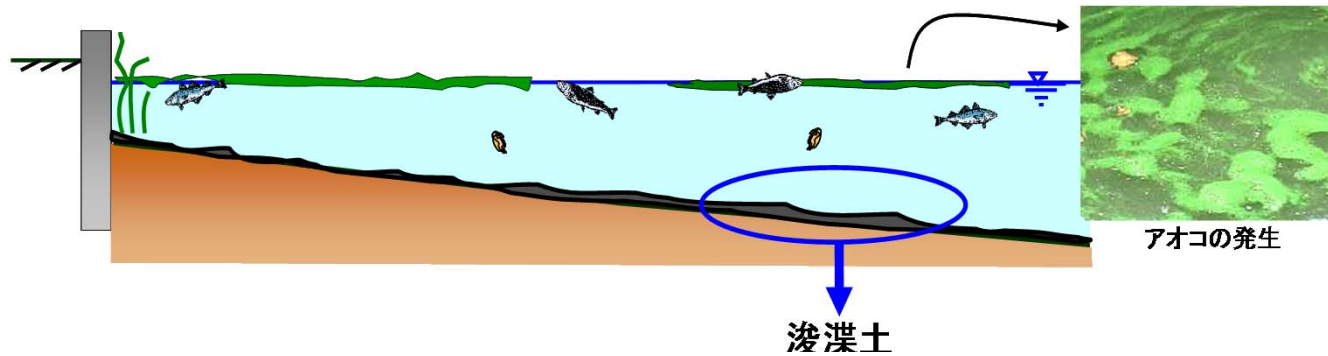


含油泥土の改質



3) 生態親和機能

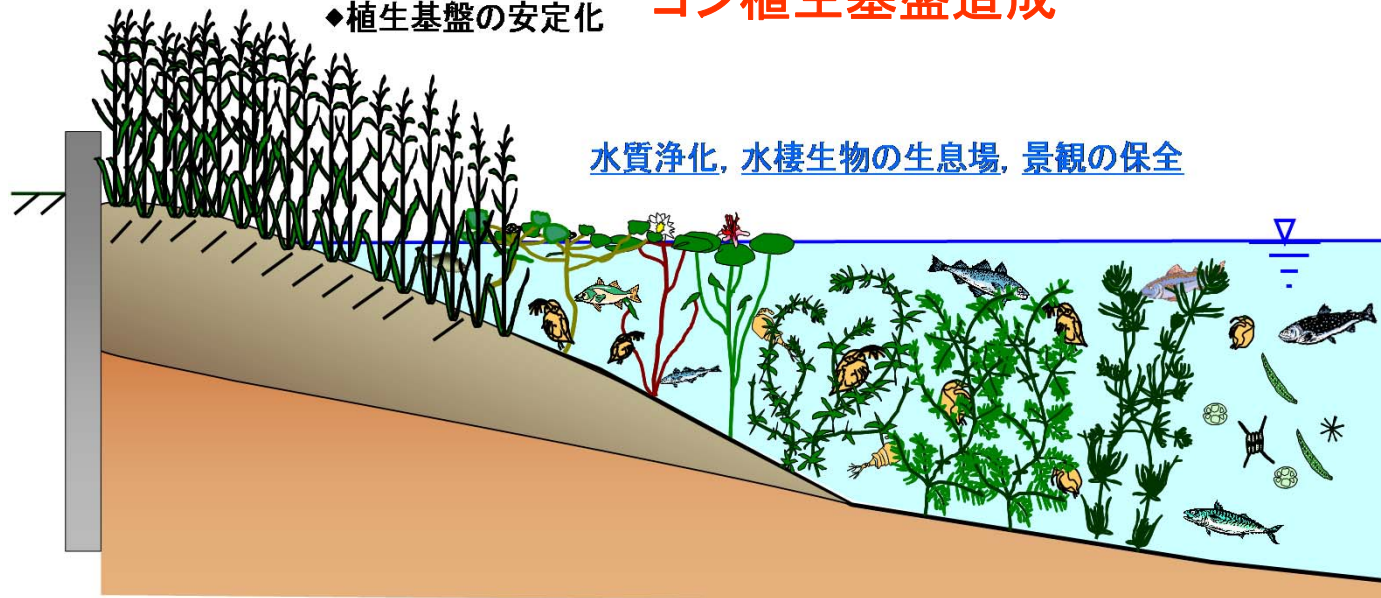
i) 湖沼底泥のヨシ植生基盤への有効利用



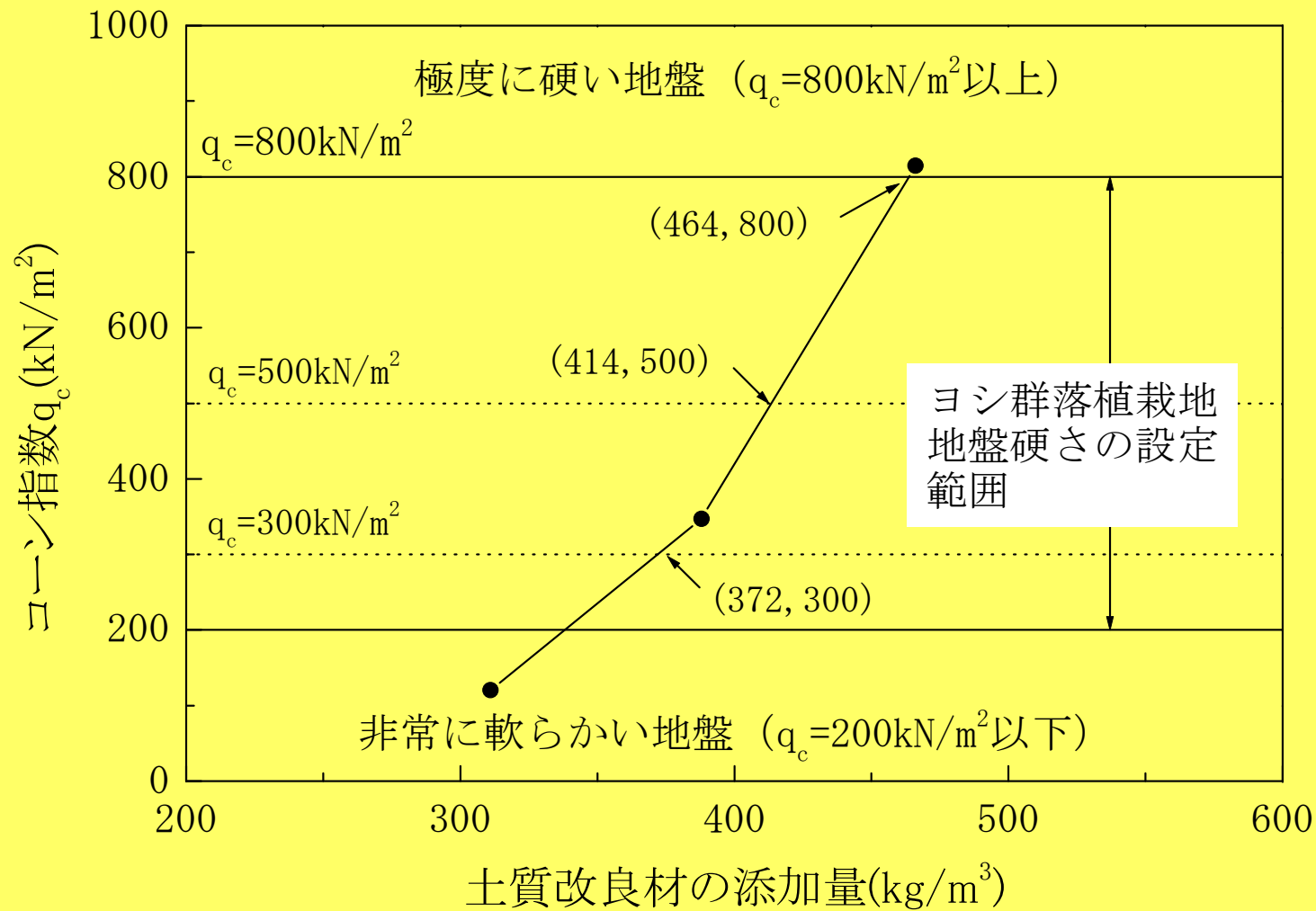
ヨシ原の再生 ←

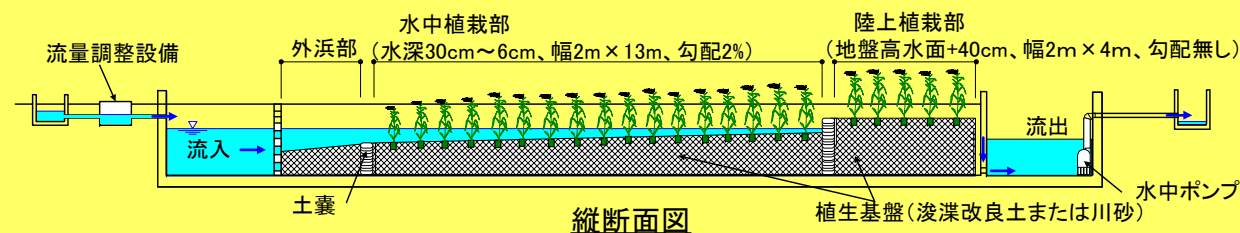
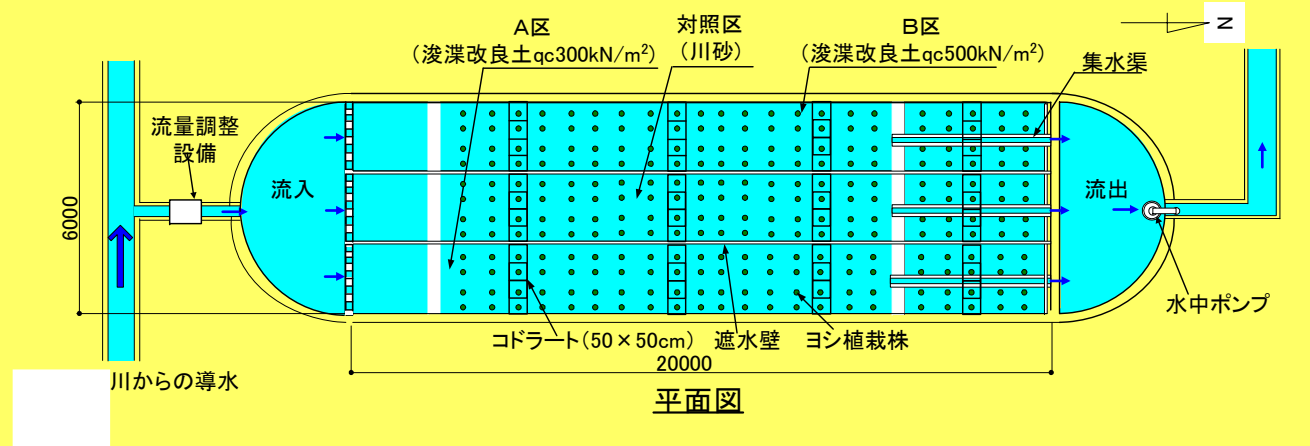
- ◆ 栄養塩類の溶出抑制
- ◆ ヨシの生育促進
- ◆ 植生基盤の安定化

浚渫泥土の再生利用
PS灰改良材による泥土改良
ヨシ植生基盤造成



ヨシ基盤への提案



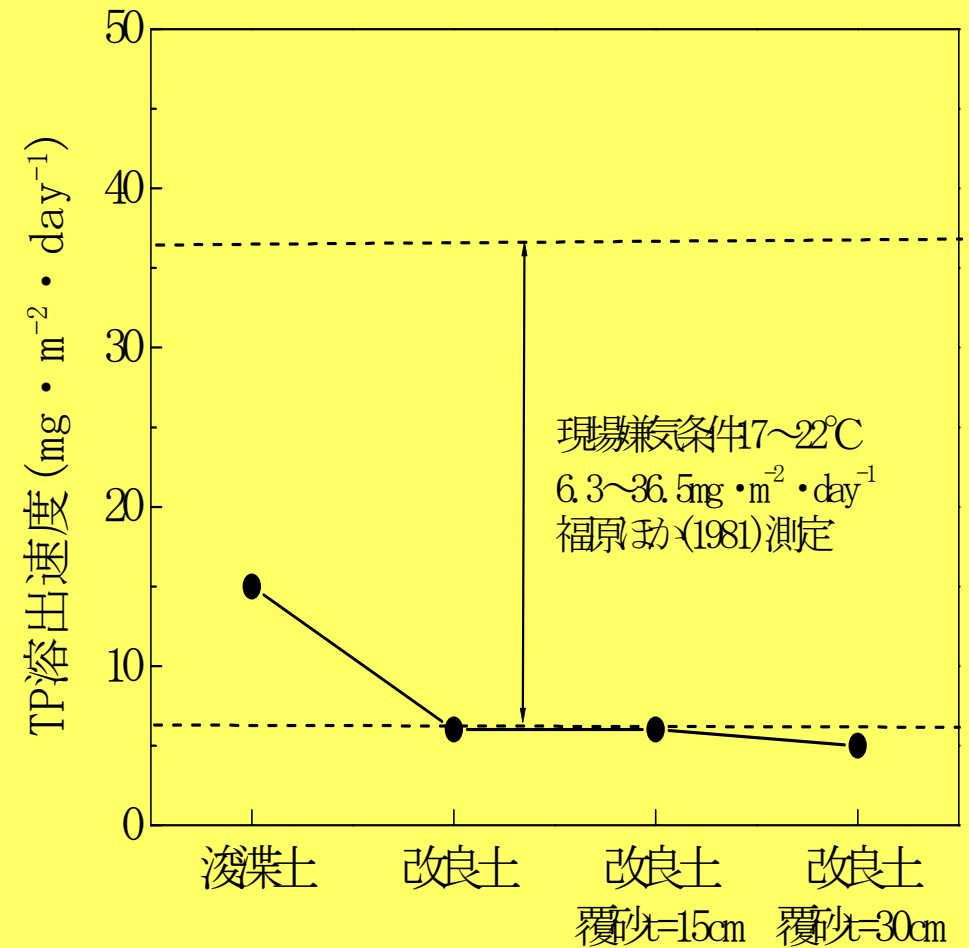
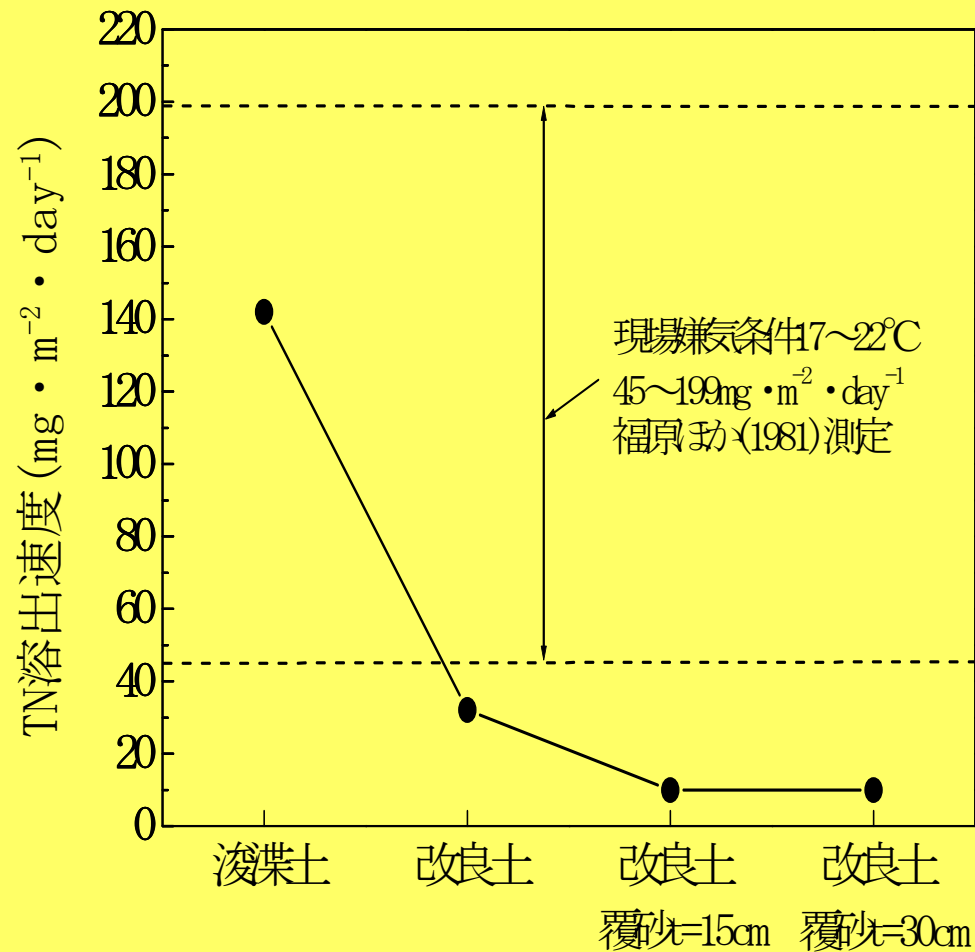


No	実験目的	主な調査項目	評価の考え方
1	改良土によるヨシ植生基盤が湖水に及ぼす影響の検証	溶出速度(室内カラム溶出試験、現場溶出試験)、土壌中の窒素・リン含有量の変化	ヨシ植生基盤からの溶出速度の比較
2	改良土によるヨシ植生基盤のヨシ生育に関する有効性の検証	ヨシの生育状況 (草高、茎個体数密度、乾燥重量)	ヨシ地上部および地下茎の生育状況、および植生基盤土壌等の環境因子に対する寄与率等を解析
3	改良土によるヨシ植生基盤の安定性の検証	地盤高の経時的な変化量	地形変化量の比較
4	ヨシ以外の生物に及ぼす影響の検証	動植物プランクトン、メイオベントス、沈水植物、陸域の出現生物	在来工法と比較して、著しくヨシ以外の生物の生息に悪影響がないこと(種数、個体数密度等)

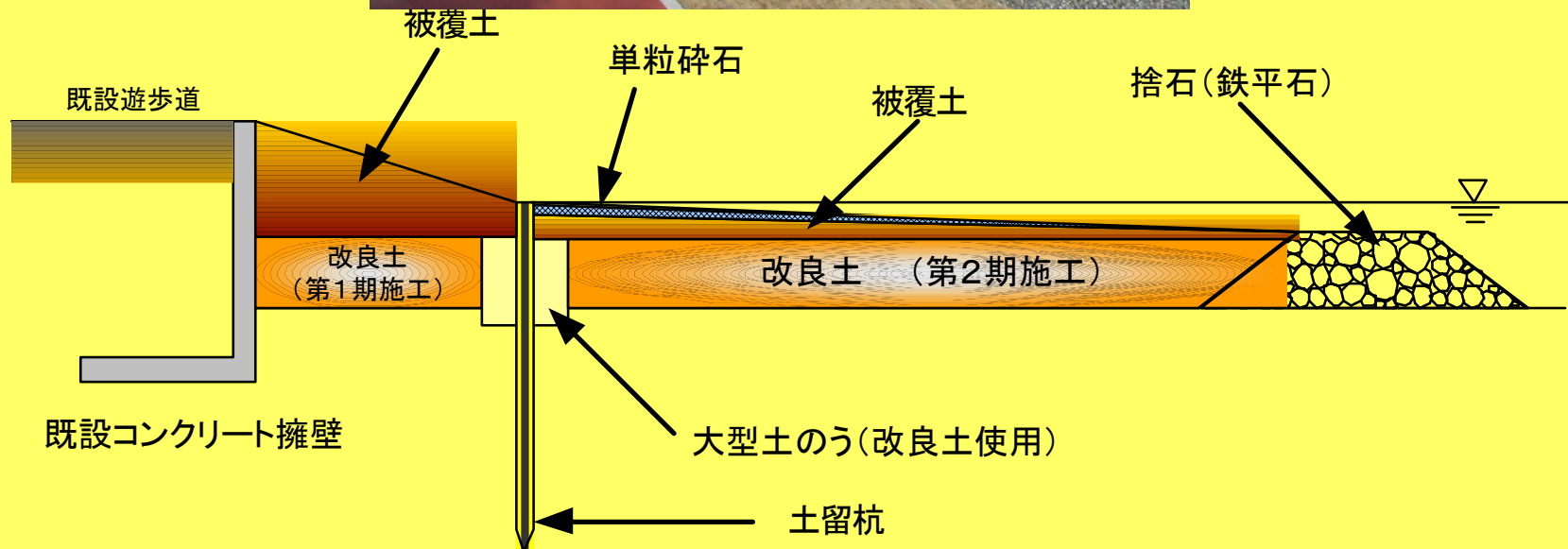
蓮池基盤への適用



ii) 栄養塩溶出抑制



湖沼浄化への適用



旧芝川再生プロジェクト



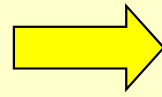
素敵な宇宙船地球
号 テレビ朝日
2006年10月1日放送

6. 今後の展望

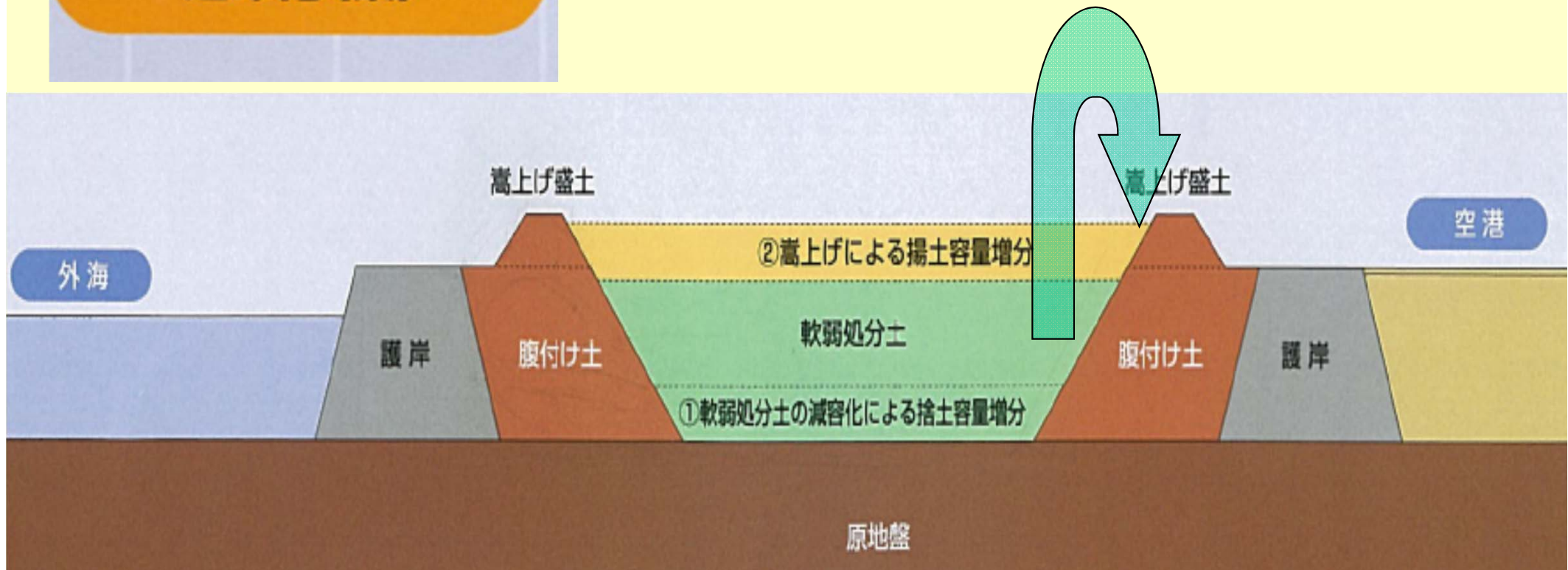
- 1) 処分場底質処理と改質土の活用
- 2) 特殊用途への活用
 - 廃棄物分別、木質混合土の分別
 - 震災災害復旧への適用
- 3) 浚渫土による水質汚濁防止

1) 処分場底質処理土の 嵩上げ盛土への検討

既存土砂処分場の
延命化(案)



底泥をPS灰改良材で
改良して嵩上げ盛土へ



2) 特殊な用途使用例

① 一般廃棄物処理場の有効利用・延命化



添加



分別作業



再資源化
焼却ごみ



②木質混合土(伐根・伐採時の表土)の選別



伐根材混じり土砂



大型選別機



FTマッドキラー未使用
(未分別状況)



FTマッドキラーにより
選別された木質材

③震災復旧への活用案



震災施工事例



下水処理施設での泥土処理と処理土の活用

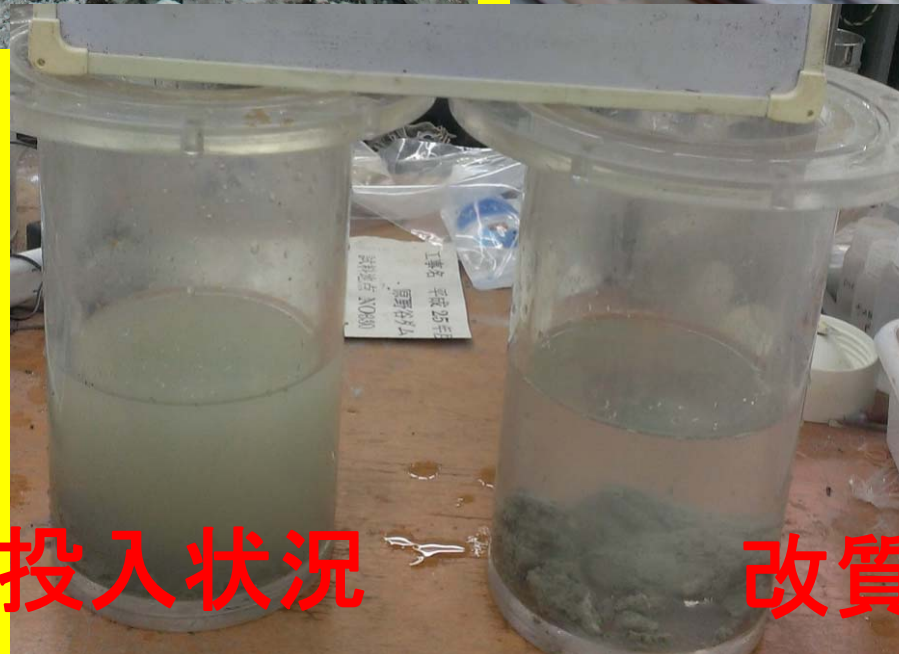


自衛隊基地内での道路復旧

④災害復旧対策



3) 水質汚濁防止検討



原泥投入状況

改質土投入状況

4) 泥土造粒化



ご清聴ありがとうございました

