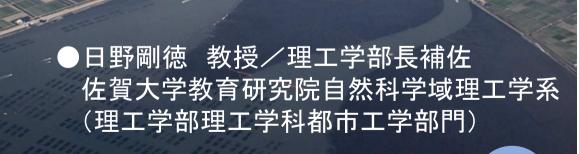


低平地における深層混合処理工法の調査・設計・施工 に関する最近の国内外の取組





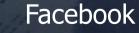




0. 自己紹介



researchmap









1. 研修項目のアウトライン

有明海沿岸道路(佐賀福富道路)・芦刈南ICの災害復旧

地盤改良工法における促進養生法の適用

深層混合処理工法の適用における地下水モニタリングの動向

海外における佐賀発の深層混合処理工法の展開







2. 有明海沿岸道路(佐賀福富道路)・芦刈南ICの災害復旧

▶有明海沿岸道路(佐賀福富道路) · 芦刈南ICの災害復旧

地盤改良工法における促進養生法の適用

深層混合処理工法の適用における地下水モニタリングの動向

海外における佐賀発の深層混合処理工法の展開







2. 有明海沿岸道路(佐賀福富道路)・芦刈南ICの災害復旧

被災直後

(被災日時:平成28(2016)年6月23日(木)午前0時頃)

平成28年6月30日撮影





- ■4月14日(木)および4月16日(土)の 熊本地震により、補強土壁が前に押し 出され、路面・張コンクリートなどに クラックや隙間が生じたため補修。
- ■6月22日未明からの梅雨前線豪雨 (264mm/日)により、その後に進行した クラックや隙間から雨水が盛土内に 浸透。



■盛土内水位が上昇し、盛土重量の 増加および盛土強度が低下し、地盤 改良杭が変形または破壊し、崩壊。





2. 有明海沿岸道路(佐賀福富道路)・芦刈南ICの災害復旧

2.2 被災直後の初動調査

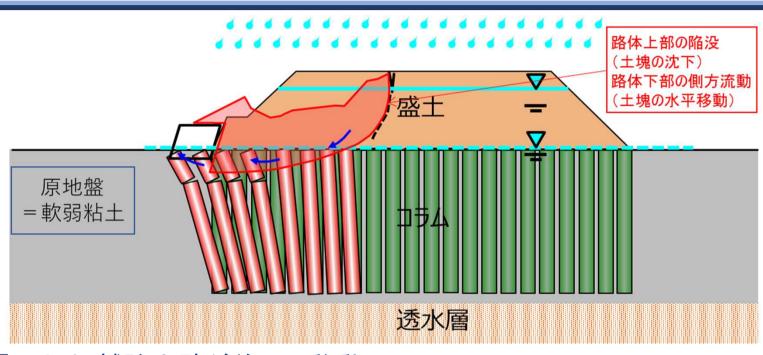


- ■芦刈南ICオフランプノーズ端部から、 延長約L=50mにわたって盛土が崩壊。
- ■盛土の高さ約3.8m沈下。補強土壁は 最大約4.0m東側へ水平移動。
- ■隣接する水田は約2.0m隆起。





2. 有明海沿岸道路(佐賀福富道路)・芦刈南ICの災害復旧 2.3 当初に想定された被災メカニズム



- ①地震により、補強土壁が前面に移動。
- ②路面、張コンクリート等にクラックや隙間が発生。
- ③クラックや隙間から大雨により盛土内に雨水が浸透し、盛土内の水位が上昇。
- ④水位上昇に伴い、盛土重量増加及び盛土強度が低下。
- ⑤改良杭が変形または破壊し、盛土の崩壊。
- 佐賀大字理工字部理工字科都市工字部門 佐賀県有明海沿岸道路整備事務所, 2018



- 2. 有明海沿岸道路(佐賀福富道路)・芦刈南ICの災害復旧 2.4 改良柱の変位の状況(平成29(2017)年8月撮影)
- H28杭 計画高との高低差 H=1.34m

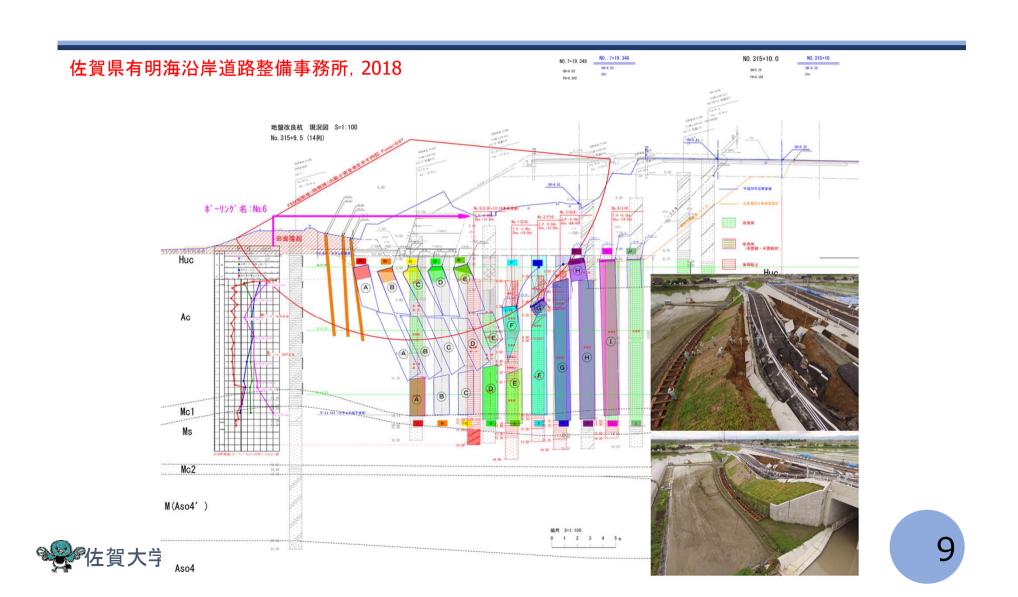
■崩壊盛土の撤去後、損傷を受けた 改良柱の範囲が広いこと、損傷が大きい こと、などが判明。



- ■改良柱の頭部における水平変位と して最大東へ約4.0m、沈下は最大5.8m であることを確認。
- ■当初に想定された浅い滑りではなく、 深い滑りが確認されたことから、地質 調査を追加しメカニズムの再検証。



2. 有明海沿岸道路(佐賀福富道路)・芦刈南ICの災害復旧 2.5 被災メカニズムの再検証





2. 有明海沿岸道路(佐賀福富道路)・芦刈南ICの災害復旧 2.6 復旧工法



- ■エポコラム工法の採用。
- ■既設改良杭を壊しながら、セメント スラリーを注入攪拌し、新たに改良柱を 打設。
- · 杭径D=1.6m
- · 杭長L=12.5~13.5m
- ·本数N=167本







- 2. 有明海沿岸道路(佐賀福富道路)・芦刈南ICの災害復旧 2.7 復旧完了から供用の再開(平成30(2018)年3月30日)







2. 有明海沿岸道路(佐賀福富道路)・芦刈南ICの災害復旧 2.8 「緊褌一番」の精神で今後の深層混合処理工法に臨む

芦刈南インターチェンジの被災・復旧工法に関する技術的整理はつきましたが、 関係者はその間、これまでの軟弱地盤対策工法に関する知見を検証し、今回の |被災により得られた深層混合処理工法に関する新たな知見を今後の設計・施工 に反映することとしています。(佐賀建設新聞:平成30(2018)年8月9日)

「緊褌一番」とは.... 気持ちを引き締めて事にのぞむこと。難事などを前に心を 引き締めて物事に取り組むこと。難事や大勝負などの前の心構えを言ったもの。 (三省堂:新明解四字熟語辞典)



- ■既存の品質管理基準の隙を突いてきた被災。(三浦・日野, 2018)
- ■改良柱の強度不足(有機物...)。(三浦・日野, 2018)
- ■改良柱の強度不足(有機物以外の何か...)。





082-04625

Humic Acid

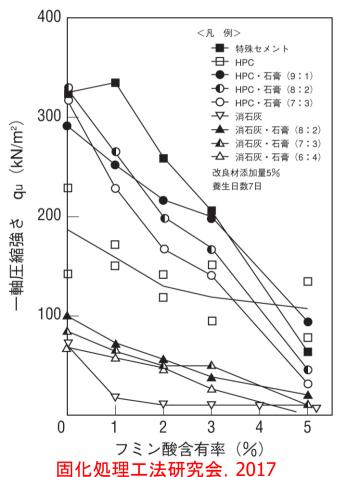
WDQ2833

形論



2. 有明海沿岸道路(佐賀福富道路)・芦刈南ICの災害復旧

- 2.9 改良土の強度発現に及ぼす有機物の影響
 - 2.9.1 一般的な理解



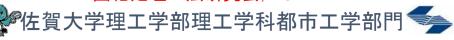


· MANUFACTOR

Wako

500g



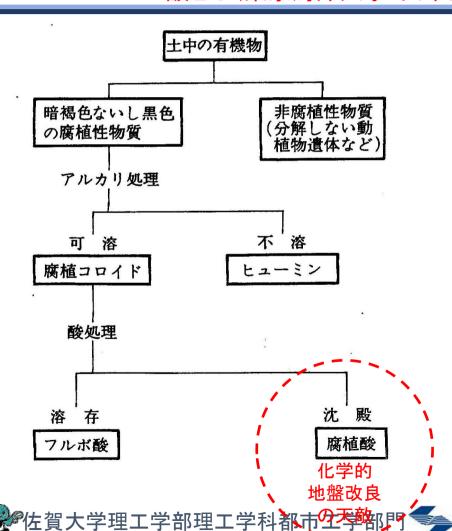






【★修正版】(お手元の配布資料のお差替えください)

- 2. 有明海沿岸道路(佐賀福富道路)・芦刈南ICの災害復旧
 - 2.9 改良土の強度発現に及ぼす有機物の影響
 - 2.9.2 フミン酸とは(東京海洋大学・山中寿朗教授)



- ■フミン酸(=腐植酸)は、厳密には大変難しい複雑な物質で、 その生成機構や組成について諸説有り、これだという説明はなかなか 良い物がないという風に認識しております。しかし、質問のご主旨から 察しますに、好気的か嫌気的かの観点から申し上げますと、どちら でもある程度は可能ですが、その生成には基本的には 嫌気的であることが望ましいです。「酸」とついているくらい ですから、有機酸(酢のようなもの、専門的にはカルボン酸、すなわち、 -COOH基を持つ)なのですが、有機物を発酵させますと、エタノール (お酒)になり、それをさらにほっておくと酢になるのはご存じかと思い ます(ワインビネガーとか)。エタノール発酵が終わり、酸素が諸費し 尽くされると、次のステージで嫌気的条件でアルコールを酢酸に発酵 する反応が始まります。ここで生じた酸などがフミン酸の元になります。
- ■土壌中は基本的に嫌気的条件が卓越しております(ご指摘の ように特に水で飽和した粘土質土壌内では特に)。ものが腐る、 というのは、実は酸化よりも嫌気的な発酵が勝って います (大きな有機物塊のその内部は有機物分解に酸素供給が 追いつかず、嫌気的になり、アンモニアや有機酸のような、「臭い」 成分が大量に生成・放出されますね)。
- ■ということで、フミン酸の生成には基本的には 嫌気的であることが必要です。

地盤工学会:入門シリーズ20 環境地盤工学 入門. 丸善. P.57. 1999.

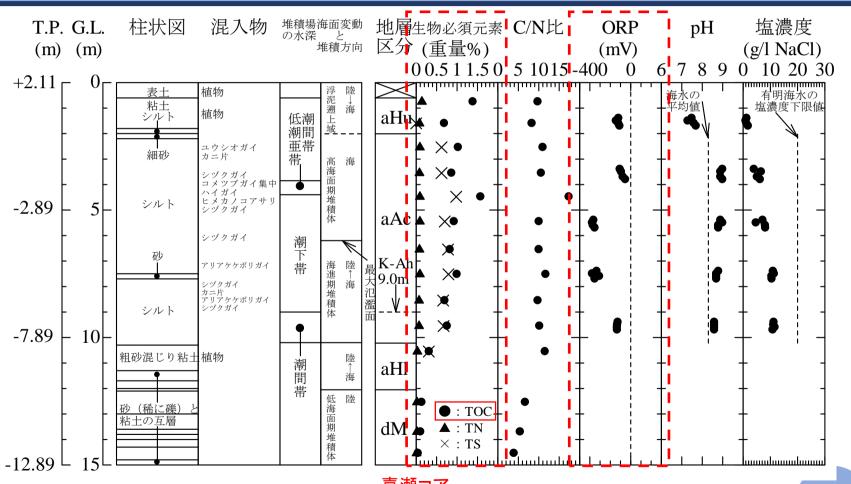


- 2. 有明海沿岸道路(佐賀福富道路)・芦刈南ICの災害復旧 2.9 改良土の強度発現に及ぼす有機物の影響
 - 2.9.3 6つの基準コアの位置





- 有明海沿岸道路(佐賀福富道路)·芦刈南ICの災害復旧
 - 改良土の強度発現に及ぼす有機物の影響
 - 基準コアにおける堆積当初と現在の地盤環境の比較

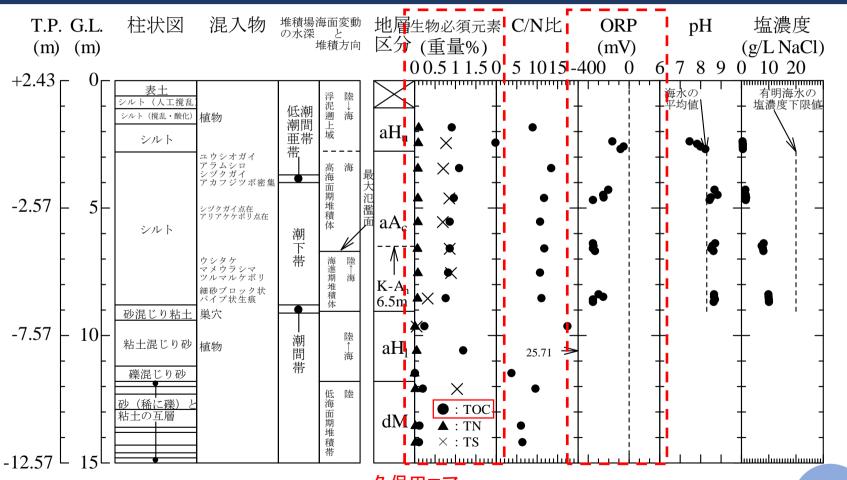








- 有明海沿岸道路(佐賀福富道路)·芦刈南ICの災害復旧
 - 改良土の強度発現に及ぼす有機物の影響
 - 基準コアにおける堆積当初と現在の地盤環境の比較

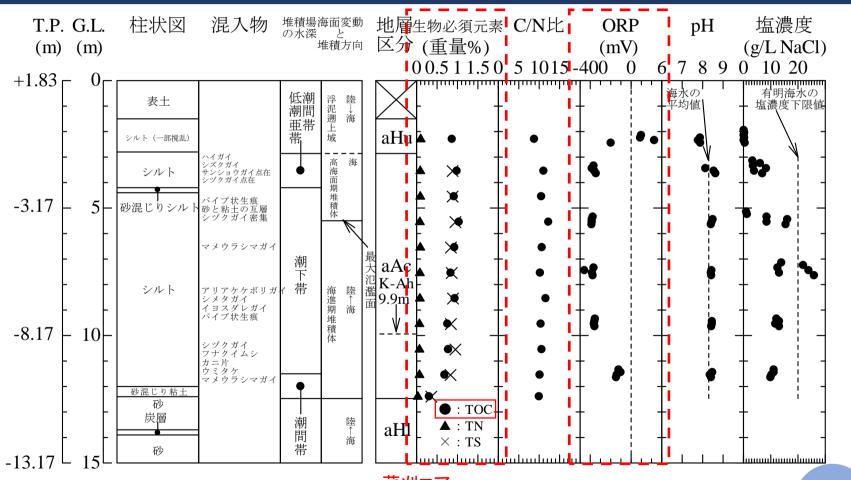








- 有明海沿岸道路(佐賀福富道路)·芦刈南ICの災害復旧
 - 改良土の強度発現に及ぼす有機物の影響
 - 基準コアにおける堆積当初と現在の地盤環境の比較

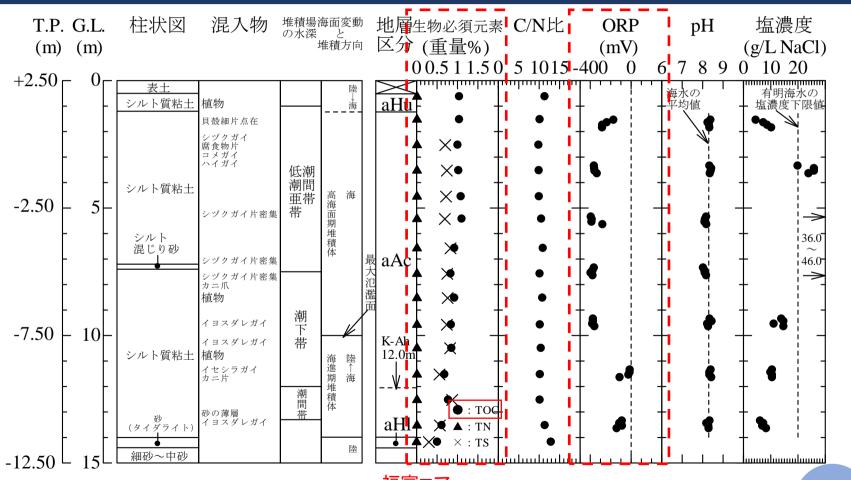








- 有明海沿岸道路(佐賀福富道路)・芦刈南ICの災害復旧
 - 改良土の強度発現に及ぼす有機物の影響
 - 基準コアにおける堆積当初と現在の地盤環境の比較



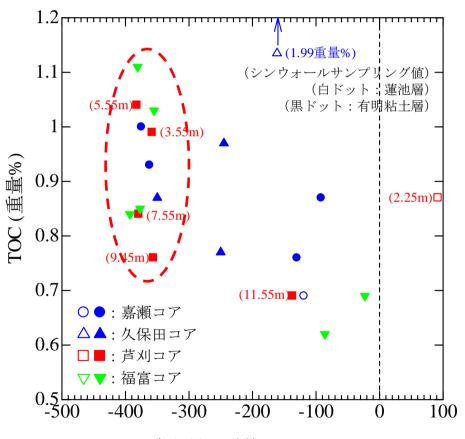






有明海沿岸道路(佐賀福富道路)・芦刈南ICの災害復旧

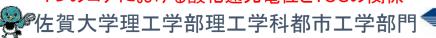
- 改良土の強度発現に及ぼす有機物の影響
 - 2.9.5 考察



酸化還元電位(ORP)(mV)

- ■嘉瀬コアから芦刈コア(および福富コア)に かけて、軟弱粘土層中(蓮池層上・下部 および有明粘土層)の全有機炭素量が増加 することが示唆される。
- ■芦刈コア中の全有機炭素は強い還元性 (嫌気性)を伴っていることが示唆される。
- ■全有機炭素におけるフミン酸の含有割合 が高いことが示唆される。
- ■セメント系固化材を用いた地盤改良の効果 が表れにくい可能性がある。
- ■福富コアを擁する地域、さらにはこの以西 において、今後のセメント系固化材の選定 および配合量に留意する必要がある。

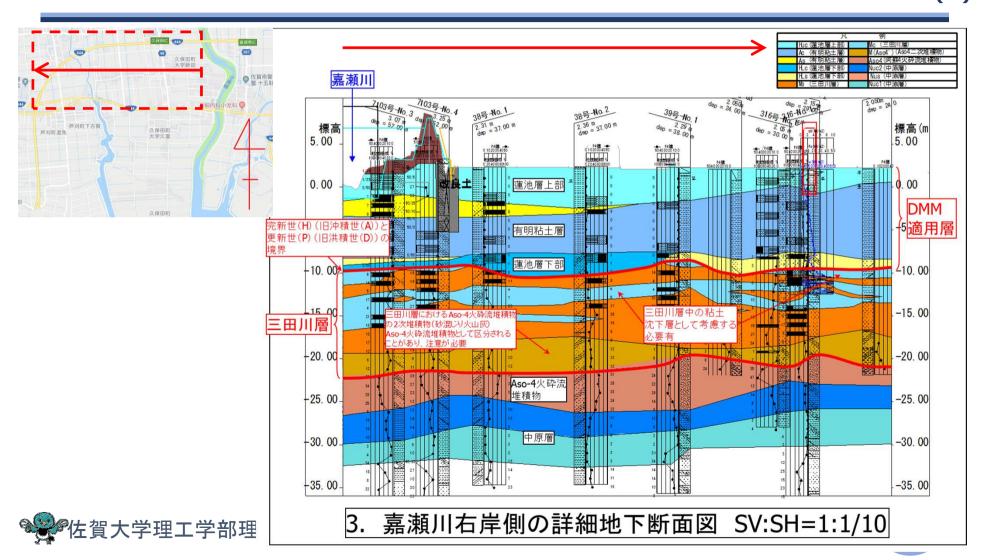
4つのコアにおける酸化還元電位とTOCの関係







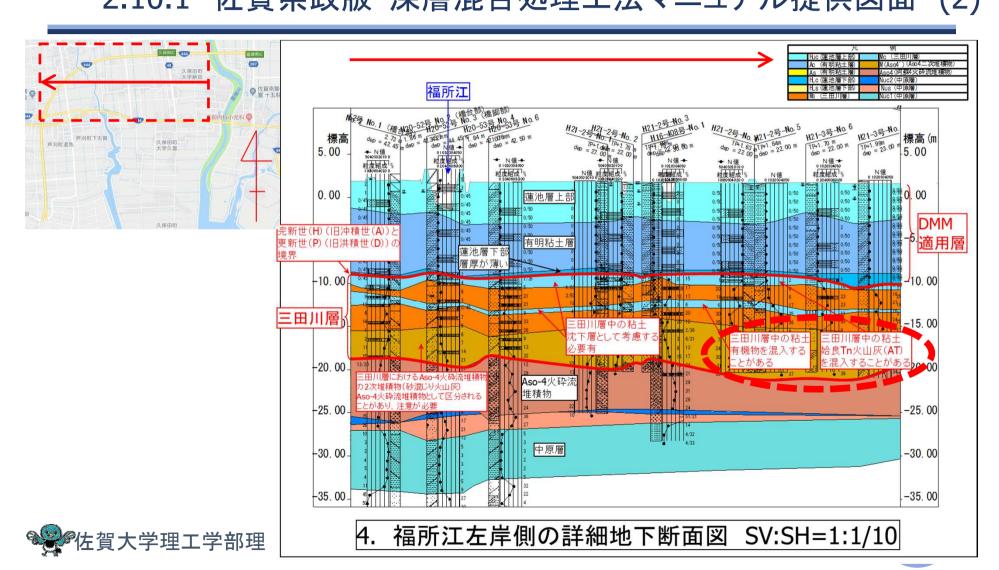
- 有明海沿岸道路(佐賀福富道路)・芦刈南ICの災害復旧 2.10 改良土の強度発現に及ぼす黒ボク土の影響
 - 2.10.1 佐賀県政版・深層混合処理工法マニュアル提供図面 (1)







- 有明海沿岸道路(佐賀福富道路)・芦刈南ICの災害復旧 2.10 改良土の強度発現に及ぼす黒ボク土の影響
 - 2.10.1 佐賀県政版・深層混合処理工法マニュアル提供図面 (2)



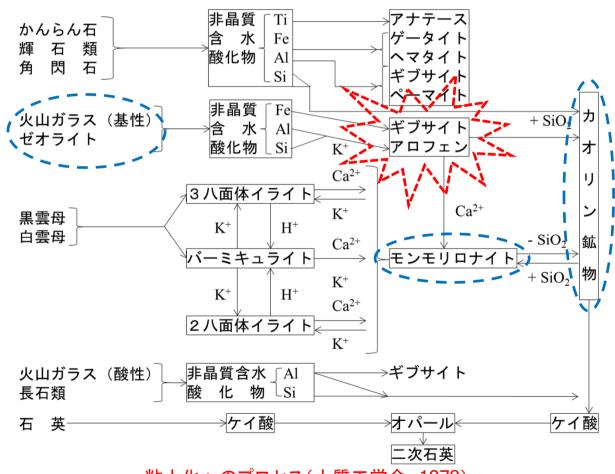


2. 有明海沿岸道路(佐賀福富道路)・芦刈南ICの災害復旧 2.10 改良土の強度発現に及ぼす黒ボク土の影響 2.10.2 三田川層中の黒ボク土に認められる火山ガラスの風化





有明海沿岸道路(佐賀福富道路)・芦刈南ICの災害復旧 改良土の強度発現に及ぼす黒ボク土の影響 2.10.3 火山ガラスの粘土化プロセス

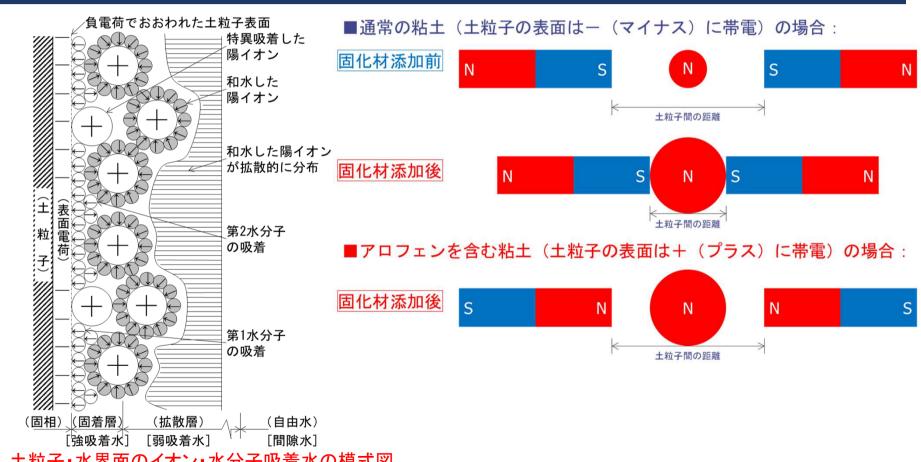








有明海沿岸道路(佐賀福富道路)・芦刈南ICの災害復旧 2.10 改良土の強度発現に及ぼす黒ボク土の影響 2.10.4 アロフェンとセメント・石灰系固化材の関係

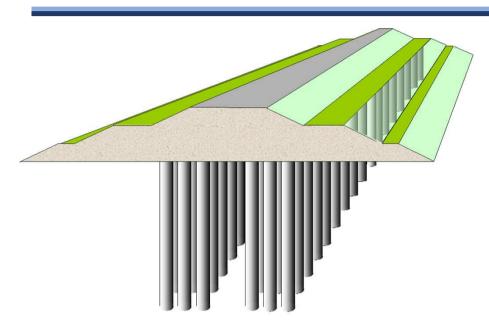


土粒子・水界面のイオン・水分子吸着水の模式図 (嘉門・浅川, 1988)





2. 有明海沿岸道路(佐賀福富道路)・芦刈南ICの災害復旧 2.11 今後の施工および品質管理に突き付けられる課題



- →本施工→品質確認 室内配合
 - →試験柱の打設・品質確認 ⇒品質確認

- ■被災現場における改良柱の強度発現と 有機物の関係は明瞭でなかったものの、 今後は同有機物の存在に留意しながら施工 および品質管理を進める。(三浦・日野. 2018)
- ■六角川以西の福富工区から、改良柱が 着底タイプによって築造されるように方針転換 されている。改良柱を左図のように設計図面 どおりに築造しようと思えば、最も強度が発現 しない地層(例えば三田川層における黒ボク 土)をターゲットとした固化材を一貫して用いる 他ない?(例えば特殊土用固化材?コスト増)

試験柱の打設・品質確認を確実に見極めて本施工へ移行するのが新方針。 発注規模・金額の大きい工事においては試験柱の品質確認を待たず、それまでは受注者負担によるさらなる品質 保証をもたらす固化材の使用や配合量の増量などによって試験柱の打設・品質確認と本施工を並走させても少ない ▲ 負担に抑えられるのかもしれない。しかしながら、発注規模・金額が小規模になるほど固化材コストの占める割合は 🌌 増えるため、誰もが常時図れる対策ではない。(例えば国と地方自治体の間の発注形態の違い)



有明海沿岸道路(佐賀福富道路)·芦刈南ICの災害復旧

地盤改良工法における促進養生法の適用

深層混合処理工法の適用における地下水モニタリングの動向

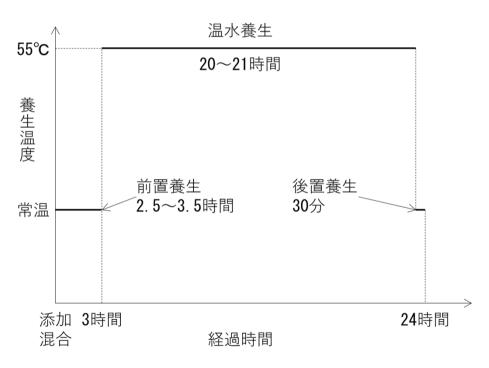
買発の深層混合処理工法の展開

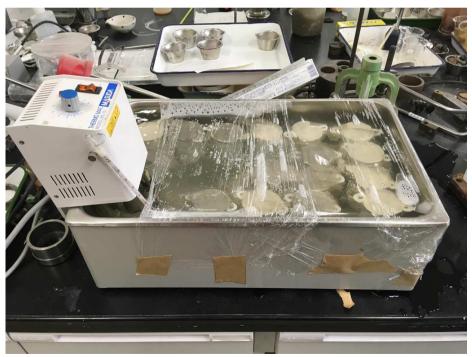






- 3.1 促進養生法の経過時間と温水養生中の様子
- ■促進養生法 = Accelerated Curing Method(JST科学技術用語日英対訳辞書)





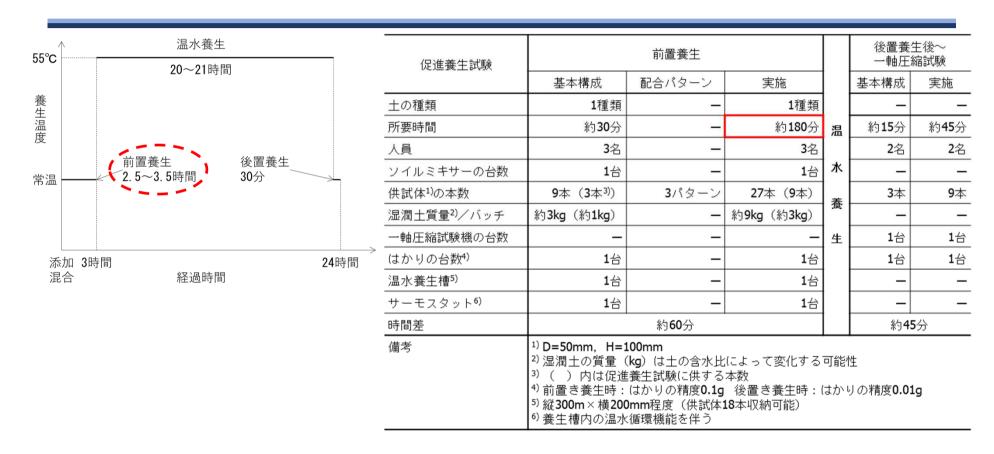




促進養生法の様子



3.2 促進養生法の前置き養生に認められる課題



■実験室における員数の如何によって供試体間の養生時間の変動が著しくなる。

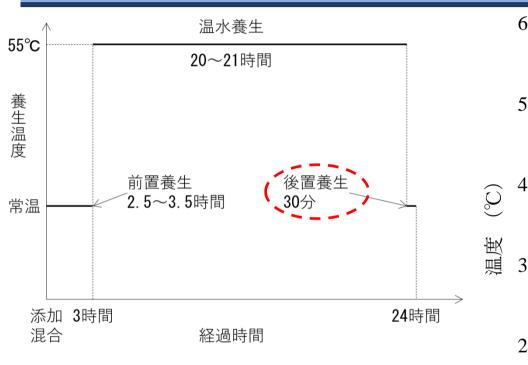
1回の促進養生法に適用できる供試体の最大数は18本?



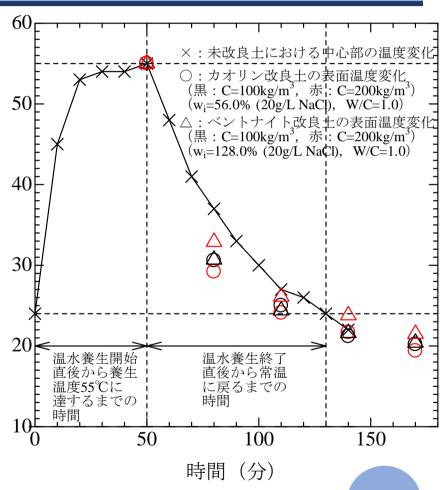




3.3 促進養生法の後置き養生に認められる課題 (1)



■促進養生法に関する研究の開始時は 90分間の条件を適用した(山際ら, 2019)。 後に当初案における30分間に戻した。

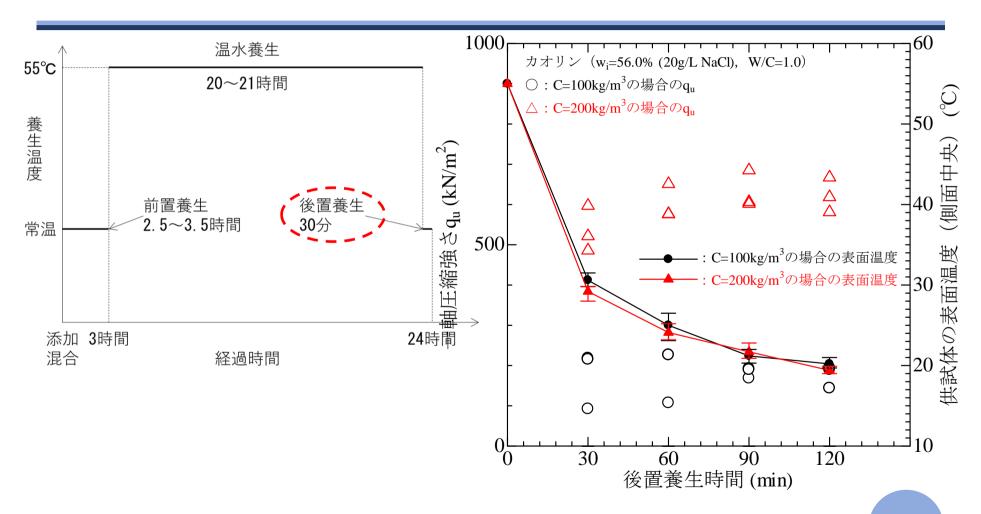








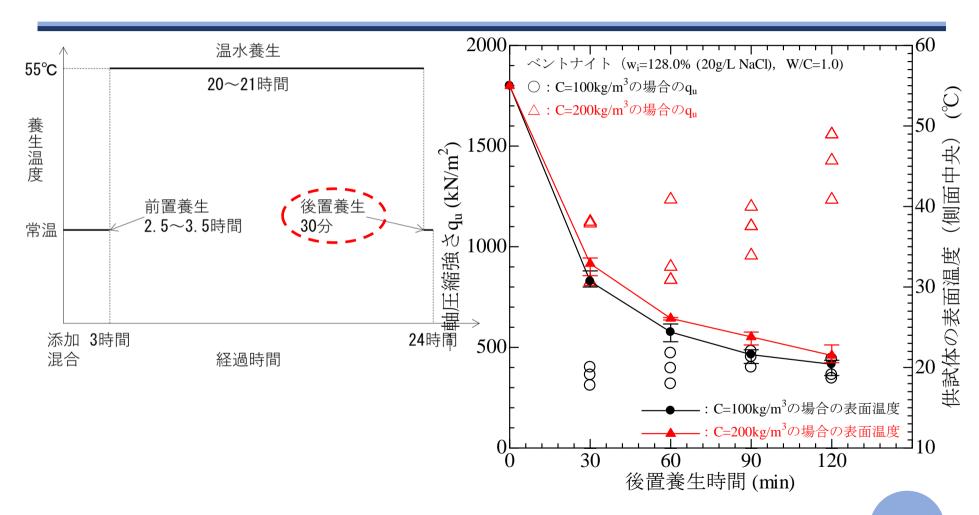
3.3 促進養生法の後置き養生に認められる課題 (2)







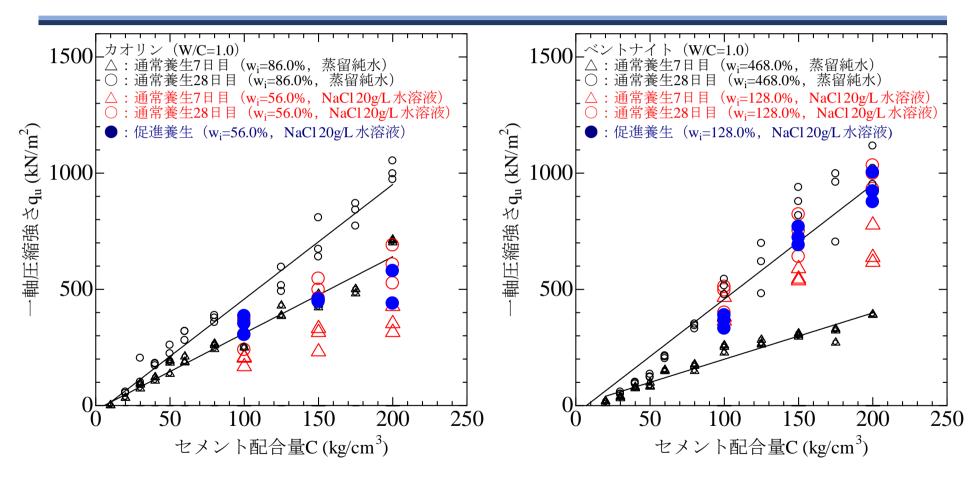
3.3 促進養生法の後置き養生に認められる課題 (3)







3.4 強度発現特性

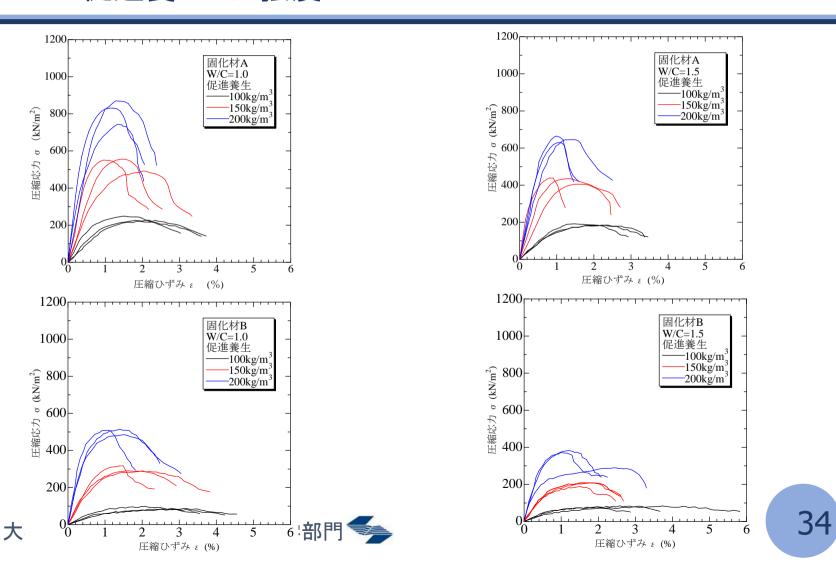


■目的は促進養生法による1日強度と通常養生28日強度との間の相関。



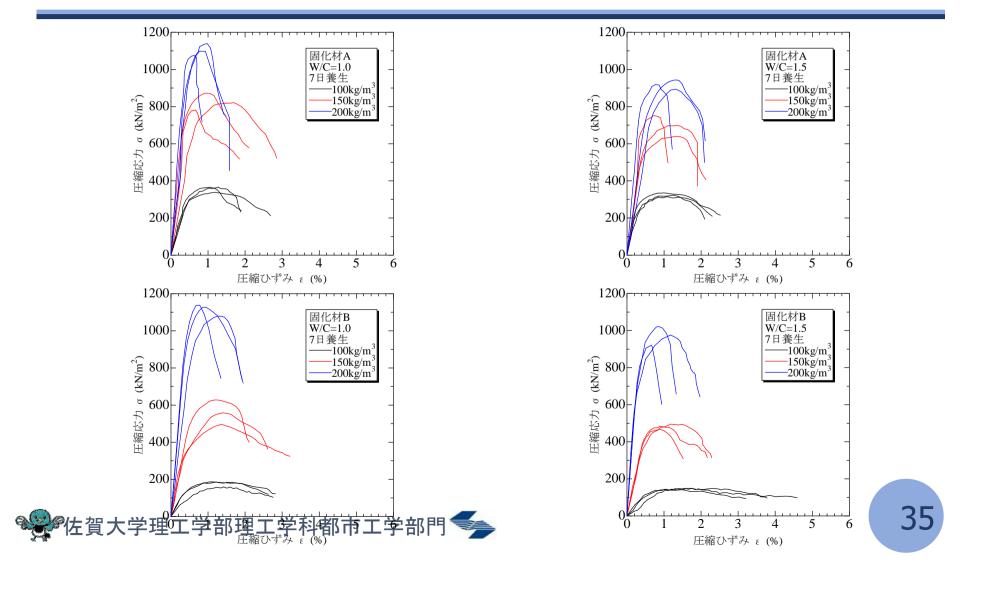


- 3.5 クリーク底泥の事例(速報)
 - 3.5.1 促進養生1日強度





- 3.5 クリーク底泥の事例(速報)
 - 3.5.2 通常養生7日強度





- 地盤改良工法における促進養生法の適用
 - 3.6 今後の課題
- ■各養生期間中の経過時間のこだわり方。例えば供試体の作製から一軸圧縮 試験実施直後までの経過時間を24時間にこだわるなど。
- ■目的は促進養生法による1日強度と通常養生28日強度との間の相関を得る こと。前者と後者の強度差を気にする必要はない。
- ■ただし、促進養生法を適用する土によっては、同法適用のために強度が大幅 に下落するものがあり、上記の相関を損ねる原因になる可能性がある。強度発現 特性の観点から土の分類が求められることになるかもしれない。
- ■固化材の種類および配合量、ならびに水セメント比W/Cの観点でも上記と同様 の課題が突きつけられることになるかもしれない。
- ■試験柱における打設直後の試料に対する促進養生法の適用。





4. 深層混合処理工法の適用における地下水モニタリングの動向

有明海沿岸道路(佐賀福富道路)·芦刈南ICの災害復旧

地盤改良工法における促進養生法の適用

深層混合処理工法の適用における地下水モニタリングの動向

海外における佐賀発の深層混合処理工法の展開







- 4. 深層混合処理工法の適用における地下水モニタリングの動向 有明海沿岸道路(佐賀福富道路)における軟弱地盤対策工法 のコンセプト(伊賀屋, 2014)
- 盛 土 改良柱体 深層混合処理層 未改良層 未改良の軟弱粘性土 砂質土 中間層 粘性土 支持層



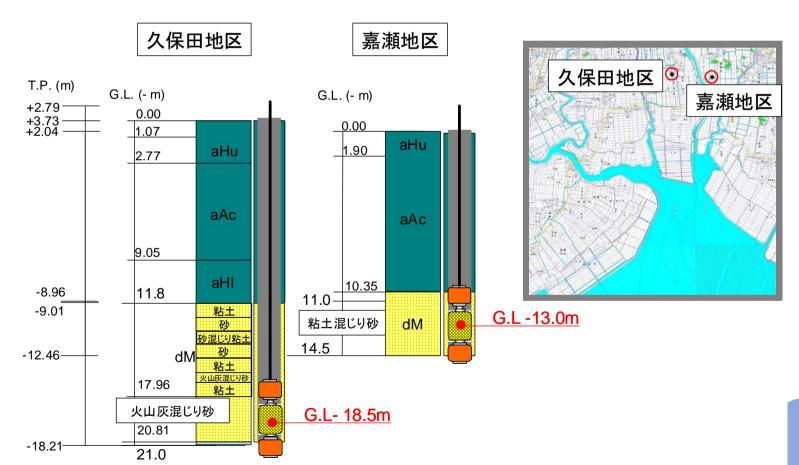
4. 深層混合処理工法の適用における地下水モニタリングの動向 4.2 地下水観測井の設置位置





4. 深層混合処理工法の適用における地下水モニタリングの動向 4.3 地下水観測井の設置状況の一例

流向・流速の実測 -測定条件-





4. 深層混合処理工法の適用における地下水モニタリングの動向 4.4 観測井の先端に使用されているストレーナー

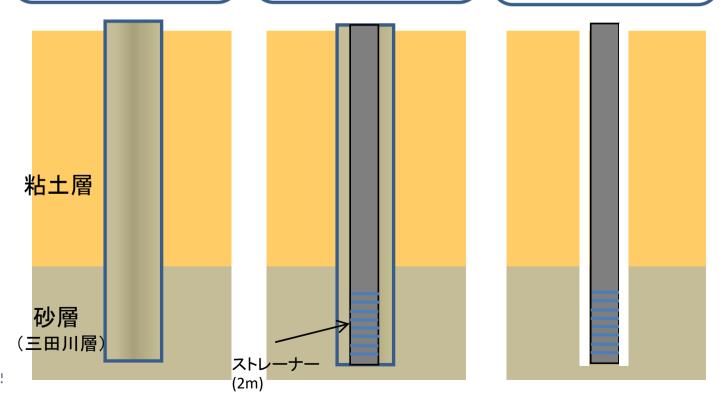


- ■三角形の断面を有するステンレス 製のウェッジワイヤーおよびサポート ロッド構造(スロットサイズ1.0mm、 開口率30%)
- ■目詰まりのしにくい水平連続 Vスロット形巻線スクリーン





- 4. 深層混合処理工法の適用における地下水モニタリングの動向 4.5 地下水観測井の設置の手順(1)
 - ① *d* 99mmケーシングを 三田川層まで貫入す る。
- ②ストレーナーを接続し たVP管(φ65mm)を φ99mmケーシングの 中に貫入する。
- ③ *ϕ* 99mmケーシング を引き抜く。(このとき、 ケーシングと土の間に 隙間が生じる。)

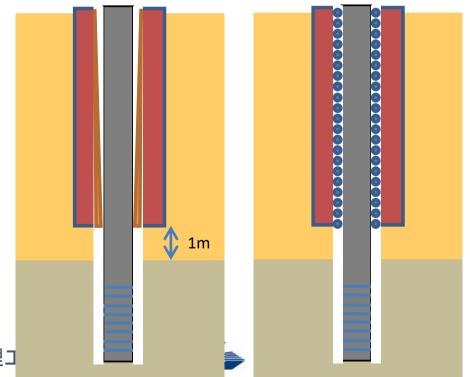




4. 深層混合処理工法の適用における地下水モニタリングの動向 4.5 地下水観測井の設置の手順(2)

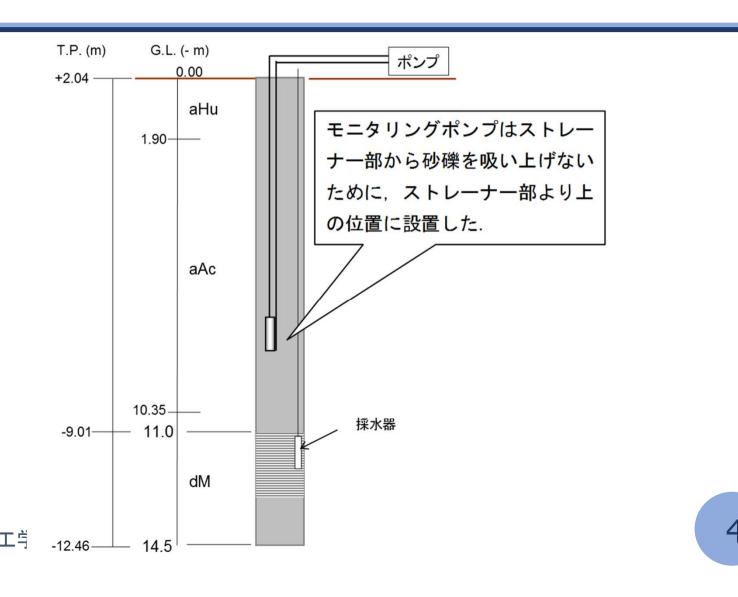
④ φ 116mmケーシング を貫入させることで隙 間を埋める。

⑤さらにペレットベントナ イト(吸水膨張材)を隙 間に充填し、表流水の 流入を防止する。





4. 深層混合処理工法の適用における地下水モニタリングの動向 4.6 採水状況の概略図







4. 深層混合処理工法の適用における地下水モニタリングの動向 4.7 採水状況



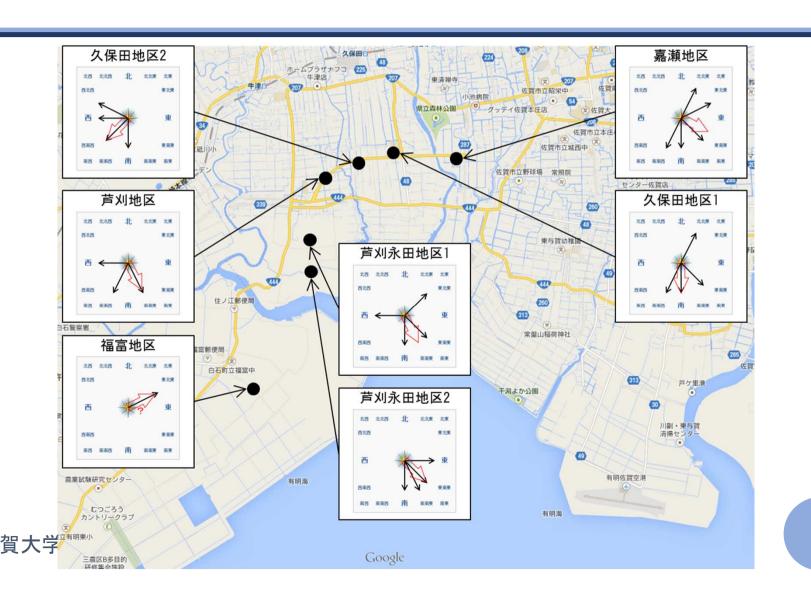






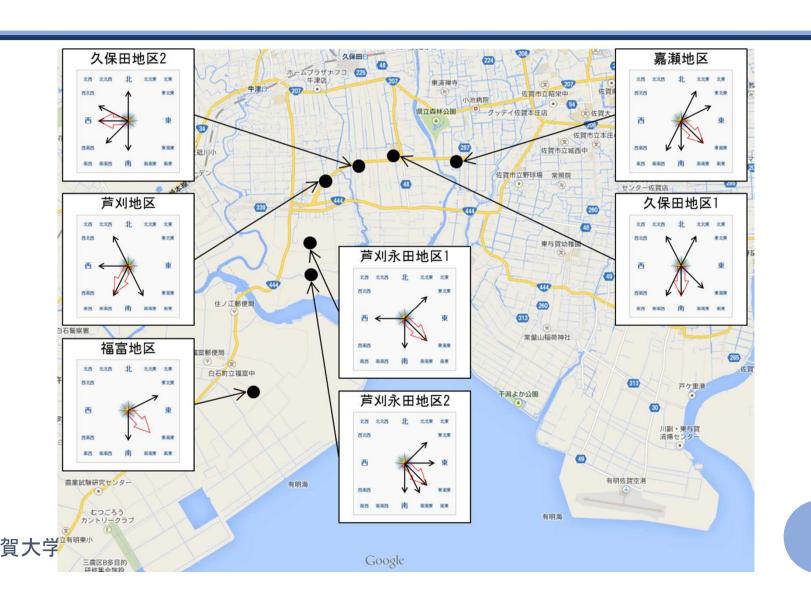


4. 深層混合処理工法の適用における地下水モニタリングの動向 4.8 流向 (1)(ヒーターOFF(30分後))(平成25(2013)年度)



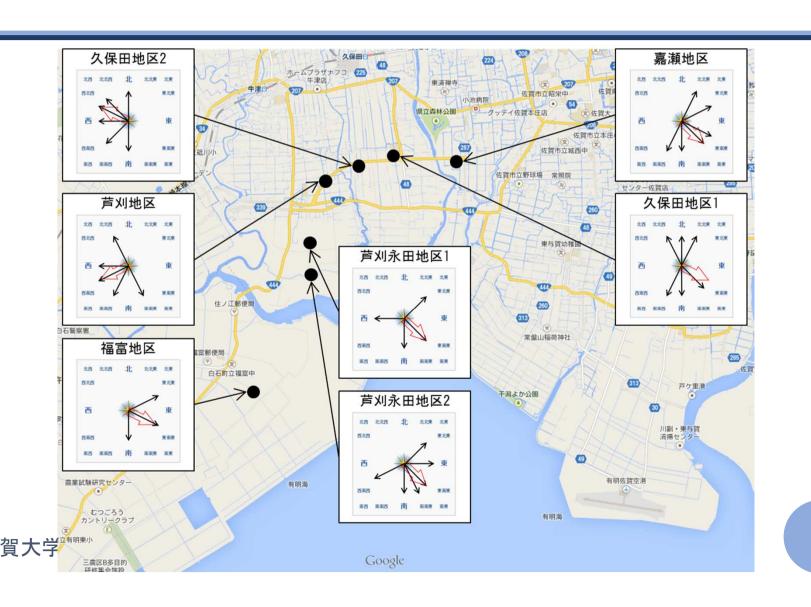


4. 深層混合処理工法の適用における地下水モニタリングの動向 4.8 流向 (2)(ヒーターOFF(30分後))(平成26(2014)年度)



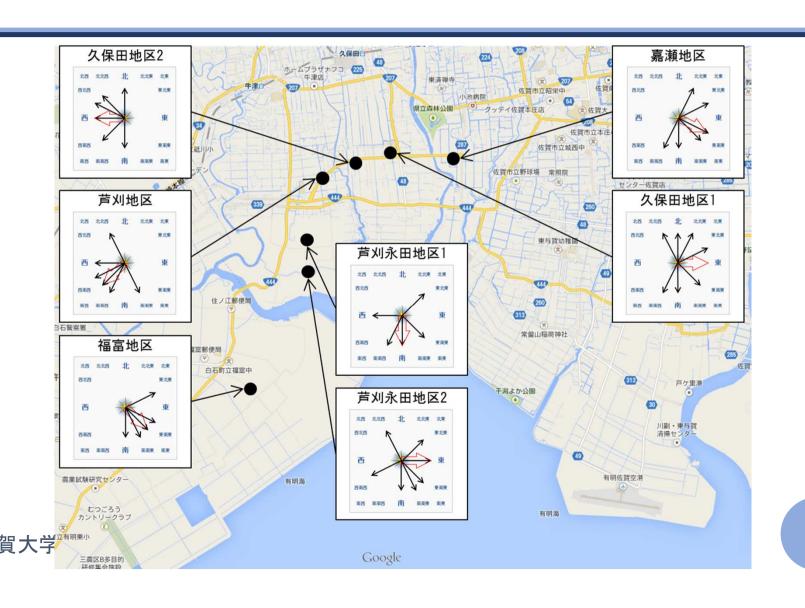


4. 深層混合処理工法の適用における地下水モニタリングの動向 4.8 流向 (3)(ヒーターOFF(30分後))(平成27(2015)年度)





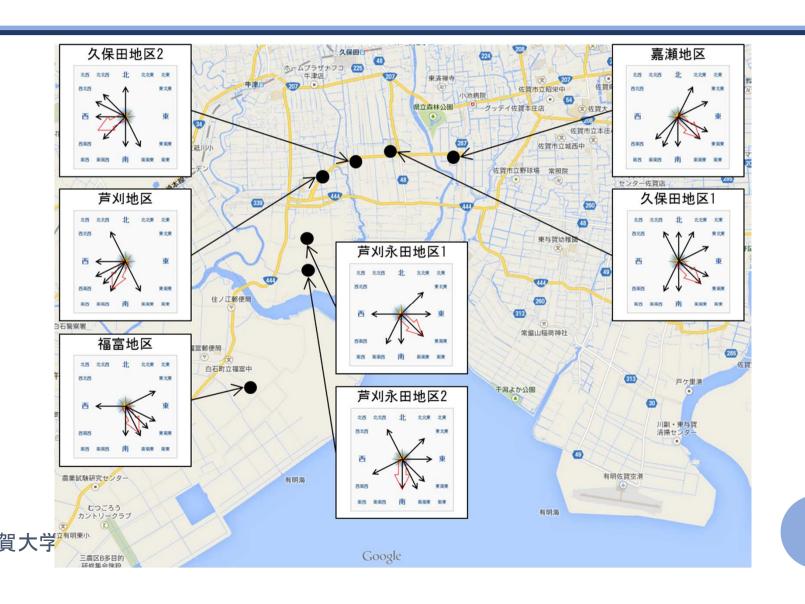
4. 深層混合処理工法の適用における地下水モニタリングの動向 4.8 流向 (4)(ヒーターOFF(30分後))(平成28(2016)年度)





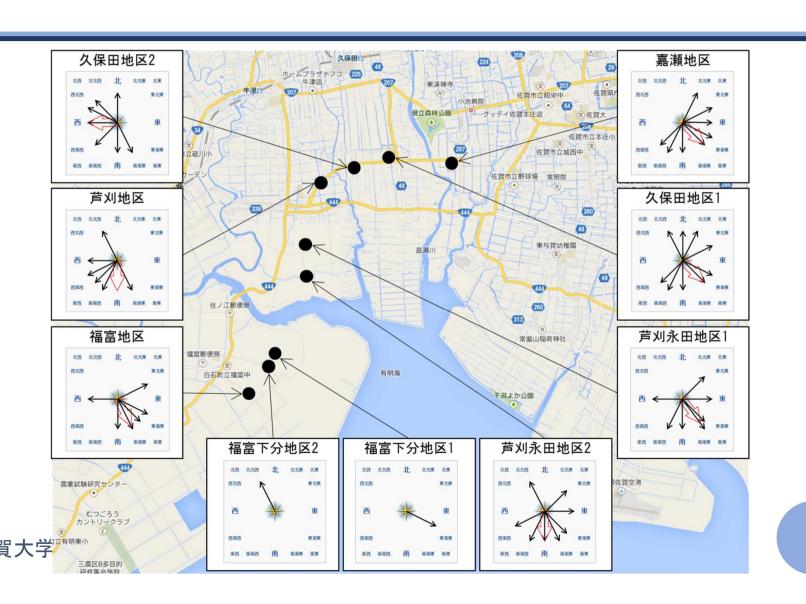
50

4. 深層混合処理工法の適用における地下水モニタリングの動向 4.8 流向 (5)(ヒーターOFF(30分後))(平成29(2017)年度)





4. 深層混合処理工法の適用における地下水モニタリングの動向 4.8 流向 (6)(ヒーターOFF(30分後))(平成30(2018)年度)

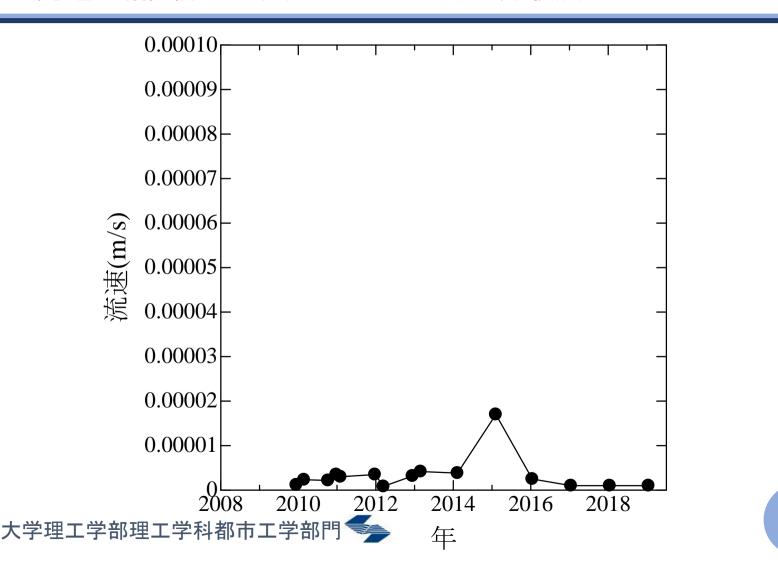




52

【★修正版】(お手元の配布資料との間でお見比べください)

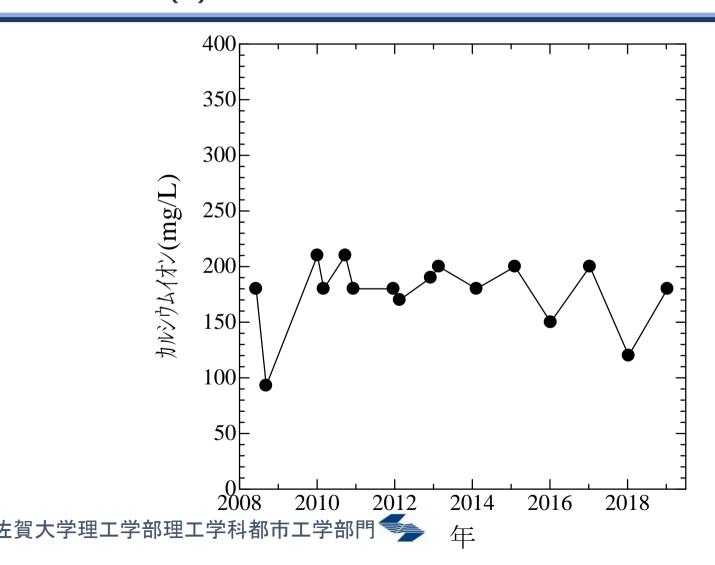
- 4. 深層混合処理工法の適用における地下水モニタリングの動向
 - (嘉瀬地区)(ヒーターON(60分後))





【★修正版】(お手元の配布資料との間でお見比べください)

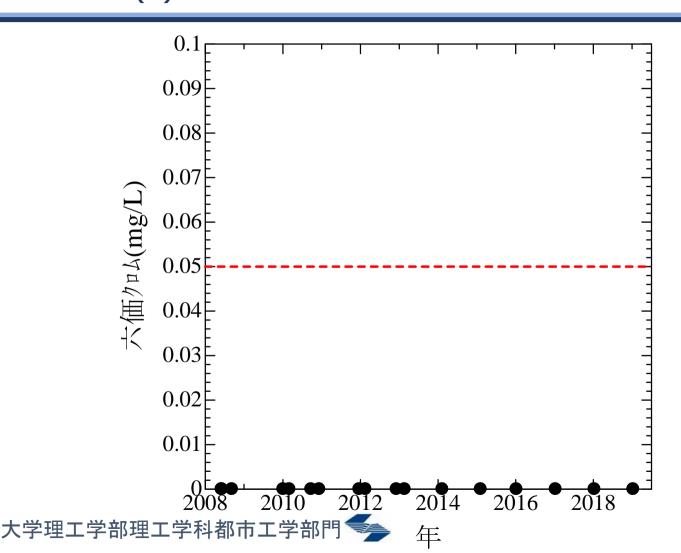
4. 深層混合処理工法の適用における地下水モニタリングの動向 4.10 水質 (1)(Ca²⁺)(嘉瀬地区)





【★修正版】(お手元の配布資料との間でお見比べください)

4. 深層混合処理工法の適用における地下水モニタリングの動向 4.10 水質 (2)(六価クロム化合物)(嘉瀬地区)





4. 深層混合処理工法の適用における地下水モニタリングの動向 4.11 地下水モニタリングにおける今後の課題

- ■地下水の流向・流速の計測に際し、単孔からなる地下水観測井を対象とした 熱量式流向・流速計を用いている。同一地域における地下水位の面分布の視点 に基づく流向・流速の検討結果と一致するか検証が必要。
- ■深層混合処理工法がこれまでのフローティングタイプから着底タイプに変更さ れている。これに伴う慎重な地下水モニタリングが必要。地下水保全の観点に基 づけば、改良柱の着底部分ほど固化していてほしい。





5. 海外における佐賀発の深層混合処理工法の展開

有明海沿岸道路(佐賀福富道路)·芦刈南ICの災害復旧

地盤改良工法における促進養生法の適用

深層混合処理工法の適用における地下水モニタリングの動向

海外における佐賀発の深層混合処理工法の展開







- 5. 海外における佐賀発の深層混合処理工法の展開 5.1 国立大学法人佐賀大学が教員に求める国際貢献の条件
- ■佐賀大学国際交流推進センターおよび佐賀大学学術研究協力部国際課による 「国際研究者交流事業申請書」では、以下の項目について満たす必要がある。
- 新規性に富み、今後地域を巻き込む発展性に富む方策について
- ・地元企業との協働促進の可能性について
- 海外展開またはベンチャー進出の可能性について
- ・部局における重点地域との関連及び「国際戦略構想に向けて
- 一東南アジア編一」との関連について



■国内の公共事業を主とした利潤体系にある土木工学に身を置く立場で、上記の 条件を満たすための地域連携は限りなく不可能に近い...







5. 海外における佐賀発の深層混合処理工法の展開

5.2 外務省「ODAを活用した中小企業等の海外展開支援」を受けて海外勤務に臨む佐賀大学の 卒業生(推進工法に基づくベトナム・ホーチミンにおける下水道普及事業)

















5. 海外における佐賀発の深層混合処理工法の展開 5.3 ワイビーエム・GIコラム工法のインドネシア進出の挑戦

PRESS RELEASE



九州国際センター 2018年12月11日

唐津市の企業がインドネシアの軟弱地盤に挑む!

~唐津市の株式会社ワイビーエム、JICA と委託契約を締結~

国際協力機構(JICA)は 12 月 3 日、株式会社ワイビーエム(佐賀県唐津市、吉田力雄代表取締役社 長)が実施する『「中層混合処理工法」による地盤改良効果の普及・実証事業』(インドネシア国)にかか る業務委託契約を締結しました。

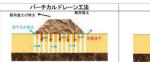
経済発展と災害防止には、迅速かつ安全なインフラ整備が不可欠ですが、インドネシアには多くの軟 弱地盤があり、道路・物流網の整備が遅れています。また、軟弱地盤を改良するための、地盤改良に関 する情報、技術、人材が不足しており、適切な対策が行われていない状況です。

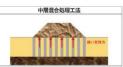
本事業は、軟弱地盤ゆえに生じるインフラの地盤沈下の防止、軟弱地盤地域における地震被害の抑 制に貢献すべく、インドネシア国内では施工事例のない、新たな地盤改良工法「中層混合処理工法」の 導入と、同工法を高品質かつ適切に施工可能な提案製品の市場創出を目的としています。「中層混合処 理工法」は、現在インドネシアで行われている「バーチカルドレーン工法」よりも確実な地盤改良効果が 得られ、工事期間が短くなるのが特長です。また、地震災害による液状化対策にも有用な工法です。



← 活用予定の同社の製品

↓「バーチカルドレーン工法」と「中層混合処理工法」の違い





※「中小企業海外展開支援事業~普及・実証事業~」は、我が国の中小企業などの製品・技術が涂上国 の開発に有効であることを実証するとともに、現地での適合性を高め、普及を図ることを目的とするもの です。 https://www.jica.go.jp/press/2017/20170620_01.html

【本件に関する問い合わせ先】

JICA 九州センター 市民参加協力課 担当: 大園、山下











5. 海外における佐賀発の深層混合処理工法の展開

5.4 インドネシア・スラウェシ島地震によるパル市の大規模地すべり(1)









5. 海外における佐賀発の深層混合処理工法の展開 5.4 インドネシア・スラウェシ島地震によるパル市の大規模地すべり(2)













5. 海外における佐賀発の深層混合処理工法の展開 5.5 大規模地すべり後の地質調査



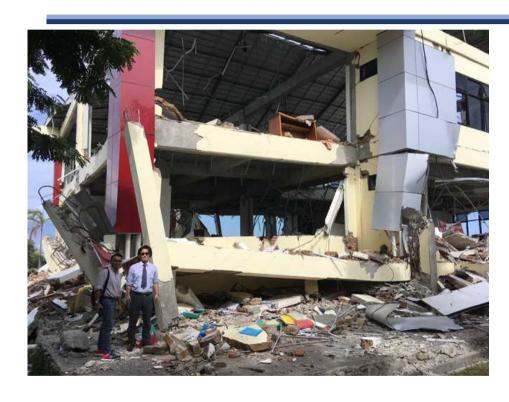








5. 海外における佐賀発の深層混合処理工法の展開 5.6 インドネシア・スラウェシ島地震によるパル市の構造物被害



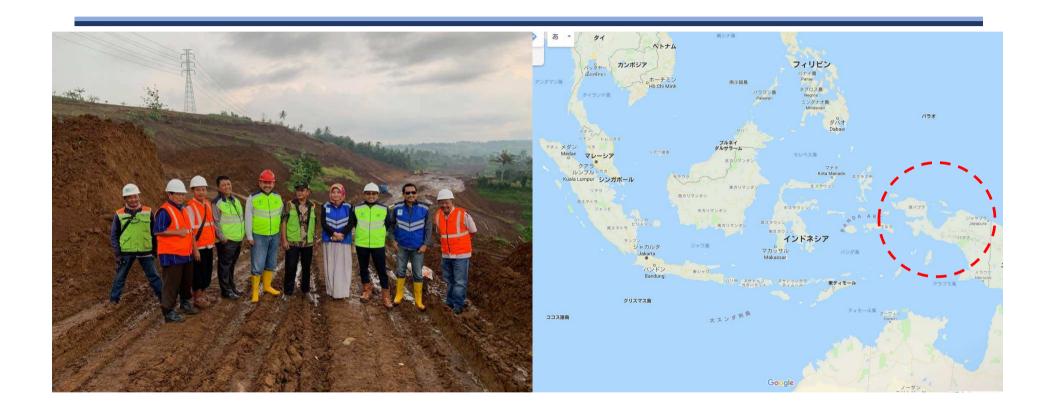






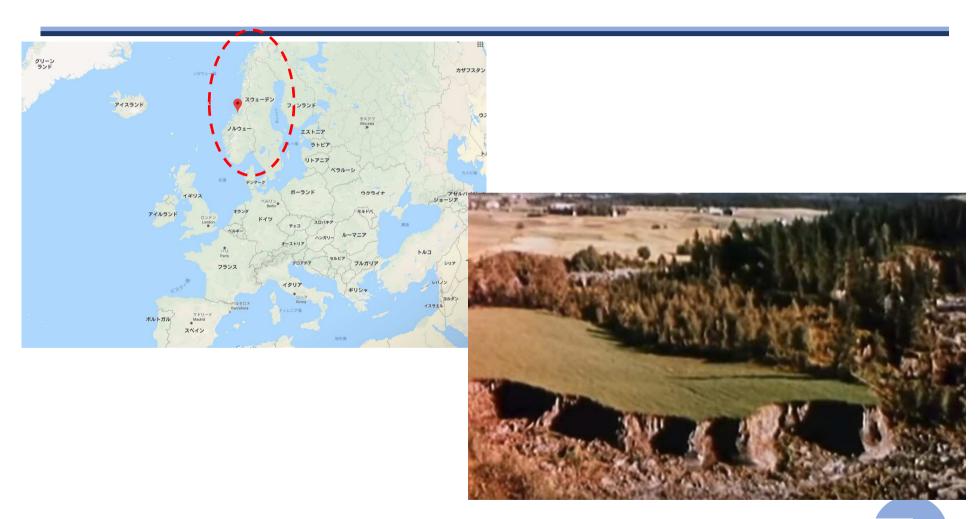


5. 海外における佐賀発の深層混合処理工法の展開 5.7 インドネシア・パプア島におけるラテライトの泥濘化





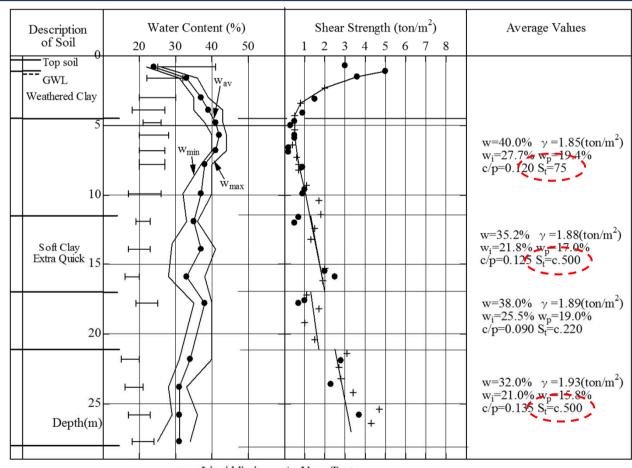
5. 海外における佐賀発の深層混合処理工法の展開 5.8 ノルウェーのクイッククレーに認められた大規模地すべり

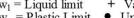






5. 海外における佐賀発の深層混合処理工法の展開 5.9 クイッククレーの土性図(Bjerrum, 1954)





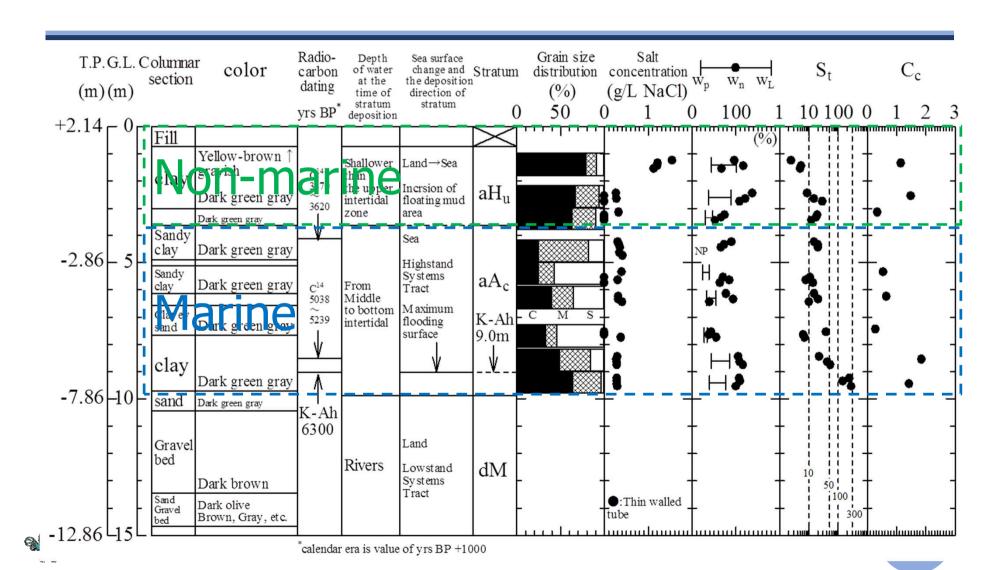
 w_1 = Liquid limit + Vane Tests w_p = Plastic Limit + Unconfined Compression Tests







5. 海外における佐賀発の深層混合処理工法の展開 5.10 有明粘土および蓮池粘土の鋭敏性と圧縮性





5. 海外における佐賀発の深層混合処理工法の展開 5.11 土の骨粗鬆化 (1)



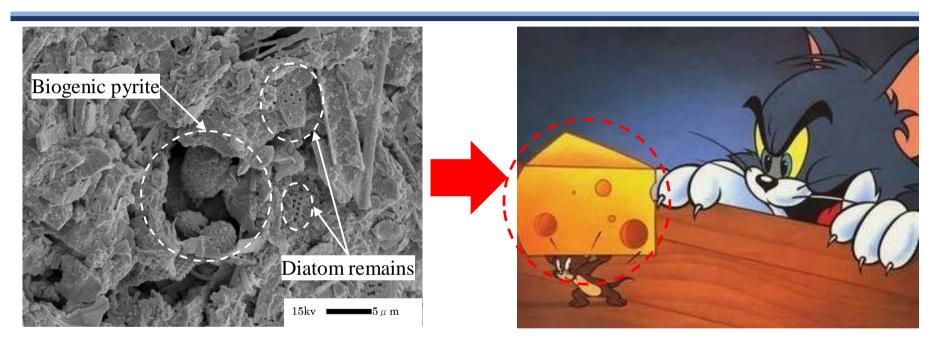
健全な骨の状態



骨粗鬆症を患わった骨の状態



5. 海外における佐賀発の深層混合処理工法の展開 5.11 土の骨粗鬆化 (2)



 $4FeS_2 + 8H_2O + 15O_2 \rightarrow 8H_2SO_4 + 2Fe_2O_3$

- $H_2SO_4 \rightarrow Acid$
- Fe₂O₃ \rightarrow Dark brown (or Red) color

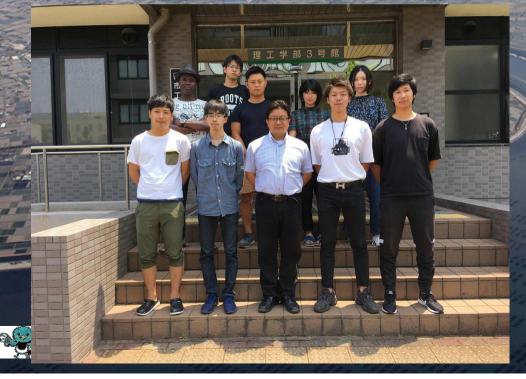






6. 研修項目のアウトライン

有明海沿岸道路(佐賀福富道路)・芦刈南ICの災害復旧 地盤改良工法における促進養生法の適用 深層混合処理工法の適用における地下水モニタリングの動向 海外における佐賀発の深層混合処理工法の展開



ご清聴いただき、 誠にありがとう ございました♪