



# セメント系固化材の概要

－ 地盤改良マニュアル改訂の  
ポイントを含めて －

一般社団法人 セメント協会

# ～ 本日の内容 ～

## 1. セメント系固化材の概要

- 1) セメントの原料と製造工程
- 2) セメント産業の廃棄物等の有効利用
- 3) セメント系固化材の種類と特徴

## 2. セメント系固化材を用いた地盤改良マニュアル第5版改訂

- 1) 地盤改良工法の分類
- 2) セメント系固化材を用いた地盤改良マニュアル第5版 改訂のポイント
  - ① 改良土の特性を示すデータの充実
  - ② 土壌汚染に関する法制度
  - ③ 国土強靱化基本法に伴う防災・減災を目的とした事例紹介を新たに章立てして解説
  - ④ 施工実績が増えた中層改良の解説
  - ⑤ 実施例を一新

# 土を固める技術の変遷

1930 年代

▶ 米国において、ソイルセメント(道路の路盤材)が広く使用される。

1950 年代

▶ 日本でもソイルセメントが活用されるが、粘性土を固化する場合、混合の均一性を確保するのが困難であることが明らかに。

1970 年代

## 【建設業界の情勢】

- ① 良質な砂質材料が枯渇の傾向
- ② 多量の土の運搬が建設公害と批判
- ③ 周辺地域に対する騒音、振動、泥土の飛散などの社会問題
- ④ 環境保全を目的としたヘドロの固化、産業廃棄物の有害物の封じ込め

社会的な背景をうけ、セメントメーカー各社が土を固めるためのセメント『セメント系固化材』の製造・販売を開始。

2000 年代

▶ 対象土質や固化材の配合条件により、改良土からの六価クロムの溶出量が土壤環境基準値(0.05mg/L)を超える場合があることから、六価クロム溶出を抑制する効果がある特殊土用固化材を開発。

## ★セメント系固化材とは・・・

JIS規格適合品のセメントを母材に特定成分や粒度の調整をした特殊セメント

# ～ 本日の内容 ～

## 1. セメント系固化材の概要

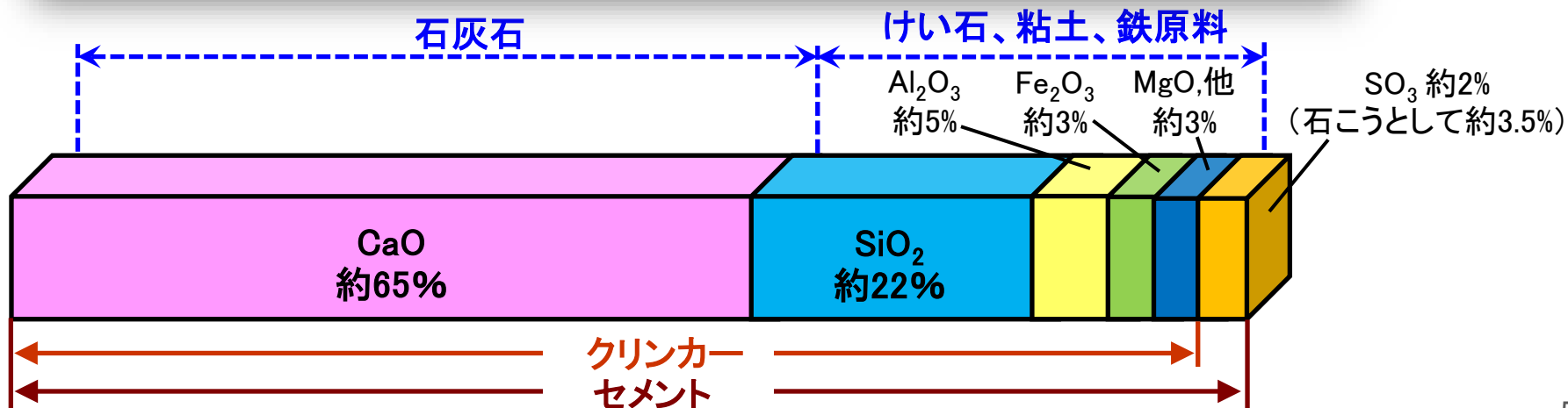
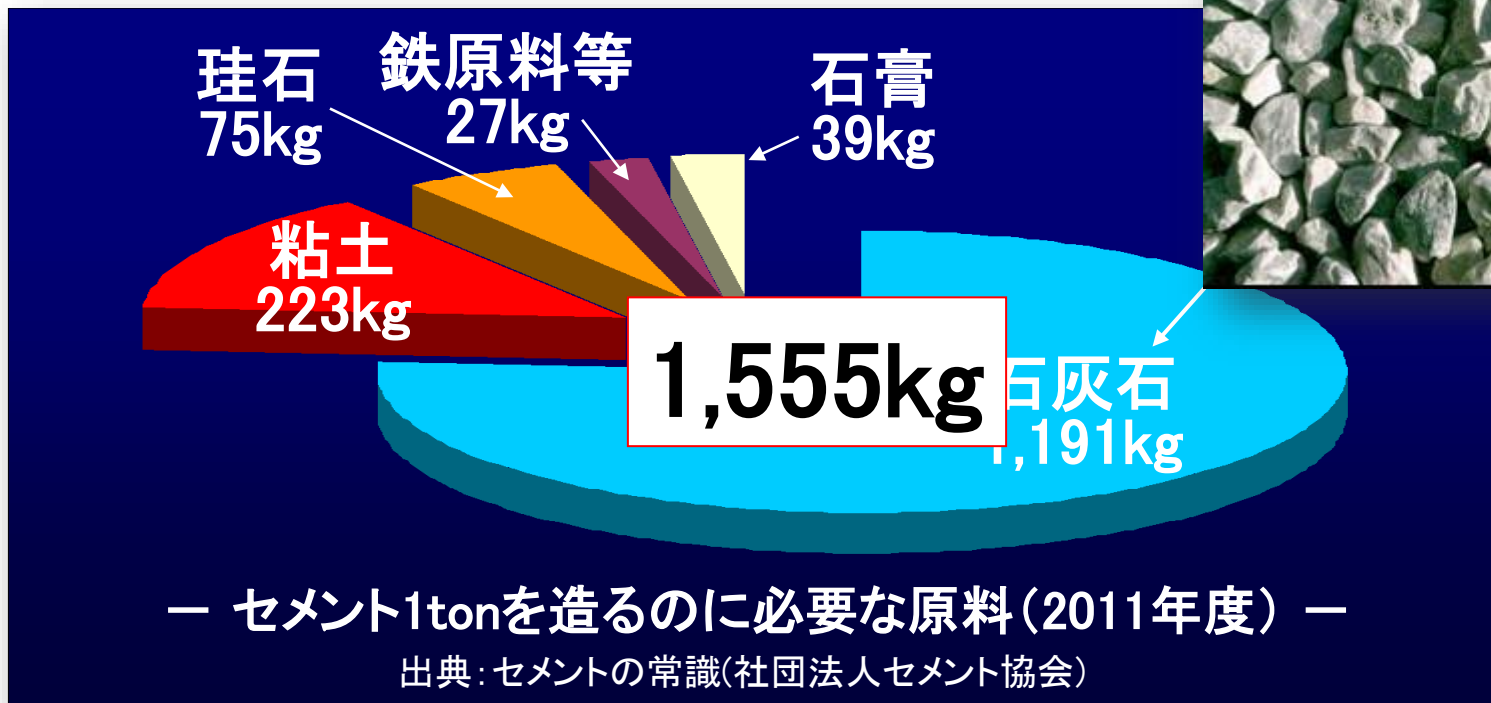
- 1) セメントの原料と製造工程
- 2) セメント産業の廃棄物等の有効利用
- 3) セメント系固化材の種類と特徴

## 2. セメント系固化材を用いた地盤改良マニュアル第5版改訂

- 1) 地盤改良工法の分類
- 2) セメント系固化材を用いた地盤改良マニュアル第5版 改訂のポイント
  - ① 改良土の特性を示すデータの充実
  - ② 土壌汚染に関する法制度
  - ③ 国土強靱化基本法に伴う防災・減災を目的とした事例紹介を新たに章立てして解説
  - ④ 施工実績が増えた中層改良の解説
  - ⑤ 実施例を一新



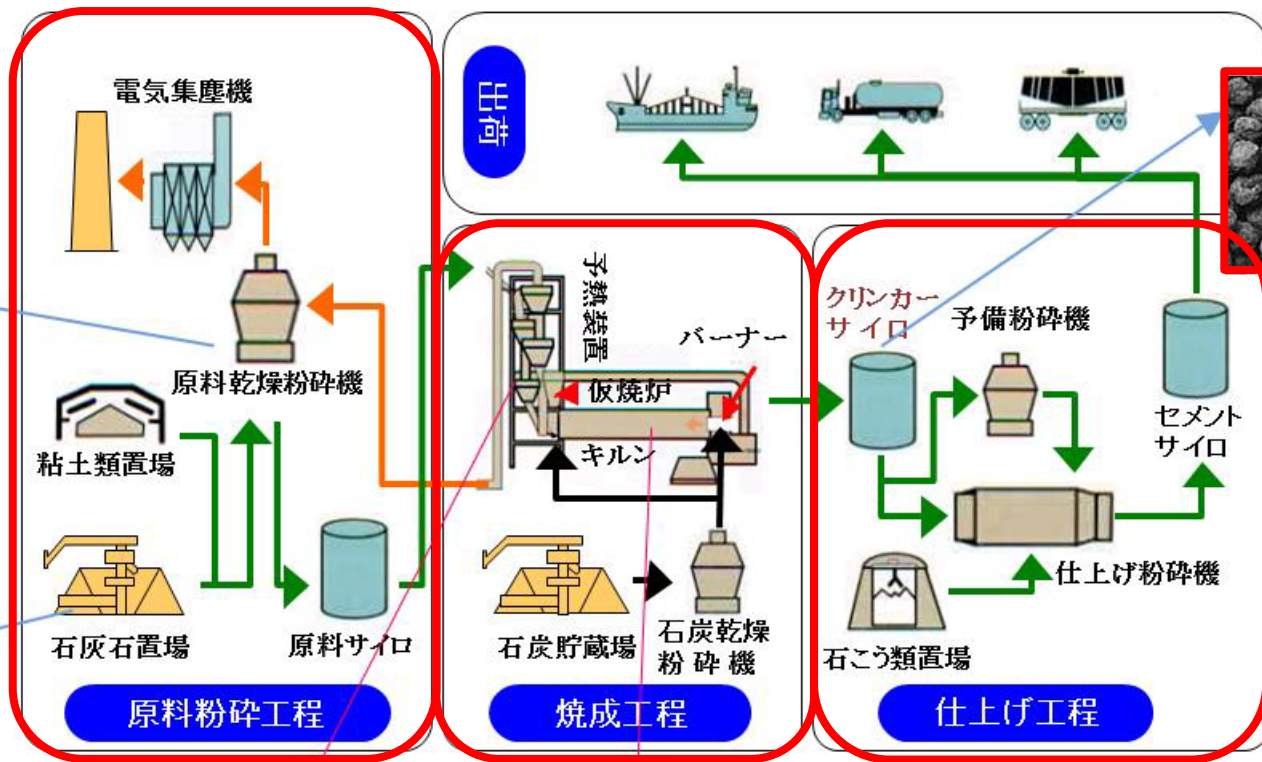
# セメントの原料



# セメントの製造工程



写真 1-3 たて製ミル



予熱装置



キルン



# セメント工場の焼成装置



予熱装置 (NSP方式)

回転窯 (ロータリーキルン)

回転窯 (ロータリーキルン)

## 回転窯 (ロータリーキルン)

直径: 4~6m 長さ: 60~100m 傾斜: 3~5% 回転数: 2~3/分  
平均的な焼き出し量(能力): 132トン/時間

出典: セメントの常識 2013 (セメント協会)



## セメントの種類（JIS規格）

分類	種類	特徴
ポルトランドセメント (JIS R 5210)	普通ポルトランドセメント	汎用セメント
	早強ポルトランドセメント	初期強度発現が優れる
	超早強ポルトランドセメント	初期強度発現がさらに優れる
	中庸熱ポルトランドセメント	水和熱が低い
	低熱ポルトランドセメント	水和熱がさらに低い
	耐硫酸塩ポルトランドセメント	耐硫酸塩性が優れる
混合セメント	高炉セメント(JIS R 5211)	高炉スラグを混合
	シリカセメント(JIS R 5212)	シリカ質混合材を混合
	フライアッシュセメント(JIS R 5213)	フライアッシュを混合
エコセメント(JIS R 5214)		都市ゴミ焼却灰、下水汚泥を主原料として製造

## ～ 本日の内容 ～

### 1. セメント系固化材の概要

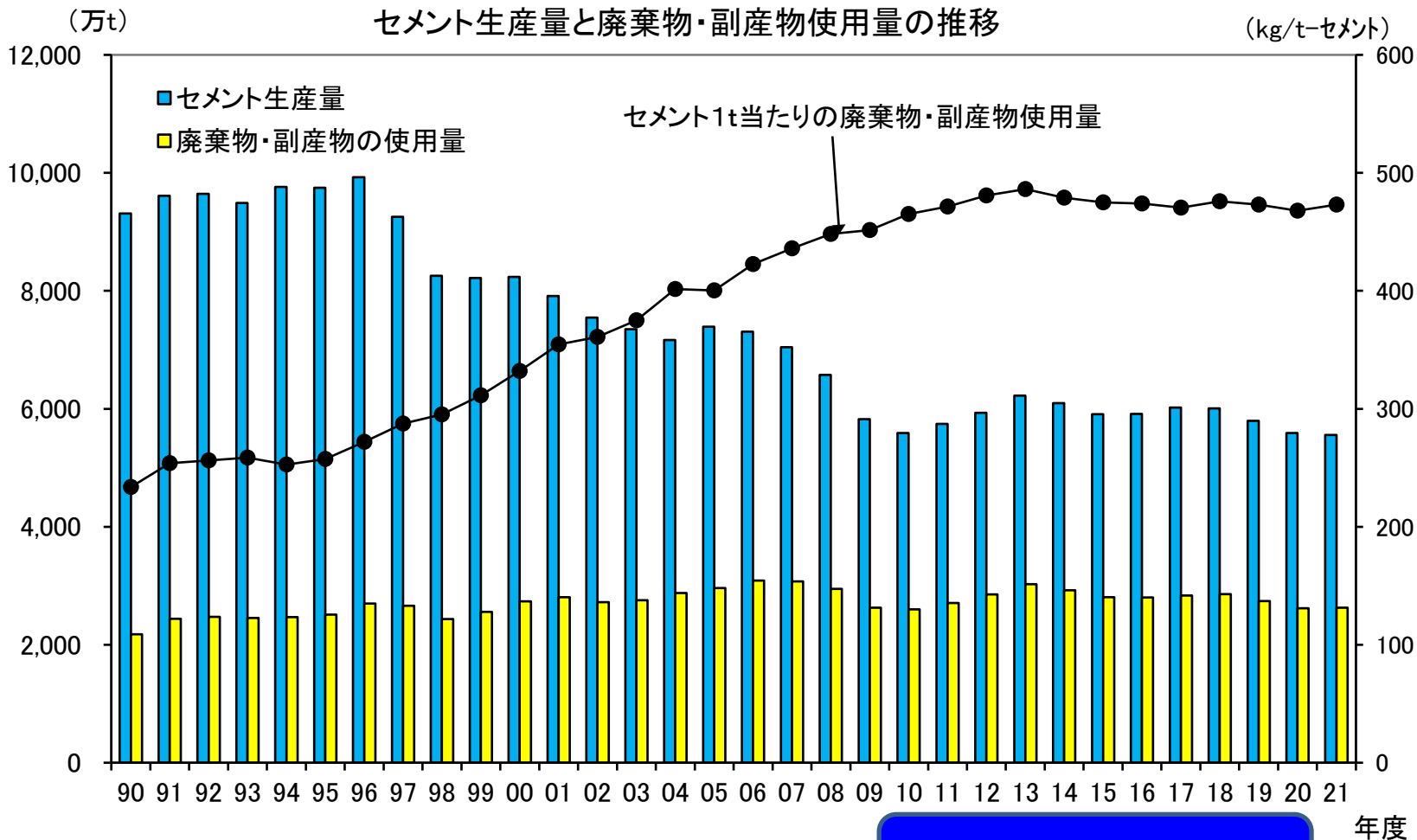
- 1) セメントの原料と製造工程
- 2) セメント産業の廃棄物等の有効利用**
- 3) セメント系固化材の種類と特徴

### 2. セメント系固化材を用いた地盤改良マニュアル第5版改訂

- 1) 地盤改良工法の分類
- 2) セメント系固化材を用いた地盤改良マニュアル第5版 改訂のポイント
  - ① 改良土の特性を示すデータの充実
  - ② 土壌汚染に関する法制度
  - ③ 国土強靱化基本法に伴う防災・減災を目的とした事例紹介を新たに章立てして解説
  - ④ 施工実績が増えた中層改良の解説
  - ⑤ 実施例を一新

# セメント産業で有効利用している廃棄物等の種類





《 2021年度の実績 》

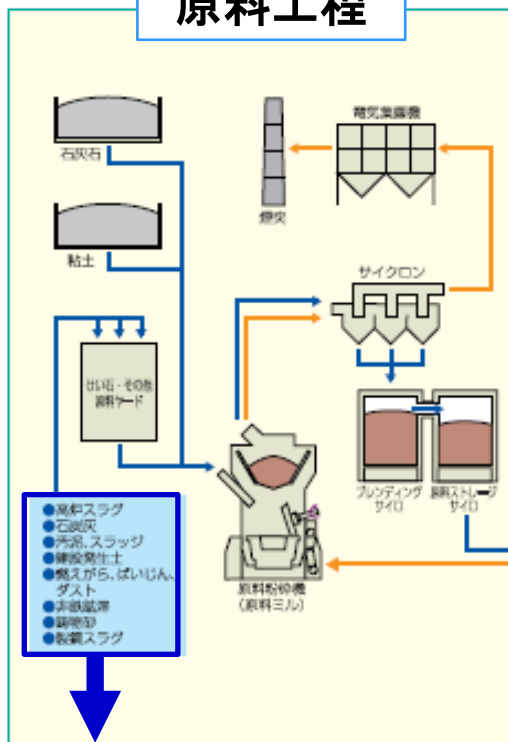
- ・セメント生産量 = 5,559万t
- ・廃棄物等の使用量 = 2,629万t

東京ドーム 約16杯分

セメント1t当たりの使用量=473 kg/t

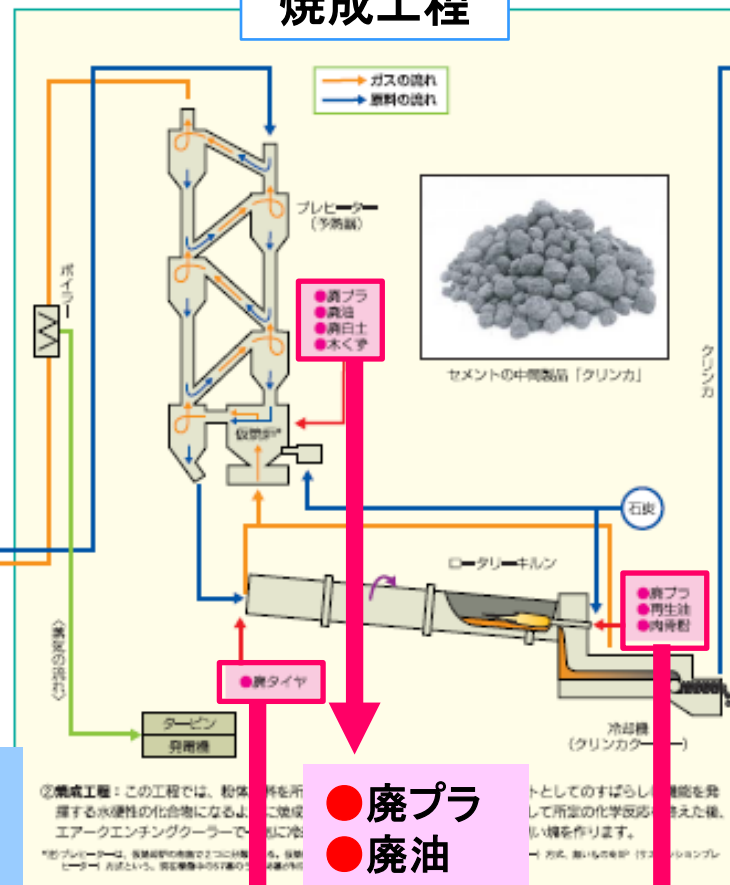
# 各製造工程での廃棄物等の有効利用

## 原料工程



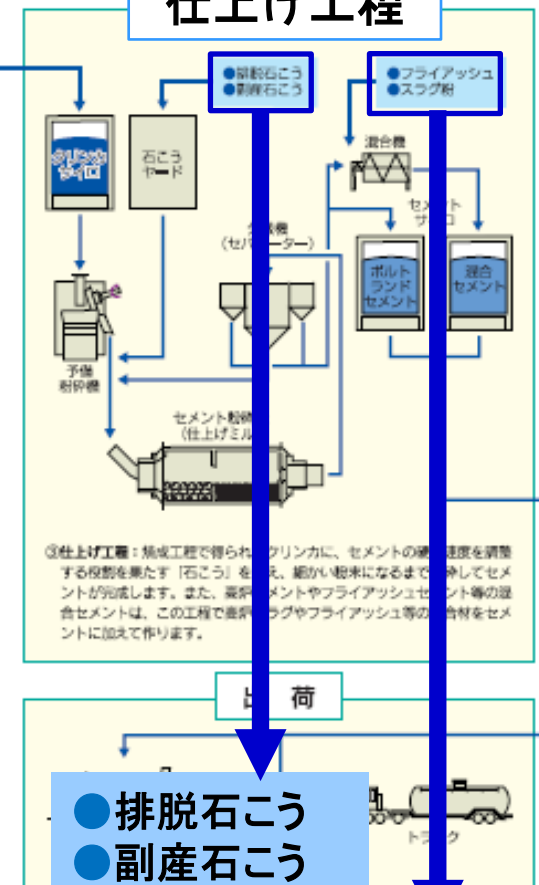
- 高炉スラグ
- 石炭灰
- 汚泥、スラッジ
- 建設発生土
- 燃えがら、ばいじん、ダスト
- 非鉄鉱滓
- 鋳物砂
- 鉄鋼スラグ

## 焼成工程



- 廃プラ
- 廃油
- 廃白土
- 木くず
- 廃タイヤ
- 廃プラ
- 再生油
- 肉骨粉

## 仕上げ工程



- 排脱石こう
- 副産石こう
- フライアッシュ
- スラグ粉



# 廃棄物等を熱エネルギーとして利用したときの特徴

## ■ 例えば、廃タイヤを利用する場合



### セメント製造に用いた場合

- ・ **可燃分は熱エネルギー**としてクリンカー製造に用いられる。
- ・ **スチール部はクリンカー原料**（鉄原料）として利用される。



### 焼却処分した場合

**スチール部等が『残さ』**として残る

セメント製造に廃棄物・副産物を利用した場合、二次的な廃棄物を発生させずに製品であるセメントを製造できる。

# セメント産業における廃棄物等の有効利用

## 利用できる理由

- セメントは大量生産されている。
- セメントの成分および廃棄物中の無機成分が酸化物であり**組成が一致**。
- 生成反応が二段階、**低発熱量のものでも熱量の一部として利用可能**。  
⇒ 1000℃脱炭酸、1450℃焼成
- 有害有機物はキルン内で**完全に分解、無害化**される。

## 利用のメリット

- 最終処分場の延命
- 石灰石や化石起源エネルギー等の**天然資源の節約**
- 廃棄物を焼却・埋立処分する際の環境負荷や処分場の維持管理において発生する**環境負荷の低減に寄与**
- ゴミ発電等で回収される熱エネルギー：20%程度  
⇒ **セメントキルンでの熱回収効率：70%以上**

✓循環型社会の構築  
✓社会全体での  
省エネに貢献

# ～ 本日の内容 ～

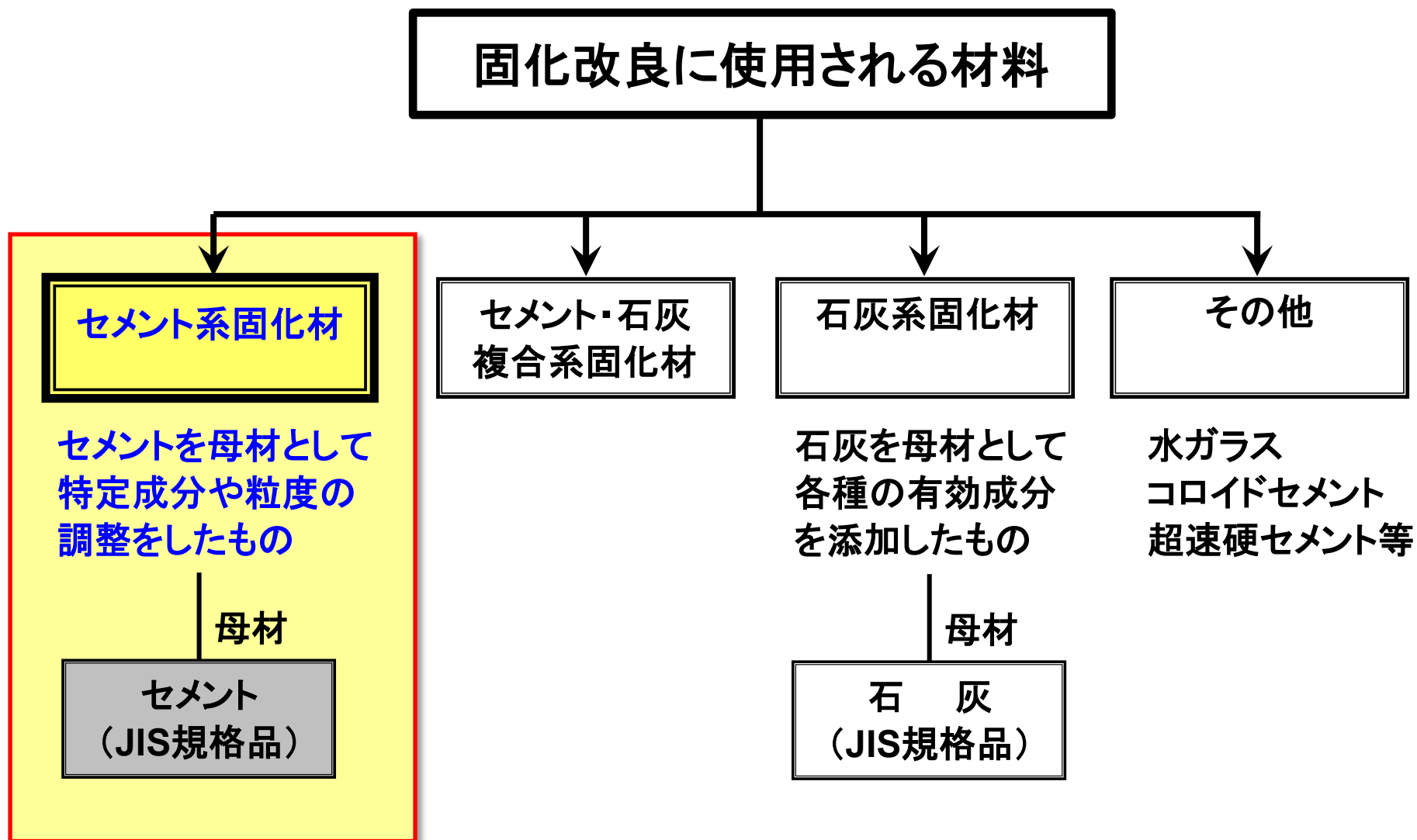
## 1. セメント系固化材の概要

- 1) セメントの原料と製造工程
- 2) セメント産業の廃棄物等の有効利用
- 3) セメント系固化材の種類と特徴**

## 2. セメント系固化材を用いた地盤改良マニュアル第5版改訂

- 1) 地盤改良工法の分類
- 2) セメント系固化材を用いた地盤改良マニュアル第5版 改訂のポイント
  - ① 改良土の特性を示すデータの充実
  - ② 土壌汚染に関する法制度
  - ③ 国土強靱化基本法に伴う防災・減災を目的とした事例紹介を新たに章立てして解説
  - ④ 施工実績が増えた中層改良の解説
  - ⑤ 実施例を一新

# セメント系固化材の位置付け



## 主なセメント系固化材の種類と特徴

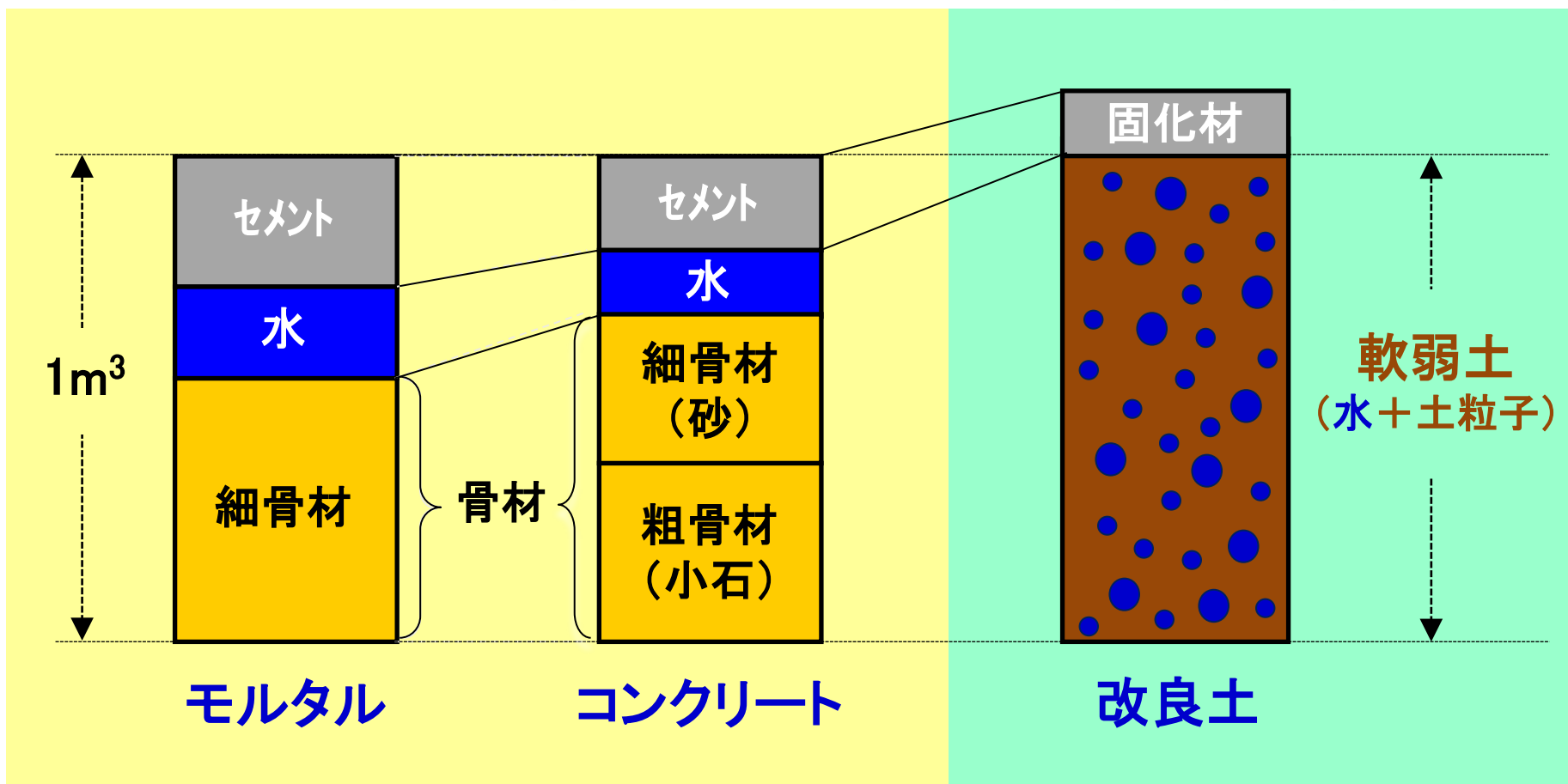
種 類		特 徴
汎用固化材	特殊土用	軟弱地盤(砂質土・シルト・粘土・火山灰質土)に幅広く使用できるほか、改良土からの六価クロム溶出を抑制する効果がある固化材
	一般軟弱土用	軟弱地盤に幅広く使用できる固化材
高有機質土用固化材		腐植土・有機質土・泥土等有機物含有量の多い土に効果がある固化材
発塵抑制型固化材		粉体で使用した場合に発塵の少ない固化材

上記以外に泥炭用、超軟弱地盤用など各種用途に応じた固化材が開発されている

# セメントの使われ方 と 固化材の使われ方

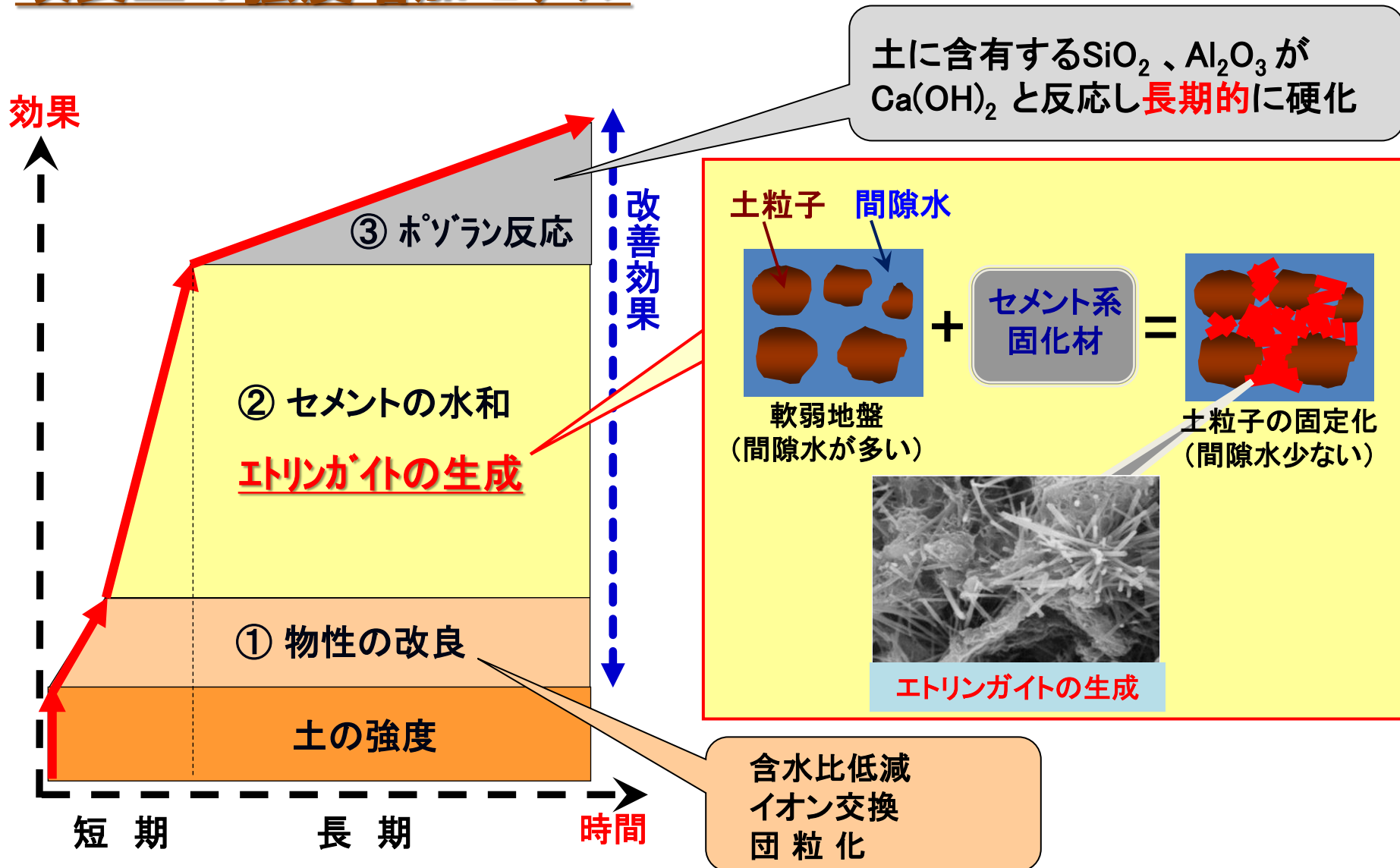
— セメントの場合 —

— 固化材の場合 —

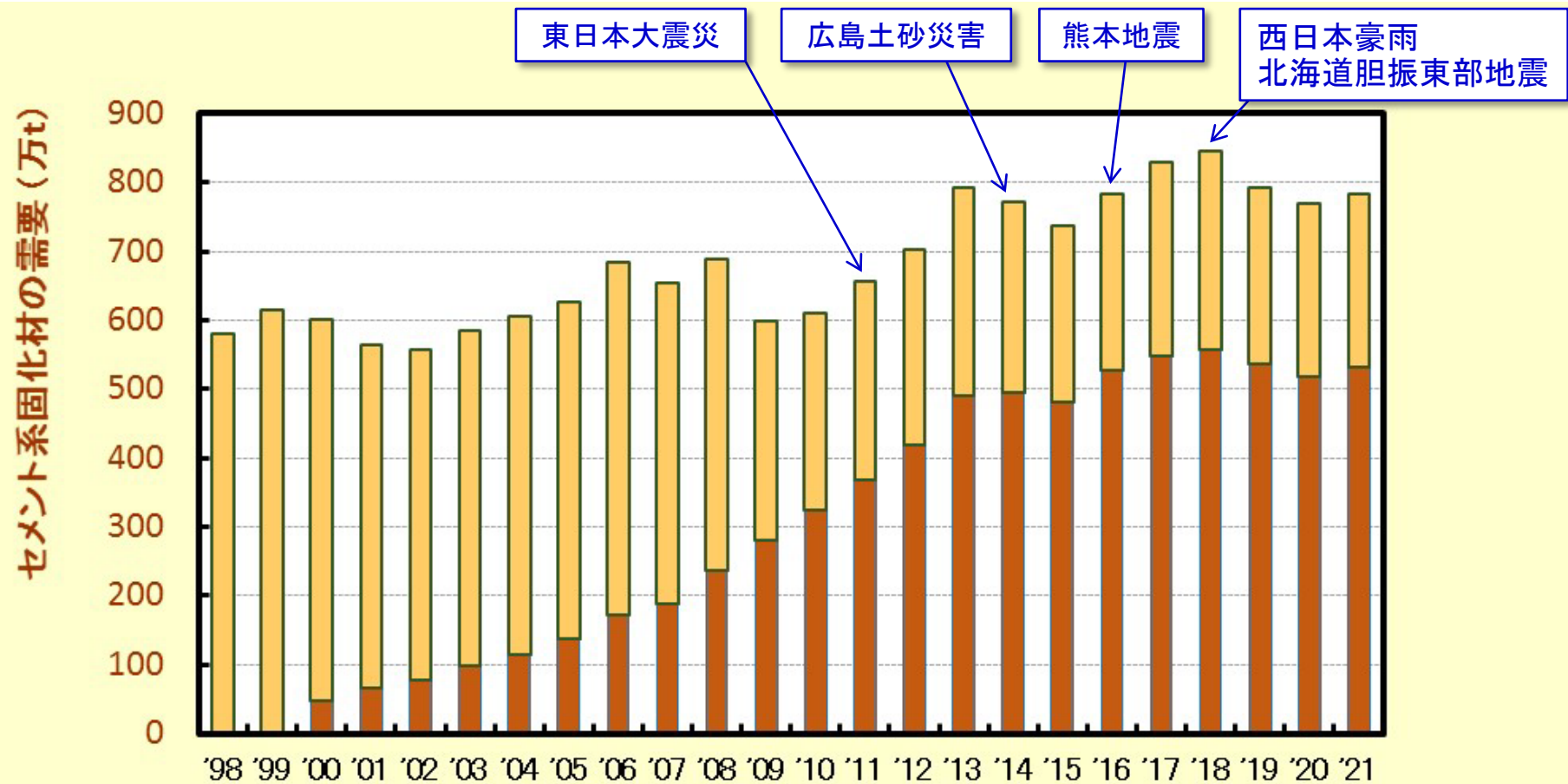


注) 割合は質量比で、おおよその目安

# 改良土の強度増加モデル



# セメント系固化材の需要推移



- ・建設リサイクル法
- ・六価クロム通達(建設省)
- ・特殊土用固化材販売開始
- ・住宅品質確保促進法

・土壌汚染対策法

・建築基準法改正

- ・住宅瑕疵担保履行法
- ・土壌汚染対策法改正

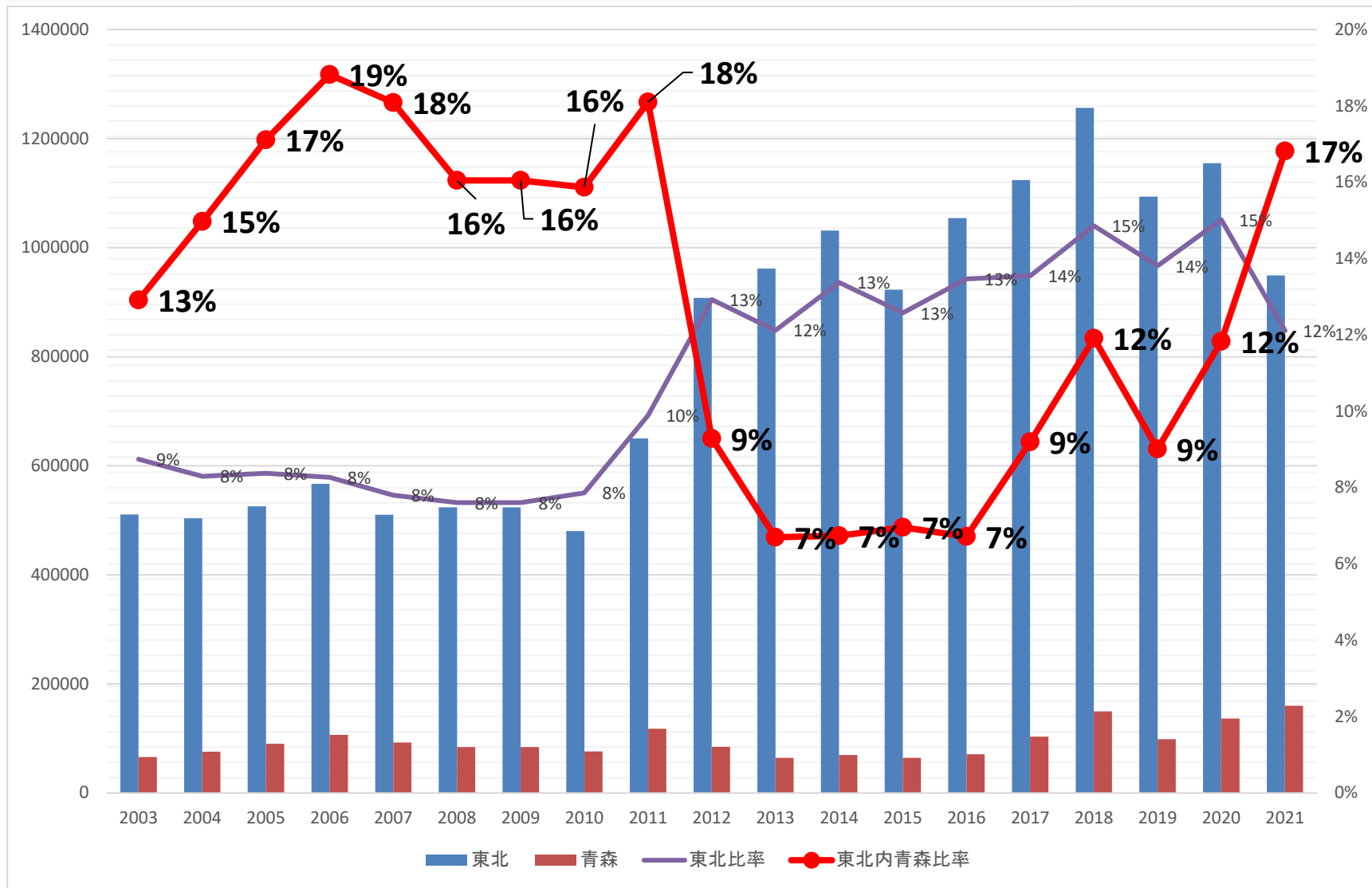
・国土強靱化基本法

・建築センター指針改訂

・土壌汚染対策法一部改正



# セメント系固化材の需要推移 (東北・青森)



## ～ 本日の内容 ～

### 1. セメント系固化材の概要

- 1) セメントの原料と製造工程
- 2) セメント産業の廃棄物等の有効利用
- 3) セメント系固化材の種類と特徴

### 2. セメント系固化材を用いた地盤改良マニュアル第5版改訂

- 1) 地盤改良工法の分類
- 2) セメント系固化材を用いた地盤改良マニュアル第5版 改訂のポイント
  - ① 改良土の特性を示すデータの充実
  - ② 土壌汚染に関する法制度
  - ③ 国土強靱化基本法に伴う防災・減災を目的とした事例紹介を新たに章立てして解説
  - ④ 施工実績が増えた中層改良の解説
  - ⑤ 実施例を一新

# ～ 本日の内容 ～

## 1. セメント系固化材の概要

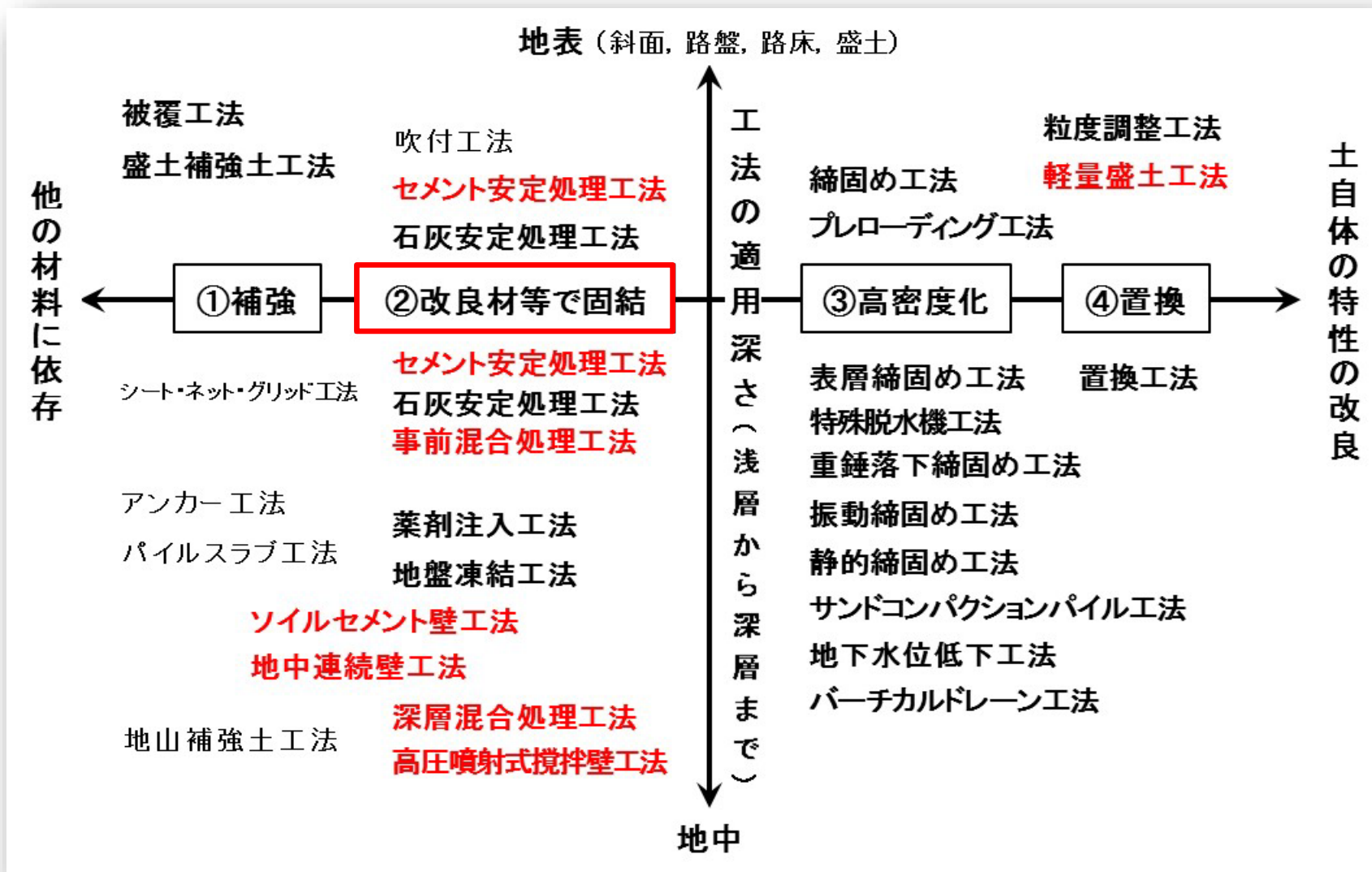
- 1) セメントの原料と製造工程
- 2) セメント産業の廃棄物等の有効利用
- 3) セメント系固化材の種類と特徴

## 2. セメント系固化材を用いた地盤改良マニュアル第5版改訂

### 1) 地盤改良工法の分類

- 2) セメント系固化材を用いた地盤改良マニュアル第5版 改訂のポイント
  - ① 改良土の特性を示すデータの充実
  - ② 土壌汚染に関する法制度
  - ③ 国土強靱化基本法に伴う防災・減災を目的とした事例紹介を新たに章立てして解説
  - ④ 施工実績が増えた中層改良の解説
  - ⑤ 実施例を一新

# 軟弱地盤の性状を改良するための手段



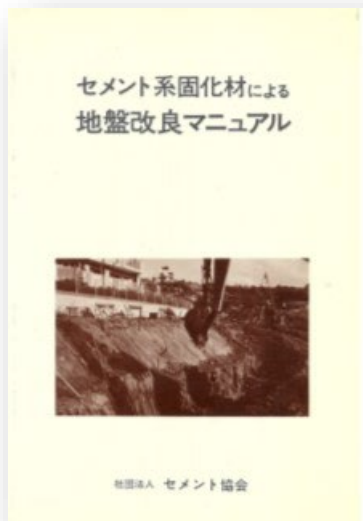
# ～ 本日の内容 ～

## 1. セメント系固化材の概要

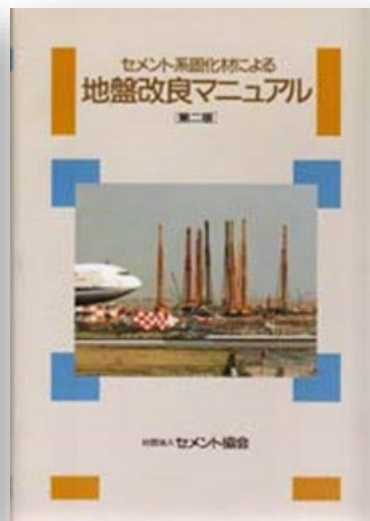
- 1) セメントの原料と製造工程
- 2) セメント産業の廃棄物等の有効利用
- 3) セメント系固化材の種類と特徴

## 2. セメント系固化材を用いた地盤改良マニュアル第5版改訂

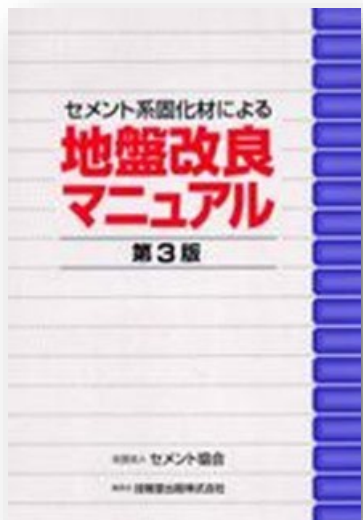
- 1) 地盤改良工法の分類
- 2) セメント系固化材を用いた地盤改良マニュアル第5版 改訂のポイント**
  - ① 改良土の特性を示すデータの充実
  - ② 土壌汚染に関する法制度
  - ③ 国土強靱化基本法に伴う防災・減災を目的とした事例紹介を新たに章立てして解説
  - ④ 施工実績が増えた中層改良の解説
  - ⑤ 実施例を一新



第1版：1985年 発刊



第2版：1994年 発刊



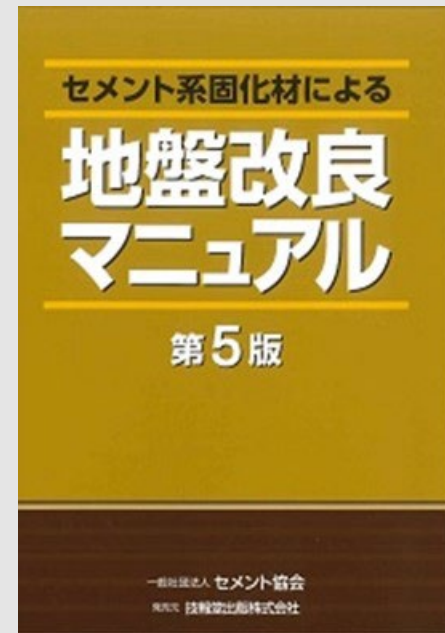
第3版：2003年 発刊



第4版：2012年 発刊

# セメント系固化材による 地盤改良マニュアル

## 最新第5版 発刊しました。



1985年に初版を発刊し、以降ほぼ9年ごとに改訂を重ねてきた本書の第5版が完成しました。災害からの強化復旧、大規模災害への対策、ICTの活用、最新技術データ・指針類の反映など、頁数・図表数を増やしての改訂です。

## 第5版 改訂のポイント

- ① 最新の技術データ・指針類を用いて全章の内容を見直し。
- ② セメント系固化材の特徴と固化の原理をよりわかりやすく解説。
- ③ 浅層改良および深層改良に加えて、近年使用実績が増えている中層改良についても記述。
- ④ 大規模災害におけるセメント系固化材の活用方法やその適用について新章を設けて解説。
- ⑤ 実施例をすべて刷新。15事例を紹介。

A5判 502頁  
税込定価 6600円

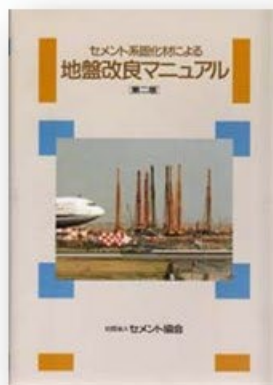
1. セメント系固化材とその適用
2. セメント系固化材による地盤改良の原理と改良土の特性
3. 地盤改良にあたっての事前調査および試験
4. 浅層改良・中層改良
5. 深層改良
6. 建築物のための地盤改良
7. 発生土の改良
8. 環境と固化処理
9. 災害に強いセメント系固化材 **新章**
10. 実施例



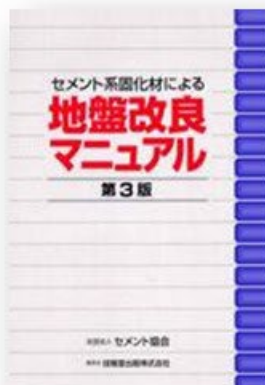
# ほぼ9年ごとに改訂



1985



1994



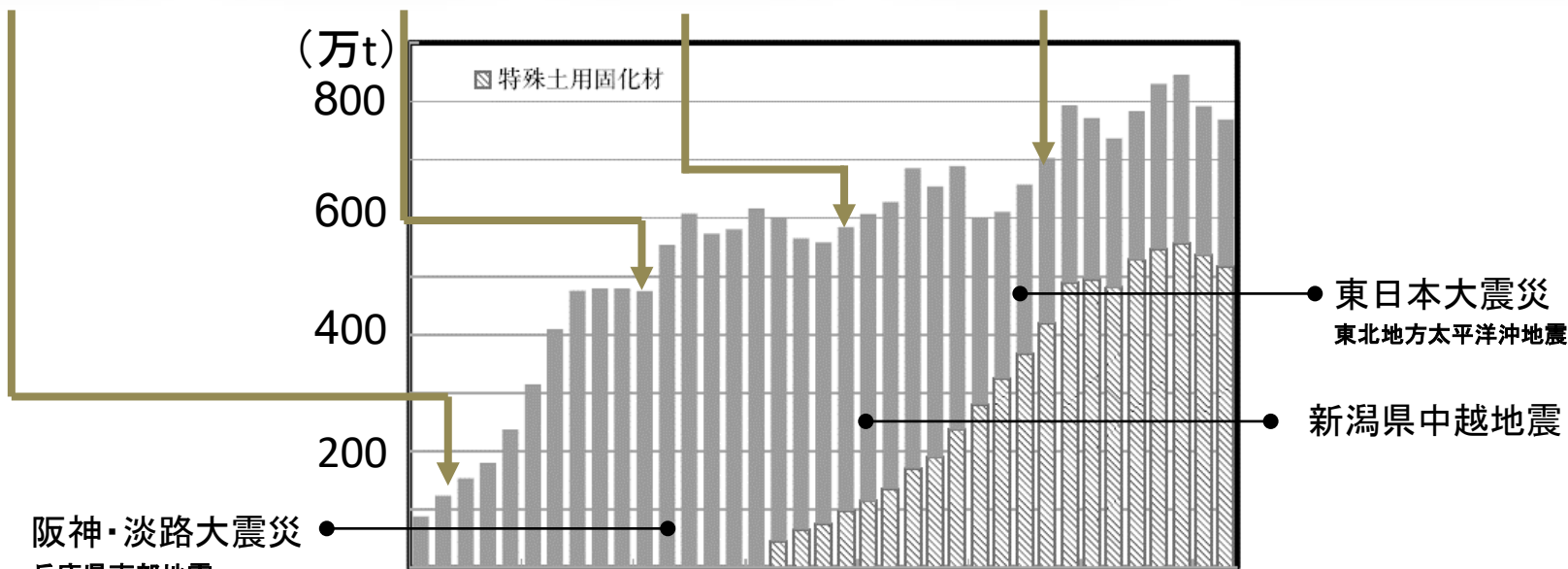
2003



2012



2021



セメント系固化材の販売実績の推移

# ～ 本日の内容 ～

## 1. セメント系固化材の概要

- 1) セメントの原料と製造工程
- 2) セメント産業の廃棄物等の有効利用
- 3) セメント系固化材の種類と特徴

## 2. セメント系固化材を用いた地盤改良マニュアル第5版改訂

- 1) 地盤改良工法の分類
- 2) セメント系固化材を用いた地盤改良マニュアル第5版 改訂のポイント

### ① 改良土の特性を示すデータの充実

### ② 土壌汚染に関する法制度

### ③ 国土強靱化基本法に伴う防災・減災を目的とした事例紹介を新たに章立てして解説

### ④ 施工実績が増えた中層改良の解説

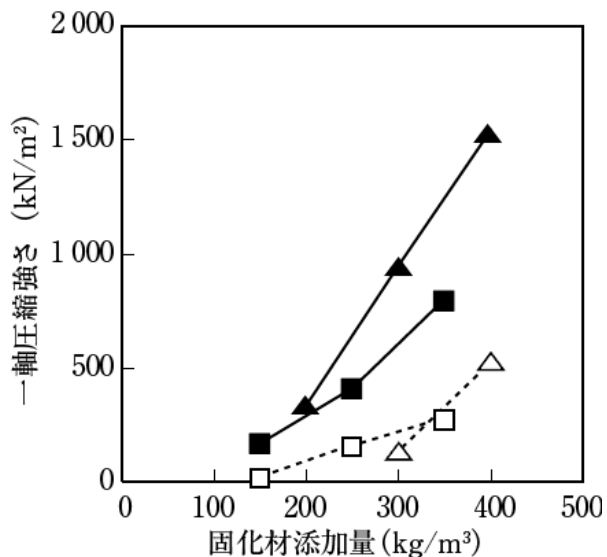
### ⑤ 実施例を一新



## 2.2.4 改良効果に及ぼす土質の影響

### 汎用固化材と高炉セメントB種の比較

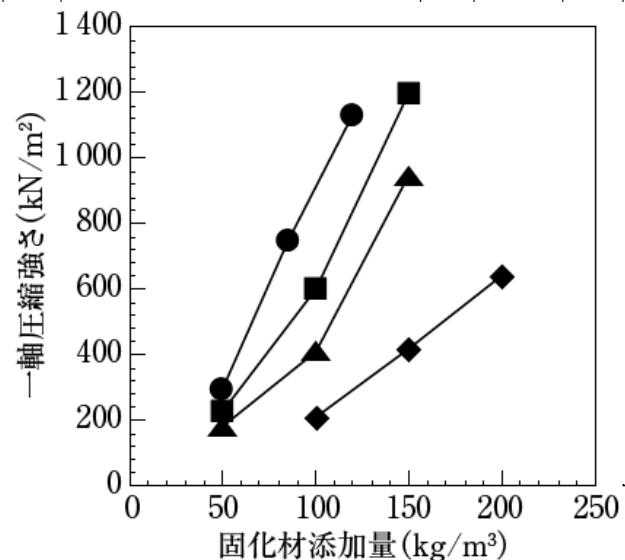
汎用 固化材	高炉 セメントB種	土質(産地)	$w_n$ (%)	$\rho_t$ (Mg/m <sup>3</sup> )
▲	△	火山灰質粘性土(埼玉県)	125.6	1.360
■	□	泥炭(北海道)	628.9	1.018



固化材添加量を一定の場合の強度：  
汎用固化材 > 高炉セメント

### 改良対象土の土質による影響

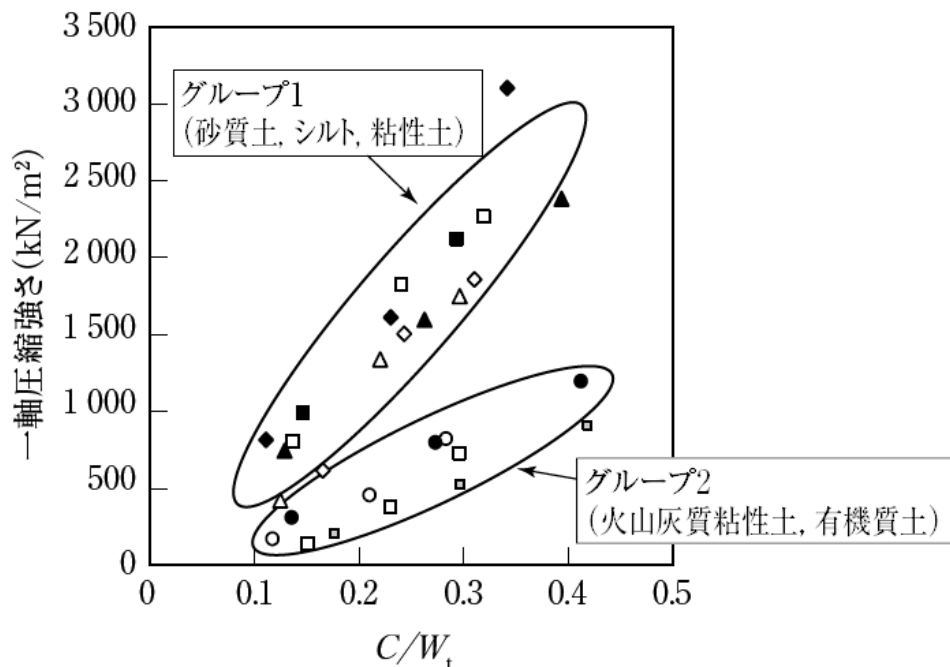
凡例	土質(産地)	$w_n$ (%)	$\rho_t$ (Mg/m <sup>3</sup> )	添加方法
●	砂質土(SM)(静岡県)	44.1	1.705	粉体
■	シルト(MH)(東京都)	64.9	1.673	
▲	粘性土(CH)(東京都)	72.3	1.652	
◆	火山灰質粘性土(VH <sub>2</sub> )(神奈川県)	98.5	1.413	



固化材添加量を一定の場合の強度：  
砂質土 > シルト > 粘性土 > 火山灰質粘性土

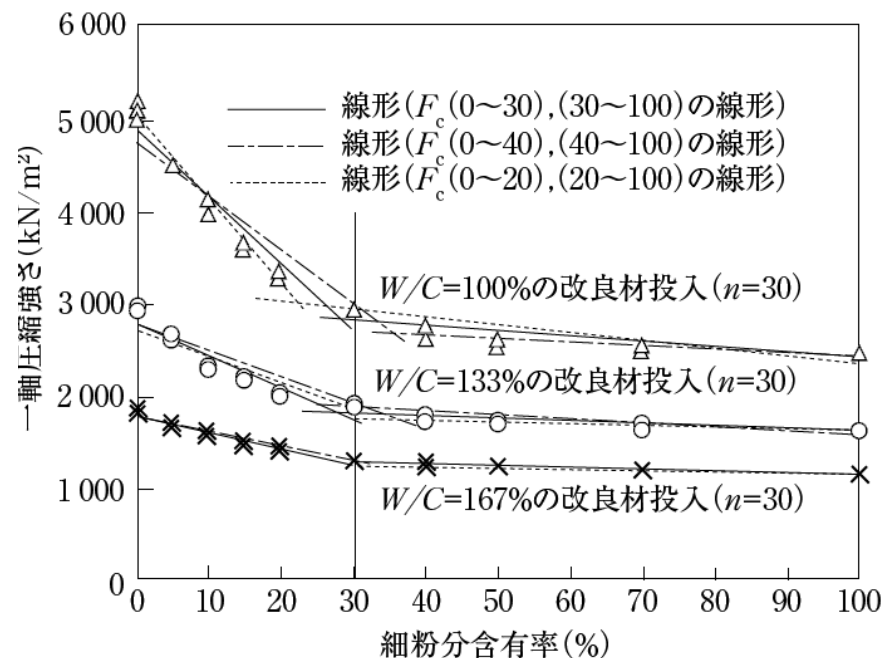
## 2.2.4 改良効果に及ぼす土質の影響

### 土の水分量の影響



改良対象土の含水比が高い  
⇒土の改良強度は小さい

### 粒度構成の影響

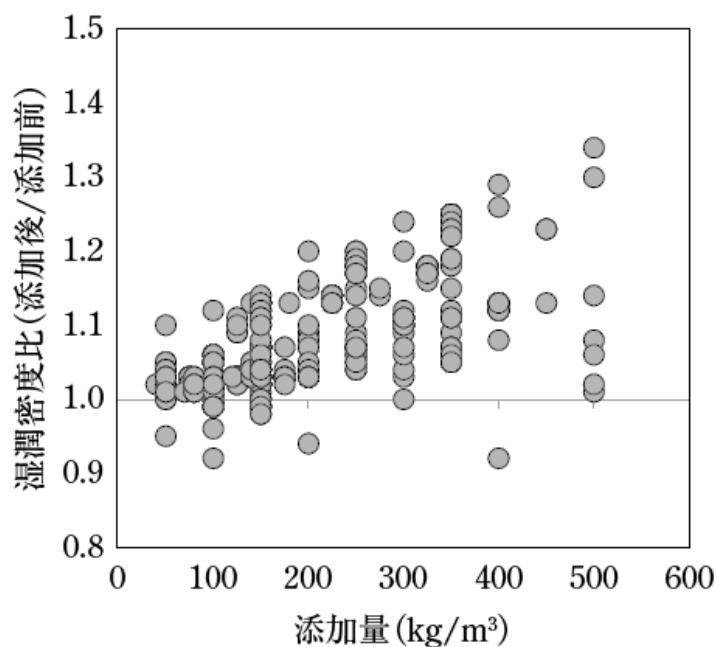


改良対象土の細粒分が多い  
⇒改良土の強度は小さい

## 2.3 改良土の特性

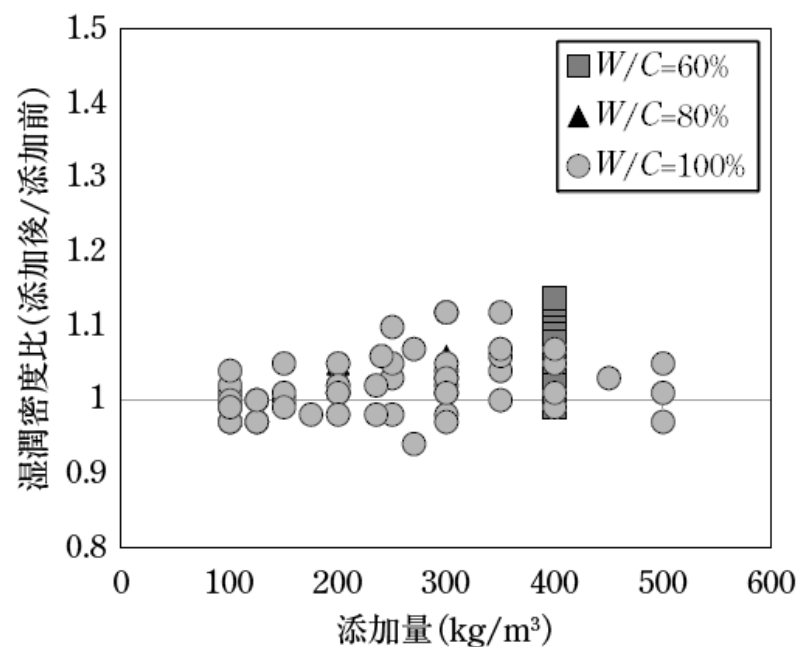
### 2.3.1 改良土の湿潤密度

(a) 粉体添加



(a) 粉体添加

(b) スラリー添加



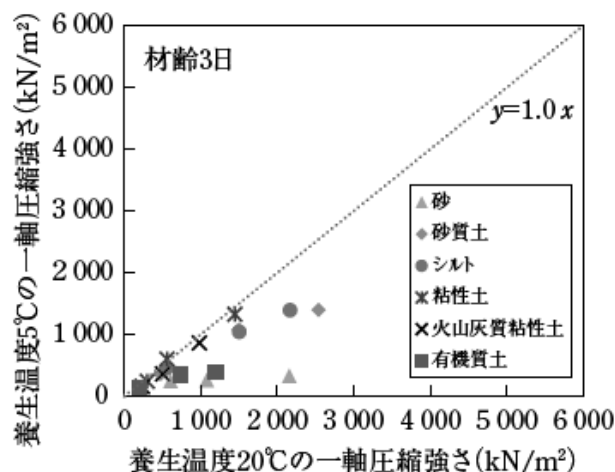
(b) スラリー添加

セメント系固化材を粉体で添加した場合，添加前と比較して添加後の湿潤密度は若干増加する傾向にある。

## 2.3.2 改良土の強度特性

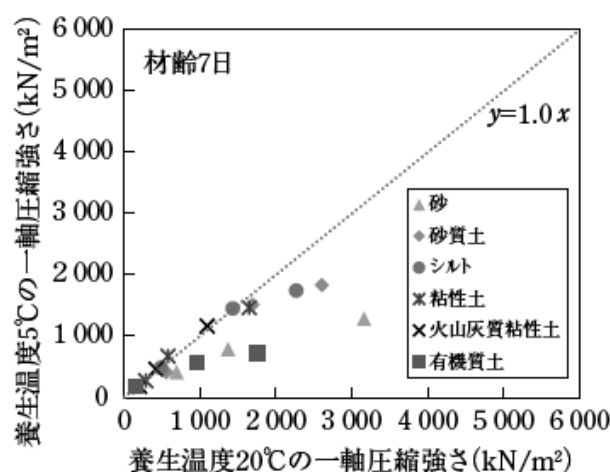
温度による影響(低温)

温度5°Cと20°Cの関係(材齢3日)



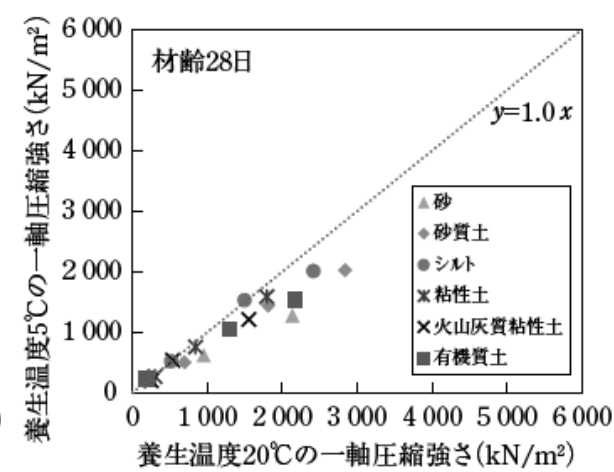
(a) 温度5°Cと20°Cの関係(材齢3日)

(材齢7日)



(c) 温度5°Cと20°Cの関係(材齢7日)

(材齢28日)



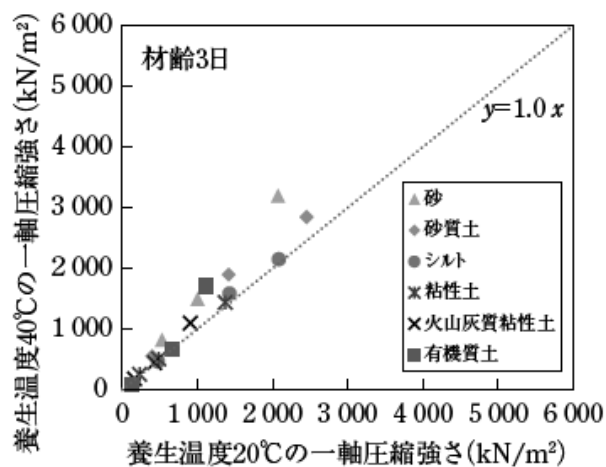
(e) 温度5°Cと20°Cの関係(材齢28日)

材齢3, 7日の一軸圧縮強さは、養生温度が5°Cの場合に低下する傾向が大きい。とくに、砂と有機質土が養生温度5°Cの場合に低下する傾向が大きい。

## 2.3.2 改良土の強度特性

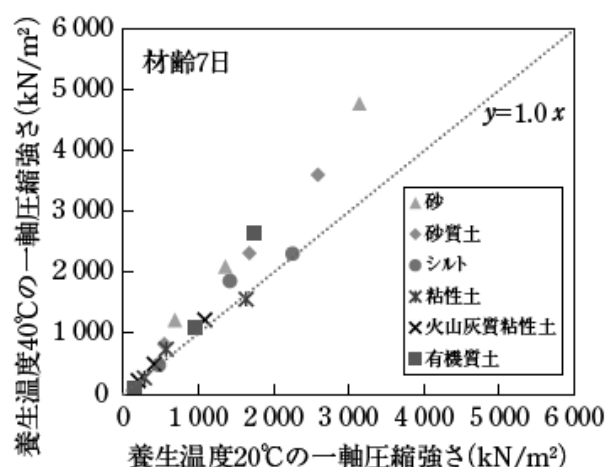
温度による影響(高温)

温度40℃と20℃の関係(材齢3日)



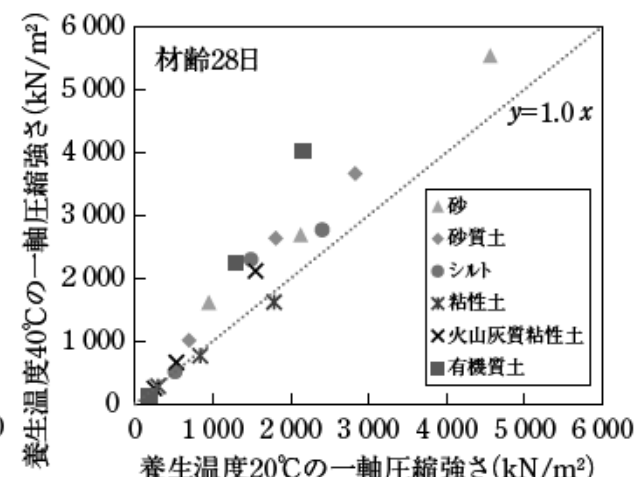
(b) 温度40℃と20℃の関係(材齢3日)

(材齢7日)



(d) 温度40℃と20℃の関係(材齢7日)

(材齢28日)



(f) 温度40℃と20℃の関係(材齢28日)

養生温度が高いとき材齢初期の強度発現が良好となる。  
また、材齢28日の一軸圧縮強さは増加する傾向にある。

## 2.3.2 改良土の強度特性

一軸圧縮強さと変形係数との関係

誤 :  $\text{kN/m}^2$   
正 :  $\text{MN/m}^2$

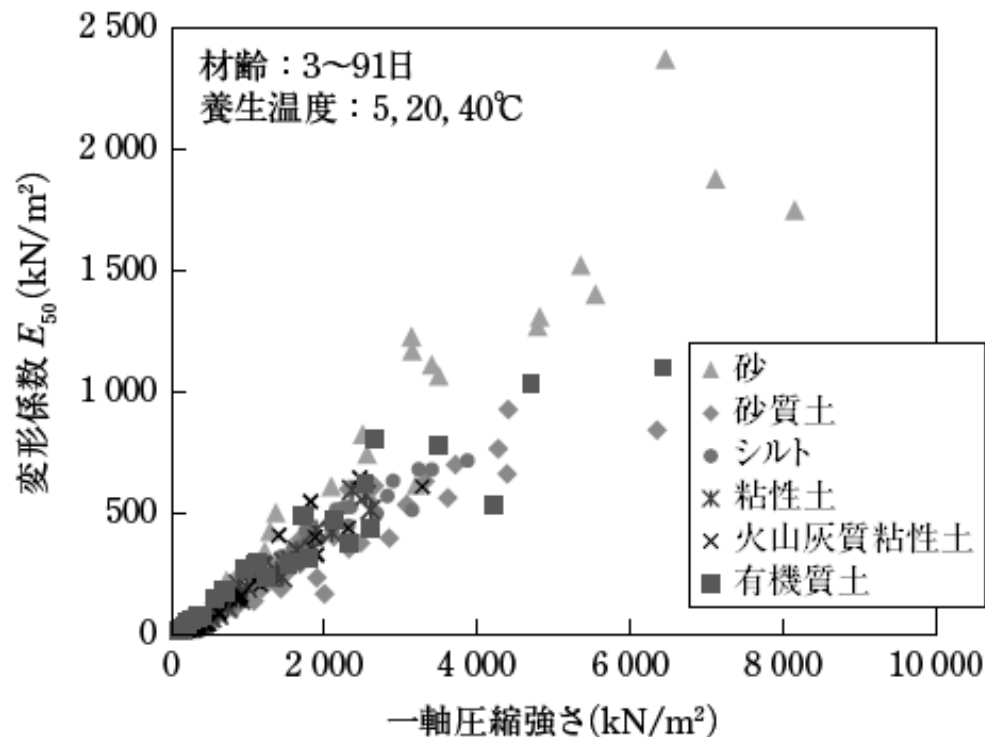


図-2.31 一軸圧縮強さと変形係数との関係<sup>36)</sup>

- 一軸圧縮強さが高いほど変形係数が高い傾向。
- 2000 $\text{kN/m}^2$ 程度までの範囲において、改良対象土の種類によらず変形係数と一軸圧縮強さは比例関係

## 2.3.2 改良土の強度特性

一軸圧縮強さと針貫入勾配との関係

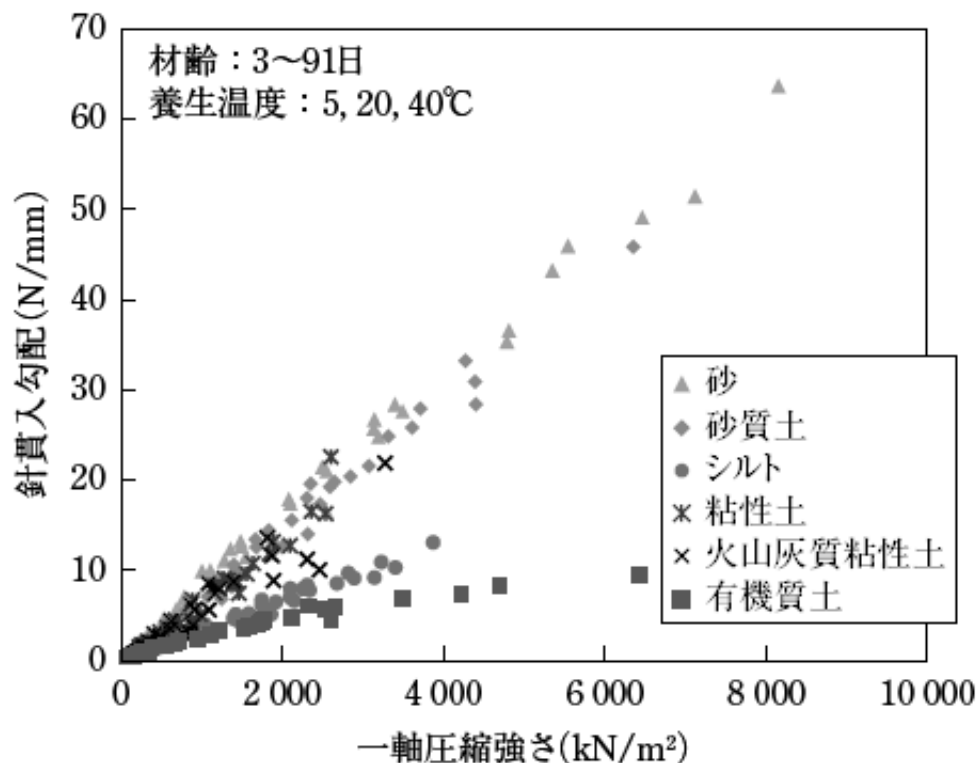


図-2.32 一軸圧縮強さと針貫入勾配との関係<sup>36)</sup>

2章65頁

直線の傾きが改良対象土の種類によって異なる。  
同一の改良対象土では一軸圧縮強さと針貫入勾配は線形関係

## 2.3.2 改良土の強度特性

一軸圧縮強さと割裂引張強さとの関係

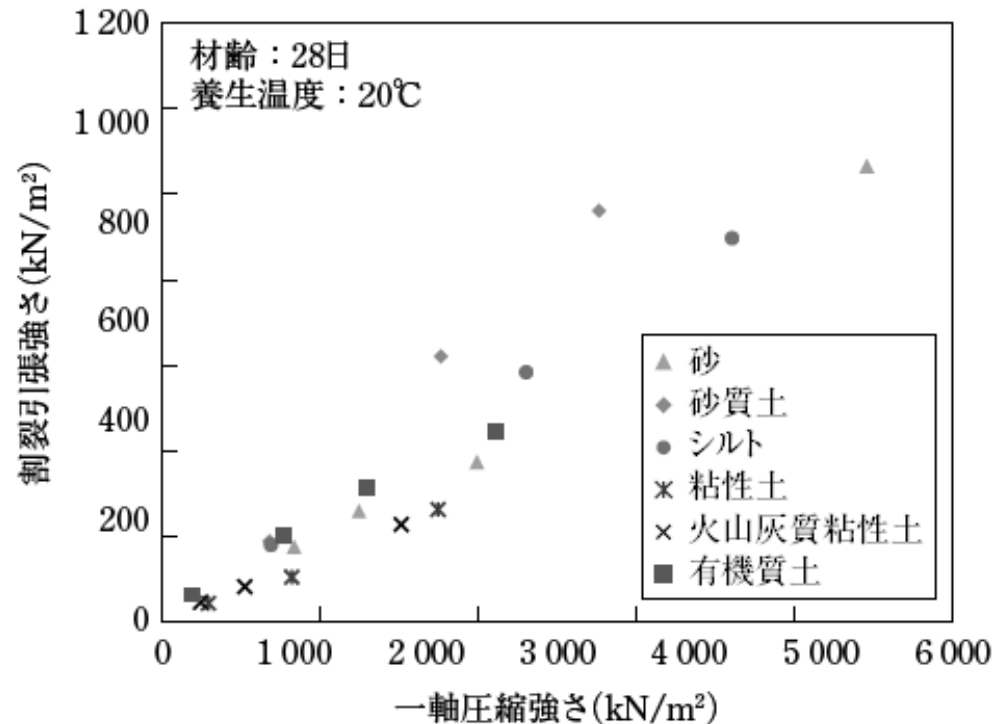
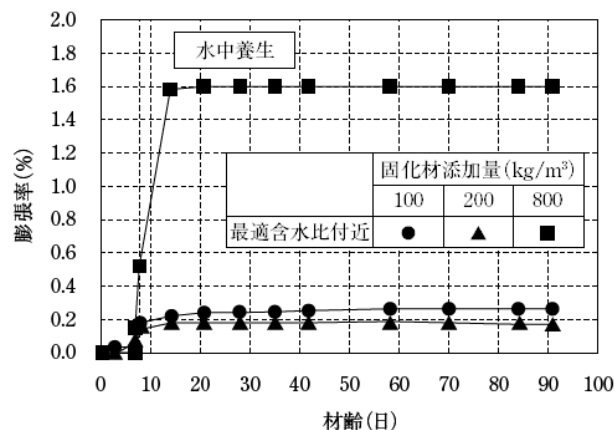


図-2.33 一軸圧縮強さと割裂引張強さとの関係<sup>36)</sup>

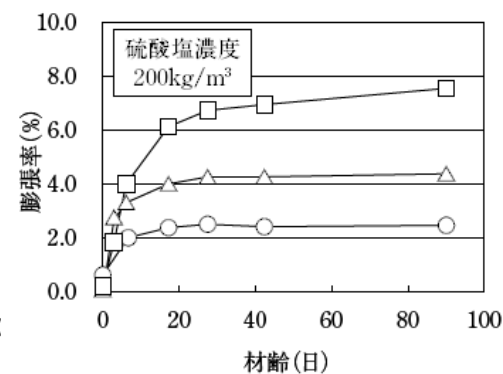
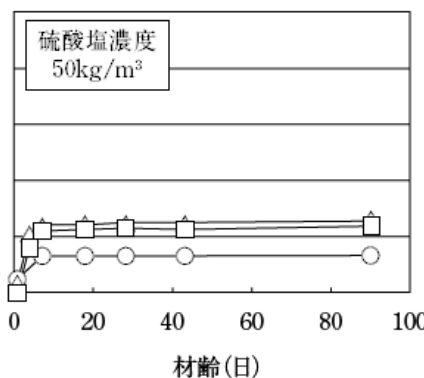
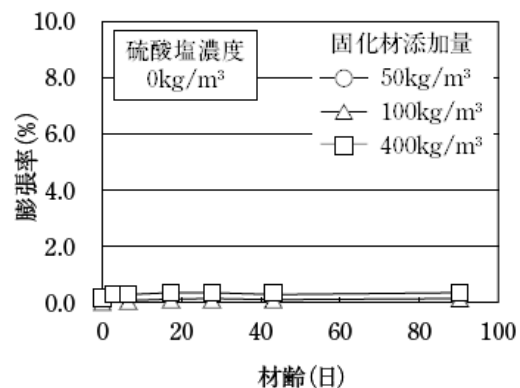


## 2.3.3 改良土の硬化後の体積変化

粘性土の改良体の膨張率（気中養生7日後水中養生81日）



⇒ 過剰添加を想定した800kg/m<sup>3</sup>の条件では、膨張率が著しく大きくなる。



硫酸塩の一種である半水せっこうを混合して硫酸塩濃度の異なる土の、改良後の膨張量は、半水せっこう量が多く、また固化材添加量が多い条件ほど、膨張率は大きくなる。

## 2.3.2 改良土の強度特性

一軸圧縮強さとCBRとの関係

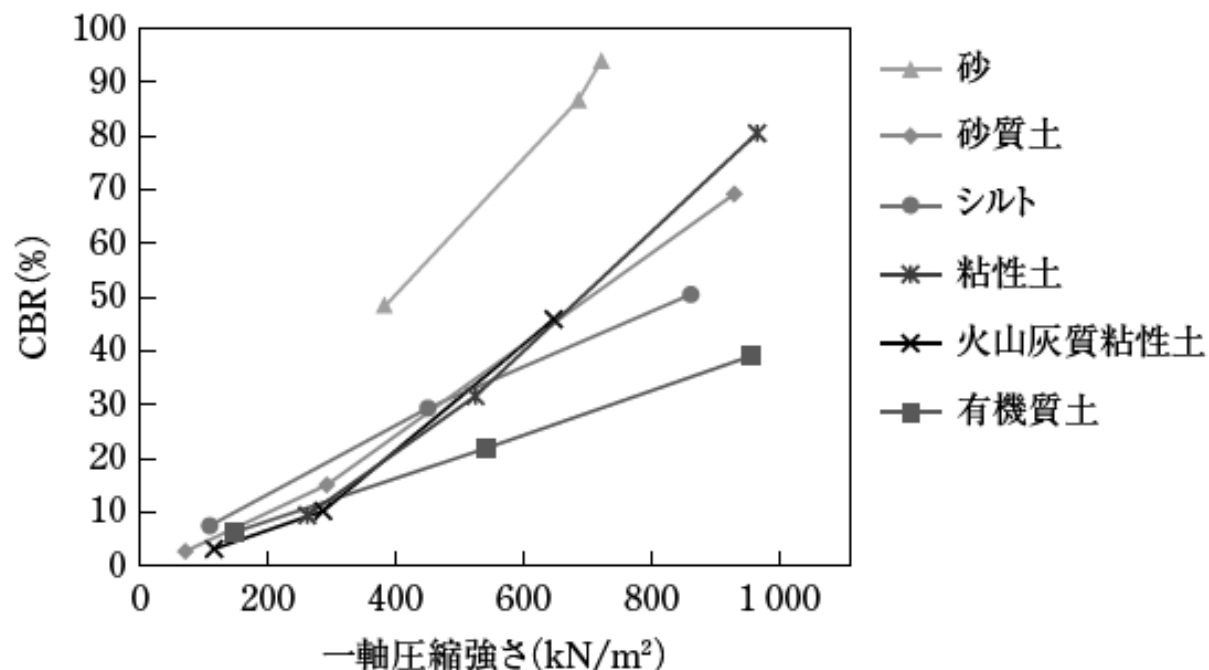


図-2.34 一軸圧縮強さと CBR との関係

CBRと一軸圧縮強さの関係は、直線の傾きが改良対象土の種類により異なり、同一の改良対象土において一軸圧縮強さの増加に伴いCBRが増加する傾向。

# ～ 本日の内容 ～

## 1. セメント系固化材の概要

- 1) セメントの原料と製造工程
- 2) セメント産業の廃棄物等の有効利用
- 3) セメント系固化材の種類と特徴

## 2. セメント系固化材を用いた地盤改良マニュアル第5版改訂

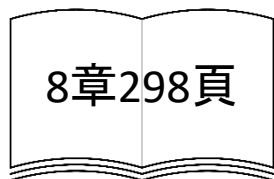
- 1) 地盤改良工法の分類
- 2) セメント系固化材を用いた地盤改良マニュアル第5版 改訂のポイント
  - ① 改良土の特性を示すデータの充実
  - ② **土壌汚染に関する法制度**
  - ③ 国土強靱化基本法に伴う防災・減災を目的とした事例紹介を新たに章立てして解説
  - ④ 施工実績が増えた中層改良の解説
  - ⑤ 実施例を一新

# § 土壌汚染問題の経緯および法制度

年月	法令	概要
1991.8	土壌環境基準の設定	重金属等 10 項目
1994.3	土壌環境基準の追加	揮発性有機化合物等 15 項目の追加
2002.5	土壌汚染対策法の制定	汚染状況の調査, 指定区域の指定・公示と汚染の除去等の責任
2002.12	土壌汚染対策法施行規則の制定	調査方法・防止措置を記載
2003.2	土壌汚染対策法の施行	
2010.4	改正した土壌汚染対策法の施行	汚染土壌の搬出, 運搬, 処理に関する規制の創設 自然的原因により重金属等を含む土壌も対象
2018.4	土壌汚染対策法の一部を改正する法律(平成 29 年改正法)の施行 (2 段階施行)	リスクを考慮した規制の合理化, 土壌汚染状況調査の実施対象となる土地の拡大, 汚染の除去等の措置内容に関する計画提出命令の創設
2019.4		

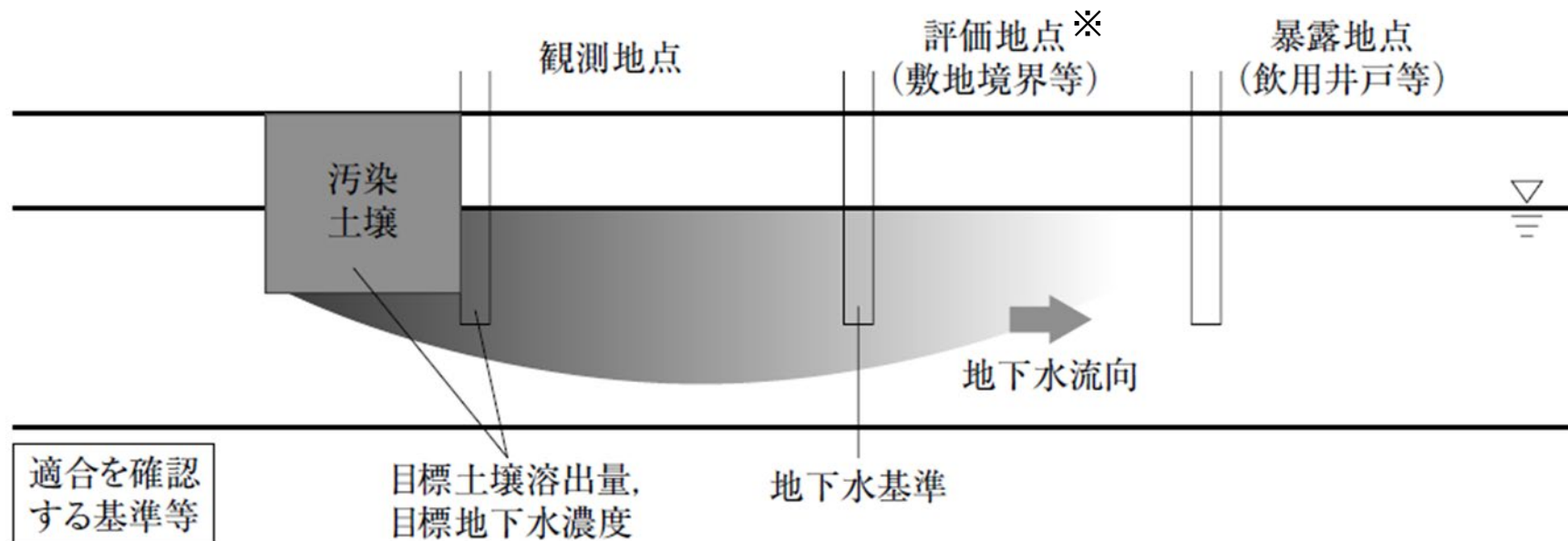
## 第4版以降の主な変更点

- ・ 地下水汚染リスクに応じた合理的評価と管理が可能
- ・ 自然由来の重金属等を含む土壌の利活用が認められた



## § 汚染リスクに応じた合理的評価と管理

※汚染土壌と飲用井戸間で任意に設定



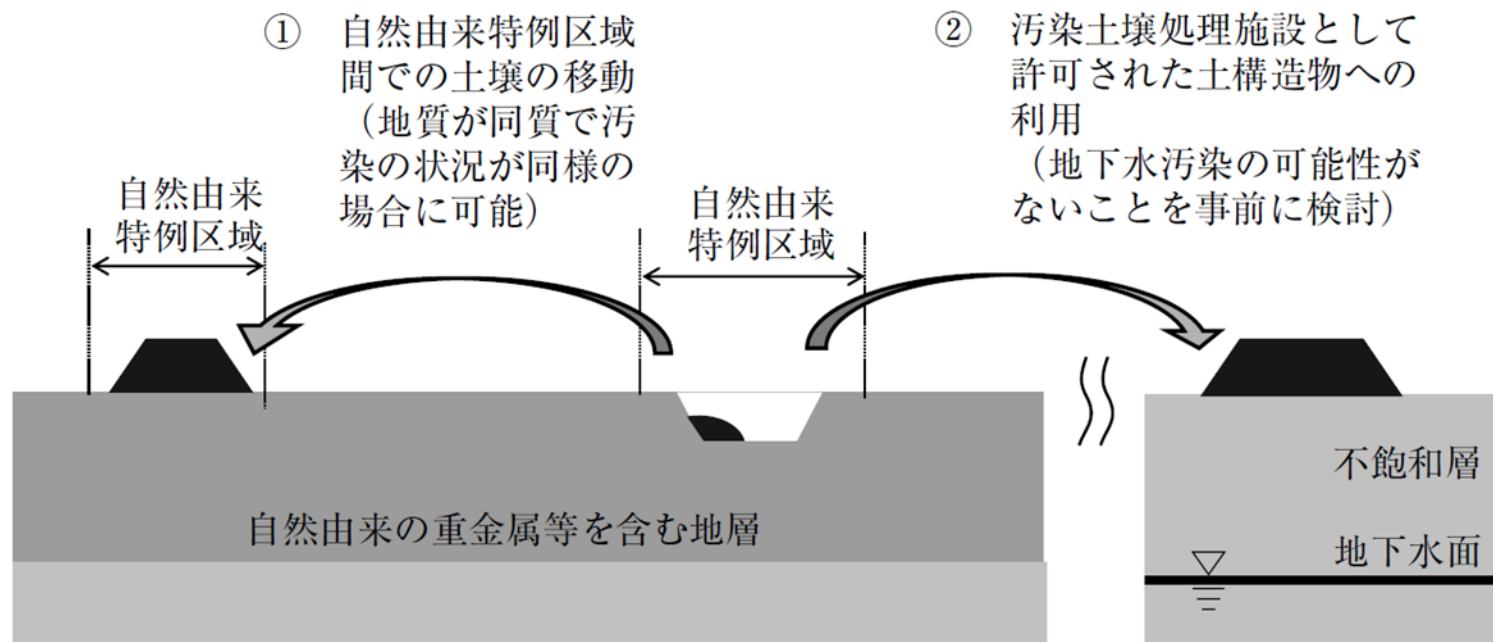
### ●改正前

土壌が指定基準（土壌溶出量基準）を満足すれば可

### ●改正後

下流の評価地点で地下水への影響がないのであれば、  
土壌が指定基準を満足しないことも可  
⇒環境省公開の計算ツール等を利用し解析

# § 自然由来の重金属等を含む土壌の利活用



注) 土の移動は、基準不適合が自然由来であることが前提である。

## ② 土構造物からの重金属等の溶出による地下水への影響を解析\*

- ・ 汚染が生じない（環境基準を満足）⇒無対策で構築が可能
- ・ 汚染が生じる（基準不適合が予測）⇒不溶化や遮水工等の対策を施したうえで構築



8章308頁

※環境省より、一次元移流分散 解析に基づく  
計算ツールが公開

# § 土壤汚染対策法の有害物質の基準

項目	土壤環境基準		土壤汚染対策法		分類
	(mg/L)	土壤含有量基準(mg/kg)	土壤溶出量基準(mg/L)	第二溶出量基準(mg/L)	
ジクロロメタン	0.02	—	0.02	0.2	第一種 特定有害物質 (揮発性化合物)
四塩化炭素	0.002	—	0.002	0.02	
1, 2-ジクロロエタン	0.004	—	0.004	0.04	
1, 1-ジクロロエチレン	0.1	—	0.1	1	
1, 2-ジクロロエチレン	0.04	—	0.04	0.4	
1, 1, 1-トリクロロエタン	1	—	1	3	
1, 1, 2-トリクロロエタン	0.006	—	0.006	0.06	
トリクロロエチレン	0.03	—	0.03	0.3	
テトラクロロエチレン	0.01	—	0.01	0.1	
1, 3-ジクロロプロペン	0.002	—	0.002	0.02	
ベンゼン	0.01	—	0.01	0.1	
クロロエチレン	0.002	—	0.002	0.02	
1,4-ジオキサン	0.05	—	—	—	
カドミウム及びその化合物	0.003	45	0.003	0.09	
鉛及びその化合物	0.01	150	0.01	0.3	
六価クロム化合物	0.05	250	0.05	1.5	
砒素及びその化合物	0.01	150	0.01	0.3	
総水銀	0.0005	15	0.0005	0.005	
アルキル水銀	ND	—	ND	ND	
セレン及びその化合物	0.01	150	0.01	0.3	
ふっ素及びその化合物	0.8	4000	0.8	24	
ほう素及びその化合物	1	4000	1	30	
シアン化合物	ND	50	ND	1	
PCB	ND	—	ND	0.003	第三種 特定有害物質 (農薬、PCB)
チウラム	0.006	—	0.006	0.06	
シマジン	0.003	—	0.003	0.03	
チオベンカルブ	0.02	—	0.02	0.2	
有機リン化合物	ND	—	ND	1	

8章300頁

※ 赤字は第4版発刊以降の変更箇所を示す



# ～ 本日の内容 ～

## 1. セメント系固化材の概要

- 1) セメントの原料と製造工程
- 2) セメント産業の廃棄物等の有効利用
- 3) セメント系固化材の種類と特徴

## 2. セメント系固化材を用いた地盤改良マニュアル第5版改訂

- 1) 地盤改良工法の分類
- 2) セメント系固化材を用いた地盤改良マニュアル第5版 改訂のポイント
  - ① 改良土の特性を示すデータの充実
  - ② 土壌汚染に関する法制度
  - ③ 国土強靱化基本法に伴う防災・減災を目的とした事例紹介を新たに章立てして解説
  - ④ 施工実績が増えた中層改良の解説
  - ⑤ 実施例を一新

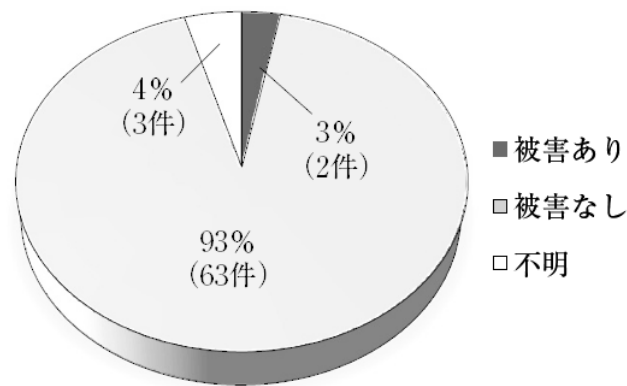
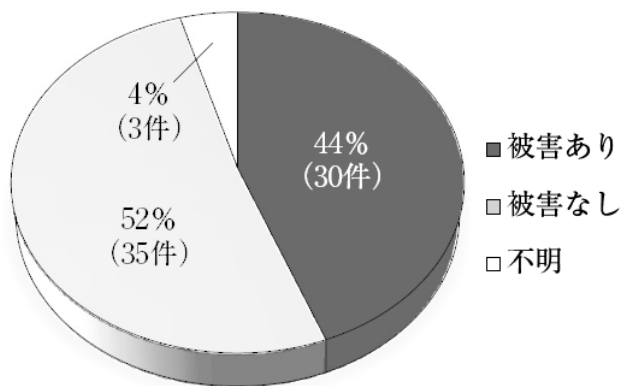
# 9.1 国土強靱化とセメント系固化材

## 背景

自然災害の激甚化 → 国土強靱化基本法（2013年）  
3か年緊急対策（2018年） → 5か年加速化対策（2019年）

## セメント系固化材

国土強靱化に重要な役割「粘り強い堤防」、「液状化対策」等



## 東日本大震災における周辺地盤と改良地盤上部構造物の被害状況



# 埋立地における深層混合処理(ふくしま海洋科学館)

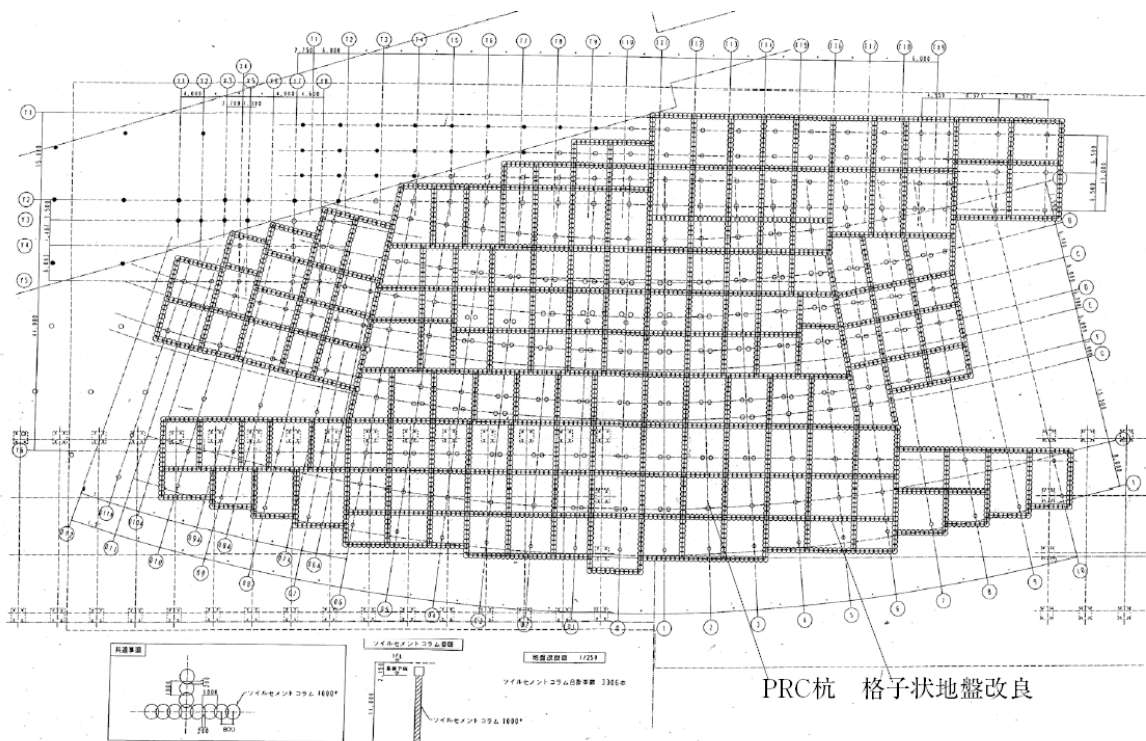


図-9.4 格子状深層混合処理工法の配置図<sup>1)</sup>



液状化で沈下した  
未改良箇所



地盤改良箇所

## 埋立地における深層混合処理（浦安再資源化施設）

- 1999年に格子状の深層混合処理工法が施工
- 未改良箇所では**ブロックのズレ、舗装の割れ・段差**
- 改良箇所の**建造物への被害はない**



未改良箇所



震災後の施設全景



## 広島豪雨土砂災害における砂防ソイルセメントの効果

2014年8月広島豪雨で土砂災害が発生

→砂防ソイルセメントで復旧

発生土を有効利用、工事車両を減少

2018年7月西日本豪雨は同程度の降雨量

→災害発生なし



9章336頁

2014年の災害状況



土砂災害の防止状況

## 河川堤防への適用(宮城県鳴瀬川)

2003年7月宮城県北部地震で河川堤防に大きな被害  
→**地盤改良(中層混合処理)**、**護岸工事**が実施

2011年3月東日本大震災

→堤防の天端沈下やクラックが広範囲で発生  
**改良した堤防は被害なし**



未改良箇所



地盤改良箇所

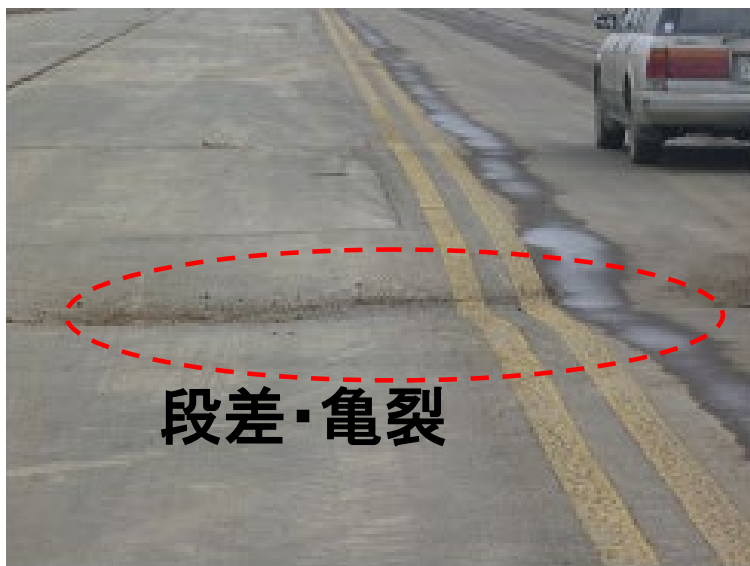
## 空港における適用（仙台空港）

2008年耐震化事業 誘導路と滑走路周辺に高圧噴射による液状化対策を実施

→東日本大震災で**不同沈下、亀裂、噴砂**が発生

**改良箇所**の被害はなかった

→地震発生5日後に自衛隊機着陸、1か月後に営業再開



未改良箇所



地盤改良箇所



## 港湾における適用（仙台塩釜港）

2009年耐震強化岸壁事業

雷神埠頭に鋼矢板前面で高圧噴射による地盤改良を実施

→東日本大震災において

未改良の高砂埠頭では、法線のはらみ出し、護岸背後が陥没

雷神埠頭では法線は直線、護岸背後も健全



高砂埠頭 未改良箇所



雷神埠頭地盤改良箇所

# 粘り強い堤防(仙台湾南部海岸)

東日本大震災で堤防決壊、消波ブロックの飛散  
堤防のり面流出と洗堀が発生

→粘り強い構造の堤防(固化材を使用)を施工

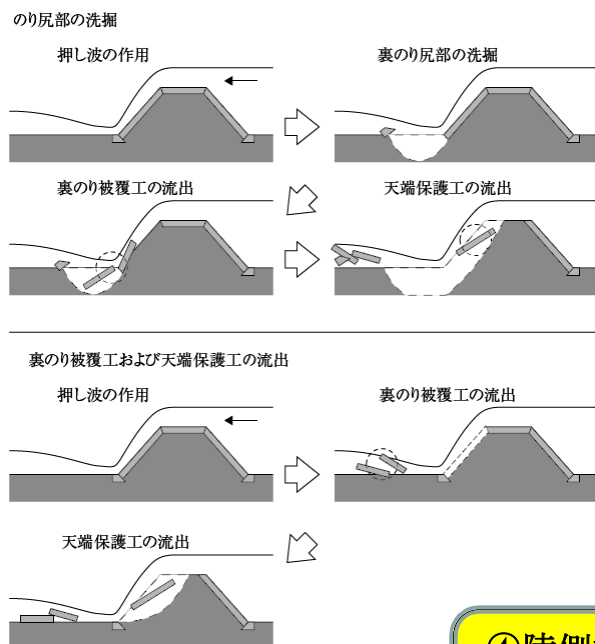
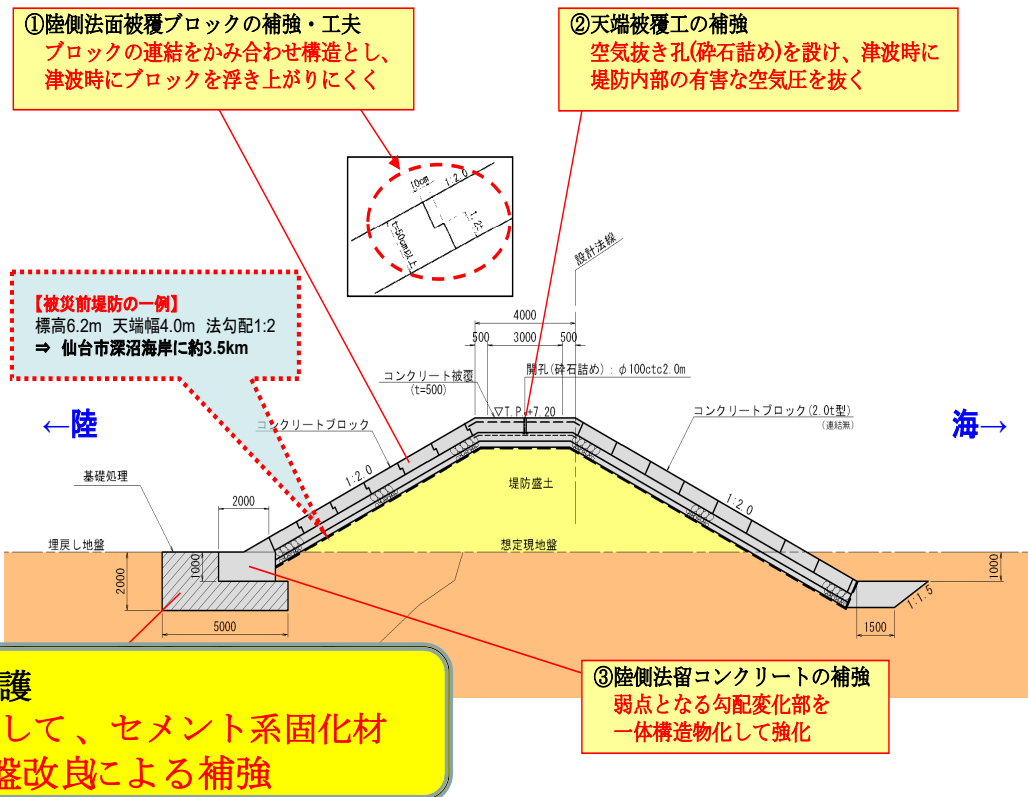


図-9.24 海岸堤防の被災形態<sup>15)</sup>



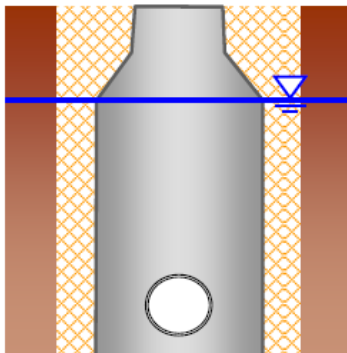
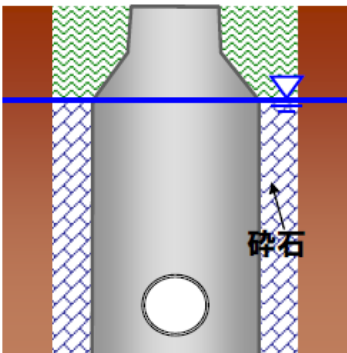
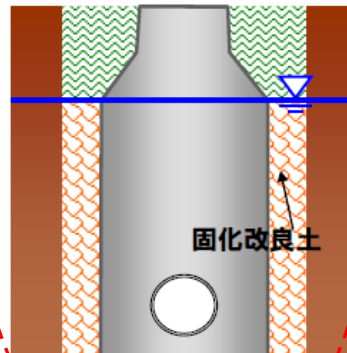
堤防の被災形態

粘り強い堤防例

# マンホールの浮き上がり防止（茨城県常陸太田市）

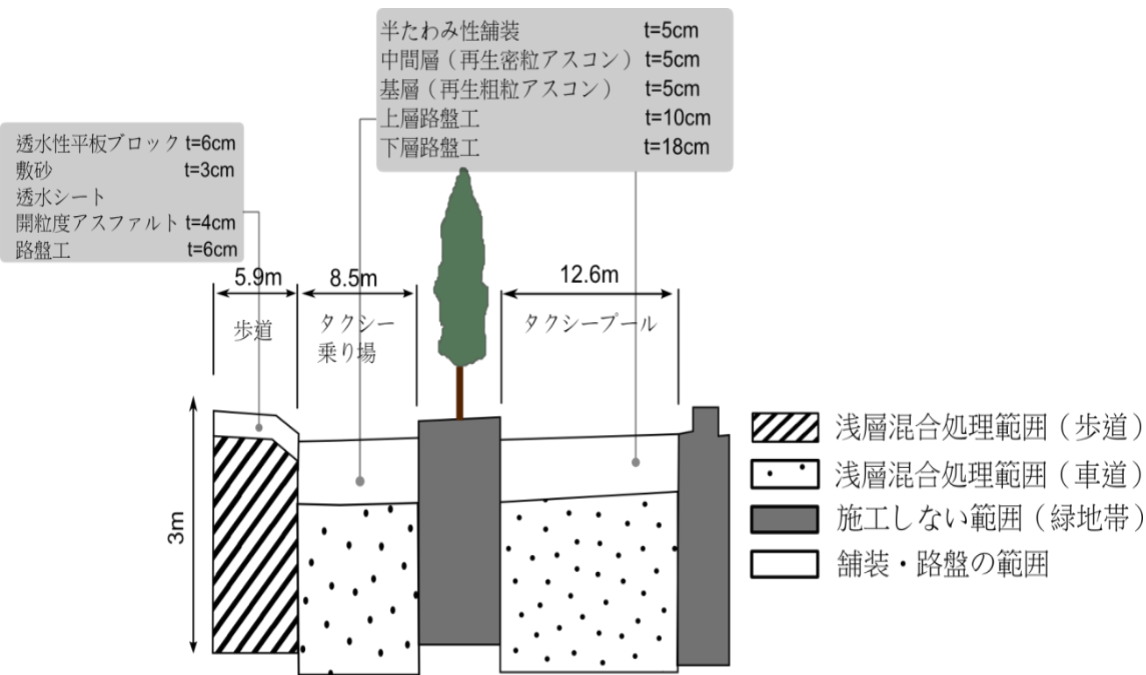
東日本大震災でマンホールの浮き上がりが発生  
→下水道管路施設の液状化対策として**固化材による安定**  
**処理工法が実施**



埋戻し土の締固め	砕石による埋戻し	埋戻し土の固化
良質土で締固め（締固め度90%以上）ながら、埋戻す。	地下水位以深を透水性の高い材料（砕石）で埋戻す。	地下水位以深をセメント固化改良土等で埋戻す。
		
十分な締固めを行うことにより、埋戻し部の過剰間隙水圧を小さくすることが出来るため、液状化に対する効果は大きい。	マンホール・管路近傍部の過剰間隙水圧が消散するため、液状化に対する効果は大きい。	埋戻し部が非液状化層となるため、液状化に対する効果は大きい。

## 道路・戸建て住宅地での適用（浦安市）

東日本大震災において浦安市の広範囲で液状化が発生  
 →路面変状、住宅の沈下傾斜、地盤沈下  
 →歩道部と車道部、戸建住宅と道路において  
 液状化対策として格子状の地中壁が造成



9章345頁

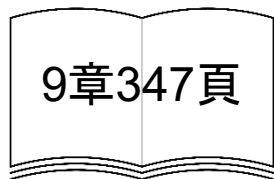
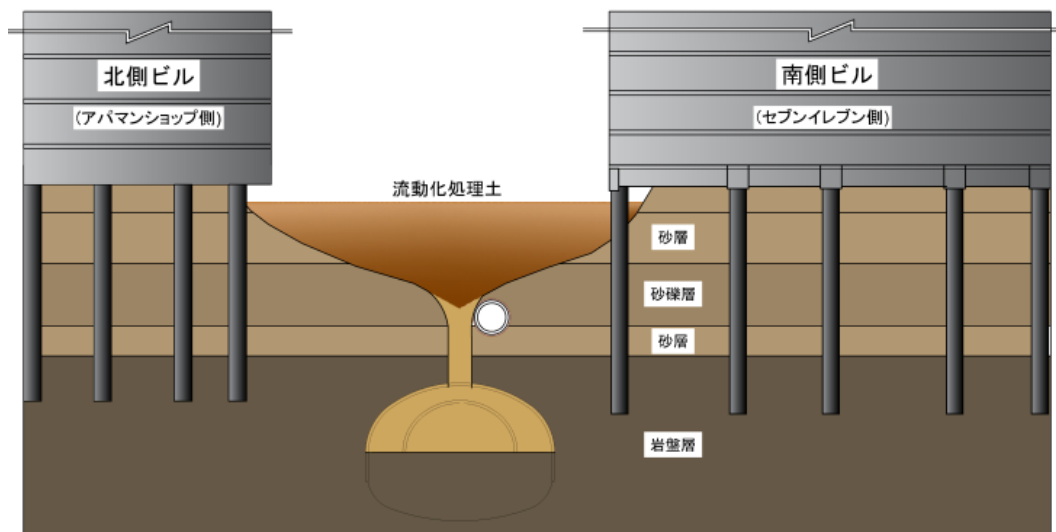
駅前広場の液状化対策

格子状地中壁工法



## 道路陥没事故の早期復旧（博多駅前）

- ・トンネル崩壊で**道路が陥没**し、駅前通りが通行止め
  - ・ライフラインが断絶し、供給がストップ
  - ・早期復旧を考慮し、**流動化処理工法**が採用
- 事故から**1週間**で**早期復旧**を果たす



埋戻しのイメージ

流動化処理土  
の充填状況

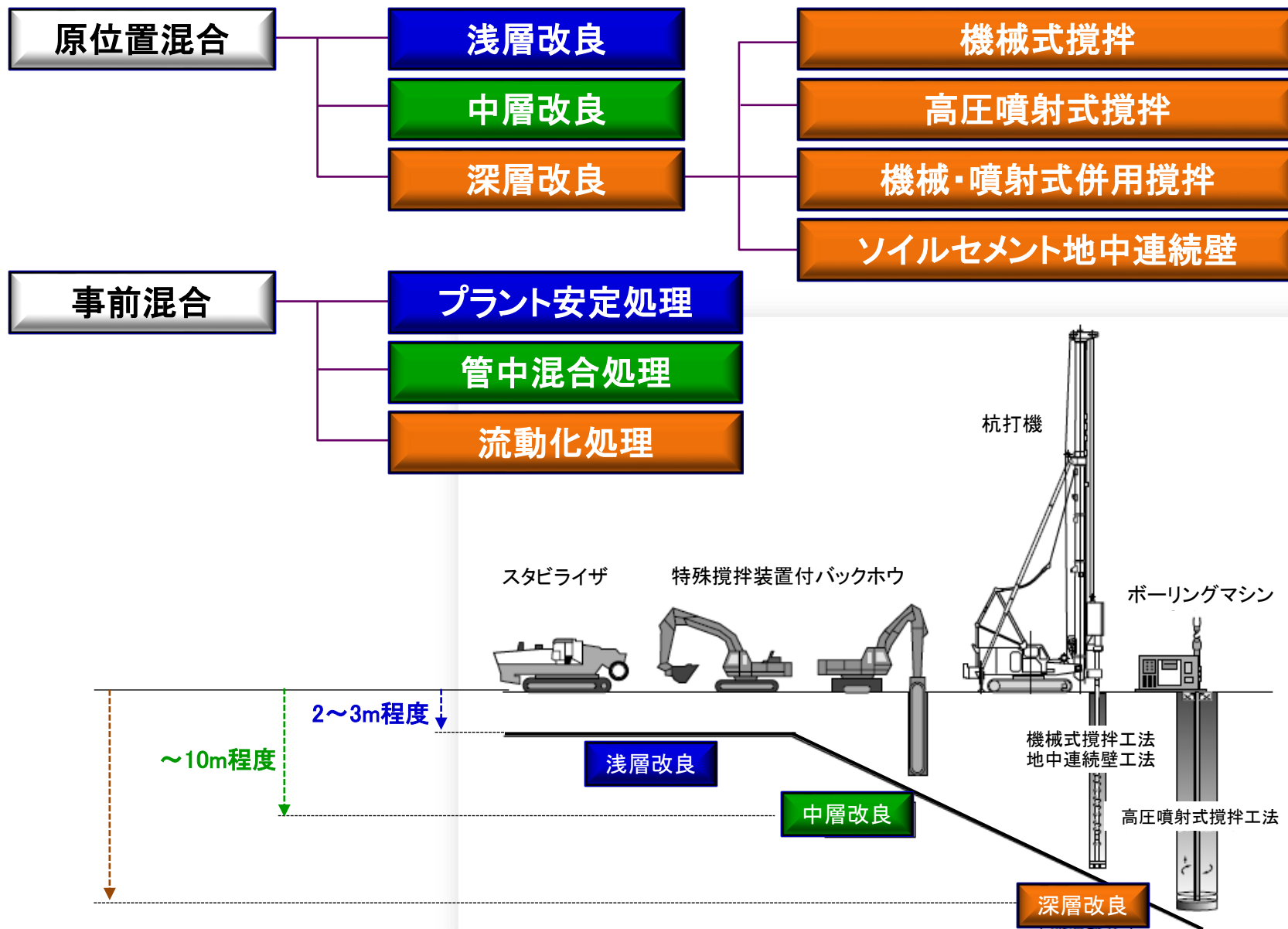
# ～ 本日の内容 ～

## 1. セメント系固化材の概要

- 1) セメントの原料と製造工程
- 2) セメント産業の廃棄物等の有効利用
- 3) セメント系固化材の種類と特徴

## 2. セメント系固化材を用いた地盤改良マニュアル第5版改訂

- 1) 地盤改良工法の分類
- 2) セメント系固化材を用いた地盤改良マニュアル第5版 改訂のポイント
  - ① 改良土の特性を示すデータの充実
  - ② 土壌汚染に関する法制度
  - ③ 国土強靱化基本法に伴う防災・減災を目的とした事例紹介を新たに章立てして解説
  - ④ **施工実績が増えた中層改良の解説**
  - ⑤ 実施例を一新





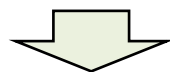
## 中層改良

- ・原位置にて軟弱地盤に固化材を混合する工法
- ・専用攪拌装置を装着したバックホウでの施工を特徴とする
- ・改良深さは2～10 m 程度が一般的



## ◆中層改良の用途

- ・深層改良同様，さまざまな改良形式の改良体が造成可能
- ・支持方式(着底型，浮き型)も選定可能



浅層改良，深層改良 双方の用途に適用

### ○中層改良の特徴：機動性

- ・段差や傾斜，狹隘地や近接での施工が可能
- ・上空制限がある場合でも適用(トレンチャ式混合)
- ・トラフィカビリティ確保が困難な軟弱地盤での足場確保が容易  
(アーム利用により直近にバックホウを近づけることなく施工可)
- ・斜め施工や水平施工が可能なタイプの工法もあり



(a) 段差施工

(b) 傾斜地施工<sup>18)</sup>

(c) 狭隘地施工



(d) 上空制限下での施工



(e) 足場を確保しながらの泥土改良

機動性を活かした中層改良の施工例



## ◆中層改良の施工

## ○施工機械と適用範囲

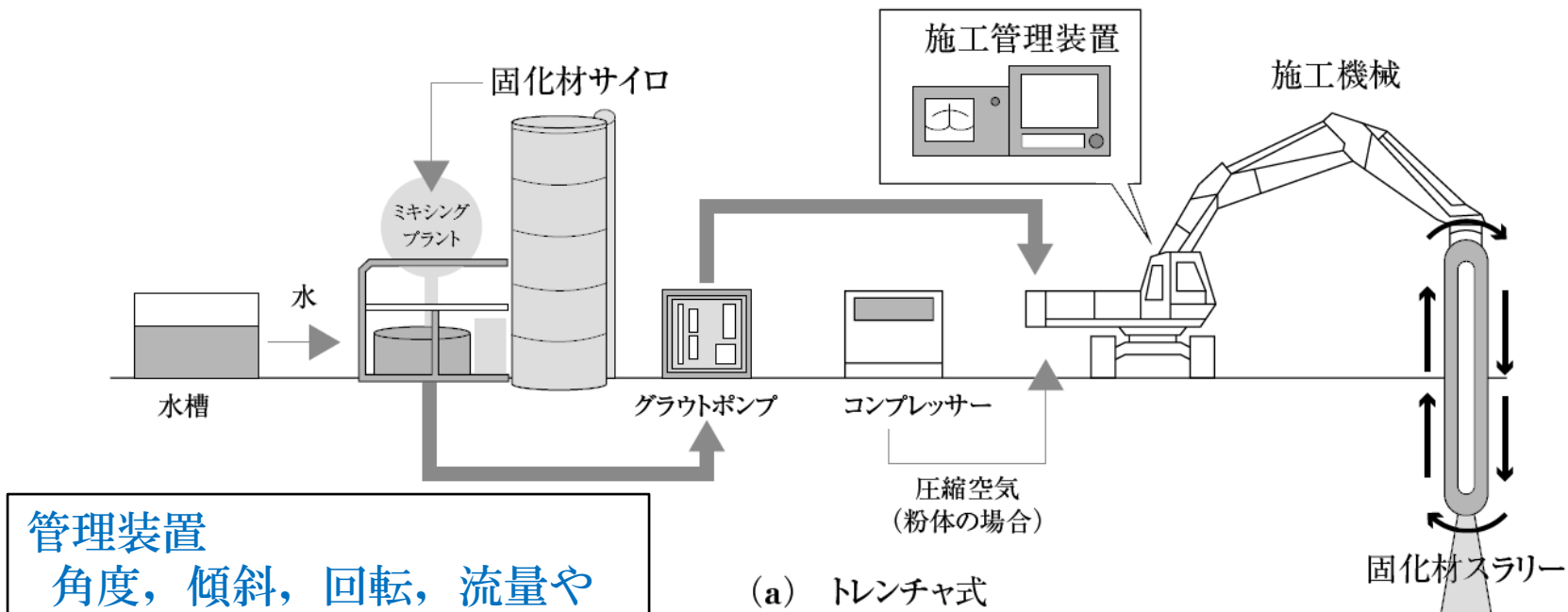
## 代表的な中層改良の攪拌方式による分類と特徴

攪拌方式	トレンチャ式	ロータリー式
ベースマシン	改良型バックホウ 0.8 ~ 1.9 m <sup>3</sup> 級	バックホウ 0.5 ~ 2.1 m <sup>3</sup> 級
施工方法	正転・逆転に対応可能な対象形状の攪拌翼を有するトレンチャ式混合攪拌機を鉛直方向に回転させ、所定の深さまで貫入する。その状態でトレンチャを水平移動させることにより連続かつ安定した混合攪拌を行う。	攪拌翼を鉛直方向に回転させ、所定の深さまで貫入させた後、引き抜く。この動作を繰り返して全体を改良する。幅広い土質に対応でき、土層ごとに固化材スラリー量を切り替えることも可能。
固化材混合方式	スラリー・粉体	スラリー
最大深度	13 m 程度	13 m 程度

攪拌翼例

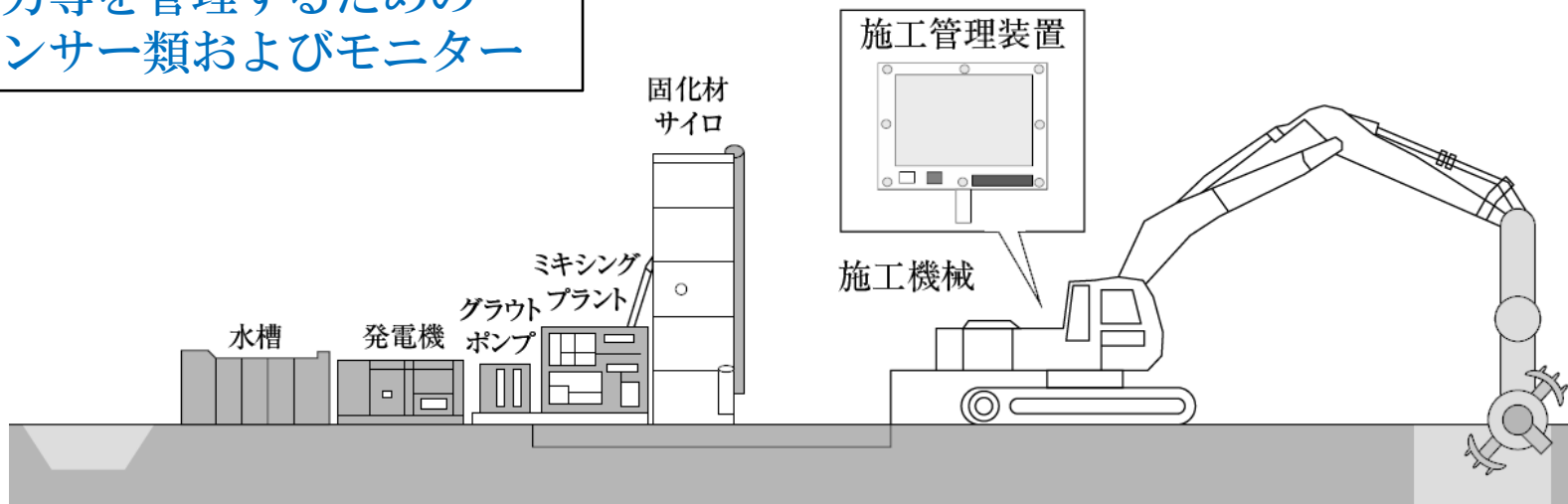
4章172頁





### 管理装置

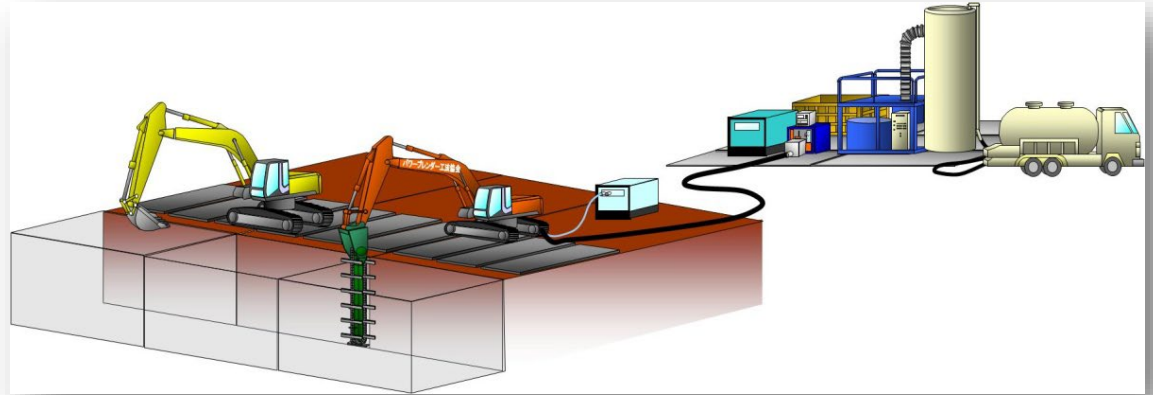
角度、傾斜、回転、流量や  
圧力等を管理するための  
センサー類およびモニター



## ～中層改良の状況例～

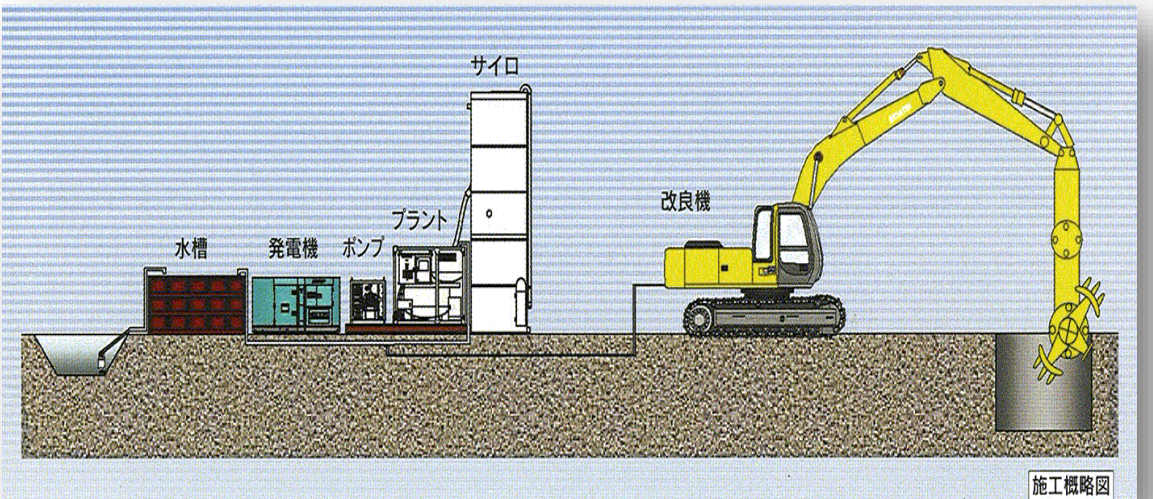
### ■ トレンチャ式攪拌混合

正転・逆転に対応可能な対象形状の攪拌翼を有するトレンチャ式混合攪拌機で、原位置土と固化材スラリーを鉛直方向に混合攪拌混合する。



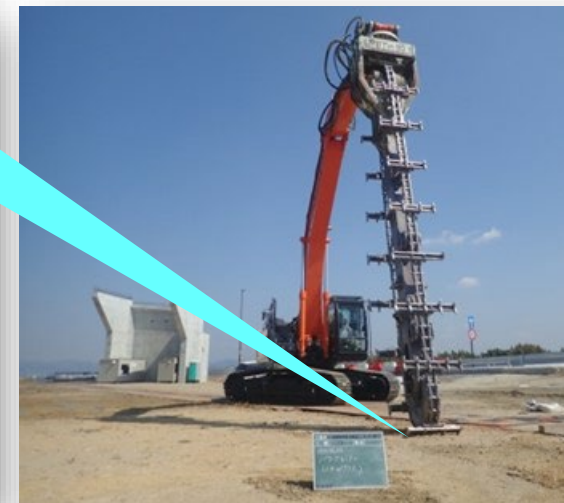
### ■ スラリー揺動攪拌混合

形状が斜めのリボンスクリュー型攪拌翼を縦回転させることで、原位置土と固化材スラリーを上下左右に揺さぶるように強制的に攪拌混合する。





# 原位置混合：中層改良 《攪拌方式の例》



出典：セメント系固化材による地盤改良マニュアル(第5版)  
防災・減災、国土強靱化に資するセメント系固化材による地盤改良



## ～ 本日の内容 ～

### 1. セメント系固化材の概要

- 1) セメントの原料と製造工程
- 2) セメント産業の廃棄物等の有効利用
- 3) セメント系固化材の種類と特徴

### 2. セメント系固化材を用いた地盤改良マニュアル第5版改訂

- 1) 地盤改良工法の分類
- 2) セメント系固化材を用いた地盤改良マニュアル第5版 改訂のポイント
  - ① 改良土の特性を示すデータの充実
  - ② 土壌汚染に関する法制度
  - ③ 国土強靱化基本法に伴う防災・減災を目的とした事例紹介を新たに章立てして解説
  - ④ 施工実績が増えた中層改良の解説
  - ⑤ 実施例を一新

No.	実施例	該当章	施工場所	使用固化材	概要
1	L型擁壁基礎の地盤改良	4章	奈良県	特殊土用固化材	擁壁の沈下、すべり防止 揺動式特殊攪拌翼
2	重機転倒防止のための地盤改良	4章	東京都	特殊土用固化材	支持力増加、パンチング破壊防止 スタビライザ
3	発塵抑制型固化材を用いた路床安定処理	4章	愛知県	発塵抑制型 特殊土用固化材	路床安定処理、CBR スタビライザ
4	鉄道盛土の支持地盤の改良	4章	新潟県	特殊土用固化材	支持力向上、円弧すべり、滑動変位 量 バックホウ攪拌装置
5	冷排水路工事における地盤改良体を用いた 斜め土留め工法	4章	富山県	高炉セメントB種	土留め壁 トレンチャ式
6	北海道の冬期施工における凍結対策	4章	北海道	高有機質土用固化材	凍結防止、泥炭、覆土 トレンチャ式
7	路床安定処理におけるICT地盤改良機の活用 (GNSSを用いたマシンガイダンス)	4章	静岡県	発塵抑制型	路床安定処理、CBR バックホウ
8	道路盛土の安定ならびに地震時液状化対策	5・9章	茨城県	高炉セメントB種	液状化対策、円弧すべり 高圧噴射式攪拌
9	河床下の地盤改良による側方流動対策	5・9章	千葉県	工法専用固化材	液状化対策、側方流動 高圧噴射式攪拌、水上施工
10	狭隘敷地での建替え工事における地盤改良	5章	東京都		既存杭、直接基礎 高圧噴射式攪拌
11	水上施工における地盤改良へのICT活用	5章	東京都	工法専用固化材	河川堤防耐震補強、見える化 高圧噴射式攪拌
12	中層住宅における地盤改良	6章	千葉県	特殊土用固化材	許容鉛直支持度 スラリー注入、攪拌翼
13	現地発生土の道路路体盛土への利用	7章	北海道	高炉セメントB種	現地発生土、盛土 自走式土質改良機
14	亜炭採掘跡地下空洞の充填	7章	岐阜県	特殊土用固化材	空洞充填、流動化処理土、粘土キラ
15	高速道路盛土建設における 重金属の固化・不溶化	8章	静岡県	高炉セメントB種	重金属固化・不溶化 自走式土質改良機

# 動画配信のご案内 セメント系材料の基礎知識

セメント協会では、セメント系材料であるコンクリート舗装、セメント系固化材、セメント系補修材・補強材について、各種リアルセミナーの開催や技術展示会への出展など、幅広く普及活動を展開しております。

このたび、セメント系材料に関する基礎知識講座を開設しました。本講座では、材料の種類や特性、用途など基本的な知識の習得を目的としております（土木学会 CPD 認定プログラム）。

いつでも、どこでも、なんどでも、必要な時に役立つ情報を視聴できるように努めてまいります。

是非ともこの機会にご視聴いただきたくお願いいたします。

セミナーの  
予習・復習

技術展示での  
情報補完

土を固める  
セメント系固化材

# ご清聴ありがとうございました



コンクリート舗装



セメント系固化材



セメント系補修材

いますぐクリック! [jcafukyu.jp](http://jcafukyu.jp)

本講座はテーマごとにシリーズ化いたします  
定期的なチェックをお願いいたします

無料

お問合せ先  
一般社団法人セメント協会 普及部門  
[fseminar@jcassoc.or.jp](mailto:fseminar@jcassoc.or.jp)

一般社団法人 セメント協会