

石膏ボード廃材の地盤改良材 としての再生利用法の開発

1. 開発の概要

廃石膏ボードを地盤改良材として大量に再資源化することを目的とした実用化研究を行い、成功を収めつつある。本研究は循環型社会構築の一助となり、環境面と産業面において大きな貢献となる。地盤改良の実施 3例 により実用化に向けて大きく前進した。

2. 大学 群馬大学大学院工学研究科 教授 鵜飼恵三

3. 企業 (株)黒岩測量設計事務所 専務 樋口邦弘

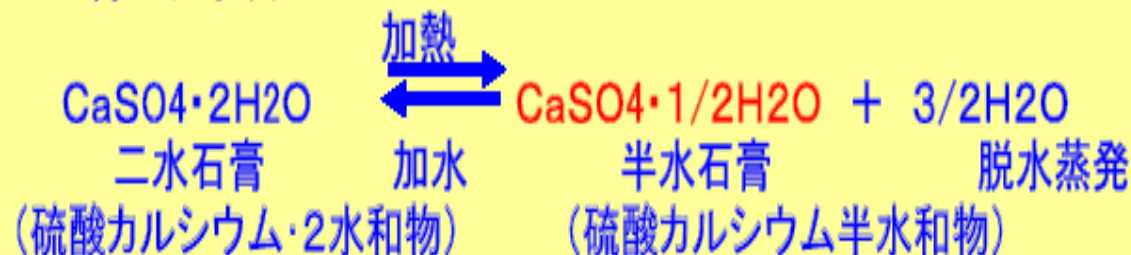
石膏ボード廃材の再生利用法の開発

【現状】 廃石膏ボードは2015年に300万トンになると言われている。一方、リサイクルできない廃石膏ボードは管理型処分場での埋立処分が義務付けられている。しかし管理型処分場が極めて少ないことから、その再生利用が喫緊の課題となっている。

【研究】 石膏は焼成により半水石膏となる。半水石膏は水と反応して固化する性質がある。この特性を地盤改良材に生かすことにより、廃石膏ボードを大量に再資源化するための実用化研究である。

【活動】 2001年より群馬大学で研究を開始した（国内外の大学では初めて）。北関東産官学研究会に研究会を設置して実用化研究を進めた。普及のために毎年シンポジウムを開催している。

■石膏の化学反応



開発の概要 ～連携のきっかけ or 背景～

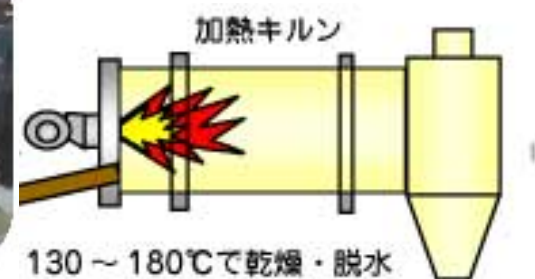
廃石膏ボードを再使用した地盤改良の試み

群馬県発注工事で試験施工を実施



廃石膏を熱処理して得られる半水石膏は化学反応して土を硬化させる性質があるため、軟弱地盤の改良などに有効である。地盤工事の規模は大きいので、大量の石膏ボード廃材の利用が期待できる。逆に言えば、地盤工事への用途を開拓することが極めて重要！

⇒ **自治体**の建設関連部署、建設関連業者との連携が重要



石油燃焼加熱式

建設関連会社

電熱加熱式

機械製造会社

群馬県内での軟弱な道路路床の改良工事例(平成17年) (事例①)



着工前 振動騒音測定



着工前 サウンディング試験



着工前 室内CBR試験



試験施工ヤード 路床



生石灰 (カ 車上に積み込)



焼石膏散布



スタビライザー攪拌状況



転圧状況



現場CBR試験



平坦性試験



完成

群馬県内でのため池堤体工事例(平成18年度) (事例②)

施工前



施工直後



夏季は、堤体に植生が繁茂している。ため池では鯉が養われている



連携組織

1. 群馬大学 工学研究科 地盤工学研究室

研究を実施。研究成果の事業への適用に関する指導。

2. 株式会社 黒岩測量設計事務所(群馬県の企業)

適用事例の開拓と設計。事例①と②を実施。

3. 株式会社フジテック(桐生市の企業)

石膏半水化装置(電熱式)の開発。

事例③(後述)の材料を提供。

4. 清水建設株式会社(全国展開の企業)

適用事例の開拓と設計、工事、事例③を実施(後述)

大学側のかかわり ～研究内容・成果～

石膏ボード廃材の半水化から地盤改良への適用までの研究と成果の活用

- ①半水石膏の地盤改良への適用に関する研究と地盤工事での利用に際しての指導、助言
- ②石膏ボード廃材の再資源化事業を促進するために、地盤工事（主に公共事業）での利用を自治体、企業へ働きかけ
- ③石膏ボード廃材の半水化装置開発における指導、助言

連携の形

事例①と②の実施

黒岩測量設計事務所

事例③の実施

清水建設株式会社

株式会社フジテック

群馬大学工学研究科地盤工学研究室

自治体の公共事業発注部門

事例①：道路路床改良、事例②：ため池改修・築堤
事例③：工業団地造成地の軟弱地盤改良

事例③：清水建設株式会社のかかわり

太田市内の工業団地造成現場で軟弱地盤改良に再生半水石膏を利用：計画から完成までの全体を統括。

設計上の要求性能を大学へ提供、工事の実施。

配合の決定：大学の役割

高炉セメント2.5%、再生半水石膏4%

現場配合を決定するための本試験

■再生半水石膏(重量比) 5.00 %

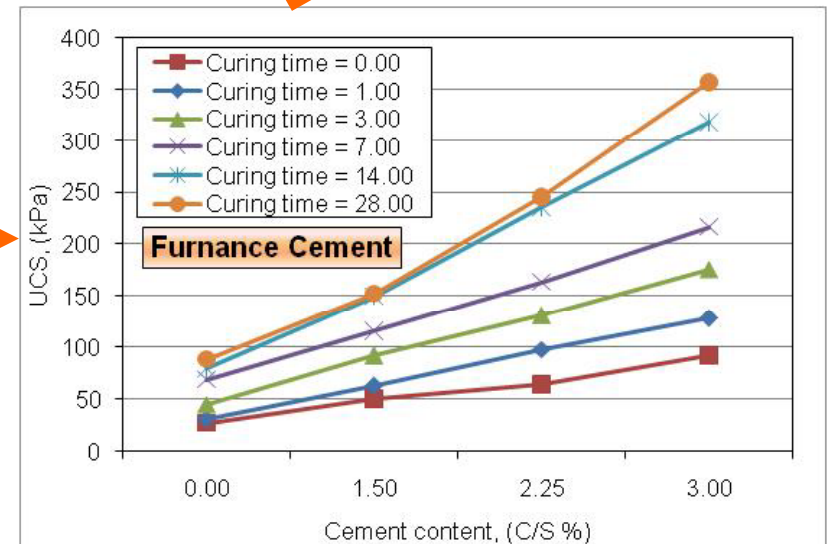
■セメント：高炉B種、普通ポルトランド
(重量比)0、1.50、2.25、3.00 %
合計8ケース（各供試体3本作成）

養生日数：0、1、3、7、14、28日、6種類

強度試験と環境試験を実施

■一軸圧縮試験：圧縮強さを求める

■環境試験：フッ素、ホウ素、六価クロム、硫化水素が環境基準値以下になることを確認する



一軸圧縮試験の結果

大学側のかかわり

～(事例③)の場合～

太田市工業団地造成
現場から土試料を採取



実験室へ搬入し、混合



強度を求める



一軸圧縮試験

事例③：清水建設株式会社のかかわり

試験施工



コーン貫入試験による強度確認

実施工を行う

大学側のかかわり ～(事例③)の場合～

環境試験の実施

- **ホウ素**の溶出量は基準値1.0mg/Lの1/10以下となることを確認した。
- **フッ素**の溶出量は基準値を満たすが、基準値0.8mg/Lに近い結果を示した。自然の粘土に0.5mg/Lのフッ素が含まれることを確認した。
- **硫化水素**の発生の有無について、検出方法を独自に考案し、基準値 0.2ppm以下であることを確認した。

環境試験を実施する背景と問題点

- 過去に、不法投棄の廃石膏ボードから発生した**硫化水素**により死亡事故が数件起こり、社会問題になった。2008年末にはNHKクローズアップ現代でもこの事件が特集された
- 石膏ボードの製造過程で、**フッ素**と**ホウ素**が混入する。土壤汚染法で環境基準が規定されている⇒しかしながら試験法が実態に則していないなど環境基準の適用すること自体に問題あり。非科学的で不合理な環境規制は社会発展の阻害要因になりうるので注意が必要。

事例③：株式会社フジテックのかかわり

再生半水石膏の製造装置を製作：電熱加熱式



廃石膏を半水化する装置を開発した。石油燃焼加熱式に比べ、製造コストが高い。電気を使用する点において環境面では優位。

再生半水石膏の品質は、半水石膏の生成率(半水化率)で決まる。半水化率を計測する簡易な装置を、大学と共同で開発中である。



解体現場



事例①：(株)黒岩測量設計事務所のかかわり

廃石膏ボード再資源化研究会が群馬県に働きかけ、道路改良区間において再生半水石膏を用いた路床改良の試験施工を実施した(2005年11月)。

【この地域の一般的な改良】 砕石による置き換え

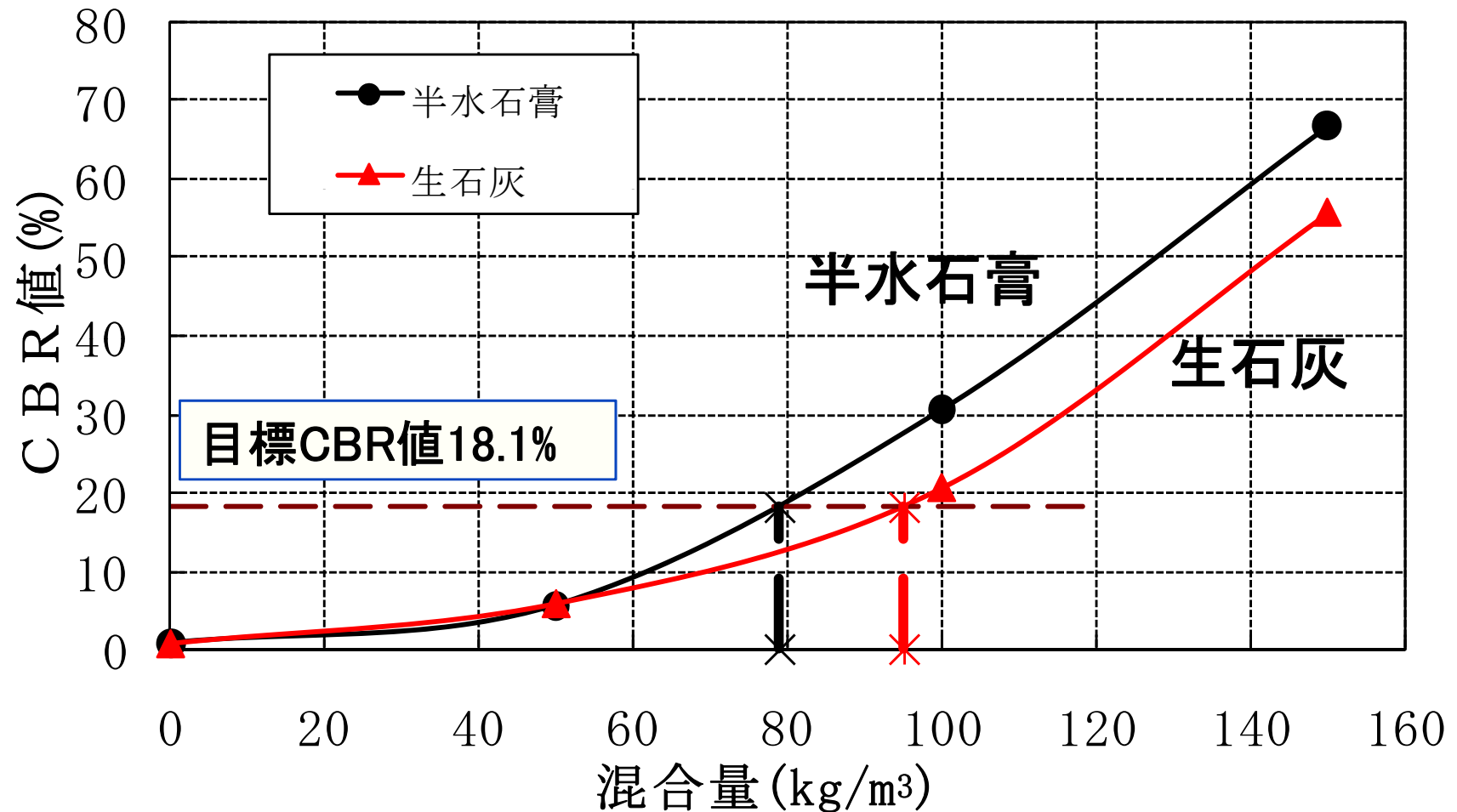
【再生半水石膏を用いた改良】 20m区間を試験施工

【生石灰を用いた改良】 20m区間を試験施工

4年経過した2010年1月現在

砕石置き換え区間、再生半水石膏および生石灰を用いた地盤改良区間とも道路面の変位に差違は認められない。

道路路床の地盤改良試験施工：配合試験



半水石膏の配合量 79kg/m³ (半水石膏：石灰系改良材＝7：3)
生石灰の配合量 95kg/m³

路床の地盤改良試験施工例：現場状況

スタビライザーで70cm深さを攪拌

再生半水石膏



30℃程度と反応熱が小さく、
蒸気の発生はほとんどなし

生石灰



73.6℃の反応熱が生じ、
蒸気が立ちこめる

試験施工箇所 の 道路面の状況

路床改良: 2005年11月, 写真: 2010年1月撮影(4年経過後)



左側車線: 全区間
砕石で置き換え

右側車線: 20m区間
再生半水石膏で改良

左側・右側とも“わだち”にほとんど差違は認められない

事例②

【業 務】 老朽ため池の堤体改修設計を実施

【問題点】 堤体掘削土および堆砂土が建設汚泥にあたる

【対応策】 現地発生土を用いて堤体改修ができないか

【提 案】 現地発生土を改良して堤体を築造する

改良材として、再生半水石膏を用いる

土壌分析で現地発生土の鉄分含有量を測定し、

改良土からの H_2S の発生はほとんど無いと判断

【活 動】 室内配合試験で配合量を設定

施工管理： q_c 値で堤体盛土の強度管理

構築した堤体土の H_2S を測定し“発生なし”を確認

改良土によるため池改修の築堤例 2006年



堤 高	4.2m
堤 長	20 m
堤体積	700 m ³

写真上：施工前の堤体
2006年秋撮影

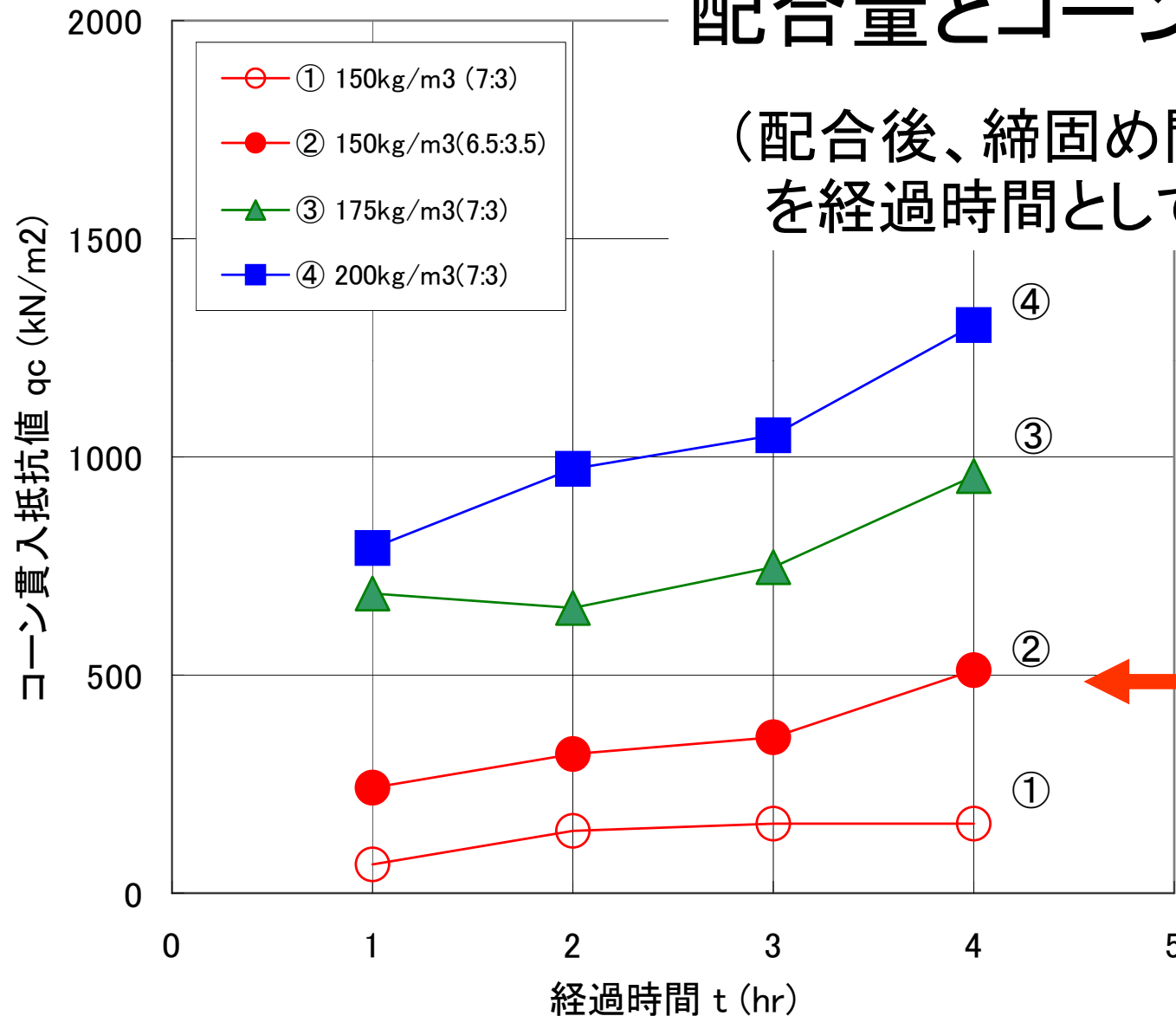
写真下： 完成した築堤
2007年春撮影



ため池築堤材料の室内配合試験

配合量とコーン貫入抵抗値

(配合後、締固め開始までの時間
を経過時間として横軸に示す)



普通ブルドーザ
の走行可能
 $q_c=500\text{kN/m}^2$

現場における再生半水石膏の混合



配合量 150kg/m^3
半水石膏 150×0.65
 $= 97.5\text{kg}$
石灰系改良材 150×0.35
 $= 52.5\text{kg}$



築堤改良土のフッ素と硫化水素の測定

改良土のフッ素溶出試験値 (mg/L)			
ボーリングコア	測定値	基準値	サンプル
GLー1.0m	0.2	0.8	ボーリングにより堤体から採取したコアを用いた
GLー2.5m	0.1 未満		
GLー4.5m	0.1 未満		

ボーリング孔内の硫化水素測定値 (ppm)			
深度	測定値	基準値	測定方法
GLー3.0m	0.001未満	0.02-0.2 未満	ガスクロマトグラフ法
GLー0.0m	0.01 未満		ガス探知管使用

H₂Sの測定 : GL-3m: 築堤後3ヶ月経過, GL-0m: 8ヶ月経過時点

成功のポイント

- 事業の社会的な意義が明確であった。
- 需要（公共事業・地盤改良での使用）の掘り起こしを、企業と大学が協力して行った。
公共事業を担う行政の理解が得られた。
- 研究会の設置・開催およびシンポジウム開催などを支援する組織が存在した。

お問い合わせ先

- 再生半水石膏に関する情報の問合せ
群馬大学社会環境デザイン工学専攻
教授 鵜飼恵三

e-mail : ugai@ce.gunma-u.ac.jp

- 再生半水石膏による地盤改良その他に関する問合せ：

(株)黒岩測量設計事務所 樋口邦弘

e-mail : k-higuti@kuro.ne.jp