

參 考 資 料 - 1

資源循環コンソーシアム第14回全体会議 講演
令和2年2月21日(金)15:50~16:50
仙台市中小企業活性化センター セミナールーム(2)B

地盤工学におけるリサイクル材（未利用資源） の活用と課題

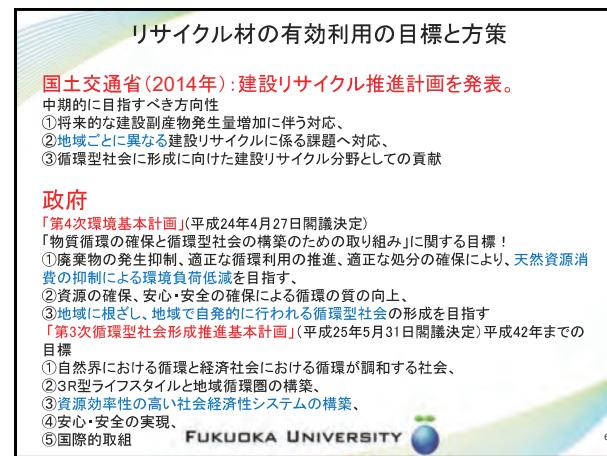
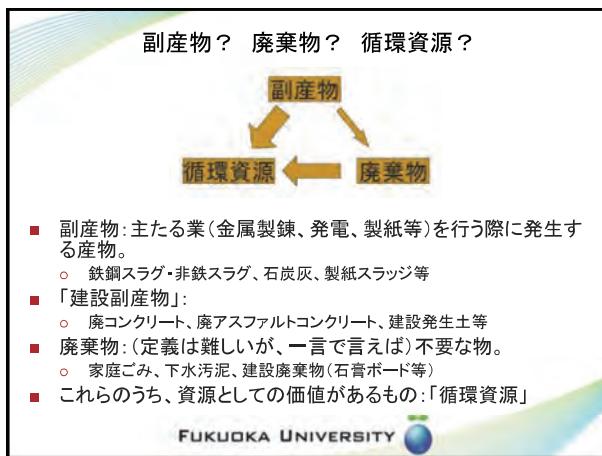
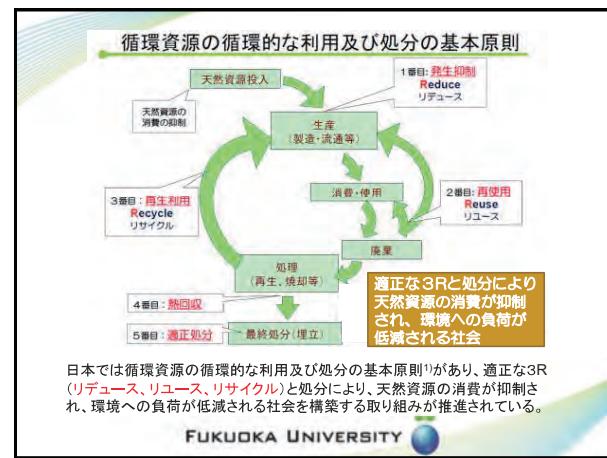
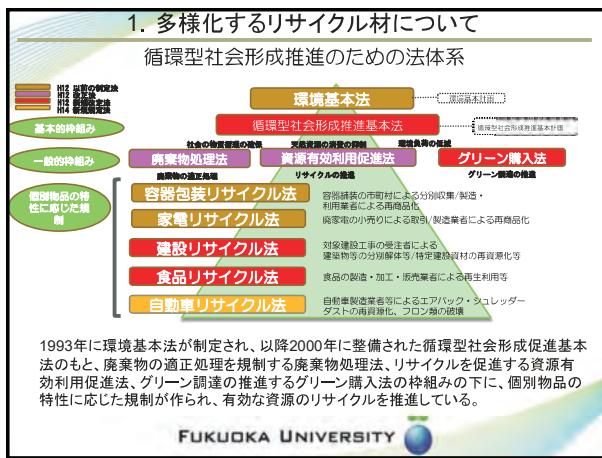
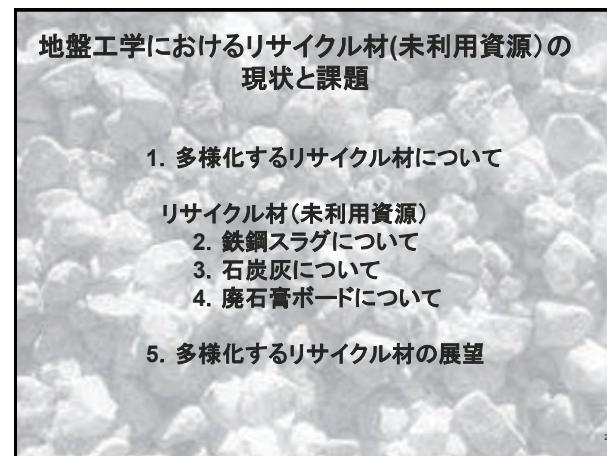
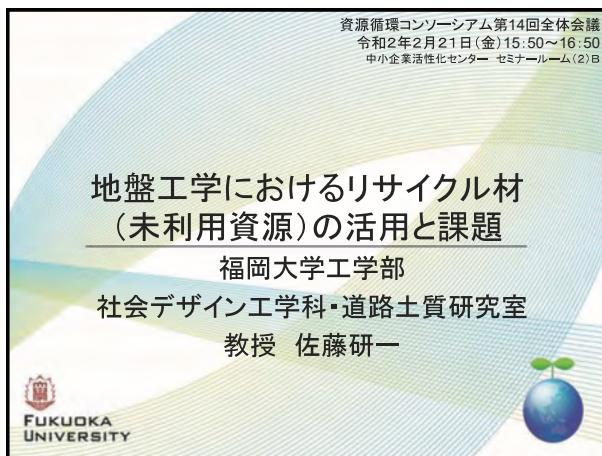
福岡大学工学部

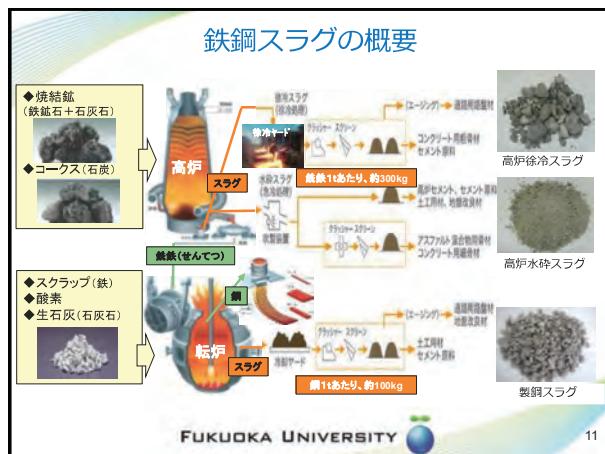
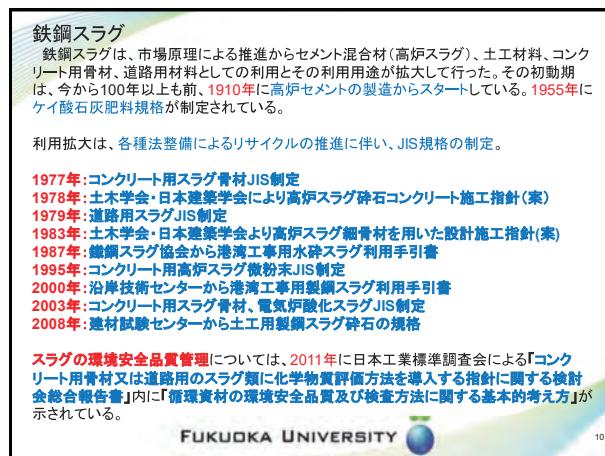
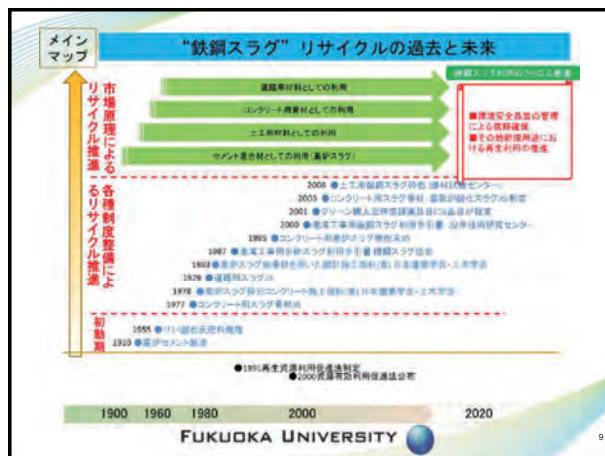
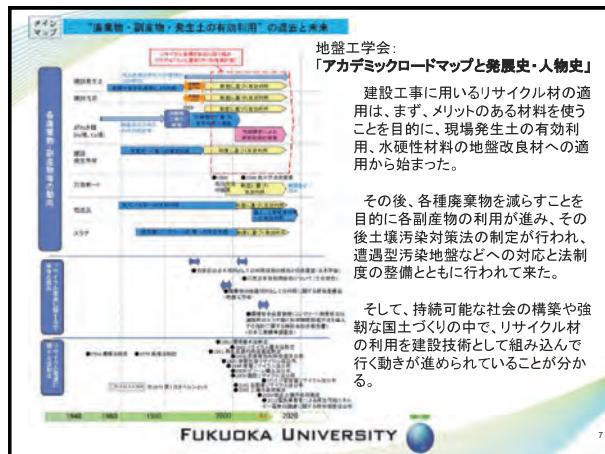
社会デザイン工学科・道路土質研究室

教授 佐藤研一 氏

1. 多様化するリサイクル材について
リサイクル材（未利用資源）
2. 鉄鋼スラグについて
3. 石炭灰について
4. 廃石膏ボードについて
5. 多様化するリサイクル材の展望

以下 パワーポイント（PDF）参照



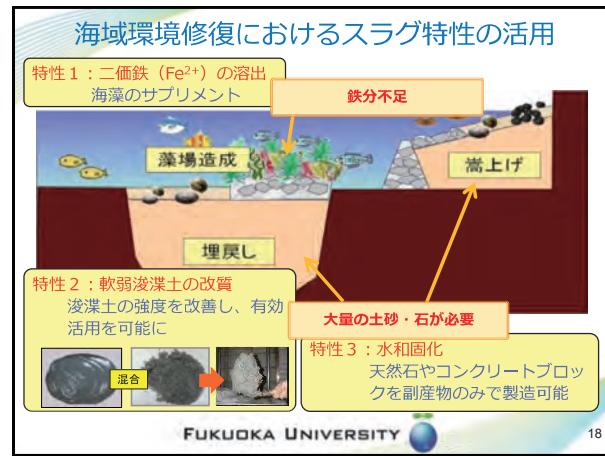
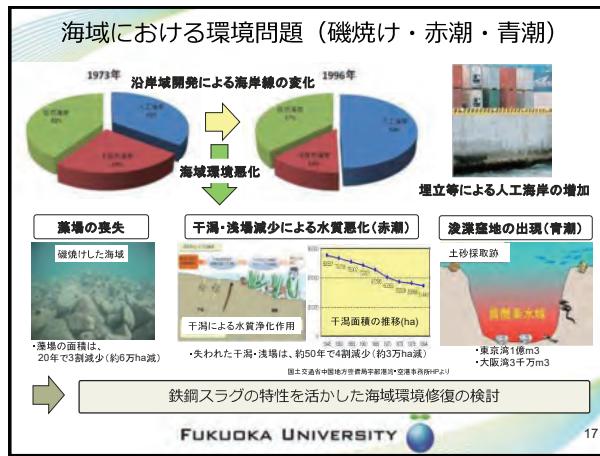
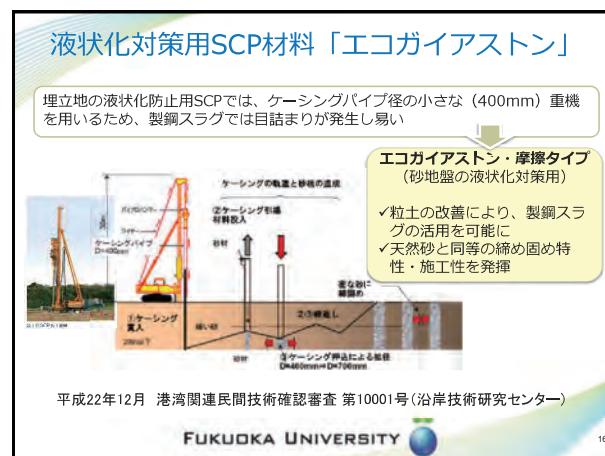
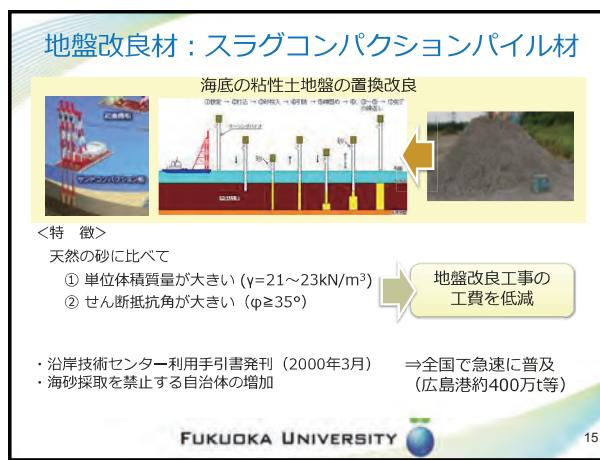
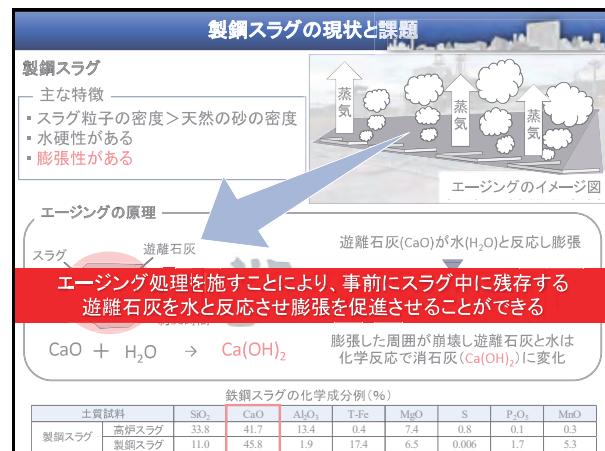
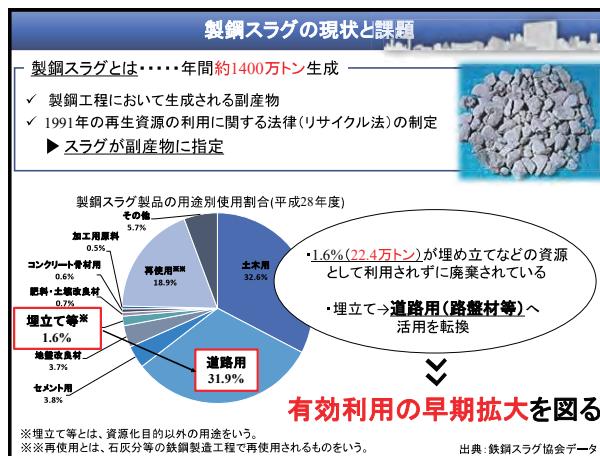


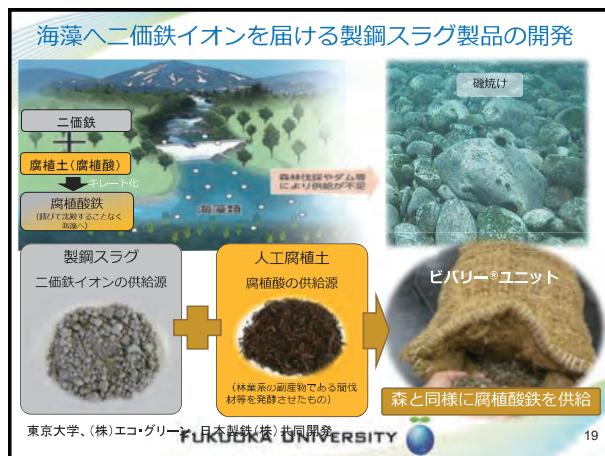
鉄鋼スラグの生成量（2016年度）

鉄鋼生産量 (千t)	
粗 鋼 生 産 量	105,166

鉄鋼スラグの生成量 (千t)	
高 爐 ス ラ グ	19,261
高炉水碎スラグ	4,140
計	23,401
製 鋼 ス ラ グ	11,482
電気炉スラグ	2,627
計	14,110
合 計	37,511

FUKUOKA UNIVERSITY





水和固化体製人工石・ブロック

◆ 鉄鋼スラグにより製造する人工石材、ブロック
◆ 強度は、JIS A 5006の準硬石 (9.8N/mm²) 以上

配合例 (数字は1m ³ あたりの使用量 (kg))		
水	高炉スラグ微粉末	製鋼スラグ
230	460	1692

比較:コンクリートの場合			
水	セメント	砂利	砂

21 FUKUOKA UNIVERSITY



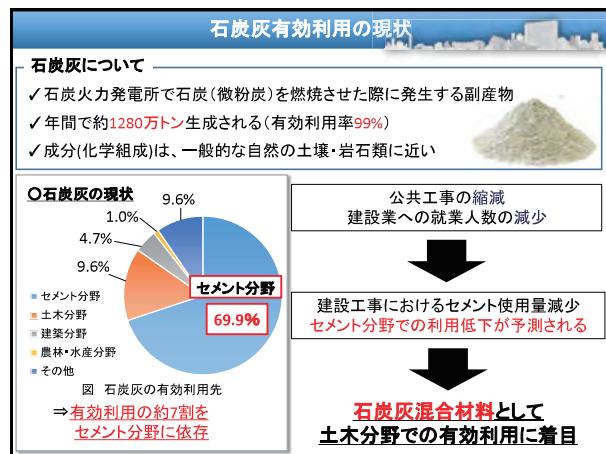
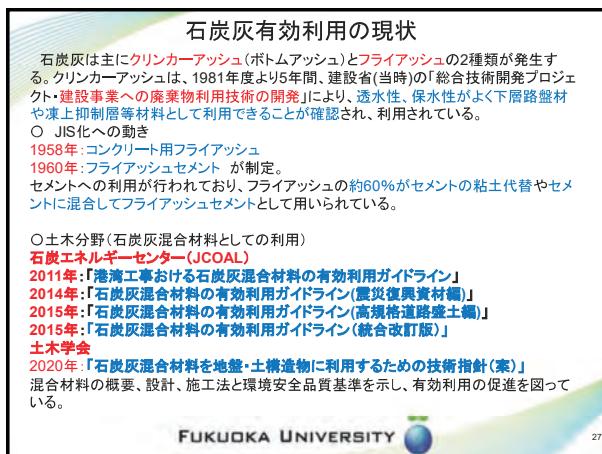
**鉄鋼スラグが高い有効利用を達成できている
ポイント**

◆ 常に世の中の環境変化に対応しながら、

- ・産学官連携して、利用規格を整備してきている。
- ・各社とも厳格な品質管理のもと、環境・品質基準に適応した鉄鋼スラグ製品を製造している。
- ・個社だけでなく、業界団体として、鉄鋼スラグ製品の普及・広報活動を推進している。
- ・新しい用途開拓、新商品開発に取り組んでいる。

23 FUKUOKA UNIVERSITY





破碎材の有効利用時の課題

主に要求されること

- 安定した品質の確保と長期耐久性
 - ➡ 路盤材として「すり減り減量」等の規定値の順守
- 環境安全品質の確保
- 需要と供給のバランス
- コスト

FUKUOKA UNIVERSITY

有効利用時の課題解決のアプローチ

破碎材の特徴

- ✓ 通常の天然碎石と同等以上の締固め特性
- ✓ 軽量で地盤沈下が懸念される場所に最適
- ✓ 破碎材は、石炭灰を固化させた製品のため路盤材の規定値「すり減り減量」に課題を抱えている。

・製鋼工程において副次的に生成
・年間約1400万トン生成
・土木分野での有効利用の促進

破碎材に製鋼スラグを混合することで
上層路盤材への用途拡大を図る

有効利用時の課題解決のアプローチ

◆ 混合割合

10 : 0 破碎材 「単体」 7 : 3 (破碎材:製鋼スラグ) 5 : 5 3 : 7 0 : 10 製鋼スラグ 「単体」

表-3 実験条件

実験試料	混合割合 (破碎材:製鋼スラグ)	含水比 w (%)	検討方法
破碎材 製鋼スラグ	10:0	最適含水比	修正CBR試験(JIS A 1211) すりへり試験(JIS A 1211) 利用有姿による試験(JIS K 0058-1)
	7:3		
	5:5		
	3:7		
	0:10		

路盤材としての性能評価

~実験結果~

◆ 修正CBR試験

修正CBR値 (%)

90%CBR 95%CBR

上層路盤材の品質基準：80%以上
下層路盤材の品質基準：30%以上

10:0 7:3 5:5 3:7 0:10 (破碎材: 製鋼スラグ)

図-4 締固め度90%・95%における修正CBR値

破碎材単体 下層路盤材 → ○ 上層路盤材 → ✕

製鋼スラグを含む石炭灰混合破碎材 下層路盤材 → ○ <製鋼スラグ混入率>
上層路盤材 → ○ 50%未満 ✕ 50%以上 ○

製鋼スラグ混合率 増 → 修正CBR値 増

路盤材としての性能評価

~実験結果~

修正CBR値 (%)

90%CBR 95%CBR

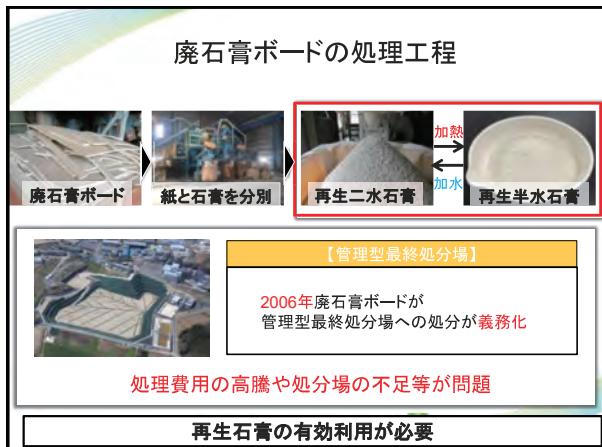
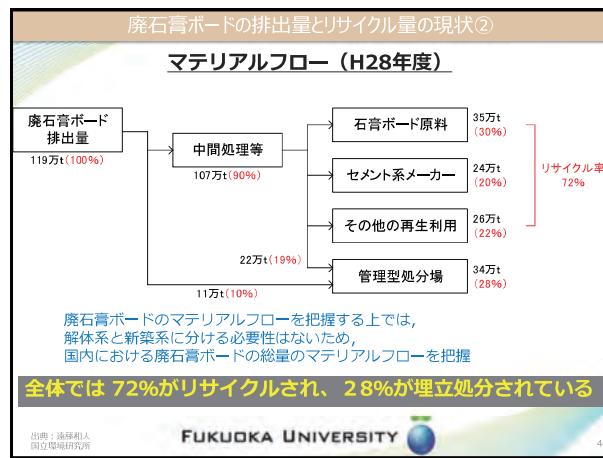
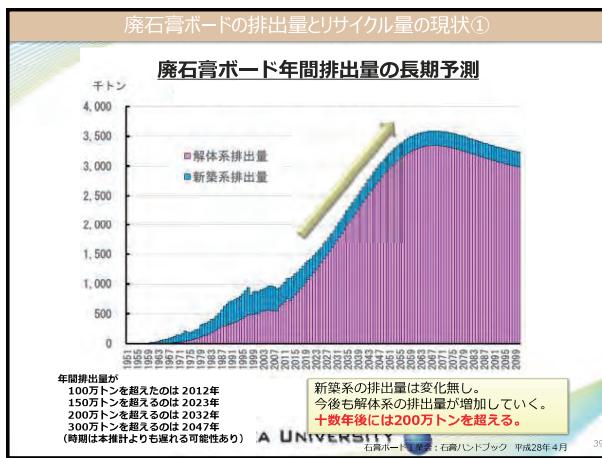
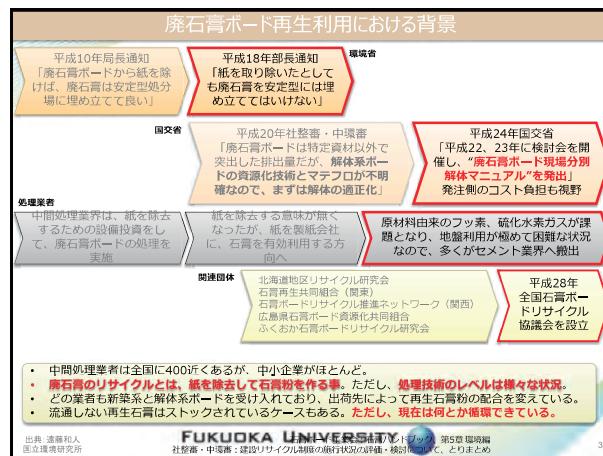
上層路盤材の品質基準：80%以上
下層路盤材の品質基準：30%以上

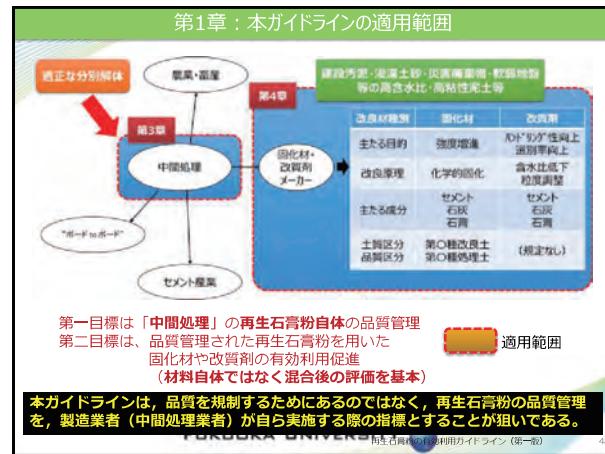
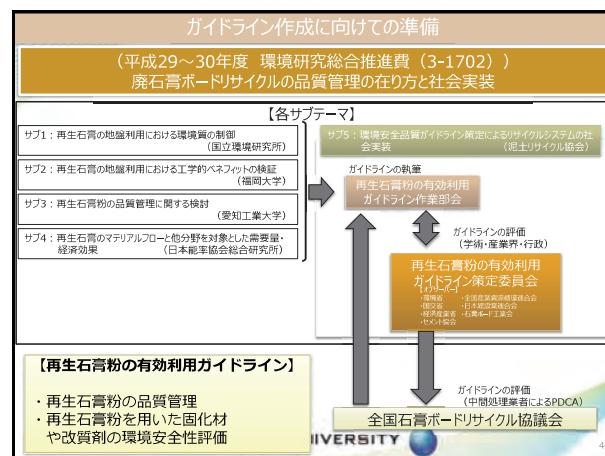
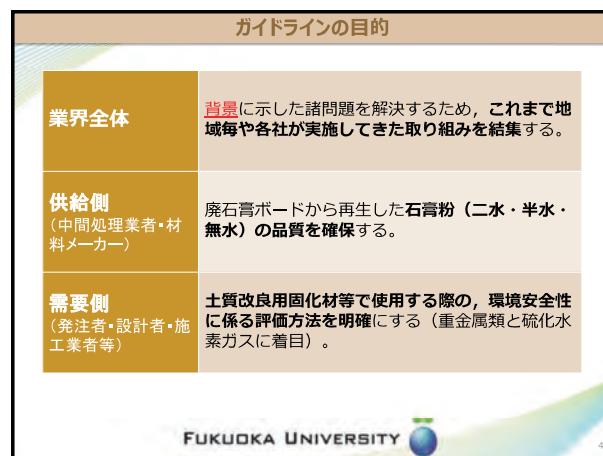
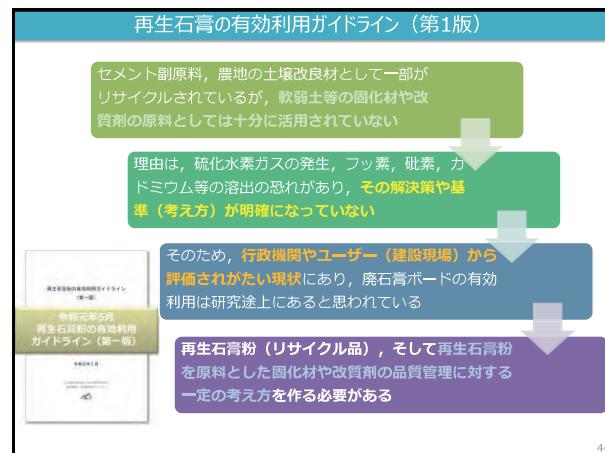
10:0 7:3 5:5 3:7 0:10 (破碎材: 製鋼スラグ)

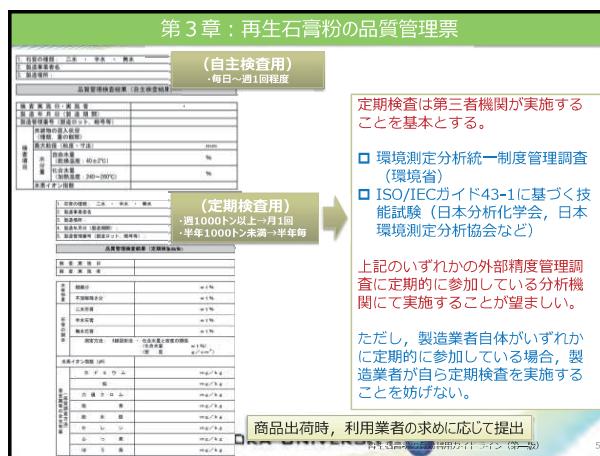
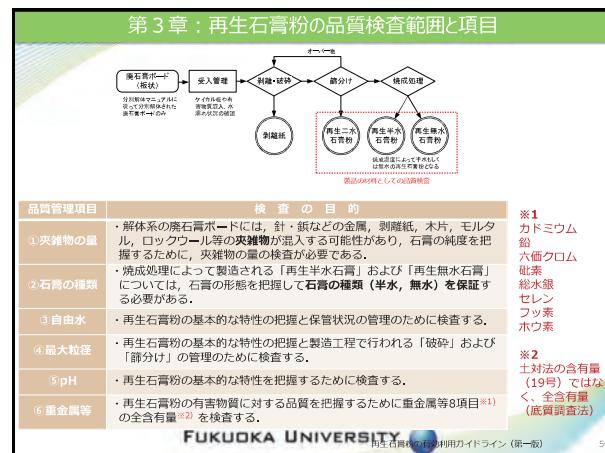
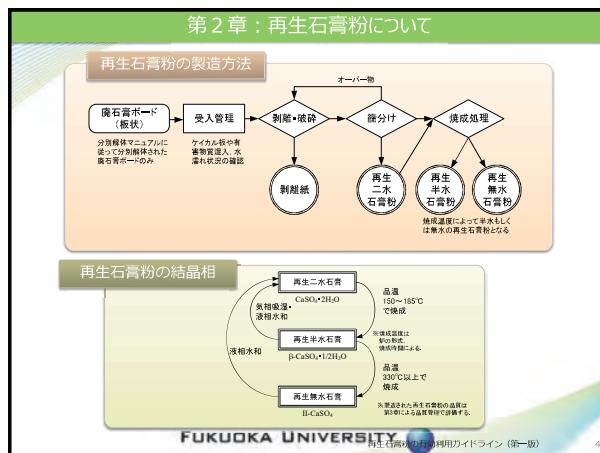
図-4 締固め度90%・95%における修正CBR値

✓ 修正CBR値は破碎材に対して製鋼スラグを同等量以上混合することで
上層路盤材の品質基準を満たす
✓ すりへり減量値はすべての条件において上層路盤用規定値を満たした
破碎材に製鋼スラグを同等量以上混合することで上層路盤材としても適用可能









第4章：再生石膏粉を用いた固化材・改質剤の地盤改良等への利用

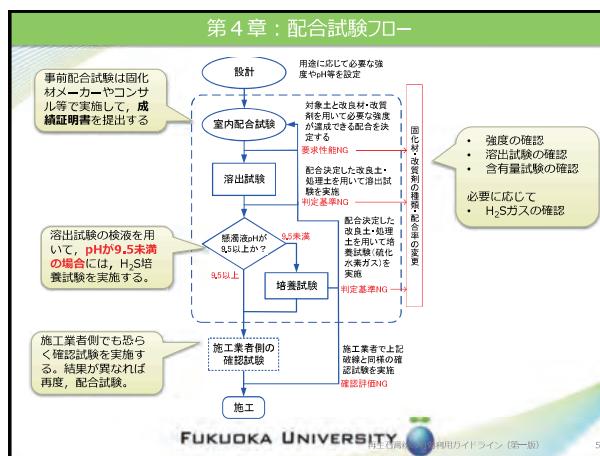
再生石膏粉を単味 または 他の材料と混合した材料を、固化材 または 改質剤として使用する場合を対象

利用形態	工種・用途	使用時姿	想定pH
固化材	主材 地盤改良材※1 地盤路床	理立材, 粉体	中性域(5.8~8.6)
	助剤 地盤改良材※1 地盤路床※2 土質改良剤として再生石膏粉を配合したもの	理立材, 流動化改良工, ピンノット固化材	アルカリ性
改質剤	主材 廃棄物・浚渫土等の分別・分級、処分場運搬時の前処理	粉体	中性域(5.8~8.6)
	助剤 廃棄物・浚渫土等の分別・分級、処分場運搬時の前処理	粉体	アルカリ性

●原料として使用する再生石膏粉は、第3章で示した品質管理が行われた商品を使用する。
●固化材、改質剤の単味では、土壤環境基準は関係ないため、溶出試験は実施しない。

再生石膏粉を含む固化材・改質剤出荷の際には、ロット毎にSDS（旧:MSDS、安全データシート）を発行・提出する。

FUKUOKA UNIVERSITY 再生石膏粉の利用ガイドライン（第一版） 52



第4章：環境安全品質（土と混合後）

品質管理項目

検査の目的

品質管理項目	検査の目的
重金属等	・46号溶出（重金属類のみ）を実施し、品質を管理する。
水素イオン濃度指數 (pH)	・中性の材料として提供する場合など、それぞれ期待されるpHの範囲内にある必要がある。
硫化水素ガス	・pH=9.5未満の場合は、培養試験を実施して、硫化水素ガスの発生を確認する必要がある。

硫化水素ガス発生ポテンシャル試験実施の判断

硫化水素pH	試験実施の判断
pH9.5以上	不要
改質土を標準基盤として50cm以内に用いる場合	不要
上記以外の場合	必要

成績証明書のような形で、固化材メーカーが試験結果を示し、施工（発注者）にお渡しする。

FUKUOKA UNIVERSITY 再生石膏粉の利用ガイドライン（第一版） 54

再生石膏粉を用いた固化材・改質剤の地盤改良等への有効利用の課題

固化材・改質剤に要求されること

- 安定した品質の確保
 - ➡ 中性固化材として安定した強度発現(再泥化防止)
- 環境安全品質の確保(フッ素溶出、硫化水素発生)
- 需要と供給のバランス
- コスト

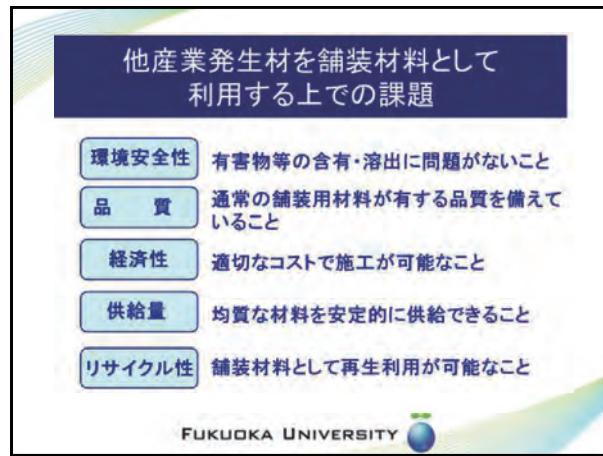
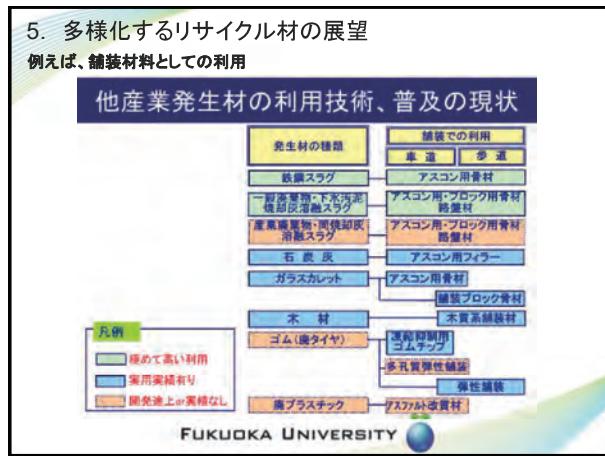
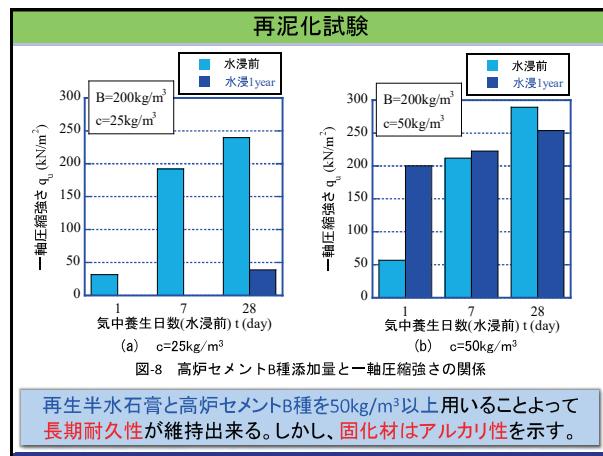
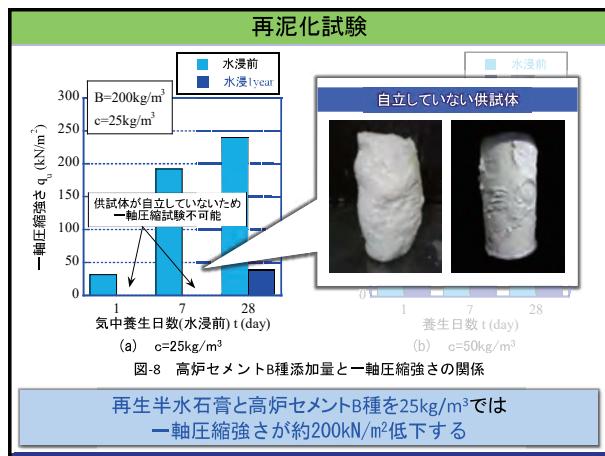
FUKUOKA UNIVERSITY

再泥化試験

		(a)水浸時経時変化 ($B=200\text{kg/m}^3$, $c=0\text{kg/m}^3$, $t=7\text{day}$)				
水浸時間		15min	30min	1hour	2hour	4hour
再泥化区分	再泥化試験の様子					
	4	4	5	6	6	

		(b)水浸時経時変化 ($B=200\text{kg/m}^3$, $c=25\text{kg/m}^3$, $t=1\text{day}$)				
水浸時間		1day	28day	54day	91day	365day
再泥化試験の様子	再泥化試験の様子					
	3	3	3	3	3	

○再生半水石膏単体:すぐに崩れる
○再生半水石膏+高炉セメントB種:1年間変化なし



5.1 量の側面からの課題

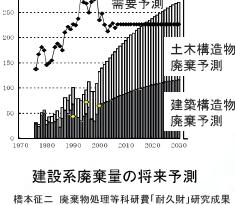
■ 将来、受給がアンバランスになる可能性が高い

主な再生資源(副産物・廃棄物・発生土等)の発生量と再資源化率

	発生量	再資源化率(%)	H17
コンクリート塊*	3200 万トン	97.5	H17
アスコン塊*	2600 万トン	98.7	H17
鉄鋼スラグ**	3700 万トン	98.8	H16
非鉄スラグ***	550 万トン	98.4	H17
石炭灰*	1070 万トン	96	H17
建設発生土*	19500 万m ³	30**	H17
一廃溶融スラグ***	52 万トン	66	H16

*H17建設部品実態調査 **鉄鋼スラグ統計年報 ***日本経済会議
*石炭灰ホルミセントーリー **利用確定受入地図 ***日本産業機械工業会

FUKUOKA UNIVERSITY



リサイクル材の情報交換システム

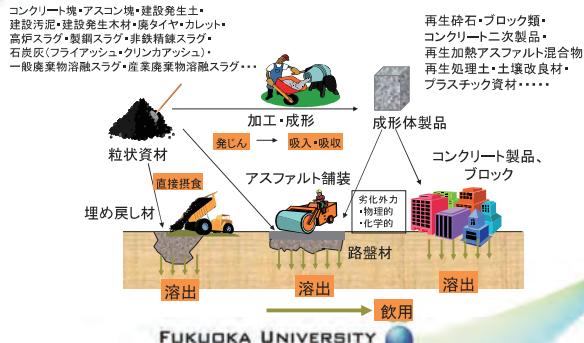


FUKUOKA UNIVERSITY

62

5.2 質の側面からの課題

リサイクル製品と環境への影響



FUKUOKA UNIVERSITY

5.3 環境安全品質の考え方の導入

土対法改正後の施行に関する通知

「スラグ等や石灰火力発電に伴い排出される石灰灰等が土木用・道路用資材等として用いられ、かつ周辺土壤と区別して用いられる場合は、そもそも土壤とみなされない」

平成23年 環水大土発110706001号

土壤環境基準や土壤汚染対策法の調査命令の対象外となるために、別途、適切な環境安全品質を確保するための検査方法と管理方法が必要

「コンクリート用骨材又は道路用等のスラグ類に化学物質評価方法を導入する指針に関する検討会 総合報告書」
(平成24年3月 日本工業標準調査会)

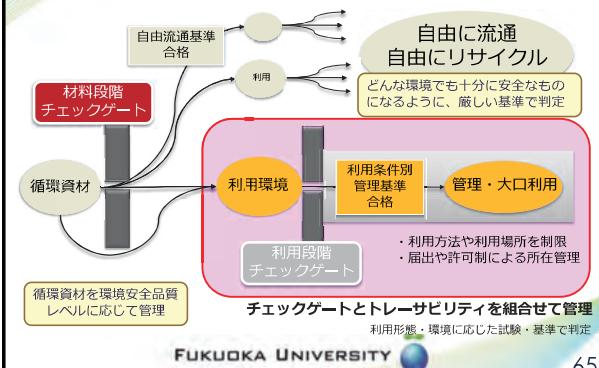
→ あらゆる循環資材に共有できる「基本的な考え方」を提案

FUKUOKA UNIVERSITY

64

1) 基本的な考え方

循環資材が備えるべき環境安全品質とその管理方策の在り方



FUKUOKA UNIVERSITY

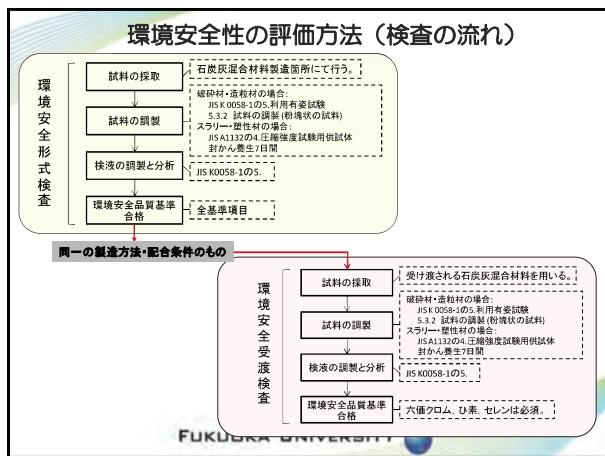
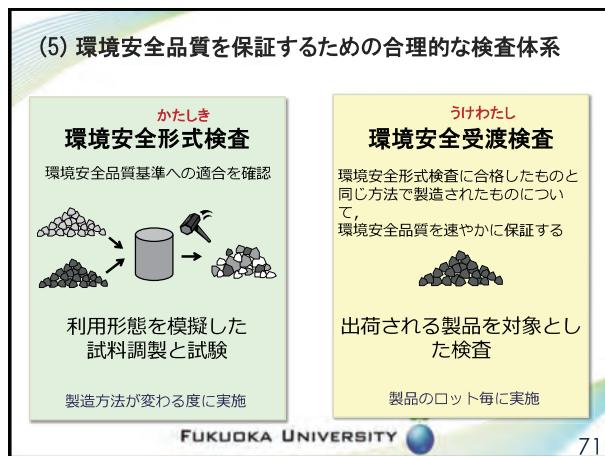
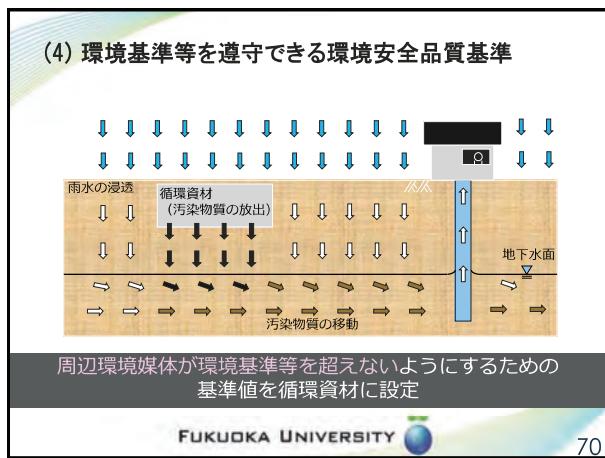
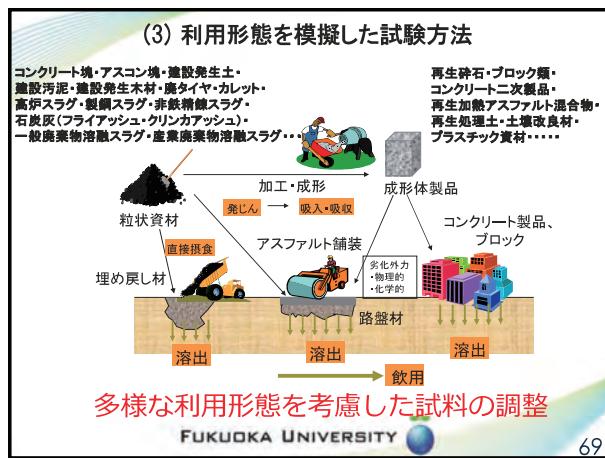
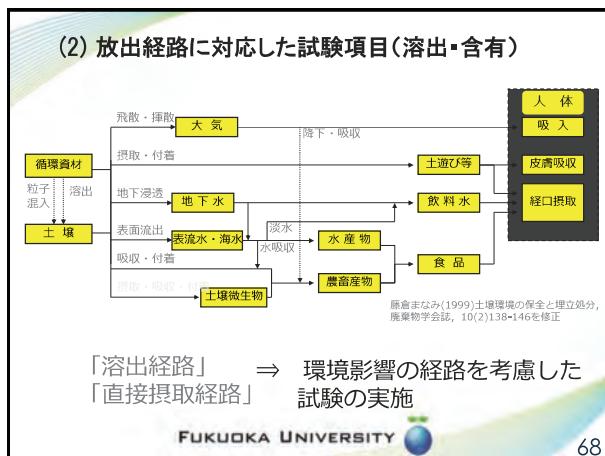
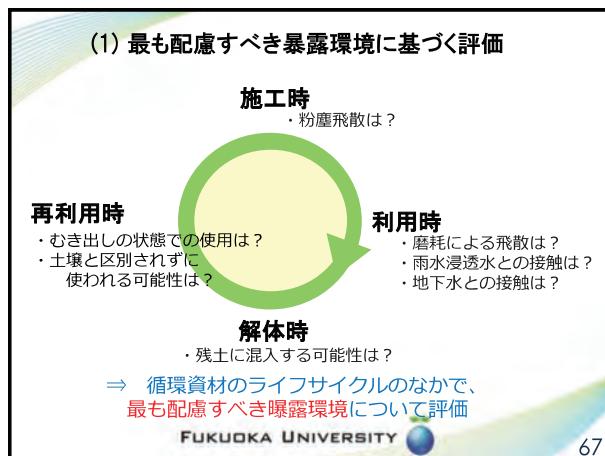
65

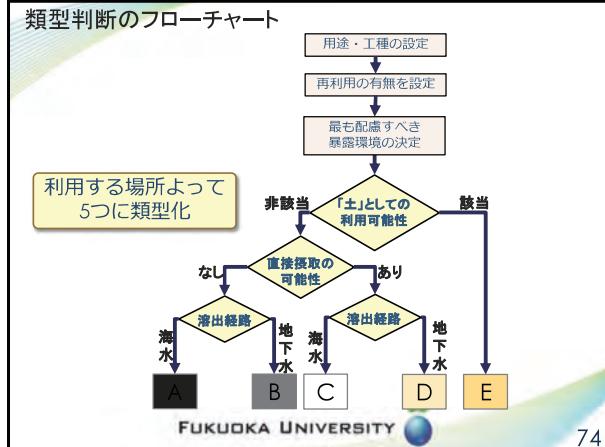
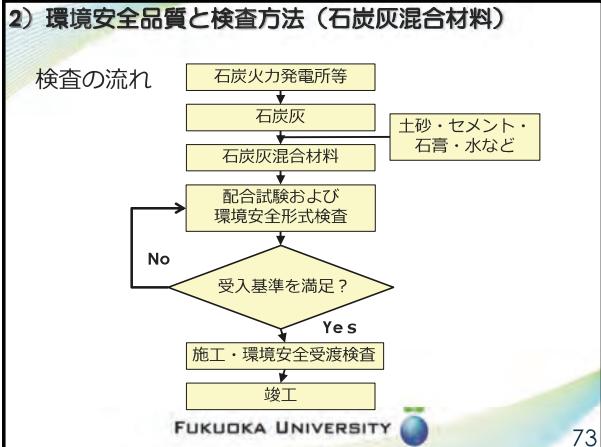
循環資材の環境安全品質及び検査方法に関する基本的な考え方

- (1) 最も配慮すべき曝露環境に基づく評価
- (2) 放出経路に対応した試験項目(溶出・含有)
- (3) 利用形態を模擬した試験方法
- (4) 環境基準等を遵守できる環境安全品質基準
- (5) 環境安全品質を保証するための合理的な検査体系

FUKUOKA UNIVERSITY

66





各類型の試験項目、試験方法と環境安全品質基準

類型	「土」としての再利用可能性	直接採取可能性	溶出経路	試験項目	試験方法	環境安全品質基準
A	非該当	なし	海水	溶出量試験	JIS K 0058-1の5.	港湾用途溶出量基準
B	非該当	なし	地下水	溶出量試験	JIS K 0058-1の5.	一般用途溶出量基準
C	非該当	あり	海水	溶出量試験	JIS K 0058-1の5.	港湾用途溶出量基準
D	非該当	あり	地下水	溶出量試験	JIS K 0058-1の5.	一般用途溶出量基準
E	該当	あり	—	溶出量試験 含有量試験	H15環境省告示第18号 H15環境省告示第19号	一般用途溶出量基準 含有量基準

FUKUOKA UNIVERSITY 76

5.4 廃棄物に対する新しい考え方

近年、EUでは「End of Waste: エンドオブウェスト」廃棄物の終結状態と言う新しい概念が規定された。すでに、鉄、アルミ、銅等に関しては既に基準が欧州委員会から発表されている。

→ この考え方には、廃棄物ひとつひとつに関して、いつまで廃棄物なのか、材料としてどこまで品質が高まれば廃棄物ではなくなるのか、つまりエンドオブウェストになるかを示している。エンドオブウェストになった後の物品は廃棄物ではないので、自由な経済活動のとして、原料として取引ができるということである。

このようにEUでは、廃棄物の規制を離れて自由な取引のできる材へ移るための基準を具体的に示すことによってリサイクルへのインセンティブを与えるのと同時に廃棄物管理における品質管理のボトムアップを実現させる概念を設定したといふ考え方である。この廃棄物処理業における品質管理システムの向上は、廃棄物処理業に素材製造業と同じレベルの品質管理システムを実行させることで、**廃棄物処理業を素材産業と肩を並べるぐらいの資源産業へと成長させ**、統合させていく狙いがあると思われる。今後このような考え方を日本でも早期に導入していくことが重要であると考えられる。

FUKUOKA UNIVERSITY 77

