

(1) 長期暴露したコンクリートにおけるセメント水和物の  
化学分析と炭酸化機構に関する検討



新潟大学 工学部 建設学科 高市 大輔 氏

建設コンサルタンツ協会北陸支部 業務・研究発表会 8月7日(金)  
**長期暴露したコンクリートにおける  
セメント水和物の化学分析と  
炭酸化機構に関する検討**

新潟大学大学院自然科学研究科

○高市大輔 須藤俊幸

工学部建設学科

斎藤豪 佐伯竜彦

Niigata University

Cement Concrete Lab.

1

## 研究背景

コンクリート構造物の長期供用

セメント水和物の変質 → 性能低下

骨材の影響で分析が困難

**長期供用データが必要**

2

## 研究目的

コンクリート構造物の長期供用のための基礎資料を得る

長期供用されたコンクリートについて  
セメント水和物に着目し、化学分析を行う

+

骨材分離の手法

3

## 分析サンプル

鉄道橋コア(1923～)

大河津分水旧可動堰コア(1931～)



4

## 測定項目

相組成	粉末X線回折/Rietveld解析 熱分析(TGA) フーリエ変換赤外分光光度測定 (FT-IR)
空隙構造	空隙率試験 水蒸気吸脱着試験

5

## 骨材分離

XRD/Rietveld解析

└─ 結晶質を測定

コンクリートにおいて

骨材の影響



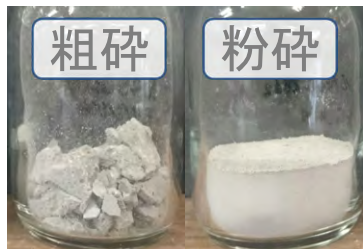
測定精度が低下

測定精度の向上が必要

6

粗砕して粗骨材を  
取り除く

ボールミルで90 $\mu$ mに  
粉砕

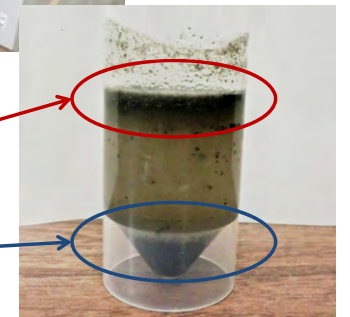


重液(2.3g/cm<sup>3</sup>)  
を加え、  
遠心分離機で  
分離



セメント水和物  
(2.2g/cm<sup>3</sup>程度)

細骨材(2.7g/cm<sup>3</sup>程度)



解析後、質量比で重みをつけて補正值を合算

8

鈴木らの手法

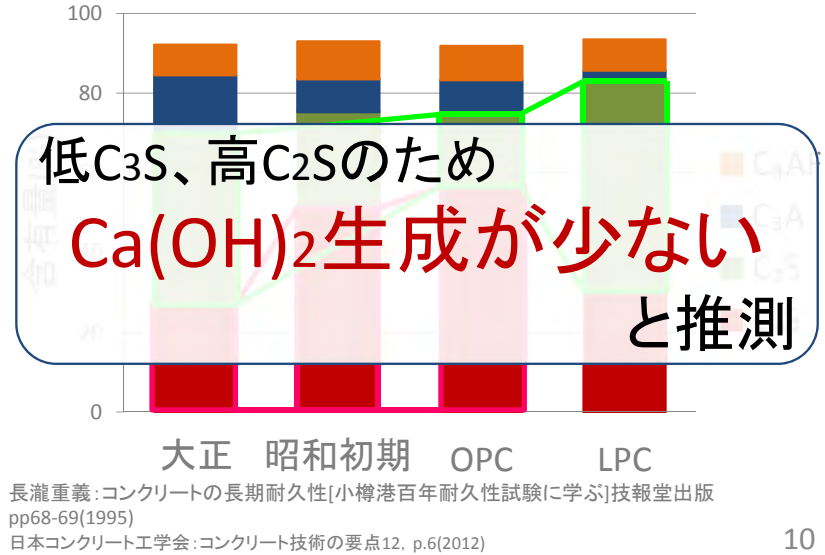
本研究の手法

利点	問題点
<p>簡便</p> <p>Ca等の溶解を最小限に抑えられる</p> <p>沈殿分も解析 ⇒沈殿した水和物も考慮できる</p>	<p>作業工程が多く煩雑</p> <p>アルコールを用いた溶解処理 ⇒水和物からCa等の溶解 ⇒コロイダルシリカの生成</p>

エチレングリコールメタノール抽出  
AFIの定量、AFmの分離  
DSC アルミナゲルの定量

生成物定量

セメント鉱物量の比較



実験結果-Ca(OH)<sub>2</sub>生成量(%)の比較

現代のOPCは56dで全体の20%程度\*だが...

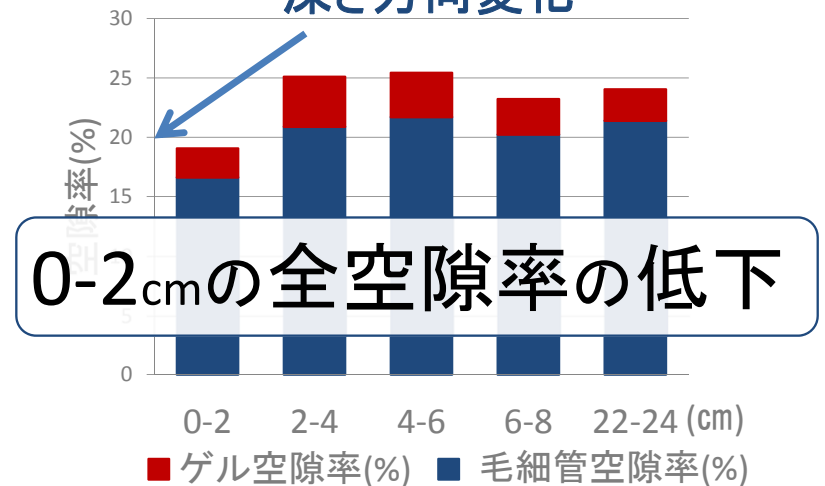
鉄道橋	大河津
22-24cm	19-20cm
0.38	1.57

Ca(OH)<sub>2</sub>生成量が少ない

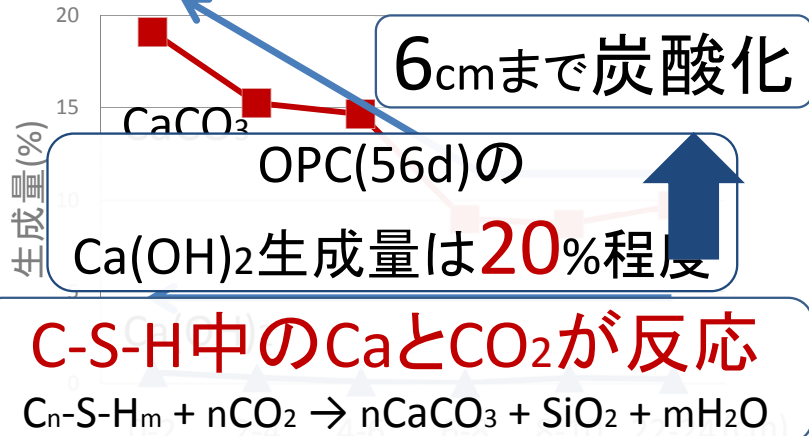
セメント組成からの推測と一致

\*コンクリートからの成分溶出を対象とした千年レベルの長期耐久性設計に関する研究 東京工業大学学位論文(2004)

実験結果-空隙率の深さ方向変化

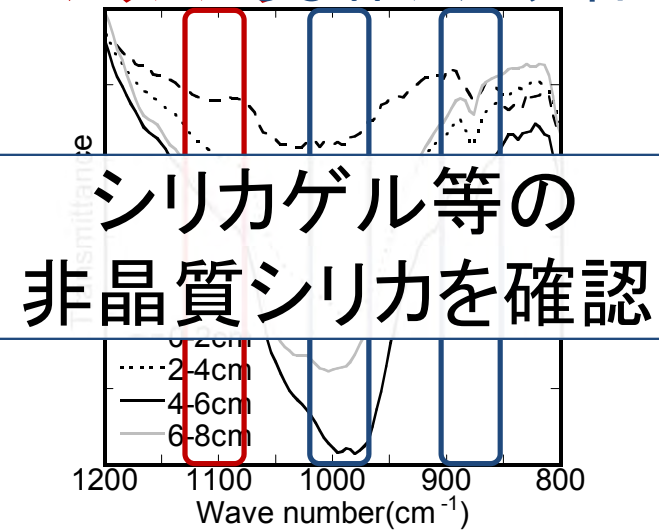


### 実験結果-Ca(OH)<sub>2</sub>, CaCO<sub>3</sub>生成量の 深さ方向変化



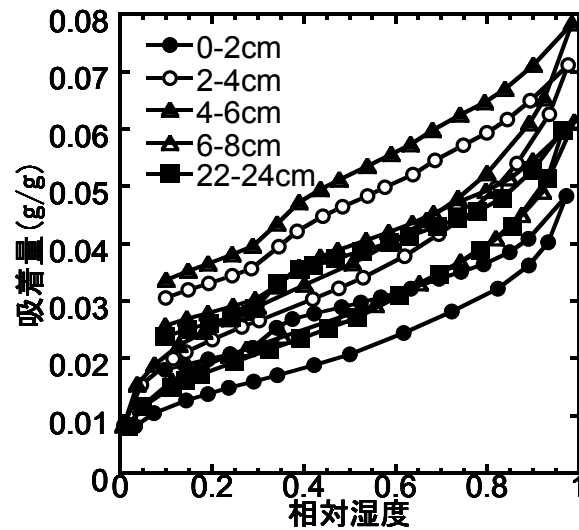
13

### 実験結果 所見サイト



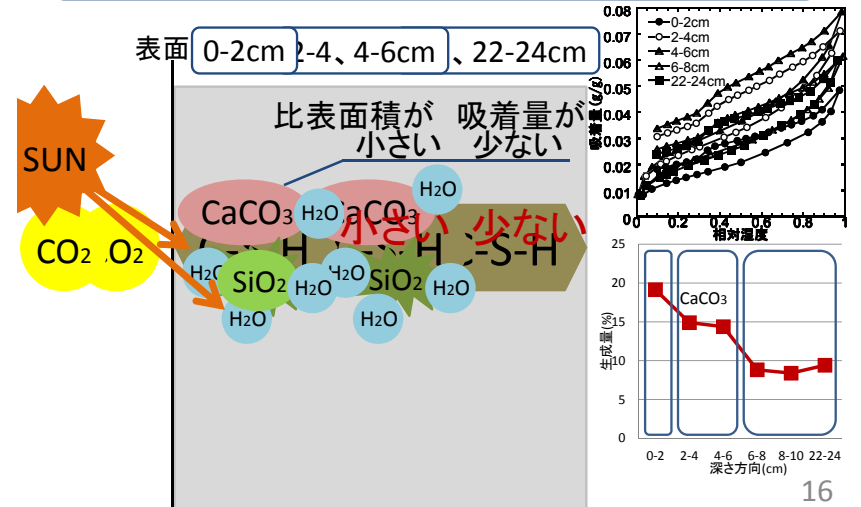
14

### 実験結果-水蒸気吸脱着



15

### C-S-Hの深さ方向による変質の違い



16

## まとめ

本鉄道橋は低C<sub>3</sub>S、高C<sub>2</sub>Sの配合であったと考えられ、水酸化カルシウム生成量が少なく、主にC-S-Hの炭酸化が生じた

長期供用されたことによって、表層部では、炭酸化および乾燥の影響が生じ、炭酸カルシウムと脱水縮合した非晶質シリカの生成により、比表面積の低下が生じた

17

研究目的

コンクリート構造物の長期供用のための基礎資料を得る

骨材分離

分析サンプル

本 鉄 道 橋	大 河 津 分 水	サ ン プ ル	サ ン プ ル	サ ン プ ル	.....
------------------	-----------------------	------------------	------------------	------------------	-------

18

## 今後の研究①

長期暴露したコンクリートの分析

- 発破屋 ・1913 (大正2)年に建設
- ・沖縄のコンクリート
- ・セメントが入荷される以前の構造物



EPMA、XRDによる相組成分析

19

## 今後の研究②

骨材分離による分析の精度検証

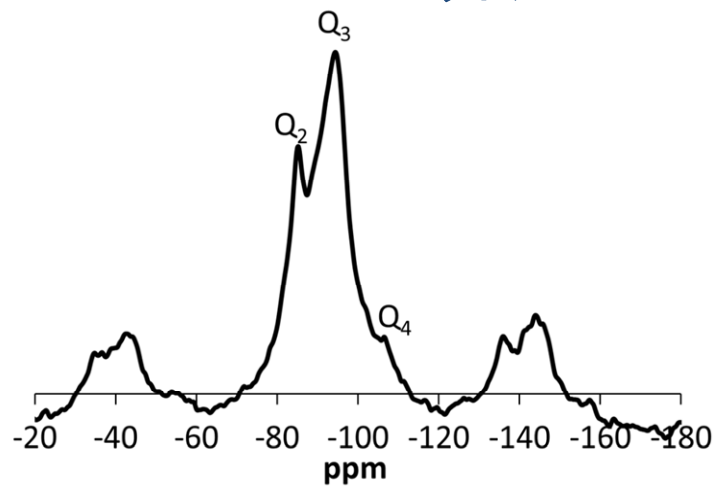
同じW/Cのコンクリートとペースト供試体で相組成を比較



解析手順の見直し

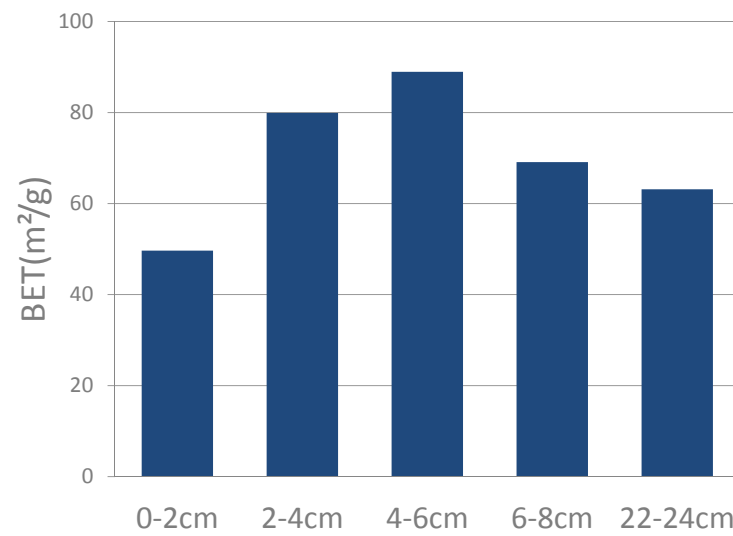
20

# 大河津分水堰表面部分 <sup>29</sup>Si-NMRスペクトル



21

# 比表面積の深さ方向変化



22