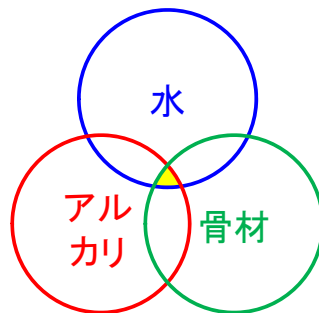

コンクリートの劣化現象 ～主にアルカリ骨材反応について～



港湾空港技術研究所
構造研究G

川端雄一郎

アルカリ骨材反応とは



- 骨材に含まれる反応性物質（主にシリカ鉱物）がアルカリと反応してアルカリシリカゲル（ASRゲル）を生成・膨張
- ASRの事例紹介
- ASRと上手く付き合う
 - 骨材の反応性を理解する→試験法の課題, 将来展望
 - 反応を抑制する→フライアッシュ, スラグ

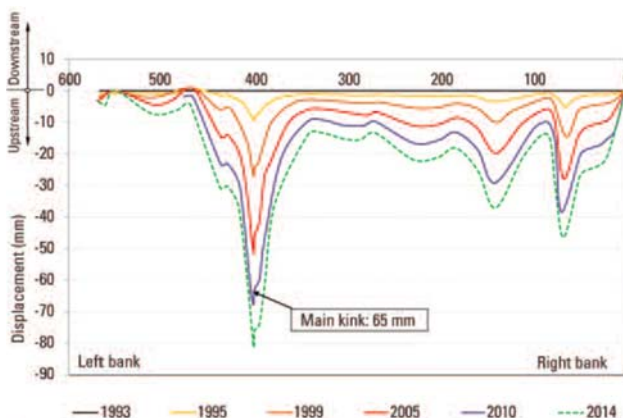
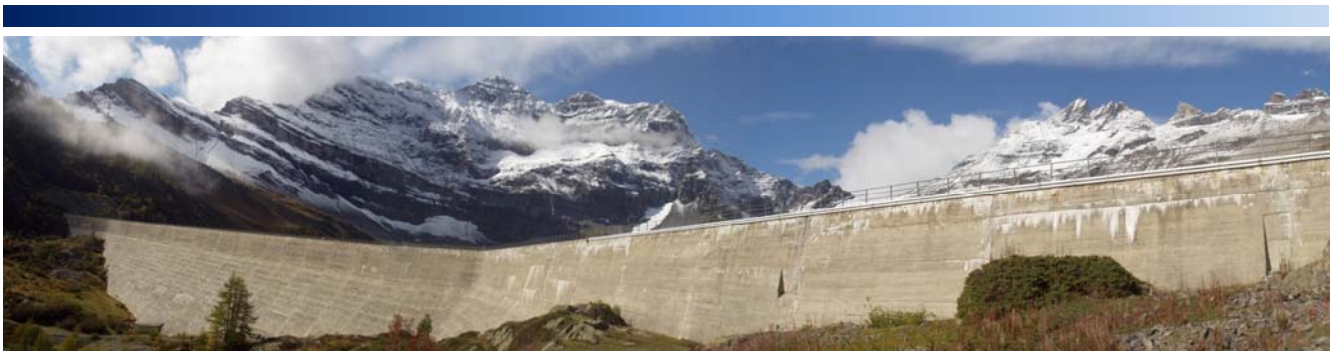
Chambon dam, France



- 1930-1935建設
- 現在も継続して膨張

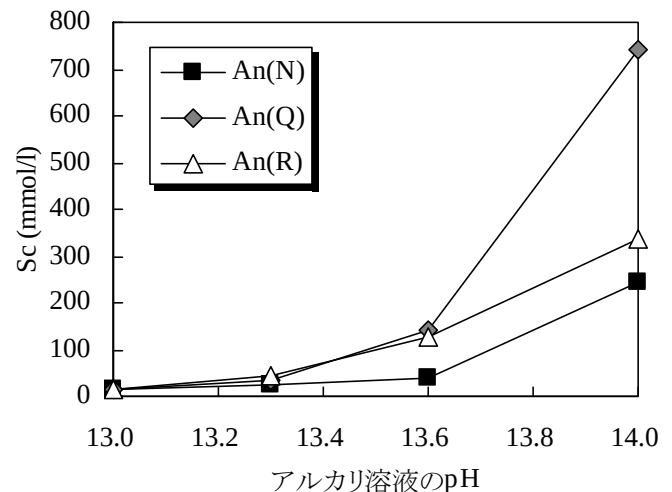
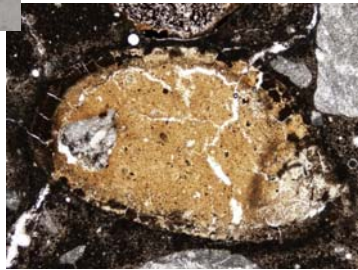


Salanfe dam, Switzerland



骨材の反応性とは？

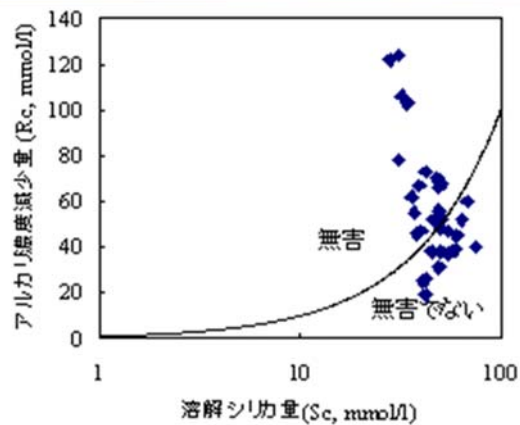
- 高いpHのアルカリ溶液で反応性物質が溶解。
- 鉱物によって溶け方が違う。
- 偏光顕微鏡による観察による反応性物質の同定が重要。
- ただし、反応性物質があるからといって必ず膨張するわけではない。
- 化学的な視点(溶解)、物理的な試験(膨張)を併用することが重要。



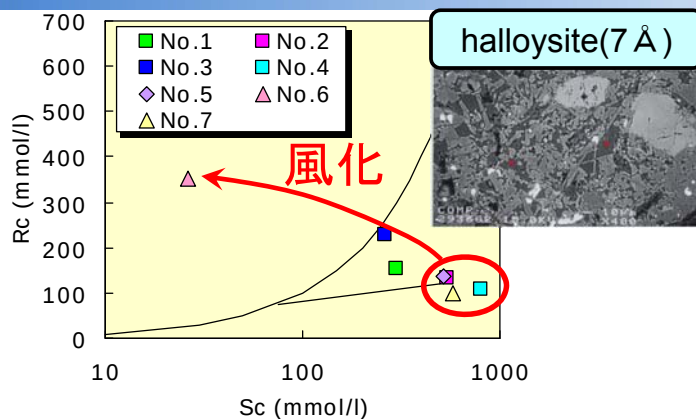
試験法の課題

- JIS:2つの骨材試験法
 - 化学法(JIS A 1145)
 - モルタルバー法(JIS A 1146)
- 必ずしも骨材の反応性を検出できるわけではない
 - ペシマム
 - 遅延膨張性骨材
- 海外の試験法
 - ASTM C 1260
 - デンマーク法

化学法



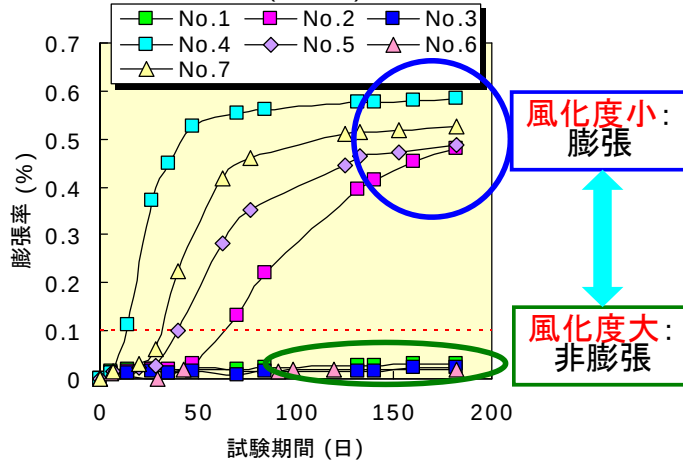
ペシマム



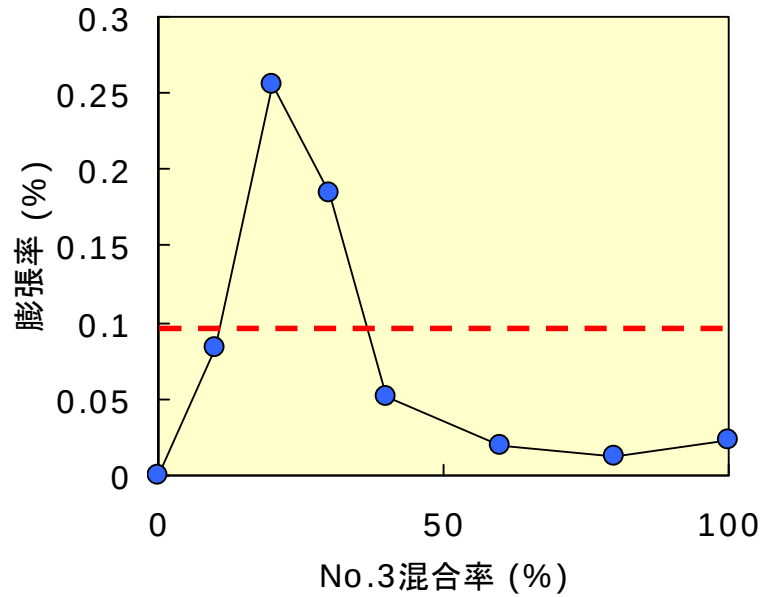
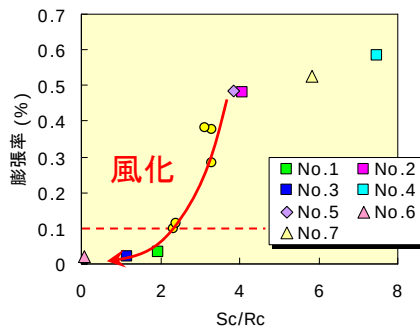
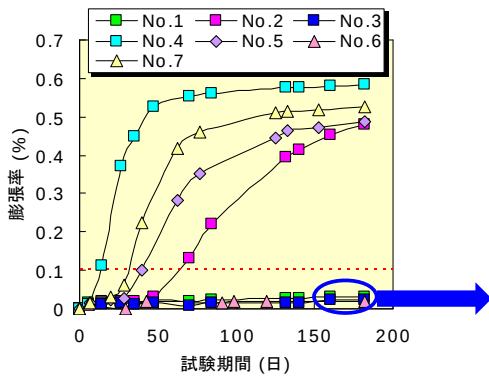
風化度小



風化度大

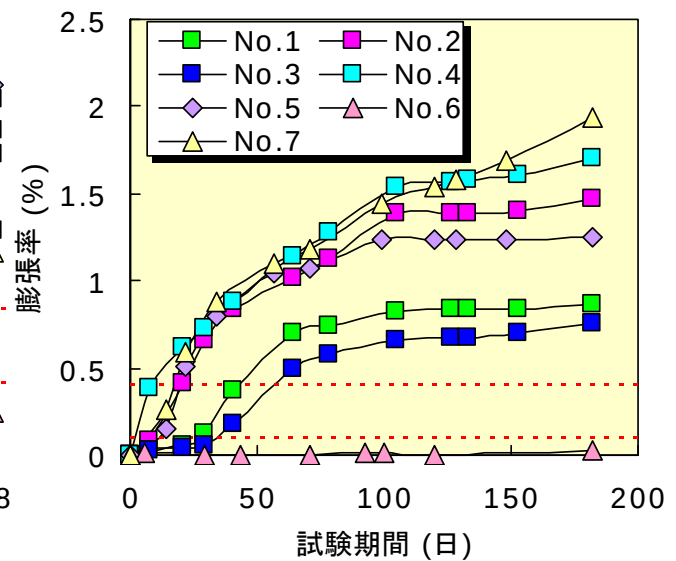
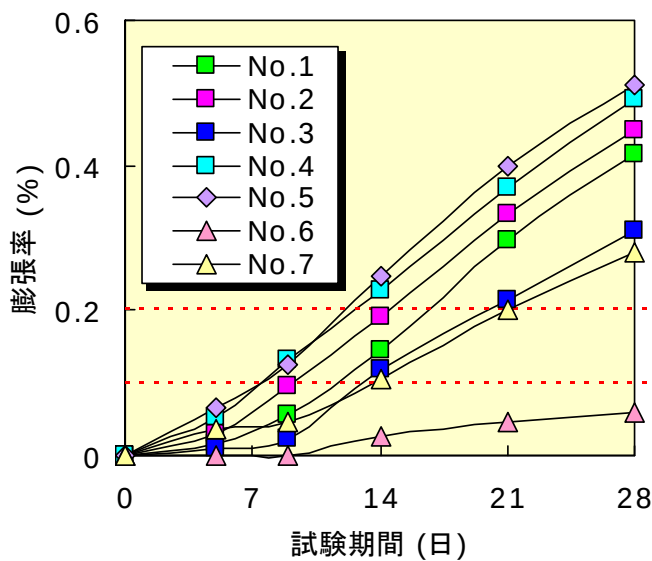


ペシマム



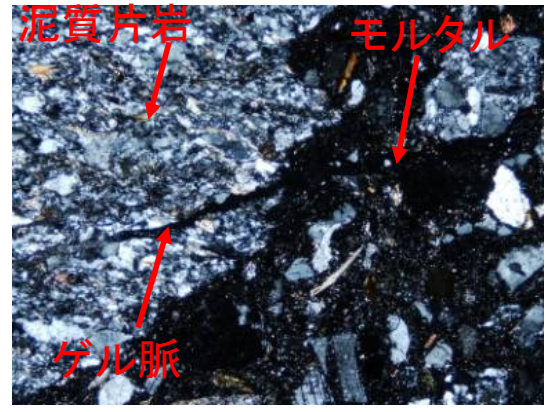
- 骨材全量を使用するモルタルバー法ではペシマムを検出できない
- 化学法でSc/Rcが小さい領域は要注意

ASTM C 1260, デンマーク法



- ASTM C 1260: 1mol/lアルカリ溶液に浸漬する試験法
- デンマーク法: 飽和NaCl溶液に浸漬する試験法
- ペシマム現象を生じる骨材であっても検出

遅延膨張性骨材



1mm

遅延膨張性骨材



ゲル脈

0.1mm

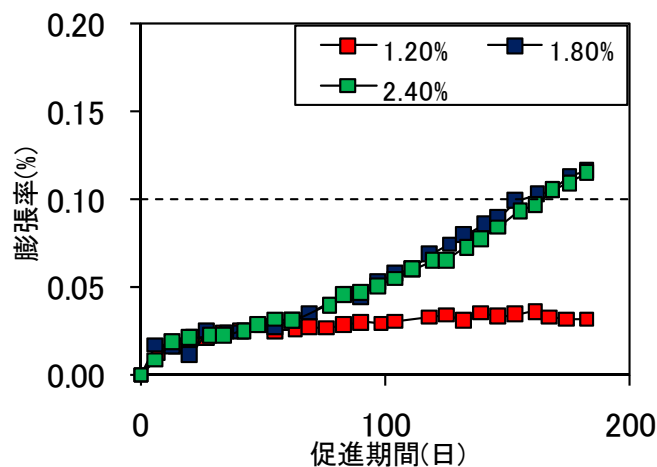
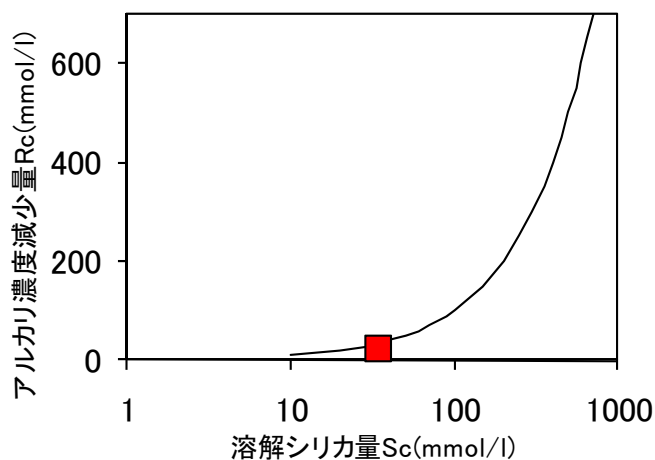


隱微晶質石英

隱微晶質石英

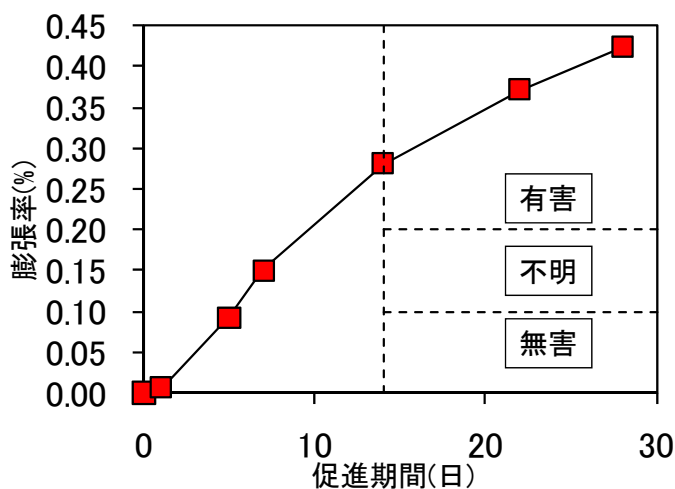
泥質片岩に含まれる
隱微晶質石英が反応性鉱物

化学法, モルタルバー法

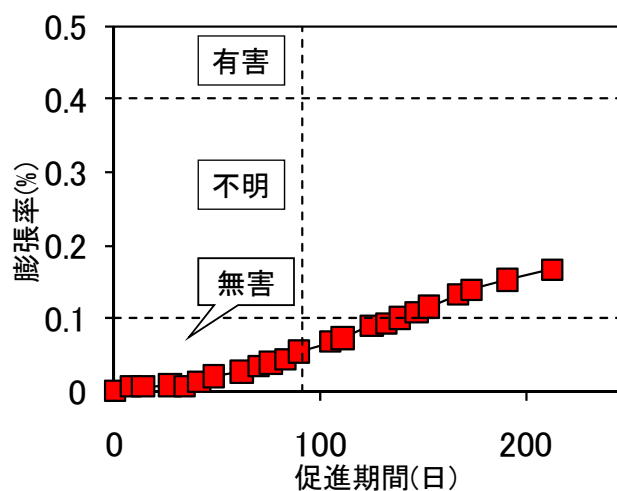


現行の試験では、反応性を適切に評価することができない

ASTM C 1260, デンマーク法



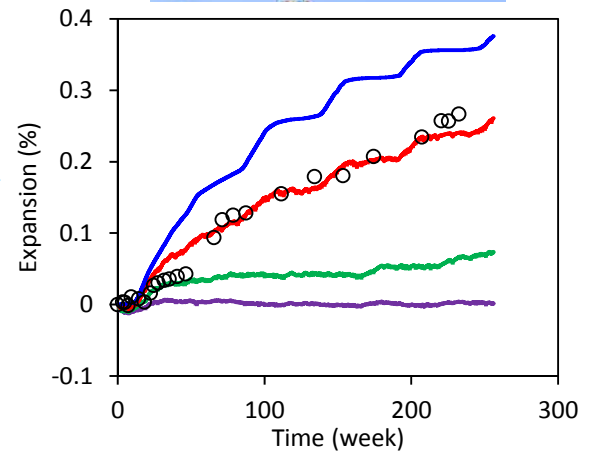
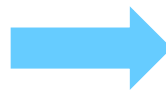
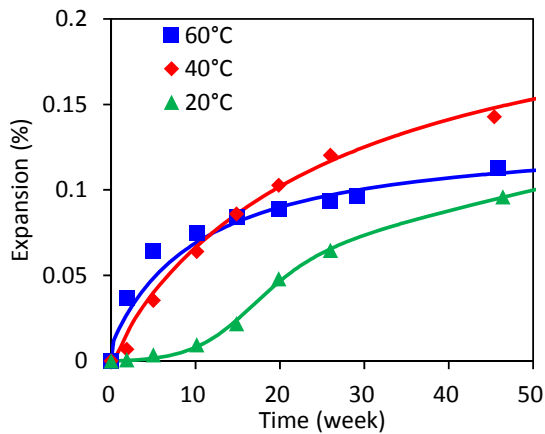
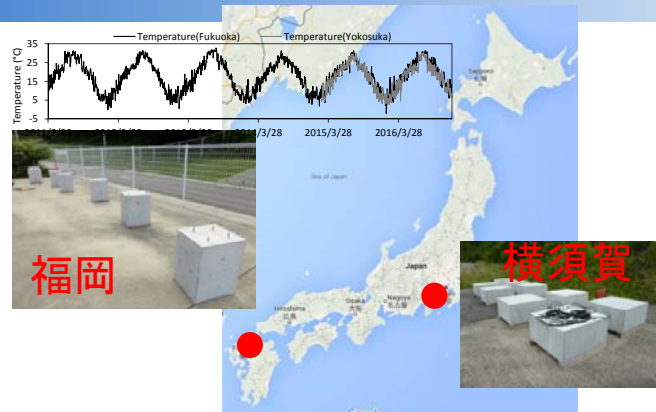
ASTM法では
反応性を検出可能



デンマーク法では
反応性を検出できない

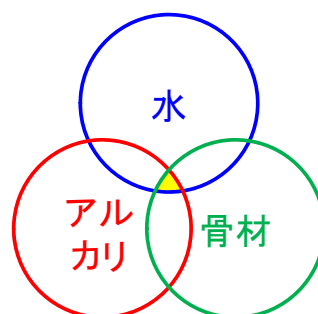
骨材試験から膨張予測へ

JCI-TC115FS提案の試験法(AW-CPT)
JCI-152Aで改良予定



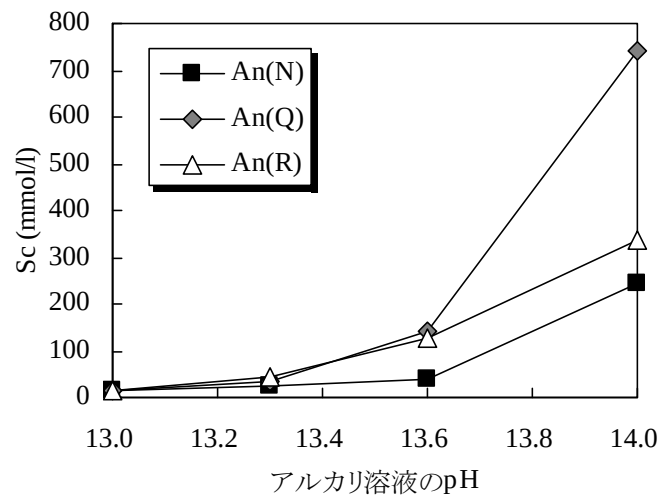
ASRの抑制

- 骨材の反応性を完璧に評価できる試験法はない
- 上手く付き合うには, 反応を制御すればよい
- 水を減らす
- アルカリを減らす



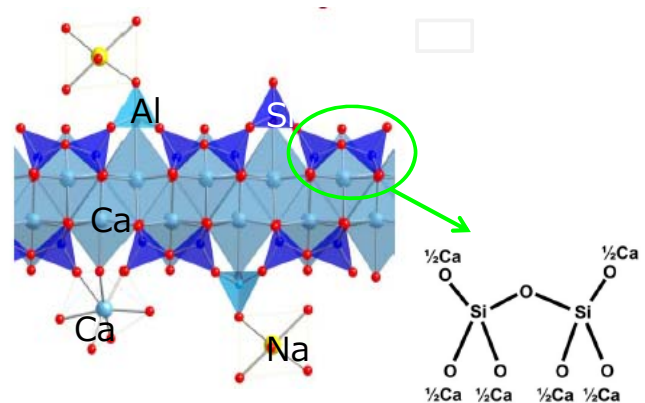
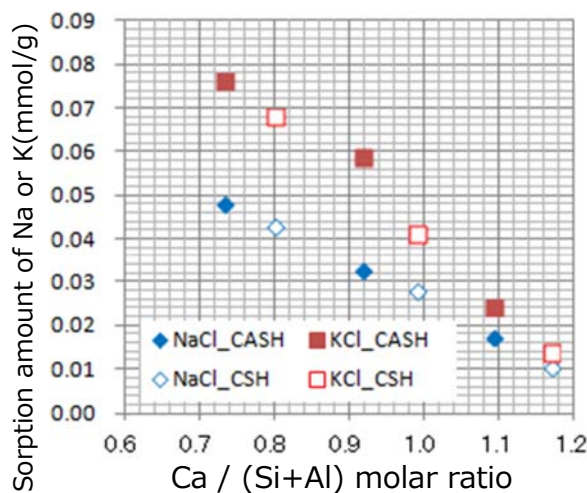
アルカリとは何か？

- 世界的に重大な勘違いや誤解
- アルカリ金属イオン($\text{Na}^+ + \text{K}^+$)の対イオンとなる OH^- が重要。
- アルカリ金属イオンの対イオンが OH^- でなければ大きな問題はない。
(特殊事例は除く)
- 一般的なセメントであれば、 $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ は OH^- とバランス

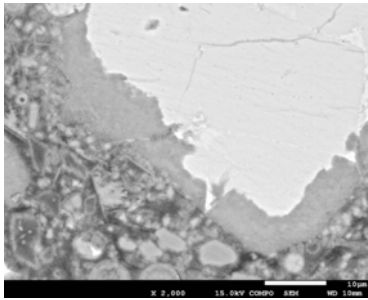


アルカリの制御

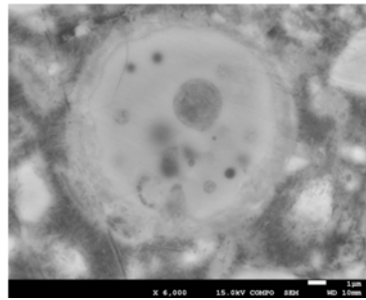
- セメントから生成されるC-S-H
- 液相のアルカリと強い相互作用
- C-S-Hの $\text{Ca}/(\text{Si} + \text{Al})$ 比を下げるとアルカリはたくさん固定される



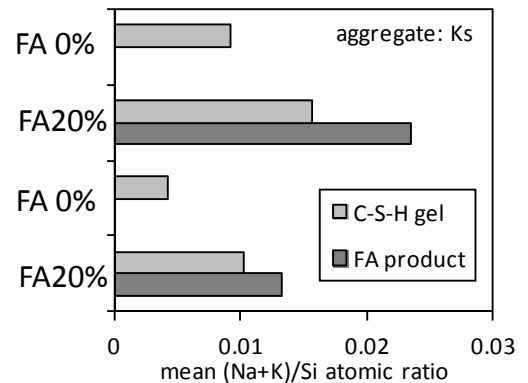
フライアッシュの効果



Ca/Si>1.7
セメント



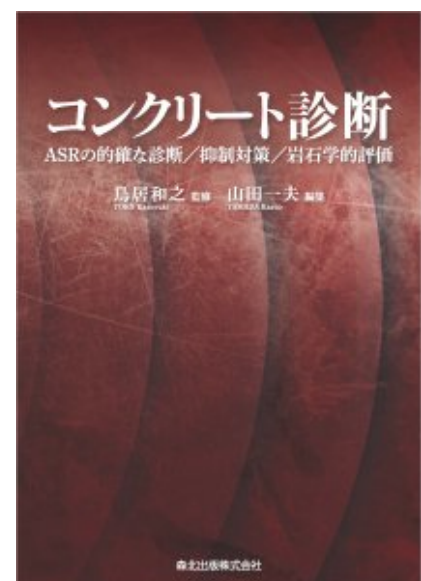
Ca/Si=1.0-1.2
フライアッシュ



- セメントの一部をフライアッシュで置換することによって空隙水のアルカリが減少
- ASRに使用できるアルカリが減る

終わりに

- ASR構造物の維持管理は大変。
新設時に適切な対策を。
- ASRに関する基礎を紹介。
- ASRは難しい。
リスクがあるなら早めに専門家に相談を。



森北出版, ¥15,000

是非ご購入ください！