

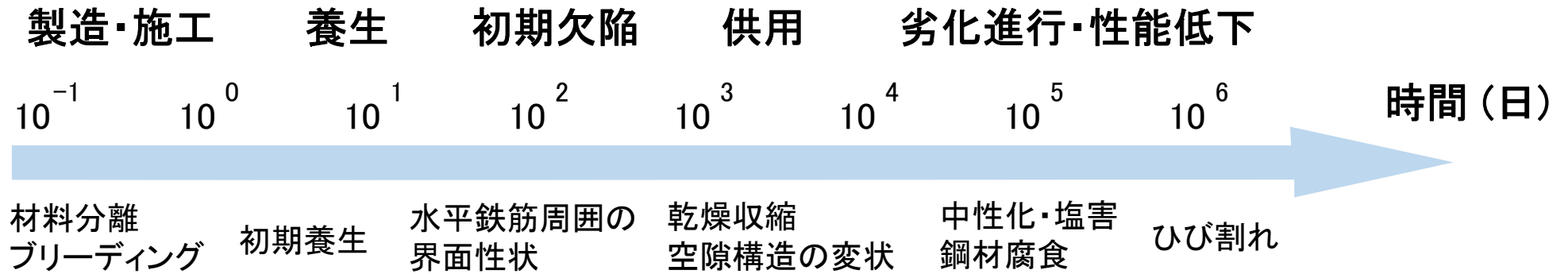
インフラ構造物の長寿命化技術 土木×材料×微生物×センシングのアプローチ

愛媛大学大学院 理工学研究科 准教授
社会基盤iセンシングセンター 副センター長

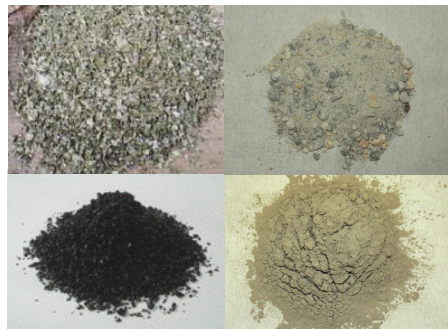
河合 慶有 (Keiyu KAWAAI)



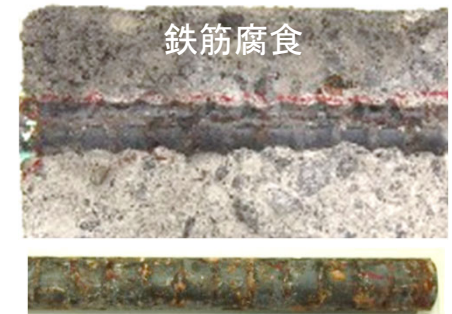
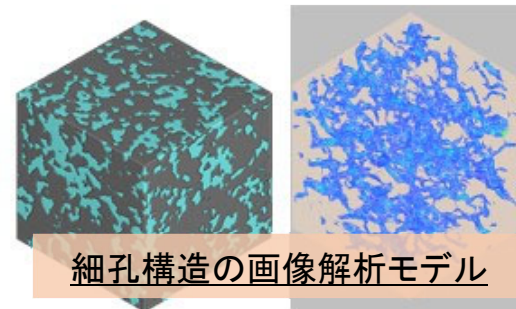
構造物のライフスパン



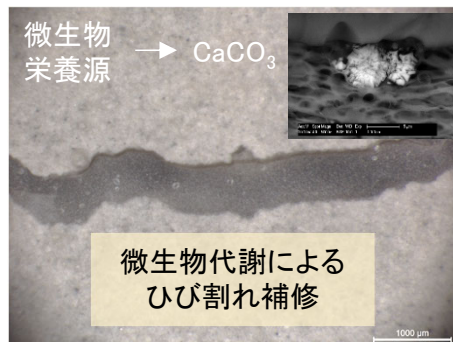
乾燥収縮ひび割れ抵抗性



表層コンクリートの耐久性能評価(細孔構造と物質移動, 鉄筋腐食)



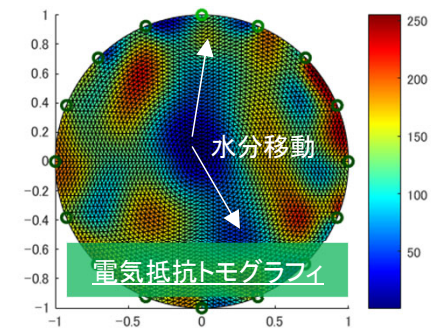
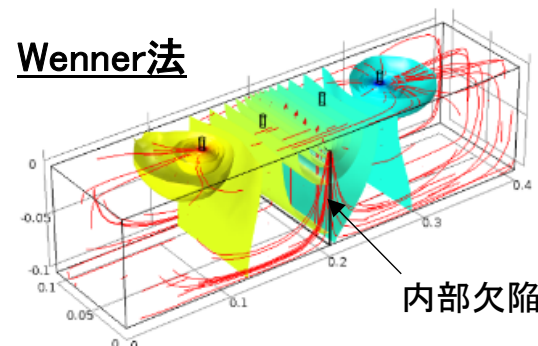
微生物代謝を利用した補修材



電気化学的計測を用いたコンクリート中の内部欠陥・ひび割れ、水分移動の検知



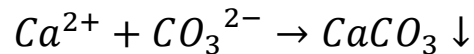
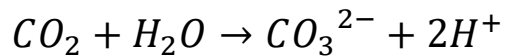
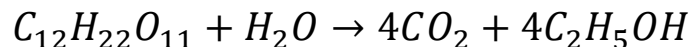
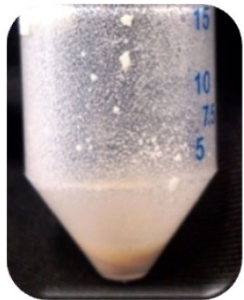
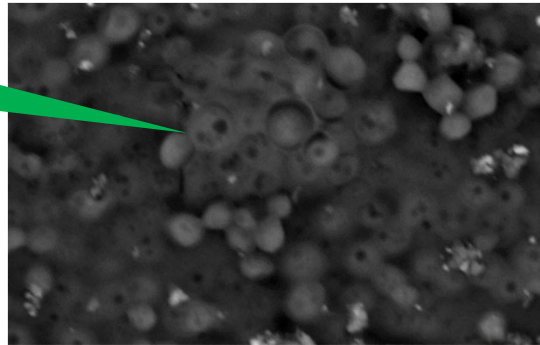
Wenner法



微生物代謝 を利用した自己治癒材の開発

イースト菌

- ・嫌気性
- ・発酵作用



微生物＋有機栄養源＋Trisアルカリ緩衝溶液
Microbial Induced Calcium Carbonate
Precipitation (MICP)

- ・好気性微生物
- ・長さ2μm, 幅1μmの円筒形
- ・pHの高い環境でも生息可能

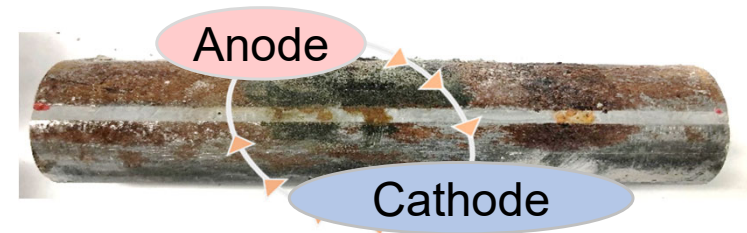
枯草菌



- ・酸素を消費
- ・二酸化炭素ガス排出
- ・環境負荷低減



中性化・塩化物イオンの浸入



- ・アノード反応: $Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e^-$
- ・カソード反応: $2H_2O + O_2 + 4e^- \rightarrow 4OH^-$

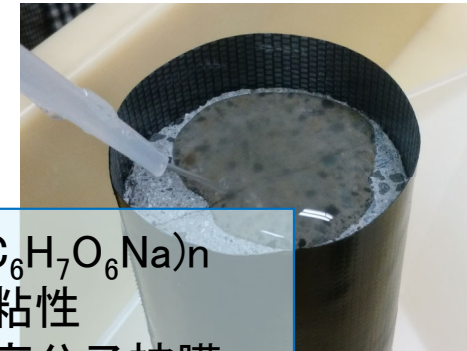
微生物代謝を利用した自己治癒材の開発（ひび割れ閉塞）

納豆菌



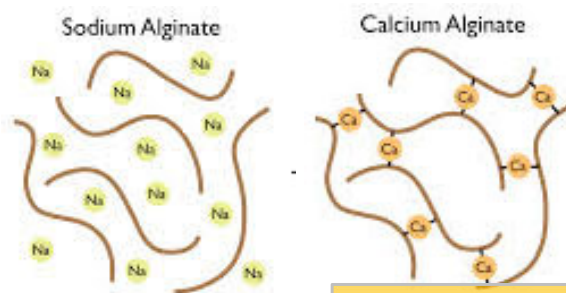
- 好気性微生物
- 長さ2μm, 幅1μmの円筒形
- pHの高い環境でも生息可能

http://www.jiji.com/jc/v4?id=20120507natto_secrets&p=natto_secrets002

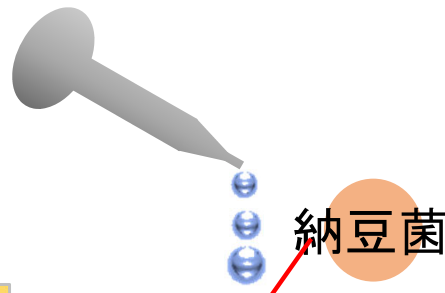


$(C_6H_7O_6Na)_n$

- ・粘性
- ・高分子被膜



イオン架橋による
ゲル被膜



適用条件：
乾湿作用により溶存酸素を供給

溶存酸素

Ca^{2+}

炭酸カルシウム析出

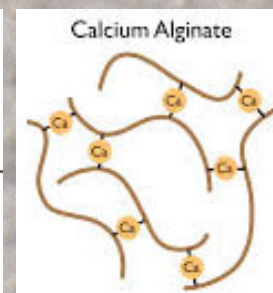
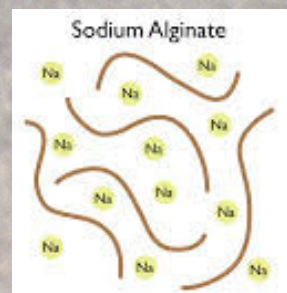
Ca^{2+}

コンクリート
(pH12~13)

微生物代謝を利用した自己治癒材の開発（ひび割れ閉塞）

Microbial Induced Calcium Carbonate Precipitation (MICP)
by

イースト菌+アルギン酸ナトリウム



- Na-Alginate (1%)
- Dry Yeast (18.0 g/L)
- Glucose (0.2 mol/L)



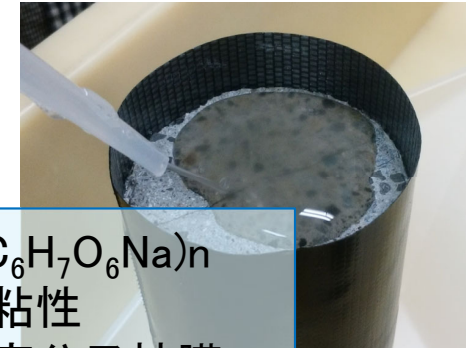
1000 μm



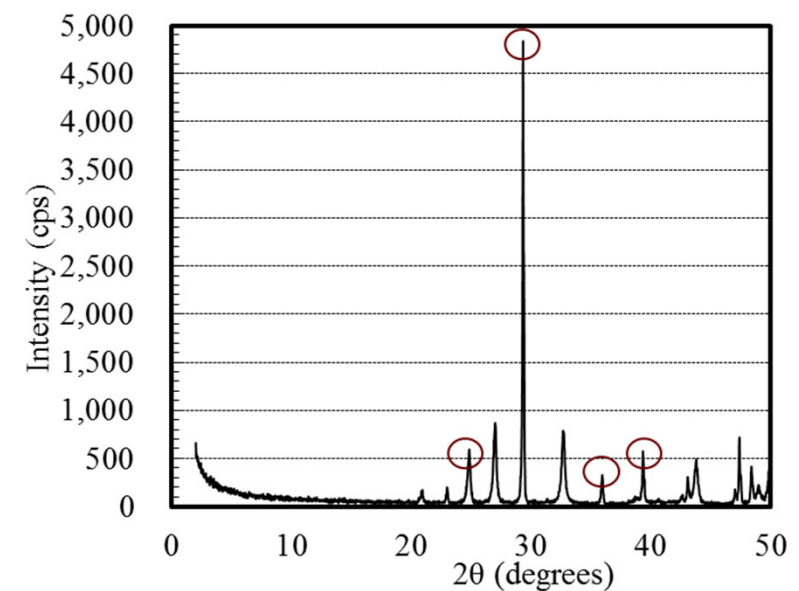
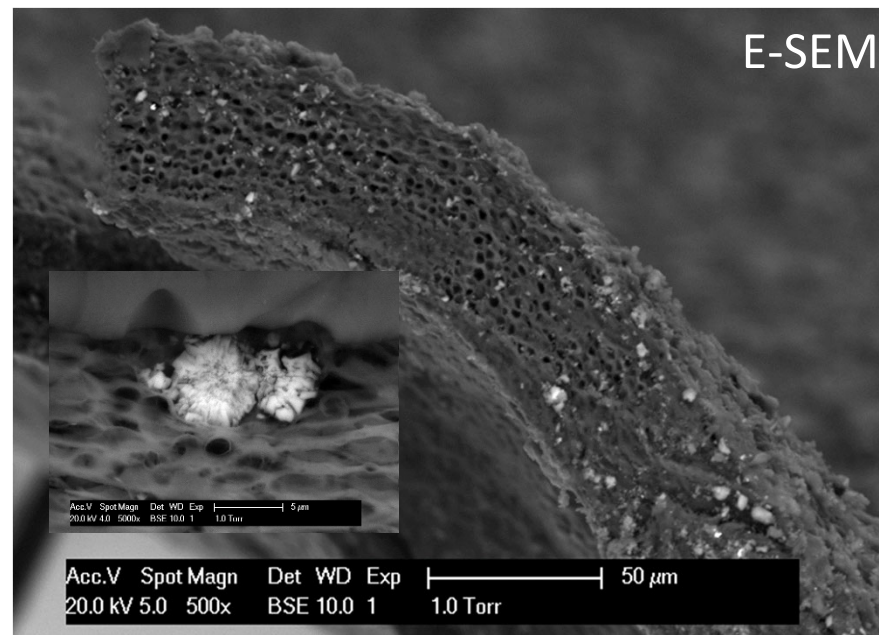
微生物代謝を利用した自己治癒材の開発（ひび割れ閉塞）

構成材料

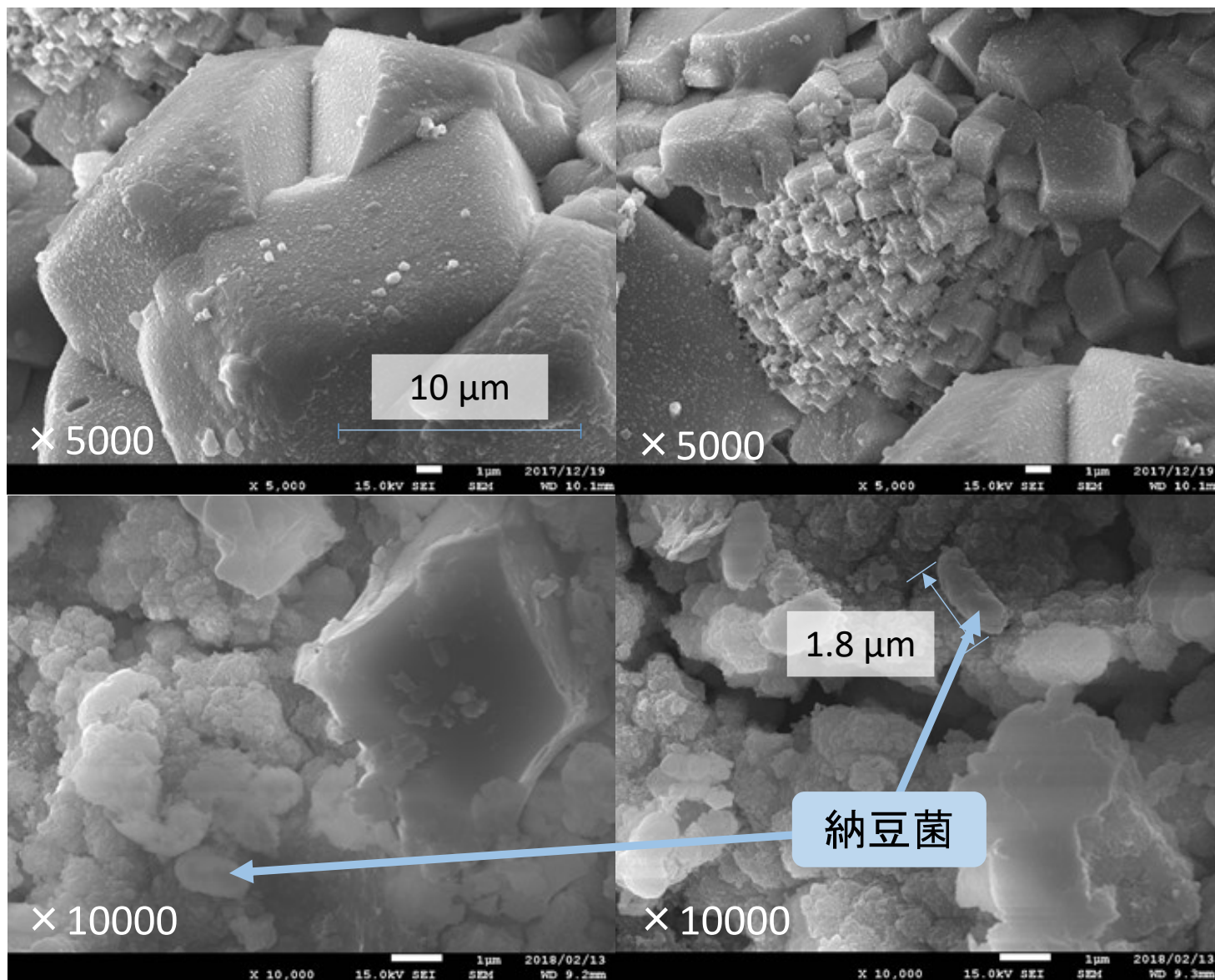
アルギン酸ナトリウム (%)	イースト菌 (g/L)	グルコース (mol/L)
1.0	18.0	0.2



$(C_6H_7O_6Na)_n$
・粘性
・高分子被膜

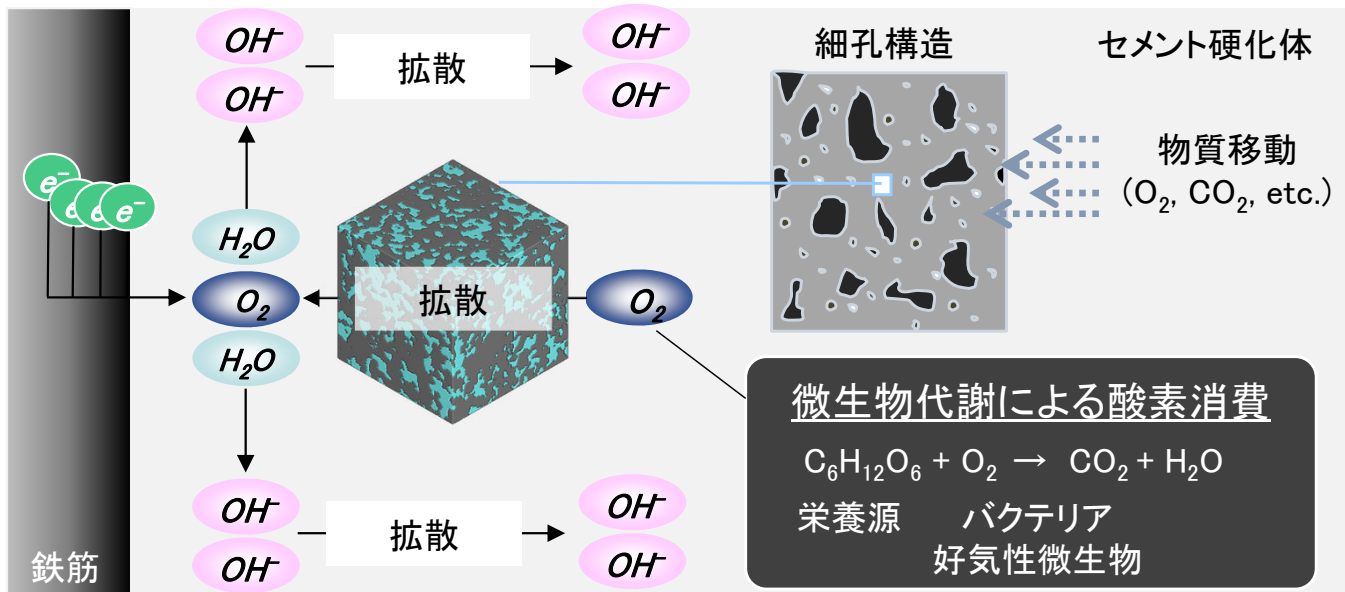


微生物代謝を利用した自己治癒材の開発（ひび割れ閉塞）



微生物代謝を利用した自己治癒材の開発（腐食抑制）

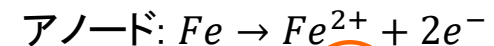
好気性微生物（枯草菌）による酸素消費と酸素透過



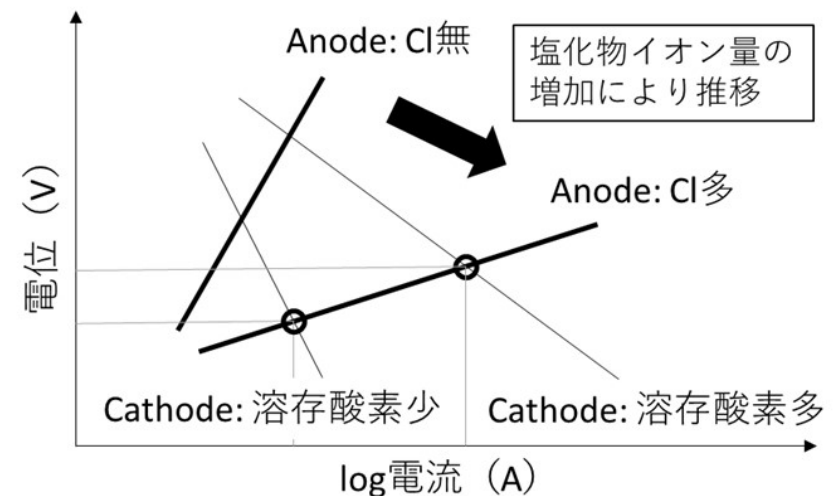
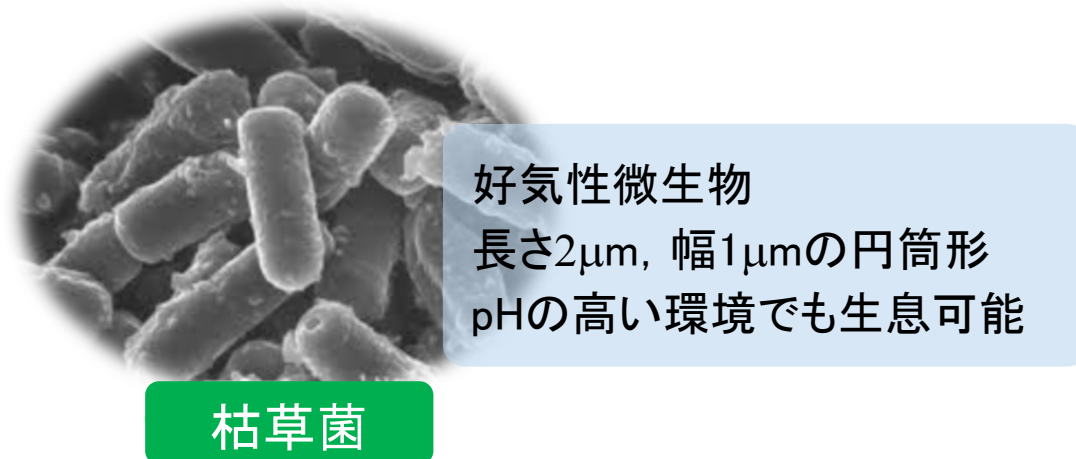
✓ 酸素の侵入過程:

- ・気体酸素の拡散
- ・気体酸素の細孔溶液への溶解
- ・溶存酸素の拡散

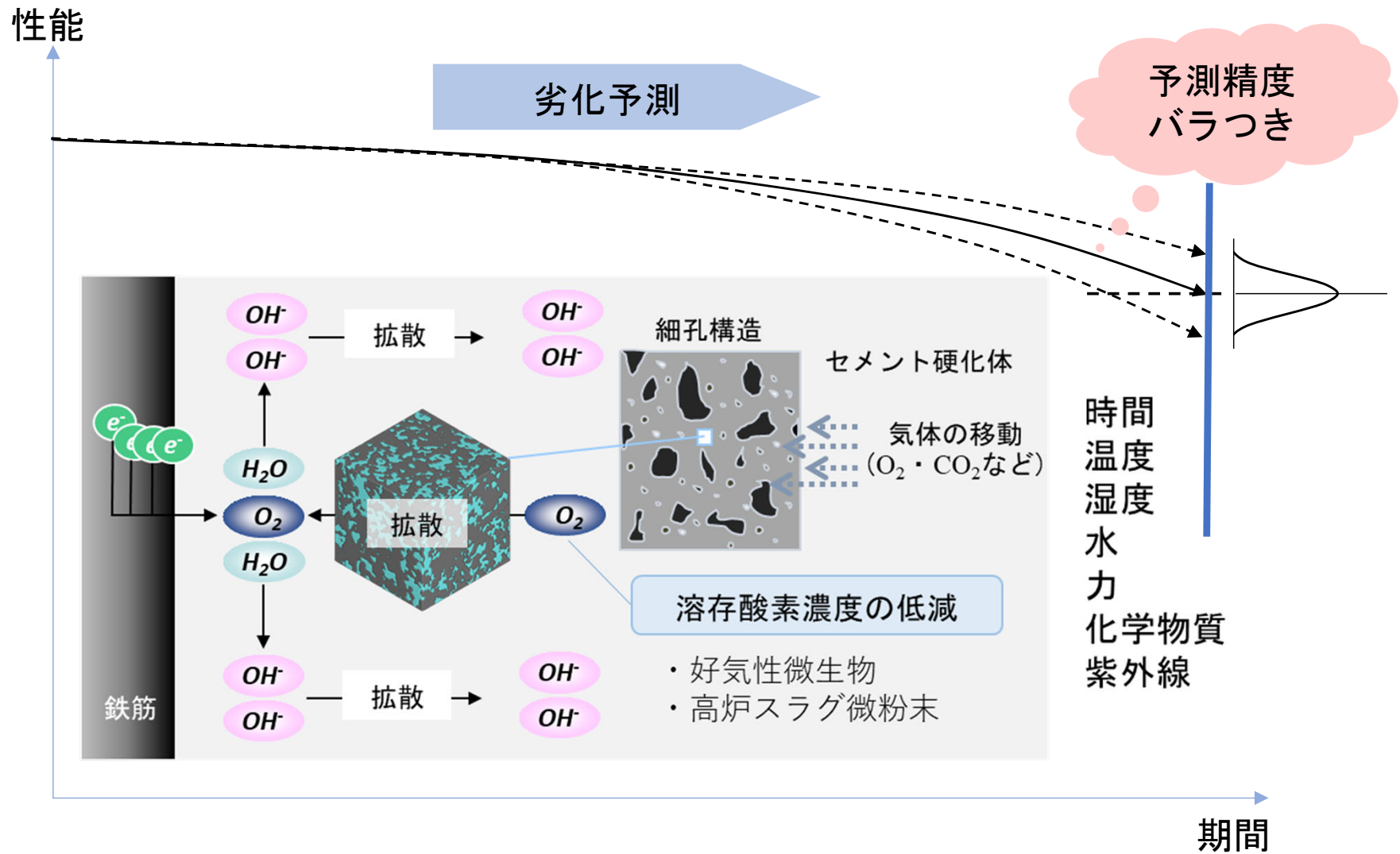
✓ 腐食反応



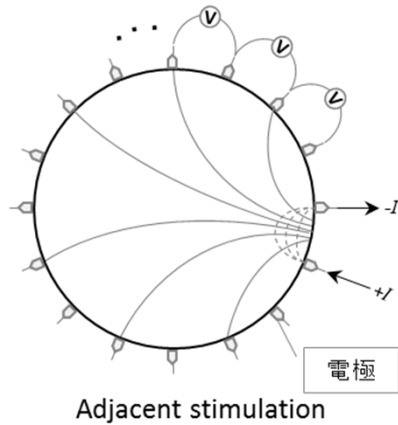
微生物代謝過程で消費



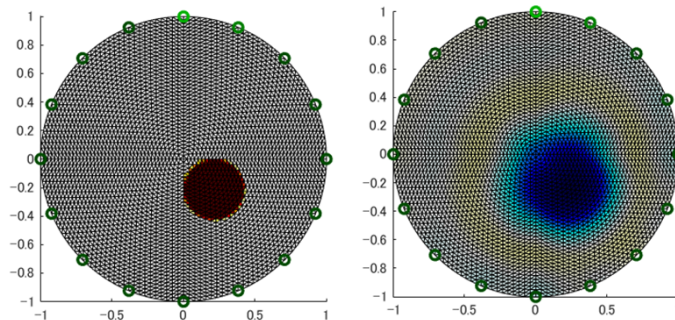
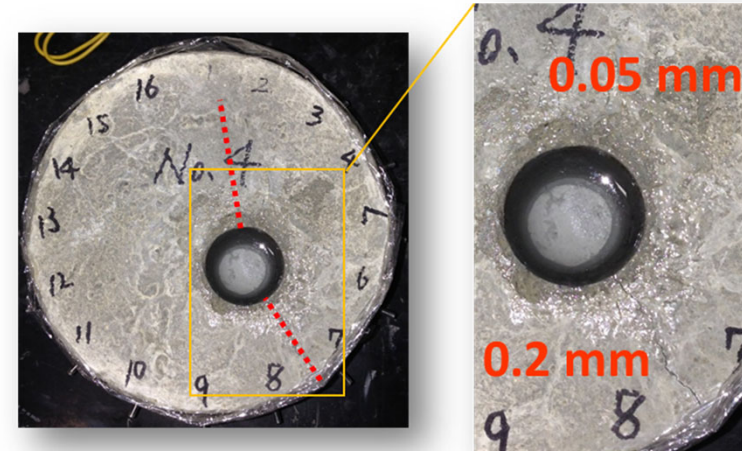
腐食抑制効果と劣化予測



自己治癒補修効果の評価方法（水分移動）

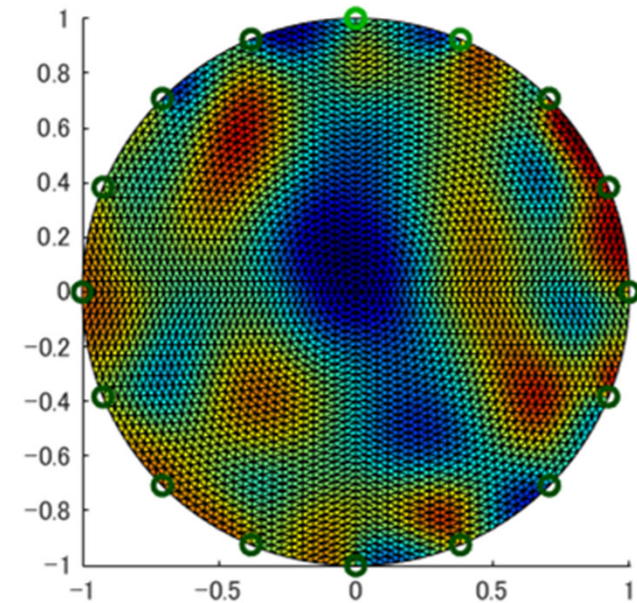
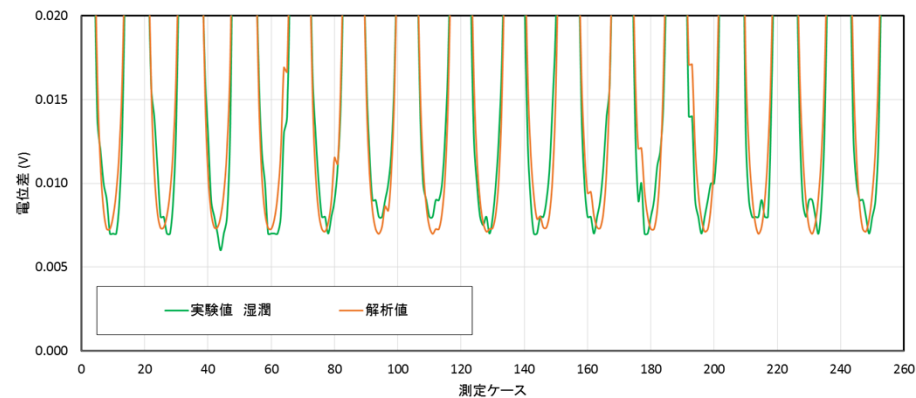


- Sheffield protocol
- 16 electrodes
- Adjacent stim.

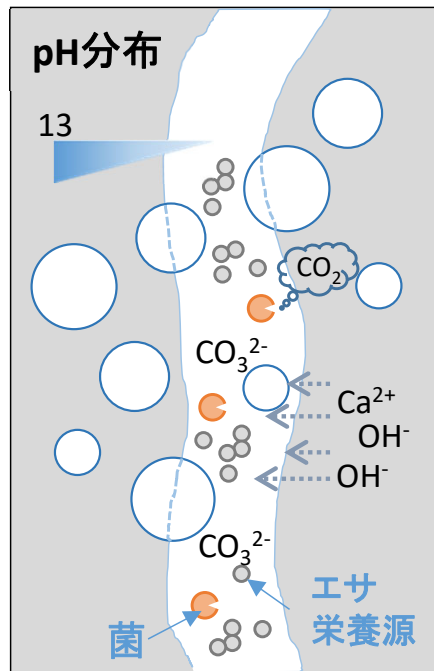


◆ 解析条件:

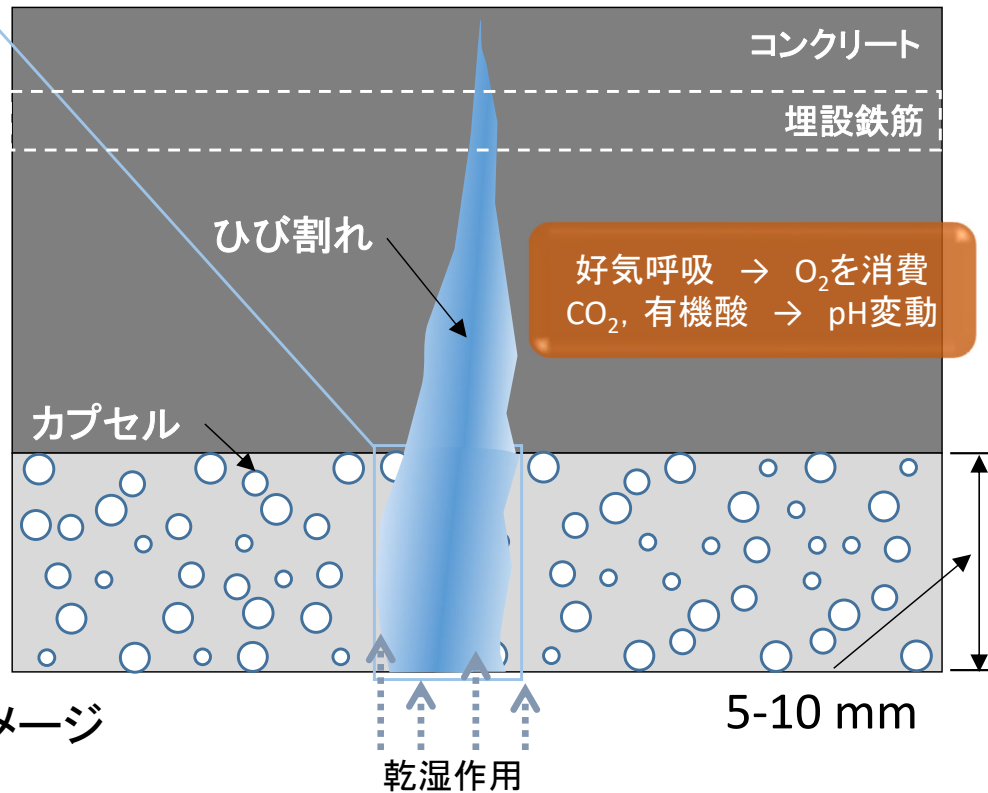
- 2D
- Eiders v3.7.1
- 6400 elements
- Forward model: FEM
- Inverse model: GN



自己治癒補修効果の評価方法（溶存酸素）



自己治癒補修材のイメージ

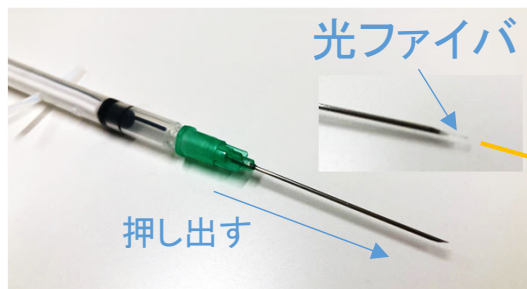


酸素, pHイメージング

VisiSens TD

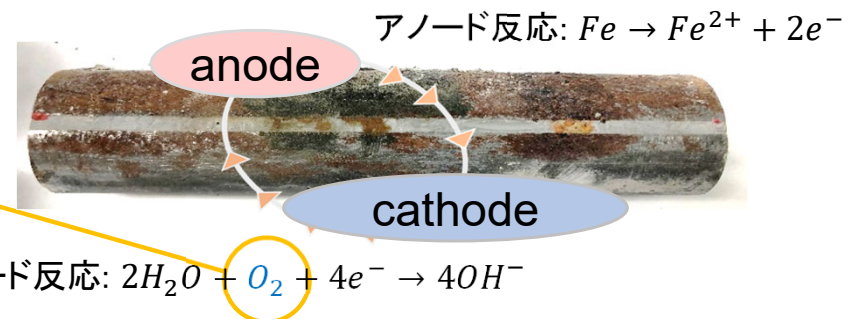


✓ シートセンサーに酸素に感度を持つ蛍光染料をコートし、そこから発せられる蛍光エネルギーを測定



ニードル式酸素センサー

局所的な
酸素の移動



インフラ構造物の長寿命化技術 土木×材料×微生物×センシングのアプローチ

ご質問は、河合（kkawaai@cee.ehime-u.ac.jp）
にお送りください。

