



XAFS測定によるジオポリマーに含まれるCuの局所構造解析

橋本 忍¹・武田はやみ¹・町野達也¹・村松拓人¹・本多沢御¹・岩本雄二¹・稲吉辰夫²・鈴木一正²
¹名古屋工業大学環境材料工学科 ²高浜工業株式会社



背景・経緯

ジオポリマーの反応機構は地殻中の岩石の生成機構と類似しているため、天然鉱物のように安定した発色を持つジオポリマー硬化体の作製も可能と推測される。本研究では、原料に各種の銅化合物を添加したジオポリマー硬化体を作製し、シンクロトロン光を用いて硬化体中の銅の局所構造を分析し、天然の銅含有非晶質鉱物であるクリソコラと比較した。

ジオポリマーとは？

アルカリで活性化した非晶質アルミノシリケートが脱水縮合して硬化したものー人工鉱物

非晶質 Al₂O₃-SiO₂ 相
(フライアッシュ, メタカオリン等)

+

アルカリ活性化剤
(NaOHaq, KOHaq, 水ガラス)

→

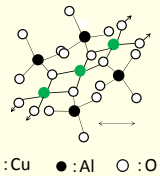
$$\left[\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{O} \quad \text{K}^+ \quad \text{O} \\ | \quad | \quad | \quad | \\ -\text{O}-\text{Si}-\text{O}-\text{Al}^{3+}-\text{O}-\text{Si}-\text{O}- \\ | \quad | \quad | \quad | \\ \text{O} \quad \text{O} \quad \text{O} \quad \text{O} \end{array} \right]_n$$

<特徴>

- 高強度(セメント並)
- 高耐酸性
- 高耐アルカリ性
- 高耐熱性
- 低環境負荷

クリソコラ(天然鉱物) (Cu,Al)₂H₂Si₂O₅(OH)₄·nH₂O

銅を含む天然非晶質アルミノシリケート鉱物



Mineral chrysocolla
[Kalukuluku, Shaba
Prov., Congo]

Structure of
Chrysocolla [David
A. McKeown, *J. Non-
Crystalline Solids*, 180,
1-10(1994)]

Cu-ジオポリマーの作製条件

Table Cu-ジオポリマーの出発化学組成

Sample name	metakaolin	K-water glass	KOH	H ₂ O	CuCl ₂ ·2H ₂ O	CuCO ₃ ·Cu(OH) ₂ ·H ₂ O	CuSO ₄ ·5H ₂ O	Cu(OH) ₂	CuO	Cu ₂ O
B-CO	100	40	10	20		5				
B-Cl	100	40	10	40	7.5					
B-SO	100	40	10	20			10			
B-OH	100	40	10	20				4		
B-O	100	40	10	20					3.5	
B-2O	100	40	10	20						3

養生条件:
60°C, 相対湿度100%
養生時間: 48h



結果

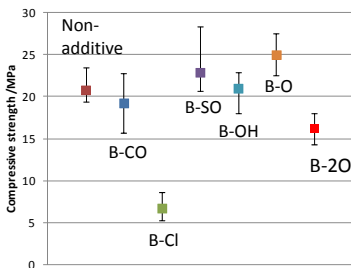


Fig.1 Compressive strength of the resultant bulk.

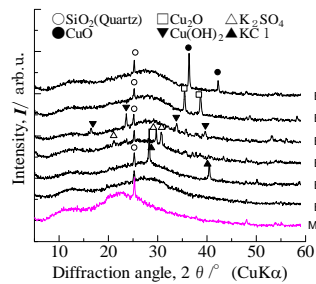


Fig.2 FT-IR spectra of resultant bulk.

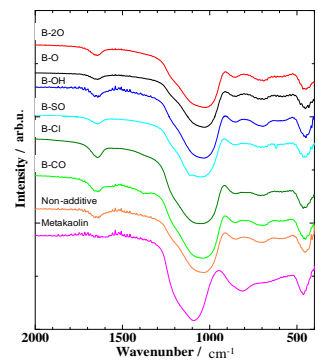


Fig.3 XRD patterns of resultant bulk.

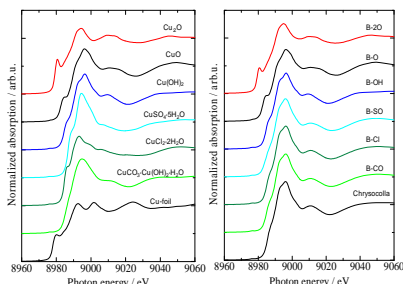


Fig.4 XANES spectra of copper in Cu-compounds, resultant bulk and chrysocolla.

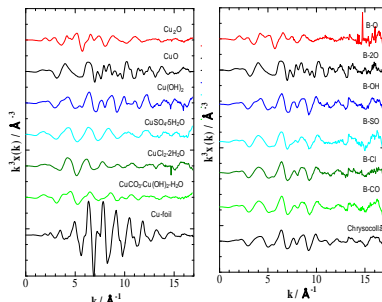


Fig.5 EXAFS spectra of copper in Cu-compounds, resultant bulk and chrysocolla.

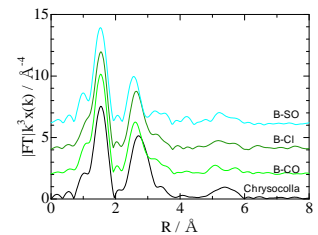


Fig.6 Radial structure of functions of resultant bulk and chrysocolla.

期待される効果・社会的インパクト

原料に銅化合物であるCuO, Cu₂O, Cu(OH)₂を添加してジオポリマーを作製した場合、硬化体中にそれぞれの化合物が残存した。CuCO₃·Cu(OH)₂·H₂O, CuCl₂·2H₂O, CuSO₄·5H₂Oを添加して作製した場合は、高アルカリ環境下でこれらの化合物は分解し、非晶質化した。この場合には、銅原子は分子レベルでジオポリマー構造中に取り込まれていることが示唆され、XAFSによって局所構造を解析したところ、ジオポリマー中の銅の存在状態が天然鉱物クリソコラ中の銅のそれと類似していることが推測された。⇒意匠性・ゼオポリマーの作製に成功 ⇒普及に期待。
 Takeda, Hashimoto et al, *Ceram. Int.* 40 (2014) 6503-6507.