

建築廃材由来の飛灰中における塩素の化合形態の同定と除去に関する研究

九州大学工学部

学生会員 ○酒匂 一樹

九州大学大学院工学研究院

正会員 Amirhomayoun Saffarazadeh

九州大学大学院工学研究院

フェロー会員 島岡 隆行

1. はじめに

現在、我が国では年間約 7,000 万 m^3 の木材が消費されており¹⁾、そのうち建築・土木の分野において約 43%が消費されている。建築・土木構造物は、物量から見て潜在的な廃棄物発生量が多く、高度経済成長期に建てられた建築物等の耐用年数から推定して、今後、大量の廃棄物の発生が見込まれる。木材は環境に優しい再生資源として期待されているが、建築廃材の再利用技術が少ないため、新たな用途開発が重要な課題となっている。現在は大半が焼却処理され埋め立てられているが、この焼却灰の有効利用法のひとつとして、セメント原料としての利用が考えられる。しかし、普通ポルトランドセメントの塩素含有量は、0.035%以下と日本工業規格 (JIS) によって定められており、日本では 1 トン当たり 400kg の廃棄物をセメント原料として用いる事を目標にしているが²⁾、そのためには塩素低減させる ($\text{Cl} < 0.1\%$) 必要がある。一つの方法としては、洗浄処理による塩素の洗い出しが挙げられるが、洗浄後も難溶性塩素化合物が含まれており、基準を上回る塩素含有量が残存する場合がある。そこで、本研究では、洗浄処理後の建築廃材由来の飛灰の Cl-rich 相の同定を行った。さらに洗浄処理後の試料に対して、難溶性塩素化合物を分解させることが報告されている炭酸化の影響についても検討した³⁾。

2. 実験概要

2. 1 実験試料 性状の異なる 2 つの建築廃材由来の飛灰試料 (A,B とする) を洗浄前後に分け、合計 4 つの試料 (A-o, A-w, B-o, B-w) を実験に用いた。また、各試料の全塩素含有量を測定した結果、A-o が 1.4%、A-w が 0.11%、B-o が 0.79%、B-w が 0.12%であり洗浄後の試料においても全塩素含有量 0.1%以下を満足していないため、塩素除去の必要が示された。なお、測定方法は硬化コンクリート中に含まれる塩化物イオンの試験方法 (JIS A 1154) に準拠した。

2. 2 機器分析を用いた Cl-rich 相の同定 蛍光 X 線分析装置 (XRD) を用いて化合物の同定を行い、試料中の元素の化合形態の考察を試みた。また、試料中の Cl-rich 相を同定するために走査型分析電子顕微鏡 (SEM-EDX) を用いて塩素の存在形態の把握および元素含有量の測定を行った。

2. 3 炭酸化に伴う難溶性塩素化合物の消長 洗浄処理後の建築廃材由来の飛灰の炭酸化処理に伴う難溶性塩素化合物の消長を調べるために炭酸ガス通気実験を行った⁴⁾。本実験では、洗浄後の試料 (A-w, B-w) を用いた。試料は 15g-dry ash を内径 20mm、長さ 300mm のガラス製カラムに充填し、ポンプからの炭酸ガスと窒素ガスをそれぞれレギュレータで圧力調整し、流量計で流量を管理したのち集気びんで混合した。分岐した各カラムへのガス流量は、それぞれの流量計で調整し、各カラムに同じ流量のガスが通気されるようにした。なお、カラムへのガス通気の際、ガスを水蒸気飽和

表-1 実験条件

試料名	含水率(%)	CO ₂ 濃度(%)	流量(l/min)
A-W	6.7	13	0.5
B-W	20.9	13	0.5

図-1 A-w, A-o の X 線回折図

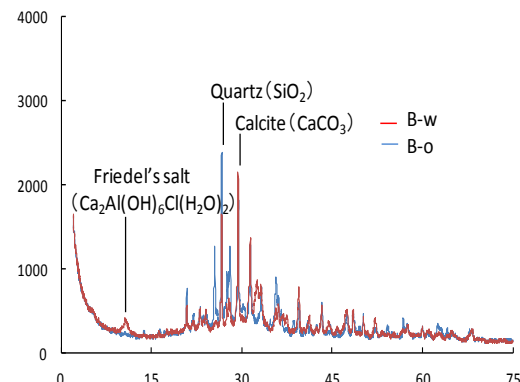
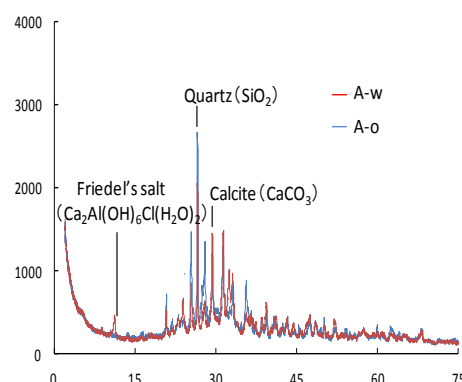


図-2 B-w, B-o の X 線回折図

にして、試料の含水率の変化を防いだ。試料の含水率、および設定した炭酸ガス通気流量、通気濃度を表-1 に示す。通気開始後、24 時間後にカラムから充填試料を取り出した。その後、XRD により炭酸化前後での試料中の塩素の化合形態の変化を調査した。

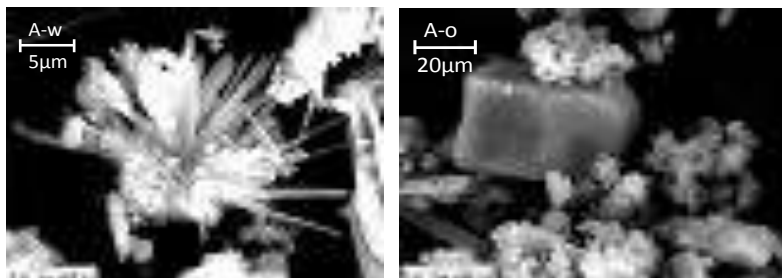


図-3 A-w、A-o の SEM 画像

3. 実験結果と考察

3. 1 機器分析を用いた Cl-rich 相の同定

図-1 および図-2 に XRD による分析結果を示す。洗浄前後で比較すると、洗浄前では A、B ともに可溶性塩素化合物 (KCl など) の存在を確認することができたが、洗浄後では確認することができず、代わりに新たな塩素化合物の存在を確認した。これは、難溶性

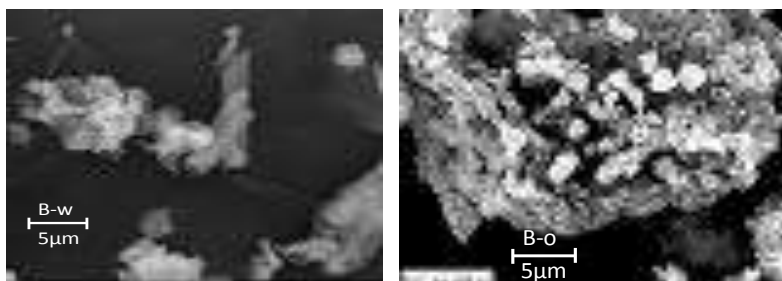


図-4 B-w、B-o の SEM 画像

塩素化合物であるフリーデル氏塩 ($\text{Ca}_2\text{Al}(\text{OH})_6\text{Cl}(\text{H}_2\text{O})_2$) のピークと極めて近いことから、洗浄後の塩素はフリーデル氏塩として固定されていることが示唆された。また、図-3 および図-4 に飛灰粒子表面の SEM 画像を示す。洗浄前後の飛灰粒子表面形

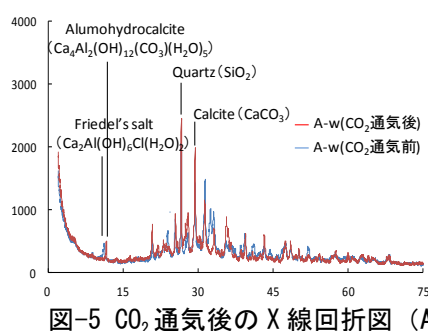


図-5 CO₂ 通気後の X 線回折図 (A-w)

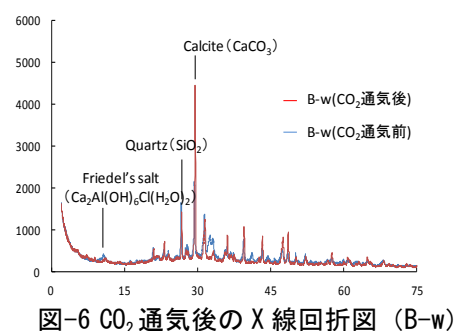


図-6 CO₂ 通気後の X 線回折図 (B-w)

状を比較したところ、洗浄前には確認されなかった針状結晶が洗浄後には確認された。さらに、この針状結晶は比較的塩素含有率が高かったことと、フリーデル氏塩の結晶の形状は針状結晶であることから⁵⁾、この針状結晶はフリーデル氏塩である可能性が推察された。

3. 2 炭酸化に伴う難溶性塩素化合物の消長 図-5 および図-6 に炭酸ガス通気前後の試料の XRD による分析結果を示す。炭酸ガス通気後では、A、B ともに難溶性塩素化合物のピークは減少し、さらに A においては完全に別のピークへと変化しており、分析した結果、アルモヒドロカルサイト ($\text{Ca}_4\text{Al}_2(\text{OH})_{12}(\text{CO}_3)(\text{H}_2\text{O})_5$) と確認された。これは、A、B では含水率が異なることから、含水率の違いによって炭酸ガスの吸収量に差が生じ、難溶性塩素化合物の遷移に影響を与えたのではないかと考えられる。

4. まとめ

洗浄処理後の建築廃材由来の飛灰を用いて、洗浄処理による Cl-rich 相中の塩素化合形態の把握と、洗浄処理後に対して炭酸ガス通気実験を行うことで、試料中に残存する難溶性塩素化合物分解に与える炭酸化処理の影響について評価した。実験の結果、洗浄処理によって可溶性塩素は減少するが、代わりに難溶性塩素化合物であるフリーデル氏塩として固定されることが示唆された。また、含水率によって炭酸化処理による難溶性塩素化合物の分解の効

[参考文献] 1)平成 22 年 木材需給表 (用材部門), 農林水産省, 20112)セメント産業における環境対策, 社団法人セメント協会, 20113)松本健一ら: エコセメントを用いた硬化体中の固定塩素に及ぼす炭酸化の影響, コンクリート工学年次論文集, Vol.24, No.1, 20024)李政準ら: 焼却灰の炭酸化処理に関する基礎的研究, 土木学会年次学術講演会講演概要 VII, pp.257-258, 20035)Donald A.ST John, Alan W.Poole and Ian Sims: CONCRETE PETROGRAPHY, 1998