

大豆種子の炭酸カルシウム法への適用性に関する研究

矢作建設工業(株) 正会員 ○桐山 和也
ライト工業(株) 正会員 大西 高明
矢作建設工業(株) 正会員 武藤 裕久

1. はじめに

近年、地盤中に炭素源と Ca 溶液を添加し、生息する微生物を用いて炭酸カルシウムを析出させて地盤を固化する技術が多く検討されている。これら微生物の取り扱いには専門的な知識や設備が必要であり、外部の微生物を持ち込むことに制約がある等、利用が難しい点も多い。尿素分解による炭酸カルシウム法では、主に微生物のウレアーゼ活性を用いるが、この酵素は動物や植物にも広く分布しており、マメ科やウリ科の植物に多く含まれている。

そこで本研究では植物の黄大豆種子に着目し、大豆破砕物と塩化カルシウム、尿素を混合した固化液による炭酸カルシウム法について、基礎的な性質を検証した。

2. 使用材料

ウレアーゼの供給源には、黄大豆の種子を利用した。実験では、乾燥状態の大豆をミルで粉砕して使用した。大豆の成分は、市販の紙フィルターに大豆破砕物を入れ、脱イオン水を通水して抽出した。通水後に大豆破砕物を搾り、含水比 100%程度の残渣を取り除いた。

反応成分には、肥料用の粒状尿素（窒素 46%， $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ）と一般用の粒状塩化カルシウム（濃度 73%以上， $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ）を使用した。

3. 実験概要

試験固化液の配合を表-1 に示す。実験では固化液単体に対し、①析出固化物のカルシウム (Ca) および無機炭素 (IC) の含有量と洗浄水を分析して水溶性 Ca 量を測定した。さらに、②固化液の pH と電気導度 (E.C.) の経時変化を測定した。

また、三河 6 号珪砂を用いて相対密度 90%の固化砂を作製し、③固化砂の一軸圧縮強度および析出 Ca 量と、④洗浄水を分析して水溶性アンモニウム (NH_4)、全窒素 (T-N)、TOC 量を測定した。試験フローを図-1 に示す。

4. 実験結果

① 析出固化物の Ca および IC 含有量と水溶性 Ca 量

固化液単体固化物の析出 Ca と未析出 (水溶性) Ca の分析結果を図-2 に示す。結果より、No.1 の総 Ca 量に占める析出 Ca (以下、析出効率) は 93%と高くなった。

一方、No.2 の析出効率は 44%と低かった。すなわち反応成分濃度が異なる No.1 と No.2 では析出効率が大きく異なり、反応成分濃度が No.1 の 2 倍量濃度である No.2 の Ca 析出量は、No.1 とほぼ同じ値となった。

析出物無機炭素量の分析結果を図-3 に示す。Ca の分析と同様に

表-1 固化液の配合 (1L 当たり)

配合	大豆 (g)	反応成分 (mol/L)	
		$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	CaCl_2
No.1	30	0.5	0.5
No.2		1.0	1.0
No.3	50	1.0	1.0
No.4	70		
No.5	30	1.5	1.5

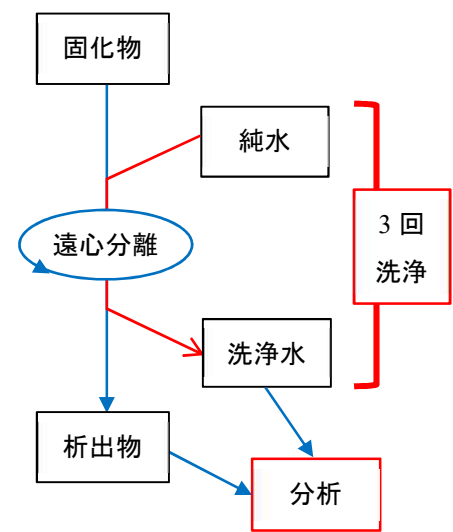


図-1 試験フロー

キーワード 黄大豆、炭酸カルシウム析出、pH、尿素、塩化カルシウム

連絡先 〒480-1342 愛知県長久手市茨ヶ廻間 1533-74

矢作建設工業 (株) エンジニアリングセンター TEL0561-56-5828

No.1, No.2 の析出物の IC 量はほぼ同値となった。
No.1, No.2 ともに[Ca]/[C]モル比は1程度であり、炭酸カルシウム結晶 (CaCO₃) のモル比と同等となった。

② 固化液 pH と E.C.の経時変化

固化液作製後 3 日間の pH の経時変化を図-4 に示す。固化液作製直後に酸性 (pH5~6) であった pH は、急激に上昇を始め 60 分以内に No.1 が pH8.0, No.2 が pH7.8, No.3 が pH7.7, No.4 が pH7.6, No.5 が pH7.3 の最大値を示した。その後時間の経過に伴い pH は徐々に低下し、12~24 時間で概ね一定になった。pH には大豆使用量より、反応成分濃度が影響を及ぼしていた。

固化液作製後 1 時間以降の E.C.は No.1 が 7.9~10.9S/m, No.2 が 11.9~13.9S/m と極めて高かった。

③ 固化砂の一軸圧縮強度と析出 Ca 量

固化砂の一軸圧縮強度試験の結果を表-2 に、析出物分析から導出した CaCO₃ 析出比と一軸圧縮強度の関係を図-5 に示す。なお、析出比は、乾燥砂質量に対する CaCO₃ 析出質量の割合で整理した。析出比と一軸圧縮強度は比較的良い適合度を示したが、析出比 2.4~3% の範囲では強度のばらつきが大きかった。

実験結果より析出効率の傾向をみると、反応溶液濃度 0.5mol/L では析出効率が高く、1.5mol/L では析出効率が低かった。一方、1.0mol/L では析出効率が高い場合と低い場合が混在していた。

④ 洗浄水分析による水溶性 NH₄・T-N・TOC 量

固化砂洗浄水のアンモニウム、全窒素、全有機体炭素を測定した結果を、固化液濃度における各物質濃度として表-3 に示す。NH₄をみると、No.1 は尿素 0.58mol/L が分解された濃度相当し、配合尿素 0.5mol/L (T-N は 0.56mol/L) の大半が分解されていた。

一方、No.2 では分解された尿素は 0.34mol/L 相当であり、配合濃度 1.0mol/L (T-N は 1.02mol/L) の 6~7 割程度が未分解のまま残存していると考えられた。

5. まとめ

黄大豆破砕物と塩化カルシウム、尿素を混合した固化液による炭酸カルシウム法について、基礎的な性質を検証した。その結果、固化液の反応が進むにつれて生成する Cl⁻イオンにより pH が低下するので、水溶性の炭酸水素カルシウムが生成する場合がありますと考えられた。

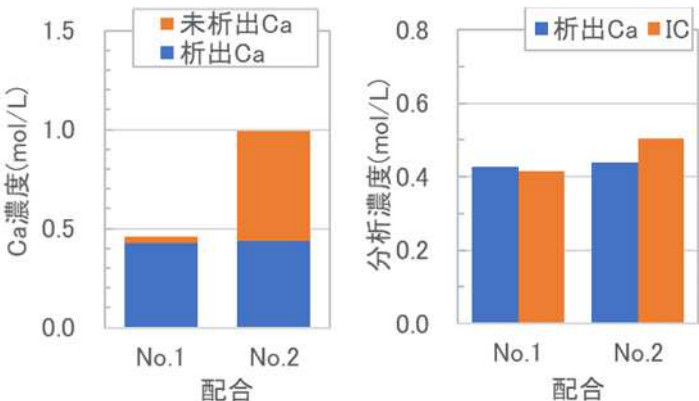


図-2 Ca の分析結果

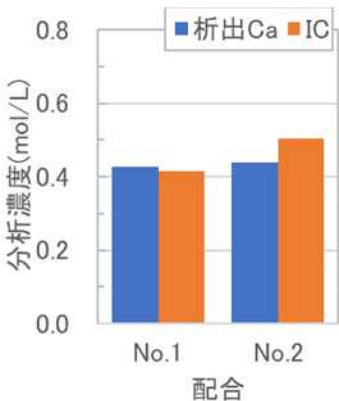


図-3 IC の分析結果

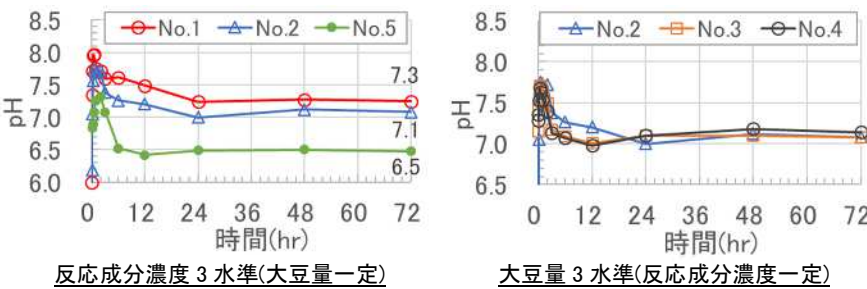


図-4 pH の経時変化

配合	一軸圧縮強度(kN/m ²)		析出効率 (%)
	材齢 1 週	材齢 4 週	
No.1	40.5	46.8	91
No.1-2	44.9	64.3	86
No.2	29.8	44.7	31
No.2-2	161.3	100.5	98
No.3	169.2	—	92
No.4	174.3	—	86
No.5	13.8	13.5	15
No.5-2	10.2	11.5	10

※No.5-2 は NaHCO₃ を 0.1mol/L 混合

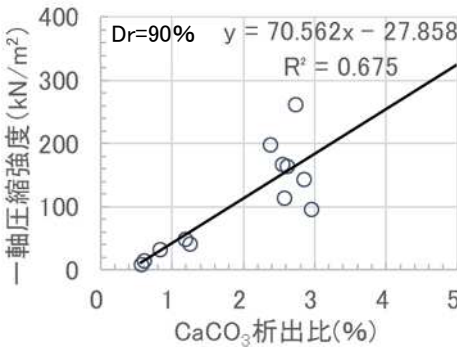


図-5 析出比と一軸圧縮強度の関係

配合	分析濃度(mol/L)		
	NH ₄	T-N	TOC
No.1	1.16	1.11	0.09
No.2	0.68	2.04	1.02