

細菌を活用したコンクリートの性能向上技術の開発のための基礎的検討

安藤ハザマ 正会員 ○齋藤 淳  
 (株) 計測企画 中島史暁  
 愛媛大学大学院 正会員 河合慶有  
 京都大学大学院 正会員 西田孝弘

1. はじめに

真珠は貝の体内で生成される宝石であるが、これは、生物が無機化合物（生体鉱物）を作り出す生体鉱物形成作用（バイオミネラリゼーション）と呼ばれる作用によるものである。生体鉱物形成作用は、以下の2種類に大別される。ひとつは、生物体の生理生化学的活動に起因して、骨や歯のような硬組織が形成される作用である。もうひとつは、生物活動に誘発されて、生物体表面を含めた生物体内外で鉱物が形成される作用である<sup>1)</sup>。近年、この後者の作用を利用して微生物の活動により炭酸カルシウムを析出させることで、ひび割れ閉塞やコンクリートを改質する技術が、環境負荷が極めて小さい、コンクリートの性能向上技術として注目され始めている。

本検討では、微生物の活動が活発であるほど、炭酸カルシウムの析出が促進されると考え、コンクリートのような高アルカリ環境下でも活発に活動できる微生物および栄養素の選定を行った。

2. 微生物の選定実験その1（通常環境下）

2.1 実験概要

微生物の活動には栄養素が必要である。そこで、まず、通常環境下で良好に活動できる微生物と栄養素（培地）の選定実験を行った。実験に用いた微生物は、枯草菌に分類される8種類の細菌（細菌1～細菌8）である。これらの細菌を、表-1に示す6種類の培地で培養し、細菌の増殖度合を評価した。なお、通常環境下における培地のベース水には、純水を用いた。

2.2 細菌の培養方法

細菌の培養方法を以下に示す。①試験管に培地を2mL入れ、蓋をしてオートクレーブ滅菌処理をする。②細菌株を①の培地に植菌する。③24時間の振とう培養を行い、前培養液を作製する。④新たな試験管を用意し培地を500mL入れて①と同様の滅菌処理を行う。⑤前培養液1mLを④の培地に植菌する。⑥エアレーションにより培養する（本培養）。

2.3 細菌の増殖度合の評価方法

細菌の増殖度合は、世代時間で評価した。世代時間とは、1個の細胞が分裂によって2個になるのに要する時間であり、図-1に示すように、横軸に培養時間を算術目盛で、縦軸に細菌の増殖度合（細胞数や濁度など）を対数目盛でグラフを描いた場合に、グラフの直線部（対数期）において増殖度合の値が2倍（a→2a）に

表-1 培地の種類

培地 No.	主な栄養素
培地 1	グルコース, 塩化アンモニウム
培地 2	3-モルホリノプロパンスルホン酸, グルタミン酸ナトリウム
培地 3	ショ糖, 硫酸ナトリウム
培地 4	グルコース, 酒石酸アンモニウム
培地 5	塩化アンモニウム, リン酸水素二カリウム
培地 6	スクロース, コハク酸一ナトリウム

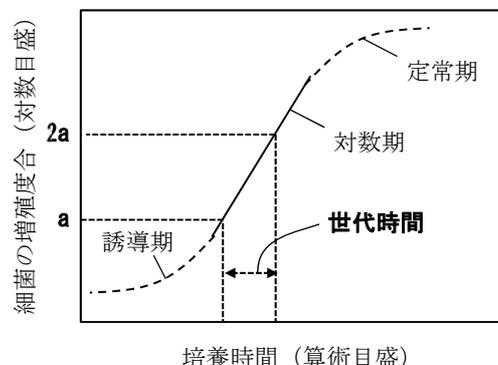


図-1 細菌の増殖曲線



写真-1 細菌の培養状況

キーワード 微生物, 細菌, 低環境負荷, コンクリートの性能向上

連絡先 〒305-0822 茨城県つくば市荻間 515-1 安藤ハザマ 技術研究所 TEL029-858-8813

なるのに要する培養時間のことである。

なお、本実験では細菌の増殖度合を濁度で評価した。具体的には、分光光度計を用いて入射光の波長を 600nm と設定して吸光度 (abs) を測定し濁度の指標とした。

**2.4 実験結果**

細菌の培養状況を写真-1 に、世代時間を表-2 に示す。培地 3 は 7 種の細菌に対して世代時間が 200 分を超えており、増殖しづらいことがわかる。また、培地 6 は、全ての細菌で増殖が見られなかった。よって、次章の実験は、培地 3 および培地 6 は除いて実施した。

**3. 微生物の選定実験その 2 (アルカリ環境下)**

**3.1 実験概要**

純水と普通ポルトランドセメントを混合した水溶液の上澄み液 (pH12.69) を用いて、表-1 に示す培地と同様の栄養素を含むアルカリ培地を作製して選定実験を行った。

**3.2 細菌の培養方法**

細菌の培養方法を以下に示す。①～③は 2.2 と同じ手順であり、通常環境下にて前培養液を作製する工程である。④新たな試験管を用意しアルカリ培地を 4mL 入れて①と同様の滅菌処理を行う。⑤前培養液 0.4mL を④のアルカリ培地に植菌する。⑥振とう培養する (本培養)。

**3.3 評価方法**

本培養における植菌後 24 時間経過時点での濁度 (吸光度) および pH で評価した。吸光度は値が大きいほど濁度が高いことを表しており、濁度が高いほど細菌が多く増殖していると評価できる。また、pH は、培地の栄養素および細菌の活動により低下する可能性があるため、pH の低下量が少ない方がコンクリートへの適用に適していると評価できる。

**3.4 実験結果**

本培養における植菌後 24 時間経過時点での吸光度を表-3 に、pH を表-4 に示す。吸光度の結果から、細菌の増殖度合は、細菌の違いよりも培地の違いの影響が大きいことがわかった。具体的には、培地 5 が最も良く、培地 2 および 4 が同程度で続き、培地 1 が最も悪かった。

一方、pH の結果から、pH の低下が最も少ないのは培地 2 であるものの、培地 5 もいずれの細菌でも pH12 以上を示しており pH 低下量が少ない培地であることがわかった。

**4. まとめ**

以上の結果から、今回検討した細菌の場合、細菌の種類によらず、培地 5 を用いることが、アルカリ環境下において最も適していると考えられた。今後、モルタルやコンクリート供試体を用いた実験を行い、細菌による性能向上効果を評価していく予定である。

**参考文献**

1) 西脇智哉: バクテリアを利用したコンクリート, コンクリート工学, Vol.45, No.12, pp.52-56, 2007.12

表-2 世代時間 (通常環境下)

細菌 No.	世代時間 (分) [※NG: 増殖なし]					
	培地 1	培地 2	培地 3	培地 4	培地 5	培地 6
1	96	80	225	104	67	NG
2	206	99	280	91	63	NG
3	125	161	207	132	91	NG
4	145	99	347	81	65	NG
5	98	101	NG	86	56	NG
6	186	96	275	123	61	NG
7	271	75	279	128	153	NG
8	66	88	136	99	93	NG

表-3 吸光度 (アルカリ環境下)

細菌 No.	吸光度 (ads)			
	培地 1	培地 2	培地 4	培地 5
1	0.29	0.48	0.43	0.95
2	0.53	0.44	0.49	0.72
3	0.33	0.40	0.51	0.72
4	0.22	0.44	0.42	0.70
5	0.26	0.51	0.45	0.84
6	0.09	0.35	0.35	0.70
7	0.31	0.36	0.60	0.83
8	0.32	0.38	0.39	0.81

※本表の「培地」は「アルカリ培地」

表-4 pH の変化 (植菌前の pH : 12.69)

細菌 No.	植菌後 24 時間の pH			
	培地 1	培地 2	培地 4	培地 5
1	10.55	12.35	11.53	12.01
2	10.65	12.39	11.60	12.10
3	10.57	12.39	11.57	12.02
4	11.02	12.37	11.54	12.02
5	10.93	12.37	11.46	12.06
6	10.82	12.38	11.47	12.05
7	10.67	12.36	11.50	12.07
8	10.50	12.38	11.53	12.06

※本表の「培地」は「アルカリ培地」