

戦-14. 微生物機能による自己修復性地盤改良技術の開発 (1)

研究予算：運営費交付金

研究期間：平 21～平 22

担当チーム：材料地盤研究グループ (土質・振動)

研究担当者：佐々木 哲也、森 啓年、稲垣 由紀子

【要旨】

環境負荷の小さい地盤改良技術の一つとして、微生物代謝による二酸化炭素と土の間隙中のカルシウム源から炭酸カルシウムを析出させて地盤を固化させる方法 (炭酸カルシウム法) が存在する。炭酸カルシウム法では、現地地盤への微生物源やそれを活性化させる栄養塩等の添加が必要となるが、添加条件、土質条件等によって地盤改良効果が異なることが予想されるため、現地の土質条件に応じた方法を見出す必要がある。

本研究では、微生物や栄養塩の添加条件、土質条件の違いが地盤固化効果に与える影響について検討し、地盤固化効果を得るためには、土質条件に応じた微生物や栄養塩の添加条件を設定する必要があることを把握した。また、自己修復性についても、一度固化させた後せん断破壊させた供試体に栄養塩等を再注入して固化効果を得ることができ、その可能性を確認した。

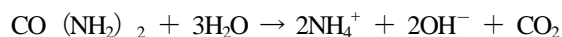
キーワード：地盤改良、微生物、栄養塩、炭酸カルシウム法

1. はじめに

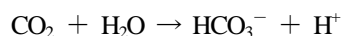
地盤改良技術の一つとして、微生物代謝による二酸化炭素と土の間隙中のカルシウム源から炭酸カルシウムを析出させて土を固化させる方法 (炭酸カルシウム法) が存在する¹⁾。炭酸カルシウム法では改良材を製造する際の二酸化炭素の発生がないため、実用化に至れば、環境負荷の少ない地盤改良技術となることが期待できる。

本研究では、以下の化学反応式に示すような、微生物の尿素 ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) 分解による二酸化炭素 (CO_2) と間隙中のカルシウムイオン (Ca^{2+}) の反応により地盤中に炭酸カルシウム (CaCO_3) を析出させて地盤改良を行う技術について検討した。微生物は、既往の研究より尿素分解作用により炭酸カルシウムを析出させるのに有効という知見²⁾が得られている“*Bacillus Pasteurii*” (バチルス・パストゥーリ：ATCC11859) を用いた。

(尿素分解)



(炭酸カルシウム析出)



炭酸カルシウム法では、現地地盤への微生物源やそれを活性化させる栄養塩等の添加が必要となるが、これらの添加条件、現地地盤の土質条件等によって地盤改良効果が異なることが予想されるため、現地の土質条件に応じた方法を見出す必要がある。

そこで、本研究では、シリンジ内へ詰めた試料土へ微生物源や栄養塩を注入して炭酸カルシウム析出量を計測する実験を行い、微生物や栄養塩の添加条件、土質条件が地盤固化効果にどのような影響を与えるか調べた。

2. 実験方法

2.1 実験手順

基本的な実験手順は図-1に示すとおりとした。

供試体は容量 60ml のシリンジに 25ml の蒸留水、所定量の試料土を投入し、体積が 40ml になるように作成した。試料土は全て、炉乾燥等により滅菌したものをを用いた。試料土の投入後、*Bacillus Pasteurii* 培養液 (以下、培養液) を 25ml 注入した。これらの操作後、栄養塩を試料土の上から毎回 25ml ずつ注入した。供試体作成は、以上の手順を基本とした。

栄養塩の注入は1日1回または2回ずつ行い、栄養塩の注入を継続した期間 (以下、通水日数) は1～14日とした。試料土は飽和状態とし、このとき試料土の表面と排水側で水頭が等しくなり、次回栄養塩が注入されると、前回注入されて間隙中に存在していた栄養塩が押し出され、排水されるしくみとした (図-2)。注入した栄養塩は、表-1に示す組成を基本とした。

栄養塩の通水期間終了後、シリンジ内の試料土を取り出し (写真-1)、試料土の間隙中に析出した炭酸カルシウム (CaCO_3) の量を調べた。その方法は、塩酸での酸分

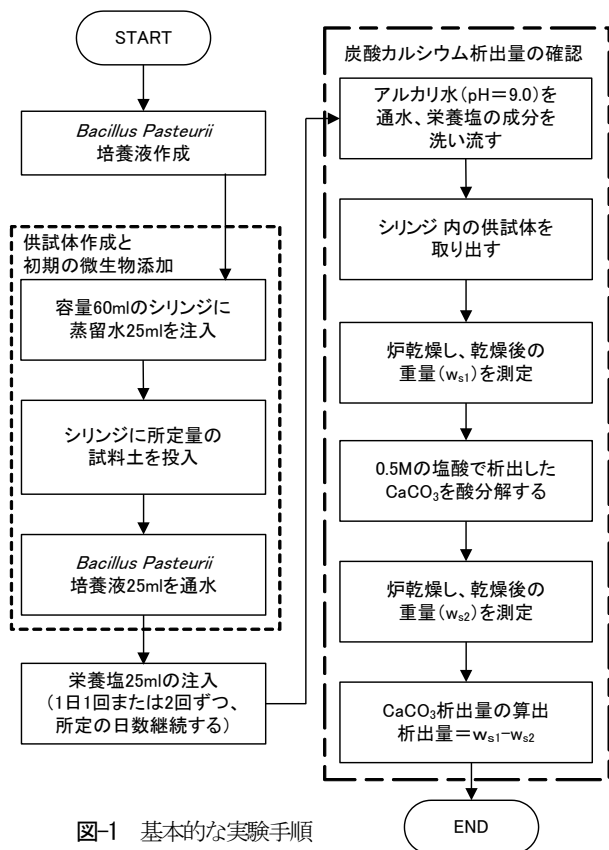


図-1 基本的な実験手順

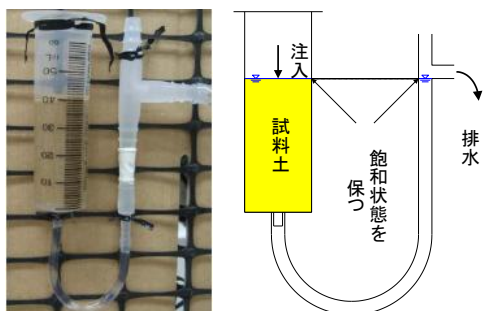


図-2 シリンジを用いた実験のしくみ

表-1 栄養塩の組成

ニュートリエントプロス	3g
NH ₄ Cl (塩化アンモニウム)	10g
NaHCO ₃ (炭酸水素ナトリウム)	2.12g
CO(NH ₂) ₂ (尿素)	0.5mol = 30.03g
CaCl ₂ (塩化カルシウム)	0.5mol = 55.49g



写真-1 固化して取り出された供試体の例

解を基本とした。

実験結果は、炭酸カルシウム析出量および炭酸カルシウム析出効率で整理し、地盤固化の効果を評価することとした。ここで、炭酸カルシウム析出効率は、1. の化学反応式からも、尿素と塩化カルシウム (CaCl₂) 1mol ずつから CaCO₃ 1mol が析出されるため、栄養塩の成分として注入された尿素と CaCl₂ のモル数に対する析出した CaCO₃ のモル数の百分率とした。CaCO₃ 析出効率が高いほど、注入された尿素やカルシウム源が CaCO₃ の析出に有効利用されたといえる。

1 つの実験ケースと栄養塩注入条件の組合せにつき、供試体は3本ずつとし、炭酸カルシウムの析出量等は、3本の供試体の平均値で評価することを基本とした。

また、微生物の培養条件 (培養基 (微生物を植え付ける液体) の組成と培養時の温度条件 (30°C)) は一定としてきたが、培養基に微生物を植え付ける操作のばらつき、微生物の植付け時からの経過日数等の少しの違いで、培養液中の微生物の状態が変わり、実験結果に影響を及ぼすことが予想された。このため、実験結果の比較は、同時期に作成した培養液を用いた結果同士で行うことを基本とした。

2.2 実験ケース

実験ケースは、微生物の添加条件、栄養塩の添加条件、土質条件の違いに着目して設定した。

着目した項目毎の詳細な試験ケースは、実験結果と併せ、3. ~5. に示す。

3. 微生物の添加条件による影響

試料土を炉乾燥した豊浦砂 60g として、微生物の添加条件 (初期段階の微生物の有無、微生物の添加量、栄養塩注入時の微生物添加の有無) に着目した実験ケースおよび結果について示す。

3.1 初期段階の微生物の有無

供試体作成方法を以下のように変えることにより、栄養塩注入開始前の初期段階における微生物の有無に着目した場合の CaCO₃ 析出量の結果を図-3 に示す。ここに示す結果はいずれも、栄養塩を1日1回ずつ注入したケースのもので、栄養塩は表-1 に示す組成で作成し、培養液を体積比で0.5%添加したものを注入している。

- ・蒸留水 25ml に試料土を投入 (図-3 中の□)
- ・培養液 25ml に試料土を投入 (図-3 中の■)
- ・蒸留水 25ml に試料土を投入後、培養液 25ml を注入 (図-3 中の●、図-1 と同様の方法)

初期段階で間隙中に微生物 (培養液) が存在しなかつ

たケースでは、栄養塩の注入時には微生物を添加したものの、 CaCO_3 析出量が特に少なかった(図-3中の□)。微生物(培養液)の添加方法によらず、初期段階で微生物を添加したケースでは、 CaCO_3 析出量に大きな違いが見られず(図-3中の■、●)、初期段階の間隙中に微生物を存在させることが、 CaCO_3 を多く析出させるのに有効であると考えられる。

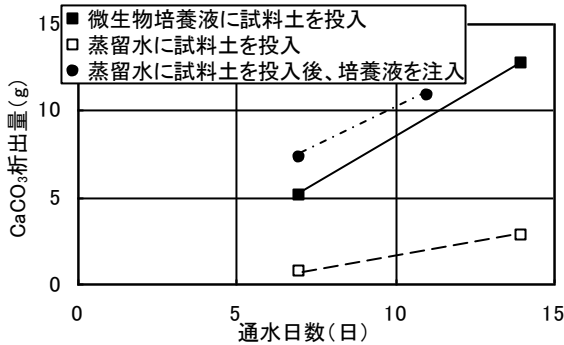


図-3 初期の微生物添加の有無による CaCO_3 析出量の比較

3.2 微生物の添加量

現地地盤の間隙中に微生物を添加する場合を想定し、添加する微生物の量の違いに着目して実験を行った。

供試体の作成では、図-1と同様、容量60mlのシリンジに蒸留水25mlと試料土を投入した後、栄養塩の注入開始前に培養液を注入した。この培養液の量を5ml、10ml、20ml、40ml、80mlと変えることにより、添加する微生物

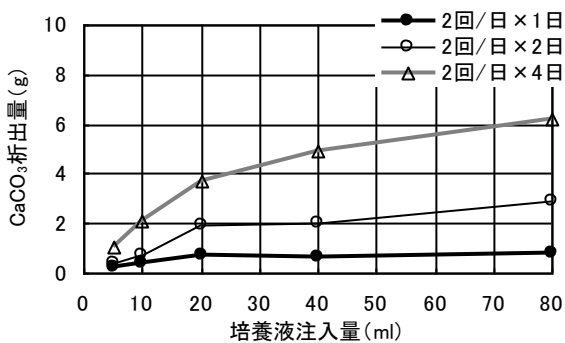


図-4 培養液の注入量と CaCO_3 析出量の関係

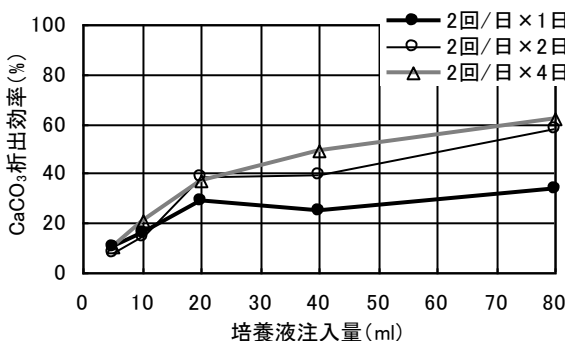


図-5 培養液の注入量と CaCO_3 析出効率の関係

量を変えた。

栄養塩の注入は、培養液の注入量を変えた条件毎に、1日2回ずつを1日、2日、4日の繰返ししの3条件で行った。注入した栄養塩は、表-1に示す組成で、pH調整や栄養塩注入時の培養液添加は行っていない。

培養液の注入量と CaCO_3 析出量、 CaCO_3 析出効率の関係をそれぞれ、図-4、図-5に示す。

培養液の注入量に関係なく、 CaCO_3 析出量は通水日数とほぼ比例関係であった。 CaCO_3 析出効率は、通水日数1日の場合に比べ、通水日数2日や4日の方が高くなった。栄養塩の注入開始から2日目以降が微生物の活動が活発になったことが考えられる(図-4)。

いずれの注入条件(1日当りの注入回数および通水日数)でも、供試体作成時に注入した培養液の量が20mlまでの場合は CaCO_3 析出量、 CaCO_3 析出効率ともに、培養液の注入量とほぼ比例関係であった。培養液の注入量が20ml以上の場合でも、培養液注入量の増加に伴って CaCO_3 析出量や CaCO_3 析出効率も増えたが、培養液注入量の増加に対する CaCO_3 析出量や CaCO_3 析出効率の増加割合は20mlまでと比べて低かった(図-5)。

今回の場合、シリンジ内の試料土の間隙は25ml程度であり、培養液の注入量が間隙の体積より少ない20mlまでは、培養液が間隙中の蒸留水と置き換わって注入した微生物がほぼ全て間隙中にとどまり、 CaCO_3 析出に寄与したと考えられる。一方、40mlや80mlでは、間隙中の体積より余分な量の培養液が流出し、注入した微生物のうち、一部は間隙中にとどまらずに流出しことが考えられる。これらの結果から、培養液の注入量を固化させようとする土の間隙の体積と同程度にすることが、効率良く CaCO_3 を析出させることにつながると考えられる。

3.3 栄養塩注入時の微生物添加の有無

栄養塩注入時の微生物添加の有無に着目して比較した結果を図-6に示す。供試体は図-1に示す方法で作成し、表-1に示す組成でpH調整を行わない栄養塩を注入した。

毎回の栄養塩注入時に培養液を体積比で0.5%添加し

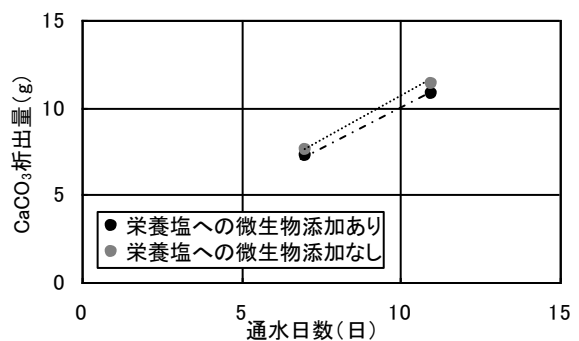


図-6 栄養塩への微生物添加の有無による CaCO_3 析出量の違い

たケース（栄養塩に微生物を添加したケース）と栄養塩注入時に何も添加しないケース（培養液を添加しないケース）で比較したが、 CaCO_3 析出量に大きな違いは見られなかった。栄養塩に添加した培養液の合計量は0.875～1.75mlと少量ということもあるが、実験の範囲内では、毎回の栄養塩注入時の微生物添加による影響は、初期に間隙全体に微生物を添加した影響に比べて小さかったといえる。

4. 栄養塩の添加条件による影響

試料土を炉乾燥した豊浦砂 60g とし、初期段階で間隙中に微生物を存在させる供試体作成方法で、栄養塩の添加条件（栄養塩の pH、カルシウム源と尿素の濃度、注入条件（1 日当りの注入回数と通水日数の組合せ））に着目した実験ケースおよび結果について示す。

4.1 栄養塩の pH

栄養塩の pH に着目し、栄養塩を表-1 に示す組成で作成後に pH 調整を行わず pH=7.0 程度で注入した場合と、塩酸を加えて pH=6.0 に調整した場合で比較した。栄養塩がアルカリ性の場合、炭酸カルシウムの析出が促進され、固化させようとする範囲に栄養塩が到達する前に析出した炭酸カルシウムにより土が目詰まりするクロッキングが生じる可能性がある。クロッキングが生じると、その箇所を境に栄養塩が十分行き渡らず、固化の効果が得られなくなるため、析出した炭酸カルシウムを溶解させない範囲で栄養塩の pH を下げ、酸性側に調整することが考えられる。そのため、栄養塩の pH を 6.0 に調整した場合の影響についても調べた。

図-7 に栄養塩の pH の違いに着目した結果の例として、培養液 25ml に試料土を投入して供試体を作成し、培養液を体積比で 0.5% 添加した（微生物を添加した）栄養塩を通水した場合の比較結果を示す。

栄養塩作成後に pH 調整を行わず、pH=7.0 程度の栄養塩を注入した場合の方が、pH を 6.0 に調整した場合に比べて CaCO_3 析出量が多くなった。なお、pH=7.0 程度の

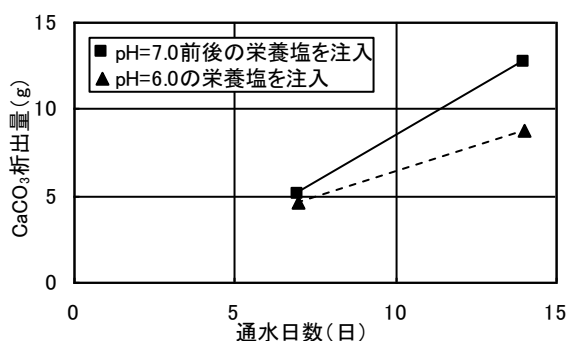


図-7 栄養塩の pH による CaCO_3 析出量の違い

栄養塩を注入した場合でも、クロッキングは生じなかった。

これは、炭酸カルシウム析出の反応がアルカリ性側の条件下で生じやすいことだけでなく、添加した *Bacillus Pasteurii* が好む pH 環境 (pH=7~9 程度) に近い pH=7.0 程度の栄養塩を加えたため、微生物の活性が高くなったことによると考えられる。

4.2 栄養塩の組成 (カルシウム源および尿素の濃度)

微生物の尿素分解により CaCO_3 を析出させる際に用いられるカルシウム源や尿素の濃度に着目して実験を行った。

栄養塩の組成を表-2 に示すとおりとし、カルシウム源（塩化カルシウム）と尿素の濃度を変化させた。いずれの組成の栄養塩に対しても、pH 調整や培養液の添加は行わなかった。pH は、栄養塩の組成によらず pH=7.0 程度であった。栄養塩の組成（塩化カルシウム (CaCl_2) および尿素の濃度）毎にそれぞれ、1 日 1 回ずつを 7 日間、14 日間の繰返し、1 日 2 回ずつを 4 日間、7 日間の繰返しという 4 つの注入条件で栄養塩を注入した。

供試体は、図-1 と同様の方法で作成した。

CaCl_2 と尿素の濃度（以下、注入濃度）と CaCO_3 析出量、 CaCO_3 析出効率の関係をそれぞれ、図-8、図-9 に示す。実験結果は、注入条件毎に整理している。

いずれの注入条件でも、注入濃度を 0.5mol/L とした場合に CaCO_3 析出量が最も多くなり、1.0mol/L や 1.5mol/L にすると CaCO_3 の析出がほとんど見られなかった。注入条件別に比較すると、注入濃度が 0.25mol/L、0.5mol/L では、 CaCO_3 析出量が注入回数や通水日数とはほぼ比例関係となった。0.75mol/L における CaCO_3 析出量は通水日数とはほぼ比例関係であったが、1.0mol/L、1.5mol/L では析出量そのものが少なく、注入条件による析出量の違いもほとんど見られなかった。（図-8）

CaCO_3 析出効率は、いずれの注入条件においても、注入濃度が 0.25mol/L や 0.5mol/L の場合が特に高く、注入濃度が 0.5mol/L 以上になると、注入濃度の増加に伴い CaCO_3 析出効率が下がり、1.5mol/L ではほぼ 0 になった。注入条件による CaCO_3 析出効率の違いは、ほとんど見られなかった。（図-9）

以上のような結果から、 CaCl_2 や尿素の濃度を多くすることが必ずしも CaCO_3 析出量の増加にはつながらないと考えられる。これは、微生物の代謝による CaCO_3 析出の反応の進み具合に限界があり、 CaCO_3 析出量を増やすのに最適な注入濃度があるためと考えられる。

また、最適な注入濃度を決める要素の 1 つとして、微

表-2 カルシウム源および尿素の濃度と栄養塩の組成 (蒸留水 1L 当り)

CaCl ₂ ・尿素濃度	0.25mol/L	0.5mol/L	0.75mol/L	1.0mol/L	1.5mol/L
ニュートリエントプロス	3g				
NH ₄ Cl (塩化アンモニウム)	10g				
NaHCO ₃ (炭酸水素ナトリウム)	2.12g				
CaCl ₂ (塩化カルシウム)	27.745g	55.49g	83.235g	110.98g	166.47g
CO(NH ₂) ₂ (尿素)	15.015g	30.03g	45.045g	60.06g	90.09g
蒸留水1L中の成分総重量	57.88g	100.64g	143.40g	186.16g	271.68g
塩類濃度 (%)	5.788%	10.064%	14.340%	18.616%	27.168%

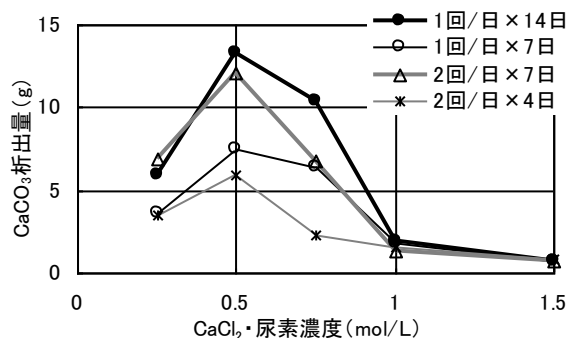


図-8 塩化カルシウム、尿素濃度と CaCO₃ 析出量の関係

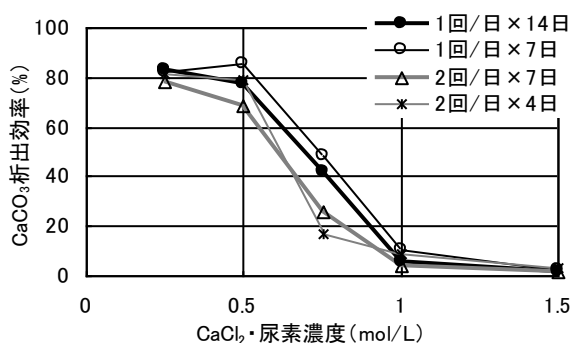


図-9 塩化カルシウム、尿素濃度と CaCO₃ 析出効率の関係

生物の塩類への耐性 (微生物が耐えることのできる塩類濃度) が考えられる。塩類濃度を、蒸留水に溶かした栄養塩の成分総重量の蒸留水重量に対する比率と仮定すると、注入濃度を 1.0mol/L や 1.5mol/L とした場合、塩類濃度が 20% 前後にもなり、“*Bacillus Pasteurii*” がほとんど活動できず、CaCO₃ 析出の反応が進まないことが推察される。

4.3 注入条件

栄養塩の注入条件 (1 日当りの注入回数および通水日数の組合せ) に着目した実験結果の例を図-10 に示す。これらは、試料土を豊浦砂 60g としたが、供試体作成方法や注入する栄養塩の pH、栄養塩注入時の微生物添加の有無に関する条件が異なる以下のケースについてのものである。

・培養液 25ml に試料土を投入して供試体を作成、栄養塩は、表-1 に示す組成で作成後、pH を 6.0 に調整し、培養液を体積比 0.5% 添加したものを注入したケース (図

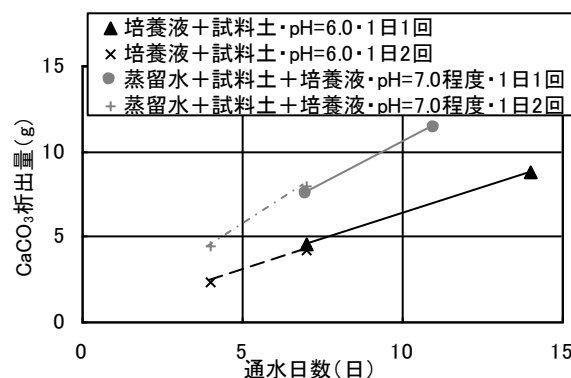


図-10 注入条件による CaCO₃ 析出量の違い

-10 中の▲および×)

・図-1 に示す方法で供試体を作成、栄養塩は表-1 に示す組成で作成後、pH 調整や培養液の添加をせずに注入したケース (図-10 中の●および+)

図-10 より、CaCO₃ 析出量は通水日数とはほぼ比例関係であった。

栄養塩の注入回数による CaCO₃ 析出量の違いについては、これらの2つのケース (▲・×と●・+) でそれぞれ、通水日数7日の場合に、1日当りの通水回数が1回の場合と2回の場合で CaCO₃ 析出量を比較した。通水日数7日で、▲ (1日当り1回) と× (1日当り2回)、● (1日当り1回) と+ (1日当り2回) の CaCO₃ 析出量を比較したところ、合計注入回数は1日1回では7回、1日2回では14回であるが、両ケースとも、CaCO₃ 析出量には大きな違いが見られなかった。

これは、1日当たりの栄養塩の注入量を 25ml から 50ml に増やしても、微生物の代謝速度が注入した栄養塩の量に追いつかず、炭酸カルシウム析出の反応の進み具合に限界があったことによると考えられる。

5. 土質条件による影響

土質条件に着目し、試料土の種類を豊浦砂 60g、珪砂 3号 60g、江戸崎砂 45g、釧路泥炭 10g として試験を行った。各試料土の物性値は表-3 に示すとおりである。

豊浦砂、珪砂 3号、江戸崎砂については炉乾燥後のものを用い、供試体は図-1 に示す方法で作成した。釧路泥炭については、乾燥試料 10g を押しで締め固めて体積が 40ml となるようにした後、蒸留水 25ml で飽和させ、培養液 25ml を注入した。

栄養塩の注入条件 (1 日当りの注入回数と日数の組合せ) は 4.2 と同様の 4 条件を基本とした。栄養塩の組成は表-1 と同様とし、pH 調整や注入時の培養液添加は行わなかった。

表-3 各試料土の物性値および実験ケース

ケース名	試料土	供試体の体積(ml)	供試体の重量(g)	土粒子の密度(g/cm ³)	D ₅₀ (mm)	細粒分含有率(%)	土懸濁液のpH	1日当たり通水回数
to-1	豊浦砂	40	60	2.623	0.177	0.6	6.3	1
to-2								2
ke-1	珪砂3号	40	60	2.634	1.310	0.4	5.9	1
ke-2								2
ed-1	江戸崎砂	40	45	2.701	0.172	25.0	7.5	1
ed-2								2
ku-1	鉋路泥炭	40	10	1.637	-	-	6.5	1
ku-2								2

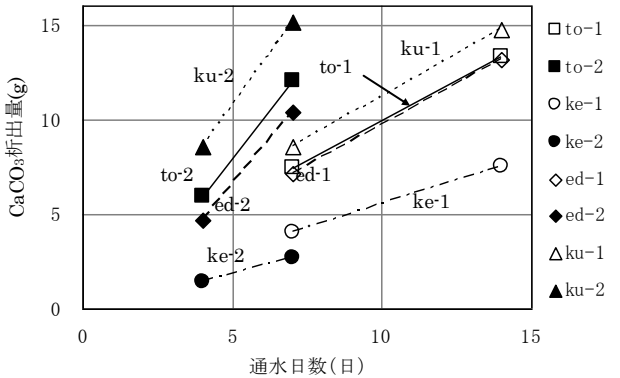


図-11 各種土質における通水日数とCaCO₃析出量の関係

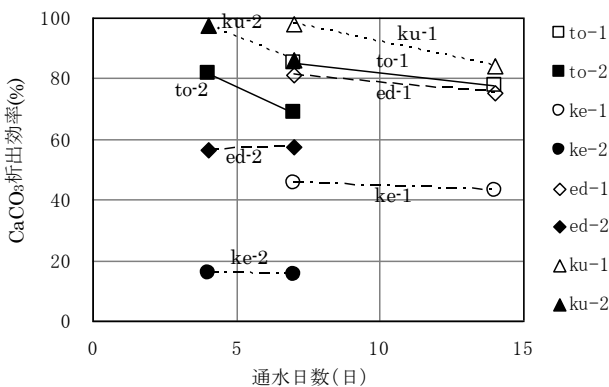


図-12 各種土質における通水日数とCaCO₃析出効率の関係

実験結果を図-11 および図-12 に示す。各試料土の体積は40ml ずつとしているため、CaCO₃析出量は単位体積当りの析出量として比較した。

CaCO₃析出量 (図-11) やCaCO₃析出効率 (図-12) については、土質条件による違いが見られ、鉋路泥炭、豊浦砂、江戸崎砂、珪砂3号の順に高い傾向となった。

通水日数とCaCO₃析出量の関係 (図-11) から、いずれの土質条件でもCaCO₃の析出量は通水日数とほぼ比例関係にあることが確認できた。

鉋路泥炭、豊浦砂、江戸崎砂では、栄養塩を1日1回ずつ注入したケースに比べ、1日2回ずつ注入したケースの方が通水日数に伴うCaCO₃析出量の増加が顕著なのに対し、珪砂3号では1日当りの通水回数による差はあまり見られなかった。

CaCO₃析出効率 (図-12) について、通水日数7日の

場合で、栄養塩を1日1回ずつ注入したケースと1日2回ずつ注入したケースでCaCO₃析出効率を比較すると、いずれの土質条件でも前者の方が高いCaCO₃析出効率となり、栄養塩の成分として注入されたカルシウム源や尿素がCaCO₃析出のために効率よく利用されたと考えられる。また、江戸崎砂で栄養塩を1日2回ずつ注入したケースを除いては、通水日数に伴いCaCO₃析出効率が減少する傾向が見られた。これは、通水日数が長くなる中での微生物の活性低下が原因として考えられた。

全体として、土質条件によるCaCO₃析出量やCaCO₃析出効率の違いは、栄養塩を1日2回ずつ注入した場合に比較的顕著に見られた。土質条件による違いの要因には、間隙の量、粒度特性、鉱物の種類の違い等が考えられ、今後さらに検討していく必要がある。

7. 土の亀裂の自己修復

炭酸カルシウム法は、土の間隙中に炭酸カルシウムを析出させて間隙を埋めることにより、土の亀裂を自己修復させる地盤改良技術としても期待される。

土の亀裂の自己修復の可能性を調べるため、図-1に示すような方法で作成し、栄養塩の注入を繰り返して全体を固化させた供試体をせん断破壊させた後、再度シリンジに原形に近い形になるよう詰め直し、培養液や栄養塩を再度注入した場合について、炭酸カルシウムの析出や供試体の固化状況を確認した。

その結果、炭酸カルシウムの析出や全体が固化した様子が見られ、土の亀裂の自己修復の可能性が確認できた。(図-13)

ただし、原形に近い形でシリンジに詰め直すのが難しく、固化した土の塊同士の隙間が大きく開いた場合には、炭酸カルシウムが土の表面のみに析出して亀裂を埋めるには至らなかったなど、土の亀裂状態によって自己修復の効果に違いが出る可能性も確認された。

土の塊同士の隙間の大きさに応じた土の亀裂の自己修復効果を得る方法については、実験方法も含めて検討を深めていく必要がある。

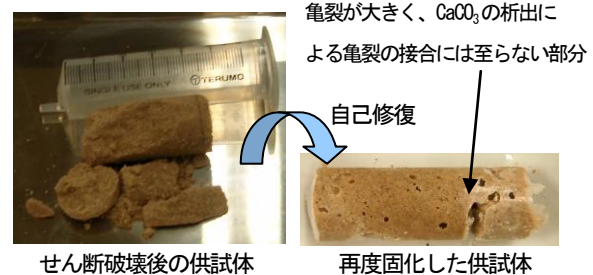


図-13 豊浦砂の自己修復の例

7. まとめと今後の課題

本研究では、試料土に微生物を *Bacillus Pasteurii* 培養液として添加し、その尿素分解作用により炭酸カルシウムを析出させて地盤を固化する方法（炭酸カルシウム法）について、シリンジ内の供試体で実験を行った。微生物の添加条件（初期段階における微生物の存在の有無、微生物添加量、栄養塩注入時の微生物添加の有無）、栄養塩の添加条件（栄養塩の pH や組成（カルシウム源や尿素的濃度）、注入条件（1日当りの注入回数と通水日数））や土質条件の違いが炭酸カルシウムの析出に与える影響を調べた。

その結果、炭酸カルシウム法により地盤を固化させる場合には、地盤の固化に寄与する微生物を間隙全体に行き渡る程度に存在させようとして、微生物が活動しやすい pH や組成（カルシウム源や尿素的濃度）の栄養塩を注入する必要があることが示唆された。

炭酸カルシウムの析出や地盤固化の効果は、栄養塩の注入条件（注入回数および通水日数）や土質条件の影響も受けるため、栄養塩の注入は、土質条件に応じた効率的な注入条件を設定して行う必要があると考えられた。

炭酸カルシウム法による土の亀裂の自己修復についても可能性は確認できたが、土の塊同士の隙間の大きさに応じた自己修復効果を得る有効な方法については検討を深めたい。

21年度の実験では、地盤固化や土の亀裂の自己修復の効果は炭酸カルシウム析出量で評価してきたが、今後は土質毎に炭酸カルシウム析出量と強度の相関を調べ、より定量的な評価を行っていききたい。

さらに、土槽を用いた実験等、より広範囲、多量の土を固化させる方法についても検討していききたい。

参考文献

- 1) Victoria S. Wiffen, Leon A. van Paassen and Marien P. Harkes : Microbial Carbonate Precipitation as a Soil Improvement Technique, *Geomicrobiology Journal*, 24, pp.417-423,2007
- 2) Sébastien D. , Marc P. ,Bénédicte M. and François G. : Experimental and numerical modeling of bacterially induced pH increase and calcite precipitation in saline aquifers, *Chemical Geology*, Volume 265, pp.44-53, 2009.

DEVELOPMENTS OF SOIL IMPROVEMENT BY MICROBIAL FUNCTIONS

Budgeted : Grants for operating expenses

Research Period : FY2009-2010

Research Team : Materials and Geotechnical
Engineering Research Group
(Soil Mechanics and Dynamics
Research Team)

Author : SASAKI Tetsuya

MORI Hirotohi

INAGAKI Yukiko

Abstract :

Microbial Carbonate Precipitation (MCP) is expected as the new environmental friendly soil improvement method because of its low carbon dioxide emission compared with cement stabilized agents. The MCP produces calcium carbonate with carbonates and calcium in soil voids using ureolysis by “*Bacillus Pasteurii*”. This study focused on the amount of the calcium carbonate precipitation by the injection conditions of micro-organism and nutrients, such as the number of injections and soil types. Experiments were conducted to simulate soil improvement by bio-grouting to soil in syringe. The results indicate that the amount of precipitation is affected by the injection condition and soil types.

Key words : soil improvement, microbial function, nutrients, Microbial Carbonate Precipitation