

農地における酸性硫酸塩土壌混入対策に関する研究

研究予算：運営費交付金

研究期間：令 5～令 7

担当チーム：資源保全チーム

研究担当者：横濱充宏、國島隼人、
中山博敬

【要旨】

酸性硫酸塩土壌（以下、ASS）は大気に触れると硫酸が生成して強酸性となる土壌である。農地整備事業で客土や置土等の農地への土砂搬入を行う場合、ASS が農地に混入して作物生育に悪影響を及ぼす場合がある。ASS と農地表土の種類別に炭カルの粒径別、施用法別の中和改良効果を比較検討し、ASS が混入した農地表土の効果的な中和改良手法を明らかにした。細粒炭カル資材の混和施用が全ての土質（粗粒、中粒、細粒）の農地表土において効果的で、海成 ASS および火山性 ASS が客土ないし置土された農地表土における細粒炭カル資材の適正施用量はそれぞれ改良目標 pH6.0 相当量および同 pH6.5 相当量の 1.25 倍であった。

キーワード：酸性硫酸塩土壌、農地混入被害対策、中和改良手法、炭カル施用量、pH

1. はじめに

酸性硫酸塩土壌（以下、ASS）は大気に触れると含有硫黄成分が酸化して硫酸となり強酸性を示す土壌である¹⁾。農地造成や客土採取などで掘削を行うと ASS が出現する場合がある²⁾。ASS は局地的に存在している場合が多く¹⁾、見た目だけでは ASS と判断不可能なため存在場所の正確な把握が困難である。

このため、農地整備事業で客土や置土を行う際に、ASS が農地の一部に混入して農作物に悪影響をおよぼす場合がある。ASS による被害が発生した農地の中和改良対策として、水田表土への細粒炭カルの全面混和施用³⁾、水田および畑の表土に対する粗粒炭カルの全面混和施用と非汚染土壌の全面置土の併用⁴⁾が試みられているが大規模で高コストである。

このように、ASS で汚染された水田および畑の表土に対する全面改良手法の実施実績はあるが、ごく一部のみに被害が生じた農地の小規模な改良手法は検討されていない。そこで、ASS と農地表土の種類に対応した炭カル資材の粒径別、施用方法別の中和改良効果を比較するための室内ポット試験を行い、ASS が混入した農地表土の効果的な中和改良手法を明らかにした。

2. 研究方法

2.1 供試土の選定

北海道の ASS は火山性 ASS と海成 ASS に区分される¹⁾。そこで、火山性 ASS を札幌市で、海成 ASS を天塩町で採取して供試した。

また、農地表土の粒径組成の違いが ASS 混入被害発生に対する中和改良効果におよぼす影響を調査するため、粒径組成の異なる農地表土を供試した。粗粒質農地表土は市販のマサ土を、中粒質農地表土は東神楽町の農地から採取したものを、細粒質農地表土は美唄市の農地から採取したものを供試した。なお、供試土の理化学性およびその分析法については後述する。

2.2 ポット試験の概要

2.2.1 試験 1

農地整備事業では、農地表土の理化学性を改良するため、農地表土上に客入土を撤出した後に農地表土と混和する”客土”が実施される場合と、客入土を農地表土上に撤出して農地表土との混和を行わない”置土”が実施されている。客入土の一部に ASS が混入して客土ないし置土が実施されて ASS による酸性害が発生した場合を想定し、各種 ASS と粒径組成の異なる各種農地表土が混和された客土を想定した試験区および各種 ASS の置土を想定した試験区を設定した。

また、炭カルの施用方法を検討するため、炭カルの混和施用を想定した試験区および表面施用を想定した試験区を設定した。

2.2.2 試験 2

試験 1 で細粒炭カルの混和施用が効果的と判断されたため、この施用法での適正施用量を決定するポット試験を行った。

2.2.3 試験 3

試験 2 では火山性 ASS の試験区で適正施用量を決

定できなかつたため、これを決定するミニポット試験を行った。

2.3 分析方法

2.3.1 供試土

供試土の分析項目および方法を以下に示す。

粒径組成：ピペット法、全 S：過酸化水素・硝酸・フッ化水素酸分解法およびイオンクロマト法、全 Ca：過塩素酸分解法および原子吸光法、pH(H₂O)：ガラス電極法（土液比：1:2.5）、pH(H₂O₂)：佐々木の方法³⁾

2.3.2 ポット試験での土壌 pH

試験土の深さ 5cm に土壌 pH 測定用ガラス電極を挿入し、pH(H₂O)を測定した。

2.3.3 溶出液

ガラス電極法により pH(H₂O)を、原子吸光度法により重金属(Cd、As、Cr⁶⁺)含量を測定した。

2.4 ポット試験の方法

2.4.1 試験 1

試験 1 の試験方法を以下に示す。

各試験区の炭カル施用量は佐々木³⁾の方法により、供試土を過酸化水素水で酸化処理し、これらの供試土中の易酸化性硫黄を完全酸化した後に風乾調整した供試土を用いて緩衝曲線法により求めた。

ワグネルポット(1/5000a)に厚さ 15cm の供試土を充填した。供試土が ASS と農地表土の混和土の場合における混合比は、体積比で ASS：農地表土=3:2 とした。これは、道内の過去の国営農地再編整備事業での最大客土厚実績から決定した。また、ASS を誤って置土してしまった場合を想定して、供試土全てを ASS で充填した試験区も設定した。

農地に雨が降った場合を想定し、約 1 週間に 1 回各供試土表面に 400ml 撒水してポット底部の排出管から溶出液を採取した。この撒水量は札幌市の 2018 年から 2022 年までの 5 カ年の降水量を調べ、週平均降水量を算出して求めた。

炭カル施用直前は 1 回、試験開始直後の直近 3 回は約 1 週間に 1 回その後は 2~4 週間に 1 回、2024 年 4 月 6 日から同 9 月 30 日までの約 6 ヶ月間 pH メーターにより供試土および溶出液の pH(H₂O)を計測した（以後、特に注記がない場合の pH は pH(H₂O)を意味する）。

2.4.2 試験 2

試験 2 の試験方法は、土壌 pH の測定開始と測定終了の時期がそれぞれ 2024 年 12 月 27 日および 2025 年 6 月 23 日であること以外は試験 1 と同様である。

2.4.3 試験 3

試験 3 の試験方法を以下に示す。

底に錐で穴を開けたポリプロピレン容器（φ 80mm × 86mm）に ASS および農地表土の風乾細土および細粒炭カルを混和して投入した直後および 6 日後に 30ml の撒水を行い溶出液を採取した。pH メーターで撒水直後および撒水 6 日後の供試土および溶出液の pH を測定した。なお、炭カル施用量の決定法、ASS および農地表土の混合割合は試験 1 および 2 と同等とした。

3. 結果および考察

3.1 供試土の粒径組成

供試した農地表土のうち粗粒質表土は砂土(S)、細粒質表土は軽埴土(LiC)、中粒質表土は前述の農地表土の中間の性質を示す粒径組成であった。火山性 ASS は砂壤土(SCL)で、海成 ASS は軽埴土(LiC)であった。

3.2 供試土の化学性

供試土の化学性を表-1 に示す。北海道の火山性 ASS の全 S は海成 ASS より多い。供試した火山性 ASS は海成 ASS に比べて全硫黄含量が 5.2 倍多かった。農地表土は粗粒質表土で全 Ca が他の 2 種類の農地表土のそれに比べて多かった。

3.3 炭カル資材表面施用および混和施用での中和改良効果（試験 1）

図-1 に火山性 ASS ならびに火山性 ASS と各種農地表土の混和土に、図-2 に海成 ASS および海成 ASS と各種農地表土の混和土に、各種炭カルを施用した場合の施用前、施用 6 日後、2 ヶ月後、4 ヶ月後および 6 ヶ月後の土壌 pH を示す。炭カル施用量の決定には、ASS 中の硫黄がすべて硫酸に変化した場合の中和を想定した（以下、例えば pH5.0 までの中和を想定した場合は改良目標 5.0 と表記する。）。試験 1 では改良目標 5.0 を想定し、投入炭カル量は試験区により異なり、火山性 ASS の試験区ではポット当たり 86~172g、海成 ASS の試験区ではポット当たり 9~35g であった。なお、図中の略号と試験区との対応は表-2 の通りである。

粗粒炭カルあるいは細粒炭カルの表面施用は、施用した炭カルが施用 6 ヶ月後においても土壌表面に残存して溶解消失しておらず、施用 6 ヶ月後においても土

表-1 供試土の化学性

供試土	採取地	含量 (cmol _e kg ⁻¹)		pH (H ₂ O)	pH (H ₂ O ₂)
		全 S	全 Ca		
火山性 ASS	札幌市	240.0	1.8	2.6	1.4
海成 ASS	天塩町	46.0	6.5	3.7	3.0
粗粒質表土	市販土（マサ土）	1.8	65.0	6.0	8.6
中粒質表土	東神楽町	4.0	16.0	5.2	6.9
細粒質表土	美唄市	6.0	22.0	5.1	6.4

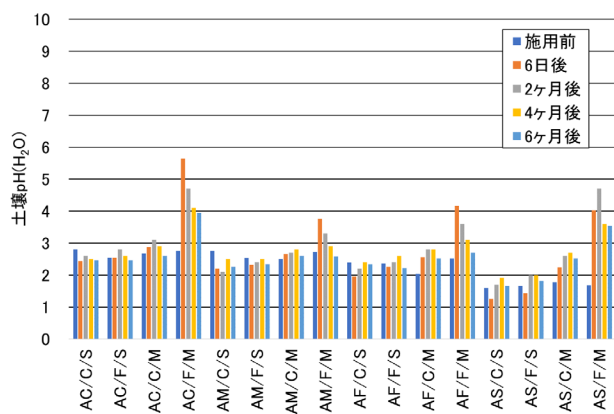


図-1 各種炭カル施用法の中和改良効果（火山性 ASS）

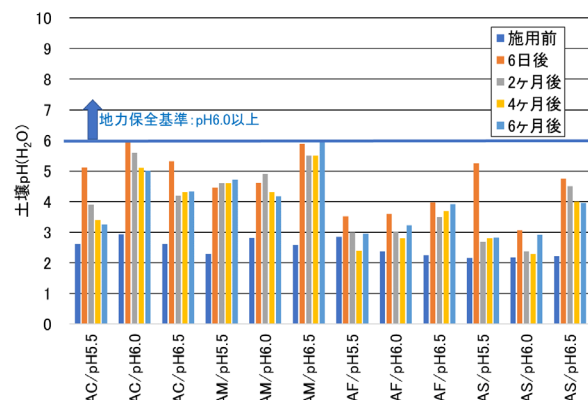


図-3 炭カル施用量と中和改良効果の関係（火山性 ASS）

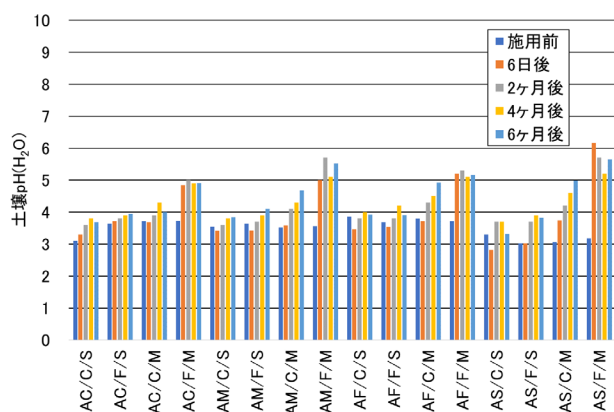


図-2 各種炭カル施用法の中和改良効果（海成 ASS）

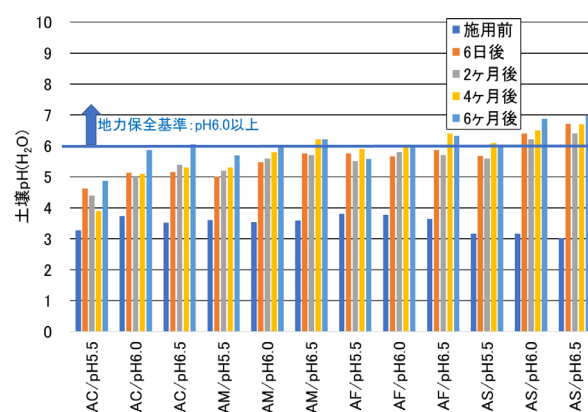


図-4 炭カル施用量と中和改良効果の関係（海成 ASS）

表-2 図-1～4 の略号対照表

土壌区	略号	炭カル種類	略号	施用法	略号
ASS+粗粒質農地表土	AC	粗粒炭カル	C	表面施用	S
ASS+中粒質農地表土	AM				
ASS+細粒質農地表土	AF	細粒炭カル	F	混和施用	M
ASSのみ	AS				
記載例（上：試験1（図1,2）/下：試験2（図3,4））				略号	
ASS+粗粒質農地表土+粗粒炭カル+表面施用				AC/C/S	
ASS+粗粒質農地表土+改良目標pH5.0				AC/pH5.0	

壤 pH は低く推移し、十分な中和改良効果を発揮していなかった。粗粒炭カルの混和施用の試験区においては、海成 ASS の一部の試験区を除き、施用 6 ヶ月後においても土壌 pH の十分な上昇は認められず、中和改良効果は不十分であった。細粒炭カルの混和施用の試験区では、他の試験区に比べて明らかに pH が高く推移しており、粗粒炭カルと比較して細粒炭カルの中和効果が高いと判断された。しかし、火山性 ASS の試験区では土壌 pH が海成 ASS の試験区ほど上昇せず、中和改良効果が不十分であった。

3.4 細粒炭カル資材混和施用における適正施用量（試験 2）

試験 1 の結果を受けて、各種 ASS ならびに各種 ASS と各種農地表土の混和土に対する細粒炭カルの適正施用量を決定するための試験 2 を行った。図-3 および図-4 にその結果を示す。なお、図中の略号と試験区との対応は表-2 の通りである。

地力保全調査の要因強度別基準では、水田、普通畑、樹園地ともに、表土の土壌 pH が 6.0 以上であることが望ましいとされている⁹⁾。火山性 ASS（図-3）の場合、改良目標 pH6.5 相当の細粒炭カルの 1 ポット当たり 135～204g 混和しても、火山性 ASS および火山性 ASS と農地表土の混和区で、炭カル施用 6 ヶ月後においても土壌 pH が 6.0 以下であり、十分な中和改良効果が発揮されているとは言えなかった。一方、海成 ASS（図-4）の場合、改良目標 pH6.0 および 6.5 相当の細粒炭カル（21～51g）を混和施用することによって、施用 6 ヶ月後には地力保全調査要因強度別基準の基準値に概ね達していた。よって、海成 ASS が置土されたあるいは海成 ASS が客土された農地表土の中和改良は

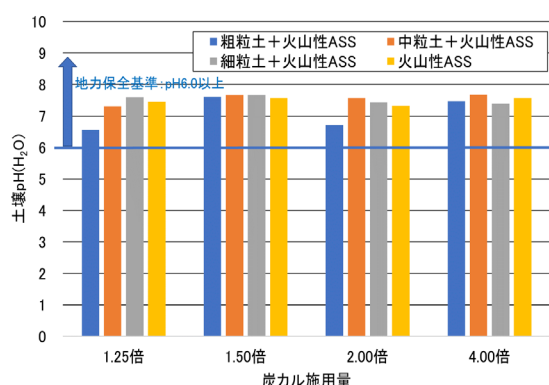


図-5 炭カル施用量と中和改良効果の関係（火山性 ASS）

改良目標 pH6.0 の細粒炭カルの混和施用で達成できると判断できた。

3.5 火山性 ASS に対する細粒炭カル資材混和施用における適正施用量（試験 3）

試験 2 においても、火山性 ASS ならびに火山性 ASS と各種農地表土の混和土での細粒炭カルの適正施用量を決定できなかったため、これを決定するための試験 3 を行った。この試験においては、改良目標 pH6.5 に相当する細粒炭カル施用量の 1.25 倍、1.50 倍、2.00 倍および 4.00 倍の細粒炭カルを火山性 ASS ならびに火山性 ASS と各種農地表土との混和土に混和施用した。

図-5 に結果を示す。細粒炭カルの施用量が改良目標 pH6.5 の 1.25 倍相当の試験区において、粗粒質農地表土と火山性 ASS の混和土で pH6.6 の他はいずれも pH7.0 を超えていた。試験 3 は試験期間の制約から細粒炭カル混和施用 6 日後までの土壌 pH を計測して試験を終了している。図-3 を見ると、試験区によっては pH が上昇した後、時間の経過に伴い pH の低下が認められるがその要因は明らかになっていない。そのため、火山性 ASS への炭カル施用については、改良目標 pH6.5 相当の 1.25 倍を混和し、施用 6 ヶ月後の pH を確認する必要がある。なお、施用 6 ヶ月後の pH が 6.0 を下回る場合は、改めて炭カル施用量を算定して炭カルを混和施用することが必要である。

3.6 溶出液の化学性

細粒炭カルを混和施用した供試土からの溶出液から地下水環境基準⁶⁾を上回る As ないし Cr⁶⁺は検出されなかった。Cd は、溶出液の pH が 4.0 を下回る場合に地下水環境基準を上回った（図-6）。適正施用量の細粒炭カルを混和施用された供試土の溶出液の pH は、4.0 を上回っており基準を上回る量の Cd は溶出しないと判断された。

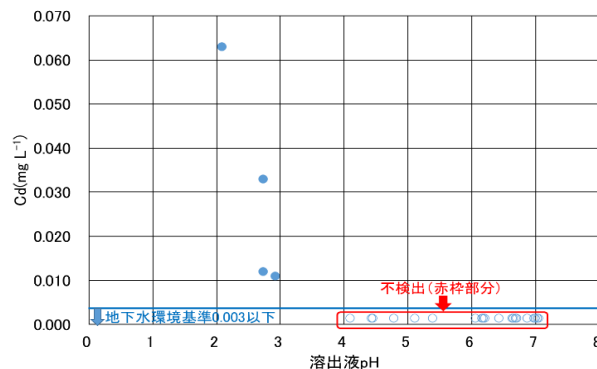


図-6 溶出液 pH と Cd 溶出量の関係

4. まとめ

ASS と農地表土の種類に対応した炭カルの粒径別、施用法別の中和改良効果を比較検証する室内ポット試験を行った。その結果、以下のことが明らかとなった。

- 1) 海成 ASS が誤って搬入された農地表土の中和改良は、改良目標 pH6.0 相当の細粒炭カルの混和施用で可能であった。
- 2) 火山性 ASS が誤って搬入された農地表土の中和改良は、改良目標 pH6.5 相当量の 1.25 倍量の細粒炭カルの混和施用で可能であった。ただし、農地表土の違いによって効果発現に差があるため、施用 6 ヶ月後の pH を確認する必要がある。
- 3) ASS が混入した農地表土の粒径組成が異なる場合でも、細粒炭カルを混和施用することによって中和改良効果が発揮された。

参考文献

- 1) 石渡輝夫、沖田良隆、斎藤万之助：北海道における酸性硫酸塩土壌の区分、分布及び性状、日本土壌肥料科学雑誌、第 63 巻、第 1 号、pp.86-90、1992
- 2) 松本 聡：酸性硫酸塩土壌、農業土木学会誌、第 56 巻、第 5 号、p.56、1988
- 3) 佐々木信夫：新第三系に由来する酸性硫酸塩土壌 II その改良、ペドロジスト、第 22 巻、第 2 号、pp.102-114、1978
- 4) 石渡輝夫：北海道における酸性硫酸塩土壌のペドロロジーとエダフォロジー、ペドロジスト、第 47 巻、第 2 号、pp.129-134、2003
- 5) 地力問題研究会：地力増進法解説、地球社、pp.136-141、1985
- 6) 地盤工学会：土壌・地下水汚染の調査・予測・対策、地盤工学・実務シリーズ 15、p.227、2002

RESEARCH ON COUNTERMEASURES AGAINST ACIDIC SULFATE SOIL CONTAMINATION IN FARMLAND

Research Period: FY2023-2025

Research Team: Rural Resources Conservation Research Team,
Cold-Region Agricultural Development Research Group

Author: YOKOHAMA Mitsuhiro

KUNISHIMA Hayato

NAKAYAMA Hiroyuki

Abstract: Acidic sulfate soil (hereinafter referred to as ASS) is a soil that becomes highly acidic when exposed to the atmosphere due to the formation of sulfuric acid. When soil is brought into farmland as dressing soil or placing soil in farmland improvement projects, ASS may be mixed into the top soil, adversely affecting crop growth. The neutralization and improvement effects of calcium carbonate, categorized by particle size and application method, were compared and examined for each type of ASS and farmland topsoil to clarify effective neutralization and improvement methods for farmland topsoil contaminated with ASS. The application of fine-grained calcium carbonate material was effective for all types of farmland topsoil (coarse-grained, medium-grained, and fine-grained). The appropriate application amount of fine-grained calcium carbonate material for farmland topsoil containing marine ASS and volcanic ASS as dressing soil or placing soil was the amount equivalent to the improvement target pH 6.0 and 1.25 times the amount equivalent to the improvement target pH 6.5, respectively.

Keywords: Acidic sulfate soil, Countermeasures against contamination of farmland, Neutralization and improvement methods, Calcium carbonate application rate, pH

論文リスト

● 学術誌等による成果普及

学会発表等その他（計 2 本）

- 1) 國島隼人、中谷壮範、横濱充宏：農地における酸性硫酸塩土壌混入対策の検討ーpH のモニタリング結果一、第 67 回（2023 年度）北海道開発技術研究発表会論文、2023
- 2) 横濱充宏、國島隼人：農地における酸性硫酸塩土壌混入対策に関する検討ー炭カル施用法・施用量の検討結果一、第 69 回（2025 年度）北海道開発技術研究発表会論文、2025

土研刊行物（計 1 本）

- 1) 横濱充宏、國島隼人：農地における酸性硫酸塩土壌混入対策の検討、寒地土木研究所月報、No.874、pp.16-23、2025