

酸性硫酸塩土壌の簡易判定法の確立に関する研究

研究予算：運営費交付金

研究期間：平 29～令 3

担当チーム：資源保全チーム

研究担当者：中谷壮範、松田俊之、横濱充宏、
酒井美樹、横川仁伸、山本弘樹、
田中稔

【要旨】

道路建設や農地造成などで掘削を行うと、酸性硫酸塩土壌が出現する場合がある。酸性硫酸塩土壌は、硫黄や硫黄化合物（主としてパイライト（FeS₂））を高濃度に含有し、これらが酸化すると硫酸を生成するため強酸性を呈する。このため、酸性硫酸塩土壌に接触した場合、鉄製品やコンクリートに腐食劣化が生じるほか、作物・植物に生育障害が発生する。掘削直後の未酸化状態の酸性硫酸塩土壌は、中性を示すことが多いために酸性硫酸塩土壌であることが見逃され、後になって前述の被害が発生する事例もあり、工事において注意が必要な土壌である。本研究は、工事の円滑な推進に資するため、工事現場において迅速かつ簡便に酸性硫酸塩土壌の有無を判定する手法の確立を目的とし、以下の項目について成果を得た。

① 現行法による酸性硫酸塩土壌の性状把握および分類・評価

酸性硫酸塩土壌は非酸性硫酸塩土壌と比べて硫黄含量が多いことが確認された。また、酸性硫酸塩土壌の分布は局所的であることから、酸性硫酸塩土壌と疑われる土壌が露出した場合、その地点を含め、周辺のいくつかの地点から複数の試料を採取して分析・評価する必要があることがわかった。

② 酸性硫酸塩土壌の簡易判定法の確立

劇物である過酸化水素水（H₂O₂ 30%）の代わりに、市販で入手が容易なオキシドール（H₂O₂ 3%程度）を強制酸化剤として使用し、試料とオキシドールの混合割合 1:30 で 10 秒間攪拌した混合液を、80℃の湯浴で 30 分間加熱し、加熱終了後 1.5 時間以内に pH を計測することで、酸性硫酸塩土壌を見逃すことなく迅速に判定可能であることを確認した。この結果を基に、酸性硫酸塩土壌の簡易判定法を確立した。

キーワード：酸性硫酸塩土壌、パイライト、過酸化水素水、オキシドール、簡易判定法、加熱処理

1. はじめに

道路建設や農地造成などで掘削を行うと、酸性硫酸塩土壌（以下、「ASS」という）が出現する場合がある¹⁾。ASSは、硫黄や硫黄化合物（主としてパイライト（FeS₂））を高濃度に含有し、これらが酸化すると硫酸を生成するため強酸性を呈する²⁾。このため、ASSに接触した場合、鉄製品やコンクリートに腐食劣化³⁾が生じるほか、作物・植物に生育障害が発生する⁴⁾。掘削直後の未酸化状態のASSは、中性を示すことが多いためにASSであることが見逃され、後になって前述の被害が発生する事例もあり、工事において注意が必要な土壌である。工事現場で出現した土壌がASSか否かを判定する方法として、劇物である過酸化水素（H₂O₂ 30.0～36.0%）による強制酸化試験や、分析機器を使用した硫黄量測定等の手法（これらを総称し「現行法」という）がこれまでに提案されている^{5,6,7,8)}。これらは設備の整った実験室で行う必要があるため、工事現場でASSと疑われる

土壌が出現した場合、分析可能な専門機関に判定を依頼する必要がある。そのため、結果が出るまでの間、工事を一時中断するなど工程管理上の支障となっている。

本研究は、容易に入手できる資材を用いて、工事現場で容易かつ安全に操作ができ、短時間でASSが判定できる分析手法（以下、「簡易判定法」という）の確立を目指し、以下の項目を実施した。

- ① 現行法によるASSの性状把握および分類・評価
- ② ASSの簡易判定法の確立

2. 現行法によるASSの性状把握および分類・評価

2.1 目的

北海道内では、海成堆積物由来のASS（現世～沖積層、化石的～洪積層、第三紀層）、火山性由来のASS（熱水変質物）、火山噴出物由来のASS（火山碎屑物）に区分されるASSが確認されている（表-1）³⁾。

表一1 ASSの区分

硫黄の起源	大区分	細区分	分布地
海水(汽水)	海成ASS	現世海成ASS	現世の海成層
		化石的海成ASS	洪積世、第三紀の海成層
火山活動	火山性ASS	火山碎屑物ASS	火山碎屑物
		熱水変性ASS	熱水変質物

ASS：酸性硫酸塩土壌

※参考文献3)の表を基に作成

簡易判定法を確立するためには、表一1に区分されるASSに適用可能とする必要がある。そこで、これらの地質区分からASSの可能性のある129個の試料について、現行法によるASSの判定、および硫黄含量、塩基含量(カルシウム、マグネシウム)、マンガン含量の成分分析を行い、各地質区分についてASSおよび非ASSの判定とそれぞれの性状を分類・評価する。

2.2 方法

2.2.1 土壌の採取および試料の作成

試料を採取する土壌は、採取箇所の色、臭い、固結土などの違いを考慮し選定した。次に選定した土壌のうち、拡大鏡による目視確認で赤銅色の反射の粒が確認できれば、パイライトを含むASSの可能性のあるものとした。これを100mlのプラボトルに10g程度入れて、過酸化水素水(H₂O₂ 30%)により強制酸化させた後のpHと、蒸留水による混合液のpHを測定し、土壌の性状を確認した。

過酸化水素水による強制酸化でpH3.5以下であればASSの可能性が高く、そのうち、蒸留水による懸濁液がpH5.0以上であれば、未酸化状態のASSの可能性が高いと判断し、そこから試料として土壌を採取した。

ASSは、15℃以上になると、好気性の硫黄酸化細菌の働きで酸化が急速に進むことがある。そのため、試料は採取して直ぐ家庭用真空パック機を使用して脱気し、アイスボックスに入れ5℃以下の低温状態で寒地土木研究所に持ち帰った。硫黄酸化細菌は水分がない状態、又は、60℃以上の高温状態になると活動が停止するため、その試料を乾燥炉(温度110℃±5℃)で48時間以上乾燥させて水分を除去し、酸化を防止した。乾燥させた試料は、デシケーター内で常温まで冷ました後、粉碎機で2mm以下に細粒化して、湿潤することがないよう密閉したポリ容器に入れて室温で保存した。

2.2.2 現行法による分析

現行法の過酸化水素水(H₂O₂ 30%)を使用した強制酸化試験による分析方法⁵⁾では、まず2.2.1で作成した乾燥試料10gを500ml トールビーカーに入れる。それに、アンモニア水でpH6.0に調整した過酸化水素水30%をスポイトにより10mlずつ加えて試料の強制酸化を行う。過酸化水

素水を入れることで白煙を伴う激しい発泡反応が起きる。反応が収まれば再度過酸化水素水を加えるという作業を繰り返す。作業を続けると、酸化反応は徐々に弱まってくる。試料の性状によるが、加える過酸化水素水の量が60mlから150ml程度で、激しい発泡が収まり過酸化水素水の自己崩壊反応となる。この状態が認められると試料の強制酸化が終了したと判断し、過酸化水素水の注入を終了する。強制酸化作業を終えたトールビーカーに400mlまで蒸留水を加えて加熱し、水分を蒸散させる。常温に低下後、蒸留水を加えて土液比1:10の状態のpH(H₂O₂)を測定し、3.5以下であればASSと判定する。

2.3 結果および考察

現行法の判定基準であるpH(H₂O₂)が3.5以下のものをASS、3.5を超えるものを非ASSと判定した。129試料のうち、72試料がASS、57試料が非ASSと判定された。地質区分によるASSおよび非ASSの性状を表一2に示す。

pHが3.5以下となる土壌が存在する場合、そこには硫酸や硝酸などの無機態強酸の存在が考えられるとされ⁹⁾、現行法のASSの判定では、pHが3.5以下で、乾土当たり0.1%以上の硫黄を含む土壌をASSとみなされる⁵⁾。

ASSは非ASSに比べて硫黄含量が多いが、非ASSでも硫黄含量が多いものがある。この場合、塩基含量が多く、硫黄含有量とCa含有量の比(S/Ca)が小さい場合には、中和作用によりpHが低下せず非ASSと判定される¹³⁾。例として、天塩町で採取した化石的海成土壌の3試料は、硫黄含量が0.10~0.15%であったが、塩基であるCa含量が0.43~0.49%、Mg含量が0.92~1.02%と多いことからpH(H₂O₂)は6.2~7.0を示し、非ASSと判定された。木古内町で採取した化石的海成土壌の4試料のうち3試料は、硫黄含量が0.26~0.32%であったが、塩基であるCa含量が1.80~2.00%、Mg含量が2.00~2.20%と多いことからpH(H₂O₂)は6.4~7.2を示し、非ASSと判定された。ただし、1試料は硫黄含量が0.99%と非ASSの3試料に比べ3倍程多く、塩基であるCa含量が1.70%、Mg含量が2.10%と多いが、pH(H₂O₂)は2.6を示し、ASSと判定された。既往文献³⁾の留意点にもあるように、同一地層内でもASSの分布は不均一で局所的であることが確認された。よって、工事中にASSと疑われる土壌が露出した場合、その地点を含め、周辺のいくつかの地点から複数の試料を採取して分析を行い、判定する必要がある。

表一2 地質区分による ASS および非 ASS の性状

(上段：平均、下段：範囲)

地質区分	個数	pH (H ₂ O ₂)	全硫黄S (%dry)	Ca (%dry)	Mg (%dry)	Mn (%dry)
ASS	72	2.35 1.00 ~ 3.38	1.11 0.20 ~ 8.98	0.50 0.01 ~ 2.40	0.71 0.02 ~ 2.40	0.02 0.00 ~ 0.07
非ASS	57	6.38 3.68 ~ 9.55	0.16 0.00 ~ 2.90	1.02 0.05 ~ 12.00	0.87 0.10 ~ 3.20	0.06 0.00 ~ 0.83
現世海成 ASS	4	2.30 2.10 ~ 2.70	1.80 0.20 ~ 2.65	0.96 0.19 ~ 1.70	0.75 0.50 ~ 0.95	0.03 0.02 ~ 0.04
現世海成 非ASS	3	5.19 4.29 ~ 6.88	0.13 0.04 ~ 0.19	0.32 0.25 ~ 0.38	0.56 0.50 ~ 0.60	0.02 0.02 ~ 0.02
化石的海成 ASS	59	2.35 1.00 ~ 3.38	0.97 0.21 ~ 8.98	0.50 0.01 ~ 2.40	0.79 0.02 ~ 2.40	0.02 0.00 ~ 0.05
化石的海成 非ASS	52	6.43 3.68 ~ 9.55	0.16 0.00 ~ 2.90	1.05 0.03 ~ 12.00	0.92 0.11 ~ 3.20	0.06 0.00 ~ 0.83
火山碎屑物 ASS	3	2.65 2.32 ~ 3.24	3.04 2.21 ~ 3.24	0.61 0.33 ~ 0.87	0.14 0.13 ~ 0.14	0.01 0.01 ~ 0.01
火山碎屑物 非ASS	0					
熱水変性 ASS	6	1.88 1.80 ~ 2.10	1.08 0.42 ~ 2.37	0.17 0.01 ~ 0.66	0.19 0.03 ~ 0.44	0.01 0.00 ~ 0.02
熱水変性 非ASS	2	6.81 6.50 ~ 7.11	0.17 0.11 ~ 0.24	1.21 0.62 ~ 1.80	0.09 0.07 ~ 0.10	0.03 0.02 ~ 0.05

ASS：酸性硫酸塩土壌

3. ASSの簡易判定法の確立

3.1 目的

開発する簡易判定法は、工事現場において施工者が利用できかつ確実にASSを判定することで、工事の円滑な推進に資するためのものである。そのため、簡易判定法には下記の4項目が求められる。

- ①強制酸化剤として使用する資材が安価で容易に入手できること。
- ②現地で工事の施工者が簡単に利用できる方法であること。
- ③速やかに結果が判明すること。
- ④ASSを見逃すことなく判定できること。

そのため、道内に分布するASSを対象に、室内試験、現地試験で適用性の確認を行い、簡易判定法を確立する。

3.2 オキシドールのASSに対する酸化能力の検討試験¹⁰⁾

3.2.1 目的

現行法で強制酸化剤として使用する過酸化水素 (H₂O₂ 30.0~36.0%) は、毒物及び劇物取締法において劇物に指定されており、一般には入手困難なうえ、その取り扱いには細心の注意を要する。このため、現地で工事の施工者が過酸化水素を利用することは極めて困難である。一方、過

酸化水素が3%程度含まれているオキシドールは消毒薬として広く利用されており、薬局等で容易に入手可能である。

オキシドールは過酸化水素ほどではないが、ASSに含まれる易酸化性硫黄を強制酸化する能力があると考えられる。そこで、オキシドールのASSに対する酸化剤としての利用可能性を検討するため、その酸化能力を検討した。

3.2.2 方法

(1) 供試試料

試料は土壤に含まれる硫黄化合物が異なる海成ASSと火山性ASSの2種類である。

(2) 試験器具および試薬

器具および試薬を以下に示す。

- ・ガラス電極式pH計 (最小読取値0.1以下のもの)
- ・はかり (0.01gまで計測可能なもの)
- ・蒸留水
- ・プラボトル (容量100ml)
- ・オキシドール (日本薬局方 過酸化水素(H₂O₂)2.5~3.5w/v%含有、健栄製薬株式会社)
- ・ストップウォッチ

(3) 試験方法

供試試料をオキシドールで強制酸化させる試験と、対照として蒸留水を使用する試験を行う。

試験方法を以下に示す。

- 土壌試料を 100ml のプラボトルに 5g 入れる。
- 土液比が 1:10 となるようにオキシドールを 50ml 注いで 5 秒間攪拌する。
- プラボトルを静置し、攪拌後、10、30、60、120 分後、24 時間後に混合物の pH と液温を計測する。

3. 2. 3 結果および考察

海成、火山性とも、温度変化は、オキシドールでは攪拌から 30 分後には温度が上昇し、120 分後までに上昇ピークを迎えた。蒸留水では室温による影響以外と考えられる温度変化はなかった。pH 値は、オキシドールでは攪拌から 30 分から 120 分後まで低下が認められ、その後はほぼ一定となった。蒸留水では明確な変化は確認されなかった。試料の全硫黄含有量とオキシドールおよび蒸留水による比較試験後の溶解液の硫黄含量は、全硫黄と比較し、オキシドールによる溶解では硫黄量が海成で 80%、火山性で 30%程度に対し、蒸留水では海成、火山性とも 10%程度と低かった。硫黄の溶解比が蒸留水よりオキシドールが大きいことは、ASS に含まれる硫黄がオキシドールにより強制酸化を受け溶解したものと推察される。このことから、強制酸化剤として過酸化水素水に代えてオキシドールを使用可能であることが示唆された。

3. 3 酸化処理に必要な作業条件の検討試験¹¹⁾

3. 3. 1 目的

3. 2 の結果を受け、ASS の判別が可能なオキシドールの使用条件を決定するため、試料とオキシドールの混合割合（土液比）、これらの混合物の攪拌時間および静置時間の検討を行った。

3. 3. 2 方法

(1) 作業条件

土液比 3 条件、攪拌時間 2 条件の計 6 条件で、土液比は 1:20、1:10、1:5、攪拌時間は 10 秒、30 秒である。

(2) 供試試料

試料は道内で多く出現する海成 ASS（化石的・現世）と、それに類似する非 ASS の計 10 種類である。試験は 1 試料、1 条件につき 5 反復で実施した。

(3) 試験器具および試薬

3. 2. 2 (2) に同じ。

(4) 試験方法

- 土液比 3 条件、1:20、1:10、1:5 となるよう土壌試料をプラボトルに入れ、オキシドールを注ぐ。
- 攪拌時間 2 条件、10 秒、30 秒攪拌する。

- プラボトルを静置し、攪拌後 10、20、30、60、120 分、24、48 時間後に混合物の pH を計測する。
- 試験は恒温室で室温を 20°C に設定して実施する。

3. 3. 3 結果および考察

攪拌後の酸化反応による pH 測定値の再現性を確認するため、5 反復の試験結果から pH 測定値の変動係数を求めた。測定時間毎に算出した変動係数の平均値は 0.005 で、最も大きいものでも 0.058 と低く、いずれの条件でも再現性が高いことを確認した。土液比の 3 条件による結果に大差はなかった。また、攪拌時間の 2 条件でも差は認められなかった。このことから 6 条件の中では土液比 1:5、攪拌時間 10 秒がオキシドールの使用量が最も少なく経済的かつ効率的であった。試料と蒸留水による懸濁液の pH (H₂O) が 5.0 以上の未酸化状態の ASS（図-1 の試料 4、9）については 30 分、60 分、120 分と静置時間が長くなるほど ASS の酸化が進捗し pH が低下したが、非 ASS と同程度であった。未酸化状態の ASS を判定するためには静置時間を 120 分よりさらに長くする必要があることがわかった。

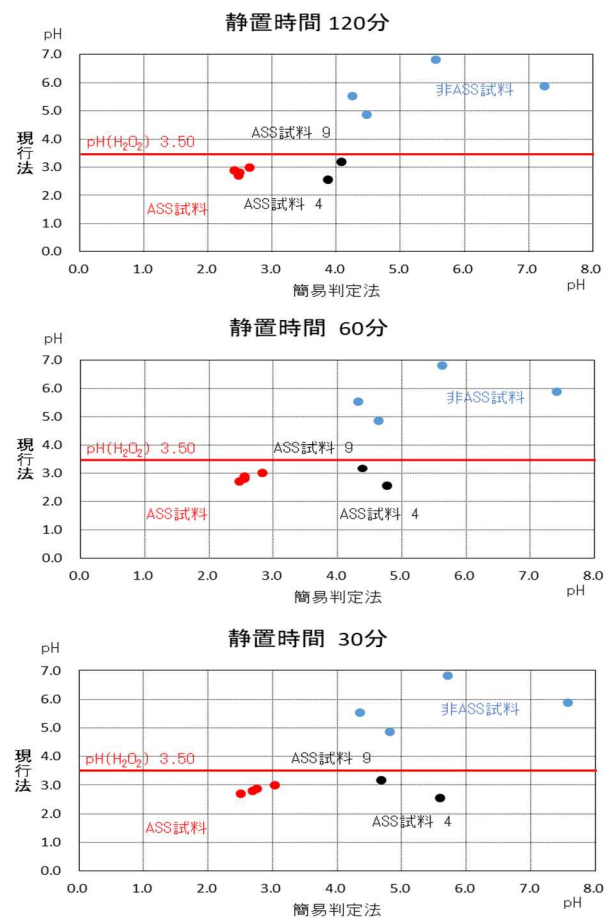


図-1 現行法での pH (H₂O) と簡易判定法による攪拌後の静置時間別での pH の対比

3. 4 乾燥試料を用いた非加熱処理試験(室内試験 1)¹²⁾

3. 4. 1 目的

3. 3 の結果を受け、土液比 1:5、攪拌時間 10 秒の条件で、より多くの試料について pH の低下の再現性を確認するため、攪拌後の静置時間について検討した。

3. 4. 2 方法

(1) 供試試料

試料は北海道内各地でこれまでに収集し、現行法により判別済みの ASS 46 試料と、ASS と類似した非 ASS 24 試料の計 70 試料である。ASS 試料は、試料と蒸留水による懸濁液の pH (H₂O) が 5.0 以上の未酸化状態のものが 15 試料、4.0 ~ 5.0 未満の弱酸化状態のものが 9 試料、4.0 未満の酸化が進行したものが 22 試料である。1 試料 3 反復で実施した。

(2) 試験器具および試薬

3. 2. 2 (2) に同じ。

(3) 試験方法

液温を 5°C、20°C、および、30°C の 3 条件に設定する。

試験方法を以下に示す。

- 土壌試料を 100ml のポリ瓶に 10g 入れる。
- 土液比が 1:5 となるようにオキシドールを 50ml 注いで 10 秒間攪拌する。
- プラボトルを静置し、攪拌後 10、20、30、60、120 分、3、4、5、6、24、48 時間後に混合物の pH を計測する。

3. 4. 3 結果および考察

液温 20°C の条件で、図-2 に示す 2 試料を除き、攪拌後の静置時間が 6 時間で pH が 3.5 以下に低下した (図-2、3、4)。この 2 試料は、48 時間経過後でも pH が 6.7 程度と低下が見られない試料 (蛇内 R1①)、pH の低下速度が遅く 24 時間後および 48 時間後でも pH が 3.7 程度の値を示す試料 (徳満 R1①) である。これらは pH の低下が遅く酸化反応に時間を要することから、土液比 1:5 では酸化剤不足が考えられ、土液比の増加と加熱による酸化反応の促進が必要であると考えられた。また、静置時間を長く取ることで低下した pH が上昇に転じる傾向は、既往文献⁴⁾でも述べられているように、可溶性カルシウム等の塩類による中和反応の結果と考えられ、必要以上に時間をかけた加熱処理や室温放置は避けるべきと考えた。

3. 5 乾燥試料を用いた加熱処理試験(室内試験 2)¹⁴⁾

3. 5. 1 目的

3. 4 では、全試料を判定することはできなかった。そのため、3. 4 の試験方法を改良し、単一の判定基準で、より迅速に判定可能とするため、土液比の増加と加熱を試みた。加温温度および時間は既往文献⁸⁾を参考にして 60°C 以上とし、工事現場での作業性を考慮して沸騰しないように 80°C、

30 分とした。また、土液比については試料の酸化を促進することが確認された 1:30 とした。

3. 5. 2 方法

(1) 供試試料

北海道内各地で収集した、現行法により判別済みの ASS 72 試料と、ASS と類似した非 ASS 57 試料の計 129 試料である。試料は風乾後、粉碎し 2mm のふるいに通した。1 試料 3 反復で実施した。

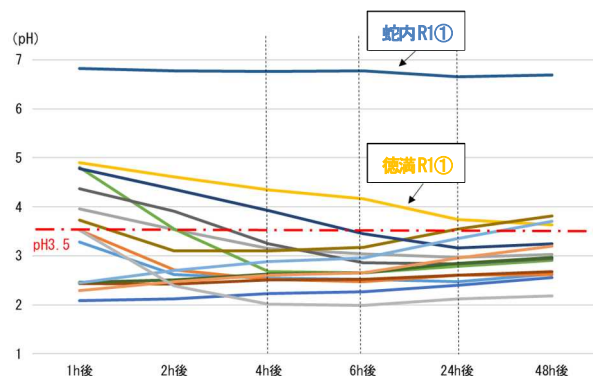


図-2 未酸化 ASS のオキシドール混合後の静置時間による pH 変化 (20°C)

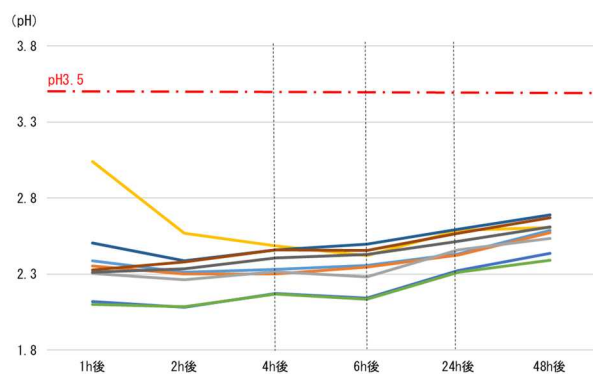


図-3 弱酸化 ASS のオキシドール混合後の静置時間による pH 変化 (20°C)

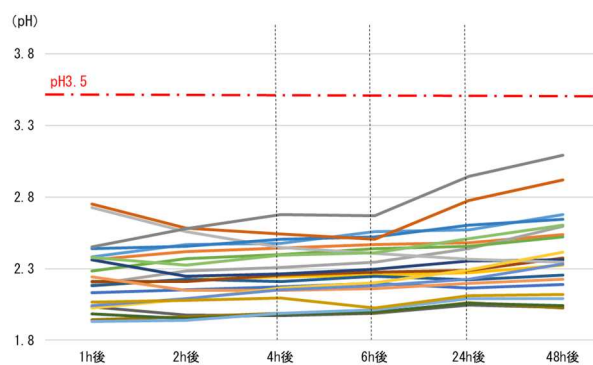


図-4 酸化 ASS のオキシドール混合後の静置時間による pH 変化 (20°C)

(2) 試験器具および試薬

器具および試薬を以下に示す。

- ・ガラス電極式 pH 計 (最小読取値 0.1 以下のもの)
- ・はかり (0.01g まで計測可能なもの)
- ・蒸留水
- ・トールビーカー (容量 500ml)
- ・オキシドール (日本薬局方 過酸化水素 (H₂O₂) 2.5～3.5w/v% 含有、健栄製薬株式会社)
- ・湯煎器具 (カセットコンロ、バット、ザル)
- ・棒状温度計
- ・ストップウォッチ

(3) 試験方法

試験方法を以下に示す。

- 土壌試料 2g をトールビーカーに入れる。
- 土液比 1:30 となるようにオキシドール 60ml を加え 10 秒攪拌する。
- 80℃ に設定した湯煎器具にトールビーカーを入れ 30 分間加熱する。
- pH の測定
加熱開始から 10、30、60、120 分後の pH を測定する。試料液をポリプロピレン試験管に 10ml 程度とり、10、30 分後は高温のため pH 計で計測可能な室温程度に冷水浴にて冷却後に計測し、1、2 時間後は放冷して常温で計測する。

3. 5. 3 結果および考察

オキシドールを強制酸化剤として加熱した実験結果 (以下 pH(oxy 加熱) と記す) で 129 試料のうち pH(oxy 加熱) が 3.5 以下になったものは加熱開始から 10 分後に 79 試料、30 分後に 81 試料、1 時間後、2 時間後ともに 80 試料となった。なお、全試料のうち現行法で得られた pH(H₂O₂) が 3.5 以下となり ASS と判定されたもので、pH(oxy 加熱) が 3.5 を超えるものはなかった。

加熱処理における経過時間と pH の変化について、徳満 R1① および 蛇内 R1① を図-5 に示す。

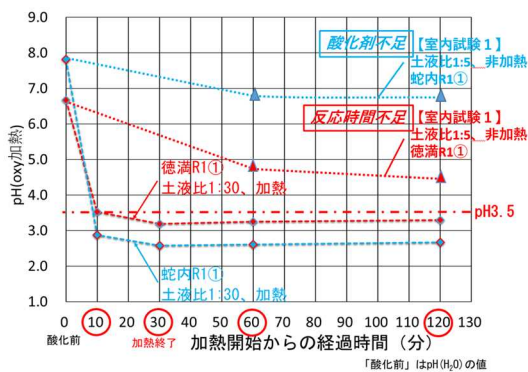


図-5 加熱処理における経過時間と pH の変化

蛇内 R1①

酸化剤不足に対して土液比を 1:30 することで、24 時間後に pH(oxy) が 3.5 以下に低下した。また、加熱処理により 10 分後に pH(oxy 加熱) 2.9 を示し、30 分以降は pH(oxy 加熱) 2.6 付近を示した。

徳満 R1①

加熱処理では 10 分後に pH(oxy 加熱) が 3.5 を超えていたが、30 分後以降は pH(oxy 加熱) が 3.5 以下で推移した。

129 試料に対する現行法による結果 pH(H₂O₂) と、加熱処理による 30 分後の pH(oxy 加熱) との関係を図-6 に示す。いずれの判定法でも ASS と判定される基準 pH3.5 以下の区域 4 に試料が含まれていないことから、ASS を非 ASS と誤判定することはない。なお、現行法で非 ASS と判定されるものを ASS と判定 (区域 1 に該当) した割合は 7.0% であった。

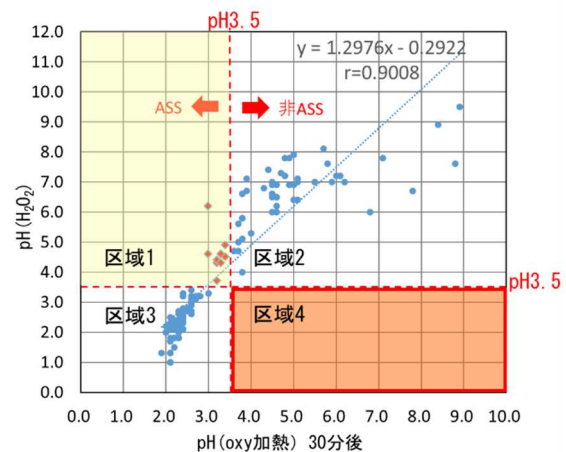


図-6 pH(H₂O₂) と pH(oxy 加熱) との関係

3. 6 現地試験¹⁶⁾

3. 6. 1 目的

3. 4 および 3. 5 では乾燥試料を用いた。しかし、実際の工事現場では掘削直後は湿潤状態である。そのため、湿潤試料においても 3. 5. 2 の判定方法が適用可能か検討した。

3. 6. 2 方法

(1) 試験地点の選定

ASS が出現する可能性がある熱水変質物 (変朽安山岩)、第四紀の堆積物、第三紀以前の泥岩、頁岩、粘板岩が分布する地域で、これまでの既往研究で過年度に試料を採取した地点から、試験地点を選定した。

(2) 試験地点の概要

試験地点は、7 市町村である (図-7)。各地点の地質は、既往の地質調査結果¹⁵⁾によると表-3 のとおりである。



図-7 現地試験地点

表-3 試験地点の概要

試験地点	地質年代		層名	岩種	状態	採取試料名
	紀	世				
木古内町	新第三紀	中新世	木古内層	頁岩ASS	露頭	ki-1
天塩町	新第三紀	中新世	遠別層	泥岩ASS	露頭	te-1、te-2
稚内市	新第三紀	中新世	稚内層	頁岩	露頭	wa-1
豊富町	新第三紀	中新世	稚内層	泥岩ASS	露頭	to-1
札幌市	新第三紀	中新世	豊羽層	変朽安山岩ASS	露頭	sa-1
島牧村	先第三紀	-	砂質粘板岩層	粘板岩ASS	露頭	si-1
上富良野町	第四紀	完新世	十勝岳大正泥流堆積物	火山性泥流ASS	民家地先	ka-1

ASS：酸性硫酸塩土壌

(3) 試料の採取および作成

上記7地点8カ所において、スコップおよび電動振動ドリルを用いて未風化の試料を採取した。試料片をライト付キルーペで観察し、パイライトの存在を確認した。採取した湿潤状態の試料はハンマーとスコップを用いて2mm程度に粉碎調製し試料とした。は1試料3反復で実施した。

(4) 試験器具および試薬

器具および試薬を以下に示す。

- ・pH計（ペンタイプ）（アズワンAS600）
- ・はかり（0.01gまで計測可能なもの）
- ・蒸留水
- ・トルビーカー（容量500ml）
- ・オキシドール（日本薬局方 過酸化水素（H₂O₂）2.5～3.5w/v%含有、健栄製薬株式会社）
- ・湯煎器具（カセットコンロ、バット、ザル）
- ・棒状温度計
- ・ストップウォッチ

(5) 試験方法

3.5.2に同じ。

3.3.6 結果

現地試験の結果を図-8に示す。7地点8試料のうちpH(oxy加熱)が3.5以下となったものは加熱開始から10分後に6試料、30分後に7試料、1時間後、2時間後ともに6試料となった。wa-1のpH(oxy加熱)は加熱開始から

10分後には4.7まで低下したが、30分後4.9から2時間後5.2まで、時間の経過とともに上昇した。to-1のpH(oxy加熱)は加熱開始から30分後に3.5まで低下したが、1時間以降は3.7と上昇し、ASSの判定基準を上回った。このように、to-1を除き室内試験結果(図-9)と同じ判定結果となった。to-1の試験結果について、簡易判定法pH(oxy加熱)と現行法pH(H₂O)、現地試験(湿潤試料)と室内試験2(乾燥試料)から整理したものを表-4に示す。3.5では、供試した129試料のうち約7%の試料について、現行法で非ASSと判定されたものを、簡易判定法でASSと判定しており、to-1の室内試験結果はこれに該当する。現地試験では簡易判定法のpH(oxy加熱)は、30分後に3.5を示しASSと判定され、現行法の判定と異なるが、1時間経過以降では3.7を示し非ASSと判定され、現行法の判定と同じとなった。

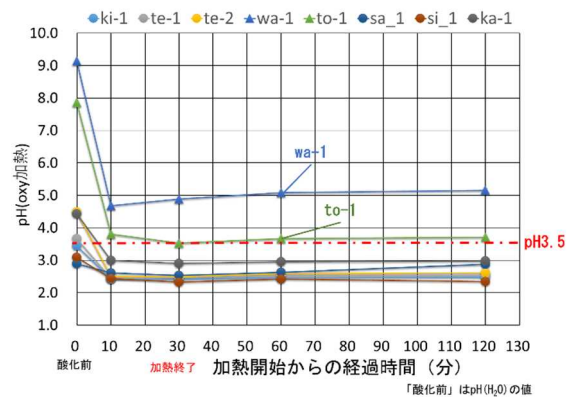


図-8 現地試験における経過時間とpHの変化

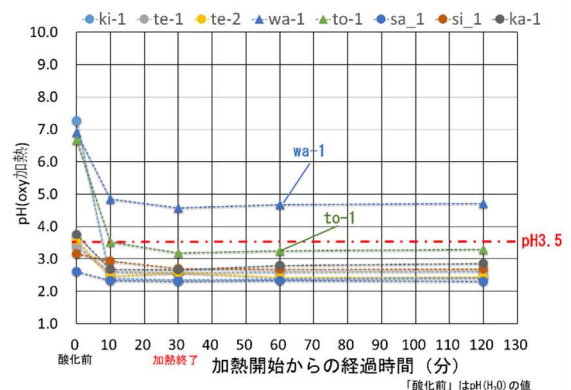


図-9 室内試験2における経過時間とpHの変化

表-4 to-1の試験結果

	簡易判定法			現行法
	pH (oxy加熱)			pH (H ₂ O ₂)
	30分後	1時間後	2時間後	
現地試験 (湿潤試料) 判定	3.5 ASS	3.7 非ASS	3.7 非ASS	3.7 非ASS
室内試験2 (乾燥試料) 判定	3.2 ASS	3.3 ASS	3.3 ASS	3.7 非ASS

3.7 総合考察

3.5において土液比の増加と、加熱処理することでASSを見逃さずに判定することができた。現行法のpH(H₂O₂)と簡易判定法のpH(oxy加熱)に相関関係が(相関係数r=0.9)が得られたことから、土液比の増と加熱処理が有効であった。

湿潤試料を用いた現地試験では、北海道内の海成、火山性のASSが確認されている各地質区分の代表地点として選定した7地点8試料において、工事現場における掘削直後の試料でもこの判定方法が適用可能か検討した結果、室内試験と同様の結果が得られた。乾燥試料と湿潤試料の違いについては、含水比以外に大きな違いはなく、自然含水比でも大きな影響はないと思われる。

以上のことから、劇物である過酸化水素水 (H₂O₂ 30%) に代えてオキシドールを強制酸化剤として使用し、土液比1:30、攪拌時間10秒、80℃の湯浴で30分間加熱し、加熱終了後1.5時間以内にpHを計測し、3.5以下であればASSを見逃すことなく迅速に判定することが可能であった。

これまでの成果から、以下にASSの簡易判定法(案)の作業フローを提案する(図-10)。

3.8 成果の活用面と留意点

オキシドールを使用した加熱処理によるこの簡易判定法では、工事現場においてpH測定値のみで迅速かつ簡便にASSの有無を判定可能である。この結果、非ASSと判定された場合には次の工程に進むことができ、工事の円滑な進捗に資するものとする。ただし、この簡易判定法では現行法で非ASSと判定したものをASSと判定するものを7%程度含むことから、硫黄含量と合わせて詳細な判定が必要な場合には、現行法による分析で判定する必要がある。

4. まとめ

北海道に分布するASSを集めて簡易判定法の確立を目指して試験を行った。

- ① 現行法によるASSの性状把握および分類・評価
北海道に分布するASSを集めて各地質区分のASSに

ついて、現行法により分類・評価を行った。ASSは非ASSに比べて硫黄含量が多いが、非ASSでも硫黄含量が多いものもある。この場合、塩基含量が多く中和されているため、非ASSとなっていることがわかった。いずれの地質区分でもASSの分布は局所的であり、酸性硫酸塩土壌と疑われる土壌が露出した場合、その地点を含め、周辺のいくつかの地点から複数の試料を採取して分析・評価する必要があることがわかった。

② ASSの簡易判定法の確立

北海道で確認されている海成および火山性のASSを集めて簡易判定法の確立を目指して試験を行った。その結果、オキシドールを強制酸化剤として使用し、土液比1:30、攪拌時間10秒、80℃の湯浴で30分間加熱し、加熱終了後1.5時間以内にpHを計測し、3.5以下であればASSを見逃すことなく迅速に判定することが可能であった。

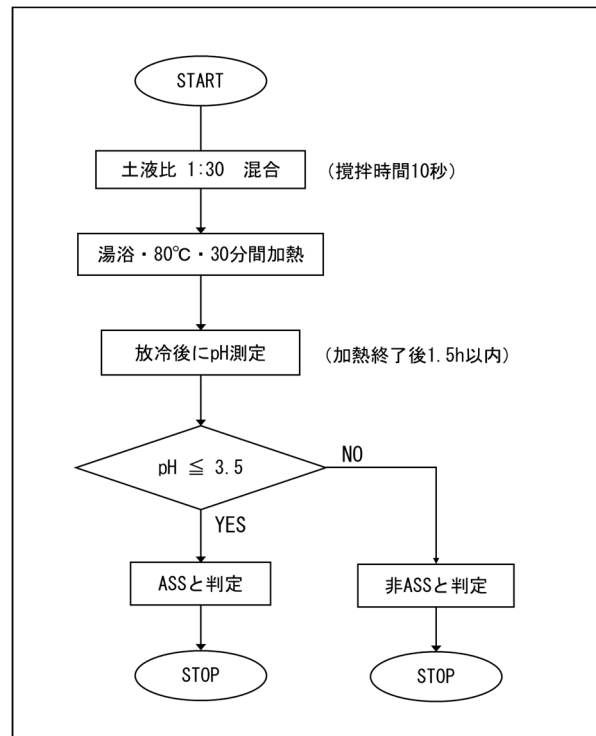


図-10 ASSの簡易判定法(案)の作業フロー

謝辞：研究を進めるにあたり、土地所有者、道路管理者、施工業者の関係各位には土壌試料の採取許可等のご協力を賜った。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 松本聰：酸性硫酸塩土壌、農業土木学会誌、第56巻、第5号、p.56、1988.

- 2) 石田哲也：北海道における酸性硫酸塩土壌の追録、第54回北海道開発技術研究発表会、環 28、2011.
- 3) 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、日本土壌肥科学雑誌、第63巻、第1号、pp. 86-90、1992.
- 4) 長谷川秀三、大津洋介、岩永安正、栗原昭司：酸性硫酸塩土壌の過酸化水素による簡易 pH 測定方法について、日本緑化工学会誌、第20巻、第2号、pp. 18-24、1994.
- 5) 地方独立行政法人北海道立総合研究機構農業研究本部：土壌・作物栄養診断のための分析法 2012、pp. 108-112、2012.
- 6) 社団法人地盤工学会：地盤材料試験の方法と解説 一二分冊の1一、pp. 314-315、2009.
- 7) 土壌環境分析法編集委員会：土壌環境分析法、株式会社博友社、pp. 297-301、1997.
- 8) 公益社団法人地盤工学会：新規制定地盤工学会基準・同解説 過酸化水素水による土及び岩石の酸性化可能性試験方法 (JGS 0271-2016)、pp. 1-9、2017.
- 9) 川崎弘：わが国の酸性硫酸塩土壌の分布と対策、農業技術、44(9)、pp. 409-414、1989.
- 10) 山本弘樹、横濱充宏：酸性硫酸塩土壌の簡易判定法の可能性について、平成30年度農業農村工学会京都大会、2018.
- 11) 山本弘樹、横濱充宏：酸性硫酸塩土壌の簡易判定法の作業条件、令和元年度農業農村工学会東京大会、2019.
- 12) 山本弘樹、横濱充宏、田中稔：酸性硫酸塩土壌の簡易判定法において酸化処理に必要な静置時間、第63回北海道開発技術研究発表会、環 18、2020.
- 13) 田中稔、横濱充宏、中谷壮範：酸性硫酸塩土壌の簡易判定法の検討 酸化による pH 低下に対する Ca 含有量の影響、寒地土木研究所月報、No. 819、pp. 29-34、2021.
- 14) 中谷壮範、横濱充宏、酒井美樹：酸性硫酸塩土壌の簡易判定法の検討 一加熱による判定精度の向上一、第65回北海道開発技術研究発表会、環 21、2022.
- 15) 横濱充宏、山本弘樹、田中稔：難風化酸性硫酸塩土壌の判別法確立に向けた検討、寒地土木研究所月報、No. 805、pp. 43-47、2020.
- 16) 中谷壮範、横濱充宏、酒井美樹：酸性硫酸塩土壌の簡易判定法の検討 一掘削直後の湿潤試料による現地試験への適用性について一、寒地土木研究所月報、No. 831、pp. 41-44、2022.

RESEARCH ON ESTABLISHMENT OF SIMPLE DETERMINATION METHOD FOR ACID SULFATE SOIL

Research Period: FY2017-2021

Research Team: Rural Resources Conservation Research Team

Author: NAKATANI Takenori

MATSUDA Toshiyuki

YOKOHAMA Mitsuhiro

SAKAI Miki

YOKOKAWA Hironobu

YAMAMOTO Hiroki

TANAKA Minoru

Abstract: Acid sulfate soils may appear during excavation for road construction and agricultural land development. Acid sulfate soils contain high concentrations of sulfur and sulfur compounds (mainly pyrite (FeS_2)), which produce sulfuric acid when oxidized. Therefore, contact with acid sulfate soils causes corrosion and deterioration of steel products and concrete, as well as growth disturbance to crops and plants. Acid sulfate soils in an unoxidized state immediately after excavation are often found to be neutral, so the fact that they are acid sulfate soils may be overlooked, and the aforementioned damage may occur later, making them soils that require attention during construction. The purpose of this study was to establish a method to quickly and easily determine the presence or absence of acid sulfate soil at construction sites in order to contribute to the smooth promotion of construction work.

① Identification, classification, and evaluation of acid sulfate soils using the current method

Acid sulfate soils were found to have higher sulfur content than non-acid sulfate soils. The distribution of acid sulfate soils is localized, so when soil suspected of being acid sulfate soil is exposed, it is necessary to collect multiple samples from several points in the vicinity, including the point where the soil was exposed, for analysis and evaluation.

② Establishment of a simple determination method for acid sulfate soils

Instead of hydrogen peroxide water (H_2O_2 30%), which is a deleterious substance, oxidol (H_2O_2 3%), which is readily available on the market, was used as a forced oxidant, and the mixture was stirred for 10 seconds at a mixing ratio of 1:30 between the sample and oxidol, heated in a 80°C water bath for 30 minutes, and pH was measured within 1.5 hours after the heating was completed. The pH was measured within 1.5 hours after the end of heating, and it was confirmed that acid sulfate soils could be determined quickly without missing any acid sulfate soils. Based on these results, a simple determination method for acid sulfate soil was established.

Keywords: Acid sulfate soil, Pyrite, Hydrogen peroxide, Oxidol, Simple determination method, Heat treatment