

造成による硫酸塩地盤の出現について

(株)シーティーアイ新技術	正会員	佐藤 俊幸
九州大学大学院	フェロー	松下 博通
同 上	学正員	榎本 真
同 上	正会員	鶴田 浩章

1. はじめに

構造物の基礎コンクリートを劣化崩壊させる硫酸塩を含む地層が、九州を始めとする日本各地に分布していることが知られている。元来、硫酸塩地盤は一つの地層として存在し、低平地の場合、地質年代の新生代第四紀完新世の地層、台地の場合が第四紀更新世の地層そして丘陵地や山地の場合が第三紀以降の古い地層からなっており、当然、古い地層ほど硬く、新しい地層ほど軟らかいため、低平地や台地の造成利用が進んでいるのが現状である。これらの地層は、硫化物を含み、造成などの土工により露出した結果、酸化して硫酸を生成し、強酸性硫酸塩地盤となる。このことは、従来、生ばたによる造成地における住宅コンクリート基礎の劣化崩壊事例により報告されており、高濃度の硫酸塩地盤であることが指摘されている。本研究では、宅地や農地造成により新しく地表に出現した地盤が、酸性硫酸塩土壌となった事例から、その地層区分、分布および硫酸塩の濃度を提示し、基礎コンクリートの劣化対象となる地域について考察をおこなったので、ここに報告する。

2. 硫酸塩について

地層あるいは岩石を土として取扱うには、ある程度の前提が必要であり、ここに、地表に現われた極く表層の部分（深くても50cm程度まで）とした場合が農学で用いる土壌であり、分布する深さに関係なく未だ固結していない新しい堆積物とした場合が工学で用いる土質であると仮定すると、土壌は、水没した水田を除けばすべて酸化状態にあり、土質は、地表水、地下水による影響や粒径による水の通り易さなどの尺度から酸化および還元状態となる。一般に、土に含有される塩類は、主に塩化物、硫酸塩および炭酸塩であるが、塩化物はその大部分が可溶性であり、容易に水に溶け、土中水にイオン状態で保たれている。硫酸塩は、陰イオンである SO_4^{2-} がCa,Mg,K,Na,Al,Feなどの陽イオンと結合して形成されているが、水があれば解離しやすい傾向を有している。一方、炭酸塩は、陰イオンである CO_3^{2-} が同様の陽イオンと結合して形成され、難溶性を示す。このため、硫酸塩は、土に含まれる塩類のうちで最も水による影響を受けやすく、硫酸イオンの動きを複雑にしている。なお、土に含まれる硫化物の酸化により生成される硫酸（イオン）は、土中水のpHの変動に大きく加担していることも留意しなければならない。

3. 造成による酸性硫酸塩土壌の生成

農学（土壌学）の分野では、土に含まれる硫化物の一種である黄鉄鉱が酸化されて硫酸が生成し、酸性土壌となることが比較的早くから認識されている。これは、1950年代からの大規模干拓として、秋田県の八郎潟、茨城県の霞ヶ浦、島根県の中道・宍道湖、岡山県の児島湾および熊本県の八代湾などの事例が報告されていることによるもので、海水起源の硫酸イオンの還元により生成された硫化鉄が干拓により空気にさらされ酸化し、干拓前に7であったpHが干拓後に4～2へと急激に低下している。対象となった土は、新生代第四紀完新世の未固結堆積物で、干拓面のごく表層（深度10～20cm程度）の試料であり、土壌中における硫酸塩（全硫酸）濃度は、7,200～51,000mg/kgを示し、このうち約30～60%が水溶性硫酸イオン濃度として分析されているため、イオンへの解離がかなり進んでいることがうかがえる。各干拓地の位置は、図-1に示す通りで、分析値を表示すると図-2に示すように生ばたの分析値に近い値であることが明らかであり、硫酸塩地盤であると考えられる。

低平地での水田整備に並行し、台地や丘陵地で大規模畑地整備としての地山改変も進展しており、同様に、酸性硫酸塩土壌となった事例が報告されている。しかし、対象となった土が、新生代第四紀更新世の未固結堆積物ではあるが、硫酸塩濃度の分析値にばらつきがある。これは、海水準の変動が激しかっ

た更新世に陸成層と海成層が混在するためと考えられ、より多くの硫酸イオンが供給された海成層に着目しなければならない。

4. 硫酸塩地盤となる地層の分布

対象となる地層は、第四紀層の場合干拓地を含む低平地海成層と判断され、図-1に示すよう、海に面した分布域として提示される。これらの地域は、農地として利用されているとともに、人口密集地に隣接しているため、多くの土木工事の対象となっている地盤である。前述したように、硫酸塩は、水に大きく左右されるため、還元状態である地下水位下に存在する時は、潜在的であるが、水位低下による酸化状態が進行すれば、強酸性化し、コンクリート構造物への侵食性が増大することとなる。

5. おわりに

造成により新しく地表に出現した地盤が、酸性硫酸塩土壌となった事例を挙げ、対象の第四紀層についても、第三紀層あるいは生ほたの造成地と同程度の硫酸塩を含んでいることが明らかとなり、硫酸塩地盤と判定された。しかし、更新世の地層については、その分析値が少なく、また、コンクリートの劣化事例も少ないことから、今後、この地域における分析と追跡調査が必要と考えられる。

参考文献・・・1) 菅伊三男・松下博通：我が国における硫酸塩地盤の分布について、自然環境とコンクリート性能に関するシンポジウム論文集、日本コンクリート工学協会 pp.147-154,1993、2) 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、3) 小林嵩：開拓地の不良土壌に関する研究、日本土壌肥科学雑誌、第22巻、第4号、pp.34-40,1952、4) 日嶽義光・他：八代干拓地土壌の性状九州農業研究、第18号、pp.1-5,1956、5) 米田茂男：干拓地土壌に関する研究(第16報)、岡山大学農学部学術報告、第17号、pp.39-46,1961、6) 村上英行：中海・宍道湖地域における酸性硫酸塩土壌の分布とその特性、日本土壌肥科学雑誌、第38巻、第4号、pp.112-116,1967、7) 川崎弘・他：阿蘇カルデラ内の酸性硫酸塩土壌、九州農業試験場報告、第18巻、第4号、pp.271-292,1976、8) 川崎弘・他：沖縄における酸性硫酸塩土壌、九州農業試験場報告、第19巻、第4号、pp.383-403,1978、9) 三浦昌司：八郎潟干拓地土壌の理化学的特性と作物生育に関する研究秋田県農業試験場研究報告第26号pp.85-111,1984、10) (株)クボタ：海成粘土と硫化物、アーバンクボタ、No.23、pp.1-56,1984、11) 川崎弘：筑後川下流域水田地帯の新設クリークの底質土、九州農業試験場報告、第25巻、第1号、pp.77-93,1988

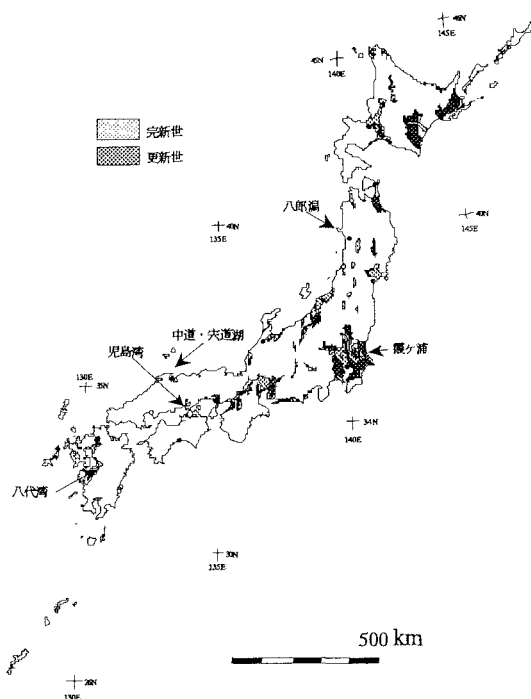


図-1 第四紀層の分布地域

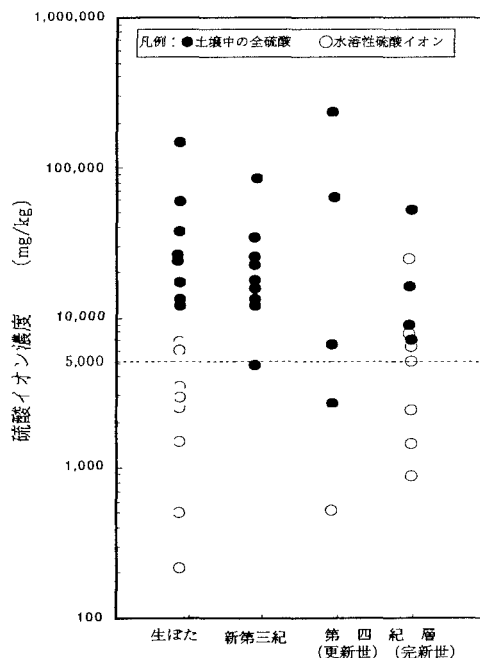


図-2 生ほたと各地層の硫酸イオン濃度