

粘土鉱物(とくにスメクタイト)について

福井県立大学 北川靖夫 (2004年1月15日)

I 粘土鉱物について

1. 粘土とは

「粘土」とは、土壌粒子(土粒子)の粒度区分において、砂礫、砂、シルト(微砂)とともに粒度の範囲を示す用語である。土壌学の分野では、国際土壌学学会法に準じて、粒径が0.002 mm (2 μ m)以下の土壌粒子を粘土と呼ぶのが一般的である。また、粒径0.0002 mm以下の画分を細粘土、それ以上を粗粘土と呼ぶ場合もある。なお、土木関係では0.005 mm以下の粒径の部分粘土と呼んでいるようである。

| 0.002 | | 0.05 | | 0.10 | 0.25 | 0.5 | 1.0 | 2.0 | |
|-------|---------|------|-----|------|------|-----|-----|---------|--------|
| 粘土 | シルト(微砂) | | 極細砂 | 細砂 | 中砂 | 粗砂 | 極粗砂 | 礫 | 米国農務省法 |
| 0.002 | | 0.02 | | 0.2 | | 2.0 | | | |
| 粘土 | シルト(微砂) | | 細砂 | | 粗砂 | | 礫 | 国際土壌学会法 | |
| 0.01 | | 0.05 | | 0.25 | | 2.0 | | | |
| 粘土 | 微砂 | | 細砂 | 粗砂 | | 礫 | | 日本農学会法 | |

粒径 (mm, 対数目盛)

図 土壌の粒度区分

2. 粘土鉱物とは

「粘土鉱物」は、粘土画分中の主成分である層状加水ケイ酸アルミニウム(またはマグネシウム)塩鉱物である。通常、1:1型鉱物(カオリナイト, ハロイサイトなど), 2:1型鉱物(雲母鉱物, パーミキュライト, スメクタイトなど), 2:1:1型鉱物(緑泥石など)に分類される。それらの化学構造は図に示す通りである。

II スメクタイトの性質と利用

1. スメクタイトの化学構造の特徴と性質

スメクタイト(モンモリロナイト)は、ケイ酸四面体層にサンドウィッチ状にアルミニウム八面体層が挟まれている構造をもった2:1型粘土鉱物である。スメクタイトの場合、アルミニウム八面体層中でアルミニウムがマグネシウムや2価鉄によって同型置換されているため、そこで負荷電が生ずる(雲母の場合は四面体層でケイ素をアルミニウムが同型置換している)。従って、結晶格子層間までの距離が遠く、中和陽イオンの保持力が弱く、層間に水が入りやすく、結果として層格子が膨張しやすくなる。またスメクタイトは、カオリナイトなどに比べて大きな陽イオン交換容量と比表面積を持っている。

2. スメクタイトの利用

スメクタイト(ベントナイト)の利用には、上述の性質が応用されている。利用方法の主なものは、バップ剤や軟膏などの医薬品、バックや口紅などの化粧品、ノンカーボン紙、ポーリングの泥水、漏水防止用資材、鑄造工業の鑄型など極めて多方面にわたっている。特に、漏水防止用の不織布などに多量に塗布されていることに注目して頂きたい。

III スメクタイトの生成について

1. 火山活動による場合を除外した地表環境下でのスメクタイトの生成

一般に、水熱作用などの火山活動に伴う作用によって、地表近くでスメクタイトが生成される場合があることは周知の事実である。本メモでは、土壌・沼沢地など常温・常圧におけるスメクタイトの生成条件について、過去の文献等を参照しながら検討する。

1) 土壌粘土鉱物生成について

松井(1)の「土壌粘土鉱物生成に関する2つのサイクル」によれば、土壌中の粘土鉱物結晶構造の骨組みとなる格子は地質学的作用で形成され、土壌中では結晶格子構造内での若干の化学変化は起こるものの、2:1型粘土鉱物(スメクタイトもこのタイプ)層間のイオン交換が主な作用である。土壌粘土鉱物の層状構造をもつ結晶格子は、母岩中の層状珪酸塩である雲母や緑泥石から引き継がれることが指摘されている(2)(3)(4)。また、堆積岩形成時の圧力などによる続成作用によって雲母や緑泥石が形成されるが、それらが地表条件下晒されると風化作用によってスメクタイト化することが指摘されている(5)。

2) スメクタイトの生成について

スメクタイトが特異的に生成する土壌の例としてポドゾル土があげられる。主として亜寒帯針葉樹林下に生成するこの土壌のE層(土層名で漂白層のこと)は、低温のため未分解の落葉から溶出される有機酸類のキレート作用によってアルミニウムや鉄が溶脱を受けて灰白化している。このE層では、粘土鉱物も変化を受け、2:1型粘土鉱物の層間もまた溶脱を受けてスメクタイト化していることが知られている((6)(7)他内外に多数の文献あり)。北欧のフィンランドにおいて、後氷期の氷河堆積物上に生成したポドゾル土のE層においてスメクタイトが生成する時間を見積もった報告がある(8)(9)。それによると、キレート作用という化学的な作用の強いと考えられるポドゾル土でさえ、スメクタイトの生成には数千年の時間が必要であることが分かる。

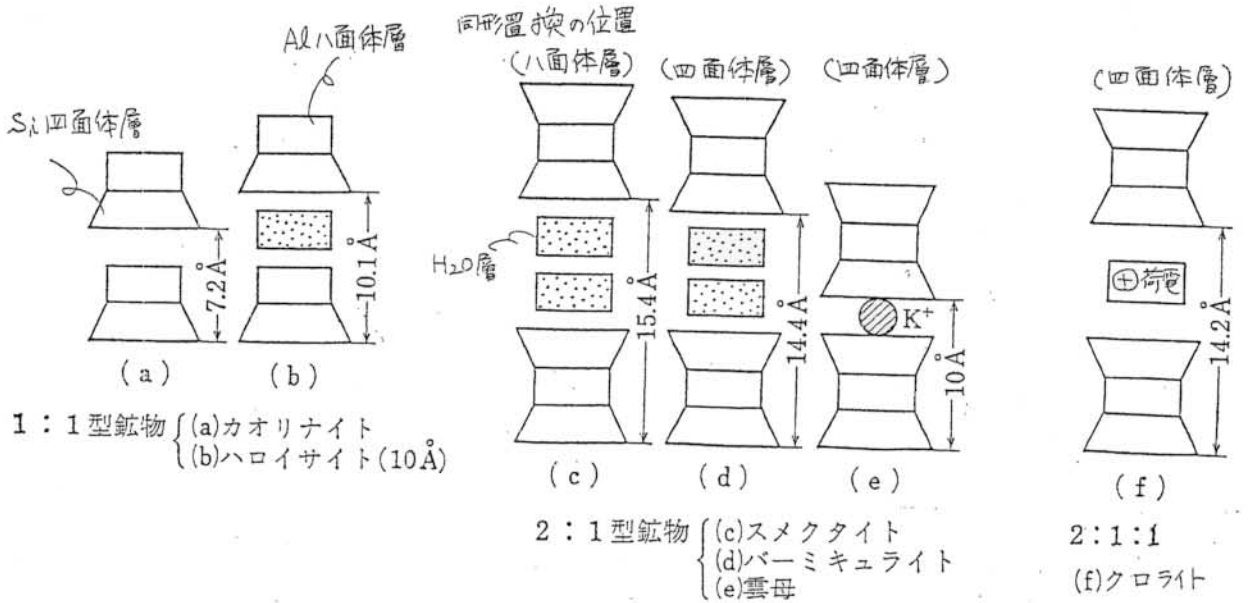
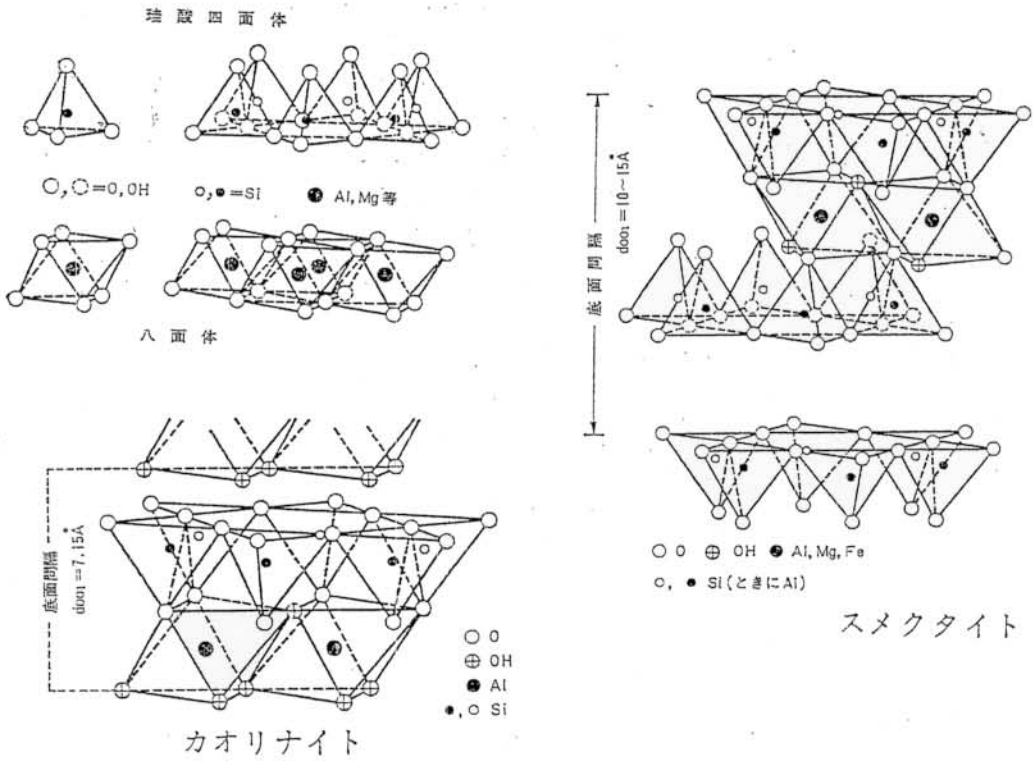
2. 黒部川水系のダム湖底におけるスメクタイト生成の可能性

黒部川水系におけるダム湖底沈砂の粘土フラクション中には、少量のスメクタイトが認められるが、出水時の濁水中にもまた同じような割合でスメクタイトが存在していた(北川ら、未発表)。このことから、スメクタイトがダム湖底で生成したのではなく、河水によって上流から運ばれてきて、沈殿したものと考えられる。低水温の黒部川の湖底環境では、化学反応がそれ程早く進行しないことが充分に考えられる。湖底よりはるかに強い生成条件にあるポドゾル土においても上述のように数千年の時間が必要である事を考えると、わずか十年程度で反応が遅い湖底でスメクタイトが新たに生成されることは、全く考えられない。むしろ琵琶湖内湖における湖底堆積物の研究例(10)が示すように、水圧や土圧による続成作用によってスメクタイトが減少し緑泥石または緑泥石/パーミキュライト中間体が増加する可能性の方が高いものと考えられる。

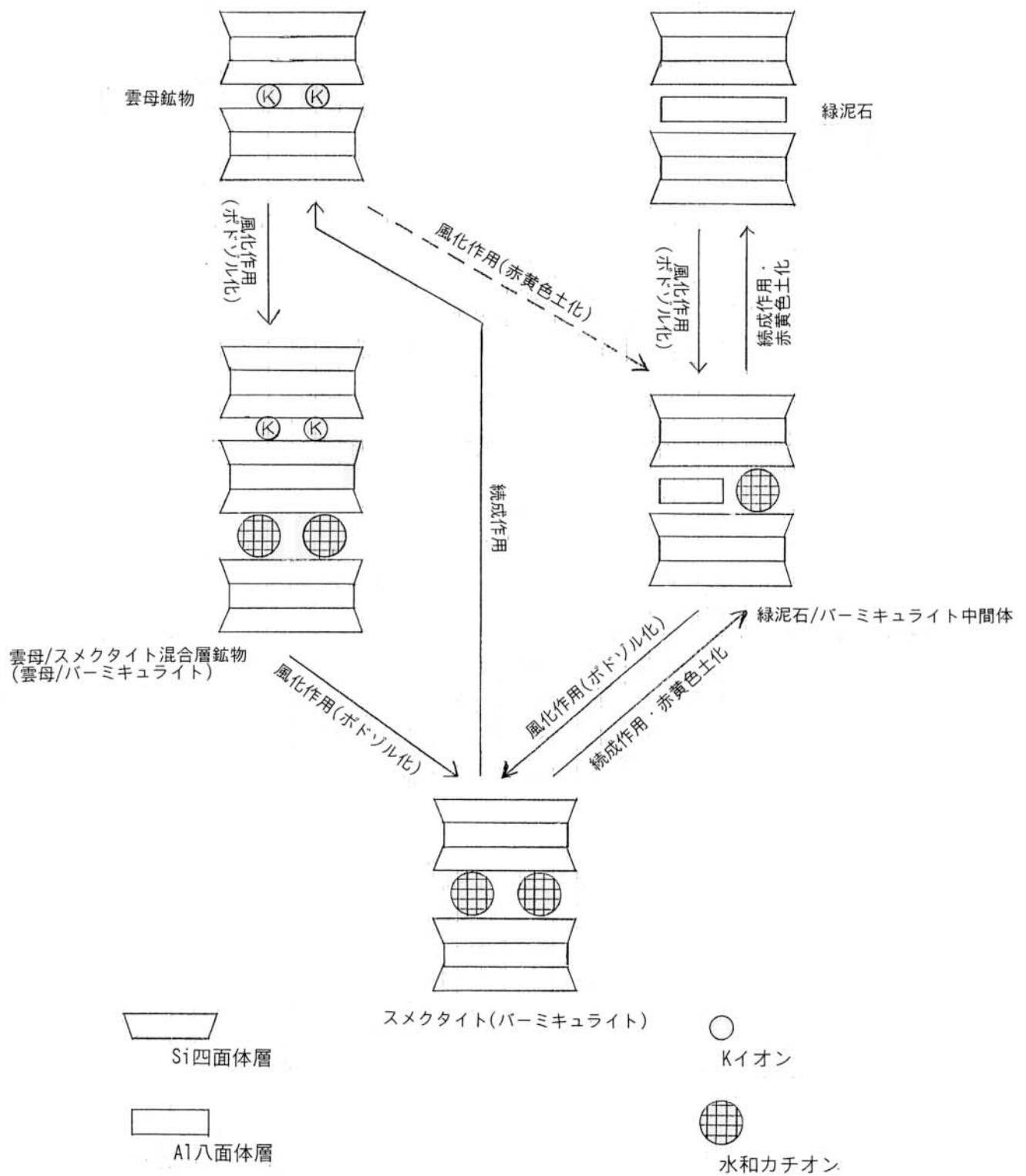
ダム湖底における微生物活動は、黒部川水系におけるダムの水温が低いことから推定すると、かなり不活発であると考えられる。北川は、第1～2回目の出し平ダムからの排砂によって黒部川や当河口沖に放出された砂泥中の腐植酸について調べた結果を、「未来への記録～巨大ダムは何を残したか～(北日本TV、2000年5月29日放映)」で報告している。それによると腐植酸は新鮮な形態であり、出し平ダム湖底の微生物活動は活発でないと考えられた。従って、低水温のダム湖底において、微生物作用による短期間でのスメクタイトの生成は起こりえないと考えられる。事実、そのような条件下でスメクタイトが微生物作用によって生成するという報告は見あたらない。

引用文献

- (1) 松井 健 (1966) 粘土科学 **5**, 2-13.
- (2) Fieldes, M. and Swindale, L. D. (1954) *New Zealand J. Sci. Tech.* **B36**, 140-154.
- (3) 加藤芳朗 (1987) 粘土ハンドブック(第二版), 技報堂, 東京, 167-178.
- (4) Righi, D. and Meunier, A. (1995) *Origin and Mineralogy of Clays*, Springer, 43-161.
- (5) 青柳宏一 (1987) 粘土ハンドブック(第二版), 技報堂, 東京, 178-192.
- (6) Gjems, T. (1963) *Clay Miner. Bull.* **5**, 183-193.
- (7) Kitagawa, Y., Nagatsuka, S., Higashi, T. and Tamura, K. (2001) ペドロジスト **45**, 112-117.
- (8) Righi, D., Raisanen, M.L. and Gillot, F. (1997) *Clay Miner.* **32**, 531-544.
- (9) Gillot, F., Righi, D. and Raisanen, M. L. (2001) *Clay Miner.* **36**, 571-584.
- (10) 栗原宏彰・北川靖夫・伊丹勝彦・久馬一剛・高原 光 (2000) ペドロジスト **44**, 21-28.



層構造の模式図



2:1型粘土鉱物の変化の模式図(土壤中)