

重粘土

佐久間敏雄 = 北海道大学農学部助教授

注1 = 北海道農業試験場土性調査報告第一編，以下概説と略称．

注2 = 概説の土壌区，土壌統は，日本農学会(1925)の方法に準拠している．土壌区：同型の地形・地質・気候，同じ成因・堆積様式，酷似した表土の色・粗細・疎密及び構造・下層土の特徴をもち，作物生育も近似

重粘土とは

火山灰土壌と泥炭土壌とが古くから明確な定義をあたえられていたのに対し，重粘土にはそれがなかった．池田（1944）は「重粘土とは，堅密な土地，粘性が強い土地，粘性が強くかつ堅密な土地を総称したもの」として重粘土を間接的に規定している．すなわち，重粘土の「重粘」という言葉には，細粒質で「粘性が強い」とことと「堅密」なことがその内容として含まれていた．重粘土が土壌調査報告のなかで，その全体像を示されたのは，「北海道における農牧適地の土壌地帯概説」（瀬尾，1951．注1）においてであった．この成果は特筆すべきもので，その後の重粘土に関する研究は，すべてこれに胚胎したといっても過言ではない．しかし，この報告においても，重粘土とそうでないものを区別する基準は，明瞭な型では示されなかった．ただ，報告の内容を仔細に検討すると，当時の重粘土がどのように考えられていたかの概要を知ることができる．すなわち，概説において「重粘・堅密」と説明された土壌統(区)(注2)は，(a)細粒質(埴壤土～埴土)な母材に由来する．(b)丘陵亜系，段丘亜系に属し，低地亜系に属するものはほとんどない(注3)．(c)火山灰に由来する土壌系(又は地区)や泥炭系には，ほとんど認められない．

というように，母材および地理的分布上の特性をもつ．これらの特徴と重粘土の分布図を考えあわせて，当時の重粘土像を復元すると，「丘陵，地丘段地に分布する細粒質な非火山性鉍質土で，粘性が強くかつ堅密な土壌，あるいはそのいずれかの性質を示す土壌」ということになる．

しかしながら，粘性とか堅密度とかいう数量化しにくい性質によって重粘土を規定しているために，この重粘土像には拡大解釈や誤解を生む余地がかなり残されていた．その後の研究は，重粘土の代表的土壌とその特性について多くの知見を蓄積したが，「重粘土」の内容規定には不透明な部分が残された．一方，近年では，水田の畑地への転換が大規模におこなわれるようになり，重粘な畑土壌の改良や管理に幅広い関心ももたれるようになった．このため，「重粘土」の解釈にも一層大きな幅が生じてきている．こうした状況を考慮し，本稿では，前述した重粘土像に合致する土壌を「重粘土」とし，その特性を洗い直すことから作業を始める．

重粘土の形態的特徴

重粘土は，下層に緻密で難透水性の土層をもつために停滞水を生じやすく，これに応じているようなタイプのハイドロシークエンスが発達する．このハイドロシークエンスは，ほぼ同一の母材からなるせまい地域に，水分状況の変化に応じて多種類の土壌が規則的に分化，発達したもので，土壌の生成的特徴の比較研究に好都合である．

丘陵亜系の重粘土

丘陵亜系に属する重粘土は，新第三系の半固結堆積岩(泥岩，シルト岩)地帯に広くみられる．残積性風化殻からなるこの地域の主な土壌は，酸性褐色森林土(注4)であるが，日本海沿岸北部にはポドゾル化の傾向が顕著なものがみられ，酸性褐色森林土—ポドゾル性土—疑似グライ土を主構成メンバとするハイドロシークエンスが認められる．その代表例の1つを図1に，構成メンバの形態的特徴を表1に要約しておく．この地域の酸性褐色森林土は，A層，B層ともに薄い．また多少ともポドゾル化の傾向にあるものが多く，B層に弱い三・二酸化物の集積をとまうものが多い．基岩は，珪藻土質のシルト岩で粗孔隙が多く高い透水性を示すが，B層は多少とも緻密化しており，小～中垂角塊状構造が優占し透水性が低い(地点1)．ポドゾル性土は，浅い窪地状の部分にみられ，通常， $A_1/A_2/B_2(t)_{hir}/B/C/C$ の層序を示す．A1層は腐植集積量が多く，しばしば15～20cmに達する．その $B_2(t)_{hir}$ 層は，暗褐色ないし暗橙褐色を呈し，酸性褐色森林土のB層よりさらに緻密化しており，透水性も低い(地点2)． $B_2(t)_{hir}$ 層の透水性の低下は，この層の発達程度と密接な関係にあり，これが良く発達して難透水性になった部分には， $A_1/A_{2g}/B_2(t)_{hir}/Bt/C$ のような層序を示すグライポドゾル様の土壌がみられる．

地形的条件によって，さらに湿潤化しやすい鞍部や斜面下部には，B層にも弱いグライ化が及び， $A_1/A_{2g}/B_{2g}(t)/Cg$ の層序を示す疑似グライ土が出現する(地点3)．このカテナの疑似グライ土は，20cm以上の厚いA1層，厚く緻密・堅硬な A_{2g} ， B_{2g} によって特徴づけられる暗色表層疑似グライ土である．

図1にみるように，丘陵亜系に属する地域では浅層にグライ層をもち，あるいは表層に泥炭層を伴う土壌は認められない．これには，大規模

な低平地がないという地形的条件と，基盤地層が多孔質で，高い透水性をもつことが関係している．なお，このカテナのポドゾルと類似した腐植の溶脱とその B_2 ， B/C 層への沈積が著しいポドゾル性土は，類似の母材に由来する日本海沿岸の丘陵地域に広く認められ，丘陵亜系の重粘土の重要な一員になっている．

段丘亜系の重粘土—1

段丘亜系に属する重粘土は，海岸に発達した洪積世の海成段丘に広く分布している．図2に示したのはその代表例である．このハイドロシークエンスは，酸性褐色森林土(典型的，暗色表層)，疑似グライ土(典型的，褐色土性，暗色表層)，グライ台地土，泥炭土(低位泥炭土)からなり，グライ台地土には，厚さ20cm以下の泥炭質の表層(低位泥炭土)をもつものと，そうでないものがある．このように，小規模な凹地にも泥炭土や泥炭表層のグライ台地土が出現するのは，オホーツク海沿岸北部のハイドロシークエンスの特徴である．主要構成メンバの形態的特徴は，表2のように要約できる．

段丘亜系の重粘土 - 2

図2と類似のハイドロカテナは，日本海沿岸北部の海成段丘，石狩川・天塩川流域の河成段丘にも認められるが，泥炭土や泥炭表層のグライ台地土を構成メンバとして含む例は稀である．図3は，天塩川沿岸の低台地～丘陵地でみられたハイドロシークエンスの1例である．この地域には，集塊岩に由来する赤色風化殻が広く分布し，これを母材とする酸性褐色森林土が主要自生土壌の1つになっている．土別北部のハイドロシークエンスは，これを構成メンバの一員として含む例で，酸性褐色森林土(典型的，赤色風化殻母材)，疑似グライ土(褐色土性，典型的)およびグライ台地土から成る．主要構成メンバの形態的特徴は表3に要約した．赤色風化殻に由来する酸性褐色森林土は，各地の高位段丘とその背後に展開する山麓緩斜面にも認められる．赤色土化の過程で粘土富化が進行しているため，重粘土の主要な構成員になっている．以上，段丘地の2つのハイドロシークエンスの事例から明かなように，段丘地の重粘土はきわめて変化に富み，堅密なもの，強粘性を呈するもの，堅密でかつ粘性の強いものなど，いずれも含んでいる．疑似グライ土はこの最たるもので，堅密なCg層によって特徴づけられる．より湿潤な環境下で発達するグライ台地土は，

した区域・土壌統：同型の地形・地質、類似の成因・堆積様式・表下層土の特徴をもち、または漸化する2つ以上の土壌区を合せた区域。

注3 = 概説においては、北海道の農牧適地の土壌地域は、日本海側、太平洋側、オホーツク海側の3地域、25系(7火山灰系、6泥炭系を含む)、4亜系(丘陵・

段丘、平野、低地)にわけて説明された。
丘陵亜系は傾斜地および波状地を含む丘状の山地帯を、段丘亜系は洪積世の堆積物からなる階段状に発達した地帯を意味する。
注4 = 以下、土壌の分類、命名法は原則として「北海道の農牧地土壌分類第2次案(第2次案と略称)に準

拠する。分類上の問題点は別に論ずる。
注5 = 干拓地土壌では、これを物理的熟成と呼び、土壌生成の第1段階と考えている。
注6 = カベ状構造ともいう。微小な粒子または粒団が均一に集合して土層を形成しており、掘りあげても特定の形に碎けない。

「強粘性」が強調される傾向にあり、より乾燥した条件下で生成する酸性褐色森林土では、「堅い」ほうの性質が強調されることが多い。

重粘土の物理的性質

—重粘性を生む特異な土壌構造—

土壌が湿ったときに強い粘性や可塑性を示し、乾くと著しく硬化する現象は、構成粒子に微細なものが多くときにみられる。図4は重粘土B~C層の機械組成を調べた結果を整理したものである。重粘土の土性は、壤土から重粘土の広い範囲にわたっている。たしかに、重粘土、軽粘土に分類されるものが多いのは事実であるが、重粘土=重粘土の図式は明かに成り立たない。

図5は三相分布の散布図である。重粘土は、固相率25 vol %以上、気相率おおむね20 vol %以下の範囲に含まれるが、母材・生成層位による変動がかなり大きい。段丘亜系に属する重粘土のB、Bg、Cg層などは、固相率25~72 vol %、気相率10 vol %以下の範囲にあるが、固相率の分布幅はかなり広い。すなわち、重粘土のなかには、緻密度がかなり低いものも含まれているのである。

これは、重粘土が「堅密」と「強粘性」という2つの性質によって識別されてきたことによる。段丘亜系の重粘土は、もともと水中で淘汰・再堆積した母材から発達したものであるから、脱水・圧密(注5)が進みにくい条件下では、固相

率は高くない。図6は段丘堆積物(凝灰質粘土)を母材とした重粘土の下層土について、脱水の程度を示す指標w(径20μ以下の粒子100g当たりの最大含水量)と固相率の関係を整理したものである。

集計された範囲で、wは20~90%、V_sは30~70 vol %の範囲を変化しているが、g-G層(簡単化のためB、Cの記号は省略した)については、wの減少につれてV_sは漸増する傾向が明瞭であり、g層とG層はw-V_s曲線からみれば一連のものと考えてよさそうである。すなわち、この図においてw=大、V_s=小の領域は、干拓地土壌のような飽水した「強粘性」の状態に、逆の領域は乾燥して「堅密」な状態に対応し、この間に物理的な不連続はない。これは、微小な粘土、シルト質粒団が均一に集合してできる泥状構造(注6)の土層に特有なものと考えられ、粘土・シルト含量と保水性・緻密度が相互に密接な関係にある。ことを示している。こうした関係は、図のB~C層の例にみられるように多孔質な粗粒団が良く発達した土層にはみられない性質である。

重粘土のBg~C G層のpF-水分分布曲線は、低pF領域の水分(粗孔隙)が少なく、高pF側(pF>3.5)にやや明瞭な高まりをもつことを特徴とする(図7の青色の曲線)。これに対して、多孔質な粗粒団がよく発達した表層土やローム質火山灰土などは、全孔隙量が多いだけで

なく、低pF領域にも多量の孔隙をもつ複雑な孔隙分布を示す(図7の赤色の曲線)。

pF 3.5程度以上に相当する微細な孔隙は、水を保持する力が大きいので、よほど激しい乾燥に見舞われないが、水で充満された状態におかれる。したがって、図7の青色の曲線のようなpF-水分分布曲線をもつ下層土は、水を収容する余力が小さく、少量の水でも飽水して強粘性を呈し、これが失なわれると容易に堅密な状態になる。

さらに、土層中における水や空気の速い移動は、粗大孔隙を媒介しておこるので、粗孔隙の絶対量が少ない土層は、透水性や通気性が低下しやすく、少量の降雨によっても停滞水を生じたり、還元状態に陥入ったりしやすい。これらの条件は、下層土における多孔質な粗粒団の発達を阻害し、泥状構造やその脱水によってできる緻密な板状、柱状あるいは塊状構造を温存する原因になる。

以上のように、重粘土の「堅密」、「強粘性」あるいは「堅密でかつ粘性強い」といった表面に現われた性質は、実は、細粒質で粗孔隙の少ない特異な粒子及び孔隙の配列様式、すなわち土壌構造に根ざしているのである。

粘団内部の微細構造

粒団内部の微細構造は、土塊を樹脂等で固定したのち、岩石と同様に薄片を作成して顕微鏡観察する。写真1~8は、図3に示した天塩川沿

図4 - オホーツク海沿岸台地の重粘土の粒径組成

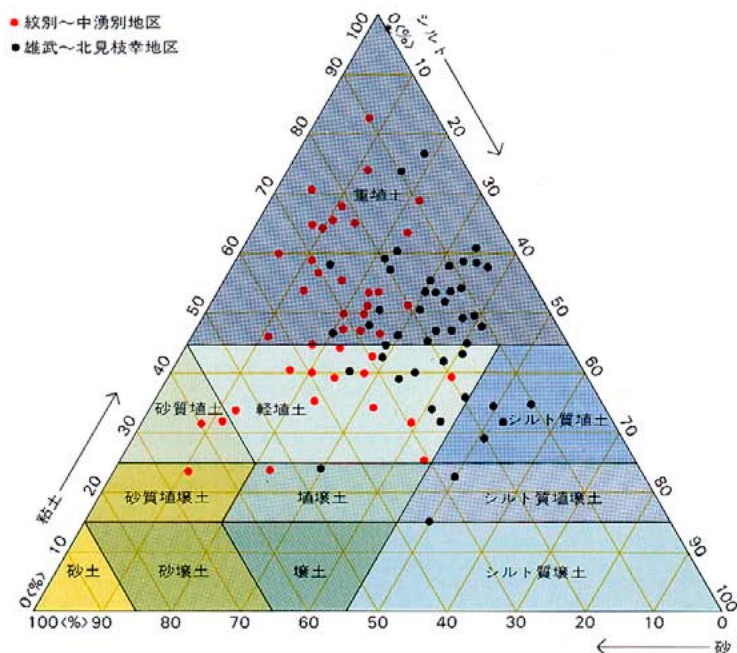


図5 - 重粘土と火山灰土壌の三相分布の比較

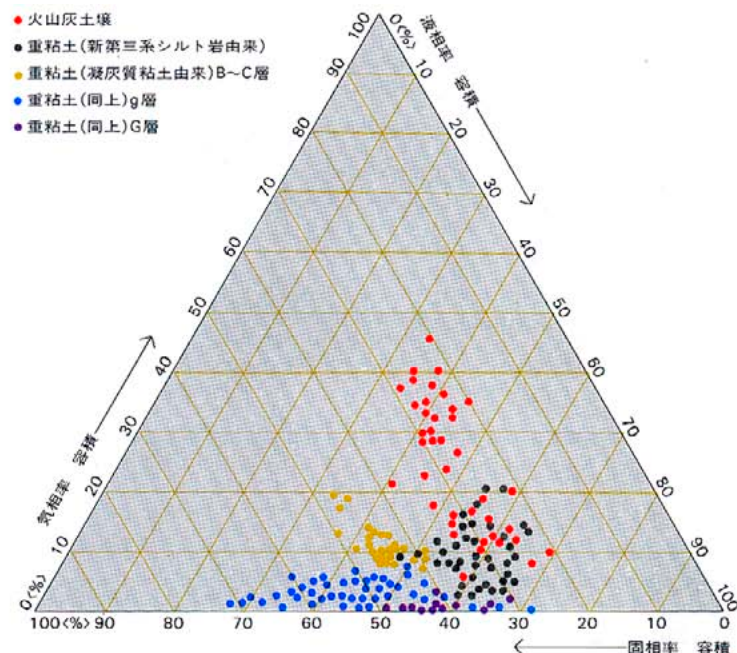


図1 - 天塩町北部丘陵地のハイドロシーケンス断面図
 <佐久間, 1971より簡略化>

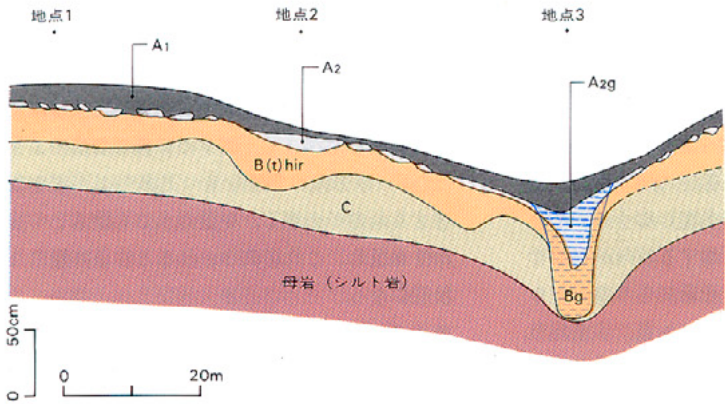


表1 - 同上のハイドロシーケンス構成メンバの形態的特徴

地点	地点1	地点2	地点3
土壌型	酸性褐色森林土 (ポドゾル性)	ポドゾル性土 (腐植質)	疑似グライ土 (ポドゾル性)
断面構成	0cm・ A0 A1 A1+2 B(t)ir B3C C 100・	0cm・ A0 A11 A12 A2 B(t)hir B(t)ir C 100・	0cm・ A0 A11 A12 A2g Btg Cg 100・
腐植	陸成 (モダー, L/(F)/H)	陸成 (モル, L/F/H)	陸成 (モル, L/F/H)
構造	A1=発達中度の屑粒状 B(t)ir=発達の良い中垂角塊状 C=発達の良い大角塊状	A1=発達の良い屑粒～小粒状 A2=発達の悪い薄板状～無構造 B(t)hir=発達の良い小～中垂角塊状 C=発達よい大角塊状	A1=発達の良い屑粒状 A2g=発達の悪い大角柱状～無構造 Btg=発達の良い中～大角塊状 Cg=発達の良い中～大角塊状
構造面沈積物	B(t)ir=厚い連続した黒褐色(10YR ² / ₂)の被膜 B3～C=薄い連続的～部分的な褐色(10YR ⁵ / ₂)～灰黄色(2.5Y ⁵ / ₂ ～ ⁶ / ₂)の被膜	B(t)hir=厚い連続した褐色(10YR ⁴ / ₂)～黒褐色(10YR ³ / ₂)の被膜 C=薄い部分的な褐色(10YR ⁵ / ₂)の被膜	A2g=厚い連続的な黒～黒褐色(10YR ³ / ₂ ～ ⁴ / ₂)の被膜 Btg=薄い連続的な褐色(10YR ⁵ / ₂ ～ ⁶ / ₂)の被膜
斑紋・グライ		B(t)hir下部=被膜内側に灰白色(5Y ³ / ₂)～黄灰色(5Y ⁵ / ₂)の小斑紋群	Btg=にぶい黄橙色(10YR ⁶ / ₂ ～ ⁷ / ₂)とグライ斑(2.5Y ³ / ₂ ～ ⁴ / ₂)の流理状 A2gの一部に小斑紋
滞水層, 難透水層		B(t)hir=難透水性化, 一部にA2層の湿性化が著しいものあり。	0.5～1m 難透水性

<佐久間, 1971より要約>

図2 - 雄武町中部, 中位段丘のハイドロシーケンス断面図
 <佐久間, 1971より簡略化>

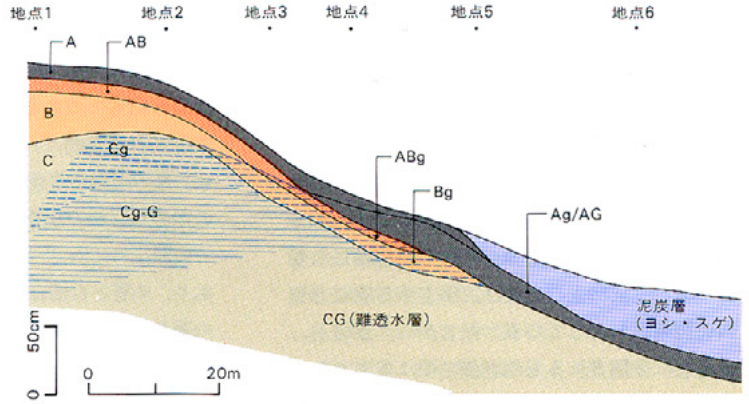


表2 - 同上のハイドロシーケンス構成メンバの形態的特徴

地点	地点1, 2	地点3, 4	地点5, 6
土壌型	酸性褐色森林土	疑似グライ土	停滞水グライ土, 泥炭質グライ土
断面構成	0cm・ A1 A3 B11 B12 B3C C 100・	0cm・ A1 A3 Bg C1G C2G 100・	0cm・ A0 AG C1G C2G 100・
腐植	陸成 (L/(F)/H)	陸成 (L/F/H)	半陸成 (泥炭・ヨシ・スゲ・木)
構造	A1=鮮明な小～中粒状 B(t)=発達中程度の中垂角塊状 C=不鮮明な中～大角塊状, カベ状	A1=発達中程度の小～中屑粒状ないし小粒状 B(t)g=鮮明な大角柱状, 乾くと中～大角塊状に崩壊 Cg=不鮮明な大角柱状, 乾くと厚い板状に崩壊	AG=不鮮明な小屑粒状 BG～CG=カベ状
構造面沈積物	レンベ化重型のみ	B(t)g=縦方向に発達した構造面に薄い断続的な粘土被膜(腐食と少量の鉄水酸化物を含む) Cg=構造面全体に粘土被膜(少量の鉄水酸化物, 腐食を含む)	BG=明瞭で連続的な粘土・腐植質沈積物 CG=明瞭な粘土・腐植質の被膜
斑紋・グライ	疑似グライ性重型の断面下部	Bg=明黄褐色(10YR ⁵ / ₂ ～10YR ⁶ / ₂), 灰色～灰オリブ色(2.5Y ³ / ₂ ～5Y ⁵ / ₂)の大理石様・流理状グライ化 Cg=明黄褐色(10YR ⁶ / ₂ ～10YR ⁷ / ₂), 灰オリブ色(5Y ⁵ / ₂)の大理石様・流理状グライ化, 一部(腐朽根周辺など)に青灰色の活性グライ(5BG ⁵ / ₂)	全層グライ化 BG=灰黄～浅黄(2.5Y ⁵ / ₂ ～ ⁶ / ₂)中～大斑紋, 境界漸移, 少量の赤褐色(5YR ⁵ / ₂), 環状～小斑点状, 境界明瞭, 根管周辺に少量 BG～CG=明オリブ色(2.5GY ³ / ₂)～青灰(5BG ⁵ / ₂)の活性グライ, 全層
滞水層, 難透水層	不明瞭, 1.5～2m以下	滞水層=0.3～1.2m, 明瞭, 湧水 難透水層=0.5～1.5m, 明瞭	滞水層=0～1.5m, 明瞭 難透水層=0.5m内外, 明瞭

図3 - 土別市北部天塩川沿岸台地～丘陵地のハイドロシーケンス断面図

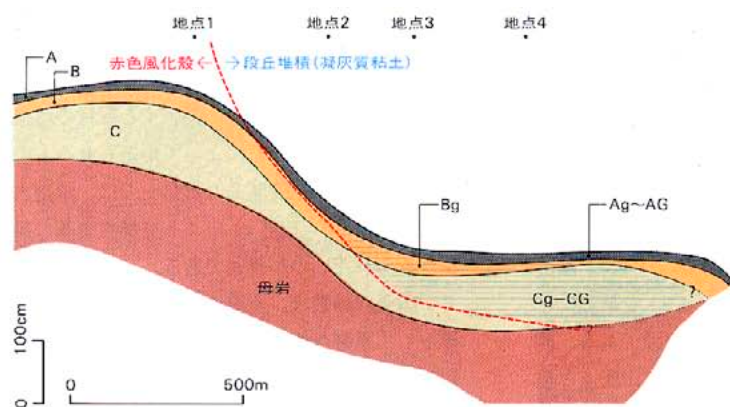
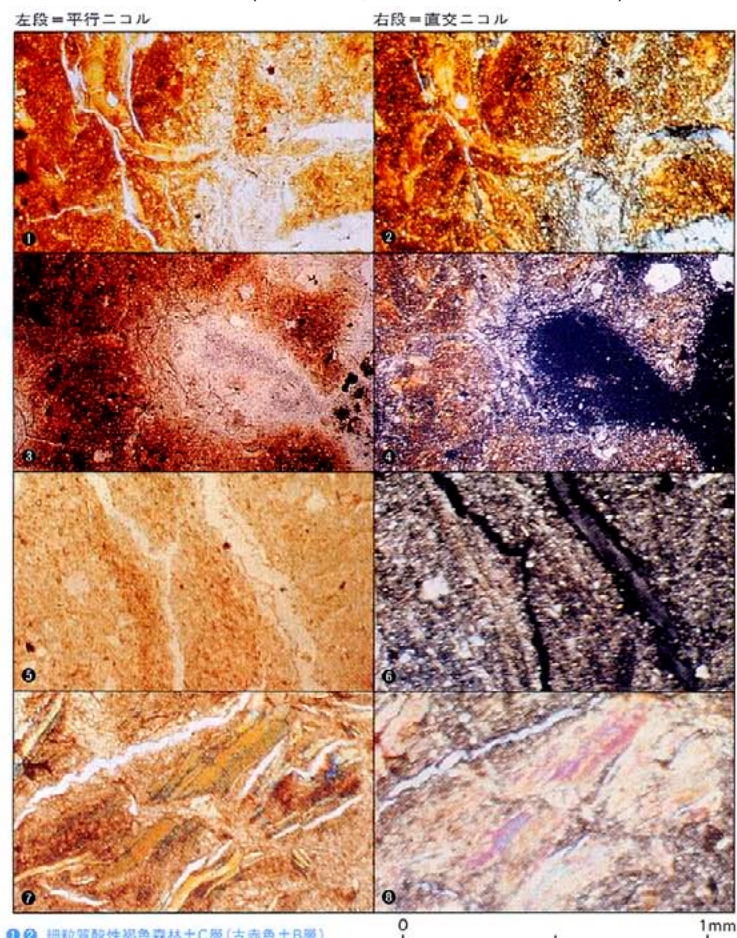


表3 - 同上のハイドロシーケンス構成メンバの形態的特徴

地点	地点1, 2	地点3	地点4
土壌型	酸性褐色森林土	疑似グライ土	停滞水グライ土
断面構成	0cm・ A ₀ A ₁ (P) B BC C ₁ C ₂ C ₃ 50・ 100・	A ₀ A ₁ AB Bg B ₂ g Cg 	A ₀ A ₁ 1g A ₁ 2g BG C ₁ G C ₂ G C ₃ G
高植	陸成 (モグー, L/F/H)	陸成 (モル, L/F/H)	半水成 (泥炭+モル, L/F/H)
構造	A ₀ (p) = 発達中程度の小粒状 B~BC = 発達中程度の小垂角塊状 C = 発達中程度の小垂角塊 ~角塊状 (赤色風化殻)	A ₁ = 発達中程度の層粒状 AB = 発達中の悪い小垂角塊状 Bg = 発達中程度の太角柱状 ~角塊状 Cg = 発達中の悪い太角柱状 ~無構造 (カベ状)	Ag = 発達中の悪い層粒状 BG = 無構造 (泥状) CG = 無構造 (泥状)
構造面沈積物		Cg = 薄い部分的な黄灰色の被膜	BG~CG = 薄い断続的な灰色の被膜
斑紋・グライ	疑似グライ性面型, Cg層にグライ斑, 鉄斑	Bg = にぶい黄橙色 (10YR 5/6), 灰黄色 (2.5Y 5/6), 大理石様~流理状グライ化 Cg = 明黄褐色 (10YR 5/6), 灰黄色 (2.5Y 5/6), 大理石様グライ化, 一部は流理状に下層に侵入,	CG層下部 = にぶい黄褐色の斑紋 (根周辺環状)
滞水層, 難透水層	疑似グライ性面型の1.2~1.6m = やや難透水性化	滞水層 = 0.7~1.6m, 2層 難透水層 = 1m内外, 1.6m~2.2m,	滞水層 = 0.3~0.8m 0.8m以下 = ち密で難透水性

写真 - 重粘土の微細構造(土別市東多寄, ハイドロシーケンス構成メンバ)



- ①② 細粒質酸性褐色森林土C層(古赤色土B層)
 (内部排水 = 良好, 構造 = 発達中程度の小垂角塊状構造)
 基質は, いろいろな程度に水和酸化状態で着色され, 暗赤褐色, 橙, 黄褐色, 淡黄色を呈する, 径0.2~0.5mm程度の微小な粒団が認められ, その間に屈曲の多い孔隙が発達している。粗大な孔隙の周辺は, 多少とも淡色化し, 一部はゼラチン状に変化している。暗赤褐色部には, 屈曲・分岐の多い細孔隙が分布し, 黄色~黄褐色の粘土被膜も随所にみられる。これらの被膜は, 直交ニコル下で強い複屈折を示し, 赤黄色~黄褐色を呈する。また, 粒団壁に沿って年輪状の縞模様を呈し, あるいは貝殻を重ねたような構造を示す。孔隙部分は, 乳白色を呈し, バンド状に消光する物質で充填されている。淡色部にも複屈折を示す部分が認められるが直交ニコル下で白色を呈し, 層状構造が不明瞭になっている。淡色化部の一部は直交ニコル下で消光する。
- ③④ 細粒質褐色土性疑似グライ土Cg層(古赤色土B層)
 (内部排水 = やや不良, 構造 = 発達中程度の中~大垂角塊状構造)
 暗赤褐色の粒団と孔隙及びその周辺の淡色化した部分の対照が顕著である。淡色化部は孔隙周辺部から, 小垂角塊に粒団間に侵入し, 暗赤褐色部に漸移する。孔隙部には腐朽細根と思われる黒色の沈積物が認められる。偏光下では, 淡色部はほぼ完全に消光し, マトリックスの個々の構造が失われたことを示している。酸化鉄の濃集によって暗赤褐色を呈する部分は0.5mm内外の微小粒団を形成しているように見え, 粒団周辺部は多少とも淡色化している。偏光下では, 暗赤褐色部の粒状構造がより明瞭に観察され, 表面に沿った粘土被膜, 粒団内部の小孔隙を充填して同心円状に配置した被膜が認められる。粒団内部には斑紋状や貝殻状に累層した構造も認められ, プラズマと一次粒子が複雑に入り組んだ構造を示唆している。
- ⑤⑥ 細粒質疑似グライ土Bg層
 (内部排水 = 不良, 構造 = 発達中程度の中角柱状構造, 乾くと中角塊状に割れる)
 全体に淡黄色ないし淡黄褐色を呈し, 色調のコントラストが低い。孔隙は少なく, 直線的で, その壁面に沿ってゼラチン状の被膜が形成されている。基質は, 全体に緻密で, 随所にシルトサイズの一次粒子を含む。孔隙に沿って, 褐色味の強い部分が連続しているが, コントラストは低い。直交ニコル下では, ゼラチン状の部分は完全に消光し, 一定の粒子配列をもたないことを示している。褐色味の強い部分は, 弱い複屈折を示し, 直交ニコル下で細目状に連続しているが, 輪かくが不鮮明である。写真1・2で認められた縞状(年輪状)又は貝殻状の構造はみられない。輪かくの明瞭な粒子は, ほとんどが一次粒子とみられる。比較的に粗な孔隙の一部は, 直交ニコル下で乳白色を呈し, バンド状に消光する粘土物質で充填されている。
- ⑦⑧ 細粒質グライ台地土CG層
 (内部排水 = きわめて不良, 構造 = 泥状(カベ状)構造)
 写真3同様, 淡色でコントラストが低い。①細粒隙に平行した流理状ないし, 縞状の構造が発達している。②径0.1mm以下の細かい粒状の構造単位が識別できる。③暗赤褐色, 赤紫色の斑紋や縞模様が散在するなどの特徴も認められる。孔隙は概して屈曲が少ないが, 流理状の構造をなす部分には, 細孔隙が複雑に走っている。直交ニコル下では, 流理状~縞状構造をなす部分が強い複屈折を示し, 部分的には多色性も認められる。それ以外の基質は, 直交ニコル下で, まだらに消光し, 複雑な内部構造をもつことを示唆している。やや粗な孔隙には, 直交ニコル下で, 縞状に消光する乳白色の充填物がみられる。なお, いわゆる斑紋は, 根周辺部にみられ, コントラストが高い暗赤~赤褐色の点状又は管状を呈し, この写真にみられるものとは形態・色・コントラストいずれも異なる。

岸の台地～丘陵地にみられたハイドロソークエンス構成メンバから作成した薄片の顕微鏡写真である。観察結果の概要は、写真説明にまとめておいた。

すなわち、赤色風化殻に由来する酸性褐色森林土B層の粒団は、概して多孔質で、複雑な基質構造をもつ。また、水和酸化物によって褐色～黒褐色に着色している。これに対して、疑似グライ土Bg層の粒団は、均一かつ密に集合した構造をもち、水和酸化物による着色は弱い。粒団間の孔隙は、屈曲が少なく、しばしば・厚い配向粘土被膜で充填されている。また、写真5・6にその1例を示したように、赤色風化殻に由来する試料でも、停滞水による湿潤化の影響を受けた部分では、基質構造の一部が壊されて、^{*}泥状化^{*}していき、この泥状化が淡色化を伴っていることは、水和酸化鉄ゲルの接着あるいは架橋作用が、複雑な内部構造を形成するうえで重要なことを示している。また、この淡色化は、泥状化の過程がゲル状鉄化合物の損失または局所的な濃集を伴うことを示しており、一度泥状化した構造は、単なる乾燥によってはもとに戻らないことを示唆している。さらに、台地グライ土の微細構造(写真7・8)は、泥状構造が必ずしも無構造ではないことを示している。

重粘土の化学的、鉱物学的性質

概説をはじめ多くの調査報告においても、重粘土に強酸性を呈するものが多いことが確かめら

れている。図8は、土壌 pH (注7)の散布図である。pH (H_2O) は4～6、pH (KCl) は3～4.5の範囲に分布し、pHは負で、その絶対値は最大2.2pH単位という大きな値になっている。とくに、疑似グライ土やグライ台地土の下層土に pHの大きい例が多い。これは、これらの下層土では、結晶性粘土鉱物に由来する強酸の交換基が交換複体の負荷電の主成分をなすことを示している。このことは、KCl酸度(注8)を横軸に、交換性水素(注9)を縦軸にとって描いた散布図(図9)により明瞭である。測点は広い範囲に散布しているが、火山灰土と重粘土の下層土(腐植含有率<2%)は、対称的な分布傾向を示している。すなわち、重粘土の測点は、交換性水素が比較的少なく、横軸に沿って広く分布するのにに対し、火山灰土のそれは、縦軸に沿って分布している。腐植含有率の高い重粘土A～AB層の測点は、両者の中間に散在する。

重粘土の CEC (注9参照)は、B～CG層で15～30me/100g、A～AB層では30～50me/100gの範囲にある例が多いが、腐植含有率主成分粘土鉱物の種類と量によって変化する。図10は、図3に示した天塩川沿岸の台地～丘陵地のハイドロソークエンス構成メンバの CEC および塩基状態であるが、この図にみるように、CECのうち、交換性の塩基性陽イオンによって占められる割合(塩基飽和度)、交換性陽イオンの内訳は、土壌の種類、層位により大幅に変動する。

この図にみられる塩基状態の特徴は、段丘垂系の重粘土に共通するものといって良く、a)生物学的循環による表層部へのカルシウムの富化。b) A-B層の塩基溶脱。c) 溶脱塩基の難透水層上部への集積、d) これらに関係する母材の塩基状態と堆積環境、などによって形造られるものと考えられる。丘陵垂系の重粘土では、難透水層を欠くため、上記 c) による交換性塩基の集積はみられないのが普通である。

リン酸吸収係数は、土壌のリン固定力を示す指標として重要な性質である。重粘土のリン酸吸収係数は、腐植の影響が大きいA～AB層を除けば、800～1200 mg P_2O_5 /100 g 乾土程度のもが多く、一般に低い。これは、リン酸固定において、主要な役割を果たす非晶質コロイド成分に乏しいことが原因である。蓚酸―蓚酸アンモニウム溶液(Tamm 試薬)可溶成分量は、非晶質コロイド成分の量を示す指標としてよく用いられるが、重粘土、とくに疑似グライ土や停滞水グライ土では、その含有率はきわめて低い(2～3%あるいはそれ以下)のが普通である。ただし、洪積世火山灰の影響を受けた一部の酸性褐色森林土や赤色風化殻に由来する土壌には、この含有率が5～6%に達するものがあり、丘陵垂系のポドゾル性土B(t)ir層にも、同程度の含有率を示すものが認められる。これらのなかには、やや高いリン酸吸収係数を示すものが認められるが、それでも1500～1600mg P_2O_5 /100 g 程度で、2000mg P_2O_5 /100 g を超えることは

図6 - 重粘土の保水指数Wと固相率の関係

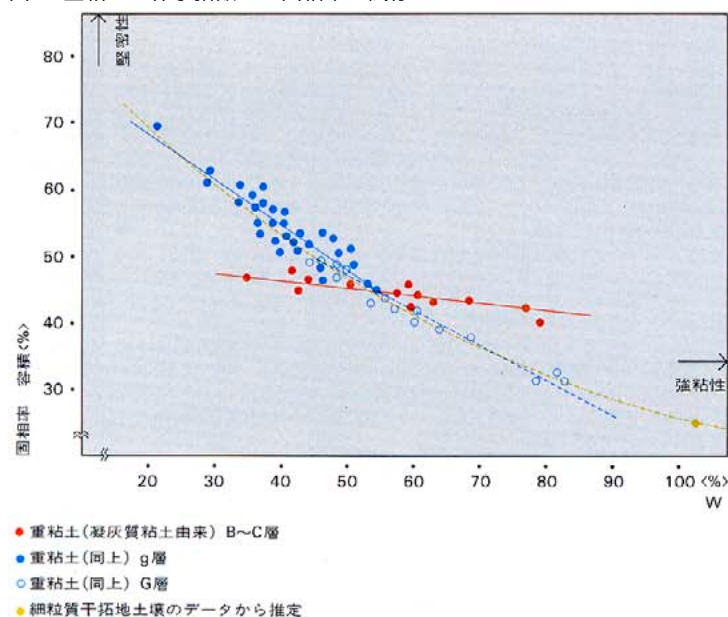
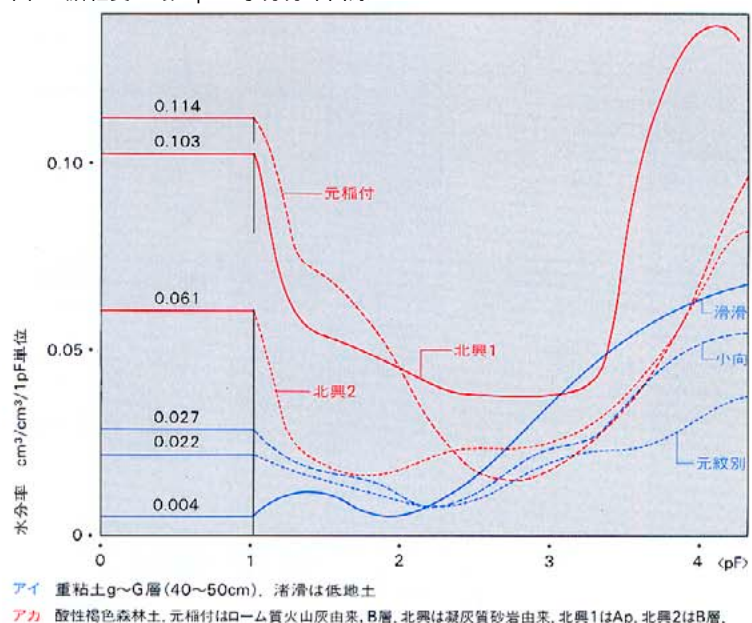


図7 - 細粒質土壌のpF - 水分分布曲線



注7 = 試料：浸出液(H₂O, 1N KCl)比 = 1 : 2.5の懸濁液を用いて測定する。pH(KCl) - pH(H₂O)を PH で表わす。PHは交換複合体の荷電特性に関する定性的指標。
 注8 = 1N KCl溶液を用いる反覆抽出によって測定される酸の量。大工原酸度又は交換酸度とも呼ばれる。

Y₁は第1回目に抽出される量でこれを代用したもの。
 注9：交換性水素 = 醋酸アンモニウム(1N, pH = 7.0)溶液によって抽出される酸物質の量、土壌の陽イオン交換基の総量を陽イオン交換容量CECとすると、CEC - (交換性カルシウム + マグネシウム + カリウム + ナトリウム) = 交換性水素

まずないといつてよい。

以上の結果は、重粘土の理化学性が、主成分をなす結晶性粘土鉱物の性質・量と密接な関係にあることを示唆している。重粘土の粘土鉱物組成についての調査結果は、おおよそ次のようにまとめることができる。

- a) 粘土鉱物の主体は、1 : 1, 2 : 1型結晶性粘土鉱物で、非晶質ないし低結晶質成分は少ない。
- b) 1 : 1型鉱物としては、カオリナイト、メタハロイサイト、加水ハロイサイトなどが認められているが、これらが主成分鉱物である例は、当初考えられていたほど多くない。
- c) 2 : 1型鉱物としては、モンモリロナイト、バーミキュライト、層間にアルミニウム水和酸化物をもつもの、イライト(加水雲母)、カオリン鉱物とイライト、イライトと14 鉱物の不規則混合層鉱物をなすものなどが認められる。
- d) 一部、蛇紋岩地帯には蛇紋石鉱物を主成分鉱物とする重粘土も認められる。
- e) 一般に、これらの粘土鉱物組成は、母岩(母材)に由来するものと考えられ、それぞれの重粘土に特有な粘土鉱物相を形成するにはいたっていない。

重粘土の腐植蓄積量は、乾湿によって大幅に変化する。北海道北部の自成土壌では、腐植の下方への溶脱が顕著で、やや厚いA B層あるいは明瞭な腐植—粘土質被膜をもつ土壌が多い。これに対し、半水成土壌、とくに疑似グライ土はA層下部で腐植含量が急減し、厚い漸移層が発

達しないことが多い。暗色表層疑似グライ土、グライ台地土、泥炭質表層のグライ台地土などにみられる腐植含有率の高い、厚い表層は、有機物の下層への混入というよりは、植物遺体の集積、周辺からの泥土の洗いこみ、火山灰の混入などによって、次第に厚くなってきたと考えられるケースが多い。

表層部の窒素集積量にも同様の傾向がみられるが、過湿地ほど、炭素含有率に比べて窒素含有率が低い傾向にあり、C/N比は乾燥から過湿にむかって増大する傾向を示す。

重粘土の生成

以上、断面形態、理化学性の検討結果から、重粘土の生成には、細粒質な母材、湿潤ないし亜湿潤な水分条件、両者の相互作用が重要な要因となっていることがうかがわれる。

細粒質な母材と土壌生成過程での粘土富化
 細粒質な母材の成因としては、a) 細粒質な母岩、b) 再堆積過程での粒径淘汰、c) 土壌生成過程における粘土富化が考えられる。

a) としては、新第三系の半固結堆積岩に由来する残積性風化殻あるいはソリフラクションによって表層移動した粘土質の斜面堆積物があり、丘陵系重粘土の主母材となっている。

また、北海道北部の沿岸地域では、湖沼や内湾的な環境で、b) による細粒質な物質が堆積し、その後地盤の隆起あるいは海水準の低下によって台地が形成されたために、その表層が細粒質な堆積物に覆われたところが多い。これが段丘

図10 - 士別市北部天塩川沿岸台地～丘陵地のハイドロシークエンス構成メンバのCECおよび塩基状態(地点1～4は図3参照)

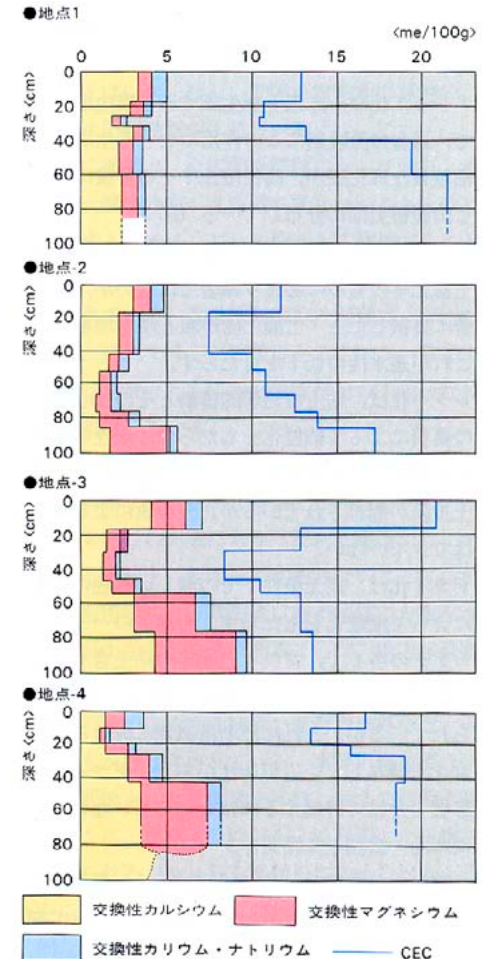


図8 - 火山灰土壌と重粘土のpH(H₂O)とpH(KCl)散布図の比較

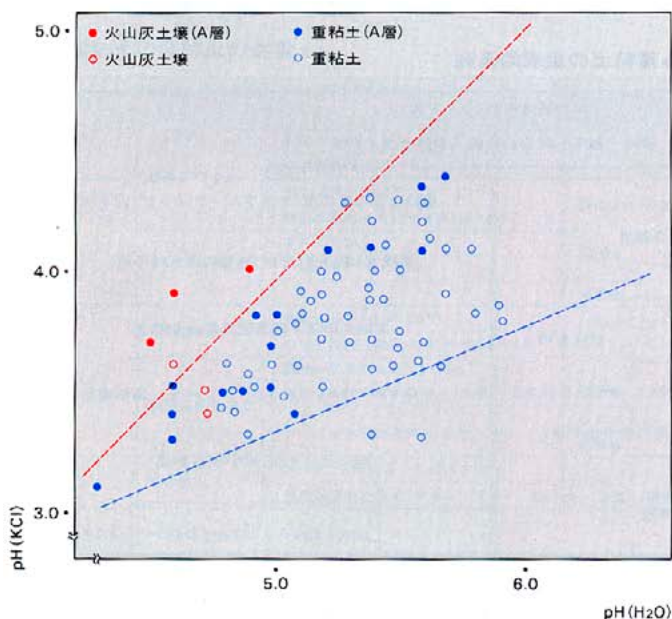
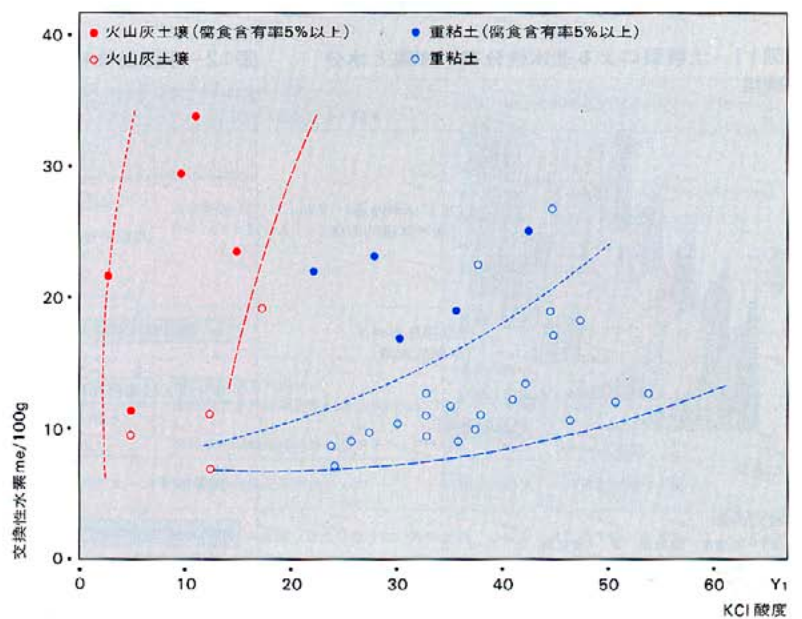


図9 - 火山灰土壌と重粘土のKCl酸度と交換性水素散布図の比較



亜系重粘土の主母材となっている。

c)は、土壌生成作用の性質と進み具合によって、その現われかたが異なるが、アリット化、ポドゾル化、レシベ化、グライ化などが重要である。

アリット化は、赤色土を生成する土壌生成作用で、過去の温暖期にこの作用によって生成した細粒質な風化殻が、高位段丘やその背後に広がる山麓緩斜面に分布している(図3)。

ポドゾル化は、図1、表1に例示したように、粘土富化そのものはあまり顕著ではないが、B_{hir}層に集積した三・二酸化物が粗孔隙を埋積し、これが透水性の低下をもたらす。

レシベ化は、粘土の物理的移動とそのB_t層への集積によって細粒化をもたらす。湿性の酸性褐色森林土や疑似グライ土にその証拠となる粘土被膜が観察されているが、分析値による確認はできていない。

グライ化は、還元条件下での激しい鉱物の分解によって細粒化をもたらす。台地上のハイドロカタナの多くで、グライ台地土の粘土含有率が疑似グライ土のそれより格段に高いことが認められているが、これには堆積過程における層相変化も関与している可能性があり、グライ化の影響を分けて評価するにはいたっていない。

寒冷・湿潤な気候条件

土壌の水分状態は、a)気候条件、b)微地形条件、c)表層および基盤地層の透水性によって変化する。

北海道は、その大部分が寒冷・湿潤な冷温帯北部の気候帯に属し、年平均値でみるかぎり、全

域で降水量が蒸発散量より多い状態にある。

しかし、その季節変化をみると、晩春～夏(4～7月)にかけては、降水量が蒸発散量より少ない期間があり、この間土壌はかなり乾燥して、非洗滌の条件におかれる。この乾燥は、オホーツク海沿岸地域、とくにその中南部で著しい。このように気候的な水収支からみると、北海道の大部分は初夏に短い乾期をもつ周期的洗滌型の水分状態におかれている。丘陵地や台地の自成土壌(成帯性土壌)であるポドゾル性土や酸性褐色森林土は、ほぼ上記の気候条件に対応して生成する。とくに乾期の短い日本海側の地域では、塩基や三・二酸化物の溶脱が著しい。

微地形と基層の透水性

一方、ハイドロシークエンスの形成、各構成メンバの分布は、すでにみたように、微地形と基層の透水性によってより強く支配される。重粘土の多くは、下層のあまり深くない位置に難透水性の土層をもっている(図11)。丘陵地のポドゾル性土や酸性褐色森林土では、B層が難透水性化しているが、多くの台地の重粘土は、深さ70～120cm付近に難透水層をもっている。これが雨水のスムーズな浸透を阻害する。したがって、地表面排水のよくない、台地上の平地や窪地には、難透水層によって浸透を阻止された水が停滞する。この停滞水の量は、地表付近にあること、集水面積が小さいこと、その一部が浸透水として徐々に排水されていくことなどのために、気候的な乾・湿の影響を受けやすく6～7月の乾燥期後半になると、ほとんど涸渇してしまう。疑似グライ土はこのような部分に発達

し、グライ台地土は停滞水が年間を通じて存在する部分に生成する。

疑似グライ土のB～B_g層は、乾燥期にはかなり乾燥して、堅密になるとともに、大きな亀裂を生成し、高い浸入能を示すようになる。したがって、秋から初冬にかけては、その表層部は強く溶脱される。疑似グライ土の一部に、ポドゾル化の傾向の強いものが認められるのは、このような事情による。また、疑似グライ土の腐植集積量が、褐色森林土より少ないものから暗色表層のものまで、広い範囲に及んでいるのも、その水分状況と密接な関係にある。

難透水性の基層の生成

このように、台地上の重粘土の生成において、基層(70～120cm付近)の透水性は、きわめて重要である。この部分は、通常、C_g層として記載され、きわめて緻密・堅硬である。自然状態では、無構造のようにみえるが、乾くと厚い板状または大きな塊状に割れ目が入り、構造面には粘土被膜が良く発達している。3節で指摘したように、細粒質土の緻密化には、泥状化と脱水・圧密が不可欠である。丘陵地のシルト岩に由来する土壌の生成的系列(図12)にもこのことは明らかである。凍結・融解と表層移動による泥状化を受けた再積性の母材は、基層の透水性が低下しており、疑似グライ土の生成にむかやすい。他方、残積性風化殻では基層の透水性が良かったため、レシベ化やポドゾル化が先行してB層の透水性が低下し、漸次湿潤化していく。

重粘土の分類

はじめに指摘したように、重粘土は物理的屬性

図11 - 土壌型による透水性分布の相違と水分環境

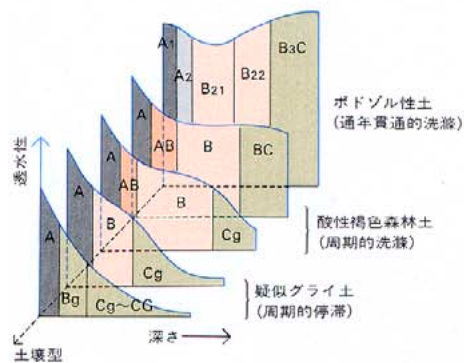


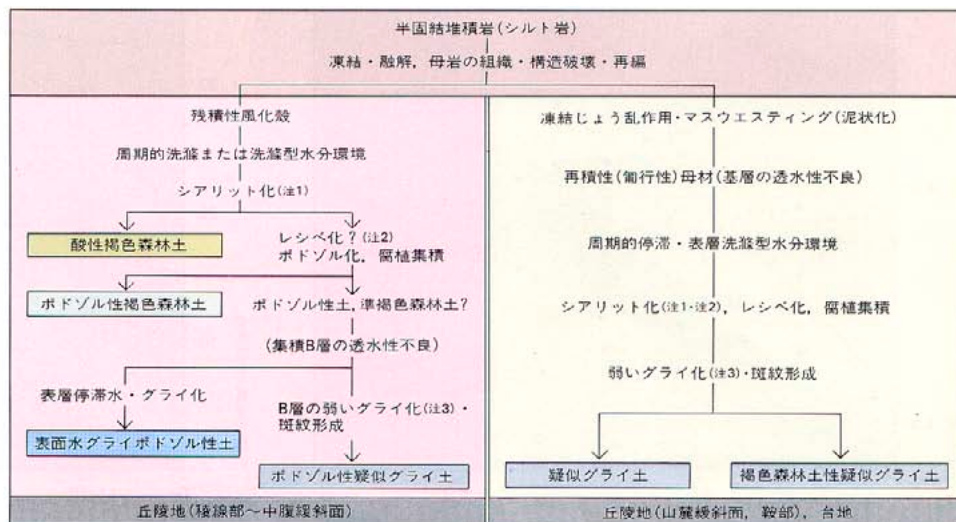
図12の注

注1＝原塩基、鉄放出、2:1型鉱物、2:1-2:2

注2＝細粘土の移動、表層部のスメクタイト化、鉄・アルミニウムの移動、アルミニウムの層間へのとりこみ、ササ植生下の腐植集積

注3＝A_{2g}～B_g層からの鉄の還元溶脱、B_g～C_g層での斑紋形成

図12 - 半固結堆積岩に由来する重粘土の生成的系列



注10 = 第2次案のグライ台地土にほぼ相当する。
 注11 = 第2次案では酸性褐色森林土の一部に含まれる
 として、ポドゾルへの移行型。
 注12 = 第2次案の暗赤色土の大部分を含む。
 注13 = 概説の附図の1つ(1/1,000,000)。

注14 = クロボクに近い意味。リン酸に欠乏した厚い
 (> 30cm)暗色の表層をもつ土壌。火山灰の影響を
 受けたものが多いが、ろ質なる表現は、過湿地の黒色の
 土壌にも用いられた。

によって経験的に識別されてきた。したがって、
 生成的特徴に基づいた自然分類の体系にこれを
 位置づけようとする、いくつかの分類単位に
 またがってくるのはある程度当然のことである。
 重粘地グループ(1967)は、前項で要約した生
 成的特徴を考慮しつつ、土壌型を基本単位とす
 る自然分類体系に重粘土を位置づけようと試み
 た。その結果、重粘土が疑似グライ土、停滞水
 グライ土(注10)の全部と腐植質ポドゾル性土
 (注11)、酸性褐色森林土(注12)の一部を含むこ
 と、このうち疑似グライ土が重粘土の特徴を最
 もよく具備することを明らかにした。その後、
 北海道土壌分類委員会によって、第2次案が提
 示されたが、ここでは重粘土の分類上の位置に
 ついては、あまり触れられなかった。
 そこで、表4では、重粘地グループの分類を媒
 介にして、第2次案における重粘土の位置づけ
 を試みた。なお、表4には特殊土壌分布概略図
 (注13)の図示単位との対比も付記してある。こ
 の概略図では、重粘土地帯は、a)重粘土、b)重
 粘土酸性、c)重粘土酸性ろ土(注14)、d)重粘土
 酸性ろ土過湿、e)重粘土酸性過湿、f)重粘土過
 湿の6地帯に細分して図示されている。この過
 湿という表現に疑似グライ土またはそれより湿
 潤な条件を、ろ土という表現に暗色表層を対応
 させれば、おおむね表4のように対比できよう。
 この結果は、重粘土が疑似グライ土、グライ台
 地土を主とし、酸性褐色森林土、暗赤色土の一
 部にまたがることを示している。その一部が重
 粘土の範疇に含まれるものについては、重粘地
 グループが提案したように、母材による土壌属

によって重粘土とそうでないものを区別するこ
 とができよう(表4参照)。第2次案では、土
 性・鉱物組成ファミリーのような、より低位の
 分類で区別することになる。
 まとめ
 特殊土壌分布概略図において、重粘土は、事実
 上、火山灰土・泥炭土・低地土でない農牧適地
 のほとんどにまたがるように示されており、そ
 の総面積は50余万 ha におよんでいる。その後
 の北海道開発局の集計によっても、石狩・空知
 ・上川・後志・網走・宗谷・留萌・十勝の8支
 庁管内で約44万 ha をかぞえる。
 これらの重粘土地帯は、気候条件が劣悪な道北
 地方に主として分布し、普通畑として開発され
 た。しかし、機械力をほとんど装備しなかった
 初期の開拓民にとって、開墾、耕起・碎土に大
 きな労力を要する重粘土は、営農のあらゆる面
 で大きな負担を強いるものであった。軽い土質
 からなる火山灰地が、化学的にいろいろな問題
 をもちながらも、根釧地域を除いて、比較的早
 く経営の安定をみたのに対し、道北の重粘土
 地帯における畑作農業の安定は、結局第二次大
 戦後の機械化農業の成立まで待たなければなら
 なかった。これは、機械力が貧弱な中小開拓農
 民にとって、重い土が化学性のよくない軽い土
 以上に扱いにくい存在であったことをよく示し
 ている。これに対して、稲作が可能になった道
 央・道南地方では、重粘地の分布面積はかなり
 大きかったにもかかわらず、これを水田として
 利用することによって、困難をかなり軽減する
 ことができた。実際、水利が改善された昭和30

～40年代には、この地域の台地帯に造田ブーム
 が起った。
 時が移って、道北地域の草地化が進み、道央・
 道南の水田地帯には水田減反の嵐が吹き荒れて
 いる。もはや貧弱な機械力に泣くことはなくな
 ったとはいえ、新しい問題が重粘地の草地で、
 また水田転換畑で生じている。
 とくに後者は、全国的な問題になっており、重
 粘な土壌の分布が北海道に限らないことを改め
 て示すとともに、これを畑として利用すること
 のむずかしさが、いろいろな面から浮彫りにさ
 れてきている。重粘地転換畑の問題は、作土が
 重く、耕転・碎土が困難であるという、重粘土
 本来の性質とともに水分特性やその不均一な分
 布と関連している。
 冒頭にも指摘したように、重粘な転換畑にまつ
 わる問題は、伝統的な重粘土の概念に新しいも
 のをもちこむ契機にもなった。北海道では、い
 わゆる重粘土に低地土が含まれないことは、最
 初にも指摘した。北海道以外の地域にも重粘な
 土壌がかなり広く分布することは、地力保全基
 本調査でも明らかにされているが、「重粘な転
 換畑」というような場合、北海道以外では、低
 地土もかなり含まれている。事実、細粒質なグ
 ライ低地土、灰色低地土には、図7の渚滑の例
 のように、重粘土の性質をよく具備した土壌が
 認められる。これらを重粘土に含めるべきか否
 かについては、本稿では論及をさけたが、実際
 的な立場からだけで考えれば、低地土を一括し
 て除外する理由はあまりなさそうに思える。今
 後の問題である。

表4 - 重粘土の分類上の位置(注1)

北海道の農牧適地土壌分類第2次案改訂版(注2)			重粘地グループによる北海道北部の土壌分類(注3)			特殊土壌分布概略図の図示単位との関係		
大分類	中分類	小分類	亜型のための修飾語	土壌型	重粘土の範囲に含まれる土壌属			
疑似グライ土	疑似グライ土	疑似グライ土	{(正常)}	疑似グライ土	土壌亜型(または土壌型)に属するものすべてが重粘土	重粘土過湿, 重粘土酸性過湿		
		暗色表層疑似グライ土				重粘土酸性ろ土過湿		
		褐色森林土性疑似グライ土				重粘土過湿, 重粘土酸性過湿または重粘土酸性		
		暗色表層褐色森林土性疑似グライ土				重粘土酸性ろ土過湿または重粘土酸性		
	グライ台地土	グライ台地土	{(正常)}	停滞水グライ土		重粘土酸性過湿, 重粘土過湿		
		暗色表層グライ台地土				重粘土酸性ろ土過湿		
褐色森林土	褐色森林土	褐色森林土(丘陵・丘地)	{(注4)}	———(注4)		重粘土		
		暗色表層褐色森林土(丘陵・台地)(注5)					———(注4)	
	酸性褐色森林土	酸性褐色森林土(丘陵・台地)	{(正常)}	酸性褐色森林土		細粒質未固結地積物 細粒質半固結堆積岩風化殻由来のもの 細粒質半固結堆積岩風化殻由来のもの	重粘土酸性	
		暗色表層酸性褐色森林土(丘陵・台地)					重粘土酸性ろ土	
		ポドゾル性褐色森林土(丘陵)(注6)			ポドゾル性		(酸性)褐色森林土	重粘土酸性
					腐植質			
赤黄色土	暗赤色土	暗赤色土(貧塩基, 丘陵・台地)	{(正常)}	酸性褐色森林土	細粒質赤色風化殻由来のもの	重粘土酸性, 一部重粘土酸性ろ土		
		暗色表層暗赤色土(貧塩基, 丘陵)						

注1 = 重粘地グループの分類を基礎にした横割の対比。
 注2 = 原案; 北海道土壌分類委員会(1979)。北海道土壌図・農牧地及び農牧適地。1/600,000で一部改訂。
 注3 = 青藤(1979)のまとめによる。
 注4 = 重粘地グループの調査は北海道北部に限られたため記載されなかった。

注5 = 第2次案の「火山灰表層」は改定版では「暗色表層」に統合、改訂版では、記号“V”によって火山
 灰表層を表示している。
 注6 = 改訂版で新設。細粒質半固結堆積岩(シルト)残積性風化殻に由来する丘陵地の土壌。改訂版の
 ポドゾルは砂丘砂に由来するものに限定。