研 究 報 文

土壤生成作用の礦物學的研究 (第2報)

福島縣大越町附近に於ける花崗閃綠岩土壤中の粘土礦物に就いて (I)

Mineralogical studies on the soil genesis (2): The clay minerals in the soil derived from granodiorite at Ōgoe, Fukushima Prefecture (I)

増井淳一 (Jun-ichi Masui)*

Abstract; 1. Six samples with different colors, textures, etc., were selected according to the depth in the soil derived from granodiorite at Ōgoe, Fukushima Prefecture.

2. After the collected materials in wet state were treated with 6% H_2O_2 in order to dissolve organic matters, they were dispersed in the NaOH solution with pH 8.5. These dispersed materials were separated in eight fractions by sedimentation method and centrifugation, and then the iron-hydroxide were removed by using Truog's method.

3. The mineral compositions of the sand fractions with diameter over 0.02 mm were quantitatively investigated under microscope. The materials of the fractions of $<0.2\mu$ and $0.5-1.0\mu$ were studied by means of X-ray powder photograph, chemical analysis and differential thermal analysis.

4. From these experiments it was confirmed that nontronitic montmorillonite, halloysite, kaolinite, degraded illite and their interstratified mineral occur in the soil profile

5. It seems that the nontronitic montmorillonite was formed at the early stage of the weathering of granodiorite rich in bases.

6. It has been followed by the formation of halloysite and kaolinite.

7. The change of soil condition seems to be the cause of the formation of interstratified mineral.

8. In finer fraction halloysite is contained far more than kaolinite, while kaolinite is much more in coarser fraction.

9. The degraded illite is a weathering product of biotite.

* 東北大学農学部

1 緒 言

花崗岩質岩石の風化並びに其の土壤の生成に就いては Goldich¹⁾, Cady²⁾, Mackenzie³⁾, Walker⁴⁾, Jackson⁵⁾ 原田氏⁶⁾⁷⁾ 等により研究が行われ、其の風化過程、土壤粘土鉱物の生成或は又造岩鉱物の風化に対する抵抗性等に就いて新しい知識が得られつゝある。

花崗岩のみならず或る特定な岩石の風化を考える場合、其の環境要素を無視して風化過程を結論し或は比較する事は不可能である。同一母材から或る一環境下では kaolinite, holloysite 等の 1:1 lattice type の粘土鉱物の生成が見られるに反し、別の環境下に於ては montmorillonite の如き 2:1 lattice type の粘土鉱物が生じたとしても勿論そこに矛盾はなく、問題は夫等土壤粘土鉱物の生成される環境にある。

土壤の生成が充分に行われる場合、異種の母材から同じ end-product が生成され、母材と粘土鉱物との間に関係がないと考えられているが、我が国の如く地形が複雑で而も雨量が多く土壤侵蝕の行われ易い地域では、土壤の生成は常に中間的段階にあり従つてそこに生成せられる土壤粘土鉱物は母材の支配を受けるものと考えられる。更に風化を押し進めて考えてみると、かゝる中間的段階の土壤にあつては、土壤粘土鉱物は母材中の造岩鉱物の其の環境に於ける風化に対する抵抗性に多少とも関係を有するものであろう。即同一気候環境下にあつても地形、植生或は母材、詳しく云えば其の母材の鉱物組成、構造と云つた岩石学的な性質並びに造岩鉱物それ自身の風化に対する性質等によつて形成される環境に支配せられるものである。

風化過程と云うものは同じ気候条件下で而も比較的近似した地形其他の環境下一勿論之は絶対的のものではないが一に於ける種々の岩石の風化を

- 1) Goldich, S. S.; A study in rock weathering, Jour. Geol., **46**, 17~58, 1938.
- 2) Cady, J.G.: Rock weathering and soil formation in the North Carolina, Piedmont Region, Soil Sci., Soc. Amer. Proc. **15**, 337~342, 1950.
- 3) Mackenzie, R.C., Walker, G. F. and Hart, R.: Illite occurring in decomposed granite at Ballater, Aberdeenshire, Miner. Mag., **28**, 704~713, 1949.
- 4) Walker, G.F.: The decomposition of biotite in the soil, Miner. Mag., **28**, 693~703; 1949
- 5) Jackson, M.L and Donald Sherman, G.: Chemical weathering of minerals in soils, Advances in Agron. V. 219~318, 1953.
- 6) 原田 光：火成岩の風化に関する研究，花崗岩の風化，農化，**26**，519~523，577~580，1952.
- 7) 原田 光：火成岩の風化に関する研究，花崗閃緑岩の風化，農化，**27**，106~109，1953.

比較する事により明かになると考えられる。筆者は大越町に近接した片曾根山土壤中の粘土鉱物が母材によつて異なる事を発表¹⁾²⁾したが、此の土層断面は純粹の斑岩の風化物ばかりでなく、花崗閃緑岩及二種の火山灰が含まれており、多少とも混乱を避け得なかつた。本研究に用いた試料は表層は火山灰を混えるが其他は花崗閃緑岩土壤であり、此の中に含まれる造岩鉱物及土壤粘土鉱物の性質並びに組成を調べ花崗閃緑岩の風化並びに土壤粘土鉱物生成の一部を明かにしたので茲に報告する。

2 地形、地質及び母岩の性質

試料は東北本線郡山の東方約 20 軒、大越町附近の丘陵性山地に於て採集したものである。

附近の地形地質に就いては既に報告した如く、阿武隈の花崗岩地域に特有な細かく刻まれた標高 500~600 米の丘陵性山地で、文珠山、移ヶ岳、黒石山、鞍掛山等の残丘が此の調和を破つてゐる。之等の残丘は角閃石斑岩、角閃石橄欖岩等の塩基性岩類であり、丘陵性山地は之等塩基性岩類を貫ぬく花崗閃緑岩類によつて構成される。

花崗閃緑岩類は鉱物の含有量或は其の粒度に多少の差は認められるが、一般に石英、正長石、斜長石、黒雲母、角閃石を主成分とし、磁鉄鉱、チタン鉄鉱、楣石、磷灰石、ジルコン等を副成分鉱物とするものである。研究試料の母岩である花崗閃緑岩は時に正長石或は角閃石が斑状に認められるが概して完晶質等粒状構造を示し、主成分鉱物として石英、正長石、斜長石、黒雲母及角閃石を含む他、少量の楣石、磁鉄鉱、磷灰石が認められ、角閃石が比較的多量なため暗緑色を呈する。

顕微鏡下では石英 (30%)、正長石 (10%)、斜長石 (20%)、黒雲母 (10%)、角閃石 (25%) の他、副成分鉱物として楣石、磷灰石少量の磁鉄鉱 (之等約 5%) が認められる。石英は他形 1~0.5mm の粒状結晶の集合より成る事が多く、他の鉱物の間を充填する。正長石は一般に半自形結晶で時に微斜長石構造を示し 1~0.5mm の大きさであるが、中には 2~3mm に達するものがある。劈開に沿ひ屢々汚染されカオリン化が僅かに認められる。斜長石は $An\%20$ で灰萱長石に相当し、1~2mm の半自形結晶で聚片双晶を示し、劈開に沿ひ汚染され、時にカオリン化を受けているものがある。黒雲母は 0.5~1mm、半自形の結晶で、多色性は X' : 淡黄褐色 Z' : 暗褐色で著しく屢々 0.01~0.005 mm 大の磷灰石或は楣石を包裹

1) Masui, J: Studies on the genesis of clay minerals, Tohoku Jour. Agr. Res. 4, 97~116, 1954.

2) 増井 淳一: 福島県片曾根土壤に於ける粘土鉱物と母材との關係に就いて土肥, 24, 277~280, 313~317. 1954.

する。角閃石は 1~2 mm 大の自形乃至半自形結晶で、時に 5 mm 以上のものが認められる。多色性は一般に X' : 帯褐淡黄色、 Z' : 帯黄緑色で、緑色の著しいものがある。屢々榴石を包裹する。其他磷灰石、榴石或は少量の磁鉄鉱が存在するが、0.1~0.05 mm 大の自形結晶で殆んど黒雲母或は角閃石の包裹物として認められるに過ぎない。

3 土壤の性状及形態

研究に用いた試料は既に述べた大越町の西方約 1 km、標高 400~500 m 丘陵性山地の一部で採集したもので、田畑として耕作せられた小さな併し巾の広い谷で貫ぬかれ、其の間の丘陵地は概して傾斜緩慢で、雑木林に被われている。採集地は南西に面した 15~20° の傾斜地で、くぬぎ、なら、くり等の雑木の他、下草として笹を交えている。

土壤の断面を其の色、土性、構造等より 6 ケに区分し夫々の試料を採集した。断面の形態及性状は次の通りである。

No. 11. (0~13 cm): チョコレート黒色を呈する砂壤土で 2~3 mm の粒状構造が認められ、可成り多孔質で粘着性は殆んどない。肉眼的に石英及真鍮光沢を有する黒雲母が存在する。pH 5.8

No. 12. (13~36 cm): 多少チョコレート色を帯びるが上層よりも濃い黒色を呈する砂土で、粒状構造も同様認められ、多孔質で粘着性はない。石英、長石及真鍮光沢を有する黒雲母が多少認められる。pH 6.0

No. 13. (36~74 cm): 帯黄赤褐色、赤味の強い壤土で、粒状構造は上層よりも大きい。粘着性は多少増加する。黒雲母の小片は可成り多い。pH 6.2

No. 14. (74~114 cm): 帯赤黄褐色の砂壤土で、上層よりも赤味を減じ黄色を増加する。粒状構造は多少認められる。可成り粘着性はあるが、黒雲母、石英粒は更に多くなる。pH 6.5

No. 15. (114~142 cm): 帯黄淡褐色を帯びた砂土で、黒雲母の小片極めて多く石英も亦多量に認められる。構造は見られない。粘着性も減少する。pH 5.8

No. 16. (142 cm 以下): 帯黄淡褐色を呈し、母岩が単に風化により柔くなつただけで、石英、長石、黒雲母、角閃石の結晶及黄褐色の粘土より成るものである。pH 6.0

4 試料の分離及調製

土壤中に含まれる粘土鉱物は其の源を複雑な母材に仰ぎ、四季を通じて気候環境変化の影響を受けるため、単一種として存在する事は稀であつて、一般には二種以上の粘土鉱物の物理的な混合物或は近年次第に明かにされつゝある異種粘土鉱物の mixed layer aggregate として存在する。粘土鉱物の結晶はたとへ可成り大きな結晶が稀にあるとは云え、普通 1μ 以下の細かい結晶であつて、而も混合体であると言う事實は、現在の段階に於て之等を単一鉱物に分離精製する事の一大障害となつている。純粋な形で

粘土鉱物を採り出す事は土壤粘土鉱物の研究に不可欠な問題であるが、著者は出来る限り純粋な試料を得るために沈降法及遠心分離器を用いて粒径による純化を行い、次の様な操作によつて試料を精製した。

土壤試料は未風乾のまゝ、6% H_2O_2 を用い湯煎上に於て数回繰返して有機物を分解除去後、 $>200\mu$ を篩で除き、N-NaOH を少量加えて $\text{pH}=8.5$ (No.11,12 のみ N-HCl を使用し $\text{pH}=5.0$) とし分散懸濁せしめ、Stoke's law を用いて粒径 2μ に相当する粒子の沈降時間を計算し、その時間の経過後分散液を siphon にて採集、 2μ 以上の沈澱物は再び分散懸濁せしめて同じ操作を数回反復し、 $<2\mu$ の分散液を集め、更に此の分散液は遠心分離器を用いてその時間と回転数より $<0.2\mu$, $0.2\sim 0.5\mu$, $0.5\sim 1.0\mu$ 及 $1.0\sim 2.0\mu$ の各 fraction に分けた。此の操作はその上澄液が透明になり夫々各 fraction が純粋になる迄行つた。更に $>2\mu$ の fraction に就いては総て分散懸濁せしめ沈降法により $2\sim 5\mu$, $5\sim 20\mu$ 及 $20\sim 200\mu$ の各 fraction に分離したが、此の場合でも各 fraction が純粋になるまで反復繰返し同じ操作を行つたものである。

各 fraction に分離した試料は、珪酸、水酸化禁土ゲル、酸化鉄及粘土に結合せる酸化鉄を含むものであり、之を除くため Truog¹⁾ の方法を用いた。Drosdoff²⁾ の H_2S の方法の方が粘土鉱物の破壊が少く、酸化鉄の除去に適するが³⁾、著者の用いた試料では充分な除去が不可能であり操作後に於ても明瞭に黄褐色が残存するので、Truog の硫化ソーダ、蓚酸法を用いた。

酸化鉄を除去した試料は其の除去の操作中に生じた硫黄を含むので、之を除くため $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ で脱水後、 $2\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{CS}_2$ の溶液で数回更に CS_2 を除くため $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ で数回遠心分離器を用いて洗滌後、2% NaCO_3 溶液中で30分間煮沸し、遠心分離器により上澄液を除き、N/20 の稀塩酸により置換性の Na を完全に H に置換せしめた後、 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ を以つて Cl' の反応のなくなるまで洗滌、更に $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 及 C_6H_6 で洗い、風乾して各実験に供した。

5 Sand の礦物組成

土層断面の生成過程、母材の種類並びに風化の状態を知る目的で $>20\mu$ の砂の鉱物組成並びに其の光学性を顕微鏡下に於て定量的に調べた。砂は所謂粗砂と呼ばれる $>200\mu$ の fraction と、 $200\sim 20\mu$ の細砂とに分け、

- 1) Truog, E., Taylor, J. R., Pearson, R. W., Weeks, M. E. and Simonson, R. W. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., **1**, 101, 1936
- 2) Drosdoff, M. : Soil Sci. Soc. Amer. Proc., **6**, 131, 1941
- 3) 内山修男, 鬼鞍 豊 . . 土肥誌. **24**, 271~276, 1954

第1表

Mineral composition of sand (>20 μ)

	No.11		No.12		No.13		No.14		No.15		No.16		
Quartz	15.2	14.6 0.6	9.8	9.8	51.1	50.3 0.8	43.3	42.8 0.5	36.4	36.1 0.3	50.8	50.4 0.4	C F
Oligoclase	13.7	2.8 10.9	7.4	1.3 6.1	8.4	1.3 7.1	6.3	1.0 5.3	7.5	1.6 5.9	7.8	3.5 4.3	C F
Biotite	19.3	0.1 19.2	3.7	0.1 3.6	27.0	1.6 25.4	40.3	4.2 36.1	51.3	26.0 25.3	33.7	14.1 19.6	C F
Hornblende	9.4	3.3 6.1	7.3	3.2 4.1	5.8	0.3 5.5	6.2	0.5 5.7	4.7	0.8 3.9	7.6	1.2 6.4	C F
Pumice	12.1	9.7 2.4	36.7	10.9 25.8	0.1	0 0.1							C F
Volcanic glass	1.2	0 1.2	1.8	0 1.8	1.7	0 1.7	2.0	0 2.0					C F
Andesine	23.6	20.3 3.3	27.2	21.2 6.0	3.5	0.8 2.7							C F
Hypersthene	2.8	1.1 1.7	3.6	1.7 1.9	0.7	0.2 0.5	0.7	0 0.7					C F
Augite	0.3	0 0.3	0.3	0 0.3	0.2	0 0.2	0.2	0 0.2					C F
Titanite	tr	0 tr	0.1	0 0.1	tr	0 tr	0.1	0 0.1	tr	0 tr	tr	0 tr	C F
Black opaque minerals	2.4	0 2.4	2.1	0 2.1	0.8	0 0.8	0.9	0 0.9	tr	0 tr	0.1	0 0.1	C F
Fe-concretion					0.7	0.7 0							C F

*wt%. C:coarse sand (>200 μ), F:fine sand (20~200 μ)

粗砂は各鉱物を顕微鏡下に於て分類秤量し、細砂は更に篩により 200~100 μ 及 100~20 μ とし夫々に就き測定の便宜上 bromoholm (比重 2.9) を用いて重鉱物と軽鉱物とに分け顕微鏡下に於ける頻度と其の実測せる比とより重量百分比を計算した。之等を集計し >20 μ として一括したのが第1表及第1図に示す通りである。

本土層断面中に含まれる鉱物は石英、灰曹長石、黒雲母、普通角閃石、榭石、浮石、火山玻璃、中性長石、紫蘇輝石、普通輝石及び黒色不透明鉱物である。

a) 石英 他形の半透明乃至乳白色を帯びた結晶で、No. 16~13では約50%を占めて其の主成分をなし、寧ろ上層に向つて増加の傾向にあるが、No. 12及11では急激に減少している。之は後で詳しく述べるが黒雲母も同様の傾向にあり、火山性物質の多量に加わつた為め相対的に花崗閃緑岩源の鉱物が減少したものである。又図で明らかな様に石英は 200~20 μ の細砂中には殆んどなく >200 μ の粗砂の大半を占め、細砂に於ても著しい相違は認められない。

b) 灰曹長石 他形乃至半自形の結晶で、sand fraction 中に認められるものは概して新鮮であるが、双晶面或は劈開面に沿い機械的な破壊を受け或は時に暗灰色に

第1図 Mineral composition of sand ($>20\mu$)

汚染されている事がある。屈折率は母岩中の新鮮な結晶では $\alpha=1.541$, $\gamma=1.550$ であるが、土壌中のそれは $\alpha=1.540\sim1.535$, $\gamma=1.547\sim1.543$ で下層より上層になるに従い多少減少の傾向にある。

本鉱物は下層より上層迄 7~8% で著しい量的変化はないが、No.11 の表層では 13.7% で多少増加し、又粗砂と細砂の関係をみるに、No. 16~13 迄粗砂は減少、細砂は増加の傾向を示している。併し之等の含有量は母岩中の石英との相対的關係からみれば極めて微量であり、若し石英と同様風化作用が殆んど行われぬものと仮定すれば 30% 前後は含まれる可きで、本鉱物の大部分は風化されて silt 或は clay の生成に関与せるものと考えなければならない。

c) 正長石 本鉱物は母岩中に約 10% 含まれるが、土壌中には屈折率 $\alpha=1.518$, $\gamma=1.523$ 前後で、其の光学性から正長石と考えられる小片が極めて稀に認められるに過ぎず、大部分は風化作用を受けてしまったものであろう。之は土壌中の粘土分を考察するのに注意しなければならない事実である。

d) 黒雲母：真鍮光沢を有する板状の所謂加水黒雲母に変つている。顕微鏡下では表面は縮緬肌或は平滑に近く、多少角ばつた板状不定形で、黄色を呈し、多色性はない。中には殆んど消光を示さないものがあるが、一般には僅かに波動消光を示すものが多く或るものは微細な或は繊維状の結晶が明瞭で、特に周囲に認められる事が多い。屈折率は母岩の新鮮な結晶が $\alpha=1.618$, $\gamma=1.630$ であるに反し、 $n=1.558\sim1.594$ の間にある。表面が縮緬肌のもの程再結晶が明瞭で、屈折率も低く kaolinite のそれに近似する。

最下層 No.16 中より本鉱物のみを集め、水酸化鉄を除いた試料に就いて化学分析、X線粉末写真及示差熱分析を行つた。其の結果は第 2, 3 表及第 2 図に示す通りである。

示差熱曲線では 115°C に小さな endothermic peak があり、 920°C の exothermic peak は鉄の含量の高い為め kaolinite 等のそれに比し可成り低い、 575°C の endothermic peak は略左右対称で kaolinite に類似する。

第2表

Chemical composition of hydro-biotite from sub-soil

SiO ₂	42.05wt%
Al ₂ O ₃	25.98
Fe ₂ O ₃	8.00
FeO	1.46
MnO	tr
CaO	tr
MgO	3.38
Na ₂ O	n.d
K ₂ O	5.34
H ₂ O(+)	9.68
H ₂ O(-)	3.39
Total	99.28
SiO ₂ /R ₂ O ₃	2.23
Cation ex. cap. (m.e./100gr)	31.8

第3図

X-ray powder pattern of hydro-biotite from sub-soil

I	d
9	7.11
6	4.44
10	3.94
7	3.55
4	3.24
1	2.89
5	2.61
3	2.36
2	2.18
4	2.00
1	1.82
6	1.67
5	1.65
2	1.54
2	1.50

第2図 Differential thermal curves of hydro-biotite

X線粉末写真の結果は 001 の 7.11 線が強く、其の線も kaolinite の存在を示している。化学分析の結果では kaolinite に比較して Fe₂O₃, MgO 及 K₂O 何れも可成り多量である。試料それ自体風化の種々の段階のものが混っている為斯様な結果を生じたものであろう。併し何れにしても之等実験の結果では黒雲母が風化作用により illite, kaolinite へと移行しているものと考えられ、Walker¹⁾の黒雲母の風化の研究では中間段階のみで kaolinite 迄の生成過程迄明かではないが、其の結

1) 前出

論である自然条件下で地下水面上の排水の良好なところでは kaolinite に移行すると云う考えと一致し、又 Jeffries 等¹⁾ は、雲母の風化過程の結論として、mica→mica intermediate→chlorite intermediate→chlorite→kaolinite の一系列を発表している。本断面では chlorite の存在は認められず、必ずしも斯様な過程を経過するか否かは不明であるが、少くとも黒雲母の風化の end-product の一つとして斯様な環境で kaolinite の生成を考える可きであろう。

本鉱物は石英と共に土壌の sand fraction の主成分で 30~50% に及んでいる。最下層の No.16 で 33.7% であるが No.15 では 51.3% に増加、之れより上層に向つて減少を示し、No.12 では火山源の浮石、中性長石等の混入のため 3.7% に減少するが、No.11 の表層で再び増加する。

e) 普通角閃石：概して新鮮な柱状半自形の結晶が多く、多色性は X' : 帯緑淡褐黄色、Z' : 黄緑色乃至緑色で著しいが、下層の結晶程緑が濃く上層になるに従い多少褐色が強くなる。No. 15, 14 及 13 では屢々劈開に沿ひ酸化鉄で汚染され、又時に結晶の周囲が僅かに無色に変じているものがある。屈折率は $\alpha=1.654\sim1.641$, $\gamma=1.676\sim1.661$ の間にある。全層を通じて其の量極めて少く 3.5~8.7% で上層程増加の傾向にある。母岩中には約 25% 含まれるに反し、sand fraction に数% しか存在しないのは、本岩の風化過程並びに土壌粘土分を考察するのに長石類と共に注意しなければならない事実であろう。

又角閃石の風化途上にあると思われる半自形の柱状結晶が極めて僅かに認められる。凹凸のある表面を有し、多少黄色を呈するが殆んど無色に近く、劈開が僅かに残存し、屈折率は 1.554 内外で未風化のそれに比較し極めて低い。

f) 浮石：帯黄淡褐色を呈するが、表面に附着せる水酸化鉄を除去すれば淡灰白色に近く多孔質である。顕微鏡下では磁鉄鉱の小結晶を包裹し、時に斜長石が突刺つた様な状態で附着する。浸液中で見れば一般に円粒状で無色或は僅かに褐黄色を呈し、鱗片状結晶が周囲に生じているものもあるが、普通非晶質で、1.513~1.519 の屈折率を示すものである。No.13 より僅かに現われ、No.12 では 36.7% に達し、No.11 で 12% に減少する。下層には認められない。

g) 火山玻璃：不定形で板状時に塊状を呈し、表面は平滑乃至縮緬肌で概して無色透明である。非晶質で屈折率は浮石よりも多少低く 1.490~1.500 で再結晶を示すものは認められない。No.14 より現われ表層迄存在するが、其の量は 2~1% で浮石に比較し極めて微量である。

h) 中性長石 帯灰色の極めて新鮮な自形乃至半自形の柱状結晶で、屈折率は $\alpha=1.545$, $\gamma=1.553$, An35% である。浮石と同様 No.13 より僅かに現われ、No.12 及 11 では夫々 27.2%, 23.6% となり sand fraction の主成分をなすに至っている。

i) 紫蘇輝石 黒色で玻璃光沢を有する自形乃至半自形の長柱状結晶で、顕微鏡下では帯褐淡緑色を呈し、多色性が著しく、極めて新鮮で風化は全く受けていない。No. 14 より表層迄極めて僅かに乍ら認められる。

1) Jeffries, C. D., Rolfe, B. N. and Kunze, G. W. : Mica weathering sequence in the Highfield and Chester soil profiles. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 17. 337~339, 1953

j) 普通輝石： 黒色玻璃光沢を有する自形〜半自形短柱状結晶で、顕微鏡下では淡緑色を呈し多色性はない。紫蘇輝石と同様 No.14 より表層迄存在するが、其の量は更に少く各層何れも 1% 以下に過ぎない。

k) 榊石： 新鮮な自形結晶として下層より表層迄極めて僅かに認められる。

l) 黒色不透明鉱物： 比量 2.9 以上の黒色不透明の磁鉄鉱、チタン鉄鉱等を黒色不透明鉱物とした。各層中に極めて僅かに存在し、No. 12, 11 で多少増加の傾向を示している。>200 μ の粗砂中には存在しない。

以上結果を綜括し本土層断面の生成を考察するに、鉱物組成上の著しい事実は、石英、灰曹長石、黒雲母、角閃石、榊石等の一群と、浮石、火山玻璃、中性長石、紫蘇輝石及普通輝石の一群の存在する事で、前者は勿論角閃石黒雲母花崗閃緑岩の風化に由来するものであり、後者は両輝石安山岩の火山灰に相当するものである。之等火山灰系の鉱物中普通輝石、紫蘇輝石及火山玻璃が微量乍ら而も新鮮な結晶として深さ約 1 m の No.14 より認められるが、之は本土層断面の形成が地形的に上方より多少火山性物質を交え本花崗閃緑岩の風化物の運ばれて重つて生じた事を示している。又 No.12 で浮石、中性長石が増加、火山性物質により約 70% 占められるに至っているが、表層の No. 11 では 40 % に減じ寧ろ花崗閃緑岩源の物質が多い。以上の事実並びに土層断面の性状或は形態から考えて、No.15 より No. 12 に至る間の断面形成は地形的に上方より運ばれた事は勿論であるが、No.12 の両輝石安山岩の火山灰の被覆迄その間著しい時間的間隙はなく、植物の生育が行われると共に腐植に富んだ No. 12 が形成せられ、其後雨水の侵蝕により上方から運ばれた花崗閃緑岩の風化物並びに火山灰の混合物により被われたものと思われる。尙こ、で表層の主成分である両輝石安山岩の火山灰であるが、普通輝石、紫蘇輝石或は中性長石何れも未風化の状態にあり、浮石、火山玻璃にも何等再結晶は認められず、従つて未だ風化並びに土壌の生成過程に関与しているとは考えられない。

次に各層の鉱物組成から本土層断面の風化よりみた特性を考えるに、造岩鉱物の風化に就いて Goldich¹⁾ はその難易を

とし、olivine は有色鉱物中最も風化が早く、次で augite, hornblende, biotite であり、又無色鉱物では calci-plagioclase が最も早く Na が多くなる程安定となる。又 K-feldspar は更に安定で muscovite は quartz 以外の造岩鉱物中最も安定であるとし、而も又有色鉱物は無色鉱物よりも不安定であると結論している。又 McClelland¹⁾ は風化の系列を olivine > labradorite > muscovite > augite > hornblende > anorthoclase > phlogopite > microcline > albite = biotite とし、Marel²⁾ は basic volcanic glass > olivine > hypersthene > biotite > augite > amphibole > anorthite > epidote > bytownite > andesine > oligoclase > muscovite > garnet > orthoclase > microcline > albite > allanite > zircon > staurolite > rutile > tourmaline > quartz と結論している。更に Graham³⁾ は風化の難易を四段階に区別した。即ち最も不安定のものより挙げれば次の通りである。

- I. Olivine, apatite, anorthite, bytownite
- II. Biotite, augite, hornblende, garnet, epidote, labradorite, andesine
- III. Staurolite, orthoclase, microcline, albite, oligoclase,
- IV. Quartz, muscovite, zircon, tourmaline, rutile, ilmenite, anatase, kyanite, titanite, magnetite

本土層断面に於ける各造岩鉱物の風化の系列は hornblende > biotite > orthoclase > quartz であり、Goldich, Marel 或は Graham の風化系列と略一致するものである。即ち本地域に於ける花崗閃緑岩の風化作用が角閃石より始まり、黒雲母、灰曹長石、正長石へと続いた事は明かである。

斯様な角閃石の如き塩基に富んだ鉱物の風化作用が初期に行われると云う事実に、他の塩基性鉱物の風化と共に、たとえ現在本土壌の pH が 5.8~6.5 であるけれども、少くとも花崗閃緑岩の風化の初期に於ては塩基に富んだ環境を作り、一時的には塩基性岩の風化に近似した状態を生じたものと考えられる。

斯様に母岩の風化並びに土壌化作用が母岩の性質、鉱物の風化に対する抵抗性、気候環境特に降水量、地形等によつて其の経過並びに性質の規定される事は明かであろう。花崗閃緑岩の風化過程が最初角閃石の如き有色鉱物の風化に始まるため、其の初期に於ける土壌は塩基性岩の風化と略類似した塩基に富んだ状態に置かれるものである。併し勿論かゝる状態は花

1) McClelland, J. E. : The effect of time, temperature and particle size on the release of bases from some common soil forming minerals of different crystal structure. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., **15**, 301~307, 1950

2) Marel, H. W., J. Sediment. Petrol., **18**, 24~29, 1948

3) Graham, E. R. : Soil. Sci. Soc. Amer. Proc., **14**, 300~302, 1950

崗閃緑岩の風化物が本岩に特有な砂質なものとなるため、塩基の溶脱と共に急激に失われると思われる。

尙 sand fraction 中に多量に存在し、Goldich 或は McClelland にしても抵抗性の強い鉱物としている黒雲母の風化に対する抵抗性に就いて一言すれば、単に sand fraction 中の量的関係からみれば母岩のそれとは逆に其の量極めて多く、機械的風化は著しくない。併し既に述べた様に、本鉱物は加水黒雲母と称す可きで、示差熱分析、X 線粉末写真或は化学分析の結果では既に illite, kaolinite に近い性質を示しており、又 sand fraction 中に角閃石が僅か乍ら新鮮な結晶を残すに反し、所謂新鮮なる黒雲母と称す可きものは認められない。勿論本鉱物は風化の初期に於て土壤の粘土分に主要な役割を演ずると思われぬが、風化に対する抵抗性と云う点からみれば McClelland の如く最も安定な鉱物とするのは疑問であり、Graham 或は Marel 等の述べている様に角閃石等と同列に入れる可きものと考えられる。

(未完)

静岡県廣長鑛山産のクローム鐵鑛に就て

On the chromite from the Hiroosa mine, Shizuoka Prefectore,

北 原 順 一 (Jun-ichi Kitahara)*

Abstract; The chromite bodies at the Hiroosa mine consist of massive chromite, of grains disseminated in serpentinite.

In thin section the dusty magnetite and yellowish brown chlorite are abundant in darker variety of serpentinite, but in greenish serpentinite those are scarcity.

Chromite in serpentinite rarely has black margins and is crossed by black opaque material, presumably ferrian chromite or chromian magnetite.

Chromite samples analyzed by the present writer gave a content of Cr_2O_3 ranging from 47 to 52% and Cr/Fe ratio of 1.7 to 2.1. It appears likely that there may be systematic variation from spinel molecule to magnetite molecule in composition of the chromite. It seems that Fe_2O_3 is concentrated in the residual solutions.

* 島根大学理学部地学教室