

# 含ニッケル紅土の研究

田久保 實太郎

鵜飼 保郎

## 序 言

本研究は嘗て大江山鑛山として稼行の對象になつていた含ニッケル紅土を對象として研究したものである。

大江山鑛山は京都府與謝郡與謝村字櫻谷及石場にあつて日本冶金工業株式會社の經營に係り昭和20年8月の終戦時迄ニッケル鑛を目的として稼業を繼續してゐた鑛山である。鑛床は大江山(832.6m)の北方地域に分布する橄欖岩<sup>(1)</sup>及其の變成物たる蛇紋岩<sup>(2)</sup>及び其の中に岩脈をなして分布する輝綠岩<sup>(2)</sup>が風化剝削作用によつて崩壊堆積した岩屑が風化作用<sup>(4)</sup>によつて分解果成した含ニッケル紅土<sup>(5)</sup>である。紅土の分布區域は凡そ30萬平方メートルでこれ迄鑛石として露天堀されてきた紅土層を勿論場所によつて相違しているが大體6米程度の深度迄であつた。鑛石中のニッケル含有量も場所により又深度により變化しているが平均凡そ1%以下の極めて低品位のものであつた。露天堀した鑛石は同郡須津村廣瀨にある製鍊工場にてニッケルルツペとなし製鋼需要に應じたものである。本鑛山の地質及鑛床に就ては既に木下、瀧本兩博士及び菊地氏の詳細な研究報告及石和田、榊形氏の報告等がある。一般に橄欖岩及蛇紋岩の様な超塩基性岩石<sup>(6)</sup>は風化作用により分解され易くこれを起原とする所謂ラテライト型鑛床は東亞地域に廣く分布し原岩中の鐵ニッケル及びクロム成分が特に濃縮富化されてゐる特徴がある。斯様に此の種岩石の風化作用による特殊成分の富化される事の研究即ち紅土化作用の地球化學的機構に關する研究は今日迄尙未だ充分に行われていない様である。著者は當鑛床に存する紅土及其の原岩の化學成分を明にしてそれを比較することによつて風化作用の化學的經過を考察し且風化作用に與る地表水として炭酸水を考へ其れに對する此の種岩石の分解反應を實驗的に究明して紅土化作用の地球化學的機構に關する妥當な解釋を試みんことを企圖したのである。

## 橄欖岩、蛇紋岩

本岩は大江山北方の山嶺部から東方佛性寺部落に到る區域及び赤石嶽の中腹から山頂部に到る區域に於て古生層を貫入して分布し多くは蛇紋岩に變質しているが尙新鮮な橄欖岩として存する所もある。此の岩域中には蛇紋岩を母岩とし又その岩漿作用に起原を持つ銅鑛床及クロム鑛床を包括する河守鑛山がある。大江山鑛床は前述の様に本岩屑の一種の岩錐堆積物の風化分解した含ニッケル紅土で其の中に大小の岩塊が轉在している。岩塊の

外殻部は何れも赤褐色粘土状に分解しているが中核部は肉眼的に均質の稍々硬い暗緑色の新鮮な部分が残っているものがある。此の部分の薄片を顕微鏡で検すると蛇紋石を主成分とし角閃石、磁鐵礦、褐鐵礦等がある。初生の橄欖石を残存するものは極めて少い。

本岩の露頭に於て採取したもので稍々蛇紋岩化した橄欖岩及び紅土中に轉在する玉石の尙新鮮に保存せられる中心部の黒緑色の蛇紋岩の分析結果は次の様である。次表中(1)は前者の分析結果であり(2)は後者の分析結果である。

成分	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	MnO	NiO	H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	S	CO <sub>2</sub>	計
(1)	53.74	0.15	6.58	0.30	35.12	0.96	0.18	—	—	0.10			
(2)	42.93	2.71	1.01	4.73	0.93	37.83	0.93	0.18	6.24	1.10	—	1.30	99.89

(1) 大江山鑛山試験係分析 (2) 鶴飼分析 試料(2)の分析結果から各成分のモル数を計算しそれによつて主要な構成礦物の百分率を求めると大體次の様である。

蛇紋石 79.58% 磁鐵礦 1.45% 角閃石 9.53% 斜長石 4.67%  
菱苦土礦 2.49% 水分 1.10%

蛇紋石を構成する SiO<sub>2</sub>, MgO, H<sub>2</sub>O 成分のモル数の比を求めると

$$\begin{aligned} \text{SiO}_2 : \text{MgO} : \text{H}_2\text{O} &= 6086 : 9087 : 3467 \\ &= 2.01 : 3 : 1.14 \\ &= 2 : 3 : 1 \end{aligned}$$

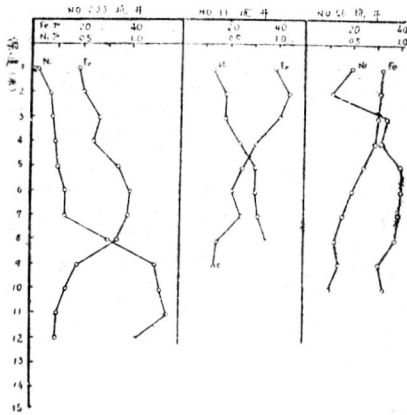
である。これによつて蛇紋石の化學組成は次の様に酸性マグネシウム正珪酸鹽<sup>(7)</sup>と考へられる。 $3\text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O} = \text{Mg}_3 \text{H}_2 (\text{SiO}_4)_2$

## 紅 土

紅土は橄欖岩蛇紋岩及び輝綠岩等の岩屑の風化分解による果成物で大江山の西方山麓地に廣く分析する粘土である。色は赤褐色、褐色緑褐等あつて場所により又紅土層の深度によつて異つてゐる。一般に地表部は赤褐色粘土で深度を増すに従つて褐色より緑褐色と變化する傾向を持つてゐる。斯様な色の變化によつて其の成分も異り鐵分の含有量は赤褐色或は褐色粘土に多く綠色味を増すに従つて少く=ツケル成分は赤褐色或は褐色粘土に少く寧ろ綠色味を帯びると増加する傾向がある。従つて=ツケル成分の含有量は深度を増すと共に増大し或る深度に於て最大富鐵部を示している。=ツケル分の斯様な垂直的分布の變化は木下及び瀧本兩博士の報告中に第2號第7號坑井の例に就て示されている。斯の如き=ツケル分の垂直分布の變化と類似の變化は鐵、クロム、コバルト成分に就いても見られ菊地氏の報告中に第46號坑井の例に就て述べられてゐる。而も斯様な最大富鐵部の深度は或る坑井では可なりの深度に見られ或る坑井で地表近く存在し、又或る坑井で殆んど地表部に在つて場所によつて異なる。茲に第233號坑井第11號坑井及び第46號坑井の例をとつて鐵=ツケル分の垂直的分布を示すと第1圖の通りである。

同圖によると第233號坑井で最大富鐵部の深度は大であるが第46號坑井で其の深

第 1 圖



度は地表近い浅所にある。尙更に最大富鉄部の深度は成分により相違し第1圖に示す様にニッケル分の最大富鉄部の深度が鉄分の最大富鉄部の深度よりも大である。このことは鉄床中の多数の坑井に就て見られる。

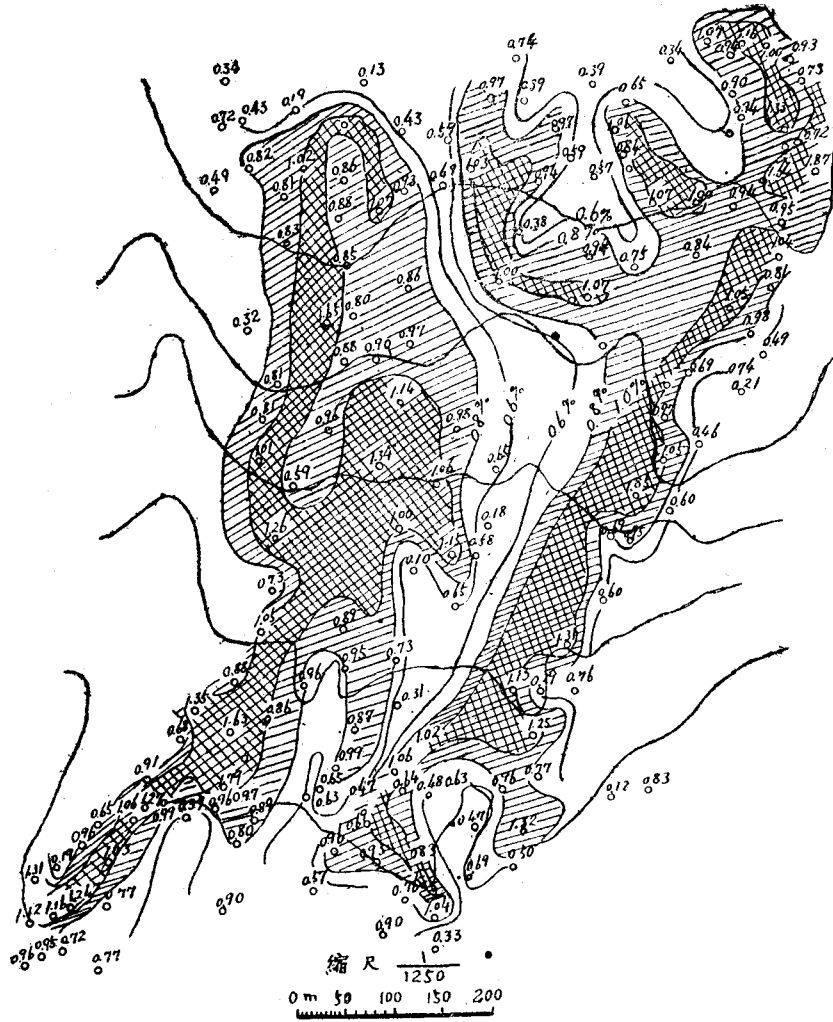
蛇紋岩が地表水に接して分解せられる場合其の結果地表水中に溶出せられるものはマグネシウム、カルシウム、鉄、ニッケル等である。其の時最も容易に分解せられるものは鉄、マグネシウム鉱物で最も多量に溶出せられる成分はマグネシウムであつて  $MgCO_3$  或は  $Mg(OH)_2$  となりて溶出せ

られてゐる。勿論  $MgCO_3$  或は  $Mg(OH)_2$  の溶解積<sup>(8)</sup>は可成り小さい値であつて従つて溶解度は左程大きな値のものではない。然し  $MgCO_3$  或は  $Mg(OH)_2$  の溶解の結果地表水は弱酸性のものから鹽基性のものに變化する筈である。今地表水が一定所に貯溜せられることなく岩屑堆積物を分解し乍ら浸透する場合には浸下に伴つて漸次  $MgCO_3$  或は  $Mg(OH)_2$  の溶存量は増加し従つて弱酸性の溶液は深度の増加と共に鹽基性の液となる。従つて水分の PH 値の垂直的分布は深度と共にその値を増加し或る深度に於て最大 PH 値に達する筈である。然るに浸下する地表水によつて蛇紋岩が分解酸化せられマグネシウム分と共に其の中に溶出した鉄及びニッケル分はそれぞれ或る PH 値の溶液中から固定附加せられる筈であつて或る特有深度に於て其れ等の含有量が最大値を示すことは當然のことと考へられる。而も PH 値の垂直的分布は地表水の浸下の速度により異なる事は當然であつて、従つて鉄ニッケル分の最大富鉄部の深度が場所によつて異なることも亦當然のことと考へられる。第1圖に示す第233號坑井の場合に最大富鉄部の深度の大なる處は地表水の浸下速度の大なる處で第46號坑井の様に最大富鉄部の深度の小なる處では浸下速度の小であることが考へられる。然るに浸下速度が著しく大であるが或は岩屑堆積層の厚さが左程大きくない場合には PH 値の深度による變化は地表から基磐迄漸次増加する一方的的變化であつて、従つて又ニッケル或は鉄分の最大富鉄部が見られない場合も當然考へられ得るのである。探鉄の目的で鉄床中に行はれた多数の坑井に就て深さ1米毎に採取した紅土の化學分析によつて各成分の垂直的分布を求め最大含有量の値を其の坑井の値として各成分の等品位曲線を作製した。第2圖及び第3圖は斯くして得たニッケル及び鉄分の等品位曲線圖である。此の等品位曲線は地表紅土の品位に依つて作られたものでないで現在の地形に必ずしも影響せられるものではない。

### 泥ニッケル鐵

紅土層中に轉在する蛇紋岩塊の裂罅中或は蛇紋岩分解の粘土中に局部的に濃集して存す

第 2 圖 ニッケル等品位曲線

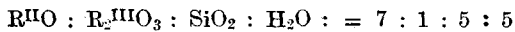


る綠色粘土狀の二次的鑛物<sup>(9)</sup>を茲に泥ニッケル鑛と稱した。一般にニッケル品位の高い青粘土と稱せられるものは鐵の含有少く帶綠色を呈し或る任意の割合に本鑛物を其の中に混在する結果とも考へられる。本鑛物の化學成分は次の如し。

成分 SiO<sub>2</sub> MgO FeO Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> CaO NiO H<sub>2</sub>O → H<sub>2</sub>O +

31.12 26.50 0.14 12.41 2.90 2.44 3.99 5.80 9.97

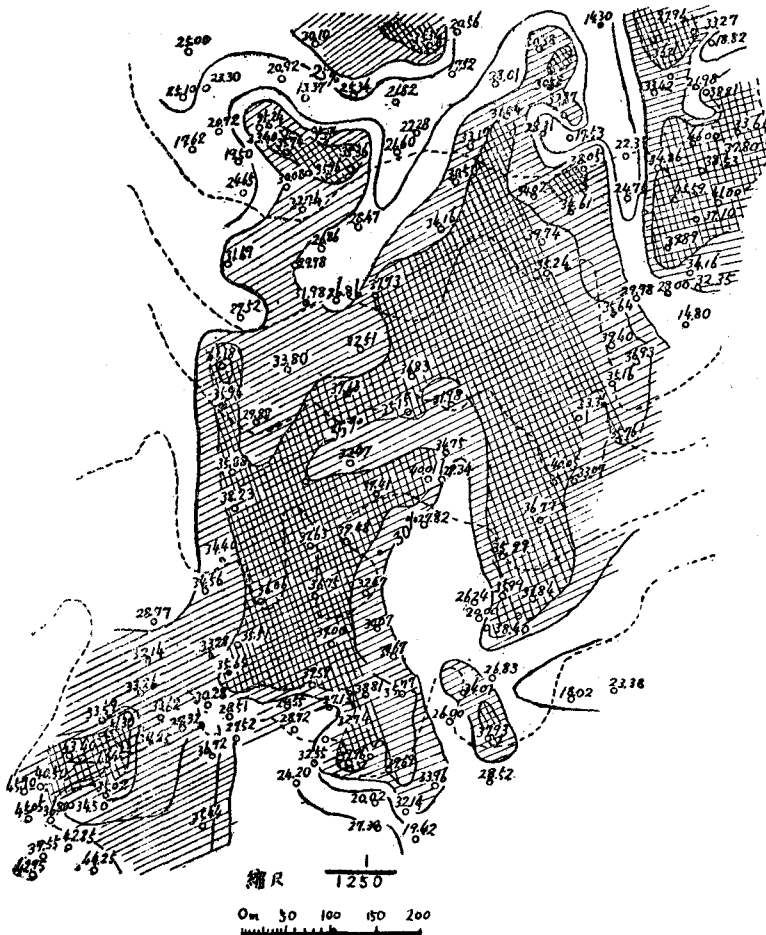
此の鑛物は化學成分の點では此の種鑛床に伴ふガーニエライト<sup>(10)</sup>鑛物と異なつてゐる。今其の化學組成を定める爲に各成分の分子數の比を求めると次の如き關係を示す。



従つて化學式は  $7R^{II}O \cdot R_2^{III}O_3 \cdot 5SiO_2 \cdot 5H_2O = R_7^{II}R_2^{III}(SiO_4)_5H_2O$ .

R<sup>II</sup> : Mg, Ni, Ca, Fe<sup>+</sup> R<sup>III</sup> : Fe<sup>+</sup>, Al.

第 3 圖  
鐵等品位曲線



従つて本礦物マグネシウムの一部をニッケルで置換せる綠泥石類の一種と考へられる。

#### 風化作用に依る蛇紋岩の紅土化作用

紅土化作用の機構を研究する爲には原岩石の化學組成と風化作用に依り化成せられた紅土の化學組成を比較する事が重要な問題である。然し作ら紅土の試料としては一般の紅土堆積物は完全に紅土化作用を蒙つていない場合もあり或いは地下水からその溶存せる成分の一部を添加されている場合も考へられるので此の目的に適さない。従つて紅土堆積層中に散在する玉石を選んでその試料とした。

小さな玉石は殆んどその中心部分迄紅土化作用が進行している爲に原岩石の構造を殆んど残置していないが大きな玉石ではその中心部分は比較的新鮮な原岩石よりなり外部に向つて次第に紅土化作用を著しく蒙つている。著者は斯る比較的大型の玉石を選んで試料と

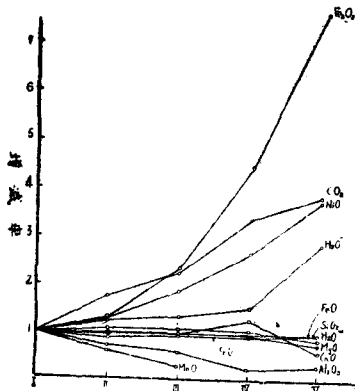
しその中心部から外殻部に5ヶの同心等間隔帯に分割し、其の各々の試料に就き分析をした。此の玉石の全重量 485 瓦あり外殻部の 5~8 m.m. は赤褐色の粘土物質に分解されているが中心部に進むに従ひその分解作用の程度を次第に減じている。各帯の分析結果は下の如し。

成分	I	II	III	IV	V
SiO <sub>2</sub>	42.93	42.15	42.05	40.44	42.34
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.71	1.96	1.66	0.64	0.89
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.01	1.33	2.42	4.57	7.82
FeO	4.73	4.43	4.56	4.58	4.74
CaO	0.94	1.24	0.88	1.19	0.58
MgO	37.83	37.48	36.21	35.35	30.03
NiO	0.18	0.23	0.34	0.49	0.69
MnO	0.93	0.58	0.30	—	—
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	6.24	6.85	6.80	6.53	5.47
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	1.10	1.39	1.50	1.70	3.19
CO <sub>2</sub>	1.30	2.29	2.98	4.45	5.10
計	99.90	99.92	99.70	99.94	100.85

左記分析の結果から紅土化作用の進行に伴ふ蛇紋岩の成分變化を第5圖に示し更に各部分に於ける含有各成分を中心部のそれに相應する成分率に對する増減比率を求めそれを第4圖に示した。

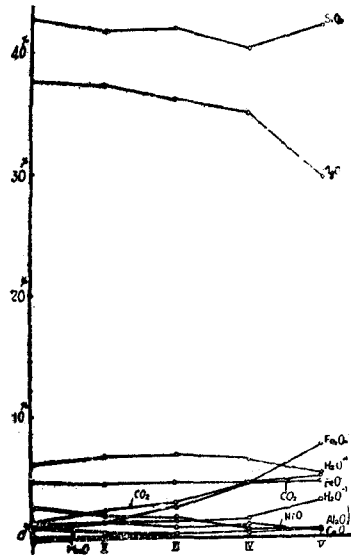
上記分析結果から紅土作用による蛇紋岩の成分變化は次の様に要約せられる。

第4圖

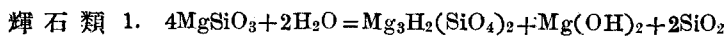


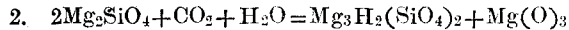
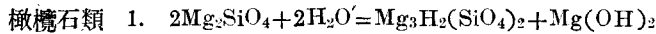
1. 著しく増加する成分 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>O<sup>-</sup>, CO<sub>2</sub>
2. 著しく減少する成分 MgO
3. 稍々増加する成分 NiO
4. 稍々減少する成分 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MnO
5. 殆んど變化せない成分 SiO<sub>2</sub>, FeO, CaO

第5圖

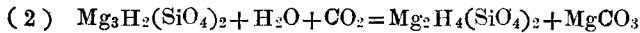
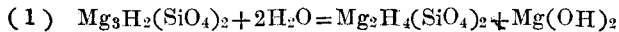


今比較的新鮮な蛇紋岩と考へられる中心部の分析結果からノルム計算に依りその中に凡そ80%余を含有する蛇紋石の化學組成を求めると前述の様に Mg<sub>3</sub>H<sub>2</sub>(SiO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> となる。従つて橄欖岩が蛇紋岩化作用を蒙りたる場合は其の中に含まれる輝石類、橄欖石類は次の様な化學變化を受けたものと考へられる。





紅土化作用の最も進んだ外殻部の分析値に於て菱苦土鑛に該當する  $\text{MgO}$  の分子を控除した殘餘の  $\text{MgO}$  及び  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}^{+}$  の分子比は 2 : 2 : 1 となり其の主成分の化學組成は  $\text{Mg}_2\text{H}_2\text{Si}_2\text{O}_7$  となる。然し斯る組成の化合物は恐く次の生成物  $\text{Mg}_2\text{H}_4(\text{SiO}_4)_2$  の脱水物で従つて蛇紋石の分解反應は次の様に考へられる。



上記の反應式を考へると當然次の結果が期待せられる。

(1)  $\text{MgO}$  成分と  $\text{SiO}_2$  成分の分子比が相等しきこと。

(2)  $\text{MgO}$  成分が  $\text{MgCO}_3$  或は  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  として流出する結果  $\text{MgO}$  成分の含量が減少すること。

(3) 溶解積の小さい  $\text{MgCO}_3$  或は  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  が一部分沈積して特に外殻部に  $\text{CO}_2$  の含量が大となること。

此等の事實は化學分析の結果と符合する。

斯様な分解反應に於て鐵分は  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ ,  $\text{FeCO}_3$ ,  $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$  となつて溶出する筈であるが  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ,  $\text{MgCO}_3$  の溶出による PH 値の増加のため及び空氣を溶存することによる酸化作用のために  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  として直に沈積せられると考へられる。

=ツケルは恐く原岩中に硫化物として存在するだらうことは原岩中に必ず硫黄分が 1/10 % 程度存在すること及び又河守鑛山に於ては本岩の岩漿作用に起原を持つ硫化鑛脈を生成していることから考へれる。

然るときは酸化作用の結果  $\text{NiSO}_4$  として溶出せられ溶液の PH 値が或る程度増大した状態の下に前述の泥=ツケル鑛として固定せられたものと考へられる。

### 蛇紋岩の炭酸瓦斯飽和水に對する分解作用

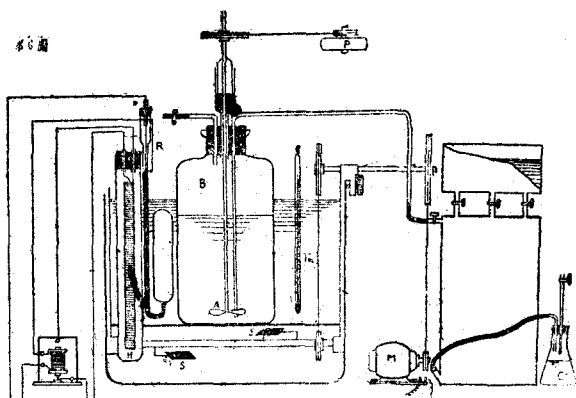
蛇紋岩の風化作用の真相を究明實證する手段として次の様な操作の下に實驗を行つた。風化作用を蒙らない比較的新鮮と思われる蛇紋岩を粉碎し之れを 5.8822 瓦を採つて容量 500 c.c. の反應瓶に入れ蒸溜水 350 c.c. を注加してこれを炭酸瓦斯で飽和せしめた。該反應瓶は恒溫槽中で溫度  $25^\circ\text{C}$  に保持し反應液は絶へず攪拌して反應作用を促進せしめた。斯くして 1 週間を經過する毎に上澄液 100 c.c. を吸出しこれを濾過した濾液中の溶解物質を定量した。反應瓶中には分析用液採取毎に飽和炭酸水 100 c.c. を補充して常に其の容積を一定にした。斯様な操作を 30 週間繼續した結果は次の如く要約することが出来る。

1)  $\text{MgO}$  成分は最初の 1 週間の溶解量が著しく大でそれ以後の溶出量は著しく減少する。

2)  $\text{CaO}$  成分は 2 週間目の溶出量が最も大で其の後の溶出量は漸次減少する。

3) SiO<sub>2</sub> 成分は最初の1週間目に原含量の0.44%溶解し以後の溶出量は極めて微量である。

第 6 圖



- |             |             |
|-------------|-------------|
| B 反應瓶       | M モーター      |
| R 温度調節器     | H 電熱器       |
| Tm 寒暖計      | A 攪拌機       |
| T 炭酸瓦斯貯藏タンク | S スクリュー     |
| C 炭酸瓦斯發生器   | P タービン(水壓式) |

ある。

4) Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 成分は7週間迄は殆んど溶解せないが8週間目から微量溶解する。

5) MnO 成分は6週間目迄は殆んど溶解せないが其れ以後微量溶解する。

6) NiO 成分は30週間目迄殆んど溶解せない。

各成分の溶出量及び原含量に対する溶出量の百分率を示すと次の通りである。尙本實驗装置を第6圖に示す。

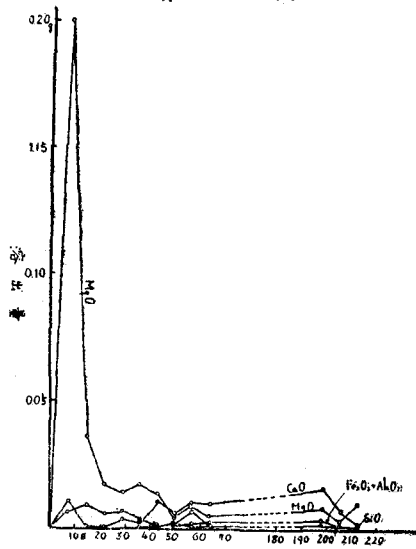
成分 時間	SiO <sub>2</sub>		Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		CaO		MgO		MnO	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
7	11.2	0.44	—	—	7.0	12.66	200.2	9.00	—	—
14	0.4	0.02	—	—	9.7	17.54	35.8	1.61	—	—
21	0.3	0.01	—	—	5.3	9.58	17.8	0.30	—	—
28	3.4	0.17	—	—	6.6	11.98	14.7	0.64	—	—
35	1.7	0.07	—	—	3.0	5.42	17.0	0.76	—	—
42	11.7	0.46	—	—	1.7	3.07	13.5	0.56	1.8	3.29
49	5.6	0.22	—	—	1.6	2.89	3.8	0.17	1.5	2.74
56	9.6	0.38	1.1	0.22	6.2	11.21	9.1	0.40	1.3	2.37
63	9.3	0.13	2.0	0.44	3.7	6.69	4.8	0.22	0.6	1.10
↑ ↓										
198	15.3	0.61	3.2	0.64	1.4	2.53	7.6	0.34	—	—
205	7.6	0.30	1.6	0.32	1.8	3.25	3.0	0.13	—	—
212	1.9	0.08	2.1	0.42	1.7	3.07	10.6	0.48	—	—

A : 溶出量 (珓)  
B : 原含量に対する溶出量の百分率

溶出量の變化を第7圖に示す。CaO, MgO の溶出は最も顯著であるが其の他の成分は殆んど溶出しなない。212日間の處理で CaO は初めの含量の89.84%を溶出し MgO は15.11%を溶出した事になる。従つて残留する SiO<sub>2</sub>, MgO の比率は 1 : 1.15 の値を示し殆んど等しい結果となる。上記の事實は蛇紋岩が風化作用により次の様な反應を行つて玉石の外殼部分の化學組成に變化する事を示すものである。即 Mg<sub>3</sub>H<sub>2</sub>(SiO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>Mg<sub>2</sub>H<sub>4</sub>(SiO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>° 此の實驗を繼續して試料全部の粒子を完全に分解せしめるなれば上記の反應式が完全に適用せ



第 7 圖



Fe, Al は溶出し初める筈である。本実験に於て反應液は空氣を遮斷した状態で炭酸瓦斯を飽和せしめた爲に、元來硫化物として存在するニツケルは殆んど溶出せられなかつたものと考へられる。

## 結 論

- (1) 著者は紅土の化學的及び礦物學的組成をその原岩石と比較し更に炭酸瓦斯を飽和せる水でこれらの岩石を分解せしめる實驗を行つて紅土化作用の地球化學的な機構を究明し様と考へた。
- (2) 一部分蛇紋岩化した橄欖岩の化學組成は含水マグネシウム正珪酸塩  $Mg_3H_2(SiO_4)_3$  であつて橄欖岩が蛇紋岩化せられる時には輝石、橄欖石類は次の様な化學反應を行ふのであると考へられる。

### 輝石類

- 1)  $4MgSiO_3 + 2H_2O = Mg_3H_2(SiO_4)_2 + Mg(OH)_2 + 2SiO_2$
- 2)  $4MgSiO_3 + CO_2 + H_2O = Mg_3H_2(SiO_4)_2 + MgCO_3 + 2SiO_2$

### 橄欖石類

- 1)  $2Mg_2SiO_4 + 2H_2O = Mg_3H_2(SiO_4)_2 + Mg(OH)_2$
- 2)  $2Mg_2SiO_4 + CO_2 + H_2O = Mg_3H_2(SiO_4)_2 + MgCO_3$

- (3) 蛇紋岩の風化分解物である處の紅土の化學組成は  $Mg_2H_2Si_2H_7$  でこれは  $Mg_2H_4(SiO_4)_2$  の脱水生成物であると考へられる。従つて蛇紋岩が分解する時には次の様な化學反應式を考へる事が出来る。

- 1)  $Mg_3H_2(SiO_4)_2 + 2H_2O = Mg_2H_4(SiO_4)_2 + Mg(OH)_2$
- 2)  $Mg_3H_2(SiO_4)_2 + H_2O + CO_2 = Mg_2H_4(SiO_4)_2 + MgCO_3$

られることになる。又 MgO は最初の 1 週間目に最も顯著に溶出し漸次其の溶出量を減少してゐる事は試料の各粒子の外殻部は直に  $Mg_3H_2(SiO_4)_2$  に變化し大部分の MgO 成分を  $Mg(OH)_2$  或は一部  $MgCO_3$  として溶出するが反應が内浸するに従つて反應量を減じ同時に MgO 成分の溶出量を減少する結果を來すことになる爲であらう。CaO 或は MgO 成分が溶出すれば溶液は水素イオン濃度を減じアルカリ性となるが故に Fe, Al は  $Fe(OH)_3$ ,  $Al(OH)_3$  の溶解積が極めて小なる爲めに殆んど溶解せず残渣中に固定せられると考へられる。然るに MgO 成分の溶出が完全に行はれることとなれば當然

(4) 橄欖岩や蛇紋岩の分解過程に於ては Mg, Ca の多量が循環水中に溶出せられ従つて地下水を弱酸性から弱アルカリ性に變化せしむる結果となり一度溶解した Fe, Ni は斯るアルカリ性の溶液中では再び沈澱することになる。従つて此等の元素は地下或る深度に於て最大の含量を示す事が當然考へられるのであるが現地に於ける Fe, Ni の等品位曲線が此の事實を實證してゐる。

(5) 上記の事實は一方又蛇紋岩を炭酸瓦斯で飽和した蒸溜水で人為的に分解せしめた實驗に依つても證明する事が出来た。

即 Ca, Mg の溶出せられる量は其の他の成分より遙に著しく 212 日間處理する事によつて CaO はその 89.84 % を溶出し MgO は 15.11 % を溶出した。従つて不溶残渣中の SiO<sub>2</sub> と MgO の比率は殆んど等しくなつた。一方水素イオンの濃度は次等に減少し弱酸性より中性に又更に弱アルカリ性へと變化する。従つて Fe, Ni 等の成分はそれらの水酸化物の溶解積が極めて小さい爲に沈澱する事となり、残渣中に次第に濃縮せられる。

一方紅土化作用が完全に進行した時には炭酸瓦斯で飽和した浸透水は弱アルカリ性から再び弱酸性に變化し一度富化せられた Fe, Ni は再びその溶液に溶ける。然し乍ら此の再溶解した Fe, Ni はアルカリ帯に浸入すれば再び直に沈澱する。

紅土中に伴ふ Fe, Ni 鍍床の富化作用は上述の様な過程を長期の地質時代を通じて繰返し行はれる事に依つて作られるものであると考へられる。

(6) Ni は所謂粘 = ツケル鍍中に濃縮せられてゐるが此の鍍物は綠泥石類の一種の鍍物で Mg 原子の一部を Ni 原子で置換した次の様な化學組成のものである。



以 上