

ベリリウムの自然産狀

小文はW・フランクメ氏の論文(Zeitschr. f. prakt. Geol., 41, 1933, s. 35)の逐字的拙譯である。

森 重 夫 譯述

一、緒 言

曩に發表したる報告 (Zeitschr. f. prakt. Geol., 1933, s. 109) に於てベリリウムの工業的利用に關する可能性に就いて簡單に觸れ、事實その可能性は後に廣まつて行つたのであるが當時その研究の二三の結果を豫報しておいた。かくて綠柱石に對する探究は漸次高まりベリリウム諸礦物はいやます興味を持たれて來た。一般に近時に到る迄綠柱石及他のベリリウム珪酸鹽類は貴重なる寶石として視られ金屬工業に對する原料とはならなかつたが、現在では既に金屬工業の原料たらしむ且つ將來に於てはその重要性は益々増加するものと思はれる。綠柱石及他

の各種ベリリウム礦物の將來に就いては今日尙十分明かでないが、現在に於いてはその使用可能性極めて大なるものある事のみ言ひ得られる——以下に於いてベリリウムの地球化學を簡單に吟味したい。

各地の産出狀況——地球上に於けるベリリウム諸礦物の地方的分布狀態を追求すれば、その或る地帯に極めて豊富にして他の各地方は又甚だ乏しい事が判然する。

之らは二三の産ベリリウム地方にまとめ得られ先づ北米東部アレガニー諸州の綠柱石の豊富なる産出が目立つ。この産地はオンタリオ或いはケベックよりニュー・ブランズウィック、メイ

ン、ニュー・ハムプシャー、マサチューセッツの諸州を経てコネクチカット及びニュー・ヨークに到る迄に長い連鎖をなして延びてゐる。之より南では今日判明する所メキシコはベリリウムに乏しく中米諸國又同様とみられてゐる。次はブラジル諸州、特に東部諸州（ミナス・ゲラエス、バヒア）はアルゼンチンと共に北米に亞ぐベリリウムの豊富な地方である。更に又南阿に於いて再びベリリウムの豊富な地方が見出されるが此處ではナマクワランド、レツシング及び東海岸ではマダガスカルが擧げられる。之等の産ベリリウム地方がウェゲナーの意味に於いてアメリカのベリリウム地方とどの程度の關聯を有するかとの問題は、多少は個人の主觀的見解に委ぬるの他はない。歐洲を概觀する時假令フランスの如き、ルーマニヤ、スペインの如き二三のベリリウム礦物堆積が偶々見當ると雖も、著しく綠柱石等に乏しいと言ひ得る。歐洲では之等の關係が兎角明瞭には認め得られぬ。アジャ、インド、ロ

シヤに於いてはこの生成諸關係を明瞭然せしめるには今日知られるベリリウム鑛床が餘りにも尠い。將又地質圖の未だ十分に製作せられ居らぬ濠洲も同様その關係は闡明され得ぬ。然し乍ら必ずやベリリウム諸鑛物に對する工業上の需要が増加せられるに際してこの缺陷は可成に匡救されるであらう。既にソヴェート聯邦地質學委員會に於いては綠柱石に對する組織的探究に着手して居る。

二、一次的産狀

V・M・ゴールドシタットの論文 (Gerald. Beitr. Geophysik, 15(1926), 38—50) に依れば天體の輝く光圈の中にはベリリウムがリシウム、ポロンと並んで少量に發見されると言ふ。之等三元素はその原子構造不完全な爲にそれが形成される蓋然性は著しく小にして且つ安定度も又極く低き。——ロッキヤー (Proc. Roy. Soc., 27, London, 1878, pp. 49 and 279) は太陽の中に分光器に依りベリリウム(反轉太陽スペクトル

の概略波長 $\parallel 3904-3905$)を發見した。——星の中に於ける諸元素の構成可能性の問題に關してアトキンソン及びフーターマンはNature 123 (London, 1929) p. 567並びにZeitschr. Physik, 54 (1929), s. 656に於いて詳細に論じ特にベリリウムに就いて論じて居る。

地殻の組成に於けるベリリウムの割合をゴールドシュミットは最近一千萬分の五と示し、フョークト (Transact. Am. Inst. Min. Eng. 31, New York, 1902, 128) は $\text{O} \cdot \text{O} \cdot \text{O} \cdot \text{O} \cdot \text{O} \cdot \text{O}$ の數字を擧げたことがあるが、筆者は尙之等の數字を過少なるものと考へて居る。

ベグマタイト脈中に於けるベリリウムの現出——ベリリウムは主に極めて酸性の火成岩中に現れ且つ殆んど例外もなく各時代の花崗岩に含まれて居る。之は又主としてベグマタイト中で一次のものとして知られて居る。ベリリウムはそのイオン半徑が小なる爲珪酸鹽類中のマグネシウムと類質同像とはならぬ。因みにベリリウ

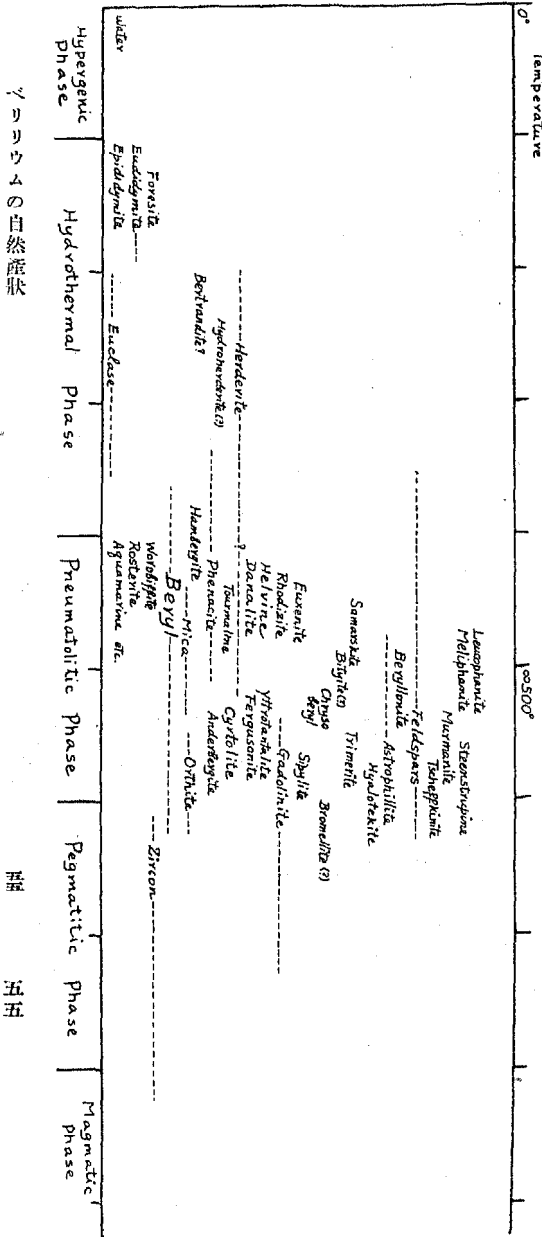
ムのイオン半徑は $\text{Be}^{+2} = 0.34\text{\AA}$ (V. M. Goldschmidt, 1926, 1927, 1928) マグネシウムは $\text{Mg}^{+2} = 0.78\text{\AA}$ である。故にベリリウムは初期晶出のマグネシウムの豊富な、より古期の諸種組成成分に入り込むを得ず、晚期晶出のものの中に押し込まれるのである。ベリリウムは主として加里ベグマタイトに多く含まれて居る。グラウシク (Compt. rend. soc. geol. Finlande, 1929, 70-77) はその際にベグマタイト中のベリリウムの大部分が加里長石晶出後に晶出されることを證明して居る。依て下記の事も言ひ得られる。即ち、例へばアレガニーに於けるが如く多くのベリリウムが山岳運動や構造地質的過程に依り殘餘岩漿がその含加里物の沈澱後に移動される故に最終殘液中に増蓄されうる。之と併せて、ベグマタイトの粒の大きさも亦綠柱石の採取を容易ならしめるものである。

コロンビヤのムズに於ける翠玉鑛床は一見今迄に述べたことの埒外に置かれる如くに見える。

こゝに凝固せる深成酸性岩漿の瓦斯狀分化物が石灰岩に進入せる一例があるがその石灰岩のセリウム含量は兎に角進入交代作用により解決されねばならぬであらう。故に確定せる法則より離れると言ふ事は只外観上の事に過ぎない。

次記の圖は各種文献の研究により、又プロシヤ國立地質調査所の鑛床標本の研究並びにフル

スマンの論文「ペグマタイト」(Leningrad, 1931)によりそれ等を互に補足し確證し合つて作つたものである。圖は一つの坐標軸が左方零度を原点として温度増加を示す。フルスマンに倣ひ當該鑛物の名稱のみを圖中に記入しその際書かれてある語の長さは温度に對する一つの曲線を代表する。——圖は明易に該當鑛物の析出順序の



シリウムの自然産狀

て示されねばならぬのである。

位置を示す。例へば常に到る所に現るべきものではないが、一つの連続的な常規的順序が認められるならばその後續析出を考へることが出来るのである。それ自身既に一緒に溶解して居たもの及び他岩との接觸等の關係その他の要因に依る鑛物析出は、かゝる推定後續析出により更に一層の錯綜せる關係を示すであらう故決して絶対に異論を許さぬ唯一的説明は與へ得られべうもない。この一文はこの方面を主眼とするものである。——フェルスマンはその著書の中に正度約五十度の圖表を載せてゐる。何も之を蔑ろにするわけではないが此處に於いて以下とも温度限界を大約五百度を以て記入した。所でベリリウム諸鑛物では析出物が約五百度内外では氣成相中に觀察されねばならず且つこの變化は綠柱石の析出と同時に起るべきものなる事が他の坐標軸により

(表 I)

I ベグマタイト中の一次ベリリウム鑛物	
1 Bertrandite	$4\text{BeO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$
2 Beryl 綠柱石 (Emerald 翠玉, Aquamarine 藍玉, etc)	$3 \text{BeO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$
3 Beryllonite	$\text{BeO} \cdot \text{NaPO}_3$
4 Bromellite	BeO (硬度=9!)
5 Chrysoberyl 金綠玉	$\text{BeO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$
6 Danalite	$\text{BeO} \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot 5(\text{Fe}, \text{Zn}, \text{Mn})\text{O}$
7 Epididymite	$2\text{BeO} \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot \text{Na}_2\text{O} \cdot \text{H}_2\text{O}$
8 Euclase	$2\text{BeO} \cdot \text{Al}_2\text{C}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$
9 Eudidymite	$2\text{BeO} \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot \text{Na}_2\text{O} \cdot \text{H}_2\text{O}$
10 Gadolinite	$2\text{BeO} \cdot \text{Y}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot \text{FeO}$
11 Hambergite	$4\text{BeO} \cdot \text{B}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$
12 Helvine	$3\text{BeO} \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot 3(\text{Mn}, \text{Fe}, \text{Zn})\text{O}$ (Mn, Fe, Zn)S
13 Herderite	$\text{BeO} \cdot \text{CaO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5$
14 Leucophanite	$\text{Be}(\text{Ca}, \text{Na})_2\text{Si}_2(\text{O}, \text{OH}, \text{F})_7$
15 Meliphanite	$\text{Be}(\text{Ca}, \text{Na})_2(\text{Si}, \text{Al})_2(\text{O}, \text{F})_7$
16 Phenacite	$2\text{BeO} \cdot \text{SiO}_2$
17 Rhodizite	$7\text{BeO} \cdot 4(\text{K}, \text{Na}, \text{Li}, \text{H})_2\text{O} \cdot 7\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3$
18 Trimerite	$3\text{BeO} \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot \text{CaO} \cdot 2(\text{Mn}, \text{Fe}, \text{Mg})\text{O}$

(表 II)

ベリリウムの自然産状

II 微量のベリリウムを含む一次ペグマタイト鉱物

19 Allanite(Orthite) 網簾石	3.71%以下のBeOを含有する
20 Alvitte	一分析にてBeO + Al ₂ O ₃ = 14.73%
21 Astrophyllite 星葉石	屢Si ^{IV} がBe ^{II} で置換される
22 Bitvite	7(Be, Ca, Li ₂ , H ₂)O·4Al ₂ O ₃ ·5SiO ₂
23 Frdmannite	BeO含量3.16%以下
24 Euxenite	屢BeOを含む
25 Eergusonite	BeO = 0.40%(ピアニツキイ)
26 Foresite	ネーゼンフェルトに依ればBeを含むと
27 Hyalotekite	BeO = 0.75%(リンドストローム)
28 Leucite 白榴石	BeO含有の疑がある
29 Mica 雲母	屢Si ^{IV} がBe ^{II} で置換されてゐる
30 Murmanite	ホーゼンフェルトはBeを含むと言ふ
31 Plagioclase 斜長石	屢BeOを含む
32 Samarskite	0.64%BeO(プロームストランド)
33 Sipylite	BeO = 0.62%(マレット)
34 Steenstrupine	BeOは僅少量
35 Tourmaline 電気石	9-11%BeO(デルター及びトルクイスト)
36 Tscheffkinitite	2.15%BeO(バージェヤのハット・クリーク産)
37 Water 水	所によりBeOを含むことあり(フランクライヒ)
38 Yttrotantalite	BeO = 0.58%以下(ピアニツキイ)
39 Zircon 風信子鑛	BeO含有の疑ひあり

(表 III)

毛

III 接觸鑛物に於けるベリリウムの産出

40 Barylite	Ba ₄ Al ₄ Si ₇ O ₂₄ (デルター), ニュー・ヂャーシー州フランクリン産のものでは BeO 15.77% (?) を含んでゐる。尚バラへ及びパウエルのこの報告(Am. Min., 1931) は多分間違ひがあらう。
41 Berylliumhumite	スイス・アラリンホルン地方産のものでは BeO = 1.75%
42 Cyprine (Vesuvianite)	ニュー・ヂャーシー州フランクリン産のもので 9.20%BeO (?)

五七

表中四十番乃至四十二番は接觸礦物で之らは一見今迄述べた所に一つの例外をなすが如くに見える。然しゴールドシュミットの物質移入を起す接觸變質は實に氣成相に近いものである。尙ベリリウム含有諸種接觸礦物がその温度限界内のベグマタイト構成分諸礦物と如何に懸隔するかは今述べないであらう。

三、二次的産狀

以下に於いては一次性諸種ベリリウム礦物の物理的並びに化學的分解とそれらを含有する諸岩石とを區別する。——物理的分解には水、水、風及び人間活動等種々の營力がある。——又有機諸要素を部分的に包含する化學的分解は一次礦物の變形を以て終局とする。

ベリリウムは碎屑物質の存在する限り往々にして若干のベリリウム礦物の形をとつて再び

寶石砂鑛

金砂鑛

錫石砂鑛

モナズ石砂鑛

の中に一緒に出る。

物理的分解生成物

寶石砂鑛——金綠玉及びその變質種アレキサンダーは有名な金綠玉の發見地セイロン島及びサフラガム州内で電氣石、青玉及び尖晶石と一緒に存在するのを見る (Liffa: Zeitschr. Kristallogr., 36, 1902, s. 606 参照)。更にブラジルのミナス・ゲラエス州の金剛石砂から出る金綠玉、及びこの金剛石砂とバヒヤのシンソラレンソエス地方の金剛石砂 (Schlossmacher: Edelsteinkunde, 9, 1932 参照) とより出るユークレーズとは共に周知のものである。ブラジルに於いては尙金剛石洗鑛で翠玉と藍玉とが電氣石等と共に見出される。

金砂鑛——之では南ウラル、サナルカ河中にユークレーズの産出 (Zeitschr. Kristallogr., 41, 1906, s. 186; 57, 1922—23, s. 407) がある。又ラクロアに依れば金綠玉結晶が發見されたマダガスカル島のイルファムピナ及びラ・ベラムバに

金を産出する沖積層がある。クルーゲ (Handb. Edelsteinkunde, s. 311.) はアルプスのクエツト・ボーマン河の金砂鑛中の昔あつた翠玉産出と尙この種の二三の産出とを擧げてゐる。

錫砂鑛——ペタードは彼の鑛物目録 (1896) 中にタスマニヤ、モーリナの錫石砂中のユークレースに言及してゐる。日本高山の錫砂中の金緑玉は和田氏 (Zeitschr. Kristallogr., 43, 1907, s. 281) によつて記載されてゐる。

モナズ石砂鑛——緑柱石がモナズ石、錫石、風信子鑛及び金剛石と一緒に見出されるブラジル (バヒヤ) のモナズ石砂が色々引用されるが尙この緑柱石含量は書改められよう。獨逸アウエル瓦斯白熱燈會社の報ずる所に依れば緑柱石含量はモナズ石砂の加工上多年の經驗から常にベリリウム含有量が分析に出て來なかつた程度少である。その含量は最高の場合即ちヘル・ウツド (南カロライナ) から出るモナズ石砂に於いて酸化ベリリウム一・二五%と計上されて居

ベリリウムの自然産狀

る。

砂鑛中のベリリウム諸鑛物は水の營力が鑛床を浸蝕する所では自然に見出される。産出は常に一次産出の近邊に在る。若し氷による運搬に關する場合には現象は特に興味深く且つ獨自なものである。ローヌ氷河及びベルゲル氷河に見られる様に往々ベリリウム諸鑛物即ち緑柱石及びフェナサイトを運ぶのである。風の活動に就いても同様の事が言へる。ヴィヴァンは (Min. Mag., 38, 1928, p. 220) 就中リベリヤに於ける所謂フェナサイト砂の經濟的意義を論じてゐる。アレキサンドリヤの沙漠土砂中に於いて翠玉が發見せられた。之については此處では述べないがその産出はずつと前から知られてゐた。

人間活動によつて成立したる二次鑛床從つて鑛山の捨石等々が之に屬するとするのは正當でなす。ニコノフ (Annual report of mineral resources of the UdSSR, 1925—26, Leningrad, 85—86) は露西亞の(及びコロンビヤの?) 翠玉

捨石が間もなく一ヶの著大なる經濟的意義を得るであらうと言ふ意見を發表し、筆者は之が諸種一次的原料の大なる貯藏に關して切離すべからざる關係のものであると述べたことがある。

化學的分解生成物

一次のベリリウム諸礦物は大多數分解し難い爲に二次礦物も亦極めて尠い數に止る。只ベリリウム炭酸鹽の不安定性がこゝに這入る。かゝる物は自然状態にあつては多分存在し得ないものであらう。こゝでは單にランゲライトとガドリナイトの風化生成物が比較し得るのみで、且つガドリナイトの風化生成物は非常に稀に見出されるに過ぎず、之が天然に酸化ベリリウムを含有するものなのである。扱て二次的酸化ベリリウム含有礦物には別表の如きものがある。

一次ベリリウム礦物の風化による疑はしい生成物は比較的多量なバートラングナイト即ちベリリウム含有含水珪酸鹽 ($4\text{BeO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) であつて之が二次性質は全然明確にされてゐぬ。マ

(表 IV)

IV 二次含ベリリウム礦物

43 Achtaragdit	Helvineの分解生成物?
44 Alvite	恐らく下降水により風信子鐵から形成されたもの
45 Arrhenite	BeOを含む貴土類礦物の風化生成物
46 Bertlandite	本文を見よ
47 Erdmannite	二次性質が不確である(ペグマタイトを見よ)
48 Hatchettolite	分解されたピロクロールでウルバインに依ればBeO2.97%を含む
49 Hydroherderite	自然の存在は一見證明せられない。 Herderiteの分解生成物と見做される
50 Tengerite	炭酸鹽様Gadolinite風化生成物

ハチキーの見解(Zeitschr. Kristallogr., 63, 1926, s. 462)に従へば、バートランダイトの組成は下降水の作用と次の二次的作用とによる。緑柱石の代りに新しくバートランダイト、著しく土質の曹達の豊富な白雲母、幾らかの石英と曹長石等が生ずるのであつてその際土質の白雲母は二次性白雲母となる前階を示すものである。フェルスマンは之に反してバートランダイトの組成をデスミン等の近くに置いてゐる。二次のものより數多い鑛物が初成溶液より形成されると言ふ假定は、その際再溶解と新組成が行はれる事なのであるが、之は可成の要因を有すべき事象なるも必ずしも常に適切なりとは言ひ得ぬであらう。

こゝでベリリウム炭酸鹽の不安定性が論及せられたのであるが、風化により生ぜるベリリウムを含有する溶液の大部分が停滞する位所は尙異論があり全くは判然して居ぬ。セステーニは以前にベリリウムが殻物中に存在することを立

ベリリウムの自然産狀

證したことあり、クザペンク (Von Linstow: Bodenanzeigende Pflanzen 參照)はヘルバで植物の灰分と同様ベリリウムの存在を立證し得て居る。或る石炭の灰分中の酸化ベリリウムも亦この際同意義のものである。故に酸化ベリリウムの移動は地中で炭酸鹽溶液となつて配分されそれが植物に吸収されると言ふ過程をとる様考へられる。移動が更にかなる経過を辿るかは判明せぬも兎も角筆者の知れる所では海或は河水の酸化ベリリウム含有に關する研究は未だになされては居ぬ。

ベリリウム鑛床

唯一のベリリウム鑛石として今日約十二%の酸化ベリリウムを含有する綠柱石が擧げられるが、この綠柱石よりして實に大規模に金屬ベリリウム及び經濟的に利用し得るベリリウム鹽が製造され得るのである。然るに原料としてフェナサイト及びガドリナイトの殘留物が將來綠柱石と比肩し併立し得るか否やに就いては絶對的斷

定は猶なしえなす。

金屬ベリリウムの世界産出量は一九二九年總計一二〇〇万と計上され、この數字は約三・六%のベリリウムを含む綠柱石の四萬五千万の量に概當する。かつてグラフトンに於いて五噸以上の綠柱石塊を發見したこと（フェルスマンは一九三一年の著書八七頁にメイン州オルバニーに出た十八乃至百噸の數字を擧げてゐる）があるのを想到すれば、今日既に採取し初め更に將來を約されるに係らず、未だ之が独自の綠柱石採鑛法について何等語り得ぬ譯も判るであらう。

綠柱石は今日では恐らく第一に、雲母、長石、電氣石等を求めて營む岩石破碎作業の副産物として得られよう。然して、果して如何に一層のベリリウム採鑛が進展され得るか、又如何にすべきかは更に／＼將來一層の研究にまたねばならぬ。

現在二ヶ國がその綠柱石鑛床の厚さとのその産出を競うてゐる〔Nerudnye Isko paenye I,

Leningrad, 1926) 中の Balandin 137—144 參照〕。それはその産出が尙採鑛に止つてゐるソヴェート聯邦とカナダを籠めたる北米合衆國とである。更に南阿（ナマクワランド）、印度、南濠及びマダガスカルの鑛床は注目されるべきものであり且つ採掘もされつゝある。萬一、より大なる需要に際しては、之等の運送上良好なる位置に在る爲め、フランス、ポヘミヤ、スペインその他二三地方の産出も亦採鑛上考慮に入るべきである。エルバの産出は經濟的意義を有せぬ。獨逸は採鑛價值ある鑛床を存有しない。チルシエンロイトも亦今日では採鑛價值を持たぬ。

北米の産出につき經濟的に重要なるは下記の所である。即ちマニトバ（カナダ）、レッドフォード（ニュー・チャシー）、ブラック・ヒルス（南ダコタ）、オーバーン（メイン）、アクワース（ニューハムプシャー）、ローヤルストン（マサチューセツ）、リッチフィールド・ハツダム（コネクチカッ

ト)等である。

南阿ナマクッランドの鑛床はスタインコップ驛より三十五哩隔る所にある。南濠の鑛床はエムマヴィル近邊に在る。印度の産出は近時になり詳しく知られて來、マダガスカルの鑛床についてはラクロアの詳細なる記述がある。

歐洲今日の金屬ベリリウム製造所は唯一つシ

ーメンズ・ハルスケ商會ヴェルナー工場電氣化學部(伯林シーメンズ街)があり、北米のベリリウム會社(紐育)及び二三のベリリウム鹽類製造會社と並んで勢力を持つてゐる。シーメンズ・ハルスケ商會はベリリウム及びベリリウム化合物の工業的使用可能性の一層の發達進歩の上に偉大な業績を印し來れるものである。(丁)

信濃南佐久郡の異剝岩

今井市郎

南佐久郡北相木村小學校訓導佐藤信司氏の見出された同村產異剝岩の産狀を同氏の案内により觀察し、又山中地溝帶中の同郡大日向村に産する蛇紋岩の小岩脈中に、稍新鮮なる異剝岩の殘存してゐる狀況を見ることが出來たので、今茲に此等の岩石の産狀と性質とについて略述す

る。

一、北相木村產異剝岩 北相木村南界に聳ゆる御座山オグサキの山頂より北西に向ふ尾根の上に七米程の露出がある。周圍は從來古生層とせられてゐる厚層の堅き粗粒砂岩で走向北二五度西、傾斜東北東四〇度。其の他に異剝岩の露出地より