

資 料

553. 492 : 553. 2 : 551. 21/. 23 : 552. 3+553. 78

千島火山山脈地帯の温泉水による溶解アルミナの搬出と地向斜性

ボーキサイト鉱床の生成に関するある種の問題について*

K. K. Zelenov

小 西 善 治 訳

本論文で述べる資料は、火山岩・堆積岩および堆積鉱床の生成における火山活動過程の役割を明らかにするために、ソ連アカデミー地質研究所で設定された。“現世の火山活動と、それが海成堆積作用に及ぼす影響”のテーマの一部をなすものである。

地質学的断面における火山活動過程の終期は、火山産出物——熔岩および砕屑岩物質——の消失によつて決定されている。しかし現実には、火山活動は、固体物質の最終放出を終了するものではない。火山体の地表面に近づいた流体熔岩は 除冷し、多種のガス HCl , H_2S , H_2O , SO_2 , $\text{B}(\text{OH})_3$, CO_2 を放出する。換言すれば、比較的短期間の激烈な熔岩・火山灰の噴出後には、長期間にわたつて、蒸気噴気、硫質噴気、炭酸噴気活動——冷却マグマから遊離されるガスの温度と組成とによつて主として区分される——が続く。

しかしすべてのガスが空气中に直接放出されるものではない。その一部は、濃集水蒸気中に溶解し、一部は、火山体を構成する岩石中に循環する循環水中に溶解されている。したがつてこの種の水は、一般的にみて、さまざまな酸 (pH 0~3) の混合物であつて、火山ガスとともに、循環岩石に活発に作用する。このような相互作用の結果として、水はアルカリ、アルカリ土、鉄、アルミナに変化される。この種元素類は、火山岩の酸分解過程において溶液にほとんど移行するものである。

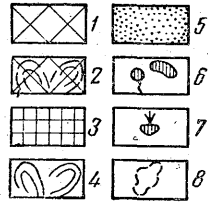
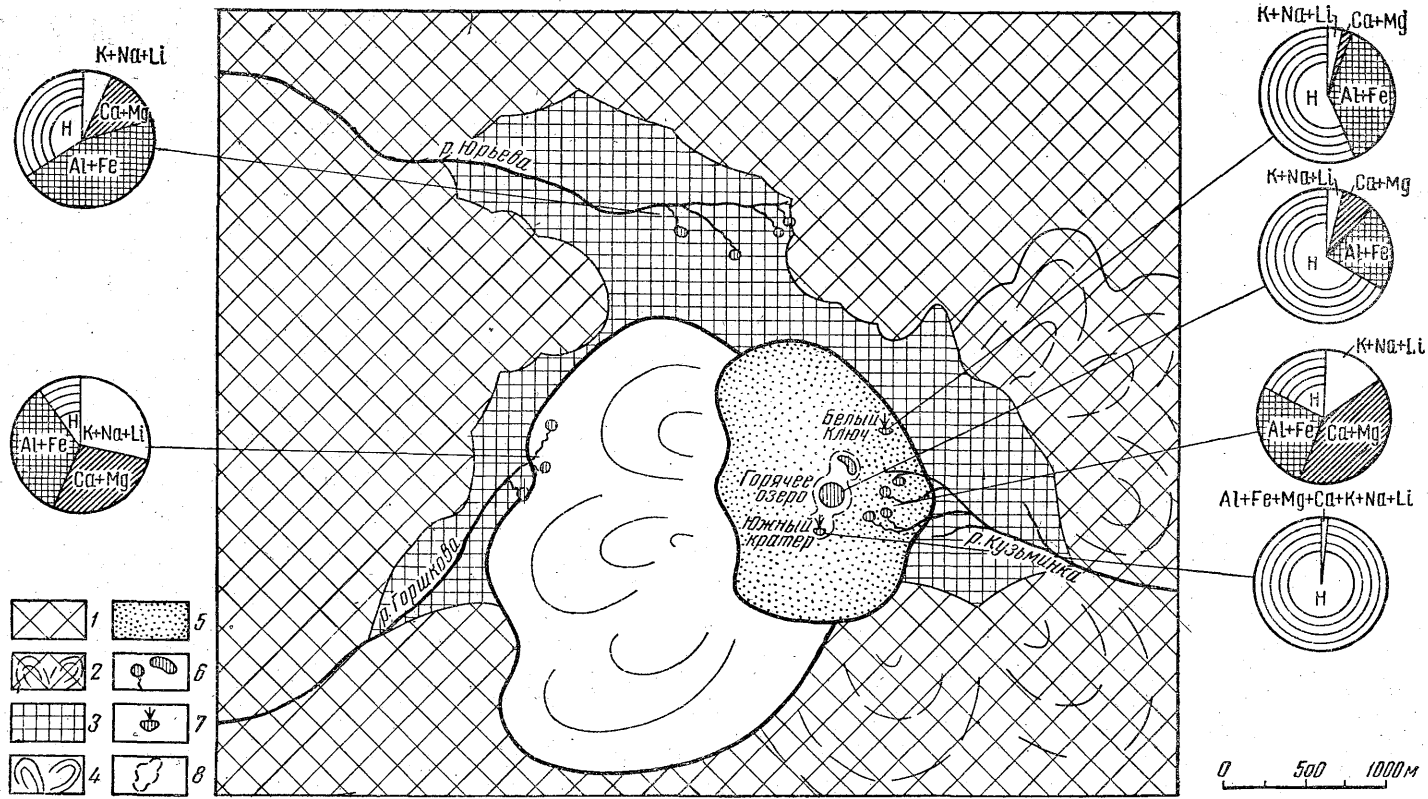
酸性温泉水とさまざまな周辺岩石類との相互作用は、現在硫質噴気活動階梯にある Ebeko 火山で明白に認められる。

Ebeko 火山は、Paramushiv 島の北部に分布し、安山岩質安山岩・玄武岩質熔岩およびその凝灰岩からなつている。中央円錐火山の頂上 (1,138m) には、子午線方向に分布する直径 200~300m の 3 噴火口がある。中央噴火口は酸性 (熱水) 湖をたたえている。円錐火山とその周辺には、1953 年の噴火時に放出された多量の砕屑物質が散乱している。中央円錐火山の西部は、新期の安山岩質熔岩流で覆われている。

噴火口およびその斜面に分布する巨大な硫気孔は、Ebeko 火山の現世の活動に基づいて生成されたものである。火山の斜面に発達する小谷には多数の温泉が湧出している。この種の温泉が一層初期の硫気活動に関連性があることは、熱水で白色化している古期の熔岩地域に湧出していることで明らかである (第 1 図)。

火山の斜面の蝕谷に湧出する多数の熱泉は、集まつて 3 水流を形成している。東部斜面のこの種の熱泉は、1935 年に噴出した砕屑堆積物中に湧出し、太平洋海盆に注ぐ Kuzmin 川に流入している。西部斜面の熱泉 (オホーツク海) からは、Gorshkov, Yurev の 2 熱水川が発している。Gorshkov 川では、その河谷は最近噴出した新しい塊状安山岩質熔岩流が分布し、

* K. K. Зеленов : Вынос растворенного алюминия термальными водами курильской гряды и некоторые вопросы образования геосинклинальных месторождений бокситов, Известия академии наук СССР, Серия геологическая, No. 3, 1960



- | | |
|-------------------------|-------------------------|
| 1 非分解塩基性熔岩と凝灰岩 | 5 1935年に噴火によって放出された砕屑物質 |
| 2 古期安山岩質熔岩流 地表上に岩塊が散在する | 6 酸性泉, 酸性湖 |
| 3 白色化岩石地帯 | 7 水蒸気を伴う硫黄孔 |
| 4 新期安山岩質熔岩流 | 8 Ebeko 火山の噴火口 |

第1図 Ebeko 火山の熱水のカチオン組成の生成図式

熱水は主としてこの種熔岩地域に集まっている。Yurev 川の熱泉は、古期熔岩流および凝灰岩質岩石中から湧出している。

カチオン組成の分析は、興味ある結果が得られている。Gorshkov 川の上流の熱泉は、アルカリおよびアルカリ土に富み、一般的には 50%(全カチオン)を超えている。新鮮な碎屑物質中を流れる Kuzmin 川上流地域の熱水は多量のアルカリ土カチオンを含み、アルカリカチオンの含量も高い。さらに古期の熔岩流中を流れる Yurev 川流域の熱水では、アルミナ・鉄カチオンが卓越しているが、アルカリ土およびアルカリの含量は低い。以上の諸事実は、酸性水と岩石——熱水はそれからさまざまな金属を運び出す——との密接な結び付きを示している。

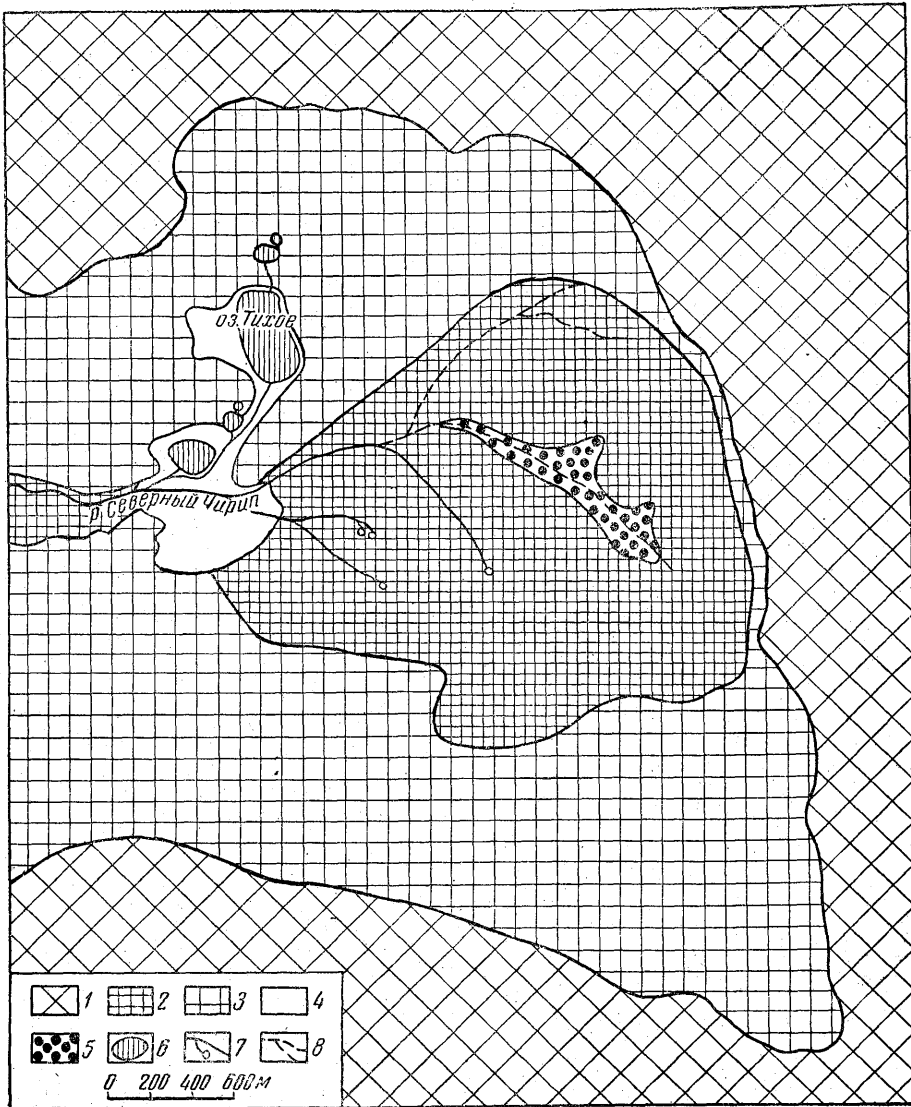
水に溶解している金属の源泉が岩石——周辺岩石——であるということは、さらに次の事実で立証される。すなわち白色化する分解岩石地帯の中心部を流れる熱水は、pH が 0.08 で、潜在腐食力が著しく高いにもかかわらず、金属カチオンをほとんど含んでいない。しかし分解岩石地帯の末端部に (Bely 泉) 湧出する凝結水は、アルミナの含量が著しく高い。このような差異は、沈殿物が低度の分解岩石にそつて分布する Bely 泉には発達しているためである。

金属が火山岩から熱水によつて運び出される強さは、分解、白色化岩石の組成によつて推定できる。この種の岩石類は、元の岩石の構造を保持する珪質骨格で主として代表される。第 1 表 (省略) には、分水嶺地帯 (A) および酸性熱水流の排出口 (B) で採取された同種熔岩の分析結果が示されてある。この表からみられるように、白色化岩石では、珪酸と部分的にはチタンのみが残っている。非分解熔岩では、 $TiO_2/SiO_2=0.022$ であるが、白色化部分では $TiO_2/SiO_2=0.011$ であり、チタンは $1/2$ 以下である。そのうえ、岩石中に残存する珪酸は、原岩石の一部にすぎないから、運び出されたチタンの量は、さらに多量であつたことが考えられる。このようにして、チタンのような安定な元素でも、酸分解の作用を受けると、熱水によつて運び出される。しかし多数の酸性水では、チタンが明らかにされていない。このことは、チタンの水酸化物が pH 1 付近で凝固するので、溶液で運び出されないから、おそらく懸吊状態にあるであろう。残念なことには、この種懸吊物は、千島列島の沿岸地帯では発見することが相当難しい。これは陸性碎屑含チタン鉱物が、多量の沈殿物で覆われているためであろう。

火山ガスおよび熱水による火山岩の酸分解と主金属類の搬出は、火山地帯では相当広範囲にみられる。水、硫黄活動期 (hydrosolbatava) にあつたか、現在ある火山の内部では、深さ 10~100m に達する白色化岩石帯で代表される。すなわちこのような地帯とは、千島列島および日本の死火山・活火山の多数の火山性硫黄鉱床と関連性がある。熱水分解岩石の広域分布地域は、カムチャツカの中央山脈の現在の分水嶺から東にみられる。Vrasov は、この地帯を“新第三紀の二次石英岩石帯”と名付けて区分している。Vrasov によれば、高陵石・絹雲母・明礬石・ヂアスポル・硫黄およびその他の二次石英の厚層からなる膨大な地帯は、第三紀の相当長い期間にわたつて、火山島の弧状連鎖を代表していた。

古期の酸分解火山岩帯は、弧立した小分布地域を形成せずに、相当広大な変質岩石帯をなしている。このような地帯の形成は、1) 火山ガスの溶解後活性となつた層状循環水が広域に分布していること、2) 火山地帯自体の移動——割れ目にそう火山および噴火口の逐次移動——によつて促進される。Vrasov は、この問題について次のように述べている。“(1)すでに火山活動の跡が認められないもの、(2)現在硫黄活動階梯にあるもの、(3)火山活動を行なつていないもの、(4)普通岩滓円錐火山で代表されるものであつて、火山として成長始期にある多数の例があげられる”。このような現象は、火山産出物による火道の閉塞と関連性があるようである。そのうえ熔岩類およびガスは割れ目にそつて新しい通路を上昇する。

活性熱水 (酸性) が火山岩中を広く循環すると、熱水は、多数の元素、例えばアルミニウム、鉄、珪素、アルカリ土、アルカリで富化される。溶液中におけるアルミニウムの含量は 2~3、鉄は 0.5~1g/l に達する。侵食が含水準に及ぶと、多数の熱泉が形成され、それから流れ出る



第2図 褐鉄鉱鉱床図

水は、水流を形成し、天水と混合する。この場合第一酸化鉄は、第二酸化鉄に転移するが、水素濃度は低下する。

水素イオン濃度の低下は、元素が溶液から落ちる決定的な要因である。周知のように、 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ は $\text{pH}=2$, $\text{Al}(\text{OH})_3$ は $\text{pH}=4.1$, $\text{Cu}(\text{OH})_2$ は, $\text{pH}=5.4$, $\text{Fe}(\text{OH})_2$ は $\text{pH}=5.5$, $\text{Pb}(\text{OH})_2$ は $\text{pH}=6.0$, $\text{Ni}(\text{OH})_2$ は $\text{pH}=6.7$, $\text{CO}(\text{OH})_2$ は $\text{pH}=6.8$, $\text{Mn}(\text{OH})_2$ は $\text{pH}=8.5\sim 88$, $\text{Mg}(\text{OH})_2$ は $\text{pH}=10.5$ である。

上述の例からみられるように、酸化第一鉄は、 $\text{pH}=5.5$ 以下では、溶液中に保存され、酸化物は $\text{pH}=2\sim 3$ ですすでにおちる。したがって地表上に湧出する。 $\text{pH}>2$ の温泉水では、一価形態から二価形態へ移行して鉄の沈殿が盛んに行なわれる。したがって酸化第一鉄から酸化

第二鉄への移行は、温泉水が地表面へ湧出し始めると直ちに開始され、第二鉄の水化物の沈殿過程は pH 2 以上のあらゆる温泉で認められる。

“Vogdan-khmelnitsukii” 火山の噴火口は、直径 1.5km 以上、深度 500m であつて、白色化分解岩石中に分布しているが、かつては火山湖であつた。現在噴火口の西壁は、Severnyi Chirip 河の深い峡谷に蝕刻され、噴火口には、沈殿物が残存している。噴火口の北端には、直径 300m、深度 8 m の Tikhoe 湖がある。この湖の水は、Severnyi Chirip 河に流入し、現在褐鉄鉱が盛んに沈殿、生成されている。

鉄およびアルミニウムは、主として pH=3、湧出水約 60l/sec の酸性冷泉から Tikhoe 湖に供給される。冷泉水 1l あたりには 75mg のアルミニウムと 188mg の第一酸化鉄を含んでいる。酸化第一鉄は、冷泉が地表面に湧出するや否や湖底および小川底に沈殿し、約 0.5km² にわたつて“褐鉄滝”と呼ばれている特異な褐鉄鉱鉱床を形成している。

現在褐鉄鉱の堆積物は 10~12m に達している。Severnyi Chirip では、湖水 1l あたりに約 3 mg の第二鉄を供給している。このようにして褐鉄滝の湖では、毎日、185×60×86, 400mg の鉄——1 トンを下らない——が析出して懸吊物を形成している。この種懸吊物の若干量はたしかに、太平洋に機械的に運ばれるようである。

湖中に形成される褐鉄鉱は、きわめて純粋であることを指摘しておこう。多数の試料のスペクトル分析によると、Mn, V, Ni のきわめて僅かの混合物のみが認められている。アルミニウムのおもな集団は、溶解状態で残り、オホーツク海でのみ、混和物の型で分離され、Severnyi Chirip 川の河口では、機械的に運ばれてきた褐鉄鉱とともに、濁水中に濃黄色被膜を形成している。

温泉または温泉水との混合水から沈殿する褐鉄鉱は、温泉が湧出している箇所であれば、全島にわたつて認められる。例えばクナシリ島では、メンデレーエフ火山の酸性熱水を集めたレスン川の河口に、約 70% の Fe₂O₃ を含む褐鉄鉱混和物が多量に沈殿している。この地域では、他の地域のように、ほとんど混和物を含まないきわめて純粋な沈殿物を形成している。アルミニウムは、湧出温泉水では鉄の含量の 2 倍を普通越えるが、溶解状態で残存している。地表上に湧出している温泉水が天水と混和すると、pH は、除々にあがる。すなわち各 pH 単位あたりの水素イオン濃度の低下に必要な地表水の量が幾何級数的に増大することになる。このようにして、酸化アルミニウムの水和物の pH があがるためには、初期の温泉水が地表水によつて 1千 倍以上稀釈されることが必要とされる。

しかし千島諸島では、混和水の pH が 5 以上に達しても、溶解状態で残存している。

このような見掛け上の不一致は、次の事実によつて説明される。Britton は、1936 年に、pH=4.1 では硫酸アルミニウムは凝固するが、塩化アルミニウムは、溶液中に残存することを指摘している。Britton によれば、塩化アルミニウムと酸化ストロンチウムおよび酸化バリウムと反応する場合には、第一に 2.09 等量のアルカリ (pH=4.69) と第二に 1.92 等量のアルカリとを添加までは、溶液は透明である。次いで溶液は乳白色となるが、2.71 と 2.88 等量のアルカリが添加されて pH が著しくあがると、すなわち pH=6.5 に達するとはじめて沈殿物の凝結が始まる。それにもかゝらず、沈殿に必要とされる pH=4.14 を超え、アルカリのほとんど化学量論的量が添加されると、沈殿が停止することは、凝固溶液を形成する塩化物の特徴的な傾向によつて説明できる。そのうえ反応の初期階梯では、この種の分散粒子は、肉眼では、溶態が認められないほどきわめて微細である。

千島の温泉水のおもな試薬の一つは、塩酸であるから、生成された塩化アルミニウムは、溶液中に残存し、そのために多くの千島の河の水に特異な淡青色 (乳白色調) を示している。

この場合、熱水と混和する千島の水圏網は、次の 2 つのおもな原因により pH=6.5 に達しないことを指摘しておくことが重要である。第一には、簡単な計算でも、年間雨量は、約 1 m であつて、温泉水を 500 万倍稀釈されるのには不充分である。第二には、空気中では火山活動

産物を含む雨水は、すでに水素イオン濃度が若干高くなつて地上に落下する。南千島では、雨水のみからなり、温泉水がなんら混和していない凝縮水の pH が 5.5 であることが充分いえる。

このようにして、火山の熱水活動産物中に溶存塩化物の型で落下するアルミニウムが、オホーツク海または太平洋に運ばれるまでは、流水中に残存していることは、避けられない。

熱水と海水との反応は、例えばオホーツク海に流入する Orev 川が、研究するのに適している。こゝでは、温泉水の湧水量は 1.8m/sec, pH=1.72 であつて、湧水口では、1l 中の水に酸化鉄 205mg, アルミニウム 435mg を含んでいる。

酸性温泉水と海水とが混和すると、淡青緑色の縁端をもつ明白な被膜状黄色泥が生成され、その泥状構造には、3帯が明らかに識別される。第1帯は、河口から50~80m半径内に分布し、濃緑色の透明水で代表され、混和の開始領域にあつている。次帯は、1.5kmまでの一層広域地帯を占め、黄色綿屑状酸化水合物が盛んに沈殿しているのが認められる。水の上方層に懸吊されている粒子は、おりの濃密な“塊”、“雲”を生成し、この地帯の縁端部では、明白な境界面をもっている。さらに黄色混和物を含まない半透明の淡青緑色水が数 km にわたる広大な地域を占めている(第3図)。暴風雨によつて保存されたこの地帯の平均規模は、3,000×300×2=1,800,000m³である。この大きさは、毎秒 Yurev 川の水を還元するのに必要な海水量にあつている。Yurev 川の河口水の分析結果から推定すると、約 35 トンの鉄と 65 トン以上のアルミナとが懸吊状態で毎日落ちていくことになる。

海で採取された混和物の分析結果によると、Al₂O₃の含量は 18.9 ~ 36.1%, Fe₂O₃は 3 ~ 8%, SiO₂は 2%以下である。海から採取された混和物は洗わないで、分析前に乾燥しただけである。混和物の大部分は、塩素・ナトリウム・カリウム・マグネシウムなどで代表される。すなわち混和物(懸吊物)を乾燥した際に海水から落ちたものである。このことは、試料 1 に対して Zalmanzon の換算値が裏付けている(乾量%)。

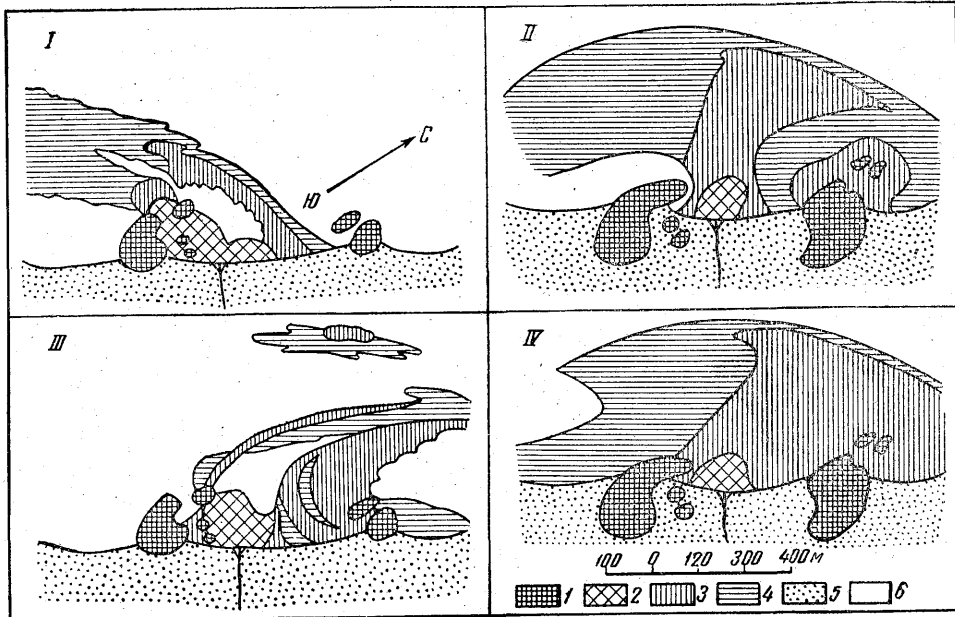
NaCl	34.85
KCl	0.96
MgCl ₂	3.77
MgSO ₄	4.12
CaSO ₄	1.53
CaCO ₃	0.98
FeSO ₄	6.06
	<hr/>
	52.27

上述の塩は、硫酸鉄を除くと、海水の組成に事実上において対応し、Yurev 川の河口付近の海水とほぼ同一の相関関係にある。後者の塩の存在は、相当長い間保存された試料中では、酸化第一鉄(2.87% FeO)が FeSO₄にのみ転化することを裏付けている。そのために塩組成を求めると、後に 0.05% に等しい。過剰の SO₃ が残る。これが分析誤差となる。

SiO ₂	2.01
Al ₂ O ₃	18.90
Fe ₂ O ₃	4.86
H ₂ O ⁺	16.19
	<hr/>
	41.96

試料の残査(約6%)は、有機物質である。残査は、プラク トンおよび藻類であつて混和物中に不均等に分布している。さまざまな定量分析を行なつた。この決定によれば 6%の開きがある。

海水の上方被膜を構成する懸吊物の SiO₂ は、海辺採取試料にのみ認められ、含量もきわめて僅か(4.4%以下)ある点に留意すべきである。このような現象は、SiO₂ は、機械的に分級された陸源混合物であることで説明できる。酸性水と海水とが混合して遊離された真混和



I 強烈な暴風雨直後の潮流（流入）
 II 潮流（流出）3-4 級の海波
 III 流入潮流 無風状態
 IV 流出潮流 無風状態
 1 沿岸断崖
 2 透明な暗緑水帯 (Yurev 川と海水とが混和し始める地帯)
 3 $\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ が懸吊状態で盛んに落ちている地帯
 4 半透明淡緑色水帯
 5 海辺の砂礫地帯
 6 海水

第 3 図 1957 年 9 月 Yurev 川の河口における $\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ 混和物の分布図

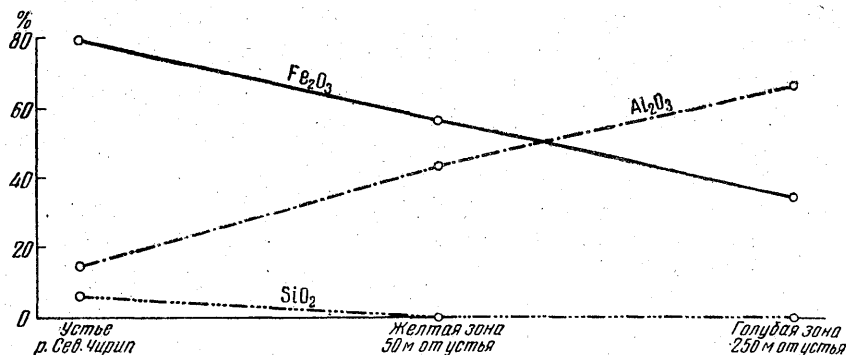
物（懸吊物）は、海中では主として Al_2O_3 、 Fe_2O_3 と H_2O 等およびアルミニウムで代表されるが、鉄は水酸化物の状態でのみ分布する。したがって $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ の含量をたしかに 100% にとることができるとともに、類似の条件で採取され、試料数がきわめて少ないので、珪酸および水酸化物のみを決定した他の混和物の分析値が 1 試料と等しいものとみなすことができるであろう。

上述のデータに基づいて非塩組成に換算すると Yurev 川水の懸吊物質の Al_2O_3 の含量は 89% に達する。

Severnnyi Chirip 川で採取された試料と比較すると興味がある。無塩組成の採算値では、 Al_2O_3 が懸吊物質の 14% を構成し、黄色帯では、その含量は 43% に上昇し、淡青色帯では 65% になる。鉄の含有量は、海岸地帯では 80%、淡青色帯では 35% にまで低下する。 SiO_2 は明らかに陸源成因であつて、河口でのみ 6.5% 含量が指摘されている（第 4 図）。したがって酸化アルミナの水酸化物は、河口から最も遠い地帯にみられる懸吊物質（混和物）中に沈殿していることは明らかである。

オホーツク海の現在の流体力学的様式の条件下では、酸化アルミニウムの水酸化物の遊離混和物は、全海盆に分散する。満潮時には、海水下に没する地帯では、游泥が小石の間に捕獲される。このような地帯では、定着した $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ の懸吊物質は、主として微細な碎屑物質の形態でおそらく供給されると考えられる SiO_2 と TiO_2 とを混和する。

上述の川——Yurev 川および Severnnyi Chirip 川——へは、千島列島では、例外を構成しない。地理学的データによると、海水中に生成されている類似の懸吊物質は、Iturup 島では、“Machekha” 火山および “Kudryavyy 火山、Urup 島では Ivao 火山の硫質噴気孔原から流れたものである。このような現象は、Uishir 火山、Shiashkotan 島、Keton 島、Brouton 島、Makanrush 島、“Chernye Bratoya” およびその他の地域で認められる。千島列島から運び



第4図 オホーツク海の Severnyi Chirip 川の河水懸吊物質中における SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃ の相関関係を示す

出される総溶解アルミニウムは、1日千トンと見積ることができる。

上述のデータは地向斜性ボーキサイト鉱床の成因に関して直接関連性をもっていることはたしかである。

Arkhangrskii が20年以上前に提唱したボーキサイトの化学成因説は、著しく研究が進められ、ボーキサイト鉱床の探査行程で裏付けられている。しかし Arkhangrskii およびその追随者は、海盆における溶解アルミニウムの供給源に関して、相当信頼度における解明をあたえていない。したがってこの学説は、最近まで真剣な反対を呼び起こした。したがって、火山源熱水に基づくアルミニウムの運び出しによつて、鉱床が生成されると説明しようとしている Peiv, Schweis, Yanshin は、支持されなかつた。

ボーキサイトが、さまざまな地球化学的過程で生成され、過程が進行するに従いアルミニウムの再排列が起きると考えることは自然である。しかし各過程の役割の解明には、依然として長期にわたる注意深い研究が必要とされる。ボーキサイトの成因を研究している多くの地質学者の考えは、とにかく、風化皮殻に向き、その方向に向かつてさらに研究が押し進められている。ボーキサイトの地向斜成因に関する多量のデータをもっているソ連の地質学者も、最近までは、島弧の火山過程に関して詳細な調査を行なう可能性をもたなかつた。この可能性がでてきたのはつい最近のことである。

上述のデータによると、火山地域の酸性温泉水を海域地域におけるボーキサイト鉱床の生成に十分なアルミニウムの顕著な源としてみなすことができる。後火成活動過程を検討する場合には、海に盛んに運び出される温泉水の溶存アルミニウムに注目が引かれる。この種の溶存アルミニウムは多量に含まれ、その最易動性形態は、塩化物形態である。塩化物から酸化アルミニウムの水酸化物が沈殿するためには、温泉水の各容量単位あたりほとんど百万倍の海水を必要とされることを考慮に入れると過去の熱水活動の産物である海水の上部被膜が、懸吊物質の状態で除々に沈殿する酸化アルミニウムの水和物で、相当の範囲にわたつて汚染されると仮定することは、容易に考えられる。遊離水和物の主要塊は、海底に沈殿する際に、陸源または火成碎屑物質で、たしかに dilute される。それとともに海盆の各地域では、懸吊物質(混和物)が多量に存在し、かつ相対的に純粋であるので、蓄積とボーキサイトへの転化にとつて好ましい条件がつくられる。過去の相当盛んな火山活動過程で出現した熱水溶液は、若干酸性で、pH 値が1以下であつたことは、たしかに考えられようである。このような熱水溶液は、現在凝縮水中に存在する。この場合には、熱水の pH が低いので、天然環境では実現できないと考えられる元素の移動条件が確保されるから、チタンおよびさまざまな稀有元素がボーキサイト中に全く規則的に出現するであろう。しかしチタンは、オホーツク海の沿岸地帯の游泥の例にみられるように、薄膜状の機械的混合物の形でボーキサイトに添加されることが可能である。

このようにして供給された遊離アルミニウムがどのような条件で埋伏されるのであろうか。

筆者は、現在の鉱床の具体例を詳細に立ち入らないで、他の観点からはこんにちに致るまで理解されていないような特性を、一般的特徴をあげて明らかにしよう。一見して、ボーキサイトと下部の礁源炭酸塩質堆積物と一定の結び付きがあるのは、偶然ではない。このような相は、第一にあらゆる陸源混合物が存在しないような純粋な水の中で発達し、第二には pH 堆積環境が著しく変わり、酸化物の水和物の沈殿が盛んに促進される地域にみられる。この点を考慮に入れると、炭酸塩質岩床の下方のボーキサイトが、カルスト状外貌を示すことが理解できる。おそらく、このような状態は、海水による酸化作用によつて破壊、生成されたものであろう。ボーキサイトの火山源、水成成因の観点にたてば、地向斜性鉱床のボーキサイトが、走向にそつて半減するとともに他相の同時生成相似物を実際上もつていないことが容易に解明される。このような現象は、後火山活動期の激烈な硫質噴気活動によつて誘起されたものであるが、地質学的歴史の規模からみて、短期間に完成された。したがつて、ボーキサイト鉱床は、強烈な噴出活動期に直接続く時間断面、すなわち活発な熱水活動の開始期に生成、定着されたことが考えられる。さらにある種のボーキサイト鉱床発達地域で、風化皮殻および風化破碎産物の探査が時々失敗に終わることや、この種探査の条件性が明らかとなる。

地向斜性ボーキサイト鉱床の火山源、水成成因を立証することの裏付けとして、上述のデータをみなくても、筆者は、千島列島で進行しているアルミニウムの搬出過程が地向斜性ボーキサイト鉱床の成因を解明する鍵となる点を考慮に入れて、ボーキサイト地質学者が現在の諸データの再検討に留意する必要があると考えられる。

そのほかに、この過程が存在するので、火山源、水成型新ボーキサイトや鉱床を発見する可能性が語りうるとともに、鉱床の発達している地域を予言することもできる。

この種の鉱床の発達する地域は、一般的にいつて、火山活動の終期(地向斜発達の一階梯)が、炭酸塩質の主として礁状岩石の広域分布とが組合わされている地域であるはずである。