

講演

# 明ばん石および Listowenite (一種の石英—炭酸塩岩)の産状と成因について

ソ連邦アゼルバイジャン共和国  
科学アカデミー会員 Mir-Ali KASHKAI

富樫 幸雄 訳

### はじめに

鉱床母岩における熱水変質作用は現在大きな研究テーマとなっている。鉱床 鉱化地域 変質岩などは多くの場所に分布し 多くの研究者によって研究されている。銅—多金属鉱床 マンガン鉱床 その他の鉱床も広く研究の対象とされている。しかし このように鉱化作用を伴う熱水変質作用に密接な関係をもつと考えられる岩石や鉱物の中には これまであまり研究されていないものがある。これから述べる明ばん石と listowenite もその例である。

### 明ばん石の鉱物学的性質

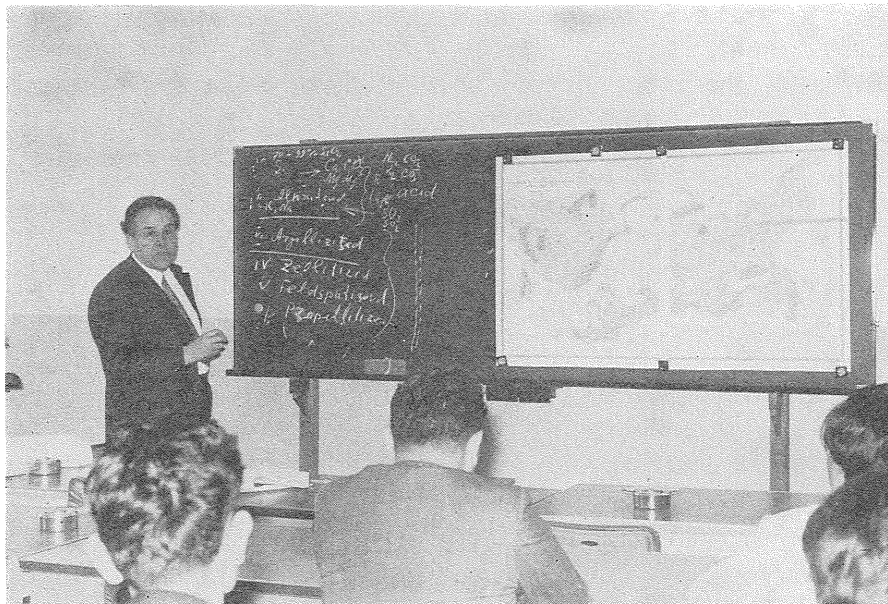
明ばん石の化学式は  $KAl_3(SO_4)_2(OH)_6$  と表わされる。ここで K が Na に置換されると Na—明ばん石となる。このほか 置換される金属原子の種類によりそれぞれ Zn—明ばん石 Cr—明ばん石 Ag—明ばん石などとなる。たとえば 日本で発見された新鉱物 尾去沢石 osarizawaite は  $Pb, Cu (Al_{0.25}Fe_{0.75})_2(SO_4)_2(OH)_6$  と表わされる。また  $SO_4^{2-}$  はしばしば  $PO_4^{3-}$  に まれに  $AsO_4^{3-}$  に置換される。このようにして これまでに 明ばん石とその構造類縁体のグループには

33種の鉱物が知られており それらは次にあげる5つの subgroup に分けられている。

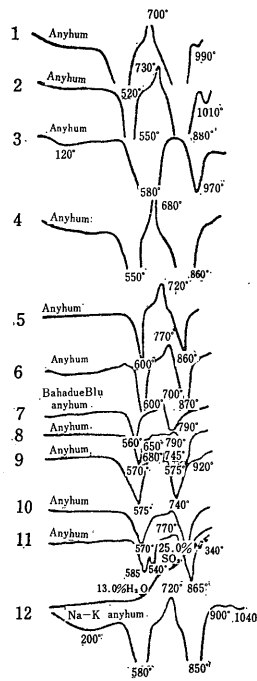
- a) 硫酸塩 明ばん石および jarosite  $KFe_3(SO_4)_2(OH)_6$  subgroup.....17 鉱物
- b) 硫酸塩—リン酸塩 svanbergite—woodhouseite subgroup..... 5 鉱物
- c) 硫酸塩—砒酸塩 beudantite subgroup..... 2 鉱物
- d) リン酸塩 gorceixite subgroup..... 8 鉱物
- e) 砒酸塩 1 鉱物

次に 結晶学的には次の2つのグループに分けられる。

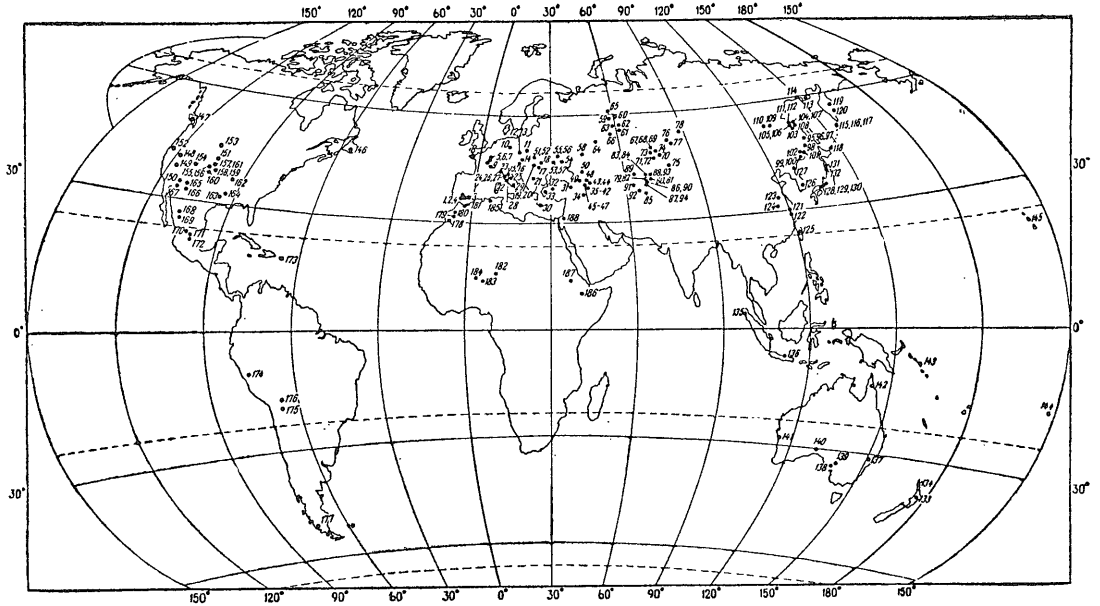
- a) Ditrigonal—pyramidal (isometric) タイプ  
空間群  $C_2^5v-R\bar{3}m$  主として1個の陽イオンを含むもの
- b) Ditrigonal—schalenohedral タイプ  
空間群  $D_3^5v-R\bar{3}m$  2個の陽イオンを含むもの



講演中の KASHKAI 教授(昭和47年4月30日地質調査所東京分室)



第1図 明ばん石の示差熱分析曲線の例 (M. A. KASHKAI "Alunites, Their Genesis and Utilization" vol. 1 p.



第2図 世界の明ばん石鉱床分布地 (経済的価値のないものも含む) M. A. KASHKAI "Alunites, Their Genesis and Utilization" vol. 1 p. 295 より)

1,500°C まで加熱した際の d. t. a. 曲線には 3つの吸熱ピークと1つの発熱ピークが見られる (第1図一ただし この図には約1,000°Cまでの様子しか示されていない). 500°C付近のピークは6(OH)の離脱を示し700°C付近の発熱ピークは相転移によるものである. さらに 850°C付近の吸熱反応は SO<sub>3</sub> の3/4の離脱に1,500°C付近の吸熱反応は同じく SO<sub>3</sub> の1/4の離脱にそれぞれよるものである. このような加熱による構造変化のパターンは明ばん石グループの鉱物すべてに共通したものである.

また X線によって知られた格子定数は

$$a=7.0\text{Å} \quad c=17.4\text{Å}$$

である.

#### 明ばん石を含む変質帯とその形成過程

明ばん石の分布が認められる地域では 一般に明ばん石化作用とカオリン化作用とが同時に認められる. このような地域では 変質域の上部から下方へむけて 次のような6つの変質帯の配列がみられる.

- a) けい化帯
- b) 明ばん石化帯
- c) 粘土化帯
- d) ゼオライト化帯
- e) 長石化帯

#### f) プロピライト化帯

日本の明ばん石鉱床では ゼオライト化帯以下の変質帯が見られないことがほとんどのようである. この一連の変質帯の形成の過程をみると けい化帯から粘土化帯までは酸性の熱水溶液によるものであるが ゼオライト化帯以下は アルカリ性の熱水溶液によるものである. 日本およびアメリカ合衆国その他の研究者の中には 以上の酸性溶液による部分と アルカリ性溶液による部分とは 異なった地質時代に それぞれ形成されたものであるという意見を持つ人がいるが それは正しくない. 上述のすべての変質帯は一つながりの変質作用によって形成されたのである. 熱水溶液は最初は酸性であったが のちにアルカリ性に変化したのに違いない. 上昇してきた熱水溶液は 最初は酸性であり 硫酸塩を含んでいる. 母岩は まずこの溶液と反応して酸性の変質帯の部分が形成される. この反応には温度の要素が関係している. ゼオライト凝灰岩がこの酸性熱水溶液に侵される場合を想定すると 最初はゼオライト岩からアルミナをはじめ Ca Mg Na K などの炭酸塩が溶脱されその結果 SiO<sub>2</sub> 70~99% のけい化岩が形成される. しかし この後 明ばん石化帯が別の経過で形成される. けい化帯を形成した後の硫酸酸性溶液中では 母岩中のすべての K Na は明ばん石を形成する. 明ばん石化岩中では Fe は2~3% と少なく Ca Mg も非常に少な

い。この後 溶液はアルカリ性へと変化し 粘土化帯が形成される。ここでは montmorillonite illite chlorite dickite kaolinite などの粘土鉱物が作られる。粘土化帯を形成した後 溶液は別の組成に変化し 深さと温度の増加に伴って ゼオライト化帯と長石化帯とが形成される。さらに温度 圧力が増加すると プロピライト化帯が形成される。この帯で一般的にみられる鉱物は chlorite とアルカリ長石である。

### 世界における明ばん石鉱床の分布

明ばん石鉱床は世界で81ヵ所が知られている(第2図)。これらの鉱床の分布地域は 次の3つの帯に分けられる。

#### a) Alpine zone

中国東部 中央アジア コーカサス カルパチア山脈 地中海沿岸を径て大西洋を越え アメリカ合衆国南部および中央アメリカに達する地域

#### b) 東部太平洋 zone

カムチャツカ 千島列島 日本を主とし インドネシア ニュージーランド オーストラリアにいたる地域

#### c) Appalachian—Andes zone

アメリカ合衆国東部 南アメリカ太平洋岸(アンデス山脈) よりパタゴニアにいたる地域

このように 稼行可能な明ばん石鉱床は すべて地向斜帯に存在しているが 個々の地質構造帯での明ばん石の分布を規制している法則性や その鉱床や兆候の成因の詳細なことは まだ正確にはわかっていない。

日本では 伊豆の宇久須鉱山が将来非常に大きな経済的価値をもちうる性質を有している。

明ばん石鉱床には特有の鉱物が伴われる。それは diaspore corundum quartz dickite kaolinite などであるが 鉄を含む鉱物はほとんどみられない。また 私が1969年にアメリカ合衆国を訪れた際には Utah州で大きい明ばん石鉱床を見学する機会があったが それには多量のウランが含まれ 大きいウラン—明ばん石鉱床が形成されていた。また 中国の上海北方約 400 kmには Fang—Shang Tai—Kuh Fuh—Cheng という3ヵ所の大明ばん石鉱床が知られている。ソ連ではアゼルバイジャンの中部コーカサスに Zaglik 鉱床という大きな鉱床がよく知られている。

### 明ばん石の利用

明ばん石は現在 アルミニウム 硫酸 カリ肥料 ナトリウム 塩化ナトリウムなどの原料として利用されているが 将来適当な技術で処理されるならば ウラン

ガリウム バナディン などを得ることも可能である。また チェコスロバキアの Sovolusku の明ばん石には 3%に達するバリウムが含まれており バリウム鉱床として開発されている。また すでに述べたように多量のウランを伴う場合も知られている。

普通 稼行の対象となるには 明ばん石鉱石中の明ばん石含有量は50%以上であることが必要である。50%以下のものは低品位鉱として扱われるが これも適当な処理により セメント用そのほかの窯業原料として利用できるのである。

### 明ばん石鉱床の産状と成因

天然の明ばん石を成因別に分類すると 次の6つのタイプが考えられる。

- a) 火山作用起源のタイプ
- b) 侵入岩体の周縁部の接触による起源のタイプ
- c) 上昇硫酸酸性熱水溶液による岩石の明ばん石化作用によるタイプ
- d) 下降硫酸塩溶液による岩石の明ばん石化作用によるタイプ (風化作用起源のものを含む)
- e) Hypergene な再沈澱起源のタイプ
- f) 二次的な再堆積起源のタイプ

このほか 明ばん石は pyrite あるいは chalcopyrite 鉱山内部の火災によっても形成されることがある。明ばん石が形成されるのは pH=0.1~5.3 の範囲内であり これより大きい pH 値では形成されないと考えられる。しかし カムチャツカの NAVOKO 教授やニュージーランドの STEINER らは これよりも大きい pH 値の6~7まで生成が可能であると考えている。一般に明ばん石が形成される場合の母岩は 酸性~中性の火山岩が多く 流紋岩または石英安山岩が主である。しかしアフリカのアトラス山脈では 玄武岩中に明ばん石が形成されているが これはまれな例である。

### Listowenite の産状と成因

さて 次に第2のテーマとして listowenite についてお話ししたい。現在多くの文献が石英—炭酸塩岩についての記載をおこなっている。銅—多金属鉱床地域における石英—炭酸塩岩を記載している論文もいくつかみられる。しかし これらに述べられている石英—炭酸塩岩は これからお話しする listowenite とは別のものである。listowenite は超塩基性岩または塩基性岩中に岩脈状に産し しばしばクロム ニッケルなどの鉱床が伴われるものである。この岩石は非常に興味深い岩石で 約40種の鉱物を含んでいる。そのおもなものは

石英のほか、炭酸塩鉱物としては dolomite breunnerite siderite ankerite などが含まれている。しかし方解石は含まれていない。このほか、mariposite (クロムを含む雲母) クロム—緑泥石なども含まれる。

listowenite は超塩基性岩体内で岩脈状または脈状をなしてみとめられる。ウラルと中央コーカサスでは岩脈の大きさは長さ約 1km 幅50~100mである。この岩石は種々の金属鉱床を伴う点で興味深い岩石でアゼルバイジャン ウラル 中央アジア シベリアなどでは水銀鉱床を胚胎する。また ニッケルを伴うことも多く 一般に蛇紋岩中には 0.3% のニッケルが含まれているがこの listowenite 中には しばしば 3% に達するニッケルが含まれている。また listowenite の SiO<sub>2</sub> 含量は約25%である。listowenite 周辺の岩石と変質帯には累帯配列がみとめられ それは中心より

- a) listowenite
- b) actinolite
- c) serpentine
- d) talc

の各岩石および鉱物に特徴づけられている帯からなっている。

また listowenite は その中に多く含まれる鉱物の種類により carbonate—listowenite talc—listowenite quartz—listowenite などに分類される。

日本には広く超塩基性岩の分布することは知られているが listowenite がどのように分布しているのかについては 私はまだ知らない。しかし 蛇紋岩をはじめとする超塩基性岩の分布するすべての地域には listowenite が存在するものと 私は考えている。コーカサスでは非常に広い範囲にわたって超塩基性岩の分布地域が認められ その延長は約 300 km 幅は 2~30 km である。また トルコでは アンカラ南方から地中海沿岸のイズミルまで 1,000km にわたって超塩基性岩が分布している。そしてこの地域には多くのクロマイト鉱床が胚胎するのが知られている。また 私は アメリカ合衆国を訪れた際 カリフォルニア州北部の水銀鉱床を見学する機会をえた。私はこの鉱床の母岩は listowenite と考えたが 現地では 単に石英—炭酸塩岩とだけ説明された。

ソビエト連邦では listowenite について すでによくつもの論文が発表されている。私は現在「Listowenite—その成因と分類」と題する著書を準備中であるがこ

れは listowenite についてはじめて総括的に書かれたものとなるだろう。この岩石は 現在もサヤン ウラル 西シベリア コーカサスなどの地域で多くの研究者によって発見され 研究されている。この岩石は約100年前 Gustaf Rose によってウラルで発見され命名されたのであるがこの分布地域には 金属鉱床も発見されている。このように 世界各地で listowenite の分布が知られていて これまでに その数は70カ所にのぼっている。

### 質 疑 討 論

Q: listowenite の成因についてであるが、それは炭酸塩岩が熱水変質作用をこうむってできた 一種の変質岩と考えられないか?

A: そうではないと考えている。listowenite が分布する場合の地質的条件をみると 上部に超塩基性岩が下部に炭酸塩岩が分布している。listowenite はこのような場合の断裂に沿って形成されている。下部の炭酸塩岩層から 水蒸気 炭酸ガスに富んだ溶液が上昇し 超塩基性岩層中で Mg Fe Si などを濃集させる。そのような条件下で形成されたのが listowenite である。ここでは dolomite breunnerite その他の炭酸塩鉱物 および最後に石英が形成される。もしこのような場合に Cr Al などが加われば chromite mariposite が生ずるのである。

Q: しかし listowenite に水銀鉱床が密接に伴われているのは どのように説明するのか?

A: 正確には説明できないが 新期の侵入岩体には しばしば浅熱水性の水銀鉱床が伴われるのはよく知られている。このような起源の水銀鉱床が listowenite の割れ目に沿って胚胎していると考えるのが妥当と思う。また 一般に水銀鉱床は酸性岩との関連が強いが 今の場合、超塩基性岩中に listowenite が存在していることに注意してもらいたい。これまでに listowenite 中の水銀鉱床は 9カ所知られている。すでにお話ししたアメリカ合衆国の例のほかに 西シベリア 中央コーカサスにも知られている。しかし この説明には listowenite または炭酸塩岩 あるいはその両者の混成岩の多重交代作用 polymetasomatismによるとするのが もっと便利かも知れない。

Q: 風化作用による明ばん石化作用とはどのようなものか?

A: 風化作用によって形成された明ばん石は 経済的な意味での鉱床はなしていないが とくに ウラル パキスタンでみられる。これには高い気温が必要で アルミナーシリカ岩が硫酸により分解され その部分の土壌が明ばん石化すると考えられる。このような成因では明ばん石のほかに jarosite が形成される。jarosite は他の場合には形成されない。このタイプの明ばん石化作用は 当然 熱帯地方でおこなわれるのだが 日本南部地域でも おそらく 同様の過程がみとめられるものとする。

(訳者あとがき)

この講演は4月30日 地質調査所東京分室 海外地質調査協力室で鉱床部談話会として行なわれたものである。演者の KASHKAI 教授は ソ連邦アゼルバイジャン共和国科学アカデミー会員であるほか 同共和国バクー大学の岩石学 鉱床学 鉱物学部門の主任教授として長い間研究と指導にあたって来られ この講演の2つのテーマである 明ばん石と listowenite のほか コーカサス地域での金属鉱床と地質構造との関連や 熱水変質作用による粘土鉱物の形成過程などについても幅広い研究をしてこられた方である。今年65歳。これまでに発表した論文数は 600 余篇とのことで その広範な知識と見聞は この短い講演の端々からもうかがうことができる。なお 来日を機会に地質調査所へ寄贈された教授の著書の題名を以下に掲げておく。また 文章の順序を整えるため 話の順序を一部改変したことをお断りしておく。

(訳者は鉱床部)

寄贈著書リスト

1) АЛУНИТЫ, ИХ ГЕНЕЗИС И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ; М. А. КАЩКАЙ ТОМ 1, 2 ИЗДАТЕЛЬСТВО «НЕДРА» МОСКВА 1970

[Alunites, Their Genesis and Utilization; M. A. KASHKAI, vol. 1, 2, «Nedra» Publishing House, Moscow, 1970]

2) ПОПЕРЕЧНЫЕ (АНТИКАВКАЗСКИЕ) ДИСЛОКАЦИИ КРЫМСКО-КАВКАЗСКОГО РЕГИОНА, ИХ РОЛЬ В МАГМАТИЗМЕ И ЗАКОНОМЕРНОСТЯХ РАЗМЕЩЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ; М. А. КАЩКАЙ, Г. П. ТАМРАЗЯН; ИЗДАТЕЛЬСТВО «НЕДРА», МОСКВА, 1967

[Cross-Folds (Anticaucaasian) of the Crimea-Caucasus Region, Their Effect on the Magmatism and Regularities in Useful Minerals Distribution; M. A. KASHKAI, G. P. TAMRAZIAN; Publishing Office «Nedra», Moscow, 1967]

3) ПЕТРОЛОГИЯ И МЕТАЛЛОГЕНИЯ ДАШКЕСАНА И ДРУГИХ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АЗЕРБАЙДЖАНА; М. А. КАЩКАЙ; ИЗДАТЕЛЬСТВО «НЕДРА», МОСКВА, 1965

[Petrology and Metallogeny of Dashkesan and Other Iron Ore Deposits Area of Azerbaidjan; M. A. KASHKAI, Publishing Office «Nedra», Moscow, 1965]

学界ニュース

標準試料に関するパネル討論会  
— X線分析を中心に —

主催 X線分析研究懇談会関東支部

日時 8月23日(水) 10時より

会場 神奈川県工業試験所 講堂

[横浜市金沢区昭和町3173 交通: 国電新杉田駅または京浜急行杉田駅下車 電話: (045)771-1301]

講演 総論 (分析研) 服部 只雄  
粉体標準試料 (地質調) 安藤 厚  
服部 仁

溶液標準試料 (三菱電機) 松井 文夫  
X線回折用標準試料 (明大工) 貴家 恕夫  
市販標準試料 (新日鉄) 河島 磯志  
標準試料作成と分析値の決定

(原研) 中島 篤之助  
標準試料の管理 (日本鋼管) 瀬野 英夫

登録料 300円(要旨集代を含む) 当日会場にてご納入下さい

照会先 ☎151 東京都渋谷区本町1-1-5 東京工業試験所内 社団法人日本分析化学会 X線分析研究懇談会 関東支部 電話: (03)378-1991