

西豪州の塩湖で見た地質現象

井上 秀 雄¹⁾

1. はじめに

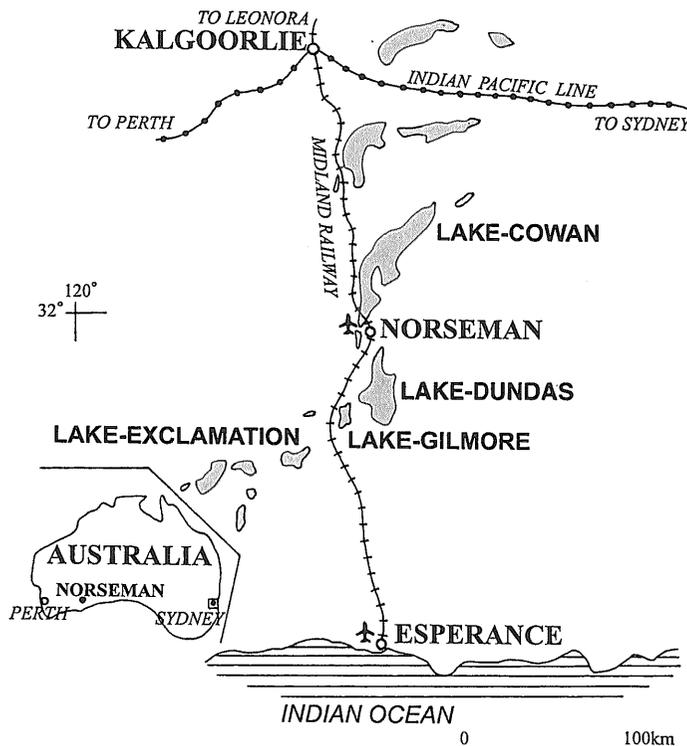
地球上で現在生成している鉱物は数種あり、その場所は塩湖、活動中の火山、温泉及び深海底である。西豪州の塩湖で見た岩塩、石膏、玉髓、豆状石灰岩の生成と、産状について以下に述べよう。或塩湖における石膏の生長が、長野県の諏訪湖でおきている“御神渡り”の現象に似ており、そこに何等かの共通点があるのではないかという発想が、本現象を考察し本稿に取り上げた第1の理由である。その他に、粗晶の石膏の生長現象と玉髓及び豆状石灰岩の存在を、珍しい地質現象と考えたのも一つの理由である。

2. 塩湖

2.1 概要

塩湖を上空から見ていると形と大きさが色々あり、只々広大で静寂とばかり考えていた塩湖に、幾つかの静的、動的な営みがあることが見つかった。それらを次に示す。

- (1) 塩湖毎の沈殿物の相違と、産状の相違。
- (2) エミューの足跡に立方体岩塩の析出。
- (3) 身長6~7cmの鼠の生息。
- (4) キセル貝モドキの巻貝(左巻)の死骸が数万個集まり、径40cmの円をなしている。
- (5) 風速10~15m/sの湖上を蠅が乱舞し、何処ま



第1図
NORSEMAN周辺の位置図。

1) 元地質調査所職員

キーワード：オーストラリア、塩湖、玉髓、石膏、岩塩、豆状石灰岩、御神渡り

でもついて来る執拗さ。

(6) 蜘蛛の生息。

以上の小動物達は何を餌に生きているのか、何も無いはずなのに不思議に思える。

2. 2 塩湖名と位置

東経121° 20' ~ 50' 南緯32° 21' ~ 50' . この範囲に下記の湖がある。

- 1) Lake-Cowan
- 2) Lake-Dundas
- 3) Lake-Gilmor
- 4) Lake-Exclamation
- 5) その他無名湖。

Kalgoorlieの北300kmにあるLeonoraからNorsemanを経てEsperanceまでの、南北距離500km間には河川はなく塩湖は20を数える。Norsemanから西側500km, 東側はSouth Australia州境までの700kmにおよぶ東西距離間には河川はない。Norseman附近の標高は250m台で、190km南のEsperance港までの傾斜は計算上0.075度という平坦な所である。雨水は川を経て海に注ぐ事なく、直接出口のない低地へと集まり、塩湖が形成されるが、雨期、乾期によっては変化が予想される。その形成には気温が高く、湿度が低く、風速と降水量が必要で、水位が常に上下し、蒸発が盛んでなければならない。

2. 3 塩湖の形と大きさ

形と大きさは季節により異なるはずで、10月のKalgoorlieの気温は18.5℃, 降水量8.8mmである。形は小規模なものは、楕円形、瓢箪形、半月形等で、比較的はつきりした形で丸味を帯びている。長径30kmから80km大になれば、出入の多い浮雲形、八つ手の変形、あるいは点在する島に似たもの等で複雑な型が多い(第1図)。各湖における10月の冠水状態は、深さ1~2cmで、かろうじて塩水を湛えているところ、あるいは数cmから30cm掘って、水位に達する程度で、満々と湛えている所はない。

2. 4 塩湖内の地形変化

外域からの続きとして、湖中に砂嘴の一種である海中砂州に似た地形が形成されている事がある。

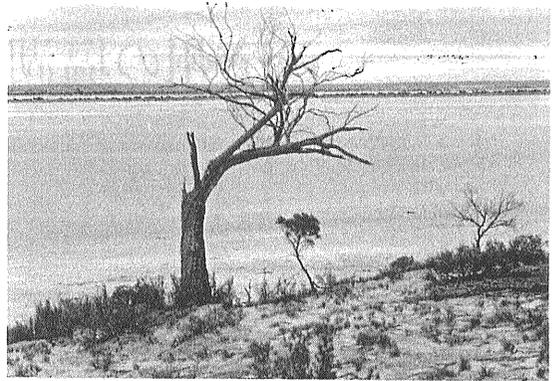


写真1 Lake-Cowanの中に直線的に発達した砂州状地形。その手前は滑走路, 更に手前の斜面は種子状石膏, 石英砂から成る。

風下側に向かって弧を画く場合と、真直に延びる場合とがある。前者の場合、風上側が緩い勾配で、風下側が急な勾配となり、非対称の法勾配で、後述する“御神渡り”に似た氷堤の成長現象に似ている。後者の場合は風向きに関係あるかどうかは、明らかでないが、対称の法勾配となっている。

以上の砂州状地形をなす場合、周辺の湖面は極めて平らで、石膏・岩塩・石英砂等よりなり、よく締まっているために、Lake-cowanの南端では、無舗装で小型機の滑走路として使用されている(写真1)。

3. 塩湖の縁の内外に産する鉱物

肉眼で認められるものとしては、全湖に石膏と岩塩が常に共存し、玉髓が一湖に、豆状石灰岩は塩湖から離れた、約10m高所にのみ産する。その他塩湖の縁に石灰岩と、その中に褐鉄鉱が挟在しているが、塩湖の形成とは、関係なさそうである。石英砂は最も大量に産するが、塩湖の産物でなく、周辺は花こう岩が多い事から、その風化物と考えられる。

3. 1 石膏

粗晶の単結晶・緻密塊状・微粉(Kopi)はそれぞれ二湖に、種子状・両錐状・粉状は全湖に産する。粗晶の単結晶として

1) “御神渡り”に似た産状概要

Lake-Dundasの南側の縁から中に約1kmの沖



写真2 左側は細粒の両錐形石膏、右側は立方体の岩塩、ユーカリの葉に石膏析出。



写真3 前方に白く見えるのは岩塩、手前塩生植物の生えているところは種子状石膏、両錐形石膏が厚さ10cm前後に沈殿。



写真4 御神渡りに似た粗晶石膏の花綵状の成長域。



写真5 粗晶石膏の成長に伴う空洞の形成、中心部は成長が終り、周辺は成長が続いている。

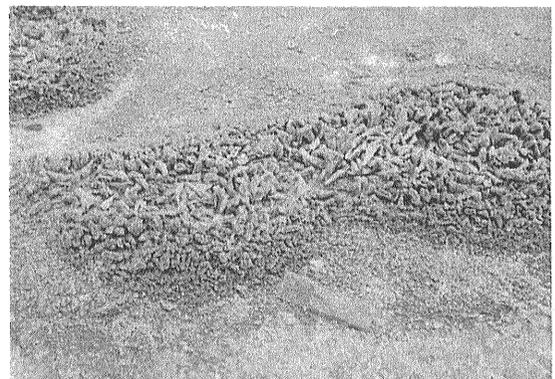


写真6 中心部から崩壊が始まり、周辺部に及ぶところ。

の、豆状石膏・岩塩・石英砂より成る砂地に、一種の砂州に似た地形ができている(写真4~7)。風下側に向かって径3m大に描かれた弧が、更に幾つか連なって延長数100mの大きな弧を描き、花綵に似た成長域をつくっている。写真8の諏訪湖の“御神渡り”に似ており、風上側と風下側の表面勾配が異なり非対称となっている。参考のため平凡社の世界大百科事典3による、“御神渡り”の解説をここにあげ、写真も転載させていただいた。正野重方氏の解説で“御神渡り”は、“氷点下で行われる、温度差による氷の膨縮と圧縮によって形成される”となっている。説明にはないが、画かれた弧

はおそらく風下側に向かっており、風上側(写真8左)が緩い勾配で風下側が急勾配となった、非対称の法勾配をもった氷堤であろうと考えられている。従い写真4と8はよく似た形といえる。



写真7 原液の供給が止まり、同時に成長が終り全て崩壊した結晶群。

結晶成長から空洞の形成

結晶の成長は写真5, 6, 7, 9に示すように、結晶の両先端部が成長しているところから、その伸び方向は上下と考えられる。特に写真5に示した当初の成長部分である中心部は、周辺の結晶群の成長に伴って浮上する。その後の成長と溶液の蒸発が進み、湖面の溶液と分離して成長は停止し、空洞が形成される。然し空洞周辺は溶液の供給が続く限り成長は進み、横からの成長に伴う圧力が加わるため全体が盛り上がり空洞は拡大する。逆に成長に伴って溶液の供給が続き、空洞が形成されなければ、結晶体は更に大きく成る可能性があると考えられる。

空洞の崩壊後も続く周辺の成長

写真4は“御神渡り”に似た産状の形成から崩壊が終わり、花綵状になった成長域を示したもので

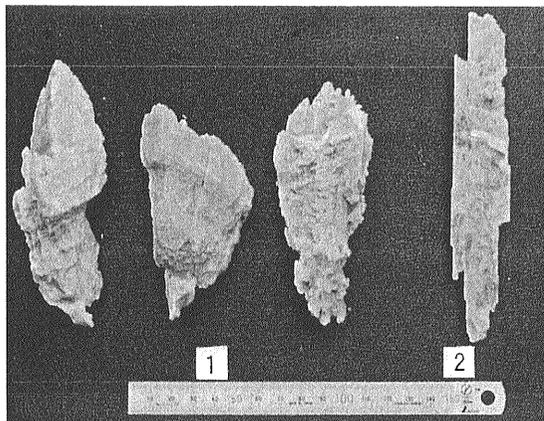


写真9 御神渡りに似た産状から得た石膏結晶。写真左2つは写真7からの産出、右1つは泥土中に成長した石膏。



写真8 諏訪湖の御神渡りに見られる氷堤。
おみわたり[御神渡] 長野県の諏訪(すわ)湖では、冬期に湖面が全面結氷してから2~3日目に気温がさらに降下すると、湖面の水は収縮し、音をたてて裂け目を生ずる。その裂け目から下の水が上昇して結氷するが、その後気温の上昇とともに氷盤が膨張するとき、両側から圧縮されて裂け目に沿って氷はもち上げられ、氷堤ができる。この氷堤ができる現象をく御神渡りと呼んでいる。以下省略。
正野重方(世界大百科事典3より)。

ある。写真6は中心部の崩壊が始まっているが周辺は未だ成長が続き、写真7は成長が完了して崩壊も終わったところである。

以上“御神渡り”に似た産状の形成は、石膏の溶液が深部から固体状態で貫入したものではなく、風によって集まった溶液が漸次結晶化して形成された所謂蒸発岩である。後述する砂州状をなす石膏岩体にも関連する理解と考えられ、現在進行中の地質現象である。写真9の1に示した単結晶は逆錐形で、最大長さ12cm、上下の先端部は結晶が保たれ、成長の輪層(写真9の1の左2つ)が発達している。

2) 泥土中の単結晶

Lake-Exclamationと、それに隣接する沼地において産出する単結晶は、砂州状地形の風下側にある泥土の中と隣接する沼地に産する(写真9の2)。水分約50%の暗黒色泥土の中に産し、2~3回の手探りで1個を採取できる程度の出現頻度である。

上下先端部は結晶形が保たれ、b面に直角な側面は下部が薄く上部が部厚くなり、小結晶が多く附着し、長さ最大15cmを有している。またb面の発達が顕著で、それに平行なへき開が2~3mm間隔に発達し、更にへき開に直角な割目(?)が5mm間

隔に発達している。

3) 塩湖の縁の外内に産する種子状石膏

豆状石膏と石英砂がほぼ同率で混在し、特に塩湖の縁から内側が石膏の比が高く外側程小さい。比率がほぼ1:1の範囲は塩湖の縁に沿う延長数100m・幅50m前後・深さ5m以上をトレンチで確認した。豆状石膏の大きさは米粒大で透明性を有し、石英砂もほぼ同じ大きさであるが、白色あるいは淡褐色のために区別はできる。石英砂との分離ができれば、各湖に大量に産する石膏は重要な資源として扱われよう。

4) 砂州状地形をなす塊状石膏

砂州状地形をなす塊状石膏に見られるいくつかの特徴を以下に示す。

- (1) 砂州の伸びが風下側に向かって弧を描く
- (2) 砂州の伸びが直線的
- (3) 小規模の丘陵地に似た起伏のある地形

(1)の弧を描いた砂州は、Lake-Exclamationで見られる現象で、外域からの続きとして延長約150m・幅約10m・高さ約3mの規模である。風下側に向かって緩やかな弧を描き、風上側の勾配は20度程度で、風下側は80度程度の急勾配をもった非対称の法勾配となっている。先に述べたLake-Dundasで見られる、“御神渡り”形式の石膏の産状を拡大した形と似ている。

(2)の砂州の伸びが直線的なものとしては、写真1に見られる延長数km・幅約10m・高さ約3mで、法面勾配は対称的である。この形に似たものがPerthの北東方Lake-Cowcowingで見られ、直線的に伸びて法勾配は対称である。

(3)の丘陵地に似た起伏のある地形は、Lake-Cowanの南端部に見られ、湖中に発達した石膏鉱床で採掘が進んでいる為に、勾配が対称か非対称かは明らかでないが、前者の可能性が高い。規模は延長約300m・幅約50m・高さ約5mである。

以上砂州状地形が弧を描く場合は、“塩湖の形・降水量・乾燥程度・風速・風向き等が合った時”にできる地形と考えられる。直線の場合には特に“風向きと塩湖の伸び方向が直角に近くなる場合”に形成されるのではないかと考えられる。これらは全く予測であることをおことわりしておきたい。

以上二例の場合、共通点としては構成する石膏

が緻密塊状で軟く、淡い茶色を呈し、恰も凝灰岩が熱水変質を受けたものに似ている。その成因は二例とも同じで、溶液が蒸発によって濃縮し、結晶化して次第に盛上って肥大したものと考えられる。

5) Kopi (微粉石膏)

Lake-Cowanと、Lake-Exclamationの南側縁の外側に認められる。De La Hunty and Low (1958)によれば西豪州の塩湖における石膏産地は32湖中23湖全てにKopiが認められている。大規模なものとしては、Perthの北東約200kmにあるLake-Cowcowingで10km四方に渡って分布している。

Kopiとは現地での呼名で乳白色を呈し、比表面積が3.0千ブレン大(セメントは3.5~4.0千ブレン)に感ずる程度の微細なものであるが、何処までも飛散する程の軽さではない。

Lake-Cowanにおける産状は、ほぼ水平の石膏層(写真10)の中に、厚さ30~50cm前後で2~3層見られ、Lake-Exclamationでは風下側に当る縁から約30m、延長100mの範囲に、厚さ1m弱で地表面に分布している。堆積は陸域か水域か明らかでない。

化学成分 (KOPI)

CaSO ₄ 2H ₂ O	78.47%
CaCO ₃	9.10%
insol.	11.58%

(Lake-Kopi; De La Hunty and G. H. Low, 1958)

セメントの副原料としては飛散するために取扱われず、また大量に求める事もできない。

3. 2 岩塩

岩塩の沈殿は全湖に認められ決して珍しくないが、初期の沈殿模様は極めて多様で、その2~3例を写真11, 12, 13等に示した。写真11, 12の模様は沈殿が進むに従い、段々見えなくなり、写真13に示したように一見積雪状となる。写真2の右側に見られる四角の結晶は中心部が階段状に窪んだ径1.5mm大の立方体結晶で、写真11は水玉模様の沈殿状況を示し、その間の網目状の部分は石膏の沈殿である。

3. 3 玉髓

Lake-Dundasの南側の縁に見られる玉髓は、割れた瓦をばらまいた状態で、水面が上下する附近

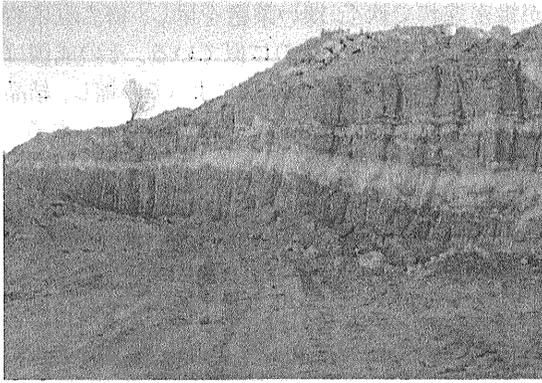


写真10 石膏鋳体中に樹状に発達した2~3層のkopi (白色).

の約100m²の範囲に分布している。割れた瓦状破片の大きさは径4~5cm、厚さ5mm前後の多角形で、弱い透明性があり淡い暗褐色を呈し、包有物あるいは模様等は全くない。表面は細かいブドウ状で、チャートより僅かに軽く、ナイフで傷が付かない。同定のための実験は何も行っていないが、石英の可能性は少ないと考えられる。散乱した各片の間隔が30~40cmであることから、乾燥・固結・収縮・亀裂の段階を経て、後に風波によって運ばれたものと考えられる。

以上の産状から、当地一帯にはけい酸源と予想される火山活動やけい藻類の存在が考えられない事から、その供給源は周辺岩石からと考えられる。従い現在玉髓が塩湖で沈殿している事は、稀少な地質現象と考えられる。

3.4 豆状石灰岩

NorsemanからEsperanceに向かう、数km南の道路側面に、延長数10m・高50cm・深さ不明の規模で豆状石灰岩は露出している。表層部の土壤中に、写真14に示す通り高密度に濃集しており、水中において淘汰、あるいは摩耗を受けた形跡は認められない。強いて推論すれば、塩湖の泥土中に溶存していた石灰分が、何らかの粒子を核として球体が生成され、塩湖の後退によって現われたものと予想される。球体は乳白色を呈し、表面は比較的粗鬆で、直径1~5cm、稀に長さ8cm・直径4cm大の芋状のものもある。内部は緻密で、1~2mm間隔に白色と灰色部分との輪層ができている。一般に古期石灰岩中に見られる魚卵状石灰岩は、通

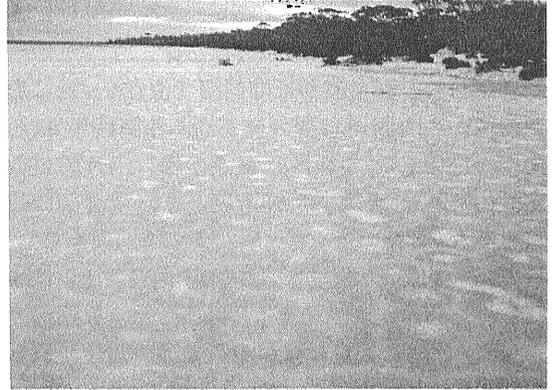


写真11 岩塩は水玉模様と網目状に沈殿し、石膏はリング状に沈殿.

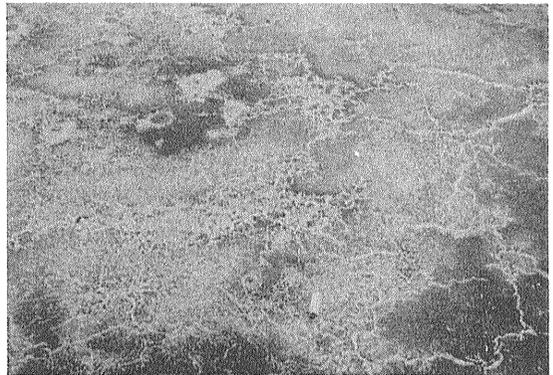


写真12 縮緬状の岩塩の沈殿模様。沈殿が進むと模様は見えなくなる。

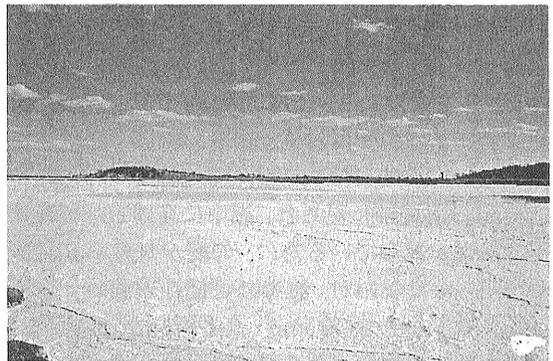


写真13 Lake-Cowanにおける岩塩の沈殿。風下側(左下)に厚く濃集して波形の襞が見られる(EMU Post Cardより)。

常2mm前後で母体と同質であるが、本球体はその5倍から25倍に当たり材質も母体とは異なる。本試料は方解石か霰石かは確認していないが、前者の可能性が強い。

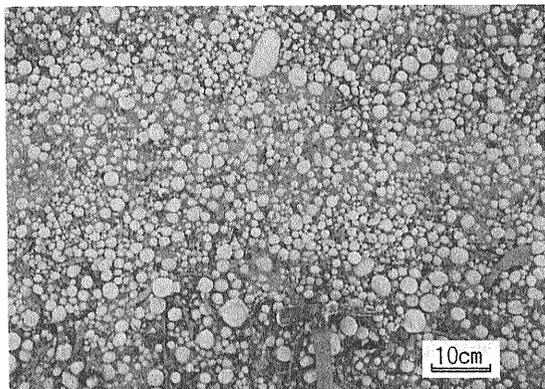


写真14 豆状石灰岩の産状（サンプルは豊橋市地下資源館に保存）。

むすび

西豪州には極めて多くの湖があり、殆ど塩湖と考えられるが、それは内陸の平坦な地域の更に深く窪んだ所に形成されており、周辺に河川が無い事が結果的自然条件となっている。因みに西豪州北部のPilbara地区には塩湖はなく河川は多い。Kimbarle地区には湖が1つあるだけで河川はない。

塩湖に沈殿する石膏と岩塩の組成成分は何処から供給されたのか、それには2つの説が考えられる。

- 1) 海退による海水の残留
(周辺岩石類からの溶出を含む)
- 2) 海水の風による運搬

石膏中のカルシウムは周辺岩石から容易に供給が考えられるが、硫酸塩とカルシウムの量的均整を考えた場合は残留説が有利ではないかと考えられる。岩塩の成分である塩素は遊離状態では存在しない事から、湖中でナトリウムと結合したものでなく、上記2説が重なって沈殿したものと考えられる。なお風による運搬は“塩害”と言う気象現象もある事から考えられない事もないが、海から1千kmの所にも塩湖がある事から、量的供給の面で若干疑問が残る。

特徴的地質現象としては、次の4項が挙げられる。

- 1) 粗晶石膏の成長現象が御神渡りの水堤の形成に似ている。結晶化の継続によって盛土状に肥大した法面は非対称の勾配を有する事と、成長

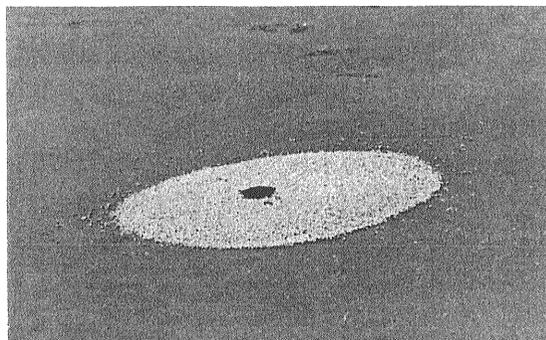


写真15 キセル貝モドキの貝の死骸。直径約40cm・厚み1cm前後で数万匹？

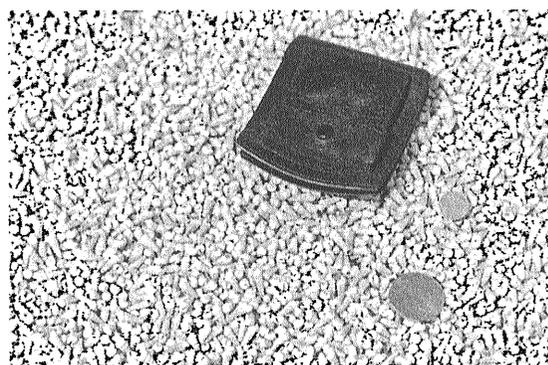


写真16 写真15の拡大。一枚の長さ8mm前後。

域が弧を画いている2点が、御神渡り現象に似ている。

- 2) 石膏の集合体が肥大して岩体をつくる場合は、石膏が深部から上昇して固体貫入したものでなく、集まった溶液が結晶化し、それが上部へと漸次盛上って、砂州状の地形が形成されたものであろう。
- 3) 玉髓は水位がぎりぎりの湖面の砂地に沈殿している事から、現世の生々しい蒸留物と言えよう。
- 4) 豆状石灰岩と塩湖の関係は明らかでないが、無関係でもなさそうに考えられる。粒度がばらついており、水中に於いて行なわれた級化作用の跡は見受けられない。

謝辞：本稿を纏めるにあたり、塩湖における元素の挙動については元山梨大学教授濱野一彦博士に、石膏の結晶等については元東北大学教授砂川一郎博士に御教示いただいた。御神渡り現象の解説と写真の転写については平凡社から許可をいた

だき、世界大百科事典3から引用させていただいた。同社出版課庄司元晶氏には厚意ある回答をいただいた。また丸紅(株)資源開発部の副部長小粥保英氏・和田秀人氏には、特に塩湖における元素の挙動について御教示いただき、いくつか資料もいただいた。査読は地質調査所、佐藤興平博士にお願いした。

本稿の執筆についての間接的な機会は、筆者が丸紅(株)に在職中の出張時に得たものである事を記しておきたい。

最後に以上の方々、並びに各社に対して深く謝意を表したい。

文 献

- De La Hunty, L. E. and Low, G. H. (1958): The Gypsum Deposits of Western Australia. Department of mines; Mineral Resources of Western Australia, Bull No.6, p.17-107.
- 花房龍男(1990):北の気象, 北海道新聞社.
- 堀江正治(1964):日本の湖, 日本経済新聞社.
- 五十嵐俊雄(1974~75):炭酸塩岩石の分類と用語, 石灰石, 石灰石鉱業協会.
- 正野重法(1964):御神渡り, 世界大百科事典3, 平凡社. p.573-574.
- 水谷伸治郎, 斉藤靖二, 勘米良亀齡(1996):日本の堆積岩. 岩波書店. p.85-122, p.152-157.
- 岡田昭彦, 矢吹貞代, 上田 晃(1995):砂漠化機構の解明に関する国際協同研究の第2期成果報告書 科学技術庁研究開発局.
- 和田維四郎, 伊藤貞一, 櫻井欽一(1947):日本鉱物誌. 中央館書店. p.338-344.
- 山内秀夫(1981):砂州・湾中砂州, 地形学辞典, 二宮書店. p.211-214, p.630.

INOUE Hideo (1999): Geological phenomena seen in salt lake in Western Australia.

< 受付: 1999年6月1日 >