

大原町山田の
穴堰と内部に形成された鍾乳石
に関する調査報告

2005年9月

目 次

1. 大原町山田の穴堰と内部に形成された鍾乳石—はじめに—	3
2. 穴堰の位置および周辺の地形・地質・気候	4
(1)地形 (2)地質・土壌・地下水など (3)降水量と穴堰	
3. 穴堰の形態と内部の様子	11
(1)内部の形態 (2)内部の地質 (3)天井の白い物質	
(4)天井の鍾乳石 (5)割れ目の方向と鍾乳石	
4. 鍾乳石の分類と形成	17
(1)鍾乳石の確認 (2)鍾乳石の形成と大きさ (3)被膜状鍾乳石のでき方	
(4)ラッパ状鍾乳石の観察 (5)被膜状からつらら状への鍾乳石の発達過程	
5. 同種の鍾乳石の比較	22
(1)大原町山田の穴堰	
(2)天然記念物『白浜の鍾乳洞』	
(3)天然記念物『布良の海食洞と鍾乳石』	
6. 穴堰と鍾乳石を自然観察の拠点に—まとめて代えて—	24
(1)山腹に水を貯める有効活用するための工夫 = 三連の穴堰を観察できるように	
(2)なぜここに穴堰をつくるのが可能であったか理解できるように	
(3)非石灰岩地帯で鍾乳石の形成を見るために	
(4)炭酸カルシウムの溶解や形成の化学反応を実感するために	
(5)今回の調査で触れることのできなかつた点	
7. 謝 辞	26
文 献	27
モザイク合成画像 穴堰の天井および両側の壁面	28

1. 大原町山田の穴堰と内部に形成された鍾乳石ーはじめにー

2005年2月はじめ、千葉県夷隅郡大原町山田三区の林繁男氏から、自宅の裏山にある洞穴で鍾乳石らしいものを見つけたとの報が千葉県いすみ環境と文化のさとセンターに入った。さっそく筆者の一人(芝崎)が予察にうかがい、鍾乳石であることを確認した(写真1)。そこで、筆者ら4人で調査を行うことにした。



写真1 穴堰の天井に形成されていた鍾乳石

第1次調査は2005年2月27日に、林氏のほか、千葉県総合教育センターの布留川毅研究指導主事、読売新聞大原通信部の及川昭夫記者を加え、7で行った。

洞穴は山腹に掘られ、まず手前の入口部(幅3.8m, 深さ1.8m, 奥行2.0m)に降り、そこから水平に幅2.2m, 高さ1.8m, 奥行16mの洞穴がつくられていた。洞穴内は三叉になり、入口すぐのところから両側に斜めに支洞が設けられている。支洞は幅1.8m, 高さ1.8m, 奥行4~5mである(図1)。洞穴内は全面がほぼ均一な泥岩(シルト岩)からなり、鍾乳石は主として中央洞の最奥から手前約5mまでの天井に密集している。天井に多数の鍾乳石の膜が貼りつき、そこから長さ6cm前後のストロー状の鍾乳石が多数下がつて、先端からは地下水が滴下していた。

林氏によると、この洞穴は農業用の貯水池で『穴堰』と呼び伝えられ、常時満水になっていた。今年(2005)2月に排水口を開けて水を出したので、中に入って見たところ、鍾乳石らしいものが多数下がつていることに気づいたということである。祖母が嫁入りした明治30年(1897)にはすでに穴堰は存在していたとの証

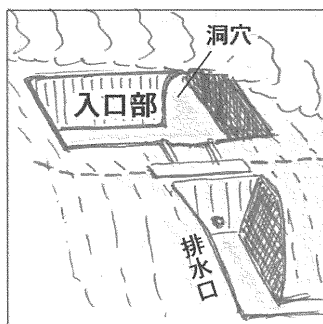
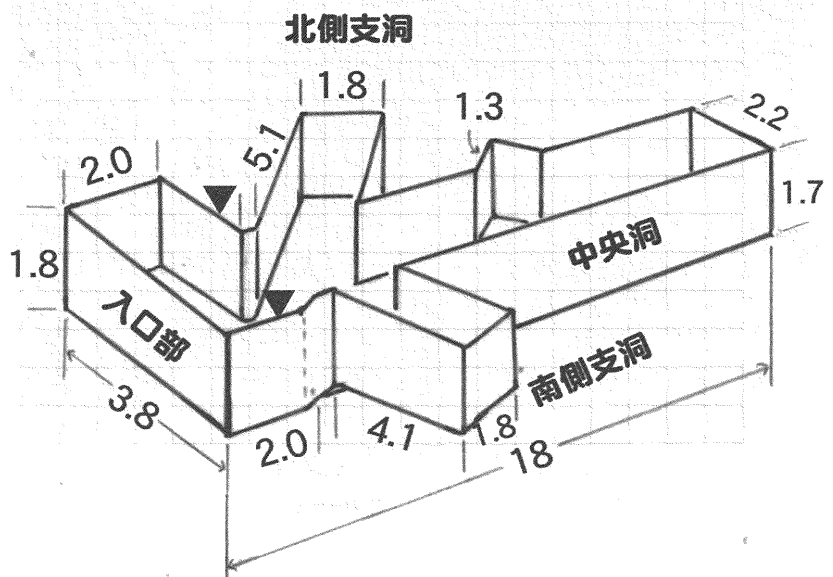


図1 穴堰の概念図

(上) まず直方体の入口部がつくられ、そこから水平に地下洞が掘られた。入口部にははしごで降りる。排水口は入口部の手前にあり木栓が詰められていた(現在は鉄パイプとキャップ)。
 (右) 概略の形と大きさ(単位:m), ▼と▼を結んだ線から手前は地上開口部、奥が地下洞の部分。中央洞はほぼN60Eの方向に延びている(後の調査でN78Eと訂正。図9参照)。



言から、穴堰がつくられた時期は少なくとも110年以上前であるという。

第2次調査は5月3～4日に、加瀬・橋本が行った。このときには、見学や調査のために、林氏によって洞内にブロックの床面がつくられ、照明が施されていた。穴堰内に、ハンドレベルを用いて水平に水糸を張り、1mごとに横糸で区切り、図9のように区分番号をつけた。なお、水糸を張った高さは、内壁の表面の色が変わるところである。すなわち、一様な黒褐色の壁が天井近くの高さで、明灰色の泥岩がまだらに汚れたような色調に変わる。一様な黒褐色はいつも水に浸かっていた部分で、この上限はほぼ満水位を示している。天井部分は現地観察に加えて真下からの写真に撮り、天井の亀裂や鍾乳石の形状と分布の解析に利用した。また、周辺の地質や地形も概査した。

調査はその後も必要に応じて行っている。本報告書では、林氏から聞き取ったことも含めて、これまでに明らかになったことと、今後の課題を述べることにする。

2. 穴堰の位置および周辺の地形・地質・気候

(1) 地形

丘陵 穴堰のある大原町山田は上総丘陵の東部に位置し、標高100m前後の丘陵が細かく開析されて、急勾配の痩せた尾根と小さく浅い谷が密に入り組んだ地形になっている。山田の中央部には落合川の支流である山田川が蛇行して流れ、広い沖積低地をつくっている（図2）。

低地のほとんどは水田として利用されているが、休耕田になっている。尾根と斜面の大部分は落葉広葉

樹林・常緑広葉樹林・スギ林であり、一部竹林にもなっている。穴堰のある谷は杉之谷^{やつ}という地名をもち、昔からスギの植林地になっていたことがうかがわれる。

なお、図2のように、大原町・夷隅町の周辺には溜池が多く、水に恵まれない土地柄が感じられる。

穴堰と林氏宅は図2の四角の部分にあり、これを図3に地形概念図として表わした。

愛宕台は旧道の尾根道最高点にあたり、ここから2本の尾根が平行して南に延び、その間に谷底低地がある。谷底低地は杉之谷の末端からいくぶん東にカーブしながら高度を下げ、宅地を通過して現在の道路のところまで山田川左岸の沖積低地と合わさる。

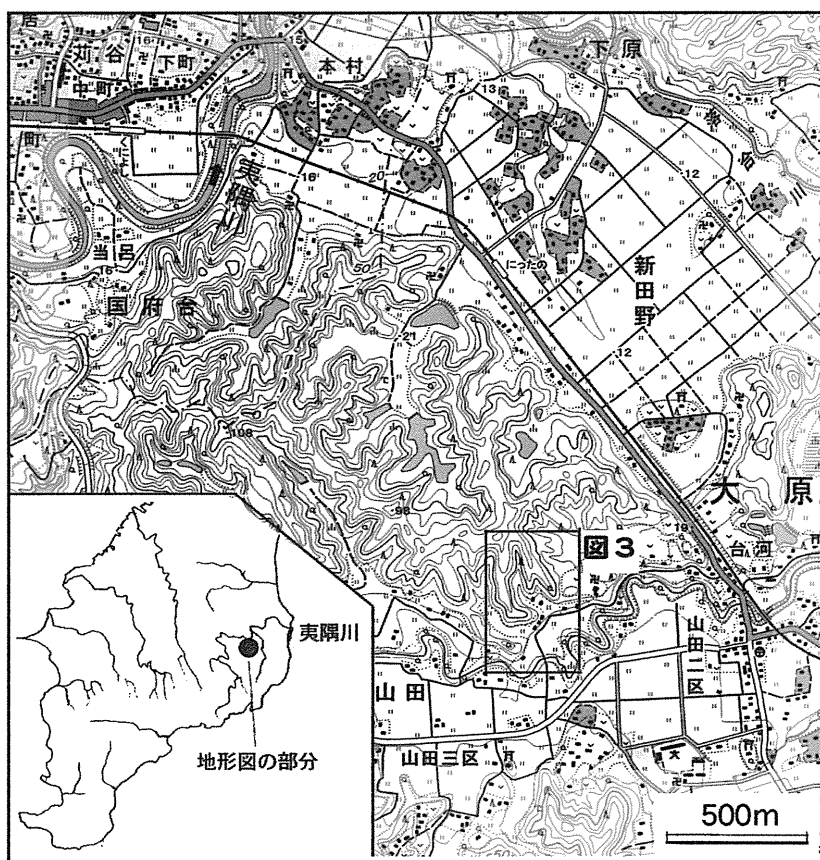


図2 大原町山田周辺
(国土地理院1/2.5万地形図「国吉」使用)

水の流れ 林氏によると、宅地は昔から同じ位置にあり、その奥には水田(棚田)がつけられていた。水田のさらに上、谷底低地の最も奥まったところの山腹に穴堰はつけられている。図3には、利用されなくなった尾根道(旧道)と、旧道で愛宕台を通る人や山仕事をやる人が利用した清水(湧水)、それに林氏宅の裏にあった水田を示した。これらの水田は現在、1996年の集中豪雨時に西側尾根で起こった斜面崩壊と西側尾根の南端部を切り崩したときの土砂に覆われている。

これを水の流れから見ると次のようになる。すなわち、杉之谷に降った雨と穴堰の水がまず棚田に供給される。宅地に近づいた水はすべて西側尾根の基部に掘られたもう1つの穴に入る。穴は隧道になっていて内部が広く、貯水できるように工夫されている。つまり第2の穴堰である。隧道は母屋を迂回して門(長屋門)のわきに口を開け、あふれた水が滝のように落ちてくる。むろん、排水口を開けば溜まった水を下部から流すことができる。門のわきから再び

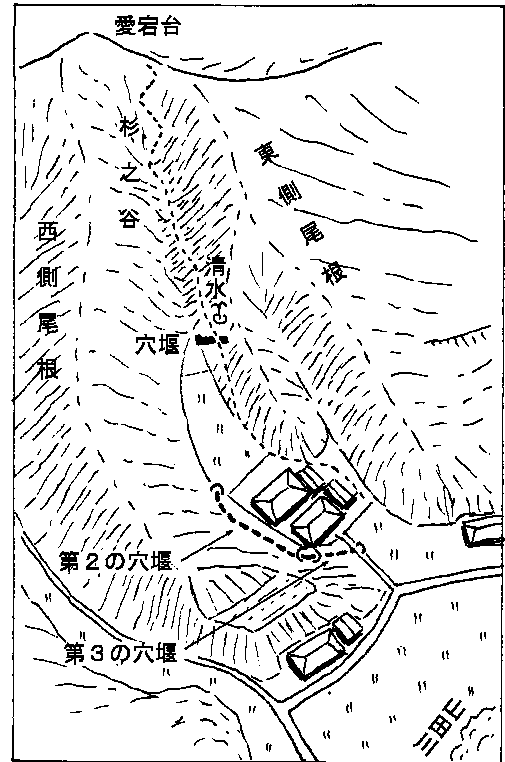


図3 穴堰周辺の地形概念図
空中写真から位置をトレースし、丘陵の斜面に陰影をつけて擬似的に立体画像としたもの。



隧道(第3の穴堰)を通して門の下の水田に放出され、最終的には山田川に流れ落ちるようになっている。図4に断面を示す。

写真2 山田川の堤防から見た調査地域

黒い屋根の建物(林氏宅)の奥を右に回り込んだ山腹に穴堰がある。背後は西側尾根。尾根左端の露頭は無層理の泥岩。露頭の左端に行くと砂に充填された断層が見られる。建物の右側は分岐した東側尾根の末端。電柱の立っているところが道路。

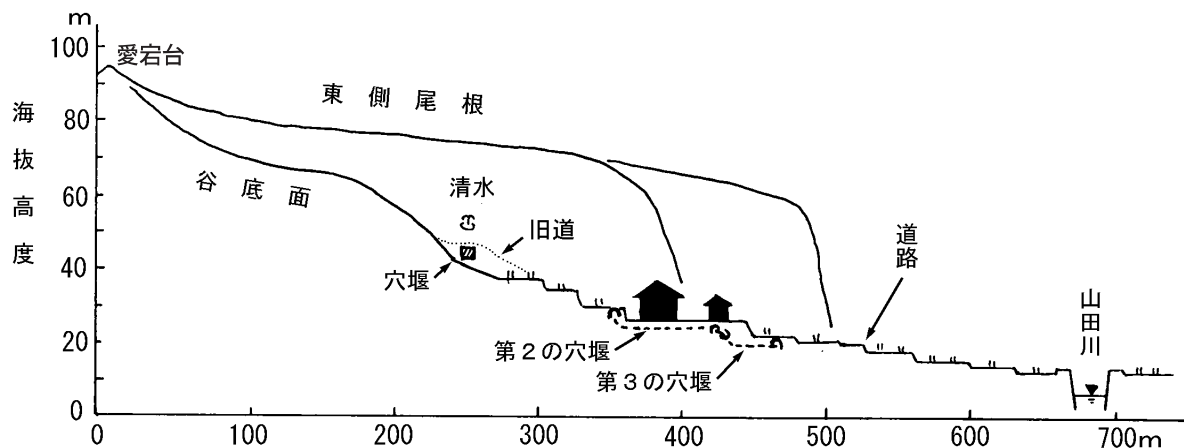


図4 愛宕台から山田川までの距離と高度変化 (水平の段々は水田)

(2) 地質・土壌・地下水など



図5 周辺の地質

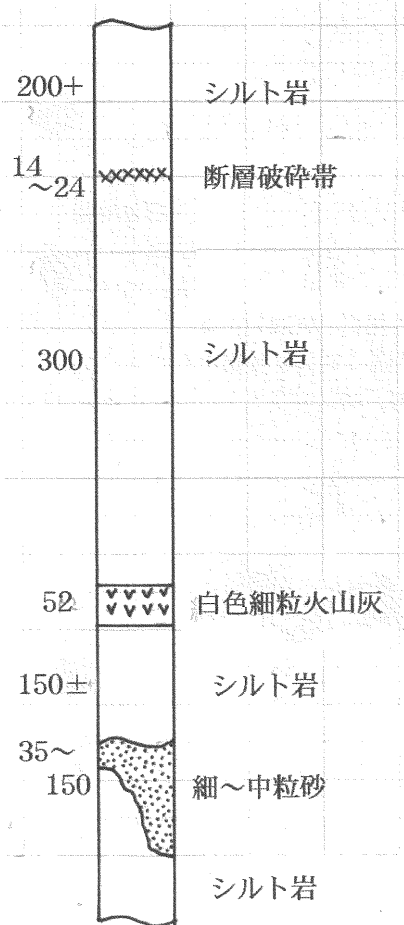


図6 地質柱状図 (単位:cm)

地質および地質構造 周辺にはあまり露頭がないが、観察されたところを図5に示す。ほとんどのところは無層理の灰色シルト岩(以下、泥岩と呼ぶ)である。まれに細粒砂岩の薄層(数cm以下)が挟在したり層理の判る部分があり、地層の走向・傾斜を測定すると、N 30～35 E, 15NW前後を示す。北西に傾斜する同斜構造である。

断層 穴堰の中、西側尾根の基部、同南端斜面で地質柱状図をつくってみると、図6のようになる。ただし、ここで見られる砂の部分は、厚さが変化し、垂直に近い角度で地層を切っているうえ、延びの方向がほとんど同じであることから、一続きの断層に砂が入り込んだものと思われる。

* 『日本油田・ガス田図 10 茂原』に描かれた山田三区を南北に縦断する4本の断層の1つと一致する。

鍵層 穴堰の中に、傾斜した白色細粒火山灰層が見られる(写真3,18)。西側尾根の基部にも同じものがある。

これを千葉県立中央博物館発行の『地学資料 上総層群下部鍵層集(1990年版)』と比較対照すると、Kd13に一致するものと考えられる。したがって、周辺は上総層群黄和田層ということになる。

上総層群とは、房総半島を横切る黒滝不整合(富津市-勝浦市)以北に広く分布する、深海底から大陸斜面を経て浅海的环境下で堆積した一連の地層群で、主体は砂岩泥岩互層である。時代は新生代第三紀鮮新世～第四紀更新世の約250万年前～約40万年前にわたるとされる。黄和田層はその下部にあたり、『千葉県の自然誌 本編2 千葉県の大地』の層序表からは180万年前～110万年前頃の堆積物と読みとれる。

同誌によれば、黄和田層は深さ最大1000～1500mの深海扇状地から深海平坦面で堆積した泥岩～泥岩優性砂岩泥岩互層とされ、また『日本油田・ガス田図』には、*Bulimina nipponica* SANOなどの有孔虫が多いことも記されている。

近藤ほか(1977)は上総層群中の20枚の火砕岩層(火山灰層)について鉱物組成その他を比較した。黄和田層についてはKd8, Kd10の特徴を記載したあと、その上下にある地層の鉱物組成について、泥岩には特に普通輝石が多く、砂岩にも同じ傾向があることを指摘した。

“軟岩” 千葉県発行『房総半島総合開発地域土地基本調査 上総大原・勝浦』付図の表層地質図によると、この付近の岩石は未固結～半固結の状態、硬さは「b 2」とされる。岩石の硬さは岩体と岩片に

分けて表1のように分類され、ともに「やわらかい」に属する。この硬さの岩石は、鉄製のツルハシやタガネで比較的簡単に掘ることができるうえ、泥岩の部分はたやすく崩壊はしない強さをもっていて、土木工事関係者には「軟岩」と呼ばれている。

この周辺の砂岩は未固結～きわめて弱い固結度であるため透水性が高く、帯水層となって地下水を流動させるが、泥岩は透水性がきわめて低くほとんど水を透過させない。穴堰周辺は厚い無層理の泥岩からなるので、比較的簡単に掘ることができ、洞穴の形が崩れず、ほとんど水を漏らさないから、経済的で良好な貯水槽になりうる。

尾根・斜面の土壌 尾根はスギ林や広葉樹林で覆われ、地表は褐色森林土になっている。穴堰周辺の土壌は、地層の傾斜から考えて、母材である黄和田層Kd13よりも上位の地層が風化したものと考えられる。すなわち、Kd 8やKd10の付近に多い普通輝石 (Ca,Mg,Fe)₂Si₂O₆ も風化され、多くのカルシウム、マグネシウム、鉄等が水に溶けて陽イオンの形になっていると思われる。

一方、林齢の異なるスギ林で、表層の土壌の化学組成を調査した福里ほか(2002)は、24年以上経過したスギ林では、毎年の落葉が分解されてできる堆積有機物の量がほぼ一定になり、落葉が分解されて土壌に蓄積されるカルシウムの量は、年とともに増加することを見出している。マグネシウムも増加するがその量はわずかである。このことは、杉之谷や以前スギ林になっていた尾根筋の土壌にもカルシウムなどがかなり蓄積されていることを感じさせる。

地下水 穴堰内では割れ目の密集している状態が観察できる(図11)。天井の割れ目からは地下水が滲み出してほぼ全面を湿らせ、中～奥部の天井からは盛んに滴下している。地表では、かつて近くに旧道が通っていて、穴堰の真上かその近辺にいつも湧水があったという。現在もそのあたりの地面からは確かに水が滲み出し、穴堰の入口に流れ込んでいる(写真4)。同じ起源の水が地表と地下の穴堰天井に滲み出している可能性がある。この水はどこから来るのであろうか。

穴堰の天井や地表で地下水が滲み出してくる以上、水源はさらに高いところに求められる。穴堰と多数の割れ目があるのは東側尾根であり、地層の傾斜の上流側も東側尾根にしかないから、水源となりうるのは降雨であろう。雨が降ると東側尾根の林から表面の土壌を通り、泥岩の細かい割れ目や薄い砂岩の層に滲み込み、細かく分布する割れ目を浸透して穴堰周辺にやってきているのではないだろうか。

降雨が植物の生えている土壌を通り、黄和田層上部の砂層や細かい割れ目にしみ込んで、長い時間かかっ

表1 岩石の硬さ

岩体のかたさ (弾性波伝播速度)	
a	はなはだやわらかい …
b	やわらかい ……1.5km/ s 未満
c	やややわらかい ……1.5km/ s 以上
d	ややかたい ……3.0km/ s 未満
e	かたい ……3.0km/ s 以上
f	はなはだかたい ……
岩片のかたさ (耐圧強度 = 一軸圧縮強度)	
1	はなはだやわらかい …
2	やわらかい ……100kg/ cm ² 未満
3	やややわらかい ……100kg/ cm ² 以上
4	ややかたい ……400kg/ cm ² 未満
5	かたい ……400kg/ cm ² 以上
6	はなはだかたい ……

(千葉県『都道府県土地分類基本調査作業規程』より作成)



写真3 穴堰内部に見られる白色細粒火山灰層下部にフレーム構造。スケールは10cm 毎

て地表や穴堰に出てくるとしたら、その過程で風化物質のカルシウムやマグネシウム、鉄などのイオンも同時に入ってくるであろう。もともと泥岩に含まれている化石水も混じる可能性がある。

水質 穴堰にしみ出してくる地下水は、降雨から滴下するまでに変質している可能性がある。地下水にはスギ林で蓄積されるカルシウム、黄和田層の普通輝石に起因するカルシウム、地層中に含まれる貝・有孔虫・石灰質ナノプランクトンなどが溶けたカルシウムイオンが多く含まれるものと予想される。

そこで、共立理化学研究所の『共立パッケテスト井戸水検査セット*』を用いて、穴堰の天井にしみ出した地下水の水質検査をした。同時に、比較のために降雨(2005年8月25日)についても同じ検査をした。その結果、降雨がpH5.5、全硬度TH 0mg/lとなったのに対し、地下水はpH9.0、全硬度TH 200mg/lとなった。ここで、全硬度とは炭酸カルシウムと炭酸マグネシウムの量をCaCO₃に換算した値である。降雨が地面にしみ込み、地下を通ることによって著しくカルシウムの多い水になっていることが裏づけられたと考えられる。

逆にいえば、穴堰の天井から滴下している水は、降った雨が短時間・短期間のうちに天井からしみ出してきたものではなく、さまざまな成分を溶かし込みながら、かなり長い時間かかってようやくしみ出してきたものだということができる。また、後述するように、だからこそ鍾乳石ができるのだともいえる。

*パッケテスト すべて比色法による検査。pHの場合、5.0、5.5、6.0、6.5、……、9.5の段階の5.5。実際には5.5～6.0の5.5に近い値。全硬度THの場合、0、10、20、50、100、200の段階に分かれ、今回の測定値 200mg/lはそうした段階の最高値であり、実数ではない。

(3) 降水量と穴堰

なぜ夷隅地方には溜池が多いのか。なぜ、穴堰をつくる必要があったのか。それを考えるために、文献により気候、特に降水量を調べてみた。

『千葉県自然誌 本編3 千葉県の気象・気候』によると、気候区分は海岸型・内陸型の中間型とされ、年平均気温は約15℃、年平均降水量は2000mm近くである。夷隅地方は特に雨の少ない所ではない。

『大原町史』によると、1979～1991年の年平均降水量は、大原消防署(大原)2060.4mm、東ダム(山田)2306.4mmとなっている。長期間の気象データがある勝浦測候所・アメダス大多喜観測点とこれらの観測値を比べると、大原消防署は同じ海岸付近の勝浦測候所と、東ダムは同じ丘陵の大多喜観測点と共通している。そこで、山田の気候を考えるために大多喜観測点の過去29年間の値を用いることにする。

まず、最近29年間の年間降水量を見てみる(図7)。平均した年間降水量は2200mm余で、その7割ほどしか降らない年が3度、10年近くたつと渇水の年になる割合だ。しかしこの程度の変化は千葉県の多くの地域に共通し、溜池が多い理由にはならないであろう。

水稻耕作には特に水の必要な時期がある。代掻きをして苗代をつくり、田植えするまでの期間と出穂し開花・受精する期間で、この時期に水を得られないと米の収穫は激減する。それ以外の時期でも、刈入れ直前までは稲を数cmの水に浸るように水位を保ち、かつ流れることが必要だとされる(『水の話Ⅲ』)。

そこで月別降水量を見る(表2、図8)。代掻き・田植え期に当たる3～5月の降水量はまずまずではないだろうか。ところが、7～8月の降水量は年による変動が非常に大きい。この時期はかつての稲の開花期にあたる(現在は開花期が6～7月)。8月を見ると、平均159mm(ほぼ平年値)の7割に達しない年は12回ある。数年に1度はかなりの渇水状態がやってくるということになる。

年による変動が大きく、しばしば深刻な渇水状態になるこの2カ月間を無事に乗り切るために、夷隅地方では多くの溜池がつけられたことが考えられる。

さらにこの時期、夷隅川やその周辺には鹹水(天然ガス付随鹹水)が出てくることも大きな問題になる。

鹹水は土地を構成している黄和田層・大田代層など上総層群下部の地層(砂岩泥岩互層)に含まれている化石海水が、断層などの割れ目から湧き上がってくるものである。湧出する化石海水は、ふだんは淡水に覆われて希釈され、塩分濃度が低く保たれているが、降雨が少なくなると塩分濃度が高まり、稲作に大きな影響を与える。したがって、渇水期にはどうしても天水を確保しておく必要がある。事実、このような被害を未然に防ぐ目的で、夷隅川支流の大野川には荒木根ダム(1978年完成)がつけられている。このダムに貯えられた水は、夷隅川の塩分濃度が500ppm以上になると放流され、塩分濃度を希釈して川の水を農業に利用できるようにしている(『夷隅町史 通史編』)。夷隅地方には鹹水対策として溜池が多くつけられている側面もあると考えられる。

調査地域については、渇水期に鹹水が出るかどうかは不明であるが、上記のほかにもう1つの理由が考えられる。図3に見るとおり、集水域はきわめて狭い。また、ほとんどが泥岩であるため透水性が悪く、地下にしみこむ水の量はかなり少ないにちがいない。丘陵の傾斜が急で降雨がゆっくりと地下にしみこんでいく余裕もなく排水されてしまう。この狭い地域で一定量の水をいつも供給することは困難であったもの

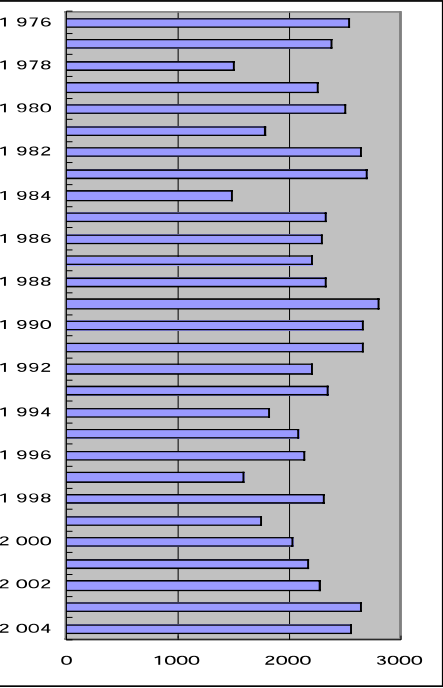
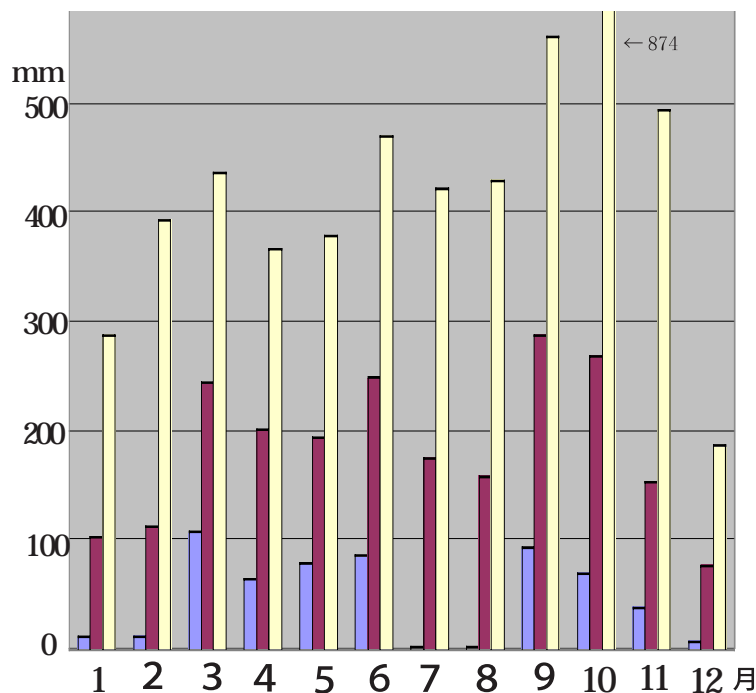


図7 大多喜の年間降水量
(1976～2004年)
29年間の平均は2224mm



と考えられる。

以上3点が、年間を通すと降水量は必ずしも少なくない土地に穴堰がつけられた理由ではないだろうか。

図8 大多喜における月別降水量
(1976～2004の平均・最大・最小値)

- 平均月降水量
- 最大月降水量
- 最小月降水量

7,8月の最小値はいずれも1mm。
年によって変動が非常に大きい。

表2 大多喜観測点における月別降水量（1976-2004年）

年・月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年降水量	7～8月降水量
1976	10	206	313	226	229	301	228	110	426	280	156	55	2540	338
1977	41	37	381	176	151	288	49	429	407	113	204	97	2373	478
1978	39	38	204	234	177	173	44	59	134	244	75	76	1497	103
1979	166	146	159	256	197	114	142	162	144	319	354	90	2249	304
1980	198	40	268	266	377	134	189	235	162	343	109	175	2496	424
1981	25	40	265	281	193	93	102	115	145	320	191	18	1788	217
1982	121	129	195	209	132	300	340	141	425	342	245	58	2637	481
1983	59	202	220	259	173	338	235	318	292	399	168	38	2701	553
1984	72	83	106	106	79	335	95	7	136	193	123	142	1477	102
1985	14	393	265	283	145	470	161	158	167	82	139	55	2332	319
1986	29	47	436	191	322	133	140	307	227	195	90	172	2289	447
1987	88	73	247	98	214	252	144	162	487	224	118	102	2209	306
1988	51	20	283	220	158	385	132	375	463	187	42	7	2323	507
1989	171	220	259	254	232	384	178	368	193	403	95	42	2799	546
1990	120	246	197	236	194	183	192	105	368	263	493	58	2655	297
1991	81	128	259	186	101	175	79	185	422	870	116	55	2657	264
1992	83	49	329	247	236	381	74	37	142	339	206	75	2198	111
1993	245	138	134	63	93	280	340	260	224	258	205	113	2353	600
1994	58	180	338	183	207	114	59	19	402	129	78	51	1818	78
1995	46	31	266	194	320	332	133	1	387	285	85	9	2089	134
1996	55	53	202	108	204	89	421	54	559	143	157	94	2139	475
1997	68	78	178	142	170	209	199	11	229	69	155	84	1592	210
1998	206	212	172	278	216	255	333	99	256	169	38	73	2307	432
1999	22	87	307	365	197	131	198	37	92	162	126	19	1743	235
2000	149	12	220	185	148	334	322	67	258	204	100	33	2032	389
2001	288	54	162	85	175	194	1	240	230	473	184	94	2180	241
2002	253	60	190	79	178	317	174	201	380	217	39	186	2274	375
2003	213	96	238	249	233	85	260	374	201	168	466	66	2649	634
2004	27	55	219	146	175	229	38	184	236	874	240	137	2560	222
月最小	10	12	106	63	79	85	1	1	92	69	38	7	1477	78
月平均	109	108	234	200	194	238	175	159	273	292	164	79	2224	334
月最大	288	393	436	365	377	470	421	429	559	874	493	186	2799	634
月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年降水量	7～8月降水量

データ引用 気象庁ホームページ（ <http://www.data.kishou.go.jp/etru/index.html> ）

この表は、気象庁ホームページから各月の降水量を引用し、それをもとに年降水量・7～8月降水量・29年間の各月の最小・平均・最大値を求めたものである。

溜池は、ふつう水流の下方に土手を築いて貯水する施設であるが、ここでは穴堰をつくることによって、平地を使わずに谷底低地の先端に貯水をし、谷底低地の先端から末端の水田全体に、いつでも必要な量の天水を供給することが可能になっていたと考えられる。また、谷底低地の中段にある宅地には井戸も掘られているが、宅地の上の水田を湛水することによって、井戸水をより得やすい状態に保たれていたことも想像される。

3. 穴堰の形態と内部の様子

穴堰の形態を正確に把握するため、洞内に基線を設けて測量と内部の記載をすることにした。穴堰の入口から最奥まで、ハンドレベルを用いて水平に水糸を張り、基点から1mごとに直交する水平線を張った。壁面にも同じ高さに水平線を張ったが、この高さはほぼ満水時の水位に一致する。この高さは底面から、基点で1.44 m、A-Bで1.55 mである。その結果を図9に、モザイク合成した天井と両壁の画像をP.28～30に示す。なお、①～30の番号は、水糸を張って区分した天井の位置を表わす。

(1) 内部の形態

あらためて穴堰を入口部と洞穴部に分けて数値を示すと次のようになる。

入口部 幅3.6 m×奥行2.6 m×高さ1.8 m,

山腹の一部がオーバーハングしているものの天井はない。

洞穴部 中央洞 幅2.0～2.4 m×奥行16.3 m×高さ1.6～1.8 m,

北側支洞 幅1.6～1.9 m×奥行4.4 m×高さ1.8 m,

南側支洞 幅1.2～1.8 m×奥行4.7 m×高さ1.8～2.0 m,

*支洞の奥行は両側壁のうちの短い方をあてた。

*北側支洞分岐の奥に、手前側で1.5mほど掘進して放棄したらしい凹部(支洞?)がある。

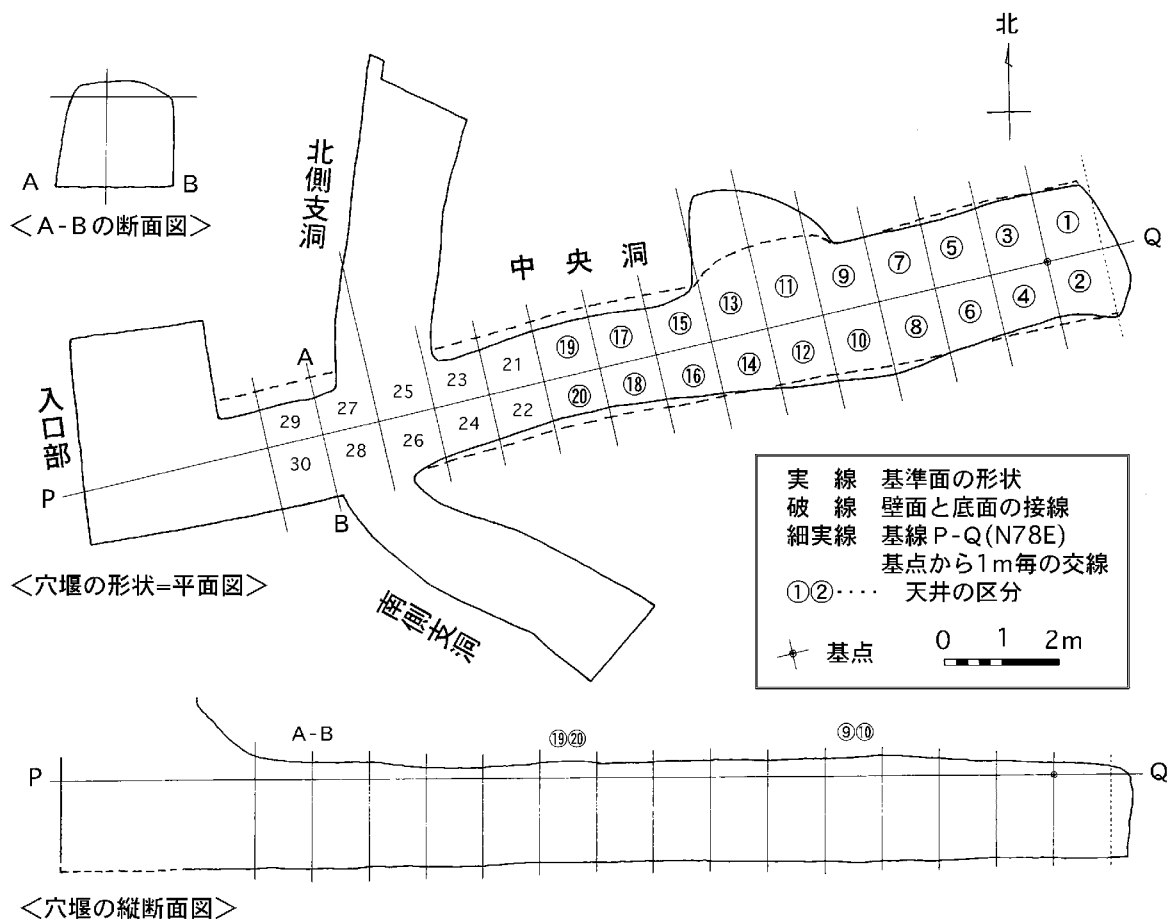


図9 穴堰の測量結果

基本的な形状は図1の通りであるが、細部がいくぶん異なっていた。

予察では、洞内に入るとすぐ3つに分岐し(写真5)、中央洞はほとんど直線状に長く掘られている印象であったが、実際には入口から分岐点を過ぎるといくぶん曲がり、横幅も奥の方がやや広がっている。2つの支洞は必ずしも左右対称になっているわけではない。分岐点から中央洞をさらに奥に進むと、左手に大きなへこみがある。北側支洞とほぼ同じ幅・同じ高さで、同じ方向に掘り始められたもののように見えるうえ、床面が硬い斜面のままになっているところから、未完成のまま放置されたもう一つの支洞と考えられる。このあたりから最奥の壁にかけて、天井にはストロー状の鍾乳石が数多く見られる。

天井と底面もきわめて水平に近い。洞内の天井と壁の境目付近はどこでも、ある高さから色が変わる。天井は灰褐色の泥岩がまだらに汚れたようになっていて、壁面は一様な暗黒色になっている(写真12)。これは常時水中にあった部分である。前述の水糸を張った基準面はこの付近に設けたものである。この変色帯で見ると、南側支洞の奥は、ほかに比べて天井がいくぶん高くなっていることが分かる。

(2) 内部の地質

地質は一部を除いて均質な泥岩である。一部とは入口部から洞穴部の入口にかけて厚さ36～120cmと変化する砂岩で、ほぼ垂直に入っている。液状化した砂が断層を押し拡げて貫入してきたものと思われる。

北側支洞の奥壁には断層でずれた2本の明灰色の地層が目につく(写真6)。この地層と同じものは、中央洞の分岐点から奥にかけて15°前後で傾斜しており(写真8)、さらに南側支洞内でも確認できる。しかし、



写真4 穴堰入口部

地表から水が滴下している。左手前は入洞用はしご

2枚に見えるのは表面だけで、実際は厚い1枚の火山灰層である(写真3)。これがKd13である。

洞内には各所に割れ目が認められる。この多くは節理でN5～14Eの方向が卓越する。北側壁の奥から約1mのところには断層破碎帯があり、天井を通過して南側壁面まで確認できる(写真11)。割れ目と鍾乳石には、後述するように密接な関係がある。なお、鍾乳石ができているのは、両壁の水糸を張った高さ(ほぼ満水位)から上である。水面より空中に出ている部分に鍾乳石は発達し、水面下には形成されていない。

(3) 天井の白い物質

洞内に入るとすぐに気づくことの1つは天井にある無数の白いものである(写真12)。指を触れてみると、白いものは粉状を呈し、主として天井の掘り跡の窪みに多い。両側の壁面には掘り跡は多数あるが、白い物質は認められない。白い物質は天井の乾いた面では広い面積を占め、湿った面では直径数mmの斑点状に散在する傾向がある。一種の菌類ではないかと考えているが、未確認である。



写真5 地下部分の分岐

左から北側支洞・中央洞・南側支洞



写真6 北側支洞

均質な泥岩に2枚に見える火山灰層Kd13があり、地層の傾きが分かる。断層でずれている。



写真7 南側支洞

天井の明るい部分は常時空気に触れ、暗い部分は常時水に浸かっている部分である。



写真8 中央洞

北側の壁にKd13が見え、そのすぐ奥左に未完成の支洞と思われる大きなへこみ(写真9)がある。



写真9 中央洞中部のへこみ

底面の形は三角形で傾斜したままになっている。左端の壁面は北側支洞と同じ方向に掘られている。



写真10 中央洞最奥部

突き当たりから手前5 mぐらいまでの天井に鍾乳石が多い。大部分は被膜状とストロー状である。



写真11 北側の壁に見られる断層破碎帯

破碎帯は天井を通り南側の壁に続いている。天井からは地下水がしみ出して鍾乳石がつくられている。



写真 12 天井と壁面上部の変色帯および菌類と推測される白色の物質

(左) 写真両端の暗黒色は水に浸っていた部分。穴堰の水は通常この付近まであり、天井だけが空中に出ている。天井には白色の物質が付着している。(中) 乾いた天井に多く見られる白色物質の集合状態。球状のものは水滴。(右) 天井の湿ったところに散在する斑点状の白色物質。

壁面の掘り跡はややカーブを描く細く長い線が多く、天井は直線的な楔形が多いように見受けられる。これはツルハシのような、やわらかい岩盤を突き崩す道具を使って掘り進んだことを示すものであろう。天井の掘り跡は、中央洞を少し進んでから左右に分かれて両支洞に続いている。このことは、支洞が後から取り付けられたものではなく、最初から三叉の穴堰が構想されていたことを示すものであろう。

(4) 天井の鍾乳石

支洞との分岐点を越えて3mぐらい進むと、天井を横断する顕著な割れ目とその周辺に黄褐色の鍾乳石が見られる。これらは垂れ下がったものではなく、天井に貼りついた被膜状の鍾乳石である。左手の大きなへこみを通過すると、そこから最奥まではストロー状の鍾乳石が多数現われる(写真10)。ここには天井に非常に多くの被膜状の鍾乳石も見られる。被膜状の鍾乳石は地下水が回ってくるころや掘り跡のへこみにも付着している。



写真 13 被膜状鍾乳石と菌類と思われる物質

菌類と思われる物質(左上)は真っ白い粉、鍾乳石は黄褐色の固形物である(指先)。ただし白色の鍾乳石もあるので注意。

被膜状の鍾乳石が多いところには、近くに細かい亀裂があって地下水が滲み出していると思ってもよいようである(写真13,14)。

被膜状の鍾乳石は一見、掘り跡に付着した菌類らしいものと区別しにくいこともあるが、鍾乳石は淡黄褐色を示し、触ってみてもつぶれたり粉がついたりしないことで識別できる。

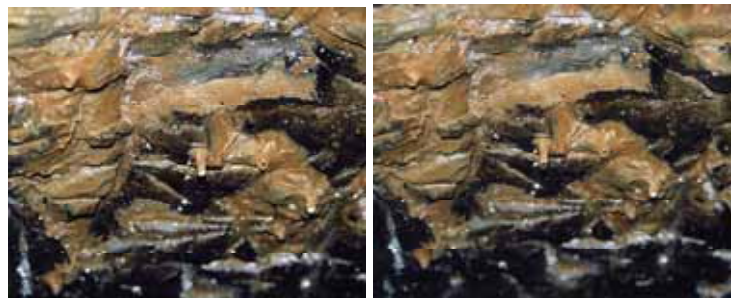


写真 14 鍾乳石の付着状況(立体写真)

天井の細かい亀裂から地下水がしみ出し、周辺に石灰質の物質が付着している。水が滴下するところではストロー状になる。

(5) 割れ目の方向と鍾乳石

鍾乳石の分布と割れ目の分布や方向を明らかにするために、真下から撮った天井の写真によってモザイク合成画像をつくり、それを用いて測定を行うことにした。

モザイク合成画像 中央洞の天井を、下底から真上に向けて写真に撮り、合成した(P.28～30)。合成画像のマットに描いた基線に、基点からとった1m毎の点を取り、なるべく水系の交差する部分をそこに持ってきて、あとは写真の大きさや角度を若干修正しながらつなぎ合わせた。ただ、基準とした水系の面から天井までは数十cmの間隔があるので、カメラの位置によって視差が生じ、①～30の範囲は水系の区画を正確に投影しているとは限らない。区画間の境界はかなりの幅をもっている。

鍾乳石の分布と割れ目の方向 天井のモザイク合成画像から鍾乳石らしいものとそれ以外の目立つものを写し取り、さらに割れ目を読みとって図10,11をつくった。図10は割れ目の方向を10°毎にまとめた頻度分布である。N5～34Eが圧倒的に多い。また、岩石が割れるときに、この方向とは共役関係にあるN45～54wの割れ目もそれなりに目立つ。

天井で鍾乳石の付着している部分を、内部の写真と合成画像を見比べながら着色していくと、鍾乳石は主として①～⑧の間と①7～②0に分布することがわかる。①～⑧には広く鍾乳石が天井に付着し、あちこちから地下水が滴下している。ここで割れ目を探してみても、はっきりしたものは多くない。しかし、鍾乳石の厚く付着しているところを見直すと、直線的になっている場合が多い。その伸びの方向も、図10の卓越方向と同じか、それと共役関係にあって斜交する

北西-南東に見えるものが多い。つまり、鍾乳石の多いところには、割れ目も多いと推測できる。

これに対して、鍾乳石のほとんど見られない⑨～⑬には割れ目も少ないようである。

⑭～30は割れ目があっても鍾乳石はほとんど認められない。

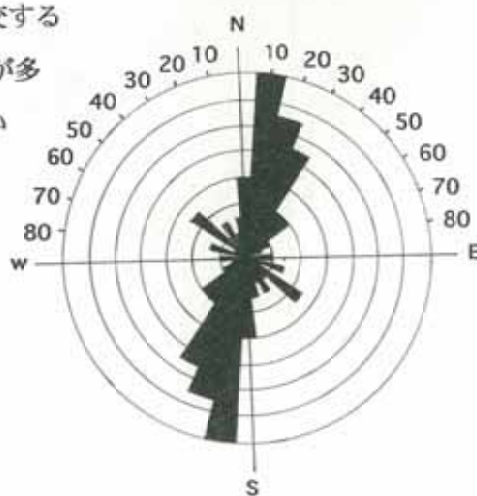


図10 割れ目の方向の頻度分布
同心円は割れ目の本数(2本毎)

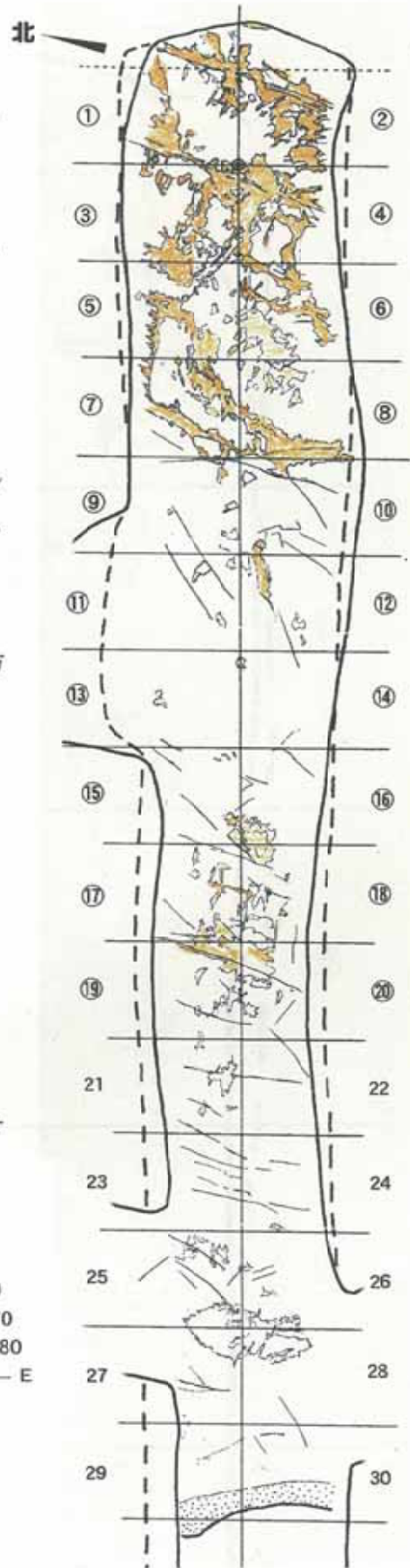
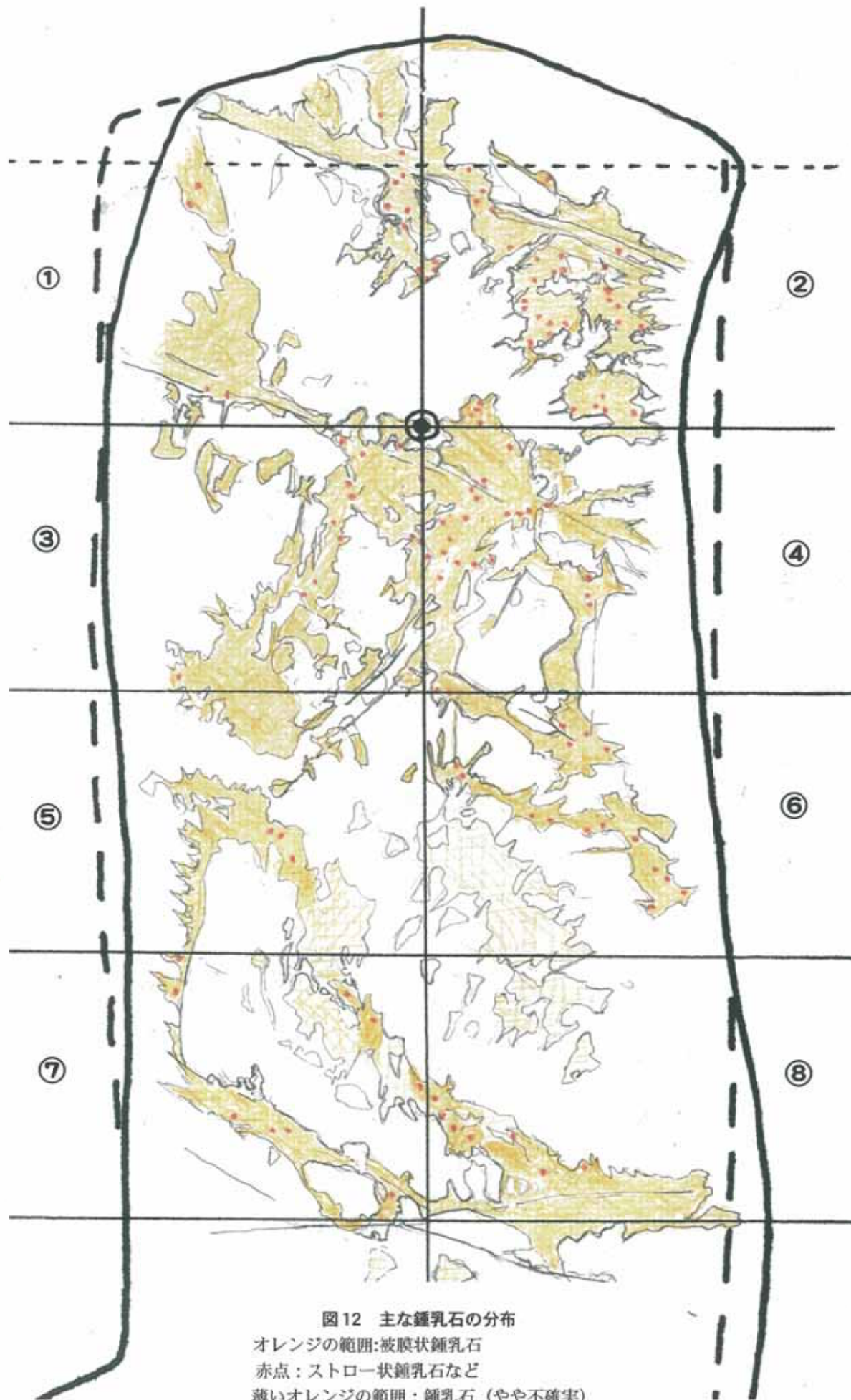


図11 中央洞の割れ目と鍾乳石の分布
橙色が鍾乳石、無着色の部分はその他。
なお、基線の走向はN78Eである。



4. 鍾乳石の分類と形成

(1) 鍾乳石の確認

鍾乳石 これまで、穴堰の天井に形成されているストロー状の物質を、その形状から“鍾乳石”，天井に付着する黄褐色のものを同じ物質と見なして“被膜状の鍾乳石”と呼んできたが、石灰岩地帯に見られる『鍾乳石』と同じものであるかどうか確かめておく。

鍾乳石は、国語辞典で「鍾乳洞の天井からつらら状に下がった白色や灰色

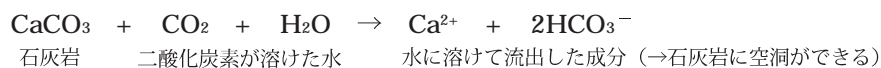
の沈殿物。……」(大辞泉)，地学事典で「石灰岩成分を溶かした地下水が、鍾乳洞(石灰洞)の天井から滴下するときに晶出してできた石灰岩質のつららのこと。……」(新版)と説明されている。試料が地下水からの石灰質の沈殿物(炭酸カルシウム)であると分かれば、『鍾乳石』と呼んでよいと考える。

調査中に不注意にも頭があたり1本の鍾乳石を折ってしまった。そこで折れたものと、天井に付いていた被膜状の鍾乳石のごく一部をもちいて双眼実体顕微鏡で観察をし、希塩酸溶液に入れて反応を見た。

結晶形が見えるものは鋸歯状や犬牙状になっている(写真 17)。犬牙状の結晶には菱面状の劈開とみなすことのできる部分もある。この特徴を鉱物図鑑と引き比べてみると、方解石(主成分： CaCO_3 炭酸カルシウム)と同定できる。さらにその一部を取り出して希塩酸溶液に入れると、はげしく発泡して溶けてしまう。被膜状とした物質も、結晶は見えないが、希塩酸に対する反応はまったく同じである。これらのことから、穴堰に形成されていたものは、天井から下がっていても貼りついていても、炭酸カルシウムを主成分とする方解石からなり、石灰岩地帯の鍾乳石とまったく同じであることが分かる。

形成 鍾乳石のできるメカニズムを、高校の化学や地学の教科書は概略次のように記述している。

石灰岩の主成分は炭酸カルシウム CaCO_3 である。二酸化炭素が溶けた弱い酸性の水は石灰岩を溶かして鍾乳洞をつくる。



石灰岩を溶かした水が、下流の鍾乳洞の天井から滴下したり、壁を少しずつ流下すると、カルシウムイオンと炭酸水素イオンを含んだ水から二酸化炭素 CO_2 が空中に出ていき、残された炭酸イオンとカルシウムイオンが結合して炭酸カルシウム CaCO_3 になる。



炭酸カルシウムの結晶が方解石である。方解石の結晶は針状や犬牙状や菱面状(マッチ箱をゆがめた形)を呈するが、どれも菱面状の劈開が明瞭である。モース硬度は3。



写真 15 被膜状鍾乳石

泥岩の割れ目から地下水がしみ出し、水の回ってきたところに鍾乳石が沈着したもの。泥岩の表面に皮膜のように付着し、厚くなっていく。水が滴下すればストロー状のものが形成される。

表3 鍾乳石の形と大きさ

*単位：cm

●筒状（ストロー状/ ラッパ状も含む）

番号	長さ	基部径	先端径	形状	番号	長さ	基部径	先端径	形状
3	1.3	0.8	0.5	筒	76	1.5	1.2	0.6	筒
4	1.6	0.4	0.5	筒	78	3.0	0.7	0.5	筒
5	0.6	0.9	0.8	筒に移行	79	1.5	0.8	0.6	筒
6	1.5	0.5	0.5	筒	80	2.0	0.8	0.5	筒
8	1.6	1.0	0.5	筒	82	2.0	0.5	0.5	筒
9	1.2	0.9	0.6	筒	83	1.8	0.9	0.5	筒
11	1.0	0.8	0.5	筒	84	1.1	0.7	0.5	筒
12	2.2	1.0	0.5	枝状筒・片側丸	85	2.7	1.4	0.5	筒
13	0.6	0.6	0.5	筒	86	1.8	0.7	0.5	筒
14	3.3	0.6	0.5	筒	87	3.5	0.8	0.5	筒
15	1.3	0.5	0.5	筒に近い穴	88	5.4	0.8	0.5	筒
16	4.5	0.7	0.5	筒	89	1.8	0.6	0.5	筒
18	3.5	0.6	0.6	筒	90	3.8	0.8	0.5	筒
19	4.5	1.2	0.5	つらら→筒	91	1.0	0.8	0.5	筒
21	3.7	0.6	0.5	筒	92	3.2	0.6	0.5	筒
22	2.1	1.5	0.5	筒	94	2.6	0.7	0.5	筒
23	0.6	0.8	0.3	筒	95	0.6	0.9	0.6	筒
25	0.8	0.8	0.5	筒	96	1.0	0.5	0.5	筒
26	2.0	1.2	0.5	筒	97	1.3	1.2	0.6	筒
28	3.0	0.9	0.5	筒	98	2.1	0.5	0.5	筒
29	2.3	1.2	0.5	筒	99	1.8	0.2	0.4	ラッパ状
32	1.4	1.0	0.5	筒	100	1.1	0.6	0.6	筒
33	1.5	0.6	0.5	筒	101	0.5	1.0	0.6	筒
34	0.8	1.0	0.6	筒	102	1.6	0.7	0.5	筒
35	3.4	1.0	0.5	筒	平均	2.0	0.8	0.5	
36	2.6	0.6	0.6	筒					
37	1.2	1.0	0.5	筒					
38	1.8	1.1	0.5	筒					
41	2.0	0.7	0.7	筒					
42	2.4	0.8	0.5	筒					
43	0.9	0.6	0.4	筒					
44	2.5	1.2	0.5	筒					
45	2.8	1.0	0.5	筒					
46	1.8	0.8	0.5	筒					
47	1.2	0.6	0.5	筒					
48	1.6	0.8	0.4	筒					
49	4.2	1.2	0.5	筒					
50	3.0	0.8	0.5	筒					
51	3.1	0.7	0.6	筒					
52	1.1	1.0	0.6	筒					
53	3.1	1.0	0.6	筒					
54	2.6	0.7	0.6	筒					
55	1.3	0.9	0.5	筒					
56	2.0	0.8	0.5	筒					
57	3.3	0.9	0.5	筒					
58	2.5	0.6	0.5	筒					
59	1.0	0.9	0.5	筒					
60	1.8	1.0	0.6	曲がった筒					
61	0.9	0.6	0.5	筒					
62	1.2	0.7	0.6	筒					
64	2.8	1.5	0.5	曲がった枝状					
66	1.4	0.6	0.5	筒					
67	2.0	0.7	0.5	筒					
70	1.7	0.6	0.5	筒					
71	2.1	0.4	0.5	筒					
72	0.6	0.6	0.5	筒					
73	0.6	0.6	0.5	筒					
74	1.0	0.6	0.5	筒					
75	2.0	0.6	0.5	筒					

●つらら状

番号	長さ	基部径	先端径	形状
17	5.5	1.7	0.6	つらら
20	6.0	1.2	0.6	つらら
24	3.7	1.2	0.5	つらら
30	4.5	1.0	0.5	つらら
31	2.5	1.0	0.5	つらら
39	2.6	0.9	0.4	つらら
40	1.0	1.5	0.6	つらら
63	2.3	0.9	0.5	つらら
65	0.6	0.7	0.5	つらら
68	4.5	1.5	0.5	つらら
69	0.7	0.7	0.5	つらら
77	0.5	1.0	0.4	つらら
81	1.2	0.9	0.3	つらら
平均	2.7	1.1	0.5	

●丸型

番号	長さ	基部径	先端径	形状
1	0.8	0.6	0.6	丸
2	0.7	0.7	0.5	丸
7	1.0	0.5	0.4	丸
10	0.5	0.6	0.3	丸
27	0.5	0.8	0.4	丸
93	0.6	0.7	0.5	丸
平均	0.7	0.7	0.5	



写真 16 鍾乳石の型
 黒っぽい部分はすべて泥岩。写真左上から右下にかけて鍾乳石が付着している。これは左上の割れ目から滲み出した水が天井を伝わってくるうちに被膜状の鍾乳石になり、さらに滴下するところで鍾乳石が下方に延びてきたことを示している。

- a：丸型
- b：筒状
- b'：曲がった筒状
- c：つらら状

(2) 鍾乳石の形と大きさ

ここでは鍾乳石を、天井に貼りついた被膜状鍾乳石とそこから下がっているものに大別し、下がっている鍾乳石を4つの型に分類して、その大きさを調べた。4つの型はストロー状（以後、筒状と呼ぶ）、ラッパ状、つらら状、丸型とした。その特徴を述べ、結果を表3に示す。

筒状(ストロー状)：付着している基部は別にして、水滴の落ちてるところまでがほとんど同じ太さの筒になっている。筒の太さは約**0.5cm**。これは滴下する直前の水滴の直径にほぼ一致する。筒の壁の厚みは**0.2～0.3mm**程度。洞内で見られる鍾乳石のうち、垂れ下がったものの大部分がこの型である。

ラッパ状：筒状より細い鍾乳石が途中から太さを増して筒状になったもの。細い管の内部には植物片が見られることがある。詳細は(4)で考察する。

つらら状：氷柱のような形をしている。中心に穴のあいていることが多く、筒状や丸型の鍾乳石の外側に結晶が付加して太くなったものと考えられる。

丸型：皮膜状の鍾乳石の一部が小指の先のように垂れはじめた形をしているもの。横に発達してひだ状(カーテン状)のようになることもある。

大原町山田の穴堰では筒状の鍾乳石がほとんどである。長さは**5.4cm**を最高に**2cm**前後のものが多。これに対してつらら状の鍾乳石は一般に太く長い。丸型はわずかに膨らんだようなもので、やがて孔のあいた筒状の鍾乳石に移行するように思われる。

なお、被膜状としたものは図11,12の着色した部分の鍾乳石である。

(3) 被膜状鍾乳石の形成

天井には細かい割れ目が多く、表面も凹凸がはげしい。被膜状鍾乳石は割れ目の近くはもちろん、窪んだところにも貼りついている。これには次のような過程が考えられる。天井の泥岩の割れ目からゆっくり地下水が滲み出し、薄く広がる。この時、二酸化炭素が分離して炭酸カルシウムの微粒子が形成され、泥岩の表面にこびりつく。水があまり供給されず、滴下するまでには至らないと、天井に薄く広がる形のまま微粒子が増え、鍾乳石の被膜になる。被膜はやがて厚くなっていく。

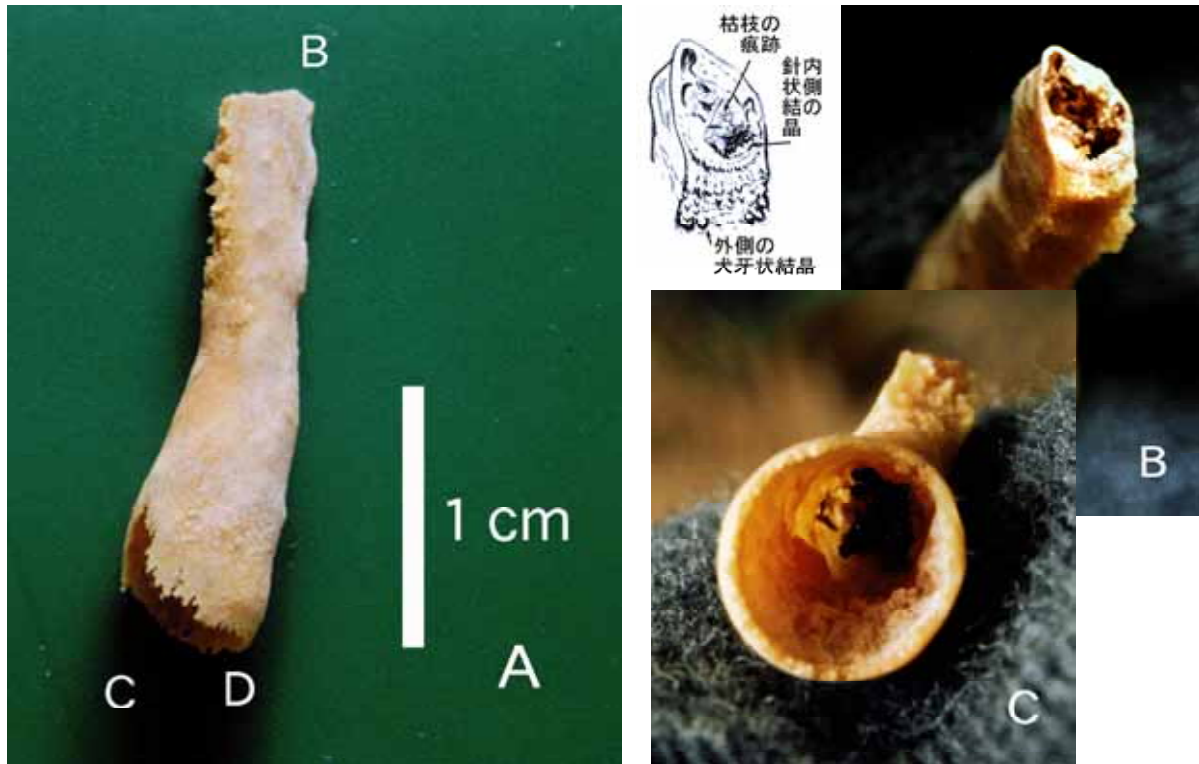
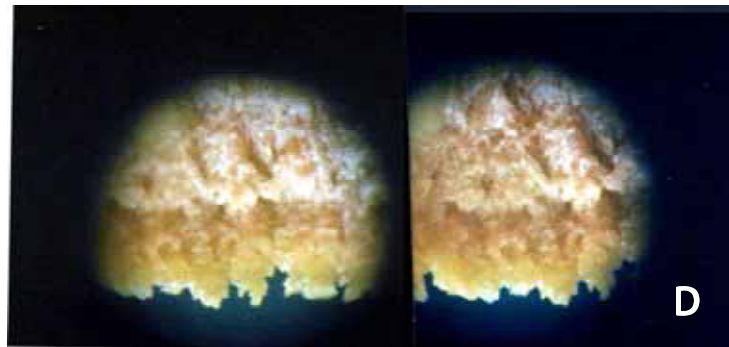


写真 17 ラツパ状鍾乳石

- A全体の形状 上半部左側に方解石の犬牙状結晶。全般的に表面は平滑
- B上部の切断面 中心の空洞に枯枝の痕跡。写真下向きに犬牙状結晶の間に年輪のような模様がある
- C下方から見た内部 縁辺はほぼ円形 内壁には凹凸。中心に枯枝の痕
- D先端の内壁(双眼実体顕微鏡立体写真) 方解石の結晶で先端は鋸歯状、内壁もうねりができている



(4) ラツパ状鍾乳石の観察

折れた鍾乳石はラツパ状である(写真 17 A)。長さ 2cm。上部の横断面は直径 0.3cm 以下のいびつな円(同 B)、中部から太さを増して下端は直径 0.5cm の円筒形になっている(同 C)。しかし下端は完全な筒ではなく、片側の結晶が未発達で半筒状になっている。表面は、一部にいわゆる犬牙状の方解石の結晶が突出しているものの、全般的にきわめて平滑である。内部には細い枯枝のようなものが残っている(同 C)。切断面(同 B)を見ると図のように、層状・犬牙状のところは放射状になっている。

下端は結晶成長の遅速により鋸歯状になっている(同 D)。下方へは急速に結晶が付加して長さを増していくように見える。それに対して内壁はいつも水に浸かった状態で、ゆっくりと結晶が成長して厚さを増すのであろう。表面は天井からの流水がすばやく降りてきて水滴になるため、結晶があまり付加されず、平滑の状態が保たれているものと考えられる。

(5) 被膜状からつらら状への鍾乳石の発達過程

この穴堰における鍾乳石の発達過程を推測してみる。結論からいえば、その時々条件によって、被膜状、丸型、ラッパ状、筒状、つらら状が、ある順序をもって、あるいは同時進行で形成されてきたものと考えられる。以下、簡条書きに表わしてみる。

①雨が降る。雨は弱酸性。大原町山田杉之谷の東側尾根に降った雨は地中に入り、土壌層を透過し、黄和田層の泥岩の細かい割れ目や砂岩層にしみ込んでいく。長い時間の中に、土壌中のカルシウム、地層中の貝や有孔虫や石灰質ナノプランクトンなどの化石類、普通輝石などの鉱物類を溶かし込みながら下方へ流下していく。この過程でpHは高くなり、カルシウムに富んだ水となる。

②穴堰の割れ目からしみ出した水は天井に薄く広がる。二酸化炭素が水面から出ると炭酸カルシウムの微粒子が天井に付着する。しみ出す水の量が少なく、いつも天井がぬれている状態で、析出する炭酸カルシウムの量が多くなり、被膜になる。 <被膜状鍾乳石>

③割れ目からしみ出す地下水がやや多いと、天井の一部に水が溜り、表面から二酸化炭素が出て炭酸カルシウムが小指の先ほどの丸い盛り上がりをつくる。水滴のできる位置が少しずつ移動するとひだ状(カーテン状)になる。 <丸型鍾乳石>

④地下水が1個所で滴下し続けると、水滴の表面付近で炭酸カルシウムの微結晶がつかられ、水滴の大きさの輪が天井から下に延びていく。その結果同じ太さの筒になる。内壁もわずかに厚さを増す。 <筒状鍾乳石>

⑤満水時に細枝が天井に付着する。天井を伝わってきた地下水が細枝をぬらし、炭酸カルシウムで包む。何かのきっかけで細枝が天井から下がる。天井にぶら下がった枝からは地下水が滴下し、炭酸カルシウムが包む。さらに枝先では水滴の大きさまで太さを増しながら成長し、以後、筒状と同じようになる。 <ラッパ状鍾乳石>

⑥筒状の鍾乳石の周りを地下水が浸すことが多くなると、根本が太くなってくる。 <つらら状鍾乳石>

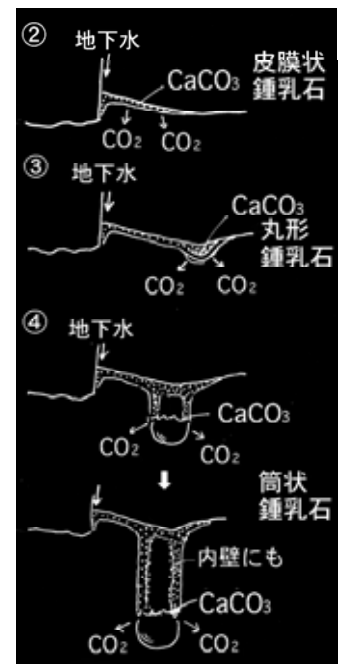


図 13 鍾乳石のできかた



写真 18 被膜状の鍾乳石と

そこから下がった鍾乳石の一例
 泥岩に鍾乳石が貼りつき、そこを地下水が流れて鍾乳石を厚くし、水が垂れるところに丸型の鍾乳石(右側 1/4)ができたり、植物の細片らしいものを覆ったり、筒状に発達したりする様子が見られる。筒状鍾乳石の先端はみな同じ側の結晶が未発達で筒を斜めに切ったように見える。

⑦地下水が長く滞留するところでは炭酸カルシウムの結晶が大きくなり、自形の結晶がルーペで見えるほどになる。少し細かければ針状結晶、粗粒の結晶なら犬牙状を呈する。 <犬牙状鍾乳石>

⑧鍾乳石の色は、純粋な炭酸カルシウムなら白色、鉄分などの不純物が含まれると黄褐色、さらに赤褐色になる。 <白色・黄褐色・赤褐色の鍾乳石>

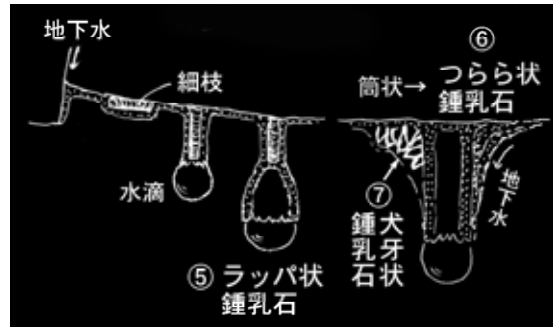


図 14 鍾乳石のできかた (図 13 の続き)

5. 同種の鍾乳石の比較

近くに石灰岩などの存在しない地域で鍾乳石が形成されているケースが、千葉県では少なくとも2つ知られている。千葉県指定天然記念物『白浜の鍾乳洞』および『布良の海食洞と鍾乳石』である。大原町山田の鍾乳石とこれらの鍾乳石を比較してみよう。天然記念物の二者については文献から要約してメモし、*に筆者らの注を加える。

(1) 大原町山田の穴堰



写真 19 被膜状鍾乳石(上)とストロー状鍾乳石(下)

- ・所在地 夷隅郡大原町山田三区
- ・上総層群黄和田層 (泥岩優性砂岩泥岩互層のきわめて厚い泥岩の部分) につくられた穴堰内
穴堰地下部
幅2.2m×高さ1.8m×奥行16m
- ・傾斜角 14° の同斜構造。洞内の節理や断層などの割れ目に沿って多くの被膜状鍾乳石があり、地下水の滴下するところにストロー状の鍾乳石(5.5cm 未満)が多数形成されている。

- ・現在、天井にしみ出す地下水が数十箇所滴下しており、鍾乳石は成長を続けている。洞壁にも地下水はしみ出していると思われるが、貯留水と一緒にいるため鍾乳石は形成されない。
- ・自然にできた洞穴ではなく、夏の不安定な降雨とガス付随鹹水の湧出しやすい土地に工夫された山腹貯留型の農業用堰でもあり、農業技術史上特筆に値する施設でもあると考える。

(2) 天然記念物『白浜の鍾乳洞』



写真 20 白浜の鍾乳洞 (2005年8月, 一部立体写真)

- ・所在地 安房郡白浜町白浜
- ・千倉層群白間津層(砂岩・泥岩互層もしくは砂質泥岩・泥岩互層)にできた海食洞内
- 海食洞
幅4～1m×高さ1.6m×奥行5m
- ・傾斜角30°の同斜構造。洞内の、傾斜してきた地層側の側面と天井に乳房状の鍾乳石と石灰質物質が多数つくられ、つらら状の鍾乳石(数cm)や石筍もある。石柱は30～40cm (立体写真の部分)。

- ・現在入洞禁止。地下水の落下があり、鍾乳石は成長している模様。
- *洞壁と天井はなだらかな曲面になっており、被膜状鍾乳石が表面を覆っているようにも見える。数点で乳房状の鍾乳石の先端から地下水が滴下し、短いストロー状の鍾乳石が見られる。石筍や石柱は太く、長い間同じ所から地下水が滴下していたことも推測できる。しかし、柵外から望みただけでは、洞内にどのような地下水の流下があったのか、最もできやすいと思われるストロー状鍾乳石がほとんどなくて乳房状や被膜状らしいものが多いのはなぜかなど、不明である。

【引用：千葉県自然誌 本編1 千葉県の大地】

(3) 天然記念物『布良の海食洞と鍾乳石』



写真 21 布良の海食洞(第一洞)の鍾乳石
上は発見当時(近藤精造氏提供)
下は現在の様子(2005年8月)

- ・所在地 館山市布良
- ・千倉層群布良層(泥岩優性砂岩・泥岩互層)の厚い砂岩層が崩されてできた大小7つの海食洞のうちの3つ
第一洞 幅3m×高さ3.5m×奥行12.5m
第二洞 幅2m×高さ2m×奥行7.8m
北側洞穴 幅2.4m×高さ2.6m×奥行12.7m
- ・傾斜角72°の同斜構造。樹林帯で涵養された地下水が砂岩の部分を下流して洞内に滲出。洞内の壁面にさざ波状の表面をもつ膜状の鍾乳石を、天井からは地下水が垂れて多数のストロー状鍾乳石(長さ30～40cm)をつくっている。カーテン状やつらら状の鍾乳石、石筍もある(1977現在)。
- ・現在、鍾乳石の多くが何者かの手によって折りとられ、天井部への地下水の滲出もないため鍾乳石の成長はない。側壁の膜状鍾乳石も剥がれ落ちている。
- *海食洞の大きさも道路工事のため入口部が削られて縮小した。地下水を涵養していた森林部も縮小している。
- *数十cmに成長していた鍾乳石は破壊されて存在しないが、長さ4cm程度のストロー状鍾乳石はまだ多数残っている。それらの一部からは地下水が滴下し、鍾乳石の成長もわずかながら行われているものと思われる。石筍や壁面のフローストーンは壊されていない模様。
- *大きな海食洞3つはトタン板で閉鎖されているが、第一洞は入口が破られ内部が乾燥しているようである。

【引用：安房地方鍾乳洞緊急調査報告書】

【引用：千葉県自然誌 本編1 千葉県の大地】

6. 穴堰と鍾乳石を自然観察の拠点に - まとめに代えて -

以上見てきたように、石灰岩のない地域で現在活発に成長を続けている鍾乳石が大原町山田で見られる。また、谷の出口に土手を築いて貯水する方式とは別に、高い山腹に貯水施設をつくる穴堰は地質特性をよく見きわめた先人の智慧であろう。そこで、これらを保存し、学校教育や社会教育に活かすことが有用であると考え。次の5点を提起し、まとめとしたい。

(1) 山腹に水を貯め有効活用する工夫 = 三連の穴堰を観察できるように

傾斜のある谷底低地に、下流側に向かって水田・宅地・水田がつくられている。集水域のあまり広くない山林の降雨をいったん山腹に貯留し、必要なときに必要な水量だけ供給していく。それを可能にしたのが三連の穴堰群といえよう。最上部の穴堰は山腹に降雨を貯留する施設で、上流の水田を潤した水は西側山腹を通る隧道式の第2の穴堰に貯留され、宅地を迂回する。その後、第3の穴堰を通して低い水田に水が供給される。3個所で水量調節ができるので、無駄の少ない供給ができたものと考えられる。また、宅地の上の水田によって、井戸水が得やすい状況にできたのではないとも考えられる。

それらを理解するには、第2 - 第3の穴堰も調査し、その特性とはたらきを明らかにする必要がある。

農業用水確保の工夫としての穴堰は非常に優れたアイデアではないだろうか。『穴堰』は、千葉市中央図書館、千葉県立図書館で見える限り、書名も内容も検索すると該当なしと出る。ウェブ検索をすると、『穴堰』は東北地方の北部から日本海側にかけて見られるようだ。たとえば次のようなものである。

鹿妻穴堰 (<http://www.tohoku.maff.go.jp>)、飯豊山穴堰 (<http://www.thr.mlit.go.jp>)

しかしいずれも、河川からの導水を他の河川や農地に導くためのトンネルか、そこに一時的に貯水するものらしく、大原町山田のように山腹に貯水池を設ける方式は見当たらない。恒常的に水に恵まれてはなかったらしい地域で、谷の奥の奥まで水田として使うための工夫がなされており、歴史的土木遺産として価値があるのではないだろうか。

(2) なぜここに穴堰をつくるのが可能であったか理解できるように

穴堰のところは無層理の均質で一様な泥岩(シルト岩)で、ほど良い硬さをもっている。比較的掘りやすく、内部で崩れることは少なく、かつ貯水能力が非常に高い。

先人はこのような地質に目を向けていたと考えられる。地質を理解するには、林氏宅のすぐ裏にある掘りかけの洞穴を観察するとよい。ここでは、厚い無層理の泥岩がどの方向にもほぼ均質であることや難透水性の岩石であることが理解しやすい。「やわらかい」とされる泥岩の特性を、タガネによる手掘りなどで体験的に理解することも可能であろう。ここではまた、泥岩の中に細粒砂岩の薄層も見られるので、地層の続きぐあい(走向・傾斜)、地層の広がりやを推定することができる。

(3) 非石灰岩地帯で鍾乳石の形成を見るために

鍾乳洞や鍾乳石の形成といえば、山口県や岩手県などの石灰岩地帯のことと考えるのが普通であろう。ところが、付近に石灰岩がない大原町で鍾乳石(炭酸カルシウムの岩石)が形成されている。これは非常に珍しい現象であるが、炭酸カルシウムの化学変化、という現象の本質が分かると、石灰岩地帯でなくても同じ条件さえそろえば鍾乳石はできるということが理解されよう。

房総半島南端地域にも同じものがあり、天然記念物となっているが、破壊されたり立入りが制限されたりして、十分な観察ができない。その点、ここの鍾乳石は現在進行の姿を十分に見せてくれる。物理的な破壊を加えたり地下水その他の条件を変化させなければ、何十年にもわたって鍾乳石の成長が見られるはずである。

天井にだけある鍾乳石は、地下水がなくなると成長が止まり、乾燥して剥がれ落ちる心配がある。何よりも山の樹木をそのまま生育させて地下水涵養が絶えないようにし、穴堰は現状のようにふだんは貯水しておき、必要に応じて水を抜くのが良いと考える。また、天井にある白い物質がもし菌類であったら、増殖の心配もある。鍾乳石の形成には無関係であろうが、観察はしにくくなる。

穴堰と鍾乳石の現状を維持しつつ、多くの人に見てもらおうための方策を考える必要がある。

(4) 炭酸カルシウムの溶解や形成の化学反応を実感するために

学校教育でも大いに役立つであろう。近年、視聴覚機器やコンピューターの発達とともに、地層に触れ、観察や実験をし、体験を通して思考する授業や機会が減少しているのではないだろうか。

高校の化学や地学では、石灰岩の溶解・鍾乳石の形成が取り上げられる。炭酸カルシウムをもつ物質が二酸化炭素の溶け込んだ水によって溶かされ、その水から二酸化炭素が分離すると既存の物体に炭酸カルシウムが沈着して結晶が成長していく、ということを目の当たりにすることができる。

これは化学反応式が分かれば理解しやすいと考えられる。もし、滴下する地下水に炭酸水素ナトリウムイオンやカルシウムイオンが本当に含まれているのか、などの疑問が出れば、地下水を採集して炎色反応や滴定分析その他の方法で確認していくこともできよう。結晶が炭酸カルシウムであることの証明も難しくない。鍾乳石が希塩酸に溶けてできた気体は石灰水を白濁させるから二酸化炭素が発生したと分かれば、結晶が CaCO_3 であることは容易に理解できる。もし、穴堰の天井はどこも同じようにぬれているのに、なぜ割れ目のところにしか鍾乳石はないのか、などの質問が出るようならば、やはり実物ならではの深い学習ができるものと考えられる。

中学校や小学校でも、学習の段階、理解の程度によって指導目標が変わるだけで、実物を前にした授業は、児童生徒の目を輝かせずにはおかないのではないだろうか。

ただ、鍾乳石を直接用いる実験や観察は難しい。それは成長途中の鍾乳石を折り取ることになりかねないからである。また、結晶は微小なので双眼実体顕微鏡による観察が必要であろうし、その観察も容易ではない。調査中に折れてしまったものなどは観察標本として大事に保管し、学習に供する必要がある。解説書や学習書、視聴覚機器やコンピュータを用いた教材をつくっておくのも一法であろう。傷つけないで済む方法を工夫することが大切だと考える。

(5) 今回の調査で触れることができなかった点

今回の調査で触れることができず、今後の課題とすべき点を挙げておこう。

①穴堰に水が溜まるまでどの程度の時間がかかるのか

穴堰は開口部に降る雨と斜面を流れてきた降雨と湧水が流入するだけで、沢の水が集められるようにはつくられていない。年間を通して流入と貯留の様子を観察して、実際の運用の姿を明らかにしたい。

②地下水はどこで涵養され、どのような経路で穴堰にしみ出してくるのか

泥岩には実際にどれほどの割れ目があるのか。穴堰の天井の写真による解析は行ったが、さらに細かい割れ目も多数あることは洞内の観察から分かった。詳細な洞内の再調査と西側尾根南端の露頭の割れ目調査を組み合わせて、降雨の浸透の過程を考察できるのではないかと考える。

③鍾乳石の形成にどれほどの時間がかかっているのか

穴堰のつくられた時期は特定されていない。大原町には他にも穴堰が存在するという（林氏談）。それらも含めて調査し、時期が特定できれば現在までの経過年数が分かり、鍾乳石の成長速度が見積もられよう。他の鍾乳石の成長速度と比べてみることも興味深い。

④筒状鍾乳石では、水滴の前と後ろでなぜ成長速度がちがうのか

観察した筒状の鍾乳石は、次々にできる同じ大きさの水滴から成長してきたはずなのに、完全な筒ではなく、片側の結晶化が遅れて斜めに切ったような形になっている（写真 17,18）。仮に筒の最長部分を前とすれば、後ろの部分はなぜ成長速度が遅いのか。すべての鍾乳石がそうなっているかどうかを調査するとともに、その原因を考えてみる必要がある。

⑤天井の白い物質は何なのか

時間をとって調べる必要がある。

7. 謝辞

まず、自宅裏山の穴堰に鍾乳石(らしいもの)が形成されていることを発見し、筆者らに調査の機会を与え、調査のために多大の便宜を図ってくださった林繁男氏に感謝申し上げます。林氏は鍾乳石を発見すると、すぐに保護と公開を考えたようです。千葉県いすみ環境と文化のさとセンターに連絡をするとともに、千葉県内の鍾乳石のある洞穴の存在を調べ、白浜町役場等に現状・公開・保護について問い合わせたり、大原町教育委員会に学校教育や社会教育の場で活用できないか声をかけていったりしました。また、筆者らが第1回調査をしたあと、ただちに底部にコンクリートブロックの板を敷き、照明装置を洞内に入れ、調査と多くの人への見学の便を提供し始めました。

調査に際しては、千葉県いすみ環境と文化のさとセンターの野村泰信センター長はじめ職員の方々から、打合せの場や器具の使用その他の便宜と多大な励ましを賜りました。厚くお礼申し上げます。

同センターで、開設以来多くの人々とともに自然観察と保護に努めてきた筆者らにとって、非石灰岩地帯で鍾乳石の形成が見られることは大きな喜びです。大原町山田は千葉県内で最も活発に鍾乳石の形成が行われている所かも知れませんが。今後も課題として挙げた点を中心に関心を向け、折をみては補強していくつもりです。また、自然が与えてくれた珍しい現象を大切に保存し、多くの人々に見ていただくための努力を、林氏の意見を聞きながらセンター職員各位とともに行いたいと考えています。

文 献

- 千葉県（1974）房総半島総合開発地域土地分類基本調査 上総大原・勝浦
千葉県（？）都道府県土地分類基本調査 作業規程
千葉県立中央博物館（1991）地学資料 上総層群下部鍵層集（1990年版）
千葉県立中央博物館（2000）地学資料 千葉県の鉱物
千葉日報社編（1982）千葉大百科事典，千葉日報社
地学団体研究会新版地学事典編集委員会編（1996）新版地学事典，平凡社
地質調査所（1971）日本油田・ガス田図 10 茂原，地質調査所
福里和朗・古嶋重幸・松下啓太（2002）スギ林の表層土壌の化学性について(IV)- 林齢の異なるスギ林の
堆積有機物量と表層土壌の化学性-，九州森林研究，No.55，181-183
堀 秀道（1990）楽しい鉱物学，草思社
夷隅町史編さん委員会（2005）夷隅町史 通史編，夷隅町
近藤精造（1977）安房地方鍾乳洞緊急調査報告書，千葉県教育委員会
近藤精造・高井憲治・米沢正弘・橋本昇（1977）房総半島における上総層群中の火砕岩について，千葉大
学教養部研究報告 B-10，25-33
大原町史編さん委員会（1993）大原町史 通史編，大原町
柴田秀賢・須藤俊男（1980）原色鉱物岩石検索図鑑，北隆館
高橋 裕編（1982）水のはなし I～III，技報堂出版
財団法人千葉県史料研究財団（1996）千葉県の自然誌 本編 1 千葉県の自然，県史 40
同 （1997）千葉県の自然誌 本編 2 千葉県の大地，県史 41
同 （1999）千葉県の自然誌 本編 3 千葉県の気候・気象，県史 42

大原町山田の穴堰と内部に形成された鍾乳石に関する調査報告

2005年9月30日

調査者 橋本 昇 元千葉県立市原緑高等学校
芝崎昌彦 千葉県いすみ環境と文化のさとセンター
渡邊美利 千葉県いすみ環境と文化のさとセンター
加瀬靖之 千葉科学大学



南 ←

→ 北

中央洞天井

← →

← →

北側壁面

南側壁面

モザイク合成画像 穴壙の天井および両側の壁面（入口部周辺）



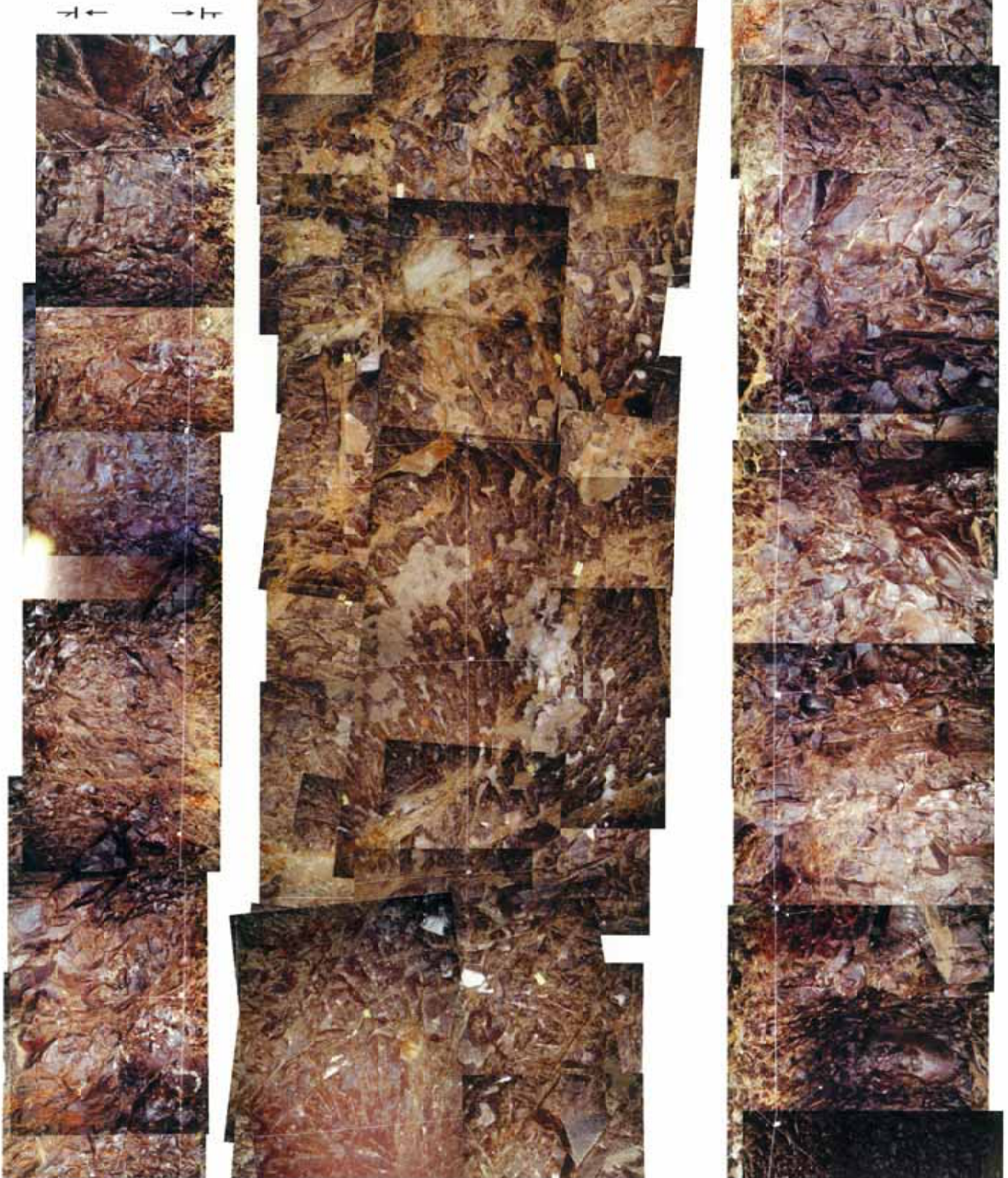
モザイク合成画像 穴堰の天井および両側の壁面（中央部周辺）

北側壁面

中央洞天井

南 ← → 北

南側壁面



↓ P.29

モザイク合成画像 穴堰の天井および両側の壁面 (奥部周辺)

↓ P.29