

「ふしぎ」つぶさないで！——^{くも}雲形侵食とは——

元宮城第一女子高校 宇留野 勝 敏

はじめに

どんなつまらないことでも、生徒の見つけた疑問は大切にしたいものだ。今の教育で最も欠けている“学習意欲”的芽ともなり得る、またとないチャンスなのだから…。

学習・研究に限った事ではないが、はっきりした問題意識を持って意欲に燃えたとき、たとえ女子でも、男子も及ばぬほどの能力を發揮して、あえて困難に立ち向かうことができるのは、あながちテレビドラマの中だけのことではなさそうだ。

今回たまたま接した本誌No.26の岩部さんの一文こそまさにその好例なので、もう何も付け加えることはないのだが、小生の拙い経験を“雲形侵食”という奇妙な現象に託して紹介してみたい。

ふしぎ発見！

1966年の春、地学部恒例の新入生巡検で、仙台市青葉区竜ノ口から評定河原対岸の崖の下を行ったときのことだ。垂直に切り立った白い広瀬川凝灰岩の表面に、斑状のクボミを見付けた生徒の一人が、「あれ、何ですか？」と…(待ってました！)



図1 “雲形侵食”研究発祥地仙台市
青葉区評定河原対岸での例

「実はオレもよくわからないんだ、松島や山寺にもあるんだけど。どうだ、地質班でやってみないか？でも最低10年はかかるぞ。…とにかく、皆で話し合ってみるんだな」と。

数日後、やることに決まったというので、さっそく大学の教養部や理学部の専門家の意見をうかがいに上がらせたが「軽石なんかの抜けた跡だろう、…いずれにしろ大した問題ではないな」等々、浮かぬ顔での報告だった。そう！原因が何だろうと、マグマの分化にも構造運動にも関係ないようだから…。しかし研究者が見逃しているところにこそ、往々部活のテーマが…。

自分の目と足で

生徒達は市内だけでなく塩釜・松島など現地にいって、スライドや立体写真に撮ったり、全国の地理～観光写真から、それらしい地形を探しては旅行など計画した。

なお、生徒は早くも例の崖の一番下のくぼみから、霜のような白いふしぎな塩類を見つけたが、それがどんな意味をもつかは…！

雲形侵食とは？

雲形定規などからの連想で、この微地形のニックネームがきましたが、これまでに明らかになつたおもな特徴は：

1. 崖の面に生じる、虫が食ったような殻（カラ）付きのクボミである。
2. 凝灰質岩に最も出来やすく、砂岩・安山岩・花崗岩・結晶片岩にも見られるが、泥質岩・石灰岩・溶結凝灰岩には生じにくい。
3. 無層理で粒度はcm単位で均質な岩石に生じや

すぐ、元々内在する不均質性とは無関係な点で、ある種の蜂の巣構造 (honey-comb structure) と区別できる。

4. 母岩の年代は、第四紀のシラスから第三紀層・中生代の片岩（国外ではエアーズロックなど）にも及び、年代にはほとんど無関係である。
5. 雨のあたる外側は黒ずんで殻のように固くなつて侵食に抵抗し、雨のあたらぬ内側は、乾燥して崩落が続いている。水がむしろ侵食を食い止めている点で、クボミに雨水を受ける蜂の巣構造やナーマ (gnamma) と見分けられる。
6. 一般に内側に白い水溶性塩類が析出している。
7. たえず上方と側方に拡大している現在進行中の現象で、孔は次第に統合されて大きくなり、最後にはクボミの縁は鋭い殻や庇（ヒサシ）状になる。

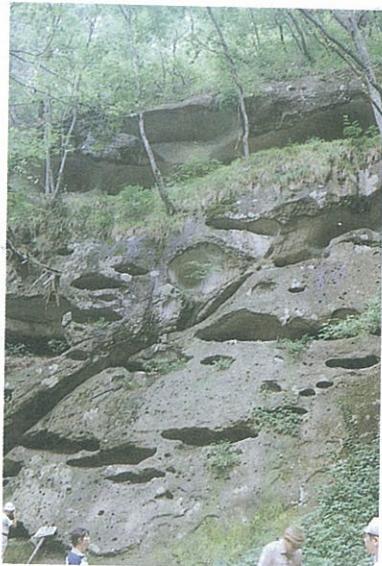


図2 山形市山寺の雲形侵食

これまでの説明

我々の知るかぎり、国内で最も典型的な例は、三重県熊野市木本の熊野酸性岩地域にある名勝“鬼ヶ城”である。ほぼ5段の高さへの洞穴数の集中頻度と、水平な床を根拠にして、海食説を唱えた脇水鉄五郎以来、このようなクボミが海岸にあれば、何の疑いもなく“波食”、内陸にあれば“風食”で説明されている。しかし先入観にとらわれずに、少し注意して観察すると、つぎつぎ疑

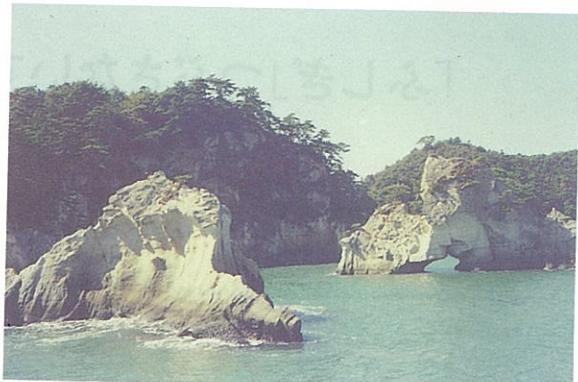


図3 宮城県桃生郡鳴瀬町奥松島嵯峨渓での例、右後方のミサゴ島には雲形侵食のほかに、低い海食洞のトンネルが見られる。

問が生じてくる。

波食・風食説の矛盾

1. 波の荒い外洋の水際よりも、むしろ静かな内湾やそれに続く陸上に、典型的なこの地形が見られ、海面低下などとは無関係に現在も崩落が続いている。
2. 波の破壊作用の最も著しいはずの潮間帯、つまり波打ち際は海藻やカキなどで被われ、侵食が妨げられていてむしろはり出していることが多く、それより上方の波のめったに当たらない部分が、たえず崩れてひっこんでいる。
3. 殻の縁の形は橢円形の孔では下の部分だけは水平に近いが、その高さはまちまちで、ひさしの上の縁は普通、複雑な形をなし著しい傾斜をなす例さえ珍しくない。



図4 鳴瀬町野蒜海岸不老山での雲形侵食のヒサシと、雨水による侵食の中止の産物“象の鼻”（生徒の命名）

特に見逃せないのは垂直な模様で、ひさしが壊れて雨水が内壁を伝わるようになった部分が、その後の侵食を食い止めて浮上がっている。

これらの特徴を、波の機械的作用で、どう説明するのだろう！

一方内陸の場合は、これもいとも安易に風食で片付けられているが、そもそも風食とは「風が吹き飛ばして叩き付ける砂やレキの機械的作用」である。例えば林の中など、そのような強風の働きのほとんど及ばない場所にも、ふつうに見られることがわかる。風はせいぜいくぼみの下に溜った砂を吹き払う程度の働きにすぎない。

我々の成因仮説

おもに野外観察の結果から、我々は岩石の“化学風化の産物”に着目して、次の2つの成因仮説をたてた。塩類は硫酸ナトリウムが主であったが時に食塩も含まれる。

1. 長石や火山ガラスなどの化学風化で生じる水溶性塩類は、循環する浸透水によって移動して雨の当たらない表面に出ると、水分の蒸発によって飽和結晶し、霜柱が土を持ち上げるのと同じ作用で、岩石を表面から崩して行く（なおこの作用は、有孔虫化石の分離にも用いられている）。

2. 化学風化のもう一つの産物である二酸化珪素つまりシリカのコロイドは、ゾルとして循環水に運ばれて、雨の当たる表面に出ると、降水の弱酸性によってゲルとなって沈殿し、乾燥して岩石の表面を固めて、侵食をくいとめる。

この2つの作用ではじめはその差が僅かだった崖の面の凹凸が、増幅されて行く現象と考えられる。鬼ヶ城の洞穴の床の、測量したような水平性も、横風で溜る雨水の侵食阻止作用で明快に説明できる。

仮説の証明

生徒達はこの仮説を証明するために、2つの実験に取り掛かった。

1. 3階校舎の屋上にポリ製たらいを2つ並べ、各々に野蒜（ノビル）石（桃生郡鳴瀬町産の凝灰角レキ岩）の柱を立て、その一方にだけ Na_2SO_4 の飽和溶液を入れて、そのまま風雨にさらした。

数ヶ月ごとに崩れた分の重さをはかったが、塩類の崩壊作用は、1年ですでに著しい効果を表した（ただ冬季間は真水の凍結によってその差は縮まったが、波のない湖岸等を除けば、塩類による氷点降下も働くので、凍結はそれほど重視する必要はないだろう）。



図5 仙台市青葉区八幡の宮城第一女子高校
3階屋上で、人工雲形侵食の実験

2. 外側の殻への SiO_2 の濃集を証明するのは、容易なことではなかった。

まず原岩の化学的不均質性の影響を除くために、同一層準の“内”と“外”について各表面から約1cmの厚さにタガネで約1kgずつ欠き取り、4mm以下に碎いて布袋に入れ、水槽の水面直下に2週間下げて“塩抜き”した。乾燥後均分し1gを化学分析に供した。なお、アルカリ溶融にはニッケルルツボを用いた。

しかし生徒にとって珪酸塩の湿式分析は、 $\text{SiO}_2\%$ を求めるだけでもかなりハードな課題で、予備テストとして同一試料を2個並行して分析して、差が1%以内の精度に上達するのに1年近くもかかり、この方法は断念せざるをえなかった。

その後、後任の顧問によって、 SiO_2 だけをフッ酸HFで飛ばす方法も試みられたが、成果

を上げるには到らなかった。

数年の空白の後、部活出身の卒業生が大学院に入ったとき、EPMAとXRFによって内外12対24個のSiO₂%を求めることができた。その結果“外”的方が平均して僅か0.88%だけSiO₂%が多くったが、これでは必ずしも有意の差とは認め難い。

その後の経過

雲形侵食の英名としては、底が平らで上方に成長する積雲cumulusになぞらえて、“cumuliform erosion”にきまった。

しかし実は部活の指導を離れた後のこと、地形学のテキストでこの微地形にはすでに“tafoni”という、コルシカの地方語に由来する術語が与えられており、成因として“塩類風化”という作用が挙げられていることを知った。これは岩片の崩落を伴う地形なので、単なる風化ではなくやはり“侵食”というべきであるが、我々の成因仮説の一つがすでに認められていたわけである。

一方外側の殻の形成は“case-hardening”として注目はされているが、必ずしもタフォニの本質的な特徴とは見なされておらず、成因もかならずしも明らかにされてはいない。地学事典改訂時には「雲形侵食tafoni」の項の新設を提案したが、まだ実現していない。

もう一つのふしぎ

我々の不勉強を棚に上げるわけではないが、ではなぜ我が国で波食・風食などの誤った解釈が、永年放置されているのだろうか、どうして議論されないのであるのか？

一つには、タフォニが外国では、おもに花崗岩に見られるのに対し、我が国ではむしろ凝灰岩などに普通に見られるので、これが同じ現象とは気が付かれなかったのではないか。最近ようやく地形

学の面からは注目されて来ている（池田、松倉他）。

もう一つ、この成因が何であれ、研究の対象としても興味薄く、実生活にはほとんど何の影響もないことが、問題を厳密に追究する意欲をそそらなかつたのかもしれない。

しかし最近、例えば名勝松島の奇岩の崩壊や、明治村などでの歴史的石造建築物の剝離崩壊が問題になっているので、対策に欠かせない正しい認識を広めるために、ぜひ関心をもってほしいものである。

おわりに

高校生の部活から、話が大分離れてしまったが、今の世の中で受験にあまり関係ない勉強や、すぐには金にならない研究に、のめりこむような若者が、一人でもふえてくれることを願ってやまない。そういう意味で雲形侵食こそは、既説に捕らわれず自分の目と足で討論に参加する、格好のテーマの一つではないだろうか。

参考文献

- 宇留野勝敏・地学クラブ地質班（宮城一女高）
(1979) 雲形侵食（新称）について、第86年日本地質学会演旨、63
Wilhelmy, H. (1980) 気候地形学、地人書房
宇留野勝敏（古川女子高）・地学部地質班（宮城一女高）(1986) 雲形侵食について（その2）、
第93年日本地質学会演旨、6
松倉公憲・松岡憲知・矢野典子（1989）房総半島
南端・野島崎にみられるタフォニ・蜂の巣状構
造について、日本地理学会予稿集、216
池田碩（1989）花崗岩地形の世界、古今書院
岩部良子（応用地質東北支社）(1998) 女性技術者
からひとこと、大地、26号、32-35