

黄河源泉のアイスピンゴとピンゴ

小 泉 武 栄

I はじめに

1985年の5月から7月にかけて、筆者は日中合同黄河源流探検隊の一員として、中国西部の黄河源流地域を訪れる機会を得た。同地域は青藏高原（青海からチベットにかけて広がる高原）の北東隅にあたる高地で、海拔は4000mを越え、そこにみられる自然には、氷河や永久凍土を始めとして、わが国ではほとんどみられないものが多い。いずれも筆者には興味深いものばかりであったが、なかでもとりわけ筆者の興味をさそったのは、黄河源頭の泉をおおう氷体であった。世界の寒冷地域で生起する現象には、実にさまざまなものがあるが、今回観察した現象は、今までほとんど知られていなかったタイプであるように思われるので、ここに報告したい。また同地域には小規模なピンゴもみられた。これについても簡単にふれたい。

今回の探検行では多くの人にお世話になった。八木原昭明隊長、江本嘉伸氏（読売新聞社）を始めとする隊員諸氏、中国科学院西北高原生物研究所の杜慶先生、北京大学の崔之久教授、派遣母体となった日本ヒマラヤ協会の稲田定重専務理事、山森欽一事務局長、五百沢智也氏。以上の方々に厚く御礼申し上げたい。江本隊員にはさらに貴重な写真を提供していただいた。心から感謝申し上げる次第である。

II 氷体の位置と構造

氷体を観察したのは、黄河源流ヨクゾンリエチューの源泉においてである。黄河の源流がどこかということについては、さまざまな説があるが、この川は、黄河の最上流にある2つの大きな湖、オーリン湖とザーリン湖にまっすぐ西から注ぐ、黄河本流（マチュー）の延長方向にあり、伝統的に本流と考えられてきた（ただし長さでは支流のカルチャーの方がわずかに長く、これを本流とみなす考えもある。この辺の話は深入りするとキリがない。カルチャーにも本流と支流があり、支流の方がどうやら長そうだ、といった具合である）。

ヨクゾンリエというのは、チベット語で「青稞（大麦の高地用改良種）を炒る鍋」の意で、周囲を低い山に囲まれた盆地状の地形からきているらしい。チューはやはりチベット語で「川」の意である。

氷体はこの川の最上流の海拔4670m地点にあった。ここは盆地の底から広く浅い沢を登りつめたあたりに相当し、流れはすでに幅1mに満たない、小さいものになっている。

この氷体、最初は盆地を囲む山の上から見下ろしたため、残雪のようにみえた。全体の形も残雪（雪田）風で、浅い谷の底の部分に存在している。ところが、近づいて手をふれてみると完全な氷で、内部は青白く輝き、さながら氷河の氷をみるような感じである。

氷体を観察したのは6月下旬であったから、

すでに夏といえる。涼しく、夏季に雪が集中して降る、青蔵高原の気候を考えると、この氷体には越年の可能性すら考えられた。

氷体の厚さは2 mほど、山側に近い方の一部が鏡餅状に1 m余り盛り上がり、その中央部はすでに陥没して、氷体の中に直径7~8 mの池をつくっている(写真2)。

不思議なのは同じような氷体が、他のどこにも見出せなかったことで、氷体の形成は、ヨクゾンリエチュエー源頭だけの、まったく独特の現象である可能性が高い。

氷体の周囲は永久凍土地域で、チベットハリスゲ(*Kobresia tibetica*)を主体とする湿った草原になっている。雪だけ水の影響もあって、表面にはしばしば水たまりができていますが、湿原ではなく、その証拠に泥炭は形成されていない。

III 氷体の成因と形成のメカニズム

ここにだけなぜ氷体ができ、それはなぜ融け切らないで、夏まで残存し得たのだろうか。筆者は同行した中国科学院西北高原生物研究所の杜慶先生と渡辺隊員の協力を得て、この謎にとりくんだ。

調べてみてまずわかったのは、氷体のあるところには地下から水が湧き出しているということであった。氷体は泉をおおうように生じていたのである。

湧き水は先述の、氷体が陥没してできた池の部分で観察できた。気泡をまじえた、澄んだ水が、時折、ゴボゴボと音をたてながら湧き出してくる。湧き口は少なくとも4ヶ所あった。湧水の温度は0.4℃。氷点に近い冷さである。

氷体の一部が鏡餅状に盛り上がっていることからピンゴやハイドロラコリスの形成メカニズムに似た、次のような氷体の形成機構を推定した(図1)。

秋口になると、低温のために、源泉の池の表面は水の湧出口の上を除き、凍結してしまう。水はまだ凍っていない穴から周囲にあふれ出し、凍りついて、氷を除々に厚くする(図1の③)。

さらに寒くなると、水の出口も凍りついてしまう。しかし下からは湧き水がさらに供給され、次にはそれも凍りつくため、表面の水の下にレンズ状の水ができる。

この氷のレンズは次第に成長し、ついには表面の氷の層を下から押し上げて、鏡餅状に盛り上がった、氷の高まりをつくる(図1の⑥)。

この高まりは、調査時にはすでに陥没してしまっていたので、どの程度の高さになったのか、正確にはわからない。しかしまだ残っている高まりの縁の部分の高さや、3月に予備調査のためここにやってきた江本隊員の写した写真(写真3、4)から推定すると、2 m近くにまで達していたらしい。

以上で推定した形成のメカニズムがもし正しいとすれば、この氷の高まりは一種のピンゴであると考えてもよさそうである。

ところでこれによく似た現象に、アイシング(iceing, French, 1976, (小野訳, 1984))またはアウフアイス Aufeis, Washburn, 1973)と呼ばれる現象がある。これは冬季、地表から湧き出した水が、次々と凍結してできるシート状の氷体で、アラスカやカナダ、シベリアの永久凍土地帯から報告されている。

アイシングの場合、新しい氷が次々に重なってできていく点に特色があり、道路工事などで、地下水脈を断ち切ってしまったような時にできやすいという。氷の厚さは通常1 m以下で(稀に厚いものもできるが)、氷体の表面は平坦か、やや傾いているのが普通である。

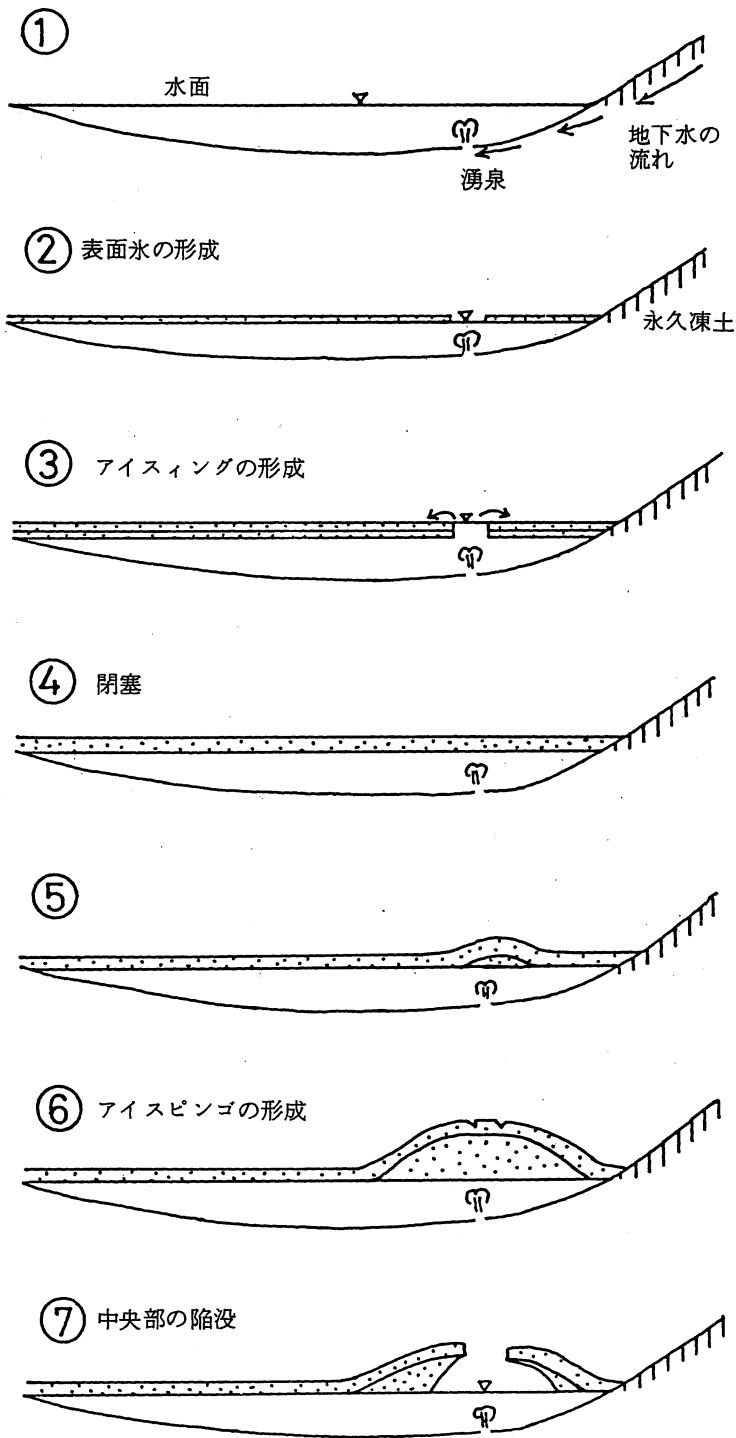


図1. アイスピングの形成メカニズム(模式図)
ドットを打った部分は氷。縦線部は永久凍土を示す。

本地域の場合、氷体そのものの外見はアイスリングによく似ている。しかし、中央部が盛り上がっている点が違っている。3月期の写真をみると、高まりの中央部に割れ目が走っており、明らかに下から押し上げられてきたことを示している。表面に次々と氷ができていったのではなさそうである。

このような、いわば氷のピンゴとでも呼べる現象は、筆者の知る限りでは、世界的にもまだ報告がないようである。ここではとりあえずアイスピンゴ(ice pingo)と仮称しておきたい。このアイスピンゴは極めて稀な条件の下で生じた現象のように思われる。

この現象が生ずるには、アイスリングの場合と同様まず永久凍土のできるような著しく寒冷な気候条件が必要であろう。寒冷な度合が弱ければ、地下水の湧き出し口は閉ざされず、その場合、単なるアイスリングが形成されるだけに止まってしまうからである。

一方、永久凍土地域であるにもかかわらず、年間を通じて凍結せずに湧出する、地下水の存在も必要である。それも表面の凍結に打ち勝って、氷を下から押し上げるほどであるから、水量もかなり多いことが必要である。本地域のアイスピンゴはおそらく、そうした微妙なバランスの中で生じたのであろう。

ところで本地域にはなぜこれほどの泉が生じたのだろうか。実は今回の探検は、黄河の水源を究めるとというのが目的だったから、筆者らもずい分一生懸命に泉を探したのだが、実際にみつけることのできたのは、この泉だけであった。アイスピンゴだけではなく、泉それ自体も意外に稀な存在だったのである。

泉が生じたはっきりした原因はわからない。断層のようなものが通っているのではないかと思い、調べてはみたが、確認はできなかった。湧水の温度が著しく低いことから考えると、地下水は永久凍土の中の隙間を通過して

ていることは確実であるが、地下水涵養の機構は不明である。

ただ周囲の地形から判断すると、山麓部に厚く堆積した周氷河性堆積物(岩屑)が、滞水層になっている可能性が強い。地表面に近い部分は永久凍土化しても、内部はおそらく未凍結のままに残って、そこから地下水を供給しているのではないかと想像されるのである。

Ⅳ 氷体の存続要因

春から夏にかけて、気温が次第に上昇してくると、氷体は融け始め、アイスピンゴの中央部は陥没して、氷体の中に池をつくる。筆者らが観察したのはちょうどこの時期であったが、先述のように、氷体の規模とこの高原の気候条件を考えると、氷体には越年性の可能性すら考えられる。融解が実際にどのような進むかは、実際に夏の終りか秋口に調査してみないとわからないが、それはできない相談なので、ここでは氷体の存続条件を検討してみたい。

氷体の存続に重要な役割を果たしているのは、まず湧出する地下水の水温が 0.4°C と著しく低温なことであろう。あまりに低温なため、湧水による氷体の融解はごくわずかししか期待できない。

次にはこの高原の低い気温があげられよう。これは夏の日中の最高でも、 $12\sim 13^{\circ}\text{C}$ にしかならず、夜間にはしばしば氷点下にまで低下する。こうした低い気温は氷体の融解を抑えるはずである。

この涼しい気候はさらに、雨季である夏に降水を雪に変えてしまうため、雨水による融解をも阻害するという効果ももたらしている。またここが永久凍土地域にあり、地温が低いことも一役買っているであろう。

3番目の要因としては、氷体の青氷のアルベドの高さをあげることができる。高原の日射は強く、すぐ日焼けをおこしてしまうほどであるが、きれいな青氷を日光を反射し、氷体の融解を抑えているようにみえる。

V ヨクゾンリエチュー源頭のピンゴ

氷体の下方20mほどの所で、奇妙な地割れをみつめた(写真5)。地割れは幅10~20cmもあり、十字形に走っていて、深さは50cm以上もある。地割れの底は凍結している。割れ目そのものは、高さ1mほどに盛り上がった、まんじゅう型の高まりの上に生じているので(写真6)、凍結によって生じた割れ目ではなく、このまんじゅうの隆起に伴って生じた亀裂であることが明らかである。こうしたまんじゅう型の高まりの形や亀裂の存在、さらにここが永久凍土地域であり、すぐそばに氷体を生じさせた湧泉があること、などから、このまんじゅう型の高まりは、アラスカやカナダのツンドラ地帯にみられる、ピンゴの小型のものであろうと判断した。先述のアイスピンゴの形成と同じように、地中に氷のレンズができることによって、盛り上がったものである。周囲には、他にもいくつか同じような高まりがあり、この一帯が小ピンゴの形成に都合のよい条件をもっていることを示している。

青藏高原のピンゴについては、最近、中国や西ドイツの地理学者によっていくつか報告され(たとえば、王、1983, Kuhle, 1982, 1985など)、寒冷地形学者の注目を集めたが、やはりかなり珍しい地形らしく、今回の調査でもここを除けば、県宿海の南を限る山地の谷間と、崑崙山脈の崑崙山口(峠)付近でみることができただけであった。

ただ残念なことに、調査時間の絶対的不足

から、この小ピンゴの断面形をみることはできなかった。内部の氷のレンズを確認できなかったのが心残りではある。

VI おわりに

黄河源流地域のアイスピンゴ、ピンゴの2種類の地形について報告し、簡単にその成因と形成条件を推定した。いつか機会があればちゃんとした調査をしたいと考えている。

引用文献

フレンチ(小野有五訳)(1984): 周氷河環境、411pp. 古今書院.

Kuhle, M. (1982): Eine Expedition in das unbekannte Tibet. *Forschung, Mitteilungen der Deutsche Forschungs-gemeinschaft*. 1982, (3), 9-12.

Kuhle, M. (1985): Permafrost and periglacial indicators on the Tibetan Plateau from the Himaraya Mountains in the south to the Quilian Shan in the north (28°-40°N). *Zeitschr. Geomorph.* N.F. 29, 183-192.

王紹会(1983): 青蔵公路沿線の凍張丘、青蔵凍土研究論文集、23~29、科学出版社

Washburn, A. L. (1973): *Periglacial processes and environment*. 320pp. Edward Arnold, London.

こいずみ たけえい

東京学芸大学助教授

〒168 杉並区高井戸東4-3-23

高井戸住宅4-208



写真1. 残雪のように見える氷体



写真2. 黄河源泉の氷体。中央部がすでに陥没している。手前はヤクの角。



写真3. 3月期の氷体。中央部が盛りあがっている。周辺の山に雪がほとんどないことに注意。季節は冬だが、乾季なので雪は降らない。(江本隊員提供)



写真4. 盛りあがった氷体の頂部。割れ目が入っている。
(江本隊員提供)

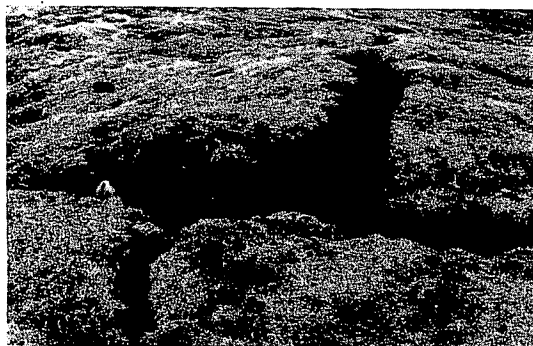


写真5. ピンゴに生じた割れ目



写真6. ピンゴのまんじゅう型の高まり。