

南極大陸の歴史を探る⑥

～古生代の氷床～

木崎 甲子郎

I ゴンドワナ大陸

ゴンドワナ大陸の存在は 四脚類の分布 グロソプテリス植物群の分布 造山帯のつながりぐあい そして古地磁気学の研究などからみて ほとんど疑う余地のないほどである。さらに 古生代末の漂礫岩の分布はゴンドワナ大陸の存在を決定的なものにするほど重要な意味をもっている。

南アフリカ インド オーストラリア 南アメリカおよび南極大陸には古生代末の氷河遺跡が共通して分布している。それはグロソプテリス植物群の分布とほとんど一致している。まえに 気候帯についてのべたように 大陸の分布が現在と同じだったとすると 熱帯から南極まで氷床があったことになり 地球全体が氷におおわれていなければならない。ところが 現在の北半球ヨーロッパ 北アメリカなどから出る化石の証拠は 当時が熱帯から温帯の気候であったことをしめしている。これをそのまま認めると 南半球は氷におおわれ 北半

球は温帯から熱帯という奇妙なことになる。

そこで 諸大陸を南へ移動させ まとめてしまうと南極大陸のまわりに南アフリカ インド オーストラリア 南アメリカがまとまって極地方にあることになる。

これは漂礫岩の分布をうまく説明できる。これがゴンドワナ大陸である。北半球の大陸もそれともなつて南へ移動させると 北極地方のスピッツベルグの古生代末の地層から 温暖な気候をしめす植物化石がでてくるといふ事実も 納得のいくものになるのである。

こうして ユーラシア大陸とグリーンランドや北アメリカ大陸はひとかたまりの超大陸として ゴンドワナ大陸の北方に位置することになる。このように 地球上の大陸はひとかたまりになってしまう。これをパンゲアと呼んでいる。地球はひとつのパンゲア超大陸とひとつの大洋という単純な配置になってしまう。ちょうど 月がそうであるように。

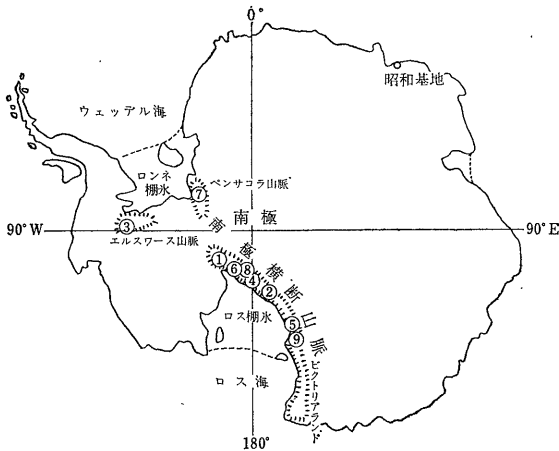
II 南極大陸の古生代水河遺跡

—古生代末の漂礫岩層—

最初に南極大陸で漂礫岩が発見されたのは 1960年オハイオ山脈であった。それからのち 南極横断山脈であちこちにあることが報告されてきた(第1図)。

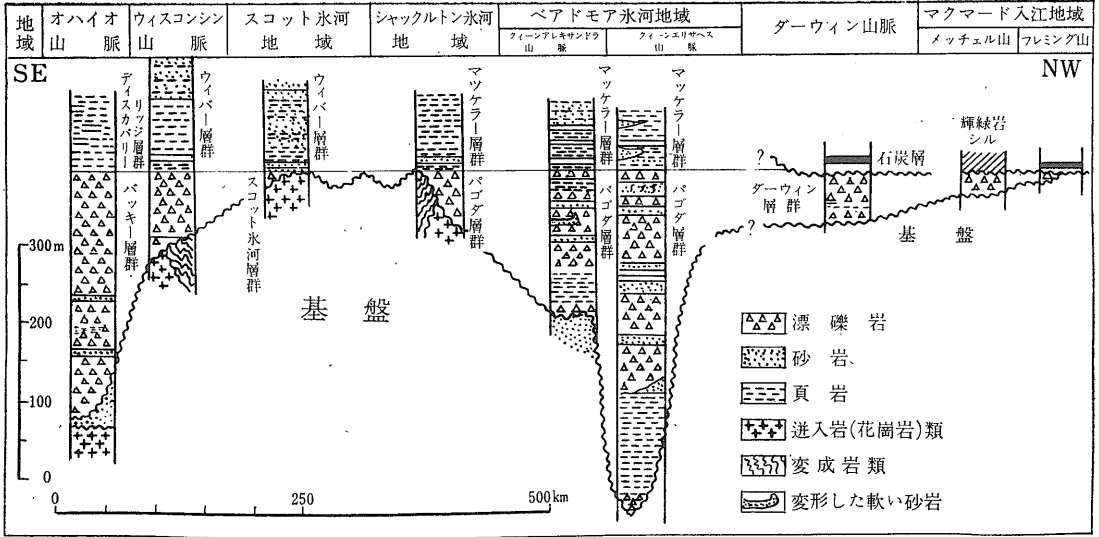
南極横断山脈では ビーコン累層群の下部の基底に近い部分に漂礫岩層がおおい。基盤のプレカンブリアあるいは 古生代初期の変成岩や花崗岩の上に直接のっていることもある。またデボン紀の砂岩層の上に直接のっていることもある(第2図)。ペアドモア氷河地域では漂礫岩層をパゴダ層群と名付けた。その上には頁岩砂岩の互層からなるマッケラー層群 さらにその上にはフェアチャイルド バックリー層群などがあり 二疊紀のガンガモプテリス グロソプテリスなどの植物化石や石炭層がある。

したがって この漂礫岩層(パゴダ層群)はデボン紀より新しく 二疊紀はじめ頃までのものである。つまり 石炭紀より古くはなく 二疊紀よりは新しくないという程度しかわからない。なにしろ 漂礫岩には化石がほとんど出ないので 時代の対比はむずかしい。これまで発見された唯一の化石はオハイオ山脈のバックリー層群から発見された二疊紀の胞子だけである(第2図)。



第1図 古生代の漂礫岩の発見されたところ(コーツ 1970)

- ① オハイオ山脈(ロング 1962)
- ② クイーンアレキサンドラ山脈(グリンドリー 1963)
- ③ エルスワース山脈(アンダーソンほか 1962)
- ④ シャックルトン氷河(ウエイドほか 1965)
- ⑤ ダーウィン山脈(ハスケルほか 1965)
- ⑥ スコット氷河(ミンシュウ 1967)
- ⑦ ベンサコラ山脈(シユミット 1965)
- ⑧ ニルセン高地(ロング 未発表)
- ⑨ メツチエル山(ウエブ 未発表)



第2図 南極横断山脈での氷河堆積物を中心とする柱状図の対比 (コーツ 1970を改訂)

だから 層序学的な関係からおおまかな対比しかできない。

ペンサコラ山脈では 漂礫岩の時代はやや古いようである。ここでは 氷河堆積物の泥岩が下部のドーバー砂岩と連続的に堆積している。しかも ドーバー砂岩の最上部には 砂岩が固りきらないときに氷河流動によって生じた溝ができています。このドーバー砂岩層のなかにデボン紀後期の植物化石が発見された。となるとこの氷河堆積物はデボン紀末か それよりやや新しいつまり石炭紀前期の堆積物ということになる。

これはエルスワース山脈の漂礫岩と同時代だから エルスワース ペンサコラ両山脈の氷河作用の時代は 南極横断山脈のそれより すこし古いと考えてよいことになる。

エルスワース ペンサコラ山脈の漂礫岩や氷河堆積物の堆積した環境は 南極横断山脈の漂礫岩がどちらかといえば 陸生層 (湖や川の堆積物) であるのにくらべて深い海の 古生代から中生代にかけての厚い地向斜性の堆積物にはさまれている。しかも 単純な漂礫岩だけではなく 泥岩のおおい岩相が特徴的である。この岩相はアルゼンチンのプエノスアイレスやフォークランド諸島・南アフリカ ケープ山脈の古生代末の地層に似ている。つまり これは同じあるいは似たような堆積盆に溜ったものである。とにかく 南極横断山脈の漂礫岩とはちがった堆積環境であることはまちがいない。

氷河堆積物とその環境

漂礫岩を主とするパゴダ層群には礫はいがいにすくな

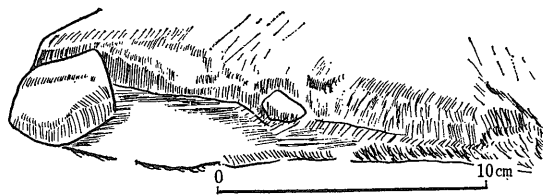
く 砂岩が1/2から1/3を占める。また頁岩や泥岩の薄い層がはさまれている。これは水的作用によって沈澱したことをしめしている。また 薄い石灰岩層がはさまっているが この Sr^{87}/Sr^{86} が0.7228とふつうより高く これは淡水性であることを意味している。

河床砂岩: 漂礫岩のなかに 厚さ2m×幅5~6mの河床を埋めた砂岩がある。大きいものでは厚さ75m×幅275mのものもある。その河底に礫岩がたまっているのもあった。これは河が漂礫岩を削って流れ(そのときの傾斜1:370) しだいに砂で埋められた(傾斜1:1930)ものである。そこには斜層理を生じ その後氷河がその上を流れて漂礫岩でおおわれてしまうという状況が認められた。

板状砂岩: 1.5mから22mの厚さで連続性がある。漂礫岩のなかに板状にはさまっており 氷が後退したとき ゆるい傾斜地に堆積したものである。

デルタ状砂岩: 3mの厚さで60mの幅のレンズ状の砂岩がある。これは古水流の方向に直角にできています。下部には頁岩や泥岩がありそのなかに礫が散点している。浅い湖に泥がたまって頁岩や泥岩をつくり そこに小さな氷山によって運ばれてきた礫が沈んでたまりました。さらに小さな川が流れこみ デルタ(三角洲)を生じたのである。

エスカー状砂岩 (エスカーというのは氷河の底のトンネルや氷河表面の溝に土砂が沈積して 氷河が融けたあと馬背状の丘



第3図 小さな花崗岩の礫が砂岩のみぞの端による漂礫岩の下盤倒にあり 氷河の流動によって軟い砂岩の上を礫がひきずられたためにできたもの(リンゼイ 1971より)

稜が残ったものをいう)： 漂礫岩の間に10~40mの長さで幅2.5m高さ2mの砂岩層がある。地層面は壁に平行でまわりの漂礫岩層と同時に堆積したものであり水流に平行に長くのびている。これは氷河が停滞していたことをしめすよい例である。

くさび状砂岩： 漂礫岩の節理に流れこんでできたものである。漂礫岩が凍結あるいは固化したときの割れ目を砂で埋めてできたものであろう。

砂岩薄層： 漂礫岩のなかに0.5~7cmの薄い砂岩層がはさまれている。それには氷河の流動によってできた溝が見られあるいは砂岩層自体がひきのばされている。漂礫岩とのあいだには堆積のギャップもないし水中に堆積した証拠もない。だから漂礫岩が堆積するとき氷河(氷床)の底のすきまに流れている水によってできたものである。

以上のような砂岩の堆積の様相からみるとこの漂礫岩は流動している温暖氷河によるものであることはほとんどまちがいない。現在の極地の氷河は夏でも融水のほとんどない乾き底氷河だが当時の南極の氷河は夏になると大量の融け水を流した温帯地方のぬれ底氷河とおなじものであった。漂礫岩のなかに発見された孢子や木の枝の化石は氷河の前面に森林や草地があったことをしめしている。

漂 礫 岩

パゴダ層群のおもな構成物である漂礫岩層は全層の30~90パーセントを占めている。単位層の厚さは2~12mですくなくとも13層が見られる。つまり氷河(氷床)が13回前進後退したことになる。第四紀の氷河作用と同様に周期的な変動をくりかえしていたことはあきらかである。そのなかの礫には砂岩や泥岩や花崗岩がおおくすべて付近の基盤の岩石である。そしてその岩片にはすべて氷河流動による擦痕や溝が刻まれている。また単位層の上面にも氷河の流動による溝ができています。

湖成堆積漂礫岩： わずかに淘汰作用を受け乱堆積の様相がいたるところに見られ急激な堆積作用があったことがわかる。この堆積物は湖に氷山で運ばれた土砂や礫が湖の底に溜ってできたものである。というのは礫のサイズや成分や分布は氷河起源であること不規則な層理や弱い淘汰作用は水流があったことを意味する。しかも氷山で運ばれたものによって加速されるため堆積速度が水流によって運ばれてくるものよりはやく乱堆積を生じたのである。さらにその地層が異常に厚いことは湖がかなり深かったことになる。また浅かったら氷山は多量の土砂を運ぶことはできないはずである。さらに細粒砂岩の規則正しい互層は融水の周期的な変化によるものだろう。この漂礫岩は氷河後退期にその前面に生じた湖かあるいは氷が谷を埋めたため生じた湖かとにかく氷河周縁の湖の堆積物である。

氷の流動方向をきめる

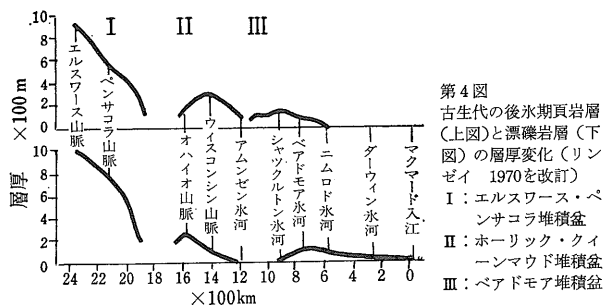
漂礫岩にはいろんな種類の氷河の傷跡が残されている。

岩盤： 砂岩層に2mも切りこんだ溝を作ったものもあるがふつうは磨かれてつるつるになり擦り傷や溝ができています。

軟らかい盤： まだじゅうぶん固結していない砂岩などに氷の流動によってすぢができています。細い無数の条線のできているものもある。またある礫がひきずられてできた溝(幅26cm 深さ2.3cm)が16mも続いていたものもあった。ひきずられた石がそのまま残っているものも発見された(第3図)。これらの現象からみれば溝ができるとき砂は軟らかく水を含み凍結していなかったということである。たしかにこの時代の氷河はぬれ底氷河であった。

礫盤： 漂礫岩の上面を氷が流れて削り磨いている。これは削刻に対する抵抗が強いためでこぼこになり礫に擦痕が刻まれている。その方向は驚くほど一定方位をしめしている。

氷の流動方向を調べるさい軟らかい盤の場合はひきずった方向を決めるのはむずかしくない。漂礫岩の表面を氷が流れると礫の上流側が磨かれて擦痕ができる。また石英のような硬い結晶が突き出ていると下流側に細い泥が溜って氷の流動方向を知ることができる。こうして得られた氷の流動方向はペアドモア氷河地域ではすべて南東方向であった。



漂礫岩の堆積盆と氷床の移動と極移動

漂礫岩の堆積盆はいままでの知識からすると三つに分けられる。エルスワース ペンサコラ堆積盆はウェッデル海東部に氷床の中心があり まえにのべたようにおもに海成層で 厚い泥岩がおおい しかも その堆積後中生代はじめに褶曲し弱い変成作用をうけている。

南極横断山脈では堆積盆がふたつある(第2図)。オハイオ ウィスコンシン山脈を中心とする地域(ホーリック [ホーリック山脈にはオハイオ ウィスコンシン両山脈が含まれる] クイーンマウド堆積盆)とベアドモア氷河地域を中心とする地域(ベアドモア堆積盆)である。しかし このふたつの堆積盆の厚さはせいぜい300m ぐらいのものであり それほどおおきなちがいはない。

ともにプレカンブリアか 古生代はじめの変成岩でできた基盤の上に溜ったものにすぎない。エルスワース ペンサコラ堆積盆のように深い海に厚く堆積したものではない。だから 漂礫岩やエスカー状砂岩や湖成層などの陸生層がおもな特徴になっている。

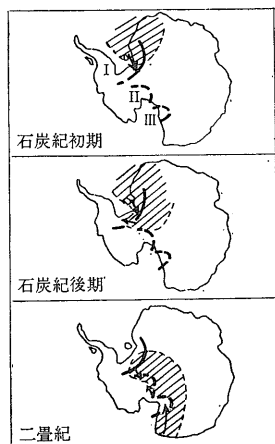
ただ 第2図に見られるようにオハイオ山脈とベアド

モア氷河地域の間で基盤が高くなっていて そこが氷床の中心になり南北両方に流れていたと考えることができる。しかし ベアドモア氷河地域では氷の流動方向がすべて南東方向だから 氷床ははっきり別れてはいなかったのであろう。ベアドモア氷河地域の北のビクトリアランドにもうひとつの氷床中心があって 南のベアドモア堆積盆にモレンを運び 北にはオーストラリアに流れていたのである(前号参照)。

以上の三つの堆積盆の漂礫岩の層厚変化は第4図のとおりである。上図の後氷期頁岩層は氷床が消えたあと氷の重さで沈んでいた地殻がアイソスタティックに回復して上昇するまでのあいだ 海が侵入して堆積したものである。ちょうど スカンジナビアで第四紀の大氷床が後退したあとに生じた バルチック海のような状態であったと考えられる。

さて この三つの堆積盆の堆積の時代がちがうのかどうか。エルスワース ペンサコラ堆積盆の氷河堆積物は 南米や南アフリカの漂礫岩とおなじように 石炭紀初期にはじまったものであることはまずまちがいない。オハイオ山脈では 漂礫岩の上部に二畳紀の孢子が発見されているから この氷河作用は二畳紀まで続いたものである。ロス海(マクマード入江付近)やオーストラリアの氷床は二畳紀であることははっきりしている。

こうしてみると 氷床の中心が石炭紀のはじめから二畳紀にかけて ウェッデル海から南極横断山脈を通してロス海のほうに移動していった といえる(第5図)。この氷床中心の移動は古地磁気から求めた南極点(実際



第5図
古生代後期の氷床中心の移動
(フレイクスほか 1971)

斜線: 氷床中心
太線: 三つの堆積盆
矢印: 氷の流動方向



第6図
石炭紀はじめの氷床分布と南極の位置

には磁極と地球回転軸は一致しないがおおきくみればだいたいおなじとしてもさしつかえない)の移動の道すじにみごとに一致している(前号第15図参照)(第6, 7, 8図)。

南極が Gondwana 大陸のうえを移動するにつれて 氷床中心も移動していったのである。

中生代になって 氷期が終わったのは Gondwana 大陸が解体し 南極が大洋のなかにあることになったことがひとつの原因となったのであろう。では 古生代はじめの氷河作用はどうなっていたのだろうか。Gondwana 大陸全域を展望してみなければならない。

III サハラ砂漠の大氷床

—古生代はじめの氷河作用—

数年まえ 北アフリカのサハラ砂漠の中央部でオルドビス紀の漂礫岩やみごとな擦痕のある岩盤 さらには当時のエスカーやドラムリンが発見された。その分布は調査が進むにつれてひろがり 西はモロッコ モーリタニアからチュニス アルジェリア ニジェール チャド 東はスーダン国境まで 4,000km にわたっていることがわかった(第9図)。

また サハラの南西部にカンブリア紀の地層があり その基盤は漂礫岩であった。この漂礫岩はモーリタニア南部やマリにもあり カンブリア紀に氷床があったこともたしかである。

北アフリカには カンブリア紀オルドビス紀に氷河作用があったが シルル紀にはどうか。漂礫岩を含むオルドビス紀の上ののっているシルル紀の地層は 薄いつまりゆっくり堆積した 浅いプラットフォームの堆積環境と 化石によると水温の低い生物相をしめしている。

つまり 氷床が後退したあとの海の様相である。

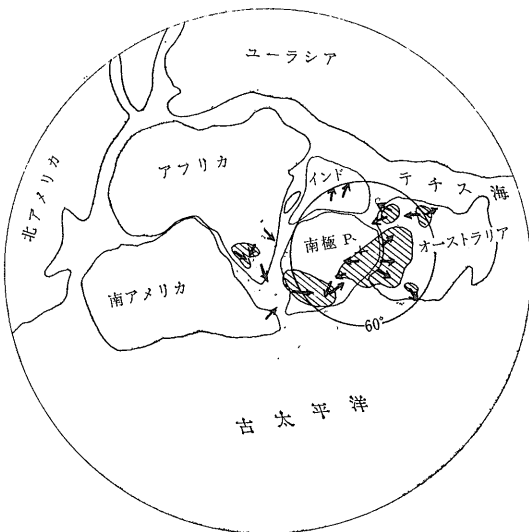
カンブリア オルドビス紀の漂礫岩がアフリカ大陸の中南部でどうなっているのかわからない。というのは中央アフリカ地方には古生代はじめから中頃にかけての地層がみあたらないのである。アフリカ南部では 前章でのべたように おもな氷河作用は石炭紀である。

こうしてみると 古生代はじめは北アフリカのサハラ砂漠に氷床の中心があり 古生代はじめは北アフリカから南極大陸にかけて氷床があったことになる。これは古地磁気学からもとめられた南磁極(≡回転軸)の移動と平行して 氷床の分布も南へ動いていると考えられる。

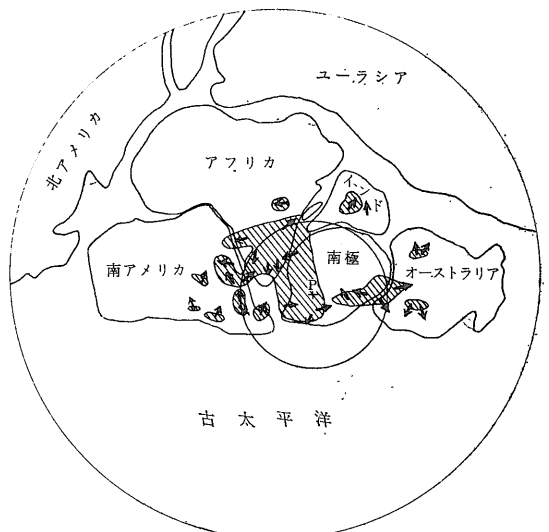
とすると シルル紀やデボン紀の氷床がアフリカ中央部にあってもいいはずである。

たしかに 最近デボン紀の漂礫岩がエチオピアで発見され ブラジルにはシルルーデボン紀の漂礫岩があると報告されているから その可能性はじゅうぶんある。

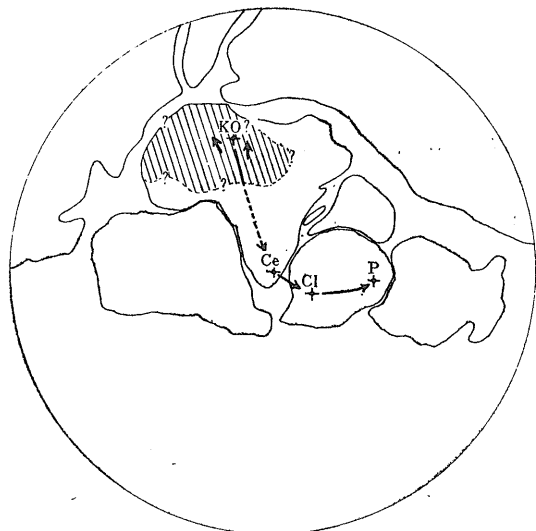
しかし 今のところ シルル紀やデボン紀の漂礫岩の存在はあまりよくわかっていない。にもかかわらず 古生代を通して北アフリカから南アフリカにむかって南極が移動するにつれて 氷河作用の中心が北から南へ断続的に(あるいは連続的に)移っていった ということができる。古生代後半になって 極が南アフリカから南極大陸を横断していくと アフリカはしだいに暖かくなっていった。いいかえれば 南極大陸は古生代のはじめは暖かく 古生代末にむかって寒くなっていったことになる。カンブリア紀の頃 Gondwana 大陸の北アフリカと 南極やオーストラリアは ほぼ緯度にして80度はなれているので 熱帯から亜熱帯にあったはずである。



第7図 石炭紀末の氷床分布と南極の位置



第8図 二疊紀はじめの氷床分布と南極の位置



第9図 カンブリア・オルドビス紀の氷床分布(斜線)と、南極の位置(KO)と極の移動 (Ce:石炭紀はじめ Cl:石炭紀末 P:二疊紀はじめ)

南極横断山脈ベアドモア氷河付近でのピーコン層群の下部にカンブリア紀のアーケオシアタス(古盃類)の化石が発見されている。このアーケオシアタスは温帯から熱帯にかけて暖かい海中に住んでいた海綿に似た動物である。さらに古地磁気の研究によるとオーストラリアはカンブリアからシルル紀にかけて当時の南極から緯度にして90°から70°ぐらいはなれたところであったという。

また昭和基地のあるオングル島の変成岩は「この時代に変成したものでありその岩石から当時の極の位置が永田・清水によって測定されている。それによると古生代はじめの極の位置は赤道の下にあったことになる。岩石の残留磁気測定では経度については不正確なおおしいという点を考えにいれても昭和基地のあるオングル島の変成岩が古生代はじめには熱帯地方の地下深くで変成されてきたということはたしかであろう。とすると古生代はじめの頃は南極大陸の南極横断山脈やオングル島を含めた一部はオーストラリアとともに熱帯から亜熱帯地域にあったことになりその頃の北アフリカを氷床がおおっていたという事実とうまく話が合うことになる。

これは南極が氷床をともなって移動しゴンドワナ大陸を縦断したのかあるいは極は動かずゴンドワナ大陸が移動したのかいずれにせよ極と氷床の中心がゴンドワナ大陸の上を動

いていることはあきらかである。こうしてみると地球は古生代をとおしてずっと氷期であったとすることができる。中生代にはっきりした氷河の存在は認められていない。そして新生代のはじめから氷期にはいり第四紀になってもっとも寒い氷期を迎えたのである。現在も氷期である。

だから地球の地質時代はその大半が氷期であり氷河時代というのは地球の歴史のなかで特別な時期を画するものではなくありふれたものであった。地球の気候は氷河期と非氷河期との微妙なバランスの上にあるといってもよいだろう。

ではこの微妙なバランスをくずして氷期がやってく原因はどこにあるのだろうか。

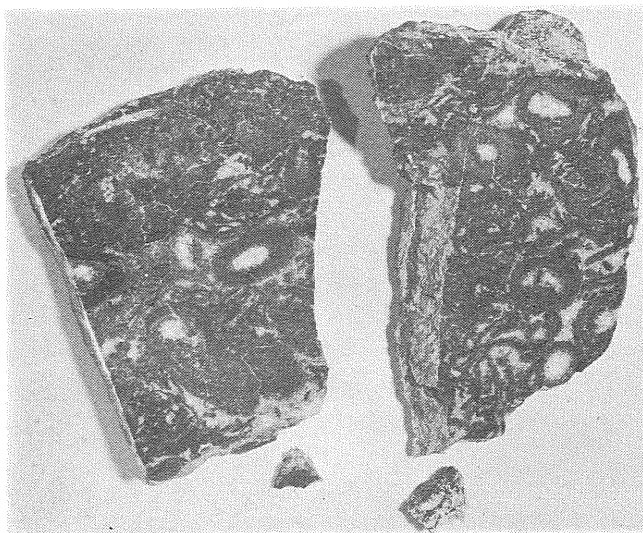
IV 氷期論ノウト

地球の歴史をさかのぼると巨大な氷河や氷床が何回か成長しそして消滅していったことがわかる。プレカンブリアにすくなくとも2回そして古生代と新生代の氷期である。プレカンブリアの氷期は6億年前と22億年前とにあるといわれているがそれ以外にも報告がある。しかし漂礫岩であるという証明や時代決定がむずかしいのではっきりしたことはわからない。

氷期の原因

おおまかにみて2つに区別できる。

- 1) 地球の外に原因をもとめるもの
- 2) 地球自体に原因があるとするものである。



アーケオシアタス(カンブリア紀)(南極横断山脈産) [国立科学博物館提供 朝日新聞社版権]

1) 地球の外に原因をもとめるもの

これは太陽エネルギーの周期的変化を原因とするものである。この説はミランコビッチの説以来 根づよい支持者がある。

21,000年周期の地軸の歳差運動 40,000年オーダーの黄道傾斜角の変化 96,000年以上を周期とする地球軌道の離心率の変化 などである。これらの天文学的な変化や回転のゆらぎは たしかに 地質時代をとおしてある。しかし氷期にはじまったものではない。地球の気候になにかの影響はあったであろうが それはバックグラウンド ノイズとしてあるにすぎない。

2) 地球自体に原因があるとするもの

太陽から送られてくる熱量はつねに一定であるということにしてこれを考えてみよう。

現在 太陽の輻射熱の35パーセントは雲や陸地から空間に反射され 18パーセントはオゾン 水蒸気 ほこり 大気のかすみによって吸収 47パーセントが陸と水に吸収されている。だから 地球系内にとどまる熱量の変化は 変動しやすい水蒸気や炭酸ガスやほこりの量の変化に対応して変化する太陽輻射熱の反射率(Albedo)に左右されることになる。むかしから古気候学者は 地球のアルベドや大気中のガスの割合の変化を地質学的記録に求めようとしてきた。

たとえば 大気中の炭酸ガス量の変動による気候変化説がある。しかし炭酸ガスの火山作用 化学的風化 生化学的プロセス 石灰岩への沈着 海洋—大気系に溶けこむ濃度などの複雑な交互作用は 単純に炭酸ガスの量と気候への影響を結びつけて考えるわけにはいかない。

火山爆発によって噴出した火山灰は 気圏の低いところで熱を吸収する。同時に炭酸ガスやその他の物質が大気中に増加するであろうが それによって温度上昇や大気循環を強めることは それだけではむづかしい。したがって ガスやほこりの変化が 氷河作用に与える影響は他の要素によってかくされてしまう。

地球の気候を支配するのは 気圏と水圏の交互作用である(地球内部から上昇してくる熱量は わずかではあるが ウォーシントン(1968)の計算によると大洋底の冷水塊(1000m)の温度を 15,000年で約7°C上昇させるという。これは大洋の密度成層を逆転させ 温度分布も変化し気候変化に影響するであろう)。つまり 大気—海洋循環系が大切なポイントになる。この大気—海洋系に変化を与えると気候が変わる。では なにが変化を与えるのか。地球上の大陸や海洋の配置が大気—海洋系を変化させ、気候を変

えていくのである。つまり 氷期の原因を大陸と海洋の配置に求めようという考えである。

大陸の配置と海流

大気—海洋の循環系のなかで重要な位置を占めるのは海流である。大西洋の赤道海流がカリブ海やメキシコ湾にはいり メキシコ湾流となって北方に向かい 北大西洋海流になって北極海に達する。

この熱帯の温い塩分濃度の高い海流は 多量の水蒸気を発生し 降水量を増加させる。さらに 塩分の濃い海水は成層を作り 塩分の薄い上層水と塩分の濃い下層水に分離する。だから 上層水は北極海で冷えて たやすく海水ができる。こうして海水がひろがると アルベドが増大し その結果気温が下がる。寒気団が発生し北極前線が南下する。温い海流から生じた水蒸気は大量の雪になってつもり 氷河になる。このためさらにアルベドを増し いっそう寒くなる。また 北極海は陸地に囲まれているので 大きな嵐や海流でかきまわされることがない。だから海氷は安定してひろがり氷期が続く という連鎖で氷期がはじまり つづくのである(第10図)。

赤道海流が北上しはじめたのは 第三紀の終わりにパナマ地峡ができて南北アメリカがつながったときである。それ以前は赤道海流は赤道沿いに流れていた。南北アメリカ大陸がパナマ地峡でつながったため熱帯の海流が北に向かったことから 氷期がはじまったのである。また パナマ地峡が閉じるとカリブ海の水蒸気は風によって太平洋に運ばれる。こうして海水の塩分がさらに濃くなる。温い海水と濃い塩分のため表面海水に成層した濃度分布ができやすくなり 北極海で凍りやすくなるのである。

高緯度 に 大陸 が 存在 する こと

高緯度にある広大な陸地は 氷河や氷床の座になるだけでなく 凍った海とともに氷河作用を促進させる。大陸は空間に輻射熱を放射し 寒気団発生の原因を作る。それは 外へ流れ 極前線の気団と衝突し 前線や低気圧を発生させ 嵐や降水量を増大させる。

南半球では 南極大陸は海で囲まれているため 寒気団は海に出ると急速に衰えてしまうので 降水は海岸付近だけにかぎられることがおおい。南極が乾燥地域であるのはこのためであろう。

地形的な要素

スカンジナビアのような広い高地の存在 グリーンラ

ンドや南極のように山脈で囲まれた鍋状地形には 雪が
つもり氷河になる理想的な場所である。しかし 第四
紀の氷床はカナダや北ヨーロッパのような低地を広くお
おっていた。このように氷期が最盛期に達したときは地
形的な要素は問題にならなくなる。しかし 氷河作用
の初期や間氷期にはそれが限界条件になるわけである。

グリーンランドや南極やスカンジナビアの高地は海から
湿った気団がやってきて雪を降らせるのに適当な場所
であったにちがいない。そこに 氷河が発生し した
いに大氷床にまで発達していったのであろう。

だから 過去の地質時代においても 緯度と高度と湿
った空気がうまく組合ったところに氷床ができてはじめた
にちがいない。南極は乾燥しているにもかかわらず
高緯度と熱的に孤立しているために氷床が存在している
し ニューギニアは赤道直下にあるが その高度と多量
の降水量のせいで氷河ができています。

氷河作用の周期性

古生代でもそうだが 第四紀でも長い氷期のなかで氷
河作用は氷河の何回もの前進後退を周期的におこなっ
ている。これは大気—海洋の循環システムの自動変化に
よるものであろう。氷河や氷床が成長するにつれて
海面が降下し海水の塩分濃度が増加する。海水温度が
下がり蒸発速度が減少する 海面気温も下がり水蒸気量
が減少 その結果降水量が減る。さらに 極海は海水
におおわれ 蒸発源が閉じられる。したがって 氷河
は後退し 氷河作用は終わる。すると 気温が上昇し
こんどは逆の過程をたどって氷河は 成長前進をはじめる
(ユーイングとドンの説)。

また 氷期になって氷と雪の地域が増大するにつれて
アルベドが増加し 世界の気温降下や氷床や氷河の蓄積
を増す。氷床が大きくなりすぎて 氷床中心の重量が
基盤での剪断応力を越えたとき 突然急激な流出がはじ
まる。流出が終わるとこんどは徐々に後退をはじめる。
さきにのべたウイilsonのサージ説である。このよう
な 大気—海洋循環系の自動変化(自己運動)は ある
氷期内の氷河作用の周期性をもたらす重要な要因と考え
られる。

この周期的変動は 海陸の分布がかなり変化するまで
続いていくだろう。

新生代と古生代の氷期

では 新生代と古生代の氷期に 大陸と海洋の配置は
同じような効果をもたらしたのだろうか? その配置は
似ていたのだろうか? 共通点をあげると



第10図 新生代後期の大陸の配置 アフリカはほとんど動いていない
斜線は 第四紀の大陸氷床が最大に達した時の分布
(フリント 1957)
太線は 新生代初期の大陸分布
点線の矢印は 海流(フレイクス・クロウエル 1970)

- 1) 大陸が高緯度にあつて 氷河(床)の座をつくっている
- 2) 広い海が極海に達しているが 北極海は不規則にひろがっている

大陸の配置は 新生代はともかく 古生代でははっきり
しない点がおおい。にもかかわらず 氷期がやって
きたのは 海流が大陸にさえぎられて 東西から南北に
流れを変える時代と一致しているようだ。熱帯の東西
流が南北に流れるということは 地球上の大気—海洋系
の基本的な熱分布を変えることになる。

古生代の氷期の終末は 北大西洋の発生と Gondwana
大陸とユーラシア大陸が分離し 海流が東西に流れだ
したためであろう。中生代から新生代にかけて テチス
海が熱帯地方で東西にひろがる海となっていた。新生
代の中頃から終わりにかけて テチス海は アルプス
ヒマラヤ造山運動によって陸化し ついでパナマ地峡が
できた。海流は南北に流れるようになったため ふた
たび氷期がやってきたのである。

大陸は北極のまわりに集まり 南極大陸は南極の真上
に位置を占めた。それらの大陸の高地と海からの水蒸
気の供給が適当に組合つて 氷河作用—氷期がはじまり
現在にひきついているのである。

(筆者は 北海道大学理学部地質学教室)