

【書評】

Alfred Wegener, *Die Entstehung der Kontinente und Ozeane*, Vieweg und Sohn, 1929

アルフレッド・ウェゲナー著、竹内均訳『大陸と海洋の起源』講談社学術文庫（講談社）、東京、pp403、1990年1月、ISBN4-06-158908-3 1000円（本体971円）

高橋 典嗣

TAKAHASHI Noritsugu

要旨 『大陸と海洋の起源』4版は、ウェゲナーが提唱した大陸移動説を集大成した最終版である。アフリカと南米の両側の大陸における地質構造や古生物、古気候学的な視点でゴンドワナ植物群の分布、氷河地形の分布、石炭の分布、砂漠の分布、岩塩の分布等を調査し、古生代まで一つであったパンゲア大陸が中生代以降分裂し、現在の大陸分布のように移動したという説を構築した。しかし、地殻の水平方向へ移動させる理由が説明できず、大陸移動の検証のためグリーンランド調査中に1930年に遭難死した。当時、世界中の人々が大陸移動の論争の行方に注目していたが、以降大陸移動説の支持は失われ、ウェゲナーのことも忘れ去られてしまった。

1950年代になって、地球科学の新たな知見により大陸移動説は再び脚光を浴び、復活をとげた。プレートテクトニクス、プレリウムテクトニクスなどの地球科学における先端研究の基礎理論となったのである。現代の地球科学の視点から歴史的な科学書となった本書の意義を考察してみることにする。

1 本書について

本書は、アルフレッド・ウェゲナー（Alfred Wegener）の歴史的な科学書「*Die Entstehung der Kontinente und Ozeane*, Vieweg und Sohn, 1929」、『大陸と海洋の起源』の第4版、すなわち最終版の訳本である。著者(図1)は、1880年11月1日にベルリンに誕生、ドイツで天文学、気象学を学び、1906年にデンマークの極地探検に加わり、グリーンランドの調査を行った。南アメリカの東海岸とアフリカの西海岸の形がジグソーパズルのように一致することから、大陸の移動に関する研究がはじまり大陸移動説を提唱、その説を体系的に記述するために本書を執筆した。この著作は、第4版まで出版され、版を改めるごとに新たな知見を加え大幅に書き直されている。初版(第1版)は1915年、第2版は1920年、第3版は1922年、第4版は1929年に刊行された。その間、大陸移動の検証のためグリーンランドの調査を繰り返し行った。1930年10月30日、5回目のグリーンランド調査中に犬ゾリで出掛けたまま帰らなかった。



図1 ウェゲナーの肖像
(Scientific American
日本版, 1975)

2 本の構成

本書、第4版の日本語訳は、403ページにわたる。この本の原著部分は第1章から11章で構成されており、前後に第4版に対する序文と付録及び引用文献が付いている。それをさらに訳者によるはしがきと著者の解説と索引を挟む構成となっている。以下に各章のタイトルを示した。

訳者はしがき 「大陸移動説」の最終版	(3～ 4ページ)
原著序文	(5～ 8ページ)
目次	(5～ 8ページ)
第1章 歴史的背景	(15～ 21ページ)
第2章 大陸移動説の本性およびそれと地質時代を通じての地球 の表面地形の変化に関するこれまでの説明との関係	(22～ 51ページ)
第3章 測地学的議論	(52～ 73ページ)
第4章 地球物理学的議論	(74～118ページ)
第5章 地質学的議論	(119～175ページ)
第6章 古生物学的および生物学的議論	(176～214ページ)
第7章 古気候学的議論	(215～255ページ)
第8章 大陸移動と極移動の基礎	(256～284ページ)
第9章 移動の原動力	(285～303ページ)
第10章 シアルに関する補助的観察	(304～340ページ)
第11章 海底に関する補助的観察	(341～356ページ)
付録 第3章のアメリカとヨーロッパ間の距離の増加確認データ	(357～358ページ)
アルフレッド・ウェゲナー（訳者による）	(359～362ページ)
文 献	(363～378ページ)
人名索引（訳者による）	(379～386ページ)
事項索引（訳者による）	(387～403ページ)

3 各章の概要

各章で述べている事柄を要約する。

(1) 原著序文

本書は、測地学、地球物理学、地質学、古生物学、動物地理学、植物地理学、古気候学などの広い分野から地球表面に起こっている現象を説明するために書かれたものである。本書の目的として強調されていることは、これらの諸分野の研究分野に大陸移動説を適用したときに、その意義と有用さの概要を知らせるとともに、研究分野以外の分野における大陸移動説の応用と証拠について知らせることである。

(2) 第1章 歴史的背景

大陸移動説の成り立ちが述べられている。1910年に世界地図を見て大西洋両岸の海岸線の凹凸がよく合致するのに気づき大陸移動という観念を思いつき、科学者として過去に同

様な考えを持った先人たちの論文調査を始めた。1911年の秋に、昔ブラジルとアフリカとの間に陸地のつながりがあったということを示す古生物学上の証拠を知って地質学と古生物学に関する研究を調べた。その成果を1912年1月16日に、地質学協会で講演した。これが大陸移動説を世に問うた最初である。その後グリーンランド探検に参加したのち、1915年に本書の初版を出版した。以来、版を重ね、1929年に最終版となった第4版が出版された。多くの観測事実や調査結果から大陸移動説を論じたのは、ウエゲナーが初めてであった。

(3) 第2章 大陸移動説の本性およびそれと地質時代を通じての地球の表面地形の変化に関するこれまでの説明との関係

従来からの陸橋説、地球収縮説、アイソスクシー、海洋不変説、大陸移動説を紹介し、大陸移動説との関係を論じている。主張する大陸移動説を補うために、これらの諸説では合理的な説明が見つからないことを述べようとした。

アイソスタシーの原理に矛盾することなく古生物で過去の陸地のつながりを説明するのが大陸移動説である。大陸相互の位置は決して変化しなかったという仮定は、陸橋説にも、また海洋不変説にも、両方に共通に含まれている。この自明なように見える基礎的仮定が間違っており、大陸は動いたに違いないとする考えである。大陸移動説から出発すれば、かつて陸橋説や海洋不変説によって説明されていた事実はすべてが容易に説明できる。本書を書いた意図は、大陸と大陸の間はかつて陸地でつながっていたのであるが、そのつながりは陸橋によってつくられていたのではなくて、現在分離している二つの大陸塊が直接に接触していたという新しい考えを詳細に基礎づけることであった。

(4) 第3章 測地学的議論

実測をもとにグリーンランドが西方に移動したことが示されている。多くの測量結果を挙げ、アメリカの1年間あたりの西方移動は0.6mであるという結果を紹介している。地球の絶対年代の測定は始められたばかりであり、現在よりも精度は低かった。採用されている年代は、現在の地球科学で認められている数値よりも少なめである。従って、ウエゲナーの見積もった移動速度は、現在の知識ではやや大きすぎる値を示している。しかし、この結果がアイディア全体を否定するものではない。

(5) 第4章 地球物理学的議論

地球高度の緯度分布に二つの極大があることに注目し、アイソスタシーと大陸移動、地震学的研究からみた大陸と深海底の違い、地球の層状構造をつくる物質、シアル、シマ、地球の力学的性質を、大陸移動説を支持する多くの地球物理学的観察を通して紹介・議論している。

地球の粘性率の大きい値を支持したシュバイダーは1921年に、大陸を極から遠ざける力の作用によって大陸が赤道に向かって動く可能性があることを示しており、この影響を受けている。大陸を極から遠ざける力とこの結論を生んだ計算とについては後述している。

(6) 第5章 地質学的議論

南アメリカ大陸とアフリカ大陸の地質の接合は、早くから著者の注意を引いていた。ここでは、多くの地質学者の説を引用し、大陸移動の説明をしている。

1916年のカイデルによる南大西洋の兩岸の比較から始まり、南大西洋の兩岸についてのデュ・トワの議論、ジュースによる北大西洋の兩岸の比較、ルモアヌによるアフリカ、マダガスカル、インドの比較、エヴァンスによるアフリカ大陸での中心から外側に向かう張力の存在、インド陸塊がアジア陸塊の下に押し込まれたというアルガンの研究などの多くの論文を引用してインド、オーストラリアとニュージーランド、そしてスダ列島とその付近、南極大陸とニュージーランドなどにおける地質の連続性について述べている(図2)。

中生代の始めにアフリカを中心とする大きな原始大陸があり、その原始大陸はその後分裂して、南アメリカは相対的に西へ動き、西南極大陸は相対的に西南へ動き、インドは相対的に東北に動き、オーストラリアは相対的に東へ動き、東南極大陸は相対的に東南に動いたという意見を展開している。

(7) 第6章 古生物学的および生物学的議論

古生物や生物に関する膨大な議論がなされ、厚い葉をもったグロソプテリスのようなゴンドワナ植物群やメソザウルス、ミミズ、イガイ、ウナギなどを例に挙げて、いずれのデータも陸橋説よりも大陸移動説を指示していることが述べている。離れた大陸間の古生物や生物の分布の類似は、陸橋説での大陸移動説でも説明可能であるが、大陸移動説の方が有利であるということ、多くの例を引用して述べている。地殻は地球の内部よりも密度の小さい物質からできており、大きな深海底については、陸橋が沈んだ部分であるという仮定をすることはできない。関連した科学と接触を保ちつづけてはじめて、地球上の現在と過去の生物分布の研究から得られた豊富な資料をすべて真理の発見に役立てることができ

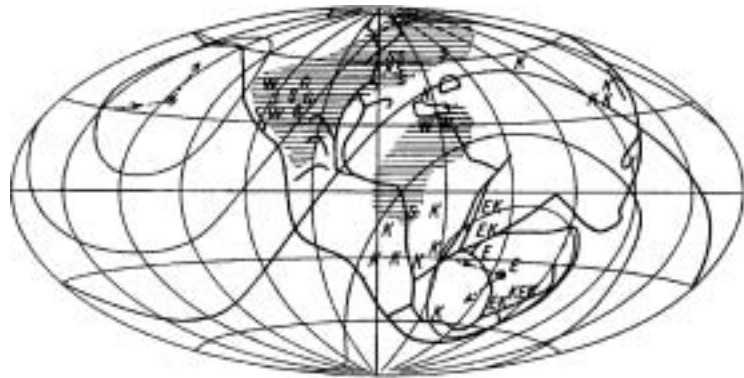
(8) 第7章 古気候学的議論

古気候学的議論に使われているデータとしては、氷礫粘土やティライトは極気候を、石炭は赤道(だけには限られない)のような降雨帯を、岩塩や石こうは乾燥帯を示している。



図2 南アメリカとアフリカの地質学的対比 (ウェゲナー, 1929)

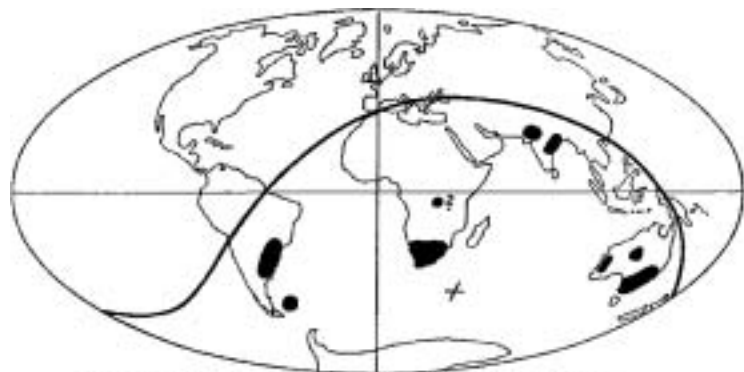
動植物もまた過去の気候をさぐるのに役立つ。たとえば丈が高く年輪のない木は赤道降雨帯を示し、また爬虫類は高い温度を示している。熱帯の浅海に発達するサンゴや石灰藻に由来する石灰岩は、赤道に近い所であったことを示している(図3)。



E=氷河の跡, K=石灰, S=岩塩, G=石膏, W=砂漠性砂岩, 横線=乾燥帯

図3 二畳紀の氷河、沼地、および砂漠(ウエゲナー, 1929)

気候変化の原因として、第一に極移動を挙げている。石炭紀と二畳紀に関する古気候学的データを用いて、大陸移動もまた起こったことを結論している。石炭紀と二畳紀の氷河の跡は南極、南アフリカ、インド、オーストラリア及び南米に残っており、これらの大陸がつながっているとすると、氷河の痕跡が現在と似た大きさの極地域に集まっていたことになる(図4)。



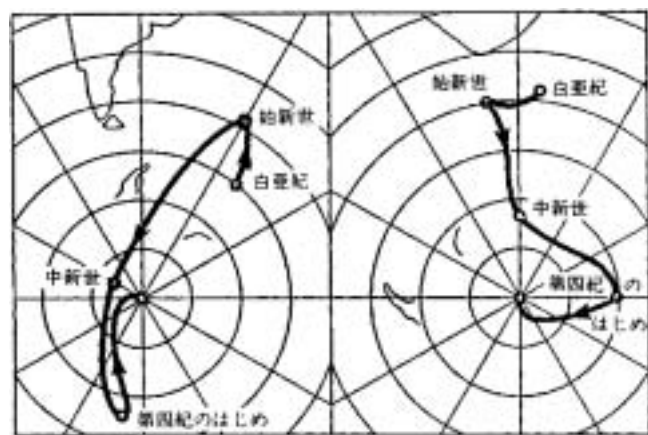
今日の大陸の配置図の上に記入した二畳石炭紀の大氷河遺跡。その分布を説明するに最も適する南極の位置を十字で示す。それに対応する赤道の位置は太線で示してある。

図4 石炭紀—二畳紀の氷河跡(ウエゲナー, 1929)

(9) 第8章 大陸移動と極移動の基礎

地球の表面上を大陸だけでなく極もまた移動する。これを考慮して、アフリカ大陸を不動と考えた場合の大陸及び極移動を示している(図5)。国際緯度観測所での観測から現在でも極移動が続いていることが確かめられており、現在の北極はワシントンの方へ向かい、その移動速度は1年に10cm程度である。

極移動は、地球内部での自転軸の移動によって生じると主張している。これに反対する論のすべては、扁平地球の赤道部分のでっぱりが不変であるという誤った仮定からきたものであることを指摘し



左図は南アメリカに、右図はアフリカに相対的である

図5 白亜紀以来の南極の移動(ウエゲナー, 1929)

ている。この指摘は現代でも正しい。また、移動する極の前面では海退が、後面では海進が起こるとい主張は大変興味深く、将采の研究に値するものである。さらに、褶曲山脈とそれに対応した地下の負の重力異常とのくい違いから、ヨーロッパ大陸の移動方向を推定している。これもまた将来の研究の方向性を示すものである。

(10) 第9章 移動の原動力

1913年にエトベスは、地球の回転による遠心力による「離極力」について言及している。1921年にシュバイダーもまた離極力の計算を行い、この力が移動を起こすのに十分な大きさであるかどうかは断定し難いと述べている。ウエゲナーも大陸移動説のエネルギー源を離極力に求めた。しかし、これらはいずれも大陸を移動させるにはあまりにも小さすぎる力であることを、この章の記述が何よりも雄弁に物語っている。そして、現在、大陸移動の原動力はマントル対流であると考えられているが、そのマントル対流の可能性について、301ページで言及している。

(11) 第10章 シアルに関する補助的観察

大陸地殻（シアル・ブロック）は花崗岩から成り、また海洋には地殻がなく、マントル（シマ）の最上部の玄武岩が露出していると考えている。二つのブロックの相対的な運動の仕方によって、正褶曲、雁行褶曲、水平ずれ断層及び地溝が生じることを論じている。ここでの考え方は現在でもなお通用する。

(12) 第11章 海底に関する補助的観察

赤色粘土及び放散虫軟泥はいずれも深海性の堆積物であり、石灰を余分に含んでいる堆積物は、海がより浅いことと関係している。大西洋では、かつて直接に接合していたこれらのブロックの間に、大西洋中央海嶺によって示されるような不規則な形の手摺がある。大陸ブロックは流れによって「引き出された」可能性があることを指摘しており、マントル対流の考えを否定はしていない。

4 大陸移動という考えについて

1620年にフランシス・ベーコンが、西半球ではかつてヨーロッパとアフリカがつながっていたということの可能性について論じた。約200年後、スナイダーは石炭紀の北アメリカとヨーロッパの植物化石が似ていることに注目し、すべての大陸は昔一つの陸塊の一部であったと提唱した。

19世紀末になると地質学者が議論に加わるようになった。オーストリアの地質学者、スエスは南半球にある陸地の地層群があまりによく一致していることに注目して、それらの陸地を大陸に結合し、インドの地名にちなんで Gondwana Land と名づけた。1908年にアメリカのテイラーが、また1910年にウエゲナーがそれぞれ独立に、地殻の巨大な水平方向の変位を説明できる機構を思いつき、それによって大陸がどのようにして引き離されていくかを示した。

ウエゲナーは地質学や古生物学から得られた知見により、大西洋の両側に共通した歴史の記録を示している詳しい相互関係を驚くほど多く示した。これにより、中生代の始まる

(約2億年前)以前にすべての大陸は一つの巨大な陸塊につながり合っていたと提案し、この超大陸をパンゲアと呼んだ。今日ではこの証拠は、南半球のゴンドワナランドと北半球のローラシアの二つの大きな陸塊という考えになっている。

さらに、南半球において石炭紀と二畳紀に起こった氷河作用に関係した相互関係を示した。南米南部、オーストラリア、インド南部、マダガスカル、南極大陸に見られる漂礫岩(ティライト)層は、厚く覆った氷河によって削られた礫である。氷河の移動によって固い結晶質岩石の表面が平らになり、溝が形成されている。ここに残された漂礫の分布が氷河作用の動かし難い証拠である。これら世界各地に残された氷河の痕跡が集まるように大陸をつなげると、かつての南極が再現される。

5 ウェゲナーの論点

その時代に求められた災害のデータを集め、そこから科学的に議論を深める努力を積み重ねている。力を注いだ分野は多岐に渡るが、本書で多くページを割いているのは、「第3章測地学的議論」、「第4章地球物理学的議論」、「第5章地質学的議論」、「第6章古生物学および生物学的議論」、「第7章古気候学的議論」、「第8章大陸移動と極移動の基礎」である。これらの章についての論点を述べる。

(1) 測地学的議論の論点

地質時代の時間の長さについて推定し、その間に大陸の動いた距離を用いて、1年あたりの移動距離の値を求めることができる。実際の測量から、1873年から1922年の間に、グリーンランドは西方に980m、つまり1年あたり20mの速度で移動したことを示した。1927年の夏に、測定個人誤差をなくす新しいマイクロメーターを使ってサーベル・イェルゲンセン中尉によって実測が繰返された。これによると、グリーンランドが1年間に約38mの速度で東へ移動したことになる。また、ヨーロッパに対する北アメリカの移動については、1年に約1mであった。しかしこれは、ニューファンドランドがアイルランドから分離してから現在までの平均値と同じである。多くの測量結果を挙げてウェゲナーは、アメリカの1年間あたりの西方移動は0.6mであるという結果を紹介している。先に述べたように、この見積もった移動速度は、現在の知識ではやや大きすぎる値であるが、彼のアイディア全体を否定するものではない。

(2) 地球物理学的議論の論点

地球表面の高さの分布、アイソスタシー、地震学的研究からみた大陸と深海底の違い、大陸と海洋をつくる二つの物質、地球の力学的性質などから、大陸移動の可能性を幅広く議論している。

地球表面の高さの分布は大陸表面の高さと海洋底の高さを表現している。地球の表面には特によく出現する高さが二つある。世界の海の深度測量データが増すにつれて、広大な深海底と、深海底と同様に平らであるが、それよりも約5km高いところにある大陸表面との間の対照が、ますます明瞭になってきた。

アイソスタシー説は大陸移動説の観念全体と大変よく調和している。大陸塊と深海底との間に根本的な違いがあるという観念や、大陸が水平移動するという観念が、地球物理学

の他の結果と調和するかどうかという疑問や、地球物理学はそれらの観念の正しさを確かめることができるかどうかという疑問が起ってくるのは当然である。

地震学的研究からみた大陸と深海底の違いは、それを構成している岩石の種類が異なることを示している。地震が起ってから、地震が観測点へ到達するまでの時間（走時）を用いて、いろいろな深さでの地震波の伝わる速度を決めることができる。この速度は物質に固有な性質であり、したがって地球の内部の層構造をつくっている物質についての情報を与えている。地球の層状構造をつくる物質は2種類ある。ジュースは、大陸塊の主体をなす片麻岩や花崗岩を主な代表とするようなシリカに富む岩石群である。また、海洋底を構成している岩石は大陸塊の下にあるべき物質である。玄武岩は深海底の物質に必要な性質を具えている。

地球の力学的性質についていえることは、地震波のような短周期の力に対しては、地球は弾性固体のようにふるまい、この場合には流動性は問題にならないということである。しかし、長い地質学的時間にわたって作用する力に対しては、地球は流体のようにふるまうにちがいない。このことは、例えば地球の扁平率がちょうどその自転速度に応ずる値になっているという事実にも示されている。弾性変形から流動現象に移りかわる時間の長さは、粘性率によって決まる。

(3) 地質学的議論の論点

大陸移動説を補強するために、多くの地質学者の論文を引用し、自説の正当性を示している。引用されている地質学的事実を示す論点を述べる。

カイデルは1916年に南大西洋の両岸の比較から地層の重なるの類似を述べている。南アフリカの地質学者デュ・トワは1927年に南アメリカへ探検旅行をし、「南アメリカと南アフリカとの地質学的比較」から、両大陸の類似性を述べ、その類似は広大な地域に見られ、また時代的にはデボン紀より古い時代から第三紀にまで及んでいることを示している。

北大西洋の両岸の比較については、ジュースがアルモリカ山脈と呼んだ石炭紀褶曲帯の中にヨーロッパの炭田も北アメリカの炭田も含まれている。この山脈はヨーロッパの大陸内部から続いて西に伸び、最南端の山脈はフランスを西に横切り大西洋に入っている。この山脈のアメリカ側の続きは、1887年にベルトランがはじめて指摘したように、アパラチア山脈のなかでノバスコシアと東南ニューファンドランドにある枝脈である。

ルモアンは1981年に、マダガスカル地塊がアフリカ地塊から分離してその間に海ができたのは、第三紀の中頃より後のことになる。アフリカの構造の重要な要素は、アフリカの東部に見られ南北方向に走る地溝（割目）であると述べた。エヴァンスは1925年にアフリカ大陸では中心から外側に向かって張力が働いている証拠がいたる所にあると述べている。

これはウエゲナーが主張する「中生代の始めには大きな原始大陸があって、アフリカはその中心であった。その原始大陸はその後分裂して、南アメリカは相対的に西へ動き、西南極大陸は相対的に西南へ動き、インドは相対的に東北に動き、オーストラリアは相対的に東へ動き、東南極大陸は相対的に東南に動いた。」という意見を支持している。

1924年に発表されたアジアの山脈構造についてのアルガンの研究によれば、アジアの高地を支配する構造は巨大な押しつぶせ断層であって、インド陸塊がアジア陸塊の下に押し

込まれたと述べ、地球全体の構造を理解する上で大陸移動説が役立つことを示した。

(4) 古生物学的および生物学的議論の論点

南アメリカとアフリカとの間の陸地のつながりについてはよく知られている。シュトローマーが1920年に述べたように、グロソブテリス植物群やメソサウリデという爬虫類がかつて両方の大陸上に栄えていたことや、その他いろいろなことからみて、南アメリカとアフリカとの間をつなぐ大きな陸地がかつて存在したと仮定せねばならない。ヨーロッパと北アメリカとの石炭紀の動物群と植物群については、ドーソンらの研究等がある。ウェゲナーの説では、大陸の分裂によって一つのまったく一様な動物区が分裂して二つになるので、大陸移動説は、昔からあったどんな説よりも簡単な解答を与えることができる。

インドとマダガスカルとオーストラリアとの間の陸地のつながりについて、ディーナーは、1925年に動物地理学の見地からみれば、二畳紀と三畳紀とに、インド半島からマダガスカルをへてアフリカ南部まで陸地のつながりがあったことは確かであると述べている。

マイケルセンは、大陸移動説に対する説明をミミズの地理的分布から示した。ミミズは海水にも凍った土にも耐えられないし、人間以外のものによって運ばれることも困難だからである。ミミズの分布を海洋不変説で説明することは大へん困難であるが、大陸移動説によればみごとに説明できるのである。

(5) 古気候学的議論の論点

現在の気候システムはケッペンによって論じられ、世界の気候図としてまとめられている。石炭は赤道降雨帯のような湿った気候を意味し、岩塩、石こう及び砂漠の砂岩は乾燥気候を示している。海性堆積物に対しては、厚い石灰層は熱帯及び亜熱帯の暖かい海の中でだけ堆積するという一つの規則が成り立つ。爬虫類は、寒さに対して無防備であるために、寒い冬の気候のもとでは死んでしまう。したがって、トカゲなど（ガラス・スネーク）のように体が小さい場合に限って、このような気候条件のもとで爬虫類が生きながらえる。さらに、極地方のように夏の日射量が少ない地域では、夏に気温が上がらないため卵がかえらず、これもまた生存を不可能にする。したがって、爬虫類が豊富にみられる場合には、気候が熱帯性あるいは少なくとも亜熱帯性であったと結論してよい。

現在の地球の表面は、緯度別に気候帯に分けられる。地質学的な過去においても、地球の表面はこのような気候帯に分けられていたと考えるのが妥当である。確かめられた事実を解釈し、北アメリカ、ヨーロッパ、小アジア及びシナを横切る石炭紀の頃の石炭帯は地球をとりまく一つの大円の上にある。また石炭の存在は降雨気候を意味しているので、降雨帯もまた地球をとりまく大円上に分布することになる。これらの石炭帯及び降雨帯の大円は、赤道と一致していると考えた。さらに、極は氷河地域の中心にあるとすると、内陸氷の地域の中心を極と考え、ここから降雨帯及び石炭帯は90°離れていることから、石炭帯と降雨帯の大円が赤道と一致するという結論を導いている。

(6) 大陸移動と極移動の基礎の論点

大陸移動説は大陸の相対的な移動、すなわち任意に選ばれた部分に対する地殻のある部

分の移動に関係し、極移動は地質学的な考え方である。地質学者にとって、地表で手に入る気候に関する化石の証拠を用いて決められた極を取り巻く気候帯から極移動を推測する。

大陸移動と極移動が同時に起こるとそれらの決定は容易でない。大陸移動がないとすれば、気候に関する化石の証拠から得られた極の位置を相互に比較して、極移動の方向及び大きさをただちに決めることができる。理論的には、現在の極移動は一つの大陸に相対的な極移動ではなく、地球の全表面に相対的な絶対的極移動である。

天文学的研究から歳差運動が知られていた。軌道面に対する地軸の傾き、すなわち黄道の傾斜角を一定に保ったまま、極は黄道の極のまわりに26000年の周期で1回転する。摂動論の計算によれば、この他に黄道の傾斜角もまた約4万年の周期で振幅数度の準周期的な変化をする。振幅は小さいにもかかわらず、この振動はそれにともなった近日点及び軌道の扁平率の変化とともに、第四紀における氷期及び間氷期の交代に決定的な影響を与えた。

黄道傾斜角が0度であれば、地球の自転軸は太陽の公転軌道面に垂直となり、地上における各地域の気候変化は起こらない。

黄道傾斜角が現在よりも大きい場合には、極における気温の年変化が大きくなる。極における夏がより暖かくなり、極を含む全地域に、植物や動物が住みつくようになる。最も暖かい月の平均気温が10℃をこえる場合には、丈の高い木もまたそこで成長するようになる。それはちょうど、現在のシベリアで多くの木が厳しい冬を生きぬいているのと同じである。夏の降雨は雨となって落ち、一方冬の降雨は雪となって積もる。夏の間の日射によって雪が融けるために、年平均気温が低い場合でも、内陸氷ができない。これもまたシベリアと同じである。さらに、夏の間のより強い日射が冬の間の放射冷却による熱の損失によって帳消しにならないために、ごくわずかではあるが極地域での年平均気温が上がる。このような期間の気候条件に関する証拠として、極と赤道間の気候差が小さくなったという印象を動植物界に与えるだろう。

現在のところ、黄道傾斜角の変化によって最もよく説明されると考えられる。地球の全歴史を通じての極気候のこのような変化に対する古気候学的証拠はさらに広い範囲の研究を要するものである。よく知られた天文学的な自転軸変化の他に、天文学的計算にもれていた他の変化に対応する他の原因が見つかるかもしれない。

6 近代地球科学に果たした本書の役割

地球科学の目標の一つは、地球の誕生時から現在に至る地球進化史の解明である。ウエゲナーの提唱した大陸移動説は、今から2億年前には、すべての大陸が一つになって超大陸パンゲアを形成していた。人間の一生という短い時間スケールで動かざる地球表面の大地が長大な時間軸で考えると流動するという可能性を示唆した。この考えを示した本書は、20世紀におけるコペルニクス的回転を地球科学者に求めた、世界中が注目した1冊であった。しかし、前述のように大陸が移動する原動力としてマントル対流の可能性についても言及しているにもかかわらず、説得力を欠いていたこと、また当時の知識では離極力などしか考え出せず、大陸がマントルの上をかき分けて進むというイメージが受け入れられなかった等から、1930年以降ウエゲナーの姿とともに大陸移動説も忘れられてしまった。

1950年代になると、大陸移動の原動力を示す知見が得られてきた。大西洋のアイスランド南西のレイキャネス海嶺をはさんで対称的な地磁気の縞模様が確認された。これは、海嶺で作られ地殻がマンテル対流により移動することによる海洋底の拡大を示すものであった。また、ハワイ諸島からミッドウェー、天皇海山列につながる諸島の並びは、ハワイ島の南にあるホットスポットから湧き出した火山島が、7000万年におよぶ海洋底の移動の結果形成されたものである。

さらに、日本海溝で太平洋プレートが沈み込んでいることを、日本海溝付近の深発性地震の震源分布から和達清夫気象庁長官が明らかにした。

こうしてウエゲナーの大陸移動説は復活したばかりでなく、20世紀の後半における最大の科学的業績とされるプレートテクトニクス理論に先駆けた独創的な研究成果と言われるようになったのである。

ハラムは1970年代までの研究成果をもとに、図6のようにウエゲナーのパンゲア大陸を再構成している。また、ブラードらは、コンピュータによる大陸の接合を試みて、図7のように良い一致をみている。

21世紀の現在では、大陸移動とプレートテクトニクス理論は、中学校の理科の教科書でも発展的な内容として取り上げられている。さらにプレートテクトニクスを包含するマンテル内の巨大プリュームで地球の進化を考えるプリュームテクトニクスが地球の進化史を考える上で欠かせぬ存在になっている。ウエゲナーの科学的手法は、プレートテクトニクスの基礎を固め、プリュームテクトニクスへ続く道を切り開いた。今も、地球科学の最先端科学研究において、ウエゲナーの恩恵を受けているのである。

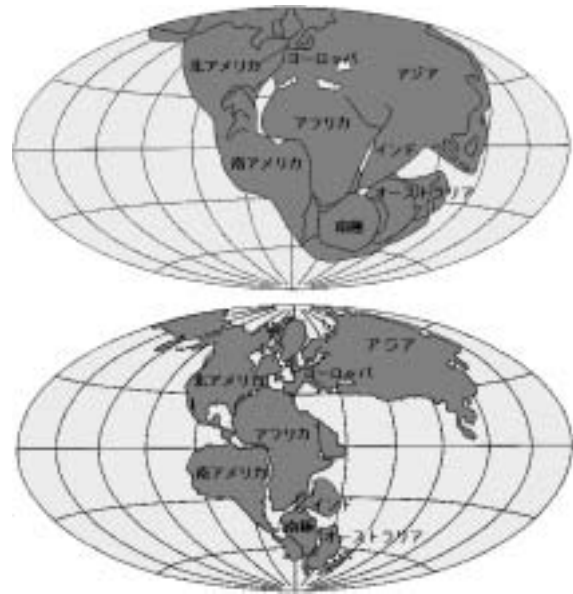


図6 上はウエゲナーの考えたパンゲア
下はハラムによる改訂版 (Hallam, 1975)

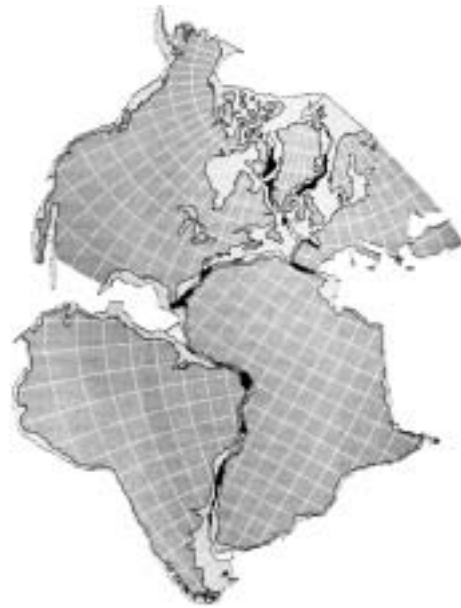


図7 大陸のつなぎ合わせ (Hurley, 1975)

(たかはし・のりつぐ 本研究科博士後期課程)

— ウェゲナーの本に記載された以外の参考文献 —

- (1) Du Toit, A. L., *Our Wandering Continents: An Hypothesis of Continental Drifting*, Hafner Publishing Company, 1937.
- (2) Woodford, A. O., *Historical Geology*, Freeman, pp.512, 1965.
- (3) Rona, P. A., *Exploration Methods for the Continental Shelf: Geology, Geophysics, Geochemistry.*, National Oceanic and Atmospheric Administration Technological Report ERL 238-AOML 8, U. S. Government Printing Office, 1972.
- (4) Hallam, A., *A Revolution in the Earth Science: From Continental Drift to Plate Tectonics*, Oxford Univ. press, 1973.
- (5) Hallam, A., *Alfred Wegener and the Hypothesis of Continental Drift*, Scientific American, 1975.
- (6) ヴェーゲナー, 都城秋穂・柴藤文子訳, 大陸移動説 (上), 岩波文庫, 1981.
- (7) ヴェーゲナー, 都城秋穂・柴藤文子訳, 大陸移動説 (下), 岩波文庫, 1981.
- (8) 松丸国照, プレートテクトニクス理論の背景とその検証, 埼玉大学紀要教育学部(数学・自然科学Ⅱ), 53, 23-38, 2004.
- (9) 古澤亜紀・高橋典嗣・山崎良雄, 「岩塩形成」による大陸移動説の授業提案, 学際研究 (日本学際会議学会誌), 18, 48-56, 2005.