

アメリカ合衆国における地形研究史 I

北野善憲*

I. 序 論

アメリカ合衆国における地形研究史は、通常、大西部探査以降と想定される。それゆえに、それ以前には地形研究は全くなされなかったような印象を受ける。しかしながら、すでに比較的多くの人物が、地形に関する詳しい研究を行っていた。

II. 最初期の地形研究

最初期のものは、アメリカ内外の人物による見聞記にみられるものである。チャーリー (R. J. Chorley) 等によれば¹⁾、アメリカにおいて、河川の侵食作用による谷の形成について最初に書かれたのは、ジョン・ジョスリン (John Josselyn) (1672年) のものである。彼は融氷水がガリーを穿つという。

ついで挙げられるのが、ウェールズ生まれでペンシルベニアに移住したルイス・エヴァンス (Lewis Evans) (1700～1756年) である²⁾。彼は英国植民地の地図を作成し、この一部をロンドンから出版した。地図とともに小冊子『英国植民地中部概観図に関する分析』(1776年)³⁾も死後に出された。また、彼は

日記もしたため、これも同じ年に出版されている⁴⁾。

エヴァンスは、地質学者としては水成論者であったが、1750年に生まれた水成論の大御所ウェルナー (A. Werner) とは時期的に関係はしない。

「現在の地球に関するさまざまな体系や理論は、(岩石中に存在する化石という)現象を説明するために考案された。一つの体系によれば、大陸全体や現在の見かけがきわめて高い山地そのものも、かつてはかなりの傾斜で海側に傾いた一つの広大な平原にすぎない。これは雨水や地表水によって穿たれ、山稜の姿を示すようになり、それらの間には谷がつくられた。雨水や地表流が、上流から土壌を洗い流し、海へと流下させる。土壌は、このようにして、運搬され、さまざまな場所に堆積する。(以下略)」⁵⁾

山頂に化石の存在することから、水に覆われた大地から水が引くと、荷重がなくなり、陸地が隆起したという。これによって彼がアイソスタシー的な概念をもっていたことがうかがえる。これらのことから、チャーリー等はエヴァンスをアメリカ地形学の真の父と称した⁶⁾。

* 立命館大学文学部・非常勤講師

キーワード：地形学史

Key word : History of Geomorphology

エヴァンスは、大地はもう一つ別のものの廃墟から造られていると述べ、ハットン (J. Hutton) と同じような考えを持っていた。当然のことながらこれは彼の影響によるものではない。エヴァンスは、ノアの洪水から逃れてはいなかったが、それに頼りすぎるウッドワード (J. Woodward) より進んでいた。

エヴァンスの河川の侵食作用に関する論述は見過ごされたが、アメリカにおける氷河地形に目が向けられるようになった。中でも漂石については、さまざまな人物が関心を示した。たとえば、スカンジナビアの科学者、P. カルム (P. Kalm) は (1753年)⁷⁾、アメリカの漂石や氷礫土を、おそらく最初期に論述し、1783年には F. J. マルキ・ドゥ・シャステリュ (F. J. M. de Chastellux) が漂石について述べ⁸⁾、1793年には B. ドゥ・ウィット (B. de Witt) は、その成因にまで言及した⁹⁾。とはいえ、これらの人物は、何らかの激変を想定する以外に、それを説明することができなかった。ウィットは、氷礫土の中の礫の種類の豊富さに驚き、何らかの異常な原因を考えざるをえなかった。

「そのように多種多様な礫が、一つの場所で自然に形成されると考えるのはほぼ不可能なことである。(以下略)」

しばらくして、同様の水成論者であるエイカリー (S. Akerly) は、漂石と漂礫土の説明に関してエヴァンスの考えを修正し、氷河前面の山脈によって堰き止められた湖水が、地下の擾乱に起因する山脈の突然の崩壊によって激流となりあふれ、その通り道に岩屑がばらまかれたという¹⁰⁾。

この時期には、1809年に、マクラア (W. Maclure) の『合衆国の地質観察』¹¹⁾ がでる。

これはウェルナーの岩石分類に従ったものである。

1816年と1822年に出版されたクリーブランド (P. Cleaveland) の『初級鉱物・地質学』は、ウェルナーとキュヴィエ (G. Cuvier) の学説を取り入れている¹²⁾。

1818年に刊行されたミッチェル (J. Mitchill) の『北アメリカの地質観察』にもジェームソン (R. Jameson) の翻訳したキュヴィエの影響がみられる¹³⁾。彼も、エヴァンスやエイカリーと同様の越流説を採用した。

アメリカ見聞録類の中で、ひときわ目立つのは、フランス人のヴォルネー (C. F. C. de Volney) のものである。彼はアメリカ各地を巡検し『合衆国の土壌と気候に関する研究』¹⁴⁾ をまとめた。これは英訳されロンドンとフィラデルフィアにおいて発行された。ヴォルネーは、河川の営力に注目し、滝の後退や段丘の問題について論じる。

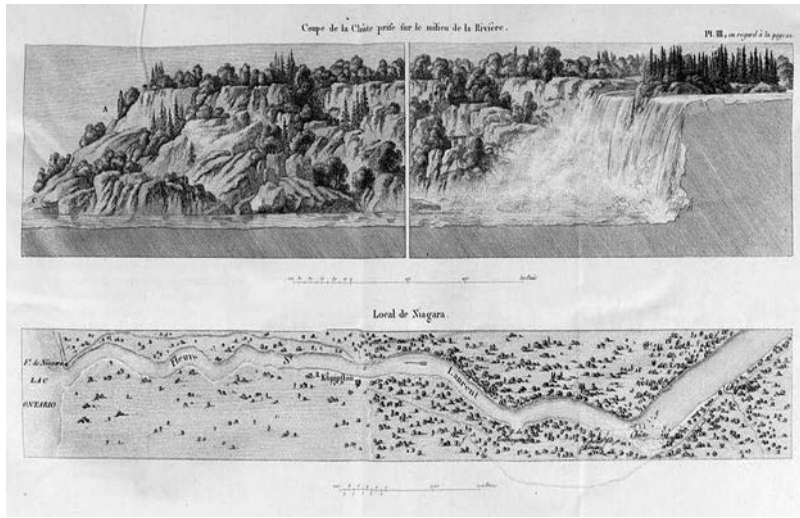
「滝が造られると、この表現を用いることが許されれば、河川は岩石の河床を穿つことによって、裂け目を掘り出し、それを上流へと後退させ続け、現在、滝の存在するところまでたどり着いた。ここにおいても、河川は緩やかではあるが、あくなき活動を絶えずおこなっている。」(第1図)

彼は、河岸段丘にも注目し、それらは河川が高位に位置したときに造られたと述べ、段丘とその柱状図が添えられた(第2図)。

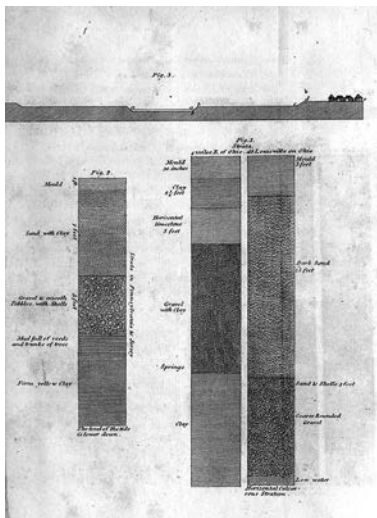
III. シリマンの登場と、科学雑誌の発行

アメリカにおける地形研究は、シリマン (B. Silliman) の登場によって一つの転換期を迎えた。

シリマンは、1779年にコネチカット州に



第1図 ヴォルネーによるナイアガラの滝の図
(Volney (1804) (注14))



第2図 ヴォルネーによる段丘断面と柱状図
(Volney (1804) (注14))

において生まれる¹⁵⁾。ハーヴァード大学で学士および修士号を修得し、1799年から1802年にかけてイェール大学において準講師を勤めた。学長から化学と博物学を講じることを要請され、1804年からシリマンは講義を開始した。これはイェール大学における最初の

化学の講義となった。

1805年にシリマンは、化学実験器具や鉱物標本および書籍などの教材を調達するために、イングランド、スコットランド、オランダに旅行する。この際に彼は、エジンバラにおいてジェームズ・ホール卿 (Sir J. Hall) などの学者と交流し、研修のためにプレイフェア (J. Playfair)、ホープ (T. C. Hope)、マレイ (J. Murray) の講義を聴く¹⁶⁾。この際に、シリマンは、ブラックの後継者である化学者ホープの講義によってまずハットン説を知り、プレイフェアを通じてハットンの河成論を知った。当時の火成・水成論争に、彼は中立的な立場をとろうとしたことがうかがえるので、どの程度ハットン説を受け入れたかは、不明である。彼のヨーロッパにおける地質学者の紹介の中において、ハットンが落とされているので、衝撃はあまりなかったようにもとれる。いずれにせよ、彼の頭の中にハットン説は残り、後年ベークウエルの著作のアメリカ版において、解説する際にハットン説を

よみがえらせている¹⁷⁾。

シリマンは、1818年に科学雑誌を発刊した。これは当初、Silliman's Journalと称されたが、すぐにAmerican Journal of Science and Artsと改名され、その後Artsが落とされ、現在に至っている。シリマン自身が洪水論者であったことにより、当初は洪水論者が支配的であったが、徐々に水成論・洪水論から斉一論へと流れが傾く。

シリマンは多くの弟子を育てた¹⁸⁾。1829年に公表された彼の地質学の講義内容は以下のごとくである¹⁹⁾。

序章において、彼は火成論全盛の時代ではあるが、水成論も重要であるとウェルナーを擁護する。したがって、地質はほぼウェルナー式である。すなわち、始原層から、漸移層、二次層、第三紀・洪積・沖積層へと論述が進められる。上述のごとくは洪水論者であるシリマン、洪水に目を向け、その作用について論じた。彼の頭からノアの洪水は完全に抜け切れていなかった。

とはいえ、火山については、河成論者であったスクロープ(G. J. P. Scrope)の学説を援用した。その後は、要約と結論で締めくくられる。

この時代に、河成論ないしは斉一論的立場をとった人物は、以下のごとくである。

ギルマー(F. W. Gilmer)(1818年)²⁰⁾、ハットンの手法を採用したが、自然の営力によってアーチ地形を説明したに過ぎない。これはハットンの直接的な影響によるものではない。

シリマンの弟子であるヒチコック(E. Hitchcock)は²¹⁾、1819年に氷河湖の研究をまとめ、その中で河川の下刻を論じた。しかしながら、主要な営力は湖からの越流であった。彼が越流を重要視したのは、巨大な漂石は通常の河川の水流では運搬されえないとい

うことからである。

H. H. ヘイデン(H. H. Hayden)(1820年)は、『地質論集』²²⁾を書き著し、その中で氷河の融解による洪水と、その作用が論じられた。この本に対しては、シリマンの書評が出た²³⁾。

アメリカにおける洪水論は、五大湖を始めとする無数の湖沼の存在によって助長された。1830年頃から、ライエルのアメリカ訪問の1841年に至るまで、アメリカ地質学は混乱した状態にあった。1829年には、ライエルに影響をおよぼした上述のベークウェルの『地質学入門』²⁴⁾である。この中では、ナイアガラの滝について論じられた。この付図(第3図)を、ライエルは再三取り上げている。ただ、アメリカの地質学者にどれほどの影響をおよぼしたのかは不明である。1833年にはヒチコックは、マサチューセッツ州の地質に関する著作を刊行し²⁵⁾、その中で、谷の成因について論じた。すなわち、谷は元来存在するもので、洪水と磨食作用によって少しだけ改変されたという。同じ年に、メイザー(W. W. Mather)の『地質学初歩』²⁶⁾が出る。本書は、ベークウェルのアメリカ版以外で、アメリカにおいて最初にハットン説が適切に記述されたものであった。これはおそらくライエルの著作を読んだことによる。しかしながら、この本はアメリカのたいい地質学者によっては気づかれることはなかった²⁷⁾。1834年には、フェアホーム(G. Fairholme)が、ナイアガラの滝についてふれる²⁸⁾。彼は、切れ込みのすごさを指摘した。ノアの洪水以前には、アメリカ大陸は水面下にあった。そうでなければ、滝はとっくの昔に消滅したという。ナイアガラの滝については、さまざまな学者が論じる。たとえば、ロジャース(H. D. Rogers)は、本来の谷と滝は洪水の侵食

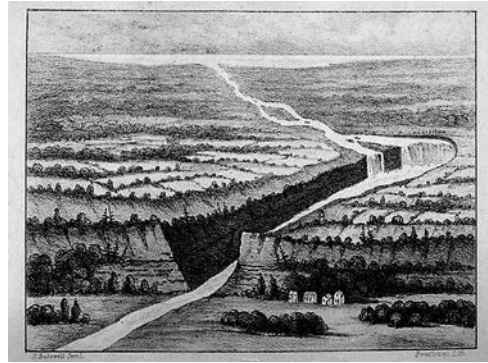
作用でつくられ、滝はその後拡大され、現在の割れ目を維持しているという²⁹⁾。さらに五大湖は洪水に、滝は河川によるという。次に、ギブソン (J. B. Gibson) は、滝も洪水によると述べ³⁰⁾、五大湖は超自然的な営力によると主張した。このような混乱期によりややくライエル (C. Lyell) が登場する。

IV. ライエルの影響

『地質学原理』のアメリカ版は1837年によりやく出版される³¹⁾。ライエル自身のアメリカ訪問は、第1回(1841～1842年)、第2回(1845～1846年)および第3回(1852～1853年)と、延べ三回にわたって行われた³²⁾。

ライエルが初めてアメリカを訪問した際に、彼を出迎えたのは上述のシリマンであった。アメリカ滞在中に、各地で彼の講演会が催された。彼がボストンのローウェル協会で行った講演には、平均して3000人もの聴衆が訪れたといわれている。このようにして、彼の考えは、彼自身の著作はもとより、直接口頭で伝えられることになった。

もちろん彼の考えが、一方的にアメリカにもたらされただけでなく、彼もアメリカの学者から多くの情報を得た。さらにアメリカ各地の巡検からも、彼は多くの知見を獲得した。とりわけ、ナイアガラの滝や漂石および氷礫土は、彼の関心を引いた。ナイアガラの滝は、海食説を唱える彼を苦しめたものであった。1841年8月2日にボストンに着き、そこで講演を行ってから、ライエルが真っ先に駆けつけたのはその滝である。すなわち、8月27日に、ジェームズ・ホール (J. Hall) の案内で、巡検がなされた。この滝に関する知識は、上述のように、ベークウェルを通じて持ち合わ



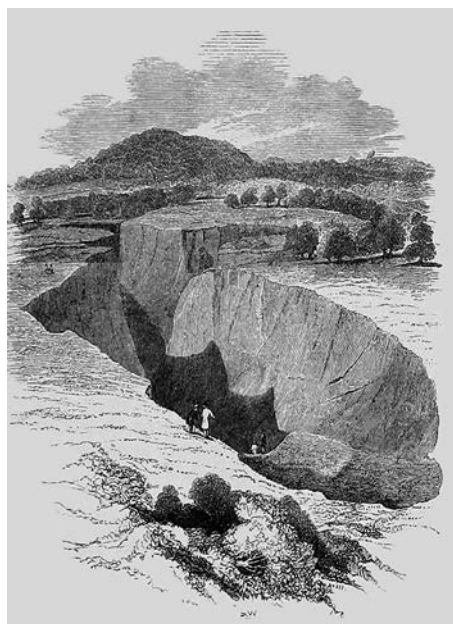
第3図 ベークウェルによるナイアガラの滝の図 (Bakewell (1829) (注17))

せていた³³⁾。そして彼の1830年の図のオリジナルも1841年には、目にしていた³⁴⁾。ベークウェルは、大多数の谷は、水の作用のみでは説明できず、たいていは向斜や背斜などの地質構造により、それらはその後大きく改変されたという立場をとる。その後の水流の長年にわたる侵食作用によって生じた谷の例として、彼はナイアガラの滝を挙げた。この水流とは、必ずしも河川とは限らないことに注意したい。彼はまた、割れ目が、そのプロセスを助長したとも述べる。たとえばスクロープのような河成論者が、河川の作用の証拠としてあげた曲流も、その証拠とはならないともいう³⁵⁾。ライエルは、彼の著作を通じて地質学に向かったことは周知のごとくであるが、このベークウェルの考えは、かなり強く彼の心に刻まれたように思われる(第3図)。

ライエルは、ナイアガラの滝を再度訪れ、さらに詳しく調査した³⁶⁾。しかしながら、彼はあくまでも海食説の立場で滝を考察している。それゆえに、彼は滝を造る断崖を断層によるものとはみなしてはいないが、海食崖と述べ、当初の谷は海が引く際に、その水流によって穿たれたという。水流が必ずしも、

河川とは限らないのはこのためである。その後の侵食作用については、ライエルもさすがに流水を河川と認めざるをえなかった。滝の後退速度については、ホールが三角測量によって詳しく測量し、これに基づいて、ライエルは大まかな値を算出している。流水の力は、小さなものでさえ、十分に発揮でき、ナイアガラの滝では、後退速度は1年に1フィートであることが割り出された。この結果、滝は5千年で1マイル、1万年で2マイル後退し、高さは80フィート減じたという。ただし、石灰岩の造滝層は、上流で薄くなるので、当初の後退速度は速かったとも考えられている。ライエルは、このような定量的な研究をミシシッピデルタの成長速度についても行った。古地図や、アメリカ人学者による河川堆積物の運搬量の実測に基づいて、そのデルタの形成年代を67500年という。水流の営力については、ジョージア州におけるガリー形成についても彼はふれ、森林の伐採によっていわゆる土壌侵食が引き起こされたことも見事にとらえた。彼は、さらに三日月湖の成因や段丘の形成についても論じたが、何よりも、漂石、氷礫土の問題によって、河成論はいったん棚上げにされる（第4図）。

ライエルがアメリカにおいても一つ精力的に観察したのは、漂石や氷礫土であった³⁷⁾。それらがヨーロッパにおけるものと、本質的に変わらないことも真っ先に確認した。彼はすでにアガシーの氷河説を十二分に承知はしていたが、あくまでもそれらを氷山漂流説の目で見たと。漂流説が覆される最大の根拠であった岩盤上の擦痕や氷礫土の無層理についても、彼は、比較的浅い海域で氷山が海底と擦れることによって擦痕ができることや、静水域では水流によって堆積物が分級されない



第4図 ライエルによるガリーの図版
(Lyell (1964) (注32))

ことを主張し、それらの成因を説明した。

ライエルは、アメリカにおいてさまざまな影響を受けたが、基本的に自説を変えることはなく、かたくなに海食説と漂流説を保持し続けた。この影響をアメリカの学者たちは、当分の間受けることになる。

V. アガシーの登場と氷河説

アガシー (L. Agassiz) の影響はライエルのアメリカ訪問以前からみられるが、上述のような状況を打開したのはアガシーである。

アガシーは、1807年にスイスにおいて生まれる³⁸⁾。チューリッヒ、ハイデルベルク、ミュンヘン大学において学んだ後で、1829年に、彼はエアランゲンで学位を修得した。1830年に彼はミュンヘンで医学の博士号を得たが、魚類の研究で名をはせ、パリに赴い

た際には、フンボルト (A. v. Humboldt) やキューヴィエなどと会う。1832年には、彼はニューシャーテル大学の博物誌の教授に任命された。ここではもっぱら魚類の化石の研究がおこなわれた。彼の転機は1836年に訪れた。この年にアガシーは、氷河研究家のヴェネツ (I. Venetz) やシャルパンティエ (J. de Charpentier) とアルプスにおいて氷河巡検をし、氷河に関心をもつようになった。それ以降、彼の関心は、フンボルトなどが引き止めたにもかかわらず、もっぱら氷河に向けられた。彼が氷河説に対して影響を受けた人物は、他にもゲーテ (J. W. Goethe)、ソシュール (H. B. de Saussure)、シンパー (K. Schimper) などが挙げられる。1837年には早くも、地球が氷河時代を経たことを提唱し³⁹⁾、地中海の緯度まで氷河が押し寄せたことを主張するに至った。イギリスで氷河説に最初に転向したといわれるバックランド (W. Buckland) (1838年) が、1840年にわざわざ彼をイギリスに呼び寄せるほど、氷河研究者としての名を高めた。この流れの中で、彼は、1846年にアメリカに招かれ、ライエルと同じように、ローウェル協会で12回の講演をおこなった。彼は、翌年、アメリカに移住した。ハーヴァード大学は、彼の影響の下でローレンス化学スクールを設立し、アガシーは、そのの長となった。さらにハーヴァード大学は、彼を動物学・地質学の教授と、比較動物学博物館の館長にも任命した (1859～1873年)。この時期に、彼はさまざまな講義をおこなったが、氷河と氷期に関しては1864～1865年にかけてのものがよく知られている⁴⁰⁾。彼から多くの弟子が育った。J・ル・コント (J. leConte) や後にデーヴィス (W. M. Davis) の教師となった N. S. シェーラー (N. S. Shaler) が代表的

な弟子である。彼自身の息子もその中に加えられる。

とはいえ、アメリカの学者の中で、アガシーの影響をもっとも強く受けた人物の一人は、上述のヒチコックである。漂石および氷礫土の問題には、それ以前から取り組んではいたが、彼にとってアガシー説は、まさしく「渡りに船」のような役割を果たしてくれた。擦痕や氷礫土や漂石など説明に苦慮していた氷河による現象が、難なく説明できるようになった。ボストンにおいておこなわれた講演で、洪水論を否定するために以下の十一点が挙げられた⁴¹⁾。これらは、具体的にアガシーのいう氷床を取り上げたものではないが、それを想定させる。

1. これらの現象は何らかの非常に壮大な営力の結果であった。その営力は、全般に同一方向、すなわち南ないしは南東方向に働いた。
2. この営力は、現海水準面から3,400フィートもの高さまですべての高度において作用した。
3. 岩盤がきれいに磨かれ溝がつけられている。これらはどの高度においてもほぼ同じように新鮮であり、生成時期が同時代である。
4. 溝や擦痕が、広範囲にわたりほぼ完全な平行性を保つ。これらは、何らかの巨大な営力が、非常に大きくて重量のある塊となって、一定の角度で突き進み、ほぼ抵抗のできない力をもって地表を移動することによってできたことを示す。
5. この営力は、南に向かうにつれ、徐々に弱くなっていく。
6. この営力の関与した時代から、地表面の相対的な水準は、垂直運動によっては大

きく変化しなかった。

7. 北アメリカ大陸が、おおむね現在の標高に達したのは、その営力が作用し始める前である。少なくとも始新統以前の地層を氷礫土が覆っている。
8. 水は、この営力に使用されたものの一つであり、何らかの状況で水がたまった場所に層理をもつ地層ができたにすぎない。水が岩屑を何百マイルもの長距離にわたって運んだとは考えられない。水流が、岩盤に擦り傷をつくるのを、どこにおいても見かけなかった。
9. 長距離にわたり、大きな岩塊や礫を運搬し、それらを狭く突き出した峰の頂上部に載せることのできたのは、水以外の営力である。
10. この営力は、人類がこの大陸に存在する以前に発揮され、生物をほぼ絶滅させるような性質であった。また、それと同時代の堆積物には動植物の残骸がほとんど認められない。
11. この営力は、比較的最近のものである。滑らかで傷つけられた岩が、たとえ半インチでも風化しておれば、その痕跡はなくなっている。

これらすべては、ヒチコック自身が自らの観察に基づき、推定したものである。しかしながら、彼自身も認めているように、アガシーの著作『氷河研究』⁴²⁾を読み、その影響を受け、新たな目で氷礫土などが見えるようになった。

ヒチコックが1841年に発表した論文は、アメリカにおける氷河説受容のランドマークと称される⁴³⁾。だが、彼が「何らかの営力」と称したものを氷河と断定したのは、ダーナ(J. D. Dana)である。

VI. ダーナ

ダーナは、1813年にマサチューセッツ州において生まれる⁴⁴⁾。高校時代にはエイザ・グレイ(Asa Gray)⁴⁵⁾が着任し、その後彼との交際は終生続く。1830年に彼はイエール大学に入学した。シリマンにひかれ、彼の生涯が決定づけられることになる。彼は鉱物学をシェパード(Sheperd)の下で学び、卒業後は医学も学んだ。

1833年に、彼はフランス西部や地中海に出かけ、イタリアにおいてはベズービオ火山に登ったりした。見聞を広め、帰国した後に、彼はシリマンの化学の助手となる。1837年には、彼は早くも『鉱物学体系』⁴⁶⁾を書き著す。これはウエルナーの弟子モースの理論に依拠したものである。

1838年から1842年にかけて、ダーナはウィルキス号による太平洋探査に参加する。帰国後1844年に、シリマンの娘と結婚した後に、彼は、イエール大学で博物学と地質学の教授職を獲得し、1856年から講義を始めて多くの弟子を育てた。

ダーナは、ヒチコックが採用するのに、もう一息踏み込めなかった氷河説を難なく受け入れ、ライエルの漂流説を論破する。彼が挙げた漂流説の難点は以下のごとくである⁴⁷⁾。

1. 海の下に大陸があったとするならば、そこに海生の化石が存在しなければならぬが、それが見当たらない。
2. ニューイングランドにおいては、背後に大きな山地がなく、氷山をつくる環境が整わない。
3. 氷山では擦痕ができない。
4. 氷礫土の南限まで沈水した時代は温暖期である。この時代に氷山を想定するのは

困難である。

この逆に、氷河説が支持される理由として、以下の点が挙げられた。

1. 氷河は、巨岩、砂礫を非常に緩やかな斜面でも運搬することができる。
2. 氷河は擦痕をつくれる。
3. 氷河は2～3°の斜面でも動け、氷河が広大であれば、わずかの動きでも大きな結果を残せる。
4. 500 フィートより高いところに、海成の遺物や海浜の確たる証拠がない。海は、第三紀以降に500 フィートより高い水準に達していない。
5. フィヨルドは、高緯度地方において大陸が上昇・拡大した証拠である。フィヨルドと氷礫土の分布する緯度は同じである。フィヨルドになった谷は、流水ないしは氷河によって穿たれたものであり、海的作用によるものではない。
6. 北方で大陸が数千フィート上昇したことは、最近の地史において氷期のあったことを物語る。大陸の5000 フィートもの上下は可能である。

ダーナの掲げた氷河説の難点は、大地に南向きの傾斜が認められないということである。これは氷河が逆傾斜を克服できないという思い込みによる。彼は、最後に少しかだけライエルに配慮して、氷河説が最も満足のいくものであるが、大陸の縁辺部では漂流説も取り込めようという。

このようにして、ライエルの漂流説を退けた後、ダーナは河成論へと突き進む。シリマンの下で学んだダーナが、一点の曇りもない河成論者となったことは説明しにくい、シリマンは、上述のように、エジンバラにおいてハットン説を知り、後年、ライエルに影響

をおよぼしたベークウエルの『地質学入門』のアメリカ版を発行し、その解説の中でハットン説を紹介している⁴⁸⁾。それゆえに、シリマンを通じて、ハットンの河成論が間接的にダーナに伝わった可能性が最も高いと考えられる。

いずれにせよ、ダーナは太平洋における探査を、完璧な河成論者の目で行っている。とりわけハワイとタヒチにおいてなされた調査は、地質報告書として出版され、その一部はアメリカン・ジャーナル・オブ・サイエンスに寄稿された⁴⁹⁾。

ダーナは谷の成因として次の四点、すなわち、(1) 内的営力、(2) 海的作用、(3) 流水的作用、(4) 風化作用をあげた。

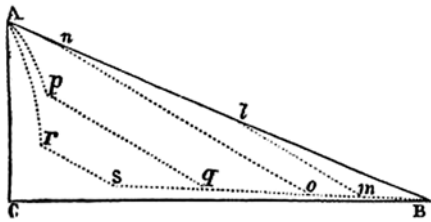
(1) については、後々の侵食作用の萌芽ととらえてはいるが、現存する谷の成因とはみなしていない。

(2) については、太平洋における探査の結果、ダーウィンのように海的作用を重要視するかのように思えたが、完璧にそれを否定している。現在の海岸線沿いには、海的作用によって谷が形成されているところは、どこにおいても見いだせないという。

(3) については主たる営力としてみなされた。たとえば、ハワイにおける事例から、火山活動が最近終結したところでは、溝が穿たれておらず、かなり以前に活動を終えたところでは、とりわけ風上側の雨量の多いところに深い谷の造られているという。彼はこれらを流水的作用の明白な証拠とみなした。

(4) については、あくまでも侵食作用を助長するものとしてとらえられている。

本稿や後の『マニュアル・オブ・ジェオロジー』⁵⁰⁾ などの中で、流水的作用について、ダーナはホプキンス (W. Hopkins) の学説⁵¹⁾



第5図 ダーナによる河床断面の発達図
(Dana (1863) (注47))

を援用している。河川の運搬能力は流速の6乗と比例するということや、流速と運搬される粒子の粒径との関係などがそうである。

河川の機械的効果については、侵食・運搬・堆積作用に順に話が進められた。

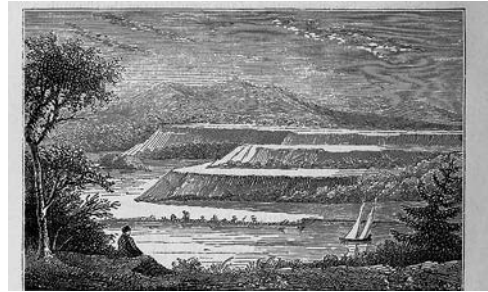
侵食作用については、まず細流溝の形成から論じられる、すなわち、雨滴が集積すると細流溝 (rill) ができ、細流溝が寄り集まると雨溝 (rivulet) が形成される。これは下方で雨裂 (gully) となる。雨溝は寄り集まると激流溝 (torrent) となり、さらに峡谷 (gorge) が形成されるという。

平面的な水系の形成と並び、河川の縦断面形についても論じられる。河床縦断面図が添えられ、1、瀑布区間 (Ar)、2、激流区間 (rs)、3、河川区間 (sB) の三分がなされた (第5図)。

河川が谷を穿つことについては、自身の太平洋における島々、およびニューベリー (J. S. Newberry) とアイヴス (J. C. Ives) によるコロラド峡谷の事例を引き合いに出した⁵²⁾。ライエルがシシリー島において1603年の溶岩流に谷の穿たれていること報告したことも、挙げている。河川の侵食作用については、さらに甌穴の事例も取り上げられた。

谷の形成については、「世界の谷の大部分は、ことごとく流水によって形成されたものである」という。

河川の曲流については、広大な沖積低地お



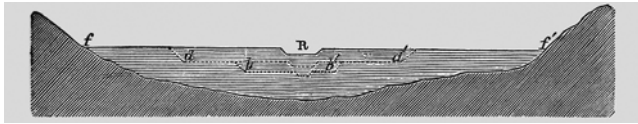
第6図 ダーナが採用した段丘の図版
(Dana (1863) (注47))

いて最も多くみられるという。ここでは流れがかなり緩やかで、些細な障害物によっても流路が変更させられ、下流が左右に振れるからである。

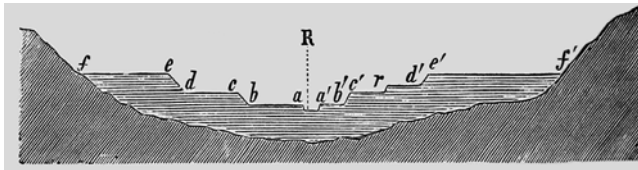
河川の堆積地形として、氾濫原の問題が出てくる。氾濫原の幅は、(1) 土地の全体的な傾斜と (2) 河川の丘陵の側方に切れ込める能力に左右されるという。場合によっては、幅が10～20マイルになるか、50マイルにおよぶことがある。幅広い平原の場合には、それは侵食によるものではなく、一般的に向斜谷である。向斜谷を横切る谷は、向斜部で幅広く、背斜部で狭くなる。これは後のギルバートに影響をおよぼした可能性がある。

氾濫原の表面はほぼ平坦で、その高度と傾斜は、洪水時の河川のもと同じである。氾濫原にみられる特性として、(1) 河川沿いは少し高まっている (おそらく自然堤防のこと)、(2) 氾濫原は最高水位でのみ洪水の届く範囲にある。(3) とりわけ低いところには湖沼なしは潟湖がみられる (第6図)。

段丘についても、ダーナはかなり関心を示した。河岸段丘のみならず、海岸段丘、湖岸段丘も取り上げられた。河岸段丘の形成については、兄弟弟子のヒチコックの研究がすでに存在するが⁵³⁾、彼は陸地の隆起を主たる



第7図 ダーナによる段丘形成の想定図
(Dana (1863) (注47))



第8図 ダーナによる左右非対称の段丘図
(Dana (1863) (注47))

原因とみなした。すなわち隆起によって河川の勾配が増すと、侵食能力が増加し、それまでの氾濫原に河川が切れ込み、それとともに新たな氾濫原 (図 dd') が生じる。これは洪水時の側方侵食に起因し、さらに新たな隆起が起これると、同じようなプロセスで段状の地形ができたという。しかしながら、詳細な段丘形成プロセスについては、彼にとって不明な点が多かった。たとえば下図にみられる左右非対称の段丘は、彼のまだ説明できないものであった (第7・8図)。

大陸が隆起すれば、河川の勾配が増し侵食能力が大きくなるという考えは、後のデーヴィスの回春概念の先駆けである。

河川の運搬作用については、まず運搬されるものがあげられ、運搬プロセスは、侵食プロセスでもあり、途中で礫が磨滅されるという。

河川の運搬量の測定に関しては、従来の観測データを援用している。

河川的作用の締めくくりは、沖積低地の形成、とりわけ三角州の形成である。

ダーナは、海的作用による谷の形成につい

ては否定したが、海的作用自体を否定したわけではない。海の侵食・運搬作用などについては、彼は比較的詳しく論じている。

海の侵食作用に関しては、海流は弱くて砂より大きなものは運搬できない。それゆえに、侵食作用はもっぱら波浪がおこなうという。海岸の後退は、ライエル説による。

海の海岸に対する影響は、(1)潮汐の幅、(2)潮流の強さと方向、(3)卓越風と嵐の方角、(4)波の力、(5)海岸の岩質、(6)海岸の外形に左右されるという。

海岸における波の侵食作用は、干満の範囲内でおこる。干潮レベルより上で侵食作用のおこることは、海食棚などの事例でわかり、満潮時の潮位が高く嵐が頻繁に発生するところでは、海食棚の幅が狭いか欠如するという。海の運搬作用については、もっぱらイギリスの学者のデータを使用している (第9図)⁵⁴⁾。

地震による波、すなわち、津波について言及され、海の堆積作用で、海的作用は締めくくられた。

海に関しては、さらに生物因としてサンゴ礁が取り上げられた。サンゴ礁については、



第9図 ダーナの採用した海食棚
(Dana (1863) (注47))

彼はほぼダーウィンの沈降説を受け入れている。しかしながら、ダーウィンは太平洋全体が沈下したとみなしたのに対して、ダーナは火山島だけの沈下を想定した。珊瑚礁については単行本として出版されるほど精力的に研究された⁵⁵⁾。

内的営力による地形に関しては、ダーナは、常に収縮説の観点から説明をおこなった。すなわち、地球の冷却に伴い収縮が起こり、これによって、海盆ができる。その縁辺部の地殻は割れ、これをつたってマグマが上昇する。火山が大洋の縁辺部に多いのはそのためであるという。彼は地向斜の概念も提唱し、それが深くなるにつれて、彼の想定した火のプールの物質が側方にずれて、隣接する地域の下部に集積し、山脈が造られるという。これらの概念は、ポーモン (E. de Beaumont)、プレヴォー (L. C. Prevot)、フォン・ブッフ (L. von Buch) などの先行する学者の学説を参考にしたものである。それゆえに、それらは、自身の観察に基づいた河成論ほど、強力なインパクトはもたらさなかった。

アメリカの地形研究を特徴づけるのは、何よりもこの河成論である。大西洋の東側では河成論を巡って論争に決着がつかなかった時代に、早々と河成論者たちが調査・研究をすすめた。この舞台となったのが、大西部である。次に、西部探査者に目を向けたい。

注

- 1) Chorley, R. J. *et al.*: *The history of the study of landforms*, Methuen, London, 1964, 678 p.
- 2) Evans, L.: *An analysis of a general map of the Middle British Colonies*, Alman, London, 1776, 38 p.
- 3) Chorley, R. J. *et al.*: *ibid.* 1964, 236 p.
- 4) Chorley, R. J. *et al.*: *ibid.* 1964, 236 p.
- 5) Chorley, R. J. *et al.*: *ibid.* 1964, 236 p.
- 6) Chorley, R. J. *et al.*: *ibid.* 1964, 236 p.
- 7) Kalm, P.: *Peter Kalm's Travels in North America*, Eyrec, New York, 1753, 797 p.
- 8) Chastellux, F. J. de: *Travels in North America*, Robinson, London, 1787, 2 vols, vol. I, 462 p. vol. II, 432 p.
- 9) Chorley, R. J. *et al.*: *ibid.* 1964, 238 p.
- 10) Chorley, R. J. *et al.*: *ibid.* 1964, 238 p.
- 11) Maclure, W.: Observations on the Geology of the United States, *Am. Phil. Soc. Trans.* VI, 1809, pp. 411-428.
- 12) Cleaveland, P.: *An Elementary Treatise on Mineralogy and Geology*, Cummings and Hilliard, Boston, 1816, 818 p.
- 13) Mitchill, J.: Observations on the Geology of North America. in Cuviers B. G.: *Essay On the Theory of the Earth*, Kirk & Mercein, New York, 1818, pp. 319-428.
- 14) Volney, C. F. C. de: *A view of the climate and soil of the United States of America*, Johnson, London and Philadelphia, 1804, 503 p.
- 15) Fisher, G. P.: *Life of Benjamin Silliman*. 2 vols. Charles Scriber and Co., New York, 1866, vol. I, 407 p, vol. II, 408 p.
Fulton, J. F. and Thomson, E. H.: *Benjamin Silliman*, Henry Schuman, New York, 1947, 294 p.
Wilson, L. G. ed.: *Benjamin Silliman and his Circle: Studies on the influence of Benjamin Silliman on Science in America*, Science History Pub., New York, 1979, 227 p.
- 16) Fisher, G. P.: *ibid.* 1866.
Silliman, B.: *A journal of travels in England, Holland and Scotland, and of Passages over the*

- Atlantic in the years 1805 and 1806*, 2 vols, T. B. Wait and Co., Boston, 1812, vol. I, 336 p. vol. II, 309 p.
各講義は1時間であり、彼は朝から夜まで立て続けに聴講した。
- 17) Bakewell, R.: *Introduction to Geology*, Hezekiah Howe, New Haven, 1829, 479 p. シリマンの解説付き。
- 18) ヒチコック、イートン、キングなど。
- 19) Silliman, B.: *Outline of the course of geological lectures, given in Yale College*, Hezekiah Howe, New Haven, 1829, 128 p.
- 20) Gilmer, F. W.: On the geological formation of the natural bridge of Virginia, *Trans. Am. Phil. Soc. I*, N. S., 1818, pp. 187–192.
- 21) Hitchcock, E.: Remarks on the geology and mineralogy of a section of Massachusetts on the Connecticut River, *Am. Jour. Sci.* 1, 1819, pp. 105–116.
- 22) Hayden, H. H.: *Geological Essays*, Robinson, Baltimore, 1820, 411 p.
- 23) Silliman, B.: Notice of “Geological Essays” by H. H. Hayden, *Am. Jour. Sci.* 3, 1821, pp. 47–57.
- 24) Bakewell, R.: *ibid.* 1829.
- 25) Hitchcock, E.: *Report on the geology, mineralogy, botany, and zoology of Massachusetts*, Adams, Amherst, 1833, 692 p.
- 26) Mather, W. W.: *Elements of Geology*, Washinton, 1833, 162 p.
- 27) Chorley, R. J. *et al.*: *ibid.* 1964, 253 p.
- 28) Fairholme, G.: On the fall of Niagara, *Phil. Mag.* 5, N.S. 1834, pp. 11–25.
- 29) Rogers, H. D.: On the fall of Niagara and the reasonings of some authors respecting them, *Am. Jour. Sci.* 27, 1835, pp. 326–335.
- 30) Gibson, J. B.: Remarks on the geology of lakes and the valley of the Mississippi, *Amer. Jour. Sci.* 29, 1836, pp. 201–213.
- 31) Lyell, C.: *The principles of geology*. vol. I (1830), vol. II (1832), vol. III (1833).
アメリカ版は、1837年に全二巻として刊行された。これは英国の第五版による。
Lyell, C.: *The principles of geology*, James Kay, Jung & Brothers, Philadelphia, 1837, vol. I. 546 p, vol. II. 553 p.
- 32) Chorley, R. J. *et al.*: *ibid.* 1964, 159 p 以下。
Lyell, C.: *Travels in North America*, Wiley and Putnam, New York, 1845, vol. I. 251 p. vol. II, 272 p.
Lyell, C.: *A second visit to the United States of North America*, Harper & Brothers, New York, 1849, vol. I. 273 p, vol. II. 287 p.
- ライエル伝は以下のごとくである。
Bonney, T. G.: *Charles Lyell and Modern Geology*, MacMillan, New York, 1895, 224 p.
Bailey, E. B.: *Charles Lyell*, Edingburgh, 1962, 214 p.
- 33) Bakewell, R.: *An introduction to geology, illustration of the earth*, Harding, London, 1815, 492 p.
- 34) Chorley, R. J. *et al.*: *ibid.* 1964, 260 p. 以下。
- 35) Bakewell, R.: *ibid.* 1815, 416 p.
- 36) Lyell, C.: *ibid.* 1849.
- 37) Lyell, C.: *Eight lectures on geology, delivered at the Broadway Tabernacle in the city of New York*, Greely & McElrath, New York, 1842, 56 p.
- 38) Lurie, E.: *Louis Agassiz*, Uni of Chicago. 1960, 449 p.
Marcou, J.: *Life, letters, and works of Louis Agassiz*, MacMillan, New York. 1896, 318 p.
- 39) Agassiz, L.: *Études sur les glaciers*, Jent et Gassmann, Neuchâtel. 1840, 346 p.
- 40) Agassiz, L.: *Geological Sketches*, Tickner and Fields, Boston. 1866, 311 p.
- 41) Hitchcock, E.: First anniversary address before the Association of American Geologists, *Am. Jour. Sci.* 41, pp. 232–275. Chorley, R. J. *et al.* *ibid.* 1964, pp. 271–273.
- 42) Aggasiz, L.: *ibid.* 1840.
- 43) Chorley, R. J.: *ibid.* 1964, 275 p.
- 44) Gilman, D. C.: *The Life of J. D. Dana*, Harpers & Brothers, New York. 1899, 409 p.
- 45) エイザ・グレイ (Asa Gray) (1810–1885年)は、ハーヴァード大学の自然史の教授で植物学を専門とした。ダーウィンの進化論を擁護したことで知られる。
- 46) Dana, J. D.: *System of Mineralogy*, Durrie & Peck, New York. 1837, 547 p.
- 47) Dana, J. D.: *Manual of geology*, in First, ed.: *Theodore Bliss*, Philadelphia, 1863, 798 p.
- 48) Bakewell, R.: *ibid.* 1829.
- 49) Dana, J. D.: *Geology; United States Exploring Expedition during the years 1838, 1839, 1840, 1841, 1842 under the command of Charles Wilkes, u.s.n. Punam*, New York, 1849, 756 p.
Dana, J. D.: On the denudation in the Pacific, *Am. Jour. Sci.* second ser. 9, 1850, pp. 289–294.
- 50) Dana, J. D.: *ibid.* 1863.
- 51) Hopkins, W.: On the transport of erratic blocks, *Trans. Camb. Phil. Soc.* 8, Pt. 2, 1849, pp. 220–240. ホプキンスは、地質学を厳密な学問にするために、物理学を持ち込もうとした最初期の人物である。フィジカル・ジオロジーとは、まさしく物理学的地質学を意味した。この時代の学者は、ことごとくと言ってよいほど彼の実験

- 結果を援用している。ホプキンス評については、Sigurdsson, H.: *Melting the Earth: The History of Ideas on Volcanic Eruptions*, Oxford Uni. Press. 1999, 260 p. を参照。本書においては、火山研究史が詳細に論じられている。
- 52) Ives, J. C.: *Report upon the Colorado River of the West*, Government Pri. Office, Washington. 1861, 411 p.
Part III は、Newberry, J. S. による。
- 53) Hitchcock, E.: *Illustration of surface geology*, The Smithsonian Institution, Washington. 1857, 155 p.
- 54) Dana, J. D.: *ibid.* 1863, 658 p.
- 55) Dana, J. D.: *Coral Reefs and Islands*, Putnam, New York. 1858, 143 p.
Dana, J. D.: *Corals and Coral Islands*, Dodd & Mead, New York. 1872, 398 p.