

H F 法によるコノドントの抽出*

林 信 悟**

I. はじめに

コノドントの研究をはじめてからちょうど10年目、フッ酸を用いて、栃木県葛生町のあど山層チャートから、コノドントを抽出することに成功した(林, 1968)。

卒業論文のプレパラートの中から、はじめてコノドントを発見したのが1958年であった。当時群馬大学に来講された井尻正二氏が、私の貧弱な写真とスケッチをみて、「コノドントだろう」と言下に指摘されたこと、「ひとつのことを10年やってみること」と言われたことが、きのうのこのようによみがえってくる。と同時に、こうしたできごとが、単なる偶然の結果であったにせよ、私にとっては幸運であり、私の仕事の出発点として重要な意義もっていたことを、あらためて認識しないわけにはいかない。

なぜコノドントや放散虫が、その微細なトゲまでこわれずに、硬いチャートの中から出てくるのか、H F 法のプロセスには未解決のことがらが多い。しかし、なかば母岩の中にうずもれているために、長い間その1側面しか観察できなかったコノドントの個体が、母岩から分離されてぞくぞくと出てくるのであり、ひとつひとつひっくり返して、そのあらゆる側面を観察することができるようになったのである。

公表した論文に対して、「フッ酸によるコノドントの抽出では最初の成功例である」「試みたことはあるが失敗した」「この方法は可能だとは思わなかった」などの私信が寄せられたことは、H F 法の成功が、私個人にとって革命的な成果であったばかりでなく、この方法が、今後のコノドントの研究にとって、重要な手段のひとつになることを予測させる。

さらに、これまで二畳系と考えられていたあど山層チャートの中から、中生代型のコノドントが得られたことは、その後予想外の反響をもたらした。

ここで明記しなければならないことは、1968年という年が、中生代コノドントの研究史の中で、ひとつの転機をもたらした年であったことである。すなわち、L. C. MOSHER (1968

* 1969. 7. 3. 受理

** 群馬県立大間々高等学校

a, b)が、40編を越える、従来の三疊紀コノドントの研究を総括し、北米およびヨーロッパの三疊紀コノドントの研究を集大成し、コノドントが、両大陸間で調和的な進化系列を示すことを論じた。

これに対して、あど山層のコノドントフォーナでは、アニシアン、ラディニアン、カーニアン、ノーリアンの各時代を代表すると考えられていた属・種が、わずか1露頭から採集された試料の中に含まれていた。

この事実は、これまでの中生代コノドントの研究および、L. C. MOSHER の示した三疊紀コノドントの進化系列と、大きく矛盾するばかりでなく、私が示した「中生代型のコノドントフォーナは、二疊紀中期にはすでに出現していたと考える」という見解とは、まっ向から対立することになった。これは、W. C. SWEET から寄せられた私信で代表されると思われるので紹介する。「あなたの記載したコノドントは、実際は上部三疊系のものであることを明らかにする機会はないでしょうか？ あなたは、鍋山層が二疊系であることをよりどころにしていますが、あど山層チャートのコノドントは、たしかにわれわれが、上部三疊系から発見することを期待しているもののようにみえます。上部三疊系(あど山層)が、二疊系の上に、漸移的に、大へんスムーズにコンタクトしている可能性はないでしょうか。こうしたコンタクトは、ところによっては普通で、Paraconformitiesとよばれてきたのですが」。このほか、本年(1969年)3月には、ドイツからK. J. MÜLLER が来日して、私に標本の提示を求めている。

これらの事実を、どのように受けとめたらよいのであろうか？。

私はその後間もなく、フズリナ石灰岩を鍵層として、その上下に分布するチャートのコノドントを研究し、私の見解が正しい、という確信を深めつつあるが、それと同時に、足尾山地全域にわたって、三疊系が広く分布しているのではないか？という疑いもまた大きくなったのである。

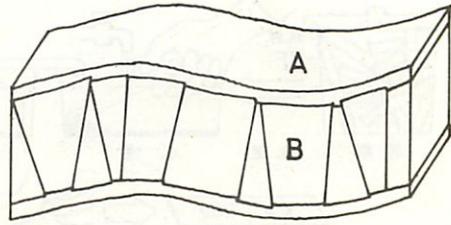
以上のべたことからわかるように、HF法による、日本の「上部古生層」のチャートから産するコノドントの研究は急を要するものである。と同時に、私自身のあゆみは、どうにもはかどらない現状を残念に思っている。HF法は、偶然の機会に成功したものであり、先きのべたように、そのプロセスなど、未解決のことがらも多いが、ここにそのありのままを紹介して、ご教示をお願いするしだいである。

II. 方法の記載

1. 試料

いわゆるリズムックチャート(バンデッドチャート、リズムマイト、千枚珪岩などもよばれる)ならばなんでもよい。表面が風化したもの、veinに沿って細かい割れ目の発達するもの、あるいは、転石や礫のような試料であってもコノドントが得られる。野外でコノドントの存否を確認する必要はない。

含コノドント岩としてのチャートの1枚を、模式的に示せば第1図のとうりである。A面は、堆積の休止期を示すと考えられ、薄くてやわらかい粘土層でおおわれている。一般に、大型のコノドントが多量に含まれているが、風化しやすいため、化石の保存状態は不良である。Bは、いわゆるチャートとよばれる部分で、コロイド状珪酸の沈澱したものと考えられ、きわめて硬く固結している。微小な割れ目が発達することが多く、割れ目に沿ってずれがみられ、ブロック化しているが、この割れ目は、ふつうA面まではとどかない。



第 1 図

この部分のコノドントは、A面にくらべて、一般に含有量が少なく、小型のものがおおい。しかし、保存状態はもっともよい。

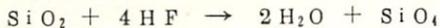
HF法では、試料は溶かし去ってしまうのではなく、このA B面の境界付近を、選択的に、わずかに腐蝕させ、粘土粒子間の結合をゆるめて洗い流す、という要領であるから、試料は細かく砕かず、A面の表面積を大きくとった方がよい。試料はなるべく大量に採集する方がよく、十分に大きな露頭であれば、なるべく広範囲から、少しずつ採集した方が失敗が少ない(もちろん、これは練習という意味においてである)。

2. 前処理

- a. 大きなブロックは、1枚ずつにはがす。
- b. 泥、地衣類、二酸化マンガン等は、たわしで洗い落しておく。
- c. 粘土層が厚い場合、また、この部分の風化が進んでいる場合には、けずり落しておく。
- d. 必要に応じて秤量しておく。

3. 処 理

フッ酸(HF)を用いてチャート(SiO₂)を腐蝕する。反応式は次のように示される。

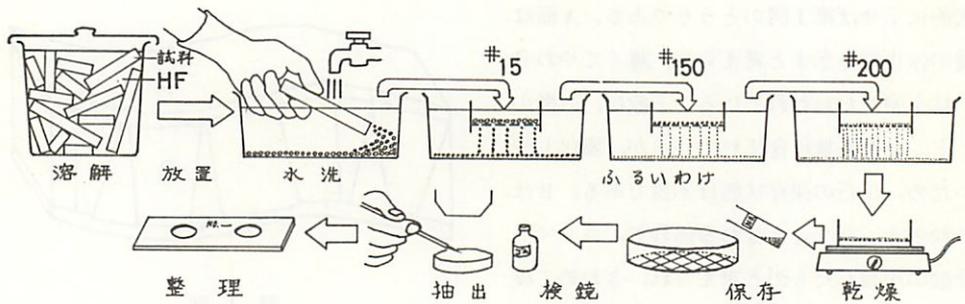


処理の際には換気のよい部屋が必要であり、作業にはゴム手袋を必ず使用する。

処理の全過程を第2図に示した。この操作は、必要に応じてくり返す。

a. 溶 解

ポリバケツ(8ℓのものを用いている)に試料を入れる。このとき、A面(第1図)どうしが密着しないようにすきまをつくっておく。これに、5~8%のフッ酸を加えてふたをする。私は、工業用フッ化水素酸(HF 56%, 35kg, 約6000円)を使用している。処方は、水約9容にこのフッ酸約1容を加えたものでよいが、フッ酸の濃度は、母岩と化石の保存状態、処理温度、処理時間等に



第 2 図

大きく左右されるから、あまり厳密を要しない（最初に成功した時は、1ℓのポリビーカーを用い、濃度は23%であったが、保存のよいコノドントが得られた）。試料とフッ酸の量比は、試料がひたるていどがよい。

b. 放置

低温に保ち（15°C以下がよい）、12~15時間放置する。温度は気温に左右されるから、夏季よりは冬季が、日中よりは夜間の方が失敗が少ない。時間と温度の調整は、生活のリズムにあわせておこなうとよい。夕刻ないし夜間に溶解を開始し、翌朝処理を終るようにする。

c. 水洗

チャートの表面は、フッ化されて白くなっているが、ブロックの形は、ほとんどもとのままである。ブロックは、ひとつひとつ取り出し、第2図に示したように表面を洗い流した後、表面を観察する。フッ化したチャートの表面には、浮き出したコノドントその他の微化石のレリーフがみられ、とくにコノドントは、黒色ないし暗色を呈することがおおいので、肉眼でこれを認めることができる。これをルーペまたは双眼顕微鏡で観察すると、コノドントの堆積状態を示す、興味ある標本が得られることがあり、*natural assemblage* とよばれるアゴ様器官の原型も発見される可能性も大きい。このようなブロックは、必要に応じて処理を打ち切って、ブロックごと乾燥、保管するとよい。また、表面にまったくコノドントがみられないブロックは、これをすててしまうことによって、作業の能率が向上する。

処理をさらにくり返す場合には、水洗と観察を終えたブロックの表面をたわしでこすり落とし、次の処理にかかるまで、水中に入れておく。

d. ふるいわけ

水洗によって得られた残渣中のコノドントはこわれやすいので、この操作は慎重に行なう。水中で、静かにふるいを上下させるが、もっとも多くのコノドントは、#150をくぐり、#200のふるいに残す。

e. 乾燥

電熱器の上に鉄板をのせたものを用いて、ふるいごと加熱、乾燥する。

f. 保管

管ビン等に残渣を保管し、ラベルにデータを記入しておく。

g. 検鏡

双眼実体顕微鏡を用いて、残渣の中からコノドントを探し出す。この作業は、コノドントの研究の中で、もっとも長時間を要する。検鏡用の容器には、市販の標本箱（丸型ガラスふた付）のガラスふたを用いている。あらかじめ、ガラスの下に黒い紙をはり合せておくが、この紙には、常用する顕微鏡の視野よりわずかに小さい方眼を、白インクで記入しておく。私は1cm²の方眼を用いている。この容器は、長時間の使用に耐えるよう、セルロイド板、ラッカー等で十分補強しておく。

この容器に残渣を少しずつばらまいて、鏡下で方眼をずらせながら、徹底的にコノドントを探す。

h. 抽出

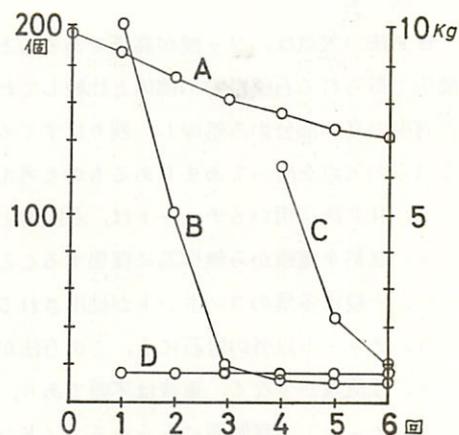
有孔虫用台紙にトラガカントゴムの水溶液を塗ったものを用意し、面相筆を用いて、残渣の中からコノドントをひろい出す。十分しっかりしたコノドントならば、筆先をぬらしたもので無雑作にひろい出すことができるが、HF法で分離したコノドントはこわれやすいので、下からすくい上げるようにとり出さなければならない。台紙に固定する場合も同様に、細部の検討が済むまでは、むしろトラガカントを用いない方がよい。

4. 処理の実例

9.84kgの試料をポリバケツ2つに分けて、6回連続処理した結果を第3図に示す。右側の縦軸は試料の重量である。左側の縦軸は抽出されたコノドントの数である。横軸は処理回数である。

曲線Aは、処理回数ごとに試料が溶解する割合である。ほぼ直線となっていることは、試料が一定の割合で溶解したことを示している。総溶解量は2.82kgであり、1回平均470g溶解したことを示している。処理の途中で、割れ目に沿って分離した小さなブロックは、次の処理に用いずにすててしまうので、実際の溶解量はもっと少ないと考えられる。

曲線Bは、この際に抽出されたコノドントの個数頻度曲線である。1回目の残渣からは200個、2回目は100個というように、処理を重ねるたびにコノドント数は激減し、水平線に近くなっていく。この場合のコノドントの総数は約350個であった。私がこれまでに扱ったチャートの大部分は、Bのような曲線を描くようである（ふつうは、回数ごとのブロックの計量や、コノドントの計数は行なわない）。この曲線は、チャートの



第3図

粘土層中にもっともコノドントが多く、1～2回目の処理で、この部分が溶け去ったこと、ならびに、珪質部からは、ほぼ一定の割合でコノドントが抽出されたことを示している。なお、A B両曲線は同一試料から得られたものである。

チャートが溶けつくすまで処理することも、場合によってはあるが、ふつうは、上記の例のように5～6回目で処理を打ち切って、残ったブロックはすててしまう（フッ酸が高価なため）。

粘土層が厚いうえ、風化が進んだ試料を用いた場合、コノドントの個数頻度曲線はCのようになる。この曲線は、1～3回目までの残渣にはまったくコノドントが含まれず、4回目に、はじめて腐蝕が珪質部に達したことを示している。

露頭不良のため、礫の試料で代用させた場合、コノドントの個数頻度曲線はDのようである。この曲線は、粘土層がすでに磨滅しているために、1回目から、ほぼ一定の割合でコノドントが抽出されることを示している。

なお、検鏡に用いた残渣量は図示していないが、1回の処理につき2～10gであった（#200のふるいに残った残渣の例である。ふつうは、#200以下および、それ以上の残渣は検鏡に用いない）。

III. 成果と問題点

1. 成果

H F法の欠点は、フッ酸が高価であること、取り扱いに危険が伴うこと、化石の保存状態が、酢酸法で得られる石灰岩中の個体と比較してわるいこと、母岩中のすべてのコノドントを抽出せず、含有率の高い部分のみ処理し、残りはすてることなどであるが、その成果は、次にのべるように、これらの欠点を補ってあまりあるものと考えられる。

- a. H F法に用いるチャートは、石灰岩とくらべて、はるかにポピュラーな岩石である。
- b. 試料を露頭から無作為に採集することができ、しかも成功率が高い。
- c. 一般に多量のコノドントが抽出される。
- d. チャート以外の岩石にも、この方法が十分応用できる。
- e. 残渣量が少なく、重液は不要であり、検鏡結果がすみやかにわかる。
- f. チャートの腐蝕面にみられるコノドントの産状は、別の観点から重要な研究対象となると考えられる。
- g. コノドント以外の微化石が多量に抽出できる。これらの微化石には未知の分野のものが多く、今後の微古生物学にとって、重要な研究対象となると思われる。これまでに得られた共存化石を、多いものから順にあげると次のようである。海綿の骨針、放散虫類、小型有孔虫類、珪藻類？、魚の歯、糞塊、腕足類、宇宙塵。

2. 問題点

a. テクニックに関する問題

H F法でコノドントが得られない場合として、次のような例がある。

コノドントは沢山含まれているが、母岩中ですでに溶け去り、空洞になっている。このチャートは、構造線に沿ったmarginal faciesの試料におおく、玉ずい質で透明度の十分高いチャートで、外部から沢山のコノドントが透けてみえるにもかかわらず、コノドントの構成物質はまったくなく(研磨してみると、コノドントの部分はまったくの空洞である)。このようなチャートは、十分高い透明度を利用して、そのまま同定可能であり、その産状なども、別の観点から研究する必要があると考える。

母岩が接触変質を受けている場合は、コノドントの構成物質は残っているにもかかわらず、フック化されやすく、抽出されない。しかしながら、変成度が低い場合には抽出可能である。

もっとも多くの場合、放散虫などの共存化石は、含有率が高いにもかかわらず、溶け去ってしまい、コノドントのみ抽出される。

またその逆に、コノドントが含まれているにもかかわらず、溶け去ってしまい、共存化石のみ、比較的保存良好な状態で抽出されることもある。

なお、#200以下の残渣は、やむを得ずすてているが、これらのなかには、現世のある種の軟泥とそっくりの外観を示すものがあり、この残渣の本体は、今後解明されなければならない問題である。

b. 生層序学上の問題

H F法がもたらしたもっとも重要な問題は、先にのべたように生層序学上の問題であり、その解明は急を要する。問題点は、次の2つの見解の対立にある。

第1の見解は、足尾山地の地質構造が、従来考えられていたものより複雑であり、鍋山石灰岩層の上位に重なる地層は中生層であるとするもので、W. C. SWEETの私信で代表されるように、中生代コノドントの研究者の大部分の考えである。矢部長克氏をはじめとする日本の研究者の諸氏も、同様な見解を指摘され、中沢圭二、野上裕生両氏は、現地を訪れて、上記の疑問を強くした、とのべられた。

第2の見解は、中生代コノドントの生層序学は、まだ不十分なものであって、三疊紀型のコノドントは、二疊紀中期にはすでに出現していた可能性が大きく、コノドントの進化速度は、従来考えられていたものよりは、ゆるやかなものではないか、という考えである。

前者は、日本の地質学界における通念の否定につながるものであり、後者は、これまでの中生代コノドント生層序学の成果を否定するものである。この問題は、事実のみが証明するはずである。私は、後者の見解を公表し、この見解に従って調査を進めてきた。

その後の調査結果によると、私自身が地質調査を行ってきた地域(足尾山地西部)において、最下位と考えられるチャートから、三疊紀型のコノドントを得たほか、葛生地域からは、中葉層(模式地。鍋山層より下位)のチャートからも同様な結果を得た。さらに、桐生川上流地域において

も、既知のフズリナ石灰岩層（屋敷山石灰岩とよばれ、鍋山石灰岩と共通のフズリナが含まれている）をはさむ上下のチャートから、同様な結果を得たのである。

この事実に対して、「フズリナ石灰岩の上下のチャートから、そのような結果を得たとしても、それだけでは証拠にならない」という見解が、K. J. MULLER，野上裕生氏らから示された（私が京都大学を訪れて、標本とプレート、地質図などを前にして討論した際のものである）。この見解を、このまま受け入れてよいものであろうか？ 葛生地域ですら、鍋山石灰岩層のみが二畳系で、その上下に分布するあど山層も中妻層も三畳系だとすれば、それらは、いったいどのような構造関係にあるのだろうか？ また、あど山層の上位にもフズリナ石灰岩のレンズが知られているが、これをどう解釈したらよいのだろうか？

解決を困難にしている最大の問題は、フズリナ石灰岩自体からは、なかなかコノドントが得られないことである。私自身、石灰岩から出発したのであるが、ほとんどの場合、コノドントの抽出に失敗している。フズリナやサンゴを含む石灰岩は、浅海性の堆積物であり、コノドントをほとんど含まないうえに、残渣量がきわめて多く、これを重液で処理する際に、残渣の全部が浮くか、あるいは全部が沈んでしまうか、のいずれかなのである。二畳紀コノドントの詳細が、いまだにミッシングリンクとして残されているのも（徐々に報告されてはいるが、まだ論文も少なく、記載されるコノドントフォーナも貧弱なものである）、酢酸法とフズリナ石灰岩との関係が、上記のような困難な問題を含んでいるからである（最近、フズリナ石灰岩と一連の石灰岩から、酢酸法を用いて、中生代型のコノドントを得たが、この部分のみは三畳系である可能性が強くなった）。

これらの重要な問題に対して、私自身、まだ概査の段階にある。そればかりでなく、フォーナとしての特徴を確実なものにするためには、1露頭について、かなり長期間にわたって検討しなければならないうえに、問題の規模も性質も大きくそして複雑になり、私個人の力では解決困難になっているのが現状である。

IV. 応用面

H F法を用いて解決できるテーマとして、いま私が考えている具体的な問題は、次の2つである。

1. チャートは、本邦の上部古生界に多いマンガン鉱床の母岩となっている。周知のように、マンガン鉱床は、成因上の問題が未解決であり、この問題の解明、ならびにマンガン鉱床の探査方針の確立にとって、この方法は有用なものとなろう。

2. チャートという岩石自体、成因上の大問題があるので、H F法は、その解明にとっても、重要な手段となると思われる。

V. おわりに

H F法は、そのプロセスはよくわからないが、とにかくコノドントがとれるのだから、ということで満足している現状である。各位からの御叱声をお願いしたい。また、上にのべた生層序学上の問題点について、どのように解決すべきか、どのようなフィールドを選んだらよいか、あわせてご教示いただければ幸である。

桑野幸夫氏には、原稿の御稿閲をいただいた。紙面を借りて厚くお礼申し上げたい。

文 献

林 信悟 (1968) 栃木県葛生町のあど山層から産出したコノドントについて。

地球科学, 22-2, 63-77.

Mosher L. C. (1968a) Triassic conodonts from western North America and Europe and their correlation. *Jour. Pal.*, Vol. 42, No. 4, 895-946.

(1968b) Evolution of Triassic Platform conodonts. *Ibid.*, 947-954.