芦　生　の　地　質[1)]

井　本　伸　廣（京都教育大）

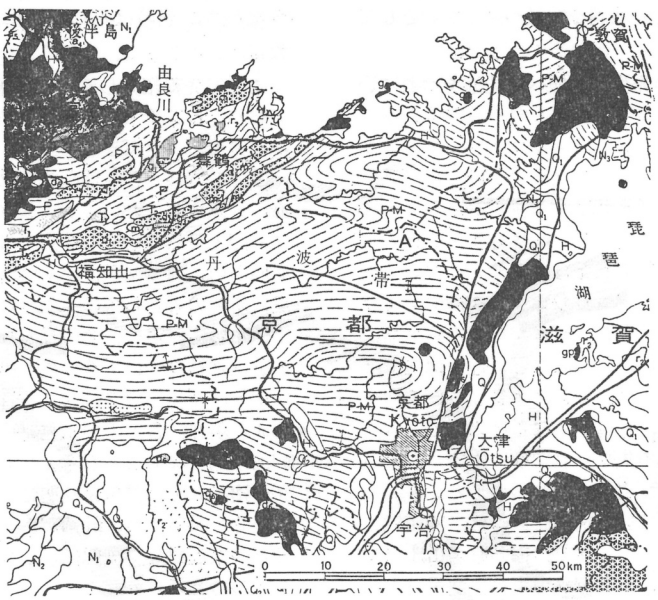
ただいまご紹介いただきました京都教育大の井本です。今日，芦生の地質についてお話するわけですが，私共，1963年から，丹波地帯研究グループという研究組織をもちまして，調査を続けてまいりました。その調査地域は，現在では丹波地帯の広い範囲に及んでいますが，私達が最初に調査いたしました地域が芦生でした。1963年，今から20年以上も前の事になりますが，まず若いうちに山の深い所から調査をはじめようというのが，芦生に最初に入りましたきっかけでした。特に地質学的に意味があったわけではありません。

ところが，芦生の地質といいますのは，ある意味ではたいへん単調なわけです。従いまして，なかなか論文ができない。つまり何か特徴をつかまないと論文が書けない，という皆さん方もご経験がおありと思いますが，芦生の場合にも残念ながらその当時は，なかなか，芦生地域の地質的な特徴というものを把握できなかった。そのために，芦生付近を２年かけて調査しましたが，それは全く論文になっていません。ただルートマップが残っているといった状況です。

ところが，1960年代の終りごろから，いわゆるプレートテクトニクスという考え方が，だんだんと影響力をもつようになってきました。また70年代に入ると顕微鏡の助けをかりないと，属や種を決定できない，形態を把握できないような小さな化石（微化石）が，丹波地帯の地質の検討にとって大きな影響力をもつようになってまいりました。ことに70年代の終りから現在まで，その余波は続いていますが，コノドントや放散虫といった微化石が，丹波の特徴の少ない地層に，私達の目を開かせるきっかけを与えてくれたわけです。そういうことで，現在，私達のグループの中でも，もう一度芦生を見直そうじゃないかという様な意見もでておりまして，私達も今日のセミナーに参加させていただいた事を，たいへんありがたいと思っている次第です。

では具体的に話を進めてみたいと思います。

第１図は地質調査所が編集した，百万分の一の日本地質図から一部を抜きだしたものです。ここでＰ－Ｍと表



第１図　丹波帯中・古生界の分布図（地質調査所 1：1,000,000地質図に加筆）

1）関西自然保護機構業績第33号

示されている部分は，従来いわゆる秩父古生層と呼ばれてきた地層が分布している地帯です。私達は，琵琶湖の西側の，逆三角形をしております秩父古生層の分布する地域を，丹波帯あるいは丹波地帯と呼びならわしてきております。図中のAの表示は芦生演習林のおおよその位置を示しています。百万分の一程度の地質図では，褶曲の軸は書いてありますが，岩石の種類の違いというものは，全く表わしてありません。では全く一種類の地層，あるいは岩石でできているかというと，そうではありませんで，何種類かの性質の異なった地層が丹波帯を構成しているわけです。従来，秩父古生層と呼ばれできていることから申しますと，こういう地層は，古生代という時代に，海の底にたまった4種類ないし5種類の地層が，その後，褶曲運動で波うちながら隆起して，丹波の山々を作ったものと解釈されてきたわけです。丹波帯に分布する地層のうちで，面積的に最も広く，あるいは量的に多く含まれていますのが，泥岩とか頁岩，あるいは薄くはがれやすくなった粘板岩であります。こうした泥質岩は，陸上に露出していた色々な岩石が侵食され，海に運ばれて海底に堆積したものです。一部に砂岩もありますが，これももとはといえば，陸上の岩石がけずられてできたものです。そういう意味で，頁岩とか砂岩といった岩石は堆積した場所の近くに陸があって，そこから由来したものであるということは疑いのないことです。

これに対して，丹波帯の地層を特徴づけるものとしてチャートがあります。

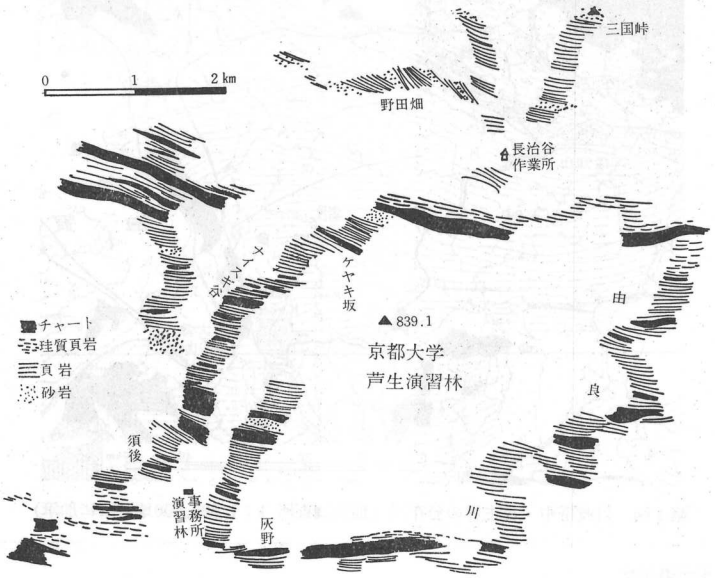
京都の中学校や高校の先生が河原へ生徒達をつれていった時に，生徒から岩石の名前を聞かれたら，チャートと答えておけば，まあ間違いない，という笑い話があるほど，とくに由良川や大堰川沿いには沢山のチャートの礫が転がっていますし，また地層としても露出しています。このチャートは，海の中に起源をもち海の底に堆積した岩石とご理解ください。と申しますのは，チャートは，先ほどふれました微化石，とくに放散虫という原生動物プランクトンが，海の底に降り積って作りあげた岩石なのです。

それからもうひとつ丹波を特徴づける岩石があります。それは海底での火山活動で玄武岩質の溶岩や火山灰が噴出して固まったものです。

そのほか，ごくわずかですが，礫岩とか石灰岩もありますが，大まかに申しますと，いま申しました4種の岩石が丹波帯を作っているといえます。

ところで私達は，1963・64年の夏に，由良川原流の芦生演習林長治谷作業所から，須後の集落までの踏査をおこないました。第2図がその時のルートマップから，演習林に関係のある部分を抜きだしてみたものです。チャート，2種類の頁岩，それに砂岩がほぼ東西方向にのびた分布を示しています。またこれらの地層は70度から80度位に大きく傾斜しています。つまり，東西方向に褶曲軸があって，それらによっておそらく同じ地層が何回も繰り返しているのだろう，と解釈していたわけです。残念ながら，当時はそれ以上には検討は進みませんでした。

ここで先程紹介しました地層の特徴を，もうすこし詳

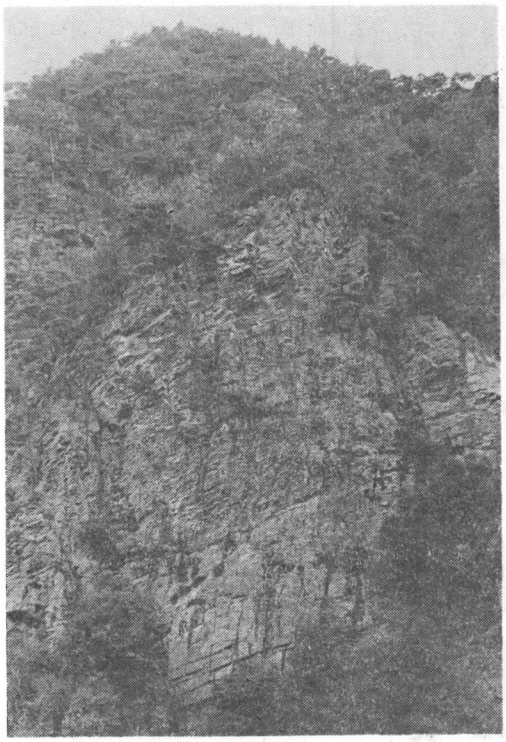


しくお話しておきましょう。

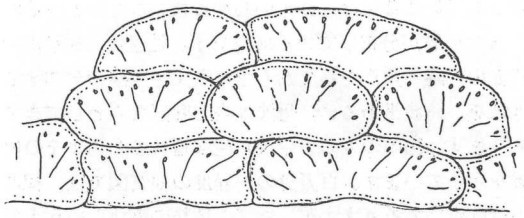
芦生地域ではこれまでみつかってはいませんが，まず海底で噴出した玄武岩の溶岩や火山灰からはじめます。

この岩石の溶岩は第３図のような構造をもっていることがあります。これを枕状構造と呼んでいますが，この構造は溶岩が水中で噴出したという証拠になります。玄武岩の溶岩の温度は1000℃ぐらいですが，それが水に触れますと急冷されますから，表面に薄いガラス質の皮ができます。ところが内部はまだ赤く溶けていますから，後から後から溶岩が押しだしてきますと，内部の溶けた溶岩が薄い皮を破って飛びだす。ちょうどシュークリームの中のクリームを想像してください。つぎつぎと地下から溶岩が押し上げてきますから，じゅず玉の様に先へ先へと枕状構造を作りながら溶岩が動いてゆくことになります。時にはちぎれて海底を転がることもある。こうしてできるのが枕状溶岩です。枕状溶岩や火山灰層は変質して緑色を呈するところから緑色岩類と呼ばれることがあります。

つぎにチャートにうつります。かって龍安寺の石庭の地質調査（?）をいたしましたが，チャートが８個ばかり使われています。



第４図　層状チャートの崖（京都府船井郡八木町）



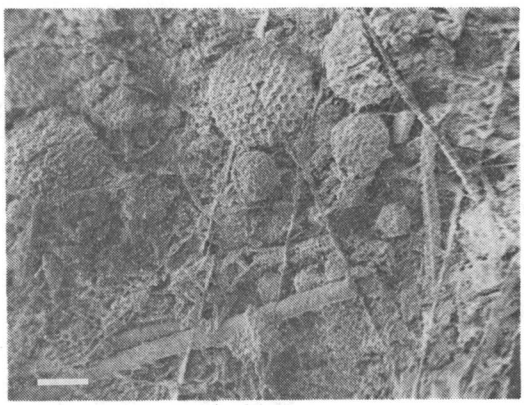
第３図　枕状溶岩の断面図。長径は30～50cmのものが多い。

チャートは90%ぐらいが SiO_2，つまりシリカ(石英)でできていますので，たいへん固くて緻密な岩石です。火打石に使われたこともあります。風化しましても，泥岩や頁岩のように，粘土化することはなく，岩くずの集まりになります。また固いために崖を作って露出します（第４図）。側に寄ってみますと，本を積み重ねたような規則正しい地層の縞模様がみられます。厚さ３cmから６cmぐらいの部分が，狭義のチャートです。チャートとチャートの間には，厚さ１mmから数mmぐらいの薄い泥の層が挟まれています。つまり，チャートと泥，チャートと泥というように，規則的な積あげをしていることが，この岩石の特徴で，全体として層状チャートと呼んでいます。

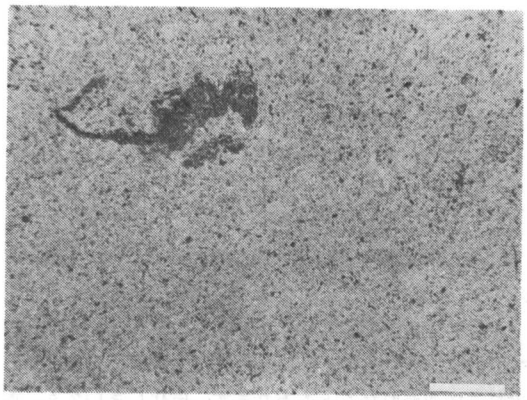
この岩石の表面を弗化水素で腐蝕し，電子顕微鏡で観察しますと，第５図のように，放散虫がギッシリつまっているということがわかります。またわずかながら，海綿の骨片も含まれています。

チャートがこのように，小さなプランクトンの遺骸が集まってできた岩石だということが，近年はっきりしてまいりました。

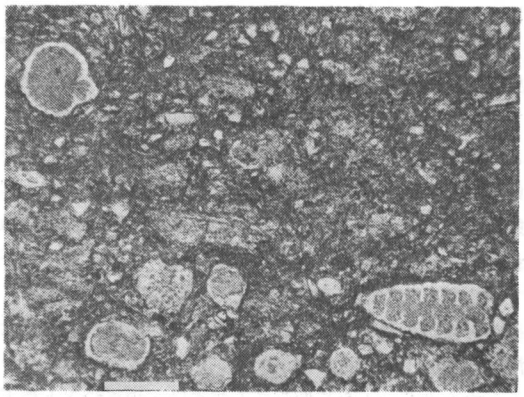
つぎに，チャートに密接に伴っている特徴的な岩石に



第５図　放散虫チャートの電子顕微鏡写真スケールは 0.1 mm



第6図　砥石型珪質頁岩の顕微鏡写真。
暗色の部分はコノドント化石。



第7図　含放散珪虫質頁岩の顕微鏡写真。
スケールは 0.1 mm

2種類の頁岩があります。丹波には，古くから鳴滝砥石と呼ばれている良質の仕上げ砥石が産出しています。これが第1の頁岩です。新鮮なものは灰色ですが，風化すると黄色味を帯びてきます。顕微鏡でみますと，きめが細かく均質で，放散虫を含んでいないということがわかります（第6図）。おそらく陸から遠くはなれた海洋底に，ゆっくりと堆積したものでしょう。砥石型珪質頁岩と呼んでおきます。

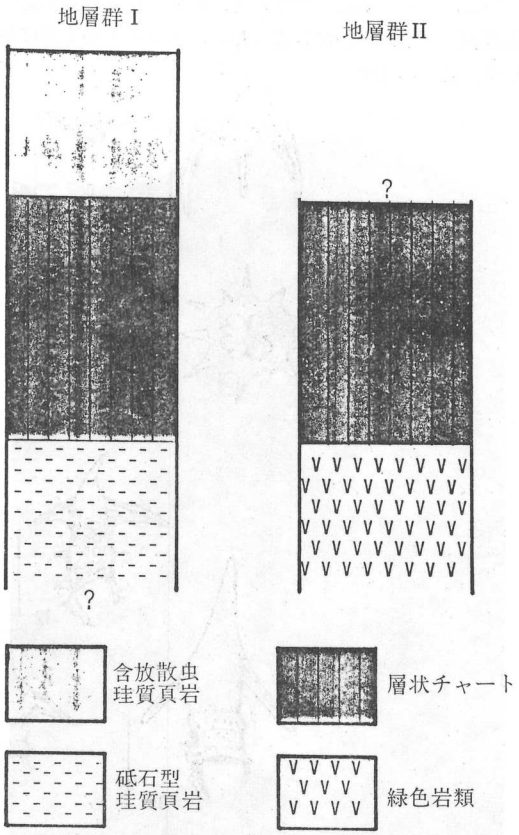
チャートによく伴ってくる第2の頁岩は見かけは砥石型珪質頁岩によく似ていますが，顕微鏡下ではだいぶ様子が違います（第7図）。この岩石は砥石型石質頁岩にくらべ，構成粒子も粗く，やや不均質で，放散虫化石をたくさん含んできます。これを含放散虫珪質頁岩と呼んでおきます。

ここで，チャートと2種類の珪質頁岩，それに最初にふれた枕状溶岩の関係を整理してみます（第8図）。するとチャートの産出に2つのタイプのあることがわかってきました。つまり，チャートは堆積した時に，下位に砥石型珪質頁岩をふみ敷きながら，上位にプランクトンの遺骸が積み重なっている。チャート層の厚さは，だいたい50m位です。さらにその上位に放散虫を少し含みながら，同時にちょっと粗めの石英や長石の粒子を含んでいるような含放散虫珪質頁岩が重なっている。こういう組合せが，丹波のチャートの産状のひとつです。

もうひとつは，緑色岩類の上位に，チャートが直接に堆積しています。

ところで芦生地域のチャートの場合は，前の組合せ（第8図の左側の柱状図）しかみつかっていません。それは何を意味しているのでしょうか。そこで，こんどは放散虫化石のもつ示準化石（地質年代を示唆する化石）としての側面をみてみましょう。

1980年代になりまして，第9図の12～17のような奇妙な形をした放散虫化石が，丹波のチャートの中から次々とみつかってきました。そして，これらの放散虫は古生



第8図　チャートと2種類の珪質頁岩および
緑色岩類との積成関係

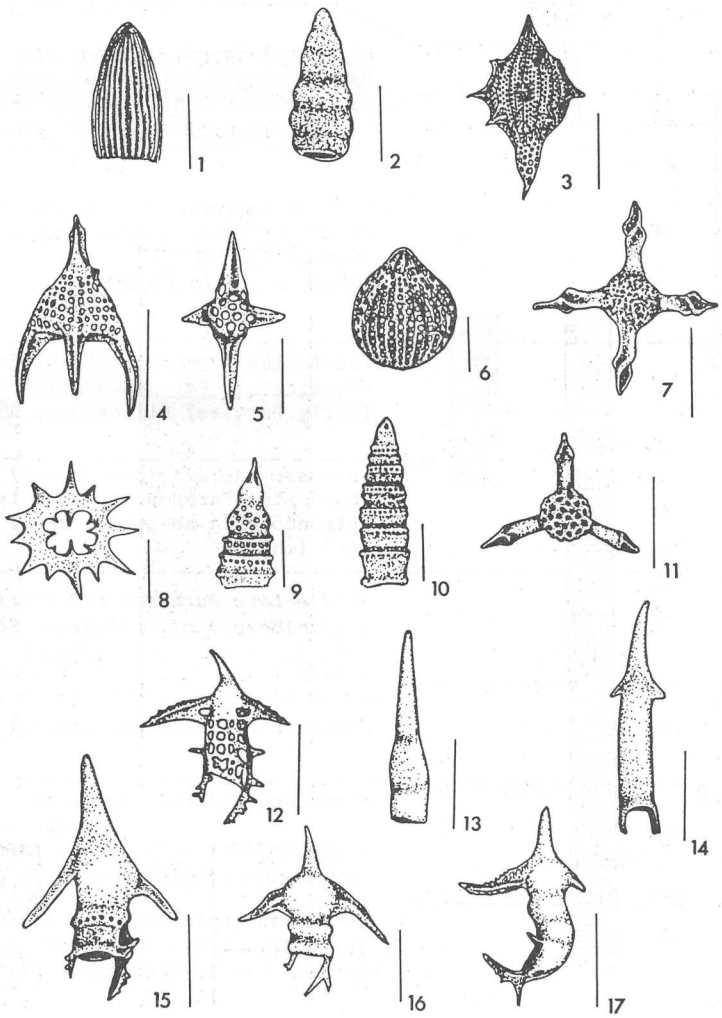
代のペルム紀（二畳紀）の示準化石として役立つということが他の化石との比較研究からわかってきました。また，これらは前述の２つのタイプのチャートのうち，枕状溶岩の上に重なっているチャートからしかみつかってこない。つまりそのチャートは，古生代の終り頃のペルム紀という時代（いまから約2.5億年前）に枕状溶岩の噴出が起り，その後，チャートが堆積したものであることが判明しました。

ところが，下に砥石型珪質頁岩をふみ敷いているチャートからは，古生代型の放散虫は全くでてきていません。そのかわり，第９図６～11や１のような化石が多産します。それらは中生代三畳紀・ジュラ紀を示すものです。また含放散虫珪質頁岩からは第９図２～６のような，ジュラ紀中～後期の化石がみつかってきています。

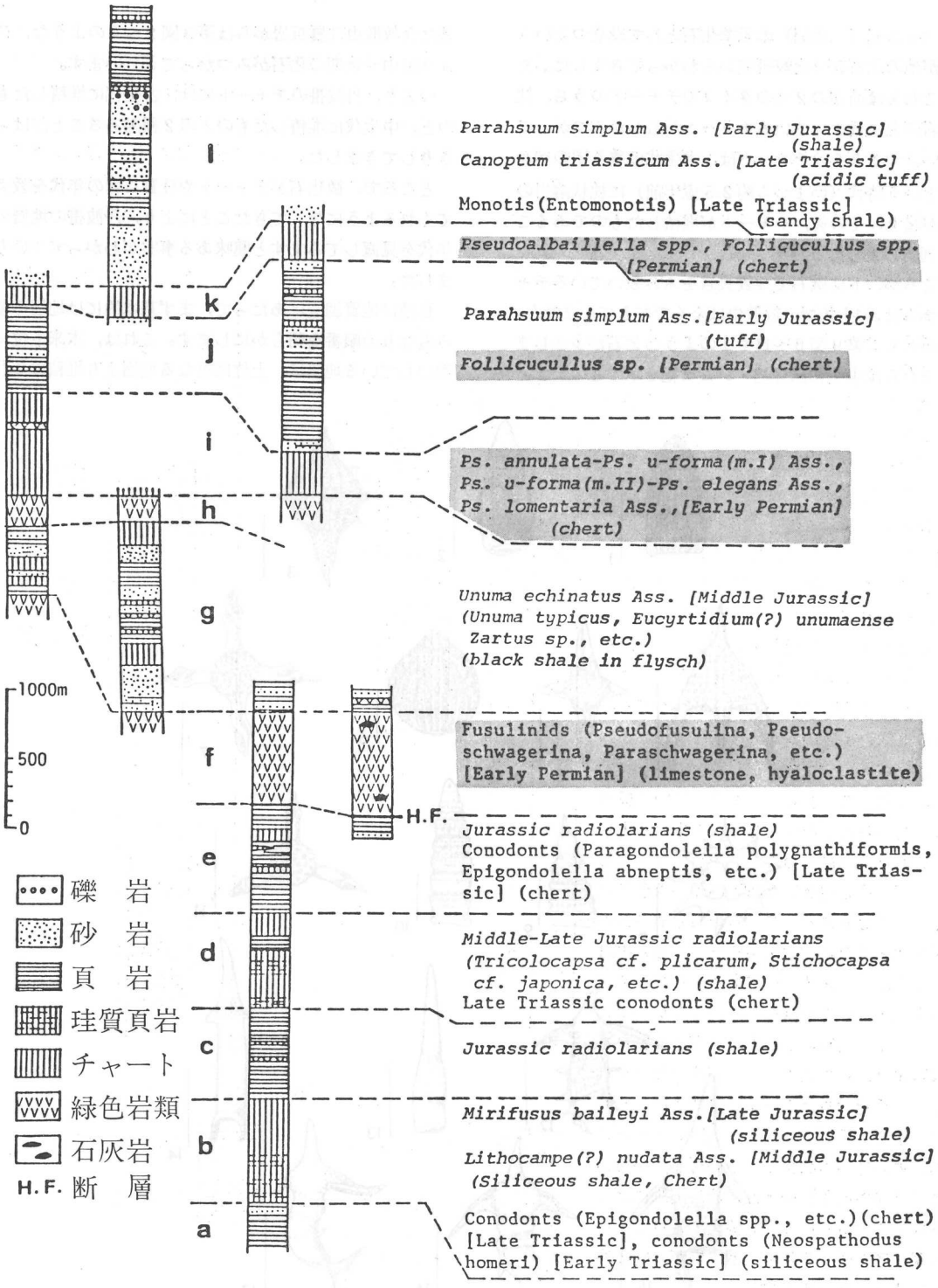
つまり，丹波帯のチャートには，古生代に堆積したものと，中生代に堆積したものとの２種類あることがはっきりしてきました。

ところで，微化石がチャートや珪質頁岩の年代を教えてくれるようになってきたことにより，丹波帯の地層の年代を見直してみますと興味ある事実がわかってまいりました。

私達は地質調査にあたって，まず基本的には地層の積み重なりの順番を明らかにします。これは，本来下位に堆積している地層は，上位に重なる地層より堆積の年代



第９図　ペルム紀・三畳紀及びジュラ紀の放散虫化石（井本・田辺，1984より）１～６：ジュラ紀，７～11：三畳紀，12～17：ペルム紀　スケール：１，３～６，９，10は0.1mm；２，７，８，11～17は0.2mm

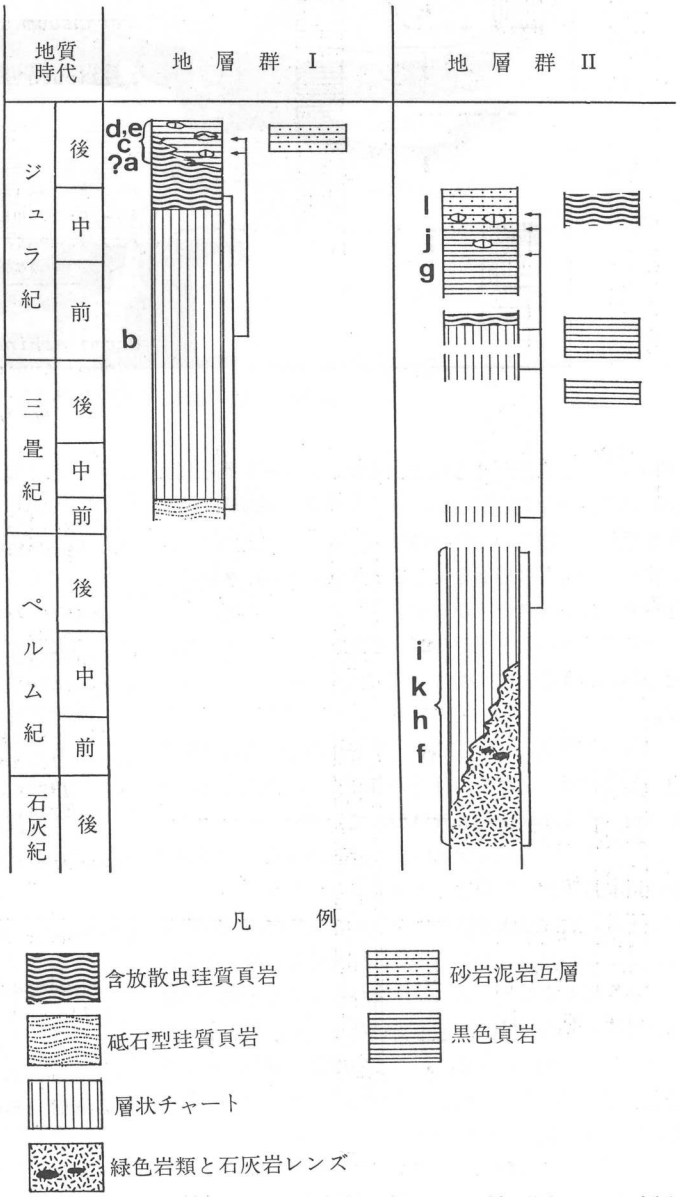


第10図　丹波層群の地質柱状図と産出化石。アミのかかっているものがペルム紀を示す化石
（丹波地帯研究グループ，1975に加筆）

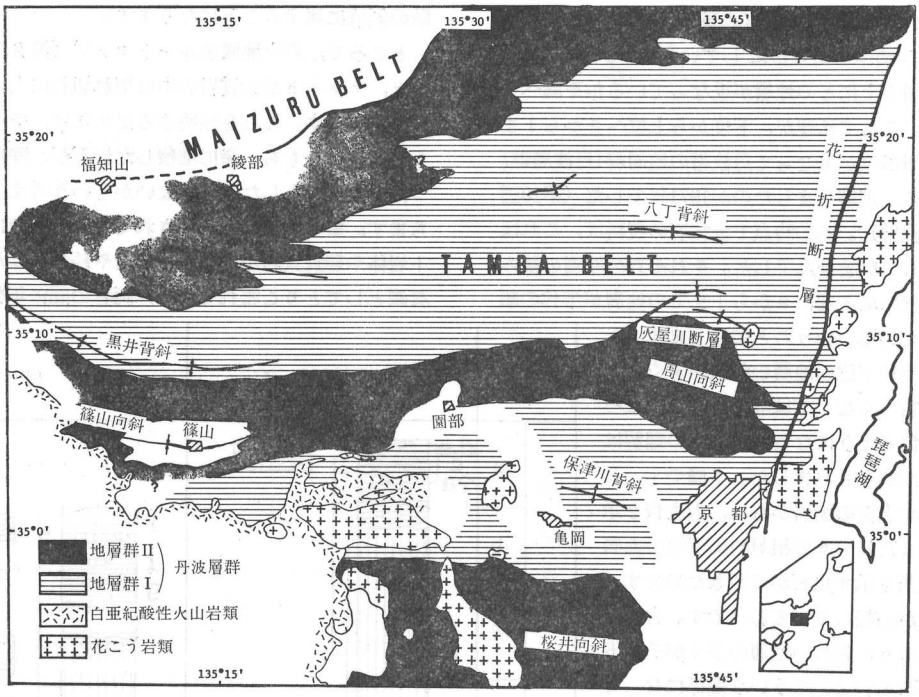
が古い，といういわば“公理”(地層累重の法則)によって地層の形成の順序を明らかにしていきます。山を歩いて，どの地層の上にどの地層が重なっているかを調べていくのです。そして私達が，下位から上位へaからlまでの12の地層単位が重なって丹波帯の地層群(丹波層群)を作っていると理解しましたのが1971年でした（第10図の左側の柱状図）。その時点では化石の資料は，これほどはっきりしていませんでした。それぞれの地層の積み重なりの公理に従えば，aからlまでの地層が年代の順番に重なっているということになります。としますと，当然下位の地層の年代が古く，上位の年代が新しくなくてはならない。ところが微化石が出るようになると，私達の理解はみごとにくつがえされました。f層やi，k層など比較的上位の地層からは，古生代を示す化石が，またb～eの相対的に下位の地層からは中生代を示す化石がでてきたのです。地層の年代が逆転しているわけです。古い地層が上位にあり，新しい地層の多くがその下にふみ敷かれている。そういう関係になっているわけです。“公理”がおかしいのか，私達の理解が不十分だったのかということになりますが，公理はやはり正しいわけです。つまりe層とf層の境に大規模な断層があって，古い地層のグループが，若いグループの上にのし上って，おおいかぶさっている構造になっていることがはっきりしてまいりました。これまでは丹波層群と一括して呼んでおりますが，その内部に2組の地層の組合せがあることになります。これら2組の地層群の岩相変化と地質時代の関係をまとめると第11図のようになります。地層群Ⅱとした緑色岩類の上にチャートが重なっている方が古生代のチャート，地層群Ⅰの方は砥石型珪質頁岩にはじまり，中生代チャートが重なり，それらをジュラ紀の終りごろまでの地層群がおおっています。そして，これら2組の地層群のうち，古い地層の組合せ（地層群Ⅱ）が若い組合せ（地層群Ⅰ）の上位に断層運動によって重なっているわけです。例えてみれば，一軒の家で老夫婦が2階に，若夫婦が1階に住んでいるようなものです。

丹波帯での2組の地層群の分布を第12図に示します。これによりますと，芦生地域は1階の領域に属することになります。

ところで，芦生地域のルートマップ（第2図）をみますと，チャートが泥質岩の中に切れ切れに入っているようにみえます。これを説明するためには，チャートという海に起源をもち，海に堆積した岩石が，陸に起源をもつ泥の中に混入したのではないかという考え方もなりたちます。事実，詳しく研究されている地域では，チャート岩体や珪質頁岩が通常の泥質岩や砂岩のなかに，巨大な礫としてとりこまれており，両者の間に年代のギャッ



第11図　丹波帯の2組の地層群の岩質変化と地質時代の関係（井本，1984を改訂）



第12図　2組の地層群の分布図（井本，1984を改訂）

プのあることも確かめられています。チャートやそれに伴われる特異な頁岩が何かのきっかけで，後の時代に礫状を呈して，陸源の泥や砂のなかに混入したというわけです。このような地層をオリストストローム，礫状の岩体をオリストリスと呼びます。

そこでチャートと泥や砂が，どうしていっしょになったのかということについて，ひとつの解釈をしてみます。

現在の放散虫は，太平洋やインド洋の赤道海域に多く生息しており，またその付近の海底では，放散虫軟泥とよばれる特異な堆積物もみつかっています。

いっぽう，古地磁気学という，過去の地磁気の“化石”を検討する研究のたすけを借りますと，どうもチャートがもともと放散虫軟泥のような形で堆積した海域の緯度は，0度とか10度とかといった低緯度地帯であったらしい。そうだとすると，現在の丹波からはずっと南にはなれた当時の赤道海域にたまっていたものが，海底の“プレート”の動きに乗って，かつての丹波の海あたりまで北上してきて，そこに堆積していた泥や砂と混ざり合ったのではないか，というわけです。

遠く陸から離れた所で形成された緑色岩と古生代チャートの組合せや“砥石”・中生代チャート・含放散虫珪質頁岩の組合せが，プレートの運きでだんだん陸に近づいてくる。そして陸に接したところで，複雑な断層運動やプレートの沈み込みなどに関係して，砂や泥の中にまぎれ込んできた。そういう経過をたどったのが，丹波の大まかな地史なのではないかと考えているわけです。そして最終的には，あとからやってきた若い年代の組合せのものが，古い地層の組合せの下位に付加された，換言すれば，古いものが新しい地層群の上に相対的にのし上って丹波帯の地層群を形成したのではないか，と推察しているところです。

私達が約20年前に，最初にふみ込みました芦生の地質に，今，ようやく新しい解釈がもりこまれようとしているわけです。

芦生でのダム建設問題に関連して，例えば断層や地層の強度・風化といったことも，今後いろいろと問題になってくると思いますが，私達も，今日お話したような地層の特徴をふまえて見守っていく，あるいは調査等についても協力をすすめてゆきたいと考えています。