報　文

551.7

地層の系列化の一方法とその基礎的考察

伊　田　一　善*

Preliminary Operation for the Consecutive and Mathematical Analyses of Stratigraphic Succession

By

Kazuyoshi Ida

Abstract

It is exceedingly difficult to divide strictly the sedimentary rocks having transferable rock-facies, into many formations, though it may be useful for preliminary or "conceptional" survey. Especially for the practical purpose, the analysis of distribution and characteristics of a single bed may be in preference to its formational detachment.

When the boundary of two formations is transitional, the border lines on a map are apt to be artificial. And as most formations are not regularly piled, they have complex relation. But every stratigraphic work is based on these formations. Therefore, a new dividing method is to be established.

It is the character of the sedimentary rocks in Japan that there are many pyroclastic layers in marine or non-marine sediments of every sedimentary basin, and even in independent state without other non-pyroclastic sediments.

Every pyroclastic beds has many characteristics in size of grain, colour, minerals and mode of lamination etc.

For some basins in this country, during nineteen-thirties, Cenozoic rocks were tried to divided, based on a few pyroclastic beds, but since nineteen-forties, the method of subdivision has been advanced for geological detail survey, treating numerous tuffs as key beds.

In this paper, the writer tried to operate and to investigate its fundamental theory.

A part of the stratified rocks can be recognized as two beds and their intermediate part. In the case of two pyroclastic beds (Pa and Pb) the non-pyroclastic intermediate part between them is to be called "Arbet $\dfrac{Pa}{Pb}$".

$$\text{a single unit of stratified rocks}\begin{cases}\text{a pyroclastic bed} = \text{Key bed}: & Pa\\ \text{intermediate part} = \text{Arbet}: & \dfrac{Pa}{Pb}\\ \text{a pyroclastic bed} = \text{Key bed}: & Pb\end{cases}$$

The combined units may constitute an "Arbet series", that is an ordered set of Arbets:

$$(A, \dashv) = \left(\frac{P_1}{P_2}, \frac{P_2}{P_3}, \frac{P_3}{P_4}, \frac{P_4}{P_5}, \cdots\cdots\cdots\frac{P_{n-1}}{P_n}\right)$$

The geological time range of this Arbet series corresponds to the interval

* 燃料部

between the time $T(b)$, when the first bed Pb was deposited on some place, and the time $T(a)$, when the last bed Pa settled on it.

$$T = T(b) - T(a)$$

The thickness of the Arbet $\frac{Pa}{Pb}$ is shown as $d\left(\frac{Pa}{Pb}\right)$.

Stratigraphic horizon for the inner part of an Arbet is to be settled by every two of the following parameter; distance from Pa and Pb or thickness $d\left(\frac{Pa}{Pb}\right)$.

Combined Arbets series for two districts may construct an another series.

$$(A_1, \ni) \cup (A_2, \ni)$$

The new term "Arbetography" is proposed for these analysing method of sedimentary rocks.

For the past 10 years, the writer has tried these method for the stratigraphic works in oil and gas fields in this country, and believe that it was a very profitable and suitable method for this object.

* Arbet: All rock facies between two tuffs proposed by Dr. Kinji Kanehara (Ref.—Lecture of Sub-committee, Japanese Association of Petroleum Technologists, 1955)

序 言

1つの地域について明らかにされた地層の分布と層序の系列とが，場合により，また調査者によつて異なつた結果を生ずることはきわめてしばしばある。また地層の命名の規約はあつても，制限が無いため，地層名は，無制限に増大する。こゝに，ある方式のもとに，ある層序を認識した場合，個人差を越えた何人も肯定しうるような手段がみいだされねばならないと考え，過去10年間，この点について努力を重ねてきた結果をこゝにまとめ，大方の叱正を求める次第である。

本稿を綴るにあたつて，金原均二・井島信五郎両技官に多くの助言を戴いたことを深く感謝する。

1. 単層層序論と累層層序論

堆積岩を取り扱う層序学は，その対象によつて大別すると，累層の認識に基礎を置く層序学と，単層の認識に基礎を置く層序学とになる。前者は近年まで層序学全般を代表するものとみなされてきたものであつて，こゝではこれを仮に「累層層序論」と呼ぶことにする。また，後者は層序区分が次第に精密になつてきた必然的所産として生じたものであつて，こゝではこれを「単層層序論」と呼ぶ。

いまこゝに精密になることの結果として生じたと述べたが，その立脚する根拠は後に述べる通り，きわめて異なつたものである。

単層層序論の理論的体系は，こんにちまでまだ形成されてはこなかつたが，主として実用的部門においてはすでに既成のものとされ，おびたゞしい業蹟が残されている。例えば石炭（亜炭を含む）・石油・天然ガス・ヨード・礬土頁岩等を扱う分野においてであつて，炭層を例にとれば，一つの炭層がいかなる累層に属するかは極端な場合には無視されるか，従属的問題とみられ，小地方的層名を付されている場合もあり，たゞ単にこの目的とする炭層という単層の拡がりと性格，上位あるいは下位の他の地層との相互関係のみが，主として追究されてきた。その結果，累層層序論的立場で認識される層序関係のみでは論ずることのできないある層序的相互関係が，地域ごとに組み立てられた。

また，一方天然ガスを対象とする分野においては，火砕岩薄層という単層を，同様に広地域にわたつて追跡することから出発して，これらが一つの“層序学的座標”[1] を構成するとみなしてよいことが明らかになつた。これらの多くの火砕岩の薄層を綿密に追跡し，その空間的拡がりと性格形状とを追究してゆくと，この間に賦存する非火砕質単層もまたこの“座標”中において，ある種の関係をもつていることが認識され始めた。調査の方法の細部は，金原均二[2] が紹介している通りである。

例 1

累層区分が試みられないで層序が細部にわたつて検討されている手近な例は，東京の地下地質にみられ，地表下 200 m 以深に対して今日まで江東砂層を除いて累層名が提案されたことを聞かない。すなわち累層名を今日まで必要としなかつたのである。それでも精細な層序を論ずるうえに支障が無かつたばかりでなく，詳しく検討されゝばされるほど，累層区分は難しくなるであろうことが予想される。

単層の定義は湊正雄[3] によれば，“単層とは上下の相隣れる二つの地層面(層面)で境された地層の部分である。”となつている。しかしながら各地の凝灰岩の“単層”の細部を観察すると次のような現象にしばしば遭遇する。すなわち下位の地層，例えば泥岩と凝灰岩とは明瞭な境があつて，湊のいう地層面が認識できる。また凝灰岩層内には普通明瞭な平行の“層理”がみられ，“地層面”を掘り出すことができる。ところが凝灰岩の上限はきわめて不明瞭で，場合によつては凝灰質の部分から泥質の部分に漸移することさえあり，一つの面を形成していないので“地層面”は剔出できない。あえて剔出を試みてもそれは不整形をなし，ときには断絶する。

さて筆者のいう単層とはこのような現象を認めたうえで湊の定義に従うもので，この場合は凝灰岩層自体を指している。

2. 間　層

累層に主体を置いた層序学的立場において，地層のさらに小区分としての部層(member)，単層(stratum)は概念としては存在するが，それらはいずれも累層の一部分にすぎない。これに対して，単層層序論においても，また層序学である以上従来の累層や部層は認めるが，それらは個人的，主観的認識上の差異を許容した単層の集合体であるため，単なる一般的呼称として扱うものである。単層層序論的立場に立つて，層序を解析してゆくうえにはあくまでも単層に主体を置くとはいえ，すべての単層の分布，形状，性格を解いてゆくことは実際の作業上困難である。したがつて幾多の単層の内から若干の認識しやすい単層を選んで，解析作業を進めることになる。選ばれた単層のうち，任意の2単層に挾まれた部分の単層の集まりを間層と呼ぶこととする。

したがつてある空間を占める地層は，若干の特定の単層と，そのおのおのに挾まれた間層の集まりとして認識される。間層は単層に伴なう従属的性格を有するものであり，これを規定する単層の分布が有限であるため，間層もまた有限であるばかりでなく，基準となる2単層のいずれか1単層の消滅とともに原則としては註1) 消滅する。単層の質的性格は，単純な定義を与えうるが，間層の内容は必ずしも単純とは限らない。

単層が火砕岩層であるとき，一つの火砕岩から次の火砕岩にわたる間の部分を岩相のいかんにかゝわらず Arbet註2)，項，intrapyrozone 等と呼ぶことが提案されている*[4)5)6)25)]。

また地層をArbet の集合として観察し，各 Arbet の地質学的性格を究明する層序学の一部

註1)　厳密に適用すると地表ではほとんどすべて Arbet が存在しないという矛盾を生ずる。
註2)　金原均二* Arbet とは2つの凝灰岩に挾まれた部分のすべての岩相の地層をさす[6)]。
*　金原均二，石油技術協会部会講演(1955)より

門を **Arbetography** と呼んでいる[7]。

しかしながら Arbetography では基礎を火砕岩層に置くことで，単層層序論に包含されるべき性格のものである。たゞあえて Arbetography という部門を残す理由は，一般の堆積岩中における火砕質堆積岩の特殊性が層序を解明して行くうえに利用価値が大であるためである。

火砕岩層，ことにその薄層は非火砕岩質単層に比較して一般に葉層理，色彩，構成鉱物成分等に特色があり，層厚が地域的に安定である場合が多く，認識しやすいために基準とするのに適当である。

そこであくまでも火砕岩層という，特殊な単層を基準にする場合に限つて Arbet, 項，intrapyrozone 等を認識しうるものであつて，この3者はいずれも同義である。intrapyrozone は用語として適当でないという意見が強いため，今後用いないこととすれば項すなわち Arbet のみがこの意味に使用され，したがつて項は火砕岩単層を基準とした間層であるとみなされる註3)。

間層といえども単層の集まりであることはかわりは無い。これらの単層の性格は，千差万別であつて，ここに一括して論ずることは容易ではない。したがつて単層層序論のうちの特定部門にあたる Arbetography について以下論をすゝめることにしたい。

第 1 表

		主対象	副対象
層序学	単層層序論	単層，間層	累層，層群
	Arbetography	単層，項 (Arbet)	累層，層群
	累層層序論	累層	部層，亜層群 層群，累層群等

3. Arbet の性格

Arbet の上下限を規定する単層を，「縁」と呼ぶこととする。したがつて上位の縁が上縁であり下位の縁は下縁である。

いま上縁を a, 下縁を b とする Arbet を a, b Arbet または Arbet a, b と呼び

$$\frac{a}{b} \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (1)$$

で表現することにする。a, b はそれぞれ層序学的にある層位を示し，本来ある空間を占有している。また a, b は層序学的にみて特殊な場合を除き，相互に接触する場合はあつても交叉する場合は認められない。こゝに特殊な場合とは，乱堆積あるいは tuff dyke を指す。層序的に a と b の間層とみられるものは Arbet $\frac{a}{b}$ としてよい。したがつて Arbet $\frac{a}{b}$ はある限られた体積を有する物体である。曲面 a, b 間の距離を $\frac{a}{b}$ の厚さとし，$d\left(\frac{a}{b}\right)$ で表わす。また a, b はそれぞれある地域に広く，かつ薄く堆積した火砕岩であるとし，その地域内の異なつた地点で a, b がそれぞれ堆積するに要した時間の差異は，b が堆積した後に a が堆積するまでの時間に比較して充分小であるとすれば，b が堆積してから a が堆積するまで，場所により $d\left(\frac{a}{b}\right)$ は相違しても，ほゞ一定の時間を表明するとみることができる。またこゝに薄いという条件を付したのは，厚い火砕岩には一見漠然とした意味で“単層”とみられるものも異なつた地点では非火砕質の間層を挟む場合がありうるからであり，また $\frac{a}{b}$ の上縁・下縁が形成される時間の差異は，$\frac{a}{b}$ の形成される時間に比較して充分小であるとは必らずしもいえない。これに反して“薄い”場合は経験的にこのような実例をみていない。

註3) 槇山次郎[8] は静岡県掛川地方で，五百済凝灰岩と白岩凝灰岩との間層を中部堀内層とし，また大日階 Dainitian stage を定義した。しかし後に Suchian と改名している。

例2

秋田県北部の主要産油層は，船川層および女川層であるが，ことに上部七座層 (N_{III}) と下部七座層 (N_{I}) とは広地域にわたつて対比されている。この間の地層は$\dfrac{N_{\mathrm{III}}}{N_{\mathrm{I}}}$で表わされる

(この場合それぞれの地域で N_{I} と N_{III} とがいずれも対比が正しいと仮定し，また前記の点で N_{I}, N_{III} は充分薄いとみなしている。たゞしこの前提はなお討議する余地がある。例としては適当ではないかもしれぬが周知のことであるためこゝに挙げた。)

ある地質時代において，b が堆積した「時」 $T(b)$ から，a が堆積する「時」 $T(a)$ までの時間の経過 t は

$$t=T(b)-T(a) \cdots\cdots \quad (2)$$

に示され註4)，その間にこの位置に $d'\left(\dfrac{a}{b}\right)$の地層が形成され，それが現在において

$$d\left(\frac{a}{b}\right)$$

を示すものとする。

4. Arbet 系の認識

層序の解析について集合論[9)-16)]を導入して考察することを試みる。

いま地域 P の地層中に，層序学的に上位であるものから下位であるものに

$$P_1,\ P_2,\ P_3,\ P_4,\ P_5, \cdots\cdots P_n$$

なる n 個の普遍的な鍵層が存在したと仮定しよう。こゝに集合 Q が認識される。Q はすべての Pm である α を元 (element) とする集合である。たゞし m は $1 \leqq m \leqq n$ なる整数である。

$$Q=\{\alpha \mid \alpha \in P_m\} \cdots\cdots \quad (3)$$

いま Q の元を順序$\dashv$に従つて上位から下位に配列すれば，これは順序集合 (ordered set) をなす。

$$(Q,\ \dashv)=(P_1,\ P_2,\ P_3,\ P_4 \cdots\cdots P_n) \cdots\cdots \quad (4)$$

さて $(Q,\ \dashv)$ の元 P_m は P_{m+1} を次の元とする。

P_m と P_{m+1} との2つの元で構成される順序対 (ordered pair) $(P_m,\ P_{m+1})$ の集合 R_1 を求めると

$$(R_1,\ \dashv')=((P_1,\ P_2),\ (P_2,\ P_3),\ (P_3,\ P_4), \cdots\cdots (P_{n-1},\ P_n))$$

もまた一つの順序集合である。

対 $(P_m,\ P_{m+1})$ に対応する Arbet $\dfrac{P_m}{P_{m+1}}$を採ると順序集合 $(A,\ \dashv)$ が認識される。この順序集合 $(A,\ \dashv)$ を Arbetography において，「Arbet 系」と呼ぶことにする。例えば

$$(A_1,\ \dashv)=\left(\frac{P_1}{P_2},\ \frac{P_2}{P_3},\ \frac{P_3}{P_4},\ \frac{P_4}{P_5},\ \cdots\cdots \frac{P_{n-1}}{P_n}\right) \cdots\cdots \quad (5)$$

がそれである。この $(A_1,\ \dashv)$ は集合 $(R_1,\ \dashv')$ における各元に対応する元を持つている。ひいては $(Q,\ \dashv)$ によつて編成される集合である。したがつてこれを「$/\!\!/$」という記号で表明することとすれば

$$(A_1,\ \dashv) /\!\!/ (Q,\ \dashv)$$

$$A_1 /\!\!/ Q$$

これは A_1 は Q があつて成り立ち，Q があれば A_1 が存在することを意味する。一般に Q によつて得られる Arbet の集合 $F/\!\!/Q$ は

註4)　三梨昂[4)]は $T(b)-T(a)$ を「$a \sim b$ 項」と呼ぶことを提案している。
三梨昂・矢崎清貫[25)]はこれを「$a \sim b$ 項時」と改称した。

$$F=\{\beta \mid \beta \in \frac{Ps}{Pt}\} \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (6)$$

(たゞし $1 \leqq s < n,\ 1 < t \leqq n$)

であつて，この場合認識しうる Arbet の総数は

$${}_nC_2 \text{ 個}$$

である。

Arbet 系 $(A, \ni)$ は単一の Arbet$\dfrac{P_1}{P_n}$からなるとみることも許されるし，いかに区分し，いかなる Arbet の順序集合として認識することも許される。いま

$$Q \supseteq Q_1,\ Q \supseteq Q_2,\ Q \supseteq Q_3$$

なる Q_1, Q_2, Q_3 を求める。

$(Q_1, \ni)=(P_1, P_2, P_3, P_4, P_5, P_6, P_7, \cdots\cdots\cdots\cdots P_n)$

$(Q_2, \ni)=(P_1, P_2, P_4, P_7, P_9, P_{10}, P_{11} \cdots\cdots\cdots P_n)$

$(Q_3, \ni)=(P_1, P_3, P_8, P_9, P_{11}, \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots P_n)$

そこで $(A_2, \ni) /\!/ (Q_2, \ni)$ また $(A_3, \ni) /\!/ (Q_3, \ni)$ なるものの例は，集合 A_2 についてみると，

第 2 表

Arbetの集合 ← 鍵層 → 單層の集合

<table>
<tr><td></td><td>P1</td><td>P2</td><td>P3</td><td>P4</td><td>P5</td><td>P6</td><td>P7</td><td>P8</td><td>P9</td><td>P10</td><td>P11 ······ Pn</td><td></td></tr>
<tr><td>A1</td><td>$\frac{P_1}{P_2}$</td><td>$\frac{P_2}{P_3}$</td><td>$\frac{P_3}{P_4}$</td><td>$\frac{P_4}{P_5}$</td><td>$\frac{P_5}{P_6}$</td><td>$\frac{P_6}{P_7}$</td><td>$\frac{P_7}{P_8}$</td><td>$\frac{P_8}{P_9}$</td><td>$\frac{P_9}{P_{10}}$</td><td>$\frac{P_{10}}{P_{11}}$</td><td></td><td>Q1</td></tr>
<tr><td>A2</td><td>$\frac{P_1}{P_2}$</td><td colspan="2">$\frac{P_2}{P_4}$</td><td colspan="3">$\frac{P_4}{P_7}$</td><td colspan="2">$\frac{P_7}{P_9}$</td><td>$\frac{P_9}{P_{10}}$</td><td>$\frac{P_{10}}{P_{11}}$</td><td></td><td>Q2</td></tr>
<tr><td>A3</td><td colspan="2">$\frac{P_1}{P_3}$</td><td colspan="5">$\frac{P_3}{P_8}$</td><td>$\frac{P_8}{P_9}$</td><td colspan="2">$\frac{P_9}{P_{11}}$</td><td></td><td>Q3</td></tr>
</table>

← Arbet →

$$(A_2, \ni)=\left(\frac{P_1}{P_2}, \frac{P_2}{P_4}, \frac{P_4}{P_7}, \frac{P_7}{P_9}, \frac{P_9}{P_{10}}, \frac{P_{10}}{P_{11}}, \cdots\cdots\cdots\right)$$

であり集合 A_3 は

$$(A_3, \ni)=\left(\frac{P_1}{P_3}, \frac{P_3}{P_8}, \frac{P_8}{P_9}, \frac{P_9}{P_{11}}, \cdots\cdots\cdots\right)$$

と認識される。

あるいはまた層序学的に下位の元から上位の元に配列した順序集合もとりうる。例えば

$$(A_3, \in)=\left(\cdots\cdots\cdots \frac{P_9}{P_{11}}, \frac{P_8}{P_9}, \frac{P_3}{P_8}, \frac{P_1}{P_3}\right)$$

である。たゞしこれらの間には

$$F \supset A_1,\ F \supset A_2,\ F \supset A_3,$$

なる関係がある。また集合 A_1 および A_2 の間に

$$Q_1 \supset Q_2$$

なる関係が存在したときに集合 A_1 は集合 A_2 より「Arbet 密度」が大であるとする。

$$|A_1| > |A_2|$$

こゝに $Q_1 \supset Q_2$ であると同時に

$$Q_1 \supset Q_3$$

したがつて A_1 の Arbet 密度は A_2, A_3 に関して最大である。

Arbet の和：

$Pa \dashv Pb \dashv Pc$ であるとき　$\frac{Pa}{Pb}+\frac{Pb}{Pc}=\frac{Pa}{Pc}$

また $Pa \dashv Pb \dashv Pc \dashv Pd$ であるとき　$\frac{Pa}{Pb}+\frac{Pc}{Pd} \neq \frac{Pa}{Pd}$

なぜならば　$\frac{Pa}{Pd}=\frac{Pa}{Pb}+\frac{Pb}{Pc}+\frac{Pc}{Pd}$

Arbet の差：

$Pa \dashv Pb \dashv Pc$ であるとき　$\frac{Pa}{Pc}-\frac{Pb}{Pc}=\frac{Pa}{Pb}$

$Pa \dashv Pb \dashv Pc \dashv Pd$ であるとき

$$\frac{Pa}{Pd}-\frac{Pb}{Pc}=\frac{Pa}{Pb}+\frac{Pc}{Pd}$$

$$\frac{Pa}{Pd}-\frac{Pa}{Pb}=\frac{Pb}{Pc}+\frac{Pc}{Pd}=\frac{Pb}{Pd}$$

5. Arbet 系の相互関係

以上は鍵層 $P_1, P_2, P_3, \cdots\cdots\cdots P_n$ の分布が普遍的であることを前提とした。しかし実際には地域 P が充分小さいものであつても，鍵層は必ずしも普遍的ではない場合が多い。

いま2地域 L_1, L_2 において $P_1, P_2, P_3, \cdots\cdots\cdots P_n$ および $P_1', P_2', P_3', \cdots\cdots\cdots P_n'$ なる鍵層をそれぞれ認識し，

$$(Q', \dashv)=(P_1, P_2, P_3, \cdots\cdots\cdots P_n)$$

$$(Q'', \dashv)=(P_1', P_2', P_3', \cdots\cdots\cdots P_n')$$

なる2つの集合の元が，それぞれ1対1の対応をする場合，この Arbet 系は相互に「完全対比が可能」であるとする。すなわち L_1 地域のいかなる Arbet$\frac{Px}{Py}$ をとつても，L_2 地域の Arbet$\frac{Px'}{Py'}$に比較できるからである。

Q の元がすべて普遍的であれば，その Arbet は常に完全対比が可能である。しかしながら，Q の元はすでに述べた通り必ずしも普遍的ではない。こゝに Arbetography の解析の問題点が存在し，野外において作業する必要性が生ずる。

いま第2表に表示した Arbet の集合 A_1, A_2, A_3 がそれぞれ地域を異にし，地域 L_1, L_2, L_3 とすれば，Q_1, Q_2, Q_3 は元 $P_1, P_9, P_{11}, \cdots\cdots\cdots P_n$ を共有する。

$$Q_1 \cap Q_2 \cap Q_3=(P_1, P_9, P_{11}, \cdots\cdots\cdots P_n)$$

すなわち鍵層 $P_1, P_9, P_{11}, \cdots\cdots\cdots P_n$ は地域 L_1, L_2, L_3 に関して普遍的であつて

$$\frac{P_1}{P_9},\ \frac{P_9}{P_{11}},\ \frac{P_{11}}{P_n}$$

の3者は相互に対比可能であるが，集合 A_1, A_2, A_3 の元相互間は必ずしも対比は可能ではない。ところが L_1 と L_2 の2地域のみをとれば

$$Q_2 \subset Q_1$$

であつて単層の集合において元

$$P_1, P_2, P_4, P_7, P_9, P_{10}, P_{11}, \cdots\cdots\cdots P_n$$

を共有する。したがつて Arbet の集合 A_2 の元はすべて集合 A_1 に包含される。いいかえれば，A_2 の元はすべて A_1 に対比可能であるが，A_1 の元は必ずしも A_2 に対比が可能ではない。A_1 と A_3 との関係についても同様なことがいえる。

しかしながら A_2 と A_3 については

$$(A', \dashv)=A_2 \cap A_3=\left(\frac{P_1}{P_9},\ \frac{P_9}{P_{11}},\ \frac{P_{11}}{P_n}\right) \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (7)$$

の3元については対比可能であるが，これ以外の A_2, A_3 のもろもろの元，すなわち Arbet

については対比することができない。

いまこのような比較をするために Q_1, Q_2, Q_3 の元のうちに，それぞれ対応する元をとり，こゝに Arbet 系を求めてできた Arbet 系，例えば前述の

$$Q_1 \cap Q_2 \cap Q_3 /\!\!/ \left(\frac{P_1}{P_9}, \frac{P_9}{P_{11}}, \frac{P_{11}}{P_n} \right)$$

はすでに述べた通り順序集合であつて，地域 L_1, L_2, L_3 に関する限り，いずれも認識が可能である。一般的にいえば，このような順序集合

$$\cap_{i=1}^{n} Ai = (S, \ni)$$

は層序学上重要な意義をもつものであつて，これを「汎 Arbet 系」と呼ぶことにする。

例 3

千葉県中部および東部の汎 Arbet 系は

$$(A'c, \ni) = \left(\frac{Ks_5}{Ks_{12}}, \frac{Ks_{12}}{Ks_{15}}, \frac{Ks_{15}}{Ks_{20}}, \frac{Ks_{20}}{Ch_1}, \frac{Ch_1}{Ch_3}, \frac{Ch_3}{Ka_5}, \frac{Ka_5}{Ku_3}, \frac{Ku_3}{U_1}, \frac{U_1}{U_6}, \frac{U_6}{O_7}, \frac{O_7}{Kw_{14}}, \frac{Kw_{14}}{To_2}, \frac{To_2}{To_1} \right)$$

である[17]。

地層の厚さは Arbet 系の厚さと鍵層である単層の厚さを集計したものである。

Arbet の厚さは２つの鍵層の形成する曲面間の距離であるため，測定の位置によつて変化する。したがつて，地層の厚さは Arbet 系を求めた位置によつて変動する。例えば測線を地表の路線によつて求めた場合，その選び方によつて変るし，地下において，すでに述べたように算定しても同様な結果となる。

こゝに注意すべきことは鍵層の分布が有限であるため，Arbet 系の厚さとは最上位の元の上縁と最下位の元の下縁との距離をもつて Arbet 系の厚さとすることは必ずしもできないことである。この点，Arbet 系の厚さは Arbet の厚さと性格上相違する。

Arbet 系が Arbet の有限順序集合であるとき，その最初の元の上縁を Ps とし，最後の元の下縁を Pt とすれば，その Arbet 系は $T(Pt)$ に形成され始め，$T(Ps)$ に形成が終つた。したがつて，この Arbet 系の示す地質年代の長さ T は

$$T = T(Pt) - T(Ps) \quad \cdots\cdots (9)$$

である。この式は (2) と同型となる。

6. Arbet 系に関する層位の問題

層位の問題は鍵層の層位と，Arbet の層序的位置，および Arbet 内の層位の３部にわけて論ずることとする。

(1) 鍵層の層位

いまある鍵層が他の鍵層といかなる層位的関係にあるかは野外の作業結果を待つ以外にない。しかし，一旦(4)の関係すなわち

$$(Q, \ni) = (P_1, P_2, P_3, P_4, \cdots\cdots P_n)$$

いいかえれば

$$P_1 \ni P_2 \ni P_3 \ni P_4 \ni \cdots\cdots \ni P_n \quad \cdots\cdots (10)$$

が確立された以上，その一つの P_m (たゞし $1 \leqq m \leqq n$) の層位の問題は他の上位または下位という点できわめて明確である (たゞしいうまでもないが系・統・界・層群・累層とその層位との関係はこゝに論ずる範囲を逸脱するので触れない)。

例 4

千葉県茂原・一ノ宮・太東地域[18]では

$$Ku_2 \ni Ku_3 \ni Ku_4 \ni U_1 \ni U_3 \ni U_4$$

である。ところがこの隣接地である大多喜附近[19]では

$$Ku_2 \ni Ku_{2.5} \ni Ku_3$$

$$U_3 \ni U_{3.6} \ni U_{3.9} \ni U_4$$

である。したがつて

$$Ku_2 \ni Ku_{2.5} \ni Ku_3 \ni Ku_4 \ni U_1 \ni U_3 \ni U_{3.6} \ni U_{3.9} \ni U_4$$

となり $Ku_{2.5}$, $U_{3.6}$, $U_{3.9}$ の層位が決定される。

(2)　Arbet の層序上の位置

A_2 および A_3 に関しては(7)から

$$A_2 \cap A_3 = \left(\frac{P_1}{P_9},\ \frac{P_9}{P_{11}},\ \frac{P_{11}}{P_n}\right)$$

の3元について相互に対比が可能であると述べたが，A_1 の他の元については対比ができないが層位は判定できることとなる。それは

$$(Q_2 \cup Q_3) - (Q_2 \cap Q_3)$$

なる元相互間によつて形成される Arbet は最大密度を有する $(Q, \ni)$ の元から構成されていて(10)なる関係をもつているからである。例えば $\frac{P_2}{P_3}$ なる Arbet をとれば (10) より

$$P_2 \ni P_9 \ni P_{11}$$

$$P_3 \ni P_9 \ni P_{11}$$

したがつて　$\frac{P_2}{P_3} \ni \frac{P_9}{P_{11}}$

しかしながら

$$P_1 \ni P_2 \ni P_3 \ni P_9$$

したがつて $\frac{P_2}{P_3}$ Arbet は $A_2 \cap A_3$ のうちの1つである $\frac{P_1}{P_9}$ Arbet に含まれる。

例5

房総半島西部の君津郡では

$$Su_3 \ni Sa_2 \ni Sa_{11} \ni U_1 \ni O_7$$

である[4][17]。しかるに房総半島東部の茂原・大多喜附近では

$$Ks_5 \ni Ks_{12} \ni U_1 \ni U_6 \ni O_7$$

である[18][19][20]。したがつて

$$\frac{Su_3}{Sa_2} \ni \frac{U_1}{U_6} \ni \frac{U_6}{O_7}$$

であるが $\frac{Su_3}{Sa_2}$ と $\frac{Ks_5}{Ks_{12}}$ とは層位的に上下を論ずる資料が無い。

(3)　Arbet 内の層位

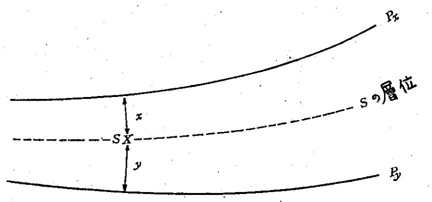
鍵層の順序集合 $(Q, \ni)$ において Px が Py の直前の元であるとき，$\frac{Px}{Py}$ は「細分しつくされた Arbet」となる。こゝにおいてこの Arbet 内を占める一点 s の層位を表現するには Arbet と，その上縁および下縁からの距離を示すだけでほゞ目的を達する。

例えば $\frac{Px}{Py}$ が s 地点において $d\left(\frac{Px}{Py}\right)$ なる層厚を持つとし，その上縁 Px および下縁 Py から s までの距離を x および y とすれば

$$x + y = d\left(\frac{Px}{Py}\right)$$

なる簡単な関係をもち，この x, y, $d\left(\frac{Px}{Py}\right)$ のうち，任意の2者の数値を決定すればよい。

ただし，厳密にはこの場合の層位を決定することは理論的にはなはだ容易ならざる問題であつて，Arbet 内の単層相互間の関係は今後の研究課題として大きな作業量を占める。こゝにはこの点の合理的な説明を得られる前段階の実用的見地からの方法を述べるに止めるものであつて，化石の産出層位等を示すのに従来慣用された方法，例えば行政上の地名，目標物からの水平距離，累層名とその上部または下部，経緯度等の若干を示す方法などよりは合目的であろう。



第　1　図

7. Arbet 系の累積

問題とする地域の地史を解くということは，Arbet 系 $(A, \ni)$ を認識し，Arbet の性格を現在の地理と比較検討することにあたる。その目的には，その地域内の Arbet の数を大ならしめ，Arbet 密度をできうる限り大とせねばならない。

いま2つの Arbet 系 $(A_1, \ni)$ および $(A_2, \ni)$ において，共通部分 $(A_1, \ni) \cap (A_2, \ni)$ については汎 Arbet 系をとるものとすれば

$$(A_1, \ni) \cup (A_2, \ni)$$

はより広い地史を把握しうる基準となり

$$A_1 \cup A_2 \cup A_3 \cup \cdots\cdots \cup A_n$$

はさらに広い地史を明らかにしうる層序系列となる。したがつて

$$\bigcup_{i=1}^{n} A_i \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (11)$$

である集合を求め，かつ各 Arbet の質的性格を究明してゆくべきである。

このような $G=\bigcup_{i=1}^{n} Ai$ である Arbet の集合 $(G, \ni)$ を基準にして考えれば $(A_1, \ni)$ は(5)より

$$(A_1, \ni)=\left(\frac{P_1}{P_2}, \frac{P_2}{P_3}, \frac{P_3}{P_4}, \cdots\cdots\cdots\cdots \frac{P_{n-1}}{P_n}\right)$$

$$(G, \ni) \supset (A_1, \ni)$$

すなわち $(G, \ni)$ は空ならざる部分集合が常に最初の元を持つ整列集合である。

$(G, \ni)$ の $\frac{P_1}{P_2}$ に関する切片を求める。この切片を $(A_1, \ni)$ について「supra P_1 Arbet」と呼ぶこととし，記号

$$\frac{spr}{P_1}$$

で表わすこととする。そこで

$$\left(\frac{spr}{P_1}, \frac{P_1}{P_2}, \frac{P_2}{P_3}, \frac{P_3}{P_4}, \cdots\cdots\cdots\cdots \frac{P_{n-1}}{P_n}\right)=(A_1', \ni)$$

はまた一つの順序集合であつて，$(G, \ni)$ の部分集合でもある。次に

$$(G, \ni)-(A_1', \ni)$$

もまた $(G, \ni)$ の部分集合であつて，これを $(A_1, \ni)$ について「infra Pn Arbet」と呼び，記号

$$\frac{P_n}{ifr}$$

で表わす。

$$\frac{P_n}{ifr}=(G, \ni)-(A_1' \ni)$$

このようにして，$(G, \ni)$ は

$$(G, \ni)=\left(\frac{spr}{P_1}, \frac{P_1}{P_2}, \frac{P_2}{P_3}, \frac{P_3}{P_4}, \cdots\cdots\cdots\cdots \frac{P_{n-1}}{P_n}, \frac{P_n}{ifr}\right) \cdots\cdots\cdots (12)$$

で表現される。これを本来基準とした Arbet 系である「$(A_1, \dashv)$ に関する超越 Arbet 系」ということとする。一般には

$$(G', \dashv) = \left(\frac{spr}{Pa}, \ (A, \ \dashv) \ \frac{Pb}{ifr}\right) \cdots\cdots (13)$$

で表わす。たゞし Pa, Pb は $(A, \dashv) /\!\!/ (Q, \dashv)$ である $(Q, \dashv)$ の最初の元と最後の元とする。いまもし(12)について

$$\frac{spr}{P_1} = a_1$$

$$\frac{P_1}{P_2} = a_2$$

$$\frac{P_2}{P_3} = a_3$$

$$\frac{P_3}{P_4} = a_4$$

$$\cdots\cdots\cdots$$

$$\frac{P_{n-1}}{P_n} = a_n$$

$$\frac{P_n}{ifr} = a_{n+1}$$

と置けば $(G, \dashv)$ は

$$(G, \dashv) = (a_1, \ a_2, \ a_3, \ a_4, \cdots\cdots a_n, \ a_{n+1}) \cdots\cdots (14)$$

となる。

すなわち，ある Arbet 系を有限順序集合と認識することも，infra または supra Arbet を加えて整列集合として認識することも可能である。$(G, \dashv)$ の空ならざる部分集合は常に最初の元を持つということは，とりもなおさず Arbet 系について次のことが成り立つことである。

Arbet 系においては常に最上位の Arbet が存在する。

かくして得た超越 Arbet 系が累積された場合は

$$\bigcup_{i=1}^{n} Gi = (G_1, \dashv) \cup (G_2, \dashv) \cup (G_3, \dashv) \cup \cdots\cdots (G_n, \dashv)$$

さらに n が無限に大となつた場合

$$\begin{cases} \bigcup_{i=1}^{\infty} Gi \\ |Gi| > |Gn| \end{cases} \cdots\cdots (15)$$

こゝに得られる層序系列は従来の Pre-Cambrian に始まる順序とは逆に，最も上位の Arbet よりさらに下位の Arbet への層序系列，換言すれば最も近代よりきわめて古い地質時代への層序系列を堆積岩に関して示していること，および抽象された概念ではなくて，実際に問題とする地域に存在する有形の地層についての層序系列であることが特徴である。

8. 層序の連続観と不連続観

累層層序論において，層序関係を示す基礎は整合関係と不整合関係という2つの独立した概念から成立している。

しかしながら地層の堆積上に正の堆積と負の堆積とを認めることによつて，地層の相互を連続観をもつて読みとることも可能となろう。

また次に相接する累層の相互間に不整合関係が無い限り，累層の認識が客観的に必ずしも固定したものとはいえない場合がはなはだ多い。これは累層を定義づける手段としてその定性的粒度組成・色彩・互層状態等という，それ自体としてまつたく互に無関係である手段を適宜に組合せて用いているためであつて，たとえ1小地域においてある区分が成り立つとしても，あらゆる場合に成り立つとはいえないものである。いいかえれば累層が主観的便宜的呼称である場合が多いため，累層区分もまた主観的便宜的区分となることが多い。

すでに述べてきた Arbet 系においては，その元である各 Arbet が鍵層を介してそれぞれ連続していなければ成り立たない。こゝに Arbetography に堆積区の概念を導入する必要が生ずる。すなわちまつたく孤立した堆積区を有する2つの Arbet が Arbet 系を形成することは考えられない。

ところが一連の層序関係を有し，上位または下位と認定できる Arbet 間にはそのいかなる部分に侵食面が存在しても，これを Arbet 系として認識しうる。

例6

東京都南多摩郡七生村には$\dfrac{H_1}{H_2}$ Arbet 中に顕著な侵食面が存在する（これは累層でいえば南多摩層中にあたる）。ところが横浜市保土ケ谷区においてはこの$\dfrac{H_1}{H_2}$Arbet になんら侵食面が存在しない。しかも前者の $d\left(\dfrac{H_1}{H_2}\right)$ は 500 m 内外の層厚を有するのに後者では $d\left(\dfrac{H_1}{H_2}\right)$はその $^1/_{20}$ 以下である[21]。

例7

川崎市北部において，かつて大塚彌之助[22]は一つの侵食面をみいだし，これを境として上位を橘樹層群，下位を南多摩層群と呼んだが，これは$\dfrac{I_i}{H_1}$Arbet の一部において小地域の負の堆積をした場合とみられる。

以上の2例はあるいは diastem であつて不整合関係とは異なるといえるかもしれない。しかし diastem もまた連続観の立場から地層の相互関係をみたにすぎない。

例8

宮崎県下の“新生代”の地層は霧島火山の山麓にある堆積盆地群と宮崎市を中心とする宮崎堆積盆地とに分けられる[24]。前者は細別すると加久藤・小林・野尻の3堆積盆地になる[6]。加久藤堆積盆地では

$(Q_{KA},\ \dashv) = (Hg_4,\ Hg_3,\ Hg_2,\ Su_2,\ Ks,\ M_{Z1},\ S_{M3},\ S_{M2},\ S_{M1},\ I_{M2},\ I_{M1},\ Cr)$

が認められているが小林堆積盆地，野尻堆積盆地では

$(Q_{KN},\ \dashv) = (Hg_4,\ Hg_3,\ Hg_2,\ Kb,\ Hg_1,\ Su_2,\ Ks,\ Cr)$

であつて各 Arbet の非火砕質堆積物はごく僅かか，またはまつたく欠けている。ところが宮崎堆積盆地では

$(Q_M,\ \dashv) = (Hg_4,\ Hg_3,\ Hg_2,\ Kb,\ Hg_1,\ Su_2,\ T_K)$

すなわち堆積盆地 sedimentary basin を越えて堆積区を持つ鍵層がある。

このことから対比が可能となる。こゝに T_K とは首藤次男[23]の富岡凝灰岩である。

前述のような性格をもつた一般の累層なるものは，他の累層とたとえある境界を定めて接するとしても，一般には物理的に，化学的になんらかの相互関係を本来もたねばならぬ必然性は存在しない。まして現象的に不整合関係をとりあげれば不整合，すなわち地層の不連続がある以上，その上位の地層を知つて下位の地層の性格に言及することは本来できない性質のものである。こゝに累層は相互に孤立した性格をもつといいうる。

本小論において述べたことは Arbet あるいは間層の概念を導入した層序区分の骨組を示したにすぎない。単層の性格・形状・分布あるいは Arbet あるいは間層の相互関係，質的性格等は当然このうえに立つて追究すべき広い分野として残されるものである。

結　言

層序を解析する場合に，地層を単層の集合および間層または Arbet の集合とし，層序はこの両者が連鎖状に配列しているものとみることができ，堆積区内の地層を系列化しうる。

こゝにこの観点から単層層序論，特にそのうちの Arbetography を説明し，Arbet, Arbet 系およびこの立場からの層位の問題をとりあげ，層序区分の輪郭を示し，基礎的考察を試みた。Arbetography は日本の地質状況に応じた新しい層序解析の手段と考えられ，また地層の認識に客観性を与えうるものと考えられる。　(昭和32年12月稿)

註) 集合論に関する特殊記号一覧

$a \in A$: a は A の元素である。

$A \subseteq B$: A は B の部分集合である。

$A \subset B$: A は B の真部分集合である。

$A \cup B$: A および B の和集合 (A join B)

$A \cap B$: A と B の共通集合 (A meet B)

$|A|$: 集合 A の濃度

要　旨

この小論において，層序区分の基礎として間層を認識し，Arbef (項) を定め，その性格を論じ，Arbet の系列と相互関係を考察するうえに Arbet 系，汎 Arbet 系，および超越 Arbet 系を定義し，層位・対比の基準をつくり，Arbet の内の岩相の認識を容易ならしめた。

このような層序学の一部門を Arbetography といい，既成の層序学的理論 (累層層序論) との性格の差を述べた。

この方法を実用面に応用すると，わが国の成層鉱床を解析する場合に．きわめて有効であることがわかつてきたので，こゝにその基礎的考え方を明らかにしようと試みた。

文　献

1) 河井興三: 神奈川県総合開発資料，第8輯，p. 14，神奈川県，1955
2) 金原均二: 千葉県茂原ガス田で実施した地質調査方法の紹介とその検討，地学雑誌，Vol. 61，No. 1，1952
3) 湊　正雄: 地層学，p. 131，岩波書店，1958
4) 三梨　昴: 房総半島鬼泪山南部の地質—特に岩相の時空的ひろがりについて—，地質学雑誌，Vol. 60，No. 710，1954
5) 伊田一善: 静岡県の鮮新統の一断面，石油技術協会誌，Vol. 19，No. 1，p. 9，1954
6) 伊田一善外2名: 宮崎県小林市附近天然ガス調査報告，地質調査所報告，No. 168，1956
7) 伊田一善: 東京附近の植物化石新産地，地質調査所月報，Vol. 6，No. 8，1955
8) 槇山次郎: Stratigraphy of the Kakegawa Pliocene in Tōtōmi, Mem. Coll. Sci. Kyoto Imp. Univ., Ser. B, Vol. 7，No. 1，1931
9) 中山　正: 集合・位相・代数系，至文堂，1949
10) 稲垣　武: 集合論，東海書房，1950
11) 稲垣　武: 集合論，共立出版基礎数学講座
12) 辻　正次: 集合論，共立出版，1934
13) 吉田洋一・赤　摂也: 数学序説，培風館，1954
14) 赤　摂也: 基礎論，小山書店(新初等数学講座).
15) 中野秀五郎: 測度論，No. 1，裳華房，1947
16) 日本数学会編: 岩波数学辞典，岩波書店，1954
17) 品田芳二郎外2名: 房総半島中部に分布する地層間の相互関係について(概報)，新生代の研究，No. 22，1955
18) 金原均二外9名: 千葉県茂原町附近の天然ガス，石油技術協会誌，Vol. 14，No. 6，1949

19) 河井興三外3名: 千葉県大多喜町附近の天然ガス, 石油技術協会誌, Vol. 15, No. 4, 1950
20) 品田芳二郎外3名: 千葉県国吉町附近鹹水沃度調査, 石油技術協会誌, Vol. 16, No. 6, 1951
21) 伊田一善外6名: 神奈川県総合開発資料, 第8輯, 神奈川県, 1955
22) 大塚彌之助: 多摩丘陵の地質, 地質学雑誌, Vol. 39, No. 469, 1932
23) 首藤次男: 宮崎層群の地史学的研究, 九州大学理学部研究報告, 地質学之部, Vol. 4, No. 1, 1952
24) 伊田一善: 本邦第三紀地向斜の分化と燃料鉱床, 石油技術協会誌, Vol. 17, No. 2, No. 3, 1952
25) 三梨昻・矢崎清貫: 火砕鍵層による房総・三浦両半島の新生代層の対比(第1報), 石油技術協会誌, Vol. 23, No. 1, 1958