HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	3. 海棲動物の化石の種の數より地質時代の相對時を近似的に求める一つの試み
Author(s)	福富, 孝治; FUKUTOMI, Takaharu
Citation	北海道大學地球物理學研究報告, 1, 35-47
Issue Date	1951-12-31
DOI	https://doi.org/10.14943/gbhu.1.35
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/13788
Type	departmental bulletin paper
File Information	1_p35-47.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

3. 海棲動物の化石の種の數より地質時代の相對時を近似的に求める一つの試み*

福富孝治

（理學部　物理學教室）

I. 序　　言

地質學に於ては水成岩の層序と其の中に含まれてゐる化石の生物學的發育の順序を標準にして地質年代が決定される．即ち，初めヨーロッパに於ける海棲動物の化石の大勢から地質時代は古生代，中生代，新生代に大別された．此等の時代に相當する地層より下位にあつて當時化石の發見されなかつた層群の成立した時代を無生代又は始原代と名づけられたが，近年の化石研究の結果始原代の地層の內にも生物存在の間接直接の證據が發見せられ，從つて此の部分を原生代とし此の下層の化石を含まないものを始生代と命名せられた．代以下の小區分特に紀，世等についても同樣な標準が採用された．

此等地質時代の諸區分が現在より何年前であつたかと云ふことは地質學や地球物理學を學ぶ者にとつては極めて興味深い重要な問題であり，從つて多くの學者が種々な見地から研究を試みてゐる．その結果に就ては北米合衆國の National Research Council よりの出版物 The Age of the Earth (Physics of the Earth-IV, 1931) や小林貞一教授の地質年代學（地球の科學第2卷1號）によく綜合せられてゐる．先づ各年代又は紀に屬する水成岩層の厚さと堆積率とが判つて居ればこれも一つの手懸りになる[1]．然し近年の研究によれば各地質時代に於ける堆積率は決して一樣でなく新生代，中生代，古生代と古くなるに從つて堆積率は著しく小となることが認められてゐるから，この關係が定量的に明らかでなければその年齡は推定し得ない．後退しつゝある氷河末端の湖水中に沈澱しつゝある氷縞粘土[2]も亦一つの手懸りとなるが，此の方法は遺憾ながら氷河の發達しなかつた場所や時代には役立たない．現在最も確實で而かも地質時代を通じて用ひ得る方法は U, Th 等の放射能元素の崩壞に起因する岩石中の Pb の分量と現存の U, Th 等の分量とから推定する方法[3]又は多色暈の濃度から推定する方法[4]である．放射能元素の崩壞の速度は溫度，壓力等の外界の物理的條件には無關係に一定で其の値は判つて居ると

---

* 日本物理學會年會（昭和22年5月11日），日本地質學會北海道支部例會（昭和22年5月24日）に於いて發表．

1) Charles Schuchert: Age of the Earth (Physics of the Earth-IV, 1931), 10～64.

2) De Geer (Sweden): Pirsson & Schuchert, Textbook of Geology II (1924), P. 659.

3) Alois F. Kovarik: Age of the Earth (Physics of the Earth IV, 1931).

4) 3) に同じ．

云ふ長所がある．然し，此の方法にも多少の難點がある．それは此種放射能鑛物はペグマタイト脈に多く，決定し得るのは此の岩脈の成生の時期であり，結局岩脈が貫通した地層よりは新しいが被覆してゐる地層よりは古いと云ふことだけであるから，餘程好い條件の場合でなければ地質時代の細い區分の時代決定は困難であるからである．又微量の放射能元素の定量に對し現在の分析法では其の精度に問題があり，從つて其の結果も必ずしも一定値を示さない．然し平均して第 II 表[5]に掲げた如く古生代の初めから現在まで凡そ 5 億年の年月を經過したことが推定せられてゐるのである．

前に述べた樣に地質年代は生物進化によつて決定された化石時であると同時に其の化石生物生存期の堆積物の時代卽ち層時であるから，地質時代の時決定には出來得れば化石又はそれを含む堆積物が直接用ひられゝば最も好都合である．此の見地からストルツト[6]は嘗て化石の燐酸化した骨を用ひたことがあつたが，あまり確實な結果は得られなかつた．坪井教授，平田博士[7]は第三紀以後現世に產するエゾタマキガヒの介殼を形成する Aragonit の Laue-spot を研究して時代の古さによりそれが變化することを確かめ，これを時代の對比に利用しようとした．又マシユー[8]は北米產の馬化石の進化速度を可成り一定なものと假定して少し遡つて新生代各世の年代を推測した．

門又は綱で示される海棲動物の各種類の化石は多くは旣に原生代の末期又は古生代の初期に相當する地層から發見せられて居り，地質時代の各紀每に其の各類の化石の種 (Species) の數は調べられたものがある．例へば各化石動物に就ては Juke の Manual of Geology (1857) の中に表示してあり，軟體動物に就ては Woodward の A Manual of the Mollusca (1890) 中に記載されてゐる．筆者は此等の値を用ひて各紀の相對時を近似的に求めようと試みた．又此の結果を放射能鑛物の方法から得られた絕對時と比較して各海棲動物の類發生の時期を推定することも試みた．以下は此の研究の報告である．

II. 方　　法

此の問題の考究に當つて先づ考へなければならないのは，考へる動物の一類に於て Species の數が時間的に如何に變化するかと云ふ定量的關係と，或る地質時代に棲息した海棲動物の種數と化石として發掘せられる種數との間に如何なる定量的關係が存在するかを知ることである．これは非常にむつかしい問題であり，淺學の筆者などこの解決はできないのであるが，盲目蛇におぢずで極めて大膽な假定を用ひてこの問題から考究を進めることにした．

---

5) 大塚彌之助： 山はどうして出來るか（昭和 17 年）．

6) 小林貞一； 地球の科學（昭和 22 年）1 號．

7) 坪井忠二，平田森三： 東大地震研究所彙報 **13** (1935), P. 660.

8) W. D. Matthew & S. H. Chubb, American Museum of Natural Hitory, Guide Leaflet Series, No. 36 (1910).

1)　動物の種數の時間的增加

今海棲動物の一つの類に就て考へる．此の類の範圍は明瞭ではないが，問題の性質上地質時代の相當長期にわたつて生存したものであつて，しかも種 (Species) 數が相當に多いものであることが必要であり，從つて門，綱位の範圍を採用することにした．さて，斯樣な一類に屬する一種が初めて發生して以來時間の經過につれて種の數が段々增加して現在に及んでゐるのであるが，その種の增加は如何なる法則に從つてゐるのであらうか．今日此の關係は定量的には判つてゐない．勿論，その種毎にその增加の割合は多少異つてゐるであらう．然し其の類全體に就て平均すれば單位年月中に新種の現はれる數は其の時の種の數 n が多ければ多くなるものと考へることが出來るであらう．故にこれを αn と置けば此の比例常數 α は其の類の發生からの時間經過につれて多少變化するであらうが，現在その類が絕滅しつゝある樣な特殊なものを除けば近似的には一定と考へ得るものと假定しよう．

又種の壽命や一種の個體の數も其の種毎に異なるであらうが，一類に屬する種の總てに就て見ればその頻度分布は恐くは誤差曲線に近い形と考へられる．從つて其の平均値を以てその類に屬する種の壽命と考へても近似的には差支へないであらう．卽ち，近似的に次の二假定が成立つものとして考へを進めることにする．

(i)　一類の新種の時間的增加の割合は其の時の其の類に屬する種數 n に比例する，其の比例常數は一定であるものと假定する．

(ii)　其の類に屬する種の生存期間は皆一定で τ なる値を持ち，且種毎の個體の數も一定なものと假定する．

從つて，時間 t 及 $t-\tau$ に於て生存する同じ類の種數を n_t 及 $n_{t-\tau}$ とすれば，t と $t+dt$ との間では $\alpha n_t\,dt$ だけ新種が生じ $\alpha n_{t-\tau}\,dt$ だけ種が死滅することになる．其の結果種の增加の割合 $\frac{dn_t}{dt}$ は次式で表はされる．

$$\frac{dn_t}{dt}=\alpha(n_t-n_{t-\tau}) \tag{1}$$

此の特解として $n=n_0\,e^{kt}$ を代入すれば k が

$$k=\alpha(1-e^{-k\tau}) \tag{2}$$

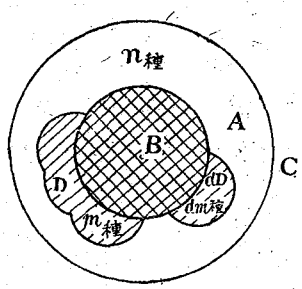
を滿足する常數であれば (1) 式は成立する．時間の起點を其の類發生の初めにとれば $t=0$ では $n=n_0=1$ であるから

$$n=e^{kt} \tag{3}$$

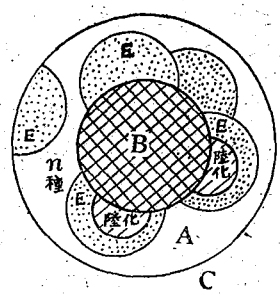
なる關係が近似的に存在することが判る．

2)　或る地質時代に於ける海棲動物の種數と現在發掘せられる化石種の數との關係

多くの動物の棲息する海底は所謂大陸棚の部分であり，此の部分は地殼變動により陸となり海となることを繰返してゐるところである．第1圖，第2圖に於てAは地球上の大陸棚の全部



第 1 圖



第 2 圖

を示すものとし，B は大陸部分，C は大洋底を示すものとする．今時間 $T=0$ なる地質時代に此の大陸棚の部に於て或る一類に屬する n 種の動物の遺骸が海底の地層中に埋沒したものとする．これから T 及 $T+dT$ だけ年が經過した後に第 1 圖に於て D 及 $D+dD$ なる小面積が陸化し，そのため n 種の中 m 及 $m+dm$ 種だけが陸化した地層に含まれたものとする．地殼變動は同じ規模で時間的にも一樣に起るものとすれば，dD なる微小面積中に含まれる種の數は $\beta n dT$ と考へられる．但し β は微小な常數である．この中 m 種の中には含まれてゐない種數は $\beta(n-m)dT$ と考へられるから

$$dm=\beta(n-m)dT \tag{4}$$

でなければならない．

$$\therefore \int\frac{dm}{n-m}=\beta T+Const. \tag{5}$$

$T=0$ では $m=0$ であるから，此の條件を入れて積分すれば

$$m=n(1-e^{-\beta T}) \tag{6}$$

が得られる．β は微小な常數であるから T が非常に大でなければ近似的には次式が成立する．

$$m\fallingdotseq\beta nT \tag{7}$$

(7) 式の結果は次の如く考へても得られる．即ち第 2 圖に於て n 種は數種宛群をなして大陸棚上の異なる海域 E に一樣に散布して棲息するものとし，地變は同じ規模で大陸棚の彼方此方に散在して起ると假定すれば dT 時間には $\beta n dT$ だけ新種が陸化することになり（β は微小な常數である），T 時間には $m=\beta nT$ だけ陸化することになつて (7) 式と全く同樣な結果が得られるのである．

即ち，何れの場合にも T 年以前に海底に埋沒した n 種の中 (7) 式で示される m 種だけが現在陸化してゐることを意味する．陸化した m 種の中，遺骸の消失や探査の不充分なため εm 種（ε は 1 より非常に小なる常數）だけが化石として發見されるものと假定すれば，發見される化石種の數 M は

$$M=\varepsilon\beta nT \tag{8}$$

で表はされる．今 1) 項の場合と同樣にその類發生の年を時間 t の起點とし，考へる地質時代までの年數を t，現在までの年數を t_0 で表はせば $T=t_0-t$ であるから次の關係が得られる．

$$M=\varepsilon\beta n(t_0-t) \tag{9}$$

3) 化石種の數と地質時代の相對時との關係

更に一種に就て $t-\tau$ から t まで τ 年間生存したとき化石として發見せられる確率を p とすれば，(9) 式により

$$p=\varepsilon\beta\int_{t-\tau}^{t}(t_0-t)dt=\varepsilon\beta\tau\left\{t_0\left(1+\frac{1}{2}\frac{\tau}{t_0}\right)-t\right\} \tag{10}$$

となる．種の壽命 τ はその類發生以來現在までの年數に比較して一般に極めて小，卽ち $\frac{\tau}{t_0}\ll 1$ であるから $\frac{\tau}{t_0}$ を 1 に對して無視して次式が得られる．

$$p\fallingdotseq\varepsilon\beta\tau(t_0-t) \tag{11}$$

故に t と $t+dt$ との間に新しく發生した種の中化石として發見される種數 dN は

$$dN=\alpha ndt\cdot\varepsilon\beta\tau(t_0-t)=\alpha\varepsilon\beta\tau e^{kt}(t_0-t)dt \tag{12}$$

であり，$t=0$ では $n=1$ でこれが化石として發見せられるのは $\varepsilon\beta\tau t_0$（此の値は 1 より小）であるから，其の類發生以來 t なる地質時代までの地層から化石として發見せられる種の總數 N_t は

$$N_t=\alpha\varepsilon\beta\tau\int_0^t e^{kt}(t_0-t)dt+\varepsilon\beta\tau t_0 \tag{13}$$

$$\therefore\quad N_t=\frac{\alpha\varepsilon\beta\tau t_0}{k}\left\{e^{kt}\left(1-\frac{t}{t_0}+\frac{1}{kt_0}\right)-\left(1+\frac{1}{kt_0}\right)\right\}+\varepsilon\beta\tau t_0 \tag{14}$$

右邊の第 2 項は t が 0 の近くでなければ第 1 項に比較して無視しても差支へない．又 $\frac{\alpha\varepsilon\beta\tau t_0}{k}\equiv\lambda$, $kt_0\equiv K$, $\frac{t}{t_0}\equiv x$ と置けば

$$\underline{N_t=\lambda\left\{e^{Kx}\left(1-x+\frac{1}{K}\right)-\left(1+\frac{1}{K}\right)\right\}} \tag{15}$$

となる．その類發生以來現在までの地層から化石として發見せられる種の總數 N_{t_0} は (15) 式に於て $x=1$ として

$$\underline{N_{t_0}=\lambda\left\{\frac{e^K}{K}-\left(1+\frac{1}{K}\right)\right\}} \tag{16}$$

で與へられる．

一方，その類に屬する現生種の總數を Q とすれば (3) 式により

$$Q=e^{kt_0}=e^K \tag{17}$$

又は $\quad K=\log_e Q \qquad (18)$

である．

故に或る一類の現生種の數 Q，其の類發生より現在までに化石として發見された種の總數 N_{t_0} が判つて居れば (18) 式から K の値が判り，從つて (16) 式より λ の値が求められる．從つて其の類發生より任意の地質時代までの化石の種の總數 N_t が知れて居れば (15) 式によつ

て類發生より現在までの年數 t_0 に對する其の類發生より任意の地質時代までの相對時 x が求められる理である.

III. 實際への適用と其の結果

最近の文獻には化石種の數を各地質年代別に分けて記載したものが殘念ながら見當らなかつたので，少し古いが Juke の Manual of Geology (1857) に表示されたものを Hitchcock[9] が抄錄したものを主として用ひた. 現生種の數は Hesse (1929) 及 Wolff & Krausse[10] (1930) に據つた.

研究の材料は化石として保存のよい介殼や骨等を持つた海棲動物を選ぶ必要があり，又化石の總數があまり少ないものは不正確を免れないので此等の點に注意して上記の表から軟體動物 (*Mollusca*)，棘皮動物 (*Echinodermata*)，魚類 (*Fishes*)，甲殼類 (*Crustacea*)，珊瑚類 (*Actinozoa*) の 5 種類の門又は綱に屬する海棲動物を第 I 表の如く選び出して用ひた. Juke の表の軟體動物には現在の分類法による軟體動物として腹足類 (*Cephalophora*)，斧足類 (*Conchifera*) 以外に擬軟體動物に屬する腕足類 (*Brachiopoda*)，蘚蟲類 (*Bryozoa*) をも含んでゐるので，其の儘兩動物を含むものを軟體動物 (舊) とし，Juke の表には幸に各類の細かい數字が記載してあるのでそれにより腹足類斧足類を併せたものを軟體動物 (新)，腕足類蘚蟲

第 I 表　各地質時代に於ける主要な海棲動物の化石種の數の分布

地質時代 ＼ 主要海棲動物		軟體動物 (舊) (Woodward)	軟體動物 (舊) (Juke)	軟體動物 (新)	擬軟體動物	棘皮動物	珊瑚類	魚類	甲殼類
舊古生代	カンブリア紀	362	2	—	2	—	—	—	—
	オルドビシア紀		300	125	175	46	25	—	—
	シルリア紀	317	421	130	291	48	83	3	2
新古生代	デボン紀	1,035	822	594	228	34	127	139	22
	石炭紀	835	682	444	238	151	109	200	12
	二疊紀	74	109	62	47	1	4	34	10
中生代	三疊紀	713	382	347	35	44	11	72	8
	ジュラ紀 下	1,502	2,174	1,954	220	333	150	416	46
	ジュラ紀 上	1,266							
	白堊紀 下	784	2,429	1,801	628	421	176	220	64
	白堊紀 上	2,147							
新生代	古第三紀	2,636	1,811	1,754	57	138	112	245	39
	新第三紀	2,679	2,586	2,525	61	94	110	55	51
	第四紀	126*	126	124	2	9	1	1	1
	化石種總數	14,476	11,844	9,860	1,984	1,325	908	1,838	255
	現生種	107,000		104,000	3,000	4,200	6,100	20,000	15,000

9) Hitchcock's Elementary Geology (1873), P. 358.

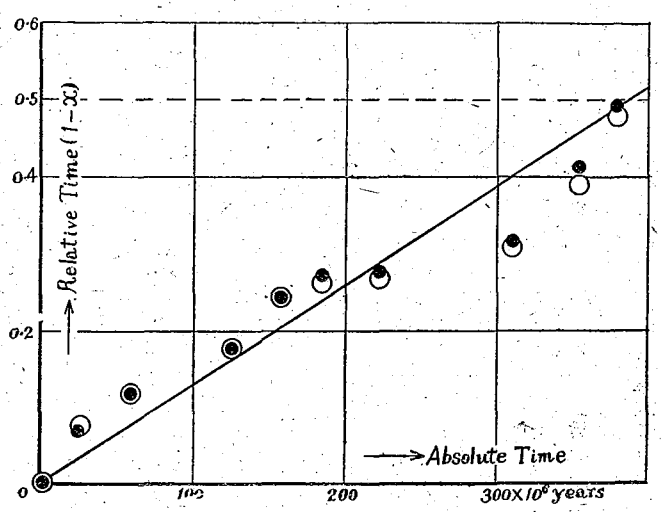
10) 大島廣，岡田彌一郎監輯： 系統動物學 I (昭和 18年)，56 頁.

第 II 表　各地質時代に於ける主要な海棲動物の N_t の値及 $(1-x)$ の計算値

地質時代	主要海棲動物	軟體動物（舊）(Woodward) N_t	軟體動物（舊）(Woodward) $(1-x)$	軟體動物（舊）(Juke) N_t	軟體動物（舊）(Juke) $(1-x)$	軟體動物(新) N_t	軟體動物(新) $(1-x)$	擬軟體動物 N_t	擬軟體動物 $(1-x)$	棘皮動物 N_t	棘皮動物 $(1-x)$	珊瑚類 N_t	珊瑚類 $(1-x)$	魚類 N_t	魚類 $(1-x)$	甲殼類 N_t	甲殼類 $(1-x)$	北米合衆國の地球年齡委員會による年齡 $\times 10^6$(年)
舊古生代	カンブリア紀	362	0.481	(2)	—	—	—	(2)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	448
	オルドビジア紀			302	0.479	125	0.550	177	0.500	46	0.612	25	0.619	—	—	—	—	381
	シルリア紀	679	0.413	723	0.390	255	0.477	468	0.345	94	0.516	108	0.418	(3)	—	(2)	—	354
新古生代	デボン紀	1714	0.317	1545	0.306	849	0.352	696	0.281	128	0.468	235	0.302	142	0.388	24	0.408	309
	石炭紀	2549	0.275	2227	0.266	1293	0.307	934	0.225	285	0.348	344	0.241	342	0.272	36	0.362	223
	二疊紀	2623	0.271	2336	0.260	1355	0.300	981	0.213	286	0.347	348	0.238	376	0.258	46	0.329	185
中生代	三疊紀	3336	0.242	2718	0.242	1702	0.279	1016	0.205	330	0.322	359	0.234	448	0.233	54	0.303	157
	ジュラ紀 下	4838	0.200	4892	0.177	3656	0.186	1236	0.166	663	0.201	509	0.172	864	0.128	100	0.209	125
	ジュラ紀 上	6104	0.175															
	白堊紀 下	6888	0.159	7321	0.118	5457	0.135	1864	0.052	1084	0.093	685	0.109	1084	0.088	164	0.133	60
	白堊紀 上	9035	0.117															
新生代	古第三紀	11671	0.071	9132	0.077	7211	0.085	1921	0.025	1222	0.055	797	0.074	1329	0.025	203	0.088	26
	新第三紀	14350	0.004	11718	0.006	9736	0.009	1982	0.003	1316	0.006	907	0.002	1384	0.002	254	0.005	2
	第四紀	14476	0.000	11844	0.000	9860	0.000	1984	0.000	1325	0.000	908	0.000	1385	0.000	255	0.000	0
	Q	107,000		107,000		104,000		3,000		4,200		6,100		20,000		15,500		
	K	11.58		11.58		11.55		8.01		8.34		8.716		9.90		9.65		
	λ	1.714		1.401		1.198		5.98		2.96		1.447		0.753		0.175		
	類發生の年數 t_0 (年)	742×10^6				681×10^6		908×10^6		633×10^6		754×10^6		758×10^6		682×10^6		

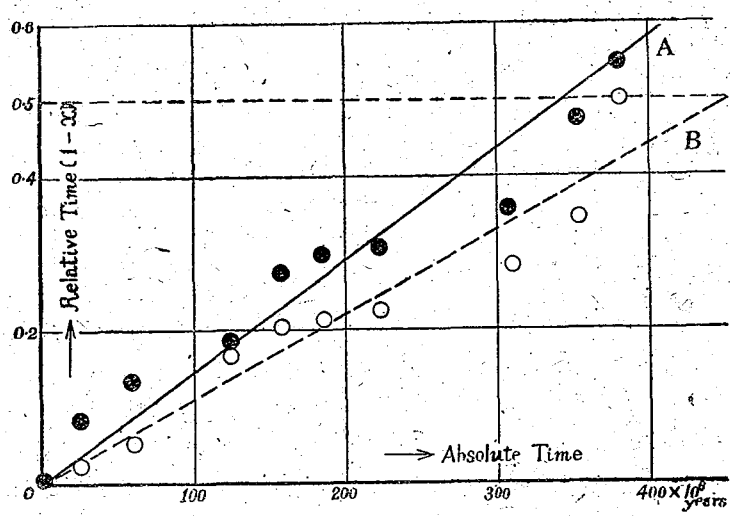
類を併せたものを擬軟體動物 (*Prosopygii*) として別々に計算を行つた. 又軟體動物 (舊) に就ては別に Woodward (1890) が其の後纒めたものがあり, 化石種の數が增加してゐるのでこれも比較のため採用して計算した. 又甲殼類の中三葉蟲類 (*Trilobites*) は現在全く絶滅して居り (i) の假定に明らかに反するので此の種數を差引いた.

第 I 表によれば各紀別の化石種數の積算は化石種總數と全く一致し, 各紀に於ける種は互に重複してゐないことが判るから, その類發生から任意の紀までの化石種の總數 N_t を求め第 II 表に示した. 次に現生種の數 Q (第 I 表) から K の値を求め, N_{t_0} の値と K の値とから λ の値を求め, N_t の値から $(1-x)$ を圖上で計算して此等の値も第 II 表に示した. 但し N_t の値が 5 以下の場合は (14) 式の省略の假定に反するから, これは採用しないことにした.



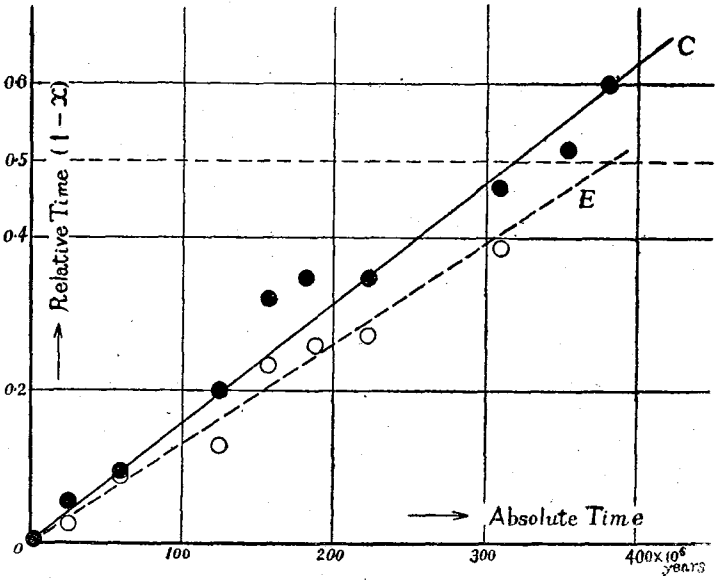
第 3 圖 軟體動物 (舊) (Juke-白丸, Woodward-黑丸) による地質時代の相對時 $(1-x)$ の値と放射能鑛物の方法で求められた絶對時との比較

斯くして得られた $(1-x)$ の値は現在から其の動物の類が發生した時までの年數を 1 とした場合に於ける地質時代の各紀の終期の年數を示す數字である. 此の研究の假定と資料とが大體正しいものならば $(1-x)$ の値と此等各紀の終りの年齡との間には比例關係が存在する筈である. これを確かめるために各地質時代の年齡として, 放射能鑛物の方法から求められた値を綜合して得られた北米合衆國學術研究會議地球年齡委員會の値[11] (第 II 表に示す) を用ひて, これを横軸にとり, 縱軸にはこれに對應する各動物の $(1-x)$ の値をとつ

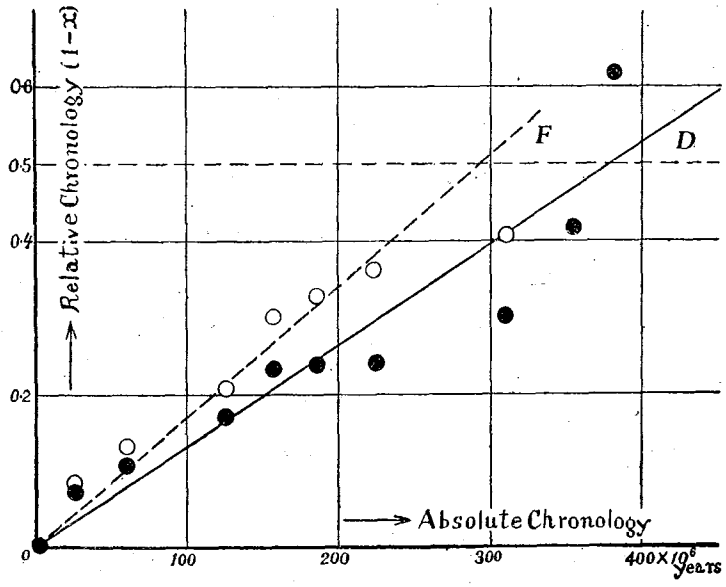


第 4 圖 軟體動物 (新) (黑丸), 擬軟體動物 (白丸) による地質時代の相對時 $(1-x)$ の値と放射能鑛物に依る絶對時との比較

11) 5) に同じ.



第 5 圖　棘皮動物（黑丸），魚類（白丸）による地質時代の相對時 $(1-x)$ の値と放射能鑛物の方法による絕對時との比較



第 6 圖　珊瑚類（黑丸），甲殼類（白丸）による地質時代の相對時 $(1-x)$ の値と放射能鑛物の方法による絕對時との比較

て點を plot した．其の結果は第 3 圖～第 6 圖に示した樣に，其の關係は近似的には何れも原點を通る直線で表はされることが判つた．卽ち此の方法の假定が近似的には正しいことを示すものと思はれる．軟體動物（舊）に就ては前に述べた如く化石種の數を Juke 及 Woodward 兩氏が別々に調査したものがあり，その數が後者に於て多少增加してゐるので第 3 圖には前者による $(1-x)$ の計算値を白丸で後者の値を黑丸で示した．其の結果は兩者の値は殆んど一致して居り，化石種の數が將來增加しても第 II 表に示した如く λ の値は變化するが，$(1-x)$ の値には影響しないことが推定せられるのである．$x=0$ が其の動物發生の時であるから，第 3 圖～第 6 圖に於てこの直線の延長が $(1-x)=1$ の線を切る點の橫座標の値が其の動物發生の年を示すことになる．斯くして種々の動物の發生の年を求めてみると第 II 表の最下欄に示した如くなる．卽ち，現在から 6～9 億年前に此等の動物は發生したことになる．古生代の初めは現在より凡そ 5 億 5 千萬年以前に當るから此等の動物は古生代を遡ること 5 千萬年～3 億 5 千萬年の昔には旣に棲息してゐたことになる．動物學は此等の動物發生以前に原生動物（*Protozoa*）がゐたことを示してゐるから，動物の發生はもう少し以前のことであつたであらう．序言に述べた如く原生代に於ても動

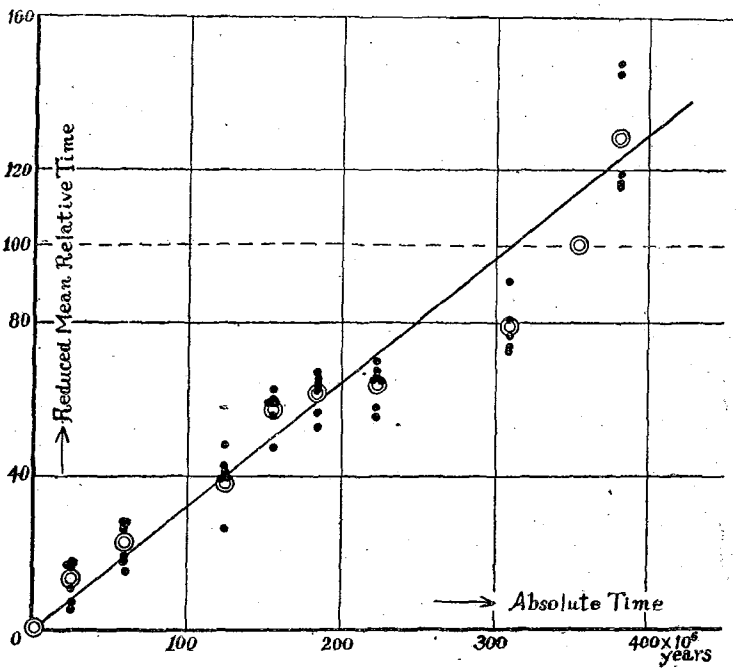
物棲息の直接間接の證據はあるとしても，魚類の如き脊椎動物すら發生してゐたと云ふ結果は今日まで知られてゐる事實とは合致しない樣に思はれるが，計算の假定に缺點があるためか，化石の材料の不充分に因るのか此の檢討は將來の研究に讓り，此處には只計算の結果をありのまゝに記して專門家の御批評を乞ふ次第である．

次に第II表に於て各地質時代の相對時を示す $(1-x)$ の値は其の動物毎に時計の單位が異つてゐるので其の儘では比較が出來ない．從つてこれを1つの時の單位に換算する必要がある．このために便宜上舊古生代と新古生代との堺が現在より100に當るとして各動物に就て $(1-x)$ の値をこれに換算して第III表に示した．魚類甲殼類に就ては舊古生代との堺を示す $(1-x)$ の値がないので，第III表に示した軟體，擬軟體，棘皮，珊瑚の諸動物に就てデボン紀と石炭紀との堺についての換算値の平均値（舊軟體 Juke の値は重複するので省いた）79.0を求め，これに換算して第III表に掲げた．斯くして得られた各動物の換算値を時代毎に比較してみると大體に於て一致した値を示すことが判る．卽ち，異つた動物に就て求められた相對時が大體一致するのであつて，これも亦此の方法が近似的には正しいことを示すものと思はれる．此等の相對時の各紀毎の平均値（軟體舊 Juke の値は重複のため除く）を示せば第III表の通りであつて，新古生代の初めを100とすれば新生代の初めは22.8，中生代の初めは61.5，後島紀（シルリア紀）の初めは128.7に當る．又各紀の繼續時間も求めて表示した．

第 III 表　現在よりデボン紀の初めまでの年數を100とせるときの各地質時代の相對年齡（現在より各紀の終期までの時間）

地質時代	主要な海棲動物	軟體動物（舊）(Woodward)	軟體動物（舊）(Juke)	軟體動物（新）	擬軟體動物	棘皮動物	珊瑚類	魚類	甲殼類	平均相對時	各紀の相對的繼續時間		絕對時への換算値 ×10⁶（年）	各紀の繼續時間 ×10⁶（年）	
舊古生代	カンブリア紀	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		—	—	
	オルドビシア紀	116.5	123.0	115.3	145.0	118.7	148.0	—	—	128.7	—		398	—	
	シルリア紀	**100.0**	**100.0**	**100.0**	**100.0**	**100.0**	**100.0**	—	—	**100.0**	28.7		309	89	
新古生代	デボン紀	76.7	78.5	73.8	81.4	90.7	72.3	79.0	**79.0**	**79.0**	21.0		244	65	
	石炭紀	66.6	68.2	63.6	65.2	67.5	57.7	55.4	70.0	63.7	15.3	38.5	197	47	119
	二疊紀	65.6	66.7	62.9	61.7	67.3	57.0	52.6	63.7	61.5	2.2		190	7	
中生代	三疊紀	58.6	62.0	58.5	59.4	62.5	56.0	47.5	58.7	57.3	4.2		177	13	
	ジュラ紀 下	48.4	45.4	39.0	48.1	39.0	41.2	26.1	40.4	38.0	19.3	38.7	117	60	120
	ジュラ紀 上	42.4													
	白堊紀 下	38.5	30.3	28.3	15.1	18.0	26.1	17.9	25.7	22.8	15.2		70	47	
	白堊紀 上	28.3													
新生代	舊第三紀	17.2	19.8	17.8	7.3	10.7	17.7	5.1	17.0	13.3	9.5		41	29	
	新第三紀	1.0	1.5	1.9	0.9	1.2	0.5	0.4	1.0	1.0	12.3	22.8	3	38	70
	第四紀	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0		0	3	

第7圖には第III表の換算相對時を縱軸にとり，横軸にはそれに對應する前述の地球年齢委員會の値をとつて，各動物の値を黑點で同時に記入し，平均値は二重丸で示した．兩者の關係が原點を通る直線で近似的に示されることは前に述べた場合と同樣であるが，平均値が直線から外れるものはその個々の値も概して一方に偏して同じ傾向を示すことが窺はれる．異つた動物について異つた時間の物指から換算された値にこの樣な偏差があることはこの解析に用ひられた假定が不都合なのではなく，寧ろこれは材料として用ひた化石種の數の調査が時代毎に多少むらがあるのか，地球年齢委員會の値にも多少の誤差が含まれてゐるかに困るものと思はれる．直線が $(1-x)$ の100を切る點の横軸の値は 309×10^6 年であるので，これを用ひて第III表の各時代の相對時及相對的繼續時間の平均値を絶對時に直して參考までに第III表の最後に示して置いた．この繼續時間の値を地球年齢委員會の値と比較すれば白堊紀二疊紀石炭紀が短かく，朱羅紀泥盆紀が長くなつてゐる．



第7圖　換算した相對時（黑點）及びその平均値（二重丸）と放射能鑛物の方法による絶對時との比較

IV. 結　　語

地質時代の相對時を近似的に求める一方法として筆者は一類に屬する海棲動物の化石種の數の時間的分布を用ひることを試めた．此の爲に動物の種の時間的增加や海棲動物を含む地層の陸化に關し簡單な而かも極めて大膽な假定をもうけて計算を行つた．此の方法では動物の一類毎に一組の結果が得られる利點がある．此の報告では軟體動物，擬軟體動物，棘皮動物，珊瑚類，甲殼類，魚類に就て研究を行つたが，其の結果は第II表，第III表に示した．此等の結果を比較してみると大體一致した結果が得られて居り，又其の結果を放射能鑛物の方法により求められた結果と比較しても可成り一致した結果が得られた．卽ち，近似的には假定が實際にも略ゝ成立つてゐることを示してゐる樣に思ふ．又此の方法では動物の類の發生の時期も第II

表に掲げた如く副產物として求められ，海棲動物の主要な類は皆原生代の中期又は末期に既に發生してゐたと云ふ結果が得られた.

只今日世界中の各地質時代を通じて總括的に化石種の數の調査は未だ充分ゆきとゞいてゐない恨みがあり，現生種の數にも未だ不明瞭な點がある樣に思はれる. 從つて將來此等の値が明確に計測された曉に尙充分に再檢討する必要がある. 又本報告に於ては陸棲動物に就て全然論じなかつた. これは陸棲動物の遺骸が化石として殘るための條件が可成り複雜で，且化石として殘る確率は可成り小で材料が充分でないことと，又その發生が比較的新しいので地質時代全般の相對時決定にはあまり役立たないと考へられたからである. 海棲動物と同樣に將來充分な材料が得られるならば，これに就ても研究を進め度いと考へてゐる.

筆者は地質學や生物學には門外漢であり，以上に論じた所も專門家の眼から見れば矛盾した點も少くないと思ふ. 現在までに化石の種などについて定量的な取扱ひをした試みのあることを聞かないので，以上の樣な1つの試みを行つたのであつてこの拙劣な報告が此の方面の定量的研究の捨石とでもなり得ればと考へて敢えて公表した次第である. 御叱正を賜れば幸である.

---

3. *An Approximate Estimation for Relative Durations of the Geological Ages by Numbers of Fossil Species.*

By Takaharu FUKUTOMI

(Department of Physics, Faculty of Science)

The writer tried to estimate approximately the relative durations of the geological ages by the numbers of good-conservant fossil species of a marine animal. He discussed theoretically the relation between the numbers of fossil species and crustal changes, and on the time distribution of the numbers of species of the animal. Then, he obtained approximately the following equations.

$$N_t=\lambda\left\{e^{Kx}\left(1-x+\frac{1}{K}\right)-\left(1+\frac{1}{K}\right)\right\}$$

$$N_{t_0}=\lambda\left\{e^{K}\frac{1}{K}-\left(1+\frac{1}{K}\right)\right\}$$

where N_t, N_{t_0} the total numbers of fossil species in time interval t, t_0 respectively, and t, t_0 the time intervals from the origination of the animal to any geological age and till present, $x=\frac{t}{t_0}$, λ the constant, $K=\log_e Q$, Q the total numbers of living species of the

animal. Then if we know Q, N_{t_0}, N_t, we can get x from the equations. Now knowing the values of x in every geological ages, it may be possible to estimate their relative durations. The writer applied this method for *Mollusca*, *Echinodermata*, *Fishes*, *Crustacea*, *Actinozoa*, etc., and got the results agreeable in each other and also in agreement relatively with the absolute durations obtained by Joly and others by the method of radioactive minerals.