Bulletin of the Mizunami Fossil Museum, no. 40 (2014), p. 79–93, 16 figs., 2 tables.
© 2014, Mizunami Fossil Museum

北海道勇払油・ガス田および周辺坑井における“滝の上層”のフィッション・トラック年代

加藤 進*・佐藤雅紀**

*㈱地球科学総合研究所
**石油資源開発㈱国内事業本部探鉱部

Fission-track ages of the subsurface “ Takinoue Formation” in and around the Yufutsu oil and gas field, Hokkaido, Japan

Susumu Kato* and Masanori Sato**

*JGI, Inc.
*Japan Petroleum Exploration Co. Ltd.

Abstract

Fission-track dating was performed for 10 samples from the “Takinoue Formation” in eight exploration wells, located in and around the Yufutsu oil and gas field, Hokkaido, Japan. After a detailed analysis of single-grain ages of each sample using age-frequency histograms, age spectra, and radial plots, reliable fission-track ages were obtained for eight samples, summaried as follows.

T1 facies: 15.5±1.2 Ma (Shiraoi oki@-1)

T2 facies: 19.8±1.1 Ma (Kyowa SK-1), 21.5±1.2 Ma (Nishi umaoi SK-3 @1586 m)

T3 facies

1) Young group: 24.4±1.6 Ma, 23.4±1.7 Ma (Abira SK-1 @2480 m, @4504.93 m)
26.4±1.7 Ma (Abuma horonai SK-1)

2) Old group: 36.2±1.8 Ma (Nishi umaoi SK-3 @3520 m), 37.0±1.5 Ma (Bibi SK-1)

The depositional age of the T1 facies is estimated to be 16–14 Ma based on its K-Ar ages, both Sr and Nd isotope ratios in andesites, and microfosssils in overlying and underlying formations.

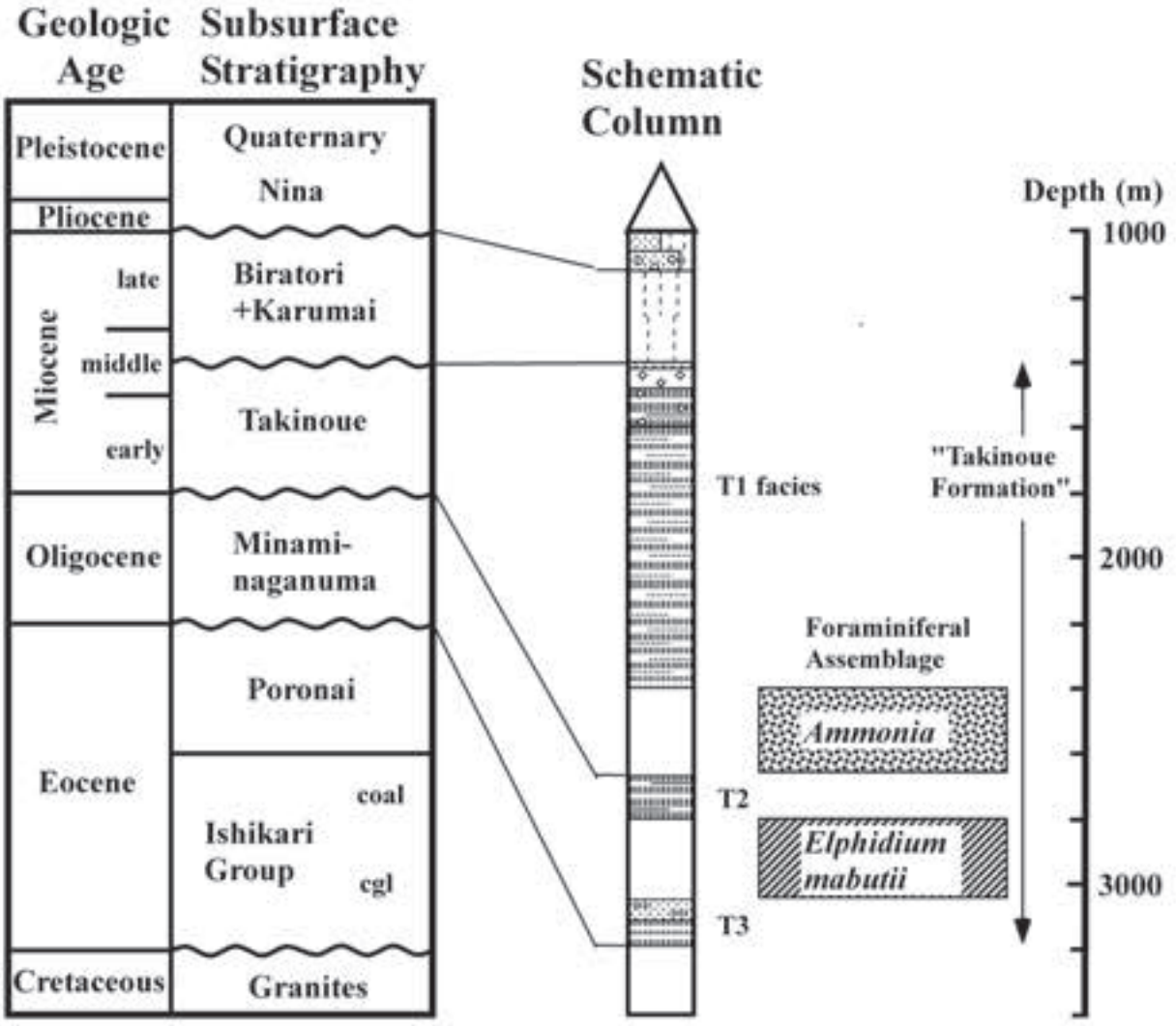
Two reliable fission-track ages of the T2 facies, which corresponds to the Takinoue Formation, indicate the need to reconsider the boundary between the Takinoue and Minami-naganuma Formations because the T2 facies belongs to the Minami-naganuma Formation as defined by Kurita and Yokoi (2000).

The depositional age of the Minami-naganuma Formation is inferred to be 26–23 Ma based on the young group fission-track ages of the T3 facies and the youngest Sr age (23.4±0.7 Ma) of the *Elphidium mabutii* assemblage. The old group fission-track ages of the T3 facies are Eocene and correspond to the Poronai Formation and the Ishikari Group.

Key words: fission-track age, K-Ar age, Sr age, Takinoue Formation, Minami-naganuma Formation, T1 facies, Yufutsu field

1. はじめに

北海道では，昭和 30 年以降石油資源開発㈱が石油探鉱作業を実施してきたが，目ぼしい成果が得られず，昭和 37 年に探鉱作業を中断した．しかし，昭和 45 年度から始まった国の「国内石油及び可燃性天然ガス開発計画」第 4 次 5 ヵ年計画で新地域（北海道・九州）の探鉱を促進する方針が打ち出され，空知，天北，石狩–日高の 3 地域を最優先地域として北海道における石油探鉱が再開された．石狩–日高地域では，基礎試錐「空知」に次いで，基礎試錐「南幌」でも基盤岩類（白亜紀前期隈根尻層群）を確認した（矢口ほか，1997）．引き続き，石油資源開発㈱が大深度の試掘井を掘削し，始新統～中部中新統の地下地質デー



第 1 図．勇払油・ガス田の坑井層序．
Fig. 1. Subsurface stratigraphy of the Yufutsu oil and gas field.

タが急増した．特に，厚く発達した火山岩および火山砕屑岩類は貯留岩となり得ることから注目され，それらの層序・対比が検討された（例えば，藤岡・佐賀，1980; 藤岡，1982）．これらの地層は夕張〜日高地域の地表に分布する滝の上層とは岩相・含有微化石とも大きく異なる部分があったが，昭和 50 年代以降は“滝の上層”として一括に取り扱われた．

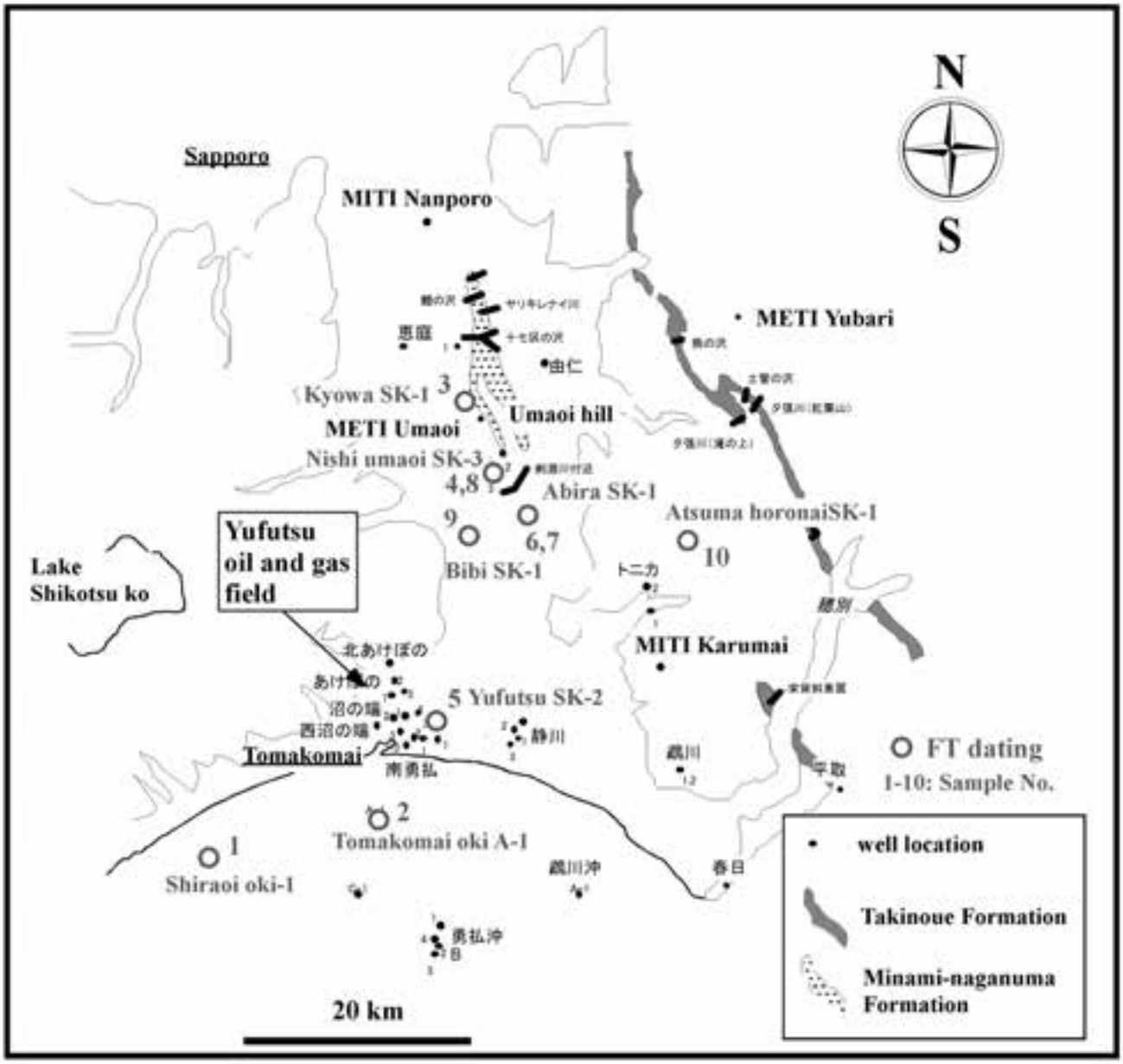
昭和 63 年度に掘削された南勇払 SK-1 は石狩層群礫岩層から産油・産ガスに成功して，勇払油・ガス田が発見された．本油・ガス田は古第三系以下の層準がつくる南北性ホルスト構造に位置しており，深度 3,800~4,900 m に分布する白亜紀花崗岩類と石狩層群礫岩層がフラクチャー型貯留層を形成している（国安ほか，2004）．

勇払油・ガス田の開発が進むにつれ，“滝の上層”最上部とされる T1 層に油層が発見され，“滝の上層”の層序の検討は貯留岩の分布や構造発達史を考える上で不可欠となってきた．それまで継続的に行われてきた馬追丘陵などの周辺地表地質調査や各種の微化石調査の他に，堆積学的視点や渦鞭毛藻化石調査を新たに加え，さらにフィッション・トラック（FT）年代測定なども積極的に実施された．その結果，“滝の上層”が中部〜下部中新統と上部漸新統の 2 つの地層から構成されていることが明らかになり，前者を滝の上層，後者を新たに提唱した南長沼層として記載された（栗田ほか，1997; 栗田・横井，2000）．

FT 年代測定結果については，一部の年代値のみが公表されているが，その詳細については公表されていない．今回，㈱京都フィッション・トラックの協力を得て，坑井試料の FT 年代測定結果について詳細に検討したので，報告する．

2. 層序

勇払油・ガス田の坑井層序を第 1 図に示す．基盤は深度 4,100 m 以深に分布しており，約 100 Ma の放射年代を示す白亜紀花崗岩類からなる（石油資源開発札幌鉱業所勇払研究グループほか，1992）．最上部には風化帯を伴うが，花崗岩類は一般に比較的新鮮で多くのフラクチャーが発達している（国安ほか，2004）．その上位には不整合で始新世の石狩層群と幌内層が載っている．石狩層群の下部は河川成の礫岩や砂岩からなる礫岩層であり，



第 2 図．勇払油・ガス田および坑井位置図と滝の上層および南長沼層の分布．
Fig. 2. Index map showing the locations of the Yufutsu oil and gas field and wells, together with the distribution of the Takinoue and Minami-naganuma Formations.

200〜300 m の層厚を有する．本層中の凝灰岩は約 40 Ma の FT 年代を示す．上部は泥岩，凝灰岩，砂岩および石炭の互層からなる夾炭層であり，層厚は 300〜600 m である．幌内層は頁岩，シルト質泥岩およびシルト岩やそれらの互層を主体とする．これらの地層はホルスト構造を形成している（栗田・横井，2000）．

後期漸新世の南長沼層は下位から，凝灰質砂岩，凝灰角礫岩，アルコース質砂岩などの粗粒砕屑岩（T3 層），塊状シルト岩，シルト質〜砂質凝灰岩（T2 層）からなり，1 回の海進・海退で形成された浅海成〜非海成の地層と考えられている（栗田・横井，2000）．層厚は約 200〜700 m である．シルト岩は *Elphidium mabutii* を特徴的に多く含む有孔虫化石群集（*Elphidium mabutii* 群集）を産出する．

滝の上層は主に玄武岩質の火山性堆積物（T1 層）からなり，その層厚は分布の中央で厚く（最大約 1,000 m），周囲に向かって薄化しており，全体としてマウンド状の立体形態を成す（栗田・横井，2000）．下部には塊状シルト岩が発達し，*Ammonia* spp. の多産で特徴づけられる有孔虫化石群集（*Ammonia* 群集）が産出する．

本油・ガス田とその周辺では，振老層を欠いて平取+軽舞層以上の層準が T1 層にオンラップしている（栗田・横井，2000）．

3. 試料および測定方法

第 2 図に示す 8 坑井から採取したコア 6 試料，カッティング

第1表．フィッション・トラック年代測定試料一覧．
Table 1. List of samples used for fission-track dating and analytical results.

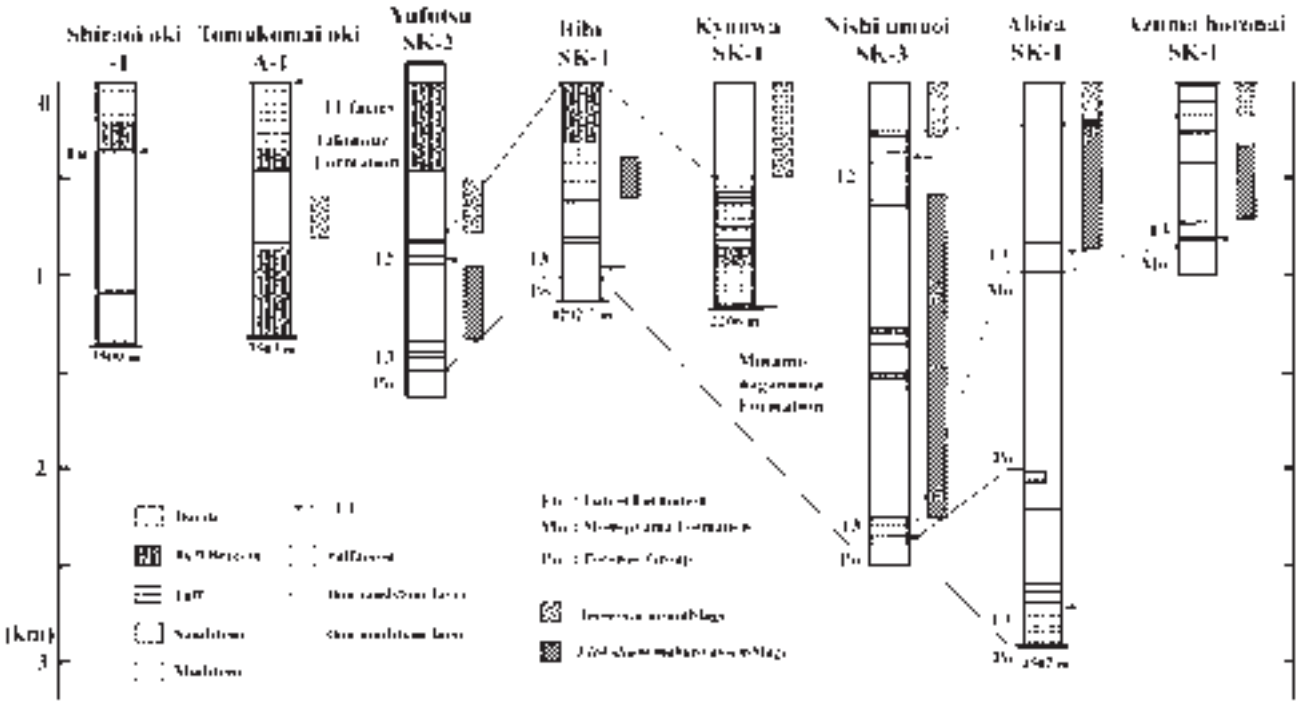
No.	Well Name	Depth (m)	Type	Horizon	Lithology	Number/ sample, kg	Essential (%)	Anneling	Age (Ma)	Number of grains	Citation
1	Shiraoi oki-1	2,507.7	core	T1？	Dacite	300/0.15	100	○	18.4±1.2	30/30	
2	Tomakomai oki A-1	2,161	core	T1	Tuff	300/0.15	40	×	20.0±1.4	29/29	
3	Kyowa SK-1	2,200	core	T2	andesitic Tuff Breccia	300/0.5	60	×	21.2±1.1	30/30	2)
4	Nishi umaoi SK-3	1,586	core	T2	Tuff	500/0.3	90	○	21.5±1.2	29/30	
5	Yufutsu SK-2	2,703.8	core	T2	pumiceous Tuf	300/0.15	100	○	29.2±1.6	30/30	
6	Abira SK-1	2,480	CT	T3	Tuff	1000/0.2	30	×	26.5±1.7	27/30	
7	Abira SK-1	4,304.93	core	T3	dacitic Tuff Breccia	2000/0.3	40	×	24.6±1.7	21/30	
8	Nishi umaoi SK-3	3,520	CT	T3	Sandstone	1000/0.25	80	○	36.2±1.8	30/30	
9	Bibi SK-1	4,120	CT	T3	Sandstone	1000/0.25	90	○	37.0±1.5	26/30	
10	Atsuma horonai SK-1	3,030	CT	T3	Tuff Breccia	400/0.2	40	×	27.4±1.7	24/30	1)

CT : cuttings

○ : yes, × : no

1) Kurita *et al*. (1997)

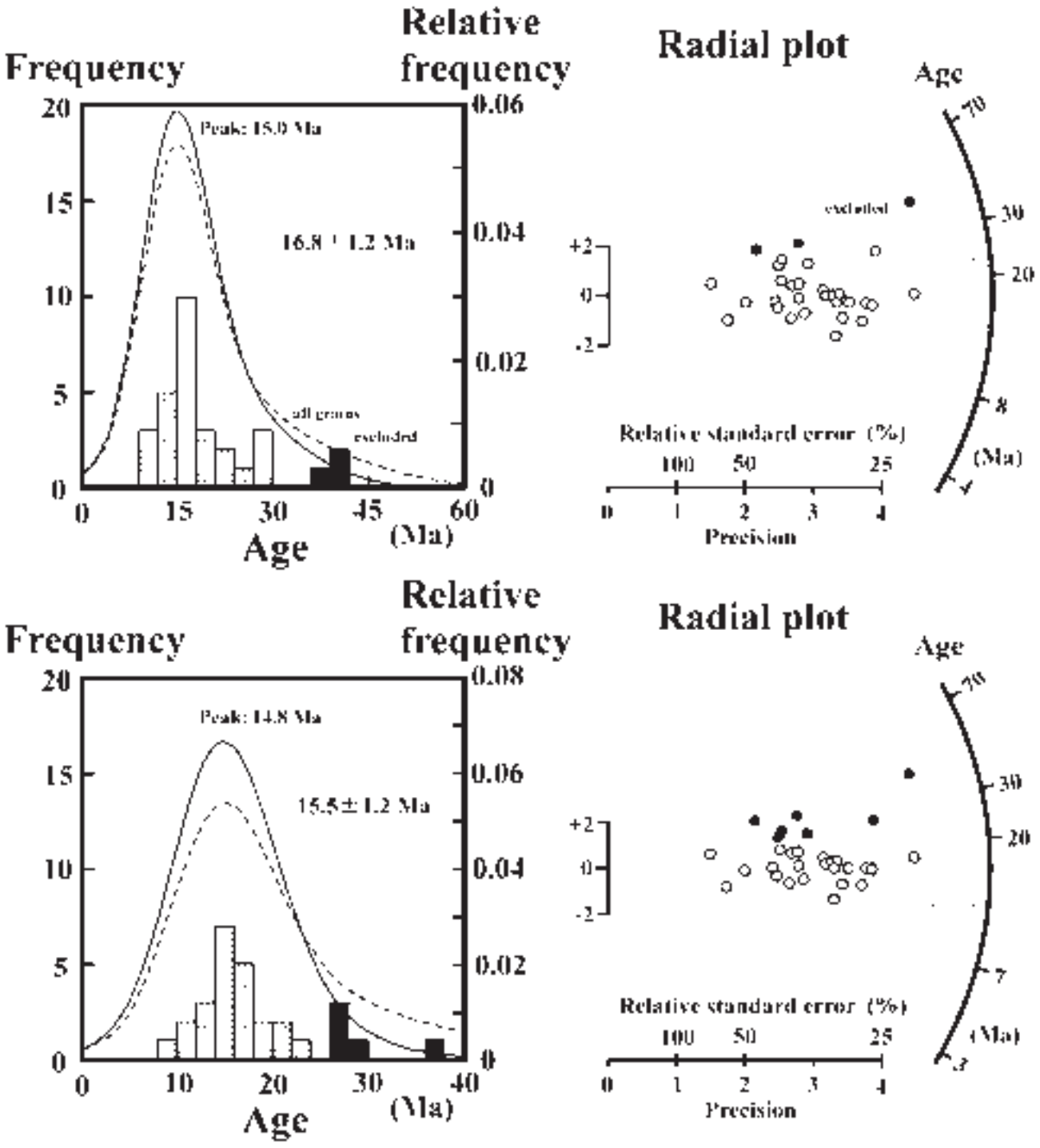
2) Kurita *et al*. (1998)



第3図．坑井柱状図と試料採取層準．
Fig. 3. Columnar sections of wells showing depths of samples used for fission-track dating.

ス4試料の計10試料（第1表）をFT年代測定に供した．8坑井の簡略化した岩相柱状図と有孔虫化石群集の産出区間を第3図に示す．

白老沖−1の試料は振老層に対比されているデイサイト（藤岡，1982）である．苫小牧沖A-1の試料は軽石質デイサイト質凝灰岩であり，藤岡（1982）は振老層としているが，下位に *Ammonia* 群集からなる有孔虫化石を産出する泥岩が発達していることから，T1層に対比される．協和SK-1の試料は掘止付近で採取された安山岩質凝角灰礫岩であり，上位に *Ammonia* 群集を産出する泥岩が発達していることから，T2層に対比される．西馬追SK-3の深度1,586 mと勇払SK-2の試料は上位に *Ammonia* 群集を，下位に *Elphidium mabutii* 群集を産出する泥岩が発達していることから，T2層に対比される．安平SK-1の深度2,480 m，西馬追SK-3の深度3,520 m，美々SK-1および厚真幌内SK-1の試料はいずれも上位の泥岩で *Elphidium mabutii* 群集の産出が確認されていることから，T3層に対比される．安平SK-1



第 4 図．白老沖−1 の解析図.

Fig. 4. Age-frequency histogram (left) with age spectra (curves presented in relative frequency) and radial plot (right; Galbraith, 1990) for fission-track data obtained from the Shiraoi oki -1 well sample.

では，深度 3,604 m に剣淵スラストが確認されており（藤岡，1982），深度 4,304.93 m の試料は下盤の T3 層に対比される．以上述べたことを整理すると，測定試料は振老層に 1 試料，滝の上層の T1 層に 1 試料，南長沼層の T2 層に 3 試料，残り 5 試料が T3 層に対比される．

FT 年代測定は㈱京都フィッション・トラックに外注した．測定は立教大学原子炉（TRIGA MARK II）を用いて，zeta 較正による外部ディテクター法（檀原，1995）で実施された．測定はすべて結晶外部面（ED 2）を使用した．

いずれの試料も十分な量のジルコン結晶を含んでおり，色，透明度，自形性などから定性的に見積もった本質結晶の割合（檀原，1995）は 30〜100% である（第 1 表）．また，トラック長の

短縮が一部の試料に認められるが，本質結晶の割合が低い試料には短縮が認められない．

4. 測定結果の検討

外注報告書に記載された年代値を第 1 表に示す．

㈱京都フィッション・トラックに依頼して，各試料について解析図（檀原ほか，2004: 年代ヒストグラム，年代スペクトル，ラディアルプロットなどの 6 つの図からなる）を新たに作成してもらった．年代ヒストグラム，年代スペクトルおよびラディアルプロットを用いて異質粒子の認定を行い，異質粒子を除いて FT 年代の再計算を行った．その結果を第 2 表に示す．以下に試料毎に検討結果を述べる．

1)白老沖-1@2507.7 m: 年代ヒストグラムでは 30 Ma より古い 3 粒子がやや離れており，年代スペクトルでも古い年代への張り出しが認められる（第 4 図上）ことから，30 Ma より古い 3 粒子を異質粒子として取り除いた．しかし，年代スペクトルでも古い年代への張り出しがまだ認められるので，さらに 30〜28 Ma の 4 粒子を加えた 7 粒子を除くと年代スペクトルは非常に良い形となり（第 4 図下），ピーク年代値（14.8 Ma）も誤差の範囲内にあり，信頼性の高い年代値と判断される．

2) 苫小牧沖 A-1@2,161 m: 35〜8 Ma の比較的狭い範囲の粒子年代を示し，χ^2 検定にも合格しているが，年代スペクトルは幅広でピークの相対頻度も低い（第 5 図）．10 Ma 付近に熱イベントが認められ，Brandon（2002）で解析すると，9 Ma と 21 Ma のピーク年代値が得られた．年代測定試料としては不適格と判断される．

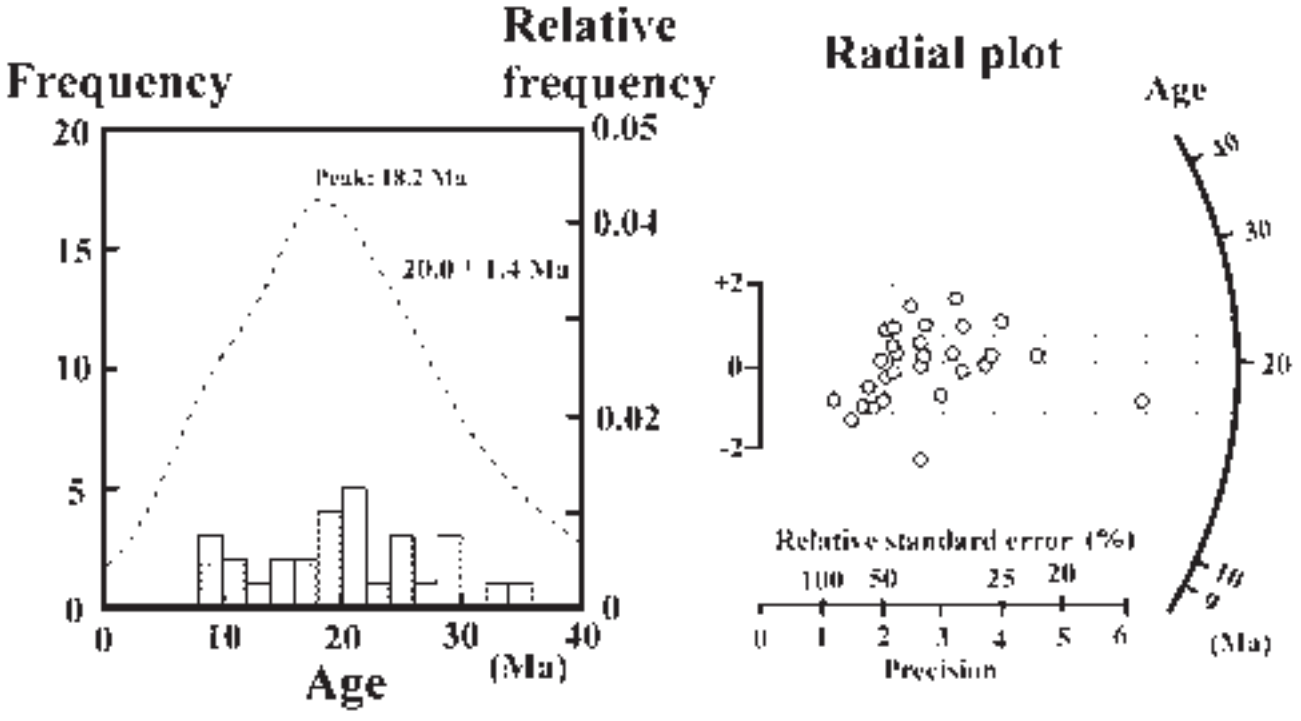
3)協和 SK-1@2,200 m: 年代ヒストグラムでは 30 Ma より古い 2 粒子がやや離れており，年代スペクトルでも古い年代への張り出しが認められることから，この 2 粒子を異質粒子として除いた．しかし，まだ古い年代への張り出しが認められることから，さらに 29 Ma より古い 3 粒子を除くと，年代スペクトルの形は非常に良くなり（第 6 図），ピーク年代値（18.9 Ma）も誤差範囲内にあり，信頼性の高い年代値と判断される．

4）西馬追 SK-3@1,586 m: 年代ヒストグラムではピークが 2 つのように見えるが，年代スペクトルでは古い年代への張り出しが認められるものの，比較的良い形をしている（第 7 図）．明瞭に区別できる 50 Ma より古い 1 粒子を異質粒子として除いて年代値を求めた．

5)勇払 SK-2@2,703.8 m: 粒子年代は 50〜11 Ma と分散しており，χ^2 検定にも失格（5% 未満）している（第 2 表）．年代スペクトルでは 2 つのピークが認められ（第 8 図），年代測定試料としては不適格と判断される．Brandon（2002）で解析すると，18 Ma と 34 Ma のピーク年代値が得られた．

6) 安平 SK-1@2,480 m: 40 Ma より古い 7 粒子（60 Ma より古い 3 粒子を含む）を除くと，非常に良い形の年代スペクトルとなり（第 9 図），ピーク年代値（23.1 Ma）も誤差範囲内にあり，信頼性の高い年代値と判断される．

7）安平 SK-1@4,304.93 m: 容易に区別できる 40 Ma より古い 12 粒子を除くと，年代スペクトルは古い年代へやや張り出し



第 5 図．苫小牧沖 A-1 の解析図．

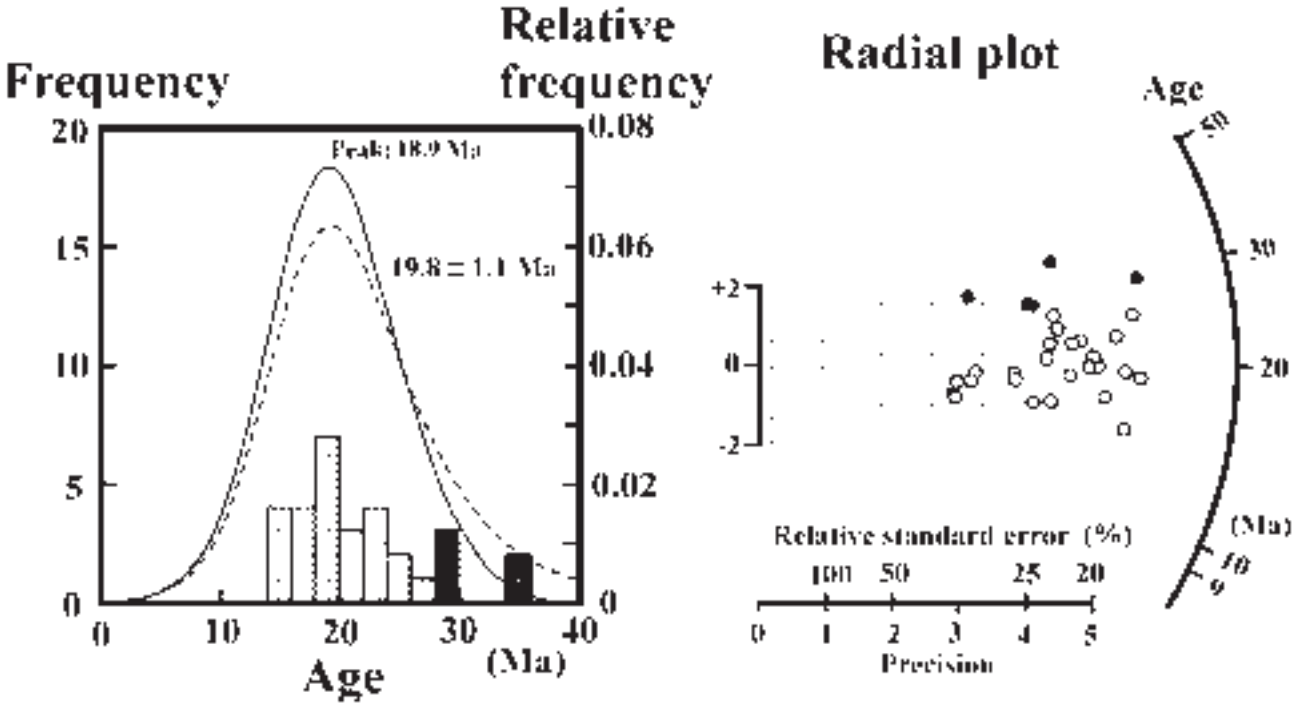
Fig. 5. Age-frequency histogram (left) with age spectra (curves presented in relative frequency) and radial plot (right; Galbraith, 1990) for fission-track data obtained from the Tomakomai oki A-1 well sample.

第 2 表．フィッション･トラック年代測定結果の検討結果.
Table 2. Summary of fission-track ages and reliability ranking for each sample.

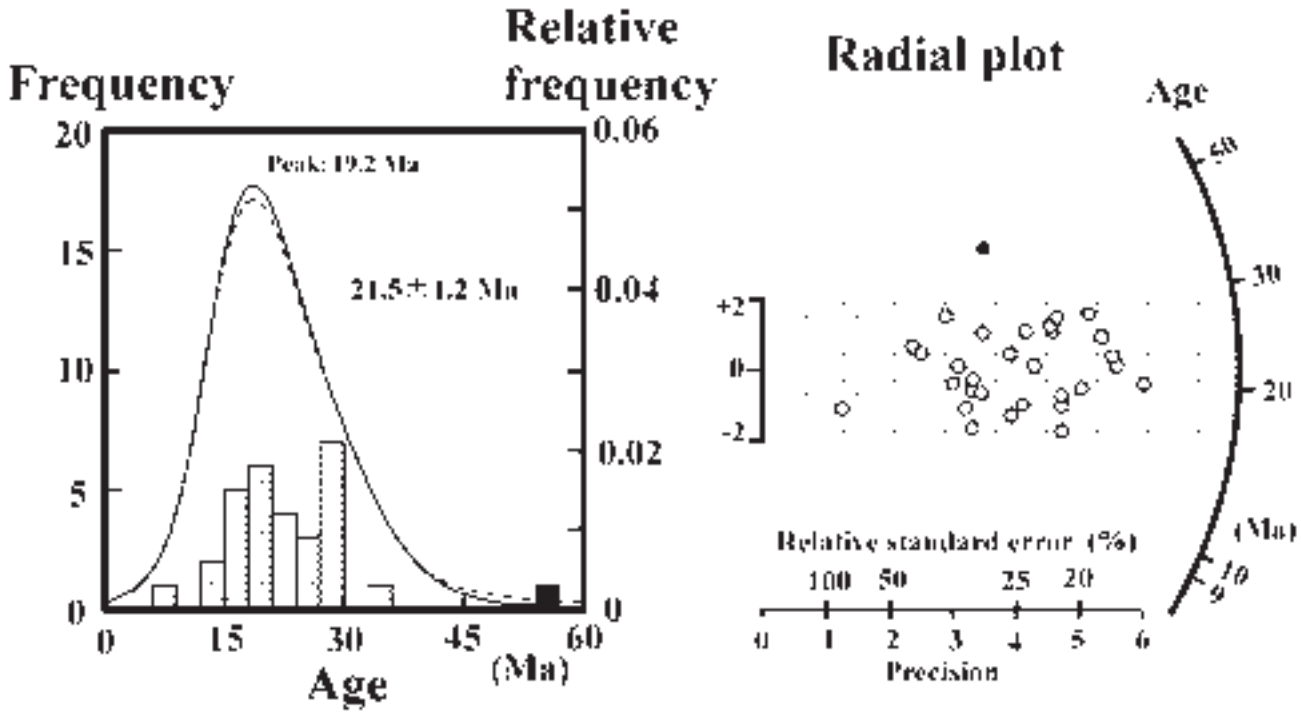
No.	Well name	Depth (m)	Hor.	Meth.	No.	Spontaneous ρ_s ×10^6/cm^2	Spontaneous *Ns*	Induced *ρi* ×10^6/cm^2	Induced *Ni*	Dosimeter *ρd* ×10^4/cm^2	Dosimeter *Nd*	r	P(χ^2)	U (ppm)	Age ±1σ (Ma)	Peak age (Ma)	Rank
1	Shiraoii oki-1	2,507.7	T1？	ED2	23	1.118	334	2.153	643	8.050	1,240	0.914	99	210	15.5±1.2	14.8	◎
					27	1.204	404	2.142	719			0.783	89	210	16.8±1.2	15.0	○
					30	1.287	478	2.086	775			0.624	10	210	18.4±1.2	15.0	
2	Tomakomai oki A-1	2,161	T1	ED2	29	1.095	441	1.641	661	8.059	1,242	0.837	68	160	20.0±1.4	18.2	×
3	Kyowa SK-1	2,200	T2	ED2	25	2.152	867	3.256	1,312	8.079	1,245	0.924	97	320	19.8±1.1	18.9	◎
					28	2.229	997	3.231	1,445			0.879	76	320	20.7±1.1	19.2	○
					30	2.263	1,060	3.198	1,498			0.830	42	310	21.2±1.1	19.2	
4	Nishi umaoi SK-3	1,586	T2	ED2	29	1.829	894	2.577	1,250	8.090	1,246	0.781	44	250	21.5±1.2	19.2	◎
					30	1.850	930	2.525	1,269			0.697	7	250	22.0±1.2	19.2	
5	Yufutsu SK-2	2,703.8	T2	ED2	30	2.285	1,029	2.341	1,054	8.069	1,243	0.543	0	230	29.2±1.6	29.9	×
6	Abira SK-1	2,480	T3	ED2	23	2.368	513	2.913	631	8.067	1,243	0.939	99	290	24.4±1.6	23.1	○
					27	2.194	605	2.481	684			0.836	46	240	26.5±1.7	23.1	
					30	2.353	755	2.294	736			0.683	0	230	30.7±1.9	23.2	
7	Abira SK-1	4,304.93	T3	ED2	18	2.801	426	3.596	547	8.079	1,245	0.826	89	350	23.4±1.7	20.8	○
					30	3.430	858	2.970	742			0.164	0	290	34.7±2.0	21.0	
8	Nishi umaoi SK-3	3,520	T3	ED2	30	3.374	1,503	2.795	1,245	8.090	1,247	0.681	73	270	36.2±1.8	33.1	△
9	Bibi SK-1	4,120	T3	ED2	26	6.376	3,345	5.179	2,717	8.100	1,248	0.779	94	510	37.0±1.5	36.5	◎
					30	6.669	4,150	4.843	3,014			0.345	0	470	41.4±1.6	36.6	
10	Atsuma horonai SK-	3,030	T3	ED2	22	2.965	609	3.340	686	8.018	1,236	0.905	72	330	26.4±1.7	27.7	△
					24	3.029	667	3.292	725			0.852	48	330	27.4±1.7	27.9	
					30	3.395	976	3.016	867			0.615	0	300	33.5±1.9	28.1	

Rank: reliability, ◎ high, ○ medium, △ low
×: unsuitable

Hor.: Horizon, Meth.: Method, ED2: external detecor method applying to external surfaces, No.: Number of grains,
ρ and N: density and total number of counted tracks, respectively, NIST-SRM612 standard glass was used as a dosimeter,
r: correlation coefficient between ρs and ρi, P(χ^2): probability of obtaining the values for ν degrees of freedom (ν=numberof crystals-1) (Galbraith, 1981),
U: uranium content, zircon grains were irradiated at rotary specimen rack in TRIGA II reactor of St. Paul's University, ζ_{ED2}=372±5 (Danhara *et al.*, 1991)

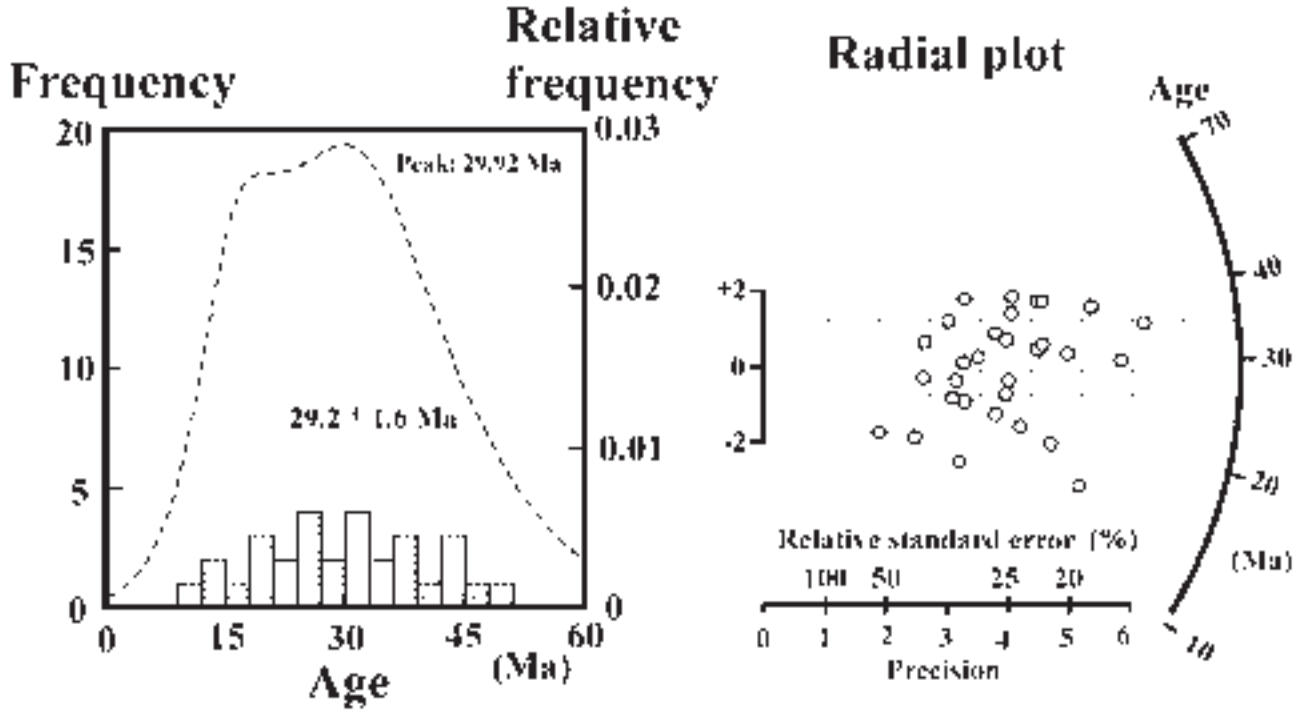


第 6 図．協和 SK-1 の解析図.
Fig. 6. Age-frequency histogram (left) with age spectra (curves presented in relative frequency) and radial plot (right; Galbraith, 1990) for fission-track data obtained from the Kyowa SK-1 well sample.



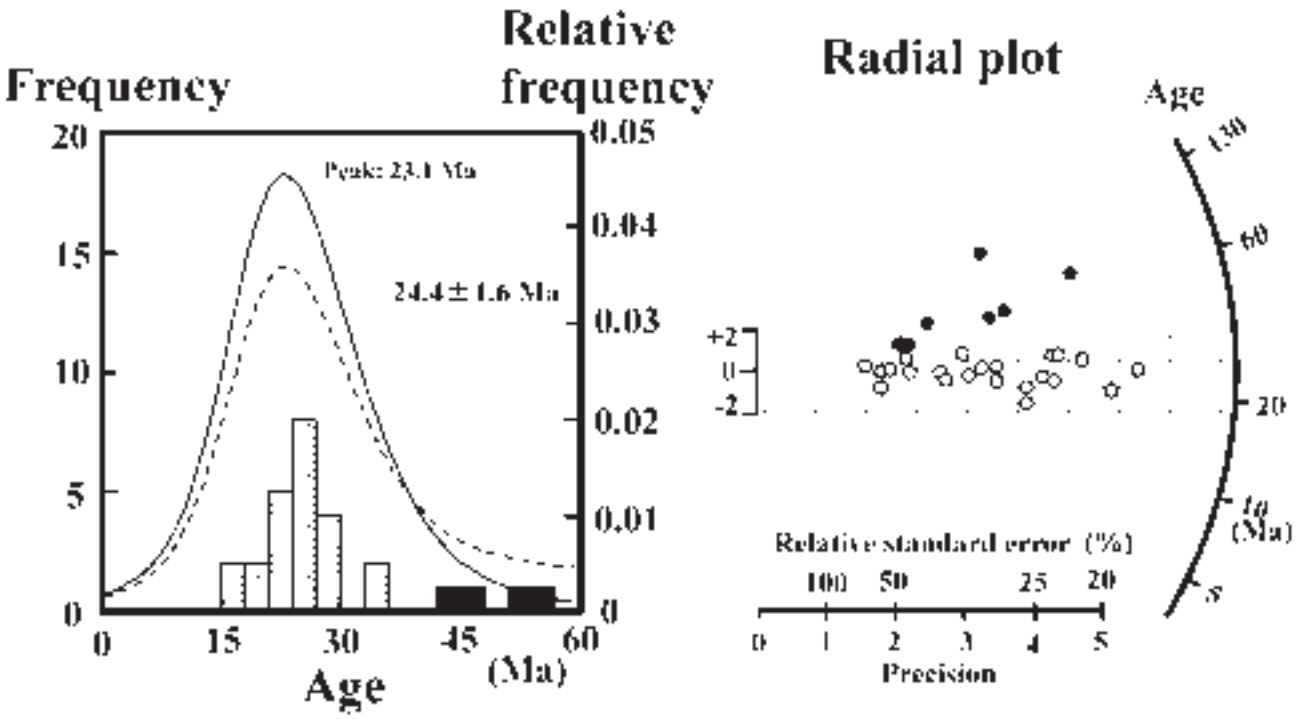
第 7 図. 西馬追 SK-3 @1,586 m の解析図.

Fig. 7. Age-frequency histogram (left) with age spectra (curves presented in relative frequency) and radial plot (right; Galbraith, 1990) for fission-track data obtained from the Nishi umaoi SK-3 well sample (1586 m).



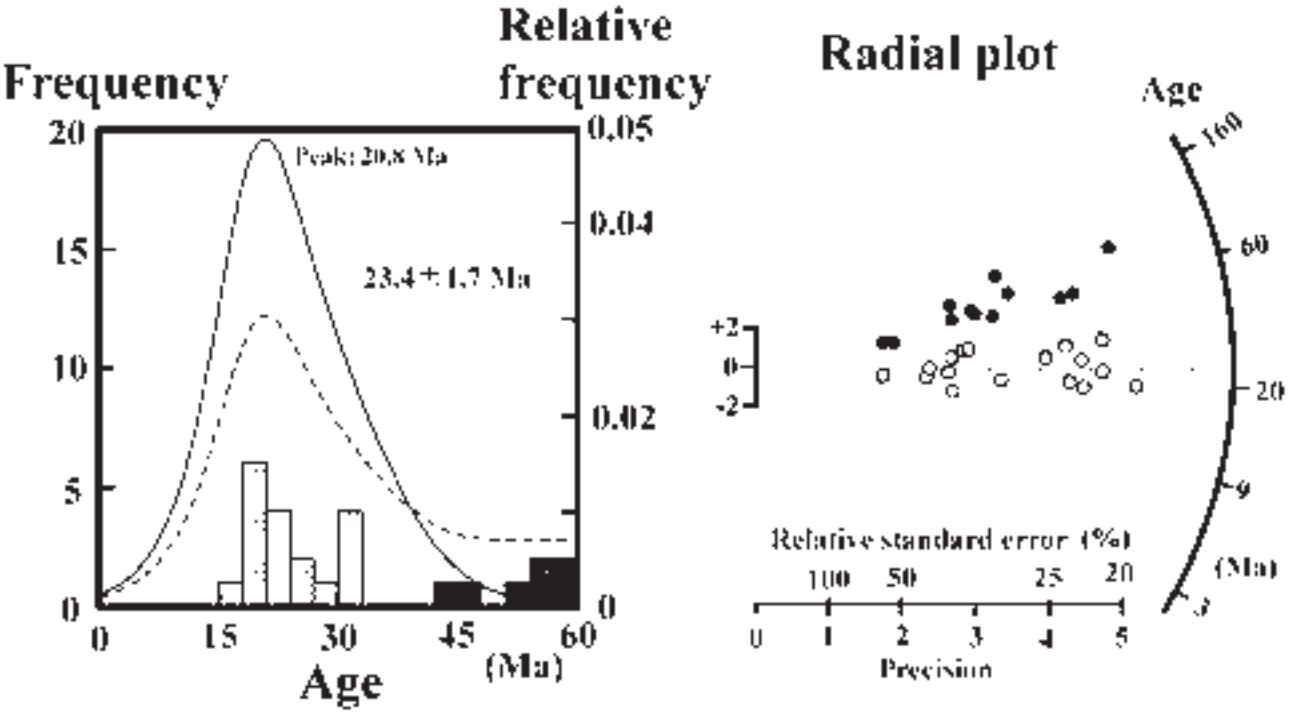
第 8 図. 勇払 SK-2 の解析図.

Fig. 8. Age-frequency histogram (left) with age spectra (curves presented in relative frequency) and radial plot (right; Galbraith, 1990) for fission-track data obtained from the Yufutsu SK-2 well sample.



第 9 図. 安平 SK-1 @2,480 m の解析図.

Fig. 9. Age-frequency histogram (left) with age spectra (curves presented in relative frequency) and radial plot (right; Galbraith, 1990) for fission-track data obtained from the Abira SK-1 well sample (2480 m).



第 10 図. 安平 SK-1 @4,304.93 m の解析図.

Fig. 10. Age-frequency histogram (left) with age spectra (curves presented in relative frequency) and radial plot (right; Galbraith, 1990) for fission-track data obtained from the Abira SK-1 well sample (4304.93 m).

ているものの，形が非常に良くなる（第 10 図）ので，信頼性の高い年代値と判断される．

8）西馬追 SK-3@3,520 m: 粒子年代は 50〜23 Ma と纏っているが，年代スペクトルは古い年代の方に引きずられており，ピークの相対頻度も余り高くない（第 11 図）．

9）美々 SK-1@4,120 m: 容易に区別できる 50 Ma より古い 4 粒子を除くと，年代スペクトルも良い形となり（第 12 図），ピーク年代値（36.7 Ma）ともほぼ一致しており，信頼性の高い年代値と判断される．

10）厚真幌内 SK-1@3,300 m: 容易に区別できる 50 Ma より古い 6 粒子を除くと，年代スペクトルの形は良くなる（第 13 図上）が，さらに 40 Ma より古い 2 粒子を除いて年代値を計算した（第 13 図下）．年代スペクトルでは若い年代の方に張り出しが認められ，ピーク年代値（27.7 Ma）よりも若い年代値（26.4 ±1.7 Ma）であるが，トラック長の短縮は認められていない（第 1 表）．

5. 考察

測定試料として不適格と判断される 2 試料（苫小牧沖 A-1 と勇払 SK-2）を除く，8 試料で得られた FT 年代（第 14 図）を用いて主に考察する．

5.1 T1 層の年代

T1 層に対比される苫小牧沖 A-1 の試料は測定試料としては不適当と判断されるが，藤岡（1982）により苫小牧沖 A-1 の試料と同様に振老層に対比されていた白老沖-1 の試料の FT 年代は 15.5±1.2 Ma であり，滝の上層の年代（21〜15 Ma; 栗田, 2010）に相当している．また，岡村ほか（2010）が報告したあけぼの SK-2D における T1 層 3 試料の K-Ar 年代（14.2±0.4, 17.5±1.3, 19.9±2.4 Ma）の範囲内にある．

岡村ほか（2010）は，あけぼの SK-1 と苫小牧沖 C-1 の T1 層玄武岩質安山岩の Sr と Nd 同位体比も測定しており，これらの試料が低$^{87}Sr/^{86}Sr$ 比，高$^{143}Nd/^{144}Nd$ 比のインド洋 MORB に近い枯渇した組成であると述べている（第 15 図）．西南北海道では，16 Ma 以降の玄武岩の多くが東北日本弧の枯渇的マントルの組成範囲内およびその付近にある（周藤，2009）．

勇払油・ガス田において，T1 層上位に発達する平取+軽舞層最下部に位置する含海緑石火山性二次堆積岩から珪藻化石が産出しており，*Denticulopsis hyalina* 帯（NPD4B: 14.9–13.1 Ma）や *Denticulopsis dimorpha* 帯（NPD5D: 10.0–9.2 Ma）に対比される群集，*Denticulopsis praedimorpha* 帯（NPD5B: 12.9–11.5 Ma）に認定される再堆積群集が含まれている（平松, 2004; 第 16 図）．また，T1 層下位の泥岩からは *Neogloboquadrina continuosa* などの保存の悪い浮遊性有孔虫化石や石灰質ナンノ化石 *Sphenolithus heteromorphus*（18.2–13.6 Ma: Berggren *et al*., 1995）が産出している（Hanagata and Hiramatsu, 2005; 第 16 図）．

さらに，T1 層下位の泥岩から産出する底生有孔虫の *Ammonia* 群集の殻を用いて Sr 同位体比が測定されており，その最も若い Sr 年代は 19.5±0.3 Ma である（加藤・佐藤，2013; 第 16 図）．

3 つの T1 層 K-Ar 年代のうち，14.2±0.4 Ma が最も測定誤差が小さく，Sr と Nd 同位体比が枯渇した組成であることや上位および下位の泥岩の微化石年代を考慮すると，T1 層の年代は 16〜14 Ma と推定される（第 16 図）．

5.2 T2 層の年代

T2 層からは 2 試料で信頼性の高い FT 年代が得られた．それらは協和 SK-1 の 19. 8±1.1 Ma と西馬追 SK-3@1,586 m の 21.5 ±1.2 Ma であり，これらは誤差の範囲で一致している．

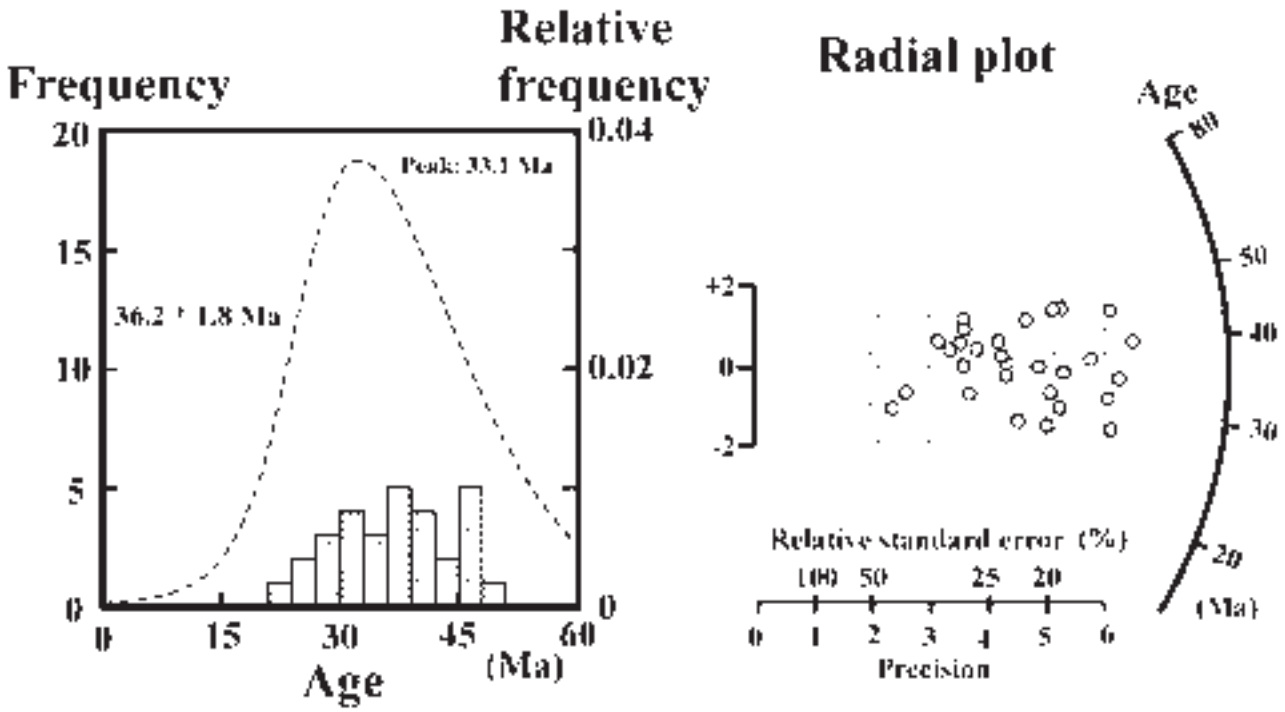
これらの坑井に隣接する馬追丘陵では，滝の上層（馬追山層下部）最下部の安山岩溶岩から 19.3±1.0 Ma，安山岩質角礫岩層の安山岩角礫から 19.9±1.0 Ma の K-Ar 年代が報告されている（渡辺ほか，1993）．また，岡村ほか（2010）も最下部の安山岩溶岩から 19.1±0.5 Ma の K-Ar 年代を報告している．これらの K-Ar 年代は誤差の範囲内で一致している．また，これらの安山岩および基礎試錐「南幌」でこれらに対比されている滝の上層の安山岩（渡辺ほか，1993）の$^{87}Sr/^{86}Sr$ 比と$^{143}Nd/^{144}Nd$ 比は T1 層とは明らかに異なっている（第 15 図）．馬追丘陵では滝の上層上部の泥岩から *Denticulopsis praelauta* 帯（NPD3B: 16.3–15.9 Ma）に対比される珪藻化石群集が産出している（栗田・横井，2000）．一方，協和 SK-1 でも深度 1,118〜1,431 m 間で *Denticulopsis praelauta* 帯に対比される珪藻化石群集が産出しており，この区間には *Ammonia* 群集も産出している．したがって，坑井の FT 試料と地表の K-Ar 年代試料はほぼ同じ層準にあり，FT 年代と K-Ar 年代もほぼ一致している．

栗田・横井（2000）によれば，T2 層は上部漸新統の南長沼層に含められている．しかし，協和 SK-1 や西馬追 SK-3 の T2 層の FT 年代は 21〜20 Ma と前期中新世であり，滝の上層の年代（21〜15 Ma; 栗田, 2010）に相当している（第 16 図）ことから，少なくともこれらの坑井の滝の上層/南長沼層境界については再検討が必要である．

5.3 T3 層の年代

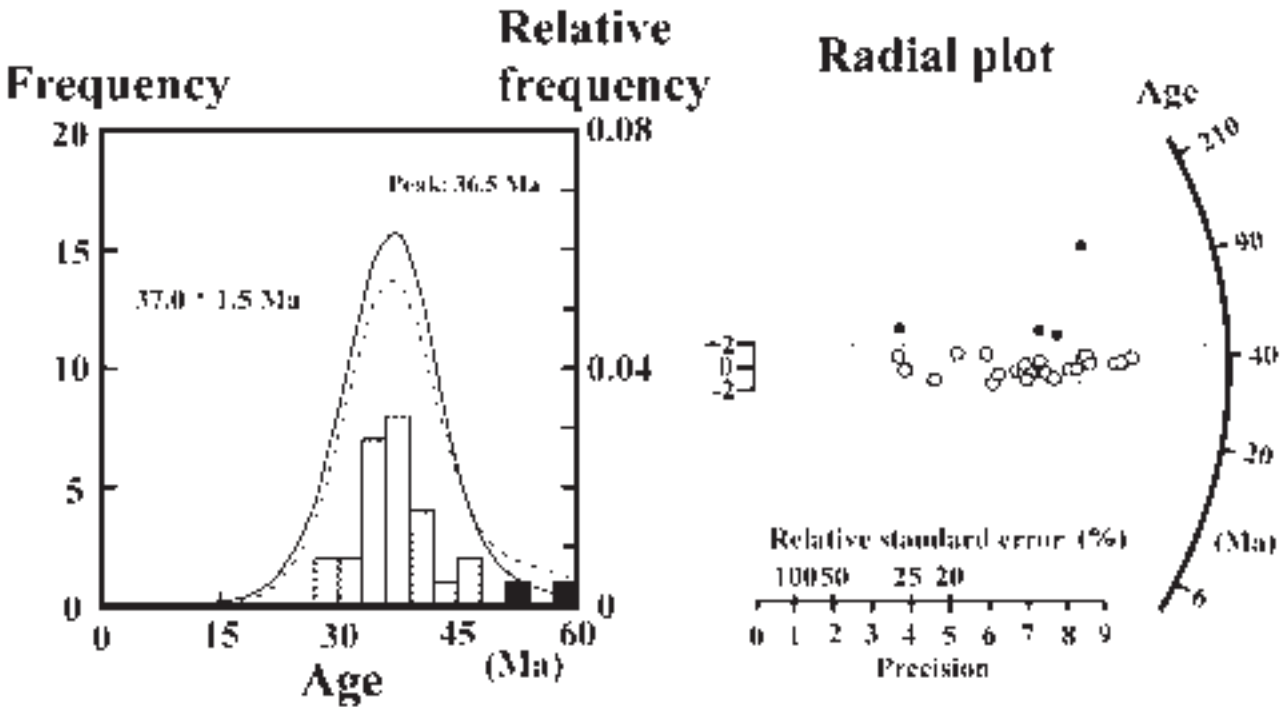
T3 層の FT 年代は 2 つのグループに分かれる（第 14 図）．若い年代グループは安平 SK-1 の 2 試料（@2,480 m: 24.4±1.6 Ma, @4,304.93 m: 23.4±1.7 Ma）と厚真幌内 SK-1 の 26.4±1.7 Ma である（第 2 表）．これらの FT 年代は誤差の範囲内で一致しており，特に安平 SK-1 ではスラストの上盤と下盤の FT 年代が一致しており，これらの年代値の信頼性が高いことを示している．南長沼層は模式地その他で確認された微化石に基づいて上部漸新統と考えられており（栗田・横井，2000），若い年代グループの FT 年代は南長沼層の年代に相当している．また，*Elphidium mabutii* 群集の有孔虫殻を用いて Sr 同位体比が測定されており，その最も若い Sr 年代 23.4±0.7 Ma（加藤・佐藤，2013）とも調和している．したがって，南長沼層の年代は 26〜23 Ma と推定される（第 16 図）．

古い年代グループは西馬追 SK-3@3,520 m の 36.2±1.8 Ma と美々 SK-1 の 37.0±1.5 Ma である（第 2 表）．これらの FT 年代は始新世に相当しており，石狩層群・幌内層の年代（約 40〜34 Ma: 栗田ほか，2010）に一致している（第 14 図）．これらの坑井では，T3 層の下位に幌内層が認定されており，南長沼層/幌内層境界について再検討が必要である．



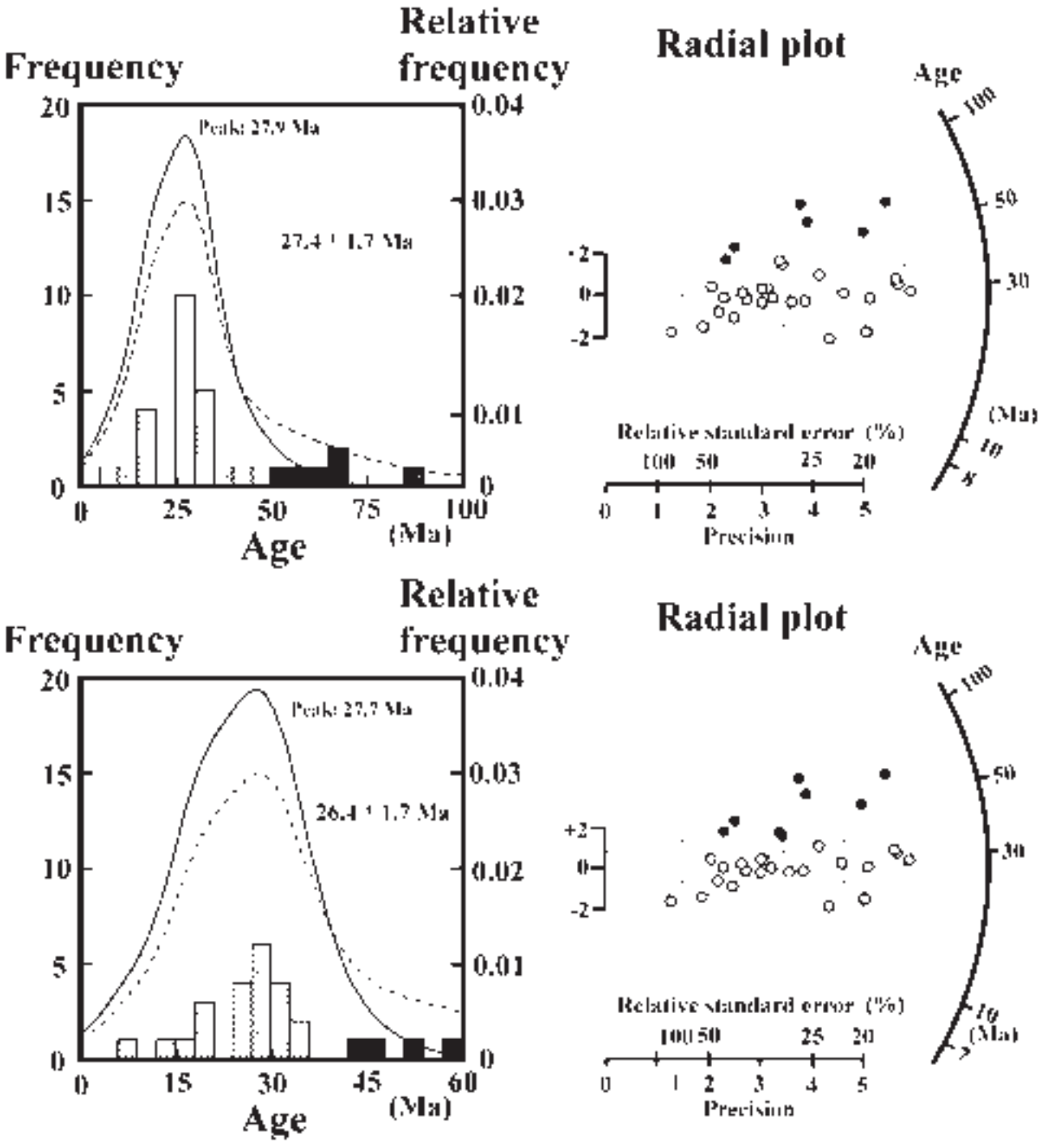
第 11 図. 西馬追 SK-3 @3,520 m の解析図.

Fig. 11. Age-frequency histogram (left) with age spectra (curves presented in relative frequency) and radial plot (right; Galbraith, 1990) for fission-track data obtained from the Nishi umaoi SK-3 well sample (3520 m).



第 12 図. 美々 SK-1 の解析図.

Fig. 12. Age-frequency histogram (left) with age spectra (curves presented in relative frequency) and radial plot (right; Galbraith, 1990) for fission-track data obtained from the Bibi SK-1 well sample.



第 13 図．厚真幌内 SK-1 の解析図.

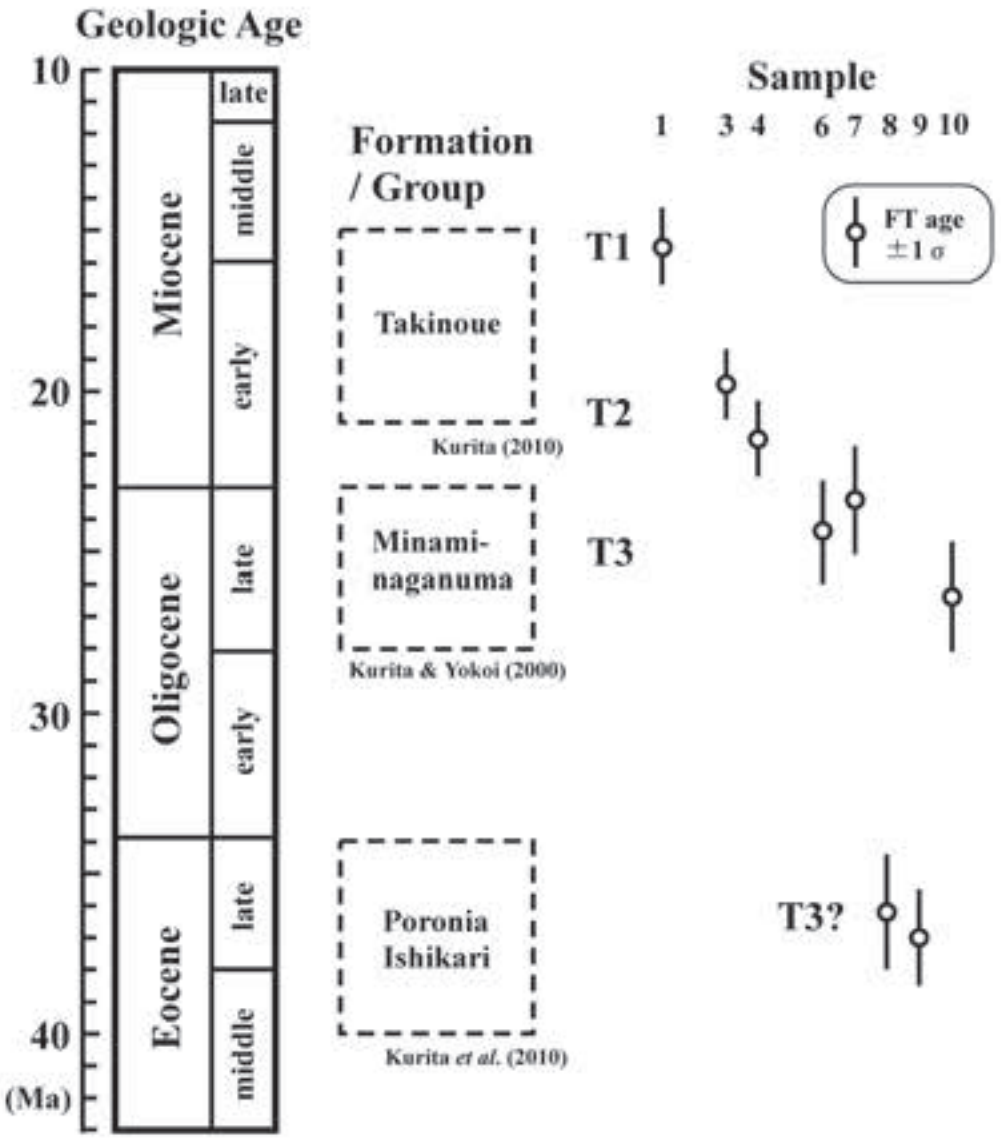
Fig. 13. Age-frequency histogram (left) with age spectra (curves presented in relative frequency) and radial plot (right; Galbraith, 1990) for fission-track data obtained from the Azuma horonai well sample.

6. まとめ

8 坑井の“滝の上層”から採取したコア・カッティングス 10 試料について FT 年代測定を実施した．粒子年代ヒストグラム，粒子年代スペクトルおよびラディアルプロットに基づいて異質粒子の識別や測定試料としての適性を検討し，2 試料を測定試料として不適格と判断した．残り 8 試料の FT 年代は以下のように整理される．

T1 層: 15.5±1.2 Ma（白老沖-1）

T2 層: 19.8±1.1 Ma（協和 SK-1），21.5±1.2 Ma（西馬追 SK-3 @1,586 m）



第 14 図．年代測定結果のまとめ．
Fig. 14. Summary of fission-track ages.

T3 層

①若い年代グループ: 24.4±1.6 Ma,23.4±1.7 Ma（安平 SK-1 @2,480 m,@4,503.95 m），26.4±1.7 Ma（厚真幌内 SK-1）

②古い年代グループ: 36.2±1.8 Ma（西馬追 SK-3 @3,520 m），37.0±1.5 Ma（美々 SK-1）

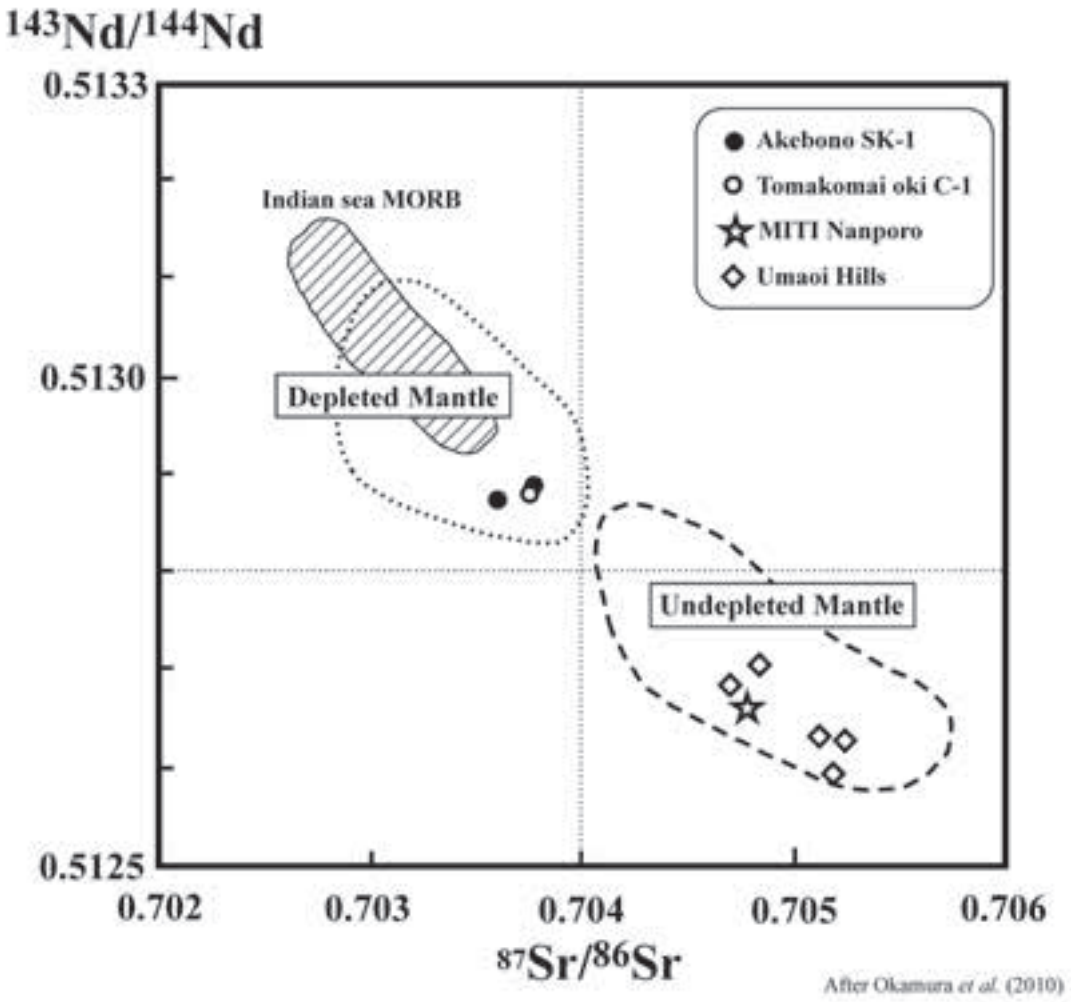
K-Ar 年代，上位層および下位層の微化石年代，安山岩の Sr および Nd 同位体比などから，T1 層の年代は 16〜14 Ma と推定される．

栗田・横井（2000）は T2 層を上部漸新統の南長沼層に含めているが，T2 層の FT 年代は 21〜20 Ma の前期中新世であり，滝の上層に相当している．したがって，少なくともこれらの坑井では滝の上層/南長沼層境界について再検討が必要である．

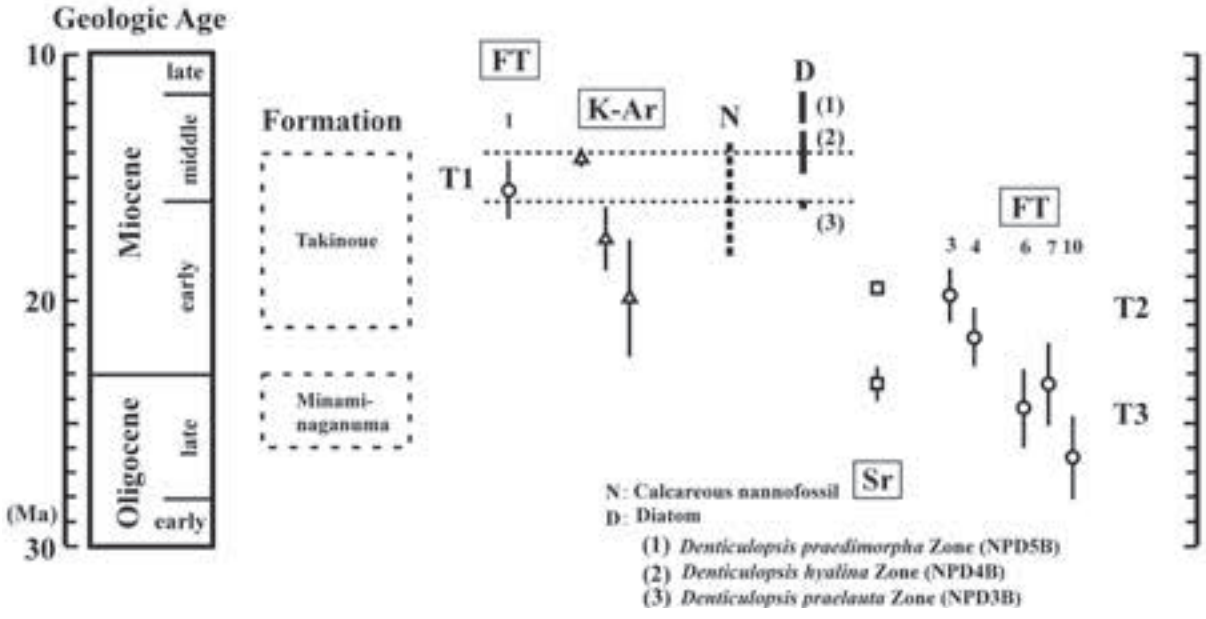
T3 層の若い年代グループの FT 年代や *Elphidium mabutii* 群集の最も若い Sr 年代（23.4±0.7 Ma）から，南長沼層の年代は 26〜23 Ma と推定される．T3 層の古い年代グループの FT 年代は始新世であり，石狩層群・幌内層の年代に相当している．

謝辞

資料の公表を許可された石油資源開発㈱に深謝します．同社技術本部技術研究所の小布施明子・三輪美智子の両氏には微化石についていろいろ教えて頂いた．㈱京都フィッション・トラックの檀原 徹・岩野英樹の両氏には各試料の解析図の提供と年代値の再計算などをお願いした．以上の方々に厚くお礼申し上げます．



第 15 図. $^{143}Nd/^{144}Nd-^{87}Sr/^{86}Sr$ プロット.
Fig. 15. Plot of $^{143}Nd/^{144}Nd$ versus $^{87}Sr/^{86}Sr$.



第 16 図. 滝の上層および南長沼層の年代.
Fig. 16. Depositional ages for the Takinoue and Minami-naganuma formations.

引用文献

Berggren, W. A., Kent, D. V., Swisher, C. C., III and Aubry, M.-P. 1995. A revised Cenozoic geochronology and chronostratigraphy. SEPM Spec. Publ. 54: 129–212.

Brandon, M. T. 2002. Decomposition of mixed grain age distribution using BINOMFIT. On Track 24: 13–18.

檀原 徹. 1995. 第四紀テフラの高精度フィッション・トラック（FT）年代測定–ジルコンとガラスを用いた測定法の確立に向けて–. 第四紀研究 34: 221–237.

檀原 徹・岩野英樹・加藤 進・松井良一. 2004. ジルコン FT 年代測定における試料評価と測定値の解釈. 石油技術協会誌 69: 200–213.

Danhara, T., Kasuya, M., Iwano, H., and Yamashita, T. 1991. Fission-track age calibration using internal and external surfaces of zircons. Jour. Geol. Soc. Japan 97: 977–985.

藤岡展价. 1982. 石狩〜日高地域の地質構造区分ならびに第三系火山岩類の層準と岩質. 石油技術協会誌 47: 207–220.

藤岡展价・佐賀 肇. 1980. 基礎試錐「南幌」における滝の上層と幌内層群との境界. 石油技術協会誌 45: 193–201.

Galbraith, R. F. 1981. On statistical models for fission-track counts. Jour. Math. Geol. 13: 471–478.

Hanagata, S., and Hiramatsu, C. 2005. Miocene-Pliocene foraminifera from the subsurface sections in the Yufutsu oil and gas field, Hokkaido. Paleontological Research 9: 273–298.

平松 力. 2004. 勇払湯・ガス田における上部中新統〜鮮新統の珪藻化石層序. 石油技術協会誌 69: 291–299.

加藤 進・佐藤雅紀. 2013. 北海道勇払油・ガス田および周辺坑井における“滝の上層”のフィッション・トラック年代. 日本地質学会第 120 年学術大会講演要旨集, 97.

国安 稔・本多孝安・古田土俊夫・松裏達彦・中村常太・手塚和彦・玉川哲也・西田英毅・村橋庸也. 2004. 第 1 部 4.2 勇払油・ガス田. 石油・天然ガス資源の未来を拓く–最前線からのメッセージ–（石油技術協会創立 70 周年記念）, 56–68.

栗田裕司. 2010. 5. 3.3 夕張–馬追地域. 日本地方地質誌 1. 北海道地域（朝倉書店）, 200–203.

栗田裕司・横井 悟. 2000. 中央北海道南部における新生代テクトニクスの変遷と油田構造形成. 石油技術協会誌 65: 58–70.

栗田裕司・国安 稔・小布施明子. 2010. 3.5 石狩低地帯地域. 日本地方地質誌 1. 北海道地域（朝倉書店）, 107–109.

栗田裕司・秋葉文雄・横井 悟・小布施明子・一ノ関鉄郎・吾妻高志. 1997. 北海道石狩平野南部〜夕張・日高地域の上部漸新統南長沼層の提唱. 日本地質学会第 104 年学術大会講演要旨集, 117.

栗田裕司・横井 悟・小布施明子・一ノ関鉄郎・平松 力・生路幸生・花方 聡. 1998. 北海道夕張炭田〜日高地域, 中新統滝の上層の層序と年代. 日本古生物学会1998年年会予稿集, 69.

岡村 聡・八幡正弘・西戸裕嗣・指宿敦志・横井 悟・米島真由子・今山武志・前田仁一郎. 2010. 北海道中央部に分布する滝の上期火山岩類の放射年代と岩石学的特徴–勇払油ガス田の浅層貯留層を構成する火山岩の岩石化学的検討. 地質学雑誌 116: 181–198.

石油資源開発札幌鉱業所勇払研究グループ・岡村 聡・加藤孝幸・柴田 賢・雁澤好博・内海 茂. 1992. 北海道苫小牧市東部における坑井から採取された白亜紀花崗岩類. 地質学雑誌 98: 547–550.

周藤賢治. 2009. 東北日本弧–日本海の拡大とマガウマの生成–. 共立出版, 236 p.

渡辺 寧・藤林紀枝・中川 充・加々美寛雄. 1993. 北海道中央部馬追丘陵および夕張炭田地域の中新世前期火山岩類の K-Ar 年代, 層序対比および化学組成. 岩鉱 88: 295–306.

矢口良一・木村恵一・麻木孝郎. 1997. 基礎試錐の技術的成果の概要. 石油技術協会誌 62: 3–12.

2013 年 10 月 1 日原稿受理