Bulletin of the Mizunami Fossil Museum, no. 41 (2015), p. 41–50, 8 figs., 2 tables.
© 2015, Mizunami Fossil Museum

北海道勇払油・ガス田周辺における滝の上層のストロンチウム同位体年代

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

Strontium isotopic ages of the Takinoue Formation in the Yufutsu oil and gas field, and surrounding area, Hokkaido, Japan

Susumu Kato* and Masanori Sato**

* JGI, Inc
** Exploration Department, Domestic Division, JAPEX

Abstract

Strontium isotope ratios ($^{87}Sr/^{86}Sr$) were measured for 14 calcareous foraminiferal samples from the *Ammonia* assemblage of the Takinoue Formation, Hokkaido, Japan. The samples were obtained from four wells: two (Akeno SK-1D and Akebono SK-5D) located in the Yufutsu oil and gas field, and two (Nishi umaoi SK-3 and Kyowa SK-1) located near Umaoi Hill in the area surrounding the Yufutsu field.

The isotopic composition of the samples from the field was likely modified since their Sr isotope ratios decrease with depth. However, the samples from Umaoi Hill show no $^{87}Sr/^{86}Sr$ ratio–depth correlation, enabling reliable Sr isotopic ages to be calculated (17.1±0.5 Ma and 16.4±0.5 Ma).

The *Ammonia* assemblage of the Takinoue Formation in subsurface is unique because volcanic rocks below the assemblage near Umaoi Hill are lithologically and isotopically different from the T1 facies and are correlated to the T2 facies.

These Sr isotopic ages, together with poor data of planktic foraminifera and calcareous nannofossils, indicate that the Takinoue Formation was deposited at ca. 17–16 Ma.

Key words: Sr isotopic age, *Ammonia* assemblage, Takinoue Formation, Yufutsu field, Umaoi Hill

1. はじめに

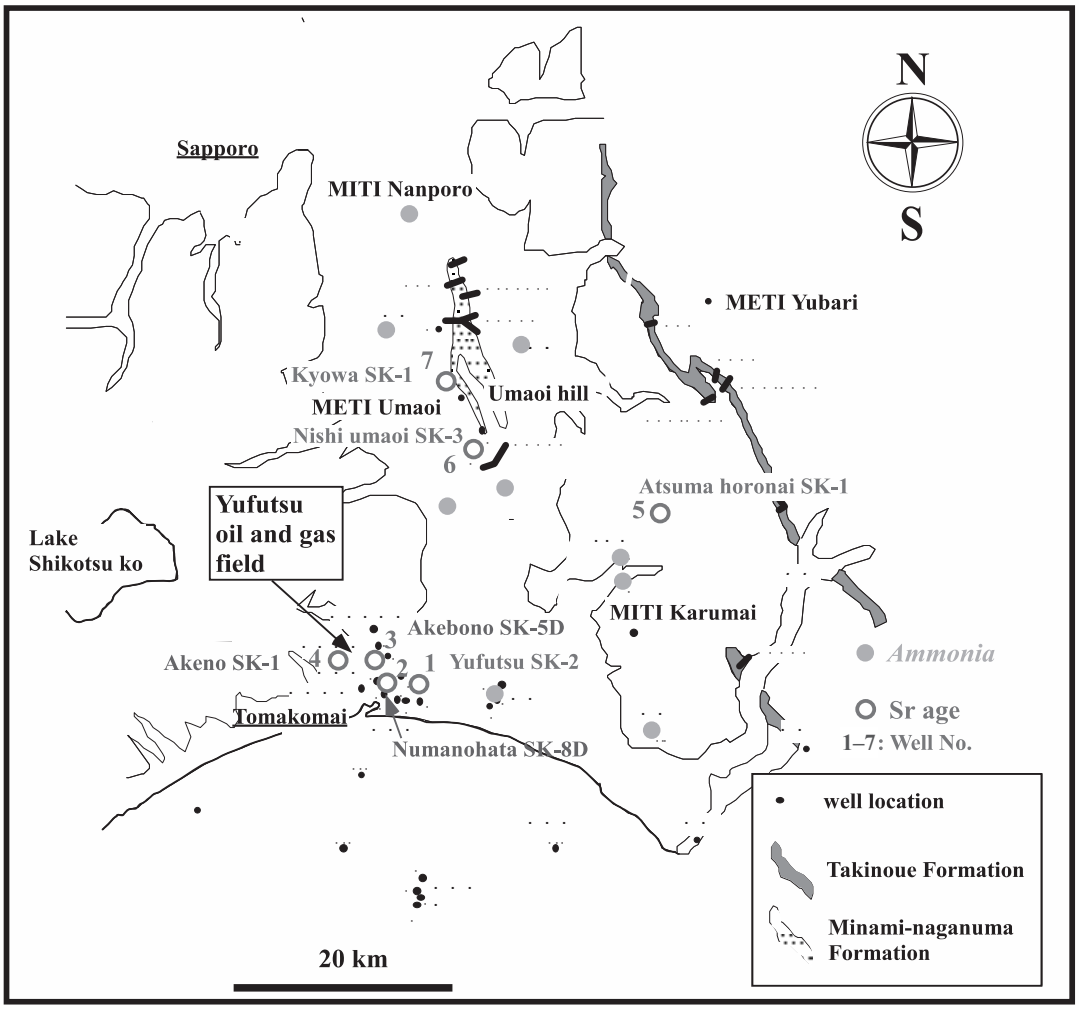
勇払油・ガス田は北海道苫小牧市東部に位置する，本邦有数の油・ガス田であり（第 1 図），昭和 63（1988）年度に石油資源開発㈱が掘削した南勇払 SK-1 によって発見された（石油技術協会，2004）．主要貯留層は白亜紀花崗岩類と石狩層群礫岩層であるが，滝の上層最上部（T1 層）にも油層が確認されている（栗田・横井，2000）．

石狩低地帯の地下に発達する，昭和 50 年代以降 “ 滝の上層 ” として取り扱ってきた地層は中部～下部中新統の滝の上層と上部漸新統の南長沼層から構成される（栗田ほか，1997 ; 栗田・横井，2000）．栗田ほか（1998）は夕張炭田～日高地域の滝の上層について層序と年代を記載しているが，微化石年代とフィッション・トラック（FT）年代に矛盾が認められる．坑井試料の FT 年代の再検討結果については既に加藤・佐藤（2014）で報告した．坑井の滝の上層は *Ammonia* spp. の多産で特徴づけられる底生有孔虫化石群集（*Ammonia* 群集）を産出する．有孔虫の石灰質殻を用いてストロンチウム同位体年代（Sr 年代）を求める試みを石油資源開発㈱では平成 4（1992）年から行なっている（加藤・中野，1999）．*Ammonia* 群集についても Sr 年代の測定を実施しており，かなりのデータが蓄積したので，本稿ではその結果を報告し，滝の上層の地質年代について考察する．

2. 地質概説

滝の上層（藤岡，1941）の模式地である夕張川沿岸の紅葉山向斜部では，滝の上層は礫岩および粗粒砂岩からなる下部（層厚：約 60 ～ 80 m）と主に暗灰色泥岩からなる上部（層厚：約 500 m）に細分される（藤岡，1941）．下部の砂岩からは汽水性や浅海性の貝類化石が産出し，上部の泥岩からは泥底に棲むむしろ深海性の貝類化石が産出する（Kanno and Ogawa, 1964）．これらの貝類化石群集は滝の上動物群と呼ばれている（例えば，鈴木，2000）．

栗田ほか（1998）は夕張炭田～日高地域の滝の上層について



第 1 図．勇払油・ガス田および坑井位置図と滝の上層および *Ammonia* 群集の分布．

Fig. 1. Map showing the sampling locations and geological features of the study area. The Takinoue Formation outcrops are shown by grey shading. The wells that were sampled for Sr isotope analysis are marked as open circles with a number corresponding to the sample data in Tables 1 and 2. The wells that were recognized the *Ammonia* assemblage are marked as grey circles.

層序と年代を記載した（第 2 図）．この図において，下部サイクルの微化石年代と中部粗粒相に夾在する酸性凝灰岩の FT 年代が逆転している．下部サイクルの微化石年代は勇払油・ガス田の坑井における滝の上層から産出した浮遊性有孔虫化石に基づいている．

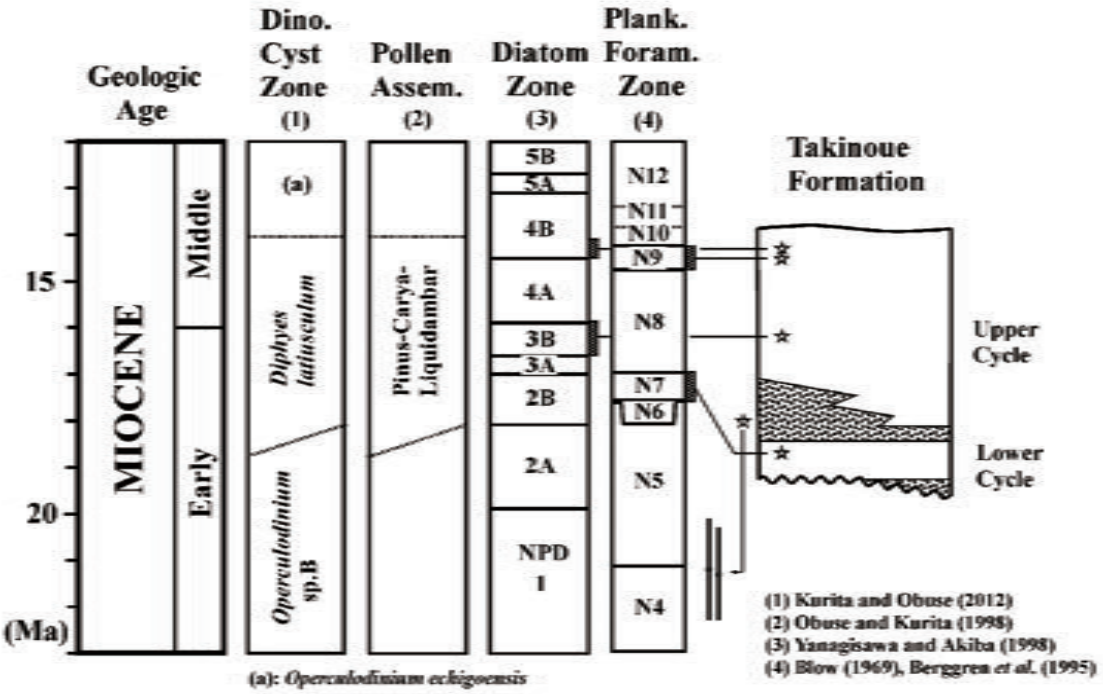
勇払油・ガス田の坑井層序を第 3 図の示す．滝の上層は主に玄武岩質の火山性堆積物からなる T1 層と *Ammonia* 群集を含む塊状シルト岩に細分される．栗田ほか（1998）は T1 層を中部粗粒相に，塊状シルト岩を下部サイクルに対比している．

T2 層は明灰色細粒凝灰岩や白～緑色ベントナイト質凝灰岩から主になり，上部に亜炭や炭質泥岩を伴っており（藤岡，1982），下位の *Elphidium mabutii* を産出する塊状シルト岩などと南長沼層を構成している（栗田・横井，2000）．

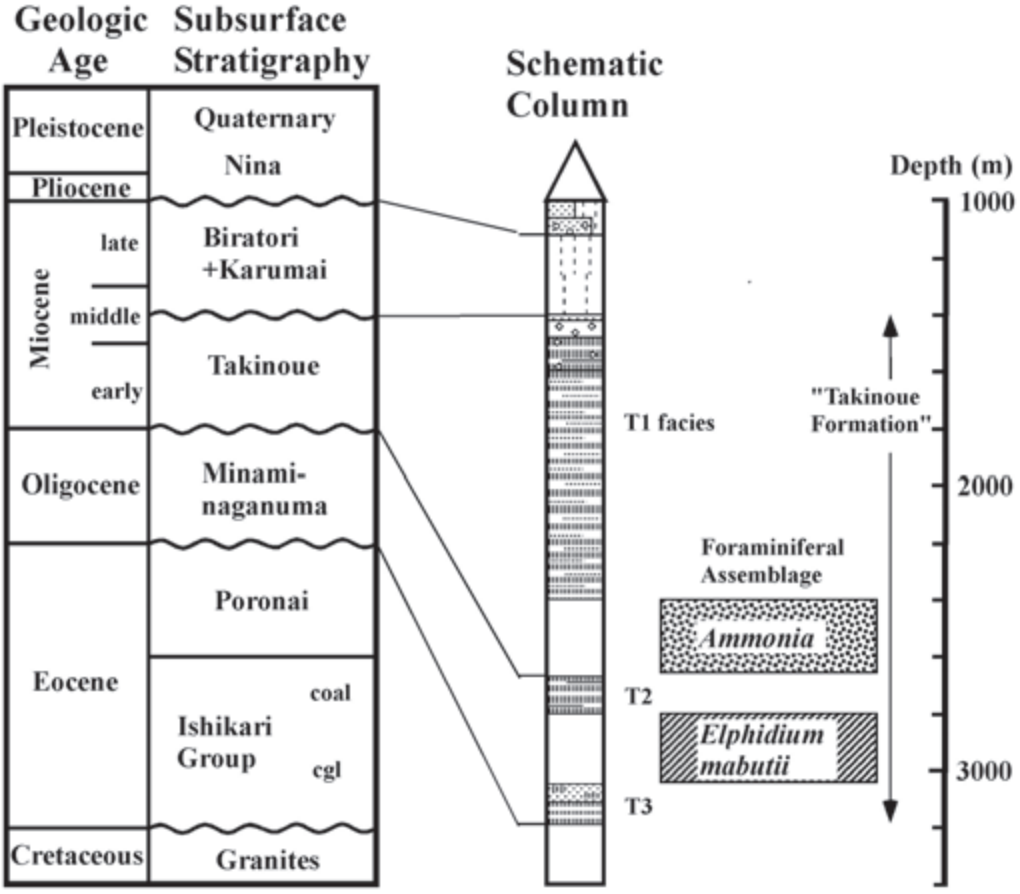
3．滝の上層の有孔虫化石

滝の上層模式地のシルト岩からは，*Ammonia yubariensis*, *Cibicides* cf. *altamiraensis*, *Eponides nipponicus*, *Quinqueloculina* sp. など種数は少ないが個体数は比較的多い有孔虫化石が産出している（Asano , 1952）．また，米谷ほか（1977）によれば，空知－日高地域における滝の上層の有孔虫化石は下位の *Ammonia yubariensis* – *Elphidium* sp. 群集と上位の *Martinottiella communis* – *Spirosigmoilinella compressa* 群集に区分される。前者は *Ammonia yubariensis*, *Elphidium* spp., *Cribroelphidium yabei*, *Buccella* spp. の浅海性石灰質種が産出することで特徴づけられる．一方，後者は *Martinottiella communis, Spirosigmoilinella compressa, Haplophragmoides* spp., *Cyclamina pusilla* などの砂質種と，*Pullenia bulloides*, *Praeglobobulimina pupoides, Melonis pompilioides* などの深海性石灰質種および *Ammonia yubariensis, Pararotalia nipponica, Buccella* sp., *Cribroelphidium yabei* などの浅海性石灰質種が産出する．

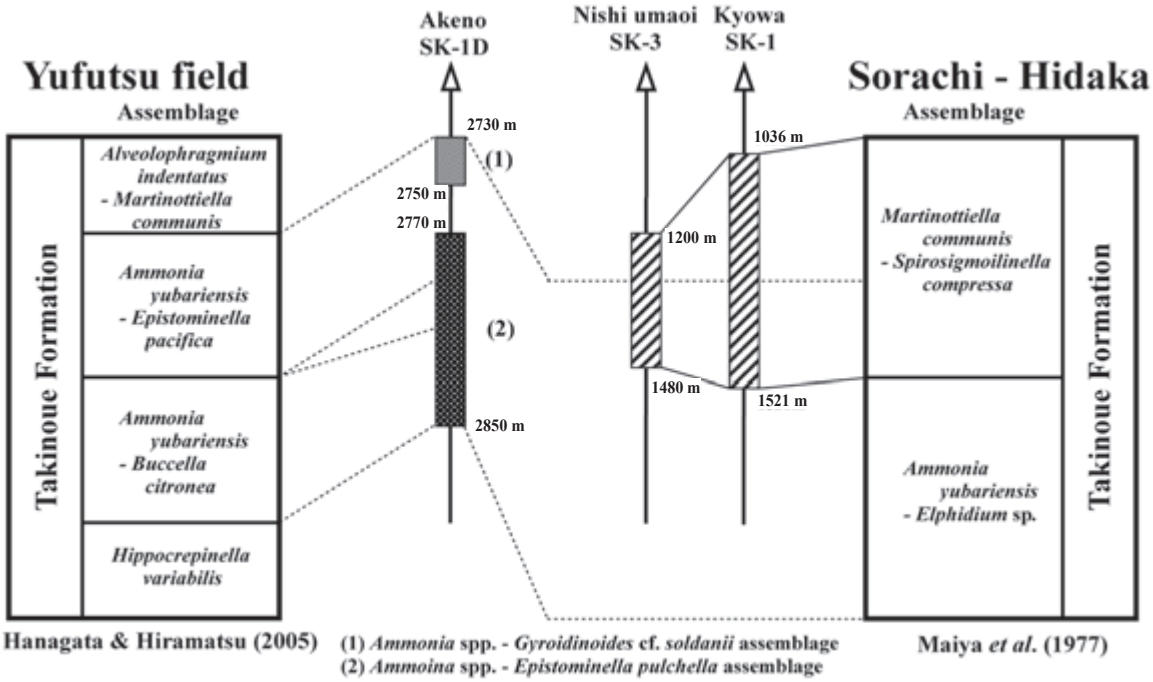
Hanagata and Hiramatsu（2005）は勇払油・ガス田の 3 坑井（沼ノ端 SK-3D, 4D，北あけぼの SK-1D）における滝の上層の底生有孔虫化石を報告し，滝の上層から産出する *Ammonia* 属には大き



第 2 図. 夕張～日高地域における滝の上層の層序と年代（栗田ほか（1998）に修正・加筆）.
Fig. 2. Stratigraphy and geochronology of the Takinoue Formation in the Yubari-Hidaka area, (after Kurita *et. al*., 1998). The five stars show stratigraphic positions. The two vertical bars, relating to a star, represent FT ages.



第 3 図. 勇払油・ガス田の坑井層序.
Fig. 3. Subsurface stratigraphy of the Yufutsu oil and gas field.



第 4 図．滝の上層の底生有孔虫化石群集．
Fig. 4. Benthic foraminiferal assemblages in the Takinoue Formation. The known assemblages are shown for the Yufutsu field and the Sorachi-Hidaka area, with the wells sampled here correlated between the two.

な形態変化を認めているが，Asano（1952）が滝の上層模式地で記載した *A. yubariensis* に一括している．一方，三輪ほか（1998）は地表および坑井セクションにおいて 9 種の *Ammonia* 属（*A. japonica varianta*, *A. honyaensis*, *A.* cf. *beccarii, A.* cf. *tanosawaensis*, *A. sobrina, A.* sp. 1, *A.* sp. 2, *A.* sp. 3, *A.* sp. 4）を認定し，下部サイクルには 9 種すべてが産出するが，上部サイクルには 2 種（*A. japonica varianta*, *A.* sp. 1）のみしか産出しないと述べている．滝の上層から産出する *Ammonia* 属を形態に基づいて細分することは石油探鉱上有意義であると考えられるが，まだ十分な分類学的な検討が行われていないことから，本稿では *Ammonia yubariensis* を含めて *Ammonia* spp. として記述する．

多くの坑井で *Ammonia* 群集が滝の上層に確認されている（第 1 図；大倉・新保，1981）．馬追丘陵周辺の協和 SK-1 では，*Ammonia* 群集は深度 1,036 ～ 1,531 m 間で認められ，*Ammonia* spp. を産出し，それに *Gyroidina orbicularis, Pullenia bulloides, Melonis pompilioides, Bulimina nipponica* などの深海性石灰質種と *Spirosigmoilinella compressa, Martinottiella communis* などの砂質種との混合群集から構成される。また，西馬追 SK-3 では，*Ammonia* 群集は深度 1,200 ～ 1,480 m 間に認められ，石灰質種の *Ammonia* spp. と砂質種 *Haplophragmoides renzi*, “*Cribrostomoides*” *subglobosum* を多産し , 石灰質種 *Praeglobobulimina pupoides, Buccella inusitata, Gyroidina orbicularis* と砂質種 *Martinottiella communis* および *Spirosigmoilinella compressa* を伴う．これらの *Ammonia* 群集は米谷ほか（1977）の *Martinottiella communis – Spirosigmoilinella compressa* 群集に相当している（第 4 図）．

Hanagata and Hiramatsu（2005）は滝の上層から 4 つの底生有孔虫化石群集を記載している．それらは下位から，*Hippocrepinella variabilis* 群集，*Ammonia yubariensis – Buccella citronea* 群集，*Ammonia yubariensis – Epistominella pacifica* 群集，*Alveolophragmium indentatus – Martinottiella communis* 群集である（第 4 図）．これらのうち，最下位の *Hippocrepinella variabilis* 群集と最上位の *Alveolophragmium indentatus – Martinottiella communis* 群集は坑井によっては認められないこともある．

平成 23 年度に石油資源開発㈱が掘削した明野 SK-1D では，滝の上層は深度 1,815 ～ 2,881 m に出現したが，T1 層が約 900 m と厚く , 有孔虫化石は深度 2,730 ～ 2,850 m の 7 試料（20 m 毎に調査）から産出した．これらの有孔虫化石群集は次の 2 つに区分できる．

1）深度 2,730 ～ 2,750 m：*Ammonia* spp. – *Gyroidinoides* cf. *soldanii* 群集

石灰質種の *Gyroidinoides* cf. *soldanii, Epistominella pulchella, Ammonia* spp., *Gyroidina orbicularis, Nonionellina labradrica* が多産し，*Melonis pompilioides* および砂質種 *Haplophragmoides* cf. *renzi* を伴う．浮遊性種が多産する．

2）深度 2,770 ～ 2,850 m：*Ammonia* spp. – *Epistominella pulchella* 群集

石灰質種の *Epistominella pulchella, Ammonia* spp. が連続多産し，*Cribrononion* sp., *Poropullenia exacavata*, *Nonionellina labradrica* を伴う．

これらの群集は Hanagata and Hiramatsu（2005）の *Ammonia yubariensis – Epistominella pacifica* 群集と *Ammonia yubariensis – Buccella citronea* 群集にそれぞれ相当し，米谷ほか（1977）の 2 つの群集の漸移的な群集と *Ammonia yubariensis – Elphidium* sp. 群集にそれぞれ相当する（第 4 図）．

4. Sr 同位体比測定

4.1 試料

勇払油・ガス田内の 2 坑井（明野 SK-1D，あけぼの SK-5D）

第 1 表．　Sr 同位体比測定試料 .
Table 1. Sample location, depth, and calcareous foraminiferal species identified.

No.	Well Name	Depth (m)	P/B	Species		Number	Preservation
1	Akeno SK-1D						
		2,730	P	Planktic genus & species indet.		15	P, D, De
		2,730	B	*Globobulimina*	sp. indet.	1	P, D
				Ammonia	spp.	3	
				Gyroidina	*orbicularis* cf. *soldanii*	10	
		2,750	B	*Uvigerina* & *Trifarina*	spp.	6	P
				Epistominella	*pulchella*	3	
				Calcareous miscellaneous		13	
		2,770	B	*Ammonia*	spp.	8	P, D
				Epistominella	*pulchella*	5	
		2,790	B	*Ammonia*	spp.	14	P, D
				Epistominella	*pulchella*	3	
		2,810	B	*Ammonia*	spp.	8	P, D
				Calcareous miscellanesou		10	
		2,850	B	*Ammonia*	spp.	14	P, D
3	Akebono SK-5D						
		2,620	B	*Ammonia*	spp.	30	P
6	Nishi-umaoi SK-3						
		1,280	B	*Ammonia*	spp.	17	P
				Buccella	*inusitata*	1	
		1,380	B+P	*Ammonia*	spp.	19	P, De
				Planktic genus & species indet.		1	
7	Kyouwa SK-1						
		1,304	B	*Ammonia*	spp.	8	P
				Cibicides	sp.	1	
				Buccella	*inusitata*	1	
		1,481	B	*Ammonia*	spp.	8	P
				Lenticulina	sp. indet.	2	
		1,500	B	*Ammonia*	spp.	9	P
				Lenticulina	sp.	1	

P: Planktic, B: Benthic　　P : partly broken, D : dark color, De : deformed

と馬追丘陵周辺の 2 坑井（西馬追 SK-3，協和 SK-1）の *Ammonia* 群集から 14 試料を採取した（第 1 表）．特に，明野 SK-1D では変質の影響などを検討するために，深度 2,730 ～ 2,850 m から 7 試料を採取した．深度 2,730 m には浮遊性種が多産したので，浮遊性種と底生種を別々に試料とした．

有孔虫化石は *Ammonia* spp. を中心にピックアップし，その個体数は 10 ～ 30 個体である．化石の保存状況は定性的に検討しており，破損部分があり，黒っぽい色をしたものが多く，一部は変形している（第 1 表）．

4.2 測定方法

Sr 同位体比（$^{87}Sr/^{86}Sr$）の測定は島根大学亀井准教授に外注した．試料はテフロン容器を用いて 10％酢酸で溶解し，溶解部分より DOWEX AG50W-X8 の陽イオン交換樹脂を用いて Sr を抽出した．抽出方法は Kagami *et al.*（1987）に従った．測定には島根大学総合理工学部に設置の表面電離型質量分析計（Finigan MAT 社製 MAT-262）を使用し，飯泉（1996）の方法に従った．各試料の Sr 同位体比は，同時に測定した標準試料 NIST SRM 987 の Sr 同位体比を 0.710241 として規格化した．

4.3 測定結果

測定結果を第 2 表に示す．McArthur and Howarth (2004) に基づいて Sr 年代を求めるために，Sr 同位体比は標準試料 NIST SRM 987=0.710248 に規格化して表示してある．また，測定誤差から

求めた年代誤差の最大値を示す．更に，以前に筑波大学および新潟大学に外注して測定した試料の測定結果も同様に示す．

Sr 年代は，勇払油・ガス田の明野 SK-1D では 32.6 Ma ～ 25.6 Ma，あけぼの SK-5D では 21.0 Ma であるのに対し，馬追丘陵周辺の西馬追 SK-3 では 17.4 Ma ～ 16.7 Ma，協和 SK-1 では 16.4 Ma ～ 15.4 Ma であり，地域により明らかに異なっている．西馬追 SK-3 および協和 SK-1 は複数の試料を測定しているが，誤差を考慮すれば Sr 年代は同じ値であり，それぞれの平均値は 17.1 Ma と 16.1 Ma である．協和 SK-1 では 2 試料が同じ Sr 年代（16.4 Ma）を示し，残りの 1 試料は測定誤差がやや大きく，最も下位の試料にもかかわらずより若い Sr 年代（15.4 Ma）であることから，本井の Sr 年代として 16.4 Ma を採用する．一方，明野 SK-1 の Sr 年代は深度が深くなるに従って古くなる傾向が認められる．

5. 考察

5.1 Sr 年代

深度が深くなるほど（地層温度が高くなるほど）試料の変質が問題となる．そこで，第 2 表に示すすべての測定結果（Sr 同位体比）を深度に対してプロットした（第 5 図）．勇払油・ガス田の坑井など深度 2,300 m を超える試料の Sr 同位体比は深度が深くなるほど小さくなる傾向が明瞭である．一方，深度 1,500 m 以浅の試料の Sr 同位体比は少しバラツキが認められるのみである．

有孔虫殻の Sr 同位体比が地層の地質年代から見積もられる Sr 同位体比よりも小さくなることは日本海側地域の新第三系では普通に認められ，低い Sr 同位体比を持つ火山性物質に起因する変質が原因と考えられている（加藤・中野，1999）．T1 層や馬追丘陵などの安山岩類の Sr 同位体比は約 0.7050 かそれより小さい（岡村ほか，2010）ので，深度が深くなるに従って Sr 同位体比が小さくなるのは変質の程度が増大するためと考えられる．

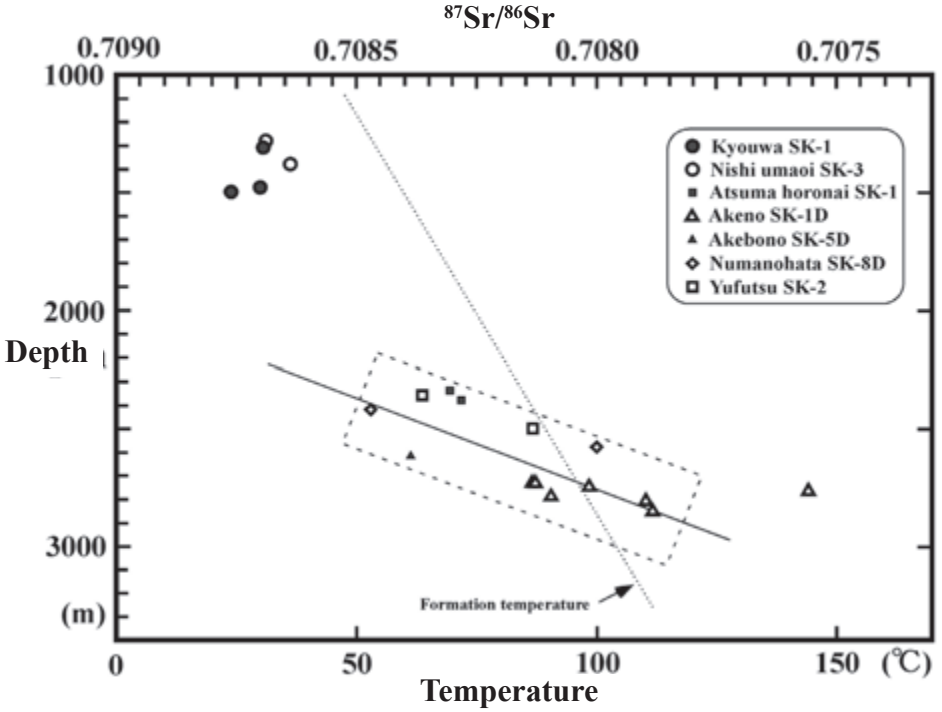
したがって，深度 2,300 m 以深の試料では最も Sr 同位体比が大きい試料（沼ノ端 SK-8D の深度 2,420 m）の変質が最も弱いと判断され，これらの試料の *Ammonia* 群集の年代はその Sr 年代（19.5 Ma）よりは若いと推定される．一方，西馬追 SK-3 および協和 SK-1 では Sr 同位体比は深度とは相関していないことから，変質の影響はないと判断され，それぞれの Sr 年代は 17.1±0.5 Ma と 16.4±0.5 Ma である．協和 SK-1 では *Ammonia* 群集が産出する深度区間内の深度 1,118~1,431 m 間で *Denticulopsis praelauta* 帯（NPD3B：16.6 ～ 15.9 Ma；工藤ほか，2011）に対比される珪藻化石群集が産出しており，Sr 年代と一致している．

勇払油・ガス田およびその周辺の地温勾配は日本海地域よりも低いが，*Ammonia* 群集が産出する深度 2,300~2,850 m の地層温度

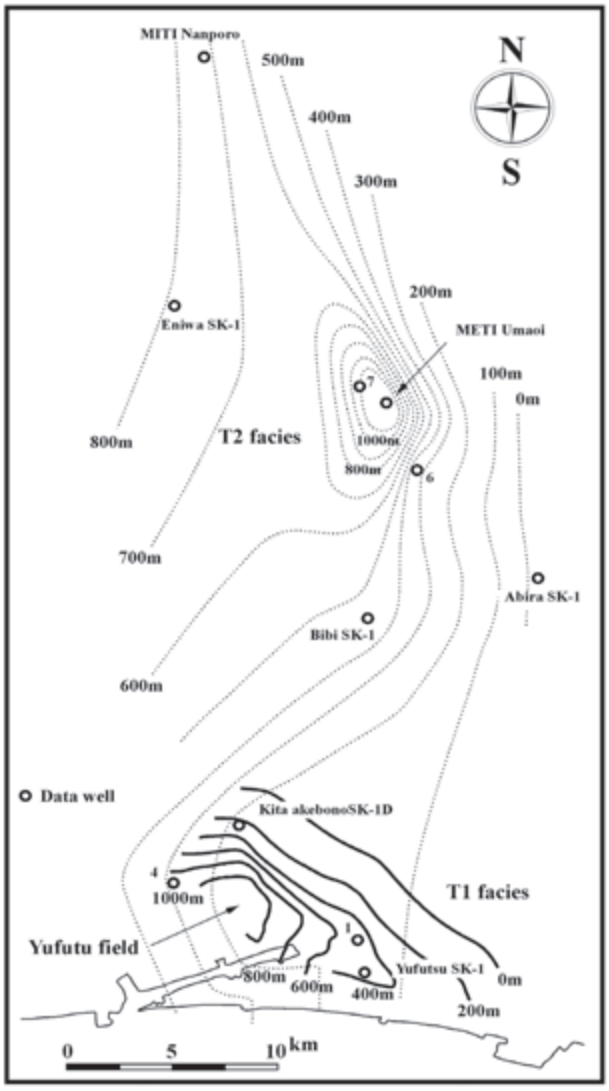
第 2 表．Sr 同位体比測定結果と Sr 年代．
Table 2. Sr isotope ratios and calculated Sr isotopic age.

No.	Well Name	Depth (m)	F/B	$^{87}Sr/^{86}Sr$	Error (±2σ)	Sr Age (Ma)	Error (-)	Error (+)
4	Akeno SK-1	2,730	F	0.708134	0.000013	25.6	0.6	0.7
		2,730	B	0.708130	0.000017	25.7	0.7	0.9
		2,750	B	0.708016	0.000015	29.1	0.6	0.6
		2,770	B	0.707563	0.000013			
		2,790	B	0.708097	0.000017	26.8	0.9	0.9
		2,810	B	0.707901	0.000014	32.3	0.5	0.5
		2,850	B	0.707885	0.000013	32.6	0.4	0.4
3	Akebono SK-5D	2,620	B	0.708386	0.000025	21.0	0.7	0.5
6	Nishi umaoi SK-3	1,280	B	0.708688	0.000013	16.7	0.5	0.2
		1,380	F+B	0.708636	0.000012	17.4	0.3	0.3
7	Kyowa SK-1	1,304	B	0.708693	0.000024	16.4	0.4	0.5
		1,481	B	0.708697	0.000016	16.4	0.4	0.4
		1,500	B	0.708759	0.000032	15.4	0.6	0.7
								(Remarks)
1	Yufutsu SK-2	2,360	B	0.708365	0.000011	21.3		1)
		2,500	B	0.708135	0.000018	25.6		1)
2	Numanohata SK-8D	2,420	B	0.708472	0.000014	19.5		2)
		2,580	B	0.708004	0.000014	29.4		2)
5	Atsuma horonai SK-1	2,340	B	0.708307	0.000015	22.2		1)
		2,380	B	0.708284	0.000013	22.5		1)

NIST SRM 987= 0.710248　　1) Tsukuba Univ.　2) Niigata Univ.



第 5 図．Sr 同位体比－深度プロットと地層温度．
Fig. 5. Plot for Sr isotope ratio versus depth, with corresponding formation temperature.



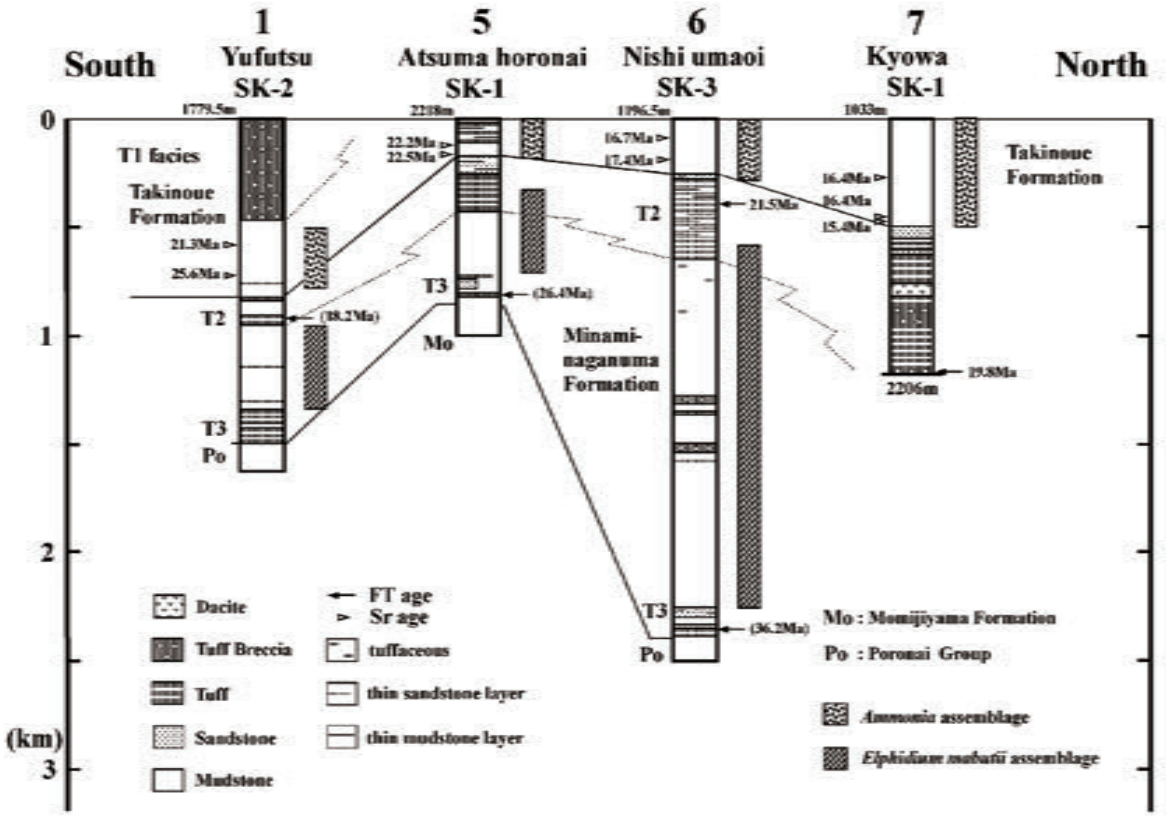
第 6 図．T1 層および T2 層の等層厚線図
Fig. 6. Isopach map of the T1 and T2 facies. Isopach lines are shown every 200m for the T1 facies (solid lines) and every 100m for the T2 facies (dotted lines).

は 90 ～ 100℃である（第 5 図）．一方，西馬追 SK-3 や協和 SK-1 の *Ammonia* 群集の地層温度は約 50℃である．もし勇払油・ガス田の試料も本来は西馬追 SK-3 や協和 SK-1 の試料と同じ Sr 同位体比（同じ年代）であるとすると，深度 2,000 m 以浅では変質の影響を受けていない可能性が十分にある．

5.2　滝の上層の地質年代

滝の上層は全体として 21 ～ 15 Ma の期間に形成された地層と考えられている（栗田，2010）が，その根拠となった年代値について検討する．

T1 層は勇払油・ガス田に厚く発達する玄武岩質火山岩類であり，北方に向かって急激にその層厚を減じる（第 6 図）．一方，馬追丘陵付近には *Ammonia* 群集を含む泥岩の下位に安山岩質火山岩類が発達しているのが坑井で確認されている（藤岡，1982；第 7 図）．栗田ほか（1998）は T1 層と馬追丘陵付近の安山岩質火山岩類を中部粗粒相に対比しているが，その理由のひとつに勇払 SK-2 の *Ammonia* 群集の Sr 年代（21.3 Ma）があったと推測される．しかしながら，勇払 SK-2 の Sr 年代は変質の影響を受けている可能性が高く，*Ammonia* 群集の Sr 年代は沼ノ端 SK-8D の 19.5 Ma より若いと考えられる．さらに，西馬追 SK-3 ではこの火山岩類の下位に *Elphidium mabutii* を含む有孔虫化石群集が確認されているので，これらの火山岩類は T2 層に対比されるものである（第 7 図）．また，T1 層と馬追丘陵付近の火山岩類とは岩質が異なっており，物理検層の自然ガンマ線（GR）値や $^{143}Nd/^{144}Nd$-$^{87}Sr/^{86}Sr$ プロット（加藤・佐藤，2014）で区別できる．また，第 6 図に

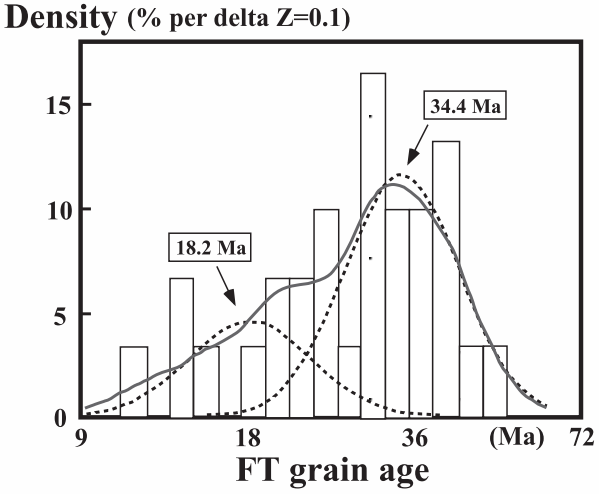


第 7 図．坑井柱状図と FT 年代および Sr 年代 .

Fig. 7. Stratigraphic log of wells showing FT and Sr ages. The strata are correlated between the wells lying on a south-north transect.

示すように，T1 層および T2 層の層厚変化は別岩体であることを示唆している．このことから，勇払油・ガス田と馬追丘陵付近の *Ammonia* 群集は同じ層準であると判断され，その Sr 年代は 17 ～ 16 Ma と推定される．

西馬追 SK-3 や協和 SK-1 における T2 層の FT 年代はそれぞれ 21.5±1.2 Ma, 19.8±1.1 Ma である（加藤・佐藤，2014）．これらの年代は馬追丘陵で認められる安山岩類の K-Ar 年代（19.3±1.0 Ma, 19.1±0.5 Ma; 渡辺ほか，1993，岡村ほか，2010）と調和している．



第 8 図．勇払 SK-2 の FT 粒子年代解析．

Fig. 8. Distribution of mixed grain ages for theYufutsu SK-2 sample.

また, 勇払 SK-2 の T2 層から採取されたコア試料（深度 2,703.8 m）の FT 年代測定結果（加藤・佐藤，2014）によれば，粒子年代は 11 ～ 50 Ma と分散しており，χ^2 検定には失格（5%未満）している．年代スペクトルでは 2 つのピークが認められ, Brandon（2002）による解析では 18.2 Ma と 34.4 Ma の年代値が得られている（第 8 図）．この若い年代値（18.2 Ma）は上述した FT 年代や K-Ar 年代および馬追丘陵周辺坑井における *Ammonia* 群集の Sr 年代と矛盾しない．

勇払油・ガス田の滝の上層の *Ammonia* 群集からは浮遊性有孔虫化石が産出することがある．例えば，明野 SK-1D では深度 2,730m から浮遊性有孔虫化石が多産しており，その群集は *Globigerina bulloides/praebulloides* が主体であり，*Globigerina angustiumbilicata*, *Globigerinita glutinata*, *Neogloboquadrina continuosa* (d), *N. continuosa* (s), *Globorotalia quinifalcata, Goborotalia. praescitula* を伴っている．また，栗田ほか（1998）は *Neogloboquadrina continuosa* ? および *Globigerina woodi connecta* の産出を報告しており，Hanagata and Hiramatsu (2005) も *Neogloboquadrina continuosa* や保存の悪い浮遊性有孔虫化石の産出を報告している．

米谷（1979）は空知－日高地域において，滝の上層の *Martinottiella communis–Spirosigmoilinella compressa* 群集から *Globorotalia quinifalcata*, *Goborotalia. siakensis*, *Globoquadrina venezuelana, Globoquadrina. dehiscense, Sphaeroidinellopsis seminulina, Globigerina praebulloides, Globigerinoides trilobus* を報告している．また，長田・一ノ関（1982）もむかわ町穂別の露頭から *Goborotalia quinifalcata,*

Globoquadrina venezuelana, Globigerinoides trilobus などを含む浮遊性有孔虫化石を報告している．これらの浮遊性有孔虫化石群集はお互いに類似しており，年代を推定する上で有効な種が僅かに含まれている．*Globigerina woodi connecta* は Blow(1969) の N5 ～ N7，暖海性種である *Globorotalia praescitula* は N6 ～ N10 下部（Kennett and Srinivasan, 1983），東北日本日本海側では N8 ～ N9（Saito and Maiya, 1973）である．また，*Globorotalia quinifalcata* は日本海側では七谷期・西黒沢期にその産出が限られる（米谷，1978）．これらの種の産出と西馬追 SK-3 や協和 SK-1 の Sr 年代（それぞれ 17.1±0.5 Ma，16.4±0.5 Ma）から推定される滝の上層の年代は 17 ～ 16 Ma 前後である．この年代は Hanagata and Hiramatsu（2005）が報告している石灰質ナンノ化石 *Sphenolithus heteromorphus*（17.71 ～ 13.53Ma ; Anthonissen and Ogg, 2012）の産出や長田・一ノ関（1982）が報告している *Melittosphaera magnaporulosa* 帯に対比される放散虫化石の産出と調和している．

地表では，滝の上層の最下部に亜炭や炭質物を含むシルト岩が発達しており（海保，1984）．坑井においても T2 層上部に亜炭や炭質泥岩が挟まれていることから，T2 層の一部は滝の上層に含まれる可能性があり，今後の検討が必要である．

6. まとめ

勇払油・ガス田や馬追丘陵周辺に位置する坑井には，滝の上層中に *Ammonia* spp. の産出で特徴づけられる *Ammonia* 群集が確認されている．これらの *Ammonia* 群集から拾い上げた石灰質有孔虫化石を試料として，14 試料（4 坑井）の Sr 同位体比を測定し，Sr 年代を求めた．

以前に測定した試料を含め，すべての試料の Sr 同位体比を深度に対しプロットしたところ，勇払油・ガス田の試料の Sr 同位体比は深度が深くなるにしたがって小さくなる傾向が認められ，変質の影響を受けていると判断される．一方，馬追周辺の西馬追 SK-3 と協和 SK-1 の試料は Sr 同位体比と深度に相関は認められないことから，変質の影響はないと判断され，それらの Sr 年代はそれぞれ 17.1±0.5 Ma，16.4±0.5 Ma である．

T1 層と馬追周辺坑井の *Ammonia* 群集の下位に発達する火山岩類は岩質，層厚変化，Nd や Sr の同位体比などから異なる層準のものであると考えられることから，勇払油・ガス田の *Ammonia* 群集と馬追丘陵周辺坑井の *Ammonia* 群集は同層準であると解釈される．

西馬追 SK-3 や協和 SK-1 の Sr 年代，これまで僅かに報告されている浮遊性有孔虫化石や石灰質ナンノ化石から推定される年代から，勇払油・ガス田周辺の坑井における滝の上層の年代は 17 ～ 16 Ma 前後と推定される．

謝辞

本稿の公表を許可された石油資源開発㈱に深謝します．有孔虫化石調査を行い，Sr 同位体比試料を準備され，資料を提供して頂いた同社技術本部技術研究所の三輪美智子社員，Sr 同位体比の測定をして頂いた島根大学総合理工学部亀井淳志准教授，北海道の有孔虫化石についていろいろ教えて頂いた井上洋子博士にお礼申し上げます．

引用文献

Anthonissen, D. E., and Ogg, J. G. 2012. Cenozoic and Cretaceous biochronology of planktonic foraminifera and calcareous nannofossils. The Geologic Time Scale 2012 2: 1083–1127.

Asano, K. 1952. Foraminifera from the Miocene Takinoue Formation near Momijiyama, Hokkaido. Short Papers, IGPS. 4: 47–51.

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

Blow, W. H. 1969. Late middle Eocene to Recent planktonic foraminiferal biostratigraphy. Proc. 1st. Internat. Conf. Planktonic Microfossils, Geneva 1967. 1: 199–422.

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

Hanagata, S., and Hiramatsu, T. 2005. Miocene–Pliocene foraminifera from the subsurface sections in the Yufutsu oil and gas field, Hokkaido. Paleontological Research 9: 273–295.

藤岡一男．1941．石狩炭田紅葉山付近の所謂中間層に就いて．矢部長克還暦記念論文集 2：959–972.

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.

飯泉　滋．1996．表面電離型質量分析計，MAT262 による岩石・鉱物試料の Sr・Nd 同位体組成の測定．島根大学地球資源環境学研究報告 15：153–159.

Kagami, H., Iwata, M., Sano, S., and Honma, H. 1987. Sr and Nd isotopic compositions and Rb, Sr, Sm, and Nd concentrations of standard samples. Technical Report of ISEI (Institute of Study of the Earth's Interior), Okayama University, Ser. B 4: 1–16.

海保邦夫．1984．北海道中央部夕張地域の第三系の層序．地質学雑誌 90：815–829.

Kanno, S., and Ogawa, H. 1964. Molluscan fauna from the Momijiyama and Takinoue districts, Hokkaido, Japan. Sci. Rep. Tokyo Kyoiku Daigaku Section C 81: 269–294.

加藤　進・中野孝教．1999．石油探鉱におけるストロンチウム同位体層序．石油技術協会誌 64：72–79.

加藤　進・佐藤雅紀．2014．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．瑞浪市化石博物館研究報告　40：79–93.

Kennett, J. P., and Srinivasan, M. S. 1983. Neogene planktonic foraminifera: A phylogenetic atlas. Hutchinson Ross Publishing Company: 265p.

工藤　崇・内野隆之・小松原　琢・高橋　浩・柳沢幸夫．2011．加茂地域の地質．地域地質研究報告（5 万分の 1 地質図幅）．産総研地質調査総合センター：162p.

栗田裕司．2010．5.3.3 夕張－馬追地域．日本地方地誌 1．北海道地域（朝倉書店）：200–203.

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.

Kurita, H., and Obuse, A. 2012. Early Miocene biostratigraphy of dinoflagellate cysts of northern Japan. Japanese Jour. Palynology 58: 119–120.

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・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.

米谷盛壽郎．1978．東北日本油田地域における上部新生界の浮遊性有孔虫層序．日本の新生代地質（池辺展生教授記念論文集）：35–60.

米谷盛壽郎．1979．北海道中央部および南西部における白亜系，第三系の有孔虫化石層序．北海道の石油・天然ガス資源－その探査と開発（昭和 43~51 年），169–177.

米谷盛壽郎・村田勇冶郎．1977．北海道，東北日本における Spirosigmoilinella compressa Matsunaga の産状とその古生物学的意味．藤岡一男教授退官記念論文集：425–446.

米谷盛壽郎・新保久弥・村田勇冶郎・大倉　保・一ノ関鉄郎・古田土俊夫．1977．北海道中央部および西南部における白亜系・第三系の有孔虫化石層序．石油資源開発㈱技研特報：36p.

McArthur, J. M., and Howarth, R. J. 2004. Strontium isotope stratigraphy. A Geologic Timescale 2004: 96–105.

三輪美智子・一ノ関鉄郎・栗田祐司．1998．北海道夕張炭田～日高地域の滝の上層の底生有孔虫化石層序；特に Ammonia 属の層位分布について．日本古生物学会 1998 年年会予稿集：70.

長田享一・一ノ関鉄郎．1982．北海道道央部日高地域における微化石層序について．石油資源開発㈱技研所報 25：113–170.

小布施明子・栗田裕司．1998．東北日本～サハリンにおける台島型植物群相当の花粉化石群の地域変化と層序学的意義．日本古生物学会 1998 年会予稿集：71.

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－勇払油ガス田浅層貯留層を形成する火山岩の岩石化学的検討．地質学雑誌 116：181–198.

大倉　保・新保久弥．1981．滝の上層準の Oscillation Chart について．石油資源開発㈱技研所報 24：149–174.

Saito, T., and Maiya, S. 1973. Planktonic foraminifera of the Nishikurosawa formation, Northeast Honshu,Japan. Trans. Proc. Paleont. Soc. Japan N.S. 91: 113–125.

石油技術協会．2004．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ー．石油技術協会，492p.

鈴木明彦．2000．北海道における中新世軟体動物化石群の古環境特性．足寄動物化石博物館紀要 1：57–66.

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 88：195–306.

Yanagisawa, Y., and Akiba, F. 1998. Refined Neogene diatom biostratigraphy for the northwest Pacific around Japan, with an introduction of code numbers for selected diatome biohorizons. Jour. Geol. Soc. Japan 104: 395–414.

2014 年 10 月 18 日原稿受理