

秋田-山形油田地帯の後期中新世-鮮新世火山岩の火山活動と貯留岩の形成

土谷信之

Nobuyuki TSUCHIYA (1999) Late Miocene to Pliocene volcanism and reservoir formation in the Akita-Yamagata Oil Field, northeast Japan. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol, 50 (1), p. 17-25, 3 figs., 2 tables.

Abstract: Late middle Miocene to Pliocene andesite-dacite volcanism took place and formed many submarine volcanoes in the Akita-Yamagata oil field basin (Aosawa rift), in the northeast Japan arc. Most of the volcanoes are distributed in four areas, and formed clusters in the basin. These areas are the Subari-Nanakura, Manaitayama, Suwayama-Yonegamori, and Momoyake-Aosawa areas. Each area is 20-30km in diameter and includes 8 to 15 submarine volcanic bodies, and some of them reserve hydrocarbon deposits. As the volcanic rocks in the oil field basin are rich in fracture and vesicle, the rocks could reserve large volume of oil and gas.

Most of the volcanic rocks reservoirs are 1) basalt vesicular lava and hyaloclastite of middle Miocene, 2) lava and volcanoclastic rock of andesite to dacite of late Miocene, and 3) their reworked sediments. The volcanoes in the Subari-Nanakura, Manaitayama, and Momoyake-Aosawa areas include mainly andesite volcanoes, and small amount of rhyolite-dacite. The volcanism in the three areas continued from late Miocene to early Pliocene time. However, the Suwayama-Yonegamori area situated in the eastern part of the oil field basin, and includes mainly dacite-rhyolite volcanoes which formed many lava domes of late middle Miocene to late Miocene. As few volcanic rocks are dated at late middle Miocene, the volcanism in this time may have been weakened in the oil field. Also, the volcanism in the oil field may have been practically interrupted during late Pliocene to early Pleistocene time, because no volcanic rock dated in this time.

要 旨

東北日本弧の秋田-山形油田堆積盆内では, 中期中新世後半から鮮新世までの火山活動が断続的に行われ, 主として中性-酸性火山岩を噴出した。これらの火山体は油田堆積盆内で, 4つの地域に集合していて, クラスタ状の分布を示す。これらの火山集合地域は能代市東方, 秋田市北東, 角館-大曲付近, 鳥海山東方の各地域である。各地域は径20-30kmの領域を占め, 多数の中性-酸性の火山体が集まっていて, 海成層のなかに挟在している。これらの火山岩の放射年代値の時間的分布を見ると, 多くの火山岩が3-10Ma頃の時期に含まれている。一方, 中期中新世後半の12-14Ma頃の年代値は数少なく, 2Ma前後の火山岩の年代値はほとんどない。すなわち, この油田地帯での火成活動は中新世の青沢玄武岩の巨大噴出活動終了直後, 一時衰弱し, 後期中新世から鮮新世前期までやや活発な活動を行い, 2Ma頃の短い衰退期を経て第四紀の火山活動へと経過したらしい。これらの火山岩は気泡や割れ目などの空隙に富み, 堆積盆内では地質構造上の高まりをなすことが多く, 炭化水素鉱床の貯留岩としての良好な特性を持っている。

1. はじめに

活動的な島弧である日本列島に分布する炭化水素鉱床は, 東北日本の日本海側の新第三紀層の堆積盆中に発達するものが最も生産量が豊富である。鉱床は中期中新世から鮮新世までの地層中に胚胎し, それらの貯留岩は砂岩も多いが, 火山砕屑岩や溶岩も多く, ほとんど砂岩や炭酸塩岩からなる海外の場合とは大きく異なっている。しかし, 火山岩を貯留岩とする炭化水素鉱床の探査は, 日本列島のような活動的島弧周辺では大変重要な意味を持っている。実際, 日本列島周辺で, 火山岩を貯留岩とする鉱床が, 日本海側地域を主として, 多数見いだされてきた。秋田-山形油田地帯では, 千谷(1935)以来, 火山岩及び火山性砕屑岩を貯留岩とする炭化水素鉱床の多くは, 中期中新世から鮮新世までの火山噴出物やその再堆積物中に胚胎していることが知られている。それらの炭化水素貯留岩の5割近くが流紋岩や玄武岩の溶岩と火砕岩であり, 凝灰質砂岩を含めると4分の3が火山岩及び火山性砕屑岩である(土谷, 1995)。

秋田-山形油田地帯のような活動的島弧地域に胚胎す

*地質部 (Geology Department, GSJ)

Keyword: Akita, Yamagata, oil field, volcanic rock, Miocene, Pliocene, cluster, reservoir rock, northeast Japan

る火山岩や火山砕屑岩を貯留岩とする炭化水素鉱床を探索するためには、火山岩噴出物の時空分布や特徴について把握しておくことが重要である。本研究は、秋田-山形油田地帯を例として、野外調査と新たな年代測定によって、火山噴出物を貯留岩とする炭化水素鉱床の時空分布や、その鉱床の貯留岩をなす火山岩の形成史を明らかにし、火山岩炭化水素鉱床の探索と開発への有益な情報と示唆を提供することを目的としている。さらに、きわめて活動的な島弧である日本列島の長期的な火山活動の変遷を明らかにし、東北日本弧の火山活動を理解することにも貢献することが期待される。本研究では秋田-山形油田地帯において、中新世中期前半の青沢玄武岩噴出の後、中期中新世後半から鮮新世までに形成された火山岩の時空分布を示し、この時代の火山体分布と炭化水素鉱床形成との関係を探ることにする。

2. 火山岩の試料と年代測定法

本研究では、筆者が従来行っていた地質調査結果に本研究での野外調査成果を加えて、本油田地帯における火山岩の年代測定試料を得た。年代測定は、酸性火成岩については、主にフィッシュン-トラック法を採用し、京都フィッシュントラック株式会社へ依頼した。測定法は花崗岩類の一部(NK81510, TH96001)はED1法で、その他はED2法で行った。安山岩及び玄武岩については、全岩のK-Ar法を採用し、テレダインアイソトープ社、及びニュージーランド地質学核物理学研究所へ依頼した。ニュージーランドへ依頼した試料は、全岩を粉碎し、30ないし100メッシュにそろえて、鉄鉱物を除いたものを用いた。放射年代測定結果については第1表及び第2表に示す。

3. 秋田-山形油田地帯の火成岩の時空分布

3.1 油田堆積盆中の火山岩の分布

秋田-山形油田地帯の堆積盆は、前期中新世に日本海拡大と日本列島成立の過程で、拡大開裂海盆(青沢リフト)として形成されはじめ、中期中新世前期までの膨大な玄武岩質火山噴出物を基盤とし、油田堆積盆として成立した(Tsuchiya, 1990)。中期中新世後半から鮮新世にかけて、この堆積盆内で厚い海成層が堆積していった。その過程で、堆積盆内で活発な火山活動が行われ、海成層中に幾つもの海底火山体が形成され、これらが海成層中に埋没し、挟有されていった。そして現在、これらの火山体や、その周辺に分布する火砕岩層の一部が炭化水素鉱床の重要な貯留層となっている。第1図に中期中新世後期から鮮新世に形成された火山体の分布を示す。これらの火山体の多くは秋田-山形油田堆積盆内の4つの地域に集まる傾向があって、クラスター状の分布を示す(第

1図)。これら火山体の集合地域は能代市東方(素波里-七座地域)、秋田市北東(須山地域)、角館-大曲付近(諏訪山-米ヶ森地域)、鳥海山東方(百宅-青沢地域)の各地域である。これらの地域は径20-30kmの領域に多数の中性-酸性の火山体が集まっていて、海成層のなかに挟在している。油田堆積盆内でこれらの分布地域以外の場所にある火山体としては本荘付近の新山及び福山の安山岩、横手東方の滝ノ沢安山岩などがあるが、数少ない。このような火山のクラスター分布については東北日本弧脊梁地域の第四紀火山でも指摘されている(吉田, 1997)。

3.2 火山岩体の挟在する層準、産状及び放射年代

秋田-山形油田堆積盆の主な海成層は、秋田地域の標準層序で、下位より、西黒沢層、女川層、船川層、天徳寺層からなり、炭化水素鉱床を胚胎する火山体もこれらの地層に含まれる。本研究で、調査と年代測定をおこなった主な火山岩体の概略と放射年代を、北から順に述べる(第2図, 第1, 2表)。

素波里安山岩：本安山岩は秋田-山形油田地帯北縁に分布し、能代市北方海岸付近の西部岩体と、白神山地南縁部の東部岩体に分かれる。西部岩体は船川層にも挟在するが、その下部は女川層の珪質泥岩層を挟んでいて、年代も9.7Maと5.3Maであり(第1表)、女川層堆積時から噴出したことを示す。東部岩体は船川層と指交して、本研究では6.6, 3.9Maの値が得られた(第1表)。中嶋ほか(1995)も3.7Maから6.2Maの年代値を得た。これから、東部岩体は中新世後期から鮮新世に噴出したものと解釈できる。

白神山地の第三紀花崗岩類：中期中新世の貫入岩体とされていた(大沢ほか, 1983)が、本研究の年代測定では、白神山地の粕毛川源流の二つ森石英閃緑岩から5.5Ma、独鈷森の赤石川閃緑ひん岩から14.6Maの年代値が得られ(第2表)、白神山地では第三紀花崗岩類が中期中新世と鮮新世の2つの時期に貫入したらしい。

藤里駒ヶ岳：秋田油田地帯の北縁にあり、中期中新統を覆った小型の第四紀成層火山で、太良駒ヶ岳ともいう(大沢ほか, 1983)。その普通輝石紫蘇輝石角閃石安山岩溶岩のK-Ar全岩放射年代を測定した(第1表)が、放射性 ^{40}Ar 量が定量限界以下であったため、有効な年代値は得られず、0.2Ma以下であろうと推定された。ここでは、藤里駒ヶ岳の安山岩は中期更新世以降の噴出物と考える。

須山安山岩：秋田市北東に分布し、女川層及び船川層に挟在する中新世後期から鮮新世前期にかけて噴出した安山岩体である。大口ほか(1990)によると、本安山岩は800万年の活動期間を持ち、二つの活動期、4つの層に区分され、初めの活動期は愛染玄武岩の年代に近いという。放射年代値は本研究で $8.1 \pm 0.2\text{Ma}$ の年代が得られ(第1表)、ほかに中嶋ほか(1995)が7.9Ma, 3.6

第1表 油田地帯の中期中新世後期-鮮新世火山岩のK-Ar放射年代値

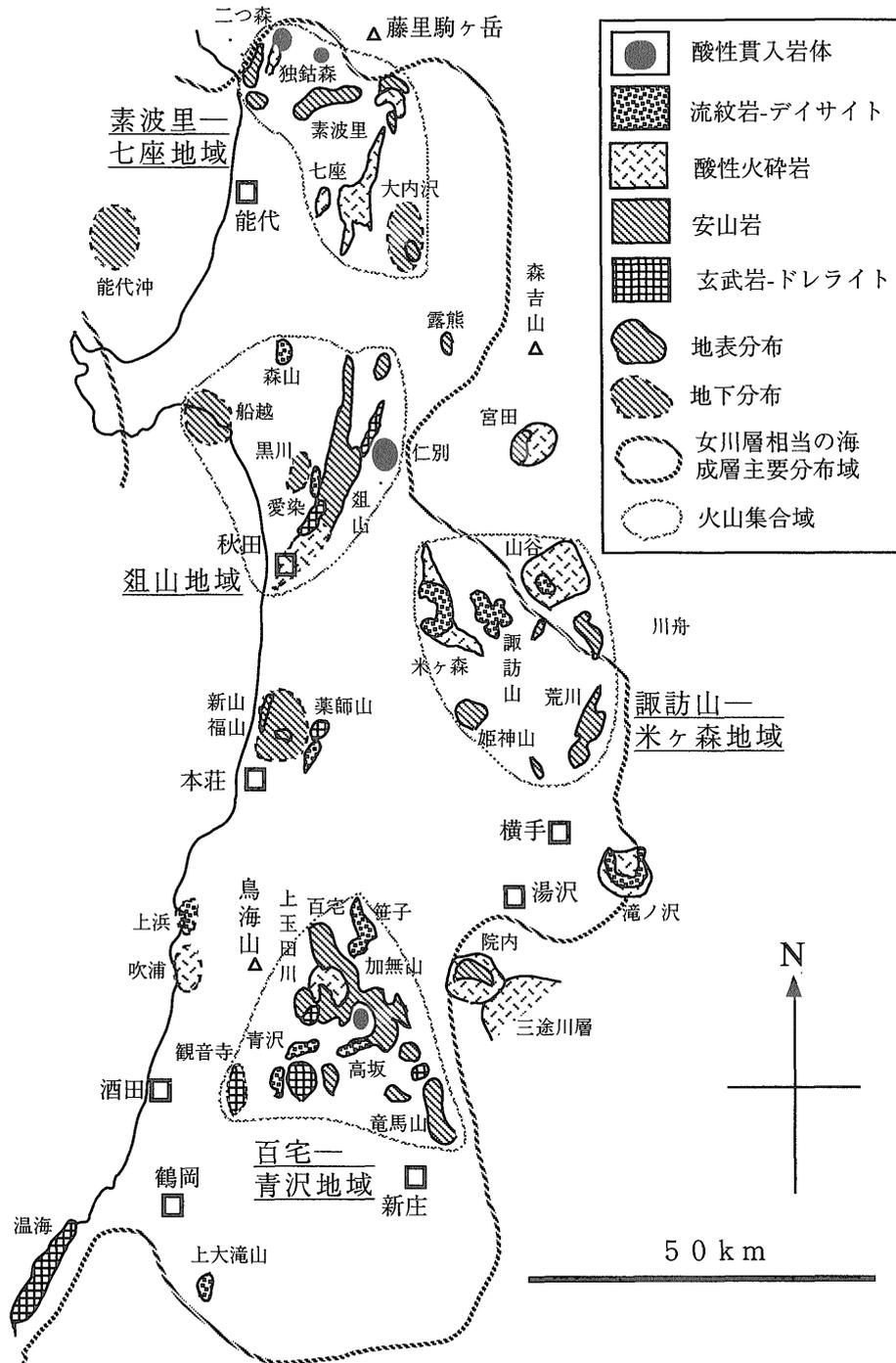
Table 1 K-Ar age of the late middle Miocene to Pliocene volcanic rocks in the oil field.

Sample no.	岩体	産地	岩石	測定法	年代(Ma)	誤差 ±1σ	K ₂ O wt%	⁴⁰ Ar%(nL/g)	⁴⁰ Ar%(scc/gm)	⁴⁰ Ar%	測定者
NK81121	素波里安山岩	八森町泊川	andesite	K-Ar	9.7	0.3	1.17	0.4405		7.5	NewZealand
NS81451	素波里安山岩	二ツ井町種梅川滝ノ沢	andesite	K-Ar	6.6	0.3	1.24		0.032	45.5	テレダイン
NS80001	素波里安山岩	素波里ダムサイト	andesite	K-Ar	3.9	0.1	2.76	0.418		7	NewZealand
NK82171	素波里安山岩	八森町薬師山	andesite	K-Ar	5.3	0.1	1.49	0.306		15	NewZealand
NK81003	藤里駒ヶ岳	藤里町東又沢中流東方	dacite	K-Ar	< 0.2		1.33	< 0.001		< 1	テレダイン
AN93021	露熊安山岩	阿仁町露熊	dacite	K-Ar	8.1	0.2	3.37	1.058		21	NewZealand
GJ92001b	組山安山岩	秋田市組山南方林道	andesite	K-Ar	8.1	0.2	1.23	0.3902		32.0	NewZealand
CK88101	笹子の流紋岩	湯沢市西方笹子峠	rhyolite	K-Ar	4.9	0.2	3.16		0.061	73.6	テレダイン
YS667	百宅火山岩	鳥海村猿倉南方 1.5km	andesite	K-Ar	4.9	0.2	1.23		0.024	37.6	テレダイン
CK89114	百宅火山岩	鳥海村丁岳南東方 1km	andesite	K-Ar	7.4	1.9	0.68		0.02	7.6	テレダイン
KN92001a	金山春木凝灰岩	羽前金山町春木	dacite	K-Ar	10.8	1.3	1.24		0.052	16.9	テレダイン
KN92002	金山組山安山岩	羽前金山町春木後川	dacite	K-Ar	9.6	0.2	1.24	0.4621		11	NewZealand
KN84007	竜馬山安山岩	羽前金山町竜馬山	andesite	K-Ar	13.0	0.3	0.86	0.449		34	NewZealand
YK87021	尾花沢市東方	尾花沢市銀山ダム	andesite	K-Ar	10.5	0.7	0.38	0.1537		25	NewZealand
GT93053c	明神岩安山岩	朝日村明神岩南東 1km	andesite	K-Ar	4.3	0.2	1.90		0.032	53.7	テレダイン
GT93023	明神岩安山岩	朝日村蝶山東方 0.5km	andesite	K-Ar	4.7	0.1	1.76	0.3257		66.5	NewZealand

第2表 油田地帯の中期中新世後期-鮮新世火山岩のフィッシュトラック放射年代値

Table 2 Fission track age of the late middle Miocene to Pliocene volcanic rocks in the oil field.

Sample no.	岩体	産地	岩石	測定法	年代(Ma)	誤差 ±1σ	結晶数	自発トラック ρ s (cm ²)	誘導トラック ρ i (cm ²)	χ ² 乗検定 %	熱中性子線量 ρ d (10 ⁴ × cm ⁻²)	相関係数 r	U濃度 ppm	測定者
NK81150	二ツ森石英閃緑岩	白神山地粕毛川源流	QDP	FT(ED1)	5.5	0.2	30	2.46 × 10 ⁶	7.12 × 10 ⁶	3	8.558	0.876	670	京都フィッション
NK81008	赤石川閃緑ひん岩	白神山地独鉈森	DP	FT(ED2)	14.6	0.8	30	1.58 × 10 ⁶	3.24 × 10 ⁶	85	8.09	0.939	320	京都フィッション
TH96001	仁別花崗閃緑岩	秋田市仁別国民の森	GDP	FT(ED1)	4.4	0.3	30	5.12 × 10 ⁵	1.70 × 10 ⁶	60	7.98	0.883	170	京都フィッション
KK96102	山谷層	角館北方七つ関	dc tuff	FT(ED2)	8.9	0.4	30	1.89 × 10 ⁶	6.30 × 10 ⁶	3	7.97	0.636	630	京都フィッション
KK96103	山谷層	角館北西方観音岳	rhyolite	FT(ED2)	9.0	0.4	30	1.99 × 10 ⁶	7.05 × 10 ⁶	5	8.554	0.677	660	京都フィッション
YOK96102	滝の沢火山岩	東鳴瀬村岩井川	dacite	FT(ED2)	4.0	0.6	30	9.10 × 10 ⁴	6.79 × 10 ⁵	53	7.95	0.156	70	京都フィッション
OS86203	日正花崗岩類	真室川町小又川上流	GDP	FT(ED2)	10.7	1.4	30	3.17 × 10 ⁵	9.23 × 10 ⁵	83	8.4	0.261	90	京都フィッション
OS87111	高坂酸性火山	真室川町谷地沢上流	rhyolite	FT(ED2)	7.5	0.6	30	5.41 × 10 ⁵	2.13 × 10 ⁶	8	7.96	0.303	210	京都フィッション
YK92048	ピングシ山	宮崎町魚取沼東方	rhyolite	FT(ED2)	12.4	0.7	30	1.51 × 10 ⁶	3.33 × 10 ⁶	57	7.38	0.566	360	京都フィッション
YD96001	庄内上大滝山	鶴岡市南東籾引町北方	rhyolite	FT(ED2)	12.3	0.6	30	1.05 × 10 ⁶	2.71 × 10 ⁶	7	8.55	0.625	250	京都フィッション



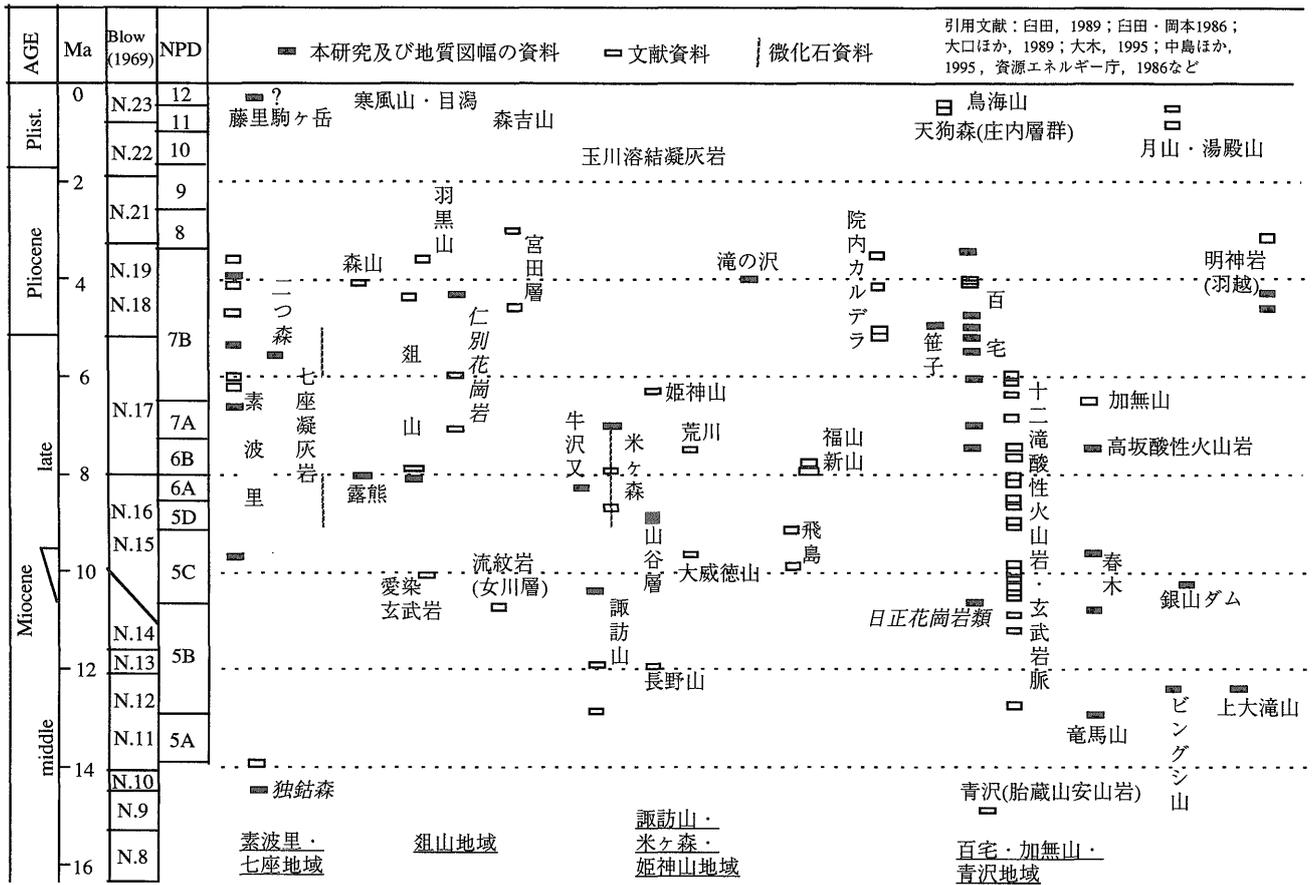
第1図 秋田-山形油田地帯の中期中新世後期-鮮新世火山岩の地域分布
 Fig. 1 Regional distribution of the late middle Miocene to Pliocene volcanic rocks in the Akita-Yamagata Oil Field.

Ma を、木村 (1985) が7.8Ma, 4.4Ma の年代を公表している。また、岩体のすぐ南に近接して中期中新世末期の愛染玄武岩 (10.2Ma: 中嶋ほか, 1995) と鮮新世の羽黒山安山岩が分布する。

仁別花崗岩類: 秋田市北東方仁別に分布する径5km ほどの酸性貫入岩体で、K-Ar 法で6.0Ma, F-T 法で7.2 Ma の年代が公表されていた (通商産業省資源エネ

ギー庁, 1986)。本研究で岩体内部の花崗閃緑岩から F-T 法で4.4Ma の放射年代値 (第2表) を得たが、測定報告は徐冷効果の影響が考えられることが指摘されたので、これまでの放射年代値を重視して、本岩体は後期中新世に貫入したものとする。

米ヶ森デイサイト: 土谷・吉川 (1994) が報告した後期中新世の水底火山である。この火山体は後期中新世に



第2図 油田地帯中期中新世後期-鮮新世火山岩の放射年代分布

Fig. 2 Temporal distribution of radiometric ages of the late middle Miocene to Pliocene volcanic rocks in the oil field.

噴出した多数の溶岩ドームとその周辺に流出した主に軽石凝灰岩からなる火砕岩層であって、火砕岩の一部には径数m大の巨大軽石を含む。溶岩は8.7Maから7.7Maの年代を示し火砕岩層は珪藻化石帯(N.P.D.: Akiba, 1986)の5Dから7Aにかけての海成層中に挟在し、後期中新世に噴出したことが明らかである(吉川・土谷, 1993)。

諏訪山デイサイト: 角館町西方に分布し、多数のデイサイト溶岩ドームと火砕岩からなり、中期中新世後期の砂子淵層から女川層にかけての層準に挟在する水底火山体である。K-Ar放射年代値は $10.4 \pm 0.5\text{Ma}$ (土谷・吉川, 1994), 12.7Ma (木村, 1985)の年代値が報告されている。

山谷層: 角館町北部に分布し、陥没構造をなし、その中を凝灰岩角礫岩と少量の流紋岩溶岩及び淡水成層が充填している(臼田ほか, 1980)。火砕岩と溶岩の年代がそれぞれ、8.9及び9.0Ma(第2表)で、本層は明らかに後期中新世前期の地層である。

姫神山火山岩: 大曲市付近の普通輝石紫蘇輝石安山岩ないしデイサイトから構成される火山岩体で、船川層の上に標高300m前後の溶岩ドームを多数形成して、6.4MaのK-Ar放射年代が得られている(臼田・岡本,

1989)。

新山安山岩及び福山安山岩: 新山安山岩は本荘市付近に分布し、船川層中に挟在し、7.6MaのK-Ar年代を示す。そのすぐ東側の福山安山岩は天徳寺層中に分布するが、7.8Maの放射年代を示し(臼田・岡本, 1989)、新山安山岩とほぼ同じ年代である。石油試掘井資料では両岩体は地下で一つの火山体をなし(大沢ほか, 1989)、新山安山岩は火山体の周辺部、福山安山岩は火山体の頂上付近部である。

滝ノ沢火山岩: 横手市東方に分布し、当時の油田堆積盆の東縁で噴出した陸成火山で、環状に並んだデイサイト溶岩ドーム群とその周辺の火砕岩からなる(臼田ほか, 1977)。このデイサイトの火砕岩は船川層の海成砂泥岩を覆っていて、溶岩ドームのデイサイトのF-T年代は4.0Maである(第2表)。

上玉田川酸性火山岩及び百宅火山岩: 両火山岩は鳥海山東方に広く分布し、後期中新世から鮮新世にかけて噴出した火山岩であり、上玉田川酸性火山岩は陥没構造の中を充填し、4.7MaのK-Ar年代である(中野・土谷, 1992)。百宅火山岩は上玉田川酸性火山岩を覆って安山岩及び玄武岩の溶岩と火砕岩からなり、船川層の海成泥岩を挟む海底火山噴出物である。K-Ar年代は3.4Maから

7.4Maである(中野・土谷, 1992)。百宅火山岩の東方の院内カルデラには百宅火山岩に似た岩相の安山岩溶岩が分布し, 4.1, 4.0Maの年代である(中嶋ほか, 1995)

青沢地域: 鳥海山南方の青沢地域では, 中期中新世の青沢層玄武岩の噴出後, 10Ma前後に青沢層を明瞭に切る玄武岩脈が貫入した。続いて, 8.6及び9.1Maの流紋岩-デイサイトの溶岩及び火砕岩からなる十二滝酸性火山岩や5-8Ma頃の八森安山岩が噴出した(大木, 1993)。これらの玄武岩岩脈や酸性-安山岩質の火山岩噴出物は, 広域的玄武岩噴出後も青沢地域で後期中新世にまで火山噴出活動が繰り返されたことを示している。その後, 更新世中期には天狗森火山岩(庄内層群)も噴出した(第2図)。

羽前金山地域: 青沢東方の金山地域では, 中期中新世から13.0Maの竜馬山安山岩が噴出し(第1表), 釜淵層の火山岩と加無山安山岩の水中火山活動が繰り返された。釜淵層は春木火砕岩と組板山安山岩などの火山岩部層を挟む中期中新世の海成泥岩層で, 春木凝灰岩はメートルサイズの軽石を含み, デイサイト岩片のK-Ar年代は10.8Maであり, 組板山安山岩は9.6MaのK-Ar年代の溶岩ドーム群である(第1表)。また, この北側にある日正花崗岩類の花崗閃緑斑岩のF-T年代は10.7Ma(第1表)である。

油田地帯地下: 秋田-山形油田地帯や日本海側沖合で掘削された幾つかの試掘井でも中期-後期中新世の厚い火山岩が伏在していることが確認されている。それは, 女川層準の能代沖安山岩(大沢ほか, 1985), 能代市東方の大内沢の地下の女川-船川層準の安山岩, 八郎瀧南部船越の地下の女川-船川層準の安山岩, 及び最上川沖の船川層準の石英安山岩質凝灰角礫岩(天然ガス鉱業界・大陸棚石油開発協会, 1986, 1992; 大沢ほか, 1985)である。これらの火山岩は, 素波里安山岩や組山安山岩と似た岩相であるらしい。

花崗岩類貫入岩体: 前述のように, 白神山地に二つ森石英閃緑岩(5.5Ma)と赤石川閃緑ひん岩(14.6Ma), 秋田市東方に仁別花崗岩類(4.4, 6.0, 7.2Ma), 及び鳥海山南東方に日正花崗岩類(10.7Ma)の貫入岩体があり(第2表), いずれも直径5km以下の小規模な岩体である。これらの貫入岩体の放射年代から, 二つ森石英閃緑岩と仁別花崗岩類が後期中新世, 赤石川閃緑ひん岩が中期中新世前期, 日正花崗岩類が中期中新世後期に貫入したと推定される。従って, 本油田地帯における花崗岩類貫入岩体の貫入時期は少なくとも3回に分かれ, 一時期に貫入したものではない。

ドレライト: ドレライトの貫入時期は, 貫入層準がほとんど西黒沢層上部及び女川層の層準に限られるので, 中期中新世中期から後期である可能性が高い。また, 青沢地域の玄武岩火砕岩を明瞭に貫くドレライト及び玄武岩岩脈の放射年代は, 中期中新世末の9.9Maから10.6

Maに集まっている(大木, 1993)。

4. 火山岩の時空分布

上記の各火山岩体の層序や年代測定資料の検討から, 秋田-山形油田地帯の火山岩の中新世中期以降の火山活動の時代変化を, 4つのクラスターごとにまとめて, 模式的に示した(第3図)。この図から, 秋田-山形油田地帯の各クラスター分布域で, 中期中新世後期から鮮新世にかけて, 火山活動がかなり活発に行われていたことが明らかである。

さらに, この図から火山活動の幾つかの共通した特徴が認められる。それは, 1) 青沢玄武岩噴出後から11Ma頃までの中期中新世後半に油田地帯では火成活動が不活発であった。2) 10Ma前後の時期には, 酸性火山岩と玄武岩の噴出とドレライト貫入活動があつて, 安山岩は少なく, パイモータル型に近い火山活動があつた。3) 9Ma頃から3Maまでの時期に, 主として安山岩と酸性火山岩が噴出する火成活動が活発に行われていた。4) 鮮新世後期から更新世前期にかけての3Maから1Ma頃の油田地帯には, ほとんど火山岩の年代値がなく, 火成活動が衰退した可能性が大きい。油田地帯の第四紀火山活動は更新世中期以降になって活発化したらしい。

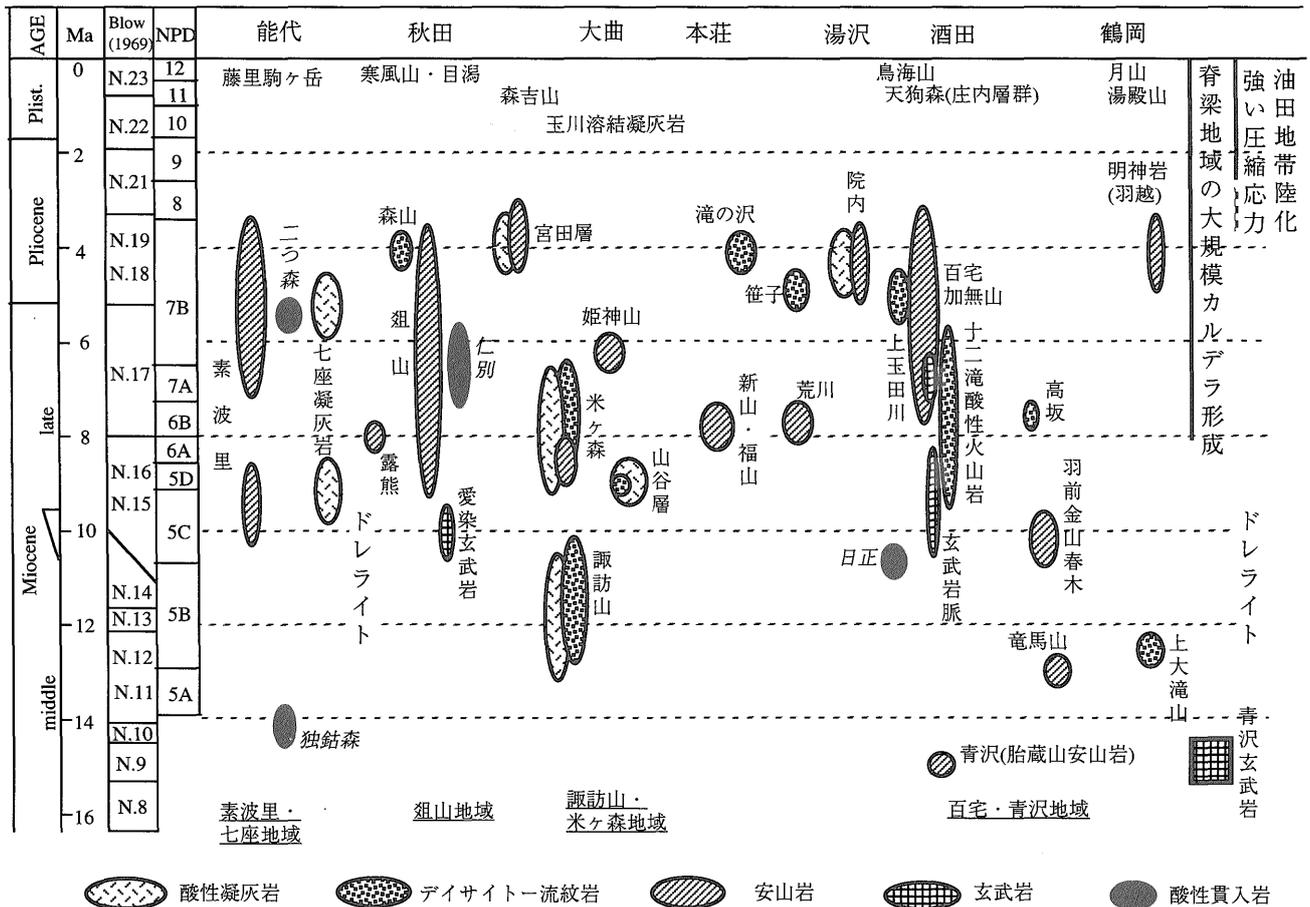
各クラスター地域内での火山活動は, いずれも安山岩とデイサイト-流紋岩の噴出活動を主とする火山噴出活動が断続的に行われていた。しかし, 噴出した火山岩種や活動時期は, 岩体ごとや, 地域ごとに少しずつ異なっている。さらに, 各クラスター地域は, 後期中新世から鮮新世前期に火山活動を活発に行つたが, 諏訪山-米ヶ森地域の火山だけはそれ以前の中期中新世後期からデイサイト-流紋岩の活動を始めて, 鮮新世の直前に火山活動を終了している。また, 花崗岩類の岩体は中期中新世から, 後期中新世から鮮新世にかけて, 少なくとも3回にわたって貫入し, 一時期に貫入したものではない(第3図)。

以上の油田地帯の中新世中期から第四紀にかけての火成活動は時代経過とともに衰退した時期と, 活発になったりしていた時期が見いだされる。すなわち, 青沢玄武岩の噴出が終了した中期中新世後期に火山活動の衰退期があり, 後期中新世から鮮新世前期にかけて活発な火山活動期が続き, 鮮新世後期から更新世前期にかけての衰退期, そして更新世後期から現在への活動期へと変遷している。

5. 油田地帯の火山活動の変遷

5.1 青沢玄武岩噴出後の中期中新世後期の静穏期

油田地帯地下の厚い青沢玄武岩は, その上部に浮遊性有孔虫化石帯のN10の有孔虫化石を含む海成泥岩までを挟有する(池辺ほか, 1979)ので, 14Ma頃までは玄武岩



第3図 油田地帯の中期中新世後期-鮮新世火山岩活動模式図

Fig. 3 Schematic figure of volcanic activity during late middle Miocene to Pliocene time in the oil field.

の大規模噴出活動が続いていた。その後、中期中新世の後半の14Ma から11Ma 頃までは、油田地帯の火山活動が沈静化したとされる(佐藤, 1992)。ただし、青沢玄武岩の火山活動後、諏訪山、竜馬山、庄内地域の上大滝山などで、小規模ながら火山活動が行われていて、全く中断したわけではない(第3図)。その後、青沢地域では、10Ma 頃に多数の玄武岩の岩脈やドレライトが貫入した(大木, 1993)。この時代の火山岩に胚胎する炭化水素鉱床は青沢層の玄武岩を主とする火山岩であり、特に鳥海山北麓に広がる由利原油ガス田が代表的である。この油ガス田の胚胎層は青沢層玄武岩の破碎された角礫状溶岩である(星ほか, 1992)

5.2 後期中新世から鮮新世前期の活動期

10-9Ma 頃から火山活動は活発化し、素波里、俎山、新山、百宅などの安山岩体と、米ヶ森、諏訪山、滝ノ沢、十二滝酸性火山岩などデイサイトー流紋岩の岩体が噴出し、油田地帯の主要な火山体のほとんどが形成されていった(第3図)。安山岩岩体は比較的大型の水底火山体を作っていて、水中溶岩と火砕岩が層状に繰り返してい

るものが多い。また、鳥海山東方の上玉田川や、院内、宮田の火山も陥没構造内に噴出している。米ヶ森や滝ノ沢でも溶岩ドーム群が環状に並び、陥没構造をなす可能性がある。これらの陥没構造の形成は東北日本脊梁地域のカルデラ形成(佐藤・吉田, 1992)と時を同じくするものである。この時代の油ガス鉱床を胚胎する火山噴出物の多くは安山岩ないし流紋岩の溶岩、同凝灰岩及び凝灰質砂岩である(藤岡, 1983)。

5.3 鮮新世後期-更新世前期の静穏期

秋田-山形油田地帯の中新世以降の火山岩について、本研究では1Ma から3Ma までの火山岩の放射年代値が得られなかった(第2図)。文献資料でも油田地帯では、放射年代値が、それ以前に比べて格段に乏しい。3-4Ma の年代値の火山岩は宮田層、院内カルデラ、百宅火山の一部などで、それより若い放射年代は月山火山雨告山の0.88Ma(中里ほか, 1996)などである。すなわち、秋田-山形油田地帯の火山に1-3Ma の年代値はほとんどなく、この層準の火山岩貯留岩もほとんどない。すなわち、この時期に油田地帯では一時的に火山活動が衰退していた

とみられる(第3図)。このことはSato(1994)や佐藤・吉田(1992)が指摘し、本研究の年代測定の結果はこれを支持するものである。しかし、仙岩地熱地域など、脊梁地域ではかなり活発な火山活動が続いていた地域もあった(須藤, 1987)。

5.4 更新世中期-完新世の火山活動期

更新世中期以降になると、東北日本弧第四紀火山の活動が活発化し(吉田, 1997)、藤里駒ヶ岳、寒風山、鳥海山、鳥海山直下の庄内層群の天狗森火山岩、月山などが活動を始めた(第3図)。藤里駒ヶ岳の年代は0.2Ma以下で、天狗森火山岩は約50万年前から噴出を始めた(中野・土谷, 1992, 林ほか, 1994)。月山は前述のように、0.88Maから形成され、湯殿山火山も70万年前(井上・伴, 1996)からと考えられる。以上のように秋田-山形油田地帯の更新世中期以降の火山活動は50-80万年前頃から始まったと考えられる。この時期は、秋田-山形油田地帯がほとんど陸化してきた時期で、現在の火山活動へと続いてきた。この時代の貯留層となったのは庄内平野東部の庄内層群で火山岩円礫を含む砂礫層中に胚胎している。

6. 炭化水素貯留岩となった火山岩の特徴

秋田-山形油田堆積盆において、新第三紀層中に挟在する海底火山噴出物やその再堆積層が、多くの炭化水素鉱床の貯留岩をなしている。これまで述べたように火山噴出物の貯留岩は、中期中新世青沢層の玄武岩、後期中新世ないし鮮新世前期の女川層と船川層などに挟在する安山岩ないし流紋岩であり、加えて、それらの火砕岩層や再堆積層である。このような火山噴出物は気泡や割れ目などの空隙に富み、炭化水素の貯留岩として良い条件を持っている。また、貯留岩をなす火山岩体は油田地帯の堆積盆地のなかで、構造上高まりをなしていることが多く、その地質構造は炭化水素に富む周辺の堆積岩層から炭化水素の集積を促すとみられる。今回、これらの貯留岩となっている火山岩の時空分布、産状、岩石学的特徴を明らかにすることにより、今後、火山活動と炭化水素資源集積の関係がより明確になり、炭化水素資源の探査や開発に貢献することが期待される。

7. ま と め

1. 秋田-山形油田地帯の炭化水素鉱床は火山岩及び火山性の砕屑岩層中に胚胎することが多い。
2. 火山岩は本油田地帯内に広く分布して、多数の海底火山体を形成している。
3. 火山岩の多くは、4つの地域に集まってクラスター状の分布をなしている。
4. 層序の検討及び年代測定結果は、火山体の多くが後

期中新世から鮮新世前期にかけて形成されたことが明らかになった。

5. 中期中新世後期と鮮新世後期の両時期は火山岩の放射年代値が少なく、火成活動が弱まったか、中断したらしい。
6. 4つのクラスター地域では、中期中新世後期までは玄武岩と酸性火山岩とが多く噴出及び貫入し、後期中新世には安山岩が多くなった。
7. 火山活動は中期中新世後期と、鮮新世後期から更新世前期の時期に衰退した。
8. 炭化水素鉱床を貯留する火山岩は、中期中新世青沢層中では玄武岩の破碎された溶岩及び火砕岩であり、後期中新世から鮮新世の海成層中の鉱床では安山岩ないし流紋岩の溶岩と火砕岩である。これらの火山岩は気泡や割れ目などの空隙に富み、地質構造上も高まりをなし、貯留岩としての良好な特性を有している。

文 献

- Akiba, F. (1986) Middle Miocene to Quaternary diatom biostratigraphy for Deep Sea Drilling Project Leg. 87 in the Nankai Trough and Japan Trench, and modified Lower Miocene through Quaternary diatom zones for middle to high latitudes of the North Pacific. Initial Reports of DSDP, 87, 393-481.
- 千谷好之助(1935) 本邦油田に於ける火山岩と石油の関係に就きて。石油技術協会誌, 3, 1-10.
- 林信太郎・高橋邦浩・吉田武義(1994) 鳥海山山麓、鶯川玄武岩・天狗森火砕岩のK-Ar年代と全岩化学組成。マグマの化学組成変化による火山の深部構造の解析。特定研究経費・研究成果報告書(平成5年度), 9-20.
- 星 一良・佐賀 肇・箕輪英雄・稲葉 充(1992) 秋田・新潟のグリーンタフの変質と貯留岩性状。石油技術協会誌, 57, 77-90.
- 藤岡一雄(1983) 秋田の油田。さきがけ新書3, 秋田魁新報社, 236p.
- 池辺 穰・大沢 穰・井上寛生(1979) 酒田地域の地質。地域地質研究報告, 地質調査所, 138p.
- 井上和俊・伴 雅雄(1996) 東北日本山火山新期噴出物の火山学的研究。岩鉱, 91, 33-47.
- 木村勝弘(1985) 秋田地域のK-Ar年代層位。地質学会92年学術大会講演要旨, 132.
- 中野 俊・土谷信之(1992) 鳥海山地域の地質。地域地質研究報告。地質調査所, 138p.
- 中嶋聖子・周藤賢治・加々美寛雄・大木淳一・板谷徹丸(1995) 東北日本弧、後期中新世～鮮新世火山岩の島弧横断方向における化学組成およ

- び同位体組成変化。地質学論集, 44, 197-226.
- 中里浩也・大場孝信・板谷徹丸 (1996) 東北日本弧, 月山火山の地質と K-Ar 年代。岩鉱, **91**, 1-10.
- 大木淳一 (1993) 山形県出羽丘陵に分布する青沢火山岩類の K-Ar 年代。総合研究「東北日本の新生代火山岩類の時空分布の変遷とテクトニクス」研究報告, no. 2, 104-112.
- 大沢 穠・土谷信之・角 清愛 (1983) 中浜地域の地質。地域地質研究報告, 地質調査所, 62p.
- 大沢 穠, 高安泰助・池辺 穠・藤岡一男 (1989) 本荘地域の地質。地域地質研究報告, 地質調査所, 54p.
- 大沢 穠・鯨岡 明・栗田泰夫 (1985) 羽後浜田地域の地質。地域地質研究報告, 地質調査所, 57p.
- 大口健志・佐藤英郎・小林紀彦・中本 治 (1990) 後期中新世秋田油田地域の水冷火山岩類。石油技術協会誌, **54**, 290-291.
- 佐藤比呂志 (1992) 東北日本弧中部地域の後期新生代テクトニクス。地調月報, **43**, 119-139.
- Sato, H. (1994) The relationship between late Cenozoic tectonic events and stress field and basin development in northeast Japan. Jour Geophys. Res., **99**, B, 22261-22274.
- 佐藤比呂志・吉田武義 (1992) 東北日本の後期新生代大規模陥没カルデラの形成とテクトニクス。月刊地球, **15**, 721-724.
- 須藤 茂 (1987) 仙岩地熱地域の珪長質大規模火砕流堆積物。地質調査所報告, 266 号, 77-142
- 天然ガス鉱業界・大陸棚石油開発協会 (1986) 日本における最近の石油探鉱, 147-154.
- 天然ガス鉱業界・大陸棚石油開発協会 (1992) 秋田・山形地域: 日本の石油・天然ガス資源, 53-80.
- Tsuchiya, N. (1990) Middle Miocene Back-Arc Rift Magmatism of Basalt in the NE Japan Arc. Bull. Geol. Sur. Japan, **41**, 473-505.
- 土谷信之 (1995) 秋田-山形油田地帯の火山岩貯留岩。地質ニュース, 495 号, 47-53.
- 土谷信之・吉川敏之 (1994) 刈和野地域の地質。地域地質研究報告, 地質調査所, 62p.
- 白田雅郎・村山 進・白石建雄・伊里道彦・井上 武・乗富一雄 (1977) 秋田県総合地質図「横手」地域。秋田県。
- 白田雅郎・村山 進・白石建雄・高安泰助・乗富一雄 (1980) 秋田県総合地質図「角館」地域。秋田県, 86p.
- 白田雅郎・岡本金一 (1989) 秋田県南部における新第三紀火山岩類の K-Ar 年代と新第三系の対比。北村 信教授記念地質学論文集, 959-608.
- 通商産業省資源エネルギー庁 (1986) 広域調査報告「田沢地域」151p.
- 通商産業省資源エネルギー庁 (1982) 広域調査報告「西津軽地域」167p.
- 吉川敏之・土谷信之 (1993) 後期中新世珪長質溶岩ドーム周辺の海成層に含まれる giant pumice. 地質学会第100年大会講演要旨, 537p.
- 吉田武義 (1997) 島弧マグマの供給系の構造と進化。火山, **42**. 特別号, S189-S207.

(受付: 1998年7月17日; 受理: 1998年10月16日)