埼玉県比企丘陵北部に分布する新第三系の堆積鉱物学的研究

SEDIMENTARY MINERALOGY OF THE NEOGENE IN THE NORTHERN HIKI HILLS OF SAITAMA, JAPAN

青 柳 宏 一 (Koichi Aoyagi)*

Neogene strata occur in the riverside of Ara-kawa, northern Hiki hills of Saitama, Japan, and they are grouped into the Yorri, Tachigase, Kozono, Arakawa, Fukuda, Tsuchishio, and Yagii formations.

From the mineral composition of sedimentary rocks, it is cleared that the Neogene in the studied area are grouped into the following five facies. Facies 1: illite-chlorite-heulandite-quartz-plagioclase-calcite-tremolite. Facies 2a: montmorillonite-illite-chlorite-heulandite-cristobalite-siderite. Facies 2b: montmorillonite-illite-chlorite-analcite-plagioclase-calcite. Facies 3: montmorillonite-illite-mordenite-cristobalite-siderite. Facies 4: montmorillonite-illite-kaolinite-clinoptilolite-quartz-gypsum.

These facies are almost equivalent to stratigraphic zonations. Facies 1: lower and middle Kozono formations. Facies 2a: upper Kozono and lower to middle Arakawa formations. Facies 2b: upper Arakawa and lower Fukuda formations. Facies 3: upper Fukuda formation. Facies 4: Tsuchishio and Yagii formations.

Source materials and depositional environments were important to the formation of these facies. Diagenesis affected strongly to Facies 1 and 2, and weakly to Facies 3, while it was ineffective to Facies 4.

1. はじめに

堆積岩中の鉱物組成の研究が堆積学にとって重要であることは言うまでもないが、これを石油地質学的な面で利用する試みがいくつかなされている (Weaver, 1960; 樹下, 1962; 青柳, 1967)。筆者は、この目的のために、1961 年より本邦油田地域の白亜系・第三系の堆積岩について、その鉱物相を研究してきた。その結果、各地域の堆積岩の鉱物相がかなり明らかにされてきた (須崎・青柳, 1965; 青柳, 1965; Aoyagi, 1968a; Aoyagi, 1969)。

本論では、この研究の一環として、埼玉県比企丘陵北部を流れる荒川沿岸地域に分布する新第三系の鉱物相を報告する。また、これらの鉱物相と種々の地質学的因子との関連について検討した結果を述べる。

2. 地質概説

この地域は関東平野における新第三系模式地の一つであり、多くの地質学的研究がなされている (石井, 1962; 福田・石和田, 1964; 埼玉県農林部, 1968)。しかし、本

地域が埼玉県児玉町南方丘陵と比企丘陵との間にはさまれた孤立した新第三系分布地域というような関係もあり (Fig. 1), 現在でもまだかなりの問題点が残されている。本地域の基盤をなすものはいわゆる長瀨系の緑色変成

Fig. 1 Locality map showing the studied area in the Saitama prefecture, Japan.

* 石油資源開発 (株) 技術研究所

Fig. 2 Generalized stratigraphic sections indicating the site of sampling.

岩類であり、主として輝緑凝灰岩より構成されている。基盤の上位に発達する新第三系 (Fig. 2) は、下位より大里層群 (寄居礫岩層・立ヶ瀬層)、小園層、荒川層、福田層、土塩層および楊井層よりなる。

大里層群 (A 相) は、寄居礫岩層および立ヶ瀬層よりなる。寄居礫岩層 (A₁ 相) は礫岩を主とし、白色粗粒砂岩および黒色泥岩を伴う。また、薄い亜炭層をはさみ、海棲生物の化石を欠き、陸成層と考えられる。立ヶ瀬層 (A₂ 相) は砂岩・泥岩互層であり、まれに礫岩層をはさみ、石灰質団塊を含んでおり、種々の貝化石を含む海成層である (埼玉県農林部, 1968)。^{*}

小園層下位 (B₁ 相) の上・下部は主として礫岩よりなるが、その中部は暗灰色含礫砂岩を多く介在し、この含礫砂岩中には貝化石を多産する。B₂ 相は淡灰色凝灰質細粒砂岩を主とするが、ときには礫質砂岩を介在し、この砂岩中に貝化石をかなり多く含む。本層最上位 (B₃ 相) は淡灰色凝灰質砂岩と暗灰色砂質泥岩との互層より

なるが、乱堆積状を呈し、ときには泥岩の大塊を含む。

荒川層下位 (C₁ 相) は荒川部落周辺を模式地とし、主として典型的な暗灰色硬質頁岩よりなるが、その上部では細～中粒硬質砂岩および凝灰岩をかなり多く介在する。C₂ 相は、やや軟質の角割れ無層埋凝灰質泥岩よりなる。滝部層 (C₃ 相) は、滝部落周辺を模式地とする層準で、暗青灰色硬質石灰質細粒砂岩と暗緑灰色硬質シルト岩との互層よりなる。この下位には、緑色片岩、砂岩などの大礫を含む礫岩が認められる。この C₃ 相の層準に関しては、従来より多くの意見があつて一致していないが、ここでは一応荒川層の最上部層と考えることにする。^{**}

福田層下位 (D₁ 相) は、畠山部落附近を模式地とするいわゆる畠山凝灰岩部層であり、主として暗青灰色硬質砂質凝灰岩よりなるが、ときには泥質～シルト質となる。上位 (D₂ 相) は暗灰色塊状泥岩よりなるが、ときには非常に凝灰質となる。

土塩層の下位 (E₁ 相) は暗灰色塊状凝灰質シルト岩よりなり、*Makiyama chitani* を多産する。上位 (E₂ 相) は、主として暗灰色凝灰質シルト岩と暗灰色凝灰質細粒砂岩との互層よりなり、層理面の発達はかなり良い。また、上部に砂岩が多くなる傾向がみられる。楊井層 (F 相) は、本地域に分布する新第三系最上位の地層であり、砂岩・泥岩・安山岩の亜角礫よりなる礫岩と含礫砂岩とを介在する凝灰質細粒砂岩よりなる。

3. 本地域新第三系の鉱物相

採取した大里層群以上の新第三系各層準の堆積岩について X 線回折分析を行い、試料中の鉱物組成を同定した。この分析法については、青柳 (1967) が詳述している。Fig. 3 には、各層準の堆積岩中の鉱物組成を示す。なお、各鉱物の量は X 線回折強度 (cps) であらわした。この図で明らかなように、本地域の新第三系では次に述べるような鉱物相が認められた。Fig. 4 には、これらの各鉱物相の代表的な X 線回折図を示す。

I 相は、イライトー緑泥石ー輝沸石ー石英ー斜長石ー方解石ー透角閃石帯として示される。本相の特徴は、石英・斜長石および透角閃石が多いことであり、これは一般に砂岩に多く認められる鉱物相である。また、方解石が一部の試料にかなり多く含まれる。粘土鉱物は、イライトー緑泥石のみが存在する。

IIa 相は、モンモリロナイトーイライトー緑泥石ー輝沸石ークリストパル石ー菱鉄鉱帯である。泥岩中の粘土

* 福田・石和田 (1965) は、寄居礫岩層を跡倉層に對比し、立ヶ瀬層は小園層に含めるべきだと考えている。

** 滝部層の有孔虫化石および組成鉱物よりみれば、本部層下位の礫岩層を福田層の基底とした方が良いように思える。

Formation		Sample No.	Lithology	Clay		Minerals					Other										Facies	
				Mon	Mix	Ill	Chl	Kao	Cli	Mor	Ana	Heu	Cri	Qtz	Pla	Cal	Dol	Sid	Gyp	Tre		
Yagii	F	160	Pebbly Sandstone																			
Tsuchishio	E ₂	159	Siltstone																			
		158	Ditto																			
		157	Sandstone																			
		156	Siltstone																			
	E ₁	155	Ditto																			
		154	Ditto																			
		153	Ditto																			
Fukuda	D ₂	152	Ditto																			
		151	Ditto																			
		150	Black Mudstone																			
		149	Tfs. Mudstone																			
	D ₁	148	Tuff																			
		147	Tfs. Sandstone																			
		146	Tfs. Siltstone																			
D ₀	141	Tuff																				
	140	Ditto																				
	139	Tfs. Siltstone																				
	137	Tuff																				
Arakawa	C ₃	145	Tfs. Siltstone																			
		144	Tfs. Sandstone																			
		142	Siltstone																			
		143	Ditto																			
	C ₂	136	Black Mudstone																			
		135	Tfs. Sandstone																			
		134	Black Mudstone																			
		133	Ditto																			
C ₁	132	Hard Shale																				
	131	Ditto																				
	130	Ditto																				
	129	Ditto																				
	128	Ditto																				
	127	Ditto																				
	126	Ditto																				
Kozono	B ₃	125	Ditto																			
		124	Ditto																			
		123	Tfs. Sandstone																			
	B ₂	122	Tfs. Mudstone																			
		121	Sandstone																			
		120	Ditto																			
		119	Pebbly Sandstone																			
118		Ditto																				
117		Ditto																				
116		Ditto																				
115		Ditto																				

Abb. : Mon = montmorillonite, Mix = mixedlayered minerals of montmorillonite and illite, Ill = illite, Chl = chlorite, Kao = kaolinite, Cli = clinopillolite, Mor = mordenite, Ana = analcite, Heu = heulandite, Cri = cristobalite, Qtz = quartz, Pla = plagioclase, Cal = calcite, Dol = dolomite, Sid = siderite, Gyp = gypsum and Tre = tremolite.

Legend :
 | less than 20 cps
 ■ 200 cps
 ■ 400 cps

Fig.3 Mineral compositions of the studied sedimentary rocks.

鉱物相は青柳ら (1973, 未公表) の I_{ai} 帯にはほぼ相当し, これは泥岩のもっとも一般的な組成である。なお, その一部にモンモリロナイト-イライト混合層鉱物が認

められる。また, 輝沸石・クリストパル石・菱鉄鉱の存在が特徴的である。本相下位の砂質部には, 透角閃石・方解石が認められる。

Fig. 4 Representative X-ray diffraction charts of each facies;

No. 115=Facies 1, No. 127=Facies 2a, No. 146=Facies 2b, No. 150=Facies 3, and No. 159=Facies 4.

Abb.: Mon=montmorillonite, Ill=illite, Chl=chlorite, Kao=kaolinite, Cli=clinoptilolite, Mor=mordenite, Ana=analcite, Heu=heulandite, Cri=cristobalite, Qtz=quartz, Pla=plagioclase, Cal=calcite, Sid=siderite and Tre=tremolite.

II_b 相は、モンモリロナイトーイライトー緑泥石一方沸石ー斜長石一方解石帯として示される鉱物相である。粘土鉱物相は、II_a 相と同じく I_{a1} 帯である。方沸石が特徴的な鉱物相であり、I-II_a-II_b 相の沸石相は Utada (1965) の III 帯に相当する。方解石が方沸石と共生して存在する。また、斜長石は他の泥質相に比しやや多い。なお、カオリナイト、モルデン沸石、輝沸石、クリストバル石、苦灰石、菱鉄鉱が時折認められる。

III 相は、モンモリロナイトーイライトーモルデン沸石ークリストバル石ー菱鉄鉱帯である。泥岩中の粘土鉱

物相は I_{a2} 帯 (青柳ら, 1973, 未公表) であるが、イライトがやや多い。沸石類ークリストバル石ー菱鉄鉱の共生は II_a 帯と同様であるが、モルデン沸石を含む。

IV 相は、モンモリロナイトーイライトーカオリナイトー斜方輝石沸石ー石英ー石膏帯として示される。泥岩の粘土鉱物相は、カオリナイトを含む I_b 帯 (青柳ら, 1973, 未公表) である。石英をかなり多く含むが、斜長石は普通であり、透角閃石は含まれない。沸石相は斜方輝石沸石を含み、下位の III 相とともに II 帯 (Utada, 1965) に相当する。また、石膏が下位のシルト岩相に認められるのが特徴である。

4. 考 察

堆積岩中の鉱物相を形成する地質学的要因としては、母材、沈積環境、継変作用、変成作用、風化作用があげられる (Aoyagi, 1968b)。本地域については層位学的ならびに古生学的な研究が多くなされており、その地史がかなり明らかにされている (石井, 1662; 福田・石和田, 1964; 埼玉県農林部, 1968)。そこで、上述した本地域新第三系の鉱物相の形成にどのような要因がもっとも影響を与えたかについて考察してみる。なお、Fig. 5 には各層準の岩相から推察した母材および化石有孔虫の資料 (渡辺, 1963, 未公表; 渡辺・米谷, 1964, 未公表) から推定した堆積環境を示す。

小園層の中下部の砂岩相にはば相当するのが I 相である。この時期の母材は寄居造山運動の後に堆積した礫および砂が主であり、その環境は *Ammonia sp.* などが産出することより、沿岸に近い好気性の内浅海であったと推定される。この鉱物相の特徴である石英・斜長石・透角閃石・緑泥石は多分母材である石英斑岩・花崗岩・輝緑凝灰岩類などの粗粒碎屑物に由来するものであり、また方解石の一部は貝殻中のアラゴナイトが変質したものであろう。しかし、方解石の大部分は堆積物が圧密化した後にうけたセメント作用によるものである。イライトは、母材が粗粒であることより堆積時に供給されたものとは考えにくく、むしろ堆積後の継変作用により斜長石などから形成された自生鉱物であると考えるのが妥当であろう。輝沸石も継変作用の産物であろう。

小園層上部 (B₃ 相) および荒川層中下部 (C₁-C₂ 相) に対比されるのが II_a 相である。沈積環境は、B₃ 相では *Florilus kidoharaensis*, *Cibicides pseudoungerianus* などの存在により中〜外浅海、また C₁ と C₂ 相では *Hopkinsina morimachiensis*, *Praeglobobulimina pupoides*, *Uvigerina spp.* などの底棲有孔虫化石と浮遊性有孔虫化石の産出より外洋性の半深海であったと推定される。この層準は本地域でもっとも海進の進んだ中

Stratigraphy		Lithofacies	Foraminifera Fossils	Environments
Yagii F.	F	Sand, Gravel & Volcanic Ash	Poor
Tsuchishio F.	E ₂	Silt, Sand & Volcanic Ash	Poor	
	E ₁	Silt & Volcanic Ash	Uvigerina proboscidea Cibicides ungerianus Lagena acuticosta	
Fukuda F.	D ₂	Clay & Volcanic Ash	Martinottiella communis Ammodiscus turbinotus Haplophragmoides spp.	
	D ₁	Volcanic Ash & Clay	Poor	
Arakawa F.	C ₃	Silt, Sand & Volcanic Ash	Melonis pompiloides, Valvulineria sadonica Gypoidina orbicularis	
	C ₂ & C ₁	Clay & Volcanic Ash	Hopkinsina morimachiensis Praeglobobulimina pupoides	
	B ₃	Sand, Clay & Volcanic Ash	Florilus kidoharaensis Cibicides pseudoungerianus	
Kozono F.	B ₂ & B ₁	Gravel, Sand & Volcanic Ash	Ammonia sp.	
Osato G.	A ₂	Clay & Sand	Poor	Transgression →
	A ₁	Gravel, Sand & Organicmatter	Poor	

Fig.5 Lithofacies, foraminifera fossils and depositional environments of each formations in the studied area,

新世初期後半の堆積物であり、ほとんどが泥質相で占められている。また、火山碎屑物の供給が時折あったことがその岩相より予想される。この鉱物相ではモンモリロ

ナイト・イライト・緑泥石が多いことおよび石英・斜長石がやや少ないことが特徴になっている。斜長石が時に多いのは、火山碎屑物の供給によるためであろう。輝沸

石・クリストバル石および菱鉄鉱は共生鉱物と考えられ、恐らくは塩基性火山ガラスの結晶作用の結果の産物である(飯島・歌田, 1967)。クリストバル石の一部は石英に変わっていると思われる。また、菱鉄鉱は通常汽水環境の堆積岩に多く認められるが海成環境のものにはすくないことおよび常に輝沸石と共生していることより、この場合は沸石化作用の後に晶出したもの(飯島・歌田, 1967)と考えるのが妥当であろう。なお、粘土鉱物中にイライトがやや多くみられるのも中期継変作用によるものかもしれない。

荒川層上部の滝部層(C₃相)および福田層下部の島山凝灰岩部層(D₁相)に対応する鉱物相がII_b相である。D₁相には有孔虫化石が少いが、C₃相には *Melonis pompilioides*, *Valvulinaria sadonica*, *Gyrogonia orbicularis* などの石灰質有孔虫化石とともに砂質有孔虫化石をかなり多く含むことより、嫌気性のやや深い環境が推定される。C₃相にはやや粗粒の通常碎屑物と一部に火山碎屑物、D₁相には火山碎屑物が主として供給されたと考えられる。したがって、本鉱物相の下位には石英が多く、上位ではすくない傾向がみられる。粘土鉱物は碎屑物が粗粒のためか一般にその量がすくないが、緑泥石はやや多い。この緑泥石は、嫌気性の環境下で生成したものかまたは火山碎屑物の継変作用に由来したものであろう。方沸石と方解石の存在は、火山ガラスの沸石化作用と炭酸塩化作用によるものと思われる。

福田層上位のシルト岩相にはほぼあたるのがIII相である。この層準では *Martinottiella communis*, *Ammodiscus turbinatus*, *Haplophragmoides* spp. などの砂質有孔虫化石を主に産出するので、嫌気性の環境であったと考えられる。この層準には、かなり多量の火山碎屑物が細粒の通常碎屑物とともに供給されたと思われる。これは、泥質相にモンモリロナイトが多く、凝灰質相にすくないことから推察される。この期の継変作用の影響はII相にくらべて弱く、これはモルデン沸石・クリストバル石・菱鉄鉱の存在および二次的な石英の形成がみられないことにも示される。

土塩層(E₁・E₂相)および楊井層にはほぼ対比される鉄物相がIV相である。E₁相には *Uvigerina proboscidea*, *Cibicides ungerianus*, *Lagena acuticosta* などの底棲有孔虫化石とともに浮遊性有孔虫化石を多産することより、前期の嫌気性の環境がふたたび外洋性の浅海に戻ったと思われる。海退はこの期以降に急速に進み、これは碎屑物が一般に粗粒になることによって示される。粘土鉱物組成でイライト・カオリナイトが多くなることは、堆積深度が浅くなり陸成碎屑物の供給を多量にうけたことを意味する。また、石英・斜長石の多量

の存在は、母材が粗粒の通常碎屑物であることに一致する。石膏の部分的な存在は、化学的な沈澱を起すような海の部分的かつ急激な浅化を示唆すると思われる。しかし、飯島・歌田(1967)によるとオアフ島の凝灰岩では石膏が常に沸石生成後の最終段階に晶出すると述べているので、あるいはこのようなものかもしれない。なお、この期の堆積物についての継変作用の影響はほとんど認められない。

5. まとめ

埼玉県比企丘陵北部に分布する新第三系堆積岩についてX線回折分析によりその組成鉱物を同定し、鉱物相を設定した。その結果、本地域の新第三系は、I, II_a, II_b, III, IV相の5つの鉱物相に分類されることが明らかになった。

これらの鉱物相は、層位的な区分にほぼ平行している。すなわち、I相は下部～中部小園層、II_a相は上部小園層～中下部荒川層、II_b相は上部荒川層～下部福田層、III相は上部福田層、IV相は土塩層～楊井層にそれぞれ対応する。

また、各鉱物相と種々の地質学的要因との関連について検討し、母材と沈積環境が鉱物相の形成にもっとも重要であると考えた。継変作用の影響はI相とII相では強く、III相では弱く、IV相ではほとんど影響を与えていないように思える。

謝 辞

この報告の公表に際し、許可をいただいた石油資源開発(株)技術研究所岩本寿一所長に深く感謝する。また、微古生物学的な資料を御教示いただいた同社長岡鉄業所渡辺其久男氏、技術研究所米谷盛寿郎氏に厚くお礼申し上げる。なお、筆者とともに野外調査に参加し、分析に協力された明星大学工学部星野剛輝氏(当時埼玉大学々生)には心よりの謝意を呈する。東京大学教養部歌田実氏には本文の粗稿を査読していただき、種々の御教示をたまわった。記して感謝する次第である。

引用文献

- 青柳 宏一 (1965), 堆積岩中の鉱物組成と種々の地質因子との相互関連, 粘土科学, 4, 99-112.
- 青柳 宏一 (1967), X線回折法による堆積岩の鉱物学的研究とその石油地質学への応用例, 佐々保雄教授還暦記念論文集, 541-556.
- Aoyagi, K. (1968a), Mineralogical study of sedimentary rocks in the oil fields of Japan by the X-ray diffraction method, and its application to petroleum geology (Part 2).

- Clay Science*, **3**, 54-69.
- Aoyagi, K. (1968b), Mineralogical study of sedimentary rocks in the oil fields of Japan by the X-ray diffraction method, and its application to petroleum geology (Part 3). *Clay Science*, **3**, 70-86.
- Aoyagi, K. (1969), Claymineralogy of the Neogene in the northwestern Kanto mountains, Japan. *Proceeding of the International Clay Conference*, **1**, 349-357, Israel Universities Press.
- 福田 理・石和田靖章 (1964), 関東地方の地質と天然ガス鉱床の探鉱と開発への序章. 石技誌, **29**, 3-21.
- 飯島 東・歌田 実 (1967), 凝灰岩の沸石化作用. 佐々保雄教授還暦記念論文集, 107-121.
- 石井基裕 (1962), 関東平野の基盤. 石技誌, **27**, 615-640.
- 樹下 惺 (1962), 裏日本含油新第三系堆積岩中の粘土鉱物分析成果概要と堆積岩中の粘土鉱物分析法基準の提案. 石技誌, **27**, 227-264.
- 埼玉県農林部 (1968), 埼玉県秩父・入間・比企地方の地質. pp.89, 埼玉県農林部林務課.
- 須崎祐吉・青柳宏一 (1965), 結城2号井における坑井コア試料中の鉱物組成. 自然科学と博物館, **32**, 97-107.
- Utada, M. (1965), Zonal distribution of authigenic zeolites in the Tertiary pyroclastic rocks in Mogami district, Yamagata prefecture. *Scientific Papers*, College of General Education, Univ. of Tokyo, **15**, 173-216.
- Weaver, C. E. (1960), Possible uses of clay minerals in search for oil. *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, **44**, 1505-1518.