新潟県東山南部に分布する砂岩の堆積学的・鉱物学的研究
—野辺川に分布する砂岩の重鉱物組成—

徳橋 秀一*

Sedimentological and mineralogical study on the late Miocene to Pliocene
sandstones occurring in the southern area of the Higashiyama Region,
Niigata Prefecture, Northwest Japan
—Heavy mineral composition of sandstones exposed along the Nobegawa River—

Shuichi TOKUHASHI*

Abstract The southern part of the Higashiyama Region, Niigata Prefecture, is very important area to clarify the sedimentological relationship between deep-water turbidite sandstone and shallow-water sandstone, because the late Miocene to Pliocene formations are widely distributed under the control of north-south trending anticlines and synclines with many useful thin tuff markers. Stratigraphic studies have disclosed a lateral change from the turbidite sandstone facies in the west to the shelf sandstone facies in the east. In this paper the author discusses the characteristics and origin of heavy mineral composition of sandstones collected along the Nobegawa River where all formations regularly crop out.

Along the Nobegawa River are distributed shallowing-upward formations, that is, Araya, Kawaguchi, Ushigakubi, Shiroya, and Wanazu Formations in ascending order, which were deposited in the Neogene Niigata back-arc basin.

The heavy mineral composition of thin-bedded turbidite sandstones in the Araya Formation and thick-bedded turbidite sandstones in the lower half of the Lower Kawaguchi Formation is characterized by the "Type I", that is, dominant occurrence of opaque minerals, common occurrence of garnet, zircon, epidote, zoisite, sphene, biotite, and limited occurrence of tourmaline, allanite, and chlorite. Granitic, metamorphic and older sedimentary rocks are inferred as the source rocks of these sandstones.

The thick-bedded turbidite sandstones in the Upper Kawaguchi Formation are characterized by the heavy mineral composition of "Type II" which is made up mostly of volcanic-origin hornblende and partly of same minerals as in "Type I". Violent volcanic activities with abundant hornblende in the source area of the "Type I" resulted in these turbidite sandstones of "Type II".

Thick-bedded turbidite sandstones in the upper half of the Lower Kawaguchi Formation is characterized by "Type I-II", the intermediate type of "Type I" and "Type II", where opaque minerals are more abundant than hornblende, and other minerals are same as in "Type I". As some tuff breccias with very abundant hornblende are intercalated in the same horizon, the volcanic activities in the source area seem to have begun at this age.

1990年4月13日受付. 1990年6月18日受理.

* 地質調査所燃料資源部. 茨城県つくば市東 1-1-3. Fuel Resources Department, Geological Survey of Japan, 1-1-3 Higashi, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan.

As turbidite sandstones in the Ushigakubi Formation are again characterized by "Type I" or "Type I-II", the volcanic activity in the source area seems to have decreased or ceased at this age.

The shallow-marine sandstones in the Wanazu Formation indicate the different type of heavy mineral composition "Type III", in which volcanic-origin hypersthene, augite and hornblende are dominant, then opaque minerals and epidote are common, while other transparent heavy minerals occurring in "Type I" are very limited. At this age, volcanic activity with abundant hornblende reactivated and new type of volcanoes erupted and supplied a great deal of hypersthene and augite.

はじめに

新潟県小千谷市東方に分布する東山油帯南部には、下位より、荒谷層・川口層・牛ヶ首層・白岩層・和南津層とよばれる中新世後期から鮮新世の地層が、荒谷背斜(東山背斜)を初めとする南北性の褶曲構造に規制されつつ、広く分布している(徳橋, 1985; 柳沢ほか, 1986; Fig. 1). これらの累層は、半深海域から浅海域への堆積環境の一連の変化の下で形成された堆積物から構成されている。先に徳橋(1985)は、荒谷背斜の両翼に分布し、タービダイト砂岩を頻繁に挟むフリッシュ型砂岩泥岩互層から成る川口層の堆積学的検討を行った際、上記の諸累層中に多くの凝灰岩鍵層を記載し、その多くが、荒谷背斜の周辺で広く追跡可能であることを示した。そして、これらの凝灰岩鍵層をもとに、川口層のタービダイト砂岩の南北方向での連続性について検討を行うとともに、古流向等のデータを加えて、川口層の堆積環境について予察的見解を述べている。柳沢ほか(1986)は、これらの鍵層の追跡をさらに東方域に拡大するとともに、上記の諸累層が単に上下に重なるのみならず、側方には同時異相の関係にもあることを明らかにした。また川口層の場合には、東山南部の東西で特徴と堆積環境を異にする岩相が分布していることを明らかにしたが、その成因的關係は明らかにされていない。一方、岩本(1989a, b)は、同時異相の関係で川口層の東方に分布する陸棚の堆積物・岩相に対して、別の累層名をつけて、両者の成因論的關係について言及している。このように小千谷市東方の東山南部地域は、好露出の上に凝灰岩鍵層に恵まれ、それら凝灰岩鍵層によって半深海域から陸棚域で形成された堆積物が同時異相の関係で広く分布していることから、それらの堆積様式を検討する上で大変興味のある地域であるといえる。

先に佐々木・牛島(1966, 1968)は、東山地域に分布する西山期から椎谷期のタービダイト砂岩(級化砂岩)の軽鉱物および重鉱物について予察的検討を行い、これら

の砂岩に供給母材の違いを反映した地域性があることを指摘した。今回著者は、東山南部において上記の全累層が規則正しく露出する野辺川沿いで、各累層の砂岩の重鉱物組成についてより詳しく検討した結果、新しい知見を得ることができたのでここに報告する。そして別報では、川口層およびその相当層の堆積様式について、岩相・礫組成・古流向そして重鉱物組成などに基づいて検討を行うことにする。

一般に砂岩中の重鉱物組成の検討は、佐々木・牛島(1968)や本報告でも行っているように、供給母材・供給源の岩石特性や火成活動など後背地での地質現象の推定に役立てられてきたが(市村, 1933; ICHIMURA & MATSUBAYASHI, 1953; ICHIMURA & AOKI, 1957; IJIMA, 1957, 1959, 1965; IJIMA & NAGAHAMA, 1965; 加藤, 1960; 小原, 1962; 山本・松熊, 1964; SATO, 1969; 佐藤, 1971; AOKI, 1965; 青木, 1973; 佐藤・鈴木, 1977, 鈴木・佐藤, 1977; 鈴木, 1989; ほか), それと同時に、異なる堆積環境下で形成された砂岩の成因的關係の解明、したがって、砂岩の堆積様式の解明にも寄与しうるものであることについては別報で言及することにする。

野辺川における各累層の特徴

荒谷背斜西側の野辺川沿いは、東山南部地域に分布する荒谷層から和南津層に至る全累層が最もよく露出する代表的なルートである(Fig. 1)。野辺川で得られた模式地質柱状図を Fig. 2 に示す。以下に、各累層の特徴について簡単に述べる。

荒谷層 [大村(1928)命名]

いわゆる荒谷相(鯨岡, 1962)の模式的な地層である。中・下部は、暗灰色ないし黒色の塊状泥岩から成り、表面は細裂割れを示すことが多い。全体に挟みが少ないが、上位の川口層と接する上限付近には、葉理構造のよく発達した厚さ 30 cm 以下の薄い細粒・極細粒のタービダイト砂岩が頻繁に挟まれている(Fig. 3a)。こ

Fig. 1. Index map of the study area at the upper left corner and simplified geologic map around the Araya Anticline in the southwestern part of the Higashiyama Region.

A : Alluvial deposits, B : Miocene to Pleistocene sedimentary and volcanic rocks, C : Paleozoic to Mesozoic rocks (Basement rocks). Ni : Niigata, Ka : Kashiwazaki, Jo : Joetsu, Na : Nagaoka, Oj : Ojiya, S. R. : Shinanogawa River. W : Wanazu Formation, S : Shiroyiwa Formation, Us : Ushigakubi Formation, Ku : Upper Kawaguchi Formation, Kl : Lower Kawaguchi Formation, A : Araya Formation.

1 : Attitude of bedding and degree of dip (a to i), a : horizontal, b : 1~10°, c : 11~20°, d : 21~35°, e : 36~50°, f : 51~70°, g : 71~89°, h : vertical, i : reversal. 2 : syncline, 3 : anticline, 4 : boundary of formation, 5 : tuff marker, 6 : dacitic volcanic breccia, 7 : fault. NA13~NA46 : name of tuff marker.

Fig. 2. Geologic column of formations cropping out along the Nobegawa River. 1 : sandstone (partly a little muddy), 2 : sandy mudstone, 3 : mudstone, 4 : alternation of thin-bedded sandstone and mudstone, 5 : sandstone-dominated alternation of sandstone and mudstone, 6 : mudstone-dominated alternation of sandstone and mudstone, 7 : unclear alternation of thin-bedded sandstone and sandy mudstone, 8 : sporadic intercalation of thin-bedded sandstone in mudstone, 9 : volcanic breccia, 10 : tuff or tuff breccia, 11 : pebbly mudstone with outsize volcanic breccia and mudstone, 12 : nodule.

これらの砂岩は、川口層以上の砂岩と比べて固結がすすみ、表面は上下の泥岩よりも突出する傾向にある。荒谷層には、薄い凝灰岩層が散発的に挟まれている。朝日川では、最下部に石英安山岩質の火山角礫岩、凝灰角礫

岩、凝灰岩が挟まれている。荒谷層の下限は不明であるが、その厚さは野辺川で 400 m 以上である。

本層の堆積環境は、岩相および含有有孔虫化石(鯨岡, 1962)等から半深海域(堆積盆地)と考えられる。

川口層 [金原(1940)命名]

淡灰色のタービダイト砂岩と暗灰色-黒色の泥岩との互層から成る地層で、いわゆるフレッシュ型砂岩泥岩互層によって特徴づけられている。実際には、砂岩優勢砂岩泥岩互層と塊状の暗灰色-黒色の泥岩との互層から成っており、野辺川での厚さは約 750 m である。泥岩よりも砂岩優勢砂岩泥岩互層の割合が多い下部(厚さ約 450 m)と泥岩の割合が多い上部(厚さ約 300 m)に区分できる。

タービダイト砂岩は、大部分が比較的淘汰のよい塊状の中-細粒砂岩で、厚いものは 10 m 前後に達するが、通常 5 m 以下のものが多い(Fig. 3b)。野辺川では、下部の上部に厚さ数 m 以下の石英安山岩質の火山角礫岩・凝灰角礫岩・凝灰岩が何層か挟まれている(Fig. 3c, d)。朝日川では、下部と上部の境界付近に厚い石英安山岩質の火山角礫岩が挟まれている(Fig. 1)。朝日川や野辺川ではまれであるが、南部の信濃川流域では、川口層のタービダイト砂岩中に、中礫-大礫大の円礫がしばしば観察される(徳橋, 1985)。これらの礫の組成については、別報で述べる予定である。

本層の堆積環境は、岩相および含有有孔虫化石(新潟有孔虫研究グループ, 1983)等から半深海域(堆積盆地～斜面下部)と考えられる(徳橋, 1985)。

牛ヶ首層 [大村(1927)命名]

全体に暗灰色-青灰色の塊状泥岩から成り、表面はサイコロ状ないし細裂割れ風化を示す(Fig. 3e)。野辺川では、下部に薄いタービダイト砂岩が散発的に挟まれる。また、上部には、10 m 前後の厚層理砂岩(Fig. 3f)を 1

Fig. 3. Several outcrops along the Nobegawa River. a. Boundary between Araya Formation (A) and Lower Kawaguchi Formation (Kl), b. Sandstone-dominated alternation in the Upper Kawaguchi Formation, c and d. Tuff with volcanic breccia in the upper part of the Lower Kawaguchi Formation, T : tuff, VB : volcanic breccia, e. Massive mudstone with flaky fracture on weathered surface in the Ushigakubi Formation, f. Thick-bedded sandstone on the slumped beds in the upper part of the Ushigakubi Formation, g. Massive sandy mudstone in the Shiroiwa Formation, which yields rough surface owing to the extreme bioturbation, h. Sandstone with small scale scour-and-fill structure in the Wanazu Formation.

a

KI
↓
↑
A

b

c

d

e

f

g

h

枚含む砂岩優勢砂岩泥岩互層が観察される。中・下部に凝灰岩鍵層が挟まれている。野辺川での牛ヶ首層の厚さは約 350 m である。

本層の堆積環境は、岩相および含有有孔虫化石(新潟有孔虫研究グループ, 1983)等から、主に半深海域(斜面上部)と考えられる。

白岩層 [大村(1927)命名]

主に塊状の砂質泥岩から成るが、バイオターベーションの発達によって不均質で淘汰不良である(Fig. 3g)。

中部に層理面の不明瞭な砂質泥岩と砂岩または泥質砂岩との薄互層が観察される。不定形型ノジュールの密集するゾーンも観察される。これらのノジュールの中に貝化石が含まれていることがある。貝化石はほぼ全層準で観察されるが、場所によってはかなり密集して産出することがある。上位の和南津層と接する最上部では、しばしば砂岩と泥岩の薄互層が観察される。野辺川では、本層上部に火山角礫と泥岩の巨礫を含む含礫泥岩が挟まれている。本層にも多くの凝灰岩層が挟まれ鍵層として有用なものもあるが、凝灰岩の保存状態は牛ヶ首層以下の地層に比べると劣っている。野辺川における本層の厚さは約 210 m である。

本層の堆積環境は、岩相および含有有孔虫化石(新潟有孔虫研究グループ, 1983)等から、下部浅海域(下部陸棚)と考えられる。

和南津層 [Iki(1922)命名]

灰褐色の粗-細粒の塊状砂岩を主体とする地層であるが、やや泥質な部分もある。やや泥質な部分では、一般にバイオターベーションが発達し淘汰不良である。砂岩の一部には、平行葉理、直線的によく連続する緩傾斜斜交葉理、小型リップル斜交葉理、および小規模なスカウアー・アンド・フィル構造(scour-and-fill structure)などの堆積構造が観察される(Fig. 3h)。一部に泥岩や礫岩の挟みを伴っているところもある。凝灰岩層が挟まれていることがあるが、その保存状態は非常に悪い。野辺川における本層の厚さは 130 m 以上である。

本層の堆積環境は、岩相および含有有孔虫化石(柳沢ほか, 1986)等から、上部浅海域(上部陸棚)の堆積物と考えられる。

このように、荒谷背斜西翼の野辺川沿いに分布する荒谷層から和南津層に至る各累層は、全体として、半深海域から上部浅海域へと上方に浅くなる堆積環境下で形成されたものと考えられる。そして最終的には陸化して、陸成の河川成堆積物と内湾性海成堆積物からなる魚沼層の堆積環境へと変化していったものと考えられる(柳沢ほか, 1986)。

Table 1. Sample description.

Sample No.	Original No.	Formation	Type of Sandstone	Thickness of T.S.B. (cm)	Position of Sampling in T.S.B.
1	87A01	Wanazu F.	S.M.S.		
2	87A04	"	"		
3	87A06	"	"		
4	87A09	"	"		
5	87A12	"	"		
6	87A15	"	"		
7	87A16	Ushigakubi F.	T.S.	40	lowermost
8	87A17	"	"	15	lower
9	87A18	"	"	1000	middle
10	87A21a	U.Kawaguchi F.	"	400	lowermost
11	87A21b	"	"	"	middle
12	87A21c	"	"	"	uppermost
13	87A23a	"	"	300	lowermost
14	87A24a	"	"	200	lowermost
15	87A27	"	"	80	lowermost
16	87A29a	"	"	120	lowermost
17	87A33a	"	"	120	lowermost
18	87A35a	"	"	50	lowermost
19	87A36	"	"	70	lowermost
20	87A37a	"	"	80	lowermost
21	87A38a	"	"	250	lowermost
22	87A39	"	"	500	lowermost
23	87A41	L.Kawaguchi F.	"	130	lowermost
24	87A42	"	"	30	lowermost
25	87A44a	"	"	500	lowermost
26	87A46	"	"	50	lowermost
27	87A47	"	Tuff Br.		
28	87A48	"	"		
29	87A50	"	T.S.	500	lowermost
30	87A52	"	"	100	lowermost
31	87A53	"	"	600	lowermost
32	87A54	"	"	500	lowermost
33	87A56a	"	"	200	lowermost
34	87A57	"	"	20	lower
35	87A58	"	"	200	lowermost
36	87A58.4	Araya F.	"	10	lower
37	87A58.5	"	"	20	lower
38	87A59	"	"	30	lower
39	87A60	"	"	10	lower

S. M. S. : shallow marine sandstone, T. S. : turbidite sandstone, Tuff Br. : tuff breccia, T. S. B. : turbidite sandstone bed.

重 鉍 物 分 析

分析試料

荒谷背斜西翼の野辺川沿いに分布する累層のうち、砂質泥岩から成る白岩層を除いた各累層から、砂岩の分析試料を採取した。すなわち、和南津層の上部陸棚の浅海成砂岩から 6 試料(No. 1~6)、牛ヶ首層の上部に挟まれる砂岩優勢砂岩泥岩互層中のタービダイト砂岩から 3 試料(No. 7~9)、川口層上部に挟まれるタービダイト砂岩から 13 試料(No. 10~22; このうち No. 10, 11, 12 は、厚さ約 400 cm の同一タービダイト砂岩単層の最下部、中部、最上部から得られたものである)、川口層下部に挟まれるタービダイト砂岩から 11 試料(No. 23~26 および No. 29~35)、川口層下部の上部に挟まれる含火山岩角礫凝灰岩中の凝灰岩から 2 試料(No. 27, 28)。

Fig. 4. Exposure map showing sampling locality along the Nobegawa River. 1. sandstone, 2. sandy mudstone, 3. massive mudstone, 4. sandstone-dominated alternation of sandstone and mudstone, 5. intercalation of thin-bedded mudstone bed in massive sandstone, 6. alternation of thin-bedded sandstone and mudstone, 7. unclear alternation of thin-bedded sandstone and sandy mudstone, 8. sporadic intercalation of thin-bedded sandstone in massive mudstone, 9. intercalation of tuff marker, 10. volcanic breccia, 11. tuff or tuff breccia, 12. pebbly mudstone with outsize volcanic breccia and mudstone, 13. slumped deposits, 14. sampling locality.

Table 2. Results of heavy mineral analysis.

Sample No.	Heavy Mineral Composition (%)																					Total Num. of CHMG	Hy (%)	Mg/Hy (%)
	Hyp	Aug	Diop	Hornblende			Tre-Act	Epi	Zoi	Zir	Gar	Bio	Chl	Sph	Ana	Rut	Tour	Alla	Oth	Opq				
1	35	34			3	5	6		12	1									1	4	288	14.6	17.1	
2	25	15		14	8	13	6		12		+		+						1	6	462	1.9	6.7	
3	30	17		4	4	11	10		9		1		1						1	12	473	0.4	8.0	
4	43	29		4	4	3	5		8					+					1	4	396	2.6	12.8	
5	33	23		4	7	11	10		4	+	1		2				+	1	1	4	413	1.3	10.5	
6	31	22		3	8	7	9		5	1	1		1		5		+		1	7	506	0.8	7.8	
7			+			+	+		11	8	8	6	13			+	+		1	53	721	0.2	21.1	
8					1	1	1		13	8	2	2	11		3		1		+	58	494	0.1	18.2	
9				+	2	11	2	1	12	6	2	2	+		1		+	1		61	680	0.6	6.9	
10				+	2	38	5	+	3	4	2	2	1		+		+	+	+	42	724	0.3	6.5	
11				+	2	54	1		9	3	+	2			+				+	29	958	0.3	7.1	
12				+	2	53	2	+	4	3	2	2	+		+				+	31	1025	0.2	10.5	
13	+				2	48	4		2	3	+	1	1						1	38	625	0.4	2.6	
14	+	+		+	1	34	7	+	8	7	1	3	8	+	1		+	1	+	29	823	0.3	10.3	
15	+		+	+	2	83	3		1	2	2	1			+	+			+	7	836	0.9	2.2	
16	+		1	1	4	43	8	1	4	3	+	3	5		+	+		+	+	26	1065	0.5	4.3	
17	+			1	3	46	10	+	3	3	2	2	20	3	1		+	+	+	8	572	0.4	8.6	
18	1			3	3	47	9	1	1	4	3	4	5	+	+	+		+	+	22	892	0.2	6.7	
19			+	+	1	69	3	1	1	1	2	2			1	+	+	+	+	19	864	1.1	3.8	
20		+	+	+	2	45	4	+	2	2	2	3	1		+		+	+	+	38	920	0.6	8.1	
21		+			2	26	5	1	3	5	1	4	4	1	+				1	+	46	663	0.2	7.1
22					8	56	4	1	2	2	4	1	2	1	1					1	21	635	0.2	6.4
23					+	5	2		1	2	7	12	2	+	2			+	1	+	70	577	0.1	16.9
24					1	18	3	+	1	2	1	7	5	1	1			+	1	+	54	848	0.3	13.3
25					4	32	5		1	1	8	8	3	+	1			+		45	722	0.1	15.8	
26					1	1	+	+		1			10	2	1	+	+	1	2	+	75	1089	0.2	18.6
27		1		30	12	53			+				+							1	3	408	12.6	6.7
28				2	1	86			+	3	4	12								11	586	11.7	4.9	
29					1	5	1		+	3	4	12			1		+	1		+	71	677	0.1	16.3
30				+	1	14	2	+	1	3	3	7			1			1		+	67	803	0.1	16.3
31					3	8	1	1	+	2	2	12	2	+	1	+		1	1	1	65	535	0.1	12.8
32					+	+			+	2	4	22			1		+	1		+	70	580	0.1	12.9
33				+	1	21	1		+	1	1	6			1			+	1	+	87	847	0.2	19.2
34									2	4	39			1	1	+		1	+	1	51	455	0.1	21.5
35									1	+	4	23			1	+		+	+	+	71	594	0.1	13.2
36									1	+	5	17		+	1	2		+	+	+	73	1026	0.2	6.3
37						1	+		35	2	1	2		1	+			+	+	1	57	821	0.2	15.9
38			+				+		2	1	1	1		4	+	1		+	+	+	89	1919	0.2	11.5
39					+				1	1	4	+			1	2			1	+	90	1321	1.2	1.1

Hyp : hypersthene, Aug : Augite, Diop : diopside, Ox-H : oxyhornblende, Br-H : brown hornblende, Gr-H : green hornblende, BG-H : blue-green hornblende, Tre-Act : tremolite-actinolite, Epi : epidote, Zoi : zoisite, Zir : zircon, Gar : garnet, Bio : biotite, Chl : chlorite, Sph : sphene, Ana : anatase, Rut : rutile, Tour : tourmaline, Alla : allanite, Oth : other transparent heavy minerals, Opq : opaque minerals, CHMG : counted heavy mineral grains, Hy : heavy mineral content (weight percent), Mg/Hy : magnetic mineral content in heavy minerals (weight percent), + : less than 0.5%.

そして、荒谷層最上部に挟まれているタービダイト砂岩薄層から4試料(No. 36~39)の計39試料である。これらの試料の出所と特徴をTable 1にまとめた。また、これらの試料の採取層準をFig. 2に、また採取地点をFig. 4に示す。このように和南津層の浅海成砂岩(No. 1~6)と川口層下部の含火山岩角礫凝灰岩(No. 27, 28)を除いたほかの試料は、いずれもみなタービダイト砂岩であり、そのほとんどがタービダイト砂岩単層の最下部ないし下部から採取されたものである。

試料の処理方法

重鉱物の鑑定に供するための薄片標本は、次のような処理方法を経て作成された。基本的には、佐藤(1966)によって紹介されている方法と同じである。

試料→乾燥→粉碎(必要なもののみ)→篩分け(60メッシュ以下)→水洗・水ひ(泥分除去)→塩酸処理(20%液で30分煮沸)→水洗→乾燥→秤量→重液分離(テトラ

ブロムエタン $C_2H_2Br_4$, 比重 2.95*)→重鉱物秤量→磁性鉱物選別→秤量→樹脂に封入(スライドガラスおよびカバーガラス)→薄片標本。

重鉱物種とその産状

重鉱物の鑑定は、岩石用偏光顕微鏡を用いて行った。不透明鉱物が特に多いいくつかの場合を除いて、透明重鉱物の測定数が200個を下回らないように留意した。重鉱物鑑定結果をTable 2に示す。各鉱物種の区分・表現方法等は概ね鈴木・佐藤(1989)に従った。

この表に示してあるように、今回鑑定した透明重鉱物は、紫蘇輝石(Hypersthene)・普通輝石(Augite)・透輝

* テトラブロムエタンの比重の関係から、黒雲母や白雲母などの雲母類、ドロマイトなどの炭酸塩鉱物、緑泥石類などは、大部分回収されないことになるが、分析結果の記載にあたっては、これらの鉱物も含めて行っている。

石(Diopside)・酸化角閃石(Oxyhornblende)・普通角閃石(Brown Hornblende, Green Hornblende, Blue-green Hornblende)・透閃石-緑閃石(Tremolite-Actinolite)・緑れん石(Epidote)・ゆうれん石(Zoisite)・ジルコン(Zircon)・ザクロ石(Garnet)・黒雲母(Biotite)・緑泥石(Chlorite)・スフェーン(Sphene)・鋭錐石(Anatase)・金紅石(Rutile)・電気石(Tourmaline)・褐れん石(Allanite)である。またその他と一括したものには、スピネル(Spinel)・アパタイト(Apatite)・ドロマイト(Dolomite)・クロム鉄鉱(Chromite)・紅柱石(Andalusite)などが含まれているが、産出する場合でもその含有率はいずれも 0.5% 以下である。また不透明重鉱物は、多少にかかわらず、どの試料にも必ず含まれている。以下では、主な重鉱物の産出状況と特徴について述べる。

紫蘇輝石

普通輝石とほとんど同じような産出状況を示す。すなわち、最上位の和南津層(試料番号 1~6)では、最も頻繁に産出するが、牛ヶ首層から下位の層準の砂岩試料からはほとんど産出しないという非常に際立った産出様式を示す。

鏡下ではほとんどのものが、淡褐色~淡緑色の強い多色性を示す。円磨されたものはほとんどなく、自形状のものも少ない。折れた柱状もしくは破片状のものが大部分を占める。柱状の端は鋸歯状かそれに近いものも多い。

普通輝石

紫蘇輝石の場合と同じく非常に際立った産出様式を示す。すなわち、最上位の和南津層(試料番号 1~6)では、頻繁に産出するが、牛ヶ首層から下位の層準の砂岩試料からはほとんど産出しない。

鏡下では緑色で多色性はほとんど認められない。自形状のものは少なく、大部分は破片状を呈す。鋸歯状かそれに近いものも多い。円磨されたものはほとんどない。

角閃石(普通角閃石・酸化角閃石)

和南津層には、紫蘇輝石・普通輝石とともに頻繁に含まれる。紫蘇輝石・普通輝石をほとんど、ないし、まったく含まない川口層上部および川口層下部の一部の砂岩試料中では、透明重鉱物の大部分をこの鉱物が占めている。しかし、牛ヶ首層の一部の砂岩と川口層下部の一部の砂岩および荒谷層の砂岩試料には、ほとんど、ないし、まったく含まれていない。一方、川口層下部の上部に挟まれている含火山岩角礫凝灰岩から得られた凝灰岩試料の場合(試料番号 27, 28)には、透明鉱物の 99% は、普通角閃石および酸化角閃石から成っている。

角閃石は、鏡下での色や多色性により、酸化角閃石

(暗赤褐色~黄褐色)・褐色角閃石(褐色~暗褐色, 褐色~褐色), 緑色角閃石(緑色~緑色, 淡緑色~緑褐色), 青緑色角閃石(青緑色~淡緑色)に区分されるが、このうち緑色角閃石が最も大きな割合を占めている。いずれの場合も、円磨や自形を示すものはほとんどなく、細長い片状をしたものが大部分を占める。青緑色角閃石は、繊維状を示すものが多い。

緑れん石

頻度はそれほど高くないが、ほとんど全累層の砂岩試料から産出する。特に、牛ヶ首層の砂岩試料や荒谷層の砂岩試料の一部では、量的にも重要な構成鉱物となっている。

色は黄緑で、濃淡の多色性のあるものから、ほとんどないものまである。無色に近いものもある。やや円磨されたものもあるが、大部分は、コロコロした破片状ないし短柱状のものが多い。

ゆうれん石

和南津層からの産出はまれである。それ以下の累層の砂岩試料からは、頻度はそれほど高くないが、普遍的に産出する。

やや円磨されたものもあるが、大部分は破片状を呈す。無色透明のものがほとんどであるが、一部淡黄色のものもある。

ジルコン

和南津層からの産出はまれである。それ以下の累層の砂岩試料からは、頻度はそれほど高くないが、普遍的に産出する。川口層下部の砂岩の一部や荒谷層砂岩の一部では、量的にも透明重鉱物の重要な構成鉱物となっている。

自形状、破片状ないし半自形状、円磨されたものそれぞれ観察されるが、破片状ないし半自形状のものが最も多い。大部分は無色透明であるが、淡桃色ないし淡紅色のものも一部観察される。

ザクロ石

和南津層からの産出はまれである。それ以下の累層の砂岩からは、頻度はそれほど高くないが、普遍的に産出する。しかし、川口層下部の一部の砂岩や荒谷層の一部の砂岩では、量的にも最も重要な透明重鉱物となっている。

自形状のもの、破片状のもの、円磨されたものそれぞれあるが、破片状のものが最も多い。色は無色透明のものが最も多いが、内部が濁って透明度の低いものも多い。透明淡黄褐色のものもかなりある。まれに、淡紫色や淡赤褐色のものもある。

スフェーン

頻度は低い、ほぼ全層準の砂岩から普遍的に産出する。

やや円磨されたものもあるが、コロコロした短形状のものが多い。大部分が無色であるが、まれに淡黄色のものもある。消光位で青みがかった異常干渉色を示すものもある。

電気石

頻度は低い、ほぼ全層準の砂岩から産出する。

少し円磨をうけたものもあるが、自形に近い破片状のものが多い。鏡下では、緑色～褐色、青色～淡褐色、青～青黒色、緑黒色～緑褐色、黒色～褐色、黒色～緑色、黒褐色～緑色などのさまざまな多色性を示す。

褐れん石

頻度は低い、ほぼ全層準の砂岩から産出する。

少し円磨されたものもあるが、ほとんどは、コロコロした破片状を呈す。黒色～暗赤褐色、暗赤褐色～赤褐色、赤褐色～褐色、黒色～褐色などの多色性を示す。

黒雲母

頻度はそれほど高くないが、ほぼ全層準の砂岩から産出する。

鏡下では、褐色から黒色に近いものが大部分であるが、一部に、赤褐色や緑色のものも観察される。六角形の自形を示すものもあるが、多くは不定形である。

不透明鉱物

全砂岩試料から普遍的に産出するが、特に、牛ヶ首層の砂岩、川口層下部の砂岩の一部、荒谷層の砂岩では、50～90% をこの不透明鉱物が占めている。

重鉱物組成によるタイプ分け

前章で示した各累層の砂岩試料の重鉱物組成の特徴から、これらの砂岩試料をいくつかのタイプに区分することが可能である。不透明鉱物を含めた主な重鉱物組成図を Fig. 5 に、透明重鉱物のみの主な重鉱物組成図を Fig. 6 に示す。タイプ分けにあたっては、不透明鉱物を含める場合と、透明重鉱物のみによる重鉱物組成に基づく場合の2通りが考えられるが、ここでは、薄片で観察した場合の印象と結びつきやすいという利点から、前者の不透明鉱物を含めた重鉱物組成に基づいてタイプ分けを行うものとする。また、同じタービダイト砂岩単層の最下部・中部・最上部から得られた試料番号 10, 11, 12 の重鉱物組成を比較した場合、その変異量は比較的小さく、これらの試料の間でタイプが異なるということはない (Table 2, Fig. 5, Fig. 6)。さらに、採取したタービダイト砂岩単層 (荒谷層～牛ヶ首層) の厚さも 10 cm

から 10 m まで多岐にわたる (Table 1) ことから、タービダイト砂岩単層の厚さやそのなかでの採取層準の違いが、タイプ分けに影響を与えていることはないといえる。

タイプ I

このタイプは、荒谷層の砂岩 (試料番号 39～36) と川口層下部の一部の砂岩 (試料番号 35, 34, 32, 29, 26, 23)、それに牛ヶ首層の一部の砂岩 (試料番号 8, 7) にみられるもので、不透明鉱物の高い含有率 (約 50～90%)、紫蘇輝石・普通輝石・角閃石をごくわずかに含むがまったく含まないという特徴を有している。主要な透明重鉱物は、ザクロ石・ジルコン・緑れん石・ゆうれん石・スフェーン・黒雲母である。ザクロ石が最も多いことが多いが、ときにジルコン・緑れん石・黒雲母が最も多いこともあり、これらの鉱物のあいだでは、出現頻度はかなり変動する。その他の透明重鉱物としては、電気石・褐れん石・緑泥石などが出現する。

タイプ II

このタイプは、試料番号 21 を除いた川口層上部の砂岩試料のすべて (試料番号 22, 20～10) に観察される。このタイプの砂岩の重鉱物組成は、まず大量の角閃石 (約 40～90%) の存在によって特徴づけられ、その他の重鉱物組成の特徴は、タイプ I と同じである。したがって、紫蘇輝石や普通輝石はほとんどまたはまったく含まれていない。

タイプ I-II

このタイプの砂岩は、川口層下部の砂岩の一部 (試料番号 33, 31, 30, 25, 24) と川口層上部の一砂岩試料 (試料番号 21) および牛ヶ首層の一部の砂岩 (試料番号 9) にみられる。このタイプの砂岩の重鉱物組成の特徴は、タイプ I とタイプ II の中間型である。すなわち、大量の不透明鉱物 (約 45～70%) と角閃石 (約 10～40%) の存在によって、特徴づけられている。その他の重鉱物組成の特徴は、タイプ I や II と同じである。したがって、やはり紫蘇輝石や普通輝石はほとんど、ないし、まったく含まれていない。

タイプ II とタイプ I-II の区別は、角閃石の量が、不透明鉱物の量よりも多い場合には、タイプ II、逆に不透明鉱物の方が多い場合には、タイプ I-II とした。

またタイプ I とタイプ I-II の区別は、角閃石の含有量が全重鉱物中の 10% を越える場合にはタイプ I-II、10% 以下の場合にはタイプ I とした。

タイプ III

このタイプは、最上位の和南津層の砂岩 (試料番号 6～1) に認められ、大量の紫蘇輝石 (約 25～45%)・普通

Fig. 5. Diagram of heavy mineral composition for each sample. Hyp : hypersthene, Aug : augite, Hor : hornblende, Epi : epidote, Zoi : zoisite, Zir : zircon, Gar : garnet, Bio : biotite, Chl : chlorite, Opaque : opaque minerals. W : Wanazu Formation, Us : Ushigakubi Formation, Ku : Upper Kawaguchi Formation, Kl : Lower Kawaguchi Formation, A : Araya Formation. I, II, I-II and III mean the type of sandstone based on the heavy mineral composition. For details see the text.

輝石(約 15~35%)・角閃石(約 10~40%)の存在によって特徴づけられる。一方、不透明鉱物の割合はほぼ 10% 以下である。そして、ほぼ同じ割合で緑れん石が含まれている。その他、ゆうれん石・ジルコン・黒雲母・スフェーンなどが、ごくわずかに含まれている。このタイプⅢは、緑れん石が比較的多い点を除けば、タイプⅡに大量の紫蘇輝石と普通輝石が加わったものとみなすことができる。

以上が、荒谷背斜西翼の野辺川沿いの荒谷層から和南津層に含まれる砂岩試料から得られた重鉱物組成によるタイプであるが、それぞれの基本的ないし平均的特徴をまとめると以下のようなになる(記号は Table 2 と同

Fig. 6. Diagram of transparent heavy mineral composition for each sample. See the caption of Fig. 5 for legend.

じ)。

タイプⅠ :

Opq > Gar, Zir, Epi, Zoi, Sph, Bio > Tour, Alla, Chl

タイプⅠ-II :

Opq > Hornb > Gar, Zir, Epi, Zoi, Sph, Bio > Tour, Alla > Chl

タイプⅡ :

Hornb > Opq > Gar, Zir, Epi, Zoi, Sph, Bio > Tour, Alla > Chl

タイプⅢ :

Hyp, Aug, Hornb > Epi, Opq > Gar, Zir, Zoi, Sph, Bio, Tour, Alla, Chl

タイプ T

このタイプは、川口層下部の上部に挟まれる 2 枚の含火山岩角礫凝灰岩の凝灰岩(試料番号 28, 27)にみられるタイプで、90% 前後(不透明鉱物を除くと 99% 前後)が角閃石から構成されている。試料番号 28 の場合には、そのほとんどが緑色角閃石であるが、試料番号

27 の場合には、緑色角閃石とともに、酸化角閃石や褐色角閃石も多数存在する。

Fig. 5 および Fig. 6 には、このようにして分類されたタイプの記号が、各試料番号の横に記されている。

考察：各種タイプの成立過程

野辺川沿いの砂岩試料の重鉱物組成に 4 つのタイプが認められることを指摘したが、ここではそのようなタイプの成立過程について簡単に考察してみたい。

タイプ I の砂岩に含まれる透明重鉱物、すなわち、ザクロ石、ジルコン、緑れん石、ゆうれん石、スフェーン、電気石、褐れん石、黒雲母などは、一般に、酸性(～中性)深成岩(半深成岩)や変成岩から供給されたと考えられている。また、ザクロ石やジルコンには、よく円磨されたものがかなりの量含まれていることから、古期堆積岩から由来したものも考えられよう。したがって、このタイプの砂岩、すなわち、荒谷層最上部の薄層理タービダイト砂岩および川口層下部の厚層理タービダイト砂岩の供給源としては、酸性(～中性)深成岩(半深成岩)や変成岩そして古期堆積岩が最も重要な役割を果たしていたと考えられよう。また、荒谷層最上部の薄層理タービダイト砂岩と川口層下部の厚層理タービダイト砂岩との間では、岩相上大きな違いがあるにもかかわらず、重鉱物の組成からは、したがって、供給源の岩石にも、特にこれといった違いがなかったことになる。

川口層上部の砂岩に典型的なタイプ II の砂岩の重鉱物組成は、タイプ I のそれに大量の角閃石が加わったものである。また、タイプ I-II は、タイプ I とタイプ II の中間の、あるいはタイプ I からタイプ II へ移る漸移的な段階のものである。層準的にも、タイプ I が荒谷層から川口層下部の下半部に、タイプ I-II が川口層下部の上半部に、そしてタイプ II が、川口層上部にそれぞれ典型的に発達することから、タイプ I →タイプ I-II →タイプ II への変化が、川口層下部の上半部堆積期を中心に一定の時間をかけながら、そして多少脈動しながら進行していったことが、Fig. 5, Fig. 6 から読み取れる。一方、川口層下部の上半部には、重鉱物がほとんど角閃石のみからなる含火山岩角礫凝灰岩が何層か挟まれていることから、この時期に川口層のタービダイト砂岩に大量の角閃石をもたらした原因として、角閃石を含んだ同様な凝灰岩の噴出が後背地においても活発に行われたためと考えるのが、最も合理的かつ妥当であろう。すなわち、主に酸性の深成岩・変成岩そして古期堆積岩から成る後背地において、川口層下部の上半部堆積期、大量の角閃石を含む火山噴出物で特徴づけられる火山活

動が始まり、その活動は、川口層上部堆積期にも引き続き活発に行われたものと考えられる。

牛ヶ首層最上部のタービダイト砂岩の重鉱物組成は、再びタイプ I-II およびタイプ I となり、角閃石の含有量が少ないかほとんど含まれていないことを示しているが、このことは、後背地における上記の火山活動の低下もしくは休止を物語っているのかもしれない。

和南津層を構成する浅海成砂岩にみられるタイプ III の重鉱物組成は、大量の紫蘇輝石・普通輝石・角閃石の含有によって特徴づけられる。特に紫蘇輝石・普通輝石は、野辺川沿いでは、ほとんどこの和南津層にのみ含まれているといえる。この紫蘇輝石・普通輝石は、その特徴と産状のところで述べたように、円磨をうけているものはほとんどなく、大部分が新鮮な破片状を呈し、また力学的な力によって割れることによって生じたと思われる鋸歯状ないしそれに似た形状を呈するものが多数存在することから、火山活動によってもたらされたものと考えられる。また角閃石についても、タイプ II に含まれているものと同じであることや酸化角閃石がふつうに含まれていることなどから、やはり火山活動に由来するものと考えられる。このようなことから、和南津層堆積期には、これらの鉱物を大量に伴った火山活動が後背地で活発に起きたことが考えられる。そして、これらの火山活動による大量の砕屑物の供給によって、主として酸性の深成岩や変成岩そして古期堆積岩から成る基盤地域からもたらされた鉱物はさらに希釈され、その割合は、緑れん石を除いて、ごくわずかなものになってしまったといえる。和南津層において、緑れん石のみが比較的高い割合で含まれているが、その原因については不明である。

このように、荒谷背斜西翼の野辺川に分布する各累層中の砂岩は、一見いづれも同じようにみえるが、重鉱物組成の特徴によって、いくつかのタイプに分けることができ、このようなタイプが生じた原因としては、後背地における火山活動とそれに伴う大量の火山性砕屑物の供給を指摘することができる。

先に東山に分布する西山期から椎谷期のタービダイト砂岩の組成を限られた試料数で予察的に検討した佐々木・牛島(1966, 1968)は、東山南部地域には、主として基盤岩に由来する砂岩が卓越していると指摘した。しかし今回の重鉱物組成によるより詳しい検討結果によると、上記に指摘しているように、荒谷層の最上部および川口層下部のタービダイト砂岩の場合には、花こう岩・変成岩・古期堆積岩などの基盤岩が供給母材と考えられるが、川口層上部のタービダイト砂岩の場合には、火山

砕屑物がより重要な供給母材と考えられることから、東山南部地域のタービダイト砂岩を一つのタイプで代表させるには無理があるといえよう。

別報では、異なる堆積環境下で形成された砂岩泥岩互層が東西に並存する川口層とその相当層の堆積様式の解明に、今回野辺川流域で明らかにされた砂岩のタイプ分けを利用することになる。また、これらの砂岩に含まれる礫の組成についても検討を行い、今回得られた重鉱物組成とも関連づけて、供給源・後背地の岩石特性についてより具体的に言及することになる。

ま と め

新潟県小千谷市東方の東山南部地域で、荒谷背斜西翼の野辺川沿いに分布する後期中新世から鮮新世の荒谷層・川口層・牛ヶ首層・和南津層中の砂岩の重鉱物組成を検討した結果、タイプⅠ・タイプⅡ・タイプⅠ-Ⅱ・タイプⅢの4つのタイプに分けられることが明らかとなった。具体的な内容は次のとおりである。

1. 荒谷層最上部の薄層理タービダイト砂岩および川口層下部下半部の厚層理タービダイト砂岩は、タイプⅠの重鉱物組成、すなわち、大量の不透明鉱物とザクロ石、ジルコン、緑れん石、ゆうれん石、スフェーン、黒雲母、電気石、褐れん石などの透明重鉱物から構成されており、主として、酸性の深成岩、変成岩、古期堆積岩が分布する地域から供給されたものと考えられる。

2. 川口層上部の厚層理タービダイト砂岩は、タイプⅠの重鉱物組成に火山活動に由来する大量の角閃石が加わり、不透明鉱物よりも角閃石の占める割合の高いタイプⅡの重鉱物組成から構成されている。角閃石を供給する活発な火山活動が後背地で行われたものと考えられる。

3. 川口層下部の上半部の厚層理タービダイト砂岩の重鉱物は、組成上はタイプⅡと同じであるが、角閃石の割合が不透明鉱物よりも低いタイプⅠとタイプⅡの中間の性質を有するタイプⅠ-Ⅱより構成されている。また、この層準に重鉱物がほとんど角閃石から成る含火山岩角礫凝灰岩が何層か挟まれていることから、この時期に、後背地で角閃石をもたらし火山活動が始まったものと考えられる。

4. 牛ヶ首層上部に挟まれる厚層理および薄層理タービダイト砂岩の重鉱物組成は、再びタイプⅠないしタイプⅠ-Ⅱに変化していることから、この時期には、後背地における火山活動は下火になり、酸性の深成岩、変成岩、古期堆積岩などの基盤の岩石が再び供給源として、重要な役割を果たしたと考えられる。

5. 和南津層のほとんどを占める浅海成砂岩の重鉱物組成は、火山活動に由来する紫蘇輝石・普通輝石・角閃石が大部分を占め、残りを不透明鉱物や緑れん石によって占められ、タイプⅠのその他の透明重鉱物をわずかに含むタイプⅢで特徴づけられている。この時期には、角閃石のみならず、大量の紫蘇輝石・普通輝石を伴った火山活動が、後背地で活発に行われたものと思われる。

6. このように、一見同じようにみえる各累層の砂岩の重鉱物組成には、いくつかのタイプがあり、それらのタイプの生成は、後背地における火山活動のタイプとその消長を密接に反映したものと考えられる。

今回明らかにされた重鉱物組成による砂岩のタイプの同定が、供給母材の推定のみならず、異なる堆積環境下で形成された同時異相の砂岩の相互の関連や堆積様式の解明にも役立つことについては、別報で述べることにする。

謝辞

重鉱物分析を行うにあたって、その処理および鑑定について懇切にご教示いただいた元地質調査所海洋地質部(現(株)東京ソイルリサーチ)の鈴木泰輔氏に心から謝意を表わしたい。また、多くの鑑定用標準鉱物の提供にご協力いただいた山口大学理学部の加納 隆氏、試料採取および重鉱物分離実験にご協力いただいた地質調査所燃料資源部の角井朝昭氏、データの処理にご協力いただいた同環境地質部の宮田雄一郎氏に同じく心から謝意を表する次第です。

文 献

- AOKI, K., 1965: Some sedimentary petrographical investigations on the Neogene sediments exposed in the district west of the Yamagata Basin, with special reference to heavy mineral components. *Bull. Yamagata Univ. (Natural Science)*, **6**, 333-380.
- 青木和子, 1973: ジルコンに関する堆積岩石学的考察. 山形県の地質と資源, 57-60.
- 市村 毅, 1933: 台湾苗栗及其の付近に産する所謂白色砂岩の地質学的考察(予報). 地質雑, **40**, 741-749.
- ICHIMURA, T. and AOKI, K., 1957: Some geologic considerations of the Neogene sediments exposed at the western margin of the Yamagata Basin. *Earthq. Res. Inst. Bull.*, **35**, 47-73.
- and MATSUBAYASHI, H., 1953: Igneous activities prior to the deposition of the Chichibu System. *Earthq. Res. Inst. Bull.*, **31**, 155-167.
- IJIMA, A., 1957: Preliminary note on the heavy-mineral association of the Ishikari Series (Eocene-Oligocene) in the Ishikari, Kabato and Rumoi coal fields in Hokkaido, Japan. *Jour. Geol. Soc. Japan*, **63**, 67-81.
- , 1959: On relationship between the provenances and the depositional basins, considered from the heavy

- mineral associations of the Upper Cretaceous and Tertiary formations in central and southeastern Hokkaido, Japan. *Jour. Fac. Sci. Univ. Tokyo, Sec. II*, **11**, 339-385.
- , 1965: The petrographic study of the Later Tertiary sandstones and basement rocks in northwest Kyushu, Japan. *Japan. Jour. Geol. Geogr.*, **36**, 89-112.
- and NAGAHAMA, H., 1965: The provenances of the Later Tertiary sandstones in northwest Kyushu. *Japan. Jour. Geol. Geogr.*, **36**, 113-134.
- IKI, T., 1922: Some studies on the stratigraphy of the Tertiary Formation in the Echigo oil-field. *Japan. Jour. Geol. Geogr.*, **1**, 9-29.
- 岩本広志, 1989a: 新潟積成盆東部の鮮新統の堆積環境. 日本海沿岸総研究報告“古日本海—日本海沿岸後期新生代の層序と古環境の変遷—”(小林巖雄・立石雅昭編), no. 2, 91-95.
- , 1989b: 新潟積成盆東縁部・鮮新統の地質. 日本地質学会第96年学術大会(水戸)演旨, 230.
- 加藤和幸, 1960: 重鉱物による筑豊炭田古第三系の研究. 九州鉱山学会誌, **28**, 453-475.
- 金原均二, 1940: 新潟県川口油田・竹沢油田(大日本帝国油田第43区)地形及び地質図及び同説明書. 地質調査所, 71 p.
- 鯨岡 明, 1962: 荒谷層の意味するもの—新潟盆地における油田および構造性ガスの生成条件に対する一考察. 石油技協誌, **27**, 519-556.
- 新潟有孔虫研究グループ, 1983: 魚沼地域における鮮新統—下部更新統産の有孔虫化石. 魚沼丘陵団体研究グループ編「魚沼層群」, 91-102, 地学団体研究グループ, 187p.
- 小原浄之介, 1962: 重鉱物による北九州諸炭田の地質学的研究. 九大理研報(地質), **6**, 33-76.
- 大村一蔵, 1927: 石油地質概要(十四). 地球, **8**, 295-304.
- , 1928: 石油地質概要(十六). 地球, **9**, 70-78.
- 佐々木清隆・牛島信義, 1966: 新潟県東山油帯の稚谷層および西山層に発達する級化砂岩の堆積学的研究. 岩鉱, **56**, 161-182.
- , 1968: 新潟県東山油帯の稚谷層および西山層の砂岩の重鉱物組成. 岩鉱, **59**, 84-90.
- 佐藤良昭, 1966: みんなの地質調査①—砂岩の中の重鉱物—. 地質ニュース, no. 141, 34-38.
- , 1971: 重鉱物研究の現状と問題点. 地調月報, **22**, 487-499.
- SATO, Y., 1969: Geological significance of zircon-garnet-tourmaline ratio of the Paleogene sandstones of north-western Kyushu, Japan. *Rep. Geol. Surv. Japan*, no. 235, 1-46.
- 佐藤良昭・鈴木泰輔, 1977: 沖縄本島, 島尻層群(新第三系)の重鉱物組成. 地調月報, **28**, 497-502.
- 鈴木泰輔・佐藤良昭, 1977: 宮古群島, 島尻層群の重鉱物組成. 地調月報, **28**, 569-574.
- , 1989: 東京都江戸川区GS-ED-1 試錐コアの重鉱物組成. 地調月報, **40**, 509-516.
- 鈴木宇耕, 1989: 日本海東部新第三系堆積盆地の地質. 地質学論集, no. 32, 143-183.
- 徳橋秀一, 1985: 新潟県東山油帯南部に分布するタービダイト砂岩の予察的研究. 地調月報, **36**, 611-635.
- 山本 敬・松熊和子, 1964: 堆積岩中のジルコンに関する研究. 岩鉱, **52**, 174-186.
- 柳沢幸夫・小林巖雄・竹内圭史・立石雅昭・茅原一也・加藤碩一, 1986: 小千谷地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所, 177p.

(要 旨)

徳橋秀一, 1990: 新潟県東山南部に分布する砂岩の堆積学的・鉱物学的研究—野辺川に分布する砂岩の重鉱物組成—. 地質雑, **96**, 745-758. (TOKUHASHI, S., 1990: Sedimentological and mineralogical study on the late Miocene to Pliocene sandstones occurring in the southern area of the Higashiyama Region, Niigata Prefecture, Northwest Japan—Heavy mineral composition of sandstones exposed along the Nobegawa River—. *Jour. Geol. Soc. Japan*, **96**, 745-758.)

新潟県小千谷市東方の東山南部地域で, 荒谷背斜西翼の野辺川沿いに分布する後期中新世から鮮新世の砂岩の重鉱物を分析した結果, 次のような結論を得た.

①荒谷層最上部の薄層理タービダイトおよび川口層下部下半部の厚層理タービダイトはタイプⅠから構成され, 主として, 酸性の深成岩・変成岩・古期堆積岩が分布する地域から供給された. ②川口層上部の厚層理タービダイトはタイプⅠに大量の角閃石が加わったタイプⅡから構成され, 角閃石を供給する活発な火山活動が後背地で行われた. ③川口層下部の上半部の厚層理タービダイトは, 中間のタイプⅠ-Ⅱより構成され, この時期に後背地で角閃石をもたらす火山活動が始まった. ④牛ヶ首層上部のタービダイトは, 再びタイプⅠ・タイプⅠ-Ⅱに変化した. ⑤和南津層の浅海成砂岩はタイプⅢで特徴づけられ, この時期に, 角閃石とともに大量の紫蘇輝石・普通輝石を伴った火山活動が後背地で活発に行われた.