

タービダイト砂岩貯留岩体同定指標としての 重鉍物組成の可能性

—Part I: ミクロ的解析による可能性の由来—

徳橋 秀 一¹⁾

1. はじめに

石油の探鉍などで、互いに離れたいくつかの試掘井において有望な砂岩貯留岩の存在が確認されているときに、それらの砂岩貯留岩体が互いに連結した一つの岩体なのか、あるいは孤立した複数の岩体であるのかを把握することは、探鉍上も油層工学上も大変重要な課題である。比較的短い間隔で多数の坑井資料が得られる場合には、その形態を把握することは比較的容易であり、信頼度の高い予測が可能であろうが、そうでない場合には、震探記録などによる間接的なデータに基づいた推測に頼らざるを得ない場合も多い。こうした場合の解決策の一つとして、それらの砂岩を構成する物質的な側面、すなわち、砂岩の鉍物組成の面から互いに離れた位置にある砂岩体が同一かどうかを検討することが考えられる。

特に、粗粒な堆積物を懸濁しながら運搬する混濁流や乱泥流 (Turbidity current) といわれる密度流によって堆積盆の斜面を流下し、通常細粒の泥がゆっくりと沈積している深い海底や湖底にまで長距離運搬されて、短い時間に間欠的に堆積したタービダイト砂岩の場合には、供給源の特性を反映する組成的特徴を広い範囲に保持している可能性が高い。一般に砂岩を構成する2種類の鉍物、すなわち、軽鉍物と重鉍物のなかでも、重鉍物は含まれる割合が圧倒的に低い(通常1%以下)にも関わらず、砂粒を供給した供給源の岩石の特性を敏感に反映しているとされ、重鉍物分析の第一の目的は供給源の推定におかれている(たとえば、Pettijohn, F.J., 1957: Pettijohn, F.J., Potter, P.E., and Siever, R., 1987;

Mange and Maurer, 1992)。

日本でも供給源の推定を目的とした重鉍物分析が数多くなされてきた(たとえば、市村, 1933; Ichimura and Matsubayashi, 1953; Fujii, 1958; Iijima, 1959; Okada, 1960; Maeda and Fukui, 1960; Aoki, 1965; 佐藤・鈴木, 1977; Suzuki, 1975; 三木, 1982; Yokoyama et al., 1990; Yokoyama and Saito, 1990; 立石ほか, 1992; 柿崎ほか, 1992)。

ここでは、重鉍物組成のこうした特徴を活かして、別の観点から注目してみる。すなわち、もし個々のタービダイト砂岩体の重鉍物組成が岩体毎に安定していることが証明され、個々の岩体の指標としても使えるのであれば、離れた地域から得られたタービダイト砂岩体相互の関係の解明にも寄与できることになる。このことは、掘削の際のカッチングス(掘屑)を使っても十分応用可能である。すなわち、重鉍物組成をタービダイト砂岩体のトレーサーとして使うことが可能である。

ここでは、新第三系のタービダイト砂岩体が多数分布する新潟含油堆積盆中部域での地表試料を使い、こうした問題について基礎的な検討を行ったので、その結果について紹介する。地表試料を用いたのは、分析に用いた試料の出処を明確にするためである。すなわち、試料採取地点の岩相(堆積相)、採取した試料の岩石種(砂岩、凝灰岩など)、採取された砂岩単層の厚さとそのなかでの層準的位置(上部・下部・最下部など)、粒度や堆積構造の有無などを明確にしておくためである。

検討は、2つの精度(オーダー)で行われた。一つは、ミクロ的解析と称するもので、新潟堆積盆の東縁部に位置するある一つの地域に分布するタービダ

1) 地質調査所 燃料資源部

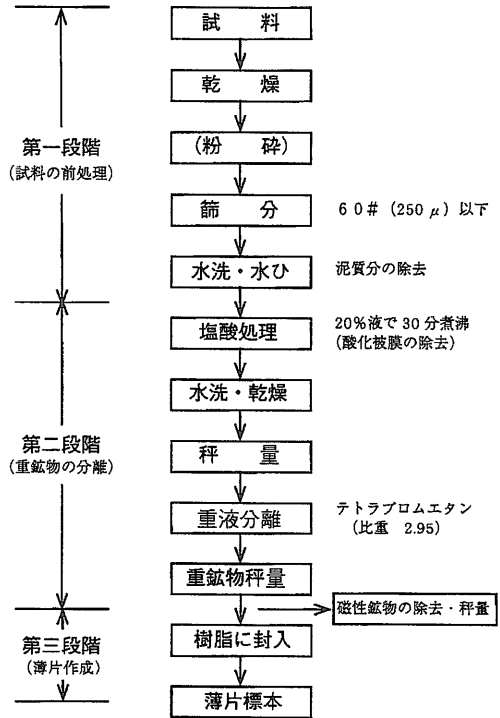
キーワード: 重鉍物分析, タービダイト, 砂岩貯留岩, 新潟堆積盆, 層位トラップ

イト砂岩体について、詳細な層序学的・堆積学的研究と平行して、3次元的な解析を行ったものであり、今回の研究の出発点、モチーフとなったものである。もう一つは、便宜上マクロ的解析と称するもので、新潟堆積盆中部域に分布する多数のタービダイト砂岩体を対象にしている。多数のタービダイト砂岩体を対象にすることによって、ミクロ的解析で得た予測・可能性の検証を試みたものである。ここでは、Part I でミクロ的解析による成果の内容を、Part II で、マクロ的解析による成果の内容を紹介する。これらの検討結果の詳細は、Part I に関しては、徳橋 (1992b, 1994) によって、Part II に関しては、Agyingi and Tokuhashi (1995), Tokuhashi and Agyingi (1995) によって公表されているが、ここでは、これらの成果の概要をまとめて紹介するとともに、その意義について検討することにしたい。

2. 重鉱物の分析手法

重鉱物の分析手法については、別にまとめる予定であるが、ここでは今回の研究で用いた分析手法について紹介する。重鉱物を鑑定する際の薄片は、重液を使って分離した一定の粒度 (細粒～極細粒砂サイズ) の重鉱物粒を、少量スライドガラスの上にのせ、その上に樹脂をわずかに注ぎ、次に均等にばらつくようにカバーガラスを注意深くかぶせて作成する。鑑定は通常の岩石顕微鏡を使って行うが、その際の薄片をつくるまでの流れ図を第1図に示す。

採取した試料は、固結している場合には、機械的な粉碎によって個々の砂粒子に分離させるが、今回の試料では、大部分が未固結かそれに近い試料ばかりなので、多くの場合この作業を省略している。まず、メッシュの径が 250μ (いわゆる60#) のふるいにこれらの試料を通し、それより細粒な粒子を受け皿に集め、ピーカーに移す。次に、水洗・水ひの繰り返しにより、シルト粒子以下の細粒物質 (泥質分) を除去する。シルト粒子以下の粒子を除く際に、径 63μ (いわゆる250#) のふるいを用いないのは、このふるいを用いた場合の目詰まり粒子の完全な除去が困難で、別の試料の粒子の混入が起きる可能性が高いためである。次に、このようにしてピーカーに残った細粒から極細粒 (ほぼ 60μ ～ 250μ の間) の砂粒子の表面の酸化皮膜を除去するために、15～20%



第1図 重鉱物組成解析用顕微鏡薄片の作成過程

に希釈された塩酸に浸し、30分前後煮沸する。煮沸した試料は、再度水洗と水ひを繰り返して洗浄した後、完全に乾燥させる。次に秤量した一定量の試料 (数g程度) を慎重に重液の表面に散布し、十分攪拌する。

重液は、ここでは、テトラブロムエタン (四臭化エタン; $\text{CHBr}_2\text{CHBr}_2$) (比重約2.95) を用いている。軽鉱物をできるだけ完全に除去するためには、プロモフォルム (CHBr_3 ; 比重約2.85) を用いるよりは、テトラブロムエタンを用いたほうがよいとされる (佐藤, 1971)。そのかわり、薄くて平板状の形態を有するバイオタイトやマスコバイトなどの雲母類はあまり沈降せず、大部分が分離されない可能性が高い。しかし、いずれの重液を用いても雲母類の完全な分類は不可能とされるなど、途中のプロセスによる影響をうける可能性が高いことから、組成の定量的な比較の場合には、雲母類は除いて取り扱うことも多い (徳橋, 1992a)。今回も続報 (Part II) のマクロ的解析の議論では、多数の地点のタービダイト砂岩の組成を比較しているために、顕微鏡下での鑑定の段階では雲母類をカウントしているが、計算の段階では除

いて扱っている。

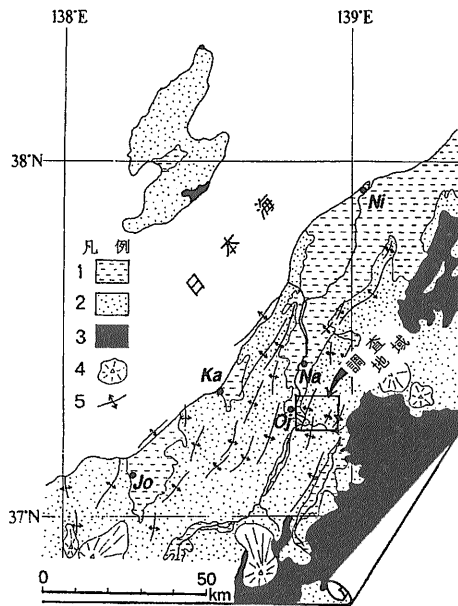
重液のなかで試料を攪拌しても沈降する重鉱物の量が非常に少ない場合には、秤量した試料を更に追加した上で攪拌する。何回も攪拌して沈降する重鉱物がみられなくなったところで沈降した重鉱物を回収し、洗浄・乾燥した上で秤量する。次に、必ずしも必要な作業ではないが、U字型や馬蹄形の磁石を用いて、薬包紙越しに重鉱物のなかの磁性鉱物を除去しこれを秤量する。残った重鉱物の一部をスライドガラスの上ののせてその上に樹脂を注ぎ、カバーガラスで全体にできるだけ均等に広げながら封入し、薄片を完成させる。

薄片作成に至るまでの実験室での1回の作業を一つのRunと名づけ、個々のRunをRun A, Run B, Run AA, Run ABなどと名づけている。1回のRunで10個の試料を同時に処理していることから、分析

された個々の試料は、野外での試料番号とともに、Run A1~A10,あるいは、Run AA1~AA10といった室内での実験番号名を有している。したがって、個々の分析試料については、野外での試料の出处とともに、必要に応じて室内の実験のデータを検索することもできる。

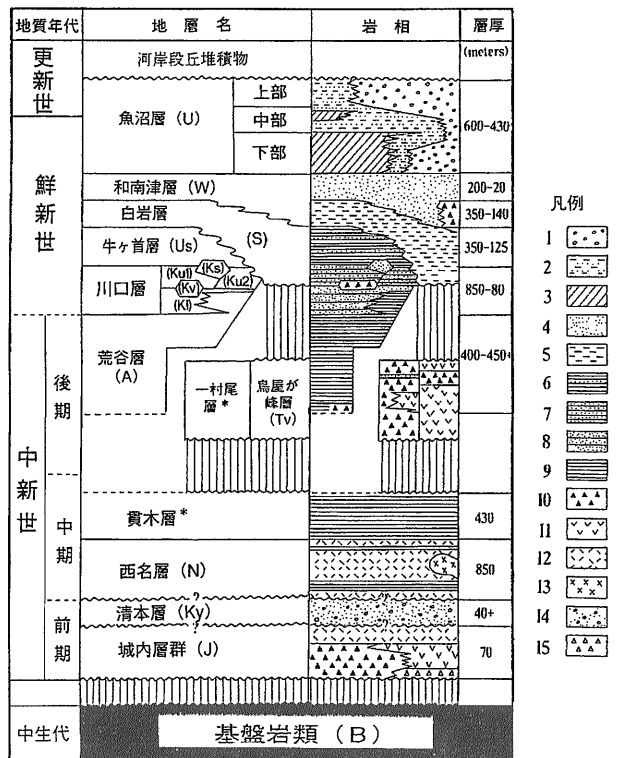
3. 解析対象に関する基本的情報

新潟県中部の小千谷市東方に位置する東山南部地域(第2図)は、新潟含油堆積盆の東縁部を占め、そこには、荒谷背斜を代表とする南北方向の褶曲構造に規制されながら、主に新第三系から成る堆積岩類(一部、火山岩・火山砕屑岩類を含む)が広く分布する。柳沢ほか(1986)による対象地域周辺の層序を第3図に、また対象地域の地質略図を第4図に示



第2図 調査地域の位置図

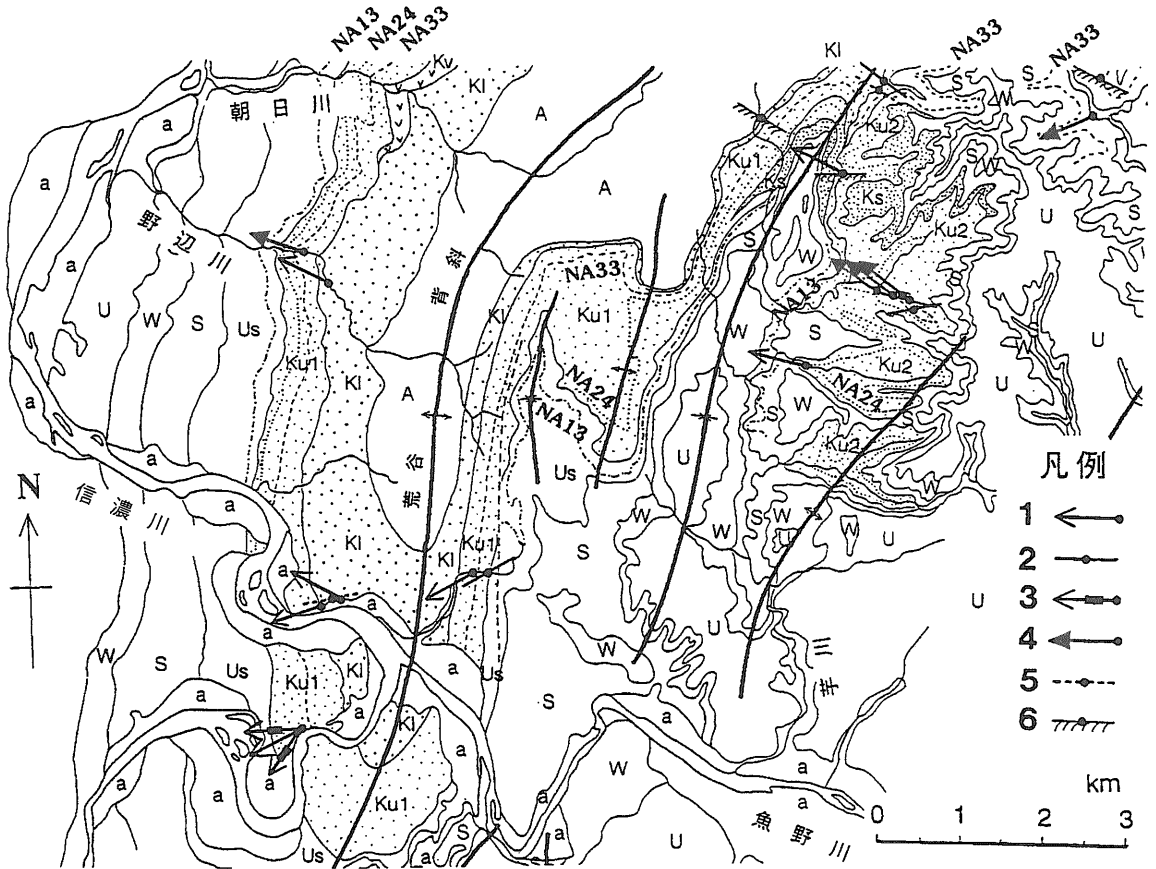
1. 沖積層, 2. 中新世~更新世の堆積岩および火山岩, 3. 基盤岩類, 4. 第四紀後期火山, 5. 背斜軸.



* 調査域内には分布せず。

第3図 調査地域およびその周辺の層序。柳沢ほか(1986)を一部改変。

1. 礫, 2. 砂およびシルト, 3. 海成の砂およびシルト, 4. 砂岩, 5. 砂質シルト岩, 6. 砂岩層を挟在する泥岩, 7. 泥岩卓越型砂岩泥岩互層, 8. 砂岩卓越型砂岩泥岩互層, 9. 泥岩, 10. 安山岩質-石英安山岩質火山角礫岩, 11. 安山岩質-石英安山岩質溶岩, 12. 石英安山岩質火山砕屑岩, 13. 流紋岩質溶岩, 14. 砂岩および礫岩, 15. 安山岩質火山砕屑岩.



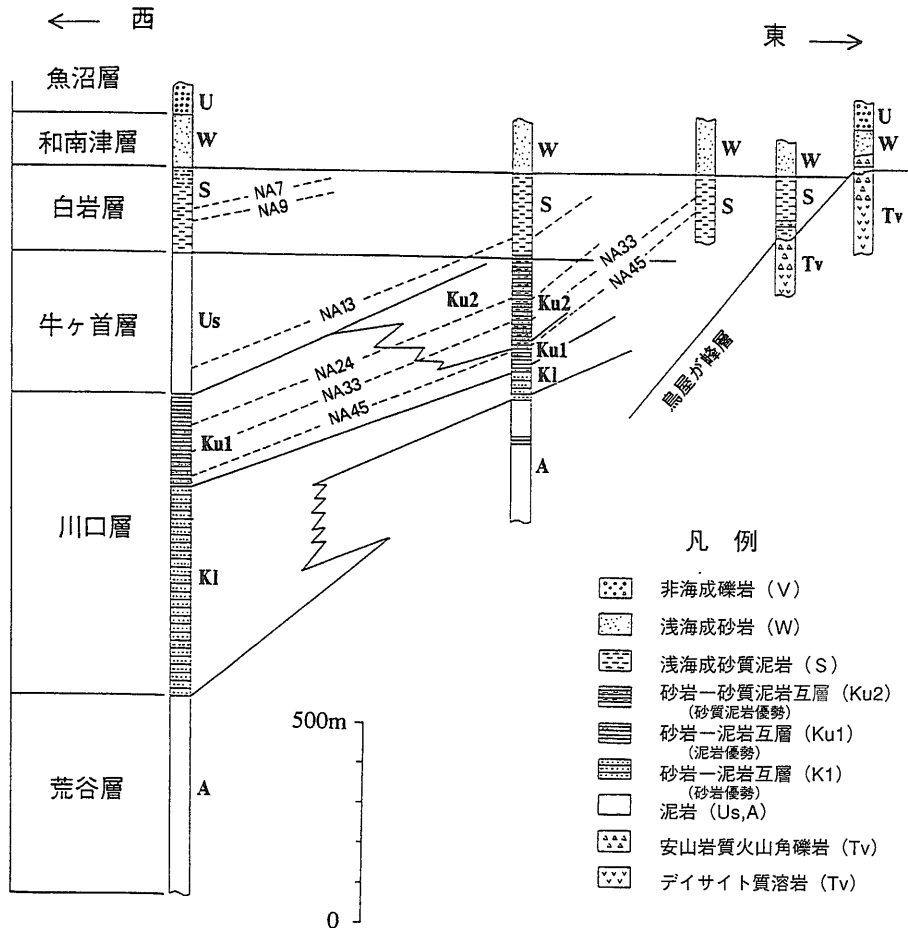
第4図 調査地域の単純化した地質図と川口層タービダイト砂岩の堆積構造等から求めた古流向。地質図は、柳沢ほか(1986)を一部改変。

アルファベットの記号は、第3図の地層に対応。このほかに、aは沖積層(河川堆積物)、Lは地すべり堆積物を示す。古流向の記号は、次の通りである。1:ソールマーク、2:ソールマーク(向きは不明)、3:タービダイト砂岩中の礫の配列方向、4:カーレント・リップル葉理、5:砂岩中の炭化材化石等の配列方向(向きは不明)、6.小さなチャンネルの側壁の方向(向きは不明)。

す。本地域のタービダイト砂岩は、主に前期鮮新世の川口層に挟まれているが、一部川口層下位の荒谷層の最上部や川口層上位の牛ヶ首層の上部にも挟まれている。今回主要な解析対象としているのは、川口層に挟在されるタービダイト砂岩であり、第4図の地質略図上では打点部として示されている。

調査対象地域における東西方向の岩相および層厚変化を第5図に示す。本地域の西部域には、下位より、主に暗灰色の泥岩から成る荒谷層(略記号A; 層厚400m以上)、主に泥岩とタービダイト砂岩の互層(いわゆるフリッシュ型砂岩泥岩互層)から成る川口層(略記号K; 層厚約750m)、主に灰色の泥岩か

ら成る牛ヶ首層(略記号Us; 層厚約350m)、青灰色の砂質泥岩ないし泥質砂岩から成る白岩層(略記号S; 層厚約210m)、浅海成の砂岩から成る和南津層(略記号W; 層厚130m以上)が分布する。また川口層は、厚さ数m以上の厚層タービダイト砂岩を頻繁に挟むタービダイト砂岩が優勢な下部(略記号K1; 層厚約450m)と厚さ1m以上のタービダイト砂岩も頻繁に挟むが、全体として泥岩が優勢な上部(略記号Ku; 層厚約300m)に区分される。これらの地層には、比較的薄い(大部分厚さ50cm以下)凝灰岩層が多数挟在されており、その多くは広い範囲で追跡が可能なことから、同一時間面を示す鍵層として利用する



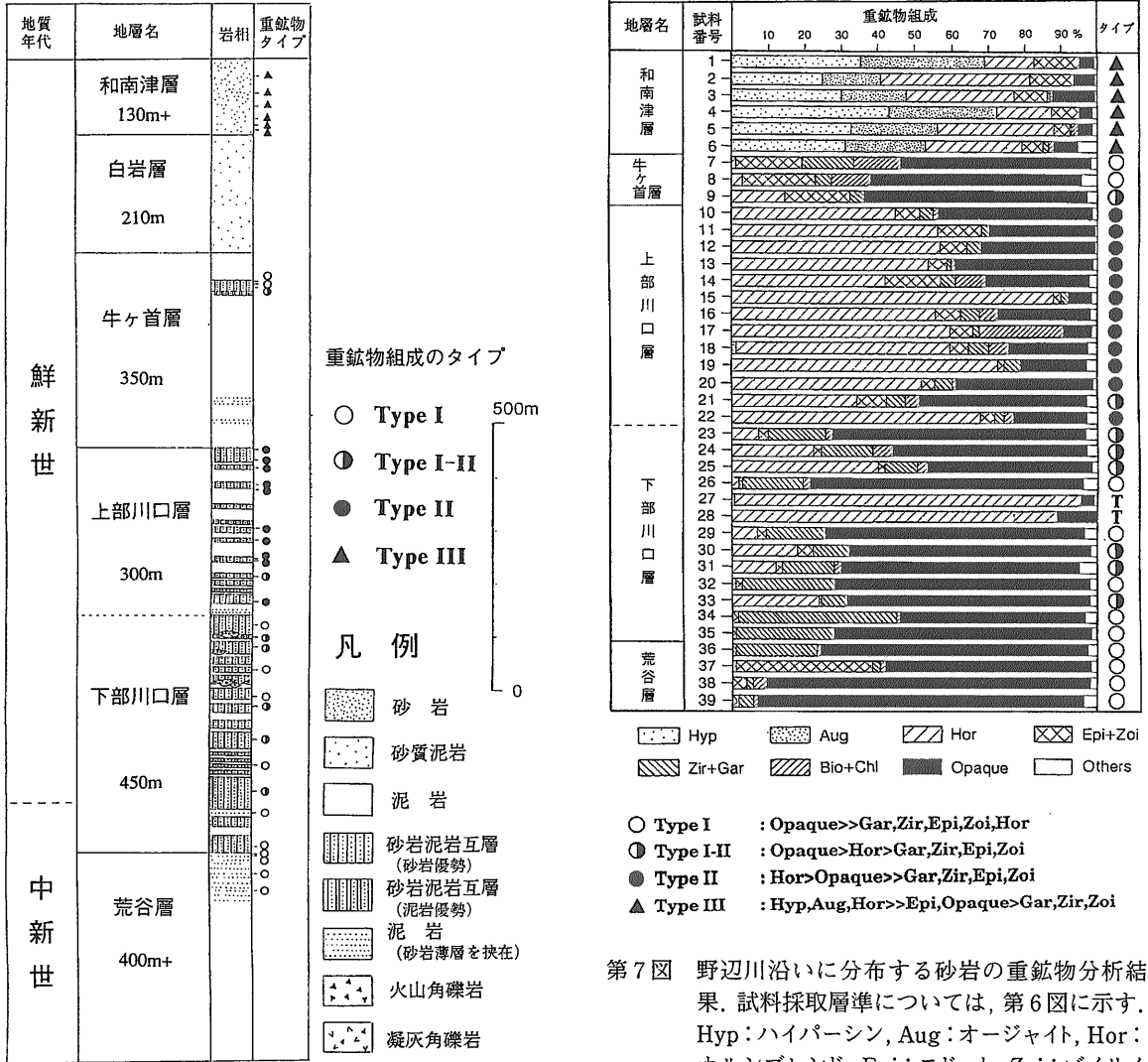
第5図 東西断面における岩相の側方変化。柳沢ほか(1986)を一部改変。時間面を表す凝灰岩鍵層と岩相の境界が斜行していることがわかる。アルファベットの記号は、第3図の地層名に対応。

ために、代表的なルートである野辺川とそのひとつ北側の朝日川の両者の頭文字をとって、上位よりNA1, NA2, NA3などと名づけられている。

これらの凝灰岩鍵層を用いた詳細な層序学的なマッピング調査によって、第5図に示されているように、凝灰岩鍵層と岩相(累層)とは東西断面で斜行していることが明らかになった。たとえば、西部域ではフレッシュ型砂岩泥岩互層(川口層上部)中に挟在するNA33やNA45は、基盤岩地域に近い東部域では、砂質泥岩ないし泥質砂岩(白岩層)中に挟在する。同一時間面(凝灰岩層)と岩相の間のこのようなダイナミックな斜行現象は、堆積盆の縁辺部だからこそ観察可能な興味深い現象であるといえる。

川口層下部は、東方に急速に薄くなって消滅し、

ほぼ調査対象地域の西部域(荒谷背斜周辺)にのみ分布している(第4,5図)。一方川口層上部は、より広い範囲に分布しているが、西部域と東部域では特徴を少し異にする。西部域では、細粒で比較的均質な泥岩とタービダイト砂岩の互層であるのに対して、東部域では、不均質な砂質泥岩とタービダイト砂岩の互層からなり、互層断面にはしばしば大型の生痕化石が観察される。西部域の川口層のタービダイト砂岩は、下部・上部ともに、断面では、大なり小なり上下に密集して、いわゆる堆積舌状体(DT: Depositional Tongue)を形成しつつ出現することが多いが、東部域に分布する川口層上部の場合には、断面でのこのような産出傾向はそれほど顕著ではなく、上下に不規則に出現する傾向が強い。調査地域の西部域



第6図 野辺川沿いにおける岩相柱状図および分析試料の層準的位置と重鉱物組成のタイプ

第7図 野辺川沿いに分布する砂岩の重鉱物分析結果。試料採取層準については、第6図に示す。Hyp:ハイパーシム, Aug:オーゼイト, Hor:ホルンブレンド, Epi:エドート, Zoi:ゾイサイト, Zir:ジルコン, Gar:ガーネット, Bio:バイオタイト, Chl:クロライト, Opaque:不透明鉱物

と東部域にみられるこのような川口層上部の特徴の違いから、柳沢ほか(1986)は、岩相上西部域のものをKu1、東部域のものをKu2として区別した(第3, 4, 5図)。ただし、両者の境界は漸移的である。

川口層のタービダイト砂岩を堆積した混濁流が運搬されてきた方向を示す古流向のデータが第4図に示されている。このデータから明らかなように、川口層のタービダイト砂岩は、上部と下部、西部域と東部域を問わず、基本的に東方から、すなわち、現在基盤岩が広く分布している脊梁地域から供給、運搬

されてきたものであることが明らかである。

4. 解析結果

4.1 垂直(時間軸)方向の解析結果

調査地域西部域の模式ルートである野辺川沿いの模式柱状図を第6図に示す。本ルートには、下位より、荒谷層、下部川口層、上部川口層、牛ヶ首層、白岩層、和南津層が分布する。タービダイト砂岩は、下部・上部川口層の他に、荒谷層の一部(最上部)、牛

ヶ首層の一部(上部)にも挟在する。一方, 和南津層は, 全体が浅海成の砂岩から構成されていて泥岩の挟みはほとんどみられない。まず野辺川沿いに分布するこれらの砂岩を対象に上下方向に系統的な試料採取を行い, これらの試料について重鉱物分析を行った。これらの試料の特徴を第1表に, 重鉱物分析の結果を第7図に示す。この結果から, 本ルートに分布する砂岩は, 不透明鉱物(オペーク・ミネラル), ホルンブレンド(角閃石), ハイパーシン(紫蘇輝石), オージャイト(普通輝石)といった, 非常にありふれていて, かつ鑑定の間違いの少ない鉱物の組み合わせを主体に, タイプ I, タイプ I-II, タイプ II, タイプ III といった少なくとも4つのタイプに区分することが可能である(徳橋, 1990)。

タイプ I は, 不透明鉱物が大半を占めるとともに, 残りは, ガーネット, ジルコン, エピドート, ゾイサイトなどから成り, ホルンブレンド, ハイパーシン, オージャイトをほとんど含まないタイプである。このタイプは, 荒谷層最上部の薄層理タービダイト砂岩や下部川口層の一部のタービダイト砂岩, 白岩層中のタービダイト砂岩にみられる。タイプ II は, ホルンブレンドが大半を占めることで特徴づけられる。残りをタイプ I と同じような透明鉱物が占めているが, ハイパーシンとオージャイトはやはりほとんど含まれていない。川口層上部のタービダイト砂岩は, ほとんどがこのタイプである。タイプ I-II は, タイプ I とタイプ II の中間のタイプで, ホルンブレンドと不透明鉱物が2つの主要な構成鉱物であるが, 不透明鉱物の占める割合がより高いタイプである。このタイプは, 下部川口層のタービダイト砂岩にみられる。タイプ III は, これまでのタイプと特徴を異にして, ホルンブレンド, ハイパーシン, オージャイトを主要な構成鉱物とするもので, 残りの鉱物は, 他のタイプに含まれる鉱物と基本的には同じである。ハイパーシン, オージャイトは, ほぼこのタイプにのみ含まれている。このタイプは, 西部の野辺川ルートでは, 最上位の和南津層の浅海成砂岩にのみ認められる。

重鉱物組成のタイプの変化を下位の古い方から時系列的に検討すると, 荒谷層最上部の薄層理タービダイト砂岩はすべてタイプ I である。その上位の下部川口層タービダイト砂岩は, タイプ I とタイプ I-II の重鉱物組成から構成されているのに対して, 上

第1表 野辺川において重鉱物分析を行った砂岩(一部凝灰角礫岩)試料の特徴。各試料の層準的位置は第6図に, 重鉱物分析の結果は第7図に示す。

資料番号	地層名	砂岩のタイプ	タービダイト砂岩単層の層厚 (cm)	単層の中での試料採取の層準
1	和南津層	S.M.S.		
2	和南津層	S.M.S.		
3	和南津層	S.M.S.		
4	和南津層	S.M.S.		
5	和南津層	S.M.S.		
6	和南津層	S.M.S.		
7	牛ヶ首層	T.S.	40	最下部
8	牛ヶ首層	T.S.	15	下部
9	牛ヶ首層	T.S.	1000	中部
10	上部川口層	T.S.	400	最下部
11	上部川口層	T.S.	400	中部
12	上部川口層	T.S.	400	最上部
13	上部川口層	T.S.	300	最下部
14	上部川口層	T.S.	200	最下部
15	上部川口層	T.S.	80	最下部
16	上部川口層	T.S.	120	最下部
17	上部川口層	T.S.	120	最下部
18	上部川口層	T.S.	50	最下部
19	上部川口層	T.S.	70	最下部
20	上部川口層	T.S.	80	最下部
21	上部川口層	T.S.	250	最下部
22	上部川口層	T.S.	500	最下部
23	下部川口層	T.S.	130	最下部
24	下部川口層	T.S.	30	最下部
25	下部川口層	T.S.	500	最下部
26	下部川口層	T.S.	50	最下部
27	下部川口層	Tuff Br.		
28	下部川口層	Tuff Br.		
29	下部川口層	T.S.	500	最下部
30	下部川口層	T.S.	100	最下部
31	下部川口層	T.S.	600	最下部
32	下部川口層	T.S.	500	最下部
33	下部川口層	T.S.	200	最下部
34	下部川口層	T.S.	20	下部
35	下部川口層	T.S.	200	最下部
36	荒谷層	T.S.	10	下部
37	荒谷層	T.S.	20	下部
38	荒谷層	T.S.	30	下部
39	荒谷層	T.S.	10	下部

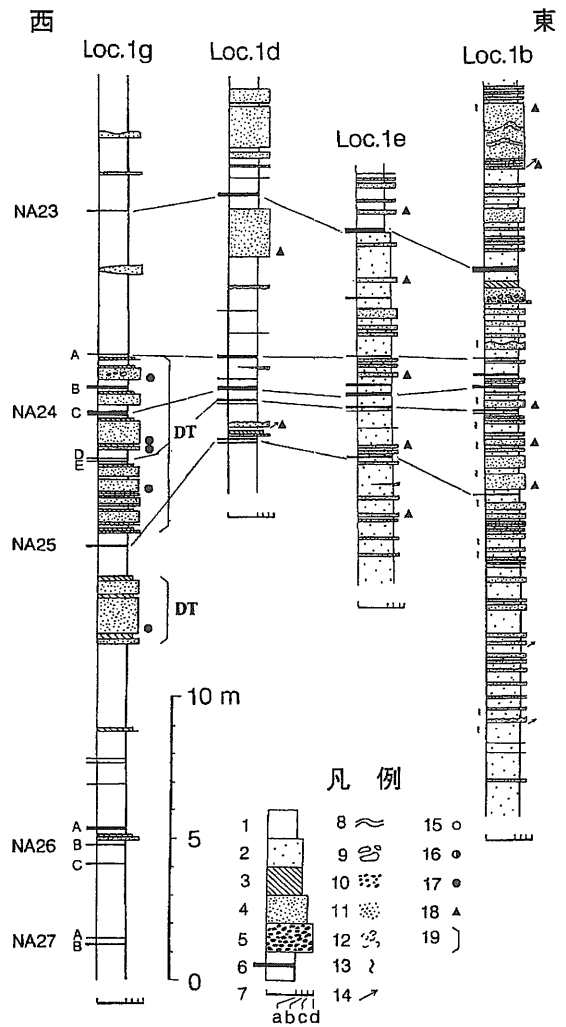
部川口層のタービダイト砂岩は, ほとんどがタイプ II の重鉱物組成から構成されている。その上位の牛ヶ首層の一部に挟在するタービダイト砂岩は, タイプ I ないしタイプ I-II の重鉱物組成から構成されている。一方, 浅海成砂岩から成る和南津層の場合には, 下位のタービダイト砂岩の場合と異なり, タイプ III の重鉱物組成から構成されている。このように野辺川沿いに分布する砂岩には, 重鉱物組成上いく

Toungue; DT)と呼んでいる。これに対して、東部の1eや1b地点では、上下に不規則に産出する傾向が強い。

重鉍物分析のための試料は、いずれの地点でも、比較的厚くて粗粒なタービダイト砂岩から薄くて細粒のタービダイト砂岩まで採取している。分析結果は、柱状図の右側、すなわち試料採取層準の横に、野辺川沿いの砂岩に認められたタイプ(●や▲の記号で表示)で示してある。この結果から、一つの地点では、タービダイト砂岩の厚さや粒度の違いにかかわらず、一つのタイプの重鉍物組成で表現できること、西端の1g地点のタービダイト砂岩はいずれもタイプII(●)であることが指摘される。このタイプは、ホルンブレンドが大半を占め、ハイパーシンやオージャイトをほとんど含まないタイプである。野辺川では、上部川口層のタービダイト砂岩がほとんどこのタイプであることを4.1で指摘したが、NA24層準のタービダイト砂岩もやはりこのタイプであることから、全体的な特徴とよく一致しているといえる。

一方、東側のこの他の地点のタービダイト砂岩は、タイプIII(▲)の重鉍物組成から構成されている。このタイプは、ホルンブレンドの他に、ハイパーシンやオージャイトも大量に含むタイプである。このタイプは、野辺川では最上位の和南津層の浅海成砂岩にのみ認められたタイプである。このようにNA24層準というほぼ同じ時間、時期に形成されたにもかかわらず、西端の1g地点のタービダイト砂岩と東側に位置するその他の地点のタービダイト砂岩とでは、重鉍物組成が基本的に異なっていることが指摘される。

前記4地点(1g, 1d, 1e, 1b地点)以外についても、NA24層準のタービダイト砂岩は、一つの地点では、やはり一つのタイプの重鉍物組成から成る特徴を有していることが知られている(徳橋, 1992)。そして、各地点でのタービダイト砂岩のタイプ別分布が第8図にまとめられている。この結果から、NA24層準のタービダイト砂岩は、荒谷背斜の西側ではタイプIIの、東側ではタイプIIIの重鉍物組成から構成されることが指摘される。すなわち、まったく同じ時期であるにもかかわらず、調査域の西部域ではタイプIIの重鉍物組成を有するタービダイト砂岩が、東部域ではタイプIIIの特徴を有するタービダイト砂岩が形成されていたことになる。



第9図 東西方向4つの地点におけるNA24層準付近の岩相柱状図およびタービダイト砂岩の重鉍物組成タイプ。柱状図の地点は第8図参照。

1. 泥岩, 2. 砂質泥岩, 3. 砂質泥岩(タービダイト・ダスト), 4. タービダイト砂岩, 5. タービダイト礫岩, 6. 凝灰岩鍵層, 7. 岩相インディケーター, 8. タービダイト砂岩中の葉理構造, 9. 泥岩偽礫(同時浸食礫), 10. 小礫, 11. 粗粒砂岩, 12. 貝化石片, 13. 生痕, 14. 逆級化構造, 15. 重鉍物組成タイプI, 16. 重鉍物組成タイプI-II, 17. 重鉍物組成タイプII, 18. 重鉍物組成タイプIII, 19. 堆積舌状体(DT)。

4.2.2 凝灰岩鍵層NA33層準

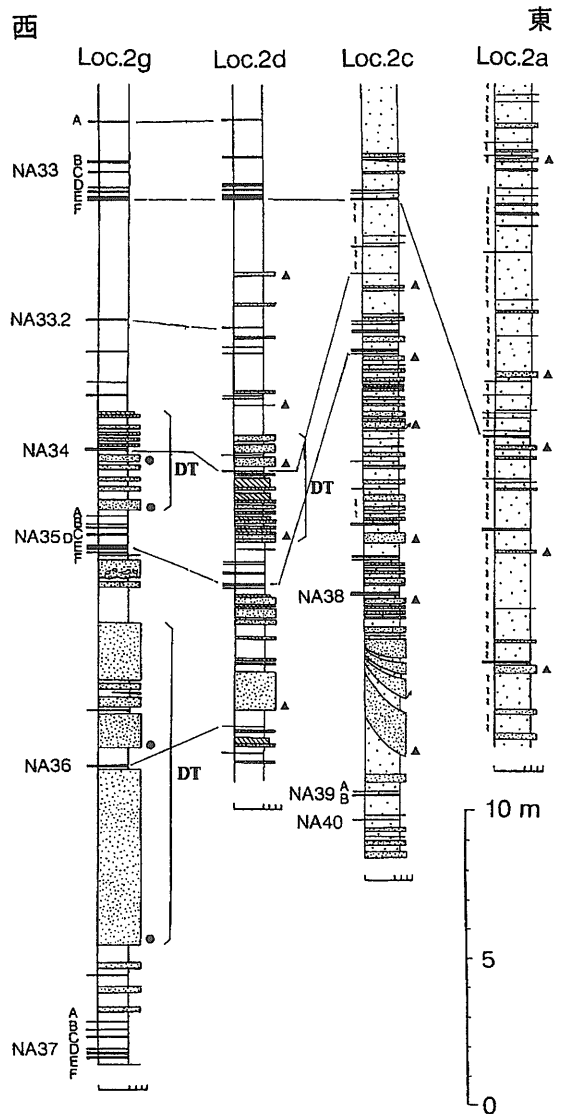
NA24層準で行った調査・分析と全く同じ内容・同じ手法で、NA33の層準でも重鉍物組成の解析を

行っている。NA33層準の互層を観察した地点(2a~2i地点)を第8図に示す。ここでも、野辺川を通過してほぼ東西方向に配列する4地点(西側より2g, 2d, 2c, 2a地点)の柱状図を具体的な例として第10図に示す。3.で指摘したような上部川口層の西部域と東部域にみられる特徴の違いが本層準でも同じように指摘することができるが、NA 24層準で指摘したことと全く同じであることから、ここでは省略する。分析結果もNA24層準の場合と全く同じで、西端の2g地点のタービダイト砂岩は、タイプII(●)の重鉱物組成を有するのに対して、それより東側の地点のタービダイト砂岩は、タイプIII(▲)の重鉱物組成を有している。NA33層準を観察した各地点のタービダイト砂岩の重鉱物組成のタイプが第8図に示されている。やはり西部域のタービダイト砂岩はタイプII, 東部域のタービダイト砂岩はタイプIIIの重鉱物組成から成り、西部域と東部域では、異なった重鉱物組成から成ることが明らかである。

これらのことから、上部川口層のNA24, NA33層準のタービダイト砂岩は、いずれも西部域ではタイプII, 東部域ではタイプIIIの重鉱物組成を有し、全く同じ時期に互いに隣接して形成されたにもかかわらず、異なるタイプの重鉱物組成を有するタービダイト砂岩が、隣接する地域に個別に形成されていたことが指摘される。

4.3 川口層全体の三次元解析結果

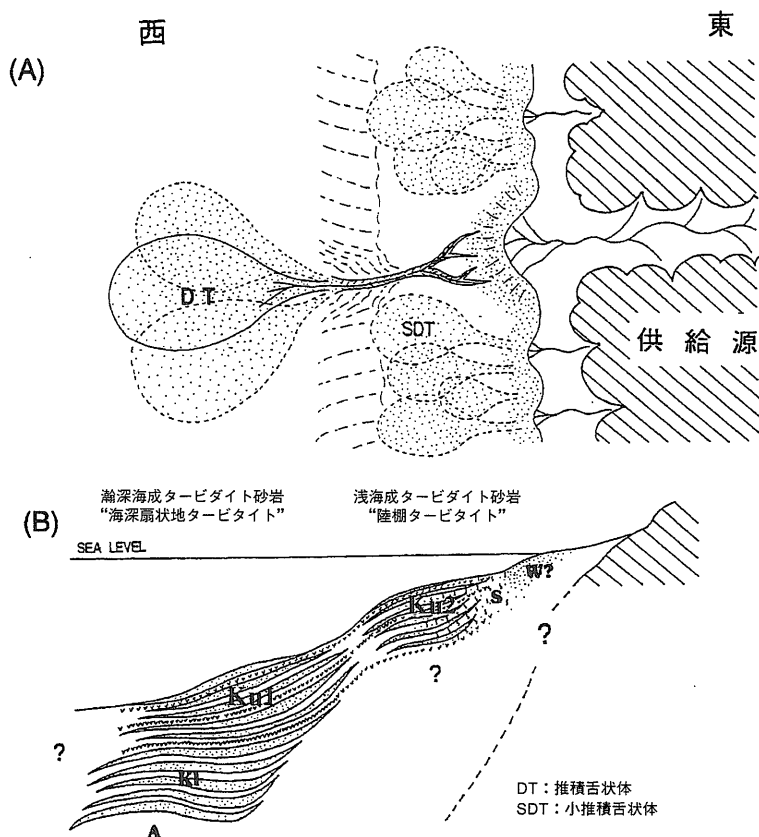
ここでは、西部域・東部域を問わず、川口層のいろんな層準のタービダイト砂岩の重鉱物組成上の空間的分布の特徴を検討する。解析結果を第11図に示す。まず、西部域の荒谷背斜両翼のルートにおける川口層の垂直(時系列)方向における重鉱物組成のタイプの変化を検討すると、いずれのルートでも、4.1で示した荒谷背斜西翼の野辺川ルートでみられた変化と同じような変化が認められる。すなわち、下部川口層のタービダイト砂岩は、タイプI(○)ないしタイプI-II(○)の重鉱物組成から成るのに対して、上部川口層のタービダイト砂岩は、ほとんどタイプII(●)の重鉱物組成から構成されていることが明らかである。このことは、荒谷背斜西翼の野辺川ルートの川口層のタービダイト砂岩に認められた垂直方向における変化の特徴が、荒谷背斜両翼に分布する川口層全体に共通する特徴であることを示し



第10図 東西方向4つの地点におけるNA33層準付近の岩相柱状図およびタービダイト砂岩の重鉱物組成タイプ。凡例は第9図と同じ。柱状図の地点は第8図参照。

ている。

次に、東部域に分布する川口層(上部川口層のみ分布)のタービダイト砂岩の重鉱物組成上の特徴を検討すると、いずれもタイプIII(▲)である。先に上部川口層に属するNA24およびNA33層準のタービダイト砂岩の場合、いずれも東部域ではタイプIIIの重鉱物組成の特徴を有することを指摘したが、このことは、これら2つの層準のみならず、上部川口層全



第12図 上部川口層の堆積環境と堆積様式を示す復元概念図

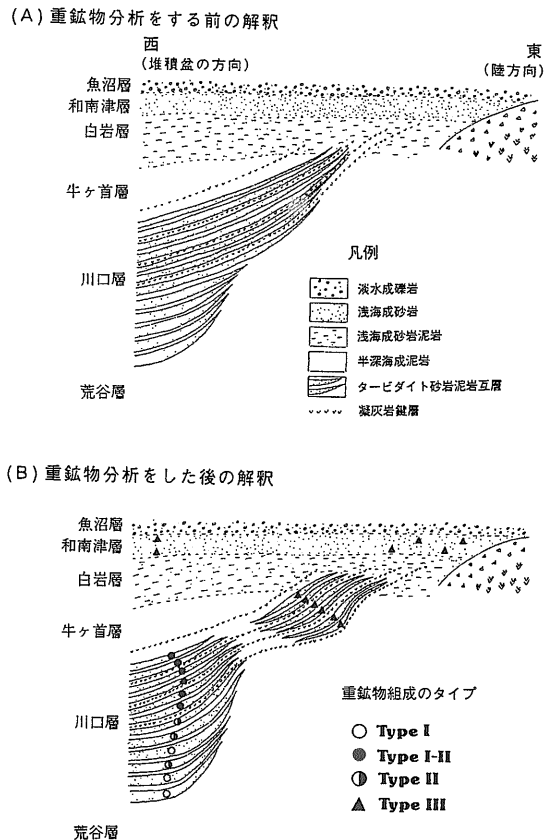
あろうと推定している。すなわち、上部川口層堆積時には、第12図に示されるように、調査域の西部のより深い海域では海底扇状地タービダイト砂岩が、一方東部のより浅い海域では、陸棚タービダイト砂岩が相共存して形成されていたと結論づけている。

ところで、これらのタービダイト砂岩と供給源との関係についても、第12図との関連でここで簡単に言及しておこう。この図(平面図)で供給源としている現在の越後山地を流れる河川の砂の重鉱物組成を分析すると、越後山地の奥深くから、すなわち主に中生代の堆積岩類とそれを貫く白亜紀花崗岩類等が分布する地域から流れてくる主要な河川の砂は、西部の海底扇状地タービダイト砂岩とほぼ同様な重鉱物組成を示す。一方、主に越後山地西麓に分布する第三紀の火山岩類が分布する地域から流れてくる小河川の砂の重鉱物組成は、東部の陸棚タービダイト砂岩とほぼ同様な組成を示すことがこれまでの解析によりわかっている。このような解析

結果をうけて、第12図(平面図)が描かれているのである。

このような重鉱物分析の適用とその検討結果から、第13図に示すように、東西方向における上部川口層の断面形態にも異なった解釈がもたらされることになった。

このような新しい解釈は、野外での凝灰岩を用いた詳細な層序学的・堆積学的解析の上に、室内での重鉱物組成の解析を加えることによって、初めて明らかになったものである。すなわち、砂岩中に占める重鉱物の割合は、通常1%前後かそれ以下であるために、野外での肉眼による砂岩の観察だけでは、このような組成上の違いを認識することは不可能である。このことは、野外での層序学的・堆積学的研究に鉱物学的研究を加えることによって、新しい事実が生まれる可能性も大きいとともに、堆積様式や堆積機構そのものの解明にも大変重要な役割を果たす可能性があることを強く示唆するものである(徳



第13図 重鋳物分析の適用前(A)と適用後(B)での解釈の違い。(A)は柳沢ほか(1986)での解釈。

橋, 1994)。

一方、川口層タービダイト砂岩を対象にしたこのような重鋳物組成の解析結果は、一定の空間を占めるタービダイト砂岩体は、砂岩中に含まれる重鋳物の割合は少ないにもかかわらず、重鋳物組成上の特徴、あるいは、一定の重鋳物組成のタイプで表現できる可能性のあることを強く示唆しているといえる。たとえば、西部域の上部川口層の場合にはタイプIIであるのに対して、東部域の上部川口層の場合にはタイプIII、西部域の下部川口層の場合にはタイプIもしくはタイプI-IIといった具合にである。もしこのような可能性が、他のタービダイト砂岩体についても広く適用可能で一般化できるものであれば、重鋳物組成は、単に供給源の推定のみならず、一定の空間を占めるタービダイト砂岩体の同定指標(トレー

サー、インディケーター、マーカー)として、貯留岩の空間的・三次元的形態の解明やその予測にも応用可能なことを示しているといえる。

そこで次報(Part II)では、こうした可能性をよりマクロ的な観点から検証するために、新潟堆積盆中部域に分布する多数のタービダイト砂岩体を対象に、それぞれのタービダイト砂岩体に対して代表的なルートや露頭において試料採取を行い、それらの重鋳物組成を解析することによって、この問題の検討を行うことにする。

6. まとめ

最後に、以上の解析結果・解釈結果の要点をまとめることにする。

- 1) 新潟新第三系含油堆積盆の東縁部に分布する前期鮮新世川口層のタービダイト砂岩体の重鋳物組成を上下方向、同時面方向など三次元的に詳細に検討した結果、重鋳物組成の特徴から、川口層のタービダイト砂岩は、少なくとも4つのタイプに区別できることが明らかになった。
- 2) 上部川口層堆積時には、堆積環境と供給源を異にする2種類のタービダイト砂岩、すなわち、西部域の海底扇状地タービダイト砂岩と、東部域の陸棚タービダイト砂岩が、東西に並存して存在していたことが、詳細な層序学的・堆積学解析に、タービダイト砂岩の鋳物学的解析(重鋳物組成の解析)を加えることによって明らかにされた。このように重鋳物分析は、堆積過程の解析そのものにも、大変重要な情報をもたらす可能性が大きいことを物語っている。
- 3) 川口層のタービダイト砂岩の詳細な重鋳物組成の解析の結果、一定の空間を占めるタービダイト砂岩は、タービダイト砂岩の厚さや粒度と関係なく、共通する重鋳物組成、あるいは、同じタイプの重鋳物組成から構成されていることが明らかになったことから、ある時期に同じ供給源から供給され堆積して一定の空間を占めるタービダイト砂岩体、すなわち、個々のタービダイト砂岩体を特徴づける指標として、重鋳物組成が活用できる可能性があることが指摘される。続報(Part II)では、より多くのタービダイト砂岩体で検討することによって、この可能性を検証・実証することにした。

文 献

- Agyingi, C.M. and Tokuhashi, S. (1995) : Heavy mineral composition of the Neogene turbidite sandstones in the middle part of the Niigata backarc oil basin, central Japan—Part I : Western (“Nishiyama”) and Central (“Chuo”) oil belts—. Bull., Geol. Surv. Japan, 46, 61–101.
- 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.
- Fujii, K. (1958) : Petrography of the Cretaceous sandstones of Hokkaido, Japan. Mem. Fac., Kyushu Univ., Ser.D, Geology, 6, 129–152.
- 市村 毅 (1933) : 台湾苗栗油田およびその付近に産するいわゆる白色砂岩の地質学的考察. 地質雑, 40, 741–749.
- Ichimura, T. and Matsubayashi, H. (1953) : Igneous activities prior to the deposition of the Chichibu system. Bull., Earthq. Res. Inst., 31, part 2, 155–167.
- Iijima, A. (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. J. Fac. Sci. Univ. Tokyo, Sec.II, 11, 339–385.
- 柿崎 聡・東 将士・立石雅昭 (1992) : 北部フォッサマグナ小谷一笹ヶ峰地域の第三系堆積岩類の後背地と堆積盆地. 地質学論集, no.38, 191–204.
- Mange, M.A. and Maurer, H.H.W. (1992) : Heavy minerals in colour. Chapman & Hall, 147p.
- Maeda, S. and Fukui, Y. (1960) : Note on the Heavy minerals of the Tetori Group in the central part of the Hida Mountainland, central Japan. J. Coll. Art. Sci., Chiba Univ., 3, 221–233.
- 三木 孝 (1982) : 基礎試錐「宮古島」で得られた中新統八重山層群砂岩の重鉱物組成. 石油技協誌, 47, 195–200.
- Okada, H. (1960) : Sandstones of the Cretaceous Mifune Group, Kyushu, Japan. Mem. Fac., Kyushu Univ., Ser.D, Geology, 10, 1–40.
- Pettijohn, F.J. (1957) : Sedimentary rocks. Harper and Row Publishers, 718p.
- Pettijohn, F.J., Potter, P.E. and Siever, R. (1987) : Sand and sandstone. Springer-Verlag, 553p.
- 佐藤良昭 (1971) : 重鉱物研究の現状と課題. 岩鉱, 22, 487–499.
- 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.
- Suzuki, T. (1975) : Heavy mineral composition of the recent marine sediments in three different environment. Report No.255, 44p., Geol. Surv.Japan.
- 立石雅昭・アデル エル ハバブ・島津光夫 (1992) : 北部フォッサマグナ領域地域の中新—鮮新統タービダイト砂岩の源岩. 地質学論集, no.38, 181–190.
- 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.
- 徳橋秀一 (1990) : 新潟県東山油帯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, 96, 745–758.
- 徳橋秀一 (1992a) : 砂岩貯留岩分布予測技術における重鉱物分析の課題—特に分析手法に注目して—. 徳橋秀一・金子信行・鈴木祐一郎編「炭化水素鉱床の成因と同ポテンシャルの予測技術に関する研究」(平成3年度工業技術院特別研究促進調査報告書), 地質調査所, 104–112.
- 徳橋秀一 (1992b) : 新潟県東山油帯南部に分布する砂岩の堆積学的・鉱物学的研究—海底扇状地タービダイト砂岩と陸棚タービダイト砂岩の堆積学的関係—. 地質雑, 98, 355–372.
- 徳橋秀一 (1994) : 重鉱物分析の堆積学的解析への適用による新しい展開—新潟堆積盆東縁部の前期鮮新世タービダイト砂岩への適用例—. 地調月報, 45, 451–470.
- Tokuhashi, S. and Agyingi, C.M. (1995) : Heavy mineral composition of the Neogene turbidite sandstones in the middle part of the Niigata backarc oil basin, central Japan—Part II : Eastern (“Higashiyama”) oil belt and summary of the whole study area. Bull., Geol.Surv.Japan, 46, 121–151.
- 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.
- Yokoyama, K., Amano, K., Taira, A. and Saito, Y. (1990) : Mineralogy of silts from the Bebgal Fan. Proceedings of ODP, Sci. Rept., 116, 59–73.
- Yokoyama, K. and Saito, Y. (1990) : Petrological study of sedimentary rocks in the Itsukaichi Group, Kanto Mountains. Bull., Natn. Sci. Mus., Tokyo, Ser.C, 16, 41–54.

TOKUHASHI Shuichi (1996) : Possibility of heavy mineral composition as an indicator of each turbidite sandstone reservoir body. Part I : Motivation of the possibility based on a microscopic analysis.

< 受付 : 1996年6月17日 >