北蒲原平野下に発達する“Breccia”について

加 藤 進*・渡 辺 其久男**

(昭和58年7月21日受付, 59年1月18日受理)

Notes on “Breccias” in the Subsurface of the Kitakambara Plain, Niigata Prefecture

By

Susumu KATO and Kikuo WATANABE

Abstract: Two kinds of “breccias” can be distinguished on the basis of the foraminiferal fossil content and the lithology in the Shiya and Nishiyama Formations. The distribution area of the “breccias” and the dominant kind of them shift with the lapse of time.

“Disturbed” deposits, which can be discerned by using CLUSTER, are mostly associated with occurrence of “breccias”. Characteristics of them indicate that a part of them corresponds to olistostromes.

The direction of the paleoslope inferred from dips in the “disturbed” deposits is harmony with the decreasing direction of the sand content and the thickness of “breccias”.

1. はじめに

北蒲原地域には、椎谷層・西山層中の砂岩層を貯留岩とするガス田が幾つか分布している(第1図)。紫雲寺ガス田周辺では、これらの砂岩層は連続性に乏しく、分布が不規則であるため、この地域の探鉱・開発には困難が伴った。例えば、紫雲寺ガス田では、椎谷層・西山層を目的として1962年から1964年の間に20坑(試掘・探掘)が掘削されたが、12坑が成功したのみである。日本鉱業(株)はその後も探鉱を継続し、中条NK-54で椎谷層中に油層を発見した。一方、石油資源開発(株)は、堆積学的見地から紫雲寺ガス田周辺地域の地質総合作業を行い、層位トラップを目的として4坑を掘削した。その結果、長島SK-1Dで西山層中に新たなガス層が発見された。このように、紫雲寺周辺地域の椎谷層・西山層にはまだ探鉱余地が残されていると考えられる。

また、泥塊(太田・沖, 1965), 乱堆積層(井上・片平, 1967), breccia(新保, 1971)と呼ばれる特異な堆積物が北蒲原平野の椎谷層・西山層中に発達することが知られ

ており、砂岩層の堆積と密接に関係していると考えられている(井上・片平, 1967)。砂岩層の堆積機構については、既に数編の報告(井上・片平, 1967; 片平, 1969; 猪間・小林, 1969; 鈴木他, 1977など)がある。

近年、Schlumberger社のHDT*** (High Resolution Dipmeter Tool)のコンピューターによる解析結果(CLUSTER**)が利用できるようになり、地層傾斜(以下dipという)に関して精度の良い、豊富なデータが入手できるようになった。そこで、前述の特異な堆積物に対するCLUSTERの活用を試みた。

本稿では、坑井資料の豊富な紫雲寺ガス田周辺地域を中心に、この特異な堆積物の特徴、産出層準、分布などを記述し、続いてCLUSTERとの比較結果を述べる。更に、この堆積物の堆積機構について考察を加え、この地域の今後の探鉱の一助にしたい。

2. 地質概要

北蒲原地域の坑井では、新潟地域の標準地層名が適用されている。最下部層は、平木田ガス田では津川層のアルコールズ砂岩であるが、紫雲寺ガス田や中条ガス田では津川層が欠如しており、七谷層の凝灰岩相が直接基盤に不整合で接している。各層の岩相、層厚はかなり変化

* 石油資源開発(株) 本社

** 石油資源開発(株) 長岡鉱業所

*** Schlumberger 社商品名

第1図 ガス田の位置図と地質図

するが、ここでは本文の目的である椎谷層、西山層について簡単に述べる。

椎谷層は暗灰色泥岩を主体とするが、平木田ガス田、新胎内ガス田、中条ガス田では凝灰質砂岩が厚く発達している。層厚は平木田ガス田の200～250mから紫雲寺ガス田の約800mと西方に厚くなる。

西山層は灰色泥岩を主体とし、局所的に数枚の砂岩層が挟在する。層厚は1,000mから1,400m前後と比較的変化が少ないが、平木田ガス田ではうすく約350mである。

第2図に紫雲寺ガス田を標準とした層厚、岩相、更に有孔虫化石分帯をまとめた地質総合柱状図を示す。

北蒲原平野の坑井の椎谷層・西山層はところにより七谷層あるいは寺泊層のものと思われる泥塊を挟み、特に紫雲寺 SK-1 ではそれが厚く発達し、層準の判定を誤ったこともある(太田・沖, 1965)。井上・片平(1967)は、七谷層・寺泊層の泥岩に起源をもつ泥岩・礫岩と古期岩類からもたらされた含礫砂岩から成る2種の乱堆積

層を認めている。新保(1971)は、*Miliammina echigoensis* zone から *Uvigerina akitaensis* zone 下部にかけて、七谷層・寺泊層の泥岩礫(breccia)が多量に持ち込まれていることを明らかにした。

本稿では、椎谷層および西山層中の七谷層・寺泊層の泥岩礫を“Breccia”と呼ぶ。坑井掘削時に、“Breccia”は七谷層・寺泊層に特徴的な岩質および有孔虫化石の出現によって認定でき、“Breccia”の存在するところでは泥岩中にマッドガスの上昇がみられることもある。

3. “Breccia”

カッティングスの岩質とそれに含まれている有孔虫化石*に基づいて、“Breccia”は七谷層に由来するもの(七谷層“Breccia”と呼ぶ)と寺泊層に由来するもの(寺泊層“Breccia”と呼ぶ)に分類される：

七谷層“Breccia”…暗灰色泥岩から成る。*Globorotalia scitula praescitula*, *G. praemenardii*, *Hopkinsina sinboi*, *H. morimachiensis*, *Sigmoilopsis schlumbergeri*,

第2図 紫雲寺ガス田の地質総合柱状図

Stratigraphy	Thickness (m)	Lithology	Geologic Column	Foraminifera	
				Benthonic	Planktonic
Uonuma Group	250	Conglomerate Sandstone	Uo	N. F.	
Haizume Formation	250	Siltstone fine-grained Sst.	Hs	Criboelphidium yabei Zone	No. 1 Grt. inf.
Nishiyama Formation	1000	gray Mudstone fine-medium grained Sst.			Marker A No. 2 Grt. inf. Gqd. asanoi
				Uvigerina subperegrina Zone	No. 3 Grt. inf.
			Ny		
Shiia Formation	800	dark gray-brown Mudstone	Sy	Miliammina echigoensis Zone	Orbulina
Teradomari Formation	350	brown Mudstone	Td	Spirosigmoilinella compressa Zone	
Nanatani Formation	750+	d.g. Mudstone		Hopkinsina morimachiensis Zone	
		Dacite Tuff Breccia sandy Tuff	NT		Grt. inf.: Globorotalia inflata Gqd.: Globoquadrina
Basement		Hornfels	BM		

Gyroidina orbicularis, *Pullenia bulloides*, *Cibicides malloryi*, *Praeglobulina kamedaensis*, *Fursenocoina* sp. を産する。

寺泊層“Breccia”……暗褐色～黒色硬質泥岩から成る。
Dorothia sp., *Spiroplectammina niigataensis*, *Cribo-*
stomoides renzi, *Spirosigmoilinella compressa* を産する。

北蒲原平野に掘削された坑井のうち、38坑（第3図）について、七谷層“Breccia”と寺泊層“Breccia”の存在を調べた。結果を地層の境界、マーカーとなる浮遊性有孔虫化石の産出区間、紫雲寺ガス田周辺で使用されている対比マーカーとともに第4図に示す。

片平（1969）は、下位から寺泊層“Breccia”，七谷層“Breccia”という繰り返しの認めている。しかし、両方の“Breccia”が認定された15坑のうち、下位に寺泊層

“Breccia”が産するのは8坑しかなく、各坑井では必ずしも下位に寺泊層“Breccia”が出現する訳ではない。

第4図に基づいて“Breccia”の産出層準を整理すると、下位から3つに大きく分けることが可能である。すなわち、

Horizon I: 椎谷層下部。椎谷層基底から *Orbulina* bed またはマーカーXまで。

Horizon II: 椎谷層上部。*Orbulina* bed またはマーカーXから椎谷層上限まで。

Horizon III*: 西山層下部。西山層基底からマーカーKまで。

Horizon I に属する“Breccia”は、平木田から築地NK-2にかけての北部地域、紫雲寺地域、加治川沿いの地域に分布しており、寺泊層“Breccia”が比較的多い。北部地域の寺泊層“Breccia”は黒川NK-1に最も発達し、平木田そして新胎内NS-1、東胎内川MS-1Dへと少なくなる。一方、七谷層“Breccia”の発達は胎内川SK-1から東胎内川MS-1D、または平木田に向かって悪くなる。紫雲寺地域では、寺泊層“Breccia”の発達が紫雲寺SK-1で顕著であり、SK-5D、SK-3、SK-7と帯状に分

* 坑井での有孔虫化石調査は通常20m毎に採取されるカッティングスで行われる。また、岩質調査は5m毎、あるいは10m毎に行われる。したがって、これらのデータに基づく議論の精度はせいぜい20m程度である。

** Horizon II は No. 3 Grt. inf. bed にはほぼ相当する層準と、それより上位の層準に産出するものに細分できそうであるが、本稿では一括して取り扱う。

第3図 坑井位置図

布する。

Horizon II の“Breccia”は紫雲寺周辺に良く発達し、七谷層“Breccia”を主体とする。寺泊層“Breccia”と七谷層“Breccia”の両者が認められる坑井では、紫雲寺 SK-1 から SK-9 と築地 NK-4 に向かって“Breccia”は少なくなる。七谷層“Breccia”には、紫雲寺 SK-1 から SK-21, SK-18 へと順次発達が悪くなるものと、紫雲寺 SK-28D から SK-16, SK-7 そして長島 SK-1D と中条 NK-54 に向かって少なくなるものが認められる。寺泊層“Breccia”の発達は紫雲寺 SK-5D から SK-3 へ悪くなる。

Horizon III に発達する“Breccia”は、紫雲寺 SK-3 から南の地域と落堀川から築地 NK-4 にかけての地域に分布している。七谷層“Breccia”が主体である。落堀川から築地にかけて発達する寺泊層“Breccia”は、紫雲寺 SK-9 から SK-2, そして SK-1 と南西に向かって少なくなる。長島 SK-1D に発達が著しい七谷層“Breccia”は、紫雲寺 SK-12, 中条 NK-54 の北西方向に減少する。また、No.3 Grt. inf. bed より上位に認められる七谷層“Breccia”は南紫雲寺 SK-1D で最も厚く発達し、聖籠、そして蓮野へと薄くなる。

第4図 坑井にける“Berccia”の産出深度

4. CLUSTER による解析

HDT を実施して CLUSTER 解析が行われた 坑井のうち、東胎内川 MS-1D、長島 SK-1D、中条 NK-54、西紫雲寺 SK-1、南紫雲寺 SK-1D、蓮野 MS-1 の 6 坑について、CLUSTER の arrow plot*(スケールは1/500)を調べてみた。その結果、椎谷層・西山層中に上・下位の地層の dip と異なる dip や乱れた dip を示すゾーンや、dip が表示されていないゾーンが多数認められた。これらのゾーンの上・下位層の dip は方位、傾斜角ともほとんど同じであり、これらのゾーンが断層のような構造性のものでなく、むしろ堆積性のものに起因していることを示唆している。そこで、これらのゾーンを異常堆積層と呼ぶことにする。典型的な例として、第5図に西紫雲寺 SK-1 の異常堆積層と arrow plot との関係を示

第5図 典型的な異常堆積層

* CLUSTER の表示方法の一つ。

** 通常 correlation interval 4m, search angle 35°, step distance 1m を用い、3 レベルの pooling が行われている。

した。

異常堆積層と“Breccia”の関係を確かめるために、それぞれが認められる深度を比較した。比較を容易にするために、arrow plot から約15~20mごとに、その区間を代表するような dip を抽出し、新しい arrow plot を作成した。この plot の右側に、元の arrow plot から選び出した異常堆積層と“Breccia”が確認された深度を表示し（第6図）、両者の出現深度の比較を行った。

第6図から明らかなように、“Breccia”が産出する深度付近には、多くの場合異常堆積層を伴っている。しかし、異常堆積層の近くには“Breccia”が認められないこともしばしばある。

一般に、異常堆積層は椎谷層では比較的厚く発達しているのに対し、西山層では余り厚くなく、10m 程度のものが多い（例えば、西紫雲寺 SK-1、南紫雲寺 SK-1D、中条 NK-54 など）。しかし、蓮野 MS-1 や長島 SK-1D では西山層に厚い異常堆積層が認められる。

南紫雲寺 SK-1D、長島 SK-1D では、他井よりも異常堆積層が豊富であるが、“Breccia”の発達も顕著であり、両者の一致は興味深い。

南紫雲寺 SK-1D の 1,100~1,500m 間には“Breccia”が豊富であるが、厚い異常堆積層は認められず、5~10m 程度の比較的薄いものだけである。1,225~1,234m 間で採取されたコア（約 7 m）は主に礫質砂岩から成り、その中に多数の泥岩礫を含んでいる。泥岩礫は最大数 cm の大きさであり、“Breccia”を構成しているものと推察される。CLUSTER で使用されている計算方法やパラメーター値**を考慮すると、CLUSTER で数 cm の泥岩礫を個々に検出することは不可能である。しかし、泥岩礫を含む地層が数 m にわたって層理を示さない場合、arrow plot 上で異常堆積層として現れる可能性は十分にある。また、泥岩礫が数 m 以上であれば、その中の層理面や泥岩礫の境界が dip として計算され、arrow plot 上で異常堆積層と認定できるであろう。異常堆積層が数 10 m も連続する場合は、泥岩礫を含む地層が層理を示さないというよりも、比較的大きな泥岩礫が連続している可能性が高いと考えられる。

有孔虫化石調査は通常 20m 間隔で、カッティングスを対象にして行われる。一方、HDT は連続的に測定され、深度の不正確さも無い。また、CLUSTER では下位層の泥岩礫だけでなく、同時礫の検出も可能であるが、両者を区別することはできない。したがって、有孔虫化石調査と CLUSTER を組み合わせることで、“Breccia”の連続的な検出が可能となり、“Breccia”を定量的に取り扱うことができるであろう。

第6図 “Breccia” と異常堆積層の出現深度の比較

5. 堆積機構

異常堆積層の特徴は次の通りである。

- 1) 下位層の泥岩礫（七谷層“Breccia”，寺泊層“Breccia”）をしばしば含む。
- 2) 含まれている泥岩礫の大きさは、コアで確認された数cm程度のものから、CLUSTERの計算方法、使用パラメーター値からみて数mに達するものまでであると考えられる。

- 3) 100m以上の厚さを有することがある。
 - 4) 異常堆積層の上・下位層の dip はほぼ同じ傾向であるが、異常堆積層内の dip はそれらと異なる。
- このような特徴から、異常堆積層の少なくとも一部は、地すべりによる海底堆積物の総括的名称として近年広く用いられている（勘米良，1977）olistostrome であると考えられる。ELTER and TREVISAN (1973) のolistostrome の分類では狭義のolistostrome に相当する。

第7図 structural dip 補正後の異常堆積層内の dip

olistostrome を正しく認識することは堆積機構、構造発達史等を考える上で重要である。そこで、異常堆積層が olistostrome であると仮定して、異常堆積層から堆積当時の paleoslope を推定することを試みた。

比較的厚い異常堆積層において、上・下位層の dip を structural dip として、これを水平に戻し、その時傾斜角が 10° を越えるものを modified Schmidt net 上にプロットした(第7図)。ポイントが分散し、卓越した方向が良く分からないものが一部にあるが、比較的まとまったところにポイントがプロットされることは注目に値する。特に、中条 NK-54 の 2,065~2,147m, 南紫雲寺 SK-1D の 2,285~2,330m, 西紫雲寺 SK-1 の 2,240~2,350m, 蓮野 MS-1 の 2,400~2,500m の区間では集中度が大変良い。これらの卓越する方向が paleoslope の推定に利用できそうである。

“Breccia”の供給源として、地質図(第1図)からも明らかなように、楡形山脈付近が想定されている(井上・片平, 1967; 片平, 1969など)。また、椎谷期、西山期は東方の後背地から日本海側に向かって海が深くなっていたと推定されている(米谷他, 1980)。

礫岩中の礫の imbrication 配列(第8図, A)のように、斜面の最大傾斜方向の逆方向に傾斜して、“Breccia”などのブロックが海底地すべりによって堆積する(第8図, B)と仮定すると、異常堆積層内の dip の卓越方向と paleoslope の傾斜方向を関係づけることができ、供給源の方向が説明できるようである。

第8図 A 礫岩中の礫の imbrication 配列 (after Pettijohn, 1930); B 異常堆積層内の dip のモデル

前述の仮定に基づいて推定した paleoslope の傾斜方向を第9図に矢印で示した。この図には、“Breccia”の種類と発達状況、そして紫雲寺周辺地域の含砂率も同時に表示してある。

第9図を基にして、各 Horizon の “Breccia”, 砂, paleoslope の方向の関係について述べる。

Horizon I: 10%程度の含砂率を示す地域に “Breccia” が良く発達している。砂が多くなると “Breccia” の量は少なくなる。推定した paleoslope の方向は, “Breccia” が少なくなる方向と調和している。

Horizon II: 比較的砂の少ない地域には, “Breccia” が全く発達しないか, 著しく発達するかのいずれかである。砂の量が多くなると “Breccia” は少なくなる傾向がみられるが, 落堀川付近には砂と “Breccia” がともに発達している地域がある。中条 NK-54 の paleoslope の方向は等含砂率線の傾向や “Breccia” の減少する方向と調和しないようである。

Horizon III: 加治川以南で “Breccia” の発達が著しい。含砂率の高い地域にも “Breccia” が発達している。これは, 上位に向かい “Breccia” の細粒化が起こり, “Breccia” と砂粒と一緒に堆積した結果ではないかと考えられる。また, 異常堆積層の厚さも上位で薄くなる傾向がみられ, 興味深い。paleoslope の方向は南紫雲寺 SK-1D, 西紫雲寺 SK-1, 蓮野 MS-1 の3坑ともほぼ同じ西西南西である。

Horizon I, II では, 楡形山脈の上昇に伴い斜面が不安定となり, 海底地すべりによってチャンネルの比較的上部に “Breccia” を堆積し, その下方に乱泥流で砂を堆積したと推定される。Horizon III では, 斜面が比較的安定になり, 小規模な海底地すべりが多くなり, 細粒化した “Breccia” と砂粒が乱泥流によって一緒に堆積したと考えられる。特に, 長島 SK-1D 付近に推定されるチャンネルが活発であったと思われる。

6. 結 論

有孔虫化石などを利用して2種の “Breccia” (七谷層 “Breccia”, 寺泊層 “Breccia”) が認定され, その産出層準を基に “Breccia” の発達が3つの horizon に分けられる。“Breccia” の発達する地域は horizon が進むにつれ (I → II → III) 南に移動し, “Breccia” の種類も寺泊層 “Breccia” から七谷層 “Breccia” に変わる。

HDT の解析結果 (CLUSTER) から識別される異常堆積層は比較的良好に “Breccia” と相関している。有孔虫化石と CLUSTER を組み合わせることで, “Breccia” の連続的な検出や, 詳細な定量的な取り扱いが可能となるであろう。

異常堆積層は種々の特徴から, 少なくとも一部は olistostrome と考えられる。異常堆積層内の dip を用いて堆積時の paleoslope の方向を推定したところ, 含砂率のデータや “Breccia” の減少方向と調和する。

第9図 等含砂率線, “Breccia”の量および paleoslope の方向

紫雲寺周辺では、椎谷層の砂岩層は“Breccia”の発達するところよりも地形的に低いところに堆積したと考えられる。一方、西山層の砂岩層は“Breccia”の発達する地域と同じところに堆積したと推定される。

“Breccia”に似た堆積物は新潟堆積盆の他地域でも発見されており、層序・構造を研究する上で重要な要素となる場合がある。本稿では、CLUSTERを活用すること

で“Breccia”の検出や堆積機構などの推定が可能になることを述べた。

謝 辞

本研究に際して、資料検討の機会を与えられ、その結果の公表を許可された石油資源開発㈱、日本鉱業㈱並びに三菱ガス化学㈱に厚く感謝する。粗稿を査読され、ご

批判を頂いた石油資源開発(株)参与片平忠実博士，鶴飼光男探鉱部長，有益な助言と討論をして頂いた佐々木栄一，相馬 昭，安藤五郎の各氏に謝意を表する。

参 考 文 献

- BERG, R.R. 1981: Deep-Water Reservoir Sandstone of Texas Gulf Coast. *Transactions-Gulf Coast Association of Geological Societies*, **31**, 31-39.
- ELTER, P. and TREVISAN, L. 1973: Olistostromes in the Tectonic Evolution of the Northern Apennines. K.A. DEJONG and R. SCHOLTEN (ed.), *Gravity and Tectonics*, 175-188.
- HEEP, V. and DUMESTRE, A.C. 1975: "CLUSTER, A Method for Selecting the Most Probable Dip Results from Dipmeter Surveys". *SPE*, 5543.
- 猪間明俊・小林正直 1969: 坑井における古流系の研究. 石技誌, **34**(6), 305-313.
- 井上寛生・片平忠実, 1967: 北蒲原地域に発達する乱堆積層(演旨). 石技誌, **32**(5), 303.
- 勘米良亀齡, 1977: 地向斜堆積物におけるオリストストロームとその認定. 地団研専報, **20**, 145-159.
- 片平忠実・正谷 清・市村隆三, 1968: 新潟県北蒲原地域の地史(演旨), 石技誌, **33**(4), 252.
- 片平忠実, 1969: 新潟県北蒲原平野の基盤構造とその地質発達史(上),(下). 石技誌, **34**(5), 249-256, **34**(6), 314-304.
- 米谷盛寿郎・井上洋子・尾形英雄, 1980: 新第三紀新潟堆積盆地における古環境と古地理の変遷. 石技誌, **45**(6), 323-336.
- 新潟県, 1977: 新潟県地質図及び同説明書, 1: 200,000.
- 岡部史生, 1975: HDT 手解析法. 石技誌, **40**(5), 221-235.
- 太田 勇・沖 亨, 1965: 中条一紫雲寺ガス田. 石油学会誌, **8**(2), 111-114.
- PETTIJOHN, F.J., 1975: *Sedimentary Rocks*, 3rd Edition. Harper & Row, Publishers.
- 石油技術協会, 1973: 日本の石油鉱業と技術.
- 新保久弥, 1971: 新潟油田第三系の有孔虫総合対比. 石油資源開発(株)技研特報.
- 鈴木勝王・藤田 実・工藤修治, 1977: 北蒲原平野における石油・ガスの移動, 集積機構に関する一考察. 石技誌, **42**(2), 139-147.
- 天然ガス鉱業会・大陸棚石油開発協会, 1982: 日本の石油・天然ガス資源, 技術報告書.