酒田東方山地新第三系, 並びに東石名坂油田 R-1 号井
における重鉱物組成

Heavy mineral analyses of the surface Neogene
sediments and the cuttings from Higashi
Ishinazaka Oil Well.

渡 辺 雅 治 (Masaharu Watanabe)*
牛 島 信 義 (Nobuyoshi Ushijima)*

Abstract: Studies were made on the heavy mineral assemblages of the coarse clastic sediments, — tuffs, tuffaceous sediments and sandstones, — obtained from the Dewa hilly land in the east of Sakata city, Yamagata prefecture.

The same studies were carried out on the cuttings from Higashi Ishinazaka R-1 Oil Well.

The results showed a fairly close correlation between the surface and the subsurface data, and also showed the usefulness of the heavy mineral analyses to the subdivision of the formation.

Studies on the refractive indices of the plagioclases in the tuffs of this area revealed a dacitic composition.

1. 緒 言

著者等は、1964 年以来、酒田東方山地の新第三系に関する石油鉱床学的研究を行ったが、その研究の一環として、地域に分布する青沢層から庄内層群にいたる、凝灰岩、凝灰質砂岩、砂岩の重鉱物組成を検討した。併せて、昭和 41 年 3 月に掘さくされた 帝国石油東石名坂 R-1 号井から得られたカツティングス（掘屑）中の重鉱物を検討し、それらの結果について対比、地層の細分、考察を試みた。また、各層の凝灰岩中の斜長石について、その成分範囲をしらべた。これらの結果について総合的に報告する。

2. 地 質 概 説

本地域附近は、古くから庄内油田の開発のために調査が続けられてきている（村山 1932, 三土, 金原 1940, 井上 1962, 猪俣 1962, 佐々木 1962）。本地域の岩相層序区分および地層の命名は、井上（1962）その他に従った。すなわち、下位より青沢層、草薙

* 東北大学理学部岩鉱教室

（昭和 41 年 10 月 24 日受理）

Figure 1 Geologic map of the western margin of the Dewa hilly land in the east of Sakata city.

- 1, Chōkai detritus
- 2, Shōnai group (upper part—Terauchi sandstone, lower part-andesitic conglomerate)
- 3, Jōzenji formation (grayish white~yellowish brown fine~coarse sandstone)
- 4, Kannonji formation (bluish gray tuffaceous siltstone~sandy siltstone)
- 5, Maruyama formation (gray~dark gray silt stone~sandy siltstone)
- 6, Tateyama formation (dark gray mudstone), and Tazawa tuff
- 7, Kitamata formation (blackish gray~dark brown mudstone)
- 8, Kusanagi formation (black hard mudstone~banded siliceous shale)
- 9, Aosawa formation (basalt lava, basaltic tuff breccia, dolerite)
- 10, anticline
- 11, syncline (Mar. Syn—Maruyama syncline)
- 12, fault (Ch, Fault—Chōkai fault)

層、北俣層、楯山層（以上、中新世）、丸山層、観音寺層、常禅寺層、庄内層群（以上、鮮新世）に区分される。以下、各層について簡単に述べる。Fig. 1 参照。

青沢層： 本層は鳥海断層（三土、金原 1940）の東側に限って露出し、主として、玄武岩質安山岩熔岩、同質集塊岩よりなっている。本層の基底は地域内には露出せず、その上限は珪質頁岩層と指交関係で漸移し、その境界は認めにくい、しばしば発達する凝灰質頁岩、珪質頁岩の互層帯の下限を青沢層の上限とした。男鹿半島の西黒沢層に対比されている。

草薙層： 本層は鳥海断層のほぼ東側に分布し、珪質頁岩を主体とする。珪質頁岩は淡青色～暗灰色を呈し、堅硬で層理がきわめて良く発達している。また、本層の下部には、輝石安山岩の進入岩体が認められる。男鹿半島の女川層に対比される。層厚、約 500m。

北俣層： 地域南部において、丸山向斜の両翼に分布し、黒色泥岩を主体とする。本層の下限は珪質頁岩層に漸移し、また、その上限も楯山層の暗灰色泥岩に漸移する。黒色泥岩は黄褐色～チョコレート色の無層理塊状で貝殻状断口を示すものが多い。本層上部および楯山層下部には、本地域内に広く追跡できる数枚の凝灰岩が発達し、田沢凝灰岩（井上 1962）と呼ばれているが、著者等はこの田沢凝灰岩中の特に著しい岩相特徴を示す Ki-1 をもつて北俣層の最上部とした。男鹿半島の船川層に対比される。層厚、約 500m。

楯山層： 本層は丸山向斜の両翼に北俣層と調和的に分布し、ほとんど暗灰色泥岩からなり、下部では黒色泥岩に、上部ではシルト質泥岩に夫々、漸移する。男鹿半島の北浦層に対比される。層厚、約 250m。

丸山層： 丸山向斜の最上部に分布し、灰色～暗灰色シルト質泥岩からなり、上部は、観音寺層のシルト岩に移過する。層厚、約 220m。

観音寺層： 本層は荒瀬川流域に分布し、青灰色凝灰質シルト岩ないし砂質シルト岩からなり、一部砂質の部分からなる。しばしば、小礫からなる小さなレンズを挟む。層厚、約 340m。

常禅寺層： 観音寺層と同じく、荒瀬川流域に分布し、細粒ないし粗粒砂岩からなる。上部は粗粒砂岩を主とし、通常、黄褐色を呈し、軟弱である。1～2cm の礫を含み、この礫種は、硬質頁岩、砂岩、流紋岩等であり、薄い粘土層を伴う。下部に近づくにつれて、凝灰質砂岩となる。凝灰質砂岩は青灰色を呈し、浮石片を含有し細粒～中粒で堅硬である。しばしば炭質物を含む。層厚、約 360m。

庄内層群： 本層群は地域の西端に分布し、下位層を不整合に被覆する（三土、金原 1940）。主として両輝石安山岩質集塊岩、同質角礫凝灰岩および同質の礫層からなり、凝灰質砂礫を混え、その中に粘土の不規則なレンズ状薄層を挟む。以上の層を不整合に寺内砂層（三土、金原 1840）がおおっている。寺内砂層は黄褐色、中粒～粗粒で軟弱であり、偽層を示すことが多い。庄内層群は地表では層理が不明瞭で層厚は知りたい。

3. 地 質 構 造

本地域における新第三紀層のうち、青沢層および草薙層の分布の大部分は鳥海断層の東側に限られ、北俣層より上位の地層は同断層の西側に分布する。鳥海断層の西側においてはほぼ南北方向の構造が著しく、褶曲構造、および主な断層の方向もこれとほぼ平行である。背斜は東翼においてはゆるく、西側において急な傾向を有する。また、本地域の構造

Fig. 2 Geologic sections

は全体に北に沈降し、その結果、南から北に向つて地層の分布が古いものから新しいものへと変化する。

4. 試料の採集

試料採集層準の模式柱状図を第3図に示す。また、各試料の産状は第1表に示す。坑井試料はカツティングスを用い、原則として10m おきに採集した。

5. 重鉱物分析

試料の処理方法は地表試料の場合は150~300gをとり、ふるつて2φ(60メツシュ)~3φ(120メツシュ)のものを選び出し、四分法により5~8gをとり、重液として四臭化エタンを用いて重鉱物を選別した。重鉱物の鑑定は双眼顕微鏡下で行つたが、不明鉱物については、田口(1951)の方法により鉱物粒子の薄片を製作し、これを用いて決定した。個数百分率を求めるにあつては、200~500個をかぞえた。地表試料で重鉱物の含有量の小さいものは、200個を下回るものがあつた。坑井試料のカツティングスはミキサーにかけてほぐし、泥水を洗い流し地表試料と同様に2φ~3φの粒径のものを検鏡し数えた。以下の記載は上記の粒径での双眼顕微鏡下でのものである。

<普通輝石> 一般に半形形の短柱状結晶で、前記の粒径で観察すれば淡緑色であり半透明~不透明。C軸に平行した割目に沿つて両端が櫛歯状に切り込まれている場合が多い。

(Fig. 6 参照)

<紫蘇輝石> 半形形の柱状結晶で普通輝石に比べ、長柱状結晶のものが多い。半透明、淡褐色を呈し、C軸に平行な櫛歯状の切り込みがみられるものが多い。また、包有物をもっていることが多い。

<角閃石> 柱状結晶で濃茶~黒褐色を呈し、上記の二鉱物に比較して結晶面がよく発達

Fig.3 Columnar section and (location of sampling)

- 1: Shōnai group (near Kitazakai),
- 2: Jōzenji formation (near Uchigō),
- 3: Kannonji formation (near Nakadai),
- 4: Maruyama formation (near Sagisawa),
- 5: Tateyama formation (near Sagisawa),
- 6: Kitamata formation (near Sagisawa),
- 7: Kusanagi formation (Ennōji, Tateyama river),
- 8: Aosawa formation (Tateyama river).

し、自形～半自形結晶を示している。

<黒雲母，緑泥石> 主として六角板状結晶で暗褐色～黄緑色である。緑泥石は淡緑色の絹糸状光沢のある板状結晶であり、黒雲母の一部が緑泥石に変化しているのが観察できる。

第1表 各試料の産状

層 序	産 状 な ら び に 記 載
庄内層群 Sh	Sh-1, Sh-2, Sh-3 は寺内砂層中のシルト～粗粒砂岩。Sh-4, Sh-5, Sh-6 は集塊岩中の青色な凝灰岩 (層厚 0.1～0.5m)
常禅寺層 Jo	細粒～粗粒砂岩。 Jo-8 は層理の発達した凝灰質砂岩 (層厚, 0.5m)
観音寺層 Ka	シルト岩～シルト質砂岩。 特に Ka-1 (層厚 0.5m) は常禅寺層との境界にした層理の発達した凝灰質砂岩。Ka-2, Ka-6 は凝灰質な部分 (層厚, いずれも 1.0m 以内)。
丸 山 層 Ma	シルト質泥岩中に挟在される砂質凝灰岩。Ma-1 (層厚 0.4m) は青色中粒凝灰質砂岩で上部層との境界にした。Ma-2, ～Ma-5 の層厚は 0.2～0.6m。
楯 山 層 Ta	暗灰色泥岩中に挟在される凝灰岩 (いわゆる田沢凝灰岩の一部) であり, この内には泥質凝灰岩が含まれる。(Ta-4, ～Ta-6)。層厚 0.2～1.0m。
北 俣 層 Ki	泥岩中に挟在される凝灰岩。(従来の田沢凝灰岩の一部をも含む)。Ki-1 (層厚 3.0m+) は楯山層との境界にした黄色砂質凝灰岩。Ki-2, ～Ki-6 の層厚は 0.1～0.9m
草 薙 層 Ku	Ku-1 (層厚 3.0m) 白色粗粒結晶質凝灰岩 Ku-2, ～Ku-7 の層厚は 0.3～1.0m
青 沢 層 Ao	Ao-1 (層厚 2.0m), Ao-2 (層厚 14m+) は玄武岩質凝灰角礫岩等中に挟在される黒褐色石英安山岩質凝灰岩。 (註) 青沢層は玄武岩質及び安山岩質の火山岩及び火砕岩を主体とし, 一部スピライト質玄武岩からなると言われているが本研究では, 本層最上部附近の分析可能な黒褐色凝灰岩を参考までに扱った。

<チタン鉄鉱, 磁鉄鉱> いずれも黒い金属光沢を有する結晶であるが, チタン鉄鉱が概してソロバン玉の形を呈するものが多いのに反し, 磁鉄鉱は不規則な形状を示すように思われる。磁石で区別がつくが, 今回の分析では一括して取扱った。

<黄鉄鉱> 形状は微小な結晶の集合体を示すものと明らかに化石を置換したと思われる形態を示すものがある。後者は明らかに嫌気性環境下での自生鉱物であろうと思われる。

<グロコナイト> 上記の黄鉄鉱と同じく恐らく自生鉱物で緑色球状。凝灰岩中のものはセラドナイトの可能性もある。

<その他> 少量の無色～桃色のジルコン以外に変質したと思われる重鉱物がある。いわゆる変成鉱物は入ってこない。

第2表 凝灰岩凝灰質砂岩中の斜長石の屈折率

層序および試料番号	n_1
庄内層群 Sh-1	1.553~1.549
Sh-2	1.550~1.548
Sh-3	1.550~1.547
Sh-5	1.550~1.547
Sh-7	1.552~1.554
常禅寺層	
観音寺層	
丸山層 Ma-3	1.555~1.551
Ma-4	1.554~1.550
Ma-5	1.550~1.547
楯山層 Ta-1	1.552~1.543
Ta-4	1.550~1.543
Ta-6	1.550~1.546
北俣層 Ki-1	1.550~1.546
Ki-2	1.549~1.547
Ki-3	1.559~1.549
Ki-5	1.552~1.550
草薙層 Ku-1	1.552~1.548
Ku-3	1.553~1.548
Ku-5	1.553~1.548
Ku-6	1.553~1.548
青沢層 Ao-1	1.549~1.545
Ao-2	1.554~1.542

6. 斜長石の成分

地表試料中、浮石を含む 21 試料について、斜長石を双眼鏡下で手撰し、坪井の方法によつて斜長石結晶の 010, 001 劈開面の n_1 を測定した。1 個の地表試料について、20 個以上の斜長石結晶の n_1 を測定し、その上限と下限を求めた。それらの結果は第 2 表に示してある。各試料ともその斜長石屈折率にはある範囲をもち、全試料中で最も高い屈折率を示すものは、Ki-3 の $n_{1\max}=1.559$ 、最低のものは、Ao-2 の $n_{1\min}=1.542$ であつた。しかし、最高および最低値を示すものは、 An_{59} 、 An_{28} であり、一般的な値 $An_{50}\sim An_{30}$ に比べると例外的なものである。上記の事実は、草薙層堆積時から庄内層群堆積時に至る間の凝灰岩をもたらした当地域での火山活動は、単に斜長石屈折率から見た場合、その斜長石成分範囲は、 $An_{50}\sim An_{28}$ で、その大部分のものは、石英の存在を考えさせて石英安山岩質のものであると考えられる。

Fig. 4 Heavy mineral assemblages of surface samples.

7. 地表試料分析結果

地表試料分析結果(第4図)から次のことがわかる。

- 1) 普通輝石, 紫蘇輝石, 角閃石は庄内層群中に多く含有され, この傾向は常禅寺層中部までみられるが, これより下部になると急に減少の傾向を示している。これは常禅寺層から観音寺層へその岩相が砂岩からシルト岩へと粒径が小さくなっていくことによるものと思われるが, 著者等としては各層に供給された上記鉱物量は堆積時には大差なかったものが, 堆積後何らかの原因で減少する方向をたどったことによるものとも考えている。
- 2) 黒雲母, 緑泥石は常禅寺層下部から観音寺層下部に至る範囲で多くみられ, また, 田沢凝灰岩にも特徴的にあらわれてくる。これらのことは常禅寺層から観音寺層への粒子の細粒化および, 田沢凝灰岩の一部のものが泥質であることを反映していると思われる。
- 3) チタン鉄鉱, 磁鉄鉱は庄内層群および常禅寺層の中部に多く, この消長関係の傾向は普通輝石, 紫蘇輝石, 角閃石と同様である。また, これらは常禅寺層中部から観音寺層にかけて減少し, 黒雲母, 緑泥石と逆の傾向を示す。
- 4) 黄鉄鉱は常禅寺層中部から観音寺層上部にかけて, やゝ多く現われ, 丸山層以下では更に増加し, 殊に北俣層の下部およびそれより下位の地層では圧倒的に多くなる。観音寺層より常禅寺層下部にかけて現われる黄鉄鉱は明らかに化石を置換したと思われる形状を示すものが多く(Fig. 6-5) 楕山層以下のものは, 金属光沢を有し, 微少な結晶の集合体で, 形態は不規則なものが多く, 正六面体, 或いは五角十二面体のものはごく稀である。北俣層下部以下, 特に草薙層中の凝灰岩中の重鉱物は殆んど黄鉄鉱である。

8. 東石名坂 R-1 号井の重鉱物分析結果と地層の細分

坑井試料分析結果(第5図)から次のことがいえる。すなわち, 普通輝石, 紫蘇輝石, 角閃石は主として深度 100m 附近から 680m 附近までにおいて他の部分より多い傾向がある。これらのうち, 普通輝石は他の二鉱物に比して少量である。角閃石は 100~240m 附近に特に多く, 次いで 510~650m 附近に多い。紫蘇輝石は 100~680m 間にやゝ等分に分布しているが, 300~400m 間でやゝ優勢である。大体, 240m, 450m, 680m 附近に岩相の変化があるように見える。次にチタン鉄鉱と磁鉄鉱についてみると, 0~550m 附近に分布の(山)があり, 550~680m で分布の(谷)があり, 以下同様に, 680~820m (山), 820~950m (谷), 950~1040m, (山), 1040m 以下は漸減している。これに対して, 黒雲母, 緑泥石の分布はチタン鉄鉱, 磁鉄鉱の分布とは逆になっており, 450~1000m で(谷), 1000~1100m で(山)を示している。深度, 240~340m (庄内層群) ではチタン鉄鉱, 磁鉄鉱と同時に, 比較的多くの黒雲母, 緑泥石もあらわれてくるが, これは庄内層群堆積時の細粒, 粗粒の地層がグレイディング型式の薄い互層をしており, この互層がカツティングス採取に際して, 同時に現われてくるのかも知れない。黄鉄鉱は 840m 以下での増加が目立っているが, 1100m (北俣層) 以下になると, 黒雲母および緑泥石, チタン鉄鉱および磁鉄鉱がわずかに現われるのみで, 圧倒的に黄鉄鉱の頻度(絶対量ではない)が大きくなる。この黄鉄鉱は還元的环境下で二次的に生成されたものであろう。

坑井試料を扱う場合は必ずしも地表試料の場合と同一でなく種々の条件が加わってくる

Fig. 5 Heavy mineral assemblages from cuttings of Higashi Ishinazaka R-1 Oil well (I).

がこの点を考慮した上で両者の垂直的重鉱物変化をみると次のようになる。

普通輝石、紫蘇輝石、角閃石は地表試料では観音寺層下部 (Jo-10)、坑井試料では観音寺層上部 (680m) 附近以下では急激に減少する。黒雲母および緑泥石についてみると、地表では常禅寺層中部 (Jo-6) から、観音寺層下部 (Ka-6) にかけて多く分布し、坑井試料では常禅寺層から丸山層にかけて多く分布するが、その間に明瞭な重鉱物組合せによる

Fig. 5 Heavy mineral assemblages from cuttings of Higashi Ishinazaka R-1 Oil Well (II).

Au-Augite; Hy-Hypersthene; Ho-Hornblende; Bi-Biotite; Chl-Chlorite; Il & Mt-Ilmenite and Magnetite; Py-Pyrite; R.F.-Rock fragment. dotted lines are zonal boundary based on heavy assemblages.

岩相の境界は引きがたい。しかし楯山層下部（田沢凝灰岩）では再び分布が多くなることは、地表、坑井試料共に同様である。チタン鉄鉱および磁鉄鉱については、地表試料では庄内層群から常禅寺層下部にかけて、一つの増減の山がある。また、地表試料では丸山層から北俣層上部にかけて、チタン鉄鉱および磁鉄鉱が多い傾向がみられるが、坑井試料では960~1030m（丸山層と楯山層の間）で特に多くみられる。以上に述べたような重鉱物分布と組合せを考慮して、試掘井における岩相を分けてみると、およそ第5表のようになる。すなわち、重鉱物分布の上から、有孔虫では区分困難であつた庄内層群と常禅寺

第3表 重鉱物分布よりみた岩相区分

岩相 区分	鉱物 深度 (m)	Ilmenite, Magnetite	Hyper- sthene	Horn- blende	Biotite (chlorite)	Pyrite	化石, その他 による地層区 分
1	(100~240)	卅	+	卅	(+)	+	0~570
2	240~ 450	卅	卅	+	+	+	庄内層群お よび常禅寺 層
3	450~ 680	+	卅	卅	卅	+	570~810
4	680~ 830	卅	+	+	卅	+	観音寺層
5	830~ 950	+	+	+	卅	卅	810~1060
6	950~1060	卅	+	+	+	+	丸山層及び 楯山層
7	1060~1100	+	trace	trace	卅	+	1060~1100
8	1100~	+	trace	trace	+	卅	田沢凝灰岩 1100~北俣層~

カツティング中の重鉱物の相対頻度

卅……大

卅……中

+……小

層, また, 丸山層と楯山層の境界が一応, 判定できるように見える。しかし, 北俣層以下では重鉱物のみで判定するのは困難であり, その他の方法によらねばならないであろう。なお, 今回行なわなかつた重鉱物の絶対含有量の変化を考慮すれば, 岩相による地層の細分が一層, 可能になるものと期待できる。

9. 要約および考察

- 1) 地表試料としては地層中に挟まれる凝灰岩および砂岩, シルト岩層を扱った。また, 地下試料は坑井からのカツティングスを用いた。カツティングスの性質上, 各深度における掘さく位置より上方数mの平均をみたことになる。しかし, 地表試料と坑井試料とは採取方法の違いを考慮すれば対比が可能であることがわかつた。今後, 電気検層, 有孔虫化石の資料と併せて, 岩相の変化を知る上で有用であると思われる。
- 2) 斜長石の成分変化が少いことから, 凝灰岩に含まれていた重鉱物の組合せには大きな差はなかつたものと考え, 重鉱物の変化が生じたのは堆積後に特定の鉱物の消失が重要な要因と考えられるが, その他の多くの要因も伴うことでもあり結論は今後の研究にまたねばならない。
- 3) 調査地域では, 普通輝石, 紫蘇輝石, 角閃石等の鉱物の現出下限は坑井試料によれば, 観音寺層上部までである。然るに田口 (1951) は新庄南縁部において, 三盛層上部と鮭川層下部 (夫々, 楯山層, 丸山層相当層) (井上1962) が, 多量の角閃石によつて特徴づけられていることを報告している。このことから, 地域的な差がかなり著しいと考えられる。
- 4) 層準による重鉱物の絶対含有重量を予察的にしらべたところ, 重液で分離する前のふり分けした粒子中の重鉱物の絶対量は, 草薙層中の凝灰岩では, 約 1%, 常禅寺層砂岩では, 5~10%, 庄内層群中の凝灰岩では, 28% に及ぶものがあり, 上位層ほど重鉱物の絶対量が増大している。今回, 行なわなかつた重鉱物の絶対量を考慮すれば更に新しい資料になることが期待できるものと思われる。

Fig. 6 1: yellowish green common augite with small hacksaw structures.
 2: brownish green hypersthene.
 3: brownish black hornblende.
 4: iron-black ilmenite.
 5: authigenic pyrite replacing fossils (Kannonji formation).
 6: acidic volcanic glass (Shōnai group).

5) 地表試料中の軽鉱物をしらべたところ、無色透明な火山ガラス (Fig. 6-6 参照) が、若い層準の庄内層群中の凝灰岩中では多量に出現するが (2φ~3φ で 20~40%), 古い層準中の凝灰岩では見られないことがわかった。これが火山活動の差異によるものか、堆積後の脱玻璃作用により消失したものかは、今後の興味ある問題と思われる。

謝 辞

研究にあたって、石油資源開発株式会社酒田鉱業所の探鉱課の皆様には好意ある援助をいただき、また、貴重な未公表資料の一部を閲覧させていただいた。また、帝国石油株式会社の方々には、分析に用いた東石名坂一号中のカツティングスの採集、提供をいただい

た。ここに厚く感謝する。また東北大学理学部，田口一雄助教授，同，島田昱郎博士からは野外調査の御指導を受け，更に日頃，有益な助言を頂いていることに對し心から感謝する。この研究には文部省科学研究費の一部を使用した。

引 用 文 献

- 猪俣 虎彦 (1962)，山形県北西部中新統上部の Biofacies の研究，石技誌，**27**，465～502.
- 井上寛生(1962)，新第三系における 出羽丘陵周辺地域の 古地理学的研究，石技誌，**27**，443～464.
- 三土知芳，金原均二 (1940)，山形県飽海油田地形及び地質説明書.
- 村山 賢一 (1932)，酒田地質説明書.
- 佐々木 悟 (1962)，庄内盆地の地質と炭化水素鉱床，石技誌，**27**，503～518.
- 田口 一雄 (1951)，新庄盆地南縁部の堆積学的考察（予報），——重鉱物分析の適用結果について——岩鉱誌，**38**，132～143.