福岡市周辺地域の第三紀層の沸石と石炭化度*

ZEOLITE ASSEMBLAGES AND COAL RANKS OF THE TERTIARY FORMATIONS IN FUKUOKA CITY AND ITS ADJACENT DISTRICTS, KYUSHU, JAPAN

三 木 孝 (Takashi Miki)**

Degree of diagenesis of the Tertiary sedimentary rocks distributed in the Fukuoka City area and its environs, Fukuoka Prefecture, was examined on the basis of the mineralogical and coal petrographical data.

The Tertiary formations in the present areas contain authigenic minerals such as clinoptilolite and heulandite besides montmorillonite. The level of organic metamorphism (LOM) which obtained by coal ranks varies from about 5.5 at the upper horizon to 9.5 at the lowest one. These experimental results indicate that the degrees of diagenesis of the Tertiary formations in the areas studied are remarkably lower than those in other districts in Kyushu already reported (Miki, 1980, and others).

The low grade diagenetic alteration of sediments and small decreasing rate of coal rank from the upper to the lower horizon support the field evidence that the development of sedimentary basin in the present area was small-scale and tectonically stable through the Tertiary age.

Further continuous investigations of the equivalent formations in other adjacent districts are necessary to examine the detailed areal variation of the diagenetic conditions.

1. ま え が き

堆積岩の続成変化の研究では従来、沸石や粘土鉱物などの自生鉱物の変化と、石炭や各種炭化水素に代表される有機物の変化とが個別に検討されることが多く、それらを互に関連づけた研究は余りなされていなかったように思われる。しかし最近になって両者相互の関係を把握しようとする試みが精力的に行われるようになり（例えば田口, 1978）、その成果も目に見えて蓄積されてきた。

筆者は有機物質と無機鉱物の続成変化の研究結果が互いに補完されて初めて、それらによって構成される堆積岩の続成作用の実態が明らかにされるであろうという観点から、これまでに九州の一部の地域の古第三紀層の続成変化について検討してきた（三木・田代, 1979; Miki, 1980）。

北部九州の炭田地帯では、そこから産する第三紀石炭の続成作用（石炭化作用）について検討された例は多いが、自生鉱物による第三紀層の変質・変成作用に関して

の報告は著しく少ない。

福岡市とその周辺地域には周囲を古期岩類に囲まれた狭小な地域に第三紀層が分布するが、ここでは自生鉱物はもちろん、石炭化作用についての研究例も少なく、しかも大都市周辺での急速な都市開発に伴う露頭状況の劣化が研究進展の重大な障害となっている。本地域から産する沸石は量的には必ずしも豊富ではなく、続成作用の詳細な検討にはなお資料が十分であるとは言いが、筑豊・天草・佐世保など他地域との比較のための一資料として、当地域に分布する第三紀層の続成変化の概要をここに報告し、若干の考察を試みる。

2. 第三紀層の層序・岩相の概要

第三紀層の分布は福岡市地域と粕屋地域とに分けられるが、後者はさらに、北部粕屋・南部粕屋・香椎の3地域に細分され、各地域は先第三紀基盤岩（変成岩類・花崗岩類）ないし沖積層によって隔てられている。いずれの地域も第三紀層の露出面積は狭く、周囲の古期岩類との境界が確認できる北部粕屋地域では東西約3km、南

* 日本地質学会第88年々会（1981年4月、東京）で講演。

** 九州大学理学部地質学教室

Fig. 1. Locality map.

北約 8 km の小範囲に過ぎない。

粕屋地域の第三紀層は下位より高田層・宇美層・名島層・新原層・須恵層の 5 層に分けられ、さらに宇美・新原・須恵の 3 層はそれぞれ上・下に 2 分される。松下 (1949) は下位の 2 層を合わせて粕屋層群、上位の 3 層をまとめて志免層群と称し、これら 2 層群は互いに不整合関係にあるとしたが、他の研究者 (長尾, 1928; 田中, 1960; 山崎他, 1977) はいずれもこの不整合の存在を認めていない。筆者も本地域に分布する 5 層はすべて整合に累重するものと考えている。

福岡市地域の第三紀層は博多湾内に浮かぶ能古島と市街地の中・南部丘陵地帯に別れて分布することもある。その層序や他地域との対比についての各研究者の見解が一致していない。今回の研究では市街地々域での露出不良のため、浦田 (1958) の地質図および層序区分に基いての試料採取にとどまらざるを得なかった。下位から福岡層群) 残ノ島層・野間層), 早良層群) 浦谷層・

愛宕層), 姪ノ浜層群 (姪ノ浜層) の 3 層群・5 層に分けられる。松下 (1956) は各層群はすべて不整合で境されたと述べ、浦田 (1958) もこれを認めている。

各地域の第三紀層は一般に基底部の礫岩に始まり、砂岩・頁岩を主体とするが、凝灰質頁岩・紫赤色頁岩を頻繁に含み、前者からはしばしば植物化石を産する。石炭層は特定層準に含まれ、かつては採掘されていた。南部粕屋地域では北部地域に比べて多少層厚が増大し、岩相が細粒化するなど、層厚・岩相の若干の地域変化が認められる。

各地域に分布する第三紀層の岩相とそれらの対比は Fig. 3 に要約して示した。なお北部粕屋地域では高橋 (1959) が述べたように、北部から南部に向かって次第に上位層準の地層が基盤にアバットして累重する現象が認められる。

これらの第三紀層はごく局部的に褶曲構造がみられるほかは単純な地質構造を呈し、主に NW-SE 方向の断層によって切られるものの、その変移量は比較的小さい。

地質時代については松下 (1949)、水野 (1963) は野間層 (宇美層) 以下は始新世、浦谷層 (名島層) 以上は漸新世としたが、首藤 (1969) によればその最上部は中新世におよぶ。

3. 第三紀層の続成段階指標と続成度

第三紀層の続成変化を、石炭および頁岩中に分散する炭質物については元素分析値と輝炭反射率によって、また凝灰質岩については沸石組成によって検討した。反射率の測定についてはすでに報告した (三木・田代, 1979) 方法により、沸石については比重分離によって濃集した粉末試料を用いて、加熱処理を併用した X 線回折実験を行った。また顕微鏡下での薄片観察も合わせて行った。

なお、粕屋地域の第三紀層に含まれる粘土鉱物については田中 (1960) による研究がある。今回約 30 個の凝灰質岩試料について予察的に検討した結果では、本地域の第三紀層の粘土鉱物組成は圧倒的に優勢なモンモリロナイトと一部カオリンから成っており、田中 (1960) の結果と矛盾しない。地層の上下間での粘土鉱物組成の変化は認められなかった。

3-1. 石炭化度

北部粕屋地域では第三紀層の石炭化度は反射率 0.61% から 0.76% の範囲で変化し、Fig. 4 に示すように地層の上位層準から下位層準へと石炭化度が上昇するが、地層厚 500 m 当りの反射率の上昇率は約 0.04% と極めて小さい。福岡市地域でも試料数が少ないにもかかわらず北部粕屋地域と同様の石炭化度変化傾向を示すが、層

Fig. 2. Geological map of Fukuoka City and its adjacent districts.
(After Urata, 1958 and Matsushita, 1971, except the northern Kasuya district)

Fig. 3. Stratigraphic correlation of the Tertiary formations in studied area.

位的に最下位の残ノ島層下部の試料では反射率 0.80% に達している (Fig. 4)。Fig. 4 に示すように反射率と元素分析による炭素含有率 (無水無灰基) とは調和的であ

るので、南部粕屋・香椎両地域の試料については元素分析によって検討した (Table 1) が、その結果、地層の上・下間で反射率と同様の变化傾向が得られた。

以上の検討結果から 4 地域を通して第三紀層の石炭化度はほぼ類似しており、またその変化の割合が著しく小さいことが指摘できる。

最近、有機物の続成・変成度の指標として有機変成度 (LOM, Hood *et al.*, 1975) が用いられることが多い。これは褐炭から変質無煙炭に至る一連の石炭化度変化を 20 等分した区分であり、従来、石炭の固定炭素・揮発分含有率、発熱量、元素分析値、反射率などさまざまな指標によって示されてきた続成・変成度を統一的に表示するのに便利である。本地域の第三紀層の石炭化度はほぼ 5.5~9.5 程度の LOM に相当する。

3-2. 沸石

沸石は凝灰質頁岩および同質砂岩中に含まれる。福岡市地域の残ノ島層と南部粕屋地域の高田層に含まれる沸

Fig. 4. Stratigraphic variation of coal rank. Solid and open circles show reflectance values and carbon contents (d.a.f.%), respectively.

Table 1. Elemental compositions of coaly samples

Southern Kasuya district

Sample No.	Formation	Elemental compositions (d.a.f.%)			
		C	H	N	O+S
81062401	Shinbaru-F.	76.32	5.70	1.48	16.50
81062402		72.32	7.41	1.53	18.74
81052002	Umi-F.	78.54	7.38	1.19	12.89
81050506	Takada-F.	80.62	5.69	0.87	12.82
81050512		77.91	6.22	1.24	14.63

Northern Kasuya district

81062701	Takada-F.	76.96	6.15	0.99	15.90
----------	-----------	-------	------	------	-------

Kashii district

81062410	Najima-F.	65.45	12.96	1.24	20.35
81062406	Umi-F.	74.54	5.64	0.83	18.99
81062409		74.92	6.43	0.82	17.83

石は比較的粗粒で肉眼で容易に認められるが、他はすべて極めて細粒で、顕微鏡下での観察によれば基質部を交代して生じている。従って鉱物種の同定は鏡下では困難で、すべてX線回折によった。

斜プチロル沸石・輝沸石の識別は Minato and Utada (1969, 1971) に従い、未処理で $8.9\text{\AA}$ の位置にある (020) 反射が、 300°C 、4時間加熱後に $8.6\text{\AA}$ に移動するものを輝沸石、 300°C 、4時間加熱で反射位置に変化がなく、 450°C 、4時間の加熱でピークが極端に弱くなるか消滅するものをカルシウム型斜プチロル沸石、変化が認められないものをアルカリ型斜プチロル沸石とした。

Fig. 5. X-ray diffraction patterns of clinoptilolite. UT: untreated, 300°C : heating at 300°C for 4 hrs., 450°C : heating at 450°C for 4 hrs., Ca-CL: Ca-type clinoptilolite, M: montmorillonite, Q: quartz.

Fig. 6. X-ray diffraction patterns of heulandite.
H: heulandite,
F: feldspar.
Other legends are the same as those in Fig. 4.

Fig. 7. A summarized figure showing a zeolite assemblages. LOM indices were obtained by coal rank values.

各地域・各地層ごとの沸石の分布状況は、前述の石炭化度から換算した LOM と共に Fig. 7 に総括的に示されている。北部粕屋地域ではアルカリ型斜プチロル沸石は新原層下部から高田層中部までの層準に認められる。カルシウム型斜プチロル沸石は高田層のみに含まれるが、高田層中、上部ではアルカリ型斜プチロル沸石と共存する。南部粕屋地域では高田層中部からアルカリ型斜プチロル沸石を産する。香椎地域の第三紀層からは現在までのところ沸石は見出していない。

福岡市地域では野間層上部から残ノ島層上部にかけてアルカリ型斜プチロル沸石が含まれる。残ノ島層下部の、既述の反射率 0.8% を示す炭質物含有砂岩とはほぼ同層準の地層からは輝沸石を産する。

4. 考 察

前章で述べたように、福岡市周辺地域に露出する第三紀層は沸石の層序の分布によって特徴づけられており、上位層準ではアルカリ型斜プチロル沸石が、下位層準ではカルシウム型斜プチロル沸石及び輝沸石が出現する。このような沸石組成の層序の変化や、本地域には第三紀以後の火成岩が分布しないことからみて、これらが続成作用によって形成されたことは明らかである。このような沸石組成は先に述べたように、粘土鉱物としてモンモリロナイトが主体であることと共に、福岡市周辺地域の第三紀層が全体として斜プチロル沸石—モルデン沸石帯（下山・飯島，1977，の II 帯，Aoyagi and Kazama, 1980，の D・E 帯，以下同様）から輝沸石—方沸石帯（IIIa 帯，F 帯）に至る続成帯に属することを示すものと考えられる。

石炭化度についてみると、すべての試料は反射率に換算して概ね 0.4~0.8% の範囲にあり、輝沸石は反射率 0.8% 程度の石炭化度で初めて出現している。

既に報告した（三木・田代，1979；Miki, 1980）ように、九州の多数の第三紀層分布地域の中で、その西端に位置する天草下島では第三紀層の続成作用が著しく進行しており、本地域の宇美層・野間層上・中部に時代的に対比される（松下，1949）坂瀬川層でさえ、その反射率は 2.0% 以上（LOM 14 程度）に達している。このような天草地域の第三紀層に認められる過度の続成作用の進行は、天草地域が九州西縁構造帯（木崎，1979）と呼ばれるように、白亜紀末以降、地質構造的に特に活動的な地帯であったことと無縁ではなく、堆積中・堆積後の

活発な造構造運動によって堆積・地下埋没活動が促進されたことに重要な原因があるものと推定される（Miki, 1980）*。これと比較して、福岡市周辺地域の第三紀層の続成度が既述のように著しく低い事実は、地質構造が比較的単純であること、その他から推定できるように、当地域が第三紀層堆積時には地質構造的に比較的静穏であったこと、即ち地盤沈降量・堆積量が天草に比べて小規模であったことを示唆するものとみなすことができよう。

九州の代表的炭田の一つである筑豊地域では自生鉱物の産状・組成についてはよくわかっていないが、反射率からみた石炭化度については、東部の古期岩類との境をなす基盤断層近くで高く、基盤岩類とは不整合関係にある西部の第三紀層下部層準では東部での測定値から推定されるほどには高くないと言う事実が知られている（立石，1977）。基盤断層は第三紀層堆積当初から堆積中にかけて断続的に活動したと考えられる（松下，1971）ので、相原（1980）が言うように、断層運動に伴って堆積速度が速かった東部の方が西部に比べて石炭化度が上昇したと解釈することも可能である。即ちここでも地質構造形成と続成作用進行との関連性が示唆されている。

高橋（1959）は石炭の炭質の検討結果から、北部粕屋地域の第三紀層堆積盆地は水平的な広がり、地盤沈降量が共に小規模であったと推定した。先に述べたように、本地域における石炭化度の地層厚に対する上昇率は著しく低く、このことは各露出地区ごとに求められた各層の層厚を積算して得られた第三紀層全体の地層厚が、堆積時の埋没深度を直接的には表現していないことを示している。換言すれば、本地域が堆積盆地の縁辺部に当たっていたために各層は基盤岩上にアバットして堆積し、従って現在の層厚に表現されているほどには層序的に上下の地層間で埋没深度に差がなかったことがうかがえる。事実、第三紀層最下部付近の地層が変成岩類上にアバットしていることは野外で確かめられており、野外調査と続成度の検討結果が極めて良く一致している。但し、これまで述べてきた本地域の第三紀層の続成度が筑豊地域の相当層（立石，1977）のそれと近似することから考えて、堆積盆地が小規模であったとは言え、極端な小盆地とは考えにくく、ある程度の水平的・垂直的の広がりは考慮しなければならないだろう。

福岡市地域についても堆積盆地の周辺部に当たっていたことが、浦谷層・姪ノ浜層基底の不整合の存在から推定

* 天草下島北部には中新世の花崗閃緑岩が局部的に露出するので、天草地域一帯の地下浅所に広範囲にわたって火成岩体が伏在し、それに起因する高古地温環境のために続成作用が進行した可能性も副次的な要因としては考えられないわけではない。

される。

粕屋地域に比べて福岡市地域の最下部層準の方が若干、続成度が高い。前者では第三紀層がすべて整合に累重するのに対して後者には不整合が存在するので、続成度と地層埋没度との対応関係は必ずしも明瞭ではないが、前者の最上部層に対比される層準の上位に後者では更に地層が累重する (Fig. 3) ことから、福岡市地域の方が元来の第三紀層の層厚が大であったと考えられる。このことはまた、従来の古地理図に示されているように、第三紀層堆積時に福岡市地域から粕屋地域へと進入した水域が、堆積末期に逆に粕屋地域から福岡市地域へと退却したと言う推論とも矛盾しない。

本調査地域の北東方約 12 km の近距離に位置する津屋崎地域にも第三紀層の小露出があり、そこに分布する地層 (津屋崎層) は当地域に露出する第三紀層の上部 (新原層・須恵層) に対比される (岡田・小島, 1963) にもかかわらず、その続成度が著しく高いことが知られている (中牟田, 1976)。中牟田 (1976) によると津屋崎層の主部には輝沸石が頻りに認められ、下部には濁沸石が含まれる* (Fig. 7)。粘土鉱物としてはモンモリロナイト成分層を 40~90% 含むイライト-モンモリロナイト混合層鉱物が全層準にわたって含まれるほか、上・中部には緑泥石-サポナイト混合層鉱物が、下部には緑泥石の存在が認められる。従って津屋崎層の主部は輝沸石-一方沸石帯 (IIIa 帯, F 帯) に、下部は濁沸石-一方沸石帯 (IIIb 帯, G 帯) に相当すると判断される。

福岡市周辺地域と比較して津屋崎地域の第三紀層が強い続成変化を蒙った原因はよくわかっていない。福岡市周辺と津屋崎という比較的近距离間でも古地温条件に差があったのかも知れないが、堆積盆地の周辺部と中心部により近いと言う堆積の場の違いが現在観察される続成度に影響していることも考えられる。

5. あとがき

福岡市周辺地域の第三紀層についての有機・無機続成変化の概要を明らかにすると共に、それらの続成度が天草に代表される西九州地域のそれと比較して著しく低いことを述べた。本地域は九州の炭田地帯の中でも続成度の低い地域に属するものと考えられるが、一方では津屋崎地域のように、近接した地域で続成度が上昇している事実もある。このような続成度の不均一性は、第三紀層堆積当時の古地理的・地質構造的な地域性と比較よく

調和しているように見えるが、古地温環境の地域的变化を反映している可能性もあり、今後、筑豊・唐津・佐世保など関連周辺地域での詳細な資料の収集が期待される。

謝 辞

本研究を行うに当って、古賀義人・吉村辰朗両氏には輝炭反射率の測定をして頂いた。九州大学理学部の中牟田義博博士には沸石鉱物について多くの御助言を頂いた。ここに心から感謝の意を表する。

この研究の一部には昭和 55 年度文部省科学研究費補助金を使用した。

引用文献

- 相原安津夫 (1980), 九州内帯夾炭新生界有機変成の予察的研究. 九大理研報, [地質], **13**, 295-305.
- Aoyagi, K. and Kazama, T. (1980), Transformational changes of clay minerals, zeolites and silica minerals during diagenesis. *Sedimentology*, **27**, 179-188.
- Hood, A., Gutjahr, C.C.M. and Heacock, R.L. (1975), Organic metamorphism and the generation of petroleum. *A.A.P.G. Bull.*, **59**, 986-996.
- 木崎甲子郎 (1979), 「九州西縁構造帯」とその意義. 地球科学, **33**, 144-151.
- 松下久道 (1949), 九州北部炭田の地質. 九大理研報, [地質], **3**, 1-57.
- 松下久道 (1956), 再び九州炭田に見る不整合について. 九鉱誌, **24**, 49-55.
- 松下久道 (1971), 九州炭田堆積盆地生成の一考察. 九大理研報, [地質], **11**, 1-16.
- Miki, T. (1980), Sedimentation and diagenesis of the Paleogene formations in Amakusa, western Kyushu, Japan. *Jour. Japan. Assoc. Petrol. Tech.*, **45**, 16-21.
- 三木 孝・田代昭雄 (1979), 九州天草の白亜系-古第三系泥質岩中の炭質物. 鉱山地質, **29**, 323-330.
- Minato, H. and Utada, M. (1969), Zeolite. The clays of Japan, 121-134, *Geol. Surv. Japan*.
- Minato, H. and Utada, M. (1971), Clinoptilolite from Japan. *Advances in chemistry series*, **101**, 311-316.
- 水野篤行 (1963), 西日本地域における古第三系および下部新第三系の古生物年代学的研究 (第 3 報 貝類化石群の層位的・地理的分布). 地質雑, **69**, 38-50.
- 長尾 巧 (1928), 九州古第三紀層の層序 (其 18). 地

* 濁沸石の出現と有機変成度との対応関係は田口 (1978) が指摘しているように世界各地域によって一致していないが、Fig. 7 に示されるように、津屋崎地域では LOM 11 近くから濁沸石が現われており、この点は下山・飯島 (1977) の見解を支持している。

学雑, **40**, 7-23.

中牟田義博 (1976), 福岡県津屋崎付近の第三紀層中の沸石と粘土鉱物. 岩鉱, **71**, 147-156.

岡田博有・小島郁生 (1963), 福岡市北方, 津屋崎町付近の第三系, 九大理研報, [地質], **7**, 75-83.

下山俊夫・飯島 東 (1977), 埋没統成における有機物と無機物との関係. 藤岡一男教授記念論文集, 131-149.

首藤次男 (1969), 高千穂変動とグリーンタフ変動. 日本地質学会第 76 年大会討論会資料, 15-21.

田口一雄 (1978), 堆積有機物の熟成作用—自生鉱物形成との関連—. 地質学論集, No. **15**, 165-190.

高橋良平 (1959), 北部粕屋炭田の古第三紀層と本組炭層の石炭組織. 九鉱誌, **27**, 42-50.

田中信也 (1960), 粘土鉱物の応用地質学的研究 (その 3). 九鉱誌, **28**, 333-347.

立石 勝 (1977), 遠賀地方の石炭化度と共生粘土鉱物の関係について. 九大卒論 (手記).

浦田英夫 (1958), 福岡炭田の古第三系 (特にその層序について). 九鉱誌, **26**, 36-50.

山崎達雄・林 正雄・田口幸洋 (1977), 九州大学農学部附属粕屋演習林高辻・大浦・鬼ヶ浦団地付近の地質. 九大生産研報告, No. **66**, 97-112.