

# 島根半島の新第三系泥質岩の抽出性有機物

島田昱郎\*・鈴木德行\*・矢野寛幸\*\*・木幡信弘\*\*\*・高橋尚彦\*\*\*\*・前田正光\*\*\*\*\*

Extractable organic constituents in the Neogene argillaceous sediments  
from the Shimane Peninsula, Southwest Japan

Ikuro SHIMADA, Noriyuki SUZUKI, Hiroyuki YANO,  
Nobuhiro KOWATA, Naohiko TAKAHASHI, Masamitsu MAEDA

## I. まえがき

北海道西南の渡島半島から山陰地域にいたる日本海沿岸グリーンタフ地域の新第三系堆積盆地は、わが国の石油・天然ガスの炭化水素鉱床の形成にとって主要な場である。しかしながら、今日までの日本の産油は秋田、庄内、新潟の地域に偏在し、糸魚川-静岡構造線を境として、西側の北陸、山陰地域では、いまだに実績はない。この偏在性は何に起因するのだろうか、石油鉱床学的に解明を要する問題である。

北陸、山陰地域の堆積盆は、盆地の主要部が海域に位置しているが、地層も厚く、また、褶曲構造も発達しているとの物探の資料から、山陰沖でも、これまで3坑の試掘（浜田1号、国府1号、隠岐1号）が行われている（田中、1979；南、1979；島根県、1985）。

島根半島の新第三系には、秋田、新潟地域に発達する地層と非常に類似した層序と岩相をもち、石油根源岩としての泥質岩相も分布している。また、黒鉱式石膏鉱床としての鰐淵鉱山（現在廃山）の坑内から出油（一種の油徴）したことや、油臭の泥質岩の存在も知られている。

このような石油地質学的背景から島根半島地域に分布する新第三系の層序の検討、およびその石油根源岩としての地化学的評価を試みることは、山陰沖堆積盆への解析にも寄与し得る課題であろう。

牧・永田（1978）は島根半島、宍道湖南岸および大田市周辺などから採取した新第三系堆積岩20試料について可溶性有機物を抽出し、既にその抽出量および炭化水素量を報告している。それによると、成相寺層の泥岩の可溶性有機物は質・量ともに日本の産油地域の堆積岩に匹敵しており、石油根源岩としての条件をそなえていると述べている（牧・永田、1978）。これまで、島根半島地域で石油根源岩としての評価を目的として堆積岩中の有機物を分析し、公表された文献は上記の牧・永田（1978）の報告だけである。

\* 理学部地質学教室

\*\* 島建地質調査㈱

\*\*\* 石油資源開発㈱

\*\*\*\* 大手開発㈱

\*\*\*\*\* 福岡県厚川町産業課

筆者らの研究室でも島根半島をはじめ山陰グリーンタフ地域の新第三系について、岩相層序および石油地化学の両面から石油鉱床学的研究の展望を意図し、1981年以来、断続的ながら調査・検討を続けている。筆者らのうち木幡、高橋、前田は島根大学卒論研究として、また、矢野は専攻科論研究として、それぞれ島根半島中部～西部地域に分布する泥質岩について、石油根源岩評価の地化学的パラメーターの第1条件として堆積有機物の富化度に主点をおき、調査および分析を行った(木幡, 1983; 高橋, 1983; 前田, 1984; 矢野, 1985)。

本稿では、これらの成果をもとにして、主に島根半島の中部から西部にかけての新第三系泥質岩の抽出性有機物の組成について、分析結果の概要と2・3の考察を述べる。

## II. 島根半島中部～西部地域の地質概要

島根半島は山陰グリーンタフ地域の一部を占め、新第三系中新統の“グリーンタフ累層”で構成されている。中～西部の地域には、島根半島標準層序の下位から古浦層(砂岩、礫岩、泥岩、凝灰岩)、成相寺層(流紋岩～デイサイト熔岩および同質火砕岩類、黑色泥岩)、牛切層(泥岩・砂岩互層、安山岩熔岩および同質火砕岩類)、古江層(泥岩)の各層が広く分布している。

西部には、かつて黒鉱式石膏鉱床として著名な鰐淵・唐川・鶴峠・田中などの各鉱山(いずれも廃山)が、“グリーンタフ累層”に賦存している。島根半島新第三系の層序については、古くは富田・酒井(1938)の調査研究に始まり、その後、多井(1952, 1953)、西山ほか(1962)、加藤(1969)、北島根地

域広域調査(通産省, 1967)、山内ほか(1980)、鹿野・吉田(1984, 1985)など多くのかたがたにより調査、検討されてきている。

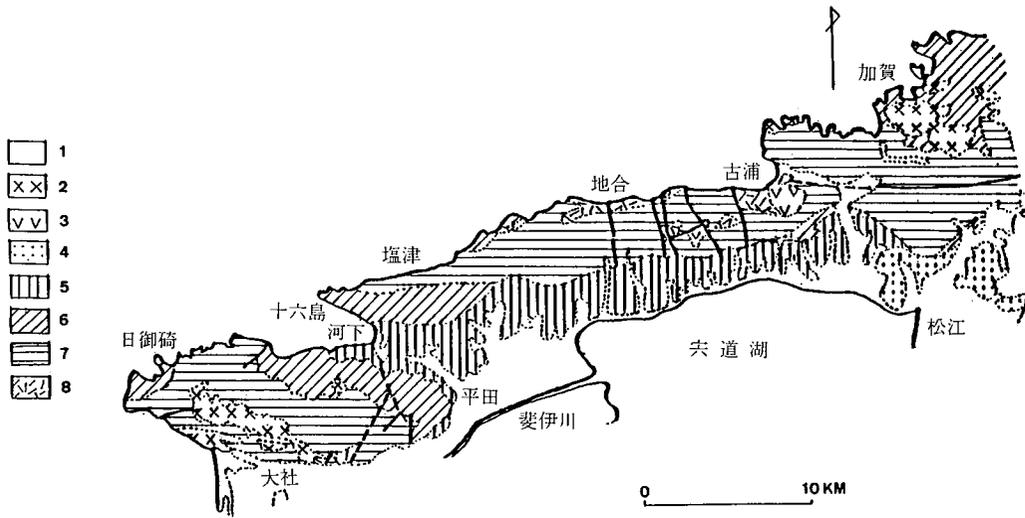
本研究における筆者らの調査では、北島根地域広域調査(通産省, 1967)、山内ほか(1980)の報告にもとづき、上述の層序の地層名に準拠している。

**古浦層**：島根半島中新統の最下部をなし、古浦海岸を模式地として古浦から西方の地合海岸にかけて分布している。下位は硬質灰色泥岩で *Viviparus Lamprotuli* などの淡水棲貝化石を産し、上位は泥岩、凝灰質砂岩、礫岩の互層からなり、ともに非海成層である。

**成相寺層**：黑色泥岩と流紋岩～デイサイト熔岩および同質火砕岩類を主体とし、また、局所的に安山岩熔岩・火砕岩類を挟み、半島の中・西部に広く分布している。黑色泥岩は一般に硬質で、主に下部と上部に比較的厚く発達し、中部に指交関係で流紋岩～デイサイト熔岩・火砕岩類を挟在する。泥岩層から *Nuculana*, *Yoldia*, *Megayoldia* などの比較的深い海域を示す海棲貝化石や砂質有孔虫化石を産し、本層は海成層である。

黒鉱鉱床、石膏鉱床は、本層上部の泥岩層とその下位の酸性緑色凝灰岩層の境界や緑色凝灰岩層に胚胎している。したがって、この上部泥岩層は鉱床胚胎の層準規制の鍵相としても重要である。また、既述の鰐淵鉱山坑内からの出油や油臭の泥質岩もこの層準の泥岩層である。

**牛切層**：砂岩、泥岩、礫岩、凝灰岩の互層相を主体とし、平田市釜浦～十六島ルート、塩津～小津ルート、河下～別所ルートに好露出をなして分布している。鰐淵鉱山付近では、上記互層相の下位に安山岩熔岩、同質火砕岩類が分布し、しばしば泥岩、砂岩層を挟在す



第1図 島根半島中・西部地域の地質概略図（各地層分布図）

1. 沖積層, 2~3. 貫入岩類 (2.粗粒玄武岩, 玄武岩, ひん岩; 3.流紋岩, テイサイト) 4. 松江層, 5. 古江層, 6. 牛切層, 7. 成相寺層, 8. 古浦層

る。本層は成相寺層上部に指交関係で重なる海成層であるが(高橋, 1983), 互層相にはしばしば流痕がみられ, また, 東方へ層厚が著しく減少している。

**古江層:** 塊状の黒色~暗灰色泥岩を主体とする海成層で, 河下から六道湖沿いに東方へ東西性の走向で広く分布している。本層は東方で牛切層を欠き, 成相寺層を直接被覆している。

以上, 島根半島の中・西部地域に分布する各層の地質概略図\*1を第1図に示した。

近年, 有孔虫化石, 珪藻化石などによる微化石生層序や放射年代層序の知見を基にして, 新第三系層序の編年, 対比がいろいろと試みられている。そのなかで, 高橋(1983), 高安(1983), 立石・小林(1984); 鹿野・吉田(1984)の生層序, 年代層序区分を参考にして, 島根半島の古浦層, 成相寺層, 牛切層,

古江層の各層と新潟, 秋田地域との層序対比を第1表に示した。

### III. 泥質岩試料の採取

泥質岩試料は, 層序関係の追跡, 露頭条件を考慮して, 西から別所~河下, 釜浦~十六島, 塩津~小津, 林道久美線~唯浦トンネル, 三津~三浦漁港, 林道小伊津・大谷線~長尾鼻, 伊野川, 古曾志川の8ルートを中心に選択し, その他日御碕, 稲佐, 鶴峠鉦山, 平田高校, 十六島湾和田, 坂浦, 古浦海岸など17ヶ所の露頭で採取された。これら各ルートの地質柱状図・層位関係と, 試料採取ルート・採取位置は, それぞれ第2図, 第3図に示してある。

分析に供した試料は, 古浦層6ヶ, 成相寺層44ヶ, 牛切層23ヶ, 古江層19ヶの総計92ヶである。

### IV. 分析方法

本研究の抽出性有機物は, 採取試料の汚染

\*1 1982年島根大学を中心として編集した20万分の1島根県地質図による。

第1表 島根半島中新世層序と新潟・女川地域との対比

Ma	時代	島根半島	新潟	秋田
5	鮮新世		椎谷	船川
6		後 和久羅山安山岩		
7	中期			
8		松江		
9				
10	中期		寺泊	女川
11		古江		
12	新中期			
13		牛切		
14		成相寺	七谷	
15	新前期			砂子淵 (西黒沢)
16			津川	
17	世前期		鹿瀬	大倉又 (台島)
18				
19		古浦		
20	世前期			萩形 (門前)
21			三川	
22				
23				

高橋(1983), 高安(1983), 立石・小林(1984), 鹿野・吉田(1984)の資料を参考に編表。

除去に十分な注意が払われ、調整した粉末試料に混合溶媒(ベンゼン・メタノール=9:1)を加え、ホモジナイザーおよび超音波振とう抽出法で得られた。その抽出物をシリカゲル充填のカラムクロマトグラフにより、n-ヘキサン溶出分(飽和炭化水素)、n-ヘキサン・ベンゼン溶出分(芳香族炭化水素)に分離し炭化水素量を求めた。n-アルカンのCPI値は、飽和炭化水素中のC<sub>24</sub>~C<sub>34</sub>のn-アルカンの相対量をGC-MS分析計(JMS-QH100型)で測定し算出した。

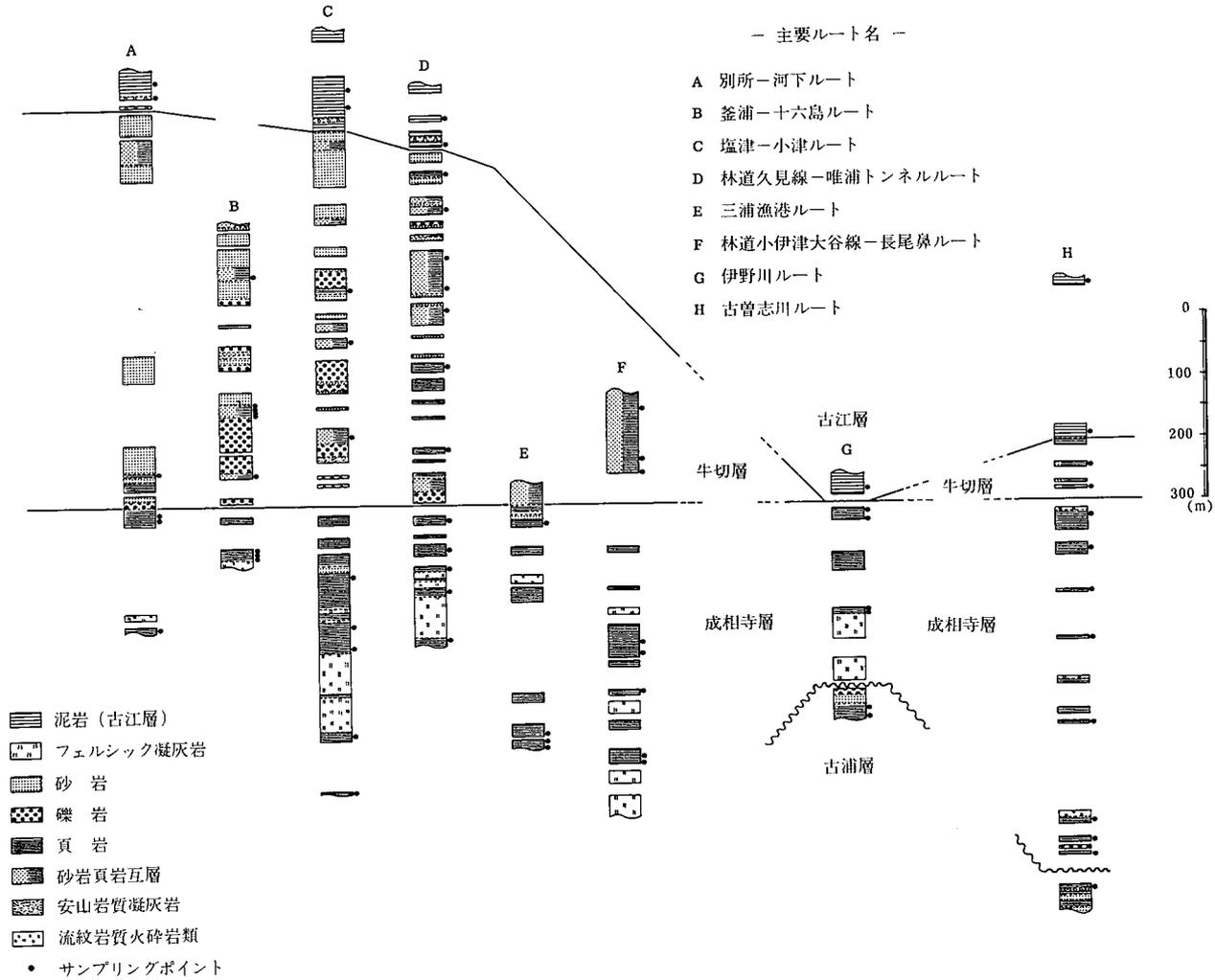
また、有機炭素量は粉末試料を0.5NHClで処理し、CHNコーダー(MT-2型)で測定した。なお、GC-MS分析でプリスタン/ファイタン比を求め、堆積環境推定の資料とした。

## V. 分析結果と考察

古浦層、成相寺層、牛切層、古江層の各泥質岩試料について、有機炭素(O.C)、抽出性有機物(E.O.M)、炭化水素(H.C)の有機物量と、CPI値、プリスタン/ファイタン比(Pr/Ph)の分析結果を層序的分布としてまとめ(第4図)、また、有機物量について各層の平均値を第2表に示した。

### 1. 有機物量の層序的分布

**有機炭素量:** 堆積岩中の有機物の富化度にとって、もっとも基本的な資料になる有機炭素量は、最小0.04%(古浦層)~最大1.19%(成相寺層)で、全層の平均値は0.61%である。第2表に示したように、各層の平均値は古浦層0.20%、成相寺層0.71%、牛切層0.52%、古江層0.65%で、成相寺層がもっとも多い。成相寺層には1.0%<のものが試料の6ヶ認められ、層位的にみても上部の泥岩層に比較的多い。

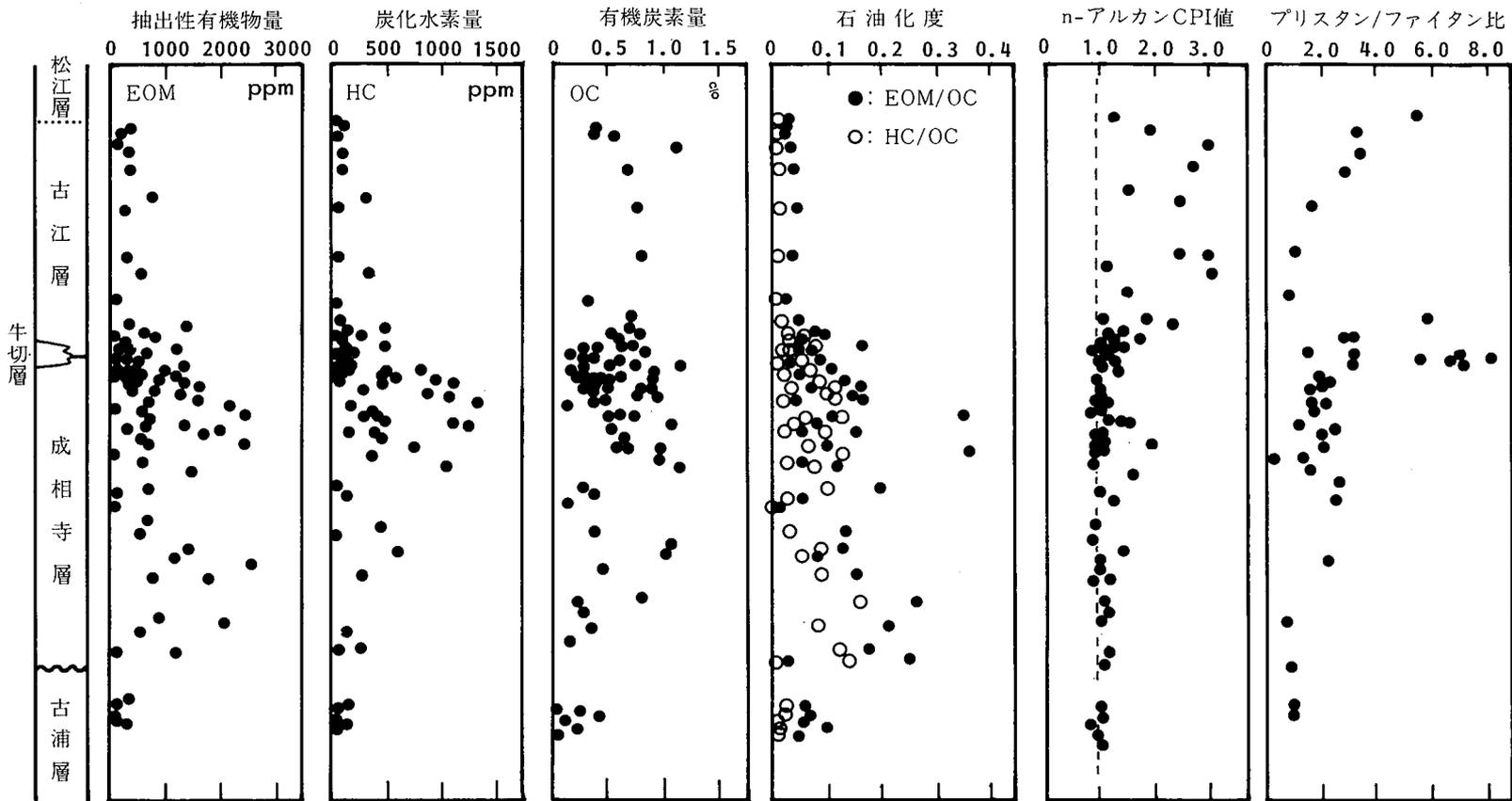


第2図 泥質岩試料採取ルートの地質柱状図と層位関係



島田晃郎・鈴木徳行・矢野寛幸・木幡信弘・高橋尚彦・前田正光

第3図 試料採取位置



島根半島の新第三系泥質岩の抽出性有機物

第4図 島根半島中・西部地域の抽出性有機物組成の層序分布

第2表 有機物量の各層の平均値

地層名	O.C.	E.O.M.	H.C.	H.C./O.C.	CPI	Pr/Ph
古江層	0.65	440	150	0.02	1.79	2.23
牛切層	0.52	210	90	0.02	1.24	5.13
成相寺層	0.71	1000	570	0.06	1.19	1.72
古浦層	0.20	150	40	0.01	1.01	----

(%)                      (ppm)    (ppm)

**抽出性有機物量：**最低10ppm（牛切層）から最高2.710ppm（成相寺層）まで広範囲に分布し、全層の平均値は630ppmである。各層の平均値でも成相寺層の1.000ppmを除くと、一般に少ない。全試料92ヶのなかで1.000ppm<のものは21ヶ認められるが、すべて成相寺層である。抽出量は層序的分布の変化からも判るように、一般に有機炭素量に対応して成相寺層上部の泥岩層には多いが、その上位の牛切層では著しく減少している。

**炭化水素量：**最低20ppm（牛切層）から最高1.380ppm（伊野川ルート成相寺層）まで分布し、全層の平均値は330ppmである。各層の平均値（第2表）では、古浦層40ppm、成相寺層570ppm、牛切層90ppm、古江層150ppmで、成相寺層が最大である。第4図でもみられるように、炭化水素量は一般に抽出量の多いものに多く、とくに、成相寺層上部の泥岩層は平均して高い傾向を示している。

以上の有機炭素量、抽出性有機物量、炭化水素量の層序的分布（第4図）を概観すると、古江層下部から成相寺層上部にかけて増加と、牛切層と古浦層で減少している垂直変化の傾向が明瞭に認められる。非海成層の古浦層はともかくとして、海成層の牛切層の極端に低い値は何故であろうか？。岩相層序的に、また、堆積学的に牛切層にまつわる問題、再検討への一つの資料になるものと思われる。

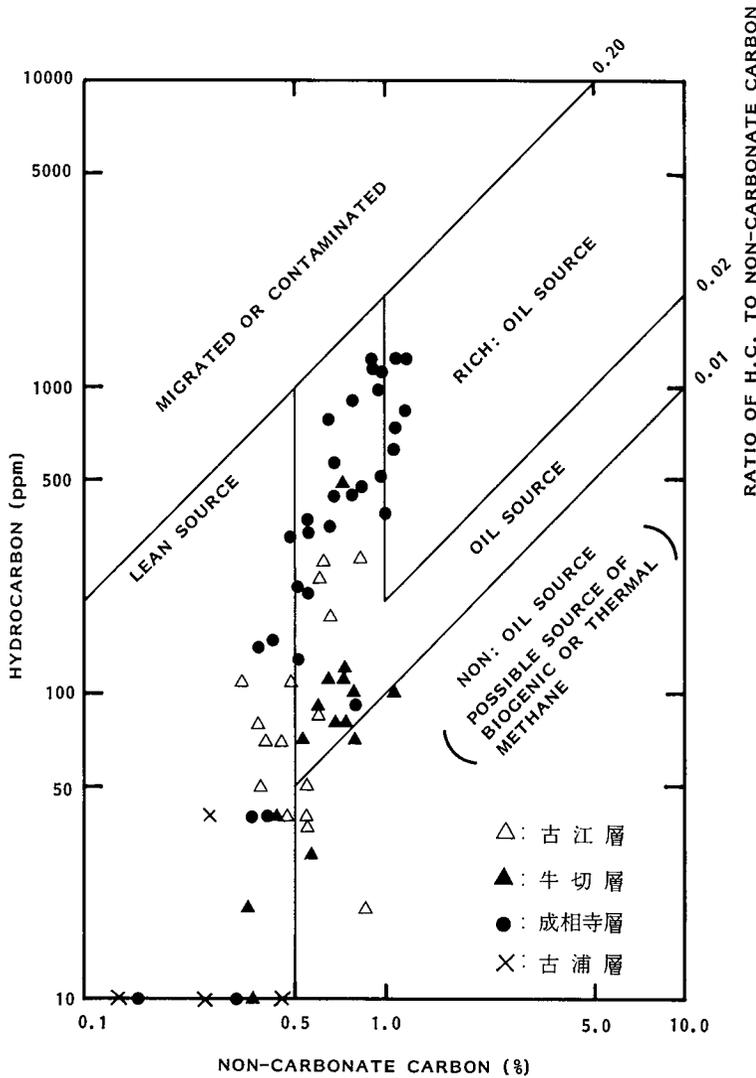
## 2. 有機物量による石油根源岩の評価

石油根源岩の地化学的評価には、有機物量（富化度）、有機物のタイプ、有機物熟成度などの方法があり、今日、石油の地化学的探査の基本的手法として広く行われている。

本研究では有機炭素と炭化水素量の組み合わせにより、石油資源開発（株）と石油開発技術センターで作成された有機物富化度パラメータによる石油根源岩評価チャートを活用し、これに各層試料の有機炭素量、炭化水素量の分析値をプロットし検討した（第5図）。

根源岩の最低条件は、泥質岩で有機炭素0.5%<、炭化水素量50ppm<必要とされている。炭化水素量は有機炭素量と有機物の熟成度に支配される量であるので、これを考慮して工藤（1979）は抽出性炭化水素量と有機炭素量の比（HyC/Co比——本稿のH.C/O.Cの記号に相当）0.02以上（図の斜線）をもって“Rich Oil Source”領域（優良石油帯）を設定し、それについて説明している。0.02は柳下（1962）の提案した“石油化度”の新潟油田地帯における平均値と一致している。また、H.C/O.C比による石油帯の下限は、浅川（1975）による国内油田地帯でのCPI値がほぼ1になる0.01を採用し、図の0.01以下では主として未熟成か、またはガス根源の多い根源岩と評価している（工藤、1979）。

有機炭素量の平均値は、前項でも述べたよ



第5図 石油根源岩の評価

うに古江層0.65%, 成相寺層0.71%で, 全世界的な富化度の評価基準として0.5~1.0%の普通域(1.0~2.0%は良好域)に入り, 牧・永田(1978)の資料でも古江層(布志名層)0.56%, 成相寺層(久利層)0.67%の平均値が得られている。しかし, これらの平均値は秋田油田地域における石油根源岩の女川層の平均値1.44%(Taguchi and Sasaki, 1973)と比較すると, はるかに低い値である。

また, 抽出性炭化水素量は, 第2表の各層平均値に示されたように, 古浦層40ppm(Philippi(1957)の石油根源岩の評価基準50ppm>: Very poorに相当), 牛切層90ppmと古江層150ppm(評価基準50~150ppm: Poor)に対し, 成相寺層は570ppmで評価基準500~1.500ppm: Goodの領域に相当している。

第5図に示されたように, 成相寺層と古江

層は石油根源岩評価チャートで“Oil Source” (石油帯) の領域に、また、成相寺層の一部は“Rich Oil Source” の領域を占めている。この成相寺層の一部の試料は、前項でも述べたように、層位的にすべて成相寺層上部の泥岩層に相当するものである。以上のように、この成相寺層上部泥岩層は、有機物量からみて、まだ石油根源岩の下限値に近い値であるが、既述の鰐淵鉱山坑内の出油\*1および周辺の油徴と併せて注目している。

### 3. CPIと炭化水素・有機炭素比 (H.C/O.C) による熟成について

本研究のn-アルカンのCPI (Carbon Preference Index) 値は次式により求めた。

$$CPI = \frac{1}{2} \left( \frac{C_{25} - C_{33}}{C_{24} - C_{32}} + \frac{C_{25} - C_{33}}{C_{26} - C_{34}} \right)$$

各層のCPI値は層序的垂直分布として第4図に示されてある。古江層上部では高い値(2.65~2.92)を示すが、古江層下部へ漸次減少している。古江層下部、牛切層、成相寺層、古浦層では、若干の変動はあるもののほぼ1に近い値となり、概括的にみて熟成がすすんでいる結果が得られている。

南(1979)は山陰・対馬沖の堆積盆地の分布と性格の論文のなかで、地温と炭化水素の熟成について、当堆積盆地における熱的供給は比較的高く、石油母岩中の根源物質の熟成に好都合な条件をそなえていると記述している。前項で、牛切層の有機物量が古江層、成相寺層に較べて極端に低いことについて指摘

しておいたが、古江層下部および牛切層以下の地層のCPI値による熟成の理由は、山陰堆積盆地の地温勾配の比較的高いことに影響しているのかもしれない。

第4図に炭化水素/有機炭素比(H.C/O.C)の層序分布も示してあるが、このH.C/O.Cは以前、柳下(1962)が提唱した“石油化度”と同じように、有機物のなかで占める炭化水素の割合の意味で、石油熟成度のパラメータの一つでもある。H.C/O.Cは一般に埋没深度に伴い漸次増加して行くが、急に増加し始める点を石油生成の敷居点と呼ばれ、石油の地化学探査でも注目されている。この図のH.C/O.Cの垂直変化では、古江層の上部から下部に若干であるが次第に増加して行く傾向を示し、牛切層でやや減少するが、成相寺層上部で急激に増加しているのが明瞭に認められる。埋没深度に対応してCPI値の減少(1に近づく)とH.C/O.C比の増加の逆相関関係は、日本の油田地帯について浅川(1975)も指摘しているが、島根半島における古江層下部と成相寺層上部層準のCPIとH.C/O.Cの関係は、石油生成帯の敷居点を示唆しているものといえよう。

### 4. プリスタン/ファイタン比について

イソプレノイド炭化水素であるプリスタン、ファイタンは、ともにクロロフィルの側鎖であるフィチル基に由来している。クロロフィルの加水分解によって、フィチル基から変化したフィトールは、酸化的な環境下ではプリスタンを生成しやすく、また、還元的な環境下ではファイタンを生成しやすい。そのため、これら両者の比は古環境の酸化還元性を示す有効な指標であると考えられている。(Powell and Mckirdy, 1973; Didyk *et al.*, 1978). Didyk *et al.* (1978)によれば、無

\*1 坑内で石膏鉱石の採鉱の際、上盤の泥岩層内の“がま”(空洞)から滲み出るように出油し、ドラム罐で6本採油したという(当時、昭和鉱業(株)鰐淵鉱業所勤務の松浦氏の談話による)

酸素状態に近い還元的な環境下では、Pr/Ph比が1.0ないしそれ以下になるものと考えられている。日本の堆積岩に関するこれらの資料は乏しいが、山形県新庄盆地大芦沢地域の新第三系について、鈴木・田口(1982)、塩谷・石渡(1984)はPr/Ph比の酸化還元指標としての妥当性を議論している。それによると、種々の地質学的見地から還元的な環境にあったとされている草薙層(女川層相当層)では、Pr/Ph比1.0~1.5と低い値を示している。

島根半島の新第三系泥質岩では、第5図に示されるように、古江層中部と成相寺層では、Pr/Ph比は2.0以下で全般に低いが、牛切層から古江層下部にかけては、Pr/Ph比5.0以上にも達し非常に酸化的事であったことを示している。牛切層については、既述のように、その有機物量の極端に少いことから岩相層序的、堆積学的な検討を示唆したが、Pr/Ph比の面からも注目される。また、高橋(1983)は牛切層と成相寺層上部との同時異相の可能性を指摘している。

この時期における急激なPr/Ph比の変化には、成相寺層堆積期の停滞した水域へ溶存酸素に富んだ水塊の侵入や、また、海流系の変化に伴って、海水の循環が盛んになったことなどが、その要因として暗示される。一方、資料数は少ないが、古江層では上位になるほどPr/Ph比が高くなる傾向がある。これは、広域的な浅海化に伴って、より酸化的環境になっていったことを示しているものと思われる。

## VI. あとがき

本稿では、島根半島の中部~西部地域に分布する新第三系泥質岩について、含有する有

機物の富化度による石油根源岩としての地化学的評価に主点をおき、抽出性有機物の量的、質的な分析結果を岩相層序的に検討した。相対的に成相寺層、とくに上部層準の泥岩層は、有機物量からみて石油根源岩の下限値に近いが、石油帯の領域を占めている。また、古江層下部と成相寺層上部は炭化水素・有機炭素比(H.C/O.C)が層位的に急激に増加し、石油生成帯の敷居点を示唆している。成相寺層上部の泥岩層は、しばしば述べてきたように、グリーンタフ地域に特有の黒鉱床胚胎層準であり、鰐淵鉱山の坑内からの出油や油臭などの油徴もあり注目される。

山陰堆積盆地の主要部は海域に位置を占め、地層も厚く、また、集油構造に必要な褶曲構造も発達し、既に3坑の試掘が行われた。1971年に掘削した浜田1号井(35°18'55"N, 131°47'12"E, 3.343m)では、約3,000m付近まで中新世に属する砂岩、泥岩層からなり、深度が増すに従って泥岩が多くなる傾向がある。また、商業規模に達しないが、相当量の天然ガスの賦存が認められている(島根県, 1985)。本研究は山陰沖堆積盆地の地質構造をふまえ、山陰堆積盆地の炭化水素鉱床解析への寄与をも意図しているものであるが、本報告はまだその端緒にすぎない。今後、不溶性有機物(ケロジェン)に関する資料や続成作用にまつわる諸問題などの検討を加え、進展させたいものと考えている。

## 文 献

- 浅川 忠：日本の油田地帯におけるノルマルアルカンと石油熟成の関係，石油技誌，40，117-125 (1975)。  
 Didyk, B.M., Simonett, B.R.T, Brassell, S.C. and Eglinton, G. : Organic geo-

- chemical indicators of paleoenvironmental conditions of sedimentation, *Nature*, **272**, 216-221 (1978).
- 鹿野和彦, 吉田史郎: 島根県中・東部新第三系の放射年代とその意義, 地調月報, **35**, 159-170 (1984).
- 鹿野和彦・吉田史郎: 境港地域の地質, 地域地質研究報告 (5万分の1図幅), 地質調査所, 1-57 (1985).
- 加藤穰司: 島根半島中西部の層序, 九州大学理研報告 (地質), **10**, 31-49 (1969).
- 木幡信弘: 島根半島中西部坂浦～芦尾間の新第三系について——とくに石油根源岩の地化学的評価について——, 島根大学卒論 (手記), (1983).
- 工藤修治: 日本における石油地化学の現況, 石油技誌, **44**, 53-61 (1979).
- 前田正光: 島根半島恵曇付近の地質及び新第三系の泥質岩の有機物, 島根大学卒論 (手記), (1984).
- 牧 眞一, 永田松三: 島根県下の新第三系堆積岩中の有機物について, 地調月報, **29**, 377-394 (1978).
- 南 明: 山陰・対馬沖の堆積盆地の分布と性格, 石油技誌, **44**, 321-328 (1979).
- 西山省三, 三好 一, 岡本和夫, 多井義郎: 鱒淵鉦山と出雲市新第三系, 地質巡検案内書8, 1-24 (1962).
- Philippi, G.T. : Identification of oil source beds by chemical means, *20th Intern. Geol. Congr., Mexico*, Sect. 3, 25-38 (1957).
- Powell, T.G. and Mckirdy, D.M. : The effect of source material, rock type and diagenesis on the n-alkane content of sediments, *Geochim. Cosmochim. Acta*, **37**, 623-633 (1973).
- 島根県地質図編集委員会: 20万分の1 島根県地質図 (1982).
- 島根県: 島根県の地質, p.571 (1985).
- 塩谷 真, 石渡良志: 石油発生帯におけるイソプレノイド炭化水素の続成変化, *Res. Org. Geochem.*, **4**, 57-61 (1984).
- 鈴木徳行, 田口一雄: 地質時代堆積物中脂肪酸の堆積環境支配と続成変化—新庄油田新第三系を例として—, 地質雑, **88**, 185-198 (1982).
- Taguchi, K. and Sasaki, K. : Organic geochemistry and its relation to the geology of petroleum accumulation in Japan, *I. A. G. C. Symposium, Tokyo* (Sept. 1970), Vol. II, Biochemistry, Clarke Company, p. 133-157 (1973).
- 多井義郎: 島根半島中央区の層序と構造——島根半島第三系の地質学的研究 (その1), 地質雑, **58**, 573-582 (1952).
- 多井義郎: 島根半島中央区の層序と構造 (続) —島根半島第三系の地質学的研究 (その2), 地質雑, **59**, 93-98 (1953).
- 田中 隆: 北陸・山陰沖の堆積盆地の分布と性格, 石油技誌, **44**, 308-320 (1979).
- 高橋尚彦: 島根半島西部十六島～坂浦地域の第三系——とくに石油根源岩の地化学的評価について——, 島根大学卒論 (手記), (1983).
- 高安克己: 山陰地方の中新統一鮮新統の層序と古地理. 地団研第37回総会学術シンポジウム資料集「島弧背後の地質学的性格」, 139-143 (1983).
- 立石雅昭, 小林敏雄: 日本海沿岸新期新生代層の層序学的研究の現状と課題, 地球科学, **38**, 282-289 (1984).

富田 達, 酒井栄吾: 松江市付近の中新統に就て, 地質雑, **45**, 529-532 (1938).

通商産業省: 昭和41年度広域調査報告書「北島根地域」, 1-26, (1967).

柳下秀晴: 新潟含油新第三系堆積岩中の炭化水素, 石油技誌, **27**, 205-296 (1962).

山内靖喜・三梨 昂, 山本洋一郎: 島根半島の中新統. 日本地質学会第87年総会・年会見学旅行案内書第2班, 1-39 (1980).

矢野寛幸: 島根半島中西部の新第三系泥質岩の石油根源岩評価, 島根大学理学専攻科論(手記), (1985).

