

# 東シナ海より採集された石炭塊の石炭岩石学的特徴

千々和一豊<sup>1)</sup>・大塚裕之<sup>2)</sup>・嶋田起宜<sup>3)</sup>

Coal petrological feature of a lump of coal from the East China Sea

Kazutoyo CHIJIWA, Hiroyuki OTSUKA, Kiyoshi SHIMADA

(Received September 30, 2005)

## ABSTRACT

The coal petrological investigation has been carried out on a lump of coal which was collected by a trawl-net from the bottom of the East China Sea at the depth of 90m, from latitude 30°40' 1" N by longitude 126°49' 1" E to latitude 30°30' 4" N by longitude 126°40' 3" E. The mean maximum reflectance of telocollinite maceral in coal is 0.86% in oil. The reflectance and the data on the proximate and ultimate analyses of the lump of coal indicate that the coal is a high volatile bituminous coking coal in rank, comparable to the Takashima coal in western Kyushu, with a low sulphur content. The maceral analyses on 21 coal samples display that the lump of coal contains the content of 42.0 to 86.6% vitrinite, 4.2 to 21.5% liptinite and 2.6 to 47.2% inertinite. Such a high content of inertinite has not been known in Japanese coals. It can be said that the enrichment of inertinite in the lump of coal is a characteristic feature worthy of special mention. The relationships between the coal rank (C%) and some chemical parameters (volatile matter, calorific value, and the H/C atomic ratio) are plotted outside of the general trend of Japanese coal series.

Many tubes of organism Serpulidae and Spirorbidae adhere to the surface of a lump of coal. The corners of a lump of coal are rounded in general, and the cutting surface owing to the ripping from the outcrop of the sea bottom can not be observed. Judging from these features, it is presumed that the lump of coal sample was not ripped off from the outcrop of the sea bottom, but was a float. The problem of the provenance of a lump of coal has been left unsolved.

## 1. はじめに

鹿児島大学水産学部練習船「敬天丸」による平成6年度東シナ海トロール実習航海において、東海陸棚の南縁に近い北緯30°40' 1"、東経126°40' 1" から北緯30°30' 4"、東経126°40' 3" にかけての水深90mの海底より、1個の石炭塊が漁網に掛かって採集された。採集地点(図1)は

---

共著者の所属 1) 山口大学教育学部地学教室  
2) 鹿児島大学理学部  
3) 鹿児島大学水産学部

Emery et al. (1969) の“台湾-宍道褶曲帯”に、また Zho et al. (1989) の Diaoyudao 褶曲隆起帯とその西側の Xihu 凹地の境界付近に位置する。

石炭塊は（最大）縦21.2cm、横30.4cm、厚さ20.4cmの多角柱状の形態をした大塊（図版の1）で、10.75kgの重量を有する。肉眼的には、炭理が発達し貝殻状断口を示すビトレイン (vitrain) と細かな縞状組織を呈するクラレイン (clarain) から構成される輝炭よりなり、小レンズ状の暗炭 (durain) をわずかに含む。挟み (parting) は全く含まれない（図版の2）。

小論では、石炭塊に対して実施したビトリナイト反射率測定、マセラル（組織）分析、工業分析、元素分析の結果に基づき、石炭塊の石炭岩石学的特徴（石炭組織と炭質）を報告し、石炭塊の起源について若干の考察を行う。

本研究を行うにあたり、通産省工業技術院物質工学工業技術研究所（現独立行政法人産業技術総合研究所）の杉本義一博士に元素分析の一部をお願いした。また和歌山県鯖浦海中公園研究所の内田紘臣博士に石炭塊の表面に付着している多毛類の同定をお願いした。両博士に御礼を申し上げます。

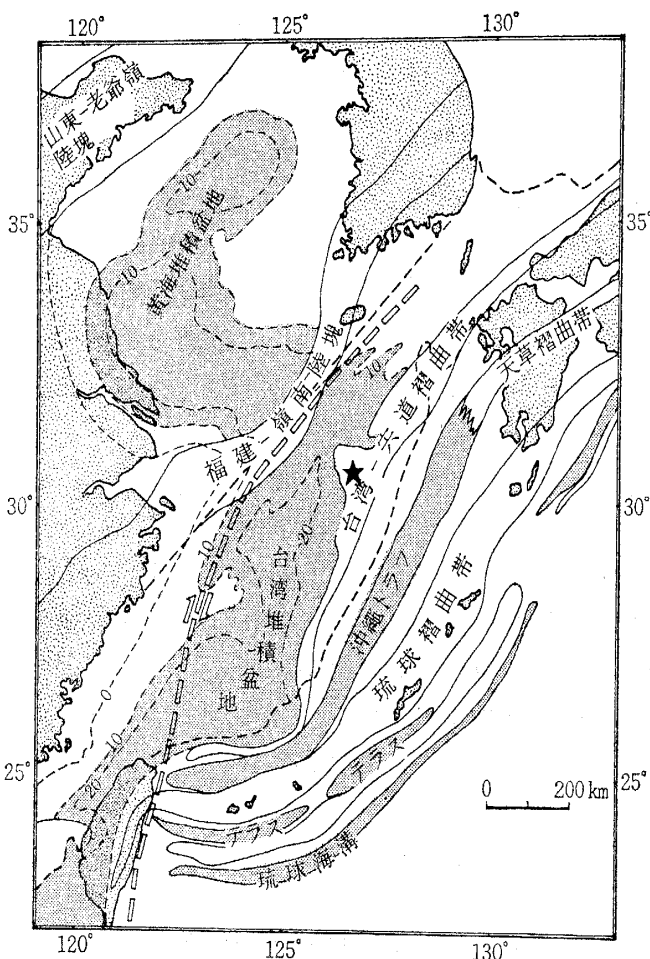


図1 試料採集地点（★印）の位置図（李, 1979より引用、元図は Emery et al., 1969）

Locality map of a lump of coal sample. (from Lee, 1979 after Emery et al., 1969).

## 2. 石炭組織について

石炭塊の組織的特徴を調べるため、炭塊を層理に平行に厚さ1cm毎に切断し、得られた合計21個（便宜上上位から下位へB1～B21）の試料に対してマセラル分析を行った。分析にあたっては、30～60メッシュに粉碎調粒した各試料を縮分後、ポリエステル系樹脂を使って径3cmのブリケットに封入・成型し、研磨・琢磨後、Swift社製オートマチックポイントカウンターを装着した反射偏光顕微鏡（油浸対物レンズは40倍を使用）を用いて実施した。測定は、横0.5mm縦0.4mmの格子間隔で、1試料につき500～1000点をカウントした。

21個の試料それぞれに実施したマセラル分析結果を、ビトリナイト・リプチナイト・イナーチナイトの3つのマセラルグループに分けて図2に示す。各試料におけるマセラルグループの量的割合は、各試料のマクロリソタイプ (macrolithotype) の特徴と調和的で、ビトレイン部はビトリナイトが優勢で、暗炭部を含む試料にはイナーチナイトが多く含まれることを確認した。

マセラル組成は、炭塊中一様でなく、ビトリナイト、リプチナイト、イナーチナイトの含有率は、それぞれ、42.0～86.6%、4.2～21.5%、2.6～47.2%の範囲で顕著に変動する。就中、イナーチナイトの含有率が高い点が石

炭塊の著しい特徴である。また、本炭塊の石炭組織のもう一つの特徴は、鏡下において各マセラルのコントラストが明瞭である点である（図版の3）。そのためマセラルの識別が比較的容易である。

イナートナイトはフュージナイト (fusinite) とミクリナイト (micrinite) を主体とし、次にセミフュージナイト (semifusinite) とマクリナイト (macrinite) が多く、スクレロチナイト (sclerotinite) は殆ど含まれない。フュージナイトは輝度に幅がある。マクリナイトは色調を異にする明色の薄層が互層状をなし、その中にスポリナイト (spolinite) をしばしば含む。

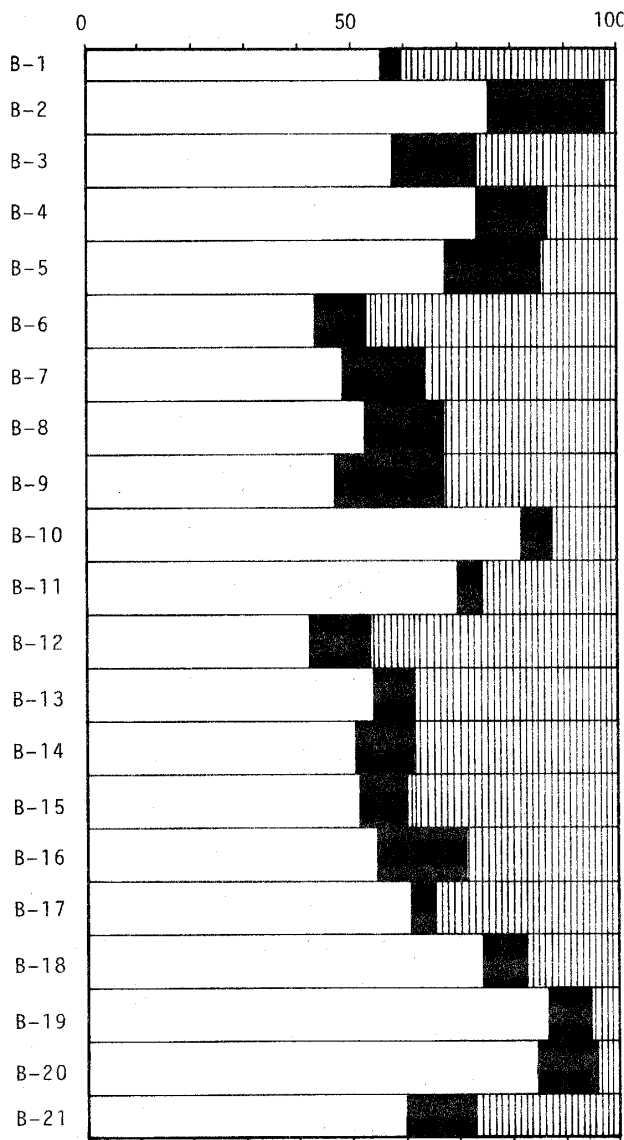
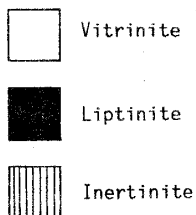


図2 マセラル分析結果  
Microscopic analysis of seam profiles according to 3 maceral groups.



リップチナイトは小型で薄皮タイプの micro tenuispolinite を主体とし、次にレジナイト (resinite) が多く、まれにクチナイト (cutinite) が見られる。

ビトリナイトは帯状のコリナイト (collinite)、テリナイト (telinite)、流理状のゲロコリナイト (gelocollinite) からなる。一部は破片状のビトロデトリナイト (vitrodetrinite) が認められるが、日本炭に特徴的な微細片が集合したデグラディナイト (degradinite) にあたるマセラルは殆ど見られない。

### 3. 炭質について

石炭塊の炭質を調べるために、炭塊全体の縮分試料とビトリナイトに富む輝炭部（輝炭部Aと輝炭部B）の計3試料を用意し、ビトリナイト反射率の測定、工業分析、元素分析を行うとともに、粘結性を調査した。表1にこれらの分析結果を示す。

#### 3-1 ビトリナイト反射率

石炭塊より貝殻状断口を示すビトレイン部をハンドピックした試料（輝炭部B）に対して、従前の方法（千々和他，1998）により、ビトリナイト反射率（正確にはテロコリナイトの反射率）を測定した。ビトリナイト反射率は石炭化度（有機熟成度）を判定する有効な指標である（Taylor et al., 1998）。測定した油浸最大反射率の分布を図3に示す。油浸平均最大反射率は0.86%で、米国 ASTM の分類では高揮発分瀝青炭 (High Volatile Bituminous A) にあたる。石炭化度は九州の高島炭ランクに相当する。

表1 石炭塊の各分析結果  
Summary of analytical data on coal samples.

分析項目		試料名	全体縮分	輝炭部 A	輝炭部 B	分析方法	
ビトリナイト反射率 (%)					0.86	JIS M 8816	
工業分析	固有水分 (%)		2.9	2.7		JIS M 8812 (恒湿ベース)	
	灰分 (%)		12.7	6.0			
	揮発分 (%)		31.2	33.7			
	固定炭素 (%)		53.2	57.6			
	燃料化		1.71	1			
元素分析	灰分 (%)				3.9	JIS M 8813 (無水ベース)	
	炭素 (%)				78.7		
	水素 (%)				5.15		
	窒素 (%)				2.01		
	燃料性硫黄 (%)				0.53		
	酸素 (%)				9.71		
	全硫黄 (%)		0.48	0.58			(恒湿ベース)
	灰中硫黄 (%)		(0.056)	(0.106)			
	炭素 (%)		83.11	83.16			(無水無灰ベース)
	水素 (%)		5.45	5.48			
H/C 原子数比		0.788	0.791				
発熱量 (kcal/kg)	恒湿ベース		6,920	7,540		JIS M 8814	
	無水ベース		7,130	7,750			
	無水無灰ベース		8,200	8,260			
ボタン指数 FSI		1½	4½		JIS M 8801		
流動性試験	軟化開始温度°C		419	402		JIS M 8801	
	最高流動湿度°C		149	430			
	固化温度°C		450	453			
	流動温度調節°C		31	51			
	最高流動度 DDPM		3	10			

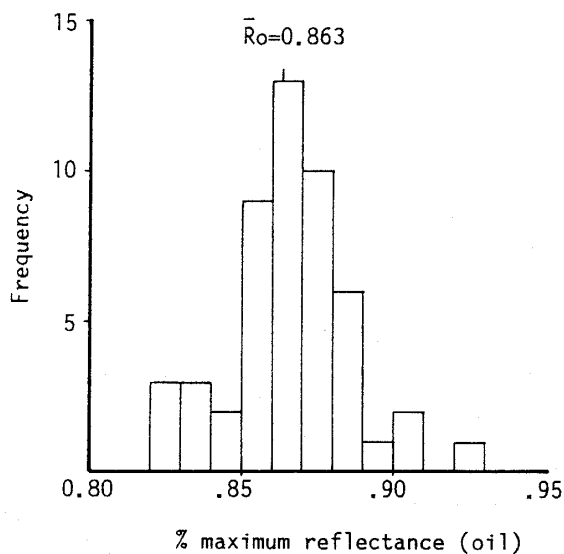


図3 ビトリナイト反射率の頻度分布  
Frequency distribution of maximum reflectance of vitrinite in oil.

### 3-2 工業分析および元素分析

揮発分は輝炭部で33.7%、全体縮分試料で31.2%を示し、無水無灰ベースの発熱量は同じく8,260、8,200kcal/kgを示す。全体縮分試料は輝炭部に較べて、揮発分が少なく、発熱量が低い理由として、相対的にイナートに富むことで説明できる。発熱量と燃料比に基づく日本炭のCEAC分類では、石炭塊は瀝青炭Cランク（粘結炭）にあたるが、燃料比は1.71を示し、B1ランク相当の高い燃料比を有する。全硫黄の量も0.58%以下と少なく（低硫黄炭）、このことは鏡下において黄鉄鉱が極めて稀であることと符号する。

### 3-3 粘結性

粘結性の指標であるボタン指数は、輝炭部に

いて4½を示しており、コークス用原料炭としての特徴を有する。また、石炭の熱軟化性の指標であるとともに、コークス化性判定の重要な指標の一つであるギーセラープラスチック法による最高流動度は、他の指標から予想される値を大きく下回る10DDPM以下を示す。最高流動度は石炭の風化に影響されることが知られており（木村・藤井, 1984）、恐らく石炭塊が長期間海水に浸されていたことや、採集後分析までの間に風化が進行したことがその背景にあるものと考えられる。

### 3-4 石炭化度と化学分析データの関係

従来、日本炭と海外炭(欧米炭)の炭質の違いは、石炭化作用の進行程度を示す石炭化度(C%)と各種の化学分析値との関係においても明らかになっている(例えば、木村・藤井, 1984)。こうした背景として、地質学的には、石炭化作用の進行における石炭の質的变化に、炭層が被った地質条件の差異(例えば、堆積速度、埋没史、被熱史、地下温度環境等)が反映されるためと考えられる。以下、石炭塊における石炭化度と各化学分析データとの関係を、これまでに公表されている資料(木村・藤井, 1984)と比較しながら検討する。

石炭塊のピトリナイト反射率(0.86%)とC%(83.11~83.16%)の関係は、これまで報告されている両者の関係と調和的である。

揮発分と石炭化度(C%)の関係を図4に示す。石炭塊はC%に対して揮発分の量が少なく、日本炭のコールバンドから大きく外れ、むしろ欧米炭のコールバンドに近い。

発熱量(無水無灰ベース)と石炭化度(C%)の関係を図5に示す。日本炭は同じ石炭化度の欧米炭と較べて発熱量が高い特徴をもつが、石炭塊は日本炭よりむしろ欧米炭のトレンド上に位置する。

H/C原子数比と石炭化度(C%)の関係を図6に示す。石炭塊は欧米炭のトレンド上にあり、日本炭の特徴と異なり、相対的にHが少ない特徴を有する。

## 4 考 察

### 石炭塊の起源について

石炭塊には、図版の1に見られるように、ほぼ全面に多数の多毛類の棲管が付着している。多毛類は、棲管中に虫体そのものが残っていないため、属以下の同定は困難であるが、カンザシゴカイ科(Serpulidae)およびウズマキゴカイ科(Spirorbidae)に属する(内田博士私信)。一方、石炭塊は据わりの良い多角柱状形をしているが、全体的に角が取れており、海底の露頭より剥ぎ取られたことを示唆するような明瞭な破断面は認められない。また、炭質の章で述べたように、最高流動度の著しい低下は海水に長時間浸されたことによる風化の影響が可能性の一つとして考えられる。以上の点から判断すると、本石炭塊は、漁網によって直接海底の岩盤より剥ぎ取られたものではなく、海底に横たわっていた転石(塊炭)と考えられる。従って、本炭塊が採集地点とは異なる本来の場所から移動し、なんらかの理由で採集地点の海底まで運ばれてきた可能性が高い。また一方で、本炭塊が採集地付近の海底の岩盤から削剥された可能性も現状では否定できない。

九州の北西海域や東シナ海の大陸棚海域は、非海成層主体とする第三系(主に古第三系)が厚く発達する堆積盆地が広がっており(Zhou et al., 1989)、以前から資源賦存の期待が大きく、重要な炭化水素の探鉱対象地域になっている(天然ガス鉱業会・大陸棚石油開発協会, 1992)。特に最上部始新統から最下部漸新統(Pinghu層とその相当層)は夾炭部を挟み、東シ

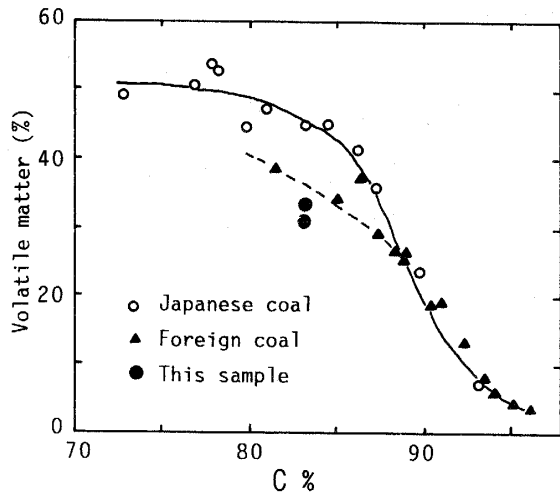


図4 石炭化度 (C%) と揮発分の関係  
Relationship between coal rank (C%) and volatile matter.

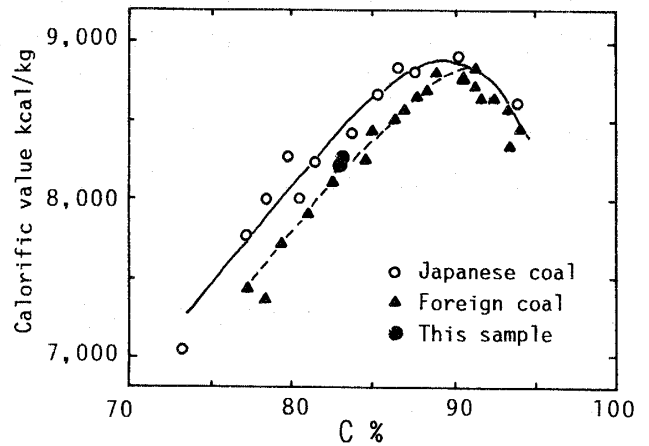


図5 石炭化度 (C%) と発熱量の関係  
Relationship between coal rank (C%) and calorific value.

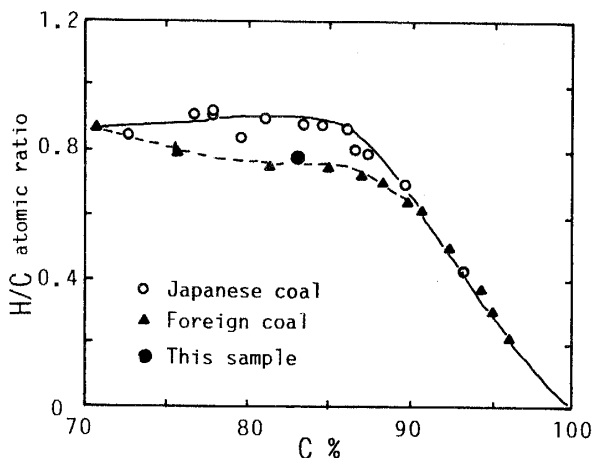


図6 石炭化度 (C%) と H/C 原子数比の関係  
Relationship between coal rank (C%) and H/C atomic ratio.

ナ海における重要な炭化水素根源岩層準と考えられる (岩田・大嶋, 2001)。以前より東シナ海で資源探査・探鉱を進めてきた中国は、1998年に「平湖油ガス田」を開発し、その南に位置する「天外天油ガス田」・「春暁油ガス田」を2005年現在開発中である。このように、北西九州炭田地帯の古第三紀始新世～新第三紀中新世にかけての夾炭層準が東シナ海においても発達することは、石炭塊が採集地点付近の岩盤から削剥された可能性を否定するものではない。但し、石炭塊の石炭化度が九州の高島炭ランクにあたるとはいえ、石炭組織および炭質は、欧米炭の特徴に類似し、日本炭と比較するとかなり異質である。特に、イナーチナイトの含有率が高く、イナーチナイトが少ない日本炭の特徴 (石炭技術研究所, 1973) と際だった相違を示している。

本炭塊が採集地点とは異なる場所から移動したとする場合、採集地点まで運ばれる要因として人為的なものと自然の作用によるものの二つの可能性が考えられる。人為的なものとしては、航走中の船舶 (石炭運搬船や石炭を燃料とした旧船・旧軍艦) から、なんらかの原因による落下が想定される。しかし、本炭塊は10.75kgを有する大塊であり、こうした大塊はハンドリングに不利で、通常の商取引においては取り扱われない。かつて船舶用燃料として、このような大塊を使用していたことがあるのかどうか今のところ不明である。一方、古第三紀における採

集地点付近の古地理は、巨視的にみて中国大陸と南東側に位置した海洋との境界付近にあって、アジア（中国）大陸から大規模な河川系が delta-fan システムを形成しながら大量の碎屑物を供給していたと考えられている（坂井, 1994）。従って、本炭塊は、アジア大陸とりわけ大炭田地帯を抱える中国内陸部に供給源地があって、旧河川系によって採集地点付近まで運搬されてきた可能性は十分にある。今後、中国炭との比較研究が必要と思われる。

## 5 まとめ

東シナ海より採集された石炭塊の石炭岩石学的特徴を明らかにするため、石炭組織と炭質を調査した。石炭塊はイナートナイトに富む、低硫黄分の高揮発分瀝青炭（粘結炭）であるが、石炭組織、石炭化度と各化学分析データとの関係において、日本炭の一般的特徴を有せず、むしろ欧米炭に近いことがわかった。石炭塊の起源については、今後の東シナ海の燃料資源の評価・開発に関連して注目されるが、未解決のまま残された。今後は中国炭を含め海外炭との比較検討が必要である。

## 引用文献

- 千々和一豊・西村祐二郎・木場基之（1998）：顕微測光システム Leitz MPV combi による反射率の測定．山口地学会誌，40号，9-16.
- Emery, K.O., Hayashi, Y., Hidle, T.W.C., Kobayashi, K., Koo, Ja Hak, Meng, C.Y., Niino, H., Osterhagen, J.H., Reynolds, L.M., Wageman, J.M., Wang, C.S. and Yang, S.J. (1969) : Geological structure and some water characteristics of the East China Sea and the Yellow Sea. *Tech. Bull. ECAFE*, 2, 3-43.
- 岩田尊夫・大嶋秀明（2001）：北西九州の含炭堆積盆地における花粉・孢子化石層序および東シナ海堆積盆地との層序対比．石油技術協会誌，66，319-331.
- 木村英雄・藤井修治（1984）：石炭化学と工業（増補版）．山共出版，東京，571p.
- 李商萬（1979）：コリア半島の地質とテクトニクス．都城秋穂編 世界の地質，岩波講座地球科学16，岩波書店，355-384.
- 坂井卓（1994）：始新世の九州-琉球の前弧盆堆積過程とフィリピン海プレートの拡大過程との対応．日本列島縁に沿う海嶺の通過とその影響，総合研究（A）連絡誌，No.2，83-102.
- 石炭技術研究所（1973）：石炭化および炭化初期段階における諸性状の解明と日本炭の特徴．石炭技術研究所特別報告，166p.
- Taylor, G.H., Teichmuller, M., Davis, A., Diessel, C.F.K., Littke, R. and Robert, P. (1998) : *Organic petrology*. Gebruder, Berlin, 704p.
- 天然ガス鉱業会・大陸棚石油開発協会（1992）：日本の石油・天然ガス資源（改訂版）．520p.
- Zhou, Z., Zhao, J. and Yin, P. (1989) : Characteristics and tectonic evolution of the East China Sea. In Zhu, X., ed., *Sedimentary Basins of the World, 1 Chinese Sedimentary Basins*, Elsevier, 165-179.

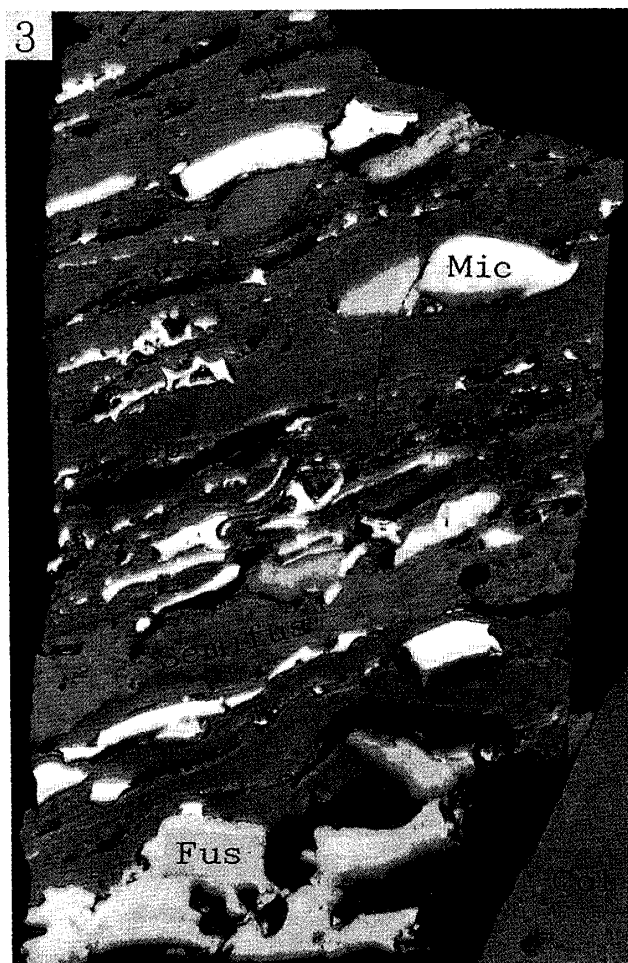
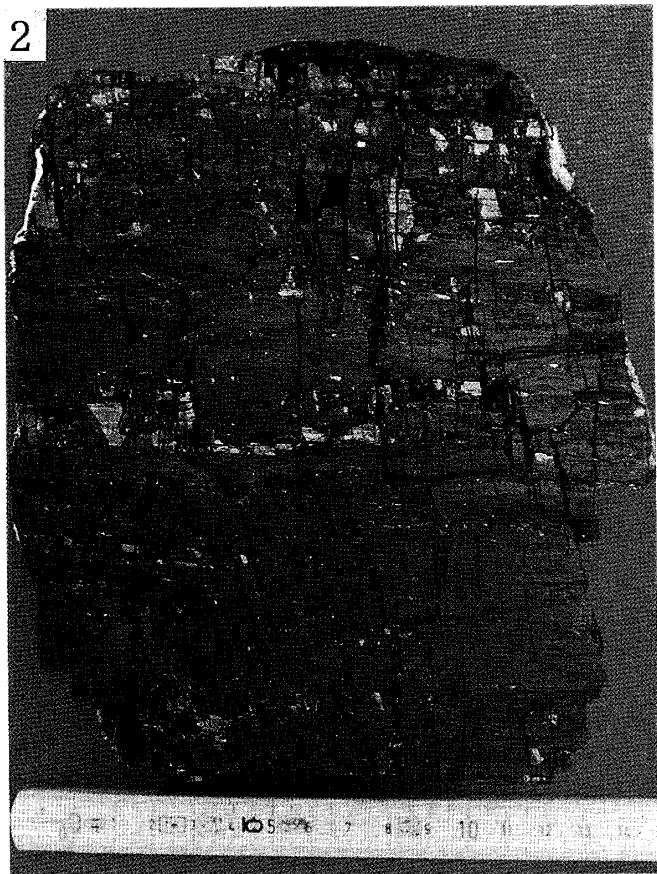
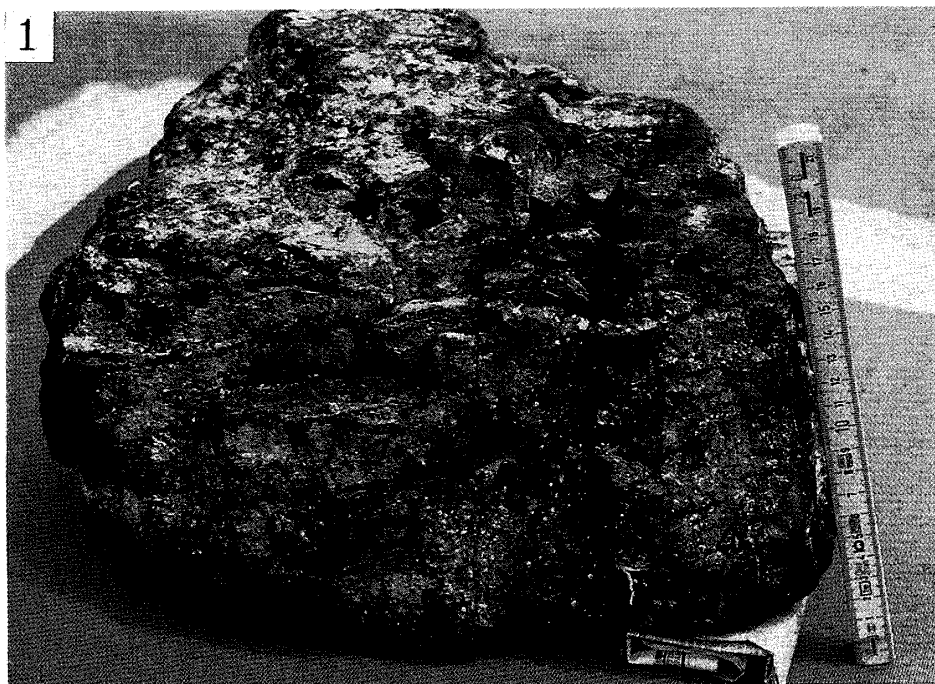
## 図版の説明

1. 石炭塊の全体写真
2. 石炭塊の切断面写真
3. 石炭塊の顕微鏡写真 (試料番号：B-21)

## Explanation of plate

1. Photograph of a lump of coal.
2. Photograph of a section of coal, cut perpendicular to the bedding plane.
3. Photomicrograph of a coal sample (B-21) by an incident-light polarizing microscope equipped with an oil immersion objective. Collinite (Col), Fusinite (Fus), Micrinite (Mic), Semifusinite (Semif), Sporinite (Sp).





0.1mm