

山形県最上炭田産褐炭中の微植物体について (II)

徳 永 重 元* 尾 上 亨*

Plant Microfossils from the Mogami Lignite, Yamagata Prefecture,
Japan (Part II)

By

Shigemoto Tokunaga & Tōru Onoé

Abstract

The samples from 26 lignite mines in the Mogami coal field (Miocene-Pliocene) are examined with the naked eye and by the thin section method.

Of the Mogami lignite, the woody and earthy part are recognized.

These parts are stratified alternately. The woody part has brown colour and exfoliates in dry condition, while the earthy part has dark brown colour, and is contained abundantly in lower seams.

The thin sections of the Mogami lignites were produced, using corundum, sandpaper and gasoline, and mounted by rigolac (synthetic resin).

The earthy part is composed of durite and clarite, but in detail, some cells of plant debris in duritic part are recognized to have a complicated and reticulated structure (see Pl. III, fig. 6, 7) or a simple unicelled wall (see Pl. IV, fig. 5). The bodies having so-called "megaspore", are rarely involved too.

The particles of the resinous matter are all less than 1 millimeter in diameter, and scattered in the duritic part. In the woody part, the xylems of the Taxodiaceae or Cyperaceae having a stone cells are involved.

Under the ultraviolet light radiated from mineralight, the resinous matters are especially glistened with light yellow or white grey colour.

The samples from some lignite mine situated in the western part of this field, contain many microplant bodies abundantly, but in the central part, these plant debris are somewhat stratified in a duritic part.

The Mogami lignite has a low calorific value (5,000-6,000 Kcal/kg in ash-free dry basis) and has no caking property.

要 旨

石炭の原植物に関する研究方法としては、葉化石・花粉化石・珪化木等の研究があるが、石炭そのものの植物組織の観察も必要である。

したがって石炭の花分析の作業と平行して、薄片による石炭の植物組織の観察を行いつつある。まずわが国における諸炭田のうち第三紀鮮新～中新世の数炭田を選び、それらの地域から産する代表的標本を取り扱った。

すでにその第1報として最上褐炭の一部についての研究結果を報告¹⁾したが、本稿はその第2報である。

検鏡の結果、最上褐炭には針葉樹の葉・表皮細胞および他の植物の茎・小枝等が多く含まれており、これらと他の石炭構成物質との比は大きい。

堆積の状態をみると鉱物粒・植物質等が比較的良好に成層しており、樹脂質はいずれの部分にも少ない。このことは同時に行つた紫外線による観察によつても確かめられた。

最上炭田における36炭鉱からの50の標本について調

* 燃料部

べた結果、構成物質の成層状態や植物質の破壊の程度等によつて、炭層を構成した物質はかなり静穏な停滞水中に堆積したものとみなされる。

また一方褐炭中に含まれている鋳物質についても紫外線による予察的観察を行つたが、樹脂質の分布や螢光を発する鋳物等の分布状態について若干の新知見を得た。

褐炭の質的(化学的、物理的)特性は、それらを構成する植物質に影響されることも少なくないと考えられるので、わが国の種々の褐炭についてその植物質構成を明らかにして行く予定で、この最上褐炭の研究もその一環をなしている。

1. 序 言

炭層の母材変化の研究の一環^{註1)}として山形県最上炭田産褐炭の薄片について顕微鏡的観察を行つてきたが、その結果の一部はすでに報告した¹⁾。この報告には前報告にあげた以外の26炭鋳からの試料について、褐炭中に含まれている微植物の組織を観察した結果を記載した。

これらの2報告を併せれば、最上炭田におけるおもな炭鋳(合計36炭鋳)から採取した褐炭の試料を取り扱つたわけで、最上褐炭の古植物学的性質をほぼ明らかにし得たものといえよう。

観察の方法としては透過光線のほかにミネラライトによる紫外線を用い、植物組織についていくつかの知見を得た。

観察に用いた試料は昭和22年から昭和25年にわたる炭田地質調査の際に採取したもので、当時野外作業を行うにあたり種々便宜を供与された諸炭鋳の方々ならびに関係町村の方々に深く謝意を表する次第である。

また紫外線による観察に関する講演要旨の閲覧を許可して下さつた石炭総合研究所浅井一彦・同中柳靖夫両氏等に厚く謝意を表する。

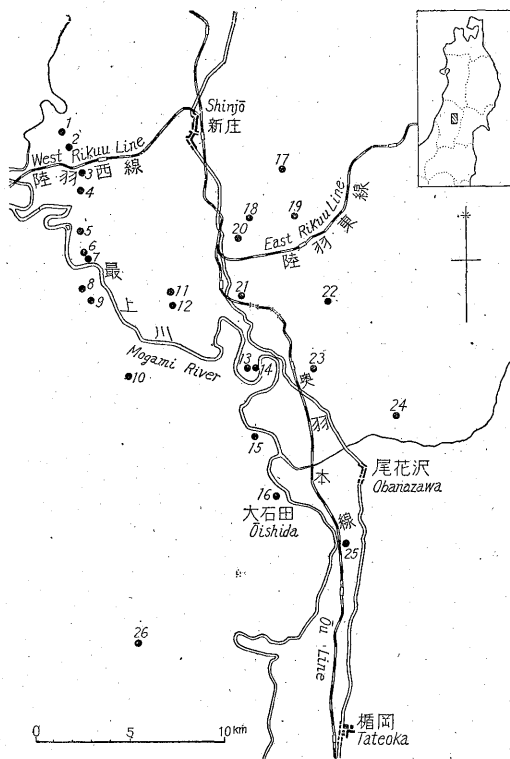
2. 褐炭の構成植物質について

最上褐炭の薄片標本を観察した結果、第1報において述べたように暗炭部(DuriteおよびClariteを含む)においては針葉樹の葉・茎・根等が多く含まれており、これらがやや混りあつて堆積したような状態を示している。

最上炭田産の褐炭は外觀から質的に2部分に分かれる。その1つはほとんど層理を示さない暗黒褐色の部分で、普通炭質部と呼ばれている。

他の1つはまだ炭化しきらない樹木の材からなる木質部である。この木質部は附図III, 4 (tangential section)にみられるような明瞭な材部が多く、後述のように紫外

註1) 炭層の母材変化機構の研究, 第2報



第1図 試料採取炭鋳位置図
炭鋳名 (Name of Colliery)

1 稲荷 Inari	14 東亜 Towa
2 升形 Masugata	15 大沢 Osawa
3 八幡 Yawata	16 大横山 Oyokoyama
4 長坂 Nagasaka	17 休場 Yasumiba
5 天狗 Tengu	18 丸菱 Marubishi
6 協和 Kyowa	19 稲舟 Inafune
7 清水 Simizu	20 本間 Homma
8 新清 Shinsei	21 平沢 Hirasawa
9 通 Tōri	22 南沢 Minamisawa
10 日加 Nikka	23 千代田 Chiyoda
11 高倉山 Takakurayama	24 長根山 Naganeyama
12 沢内 Sawauchi	25 袖崎 Sodesaki
13 福沢 Fukuzawa	26 戸沢 Tozawa

線による観察によつても樹脂質の混入がきわめて少ないことがわかつた。一方炭質部には附図I・II^{註2)}および附図III・IVの大部分で示したように、微植物体が層理と平行に圧迫されて介在している。植物体の部分としては5~6種(クチクラ・コルク質・胞子囊等)、樹種としては針葉樹を主とした2~3種であることが確かめられた。前の報告で述べたように、下部^{註3)}および上部^{註4)}の炭層は工業分析値ではほとんど炭質の差が認められなかつたが、野外における観察では上部炭層中には炭化しきらない樹木の材部が多く混入しているのに較べ、下部炭層

註2) 文献1) 参照。

註3) 大林累層中の炭層。

註4) 折渡・高倉山累層中の炭層。

は一様に炭質部からなっているようにみえる。この外観的な差は炭層の上下関係を判定するうえの1つの手掛りとなつている。

薄片について褐炭の内部組織をみると、附図IV, 3(天狗炭鉱) および附図III, 6(千代田炭鉱) においてみられるような網状または複雑な細胞膜をもつた葉または茎部の圧縮されたものが観察されるほか、附図III, 5のような単純な1層の壁からなる孢子囊のようなものや、附図IV, 1のように大形で厚さ0.5mm程度の厚い細胞壁をもっているいわゆる大孢子とされているものなど3種類がある。しかしこれらは植物の葉部の断面と考えられる。このほか20~50 μ の花粉・孢子等が散在しており、これらの植物組織の内容については目下さらに研究中である。石炭の岩石学的分類からいえば、植物体の多く含まれているのは Durite, Clarite の部分であるが、

Vitrite といえる部分はすべて組織の明らかな材部からなっている。

今回観察した26炭鉱の試料については、暗炭部は鉱物粒・微植物体・“大・小孢子”・潤葉樹および針葉樹の葉が混入しており、前回観察した10標本の内容と大差がなかった。

炭田地域内における褐炭層の堆積の場所と褐炭の内部組成との関係については、炭田西縁の諸炭鉱(第1図No. 1~No. 10までの炭鉱)の試料を概観すると、薄片としての部分的な観察のため全体を把握することはできないにしても鏡下における共通性としては、附図I・II・III・IVで示したように、やゝ大形の植物体が多く含まれているようである。また炭田の中心部に近い木友・中山両炭鉱等の試料では暗炭部でも明瞭な成層状態を示すものが多かつた。

第1表 薄片観察結果一覧表

Table 1 Description on the Microplant Debris in Samples

No.	炭 鉱 名 Name of Coal Mine	薄片番号 Slide No.	記 載 Description
1	稲 荷 Inari	34	スクレロティニット(菌核)多く、レズニット(樹脂質)も多い。網状の植物組織が多い。
2	升 形 Masugata	45	植物質の色は赤褐色、植物質の成層状態は34に近似。
3	八 幡 Yawata	31	植物質・エクジニット等は成層し非常に細かい。網状細胞膜が多い。
4	長 坂 Nagasaka	36	大形の根が多く混在。
5	天 狗 Tengu	24	淡褐色、エクジニット中に大形が多い。
6	協 和 Kyōwa	26	ビトリニット(材部)が多い。
7	清 水 Shimizu	28	基地は“ドリット”(エクジニット・レジニットを含む)。黒色不透明体、鉱物質が多い。
8	新 清 Shinsei	18	スクレロティニット・エクジニット(植物細胞皮膜)等は細かい。
9	通 Tōri	17	テリニット(木質部)。
10	日 加 Nikka	20	非常に大きな植物体、針葉樹の材等を混入。
11	高 倉 山 Takakurayama	32	淡褐色、細かい植物体が散在する。
12	沢 内 Sawachi	29	テリニット(木質部) <i>Alnus?</i> の材部。
13	福 沢 Fukuzawa	14	スクレロティニットが多い。相当エクジニットと混在状態を示す。
14	東 亜 Tōwa	15	顕著なクチニット(細胞角皮)が含まれている。
15	大 沢 Osawa	33	植物組成の混在状態不規則。
16	大 横 山 Oyokoyama	44	テリニット(木質部)、薄片29と同様。
17	休 場 Yasumiba	37	大形植物質が不規則に混入、薄片33と同様。
18	丸 菱 Marubishi	16	エクジニット・レジニット・スクレロティニット等が混在。
19	稲 舟 Inafune	38	薄片が厚いためか赤褐色の組織部分が多い。
20	本 間 Homma	13	大形の植物体がある。
21	平 沢 Hirasawa	11	テリニット(木質部)、 <i>Cupressaceae?</i> の材。
22	南 沢 Minamisawa	23	テリニット(//), <i>Alnus?</i> の材。
23	千代田 Chiyoda	19	エクジニットが多い。
24	長 根 山 Naganeyama	43	赤褐色エクジニット、植物破片が細かい。
25	袖 崎 Sodesaki	40	レジニット・スクレロティニット等が多い。
26	戸 沢 Tozawa	41	同 上

最上炭田の褐炭層の堆積状態は、薄片の顕微鏡的観察に基づいて考えれば、針葉樹または闊葉樹の材・葉・根等が鉱物質とともにごく静穏な沼沢地のような環境の下で徐々に堆積して行つたことが明らかに認められる。

3. 紫外線による植物組織および鉱物質の観察

紫外線 (ultra-violet light) を用いて鉱物の蛍光現象を観察してそれらの鉱物の種類を決定することは鉱物学・岩石学の方面ではすでに久しく研究されている。また油田開発の分野においては試錐孔から引揚げたコアーに紫外線を照射し、石油の蛍光現象を利用して油徴の有無を調べることが現在行われている。

しかし石炭組織研究の分野においては紫外線を実用に供したことは少なかった。ところが最近 Ammossov (ソ連) は紫外線が石炭中の植物組織の区別に有効であるという事実を明らかにした^{註5)}。彼の観察の方法には2種類があり、その1つは石炭からのベンゾール抽出液に紫外線を照射する方法で、他の1つは石炭の薄片を Luminescence Microscope (蛍光顕微鏡^{註6)}) で観察する方法である。

Ammossov によれば、この方法は単に石炭中の植物組織の区別に有効であるばかりでなく、石炭中のある特定の植物体 (例えば孢子や樹脂) 等を対象として数種の石炭を観察すると、その植物体の発光の色・強さの差異によって石炭の diagenesis (続成作用) や metamorphism (変成作用) の差が明らかになるというのである。いゝかえれば石炭の新旧、あるいは受けた動力変成の程度が把握されるともいえるのであつて、植物体が地質年代測定のパラメーターとなるともいえる。しかし研究内容の詳細は不明であるので目下調査中である^{註7)}。

最上炭田産の褐炭についてもこの方法によって植物組織の区別ができるか否か検討するために、各炭鉱から採

註5) 文献2) 参照。紫外線を光線の代りに用いて薄片を観察する装置で、眼を痛めぬように注意が払われている。

註6) 邦訳は適当でないかもしれない。

註7) 紫外線による石炭植物組織の区別は下表の通りである (Ammossov, 1955)。

石炭中の成分 Component	発光の色 Colour	発光の強さ Strength of light
藻類	青緑	強
樹脂質	黄緑	強・中庸
腐泥質	黄褐	中庸
孢子・花粉・クチクラ	黄	中庸
褐炭のフミン質	淡灰・褐	弱・中庸
ヴァイトレイン	無	
フゼイン	無	

取した塊炭試料 (50 個) と薄片 (60 枚) についてミネラライト^{註8)} によって紫外線を照射してその反応の観察を行つた。

紫外線によって蛍光現象を呈する鉱物は約 120 種ほど知られているが、発光の色・強さ等において類似するものが多い。そのうち特に amber, apatite, autunite, barite, calcite, capro-scheelite, fluorite, petroleum, powellite, scheelite, zircon 等の蛍光は特徴があり、また tangusten 鉱物の識別には紫外線を利用することがある^{註9)}。

3.1 塊炭試料について

最上褐炭は一般に塊状を呈し、細かい層理が顕著であり、層理にそつて黄鉄鉱 (pyrite) の小粒あるいは炭酸石灰 (calcite) の薄いフィルムが散在することがある (附図 III, 1)。

またあまり炭化していない樹木が炭層中に介在している場合、褐炭の乾燥とともに著しく割裂し、このいわゆる木質部のみが分離する。

また暗黒色の泥状の部分がこの木質部と互層しているが、この泥状の部分に長波紫外線を照射すると、含まれている樹脂粒は淡紫・灰白・黄色などを呈する輝いた斑点となつてみえる。

実験に供した試料のうち特にその含有鉱物質の蛍光現象において特徴のあつた褐炭は次のようなものである。

炭 鉱 名	紫 外 線 下	炭 鉱 位 置
長根山炭鉱 (北村山郡尾花沢町)	淡黄色の微細な輝点のみ見える。	24
大沢炭鉱 (同郡亀井田村)	白色輝点が多い。	15
稲荷炭鉱 (同郡蛙川村)	淡黄色輝点が多い。	1
黒石炭鉱 (同郡福原村)	強い青色を呈する鉱物を含む。	図示せず
長根山炭層の上盤凝灰質頁岩	赤褐色を呈する鉱物粒を含む。	24

なおこれらの炭鉱における稼行炭層の層準は第2表に示した。

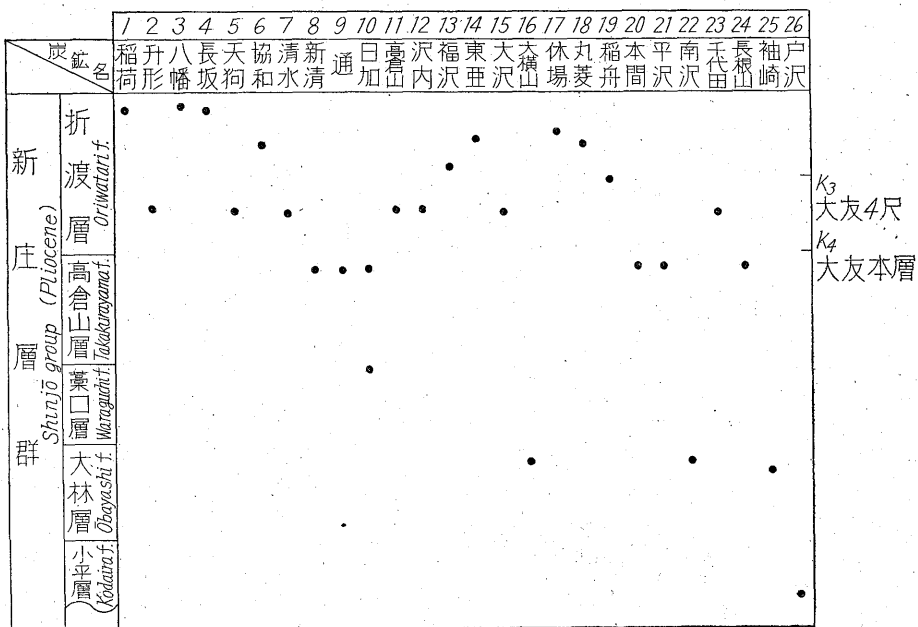
塊炭 60 個の全試料について実験した結果、樹脂質が紫外線に対して著しい蛍光現象を呈することは確認でき

註8) Mineralight, U. S. A. 製。Model 3. 660 (Short wave 3, 500~3, 600 Å 照射), Model 2, 537 (Long wave 4, 000 Å 照射) の2装置を使用した。

註9) 肉眼で認められる pyrite, marcacite 等の metallic mineral の大半は紫外線に対しては無反応である。したがつて光線下と紫外線下とでは、石炭中の含有鉱物質の識別には著しい差がある。

第2表 稼行炭層一覽表

Table 2 Workable Coal Seams in Some Lignite Mines



第3表 主要褐炭の工業分析表

Table 3 Proximate Analyses of Some Mogami Lignites

No.	炭鉱名 Coal Mine	水分 Moisture %	灰分 Ash %	揮発分 Volatil matter %	固定炭素 Fixed carbon %	発熱量 (無水無鉱 物基) Moisture & mineral mat- ter free Cal	硫黄 Sulphur %	灰色 Colour of ash	級 Class
2	升形	14.75	21.42	36.39	27.44	6,050	0.59	褐	F ₂
5	天狗	16.80	11.36	38.93	23.11	6,680	0.82	褐	F ₂
8	新清	11.12	22.90	39.01	26.97	6,800	0.57	茶褐	F ₁
9	通	16.06	7.44	42.49	34.01	6,450	0.67	淡褐	F ₂
10	日加	17.92	1.62	39.24	41.17	6,400	1.25	焦茶	F ₂
11	高倉山	13.56	8.16	46.09	32.19	6,820	2.45	褐	F ₁
12	沢内	15.91	5.61	42.42	36.06	6,600	0.74	淡褐	F ₂
13	福沢	13.23	19.35	42.32	25.10	5,900	0.64	淡褐	F ₂
14	東垂	16.56	6.55	45.46	31.43	6,300	0.74	茶褐	F ₂
15	大沢	14.26	12.71	40.91	32.09	6,400	0.57	茶褐	F ₂
16	大横山	11.95	17.85	39.82	30.38	6,950	0.71	褐	F ₁
18	丸菱	15.76	9.02	38.72	36.90	6,300	0.61	濃褐	F ₂
19	稲舟	14.72	11.99	38.50	34.79	5,900	0.81	褐	F ₂
20	本間	12.14	9.62	41.76	36.48	6,200	0.67	褐	F ₂
21	平沢	16.61	8.01	39.23	36.15	5,950	0.59	茶褐	F ₂
23	千代田	13.73	15.74	37.47	33.06	5,800	0.84	淡褐	F ₂
24	長根山	13.60	13.23	35.11	38.06	6,500	1.03	褐	F ₂
25	袖崎	13.34	15.71	37.86	33.09	6,200	1.85	褐	F ₂

分析：化学課 1948~52

たが、これらは肉眼ではほとんど識別できない細かい樹脂粒で、紫外線下では白または淡紫色に輝き識別できた。褐炭中においては樹脂は非常に微細な1mm以下の粒となつて含まれていることが多く、木質部よりもむしろ炭質部に著しい。

また最上褐炭の木質および炭質部には、樹脂以外に前記のような螢光現象を呈する鉱物は甚だ少ないことが明らかとなつた。したがつて最上褐炭の工業分析に示される灰分の鉱物組成については、樹木の固有灰分以外の混入した鉱物粒としては螢光現象を呈しない metallic mineral が多いのではないとも考えられる。これらの褐炭の工業分析値は第3表に示した。

さらにこの方法を検討するために、石狩・樺戸・留萌の3炭田産の塊炭に紫外線を照射した。その結果、樺戸・留萌炭中における樹脂成分は鮮やかな灰白ないし淡紫の螢光を呈し、これら樹脂体の内部は紫色、表面は淡黄色を帯びている。またこれらの塊炭試料の表面には褐色・赤色・青色等の強い螢光を呈する鉱物が散在していたが、これらは普通の光線下における肉眼観察では全然認められないものであつた。このような事実から、石炭中に含まれている樹脂・鉱物等のあり方を識別する方法として紫外線を利用することはある程度有効であるという結論を得た。

3.2 薄片について

Ammossov は主として石炭の薄片^{註10)} について前述の結果(註7)を述べているが、今回最上炭田から採取した褐炭の標本および薄片は紫外線による観察を目的として作られていなかったため、薄片観察においては充分な結果を得られなかつた。その障害となつた点を挙げれば、前回の報告にも述べたように標本はリゴラック(合成樹脂)によつて封入されていたため、紫外線に対して全体が淡黄色に発光し、石炭自身のなかに含まれる鉱物の螢光を識別することは容易ではなかつた。また Luminescence Microscope が利用できなかったため透過紫外線の観察が不可能であつた。

封入剤としてはカナダバルサムも不適當^{註11)} であるから、特殊のものを考えなければならない。

註10) ソ連における研究であるから試料は古生代の石炭を用いているものと思う。

註11) 紫外線によつて黄色に発光する。

註12) 直接透過光をみることはよくないのでこの場合数分間。

註13) 紫外線によつて淡青色の発光を示すのは anorthoclase ほかに11種。灰白色を示すのは alnite ほかに3種、橙色を示すのは apatite ほかに6種の鉱物である。

薄片はカバーガラスをかけず、研磨面にミネラライトによる紫外線を照射するか、Lnminescence Microscopy による観察が必要である。

短時間^{註12)} ではあるが、ミネラライトによる透過紫外線による観察^{註13)} では、久慈炭(岩手県久慈炭田、古第三紀)中における樹脂質は他の部分から明瞭に区別できた。また石狩炭田夕張地区の朝日炭鉱産の石炭について紫外線照射を行つてみると、そのなかに明るい淡青色(Strong light blue)、淡灰白色(Weak white gray)、橙色(Orange)等に発光する鉱物を認めた。Ammossov はこの螢光現象の差がその物質の分子構造に関連していることを示唆している。

4. 最上褐炭薄片の顕微鏡的観察結果の総括

山形県最上炭田産の褐炭について、おもにそれらの原植物を対象として研究を進めてきたが、最上褐炭に適するように考察された薄片作製法については第1報で述べた。

その要点をふたたび記せば、

(1) 従来褐炭の薄片を作るにあつて、研磨の媒剤として水を使用していたが、ガソリンおよび石油を使用することによつて試料の膨潤や破砕を防ぐことができた。

(2) この方法によつて東北地方内陸亜炭田産の数種の亜炭についても好結果を得たので、わが国の第三紀鮮新世または中新世の他の褐炭にも適用できると思われる。

(3) 最上褐炭は炭化が進んでおらず、薄片における観察では植物組織がよく保存されている。したがつて従来行われている研磨面の反射光線の輝度による石炭岩石学的分類の表現を適用することは困難の点もあるので、おもに植物組成による分類に重点をおいた。

(4) 褐炭の薄片中において観察される植物体は表皮細胞・針葉樹および潤葉樹の葉・根・茎等で、その他いわゆる“大孢子”ともいえるような微植物体・孢子囊・花粉等がある。それらの保存はよく、構成植物質の内容はほとんど明らかにされた。

(5) 褐炭の組成上の地域的变化については、炭層中のごく一部の標本について観察したので結論的なことは述べ得ないが、炭田の西縁部の諸炭鉱から採取した試料では種々の大形の植物体が含まれており、炭田中央部の木友・中山両炭鉱からの試料では木質部と微植物体とが成層している。このほかの試料中における暗炭部の観察では顕著な地域差は認められなかつたが、これは炭層の堆積時においてほぼ同じような環境の下で植物体が沈積し、その後あまり流動が行われなかつたのではないかと考えられる。

5. 結 語

東北地方の日本海岸寄りの内陸には南から置賜・最上・平鹿等の諸炭田が分布しているが、それらのうち最も規模が大きく炭層も発達している最上炭田において、微植物学的研究を行った。

最上褐炭の顕微鏡的観察のうちから要点を前に述べたが、このほか他の研究者によつて花粉分析^{註14)}あるいは珪化木の植物組織学的研究^{註15)}が進められているので、近く最上褐炭に関する植物組成的な知識は著しく集積されるであろう。

褐炭を単に燃料としてのみ使用するならば無機的な工業分析値が重要であるが、抽出・ガス合成等に使用される場合は示性分析値が重要となり、これに関連して褐炭の植物的組成も明らかにする必要がある。

註14) 山形県新庄北高校高橋信雄氏。

註15) 東京大学理学部亘理俊次博士。

この見地から最上褐炭の植物組織を研究し、利用面への参考資料とした^{註16)}。

参 考 文 献

- 1) 徳永重元：山形県最上炭田産褐炭中の微植物体について (I)，地質調査所月報，Vol. 7, No. 2, 1956
- 2) Ammossov, I.: Luminescent microscopy of mine coal, Rept. of the 3rd International Coal peteology Commission, 1955
- 3) 徳永重元・河野迪也：山形県最上炭田松橋・亀井田地区調査概報，地質調査所月報，Vol. 2, No. 8, 1951

註16) 褐炭の薄片においては植物組織の色彩は各成分識別の重要な要素となつているので、最上褐炭の薄片についてもすでに多くの天然色顕微鏡写真を撮影してよい結果を収めたが、これらは別に公表する予定である。

図 版 説 明

(Explanation of plates)

附 図 III [第1図×1/2, 第7図×200, その他×75]

Plate III [Fig. 1 ×1/2, Fig. 7 ×200, others ×75]

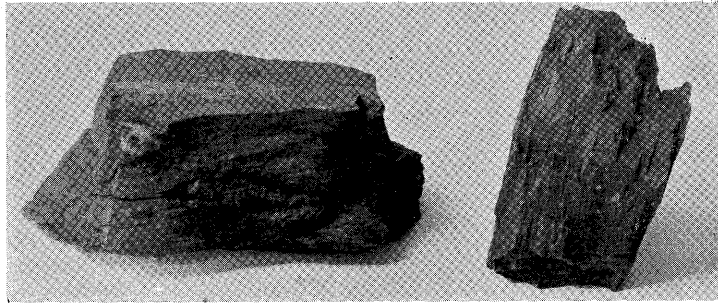
No.	植 物 組 成 Plant tissue	炭 層 Coal Seam	標 本 番 号 Slide No.
Fig. 1	塊 炭 (炭質部) Lignite sample (earthy part)	木 友 炭 鉱 Kitomo C. M.	
2	植物体果実か Plant debris (seed?)	平 沢 本 層 Hirasawa Main Seam	498
3	針葉樹葉の断面 Section of Conifer leaf	東 亜 炭 層 Tōwa Seam	514
4	木 質 部 材 Woody part	通 炭 層 Tōri Seam	515
5	濶葉樹葉 Leaf of Angiospermus trees	千 代 田 炭 層 Chiyoda Seam	516
6	針 葉 樹 葉 Leaf of Gymnospermus trees	"	517
7	針 葉 樹 葉 Leaf of Gymnospermus trees	"	518

附 図 IV [×75]

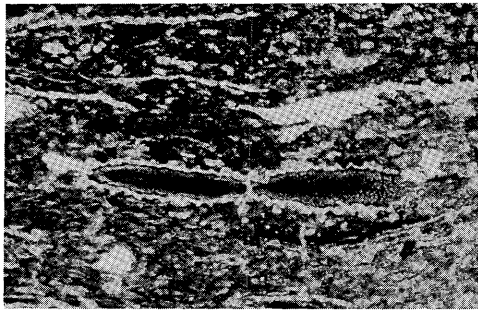
Plate IV [×75]

No.	植 物 組 成 Plant tissue	炭 層 Coal Seam	標 本 番 号 Slide No.
Fig. 1	いわゆる大孢子 (羊歯類の孢子か) "Megaspore" (Spore of Pteridophyta?)	千 代 田 炭 層 Chiyoda Seam	519
2	植物組織外皮下に樹脂類を含む Cell of plant tissue with resinous matter	日 加 炭 層 Nikka Seam	520
3	コルク層をもつ樹木の幹部 Xylem with cork layer	天 狗 炭 層 Tengu Seam	523
4	樹木の表皮細胞の集積 Epidermis	井 出 炭 層 Ede Seam	526
5	樹木の小枝コルク層を有する Fine twig of trees with cork layer	丸 菱 炭 層 Marubishi Seam	504 505

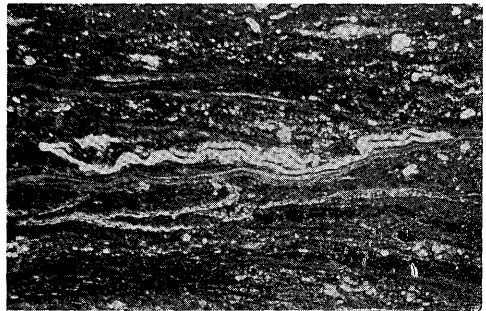
Magnification of all figures is ×75 except pl. III. fig 1 and 7



1



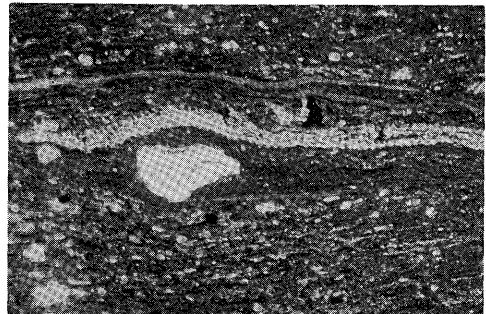
2



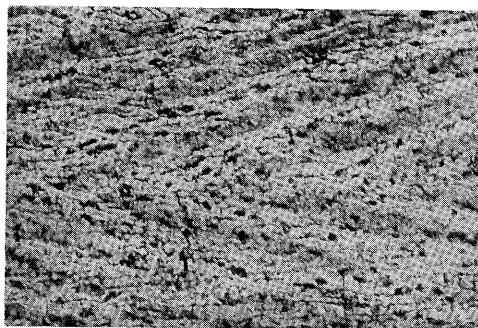
5



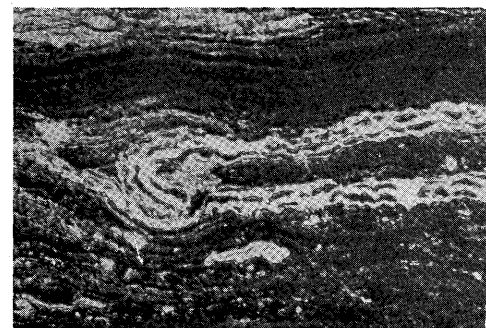
3



6

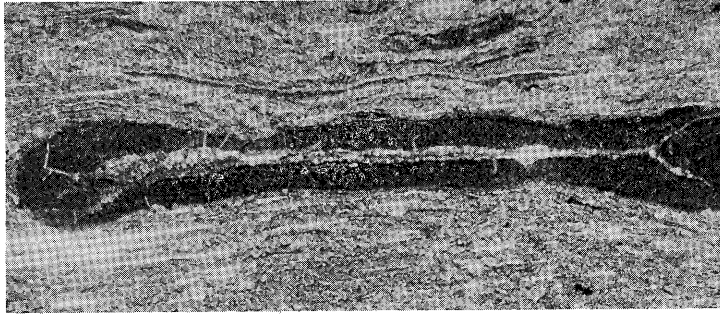


4

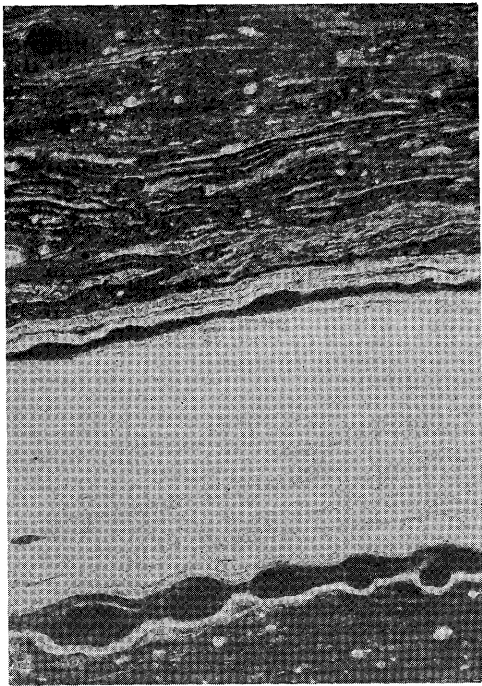


7

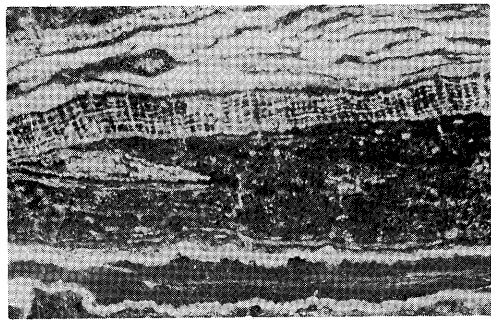
Photo by S. Tokunaga, T. Onoe & Y. Masai



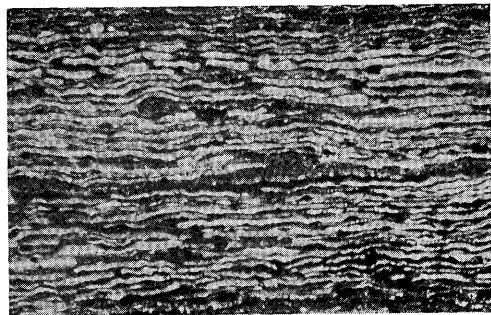
1



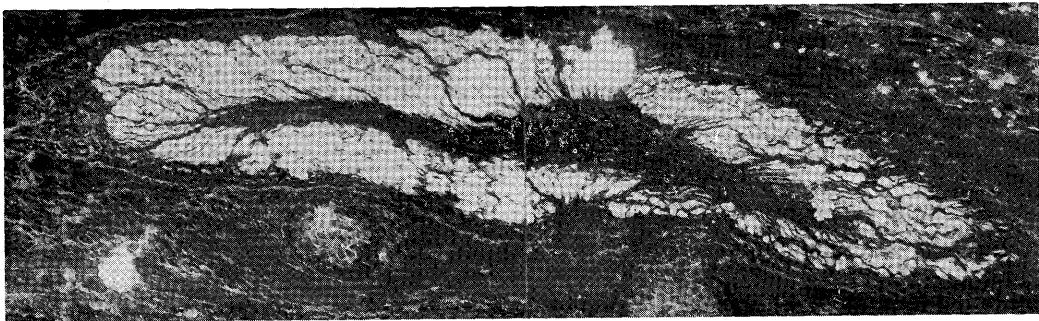
2



3



4



5