

## 含炭層を構成する堆積岩の地化学的研究

— 三重縣員弁炭田の試錐コア—の分析結果—

尾原 信彦\*

Résumé

## Geochemical Studies on Coal-bearing Beds

— An Analytical Result of Drilling Cores  
in Inabe Coal Field, Mie Prefecture—

by

Nobuhiko Obara

Mechanical and chemical analyses are attempted on the drilling cores of a coal-bearing bed of upper Pliocene in Inabe. Two groups of coal seams are recognizable in the columnar section and each seam is extremely thin, being intercalated by argillaceous partings. All the analytical data are put in Table 1, 2 and 3.

Mean grain size (median) of sediments varies from larger value (at the lower horizon) down to smaller one (at the upper horizon), forming one sedimentation cycle, as illustrated in Fig. 2. It is noteworthy that clay (=grain size 3) content in the core adjacent to coal seams shows more than 15% (max. =41%).

Carbon content in the coal measure may be expressed by chemical analysis as follows:  
coal seam ..... 30%, coaly shale ..... 6-30%

parting ..... 1-6%, non-coaly stratum ..... 0.5-1%

This coal-bearing bed shows the following characteristics. Alumina content is two or three times as large as standard sedimentary rocks, while magnesia content less than the half of them, and absolute value of MgO less than that of CaO. Alumina content is less in the lower horizon but increases towards the upper horizon, therefore alumina content shows one sedimentation cycle which is quite similar to that of grain size median.

The decrease in silica-alumina ratio is said to represent an advancement of weathering action. If silica-alumina ratio (y) and carbon content (x) are put in co-ordinates relation (Fig. 4), a functional expressions shall be obtained as follows:

$$y = 5.086 X^{-0.257}$$

This expression indicates approximately hyperbola, in which carbon content in the sediments increased abruptly, as weathering phenomenon advanced in geologic times. Moreover, the point in the graph representing the silica-alumina ratio in coal ash also falls near along the external extension of the curve. Thus, the writer arrived at a conclusion that an inseparable connection lies between the genesis of coal seams and weathering condition of sediments before and after the formation of coal seams.

## 1. 序 論——研究の方法

堆積岩の性状は、それが堆積構成された当時の地理的・地質的な環境を保存し表示するものと考え、従つて現在保有する物理的・化学的性質を測定・分析すれば、多少なりとも過去の状況を推定する材料が得られるのではないかと考える。そのためには、地中に保存されたままの新鮮な素材をうる必要があり、そうした目的にもつとも適うものと考えられる試錐コアを利用して、各種の実験

分析を試みた。本研究は例を三重縣員弁炭田<sup>いなべ</sup>において実施された試錐コアに求め、含炭層について各種の実験結果を報告し、堆積岩の諸性質に附帯して、含炭層のもつ特色について若干の新事実を知つた。この成果は従来石炭の堆積現象に対して、考え廻らされていたいろいろの推定ないし想像に関し、1つの有力な定量的な資料となりうるとともに、さらに将来は炭層の探査その他の目的で実施されるであろう諸般の作業・試験などに対しても、なんらかの手掛りなり規準りになるであろうと考える。

\* 地質部

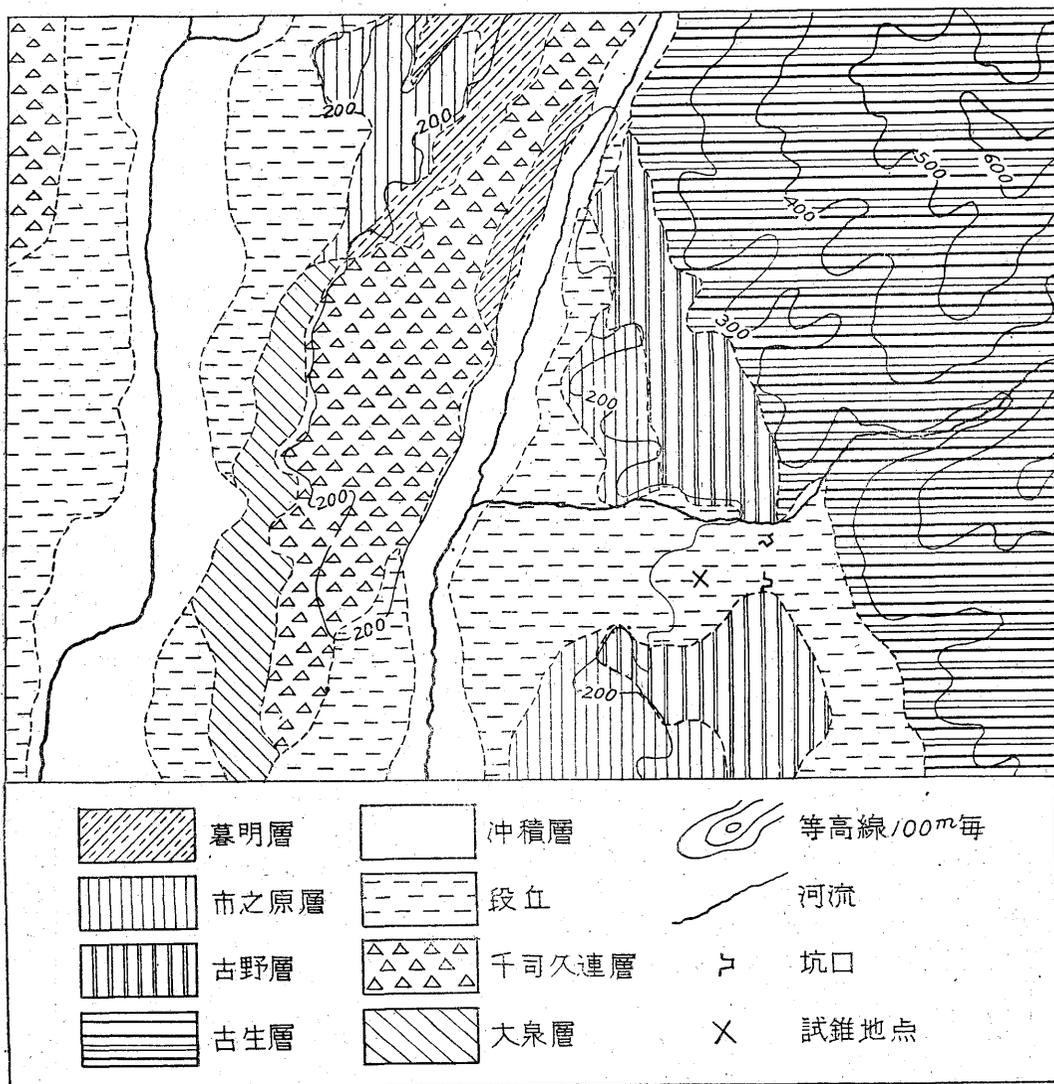
本稿は、説明の順序として、まず員弁炭田地方の地形・地質を略述し、試錐位置附近の状況を明らかにし、次に適用した測定・実験・分析などの方法を記し、その結果得られた数値をことごとく表にして掲載し、ついでこれら数値を基として、あるいは層序と関連させて堆積の経過に論及し、あるいは層序の観念を離れて純地球化学的な理論の展開を試みた。

2. 員弁炭田の地質概要と試錐位置  
ならびに試錐成果の素描

礫砂岩・珪岩・角岩・粘板岩などよりなる秩父古生層にて構成される鈴鹿・養老の両山地に挟まれた員弁盆地には、鮮新期に始まる湖底堆積物の発達を見る。その基盤

は同じく秩父古生層よりなり、それを不整合に覆う前記新生界堆積物は、その原料をこの両山地の岩石に由来するものとされている。当地方および桑名地方を調査された松井寛<sup>1)</sup>・安田敏夫<sup>2)</sup>両氏によれば、この新生界堆積物は次の如き層序に分けられている。

	河岸段丘	<10m
	扇状地	<20m
桑名統上部 (中・下部洪積統)	大泉層	砂・粘土互層 100m
	暮明層	円礫 50~300m
桑名統下部 (上部鮮新統)	市之原層	350~400m
	古野層	含炭層 60~130m
	美麓層	基底礫層 50~80m
古生層	砂岩・珪岩・角岩	



第1圖 試錐地点附近の地質圖(松井・安田氏原圖によつた)

桑名統は鮮新～洪積世に跨がり、桑名統下部は上部鮮新世の堆積物とされ、その中の古野層には亜炭を数枚介在する。

昭和24年春、地質調査所では、当盆地<sup>トヤシロ</sup>の十社村大字東貝野において、炭田開発用の試錐をしたことがある。施行に先立ち、厚さ1.5mの亜炭層を期待していたが、予想に反して貧化した炭層帯2層(いずれも夾み多く、亜炭は10cm位のものを数枚を介在していた)を貫いたのみで、地表より約57mで基盤の古生層砂岩に着いてしまった。

第1図に示すように、試錐地点は、東方約0.5kmの水田・畑地帯を隔てて、直ちに養老山脈に移行する西傾斜の緩斜段丘面の上であり、東方の傾斜変換線は、新生界堆積物と古生層との境界に一致している。段丘面の下に発達する第三紀層は、地表面の傾斜より遙かに急傾斜(15～20°W)の地層を形成し、西に向つた単斜構造を示している。

この段丘面は、東貝野部落の北方を東から西に向つて流下する悟入川により刻まれ、その谷筋には数カ所において亜炭の露頭をみる。悟入川が山地より離れる地点には、古生層の砂岩類が現われ、そこより少し下手に、最下層の亜炭露頭があり、この地点より、沿層水平坑道(悟入坑)が南に向つて掘進され、採炭切羽は南へと延ばされている。坑内運搬距離を短縮し、かつ採炭能率を高めるために、「悟入坑」のもつとも南の奥の切羽に向つて、西方から鑿入れの水平坑(新坑)が掘鑿された。両坑の採掘対象となつている炭層は、厚さ1.5m位を有し、走向はほぼ南北で、西に13°位傾斜する亜炭層である。この炭層を西方に斜坑で追跡するために、その存在と厚さを確認すべく、「新坑」の坑口から真西に250mばかり下つた処において、試錐が行われたものである。試錐工事の結果は、前述の通り、地表より28～31mにおいて主炭層(第I炭層帯)に着炭したが、まったく貧化した礫行にたえないことが判り、その中途で地表より13～15mの所でも上層の炭層(第II炭層帯)を貫いたが、これもさらに貧弱なものであつた。

松井・安田両氏の調査による層序表と試錐の柱状図とを対照、点検したところでは、この附近には美麓層に当る基底礫岩は、約1m位(深度56～57m)しかなく、発達不良を示し、その上に整合にくる古野層は、上部が削られ、市之原層は欠如し、不整合を以て直ちに最上部の段丘礫層(深度0～5m)に移つていることが明らかである。従つてこの試錐コアは古野含炭層をやや完全に採つたものに過ぎなかつた。

しかし古野層はいわゆる含炭層であるから、そのコア

を綿密に吟味すれば、含炭層なるものの本質が明らかにされるものと考え、1つの試みとしてコアに対して理化学的な実験・分析を施し、その結果に精密科学的な取扱を加え、炭層の堆積現象に関し、若干の考究を行つた。

### 3. 試錐コアの粒度分析より見た沈積輪廻

そこで前記の57mのコアを各岩相(=層準)ごとに分け、これらおのおのに粒度の機械分析を実施した。ただし、深度0～5mの礫層は礫の間に介在する粘土のみを分析したものであり、深度56～57mの基底礫岩層(美麓層)はコアが得られなかつたので、分析を行わなかつた。古生層砂岩は膠結物が堅くてTruog法<sup>註1)</sup>による解膠剤<sup>2)</sup>でさえ分散できなかつたので、機械分析は全然実施できなかつた。

コアはまずTruog法により解膠分散させておき、粒子の細いもの(<0.088mm)は、ケーン<sup>3)</sup>の装置によるピベット法により下記の如く<sup>4)</sup>5階級に分け、粒子の粗いもの(>0.088mm)は、標準篩を用い、水中篩分けを行い、下記の如く7階級に分け、双方とも105°Cの恒温器内で秤量瓶に蒸発乾固させた上、化学天秤で秤量した。

標準篩法	1°	>0.707 (mm)	ピベット法	8°	0.088～0.062 (mm)
	2°	0.707～0.500		9°	0.062～0.031
	3°	0.500～0.354		10°	0.031～0.015
	4°	0.354～0.250		11°	0.015～0.008
	5°	0.250～0.175		12°	<0.008
	6°	0.175～0.124			
	7°	0.124～0.088			

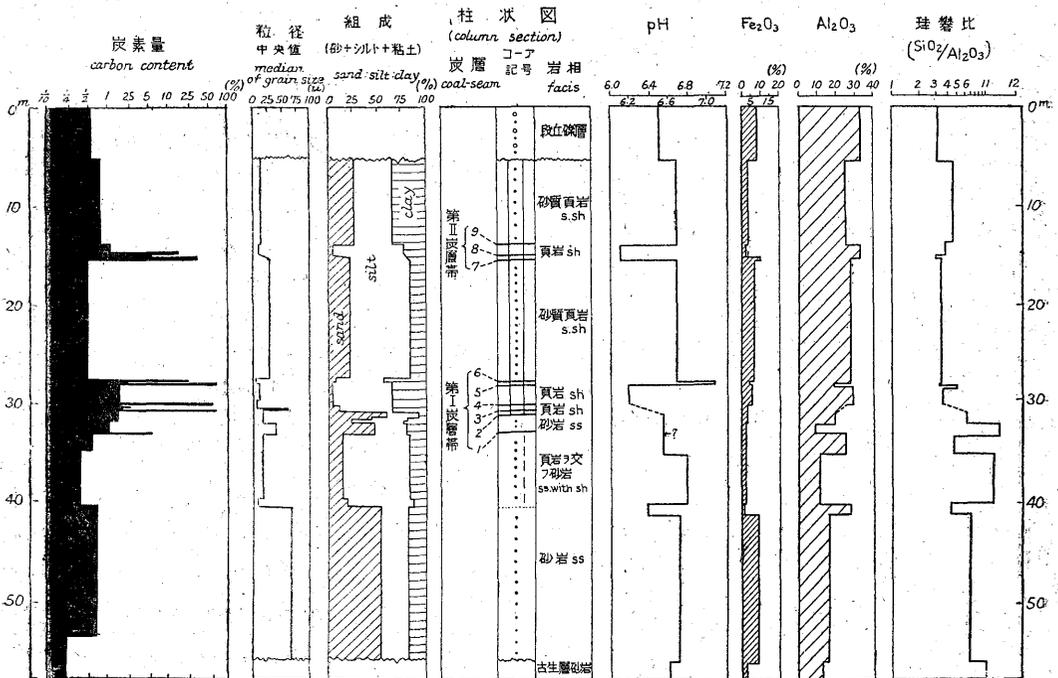
このデータより粒径中央値<sup>メディアン</sup>および砂(0.05mm)・シルト(0.05～0.005mm)・粘土(<0.005mm)の組成とを算出した。以上の数値はいずれも第1表に載せた。深さと粒径中央値との関係および深さと粒度組成との関係グラフは、第1図(中左)に示す。

これらグラフにより、炭層の沈積と粘土分の増大との関係を見ると興味が深く、すなわち柱状図では地表下13～15mの所に第II炭層帯がくるが、この粘土分は15%以上を示し、また地表下28～31mの所に第I炭層帯がくるが、この粘土分は15～42%となつている。地表下5～13mの砂質頁岩層を除き、全コアの粘土含量は15%以下である。地表下5mの所は前述の如く割断面であり、もし試錐地点をもつと西方に選んでいた

註1) 硫化ソーダ(1N) 25ccと硫酸(1N) 25ccとを水100cc入れたビーカーに加え、この中に試料(岩石) 15gr.を投入すれば、直ちにH<sub>2</sub>Sを発生し、発生機のH<sub>2</sub>Sが膠質状セメント物を分散溶解させる。促進させるためにゴム尖棒で衝けば、直ちに岩石は土状になる。

第1表 機械分析結果

層準	深度	粒子の機械分析結果 (單位: 粒徑... $\mu$ , 粒子分布...%)											機械分析結果を再編成した組成(%)			備考			
		>1000	1000~500	500~250	250~175	175~84	125~84	84~62	62~31	31~15	15~8	8~4	<4	粒徑中央値 ØM ( $\mu$ )	シルト		粘土		
Q	0 ~ 5.2																		第四紀段丘礫層
T-1	5.2~13.5				0.1	0.3	0.3	1.2	28.3	24.5	20.4	14.7	10.2	12		67		砂質頁岩	
T-2	13.5~14.7				0.1	0.5	0.6	1.9	15.6	15.3	25.0	19.5	21.6	10	3	75	22	頁岩	
T-3	14.7~14.8																	炭質頁岩(第8枚炭層)	
T-4	14.8~15.2																	頁岩	
T-5	15.2~15.4																	第7枚炭層	
T-6	15.4~27.7			0.1	0.8	2.0	7.8	10.5	29.5	15.9	15.4	18.1	18	21	61	18	砂質頁岩		
T-7	27.7~27.8																	第6枚炭層	
T-8	27.8~28.0			0.2	0.3	1.6	0.4	4.0	6.3	22.3	4.5	19.8	40.6	5	6	53	41	頁岩	
T-9	28.0~28.2																	第5枚炭層	
T-10	28.2~30.1		0.1	1.0	0.2	0.8	0.2	2.0	4.5	29.1	15.8	16.7	30.4	8	4	65	31	頁岩	
T-11	30.1~30.2																	第4枚炭層	
T-12	30.2~30.6			4.3	0	0.5	0.3	2.3	9.7	12.0	17.5	20.6	32.6	7	7	60	33	頁岩	
T-13	30.6~30.7																	第3枚炭層	
T-14	30.7~31.0	0.4	4.0	6.4	6.1	20.6	4.8	19.0	0	15.7	8.2	6.4	8.5	60	61	30	9	砂岩	
T-15	31.0~31.1	1.2	3.1	4.6	4.6	15.0	4.0	15.0	14.3	13.4	8.3	0.6	16.0	55	47	37	16	第2枚炭層	
T-16	31.1~31.8		1.1	1.4	1.8	6.3	2.0	9.9	8.1	15.0	30.6	3.8	19.0	19	23	58	19	砂質頁岩	
T-17	31.8~33.1	0.7	2.8	7.3	7.3	17.2	4.5	10.8	11.8	7.9	3.8	7.9	18.6	40	50	31	19	砂岩	
T-18	33.1~33.2																	炭質頁岩(第1枚炭層)	
T-19	33.2~34.8	0.1	1.0	1.0	0.7	3.0	0.9	8.2	8.7	31.8	20.2	11.6	12.9	18	15	72	13	砂質頁岩	
T-20	34.8~40.0																	砂岩	
T-21	40.0~40.8	0.1	1.5	2.3	1.3	5.5	1.1	7.2	20.8	14.6	13.6	9.5	32.4	12	19	71	10	砂質頁岩	
T-22	40.8~57.0	3.8	3.2	9.4	7.5	15.7	3.6	13.5	12.8	4.3	5.4	5.2	15.4	75	57	28	15	砂岩	
P	>57.0																	古生層砂岩	



第 2 圖

第 2 表 化学分析資料

層準 記号	深 度	C (%) 炭素量 (チウリ ン法)	pH 水素イオン 濃度 (比色法)	ワシントン法による 珪酸塩分析値 (%)					珪 礫 比		10×MgO CaO+MgO	備 考
				SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>			
Q	0 ~ 5.2	0.59	6.5	58.30	31.50	8.02	0	2.96	3.14	0	第四紀段丘礫層	
T-1	5.2~13.5	0.78	6.7	66.70	24.80	3.96	0	4.04	4.55	0	砂質頁岩	
T-2	13.5~14.7	1.11	6.1	69.80	32.50	2.83	0	1.98	3.64	0	第 8 枚(炭質頁岩)	
T-3		14.10										
T-4	14.7~14.8	6.50	6.7	49.90	28.00	9.95	0.95	7.99	3.03	1.06	第 7 枚炭層	
T-5	14.8~15.2	33.00										
T-6	15.4~27.7	0.48	6.7	58.20	28.00	7.15	1.28	3.10	3.51	2.92	第 6 枚炭層	
T-7	27.7~27.8	21.40										
T-8	27.8~28.0	1.79	7.1	56.00	28.20	5.06	0.14	7.99	3.36	0.17	第 5 枚炭層	
T-9	28.0~28.2	1.84	6.2	59.90	19.80	5.71	0.72	12.90	5.12	0.53		
T-10	28.2~30.1	1.69	6.2	59.20	28.60	6.41	0.70	4.02	3.50	1.48	第 4 枚炭層	
T-11	30.1~30.2	52.20										
T-12	30.2~30.6	1.63									第 3 枚炭層	
T-13	30.6~30.7	—										
T-14	30.7~31.0	1.73									第 2 枚炭層	
T-15	31.0~31.1	56.90										
T-16	31.1~31.8	1.71	6.5	70.40	19.40	4.36	1.42	2.96	6.29	3.25	第 1 枚(炭質頁岩)	
T-17	31.8~33.1	1.10	6.5	75.80	9.04	3.11	1.20	11.66	14.20	0.93		
T-18	33.1~33.2	6.68									第 1 枚(炭質頁岩)	
T-19	33.2~34.8	0.60	6.5	67.43	24.99	2.87	0.63	0.35	4.58	6.42		
T-20	34.8~40.0	0.40	6.8	75.77	10.34	2.96	0.26	8.19	12.35	0.37	古生層砂岩	
T-21	40.0~40.8	0.58	6.4	66.30	26.65	1.84	1.49	3.10	4.22	3.25		
T-22	40.8~57.0	0.79	6.7	67.36	16.77	8.73	1.22	5.10	6.80	1.93		
P	>57.0	0.22	6.6	74.82	12.57	3.01	2.07	7.29	10.15	2.20		

ら、あるいはその砂質頁岩層の上方延長に、第 III の炭層帯をみたかも知れない。

柱状図と対照しながらみると、粒径中央値は古野層の下部から上部にかけ減少し、砂の比率と常に正の相関を示し、基底(-56m)から段丘下の侵蝕面(-5m)まで1続きの沈積輪廻(1サイクル)が行われたことを物語っている。もつとも沈積の途中で第 I 炭層帯附近に多少の粒径の擾乱を認める。このような波瀾は従来から堆積論において気候異変を導入して解決されていたものであるが、その量的表現のできる実例の1つの資料をこゝに得たことは面白い。

#### 4. 試錐コアーに実施した化学分析とその成果

##### 4.1 実施した化学分析の概要

試錐の全コアーについて、次の3種の化学的資料を得た。(1) 有機成分として、Tiulin 法の改良法<sup>4)</sup>により、コアー中に含まれる全炭素量Cを分析定量し、(2) 全コアーにつき、その構成粒子から溶け出す水素イオン濃度pHを、土壌学的方法<sup>5)</sup>(後述)により測定し、(3) Washinton 法による珪酸塩分析<sup>6)</sup>にて無機成分として、

SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, CaO の各データを得た。

これら3種の化学分析データは取纏めて第2表として掲載した。なおこれらの値から各層準ごとに珪礫比(SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の分子比)および苦土:石灰+苦土((MgO/CaO+MgO)を計算して、第2表の右側の欄に附記した。今これら各データの個々につき、説明する。

##### 4.2 含炭層中に介在する各種岩層の示す全炭素量(C)

各層準ごとに定量したCの百分率を対数尺にして、深さとの関係グラフを作り、これを試錐柱状図と比べてみる(第1図左端)。リグナイトを含む層にCの多いことは当然のことであるが、炭層の「夾み」の部分はC=1~6%位の値を示し、古野層中の炭気のない層準は、C=0.5~1.0%位を示した。同層の第 II 炭層帯および第 I 炭層帯の値を抽出してみると、次の如くである。

第 I 炭層帯 (深度 27~32 m)

層 準	種 類	炭素量C%
第 6 枚	炭 質 頁 岩	21.4
夾 み		1.8
第 5 枚	リ グ ナ イ ト	75.0
夾 み		1.7

層 準	種 類	炭素量C%
第4枚	リグナイト	52.2
夾み		1.6
第3枚	リグナイト	—*
夾み		1.7
第2枚	リグナイト	56.9
夾み		1.7
第1枚	炭質頁岩	6.6

第II炭層帯 (深度 13~15m)

層 準	種 類	炭素量C%
第9枚	炭質頁岩	—*
夾み		1.1
第8枚	炭質頁岩	14.1
夾み		6.5
第7枚	リグナイト	33.0

\* コア採れず

古生層の砂岩(基盤)中に含まれる炭素量は 0.22 であつて、特に少なかつた。以上を要約して見ると、おおよそ次表の如くなる。

Cの量	古野層 (新第三紀層)	1) 炭層帯	(イ)リグナイト層 >30%
			(ロ)炭質頁岩層 6~30%
			(ハ)夾み 1~6%
古生層硬砂岩層	2) 非含炭層(砂岩・砂質頁岩・頁岩・礫層 etc)	0.5~1%	
		<0.3%	

4.3 含炭層の示す水素イオン濃度の特色

風乾コアを粉碎して、その 5gr に少量の水(約15cc)を入れ、5分間よく振盪して懸濁液を作り、さらに遠心分離した上澄液を濾過して、その濾液の示す pH を指示薬 BCP を用い、比色法にて測定した(第2表)。

第I炭層帯および第II炭層帯にて下盤または間盤に、比較的酸性を示すものが認められた。代表的なものを抽記すれば、下記の如し。

第II炭層帯第9枚と第8枚の夾み(頁岩)

...pH=6.1, 深度 13~14m

第I炭層帯第5枚と第4枚の夾み(頁岩)

...pH=6.2, 深度 28~30m

その他の部分は大体 pH=6.5 以上を示している。酸性の原因は、極微量の CO<sub>2</sub> を含む地下水が、リグナイトに作用して腐植酸を生じたためと考えられる。

ただし現場で測定したのでなく、風乾試料について測定した pH であるから、余り顕著な差異が現われなかつた。もし現場で含水状態の試料について測定していた

ら、あるいは pH=5 の柢、もしくはそれ以下の値を得たものと推察される。ともかく風乾試料についてさえも、上述の如く相当の区別がついたことは興味深い。

4.4 含炭層の各層準に実施した珪酸塩分析の結果

4.4.1 総説—標準堆積岩よりの偏倚 古野含炭層の試錐コアの珪酸塩分析のデータ(第2表)を通常の水成岩のそれ(註2)と比べて、どの位の偏倚があるかを計算し、第3表を得た。もつとも原表(第2表)は曹達・加里・化合水などを欠いているので、これら3者は較べられなかつた。なお砂質頁岩は一應粘土岩として取扱つて比較したことを断つておく。

第3表 古野層各層準における化学成分が如何に標準の水成岩より偏つているかを示す係数

層準記号	岩 種	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO
T-1	砂質頁岩*	113	158	60	0	127
T-2	頁 岩	113	208	43	0	63
T-4	頁 岩	85	179	152	38	154
T-6	砂質頁岩*	99	179	109	52	98
T-8	頁 岩	95	180	77	5	154
T-10	頁 岩	100	183	98	28	128
T-16	砂質頁岩*	120	188	67	58	94
T-17	砂 岩	96	179	226	102	230
T-19	砂質頁岩*	115	160	44	25	11
T-20	砂 岩	96	217	215	22	149
T-21	砂質頁岩*	113	170	28	60	98
T-22	砂 岩	85	351	624	104	93

\* 砂質頁岩は頁岩として扱い、頁岩の標準値(p-12)に対照させた

第3表をみて直ぐ判る特色は、この古野層のコアの Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 含量が、いずれの層準も標準値の2~3倍を示し、非常にアルミナの残留が著しいのに反し、MgO の含量が、いずれの層準も極度に不足して、流亡の著しいことであつた。次に SiO<sub>2</sub> の含量は、偏倚量が ±20% を超過するものがほとんどなく、また CaO の含量は、1, 2 の例外を除いて標準値よりも多く、最大は標準値の2.30倍に達している。Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の含量はもつとも偏倚に変動の幅があつて、一定の傾向がつかめなかつた。

基盤の古生層砂岩の場合は SiO<sub>2</sub> は標準値に近く、

註2)

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO+Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O+
粘土岩	58.90	15.63	6.55	2.47	3.15	1.32	3.28	3.72
砂 岩	78.64	4.77	1.38	1.17	5.51	0.45	1.32	1.33

この表は高橋純一氏の水成岩序説(岩波講座)の11頁に所載の表から轉載した

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> は標準値の約 2.6 倍を示し註3), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> は標準値の 2 倍に当り, CaO は標準値をやや上廻っており, 最後に MgO は標準値の約 2 倍を示し, この MgO の値は古野合炭層のいずれの層準と較べても, 顕著な差異を示した。

地表に近い段丘層の値については, SiO<sub>2</sub> および CaO は標準値に近く, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> はやや多く, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> は多く約 2 倍を示した。以下に沖積層・古野合炭層の平均値・古生層砂岩の 3 者を, 標準値に对照した指数を以て示す(100%を以て標準値とする)。

成分	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	備考
地層						
沖積層	99	201	122	0	94	礫層中の粘土の分析値 12の層準の平均値である
古野合炭層(平均)	102	196	145	41	116	
古生層砂岩	95	264	203	177	132	

4.4.2 苦土・石灰の特異値と堆積環境 以上述べたように, こゝの水成岩は普通のものとは比べて, 非常に差があるようであるが, 特に MgO と CaO に関連して, 若干の考察を加えて見よう。一般の水成岩では, その中に含まれる MgO と CaO とを較べると, MgO の方が CaO より多い場合が過半数(約 3/5 位)に達する<sup>7)</sup>。その理由は, 風化の際にアルカリ土金属は可溶物として失われるけれども, 苦土(Mg)は膠質状の粘土物質により吸収される率が石灰よりも多く, 従つて粘土岩中に多量に集中するからである。

しかるに今回の古野合炭層のコアについて, MgO と CaO の量を比較したところ, 上述の如き関係を示さず, ほとんど逆の傾向(すなわち Ca>Mg)を示した。第 2 表に MgO:(MgO+CaO)の比を数値で示した。この値が 0.5 以上, すなわち Mg>Ca を示した層は, 深度 33.2~34.8 m の細粒砂岩層のみであつて, 他はことごとく 0.5 以内, すなわち Mg<Ca を示し, しかもその比の値が 0.3 以下の場合が大部分であつた。このことは粘土中に吸着されずに, ほとんど流亡してしまつたものと解釈される。

以上 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> が非常に多く 2~3 倍を示し, Ca が多く Mg が少なく, Mg は Ca の含量以下であることは, 連断は許されないが, 石炭を堆積させるこの種の陸成層の 1 つの指標になるのではないかと考えられる。

註 3) この古生層はほぼ二疊紀のものでとされている。Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の多いということは大陸方面の礫土質岩の存在と对照して何等かの関係を推定していかどうか? 松井氏はこの砂岩中に炭質頁岩を夾在する旨記載している。

4.4.3 酸化鉄の差別的沈澱量とその解釈 第 2 表の Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の絶対量を抽出し, 古野合炭層の各層準ごとに深さとの関係グラフをつくり, 第 2 図の中右に載せた。第 I 炭層帯および第 II 炭層帯に属する層準に, 大まかにいつて Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> が少ない(5%以下)のは, 前述のフミン酸の存在により Fe の溶解度が大きとなつて, 溶脱したものである。従つて炭気のない層準には比較的鉄分が多く残留している。例えば

{ [15.4~27.7m] 砂質頁岩  
Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>=7.15% C=0.48%  
[40.8~55.8m] 砂岩層  
Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>=8.73% C=0.79%

特に不透水層の上に, 極めて Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の多い部分があるのは(例...15m の深さ Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>=9.95), 元来鉄と珪酸との親和力が小さいために, 溶脱遊離して不透水層の直上に溜着したものである。しかし例外的な部分もあり, 例えば[40~40.8m]層準の如きは, 全炭素量 0.56% で炭気がないが, しかも鉄分は極めて少なく 1.8% を示しているに過ぎず, その原因は今のところよくわからない。

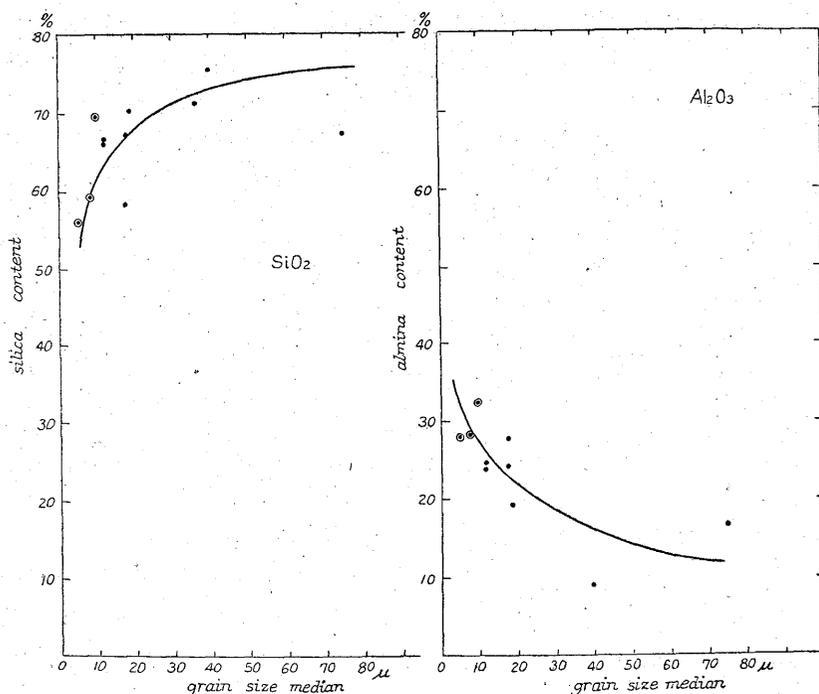
古生層砂岩中には鉄分がかなり含まれているが, これは原岩の差によるものか, それとも長年月の風化作用の結果によるものか, 今のところ明らかになし得ない。

4.4.4 アルミナ残留量と沈積輪廻との相関 古野合炭層の各層準ごとの Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の絶対量(第 2 表より)と深度との関係グラフを作り, 同様に第 2 図右側に載せた。極く大まかにいえば, このグラフでは下の方の層準ほど Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の含量が少なく, 上の方の層準ほど Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の含量が多くなることが見られないことはない。

今溶脱の関係がこゝでどのようになつていくかを知るために, 粒径中央値(第 1 表より)と Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 含量との関係グラフを作つてみた(第 3 図 β)。この図をみると, 粒径と Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の量とは丁度逆の相関関係にあることが判り, 粒子が小さくなればなるほど, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の量が増加していることが判明し<sup>8)</sup>, その関係は抛物線的であることもよくわかる。なおこのグラフを検討すると, 炭層の夾みの部分に相当する点の坐標は, 曲線の左上の部位(粒子が小で, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の多い部分)を占めることは興味深い。

4.4.5 シリカの溶脱傾向—炭層への近接と粒径とに函数関係ありや? シリカは石英粒の集中した所に多いはずであるから, 柱状図で砂岩と記してある所に多いのは当然である。層位の上下関係, すなわち古い新しいということは SiO<sub>2</sub> に無関係であるが, たゞ炭層の夾みの部分が一不連続的に SiO<sub>2</sub> が少なくなつていくことを示している。

アルミナの場合のように, 粒径中央値と SiO<sub>2</sub> の量と



第3図 粒径中央値とアルミナ含量・シリカ含量との関係

● 印は炭層に近接した層を表はす

の関係グラフを作つてみると、粒径と  $\text{SiO}_2$  の量とは、第3図 a に示すように、粒子が小さくなると、 $\text{SiO}_2$  の値が急減し、両者は正の相関関係にあり、しかもその関係はやはり拋物線的である。そこでアルミナの場合と比べれば、粒径に関しては逆の関係にあり、粒径が小さくなつて表面積が増せば、それだけ  $\text{SiO}_2$  の溶脱流亡の量が増すからである。なおこのグラフを検討すると、炭層の夾みの部分に当る点の坐標が、曲線の左下の部位(粒子が小で、 $\text{SiO}_2$  の量も小)を占めることが、明らかに観取できる。

以上アルミナとシリカとが丁度正反対の関係にあることは、土壤膠質化学の知識において、ラテライトの風化に際して(高温・多湿という気象条件下に進行する)、例えば長石類が珪酸礬土質物(Siallit)ができ、これがさらに分解を起し、 $\text{SiO}_2$  はアルカリ存在の下に溶解流亡し、後に遊離アルミナが残留富化することと一致している。こゝにおいて珪礬比( $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  の分子比)の問題を検討する必要が生じてくる。

## 5. 含炭層の示す珪礬比の意義

### 5.1 沈積輪廻との相関

土壤学では珪礬比は、岩石のラテライト的な風化の1つの有効な指標として取扱われている。高橋純一氏の研究<sup>7)</sup>にも、礬土不変の仮定の下に、 $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  (分子比)

の低減を以て、風化の進行を推定し、雨量因数註4)・6) 100前後の温帯における例を示し、原岩の差異(例えば花崗岩と輝緑岩)にもかかわらず、地化学的にみれば生成物は相似たものであることを述べている。

前述のコア分析の結果から珪礬比の分子比を計算し、第2表の右の欄に示した。またこの比を対数目盛にとり横軸とし、深さを十進目盛にとり縦軸となし、関係グラフをつくり、第2図の右端に掲げた。

深さが増すに従つて、珪礬比が増していることが認められ、このことは大きな時代の尺度からみ

て、1つの傾向を示すものと考えたい。所々不連続的に高い値を示す部分(35~40m, 32~33m)もあるが、これは堆積の途中で行われた短期間の環境の急変による波瀾と解釈すると、前述の粒径中央値のグラフ(第1図左より2番目)の変化と非常によく似た経過を辿つており、正の相関関係を示している。従つて古生層との不整合面《深度57m》から、沖積層との不整合面深度《5.2m》までの間に認められた古野含炭層の沈積輪廻の1サイクル—これは粒径により確認される—を示す間に、珪礬比もまた1サイクルを示していることを裏書きしているものである。

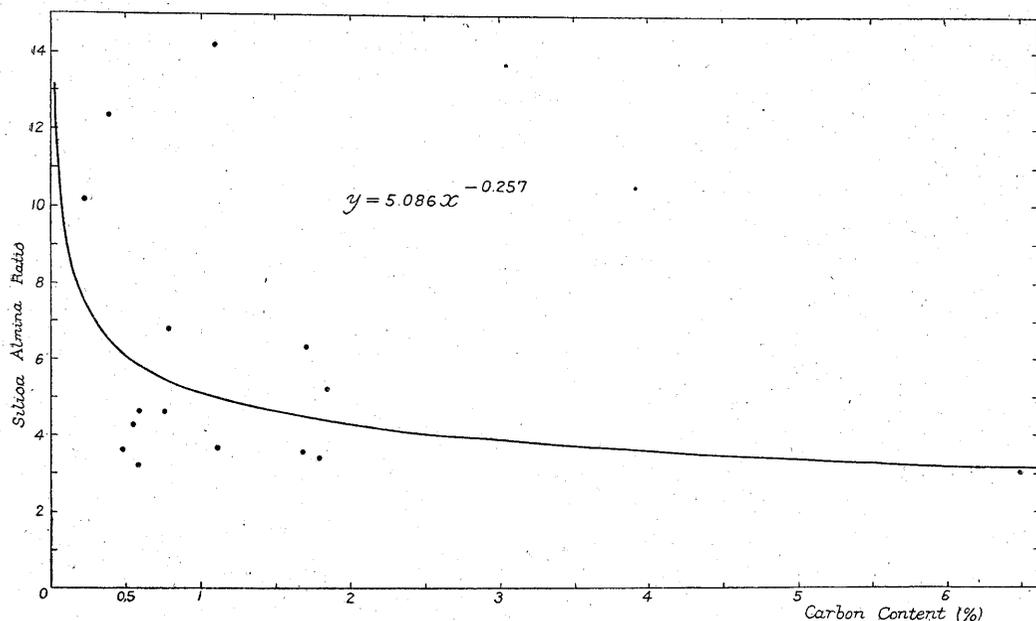
### 5.2 風化と炭層堆積の関係

アルミナの富化した特殊地層の生成する過程には、腐植酸の如き炭素系物質が関與することが、一般に知られているが、今こゝに見るようなアルミナ過剰な生成物の中に残存する炭質物の量と、その地層の風化の度合とを見較べてみる。

有機酸供給源たる炭質物の量は、全炭素量(C)を以て表わしうるものとしてx軸にとり、風化度は珪礬比を以て代替せうるものとしてこれをy軸にとり、各層準の坐標をプロットすれば、第4図のように多少点はばらつ

註4)  $\text{rain factor} = \frac{\text{年雨量(mm)}}{\text{年平均温度(°C)}}$

これは気候を客観的に表示する方法の1つであつて、ラングLangの始めて創始提唱したものである。



第4圖 堆積岩中の炭素含量と珪礬比との関係

くが、ある種の関係が予想される。この直交グラフでは、y軸は下に向つて風化の度がはげしくなることを示し、x軸は右に右つて炭質物の増大を示している。最小自乗法により、この点の位置から予想される曲線の実験式を算出して、次の式を得た。

$$y = 5.086 x^{-0.257}$$

すなわちこの曲線は双曲線に似た形をとり、xはおおよそ $y^4$ に反比例して変化する。しかしyは小さいほど風化の程度が強いのであるから、『 $y^4$ に反比例して』という言葉はいい換えれば、風化の進行に正比例してということに当る。この曲線で見ると、風化が極端に進んでくると、Cの量はきわめて大となることを示唆している。Cの量のきわめて大きい所はすなわち炭層に当るから、逆に石炭の灰分中に含まれる $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ を吟味してみるのも興味あることと考へた。

今この古野含炭層中のリグナイトの灰分の分析値を得なかつたので、他の地域の石炭の灰分の化学分析値の標準値を見つけて<sup>9)</sup>、その平均値を算出してみた。すなわ

成分	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	MgO	CaO
石炭灰分平均値	51.53	25.71	8.26	4.30	5.33

ちこの値から珪礬比(分子比)を計算すれば、3.41を得る。この3.41なる値を第4図の曲線と対照すると、それは丁度x軸に沿つた漸近線の近くに落ちることが推定される。こゝにおいて、この第4図の曲線こそは、炭層

の存在とその前後の堆積層の風化状況との関係の1端を説明する、1つの有力な資料であることを報告する次第である。

なお上述の風化現象を示すいろいろの値は、この層が堆積した当時の状態が余り変えられずに残っているのか、それとも堆積以後2次的ないわゆる深層風化が持続した結果であるのかという問題に関しては、いまにわかに結論を出す根拠が少ないので、このまゝにしておく。

## 6. 要約

三重縣員弁炭田の試錐コアを例にとり、該地の含炭層たる古野層(上部鮮新統)に関し、機械分析と化学分析を実施した結果をまとめ、含炭層の本質と思われるものを抽記すれば、次の如くである。

1° 機械分析結果(第1表)から、粒径の中央値を算出し、また粘土・シルト・砂の組成を算出した。地層の堆積の順序とこれらの値との関係は第2図の如く、粒径は古野層の下部から上部にかけて漸次減少して、1図の沈積サイクルを表示している。砂の比率の方は粒径のサイクルとはほぼ正の相関を示している。炭層のある層準附近は、粘土分が卓越し、比率15%以上を示した。

2° 地層中に含まれる全炭素量は次の如くに分類できる(数字はCの元素分析値を示す)。

リグナイト層……>30% 炭質頁岩……6~30%  
夾み(頁岩)……1~6% 非含炭層……0.5~1%

3° 無機成分については、一般の水成岩の平均標準値

からどの位偏倚しているかを検討したところ、全層に亘つて  $\text{Al}_2\text{O}_3$  は標準値の2~3倍を示し、 $\text{MgO}$  は標準値の $\frac{1}{2}$ ないしそれ以下で極めて少なく、 $\text{CaO}$  は標準値をやや上廻り、絶体量において  $\text{Mg} < \text{Ca}$  の関係を示した。

4°  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  は、例外もあるが、炭層に近接する所で少なく、炭層から遠ざかると、多くなる傾向を示した。

5°  $\text{Al}_2\text{O}_3$  と深度との関係グラフ(第1図右)が示すように、アルミナ含量は古野層の下部に少なく、上部に向つて漸次多くなる傾向を示し、丁度粒径中央値と負の相関を示した。しかし沈積の1サイクルを示すことは一致している。粒度とアルミナ量との関係は、粒子が小さくなるにつれて、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  の量が急激に多くなる(第2図)。

6°  $\text{SiO}_2$  量については、層位の上下関係では余り顕著な差異が認められないが、たゞ炭層の夾みの部分に急激な減少が見られる。粒度とシリカ量との関係は、アルミナとは正反対で、粒子が小さくなれば、 $\text{SiO}_2$  量は急激に少なくなる(第2図)。

7° 各層準ごとの珪礫比( $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  の分子比)と深度との関係グラフ(第1図右端)を見ると、粒径中央値の場合のグラフと正の相関を示し、古野含炭層の沈積の1サイクルの間に、珪礫比もまた1サイクルを示した。

8° 珪礫比の低値は風化の進行の1指標として扱われるが、各層準に含まれる全炭素量(x)と珪礫比(y)との関係グラフ(第4図)は、次のような双曲線類似の函数関係を示した。

$$y = 5.086 x^{-0.257}$$

この式は風化の進行とともに、炭素量の漸増することを示している。なお石炭灰分の中に含まれるシリカとアルミナとの分子比も、上記グラフのx軸を延長した際におけるyの対照値の近似値を示すことが明らかとなつた。こゝにおいて石炭層の成立とその堆積前後の堆積物の風化状況とは切り離し難い関係にあることを断定してさしつかえない。  
(昭和24年4月~6月研究)

#### 参考文献

- 1) 松井 寛：三重縣四日市・桑名地方の地質(京大理, 地鉄教室学術報告) 第2号, 昭和18年7月, 1-11頁。
- 2) 安田敏夫：員弁地方の地質と地形(京大理, 科学教育研究室報告) 昭和22年, 40-50頁。
- 3) Krumbein W.C. & Pettijohn F.J.: Manual of Sedimentary Petrography. New York 1935, p-48, p-76.
- 4) 尾原信彦・渡辺和衛・上野静子：濕式法による石炭中の炭素定量とその應用。(地質調査所月報) 第2巻第3号, 昭和26年3月, 167-171頁。
- 5) 松本五楼：土壤(実用農藝全書2)。明文堂, 昭和11年, 191-198頁。
- 6) 大杉 繁：一般土壤学(農藝化学全書 第10册) 朝倉書店, 昭和17年, 26頁, 62-63頁, 510-517頁。
- 7) 高橋純一：水成岩序説(岩波講座)。昭和7年8月, 11-12頁, 17-18頁。
- 8) 森田修二：土壤膠質化学(土壤化学第5編) 養賢堂, 昭和23年, 20-22頁。
- 9) 稻垣 勝：石炭の分光分析(其の二)(炭研) 第2巻第9号, 昭和26年, 264頁。