

電気検層図からみた常磐炭田地区の電気的特性について

— 常磐中郷 10 号孔井電気検層 —

武居 由之* 高木 慎一郎* 畑瀬 安彦**

On the Electrical Properties by means of Electrical Logging in Jōban Coal Field

by

Yoshiyuki Takei, Shin'ichirō Takagi & Yasuhiko Hatase

Abstract

The electrical logging was carried out near the Minami-nakagō station situated at the Taga area in the Jōban coal field.

The drilled hole which was measured penetrated Tertiary layers and coal seams, and reached to the basemental rock.

Fig. 2 shows the S.P. curve and the resistivity logs are recorded with normal and lateral devices.

As the results of log analysis, four layers are recognized.

The thickness and the electrical resistivity of each layer was calculated and some qualitative interpretation is as follows:

1st layer	20~62 m	4~8 Ω-m	Taga group
2nd layer	62~246 m	2 Ω-m	Shirasaka formation
3rd layer	246~348 m	4 Ω-m	Asagai formation
4th layer	{ 348~420 m 420~653 m }	{ 4~9 Ω-m — }	Iwaki formation
basement	653 m	—	Pre-Tertiary

要 旨

電気検層が常磐炭田多賀地区南中郷駅近くで行なわれた。

使用した試錐孔は第三紀の各地層と炭層を貫いて基盤岩に達したものである。

ノルマル, SP, ラテラルの各方式で測定し, 地表より地下 500 m の間を 4 つに分け, 層厚と層抵抗を計算し定性的な解釈を試みた。

常磐炭田で 4 本の検層が地質調査所により行なわれた。それらを総合して電気抵抗値から簡単な対比表を作った。

電気検層図から砂層と頁岩層の厚さを測り砂泥比を計算した。

上位の地層は地区により値が変わるが, 下位の地層はほぼ一定した値を示している。

* 物理探査部

** 元所員

1. 緒 言

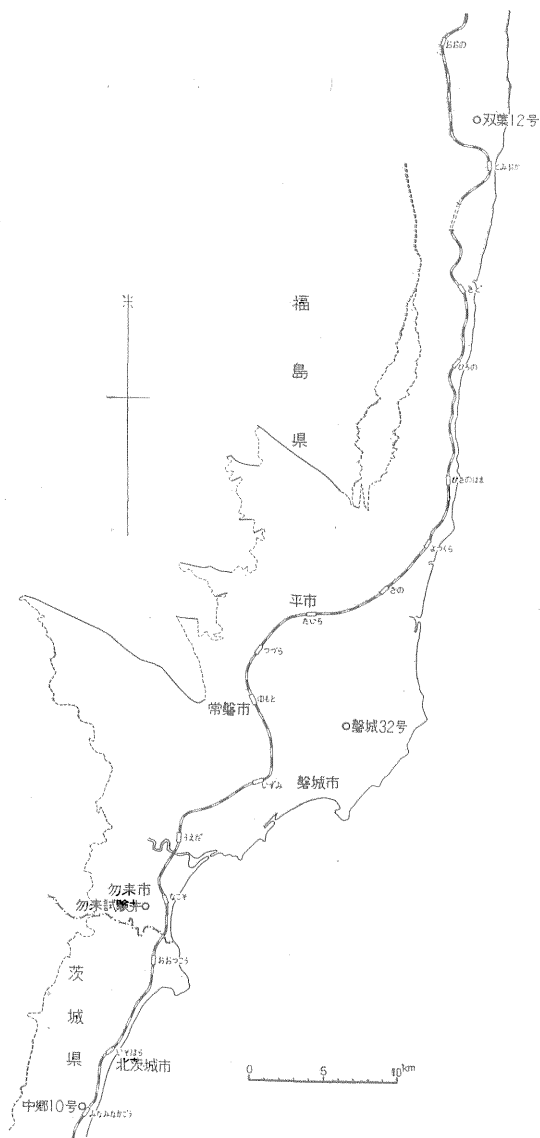
常磐地区において地質調査所により行なわれた電気検層としては, 双葉地区夜の森, 双葉 12 号³⁾, 石城東部地区上蔵持, 磐城 32 号³⁾, 石城南部勿来市熊道地質調査所試験井^{注1)}, 多賀地区中郷 10 号の 4 坑井がある。

これらは常磐炭田の 4 ブロックに各 1 所ずつ分布しているので, 検層図より常磐炭田各地区各層の電気的性状について考察する。

2. 中郷 10 号孔の電気検層

炭層調査のための試錐孔「常磐中郷 10 号」が昭和 35 年 11 月常磐炭礦 K.K. 茨城礦業所により掘さくされた。この坑井に対して電気検層を行なって, 垂直電気探査の解析の一助とした^{注4)}。

注1) 昭和 36 年 12 月, 地質調査所により電気検層を行なう。



第1図 各坑井位置図

掘さくは地下の主要夾炭層を貫き基盤岩(深度 653 m)まで達したが、検層時には坑内の崩落が激しく電気検層を 505 m まで行なって終了した。

調査期間は昭和 35 年 11 月 10 日から 15 日まで、位置は北茨城市小野矢指にあり、常磐線南中郷駅西 500 m の地点である。

掘さく者による地質柱状図は第3図のとおりである。それによると表土約 3m, 3~60m 細粒砂岩と頁岩の互層, 60~238m 頁岩貝化石を含む部分がある。238~420m 砂岩細粒から粗粒への漸移を繰り返す。420~653m 砂岩粘土混り砂岩層の繰り返しがある。夾炭層, 薄い炭

層を数枚挟む。基底部付近には厚い炭層がある。

653 m にて基盤岩(片岩)に達する。

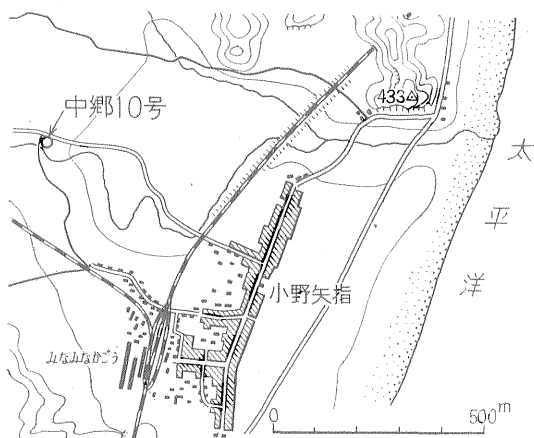
測定は S.P., 比抵抗(ショートノルマル, ロングノルマル, ラテラル)について行ない第3図のような結果を得た。

孔壁の崩壊が生じ各方式とも深部の炭層を検層することができなかった。

マイクロログも用意されたが目的を果されなかった。

坑内泥水比抵抗は 14°C において 8.8Ω-m, 坑内泥水最高温度は 36.5° であった。(食塩濃度に換算すると約 740 mg/l にあたる。)

測定装置は EL-10 型電気検層機³⁾, 電極には径 45 mm 電気検層用電極を使用した。



第2図 中郷10号位置図

2.1 自然電位曲線

20~500 m 間を測定した。自然電位曲線(S.P. 曲線)の変化は坑内泥水と地層水との接触を生じている部分に生起する。

S.P. 曲線を概観すると上部と下部では頁岩基線が左へ漸移するが、坑内水の状態によってはかような場合も起きる。そこで掘さく泥水が検層時に通常の状態になかったものとして頁岩基線を想定する。

頁岩基線よりの偏差と認められる量は -5mV~-16 mV 程度であるが、著しい負の偏差を示す位置は ① 30~65 m ② 245~310 m ③ 345~430 m ④ 450~460 m ⑤ 490 m の深さにある。

① は -10 mV 程度の偏差を示す層が 5 層あり、いずれも比抵抗曲線に高抵抗値が現われる。地層は砂岩頁岩の互層と記されているが孔隙率大きく透水性の層とみられる。偏差を示す位置は砂岩層に対する位置にある。

① から ② の間では自然電位変化が少なく不透水性の

第1表 常磐中郷 10 号井電気検層比抵抗算定

層	層の深度 (m)	層厚 (m)	坑内 水温 (°C)	泥水 抵抗 (Ω -m)	孔径 (d) (m)	(AM) ₁ /d	R _{a1} (Ω -m)	(AM) ₂ /d	R _{a2} (Ω -m)	e/d	R _{a1} / R _m	R _{a2} / R _m	R _t /R _m	R _i /R _m	R _t	R _{a3}
															(Ω -m)	(Ω -m)
1	20~30	大	19	8.0	0.086	2.9	3.5	11.6	3	大	0.44	0.38				3~4
2	48~50	2	20	7.7	〃	〃	12	〃	7	23	1.6	0.90	0.9	6	7	7
3	90~100	大	21	7.5	〃	〃	2	〃	2	大	0.26	0.26	0.26		2	2
4	260~262	大	28	6.4	〃	〃	4.5	〃	3.5	大	0.7	0.54				4
5	348~351	4	31	6.0	〃	〃	16	〃	6	45	2.6	1.	1	11	6	6~7
6	366~374	8	32	6.0	〃	〃	14	〃	8	大	2.8	1.3	1.3	6	8	8
7	388~394	7	32	5.9	〃	〃	14	〃	8	大	2.8	1.3	1.3	6	8	6~8
8	420~430	30	34	5.6	〃	〃	7	〃	5	大	1.2	0.9	0.9	6	5	5

頁層とみられる。②は -8mV 程度の偏差が5回繰り返し現われる。対称的に比抵抗曲線に高抵抗が現われる。地層では粘土混り砂岩・細粒砂岩に相当する。③は -12~-18mV の鋭い偏差を示す層が3層あり、高比抵抗部にあたる。しかるに高比抵抗でも必ずしも S.P. 偏差を示さない層が2層あり、硬結頁岩質砂岩層とみられる。④では夾炭層付近において -6~8mV の偏差を生じ、対称的に高比抵抗部が存在する。地層は中粒砂岩が優り、薄い炭層を含むが偏差の量は概して小さくなっている。

理論的には、S.P. 偏差はすべて電気化学的電位によるものとし、流動電位による電位差を考慮しない場合、偏差量より地層内の水の比抵抗を知りうるが、本報では定量解釈にはふれない。

2.2 比抵抗曲線

比抵抗測定に用い電極配置はショートノルマル (AM 25cm), ロングノルマル (AM 1m), ラテラル (AO 3m) の3方式である。

比抵抗値より ① 20~65m ② 65~245m ③ 245~340m ④ 340~420m ⑤ 420m 以深に区別する。

①ではショートノルマルに高抵抗層が7層認められ、S.P. には負の偏差を記している。(max 14 Ω -m min 4 Ω -m) ロングノルマルは高抵抗でおよそ 6 Ω -m である。29~45m 間では R short < R long で S.P. 正偏差ともみられる部分に対応する。この場合 $R_w > R_m$ の関係にありうる。ラテラル曲線では 2 Ω -m である (R_w : 地層中の水の比抵抗 R_m : 坑内水の比抵抗)。②では3曲線とも約 2 Ω -m を示す。ショートノルマルにおいて高抵抗層が一部に現われるが、S.P. 曲線、地質柱状図にも変化が記されていないので部分的緻密質部ではないかと考えられる。③では徐々に高抵抗となり 3~4 Ω -m となる。④⑤では3曲線とも同じ値を示す。すなわち電極間隔が大きくなり探査半径が深くなくても、同じ抵抗を

示す。泥水の坑壁への浸入、混合が少ないのであろう。⑥では高抵抗層が5層現われる。最大は 15~16 Ω -m, S.P. 負偏差を生ずるが、10 Ω -m 程度の抵抗層では S.P. 偏差を生じていない。ラテラル曲線は 6~8 Ω -m の値を示している。ラテラル曲線においては高抵抗の地層の下境界で極大値を示し、境界のわずか下部で極小値を示すがこれらは見掛けの値である。

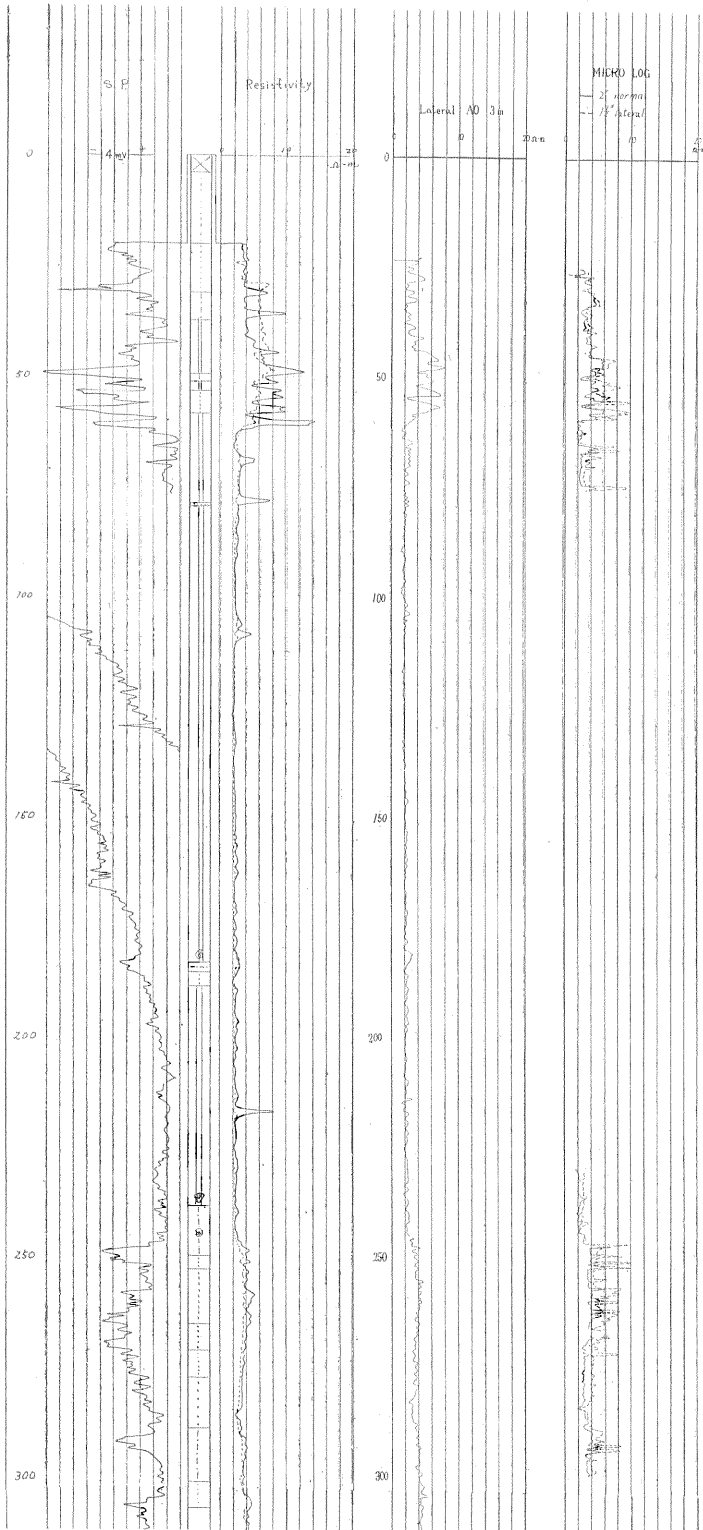
地層の真の比抵抗は電気検層図に示される2つの見掛け比抵抗、泥水比抵抗、層厚、孔径が知れるとき、泥水浸入領域の深さを仮定すると、偏差曲線図表を索引することにより算定できる注2)。このような岩相では浸入領域は孔径の2倍程度に仮定するのが適当と思ひ、各層の比抵抗値を算出すると次のようになる。

深 度 (m)	比抵抗(ラテラル) (Ω -m)	(ノルマル算定) (Ω -m)
20~44	3~4	
44~63	4~8	7
63~240	2	2
240~338	4	4
338~420	4~9	6~8
420~		

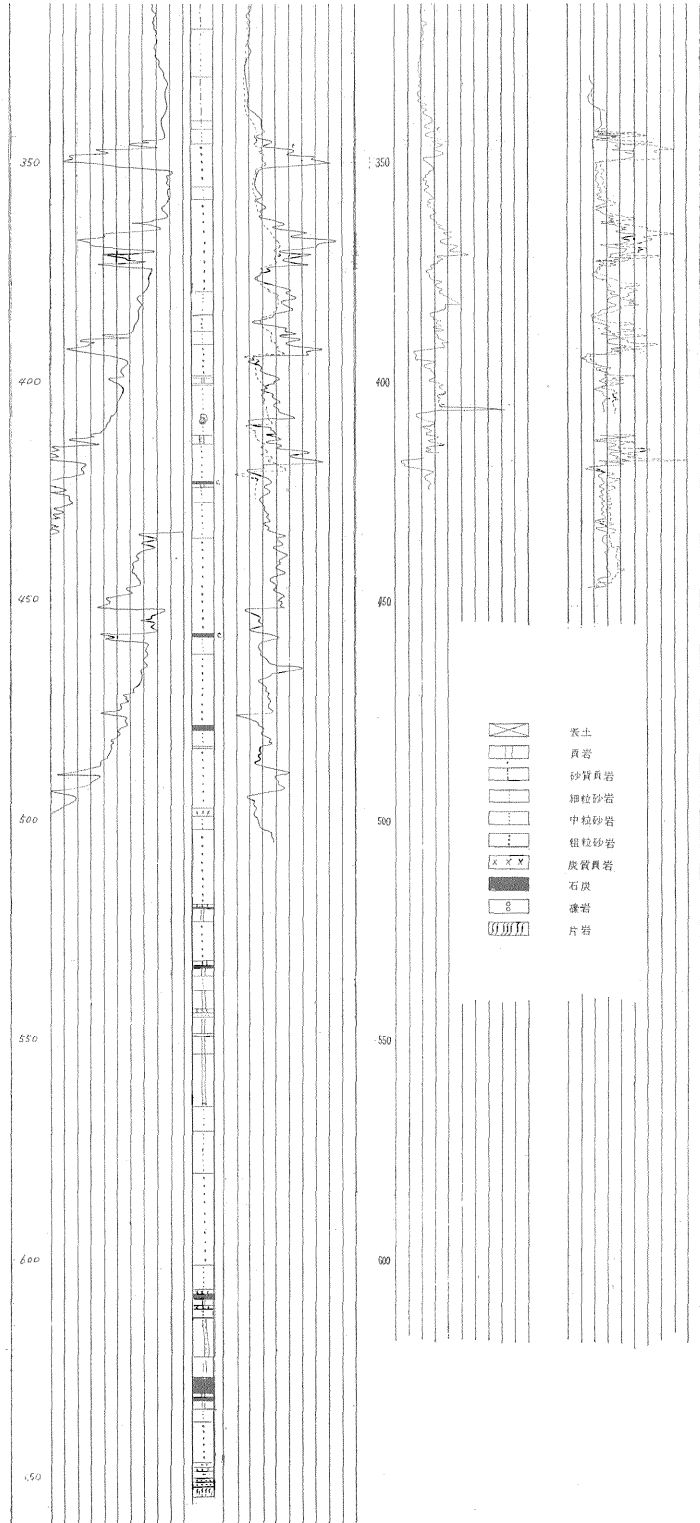
ラテラル曲線は電極間隔が大きく、孔壁からの探査深度が大きいため真の比抵抗に近い値となる。互層の場合には各層の合成された値に近づく。ラテラル曲線では緩かな曲線となるべきであるが、詳しくみるとふれが激しい。測定される電圧が小さく、検流計の感度を向上させたことによるのであろう。ラテラルおよびノルマル算定値がおよそ同じ値を示しており、この値をもって各層の電気的性状を考察することができる。

地震探査によれば、地層の屈折法は本坑井付近では

注2) Schlumberger 社発行, Document No. 3, 1949



第 3 图 電 氣



検層図

第2表 各坑井の地層見掛け比抵抗値

坑井名		中郷10号		勿来試験井		磐城32号		双葉12号			
施行年月		35年11月		37年1月		33年3月		34年3月			
地質時代	層序	深度(m)	(Ω-m)	深度(m)	(Ω-m)	深度(m)	(Ω-m)	深度(m)	(Ω-m)		
第四紀	冲積層	4						0			
新第三紀	鮮新世	多賀層群	4~8						30~60		
		高久層群	78			0	5~8 4~10	205			
	中新世	白土層群					89				
		湯長谷層群	三沢部層								
			本谷部層					89			
		龜尾層						2			
		水野谷層			0		191				
		五安層群	五安層			47	5~10	269	2~14	205	
			滝夾炭層			76	10~20	424	10~30	362	10~30
古第三紀	漸新世	白坂層	2				2~4	362	3		
		白水層群	238	4	76	5~20	820	643	3		
		浅貝層	342		120				747		
		石城夾炭層		4~9		5~30					
白堊紀	双葉層群	653									
先白堊紀	先白堊系	653									

第1層 0~150m 1900 m/sec
 第2層 150~330m 2200 m/sec
 第3層 330~590m 2700 m/sec
 基盤岩 590m~ 5000 m/sec

となっている。

電気比抵抗は地層の構成物質、含有水分などに関するものであり、力学的性質を表わす弾性波速度とは直ちに対応づけられるものではないので、両者を比較すると、

(1) 第1層と第2層の境界付近では比抵抗値は一樣で電氣的境界はみられない。

(2) 第2層はおよそ 2~4 Ω-m 層 (低抵抗層) に対応する。

(3) 第3層は 4~9 Ω-m 層に対応する。

(4) 深部の検層記録が得られなかったが、さく井記録では基盤岩は 653m の深さに現われる。

掘さく者記録、常磐炭田地質図などから本電気検層図の地質層序を記すと次のようになる注³⁾。

20~62m	4~8Ω-m	多賀層群	42m 以上	砂質泥岩
62~246m	2 Ω-m	白坂層	184m	泥岩
246~348m	4 Ω-m	浅貝層	102m	細粒砂岩
348~420m	4~9Ω-m	石城層	305m	中粒砂岩
420~653m				砂質頁岩
653m		先第三系		炭層
				片岩

注3) 層序は掘さく者記録による。

第3表 各坑井の砂泥比算定

坑井名	地層名	深度 (m)	層厚 (m)	抵抗値 (Ω -m)	%	%	Sand-Shale ratio
中郷 10 号	多 賀	20~62	42	3~5 6~14	50	50	1
	白 坂	62~248	186	2 4~6	97.3	2.7	0.03
	浅 貝	248~344	86	4		100	
	石 城	344~500	156	3~6 7~15	43	57	1.31
勿 来	水 野 谷	0~45	45	5~8	100		
	五 安	45~75	30	5~15 16~45	30	70	2.3
	浅 貝	75~119	44	5~20			
	石 城	119~250	131	0~10 11~40	69	31	0.46
上 蔵 持 (磐城 32 号)	高 久	27~92	65	2~4 5~10	58	42	0.72
	亀 尾	92~192	100	2 12	95	5	0.05
	水 野 谷	192~275	83	3 4~18	54	46	0.85
	五 安	275~425	150	2~5 6~40	16	84	5.4
	白 坂	425~480	55	2~3 4~10	78	22	0.28
双 葉 (双葉 12 号)	多 賀	36~205	169	5~80		100	
	五 安	205~360	158	5 6~80	14	86	6.2
	白 坂	360~650		5	100		
	浅 貝	650~700	290	6		100	

常磐地域における他の電気検層図を並列させて地区ごとの電気的層序と対比を試みた。第2表のように白坂層・浅貝層の比抵抗値は各地区ではほぼ同じ値を示す。

多賀層群について比較すると中郷 10 号と双葉 12 号では位置が隔っているのであるが、著しく値を異にする。岩相の違い、多賀層群が新期の地層であり、地表に近い場合含有水は地表水の影響をうけて比抵抗値に地域的な差異を生ぜしめるのではないかと考えられる。

一方概して旧期の層になると岩質、含有水の地域的差異は少なくなり、抵抗値に近い値となる傾向がある。

2.3 砂泥比

地層の比抵抗は地層の構成物質、組織と地層内に含有される水の性質に関係するもので、前者については電気検層曲線の形状より経験的に推察できる。

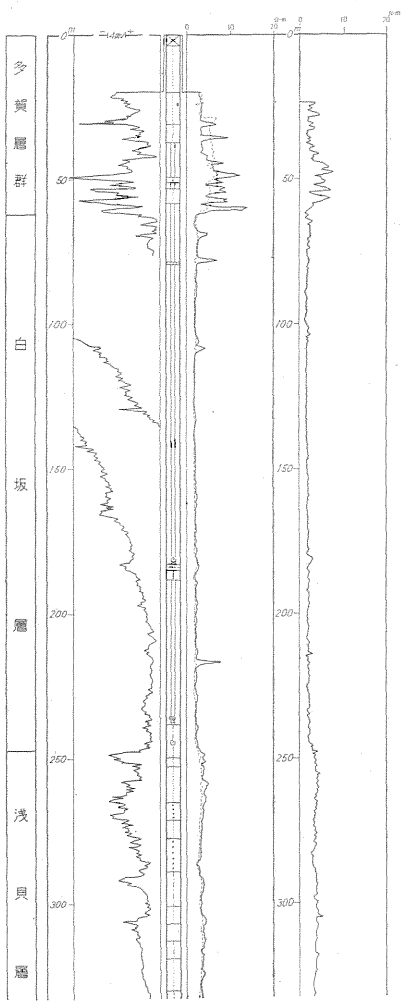
砂泥比 (Sand-Shale ratio) は堆積岩の互層において各単層の厚さを測り $\frac{\text{砂岩} + \text{礫岩}}{\text{頁岩} + \text{シルト岩}}$ の比をもって表わす。

探炭試錐の場合、コアの完全採取を目指しているが採取率はおよそ 68% 程度といわれている²⁾。柱状図は採取コアに掘進率、スライム、レバーの触感などを補って作成されている。電気検層図からも砂泥比を求めることができる。高抵抗、負 S.P. 偏位の部分を砂岩、低抵抗で S.P. が基線付近にある部分を頁岩とみなして各層厚の和をとり砂泥比を求めた。計測した各地層の砂泥比をみれば、第3表のようになり同層準でも地区により砂泥比の異なるものが多い。例えば水野谷層・多賀層群など。

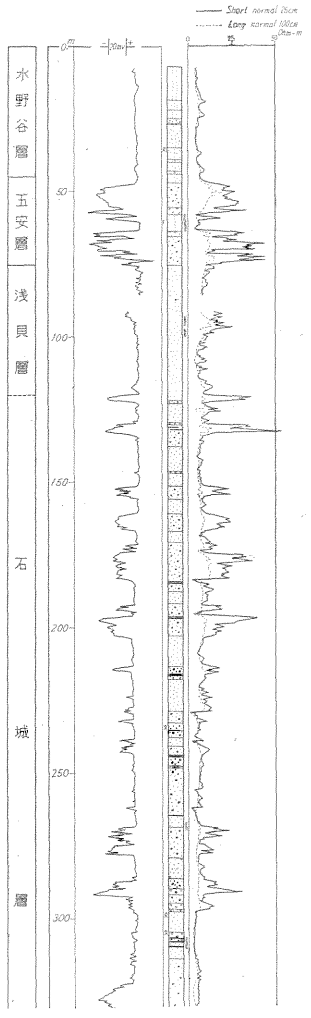
五安層・白坂層・浅貝層など旧期の層は各地区ともほ

中郷10号坑井
S.P. RESISTIVITY

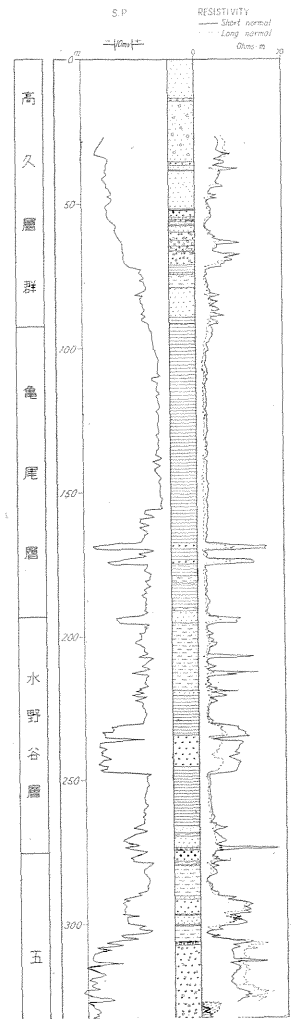
LATERAL 40±m



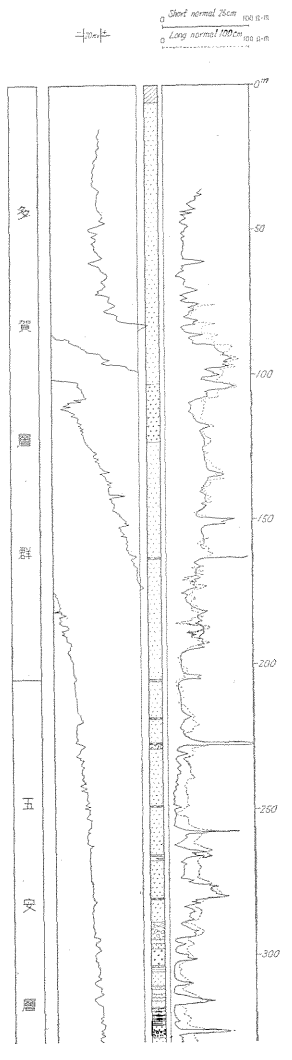
勿来試験井
S.P. RESISTIVITY



築城32号坑井
ELECTRICAL LOG



双蝶12号坑井
S.P. LOG RESISTIVITY LOG



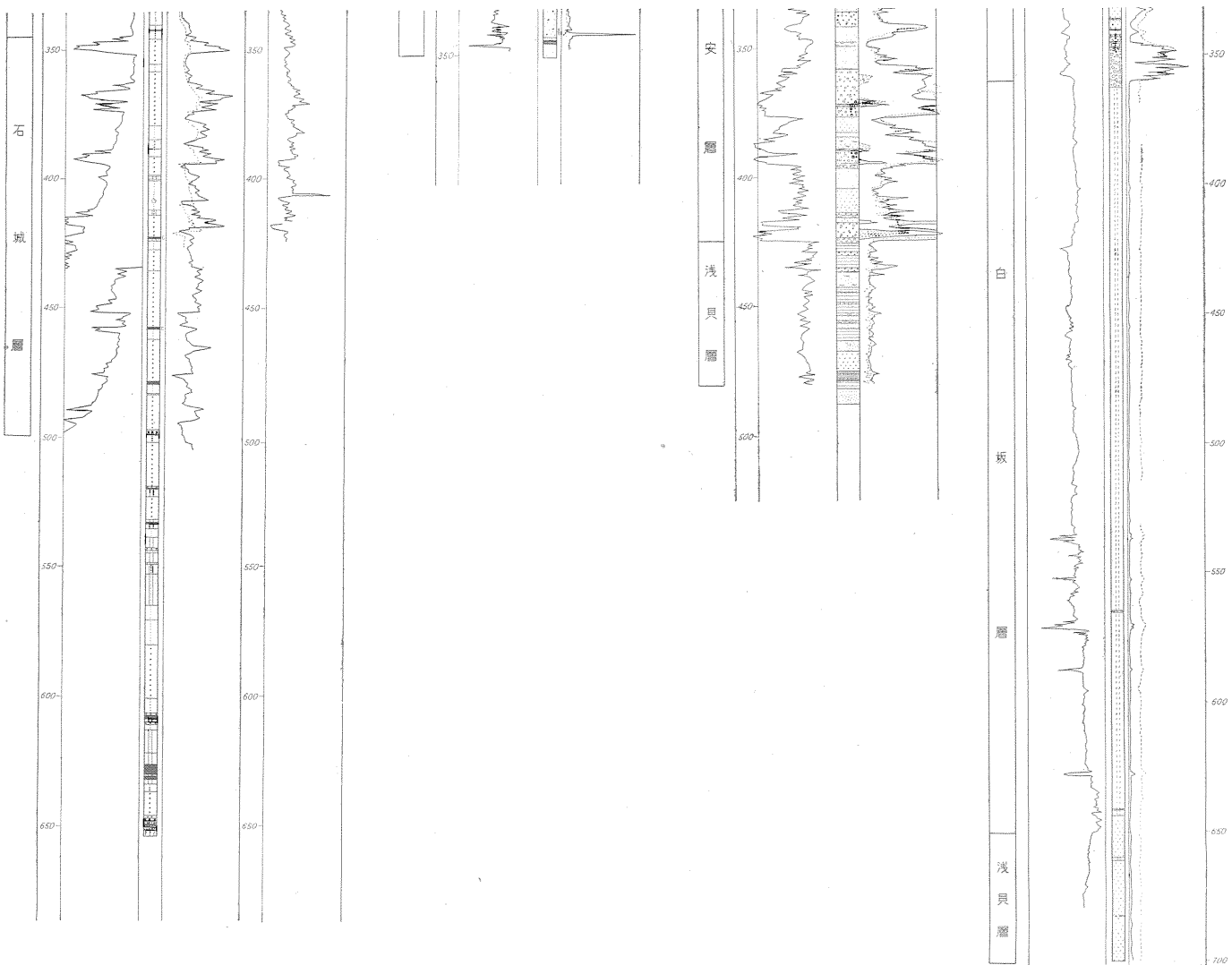


図4 各坑井の電気検層図

ほ同じ程度の砂泥比である。

3. 結 語

今回の電気検層はたまたま炭田開発のため試錐中の坑井に掘さく者の許可を得て行なったもので、常磐炭田多賀地区の電気探査に有益であった。目的とした深部の炭層の検層、および電気検層による地下構造の探査は、後者についてはほぼ判明したが前者を解明するにはまだ難があり、今後は深部の特殊検層法の通常化が必要である。標準電気検層より真比抵抗値を求めた結果はラテラル方式で得られた値と近い値であるので、構造的な検層にラテラル配置は有効であると思われる。

(昭和 35 年 11 月調査)

文 献

- 1) 地質調査所：日本炭田図，I，常磐炭田地質図，1957
- 2) 中林一孝：探炭試錐孔中の電気検層，鉦山地質，Vol. 7, No. 23, 1957
- 3) 佐野凌一：常磐地域における放射能検層による放射能強度分布調査，地質調査所月報，Vol. 11, No. 12, 1960
- 4) 小野吉彦・陶山淳治・馬場健三：直流法による観測値の再現性と不均質効果，地質調査所月報，Vol. 14, No. 3, 1963