

油田地下構造と石油比重との関係

1. 秋田縣雄物川油田について

木 村 春 彦

1. 要 旨

秋田縣雄物川油田に於て各油層の石油比重及各油層の各々について、各地點の石油比重を測定した結果と、地下構造との關係を研究し次の法則性を得た。

- A 石油比重は深度大なる油層のもの程小である。
- B 法則性Aに於ける比重増加率は深度小なる程大となり、深度大なる程小となる。即ちこの關係は深度と比重を坐標軸とした二次曲線様の曲線として近似的に示され得る。
- C 同一層準の油層内では、その油層の上位の部分程石油比重が小である。
- D 法則性Cに於ける比重差は深度大なる油層程小である。

これ等の法則性は同一系統或は同一層群内では比較的明瞭に成立する。そしてこれ等の法則性を、石油比重及深度を坐標軸として圖示すれば、層群の系統が異なる場合はそのそれぞれの層群に對應する石油比重曲線群が得られる事を推定した。

更に上記の法則性Cを油層の水平的深度分布に適用すると、理論的には特定の油層の地下等高線圖と、その油層の等比重線圖は軸のほぼ一致した相似形となるべき事を豫想し、資料の多い正確に構造の分る油層について、地下等高線圖及等比重線圖を作り比較検討した。其結果「ずれ」のあるところはあるが、大體上記豫想が成立する事、即石油等比重線圖は背斜構造に或程度支配される事、及斷層によつて不連続になる事等を見出した。しかし理論的に豫想した様な一致は得られなかつた。

次に前記の各法則性や石油比重線圖と背斜構造の關係についてその理由を理論的に考察し、石油成因論的示唆を喚起し、そしてこれ等の事實が油田（特に最近開發されつつある平原油田）に於て地下構造推定の補助手段として用い得られる可能性を論じ、前記した如きこの比重背斜（以下背斜構造に於ける石油等比重線圖を比重背斜と名付ける。）と構造背斜との間にある「ずれ」が、石油の地下に於ける浸透速度が、構造生成速度に比し、緩慢であるとゆゑに起因し得る事を指摘した。この事に關連して産油量について比重背斜と構造背斜とを比較してみ、前者の軸に近い油井の部分に産油量が大である傾

向を見出し、從來油田に於て構造背斜軸直上附近に最多産油井が必ずしも存在しない事實より、油田開發に於て坑井位置選定の場合比重背斜を見出す事によつて、比較的簡単に産油量の増加を期待し得る場合があるとの結論に達した。

しかし本論における法則性、諸事實、及それ等よりみちびかれた推定等は勿論雄物川油田についての事であるが、筆者は今後これ等の事を他の油田についても検討し、適用限界を明確にし、一般的法則に發展せしめ、實用性を持たせたいと考えている。

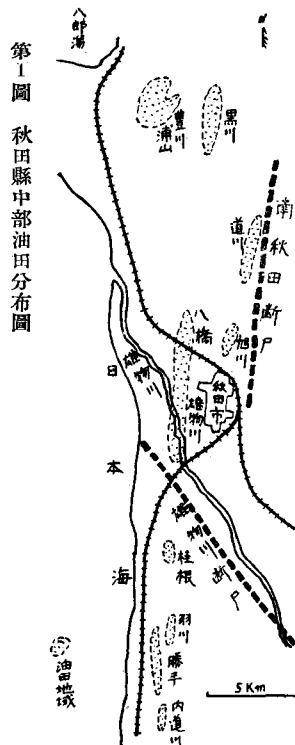
2. 前 書

從來石油比重と深度及地質構造の關係は、深度が深い油層程石油比重が小さいとゆゑ事が莫然と經驗的に知られていたにすぎなかつたが、筆者はその關係を更に詳細に研究する必要を感じ、昭和20年6-7月秋田縣雄物川

及新屋油田に於て本研究を実施した。此の研究は各地の油田で行ひ、結果を比較したいとおもつていたが、その機会がないので、とりあえず次に秋田縣雄物川油田の例についてのべる。

雄物川油田は秋田市の西側にあり、大部分沖濱層に覆われた平原油田で、其北側にある同一背斜層の八橋油田と共に秋田縣に於ける現在最大産油油田である。これ等の油田を含む背斜構造は北に延びて黒川油田に連なり、現海岸線と平行に南北に走つている。

これらの一連の背斜



第一圖 秋田縣中部油田分布圖

軸は雄物川油田附近に於いては、南方に沈降の傾向を有し、かつて松山基礎博士が重力探査によつて検出した位置より若干西にずれて存在してゐる。

(第1表)

鮮新?	鷹巣層群	
	由利層群	笹岡層……………150 m
		桂根層……………200~250 m
	八橋凝灰岩層……………約 30 m	
中新?	男鹿島層群	船川層……………約 650 m
		女川層……………100 m +
	院内層群	不整合

この附近の地層(第1表)は大體上部が鮮新世といわれる由利を層群に、下部が中新世といわれる男鹿島層群に屬し、更に細分すれば上より淡青灰色の笹岡層(砂質頁岩)桂根層(砂岩、頁岩の互層)で、これらはそれぞれ男鹿半島の脇本層、越後の椎谷層に對比され得るものである。桂根層の基部は八橋凝灰岩とよぶ軽石を含む厚さ約30mの粗面岩質凝灰岩で、これは上部七座凝灰岩に對比され、この地方に於けるキーバッドとなつてゐる。この下には船川層(黑色頁岩)、女川層(硅質頁岩)がある。船川層は數枚の凝灰岩を含む、これ等の凝灰岩は貯油層となつてゐる。

3. 本 論

(I) 地下構造

地下構造圖は電氣檢層を實施したものを標準とした。各層の對比基準は次のものをキーバッドとして用いた。

a 桂根層の砂岩の發達良好な部分(主として砂岩と頁岩の互層、時に淡水性堆積層がある。深度約90~130m八橋油田に較べて一般に深度が浅いから、これは桂根層がこの地區で厚くなつてゐる爲であるとおもわれる)。

b 八橋凝灰岩の頂部(新屋方面はやゝ深く、所によつては砂質凝灰岩となつてゐる。深度約290m~340m)。

b 八橋凝灰岩の基底(八橋凝灰岩の下方に於て、頁岩をはさんで再び凝灰岩が顯著になり、往々比較的良好な油層となつてゐる部分、深度約350~400m)。

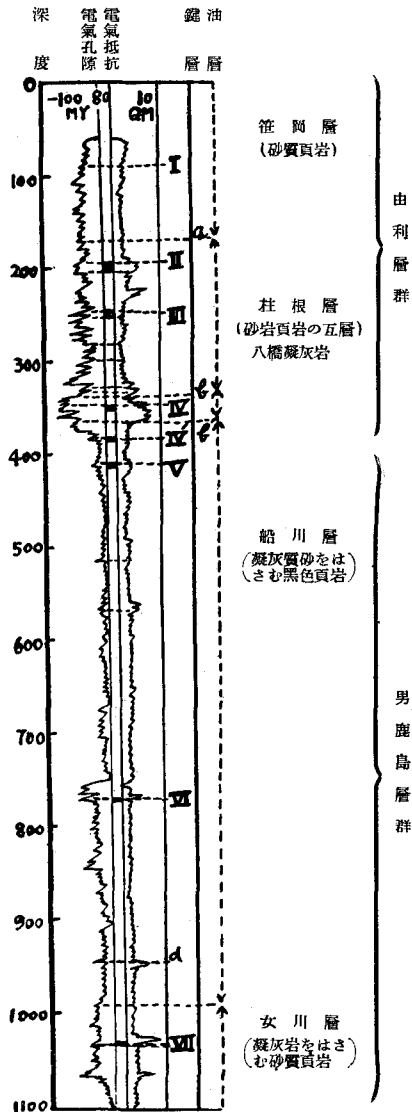
c 砂質凝灰岩(以下は黑色頁岩で深度約480~510mであるが、cまで達する坑井は少く明瞭なキーバッドとは云い難い)。

油層は次の標準によつて分けた。

I 笹岡層中の油層(淺く、地層は不安定、深度50~110m)。

-II a直下の油層(砂又は砂岩、深度100~140m、南方ではaに接近し、時に a=II となつてゐる)。

(第2圖)



III bより約100m上方の油層(砂、上部約10m内外に頁岩がある。上下には介化石多く、深度約190~240mで、雄物川油田に於ける最大産油層である)。

IV 八橋凝灰岩中の油層(やゝ上部に砂質凝灰岩がある。深度約300~370m)。

V b'下方30~50mの油層(頁岩中の砂質凝灰岩、深度約390~460m 顯著でない)。

VI 黑色頁岩中の油層、砂岩、深度約700m?、資料僅少)。

以上の各層及各油層の深度は平均深度である故第2圖

の標準柱状圖のものと若干ずれているところがある。又第2圖には第Ⅷ油層まで記入してあるが、本研究實施當時は第Ⅷ油層に達する油井がなかつたので、雄物川油田の北に續く同一背斜の八橋油田のデータより推定して一應記入しておいたものである。なお所謂綠色凝灰岩即院内層群は近傍の地質より推定すると女川層の下に更に不整合を隔てて存在するものと考えられる。結局現在雄物川油田で明瞭に知られている油層は笠岡層1、桂根層3、(内最下部のものは八橋凝灰岩の上部にある。)船川層2、女川層1となる。

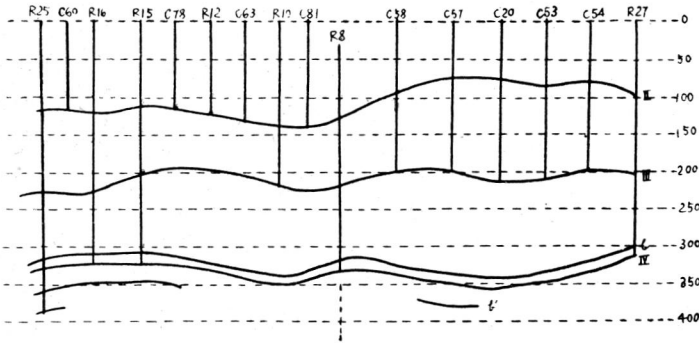
第3圖は前記標準によつて電気檢層、コア採集、柱状圖等を用いて作製した雄物川油田の縦断面(a)及横断面(b, c)である。

第4圖は雄物川及新屋油田の第Ⅲ油層頂面について、91本の坑井より作製した構造等深度線圖で、(第3表參照)參考の爲初日産油量(最初の十日間の平均)を圓の面積によつて示してある。第Ⅲ油層を選んだ理由は此の

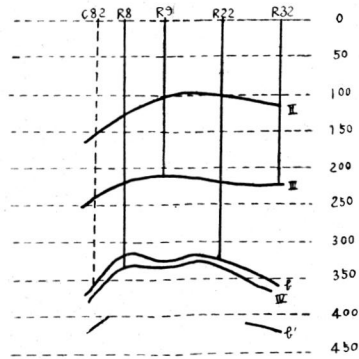
層には割合採油井が多く、坑井密度が大となり(第Ⅱ層は採油井が最も多いが、深度變化の不安定な第Ⅰ層との區別が充分明瞭でない)作圖の比較的正確になし得る爲である。圖内の二本の斷層は南部が西へずれた胴切雅行斷層で斷層に狹まれた地塊は地壘狀といへるが)北斷層の落差は顯著でない。第3圖の等高線の形状より推定すると、更に平行な副斷層があるかもしれない。北斷層以北の地區では第Ⅲ油層よりの出油が顯著で以南は第Ⅱ油層よりの出油が顯著となり、等高線の深度を

第 3 圖 雄物川油田断面圖

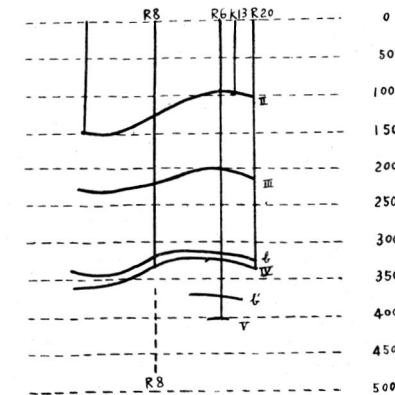
(a)



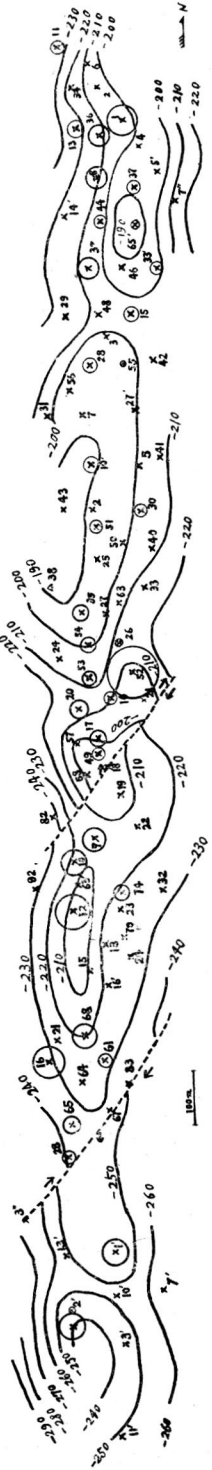
(b)



(c)



第 4 圖 第 III 油層構造等深度線圖



増し、背斜軸は西に移動している。現在主要油井は南北兩斷間にある。ロータリー8號井は電気檢層によれば第I油層附近で北斷層を貫通し、そのため出水量及ガス量がきはめて大である。

(2) 石油比重

比重は主として、ウェストフール比重天秤により、25°Cとして測定したデータを用いた。なほエマージョンは分離せず測定したデータを用いた。分離をしないデータを用いたのは努力をはぶくためではなく、分離しない方が自然状態に近く、其油層の特性をよく示し、比重の相違が顕著に現れるからである。

(第2表)

	油層名	測坑井定数	測部定位(m)	深度差(m)	石油比重	比重差	變化率(Pv)	
由利層群	I	43	-50	50	0.887	0.023	0.046	
			100		.910			
	II	94	110	30	.865	.011	.034	
			140		.876			
	III	74	195	35	.855	.010	.029	
			230		.865			
	IV	12	310	20	.837	.003	.010	
			330		.839			
	男鹿島層群	b'(IV')	10	360	35	.826	.012	.034
				395		.838		
V		6	410	?	.811	?	?	

第2表は水準面下深度と石油比重の關係を示したものである。(當油田は平原油田で標高は大體2-5m位であるから、便宜上水準面上の高さは殆ど影響ないものとして、以下水準深度を用いる。)第2表の測定部位が各油層について二通りあるのは、油層の上部と下部とに大別したもので油層自體の厚さを示すものでない。(同一油層内の採油部位の正確な決定は技術的に困難で、従つて第2表の採油部位は大略を示したものである。)そして石油比重は上下部の其各々について最多頻度を示すものを表わしてゐる。但第V油層はデータ少數の爲不正確なるおそれがあるから分割しなかつた。第VI油層は更にデータ僅少であるから、最多頻度の比重を見出し得ない故、はぶいた。第2表によつて法則性A、即ち深度の大なる油層程石油比重が小となる事。法則性B、即ち法則性Aに於ける比重増加率は深度が深くなる程大となる事。法則性C、即ち同一層準の油層内ではその油層の上位の部位程石油比重が小となる事。及法則性D、即ち法則性Cに

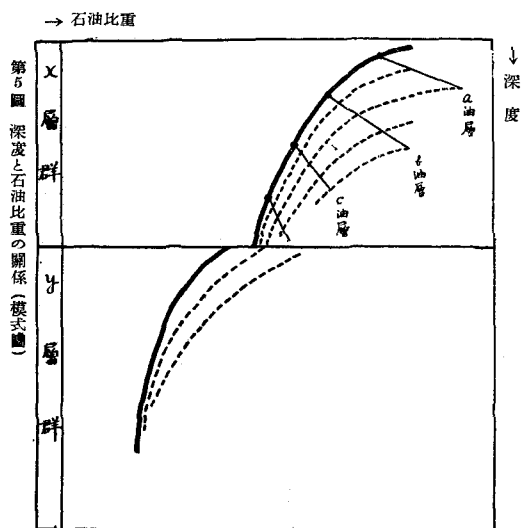
於ける比重差は深度大なる程小となるといふ事が分る。第2表の石油比重の「變化率」は法則性Dに於ける比重差を定量的に比較する爲に表わしたもので、同一油層に於ける上下の深度差で比重差を割つたものを100倍したものである。即ち同一油層の淺い部分の深度をd、深い部分の深度をd'、d及a'に於ける石油比重をそれぞれD、D'として變化率をPvとすれば

$$Pv = \frac{D - D'}{d' - d} \times 100$$

で深度差100mについての比重差を表わす。(これは各層の變化率を比較する爲便宜上のもので實際に100メートルに付どれだけ比重が異るといふ意味ではない。)

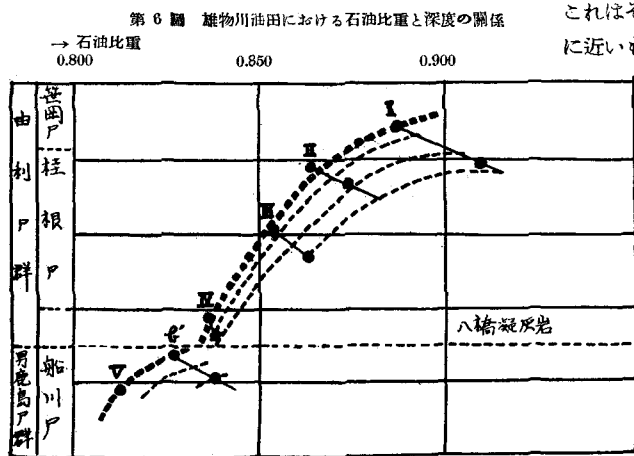
次に前記各々の法則性について、理論的に考えられる原因をあげると、法則性Aについては、深度が大になると壓力が増し、従つて揮發分(輕比重分)の溶解量が多く且揮發分の地表へ逃げる率が少い故に深度が大になる程石油比重が小となる。法則性Bについては、石油比重は油層が地表に近いもの程急激に揮發分の損失が多くなり、終には油層が地表に接する點では揮發分を殆ど失いアスファルトの比重に近づくわけであるが「油層が深い場合はある程度より深度が大となると揮發分の損失が0に近づき、且全揮發分を溶解してしまつて、Pvは一定に近づく。即ち深度小なる程Pvは大きく、深度小なる程Pvは小となる。法則性Cについては、同一層準の油層内では重力淘汰によつて最下部に鹽水があり、中間に石油があり、最上部にガスがあるわけであるが、鹽水と石油の境界面附近は多少エマージョンとなつてをり、上位の部分は多少輕質になつてゐる故、同一油層内では法則性Aとは逆に上位程石油比重が小となるはずである。法則性Dについては、法則性Aにおいて説明した如く、深度が深い程高壓のため揮發分の飽和量が大となり、且溫度増加も加わつて、石油の粘性が小となりエマージョンの成生も減少し、油層内の上下位の油質が比較的均質となり易い故、同一油層内の石油比重差が小となる。

以上第2表より法則性A、B、C及D即ち深度と石油比重の垂直的關係を理論的に推定すると、同一層群又は同一系統の油層群の理想状態(同一群内における垂直的岩相變化が不規則でない状態と假定すると)に於ては深度及石油比重を直交坐標とすれば、近似的に各々の層群に對應する二次曲線群、又は指數曲線群として量的に表わし得るものとなるべきである。第5圖は上記の理論的假定にもとづいて画いた模式圖である。第5圖の太線は各油層の頂面比重を連ねた線で、破線は各油層の頂面より各々等深度の比重測點を連ねた線を示し、細線は



第5圖 深度と石油比重の関係(模式圖)

各々同一油層内の垂直的比重分布である。しかし上記の作業假説にもとづいた模式圖(第5圖)を實際のデータ(第2表)にあてはめて圖を作ると第6圖の如くなる。



第6圖に於て b' 及第V油層(船川層中の油層)の比重は第 I II III IV 油層の比重を連ねた曲線の延長上にないが、第V油層は測定データが少い爲、同深度に於ける最多頻度比重であるかどうかは疑わしい。しかし第2圖でも分る如く、船川層は桂根層及桂根層下部の八橋凝灰岩と岩相が不連続的に異なる故、即母岩の粒度が急に小となる故揮發分の損失もそれに應じて小となり、従つて b' 及第V油層の石油比重が小となつてゐるとも考へられる。結局法則性Bは少くとも同一系統の、即同一層群内(この場合は由利層群で、第V油層のみは男鹿島層群に屬する。)では成立するといえる。唯法則性A及びBが前

に記した如く理論的に假定した物理的原因のみ基くものであるか、或は更にもつとオリジナルな(例へば石油生成當時の生物學的、化學的又は地球物理的)原因も加わつてはゐるかは石油の成因に連關して興味ある問題で今後の研究にまつところがあると考えられる。

ここでもし想像をゆるされるならば、b' 及第V油層の如くそれより上位の油層の石油比重を連ねた曲線に對して、不連続面のある場合は、逆にそれに対応する岩相の急變が考へられ石油生成當時の環境の異りを想像せしめる、勿論この事は多數のデータと精密な化學分析や石油成因論的研究なくしては結論できないから、一應想像的解釋に止めておく。

(3) 石油比重と地下構造の関係

法制性C、即同一層準の油層内では、その油層の上位の部分程石油比重が小で、下位の部分が比重が大であるとゆう事は、その層自體の水準深度の平面的な變化にも影響される事は當然豫期される。即ちある油層の、例へば背斜の軸附近では比重が小となり、翼部では大となる如きである。故にその油層の石油等比重線圖を画けば、これはその油層の地下等深線圖と、軸の一致した相似形に近いものとなる筈である。この豫測を検證するため第

III油層について、74本の油井の石油比重測定データ(第3表)を用いて(これらの油井は第4圖を画くときに用いた坑井のうち石油比重測定データの出ているものである)その等比重線圖を作つてみたのが第7圖である。

第4圖を第7圖と比較すると、理論的に期待されるような完全な一致は見られないが、構造及比重の兩背斜軸はほぼ一致し、ドームの位置も概ね似ている。且第7圖で明かな如く南北斷層間の石油比重は斷層を境界として不連続的に小となり、比重線によつても明瞭に斷層を指示

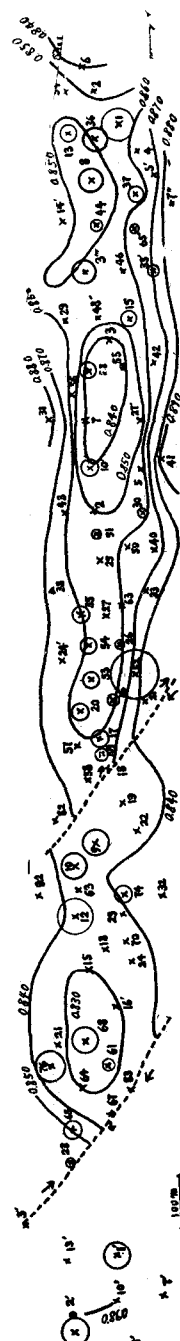
され得る。上記の事實によつてある油層の石油比重の水平的分布はその油層の地質構造にある程度支配される事が分る。そして雄物川油田に於ては比重背斜と構造背斜とは第4、第7圖程度のスケールに於ては殆ど一致すると見なして差つかえないものとする。しかし大局的には一致するとしても比重ドームと構造ドームを個々について比較すると相當「ずれ」がある。この事は法則性Cを油層曲面の平面的深度分布にあてはめる場合は、石油比重は第4圖と第7圖を比較して分る様に理論的に期待されるより、相當不規則で必ずしも深度分布と一致せずただ傾向として指摘し得る程度に止まる。(第III油層は

油田地下構造と石油比重との關係

表 3 (第 3 層)

坑井番號		電氣檢層	高標	油深 (-)	原比重	坑井番號	電氣檢層	高標	油深 (-)	原比重
11	34		4.10	-213	0.840	41		4.75	205	0.904
	6		4.69		0.845	43		4.63	187	0.871
	13		4.21	208	0.845	2		3.71	199	0.855
	36		3.78	211	0.855	30		3.71	202	0.855
	1		3.85	205	0.855	51		3.50	197	0.850
	4		4.56	196	0.865	25		5.07	200	0.864
	8		4.09	213	0.839	50		2.21	204	
	37		3.73	197	0.855	38		2.62	180	
	5'		4.16	194	0.871	33		3.99	214	0.871
	7''	○	4.05	218	0.893	35		3.52	191	0.860
	14'		5.01	218	0.845	27		2.35	205	0.850
	44		4.07	208	0.850	63	○	2.33	198	0.860
	65'		3.90	186	0.865	54		2.70	213	0.860
	3''		3.53	207	0.877	26		2.70	209	0.865
	29		4.59	215	0.858	24'		1.83	203	0.830
	48		4.47	208	0.855	53		3.81	213	0.850
	15		4.01	209	0.855	52		4.02	214	0.860
	3		2.50	199	0.833	20		5.29	205	0.887
	28		4.11	190	0.835	16		2.45	197	
	55		1.91	198	0.865	57		2.68	244	
	56		2.12	204	0.904	17		2.40	198	
	31	○	5.03	200	0.845	49		3.80	203	
	7	○	5.82	186	0.840	58		2.40	198	
	27'	○	4.30	201	0.840	33'				
	10'	○		191	0.855	4				
	5									
	46									

坑井番號		電氣檢層	高標	油深 (-)	原比重	坑井番號	電氣檢層	高標	油深 (-)	原比重
18	19		3.56	-208	0.836	83				0.836
9	9		2.45	207	0.830	66'				0.830
22	22		2.20		0.835	13'		4.26		0.835
10	10			202	0.838	1'		4.90		0.865
63'	63'			230		10'				
92	92		2.42		0.845	7		3.62		0.860
74	74	○	2.03	222	0.839	2'		4.23		0.850
32	32	○		201	0.831	3'				
23	23	○		201		11'				
12	12	○		225						
15	15	○		225						
13	13	○		222						
70	70	○		224						
24	24	○		225						
16'	16'	○		229						
21	21	○		220						
68	68	○		233						
76	76	○		192						
61	61			226						
64	64			231						
67	67			239						
65	65									
28	28									



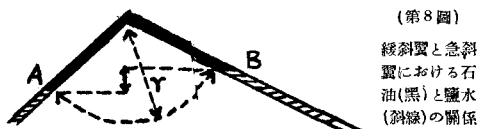
第 7 圖 第三層石油等比重線圖

斷層を境界としたブロック内においては、各ブロック別に考えると法則性Cはより明かになる。

これ等のドームの「ずれ」が存在する理由は、データの採用法、測定誤差の外、坑井密度や分布及各坑井の採油開始の順序等の相違による層内壓の二次的變化等を考

える事が出来るが、これらの理由のみでは「ずれ」を説明するのに不十分であり、筆者は更に根本的理由として、地殻運動速度と石油浸透速度との相違が上記の比重ドームと構造ドームの「ずれ」となつて現れ得るとい可能性を指摘したい。従つて當然第 5 圖の如く比重が深度の

函数として示されるような、即滑らかな曲線となる様な場合は、平面的には「ずれ」のない状態即構造形成のまだ殆んど始まらない前又は構造形成速度がおそい場合という假定を更につけ加えねばならない。従來の實例が示す如く、必ずしも構造ドームの中心近くに最も多く石油が集中するとは限らず、非對稱背斜に於ては急斜翼に深く、緩斜翼に浅い等（第8圖参照）等石油の浸透速度がきわめて遅い（もしドーム形成より浸透速度の方が速かであれば、第7圖において、AとBは同一水準に來なければならぬ）事は前記の「ずれ」に對する説明を裏書きするものとする。この外石油の浸透速度が構造生成速度に比して、案外緩慢であると考えられるような例は従來の報告にもあるが省略する。



上記の事に連關して、比重背斜と構造背斜についてその産油量を比較してみると、（第4圖及第7圖比較参照）比重背斜の軸に近い油井の方が構造背斜のそれより産油量が多い傾向が見出せる。特に北半地域において）但し産油量は初日産油量10日間平均で示したため、これが眞の石油集中量を正確に示すものではないが、統計的にはこの傾向を指摘し得るものとする。

(4) 法則性の適用限界及實用性

以上述べ來つた石油比重に對する法則性は勿論雄物川油田についての研究であつて、如何なる油田に於ても通

用するかどうかは今後の研究にまたなければならぬが、理論的には少くとも平原油田又は地表の凹凸が油層深度に對して相對的に小さな油田では通用するものと期待している。特に最近日本で多くの産油をみる平原油田の開発に際しては次の如き利用法が考えられる。即多層採油の場合石油比重によつて、主採油層を判定し、又比重背斜が構造背斜に比して、産油量が大きであるとゆう傾向があるならば、開發途上の油田に於て、新坑井位置を選定する場合、比重背斜を見出す事によつてより産油量大なる坑井位置を選定し得るであろう。そして比重の測定はコア採集や電氣檢層に較べて簡單に行へる點はこの事の實用性を示唆するものである。

1. 後 書

今後検討すべき問題として、比重減少率の不連続面が入橋凝灰岩の下面に存する點や（第5圖参照）比重背斜と構造背斜の「ずれ」の理由等興味ある事實を擧げる事が出来る。更に本論文における石油比重に關する法則性を、各地の油田において檢證し、その適用限界を明確にして、一般的法則にまで發展せしめたいと考えている。これ等の法則性が一般的法則に發展せしめられるならば前述の油田開發、及坑井位置の合理的選定による産油量増加の利用價值を期待するものである。

最後に本研究を実施するに當つて、いろいろ御指導、御助言をいただいた帝石秋田鉱業所の中澤地質課長及鴨沂高校の森下教官に末筆乍ら感謝する次第である。

(1947年5月)

季 刊 地 質 科 學 (民主主義科學者協會地學團體研究部會編)

各 卷 70 円 (〒6 円)

創 刊 號

- 本邦古生層中のマンガン鑛床 (北原 順一)
- アルカリ岩に關する2, 3の問題 (八木 健一)
- 西南日本領家帯に帶狀配列するノーライト群 (吉澤 甫)
- 日高山脈尻尻岳深成岩體に關して (橋本 誠二)
- 仙台附近の新生代層 (岩井 淳一)
- 化石床……化石の成因特に化石の堆積機構の研究 (井尻 正二 藤田 至則)
- 第2回總會記事・會報

第 2 號

- 變成岩における交代作用 (加納 博)
- 土壤と母材、地形との關係について (松井 健 野口 重夫)
- 地質學の方法論 (其の1) (鈴木 好一 北崎 梅香)
- 堆積過程の研究 (連水 頌一郎)
- 批 判
- 岩石中の酸素に關する T. Barth の論文 齋昌片岩形成の地質學的條件について
- 一新刊紹介・雜報

發 行 所 京都市中京區西ノ京北聖町十三

地學出版 始 生 社 (振替京都 7611)