短 報

盆地進化としての圧密と地質年代*

星 野 一 男**

(昭和57年11月24日受理)

Kazuo HOSHINO : Effect of Geologic Time on Basin Evolution

1. ま え が き

堆積盆地に累重する碎屑堆積岩の物理的性質、強度、圧縮率、粘性率などはその孔隙率に応じて規則的に変化することが実験的に見いだされた(井波・星野, 1974; 星野・井波, 1977)。これは圧密の進行に伴って碎屑堆積岩における固結性が変化し、したがって物理的性質を規制して行ったと理解できる。圧密の進行は具体的には孔隙率と埋没深度あるいは時間との関係によって表される。

孔隙率と埋没深度の間には次式の関係が成立することが石油探鉱井における実測から確かめられている。すなわち、埋没深度 h における孔隙率は

$$n = n_0 e^{-C_0 h} \quad (1)$$

で表される。ここで n_0 は埋没深度 0 における孔隙率、すなわち原始孔隙率であり、 C_0 は圧密係数である。

ここで、埋没深度の時間に対する増加率、すなわち埋没速度を Q とすると

$$h = QT \quad (2)$$

である。 T は埋没深度 h に達するまでの時間である。したがって

$$n = n_0 e^{-C_0 Q T} \quad (3)$$

これによれば、圧密係数および埋没速度が変化しない限り、圧密は地質時間の推移に対して指数函数的規則性をもって進行することが予想される。

(3) 式の関係は(1)式が実験室や坑井現場における数値を通して裏付けされているのに対して、あくまでも推定であり、期待である。2 因子のうち、圧密係数は主として岩石の結合組織や、粒子の鉱物組成など岩石の内部

構造に関連し、埋没速度は主として造構運動など堆積盆地周辺の地質条件に関連すると考えられる。

このような圧密の進行を左右する因子についての検討を進めることは石油生成の機構を考察する上で重要なことである。各地域の圧密の資料をみると、粗粒碎屑岩の優勢な地層では圧密の進行にかなりの共通性が見られる一方、秋田、新潟など近接した地域でも圧密曲線に差が見られるなど、圧密の地域性があることが窺われる。星野(1978)はこのような圧密の地域特性を比較するために堆積盆地進化物性指数 (mechanical index of basin evolution) の考えを提唱し、さらに本邦各堆積盆地における圧密および物性の進行度を指数として表現することを試みた(星野, 1981)。

この当時においては、各地域の層序および地質年代については主として池辺ほか(1973)の資料によったが、その後、本邦新第三系の層序および年代についての知見は急速に変化している状況にある。そのため、本シンポジウムを契機に旧圧密物性指数表を最新の層序年代資料に基づいて改訂し、更に若干の新データを付け加えることを試みた。今回、参考にした層序年代に関する文献は主として、日本新第三系生・年代層位学国内ワーキンググループによる資料(土隆一編, 1979, 1981)である。

シンポジウムにおいては、新圧密物性指数表の説明に加えて新潟をモデルとした新しい地質年代数値に基づく圧密の経時変化、圧密係数および埋没速度などの考察を行ったが今回は表についての報告のみに止めることにしたい。

2. 圧密物性指数表の改訂

1981年に作成された旧指数表(星野, 1981)を表1に示す。指数の意味、判定方法の詳細は同文献に譲るがその要点のみを述べると、指数は圧密段階を更に細分したも

* 第47回石油技術協会定時総会地質・探鉱シンポジウム「年代層序学の最近の進歩と石油探鉱への応用」にて講演(昭和57年6月16日)

** 地質調査所

表1 本邦各地域の堆積盆地物性指数（星野，1981）

	九州 天草	山陰	北陸	東北 日本海	北海道 北	四国 海	西南 日本 外帯	関東 山地	房総・ 三浦	東北 太平洋
鮮新世	D		A B	A B C	A B C		C	D E	A B	A
中新世	E	D E E	C D	D E	D	A	D E	F	B	A A B C
古第三紀	F G					B	E F G	G	B	D
白亜紀	G				F		G			
ジュラ紀										

表2 本邦各地域の堆積盆地物性進化指数（圧密物性指数）

	地質 時間	九州 天草	山陰	北陸	東北・日本海 新潟・秋田	直江津 沖	天竺 北	東北・太平洋	房総・三浦	関東 山地	西南日本 外帯	沖縄	四国 海	黒松内
更新世	(百万年)				魚沼 灰爪				上総					
鮮新世	1			大桑	A B C				A B					
	2			音川	笹岡 西山				池子	足柄	掛川			
中新世	5	野島		B	D		吉間	A	B	D E	相良	島尻		黒松内
	10	佐世保	D E	東別所	船川 玄角	寺沼	稚内 増帳	多賀	池子	富山	熊野	八重山	A	E F
	20		E F	C	E E	七谷	音別	A B C D	B	御坂	室戸			
古第三紀	50	稚島 天草			津川			白濁		小仏	瀬戸		B	
白亜紀	100	姫浦 御所浦	G	G							四万十			
ジュラ紀	200													

ので A, B, C, D, E, F, G はそれぞれ泥岩孔隙率を基準として、その 50, 30, 20, 12, 5 および 1.5% を境として分けられる。たとえば C は 30 から 20% の孔隙率を有する泥岩およびこれに相当する圧密度あるいは物性を持った砂屑堆積岩を指す。A, B, C, D, および E, F, G はそれぞれ星野・井波（1977）の圧密段階の 1, 2 および 3 段階に含まれる。

表2 が今回改訂、追加された指数表である。

年代、層序に関する旧表との主な変更点は次の通りで

ある。

新表では絶対年代による地質時間を入れた。旧表ではこれを省略していた。新表の絶対年代の数字は土隆一編の上掲資料と若干異なり、柴田・野沢(1982)によって、第四紀、鮮新世、中新世、古第三紀、白亜紀、ジュラ紀の基底をそれぞれ 1.7, 5.1, 24, 65, 143, 212×10⁶年前としてある。

層序に関して旧表時期とかなり違ってきているのは北陸、新潟、房総の更新統、鮮新統である。

北九州地域：野島・佐世保・杵島層群は旧表と変わらない。すべて地表試料であるが孔隙率および物性が極めて規則的に変化する。天草は福連木・白岳層の試料であり、一部にFを示す試料があるが大部分はGである。白亜系は天草の坑井および地表試料に基づくが、砂岩試料はGを示すのに対し一部の泥岩試料はFを示している。

山陰地域：中新統は島根県穴道湖周辺、隠岐島、山口県油谷湾、および宍道などの泥岩・砂岩の地表試料データをまとめた。若干上下にずれる試料もあるが大部分の上部中新統と中部中新統はそれぞれDおよびEに含まれる。芦屋・大辻・関門層群は旧表以後のデータに基づき今回追加した。いずれも山口県西部の地表試料に基づくデータである。

北陸地域：大桑層群、音川層群、東別所層群はそれぞれA, B, Cに相当する。大桑層群は土らの新資料に基づき更新世前期に上がった。

新潟地域：旧表時より大幅に年代が変わっている地域である。魚沼、灰爪層がそれぞれ更新世後期と中期に、西山層が更新世前期から鮮新世中期に、椎谷層が鮮新世前期から後期中新世に、寺泊層が中期中新世から後期中新世に上がっている。本地域は実験・測定試料が坑井、地表を通じて豊富なので圧密物性指数の変化もかなり精緻に迎えることができる。平均的な分布は魚沼層の大部分がほぼA、一部下位試料がB、灰爪層の大部分がB、一部下位試料がCである。西山層は盆地縁辺部の地表試料で早い時期に地表近くに上昇した部分などを除くと大部分はCと見做すことができる。下位の一部はDまで進んでいる。椎谷層はほぼDである。寺泊層以下はEである。

秋田地域：笹岡層、天徳寺層、船川層の年代がそれぞれ若干若くなっている。当地域も試料は豊富である。平均的にみると笹岡層はAおよびB、天徳寺層はC、船川層はDと見做し得る。女川層はいわゆる硬質頁岩層を主体にしたデータによるとFまで進んでいる。

天北・釧路地域：天北地域の声間層、稚内層はいずれも地表の泥岩試料のデータでそれぞれAおよびBである。増幌層、鬼土別層では砂岩は泥岩よりも高い指数を持っており平均してCからEの指数を示す。釧路地域の音別層群、浦幌層群ではほとんどがFであるが音別層の泥岩の一部はD～Eを示すこともある。

東北日本太平洋地域：常盤地域の陸域地表試料が主である。多賀層群は土らの新しい年代資料によれば鮮新世から中期中新世までの広い範囲を占めるようになった。われわれの採取試料の位置を検討するとその一部は四倉層であり他は小浜層に含まれ、それぞれ、鮮新統および中部中新統―上部中新統に相当する。いずれもAである。下高久層もAである。湯長谷層群、白水層群は平均

的にそれぞれCおよびDである。

房総・三浦地域：旧表では上総層群の一部が鮮新世に入っていたが、新表では若干上がってほとんどすべてが更新世となっている。この地域の圧密・物性指数は年代が古くなってもほとんど変わらず、平均的にBであり、上総層群の上部がAである。

関東山地と山地南縁の足柄層群の圧密物性はDおよびEであり、時代的には最も進んだ結果を示している。足柄層群の北に位置する御坂層群はFあるいはGであり、これも若干進んだ圧密段階を示している。関東山地でも秩父盆地の赤平層はほぼ同時代層であってもEに止まっており、これは後に述べられる外帯の熊野層群とほぼ等しい。御坂層群の北にある小仏層群では外帯の瀬戸川層群に等しいGである。

大井川・掛川地域：掛川層群は孔隙率とともに強度などの物性値を総合的に検討するとCおよびDと思われる。相良層群もDである。これらの値は西南日本外帯の他地域に比較すると非常に高く、関東山地南縁あるいは東北日本海地域の新第三紀層の値に匹敵する。大井川層群はほぼFで外帯の牟婁層群にほぼ相当する。瀬戸川・四万十層群になると外帯他地域とほぼ等しくなる。

西南日本外帯の熊野・田辺層群（和歌山県）はDおよびEである。

下位は紀伊半島から四国にかけての試料に基づいたもので、牟婁・室戸層群は平均的にF、音無川層群は平均的にGと考えられる。四万十層群は外帯全体を通じてGである。

四国海盆：国際深海掘削計画（IPOD）のLeg 58 コアーによる測定結果に基づいている（星野，1980）。

このほかに最近の基礎試錐の直江津沖、沖縄（宮古島沖）および黒松内のコアーによる結果を挿入した。

3. 考 察

全般的にみると太平洋側に比較して日本海側において圧密物性指数がおくれていることが目立っている。この傾向は新潟・秋田の2地域を含む東北日本海と常磐を含む東北太平洋および房総・三浦を比較することによって対照的に明らかに読み取ることができるであろう。

ことに鮮新世における新潟地域の進み方の著しいことが目立っている。これは、今回の年代チェックによる旧表からの著しい相違の1つで、旧表の時には灰爪・西山が秋田の笹岡・天徳寺と同時代に並んでおり、新潟は秋田に合わせて一括して東北日本海と表示されていたのである。

新潟および秋田と日本を代表する2つの産油地域における石油地質のいろいろな数値が定量化されつつあるこ

とに伴って、両地域の差異がいろいろな形で示されるようになってきたのは興味のあることである。新潟と秋田の圧密曲線を比較すると秋田の方が圧密曲線が進んでいる、すなわち、同一深度で孔隙率が小さいことは以前から気がつかれていたことである（例えば、宮崎、1965）。圧密曲線を詳しく解析するとこれは原始孔隙率の差というよりは、むしろ圧密係数の差であって秋田は新潟よりも約1.3倍の圧密係数を持っている（星野、1978）。一方、表1のように時代と圧密の関係で見ると秋田は新潟よりもおけている。すなわち同一時代では秋田の方が孔隙率が大いのである。これはどういうことであろうか。

新潟は秋田に比較して基盤沈降速度が大きく、したがって同一時代で比較すると埋没深度が深く、圧密物性の進行度が早い。他方、秋田では基盤沈降速度が小さいために同じ深度範囲に止まる地質時間が長くなり、圧密の深度に対する変化率であるところの圧密係数が大きくなると解釈することができる。新潟の堆積速度は秋田に比較して一般に大きいことはたとえば鈴木（1979）などにより示されている。また、このような基盤沈降速度は巨視的に造構応力の大きさに関係すると思われる。星野（1974）は堆積岩に作用してきた地圧の大きさが強度係数（星野、同上）に対応するとの解釈の下に、両地域の強度係数の比較から新潟は秋田よりも激しい造構応力下にあったと考えたが、今回の新表の結果は以前のこのような考察とよく符合する。

日本海側をみると、新潟・秋田が最も進んだ圧密物性指数を示しており、北陸および山陰はややおけている傾向を示す。

太平洋側でもフォッサマグナを境としてやや異なった傾向が見られる。東北日本では上に述べたように圧密物性が非常におくれている、中～下部中新統ですら新潟・秋田の更新統程度の圧密物性に過ぎない。一方、フ

ォッサマグナに隣接する関東山地および掛川地域では新潟、秋田に匹敵する、あるいはそれを若干上回る圧密物性を示している。掛川から紀伊半島、四国南部の数値をみると西南日本に移ると概括的に東北日本海とほぼ同じような圧密物性を持っているようであるが、紀伊半島の中新統、熊野・白浜層群はややおくれているように見られる。

謝 辞

地質年代に関していろいろ御教示下さった静岡大学土隆一教授、石油資源(株)技術研究所米谷盛寿郎氏、および基礎試錐資料の公表を許可下さったエネルギー庁石油部開発課に深く感謝いたします。

文 献

- 星野一男・井波和夫（1974）：堆積盆地の強度特性とその石油地質学的意義。石技誌，39巻，pp. 366-374。
 ——（1977）：物性変化からみた圧密の進行について。石技誌，42巻，pp. 90-99。
 ——（1978）：圧密の進行と機構について。地質学論集15号，ダイアジェネシス，pp. 15-34。
 ——（1981）：圧密と流体移動，堆積盆中の流体移動（東海大学出版会），pp. 65-78。
 井波和夫・星野一男（1974）：堆積岩の圧縮係数と圧密について，石技誌，39巻，pp. 357-365。
 池辺展生・高柳洋吉・千地万造・鎮西清高・池辺 稷・中世古幸次郎・柴田 賢（1973）：日本新第三系対比試案。地質学論集，8号，pp. 215-219。
 柴田賢・野沢保（1982）：400万分の1放射年代図：地質年代尺度，日本地質アトラス，p. 72，地質調査所。
 土 隆一編（1979，1981）：日本の新第三系の生層序及び年代層序に関する基本資料。