

新潟油田地域の褶曲—形態と形成過程

小松直幹*

Folds of Niigata oil fields and their folding process

Naomoto KOMATSU*

Abstract ; There are two types of folds in Niigata oil fields ; (1) basement involved folds, (2) suprafacial folds detached from underlying gently folds with undercompacted mudstones.

Niitsu and Kakuta anticlines are the basement involved structure.

The uplifting and tilting of the basement started at the time of deposition of Nishiyama formation. The uplifting block were thrust up to the east. This thrusting initiated the compressional stress field within the foot wall, and made the competent beds in Shiya Formation to buckle into Kuwayama anticline.

In B-B' section, the deformation of Nanatani Formation is gentle.

The Shiya Formation and its overlying formation were folded severely.

The Teradomari Formation, which is sandwiched between severely folded Shiya Formation and gently folded Nanatani Formation, has lower shearing strength and acts as the lubricants during the folding deformation.

Parts of the Nishiyama Formation deformed in mobile plastic mudstones and caused the anticline in overlying formations.

1. 結 言

新潟油田地域では多くの褶曲構造に対して石油やガス井が掘削され地下地質に関する情報が集められてきた。最近になって進歩した物理探査と5 kmをこす深い坑井の掘削がおこなわれるようになり、褶曲の断面図も地下5 km位まで画けるようになった。

こうした新しい情報をふまえて新潟油田地域の褶曲のうち新潟市から長岡市にいたる間の褶曲断面を示し、その形成機構について述べる。

2. 褶 曲 の 分 布

第1図に新潟油田地域の主要な褶曲の分布を示す。新潟から三条にかけての平野部は地表を第四紀層におおわれているが、構造的には緩い複向斜となっている。この複向斜の東側には新津を通り南北にのびる背斜がある。またこの向斜の西側には角田を通り南北にのびる背斜が

ある。

新潟から三条にのびる緩い複向斜は長岡付近で巾が狭くなり、その東西にいくつもの背斜と向斜が現れる。

このように長岡付近を境にして褶曲の分布が変わるのがこの地域の特徴である。

3. 褶 曲 断 面

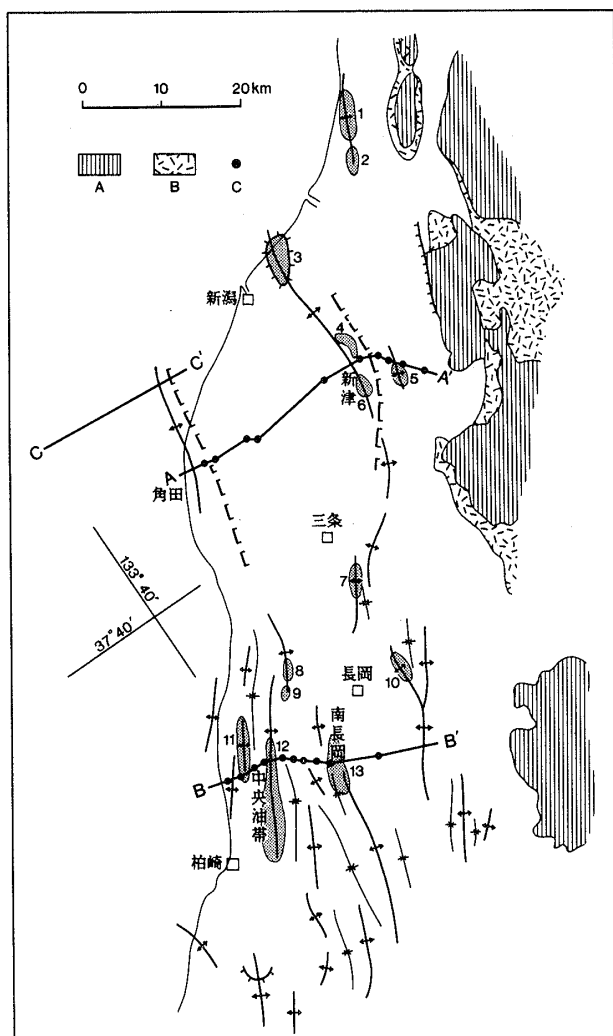
新潟付近の複向斜の巾の広い部分と長岡の南方の褶曲が多い部分の2つの断面について述べる。

A-A' 断 面

第2図のA-A'断面は新潟の南方をほぼ東西に通る断面図である。図は縦横同じ縮尺で坑井資料と地震探査の資料によって作られたものである。この地域は反射地震探査の記録が良いので精度の高い断面図を作ることができる。

新潟の坑井では、深部で高まりを形成している火山岩体を西山層の碎屑岩が直接覆い、西山層以上の地層は緩い向斜を形成している。この火山岩体の年代を決める直接的な資料はないが、変質の程度などから上部は椎谷期

* 帝国石油㈱, Teikoku Oil Company Ltd.
1-31-10, Hatagaya, Shibuya-ku, Tokyo 151, Japan.



第1図 新潟油田地域の褶曲の分布と断面位置
 A: 基盤岩類, B: 緑色凝灰岩, C: 坑井, アミ目
 は油・ガス田, 1: 中条ガス田, 2: 紫雲寺ガス田,
 3: 東新潟・松崎ガス田, 4: 南阿賀油田, 5: 桑山
 ガス田, 6: 新津油田, 7: 見付油田, 8: 藤川ガス
 田, 9: 雲出ガス田, 10: 東山油田, 11: 西山油
 田, 12: 吉井・東柏崎ガス田, 13: 南長岡・片見
 ガス田, A-A', B-B', C-C' は第2図及び第4
 図の断面図の位置。

のものまで含み下部は七谷期の緑色凝灰岩であると考えられている。地震探査の結果によると火山岩から椎谷層・寺泊層の碎屑岩に急激にうつり変る。

この火山岩体の上にくる西山層・灰爪層・魚沼層はほとんど構造変形を受けないで堆積して圧密を受けたままの状態を保っている。

この向斜の東にある新津背斜では西山層と灰爪層が頂部に向かって薄くなっている。魚沼層の層厚変化についての情報は不十分であるが、褶曲には参加している。椎谷

層以下の地層は頂部に薄くなる傾向はない。七谷期の緑色凝灰岩までが褶曲している。

升潟付近が構造変形を受けていないと考えて、ここを基準にとり、椎谷層がほぼ水平に堆積したと仮定すればこの断面図上では、椎谷層上限は升潟付近から新津背斜に向かって約4.6km 上昇している*。

新津背斜の東側には逆断層があり、その東には桑山背斜がある。桑山背斜は翼の傾斜が緩い。西山層は背斜頂部にそれ程薄くなる傾向はなく、灰爪層が頂部に薄くなる。七谷層以下は地震探査の資料によると背斜を作らず断層によりブロック化している。

新津背斜と桑山背斜では椎谷層中に粗～中粒の砂岩層が発達する。

西山層の層厚は断層の東西で変化し、東側の下盤側で急に厚くなる。これは断層が西山層堆積時からの成長断層であった事を示している。

升潟の西方には西山層の層準で落差2 km 以上の逆断層があって角田背斜が断層の上盤を形成している。断層の下盤から升潟にかけては砂礫層は魚沼層の中にあり、西山層・灰爪層はシルト岩と細粒砂岩よりなる。

B-B' 断面

この断面は新潟県の大規模な油・ガス田である西山油田、吉井・東柏崎ガス田(中央油帯)**、南長岡ガス田を通り東山油田の南方にいたるものである。この断面はA-A'断面にくらべるとはるかに複雑である。

坑井1～6の間の七谷層以下の地層は坑井5から坑井1に向かって緩く西に傾斜し一部に断層を伴っている。坑井6は七谷層迄達していないので、この部分の七谷層以下の構造は推定であるが、寺泊層下部の層厚から考えると断面に示すように東に傾き坑井5の付近を頂部とする背斜を形成していると推定される。

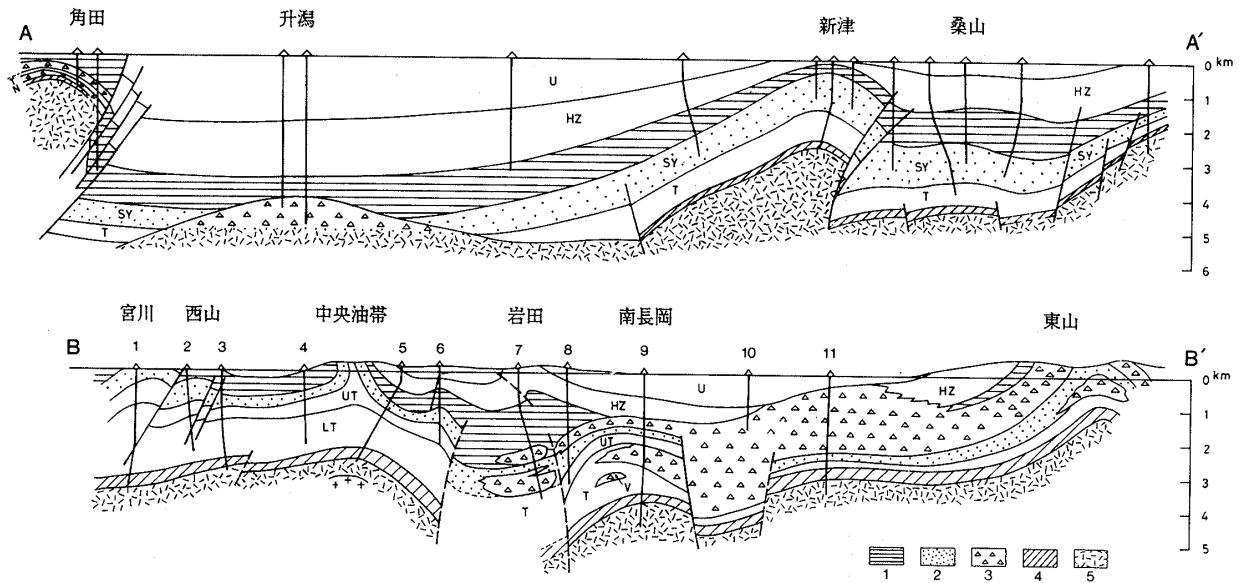
椎谷層以上の地層は七谷層以下の地層にくらべると変形量が多い。坑井1・2付近では各々の東側に逆断層を伴う2つの背斜がある。これらの逆断層は寺泊層下部の中で消失する。中央油帯では椎谷層はほぼ閉じた背斜になっている。この背斜は寺泊層上部では緩い背斜となり、寺泊層下部は七谷層の構造とほぼ平行になる。

中～粗粒砂岩は坑井1～3では椎谷層と西山層の下部に発達し、坑井4～6ではこの砂岩層の単層は薄くなり粒度も細粒化する。さらに東の坑井では泥質岩のみとなる。

坑井7付近の地表では魚沼層と灰爪層が西翼に急傾斜

* 堆積面の水深を考慮すれば上昇量はこれよりも小さいであろう。

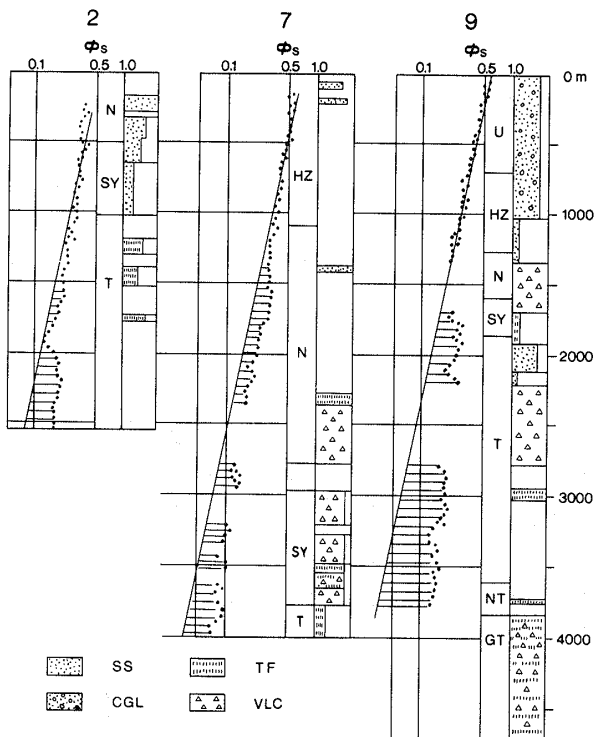
** かつてここは中央油帯と呼ばれ小さな油田があったが、その後深部で大ガス田が発見された。



第2図 褶曲断面図

1：西山層，2：椎谷層，3：火山岩類，4：七谷層，5：緑色凝灰岩，U：魚沼層，HZ：灰爪層，UT：寺泊層上部，LT：寺泊層下部，T：寺泊層（上下に区分できない部分）。

部をもつ背斜を呈しているが、坑井7の資料によると灰爪層の下位に厚い西山層の泥質岩があって向斜構造になっている。



第3図 泥質岩の孔隙率の変化

柱状図の SS：砂岩，CGL：砂礫，TF：凝灰岩，VLC：火山岩，横線の部分が高压泥岩。

坑井8～9の間の深部は東西に断層を伴った地塁状になっている。七谷層以下の地層はこれの中で緩い背斜を作っている。寺泊層下部の中に安山岩の貫入岩体（図のV）があり、その上位の地層を押し上げている。この為に七谷層の背斜と寺泊層上部及び椎谷層の背斜の頂部がずれている。西山層は坑井9では火山岩である。灰爪層以上の地層は椎谷層以下の地塁状の構造とは無関係に東に傾斜し坑井10の下には火山岩の下位に断層によって下ったブロックがあり、その東は東山背斜へとつながる。

4. 泥質岩の圧密と岩石の性質

断面B-B'の浅部と深部の構造差を議論する資料として圧密に伴う泥質岩の孔隙率の変化を述べる。

第3図は断面B-B'の坑井2，7，9の泥質岩について深度を縦軸にとり孔隙率の対数を横軸にとって孔隙率が深度と共にどのように変化するかを示したものである*。

泥質岩の孔隙率の対数と深度とは直線関係にある事が経験的に知られている（ATHY, 1934）。

坑井2では1500m以深で孔隙率の減少が正常な傾向からずればじめて2000m以下になると孔隙率はほとんど減少しなくなる。坑井7でも1500m以深の孔隙の減少が正常な傾向からずれている。坑井9でも1650m以深で同様な現象が見られる。

* density log, sonic log 及びコアデータのクロスプロットをもとにして作成したものである。

泥質岩の孔隙率は間隙水の排出に伴って減少するので孔隙率の減少がおくれる事は間隙水の排出が十分でない事を意味する。孔隙率の減少が正常な傾向からおくれている部分は間隙水圧が高くなっており高压泥岩 (high pressure shale*) と呼ばれている。間隙圧の上昇は岩石の剪断強度を低下させる (HUBBERT and RUBEY, 1959)。

上述した区間はいずれも高压泥岩に相当し剪断強度の低い泥岩である。

5. 褶曲の形成過程

A-A' 断 面

新津背斜では西山層と灰爪層が背斜頂部で薄くなっている。西山層が堆積する頃から、東側に断層を伴いながら、断層に近い所程上昇量が大きいような基盤の傾動運動が起り、これによって新津背斜が形成された。魚沼層も褶曲に参加している。この運動は魚沼期迄つづいた。これは新津背斜団体研究グループ (1977) の結論と同じである。

桑山背斜は緩い背斜であって、灰爪層が頂部で薄くなる事からその形成は新津背斜より若干おくれて始まっている**。七谷層以下の地層は椎谷層以上の地層とは異なった構造を示すので、この背斜は基盤の運動とは別の営力によって形成されたと予想され次の様な過程が考えられる。

新津背斜の東側の逆断層は西山期から活動を始め、この断層の東側には圧縮の応力場が形成された。この応力場で灰爪層が堆積し始める頃になると椎谷層の砂岩を competent 層とする挫屈褶曲を作るのに十分な歪が与えられ桑山背斜が形成された。

角田の背斜も新津背斜と同様な型式の基盤の傾動に

よって形成されている。第4図は角田背斜の北方延長部の海上地震探査の記録である。この背斜でも西山層が背斜の頂部に向かって薄くなっている。これから判断すると背斜の形成時期は新津背斜と同じである。

角田背斜の東側には新津背斜と同様な逆断層があるが、この断面上では断層の東側に褶曲は見られない。恐らくこの部分に competent 層がない事に原因があるであろう。

B-B' 断 面

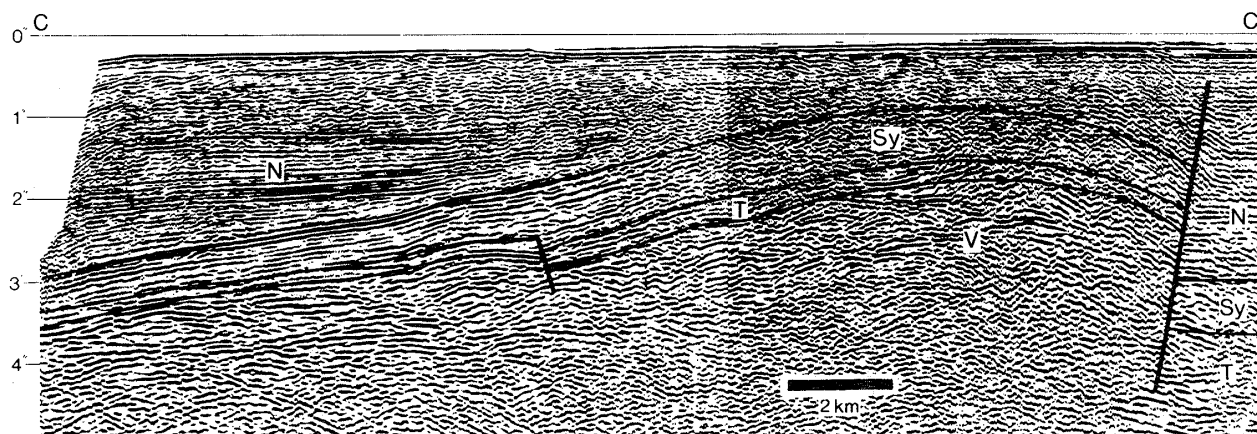
この断面の1～6の間では寺泊層上部以上の地層と七谷層以下の地層 (基盤を含む) の変形は全く異なっている。

宮川背斜と西山背斜はそれぞれ東翼に逆断層を伴っている。これらの背斜と断層は共に寺泊層下部の高压泥岩の中で消失する。断層はこの泥岩中の層面に沿う滑り面に移行している可能性がある。即ち椎谷層以上の褶曲は寺泊層下部の泥質岩を滑り面として表層だけに起こったと考えられる。

中央油帯の椎谷層以上の地層の褶曲と寺泊層下部以下の地層の褶曲の境は寺泊層上部の下限付近にある。この断面図の南北延長部の資料を総合すると、椎谷層の褶曲は同心褶曲と相似褶曲の中間的な性質をもっている (池辺1982の断面図による)。したがって椎谷層以上の地層の褶曲と寺泊層下部以下の地層の褶曲の境が寺泊層上部付近にあるのは椎谷層の砂岩を competent 層として同心的な褶曲をした場合の褶曲の下限がこの付近にあるとするか、もしくはこの部分に高压泥岩があって、これを

* under compacted shale と呼ばれる。

** 西山層も頂部に向って若干薄くなるので、褶曲の開始は西山期であるが、爆発的な褶曲は灰爪期に起ったと考えられる。



第4図 C-C'測線の地震探査記録

N: 西山層, SY: 椎谷層, T: 寺泊層, V: 火山岩と緑色凝灰岩。

滑り面として表層に褶曲が起こったかのいずれかであろう。

七谷層以下の基盤を含んだ地層の褶曲は緩やかであって、宮川・西山の背斜の下（坑井1～3）では西方に緩く傾く単斜構造である。したがって、この基盤を含む地層の変形が直接椎谷層以上の地層の褶曲を支配したとは考えにくい。

七谷層以下の地層が褶曲によって水平方向に短縮した量にくらべると、椎谷層の短縮量はかなり大きい。坑井1～6の間の椎谷層下限での層理面に沿う長さは11kmあり現在のこの二点間の距離は9kmであるので、この間で約2kmの短縮がある。

この様に基盤を含む七谷層以下の地層にくらべて、椎谷層以上の地層がより多く短縮する事が可能かどうかという事と、基盤を含む地層の褶曲が圧縮によるものか上下運動によるものかについてはさらに検討が必要である*。

坑井7の部分では地表に露出する灰爪層と魚沼層が背斜を作っているのに対して、西山層下部以下の地層は向斜となっている。ここでは西山層の層厚変化によって西山層の上限と下限の構造が違っている。

第3図の坑井7の孔隙率の変化を見ると、1500m以深の西山層中に高圧泥岩がある。恐らくこの部分の流動変形によって上下の構造差ができたであろう。したがって地表の背斜は泥質岩の流動変形が関与している可能性がある。

坑井9の付近では七谷層以下の地層は地壘状になっており、この上位の寺泊層下部の層厚が背斜の軸部に厚くなる。第3図の坑井9では椎谷層以下に高圧泥岩があるが、これは火山岩に挟まれている為に泥質岩からの排水が十分にできなかった事が原因であろう。寺泊層下部の層厚変化はこの高圧泥岩の変形によるものと考えられる。

寺泊層下部には図上でVとした安山岩が貫入して上位の地層を押し上げているが、この貫入時期を決める直接の証拠はない。

このブロックを作ったと考えられる断層については、その東側の断層が椎谷層の中で消え、それ以上には達していないという証拠がある**。西側の断層の形成時期については確実な証拠はない。しかし断面図から判断すれば、地壘状の構造は椎谷層の堆積時までにはほぼ出来上がっていたと考えられる。したがって地表に見られる岩田の背斜は灰爪層の堆積以後に西山層の高圧泥岩の変形に関係して出来たと推定される。

6. 結 論

新潟から三条にいたる平野部の東西には新津・角田の背斜があり、これは断層を伴いながら東側が上るような基盤の傾動運動によって形成された。運動はいずれも西山期から始まり魚沼期まで続いている。

新津背斜の東側の逆断層に伴って、その下盤側に二次的な圧縮が起こり、椎谷層中の砂岩を competent 層として桑山の背斜が形成された。

宮川から東山にかけての断面の西半部では椎谷層以上の地層の褶曲と逆断層は寺泊層中の高圧泥岩中でなくなり七谷層以下の地層とは異なった褶曲をしている。椎谷層以上の地層の褶曲は直接基盤の運動に支配されていると考えるよりは、東西方向の圧縮に原因があって competent 層と剪断強度の低い高圧泥岩の存在によって複雑な褶曲をしたと考える方が妥当であろう。

岩田の背斜は恐らく西山層中の高圧泥岩の変形によって形成されたであろう。

謝辞 本論文の断面図の一部には石油資源開発㈱の坑井資料を引用させて頂いた。この引用を許可された同社常務取締役片平忠実博士に謝意を表する。

引 用 文 献

- ATHY, L. F., 1934 : Compaction and its effect on local structure. Problems of Petroleum Geology, A. A. P. G., 811-823.
- and W. W. RUBEY, 1959 : Role of fluid pressure in mechanics of over thrust faulting. I Mechanics of fluid filled porous solids and its application to overthrust faulting. Bull. Geol. Soc. Amer., 70, 115-166.
- 池辺 穰, 1982 : 新潟新第三系積成盆地における最近の諸問題. 地質雑, 88, 775-785.
- 新津背斜団研グループ, 1977 : 新潟油田新津背斜の形成機構. 地球科学, 31, 70-82.
- 鈴木宇耕, 1989 : 日本海東部新第三系堆積盆地の地質. 地質学論集, 32, 143-183.

* これについては鈴木 (1989), などの沖合の資料も合せて検討する必要がある。

** この断層のすぐ東側に掘られた坑井との地層対比から確認されている。

(要 旨)

小松直幹, 1990:新潟油田地域の褶曲—形態と形成過程, 地質学論集, 34, 149-154. (KOMATSU, N., Folds of Niigata oil fields and their folding process, *Mem. Geol. Soc. Japan*, 34, 149-154)

新潟油田における新第三系の褶曲は, (1)基盤までを含んだ褶曲と, (2)浅層(椎谷層以上の地層)が著しい褶曲を示すのに比べて, 七谷層以下が緩い構造を示すような褶曲とがある。

新津・角田の背斜は, 西山期から基盤が東側に断層を伴いながら傾動する事によって作られた基盤を含む構造である。上昇地塊の下盤側に圧縮の応力場ができて, これによって椎谷層中の Competent 層が挫屈して桑山の背斜ができた。

宮川～東山の断面では, 七谷層はゆるい褶曲を示す。椎谷層より上位の地層は寺泊層中の泥質岩を滑り面として激しい圧縮性の褶曲を示す。

西山層の泥質岩の一部は流動によって背斜を形成している。