

越後平野の地質について -最近の話題-

小林 巖 雄*

ここ10年程の間に、越後平野の生い立ち、潟の変遷、平野の地盤、地震時の地盤災害をはじめ、最近では信濃川の生い立ちなどについて話す機会を与えられたが、越後平野に住む多くの方々がこのような話題に関心を持っておられることに、驚きと喜びを感じてきた。このたびの例会では、平野に住む人々にとって関心が大きいと考えられる、平野の地盤研究の成果をなるべくわかりやすい言葉で話し、議論する場が設けられた。一般の方に参加していただく中で、平野にかかわる問題や課題を議論することは、研究会の45周年記念行事の企画として極めてふさわしく、意義のある機会が設けられたと思う。

私は新潟・佐渡地域をはじめ、越後平野の地形や地質についても関心を持ち調べてきたが、最近、越後平野にかかわって考えてきたことをこの機会に話題として提供する。

1. はじめに

越後平野 (第1図) は、約100kmと南北に長く、北部の西側で日本海に面し、その大半が沖積低地からなる海岸平野、および河川・氾濫平野である。その面積は2,070km²といわれ、標高-5~35mの低地が大半を占めているとみなされる。海に臨む地域を除いて、平野の周囲は標高600~100mの山地・丘陵で囲まれる。小千谷から長岡付近の平野の最南部を除くと、段丘は山地・丘陵の縁に沿ってわずかに分布しているにすぎない。

この広大な沖積低地は、今から7万年前に始まる最終氷期に侵食された谷が、隣県を含む周囲の山地や丘陵地から運び出された莫大な量の砂泥や礫によって埋積されたてできた。現在、越後平野には隣県から流下する信濃川、阿賀野川、荒川をはじめ、県内に源流をもつ大小の河川が、多量の河川水を流し出し、同様に碎屑物を運び出している。今から18,000、ないし15,000年前に始まる越後平野の形成は、氷河期の長い時間をかけて刻まれた侵食谷を埋める自然の埋め立て作用によって造られた大切な大地である。

2. 水溶性天然ガスを含む地層から読みとれる重要な意義

越後平野の地下には、最終氷期の侵食谷を埋積した、最大層厚約160mの沖積層が存在する (新潟県地盤図編集委員会, 2002ほか)。さらに、この地層の下位には、蒲原層群が西蒲原から県北にかけて広く分布する。越後平野地下においては、この層群のほか、魚沼層と呼ばれる地層、および新第三系の海成層が数千mの厚さで累積する (第2図)。この蒲原層群は牧山 (1963) によって最初に記載された。

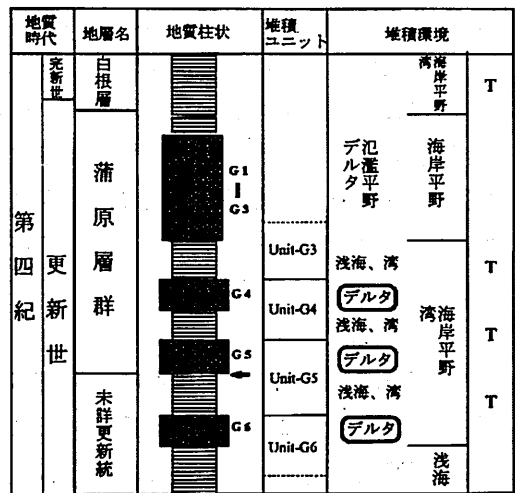
蒲原層群 (新潟市史編さん自然部会, 1991; 小林, 1996; Kobayashi・Takano, 2002, 第3図) は新潟市の松浜ガス田において層厚100~60mの砂礫質層と、層厚60~40mの泥質層

*新潟大学名誉教授

| 地質時代 | | 西山丘陵 | 越後平野 | 備考 |
|------|----|------|----------|---|
| 完新世 | | | 白根層 | Geol. Inf. 階 No.1 ヲーカー-A No.2 No.3 |
| 更新世 | 後期 | | 蒲原層群 | |
| | 中期 | | ? | |
| | 前期 | 和島層 | 未呼称中部更新統 | |
| | | 魚沼層 | | |
| 鮮新世 | 後期 | 西山層 | 西山層 | |
| | 前期 | 椎谷層 | 椎谷層 | |
| | 前期 | | | |
| 中新世 | 後期 | 寺泊層 | 寺泊層 | |
| | 中期 | | | |
| | 前期 | 七谷層 | 七谷層 | |

実線：整合 破線：不整合

第2図 越後平野の地下に分布する地層
(小林, 1996に加筆)



G: 水溶性天然ガス層

T: 海進時

おもに砂、礫の地層

おもに泥で、砂泥互層を含む地層

第3図 蒲原層群の層序と堆積環境
(Kobayashi and Takano, 2002)

が大きく交互に重なる地層からなり、全層厚は400m前後である。前者の砂礫質層には水溶性天然ガスを伴う塩水性の地下水が多量に含まれている。この塩水は更新世の日本海の海水を起源とした化石海水である。この砂礫質層から水溶性天然ガスが採取されていたが、昭和30年代に地下水が多量に汲み上げられたため、地盤沈下が発生した。その後、地下水くみ上げの規制と、地下水を地下に戻す地下水還元圧入方式の開発とによって、地盤沈下を止めることができたことは良く知られている。

新潟市を含むその周辺の平野の生い立ちを解明するに当たっては、この交互層が地質学的に重要な情報を提供している。泥質層は浅海に棲息する軟体動物、有孔虫など海洋生物の化石を産出する(小林・松田, 1991)。一方、砂礫層からは化石が発見されていないが、堆積相から推定して、外浜、プロデルタ、三角州、海岸、河道の堆積物であり、入り江、三角州・河川・氾濫平野に堆積したものと考えられてきた(牧山, 1963; Kobayashi・Takano, 2002)。この交互層は陸域と海域が交代する場所が繰り返すことで形成されると考えられる。最近の報告(卜部・安井ほか, 2006)では、G4層の上位に挟在する火山灰層Sn-KBが220Ka、G5層の上位に挟在する火山灰層Sn-SKが290Kaを示す絶対年代値が得られ、中部更新統とされた。

この時代は世界的に見れば、氷河時代であり、ドナウ、ギュントツに始まる4ないし5回の氷期、その間の間氷期が繰り返していた。この気候変動が大きな海水準変動を起し、海岸域では海水面が変動した結果、浅海から海岸付近の陸域に堆積した地層が堆積相を変化させる記録を残した。世界規模の気候性海水準変動が日本海の東隅に位置する越後平野の地下に埋積した地層に印されていたことになる。

さらに、下位のG6層まで含めると、この層厚500mの地質学的な記録を残した堆積の場

は、おそらくこの約50万年の間、上部浅海から海岸平野の環境にあり続けたことになる。それを可能にするのは、堆積物を貯める場所が沈降し続けていたと考えざるをえない。地層の層厚と要した年数から、平均堆積、あるいは平均沈降速度は約1.5mm/年となる。

蒲原層群が越後平野周辺に堆積した時代は、陸域において段丘が形成された時代に相当する。高位段丘堆積物層の下位に重なる地層は、御山層（長岡）、和島層（和島）、赤谷層（加茂）、金山層（新津）、笹神層（笹神）などと呼ばれている泥、砂、礫層の互層で、内湾、入り江、デルタ、河川堆積物である。

3. 140万年間の歴史を刻む魚沼層の解読

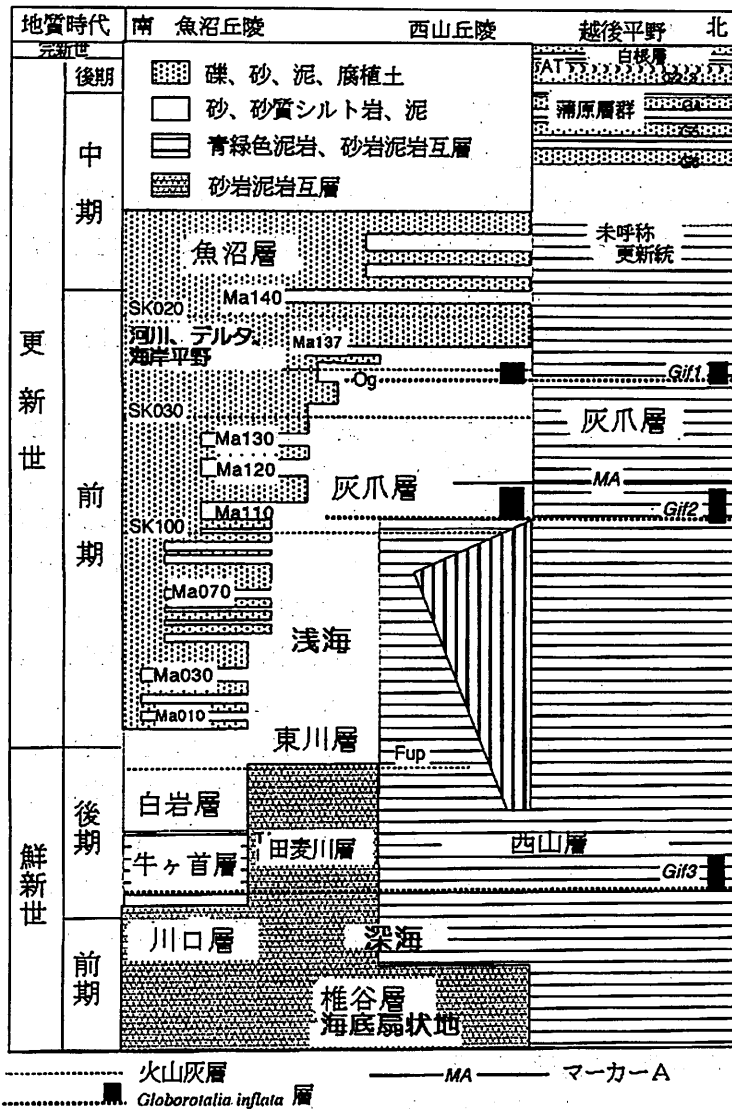
信濃川の右岸側に広がる魚沼丘陵、東山丘陵と下田・新津丘陵、および左岸側の西山丘陵（東頸城丘陵）には、鮮新統の最上部から下部・中部更新統の魚沼層およびその相当層が広く分布する（魚沼丘陵団体研究グループ，1983；小林ほか，1986）。魚沼層が堆積した絶対年代は約200万～約60万年前にあたる。第三紀と第四紀との境界は魚沼層の下部ないし西山層の最上部にあり、古地磁気、絶対年代の測定や、石灰質ナンノ化石・有孔虫化石の微化石などによって明らかにされた（魚沼丘陵団体研究グループ，1983；佐藤ほか，1987）。浅海成層の灰爪層は下部更新統で、魚沼層の一部と同時異相の関係にある（菊池ほか，1984；小林ほか，1986）。魚沼層の層序・堆積相の研究は安井ほか（1983）、風岡ほか（1986）などによって行われた。

魚沼層の層厚はなんと2,000mに達し、それらが外浜・三角州・扇状地・河川の堆積物で、浅海から河川・氾濫平野に堆積し続けていたことになる。このような地層が形成されるには、大地（地殻）の沈降が局地的に継続していたことを意味している。また、碎屑物には砂泥のほか、多量の礫を含んでいる。この砂礫を供給し続けた後背地として、隆起し侵食を受け続けた越後山地が考えられてきた。魚沼層が堆積した時代に、信濃川水系の原形ができはじめていたのかも知れない。

140万年間には南や東の山地側から供給された堆積物は、海岸線を日本海側に前進させ、海岸平野がしだいに沖合に向かって広がった。堆積学的にはこのような堆積作用をプログラデーションという。また、世界的な規模で起きた、海水面が昇降する変化をもたらした気候性海水準変動が、魚沼・東頸城地域まで広がっていた日本海にも繰り返し影響を与えた。温暖期の海進時には海が陸地に侵入し、寒冷期の海退時には海が退き海岸平野が広がった。この海進・海退の繰り返しが魚沼から西山地域に分布する地層の中に17回ほど記録されている（第4図；Kobayashi・Takano，2002）。

温暖期には、暖海に棲む生物とともに暖流が対馬海峡から日本海に流入し、暖流系の海洋生物群が北上した。一方寒冷期には、対馬海峡が閉鎖ないし、狭くなり、北太平洋からの寒流の影響が強くなった。この時冷たい海に棲息する生物群が日本海に多く南下してきた。

河川・沼沢性の堆積物からは植物化石が産出し、第三紀から第四紀にかける気候の変化



第4図 海進・海退を示す魚沼層 (Kobayashi and Takano, 2002)

を知ることもできる。約100万年前を境に、暖温帯のメタセコイア林から冷温帯のブナ林に移り変わった。植生が大きく遷移した。ムカシマンモスゾウや鹿などの大型哺乳動物も林に群れていたこともあった。

約50万年前から、魚沼層を堆積した地域は堆積盆が沈降する運動から一転して隆起する運動にかわり、地層は褶曲、あるいは撓曲し、断層が形成された。褶曲の背斜部が隆起し尾根をなし、向斜部が相対的に沈降し谷になり、北北東-南南西方向に並行した尾根や谷をもつ現在の丘陵の地形が形成され始め、現在の河川の流路も決まり始めた。

層厚2,000mに達する浅海から河川成堆積物が局地的な沈降性の堆積盆に累積した。この堆積盆の地層は140万年間における地球規模の気候変動のもとで起きた出来事も克明に記録した。これらの地層は鮮新-更新世の日本海における古環境・古生物群の変遷を知る重

要な鍵を残している。

4. 越後平野の生い立ちにかかわって

話しは18,000年以降に時代を逆戻りする。

最終氷期であるウルム氷期が終わり、約18,000年前から気候が世界的な規模で温暖化に向かい始め、大陸氷河などが溶けだしたため、現在の海水面より-120m程下がっていた海水面が上昇を始めた。そして、約6,000年前には上昇した海水面が現在よりやや高くなった。その後、新潟においては数m程度海水面が上下したが、ほぼ現在と同じ高さが続いたと考えられている。

河川によって運び出された碎屑物は沿岸の海底や侵食谷を埋積し続けた。堆積した地層は白根層 (Minato et al., 1967) と呼ばれ、約15,000年間に堆積し、現在も海底や平野に微地形などをつくり続けながら堆積している。白根層はこの間の古地理を示す情報を地層の中に記録し続けた。白根層の新層序の組み立てや、これらの記録の詳細な解析によって古地理・古環境の解析がここ10年の間に急速に進展した (安井ほか, 2001; 安井ほか, 2002; 鴨井ほか, 2002; 鴨井・安井, 2004; 鴨井ほか, 2006; 小野ほか, 2006; 卜部・安井ほか, 2006; 卜部・吉田ほか, 2006; 吉田ほか, 2006; 安井ほか, 2007)。最近では、新潟応用地質研究会・平野地盤研究グループ (2007, ほか) による越後平野の沖積層の調査研究が進行している。各地形・地層の形成プロセス、古地理の変遷史は地域によって違いがあり、今後の検討課題にし、ここでは大局的なプロセスを記述する。

この変遷のステージを海水面の変動の状況に基づいて区分してみた。最終氷期 (後期更新世) の海面低下期、更新世末 (晩氷期) の海面上昇期Ⅰ、完新世前半 (後氷期) の海面上昇期Ⅱ、完新世後半 (後氷期) の海面停滞期である。

最終氷期 (後期更新世) の海面低下期

海水面が低下した当時の地形をどのようにして復元するかが、課題である。その一つに沖積層の層厚分布図 (新潟県地盤図編集委員会, 2002) から推定する方法がある。しかし、各地域の地盤沈降量がわからないと正確な古地形の復元は困難といえる。沖積層の層厚が70m以上に達する地域は少なくとも沈降した可能性が大きい。

更新世末 (晩氷期) の海面上昇期Ⅰ

18,000年前以降は、地球表層がふたたび温暖になり、海水面がしだいに上昇した。この時代に堆積した地層の解析を行う坑井資料がまだ少ないこともあって、復元は想像の域をでられない状況にある。最終氷期に形成された侵食谷は河川が運び出した土砂によって埋め立てられ始めたし、海水の影響も受けるファンデルタが形成されたようである。10,000年前に海岸線が陸側にどのあたりまで進入したのか、すなわち海進によって湾や入り江がどこまで拡大したのか、検討してみたい。

完新世前半（後氷期）の海面上昇期Ⅱ

海水面は引き続き上昇したが、約9,000年前には、-30mまで上昇したと推定され、海岸線が侵食谷に沿って陸側に移り、西蒲原の地域は入り江・湾が出現したとみられる。信濃川や阿賀野川は、デルタ、干潟を発達させながらこの入り江・湾に多量の土砂を運び込み、埋め立てを進行させた。

また、その土砂の一部は荒川・胎内川などから流出した砂とともに沖合に堆積し、海底に砂堆や、海面上に浜堤、砂州がつくられた。約7,000年前から海水面が最も高くなった最大高潮期までには、一部外海に通じる水道を除けば、岩船から角田山麓まで延びる断続的でもあるが、長い砂州（新潟砂丘第Ⅰ列）が発達したと考えられている。砂州の内側には古白根潟、古福島潟、古塩津潟などのラグーンや沿岸に湿地（塩性湿地）が広がった。また、扇状地・デルタ・ファンデルタが大・中河川の平野への出口や河口付近に発達した。

第1図に1m間隔の等高線で描いた地形図をもとに、現在の越後平野の地形を区分し、平野の形成過程を考える資料とした。

完新世後半（後氷期）の海面停滞期

約5,500年以後は、海水面がときおりわずかに上下するものの、あまり変化しなくなった。現在にいたる5,000年間に砂州・浜堤・砂丘（新潟砂丘、新砂丘）が発達し、ラグーンは信濃川・阿賀野川が運び出した土砂で埋め立てられ続けた。さらに、海水面がほとんど変わらない時期が続いたことから、海に運び出された砂が沿岸流で移動しながらも、海岸沿いに堆積し季節風で陸側に吹き上げられ、10列を数える浜堤列、砂丘列が造られた（田中ほか、1996；鴨井ほか、2006）。砂丘列は内陸側の亀田砂丘（新砂丘Ⅰの1列）が最も古い時代に形成された（第1図）。

新潟の砂丘列は5,000年以降の海水面変動にかかわって大きく3列に分かれたかのようにみえる。分水-燕付近において3つに分岐した信濃川、西川、中ノ口川などが流れる西蒲原の平野は、おそらくこの時代に現在の姿の原型を現した。自然堤防、そして広大な後背湿地・沼地や、ラグーンの跡が諸所に残される河川・氾濫平野および海岸平野をみる越後平野が造られ続けた。

縄文後・晩期以後、平野に生活の場を拡げた祖先の人々の活動に学びつつ、目前にある近未来の課題を受け止めていきたいと思う。

5. 越後平野における歴史的に見た課題

白根層が示す地殻の沈降

これまでの越後平野にかかわる講演会や講座などで紹介しているが、昭和30年代に発生した地盤沈下の際に、公表された沈下量曲線を見ると、急激な2m以上に及ぶ沈下のほかに、その前後の時期にも少しずつの沈下を示すことが記録されていた。この沈降は地層の

圧密によると考えられてきたこともある。越後平野における沖積層の層厚（鴨井・安井，2004）を見ると、日本の他地域における沖積層の層厚に比べて約2倍もの厚さがある。越後平野の最大層厚160mは海面低下量の-120mに比べてみると、層厚40m分を説明するためには、地殻の沈下を考えると説明をつけやすくなる。

蒲原層群の項で述べたように、沖積層においても、構造的な地殻の沈降が現在も継続しているのではないかと考える。その変動量が地域的にどの程度になるのか観測していくことが、早急に必要と思われるし、国土地理院が開発している衛星を使って測る地表の水平方向の動きとともに、標高を面的に計測する方法が日常的に行われるようになることを期待したい。平野の沈下の実態が解明されれば、その対策を始めることができるであろう。

歴史的に見た0m地帯の拡がり

作成した1m間隔の等高線図（第1図）をみると、西蒲原から横越島北部にかけては大局的にみて標高2m以下の平底型低地が広がる。この地形は信濃川・阿賀野川最下流域に当たり、数千年前の潟（ラグーン）を想起させるものではないか。海に面する砂丘の内側に広がる潟の跡を示しているようにみえる。佐渡の加茂湖は両津市街地を載せる砂州の内側に形成された潟であり、水深10m程度の平底型で、岸辺付近で急に浅くなる。長い時間をかけて堆積が進行する潟はこの様な平底型になるのであろう。

信濃川の下流部は水害などに悩まされ、また水田地帯を広げる必要性から、悪水の排水事業が必然的に必要であった。しかし、下流部の低湿地や沼地は泥質堆積物や芦原における腐植土層など含水量の大きい地層からなる地盤をもたらした。

信濃川による自然の埋め立て造成が充分終らないうちに、平野の土地利用が開始されたことも考えに入れなければならないことである。

歴史的にみた砂丘の存在意義

砂丘は昭和30年頃から海岸侵食によって後退しはじめたと言われている。約5,000年前から、これらの砂丘形成が始まったこともあって、内陸側には静かな水面のラグーンが、引き続き平坦な海岸低地が拡大した。信濃川・阿賀野川の運び出した土砂がこのラグーンに堆積し続け、平野の自然造成が進行した。砂丘の存在は内側に平坦な広い海岸平野をもたらした。現在、その平坦地を新潟市に住む人々が住宅地や農業・商業地として利用している。

砂丘の存在は歴史的に見て、新潟市を立地する平坦な土地を生み出したという大きな意義がある。現在も、砂丘は冬期に荒海の日本海から守る自然の防波堤、飛砂を防ぐ防砂堤であると思う。0m地帯を守る重要な自然の築山といえる。

また、砂丘の地下水は酒づくり用の水、農業用水として、さらに災害時の飲用水としても欠かせない存在である。最近の地震時には地下水の挙動が大きな災害を発生させた。とくに、中越沖地震では砂丘およびその縁辺地の地下水やその湧水が地盤の液状化を呼び起

こし、住宅地などで被害を拡大させた。

自然を知り、自然に学び、自然の変化にかなう生活場所をつくるためには、新潟における海岸砂丘の存在する意義が大きいことから、再認識するときではないかと思う。

6. 山地・丘陵の隆起と平野の沈降

この項はNPO法人新潟愛郷会（2005.10.13）で講演した記録である新潟愛郷会講演特集号第3号（2005）に掲載された「大地を探る」副題－越後平野の生い立ちと人の生活－の一部を、同会の承諾を得て、再録したものである。

越後平野の東側に五頭連峰、越後山地、笹神丘陵、新津丘陵、東山丘陵、そして西側に角田・弥彦山地、西山丘陵など、北北東－南南西の方向に延びる山地と丘陵が平野を取り巻いている。

これらの地域の地表に分布する七谷層の火山岩類が越後平野の地下では深度6,000m以上にも存在する。現在、越後平野では約6,300mに達する石油探鉱のボーリングが行われ、新第三系下部、1,650万年以前と考えられる地層が確認されているが、越後平野北部を除いて花崗岩や中生界には達していない。これらは所によっては7,000m以上の深所に存在するかもしれないし、この深さは地震の震源が分布し始める深さでもある。弥彦山に露出する約1,400万年以前の七谷層は、越後平野の地下で深度4,500m以上に見いだされる。

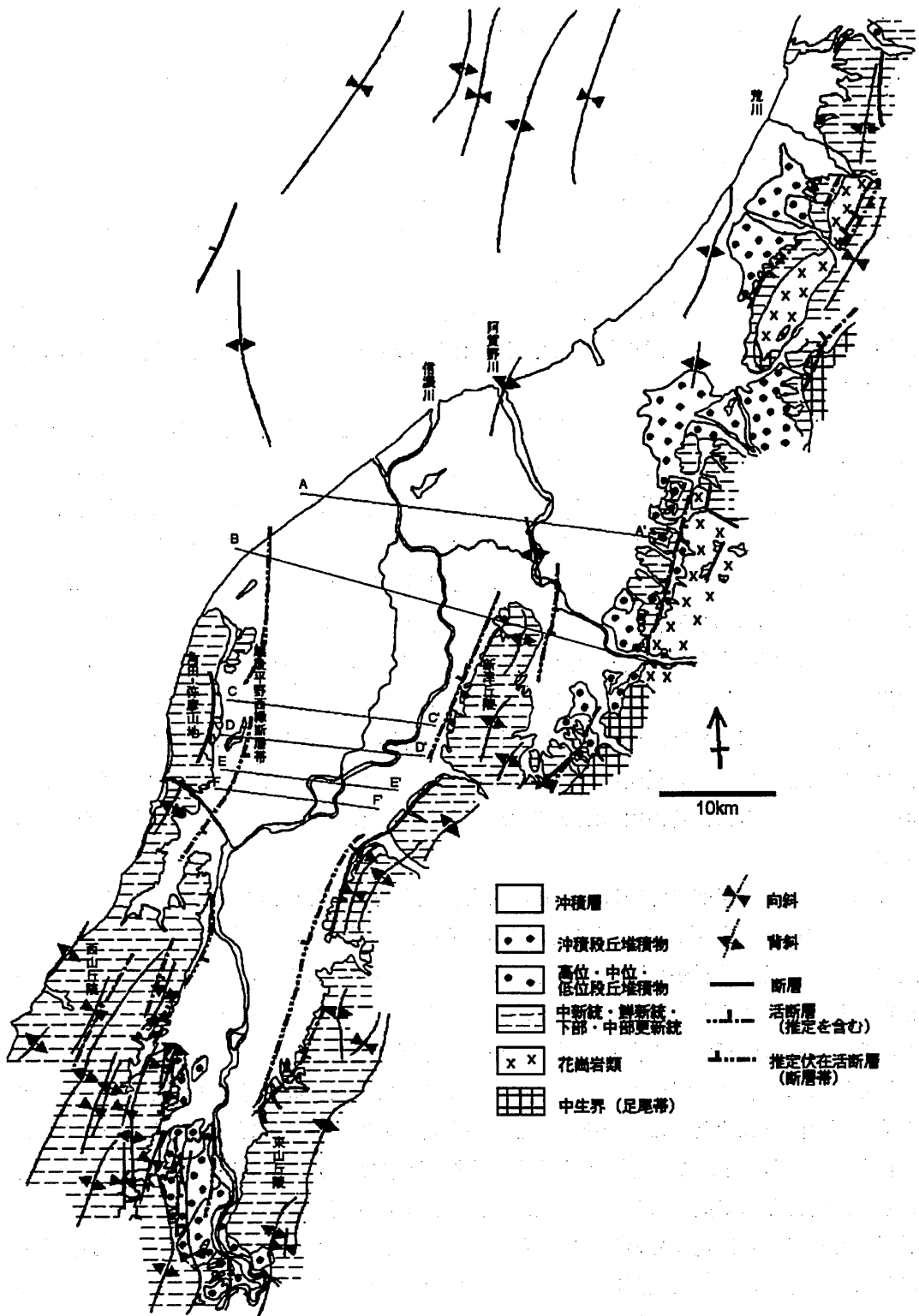
越後平野の東西方向の地質断面図（第5、6図）を見ると、東側には花崗岩が五頭連峰に露出しているし、新津丘陵の北側では新津背斜の北部延長の横断面が見られる。

越後平野の西蒲原では、新第三系の西山層～七谷層の層厚が4,000m以上に達するが、複雑な褶曲構造はなく、大規模な向斜構造が一つ造られている。この向斜軸は平野の西側に寄っている。さらに、角田山麓地下では地層が急に折れ曲がり、断層で切れ複雑な構造を示す。

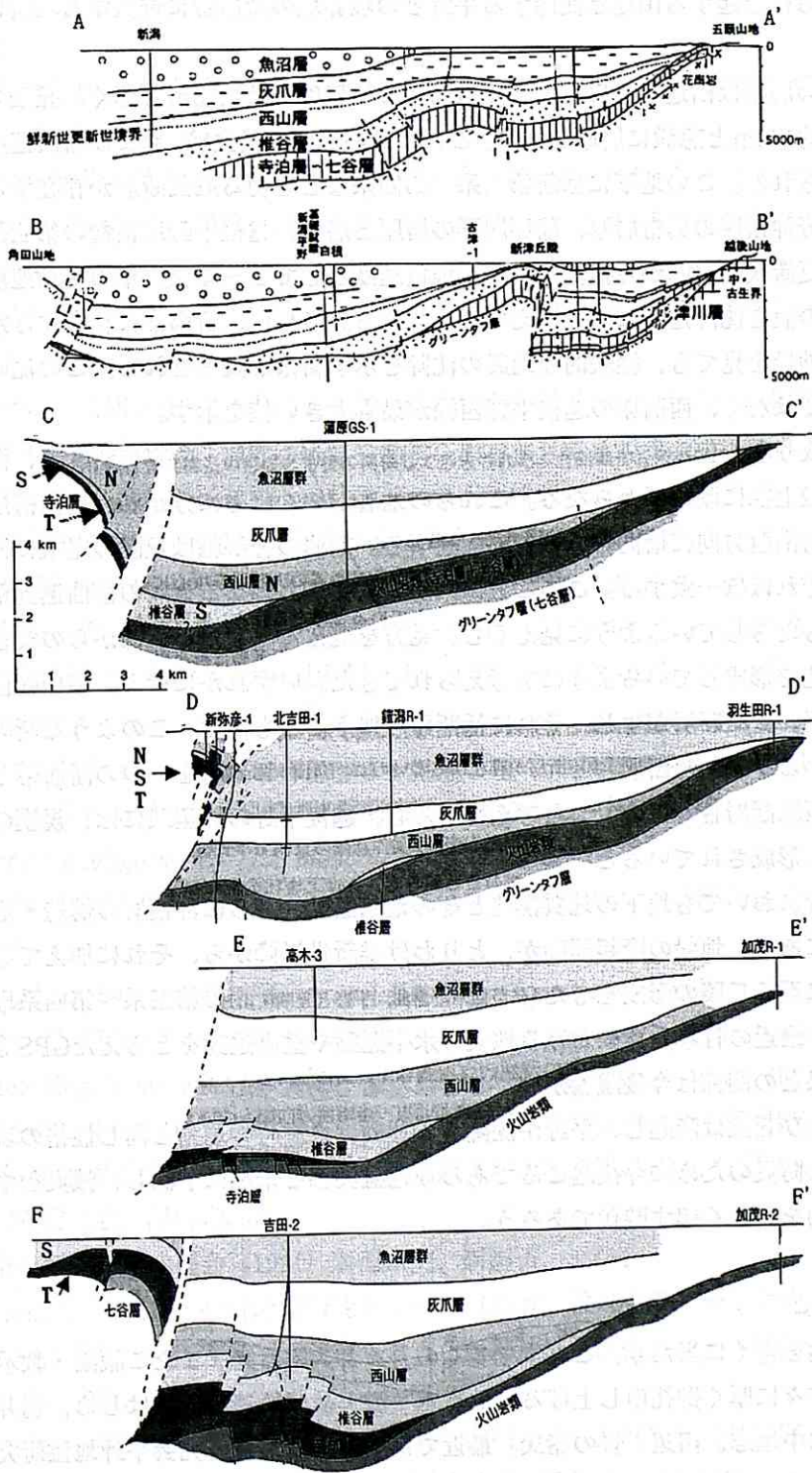
1,450～1,000万年前の海底に噴出した火山岩類が角田・弥彦山では地表に広く分布する。これらの火山岩類と平野の地下に広がる同じ時代の火山岩類との高度差は、約4,000mに達する。同時代の地層が平野側と山地側とにみられるが、この高度差は両者の間に断層が存在することによるものと判断され、地震探査や試錐調査によってその存在が確認されつつある。これらの断層群を含めて「越後平野西縁断層帯」（小林，1996）と命名した。

第6図には、北は新潟市から南は分水町までの間で東西方向に越後平野を横断した6つの地質断面図を載せた。この図をみると、平野地下の新生界の地質構造や平野西側の断層の存在がよくわかる。この越後平野西縁断層帯の断層は細かく分かれ、東西500m以上の幅をもつ断層帯として捉えられる。垂直から西に傾く逆断層といわれている。断層の一部は活断層として地表に現れている。この断層の活動の始まりは500万年前の中新世末以降と推定される。それ以後、山地側は上昇し、平野側は沈降するという地殻運動が継続していると考えられているが、更新世後半からの隆起量が大きくなったと考えられる。

角田山・弥彦山山麓には小規模の丘陵地や段丘、扇状地や崩積土地などが形成されてい



第5図 越後平野の地質構造略図 (新潟県, 2000の地質図に基づく)



第6図 越後平野地下における東西方向の地質断面図
 (新潟市史編さん自然部会, 1991; 吉田町, 2002; 帝国石油株式会社資料提供)

る。これらは隆起する山地と沈降する平野との境界域の断層帯に位置する場所に分布している。

沖積層の層厚は山地寄りにある丘陵地周辺の埋積谷では数10mと薄く、丘陵の東側の平野で最大約160mと急激に層厚を増す。これは最終氷期の侵食谷、および断層運動による結果と考えられる。この地下には新第三系・第四系などを切る成長断層が存在する。

越後平野沖積層の異常層厚、蒲原層群の層厚と層相、越後平野堆積盆の第四系の層厚、鮮新統+更新統の層厚から推算すると、堆積速度として2～4mm/年の平均速度が算出される。この値を沈降速度に置き換えて考えてみる。さらに、新潟市に存在する水準点標高の経年変動量を見ても、継続的な地殻の沈降を示す結果が読みとれる。この沈降量は越後平野全域ではなく、西蒲原の越後平野西縁が最も大きい値を示す。

平野を取り巻く丘陵に分布する地層は、新第三系から下部・中部更新統で、海成層、火山岩類、最上部に陸成層からなる。これらの地層がいくつにも分かれた褶曲構造を形成し、北北東-南南西方向に褶曲軸を持って配列する。褶曲の背斜軸は丘陵の尾根に、向斜軸は谷にそれぞれほぼ一致する。このことは東西方向の応力による地層の褶曲運動が丘陵の隆起現象をもたらしているように見えるし、見方を変えると、地下深部からの突き上げ運動が褶曲構造を形成しているようにも考えられてきた。いずれかにせよ、褶曲の西翼部に大きな逆断層、垂直断層が生じ、それに活断層を伴うこともある。このような断層や破碎帯を生じているゾーンを断層帯とし、その連続すると思われる所を一つの断層帯と考えた。越後平野西縁断層帯もその一つと考えているし、越後平野の周辺域には、規模の異なる断層帯が多く形成されているといえる。

越後平野においても地下の地質構造とその地殻運動、さらに沖積層の構造・形成とは密接な関係にある。地殻の隆起運動が、とりわけ鮮新世以降から、それに加えて第四紀後半から現在に至る丘陵の形成をもたらす地殻運動として、新潟の第三系～第四系堆積盆に起きている。最近の日本列島における地表の水平運動や垂直運動をとらえたGPS等を使用した観測結果との関係は今後議論が続くことになるであろう。

山地および丘陵は隆起し、平野が沈降する運動は地震時の運動と同じ性格の現象であろう。予知と防災のために今後起こるであろう地盤災害を未然に予測し、減災をするための議論と行動を大きく起す時代であろう。

7. おわりに

この小論を書くに当たり、これまで多くの方々と共に共同研究、またご議論・教示を頂いた。これらの方々には厚く御礼申し上げます。故青木 滋・故柴崎達雄氏をはじめ、鴨井幸彦、安井 賢、田中里志、田辺 晋の諸氏、最近では新潟応用地質研究会平野地盤研究グループの方々である。これまでに、越後平野に関しては新潟市史(1991)、巻町史(1994)、黒埼町史(1994)、吉田町史(2002)、笹神村史(2002)、分水町史(2004)を執筆する際に記述してきた。関係する諸機関、諸会社から貴重な多くの関連資料の提供を頂いたことに対し

て、深く感謝申し上げます。

引用文献

- 鴨井幸彦・安井 賢・小林巖雄(2002)越後平野中央部における沖積層序の再検討. 地球科学, 56巻, 123-138.
- 鴨井幸彦・安井 賢(2004)古地理でたどる越後平野の生い立ち. 土と基礎, 52-11, 8-10.
- 鴨井幸彦・田中里志・安井 賢(2006)越後平野における砂丘列の形成年代と発達史. 第四紀研究, 45巻, 67-80.
- 風岡 修・立石雅昭・小林巖雄(1986)新潟県魚沼地域の魚沼層群の層序と層相. 地質学雑誌, 92巻, 829-853.
- 菊池かおる・黒川勝己・丸山直子・落合浩代・小林巖雄(1984)新潟油田地域, 灰爪層・西山層と魚沼層群の火山灰層による対比. 地質雑, 90巻, 101-115.
- 小林巖雄(1996)越後平野地下の第四系. 第四紀研究, 35巻, 191-205.
- 小林巖雄・松田俊司(1991)新潟平野の第四系-その1. 新潟市地下の更新統産軟体動物化石群. 中川久夫教授退官記念地質学論文集, 119-124.
- 小林巖雄・立石雅昭・安井 賢・風岡 修・黒川勝己・油井 裕・渡辺其久男(1986)新潟積成盆地における西山・灰爪累層, 魚沼層群の層序と古環境. 地質雑, 92巻, 375-390.
- Kobayashi, I.・Takano, O.(2002) Records of major and minor transgression and regression in the Paleó-Sea of Japan during late Cenozoic. *Revista Mexicana de Ciencias Geologicas*, Vol. 19, num. 3, 226-234.
- 牧山鶴彦(1963)新潟ガス田の層序および地質構造について. 石油学会誌, 6巻, 684-687.
- Minato, M.・Suyama, K.・Hasegawa, K.・Oya, A.・Takahashi, Y.・Nakagawa, K.・Wada, N. Shibazaki, T.,(1967) Absolute age of subsurface Lat Quaternary deposits in the Niigata lowland. *Jour. Fac. Sci. Hokkaido Univ., Ser.4*, Vol.8, 401-406.
- 新潟県(2000)新潟県地質図2000年版. 新潟県地質図改訂委員会, 新潟県商工労働部.
- 新潟県地盤図編集委員会(2002)新潟県地盤図および新潟県地盤図説明書. 新潟県地質調査業協会. 説明書66p.
- 新潟市史編さん自然部会(1991)新潟市史. 新潟市, 366p.
- 新潟応用地質研究会・平野地盤研究グループ(2007)越後平野に分布する沖積層の研究(第3報)-東部地域(五泉市)および西部地域(西蒲原)-. 新潟応用地質研究会誌, 68号, 31-80.
- 小野映介・大平明夫・田中和徳・鈴木郁夫・吉田邦夫(2006)完新世後期の越後平野中部における河川供給土砂の堆積場を考慮した地形発達史. 第四紀研究, 45巻, 1-14.
- 佐藤時幸・高山俊昭・加藤道雄・工藤哲朗(1987)日本海側に発達する最上部新生界の石灰質微化石層序, その1:新潟地域. 石油技誌, 52巻, 613-629.

- 田中久夫・長谷川正・木村澄枝・岡本郁栄・坂井陽一 (1996) 新潟砂丘の形成史. 第四紀研究, 35巻, 207-218.
- 魚沼丘陵団体研究グループ (1983) 魚沼層群. 地団研専報, 26号, 186p.
- 卜部厚志・安井 賢・稲葉 充・片岡香子・高濱信行・満田信一 (2006) 東新潟ガス田の中の更新統～完新統の層序-特に軽石層の特徴とその給源-. 石油技誌, 71巻, 337-348.
- 卜部厚志・吉田真見子・高濱信行 (2006) 越後平野の沖積層におけるバリアーラグーンシステムの発達様式. 地質学論集, 59号, 111-127.
- 安井 賢・小林巖雄・立石雅昭 (1983) 新潟県八石油帯・中央油帯南部に分布する魚沼層群の層序. 地球科学, 37巻, 22-37.
- 安井 賢・小林巖雄・鴨井幸彦・渡辺其久男・石井久夫 (2001) 越後平野中央部, 白根地域における完新世の環境変遷. 第四紀研究, 40巻, 121-136.
- 安井 賢・鴨井幸彦・小林巖雄・卜部厚志・渡辺其久男・見方 功 (2002) 越後平野北部の沖積低地における汽水湖沼の成立過程とその変遷. 第四紀研究, 41巻, 185-197.
- 安井 賢・藤田 剛・木村 廣・渡辺 勇・吉田真見子・卜部厚志 (2007) 越後平野北部の珪藻化石群集と環境変遷史. 地球科学, 61巻, 49-62.
- 吉田町 (2002) 吉田町史, 資料編7, 自然. 吉田町, 534p.
- 吉田真見子・保柳康一・卜部厚志・山崎 梓・山岸美由紀・大村亜希子 (2006) 堆積相と全有機炭素・窒素・イオウ濃度を用いた堆積環境の復元-新潟平野上部更新統～完新統の例-. 地質学論集, 59号, 93-109.