秋田県の地質

秋田大学工学資源学部地球資源学科応用地球科学講座
佐藤時幸・山崎　誠・千代延　俊*
（*：東北大学大学院理学研究科地学専攻）

口絵 -1　男鹿半島寒風山頂上から旧火口および真山を望む

口絵 -2　男鹿半島南岸生鼻崎、更新統中部北浦層から脇本層の砂岩泥岩互層

口絵 -3　A: 西黒沢層模式地。海岸部に石灰質砂岩層が広く分布。崖の上部で女川層が整合に被覆。
B: 礫岩層の基質部に見られるフジツボの化石。C: 大型有孔虫 Operculina が多産。

1 地形・地質概要

■ 1.1　地形概要

秋田県は秋田平野から奥羽山脈に至る内陸部と男鹿半島の二地域に分かれ、男鹿半島は上部新生界が良好に露出することから、その層序は本邦の標準層序の一つとなっている。

男鹿半島は、東側の内陸部と砂州でつながり、その間に八郎潟がある。半島西側は門前層群の火山岩類からなり、急峻な山地地形であるのに対し、東方では、その上位の新第三系台島層群、船川層群の堆積岩類に変わり、段丘地形が発達する。一方、秋田平野の海岸線は、南北に延びる北由利衝上断層群と平行に位置する。大きくは平野部が石油鉱床を形成する秋田油田堆積盆地で、内陸部は日本海形成期に対応する火成岩類、堆積岩類を主とし、秋田県北部の内陸には黒鉱鉱床が分布する。

■ 1.2　地質概要

秋田地域は先第三系花崗岩類を基盤岩とし、古第三系～第四系火成岩類、堆積岩類より構成される。日本海拡大と関連した台島期～西黒沢期玄武岩類活動の終息と前後し、油田堆積盆地が形成、半深海性の女川層、船川層が順次堆積した。鮮新世以降になると、海岸線に沿って北由利衝上断層群が鮮新世末まで活動、その変位量は 3000m 以上に達する。その結果、断層の西方には天徳寺層中に“桂根相”と呼ばれる砂岩泥岩互層が発達する。この運動により秋田平野部の殆どは鮮新世末までの間に浅海／陸化し、堆積盆地は現在の海岸線よりさらに西へ移動、沖合に位置する新しい衝上断層の活動開始とともに、男鹿半島地域で砂岩／泥岩互層の第四系北浦層、脇本層が 2000m 以上の厚さで堆積した（図 1、2）。

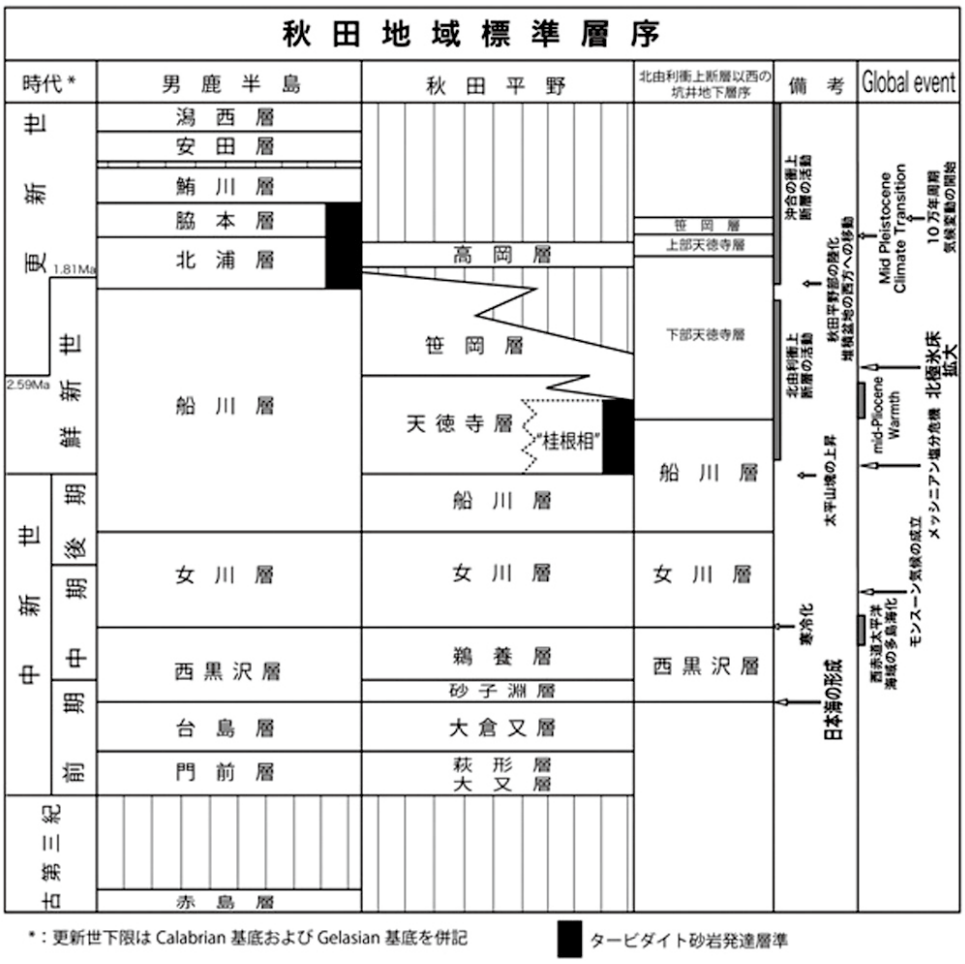

図 1　秋田地域標準層序

図 2　秋田県周辺地質図（凡例は 43 頁参照）

※（社）東北建設業協会（2006）　建設技術者のための東北地方の地質より引用

2　深成岩

深成岩類は、白神山地の一部、および秋田中央部の太平山一帯に分布する。太平山一帯の花崗岩類は太平山複合プルトンと呼ばれ（加納ほか、1966）最古期深成変成岩類（I 期）、主迸入岩類、新期迸入岩類（II 期）とに分けられ、主迸入岩類は後期白亜紀に、新期主迸入岩類は第三紀に対比された。

第三紀花崗岩類の仁別花崗岩類の迸入時期を、俎山火山岩類との関係から大沢ら（1981）は女川層堆積時と推定している。一方、佐藤ら（2002）は仁別周辺に花崗岩礫、俎山火山岩類由来の安山岩礫、および貝化石を含む鮮新統礫質砂岩〜粗粒砂岩の分布を認めるとともに、太平山南縁部で船川層最上部に穿孔痕を持つ硬質泥岩礫を含む礫岩層が急傾斜で分布、それをスランプ〜デブリ堆積物が緩傾斜で不整合に覆うことなどから、仁別山塊を構成する花崗岩類は中新世末に上昇陸化した（図 1）ことを指摘した。

3　新第三系

■ 3.1　日本海形成前

男鹿半島で代表されるように、基盤花崗岩類の上位では古第三系赤島層、新第三系最下部の門前層など、秋田の層序は火成岩類で始まる。これらの地層は安山岩類を主体としており、門前層で玄武岩溶岩、砂礫岩が発達するようになる。玄武岩溶岩は一部枕状を呈するほか、“ 潮瀬の岬砂礫岩 ” からは生痕化石が報告されている（大口ら、2005）。大口らはこれら生痕化石を海の証拠としたが、確実な海洋環境を示す証拠は無く、淡水域を示唆すると考えられる。この時期、落葉広葉樹を主体に針葉樹を混交する温帯林の阿仁合型植物群が男鹿半島や内陸部の阿仁地域で認められる。

■ 3.2　日本海の形成—西黒沢階—

日本海の形成タイミングは微化石や放射年代から議論されて来た。男鹿半島で最初の海成層は、大型有孔虫化石の *Operculina* や *Miogypsina* を産する西黒沢層である。しかし、その下位の台島層からはすでに常緑広葉樹と落葉広葉樹の混交する暖帯林よりなる台島型植物群が産し、暖流からの熱の影響が示唆されている（植村ほか、2001）。したがって、男鹿半島での最初の海成層は西黒沢層であるものの、台島型植物群の産出は、すでに日本海側への暖流の流入があった可能性を示唆する。

■ 最も古い日本海

日本海側で発見される最も古い年代を示唆する微化石は、石灰質ナンノ化石帯の NN4 帯を示唆す

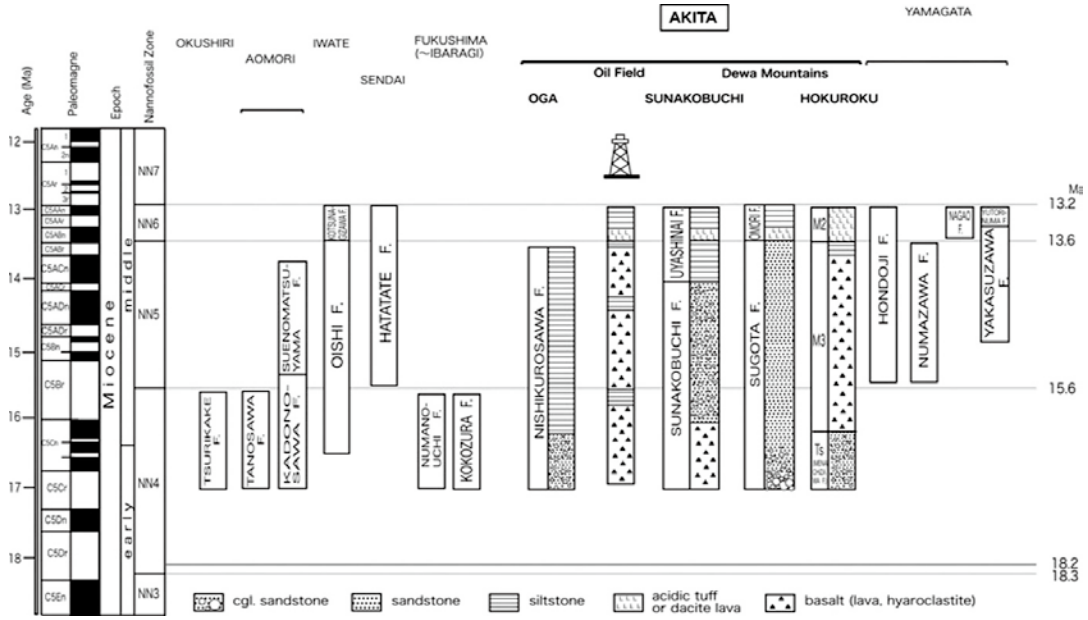

図3　東北日本に分布する西黒沢階地層対比

る *Helicosphaera ampliaperta* である。この種と *Spheno- lithus heteromorphus* との共存から、最古の日本海の年代は最も古く見積もっても 1820 万年前である（図 3）。すなわち、NN4 帯より古い海生化石が見つからないこと、さらに海流による海洋の広がりという観点から見ても、これより古い海が古日本海として発達していたとは考えにくい。

日本海は、このように 1800 万年前頃に中国から分離、東北日本は反時計回りに、西日本が時計回りに回転したことによって、現在の逆“く”の字の列島が形作られたと言われている。しかし、近年の日本海における深海掘削計画の成果から東北日本は北北西—南南東のいくつもの横ずれを繰り返して現在の形になったことが明らかにされ（Jolivet and Tamaki, 1992）、日本海の構造発達がより具体的に議論される様になっている。上述の最初の海成層は、図 3 に示したように、秋田では西黒沢層のほか、砂子渕層、須郷田層などで、いずれも最下部は NN4 帯に対比される。このことは日本海側への海の流入がごく短時間で広がったことを示している。

秋田地域では日本海の形成と関連したいくつかの特筆すべき火山活動が認められている。すなわち、NN4 帯層準と前後し、出羽丘陵では台島層に対比される太倉玄武岩類の活動終了層準で、NN4 帯～ NN5 帯に対比される石灰質砂岩の須郷田層が広く堆積する。このような台島層／西黒沢層境界付近の火山活動の終了後、西黒沢階下部～上部の堆積岩類が安定して堆積している地域は、男鹿半島、出羽丘陵、脊梁などの広い地域が該当する。玄武岩の活動が活発と言われる太平山南縁の砂子渕層も、玄武岩の上位は玄武岩礫および凝灰岩類を多量に含むタービダイト砂岩と砂質シルト岩が分布し、NN4 帯を示唆する石灰質ナンノ化石が産出する。このような、日本海形成後の安定した海洋環境の広がりを示唆する地域とは対照的に、現在の海岸線に沿った油田系列では NN4 帯～ NN5 帯の西黒沢階には厚さ 2000m 以上にも達する玄武岩類が発達する（図 4, 5；佐藤ら、1991）。この玄武岩類は、化学組成から MORB（中央海嶺玄武岩）ないし BABB（背弧海盆玄武岩）に対比され、日本海の形成が秋田平野部にリフト堆積盆地を形成したことを示唆している。ただし、福山 1 号井や基礎試錐「仁賀保」では厚い玄武岩類の下位で酸性火山岩類を認めており（佐藤ら、1991）、それからすると未成熟なリフトとみなされる（佐藤・佐藤、1992）。これら石油坑井で認められた NN4 帯～ NN5 帯の厚い玄武岩類は、海岸線の平野部で特徴的であることから、“油田系列玄武岩”と呼ばれ、秋田堆積盆地特有の存在として注目された（佐藤ら、1991）。

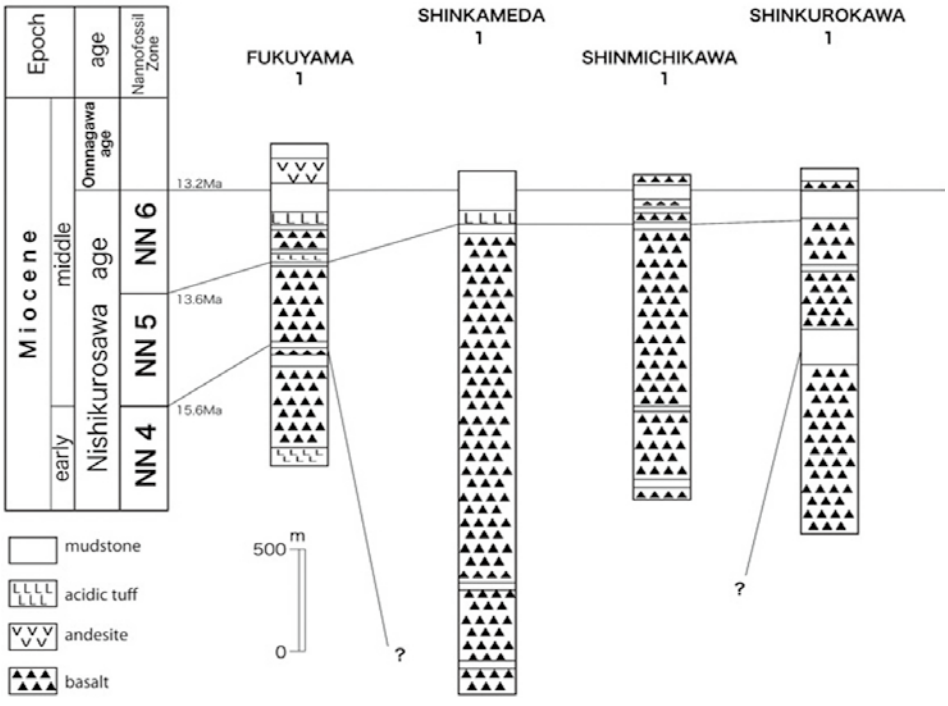

図４　秋田油田試掘井で確認された厚い西黒沢期玄武岩類。坑井位置は図 5 参照（佐藤ら、1991）

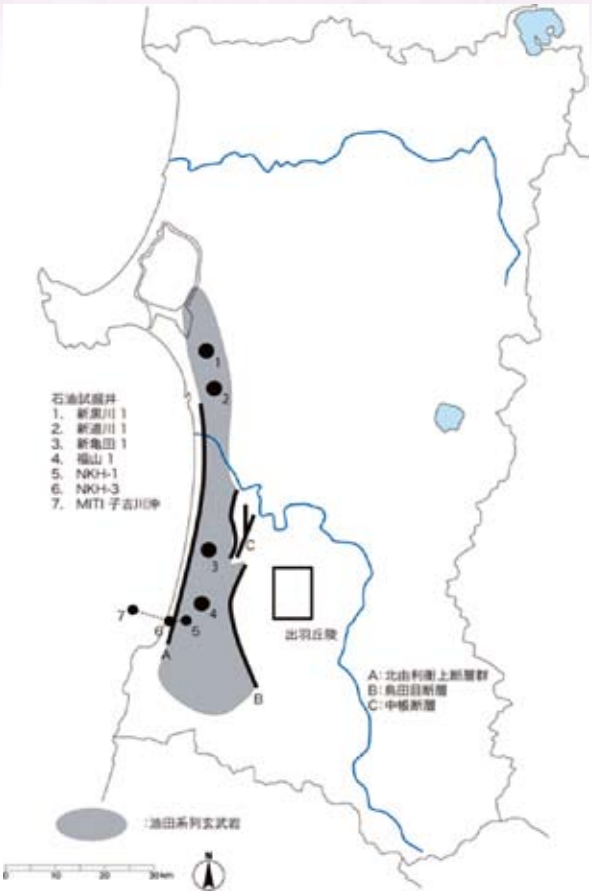

図5　油田系列玄武岩の分布と調査した坑井の位置

ところで、米谷（1978）は須郷田層から浮遊性有孔虫の *Globorotalia bykovae* を報告し、同層を西黒沢期末の N11 帯に対比した。臼田ら（1978）は、その結果に基づいて須郷田と大森層は指交関係にあるとしたが、佐藤ら（1991）は、石灰質ナンノ化石と浮遊性有孔虫化石調査に基づいて、須郷田層から N8 帯を定義する *Globigerinoides sicanus* および *NN4* を示唆する *Helicosphaera ampliaperta* を報告、須郷田層が N8、9 帯、もしくは NN4,5 帯、大森層がその上位の N10 もしくは NN6 帯で、須郷田層と大森層が層位的に上下関係にあること(図3)、南外村周辺では上位に向かって深海化することを明らかにしている。

■ 3.3　女川階

西黒沢期に引き続く女川期は、一般に最大海進を迎えたと言われている。しかし、近年の古海洋学の進展からすると、西黒沢期後期の NN6 帯以降は酸素同位体比が増加し、海水準の低下を示している。事実、新潟地域では、西黒沢期に海域が最も広がり、その直後の女川期に入るとともに水深は増すものの、海域の広がりは一気に縮小（佐藤ら、1995）する。その後、海域は徐々に広がり始め、mid-Pliocene warmth の後期鮮新世初め（いわゆる No.3 *Globorotalia inflata bed* 層準）に再び最大海進を迎える。

秋田地域では、西黒沢期は男鹿半島から脊梁を通じ太平洋側まで海域が広がる。脊梁地域では NN4、5 帯の大石層、NN6 帯の小繋沢層が西黒沢階に対比されるが、秋田―岩手県境の一部地域では女川層を欠いて船川層に対比される黒沢層が小繋沢層を不整合で覆う。一方、秋田平野部、油田地域では、上記油田系列玄武岩の活動終息とともに冷却沈降へと変化、堆積盆地は最大水深を迎える。このことは、汎世界的な海水準の低下とリフテイング終了に伴う冷却沈降との合算が女川期の海洋を形作ったことを示唆し、新潟―秋田地域は堆積盆地の水深が増したものの、海域は西方へ狭まったことを示唆している。

女川層の岩相は珪質で極めて硬い岩質を呈する。一部軟質なものには珪藻殻が残っており、女川層の珪質岩が珪藻起源であることを示している。また、岩相を詳細に調査すると、ラミナの発達する岩相が一部に認められる（図 6）。すなわち、男鹿半島では、女川層中部でラミナを持つ泥岩と生痕化石を含む塊状泥岩が 20 ～ 50cm の規模で互層する。一方、秋田平野部由利油帯では女川層下部の約 60m の層準がラミナを有し（図 6, 7）、ニシンの骨化石を豊富に含む。一方、その東の出羽丘陵では、硬質泥岩が分布するものの、ラミナを持つ岩相は認められず、いずれも生痕化石を含む塊状泥岩である。一般に海洋では水深 500m ～ 1500m 間で溶存酸素量が極小となり、その間を酸素極小帯と呼ぶ。その区間は酸素が無いために生物活動が無く、結果としてラミナを持つ泥岩が堆積し、逆に酸素が多いと生物活動のために堆積物はかき乱されて塊状泥岩となる。女川期の日本海は、外洋との境界をシルで境されたシルドベーズンであることから、水深 500m 以深は溶存酸素が無い水塊で、ラミナが保存されるとともに、有機物が分解されないまま残る。このことからすると、塊状泥岩は酸素の豊富な海底に堆積したものであり、500m より浅い海洋と推定される。改めて秋田におけるラミナを持つ泥岩の分

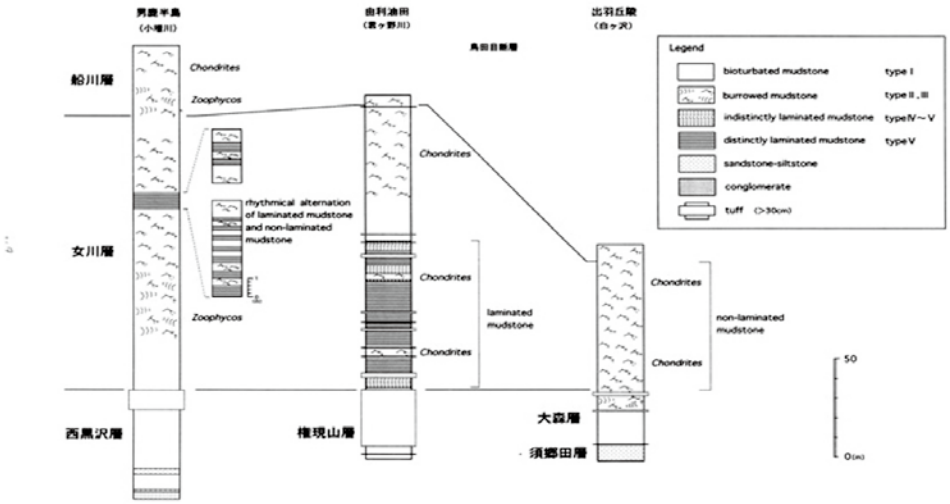

図６　女川層のラミナおよび生痕化石に注目した岩相対比

布をみると（図 6）、秋田油田系列でラミナを持つ泥岩が厚く分布、次いで男鹿半島でいくつかの層準に発達、出羽丘陵では全く分布しない。このことは、秋田油田系列に 500m 以深の深い海が存在し、男鹿半島では 500m 前後を推移、出羽丘陵では 500m より浅い海洋であったことを示唆する。また、酸素の無い海底であった油田系列の女川層は、有機炭素量が多く、優秀な石油根源岩となる。このような海洋環境は、図 5 で示したごとく、秋田油田系列が出羽丘陵の東への移動によるリフテイングによって形成された堆積盆地であり、構造発達史的にも深い堆積盆地を有していたと推定される。

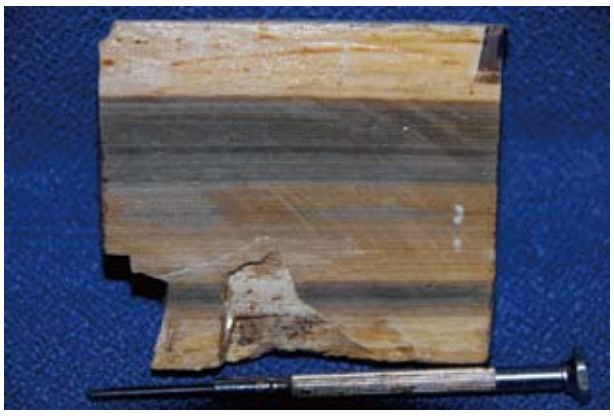

図７　ラミナを有する硬質泥岩

■ 3.4　船川階

船川期、もしくは船川階ということばを使う際には何を基準にするかが問題となる。すなわち、男鹿半島の船川層をそのまま船川階の基準とするならば、船川階は上部中新統から 1.9Ma までの間の堆積物を指すことになるが、油田地域の船川層、天徳寺層を基準とした船川階、天徳寺階、笹岡階を用いる場合には船川階から笹岡階までが男鹿半島を基準とした船川階にすべて含まれる矛盾が生じる（図 2）。これらの問題は時階区分の模式地および境界模式地設定の問題であるため、ここではそれに関する議論を省くが、以下では油田地域を基準とした船川階、天徳寺階、笹岡階を便宜的に用いる。

船川期は秋田県と岩手県境の脊梁部で浅海～陸域へと変化し、秋田地域は比較的閉ざされた堆積盆地へと変化する。油田堆積盆地の大部分を占める船川層は、暗緑灰色～暗緑青灰色の塊状泥岩で、サガリテスを頻繁に含む。風化面は同層下部で葉片状割れ、上部に向かって小角割れ、中角割れへと変化する。塊状泥岩を詳細に見ると、数多くの生痕化石を含み溶存酸素量の多い海底での堆積物であることを示唆する。“船川層の黒色泥岩”は、その色から石油根源岩と言われた時もあるが、生物擾乱が激しいこととも相まって有機炭素量は 1%にも満たず、石油根源岩とはならない。また、泥岩という名称を用いているものの、多くはシルト岩であり、風化の割れ方や色などから上位の天徳寺層と区別されることが多い。

■3.5　天徳寺階

境界模式地が設定されていないため、正確な議論は不可能であるが、一般的には県北地域に分布する船川層最

上部で上部七座凝灰岩部層上限をもって船川階／天徳寺階境界とする場合が多い。天徳寺階は、油田系列の堆積盆地中心部では青灰色シルト岩よりなる天徳寺層が相当する。

秋田県北部二ツ井町～藤里町周辺には、七座背斜が南北に延び、背斜軸を境に上部七座凝灰岩部層の層厚が東翼で薄く西翼では数倍の層厚になる。この事実は、船川期末から天徳寺期初めの間に堆積盆地が鷹巣街以東で消滅、西側に限定されたことを示す。

太平山南縁部では、船川層が 80 度前後で南へ急傾斜を示すのに対し、上位の天徳寺層最下部はスランプ～デブリ堆積物よりなり、緩傾斜で船川層を不整合で覆う。とくに船川層最上部および天徳寺層下部には女川層起源で最大 60cm 前後の硬質泥岩礫を含み、礫の全面には穿孔痕が多数認められる（佐藤ら、2002）。太平山西部では、天徳寺階の貝化石を含む含礫砂岩に仁別花崗岩類由来の礫や俎山火山岩類由来の安山岩礫が多数認められる（佐藤ら、2002）。これらのことは、船川期／天徳寺期境界付近、すなわち中新世／鮮新世境界で太平山塊が上昇し、花崗岩類や女川層、俎山火山岩類が浸食削剥されたことを示唆する。また、女川層の一部は沿岸の潮間帯付近に露出し、穿孔貝によって穿孔された後、堆積盆中心部へ運搬されたと推定される。

秋田県全体では、県中央部の太平山から県北の七座背斜以東の広範囲は浅海／陸化し、堆積盆地が西方へ移動した。この頃、海岸線部では“桂根相”と呼ばれるタービダイト砂岩が厚く分布する。天徳寺層は上部で砂質シルト岩へ変化し、しばしば貝化石を含むほか、石灰質底生有孔虫や浮遊性有孔虫、石灰質ナンノ化石等も豊富に産出するようになる。佐藤ら（2003）の石灰質ナンノ化石調査結果によると、油田地域の天徳寺層上部の多くは 3.85Ma ～ 2.75Ma の世界的温暖期（mid-Pliocene warmth）に対比される。この温暖化による海水準の上昇によって、船川期末に浅海—陸化した太平山南縁で再び海域が広がり、天徳寺層～笹岡層が船川層を不整合で覆うこととなった。

■ 3.6　笹岡階

能代～秋田～本荘に至る海岸線部での多くの地域では、半深海性の天徳寺層から浅海性の笹岡層へ急激に変化する。その年代は、石灰質ナンノ化石に基づくと後期鮮新世初めの 2.75Ma における北極の氷床拡大と一致する。すなわち、笹岡層での浅海相への岩相変化の多くは、2.75Ma の汎世界的な海水準低下を原因としている（佐藤ら、2003；図 8）。模式地笹岡層の上限の年代は、石灰質ナンノ化石から鮮新世末の 2.0Ma で、更新世には対比されない。

笹岡層は砂岩を主体に多くの貝化石を含む。本荘市万願寺の笹岡層および北陸金沢市の大桑層に含まれる寒流系貝化石群を総称し“大桑—万願寺動物群”と呼ばれたが、後の石灰質ナンノ化石調査（佐藤ら、1988a；高山ら、1988）から大桑層は更新統下部～中部で暖流の影響も受けているのに対し、万願寺の笹岡層は 2.75 Ma ～

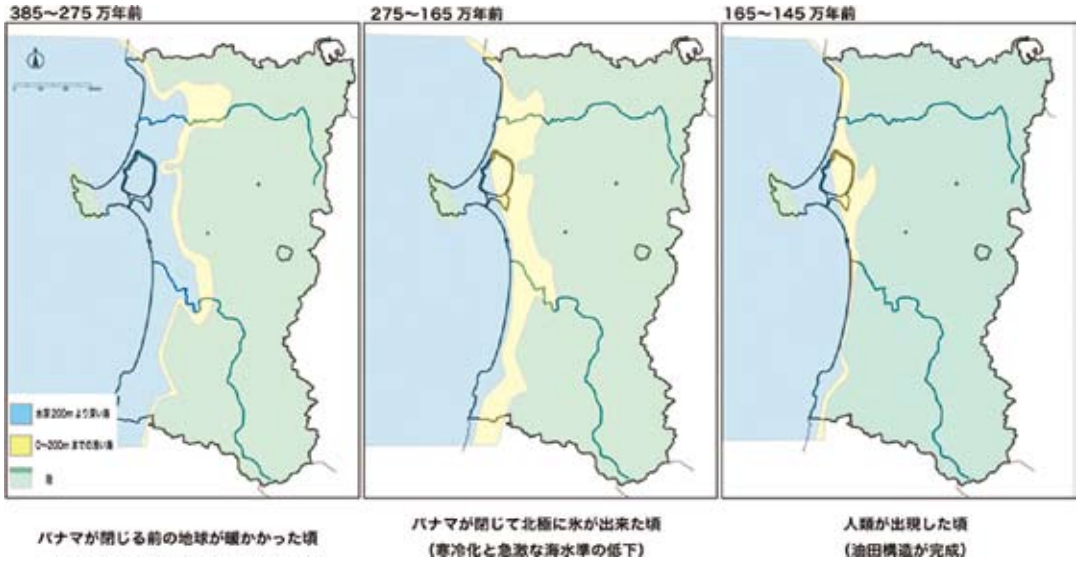

図 8　鮮新世末～更新世初めの秋田地域の古地理（佐藤ら、2003）

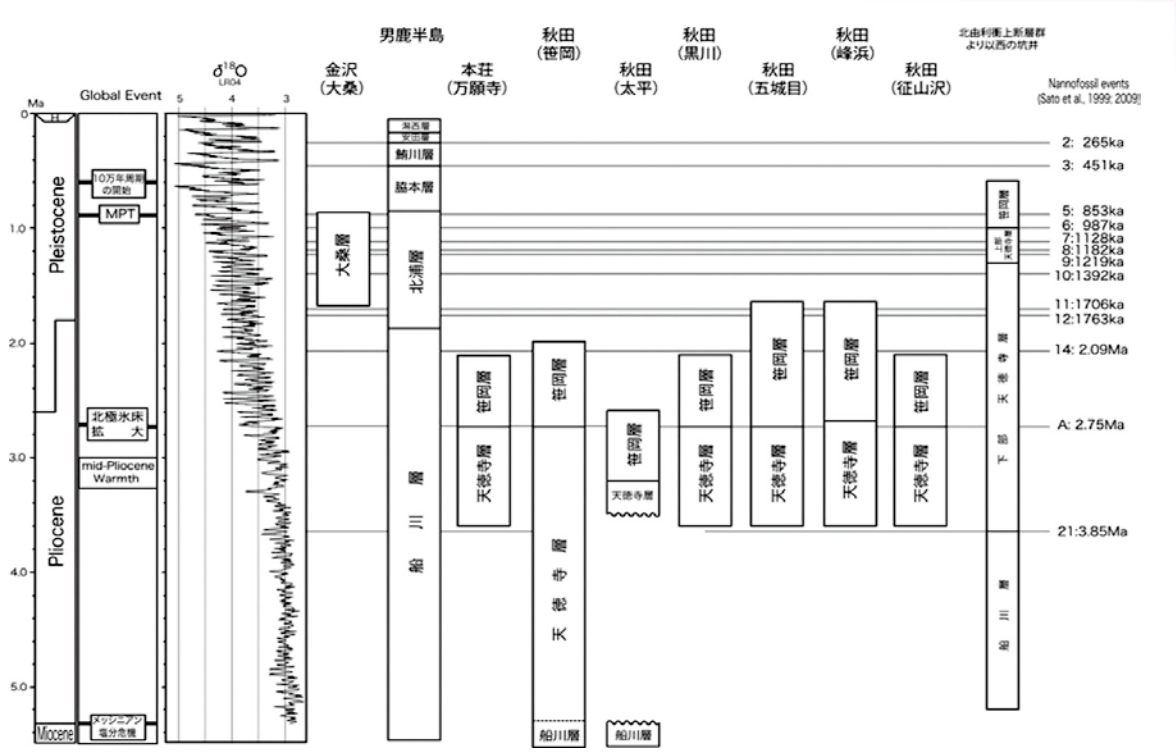

図 9　石灰質ナンノ化石基準面に基づく最上部新生界の対比と酸素同位体層序（LR04）、およびグローバルイベント

2.0Ma 間の後期鮮新世で時代的に大きく異なるばかりでなく、強い寒流の影響下にあるなど、大桑層と笹岡層は地質年代的にも古環境の面からも大きく異なる（図 9）。

4 第四系

秋田平野部では、鮮新世／更新世を境にほとんどの地域が陸化し、第四系は高岡層などの陸成層が分布するのみである。

海成層は西方の男鹿半島、北浦から脇本に至る地域で 1500m 以上の厚さで分布する。

■ 第三紀／第四紀境界

Calabrian 基底を定義とした第三紀／第四紀境界は、古地磁気層の Olduvai　サブクロン直上、もしくは石灰質ナンノ化石の *Gephyrocapsa caribbeanica*、*G. oceanica* の出現層準にあり、イタリア南部、Calabrian 基底模式ポイントとの明瞭な追跡が可能である（佐藤ら、1988b、Sato and Takayama, 1992）。すでに、佐藤ら（1988a, b）は本邦の上部新生界で石灰質ナンノ化石調査を行い、房総半島の黄和田層下部および男鹿半島の北浦層下部に同境界があることを指摘した。さらに近年、佐藤ら（2008 および投稿準備中）は男鹿半島北岸の相川ルートの露頭中にこれら基準面を追跡し、北浦層最下部に同境界があることを明らかにした。

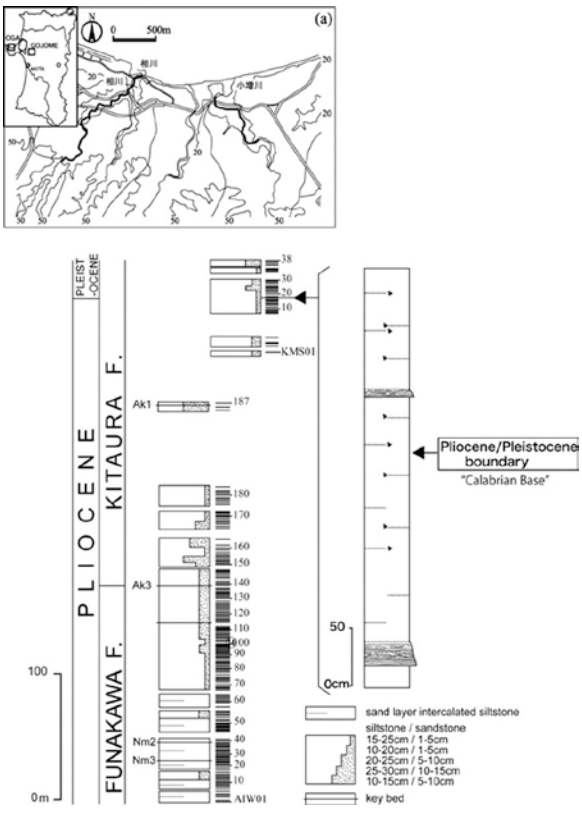

図 10　北浦層中の鮮新統／更新統境界（佐藤ら、2008）

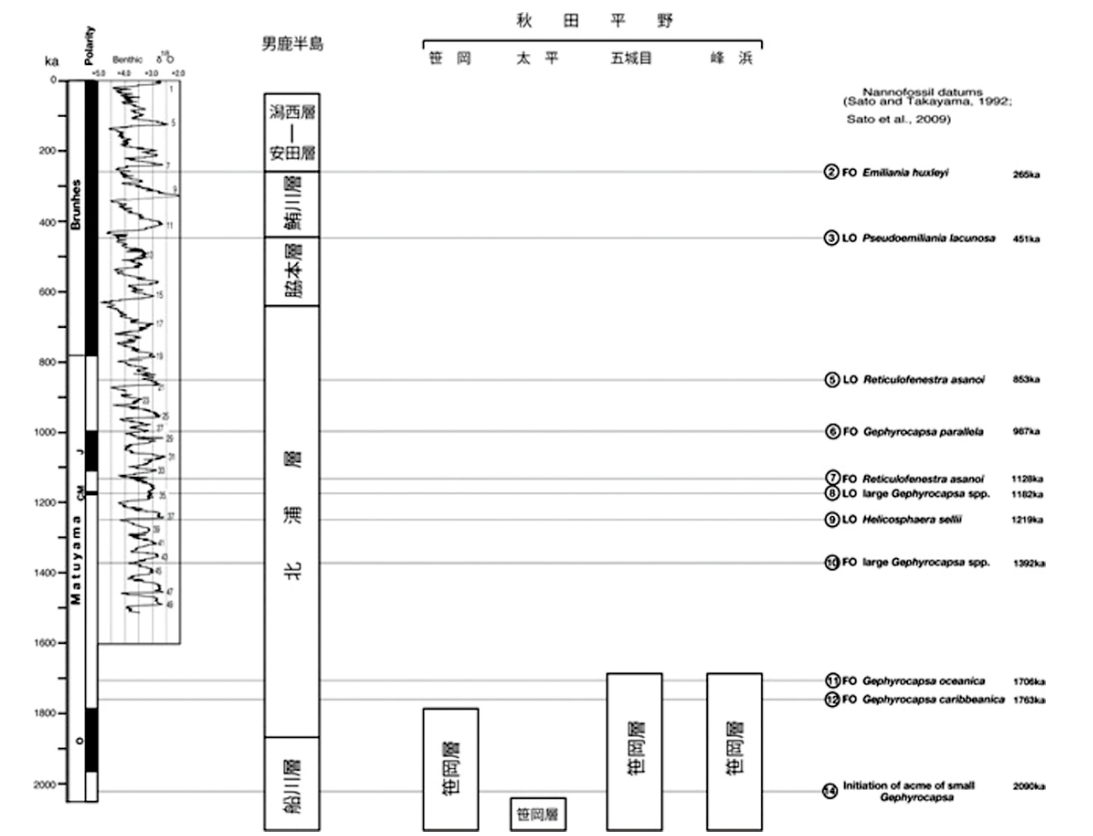

図 11　秋田地域第四系の地質年代および酸素同位体層序との関係

■ 男鹿半島の第四系

秋田平野部の陸化によって堆積盆地は西方の男鹿半島へ移動、第四系の北浦層、脇本層はタービダイト砂岩を頻繁に挟在するシルト岩／砂岩互層となる。北浦層と脇本層の岩相はきわめて類似するが、北浦層の砂岩が凝灰質であるのに対し、脇本層の砂岩が淘汰の良いクリーン砂岩よりなる点で区別される。また、両層の境界はブリュンニュクロン初期であり、酸素同位体比の平均が大きい方へシフトする区間の MPT (Mid-Pleistocene climate Transition) に対比されると推定される (図 11)。同様に、脇本層上部付近で石灰質ナンノ化石 *Pseudoemiliania lacunosa* の産出上限があることから、脇本層／鮪川層境界が酸素同位体ステージ MIS12 に対比されると推定される。脇本層／鮪川層境界は不整合とする説もあったが、脇本層上部で炭質物を豊富に含むようになること、境界直上で鮪川層基底はスウエーリー型斜交層理を示すことから、浅海化に伴う岩相変化と推定される。その上位の鮪川層／安田層境界は、鮪川層の浅海化のあと、傾斜不整合で安田層が覆う。鮪川層／潟西層は不整合とみる説もあるが、境界にラググラベルがあること、潟西層下部で貝化石を伴うことなどから外浜浸食などの面からの検討が必要である。

■ 第四紀環境変動

鮪川層には亜炭層が 2 層準で発達し、その間の貝化石を含む海成層の発達から、ミランコヴイッチサイクルの 10 万年周期に対応した環境変動が推定されている。一方、北浦層や脇本層の砂岩層には厚さの変化が認められ、さらに小さな環境変動周期が秋田地域の第四系に影響を及ぼしている可能性が推定されている。高山ら (1999) は、更新統最下部、北浦層のシルト岩を対象に詳細な石灰質ナンノ化石調査を行い、寒流系種の *Coccolithus pelagicus* が 1000 年周期で増減を繰り返していることを報告した (図 12)。この事実は、砂岩層の厚さ変化や堆積場の変遷を考える上できわめて興味深い指摘である。

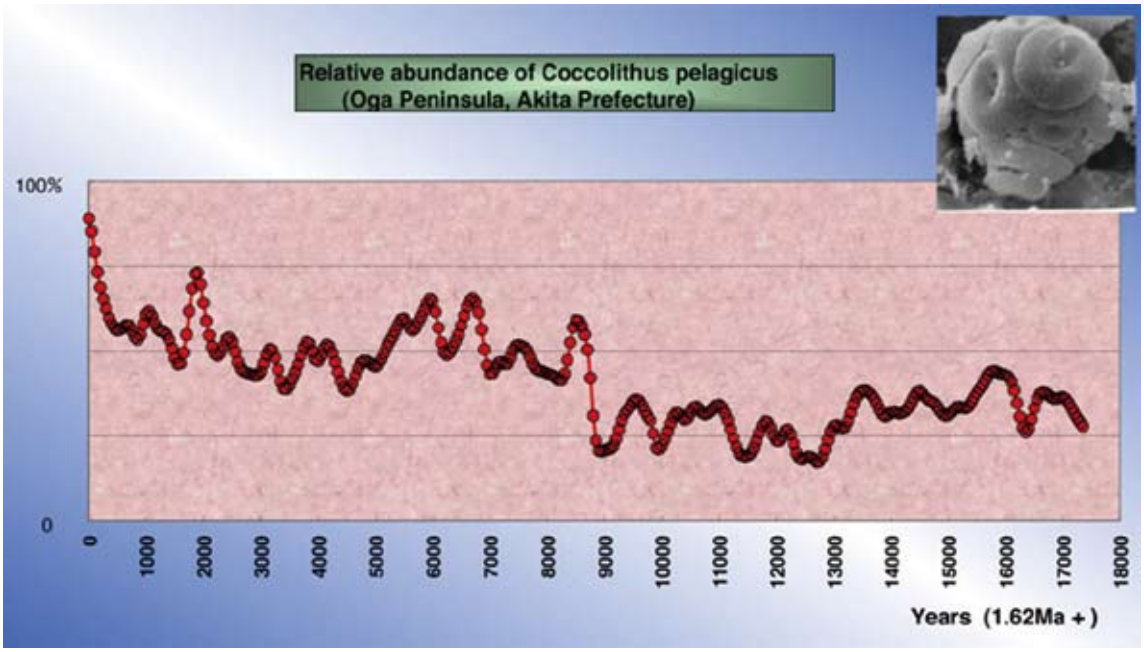

図 12　男鹿半島北岸、北浦層下部に認められる寒流系種の周期的変化（高山ら、1999）

5 石油坑井層序（地下層序）の大きな問題

これまで様々な地質図が出版され、その多くに石油坑井層序を活用した地下断面図が描かれている。ここで問題となるのは、地表地質の天徳寺層、笹岡層などの名称は岩相層序に基づいた区分であるのに対し、石油坑井層序は、多くの報告で明らかなように、有孔虫化石に基づいていることである。さらに坑井層序の基準設定が天徳寺層や笹岡層の模式地で行われておらず、独自の坑井を基準として行ったことから、大きな混乱を呼ぶことになった。すなわち、現在の秋田平野部北由利衝上断層群より西側の海成第四系が厚い地域の坑井では、有孔虫から決定された更新統に対して、上部天徳寺層や笹岡層の名称を与えた（米谷、1978）。この基準は模式地など地表の多くの天徳寺層のみならず笹岡層までもが鮮新統である（佐藤ら、1988a）ために、大きな混乱を与えることとなった（図 1）。これらの問題は、佐藤ら（1988a）によって初めて指摘されたが、その原因は、石油鉱業が抱える層位学の問題、すなわち本来の岩相層序、化石層序、時間層序などの個々の定義を踏襲せずに化石層序を岩相層序に適用させたことに原因があり、石油坑井を加味した地下断面図の多くが矛盾を抱えていることを示唆している。

6 構造発達史

日本海形成に関してはすでに述べたため、ここでは油田構造形成について焦点を当てる。

■ 出羽変動

大村（1935、1936）は日本海側地域の地殻変動を第一期と第二期に分け、前者を出羽変動と呼び、石油堆積盆地とそれ以外の地域に分ける変動、後者を油田変動と呼んで油田構造を造る変動とした。その変動の時期は、前者が船川期～天徳寺期、後者が笹岡層堆積後とした。その後、藤岡（1968）は、坑井資料に基づいて油田構造を総括、大村の見解をほぼ踏襲した上で、出羽変動を「油田構造を造った造陸･造山運動」とした。初めに述べたように、秋田堆積盆地は、日本海形成と関連する伸張テクトニクスから始まり、油田構造形成の短縮テクトニクスに至る。佐藤・池田（1999）は、これらのテクトニクスの概要をまとめ、秋田―山形堆積盆地にリフト軸を設定、沈降域と非沈降域の分布、その後の短縮時の出羽丘陵西側における新第三系堆積物の短縮変形を説明した。さらに、その後、佐藤ら（2003）は、これまで混乱を招いてきた岩相層序、化石層序、年代層序の不正確な使用による地下断面図 を避けるた

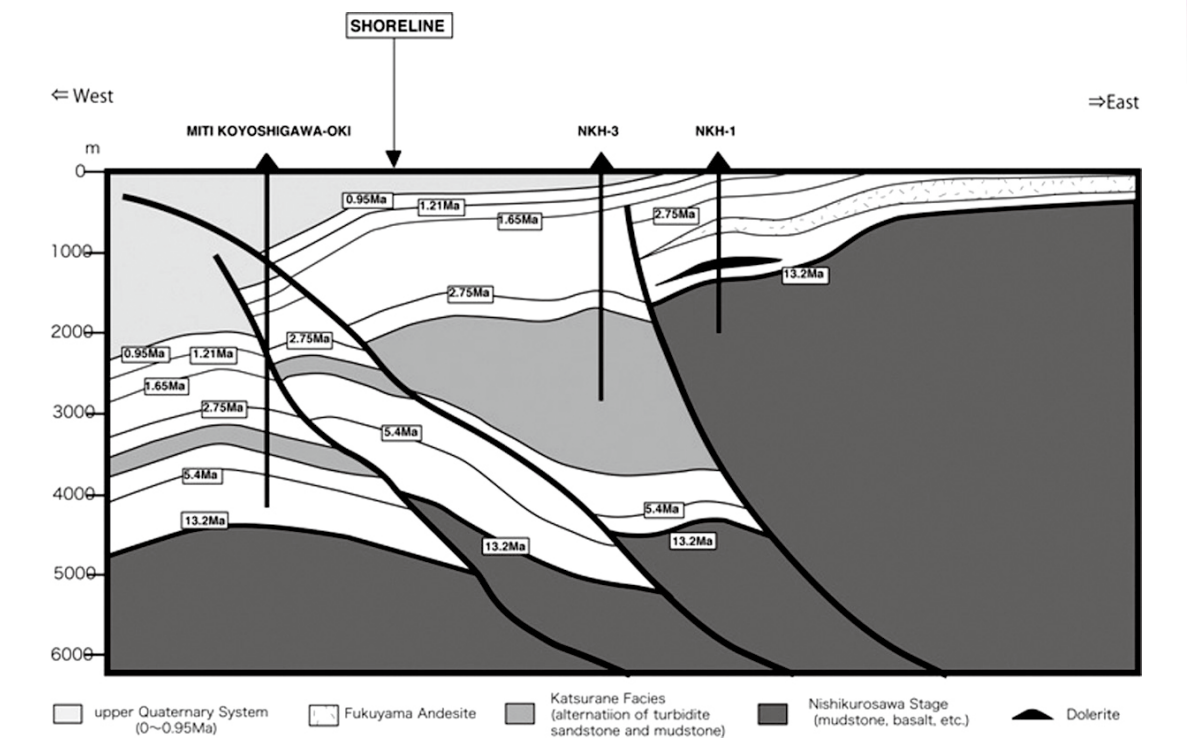

図 13　本荘を横切る東西地下断面（佐藤ら、2003）。断面の位置は図 5 参照

め、地層名を用いず、代わりに石灰質ナンノ化石調査から得られた地質年代値に基づいた地下層序断面から、北由利衝上断層群の活動時期について明らかにした（図 13）。すなわち、図 13 で示したように、本荘を東西に横切る断面で NKH1 号井と NKH3 号井とを比較すると、下部鮮新統のタービダイト砂岩が厚く発達する桂根相は NKH1 号井には認められないのに対し、断層下盤の NKH3 号井では 2000m 近くの厚さで発達する。したがって、北由利衝上断層群の活動は 5.4Ma ～ 2.75Ma の間で桂根相堆積時に始まり、1.65Ma で停止した。その後、断層の活動は北由利衝上断層群より西方の沖合に移動し、基礎試錐「子吉川沖」付近で活動を開始、95 万年前の地層を 1000m 近く変位させている。

すなわち、船川層／天徳寺層境界を境に、先に述べた県中央部での仁別花崗岩類の上昇とともに北由利衝上断層群は活動を開始、更新世に入ってから活動の場を沖合へ移動させ第四系を大きく変位させた。このことは、藤岡（1968）が出羽変動を「油田構造を造った造陸・造山運動」と再定義したことを支持するほか、活動は主に衝上断層群の活動であり、第四紀に入って沖合に移動しながら継続していることを示している。

7 まとめと「第三紀／第四紀境界の改定」問題

秋田県の地質概要について、日本海の形成から第四紀までを、主に堆積岩類を中心に紹介した。現在の微化石による地質年代決定精度はきわめて高く、第四紀では 10 万年のオーダーで細分可能となっている。その結果、秋田油田の構造発達の詳細が明らかになってきているほか、同じように太平洋側の房総半島上総層群でも年代層序から細分され、堆積場がどのように変化するかの詳細が描かれるようになっている（千代延ほか、2007）。したがって、今後、詳細な海洋環境や古地理の復元が微化石の活用によって、より一層進むと期待される。

ところで、本年、地質学の根幹をなすともいうべき第四紀の定義に関し、大幅な改定が提案された。このことは応用地質学分野でもきわめて重要と思われることから、最後に、この問題について紹介する。

■ 第四系下限の新しい提案

国際層序委員会（ISC）は、第四紀の定義に関し、議論を重ねていたが、第四系下限を Calabrian 基底の

1.8Ma から Gelasian 基底の 2.588Ma へ変更することを提案、本年 6 月に国際地質科学連合（IUGS）はこれを批准することに決定した。

そもそも、鮮新世／更新世境界模式地決定に至る経緯は複雑であるが、更新世（第四紀）の始まりを最初の大規模な寒冷化層準とし、第四系基底の模式地（GSSP；Global Strato-type Section and Point）は Calabrian 基底、すなわちイタリア Crotone 南部の Vrica セクションにおける marker bed “e” で決定された（Aguirre and Pasini、1985）。これは古地磁気層序では Olduvai 亜期の直上、石灰質ナンノ化石の *Gephyrocapsa caribbeanica* および *Gephyrocapsa oceanica* 出現層準にほぼ一致する。

ところが、寒冷化イベントを近年の古海洋学的見地から見た場合、Calabrian 基底では認められず、重大な寒冷化イベントは、パナマ地峡の成立に伴う北極海での急激な氷床拡大時期に相当することが明らかになっている。その年代は 2.7Ma 頃であり、今回の提案は、この見解に従ったものである。したがって、今後は第四紀の名称、地層対比での基準で大幅な変更を余儀なくされる。事実、本論で紹介した鮮新統笹岡層は、新しい基準で言うならばほとんどが更新統となり、鮮新統／更新統境界は天徳寺層／笹岡層境界に修正しなければならない。いずれにしても波及効果は大きく、少なくともどの定義に従った地質年代で議論しているかを確実に明記する必要がある。

8 文献

Aguirre, E. and Pasini, G.(1985): The Pliocene Pleistocene boundary. Episode 8(2), 116-120.

千代延俊、佐藤時幸、石川憲一、山崎　誠（2007）：東京都中央部に掘削された温泉井の最上部新生界石灰質ナンノ化石層序、地質学雑誌、113、223-232.

藤岡一男（1968）：秋田油田における出羽変動、石油技術協会誌、33、283-297.

Jolivet, L. and Tamaki, K. (1992): Neogene kinematics in the Japan Sea region and volcanic activity of the northeast Japan arc, Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific results, 127/128, 1311-1327.

加納　博、矢内桂三、辻万亀雄、河瀬章貴、蟹沢　聡（1966）：グリーンタフ地域に置ける 2・3 の基盤花崗岩の構造とその意義、地団研専報、12、1-15.

米谷盛寿郎（1978）：東北日本油田地域における上部新生界の浮遊性有孔虫層序、池辺展生教授記念論文集、35-60.

大口健志、山崎貞治、野田浩司、佐々木清隆、鹿野和彦（2005）：男鹿半島から見いだされた 20Ma 以前の海成堆積物、石油技術協会誌、70、207-215.

大村一蔵（1935）：日本石油地の区分、石油時報、684 号、1-11.

大村一蔵（1936）：秋田油田の地質について、石油時報、695 号、9-16 頁.

大沢　穠、加納　博、丸山孝彦、土谷信之、伊藤雅之、平山次郎、品田正一（1981）:5 万分の 1 地質図幅「太平山」、同説明書、地質調査所.

佐藤比呂志、池田安隆（1999）：東北日本の主要断層モデル、月刊地球、21、569-575.

佐藤信明、山崎　誠、佐藤時幸（2008）：秋田県五城目地域および男鹿地域に置ける新第三紀／第四紀境界、石油技術協会誌、73、433-434.

佐藤時幸、馬場　敬、大口健志、高山俊昭（1991）：日本海側における海成下部中新統の発見と東北日本の台島期—西黒沢期の環境変動、石油技術協会誌、56、263-279.

佐藤時幸、千代延俊、大口健志、天野和孝、横山隆三（2002）：秋田県中央部太平山麓に分布するオリストストローム—太平山塊の構造発達と関連して—、平成 14 年度石油技術協会春季講演会要旨集、35 頁.

佐藤時幸、樋口武志、石井崇暁、湯口志穂、天野和孝、亀尾浩司（2003）：秋田県北部に分布する上部鮮新統～最下部更新統の石灰質ナンノ化石層序–後期鮮新世古海洋変動と関連して–、地質学雑誌 109、280-292.

佐藤時幸、工藤哲朗、亀尾浩司（1995）: 微化石層序からみた新潟地域における石油根源岩の時空分布、石油技術協会誌、60、76-86.

佐藤時幸、小川由梨子、金子光好（2003）：石灰質ナンノ化石からみた秋田県沿岸部北由利衝上断層群の活

動時期、日本地質学会第 110 年学術大会講演要旨集、67.

佐藤　修、佐藤時幸 (1992)：秋田および新潟油田地域に発達する西黒沢期玄武岩―基礎試錐仁賀保・新潟平野で認められた玄武岩の持つ意義―、石油技術協会誌、57、91-102.

Sato, T. and Takayama, T. (1992): A stratigraphically significant of new species of the calcareous nannofossil *Reticulofenestra asanoi*, In Ishizaki K. and Saito T.(eds.),*Centenary of Japanese Micropaleontology,* 457-460, Terra Sci. Pub. Comp., Tokyo.

佐藤時幸、高山俊昭、加藤道雄、工藤哲朗 (1988a)：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 3：秋田地域および男鹿半島、石油技術協会誌、53 、199-212.

佐藤時幸、高山俊昭、加藤道雄、工藤哲朗、亀尾浩司 (1988b)：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 4：総括―太平洋側および鮮新統／更新統境界の模式地との対比、石油技術協会誌、53 、475-491.

高山俊昭、加藤道雄、工藤哲朗、佐藤時幸、亀尾浩司 (1988)：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 2：北陸堆積盆地、石油技術協会誌、53、9-27.

高山俊昭、佐藤時幸、樋口武志 (1999)：石灰質ナンノ化石による年代決定とその応用、月刊地球号外 No. 26、219-223.

植村和彦、長澤一雄、大場　總、阿部龍市 (2001)：山形県朝日村田麦俣産のフウ属 Liquidambar 化石、山形応用地質、21 号、69-76.

臼田雅郎、村山　進、白石建雄、高安泰助、乗富一雄 (1978)：秋田県総合地質図幅「大曲」、同説明書、秋田県 .