

大地から学ぶ越路の

おいたち



八海山展望台より六日町盆地 (2023. 10. 15)

【主な内容】

■令和5年度大地の会30周年記念地学講座開催報告

(中越地域の野と山の成長物語～日本海のはじまりから魚沼丘陵・東頸城丘陵の形成まで～)

- ・「深海底から山脈へ」 - 中期中新世～更新世の新潟の地殻変動を地層から読む -

…………… 新潟大学理学部 栗田裕司

- ・「白亜紀後期・古新第三紀から前期中新世末までの新潟県・中越地域の地質学」

- 新潟県・中越地域がアジア大陸と地続きだった時代から日本海が開き始めるまで -

…………… 新潟大学理学部 豊島剛志

■地学講座アンケート結果

■春の野外観察会「第2回大河津分水路改築工事現場見学と弥彦山塊の地質」開催案内

■大地の会2024年度活動予定

1. はじめに

中期中新世～更新世の新潟地域では、深海底での堆積作用から山脈形成に至る大きな変化をもたらす地殻変動が起こり、その変動は現在でも続いていて、ときおりの内陸地震の原因にもなっています。この変動の大きな特徴のひとつは「断層再活動」という様式にあり、そのような一連の変動は「テクトニック・インバージョン」と呼ばれています。本講演では、この変動の特徴と、それがどのような地層の証拠から復元されているか、実例を挙げながらご紹介いたします。

2. 新潟堆積盆地全体の歴史と中期中新世～更新世の層序

地層が6 km以上の厚さで累積している新潟県域は、日本最大の新生代堆積盆地のひとつです。その発生は日本海の形成と深く関係しています。東アジアの大陸地殻が割れて日本と大陸が分離し、その間に日本海が生じる過程で、日本海の拡大は21Maごろに現在の「大和海盆」地域で急激に進行したと考えられています(Maは「百万年前」の意)。その動きはのちに東に伝播し、16.5Maごろに現在の日本海沿岸地域(新潟から西津軽)に沿って、陸地の分裂とその間での沈降が始まりました(この凹地は「北部本州リフト」と呼ばれています)。急激な沈降は15Maごろに終了して活動が緩慢になり、13Maごろに完全に終了したとされています。以上の活動は、地殻がひき伸ばされて大規模な正断層ができる性質のもので、「リフト活動」と呼ばれています(図1,2,3)。

13.5Maまでの期間の変動が「大規模な正断層の多数形成を伴う」ものであることに注意しましょう(図1, 2, 3)。これがのちの時代の変動の「伏線」になります。

この「13.5 Ma」が、今日の話の出発点です。この時点は、新潟の標準層序では「七谷層」が堆積する最後期にあたり、その100万年後の12.5 Maには「寺泊層」の堆積が始まりました。13.5 Ma以降の層序(地

図1 リフト活動の模式図

地殻が暖められて横に引き伸ばされると、地表近くは硬いために割れて正断層による凹地の列をつくる。

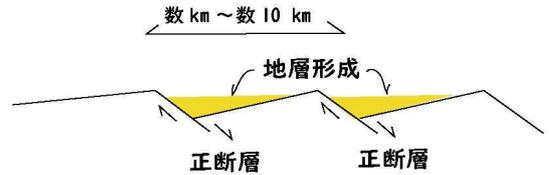
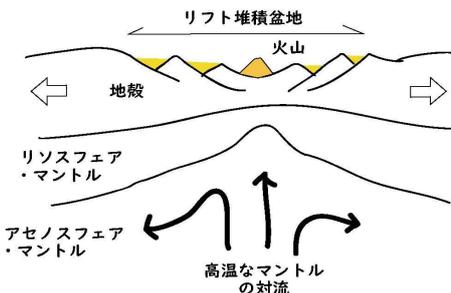


図2 リフト堆積盆地の模式図

リフト活動によってできた凹地は、地層をためるうつわになる。個々のリフトの発達間隔は数～数10 km。

層の変化)は、どのようなものでしょうか(図4)。

七谷層の堆積期間の最後期(13.5～12.5 Ma)には、新潟堆積盆地の中心部(おおよそ魚沼丘陵～東山丘陵から西側)は深海の環境となり、主に泥岩が堆積しました。

続く寺泊層の堆積期間(12.5～約6 Ma)は、600万年間以上という途方もない時間、続きました。この時期も、七谷層最上部と同様に、環境は深く、泥岩が堆積しました。ただし、弥彦～三条以南から上越にかけての中～上越では、砂岩をしばしば夾む互層になりました。

そして6 Maに転換が訪れます。椎谷層の堆積期間(約6～約3.6 Ma)には、柏崎市の「椎谷岬」で典型的に見られるような、砂岩がちの砂岩泥岩互層が中越～下越の各所で堆積しました。続く西山層の堆積期間(約3.6～1.2 Ma)にも、砂岩泥岩互層の形成が各所で続きました。この両層の堆積時期の特徴は、泥岩が主にたまるような深い環境が維持されつつ、砂の流入が顕著に起こったことです。一方で、八石山や米山に見られるような安山岩質の火山活動も、場所によっては起こったことです。

1.2 Ma以降の新潟堆積盆地は、どこでも「浅海化」が進行し、陸棚のシルト岩～細粒砂岩である灰爪層、さらに浅くなって浅海～河川性の砂岩・礫岩から成る魚沼層群が累積して行きました。

以上を通観すると、深海環境(砂の供給が限定的)→深海環境(砂の供給が盛ん)→浅海化・陸化、とい

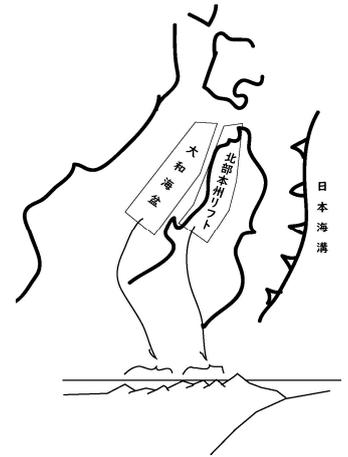


図3 13.5 Maまでに進んだ二列の凹地(リフト堆積盆地)の形成。新潟県を含む現在の日本海沿岸地域は「北部本州リフト」となりました。下は断面です。

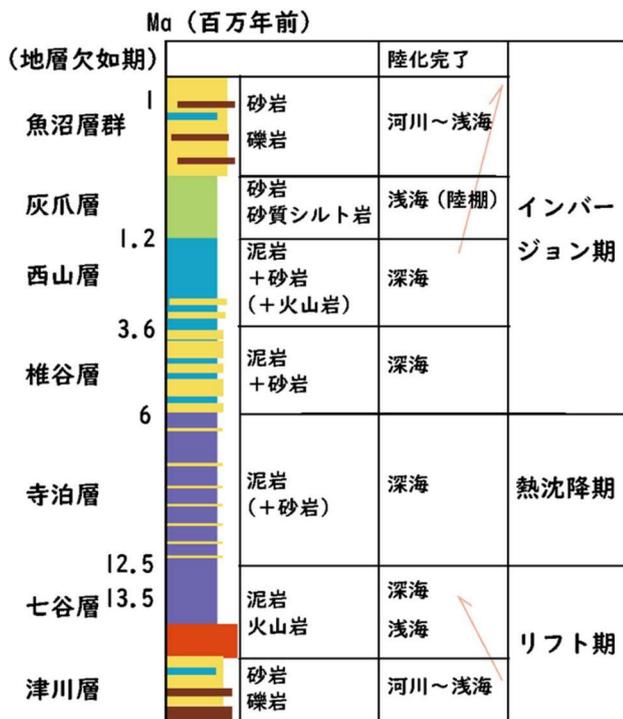


図4 新潟堆積盆地の標準的な地層の重なり(岩相と名前、層序)の概要。赤矢印は深海化・浅海化の大きな傾向を示す。新しい堆積盆地として津川層や七谷層をためた土地は、その後急速に深海化して、長く続く寺泊層の時代に移行しました。椎谷層の時代から新しい砂の供給が東からもたらされるようになり、100万年前以降は盆地が急速に埋め立てられ、最近になって陸地になり、陸地になった段階は、地層の欠如にあらわれています。

う流れが読み取れます(図5)。

3. 層序が語ること

[熱沈降期]

七谷層最上部～寺泊層の時期は、砂の供給が限定的な、ゆっくりとした泥岩主体の堆積が長く続いた時期です。これは、先行する時期に激しく活動したリフト活動という地殻変動が終了したあとの時期にあたります。リフト活動が盛んな時期は、地下深部(マントル部分)から熱が供給され、地殻全体が暖かい状態にありました。リフト活動の終了は、この熱源が後退し、熱の供給が途絶えたことが原因と考えられています。熱の供給が途絶える、すなわち「冷える」ということが意味することは何でしょうか。それは、「密度の増加」です。物体は暖められると膨張して密度が下がり、冷えると収縮して密度が上がります。冷えて密度が上がった新潟の地殻は、自分の重さで広範囲に沈んでいきました。これを地殻の「熱沈降」と言います。七谷層最上部～寺泊層が主に泥岩で構成されていることは、堆積盆地全体が熱沈降期に入ったことの反映と考えられます。

中越～上越地域の寺泊層の特徴のひとつは、「薄い

砂岩層を頻繁に挟んでいる」ことです。この砂は、堆積盆地の南西方の外側で陸地を作っていた現在の飛騨山地(北アルプス)でできた砂が、海底を伝って流れて来たものです。寺泊付近はその先端部分なために、どの砂も薄くなっています。このとき、現在の弥彦～三条を結ぶ線上の地域は海底の高まりになっていて、砂はさえぎられて下越には到達しませんでした。なので、下越の寺泊期の地層は、純粋な泥岩できています。

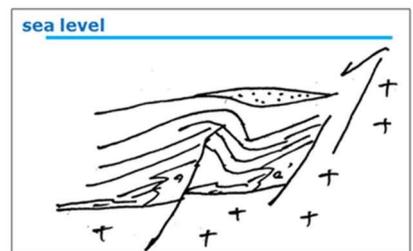
[後背地の隆起]

続く椎谷層・西山層では急激に砂の供給が増えます。何が起こったのでしょうか。この時期の砂岩の供給経路を調べた研究によると、盆地の東側、つまり越後山地の方向からの供給が卓越しています。寺泊層の砂が南西から来ていたことと対照的です。つまりこの時期、それまでは海底に沈んでいて砂を供給することがなかった越後山地～東北脊梁山地が、急激に隆起して山地を形成し始め、その活動が新たな砂の供給をもたらしました。

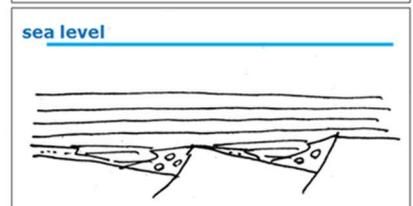
[浅海化～堆積域の消滅、そして今見る丘陵とは]

灰爪層以降の浅海化・陸化の過程は、七谷層～西山層の堆積期間の1,200万年間にわたり、あれだけ膨大な泥岩をためた堆積盆地が、急速に浅くなり、埋立てられて陸地化したことを示します。さらに、魚沼層群の堆積よりもあと、およそ100万年前よりあとの新潟は、どうなったのでしょうか。現在の新潟の丘陵域では、魚沼層群よりも上位ではもはや連続的な地層の形成はなされず、わずかに薄い海成層が新津丘陵などに局所的に残っているだけです。さらにそれらの地層は段丘礫層に覆われ、ある時期以降はもはや海域にならなかったことがわかります。

インバージョンが始まった椎谷層・西山層の時期



熱沈降が進んだ寺泊層の時期



リフトでの堆積が進んだ津川層・七谷層の時期

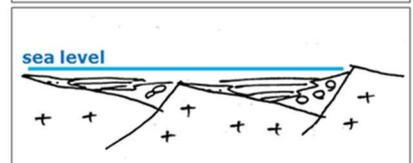


図5 図4の層序ができる過程を模式的な断面で示したもの

それだけでは話は終わりません。「不動沢向斜」に明らかのように、魚沼層群という 100 万年前程度のごく若い地層が、それより下位の地層もとともに褶曲し、断層で切られ、隆起して現在は高さ数 100 m の丘陵をなしていることにも注目しましょう。それはつまり、新潟堆積盆地を埋めた地層群は、100 万年前よりもあと現在までの短い時間に、激しく褶曲し、隆起し、丘陵になったことを意味します。「地層がない」ことから、そのような背景が読み取れます。

4. 脊梁山地の隆起

ここでいったん、東北地方全体の視野でみてみましょう。前項で述べた、椎谷層の時期 (6Ma 以降) での山地の隆起の様子は、どのようなものでしょうか。

新潟で椎谷層が堆積を始める頃、東北地方の脊梁山地 (奥羽山地) 周辺では、6 Ma をピークとして 7~5 Ma の時期に、カルデラ形成が集中して起こったことが注目されます。これらのカルデラができる直前にはその地域が陸上になっていた証拠がみつかっており、この時期までに脊梁地域では隆起が進んでいました (図 6)。ここで、脊梁地域の隆起が「インバージョン・テクトニクス」の考えで説明されていることに注目します。

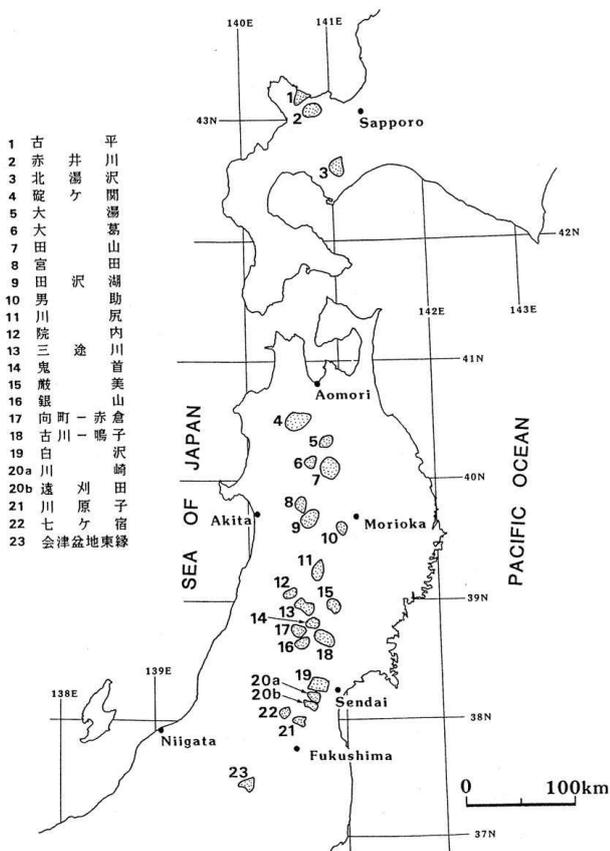


図 6 東北地方における 7 Ma 以降のカルデラの分布 (伊藤ほか, 1989)

5. インバージョンテクトニクスとは

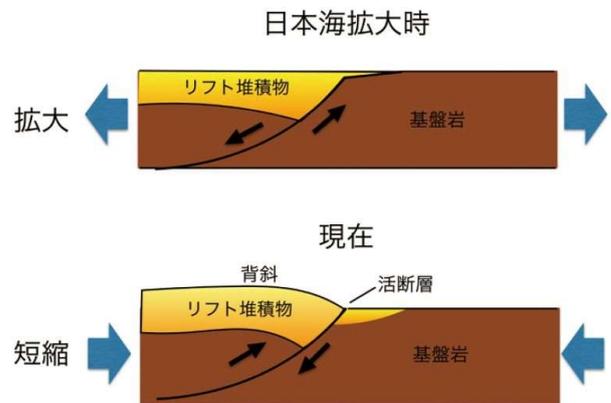
インバージョン・テクトニクスは、新潟を含む東北日本の日本海側から現在の日本海の沖合いまでの広い範囲で、地質構造の成り立ちと現在の様子をよく説明する考え方です。「インバージョン」とは、「反転」という意味で、「反転テクトニクス」という言い方もされます。ここで言う「反転」とは、「以前は引き延ばされていた地殻が、逆に押されるようになったこと」を指します。

先に述べたように、新潟堆積盆地を最初に作った日本海形成過程は、「地殻の引き延ばし」が主たる運動で、その際には大規模な「正断層」が無数に形成されました。大規模な正断層群がつくる凹地を「リフト」と言うのでした。その正断層群は、リフト活動が終わったとは、地殻の「大きなキズ」として地質構造に残ったまま、新しい地層の下に埋没していきます。

その状態で、同じ場所が押される (圧縮される) ようになったら、どうなるでしょう。大規模断層は物体 (岩石) が不連続になっている面なので、いつまで経っても「力をかけると弱い」面であり続けます。そのために、引き延ばしから押しに反転した地域では、引き延ばし時期 (リフト活動期) にできた断層面にそって力が解消され、同じ断層が「逆断層」として再活動しやすくなります。引き延ばし→押しという「反転」の結果、正断層→逆断層という「反転」が起きていきます。

反転した場所では、逆断層の成長とともに、断層の上盤にあった地層が持ち上げられて「曲げ褶曲」という種類の褶曲をつくります。その結果、「片翼に逆断層を伴う背斜構造」ができていきます。

以上が、インバージョン・テクトニクスの流れとその帰結の地質構造の特徴になります (図 7)。



インバージョンテクトニクスの概念図 (佐藤, 1996に基づく)

図 7 日本地震学会の広報紙から

そして、日本海沿岸地域よりもずっと早くから隆起していたと考えられる脊梁山地（秋田～岩手県境付近）では、12 Ma ごろからいったんインバージョンが始まって正断層が逆断層に反転し（図 8 の上から 3 番目の絵）、さらに 6.5 Ma ごろにインバージョンが強化され、隆起が進んだ（図 8 の上から 5 番目の絵）と解釈されています。

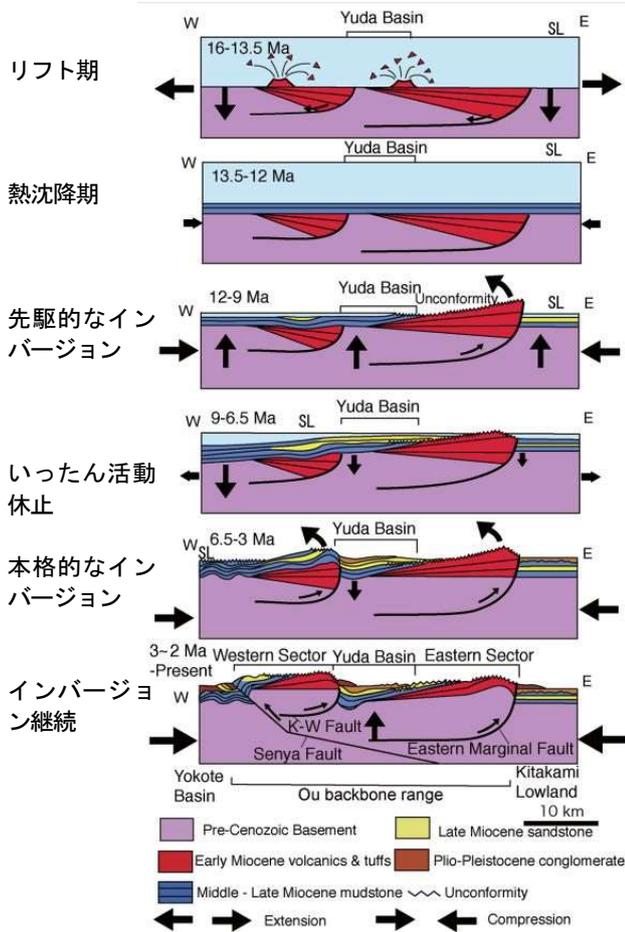


図 8 中嶋 (2018) による、脊梁山地湯田地域（秋田～岩手県境付近）の堆積および地質構造形成過程。テクトニクス・インバージョンの考え方で整理されている。

6. 新潟堆積盆地内でのインバージョン・テクトニクス

新潟堆積盆地内部において、そろって同じ方向を向く褶曲と、それに平行する断層が広く発達していることはご存じのとおりです。同様な方向性と構造は、日本海の海底下でも広く知られています。これらの褶曲構造のほとんどは、インバージョン・テクトニクスの産物であろうことが、その形態（地層の厚さの変化と随伴する逆断層との位置関係）から推定されています。この推定は、地下構造が探査によって比較的良好と知られる海域ではよく確かめられており、陸域では地下深部の地質構造の観測が困難なため、確認までされている場所は少ないですが、海域からの類推からして、多くの褶曲はインバージョン・テクトニクスを背景に

持つと考えられています。

一例として、下越の「五頭山地」（阿賀野市～新発田市付近）の地質構造を復元したのが図 9 になります。

いまの五頭山は、標高が千 m 近くあります。インバージョン・テクトニクスにより、かつて広く存在した深海環境は、いまや丘陵や、場所によっては仰ぎ見る山地に変貌したことになります。

七谷層堆積期の後期（リフト期）

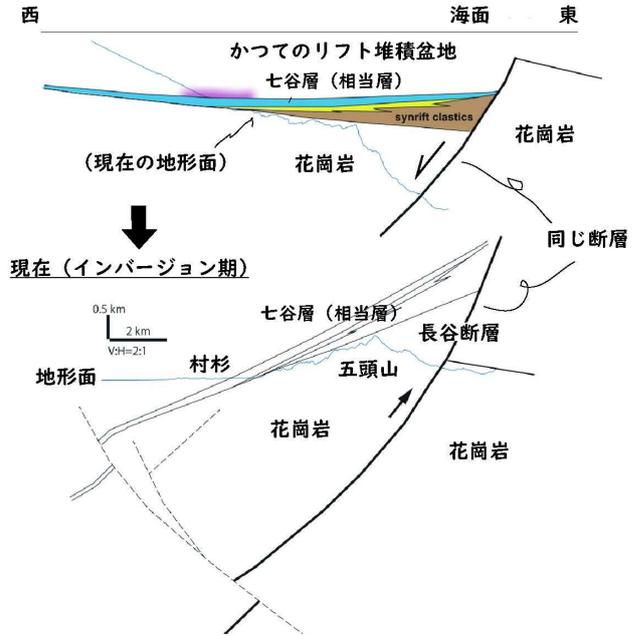


図 9 栗田ほか (2021) による五頭山地（阿賀野市・新発田市・阿賀町）の隆起過程復元図

7. インバージョン・テクトニクスと内陸地震

新潟にとってインバージョン・テクトニクスが重要なのは、これが内陸地震の発生メカニズムと強く結びついていることと、石油・天然ガスの貯留構造の形成の背景でもあることです。ここでは前者に注目しましょう。

東北日本が現在でも東西方向に押される（圧縮される）ような力を受け続けていることは、GPS 測量的な測地学的データから確認されています。つまり、新潟の大部分の地質構造を作るような力は現在でも作用し続けており、褶曲も断層もゆっくりですが成長を続けています。

その成長の際に、地球規模では「ゆっくり」でも、人間生活にとっては瞬時の激しい現象である事件、つまり内陸地震が起きることがあります。記憶に新しい新潟地震（1964）・新潟県中越地震（2004）・新潟県中越沖地震（2007）・山形県沖地震（2019）や、日本海中部地震（1983）、北海道南西沖地震（1993）などは、震源域の位置・形態や運動センスから見て、みなイン

バージョン・テクトニクスの一環として起こったと考えられています。そのため、「多くの内陸地震は、遠い 1,500 万年前のリフト活動が逆向きに目覚めた」現象と言うことができ、内陸地震の解明には、1,500 万年間の視野で地質を考えることが重要であると各所で強調されています(図 10)。

一方で、新潟県民として気がかりな「長岡平野西縁断層帯」においては、知られている深部断面によると、地表に到達している断層(活断層)が地下深部のリフト期の断層らしいものとつながっているように解釈されている場所(弥彦山付近)と、そうでない場所(旧三島町付近)とがあり、ひとすじなわけにはいきそうもない様相を示しています(図 11)。

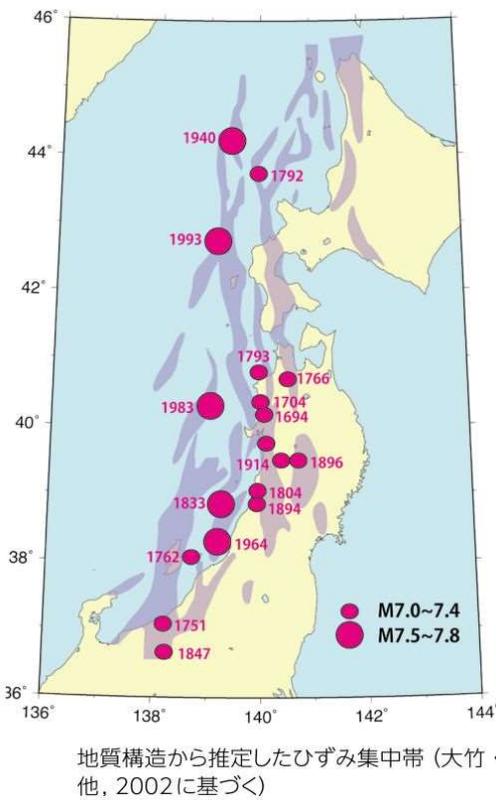


図 10 日本海東縁部で「ひずみ集中帯」でのひずみ集中域(=インバージョン・テクトニクスでできた褶曲)の分布(薄紫)と、歴史時代の主な地震(赤丸)。日本地震学会の広報紙から。

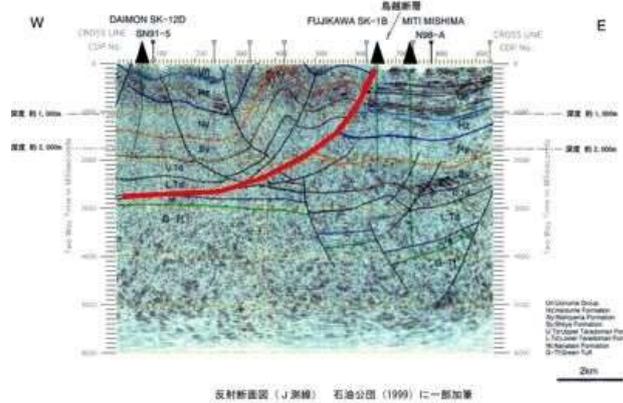
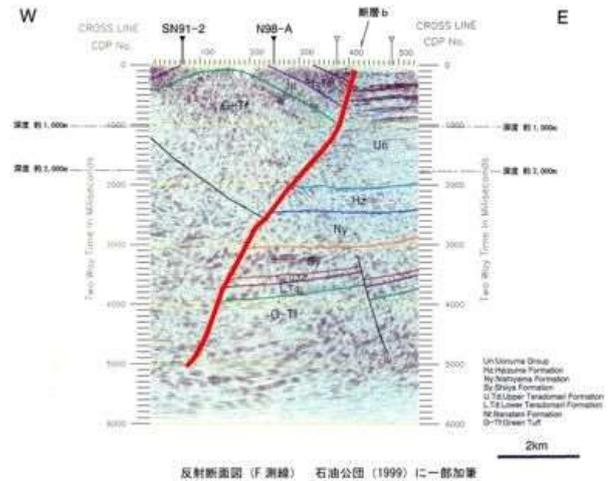


図 11 文科省・地震調査研究推進本部(平成 16 年)による長岡平野西縁断層帯の 2 つの解釈断面。地表の逆断層(活断層、赤線で強調)が深部の断層とつながっている解釈の場所(上、弥彦山付近)と、つながっていない解釈の場所(下、旧三島町付近)とがある。

8. まとめ

新潟の丘陵地～平野に住む私たちは、新潟堆積盆地というおおきな凹地が 1,500 万年かかって埋め立てられた土地の上で暮らしています。本講演ではその凹地を埋める地層のうち、いったん深くなった状態からあと、現在までの地層の見方の一部を、紹介いたしました。その骨子として、おおよそ 6 Ma を境に地層の性質が変わり、それが東北日本の脊梁山地の隆起開始という列島規模の変動と関係していること、その変動以降、現在に続く新潟の地質構造をつくった運動が、インバージョン・テクトニクスという考え方で整理できること、そしてそれは内陸地震にも関係していること、の三点を強調いたしたいと思います。

(当日の配布資料を転載、文責は大地の会)

1. 新潟県の地形の特徴

新潟県における地形の特徴は、北北東-南南西に延びる丘陵・山地と盆地・平野の配置で、佐渡や海底、東北日本でも同じで地質構造を反映している。また、糸魚川沖の海底の深い溝は富山トラフと呼ばれ、糸魚川-静岡構造線の連続であるとされている。

これらの地形的特徴は新潟県の成り立ちを示している。その成り立ちは「日本海形成前のアジア大陸縁の時代の地殻変動」「日本海の形成(大陸からの分離)」「その後の東西圧縮と地震」の3つに大きく区別される。

日本海ができる前はアジアと日本列島がつながっており、海洋のプレートが大陸のプレートに沈み込んで、海洋プレート上の堆積物、海山、サンゴ礁などが主に大陸に付加されていた。糸魚川青海の石灰岩の起源は付加体として取り込まれたものであり、ヒスイについては、一部が深部にもたらされ高压の条件下で形成され、その後圧縮により上昇してきたものである(図1)。

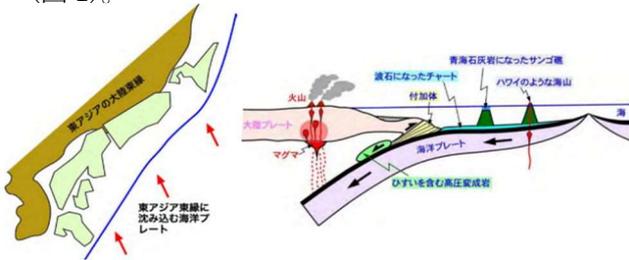


図1 日本海形成前、付加体の形成

2. 東北日本弧の地質構造の特徴

東北日本の地質図や歪集中帯分布図、地形図、重力異常図などから主に新第三系や第四系における地質構造の卓越方向や不連続線を引いてみると図2のように整理できる。

東北日本の地質構造は以下の3方向の卓越方位(トレンド)を持つ。
① NNE - SSW 方向(新潟方向)。
② NW - SE 方向(横断方向)。

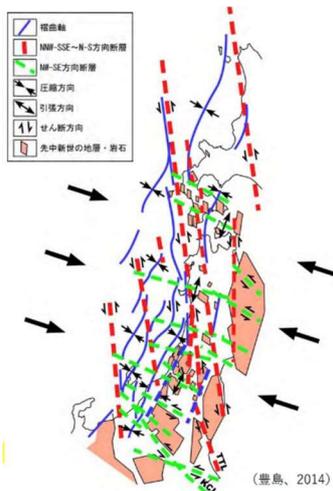


図2 東北日本の地質構造

③ NNW - SSE ~ N - E 方向(棚倉方向)。新潟県の地質もこれらの3方向の大構造により支配されている。

3. 新潟県及びその周辺地域の大構造

新潟県と東北日本は同様の3方向の地質構造に支配されているので、新潟県の成り立ちを考えることは東北日本の成り立ちを考えることとなる。

新潟県周辺には異なる3方向の4大構造線がある。
①新発田 - 小出構造線(NNE - SSW 方向) ②柏崎 - 千葉構造線(NW - SE 方向) ③糸魚川 - 静岡構造線(N - S 方向) ④棚倉構造線(NNW - SSE 方向)。

また、小佐渡から三条にかけてと笹川流れ - 村上間にも NW - SE 方向の断層が想定されている(図3)。

構造線で断層としてはっきりしているのは糸魚川 - 静岡構造線のみである。

新発田 - 小出構造線は構造線といわれるが断層部分は一部で、不整合部分が多い。

また柏崎 - 千葉構造線は上に第四紀層など新しい地層が覆い断層の位置がはっきりわかっていない。

日本海形成以降の地層は新発田 - 小出構造線より西側のフォッサマグナにあり、そこは厚い新第三系・第四系が堆積する堆積盆地である。

新発田 - 小出構造線

新発田 - 小出構造線は谷川岳北西から魚野川・破間川沿いに北上し、魚沼市旧小出町、旧入広瀬村、三条市旧下田村、五泉市旧村松町、阿賀野市旧笹神村、五頭山西麓沿い、新発田市を通り村上市まで延びる NNE - SSW 走行の構造線である(図4)。

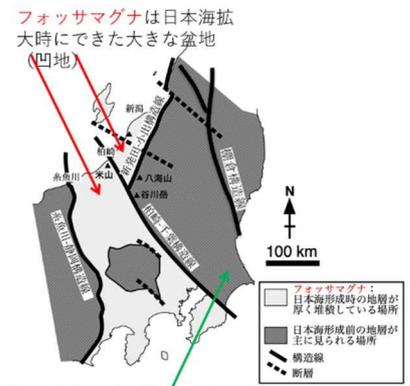


図3 新潟県と周辺の地質構造

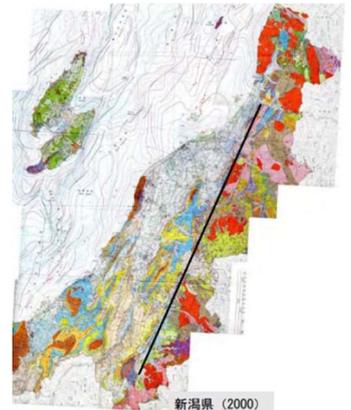


図4 新発田 - 小出構造線

本線の南端は柏崎 - 千葉構造線により断たれるとされる。

本線の東側は先新第三系・中部中新統下部が露出する山地・盆地で、西側は新潟油田地帯を含む新第三系・第四系が厚く分布する丘陵・平野である。

本線沿いの一部に先新第三系強破碎帯が認められるが、旧下田村付近では急傾斜した不整合面からなるとされ、構造線としての全体像は不明である。

また、本線の北部や南部では本線に沿った西盤上がりの活断層が発達する。

柏崎 - 千葉構造線

柏崎 - 千葉構造線はフォッサマグナの東縁を限る、島弧を横断する断層で、古い地層の分布の食い違いから、約 100 km の右横ずれ変位を示し、その変位は日本海拡大時あるいはそれ以前の東北日本の反時計回り回転によって生じたと考えられている(小松ほか, 1985)。

中越沖地震の余震域を見ると南側は柏崎 - 千葉構造線までであることから中越沖地震の南限を限る構造線であると考えられている(佐藤・加藤, 2007; 平田ほか, 2007)。

日本海拡大当時の割れ目を起源とする新潟方向の活断層が地震を起こすと同時に、違う方向の不連続面が地震の起こる範囲をコントロールしていると考えられている。

新潟県及びその周辺地域の大構造：その整理

東北日本弧の地質構造のトレンド(卓越方向)は 3 方向からなる。①フォッサマグナ→西端を限る N - S 方向の糸魚川 - 静岡構造線。②新潟及び山形, 秋田, 青森県の日本海沿岸の堆積盆地→NNE - SSW 方向(新潟方向)の地質構造が卓越。③津川 - 会津区の堆積盆地や柏崎 - 千葉構造線など→NW - SE 方向(横断方向)の地質構造が卓越。④棚倉構造線以東の東北日本の地質構造→NNW - SSE~N - S 方向(棚倉方向)の大きな地質構造がある。

4. 新潟県の地質の概要と地史

白亜紀後期から前期中新世の頃、新潟県はほとんど陸地だった時代である。後半、日本海が開き始めると部分的に海が入ったり、広い湖ができたりするが、基本的には陸の時代である。

白亜紀以前のジュラ紀より古い時代は新潟県のほとんどは海だった。約 1 億年前から中新世前期, 2000 万年前までは陸の時代である(図 5)。

2200 万年前に陸上の火山活動が激しくなり、陸の時代でも前期と後期では様相が異なるが、ほとんど陸の時代である。



図 5 新潟県の地質の概要と地史

5. 日本海形成前, 2 億年前 - 1 億 5 千万年前の新潟県

2 億年前から 1 億 5 千万年前の日本はまだアジア大陸の東縁にくっつき、大陸の一部となっていた。そこでは、海でできた地層や岩石が東縁に付加していた(付加体の形成)。アンモナイトの棲む浅海もあった。

約 5 億年から 1 億 5 千万年前頃まで、新潟県は海中にあり、アジア大陸東縁で付加体がつくられる場所であった。付加体が形成され、付加した地層が地下深部に持ち込まれて変成岩になったり、それらが時々地表に顔を出したりしていた。

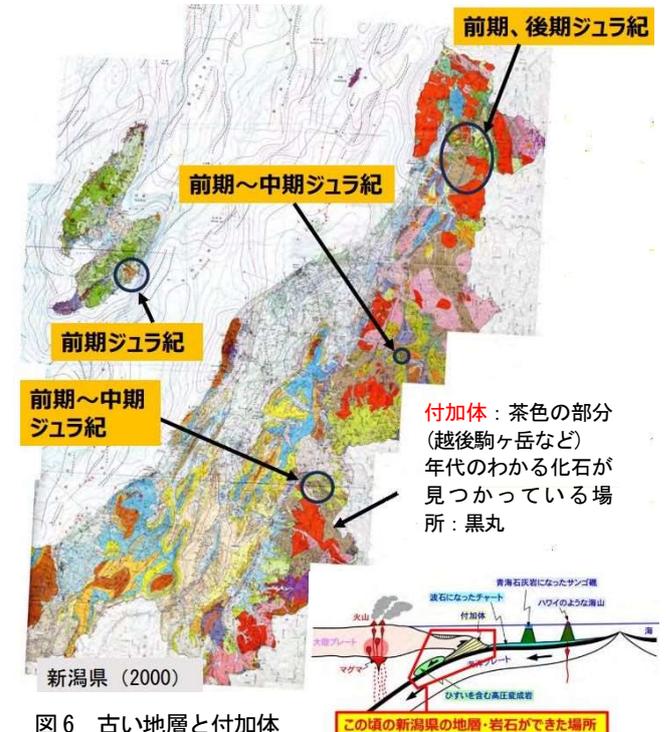


図 6 古い地層と付加体

その頃の古い地層・岩石は、新潟県の東部・南西端・佐渡島に分布: 胎内の波石, 糸魚川のひすいや石灰岩, 越後三山の中ノ岳, 越後駒ヶ岳, 大佐渡北端, 小佐渡にみられる(図 6)。

中ノ岳はんれい岩は海洋地殻の一部で、足尾帯堆積

岩の包有ブロックと考えられる。

ひすいは約5億2000万年前に地下深部(プレートの沈み込み帯深部)で起こった熱水交代作用によって形成され、蛇紋岩に包有されて上昇してきた。

このころのプレートの沈み込み帯は現在より大陸に近いところにあり、日本海の拡大とともに東にずれていくこととなる。

この時代の新潟県の地質構造を、新発田 - 小出構造線以東の基盤岩、中生代の付加体の地層の向きから確かめると、図7(右)の赤い線の方に地層が延びていることがわかる。この曲がったり、途切れたりしているところに大きな断層があると推定でき、新潟堆積盆地の新第三系の堆積を規制したNW-SE方向の断層をあらわすととらえられる。これらの不連続は日本海形成に関わった断層と考えられる。

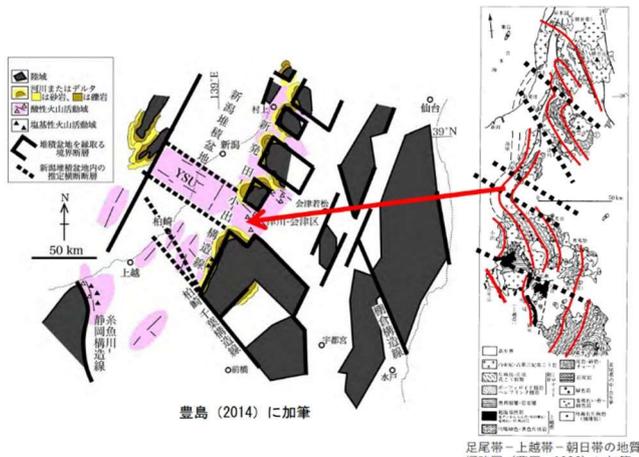


図7 不連続な地質構造

図7で示すピンクの場所の地下には火山岩や火山灰があり、弥彦・角田から南東に延びる火山活動の激しかった火山帯の存在が推定されている。この火山帯の縁は、付加体の不連続に推定される断層と一致している。

6. 日本海形成前、1億5千万年前~2200万年前

この頃の日本はまだアジア大陸の東縁にくっつき、大陸の一部となっていた。そこでは流紋岩・安山岩や花崗岩などのマグマの活動により火成岩が作られていた(図8)。

花崗岩体の形成は1億年前~6500万年前ころで、新潟県では図6の

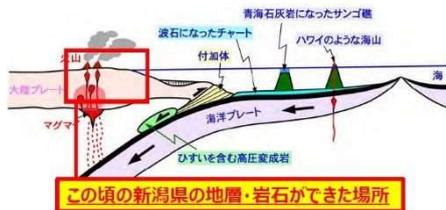


図8 日本海形成前

地質図で赤やピンクで示される日本国、笹川流れ、朝日山地、楡形山脈、飯豊山、五頭山、湯之谷村、大源太山などに分布している。

また、6500万年前~2500万年前の陸上の火山活動による火山岩は大佐渡(入川層、賽の河原など)及び糸魚川市西部、親不知に分布している。

花崗岩の産状

花崗岩は地下深部温度の高いところでの地殻の運動によって縞模様マイロナイトになる(図9)。この作用は6000万年前~5500万年前に起こったといわれている。マイロナイトは村上の日本国や楡形山地にみられ、地下深くの断層運動の証拠となっている。

また、笹川流れの花崗岩は約1億年前の花崗岩が日本海形成時の断層で壊れたもので破片状となっている(図10)。日本海ができたときの地殻の破壊を示すものと考えられている。

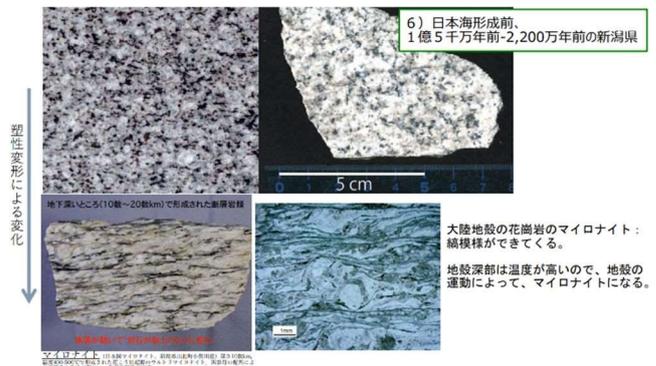


図9 花崗岩とマイロナイト



図10 笹川流れの花崗岩

日本海拡大前の陸上の火山岩

佐渡の大野亀、二ツ亀は日本海拡大時に噴出した火山の一部(ドレライト(玄武岩)マグマ)であり、その周辺は3~1億年前の付加体、1億年前の花崗岩となっている。賽の河原は3000万年前の火山活動による岩石と考えられている。

糸魚川の勝山から市振の海岸は北アルプスが日本海に落ち込む場所で、高さ80m以上の崖が10kmほど続き、親不知・子不知と呼ばれる。日本海の手食(海蝕)による崖である。

親不知海岸は主に5600万年前の安山岩、子不知海岸は主に1億年前の花崗岩と古生代の青海石灰岩からなる。親不知海岸は約5600万年前の安山岩が1~5億年前の岩石を覆っている場所である。

7. 日本海形成に関わった地殻の割れ方 (2200 万年前から 1600 万年前頃の断層と堆積盆のでき方)

日本海形成直前の日本列島はまだアジア大陸の東縁、大陸の一部であり、大陸と地続きであった。

アジア大陸の東側に裂け目がたくさん入り、陸上の火山がたくさん噴火するようになった(図 11)。



図 11 日本海形成直前

裂けたところに水がたまり、大きな湖がたくさんできた時期で、日本海の形成のはじまりである。

日本海形成に関わった地殻の割れ方を東北日本の堆積盆地の形態や断層からみると、NNE - SSW 方向、NW - SE 方向、NNE - SSW 方向の 3 つの卓越方位を持つ地質構造が考えられる。

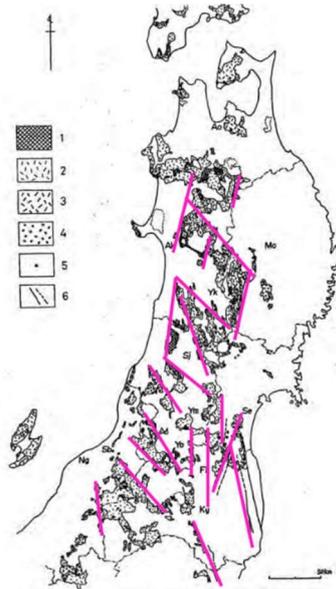


図 12 東北日本の中新世初期-中期火山岩分布の卓越方位

この 3 方向の大

構造からなる東北日本の地質構造は新潟県でも同じであり、次の 3 方向の地質分布・構造がある。

- NNW - SSW ~ N - S 方向：糸魚川 - 静岡構造線、棚倉構造線
- NNE - SSW 方向 (新潟構造)：新発田 - 小出構造線
- NW - SE 方向：柏崎 - 千葉構造線

これら 3 方向の卓越方位をもつ地質構造モデルは、1 方向の拡大軸(大きく開いた盆地)と 2 方向のフェイルドリフト(途中で開くのをやめた盆地)の組み合わせと考えることができる(図 13)。これらが交わる角度は 120° で、火山岩の冷却時の収縮によってできる柱状節理が 120° で六角形になることと同じ原理である。

日本海拡大時の 1 次オーダーのリフト系では、主リフト・主拡大軸は ENE - WSW 方向の日本海盆・大和海盆で、フェイルドリフトは新潟盆地をはじめとする



図 13 3 方向のリフト系

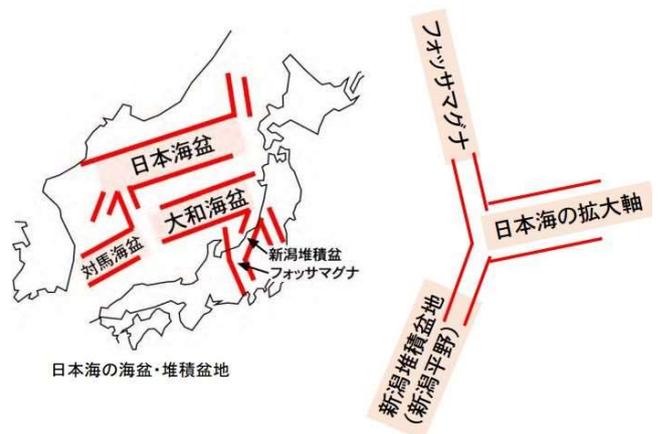


図 14 日本海拡大のリフト系

NNE - SSW 方向の盆地と糸魚川 - 静岡構造線に沿ったフオッサマグナなどの N - S ~ NNW - SSE 方向の盆地である(図 14)。1 次オーダーのリフト系は幅数 100km オーダーで、拡大軸の長さが 1000km に及ぶ。

8. 日本海形成のはじめの新潟県の地層と岩石 (2200 万年前 ~ 1600 万年前)

中新世前期は陸の時代で激しい流紋岩質 ~ 安山岩質の火山活動があり、大きな湖(堆積盆)が形成され、日本海のはじまりの時代で、このころの地層や岩石は、新潟県北部・東部・佐渡島に分布している。新発田小出構造線より東側、基盤岩分布域周辺で標高の高い地域などが分布域となっている。

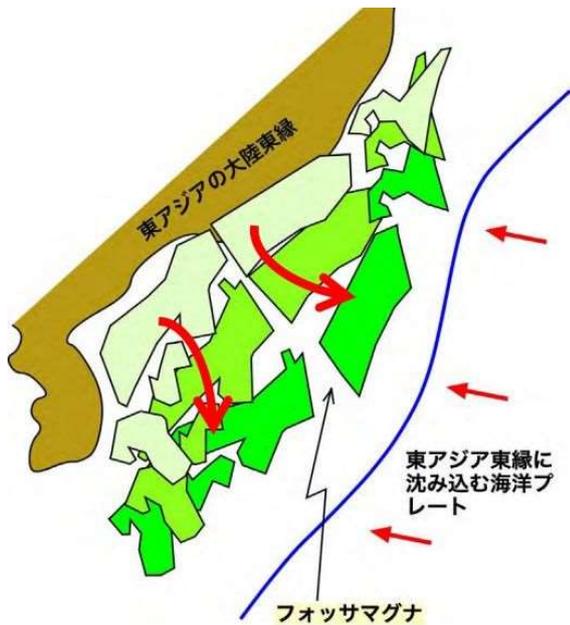
佐渡金山は、2000 ~ 1900 万年前の火山活動に伴う熱水鉱床であり、また、尖閣湾は約 2000 万年前の流紋岩 (SiO₂ に富んだマグマ) の貫入岩で、海岸段丘の形成と佐渡島の隆起運動、日本海の侵食によって形成されたものである。

		70%		40%		
		20				
色指数による分類		超苦鉄質岩	苦鉄質岩	中間質岩 (中性岩)	珪長質岩	
SiO ₂ 重量%		45wt%		53		
SiO ₂ wt% による分類		63		70		
		超塩基性岩	塩基性岩	中性岩	酸性岩	
鉱物粒子の大きさ ↓ 粗粒	火山岩	コマチアイト	玄武岩	安山岩	デイサイト	流紋岩
	深成岩	かんらん岩	はんれい岩	閃緑岩	花こう閃緑岩	花こう岩
Na, K 含有量		少ない		多い		
Mg, Fe, Ca 含有量		多い		少ない		
色調		濃い (暗色)		薄い (淡色)		
密度 (g/cm ³)		約 3.2		約 2.6		

図 15 参考：火成岩の分類と化学組成

9. 日本海の拡大 (1600 万年前頃)

陸上の火山活動が活発となってから間もなく、約 1600 万年前にアジア大陸東縁の細長い部分 (日本列島の土台) が大陸から分離し、回転しながら急速に東に移動して大陸から離れ、離れてできた隙間に海が侵



1700万年前-1500万年前頃のユーラシア大陸東縁の古地理図
(志岐・立石, 1991; Jolivet and Tamaki, 1992; Jolivet et al., 1994 から作成)

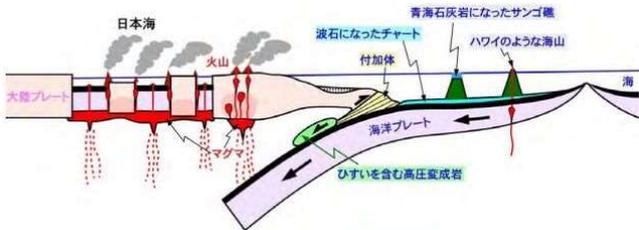


図 16 1600 万年前頃 日本海の拡大

入した。これが日本海である(図 16)。

大陸から離れると地下の岩石に隙間ができる。その隙間を埋めるように激しいマグマ活動が起こり、玄武岩質溶岩が新たな海洋地殻をつくっていく。日本海の深い部分である日本海盆や大和海盆はそのような場所となっている。

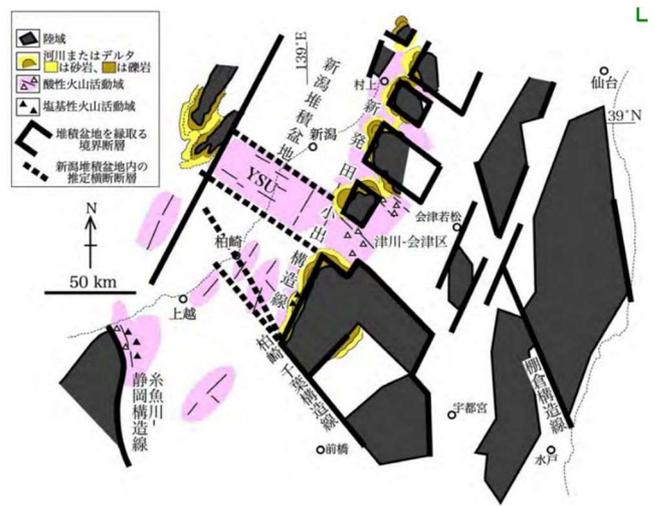
日本海はすべて海ではあるがすべてが海洋地殻からできているわけではなく、大陸のかけらが残っているところがある。海洋地殻と同じようなものからなっている部分と日本海ができたときの大陸のかけらが海に没している部分とがある。

日本海急拡大(1600万年前頃)～深い海の時代～700万年前ころ

新潟県では、深い海に泥岩、凝灰岩が厚く堆積した。1600～1500 万年前の新潟県周辺は、東に陸域のある多島海のような様相を呈していた(図 17)。

日本海の形成に伴って、新潟県を含む東北日本の日本海側には、たくさんの凹地(堆積盆地と呼ばれる)ができ、厚い地層が有機物とともに堆積した。激しい火山活動も起こった。この時に堆積した有機物が石油や天然ガスのもととなっている。

火山活動も活発で、例えば県内各地に 1600～1500 万年前の海底火山がみられ、小佐渡の小木半島は 1400



豊島(2014)に加筆

図 17 1600 - 1500 万年前頃の新潟県

万年前、弥彦山・角田山は 1400～1200 万年前、新津丘陵は 1100～900 万年前の海底火山である。

八海山はこのころ、島と海の境、陸地の縁にあり山地から平地になる場所にあったと考えられる。1600 万年前の河口に堆積した礫岩がその後の隆起で八海山を形成している。

佐渡の平根崎は日本海形成のはじめ、河口にほど近く浅い、暖かい海の環境でサメの歯やホタテ貝の化石を含む八海山の礫岩と同じ年代に堆積した地層からなる(図 18)。



図 18 佐渡 平根崎

10. 日本海拡大に関わって発達した異なる 3 方向の構造線の今

日本海が拡大していく時に 3 方向の断層は、現在の地震を起こす断層として引き継がれて活動していると考えられる。

- ① NNE - SSW 方向(新潟方向): 褶曲形成、逆断層として運動。
- ② NW - SE 方向(横断方向): 運動せず、あるいは左横ずれ断層。
- ③ NNW - SSE～N - S 方向(糸静方向、棚倉方向): 左横ずれ断層。

(当日資料等から編集記載、文責は大地の会)

令和5年度大地の会 30周年記念地学講座アンケート結果

今回の地学講座も皆様から熱心に受講していただき、活発な質疑応答がありました。アンケート結果では殆どの方が「とても良かった」「良かった」とあり、地学講座について皆さんから高い評価を受けたものと思っています。アンケートに寄せられた主なご感想・ご意見を要約して掲載します。

■講座内容について

第2回「深海底から山脈へ」－中期中新世～更新世の新潟の地殻変動を地層から読む－

- ・丁寧に説明していただき岩相の変化とでき方、なぜこのような岩相になったかが納得できた。
- ・インバージョンによる説明で新潟平野～五頭、菅名などの地形がわかりやすく説明できることがわかった。
- ・断層のでき方が分かった。・断層としゅう曲のしくみが理解できた。
- ・内容・説明もとてもわかりやすく興味をもって聞くことができた。
- ・難しい内容をわかり易くまとめていただいた。後で資料を読み直してみたいと思う。
- ・インバージョンテクトニクスについてその理由を少し理解することができた。
- ・初めて聞いたインバージョンテクトニクス、丁寧に説明いただき、地殻変動と地震について理解できた。
- ・むずかしかったが、おもしろく、わかりやすかった。スライドがテキストに載っているとよかった。
- ・新潟のでき方、奥羽山脈からの流れ。リフト堆積盆地のでき方がわかった。
- ・詳細な図を作って大変わかりやすくご説明され有難かった。資料を大切に、帰宅してからじっくり読むのが楽しみである。
- ・とても分かりやすく話して頂きインバージョンの考え方がすごく面白く、納得できるものだった。
- ・とても解り易い説明だった。リフト活動で地表は冷える→重くなる→沈降する。とても納得でした。層序図も成り立ちがよく解るように表されていてとても良かった。
- ・新潟県の地層のなりたちが理解できた。
- ・断層再活動、インバージョンテクトニクスが理解できた。深海底から山脈への過程がよくわかった

第3回「白亜紀後期：古第三紀から前期中新世末までの新潟県・中越地域の地質学」

- ・日本海拡大前後の地殻変動が理解できた。・新潟県のでき方、120度に曲がっている理由等、良くわかった。
- ・3方向の構造線の話は興味深かった。・日本海成立の話はたいへん興味深かった。
- ・科学的根拠による解説だった。難しいので追って学習する必要ありと考えた。
- ・日本海がどのように割れて出来たか良く分かった。・断層の3方向、日本海のなりたち、良くわかったつもり。・地学の基礎を、専門用語を学ぼうと思った。
- ・日本が大陸より切り離れた様子がとても知りたかったのでわかって良かった。
- ・難しかったが、何となく日本海の形成の大きなストーリーだった。勉強して理解したいと思う。
- ・ようやく、日本海の形成を知ることができた。
- ・日本海の拡大に伴う3方向の構造線が新潟県の地質構造を支配していることがよくわかった。現場をみたいと思った。

■大地の会へのご意見ご要望（第2回～第3回）

- ・これからも学びの場を大切に継続されることを望む。
- ・入会したばかりだが、みなさんと交流を深めたいと思う。
- ・30周年記念の恩恵にあずかり、地学についての講演を聞いて以来、車を運転しながらまわりの山々の様子や土地の様子に興味をもって見るようになった。とても有難い機会をいただき感謝している。このようなすばらしい「大地の会」が県や色んなメディアでとりあげられるといいと思う。
- ・アクティブに活動されていることに敬意を表す。・講座の回数をもっとふやしてほしい。「5回くらい」
- ・ジオパーク巡検を期待する。
- ・今回、巡検を通じて岩石の成り立ちについて勉強させていただき、とても興味がわいた。特に、変成岩について少し理解できた。・担当の方は大変と思うが、もっと講座を増やしてほしい。(巡検も含めて)。
- ・出来れば地震の専門家の話をお聞きしたい。
- ・お話をCG(3次元・4次元)に、具体的に(動きのある)動画が作られると良いと思う(いつか)。
- ・座学と巡検の組み合わせによる地学講座の継続を望んでいる。

2024年度「大地の会」春の野外観察会のご案内

第2回大河津分水路改築工事現場見学と弥彦山塊の地質



大河津分水路では今、「令和の大改修」として世紀の大土木工事が行われています。越後平野を洪水から守る要の大河津分水路の改修工事。2021年5月、第1回の現場見学会で第二床固工改築を中心に見学しました。今回は第二床固工改築工事に加え、大規模な山地掘削が行われ、露出した「寺泊層」露頭などの見学を予定しています。工事現場見学後は弥彦山塊の地質観察を併せて行います。

- 見学：★信濃川大河津資料館 ★にとこみえーる館（シアター、館内、屋上）
★大河津分水路改築工事（第二床固工、山地掘削現場：寺泊層の堆積状況の観察）
弥彦山塊の地質 ★立岩 ★崖松（流紋岩） ★間瀬（枕状溶岩） ★角田岬（安山岩・火道の露頭）

期日：2024年5月26日（日） 雨天決行 **先着40名**

集合場所：長岡市越路支所（長岡市浦 715 番地 TEL：0258-92-3111）

時間：8時00分集合 8時20分出发（17時40分越路支所帰着予定）

- 対象：どなたでも参加できます。 ■募集人員：40人（先着40人で締め切ります）
- 案内：国土交通省北陸地方整備局信濃川河川事務所担当者様、大地の会顧問団
- 参加費：会員 2,500円、一般 3,000円（参加費はバス代・資料代など。当日ご持参ください）
- 申し込み：4月26日（金）までに下記へ

電話：0258-92-5910 FAX：0258-92-3333（越路支所地域振興・市民生活課）

Mail：koshiji@daichinokai.sakura.ne.jp（越路大地の会事務局）

※昼食・飲み物は各自ご持参下さい。※天候により雨具をご用意ください。

※工事現場での見学です「ヘルメット・長靴」持参をお願いします。

主催：新潟県越路 大地の会／長岡市越路公民館

令和6年度大地の会活動予定

令和6年度大地の会 CALENDAR 1							令和6年度大地の会 CALENDAR 2								
4月		5月		6月		7月		8月		9月					
1月		1水		1土		1月		1木		1日					■成出章刈り
2火		2木		2日		2火		2金	辰月まつり	2月					
3水		3金	高城記念日	3月		3水		3土	辰月まつり	3火					
4木		4土	みどりの日	4火		4木		4日		4水					
5金		5日	こどもの日	5水		5金		5月		5木					おいたち原稿締切
6土		6月	振替休日	6木		6土		6火	中越沖地震(2007)	6金					
7日		7火		7金		7日		7水		7土					ジオパーク地質巡検
8月		8水		8土		8月		8木		8日					
9火		9木		9日		9火		9金		9月					
10水		10金		10月		10水		10土		10火					
11木		11土		11火		11木		11日	關川堤川水害(1995)	11水					
12金		12日		12水		12金		12月	振替休日	12木					
13土		13月		13木		13土		13火	新潟福島震害(2004)	13金					
14日		14火		14金		14日		14水		14土					
15月		15水	阪神大震災(1995)	15土	新潟県中越後地震(2007)	15月		15木	海の日	15金					
16火		16木	定例学習会・役員会	16日	新潟地震(1964)	16火		16水		16土					敬老の日
17水		17金		17月		17水		17木	加治川水害(1966)	17金					
18木	定例学習会・役員会	18土		18火		18木	定例学習会・役員会	18日		18水					
19金	長生橋講演会・点灯式	19日		19水	おいたち115号発行	19金		19月		19木					定例学習会・役員会
20土		20月		20木	定例学習会・役員会	20土		20火		20金					おいたち117号発行
21日		21火		21金	夏至	21日		21水		21土					
22月		22水		22土		22月		22木		22日					秋分の日
23火		23木		23火		23火		23金		23月					振替休日
24水		24金		24月		24水		24土		24火					
25木		25土		25火		25木		25日		25水					
26金		26日	野外観察会	26水	浪海川(破壊)(1978)	26金		26月		26木					
27土		27月		27木		27土		27火	■成出章刈り	27日					地学講座第1回
28日		28火		28金		28日		28水	岩石加工講座	28月					
29月	昭和の日	29水		29土		29月		29木		29日					
30火		30木		30日	総会・記念講演会	30火		30水	新潟福島震害(2011)	30金					
		31金				31水		31日		31月					

令和6年度大地の会 CALENDAR 3							令和6年度大地の会 CALENDAR(令和7年) 4								
10月		11月		12月		1月		2月		3月					
1火		1金		1日		1水	元旦	1土		1日					
2水		2土		2月		2火		2日		2月					
3木		3日	文化の日	3火		3金		3月		3月					
4金		4月	振替休日	4水		4土		4火		4火					おいたち原稿締切
5土		5火		5木		5日		5水		5水					
6日	地学講座第2回巡検	6水		6金	熊鷹沢土石流(1995)	6月		6木		6木					
7月		7木		7土		7火		7金		7土					
8火		8金		8日		8水		8日		8土					
9水		9土		9月		9木		9日		9日					
10木		10日		10火		10金		10月		10月					
11金		11月		11水		11土		11火	熊鷹沢記念日	11火					
12土		12火		12木		12日		12水		12水					
13日		13水		13金		13月	成人の日	13土		13木					定例学習会・役員会
14月	スポーツの日	14木		14土		14火		14金		14金					
15火		15金		15日		15水		15土		15土					
16水		16土		16月		16木		16日		16日					
17木		17日		17火		17金	大地の会新年会	17月		17月					
18金	地学講座第3回	18月		18水		18土		18火		18火					
19土		19火		19木	定例学習会・役員会	19日		19水		19水					おいたち119号発行
20日		20水		20金	おいたち118号発行	20月		20木	定例学習会・役員会	20木					春分の日
21月		21木	定例学習会・役員会	21土		21火		21金		21金					
22火		22金		22日		22水		22土		22土					
23水	(中越地震2004)	23土	熊鷹沢の日	23月		23木		23火	天皇誕生日	23日					
24木		24日		24火		24金		24月	振替休日	24月					
25金	地学講座第4回	25月		25水		25土		25火		25火					
26土		26火		26木		26日		26水		26水					
27日		27水		27金		27月		27土		27木					
28月		28木		28土		28火		28金		28金					
29火		29金		29日		29水		29土		29土					
30水		30土		30月		30木		30日		30日					
31木				31火		31金		31月		31月					

賛助会員紹介

- 株式会社INPEX 長岡鉱場
 - 朝日酒造株式会社
 - 有限会社越路地計
 - 株式会社エコロジーサイエンス
 - 大原技術株式会社
 - 高橋調査設計株式会社
 - オムニ技研株式会社
 - エヌシーイー株式会社
- (順不同)

大地の会会報 おいたち 115号

2024. 3. 20 発行

大地の会連絡先

幹事長 佐藤 隆 〒940-0096 長岡市春日 1-2-10

e-mail : koshiji@daichinokai.sakura.ne.jp

URL : http://daichinokai.sakura.ne.jp/

問合せ先

長岡市越路支所地域振興・市民生活課

担当 高橋克明 TEL 0258(92)5910