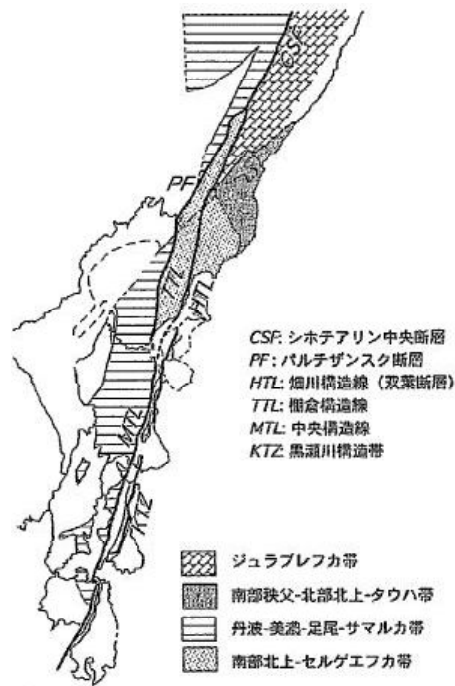


地層が存在するため、この地域の基盤岩についてはよく分かっていない（最近の研究によって明らかにされた基盤岩の構造については7で述べる）。

図4は、日本列島を構成する地殻ブロックが、日本海形成前にはどのような位置にあったかを復元したものである。現在の日本列島は中部地方において屈曲した形をしているが、当時は直線的に配置されていた。

図4



日本海拡大前の東北日本の復元図 [山北・大藤, 1998 による]

小池一之ほか編 (2005年) 『日本の地形3 東北』 8頁

3 1500万年前頃までの日本列島と柏崎刈羽地域

約2500万年前頃、当時の日本列島とユーラシア大陸との間に割れ目が生じ始め、2000万年前頃には大陸地殻が断裂して日本海が開口して日本列島が大陸から切り離され、その後徐々に日本海の拡大が進行していった。

1650万年前頃から1500万年前頃にかけて、東北日本の背弧側（日本海側）で大規模な火山活動が起こり、大量の火山岩が噴出され、大きな伸張変

形が生じて、秋田から新潟にかけて半深海の深くて大規模な堆積盆地（リフト）が形成された。

古地磁気の研究により、日本海の拡大時に東北日本は反時計回りに回転し、西南日本は時計回りに回転して、日本海が拡大したことが明らかにされている。この結果、日本列島は中部地方において屈曲した、「く」の字を裏返したような形となった。

図5は、その当時の日本列島の屈曲の形成を表したものであり、図中の2つの大きな矢印が東北日本と西南日本の移動方向を表している。

図5



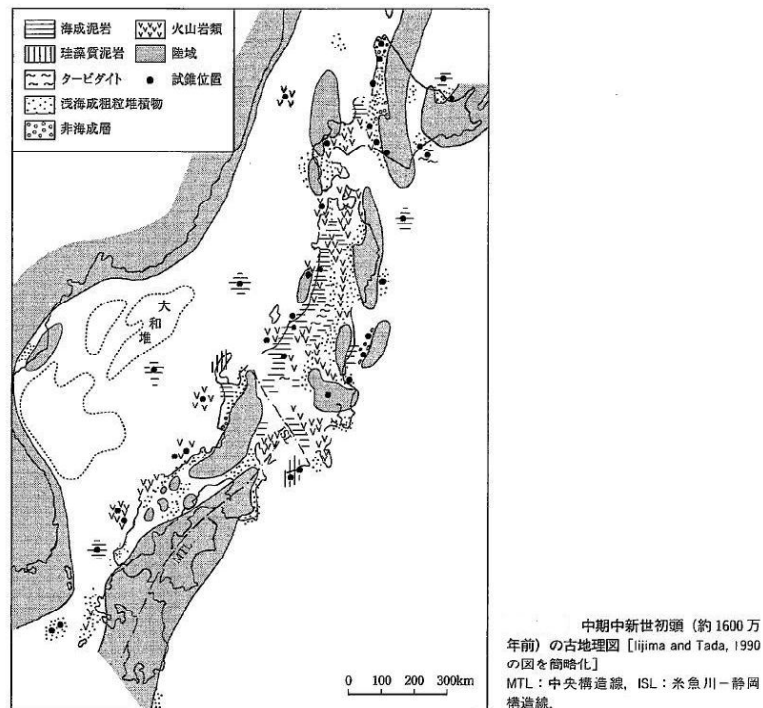
佐藤比呂志ほか(1998年)「活断層の深部構造と日本列島の成立」(科学Vo1.68 No.1)

日本海の拡大が続いていた当時、日本列島の応力場が伸張的で地殻が引き延ばされ、海底でも陸上でも各地の地殻（基盤岩）に多数の正断層が発生し、正断層に伴う地溝や半地溝（正断層の低下側に形成される非対称な盆状の構造）が形成され、急激な陥没と大量の火山岩類の堆積が起こった。この頃噴出した火山岩類はその後変質作用を被り、緑色を呈していることからグリーントフと呼ばれている。柏崎刈羽地域の地下にもグリーントフが存在する。

約1600万年前頃は、伸張応力場における日本海の拡大に伴う地殻の沈降に加えて、世界的な海進による海面上昇も生じたことから、日本列島の多くの地域が海水に覆われ、日本列島は多島海の状態を呈していた。現在の柏崎刈羽地域も海底にあった。

図6は、約1600万年前頃の日本列島の様子を描いたものである。

図6



米倉伸之ほか編 (2001年) 『日本の地形1 総説』 302頁

4 1500万年前頃から800万年前頃の日本列島と柏崎刈羽地域

日本海の拡大は、1500万年前頃に終了した。当時の日本列島の水平方向の広域応力場は概ね中立状態になっていた。

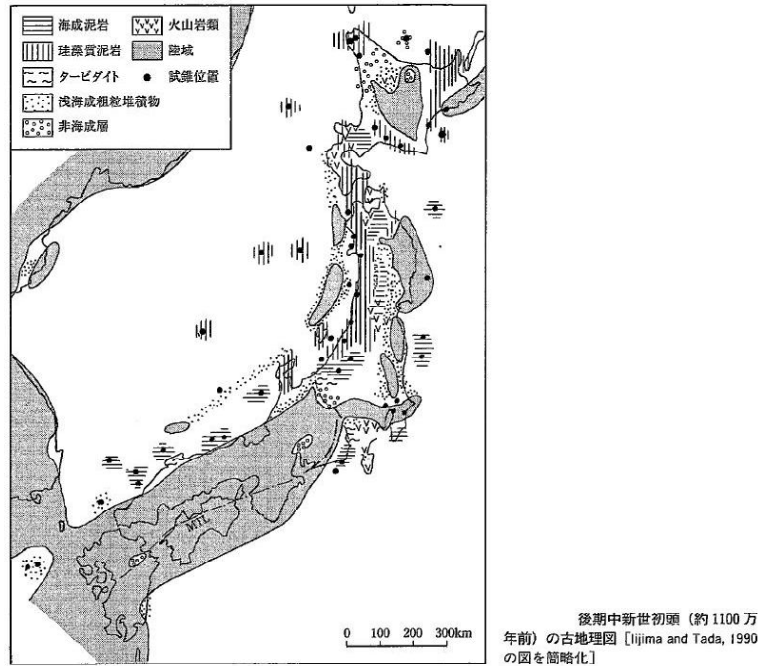
1100万年前頃から、フィリピン海プレートの運動の影響により、西南日本内帯全域でほぼ南北方向の圧縮応力が強まり、ほぼ東西方向に延びる逆断層と褶曲構造が成長し、地殻が隆起に転じ、陸化していった。そのため、それま

で開いていて暖流の流路となっていた対馬海峡が閉鎖した。

現在の柏崎刈羽地域は、この頃も海底にあった。

図7は、この当時の日本列島の様子を描いたものである。

図7



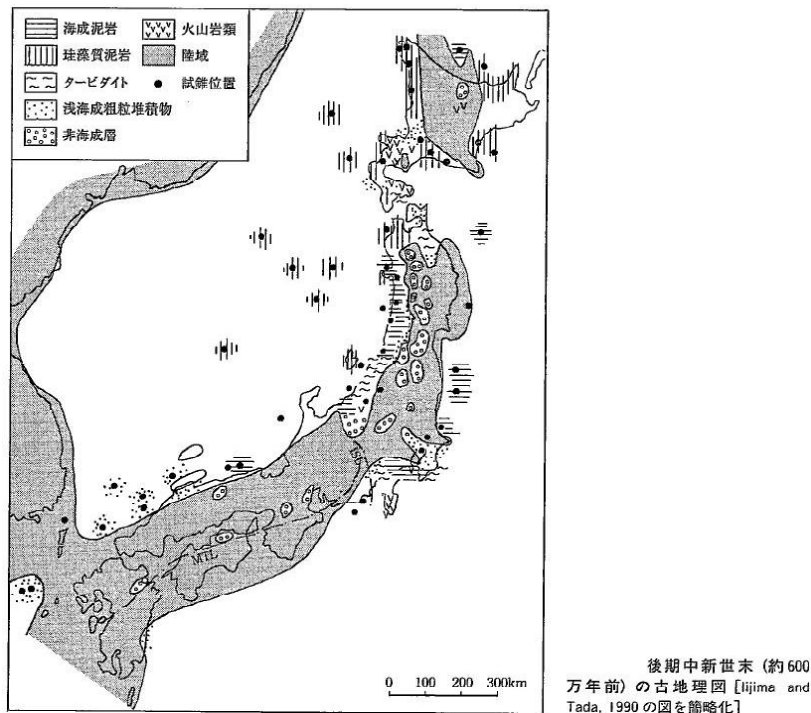
米倉伸之ほか編（2001年）『日本の地形1 総説』303頁

5 800万年前頃から400万年前頃の日本列島と柏崎刈羽地域

東北日本では、800万年前頃から400万年前頃まで、東北東ないし北東方向の弱圧縮の応力場となり、奥羽脊梁山脈が徐々に隆起して陸化した。しかし、日本海側の大部分はまだ陸化しておらず、海底にあった。現在の柏崎刈羽地域も海底にあった。

図8は、約600万年前の古地理図である。

図 8



米倉伸之ほか編 (2001年)『日本の地形1 総説』304頁

6 400万年前から現在の日本列島と柏崎刈羽地域

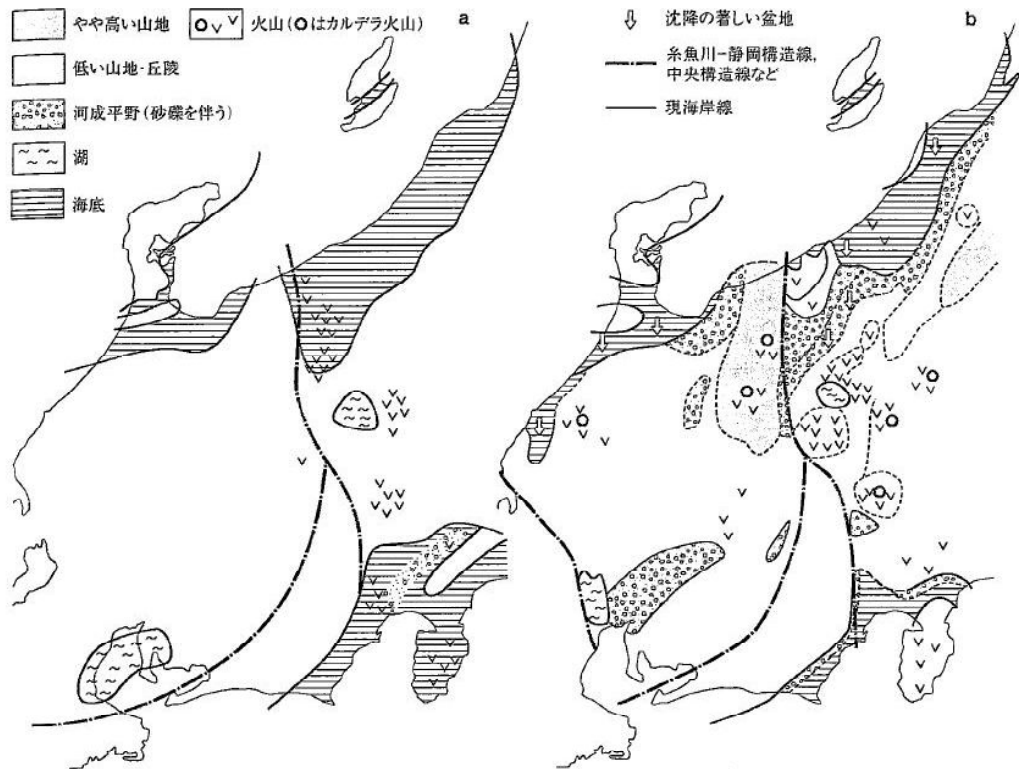
中部日本から東の日本列島は、400万年前から300万年前頃以降、東西方向の強い圧縮応力場となった。その原因はアムールプレートがユーラシアプレートから分離して東進を開始したことにあると考える説が有力である（『日本海東縁の活断層と地震テクトニクス』12頁，172頁など）。

この強い圧縮応力を受けて、その頃から、中部日本では飛騨山脈、赤石山脈その他の日本アルプスを構成する山脈や越後山脈などの山地が急速に成長するようになった。そして、山地の成長に伴って河川が急流化し、浸食作用が強くなって、大量の礫、砂、泥などが海に流れ込み、堆積盆地が埋められていった。

図9は、中部地方の約500万年前頃の古地理図と約300～200万年前の古地理図を並べたものである。約500万年前頃には長野盆地の辺りまで入

り込んでいた海は、その後埋められて、約300～200万年前には高田平野付近まで後退したが、柏崎刈羽地域はまだ海底にあった。

図9



鮮新世の中部地方の古地理図 [日本の地質「中部地方 I」編集委員会編, 1988; 日本の地質「中部地方 II」編集委員会編, 1988; 藤井ほか, 1992 に基づき松田時彦・町田 洋編図] (a) 鮮新世初期 (500 万年前頃), (b) 鮮新世末～更新世初期 (約 300-200 万年前)。

町田洋ほか編 (2006年) 『日本の地形 5 中部』 325頁

また、東西方向の強い圧縮応力により、地層の褶曲が始まり、背斜部が陸化し、向斜部は谷や盆地、海湾となった。褶曲が始まると同時に逆断層運動も起こり、断層帯が山地と平地の境界を形成した。長岡平野西縁断層帯はその例である。この約400万年前以降に始まった強い圧縮応力によって発生した逆断層運動の多くは、かつて日本海拡大時の伸張応力下において発生した正断層が逆断層として活動したものである (このように、正断層として形成された断層が、応力場の変化とともに逆断層として活動する現象は「インバージョン (反

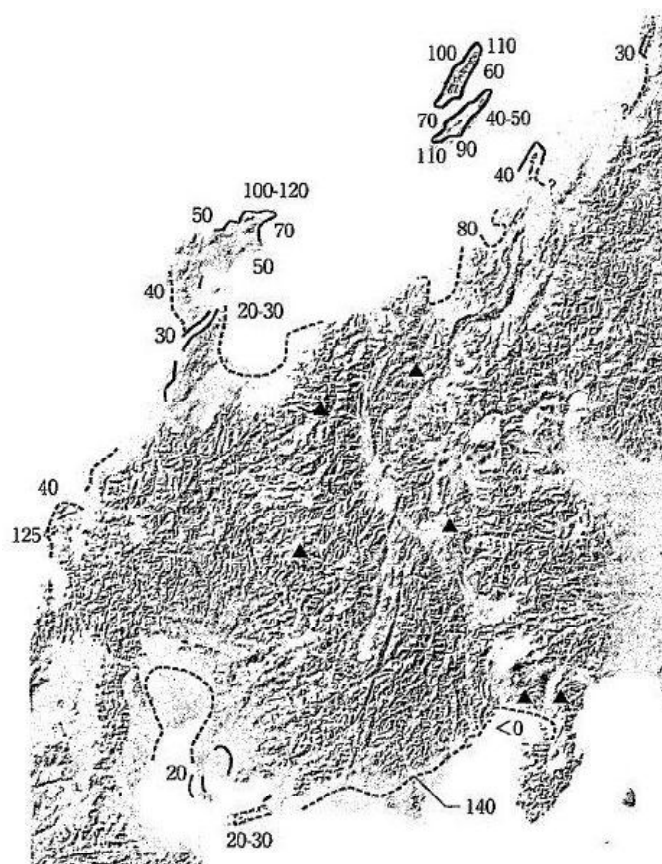
転) テクトニクス」と呼ばれる)。角田・弥彦断層もそのような断層の1つであることが最近の研究によって明らかにされた(佐藤比呂志ほか(2010年)「ひずみ集中帯地殻構造探査・三条-弥彦測線の成果」月刊地球Vol. 32 No.7)。

越後平野の東縁に分布する現在の標高300m内外の丘陵(東山丘陵など)は、約400万年前以降の断層活動で隆起してきた地域であり、角田・弥彦山地もその頃以降に逆断層活動によって陸化して成長を続けた地域である。佐渡島でも逆断層活動による隆起が起きて現在までそれが継続してきている。

向斜部や断層による低下部に残った海は、陸上からの河川が流れ込んで堆積物によって埋められていった。河川供給物による陸化作用に加えて、東西方向の圧縮が続いた結果、約80万年前までには、寺泊・西山丘陵、八国丘陵、中央丘陵といった現在の新潟県中越地域に存在する丘陵が陸化して、現在の柏崎平野、高田平野及び越後平野にあたる部分にのみ海が残っている状態になった。

図10は、約12.5万年前(MIS5e)の中部地方の古地理図である。当時は最終間氷期最盛期の海進時であり、柏崎平野は海湾となっていた。

図 1 0



ステージ 5e (最終間氷期) の古地理図
沿岸の実線・破線は海進時の汀線。数字は旧汀線
高度 (m) [小池・町田編, 2001]。三角印は当時
とくに活動していた火山。

町田洋ほか編 (2006年) 『日本の地形 5 中部』 332頁

その後の最終氷期 (約 7 万年前～ 1 万年前) の低海面期には現在よりも陸域が広がったが、後氷期には再び海面が上昇し、柏崎刈羽地域は現在の状況に至った。

図 1 1 には、現在の柏崎刈羽地域とその周辺の地形の概要が記されている。