

活構造および震源分布からみた 長野県信濃町北部～新潟県妙高市南部のネオテクトニクス

川辺孝幸¹・近藤洋一²

1:山形大学地域教育文化学部 〒990-8560 山形市小白川町 1-4-12

E-mail:kawabe@kescriv.kj.yamagata-u.ac.jp

2: 野尻湖ナウマンゾウ博物館 〒389-1303 上水内郡信濃町野尻 287-5

Neotectonics inferred from active geotectonic elements and seismic activity in northern Shinano Town and southern Myoko City, Central Japan

Takayuki Kawabe¹, Osamu Kazaoka²,

1: Faculty of Education, Art and Science, Yamagata University

Kojirakawa 1-4-12, Yamagata City, 990-8560 Japan

2: Nojiriko Museum, Nojiri 287-5, Shinano Town, Nagano Pref., 389-1303 Japan

Abstract

More than thirteen active geotectonic elements including active faults and active flexures are found in an area of northern Shinano Town, Nagano Prefecture and southern Myoko City, Niigata Prefecture where remarkable active fault is heretofore unknown. We recognize the active geotectonic elements by the on-site geologic and topographic survey combined with air-photo interpretation. We also made a check of the seismic activity of the area. According to the results of these examinations, active geotectonic elements appearing the ground surface would have been driven by the deep magmatic movement.

Key Words: *active geotectonic element, active fault, seismic activity, Shinano Town, Myoko City, Ikenodaira Flexure, Chosui Faults, Sekikawa Flexure, Kashiwabara Flexure, Akagawa I Fault, Akagawa II Fault, Rokugatsu Fault*

はじめに

長野県北部から新潟県にかけての地域には、日本列島を西南日本地質帯と東北日本地質帯とに区分する大断層である糸川-静岡構造線が姫川沿いに通り、その東はフォッサマグナ地域と呼ばれている。

フォッサマグナ地域では、新第三系以降の地層が北東方向の構造をもって厚く堆積し、第四紀火山列が北北東-西南西方向に分布している。フォッサマグナの地質構造は、この火山列の部分のみ、南北方向に向きを変えている。長野市付近から上越市付近にかけては、これら両方向の構造運動が、活構造および活構造地形をつくって現在も活発に活動している。黒姫山火山と妙高火山の間を流れる関川を挟んで、長野県上水内郡信濃町から新潟県妙高市にかけての地域には、これら両方の構造が顕著に表れている(Fig. 1)。

一方、長野盆地北西縁から信濃川沿いに新潟平野にかけては、北東-南西方向に続く信濃川断層帯があり、長野県北部では、長野盆地北西縁から飯山盆地に続く長野盆地西縁断層帯が知られている(辻村, 1932; 宮内ほか, 2000 など)。しかし、長野盆地から関川沿いに新潟県高田平野に至る北方への活構造の連続は、地形的には明瞭であるにもかかわらず、ほとんど記載がない(活断層研究会編, 1880, 1991)。

長野県信濃町の野尻湖西岸付近では、1960年代から旧石器遺跡の解明をめざして発掘および周辺の地質調査がおこなわれているが、後期更新統野尻湖層や野尻ローム層を切る断層やそれらとその相当層の堆積盆地を形成する構造運動が明らかにされている(菊地, 1992; 野尻湖地質グループ, 1990; 赤羽, 1996 など)。

このような構造的に活発な地域である長野県上水内郡信濃町赤川の関川右岸に、株式会社高見澤によって廃棄物最終処分場の建設が予定されているが、筆者らは、長野県上水内郡信濃町の委託により、信濃町野尻赤川地区を含む長野県信濃町から新潟県妙高市の黒姫山南東麓～妙高山東麓にかけての地形・地質・地震活動に

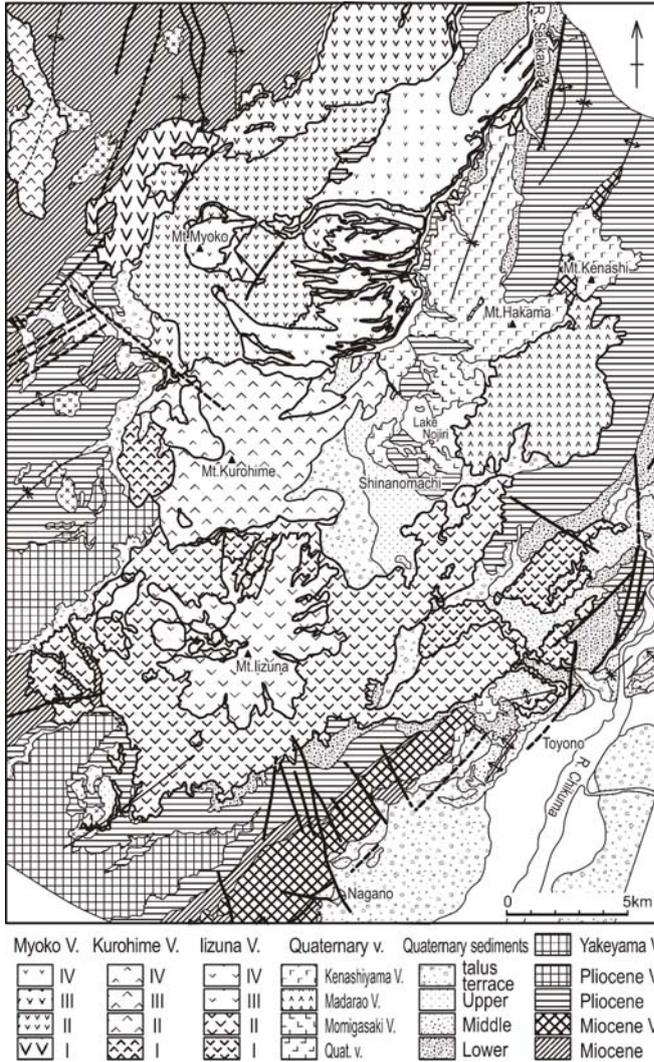


Fig. 1 Geologic map of an area of northern Nagano Pref. and southern Niigata Pref. (modified from Akabane, 1996).

の南の古間地域も同様であるが、全体に隆起傾向にある場所での沈降であったために、北側の野尻湖や古海地域のように明瞭な沈降をなしていない。これらの窪みと周囲の丘陵・山地との境界には、断層、もしくは撓曲が発達している。

信濃町～妙高市の活構造要素

Fig. 2 は、国土地理院の数値地図 50m メッシュから作成した、赤色立体図(アジア航測作成)に5mコンターの地形図を重ねた図に、活構造要素を記入した図である。

活構造要素は、既存の文献(活断層研究会, 1980; 1991; 野尻湖地質グループ音波探査サブグループ, 1987; 菊池, 1992; 赤羽, 1996)および、空中写真と上記図上での地形判読をもとに地質調査によって観察した地層の変形をもとに、断層露頭が確認されているものを断層とした。また、断層が確認できず、撓曲が確認されたものを撓曲として、撓曲・撓曲が確認できないにも関わらず、狭い範囲で溶岩の分布と岩相および同層準での堆積相と分布高度が大きく変化する場合について断層を推定した

活構造要素について 活構造要素は、断層、撓曲および推定の断層、撓曲からなるが、撓曲は、地下での脆性破壊しやすい基盤中に発生したずれを伴う割れ目、すなわち断層が、地表付近に達するとき、地表付近に塑性変形しやすい堆積物などが重なっている場合には、地表には断層として現れずに撓みとして表れる。これが撓曲であり、軸の倒れた非対称な背斜と向斜の組み合わせとして表現できる。撓曲をつくる塑性変形しやすい地層の

ついて調査・検討をおこなった。その結果、この地域には、後期更新世以降に活発な活構造運動があることが明らかになった。

以下に、長野県信濃町から新潟県妙高市にかけての、後期更新世以降の活構造運動について報告する。

地形・地質の概要

長野県上水内郡信濃町から新潟県妙高市にかけての地域は、北側の新潟県側では、北北東方向に流れる関川を境に、その西側と東側では、地形・地質的に明瞭な違いを呈している。その東側では新第三系～下部更新統が分布して山地をなしているが、西側にはなだらかな山麓地形を挟んで、第四紀火山である黒姫火山・飯縄火山が火山山麓に溶岩流や火山碎屑物を堆積させて分布している。

信濃町周辺についてより詳しく見てみると、西側の火山列とその山麓地域から東側の山地部にかけて、北東-南西方向の構造によって、隆起と沈降がおこっている(Fig. 2)。その代表的な構造運動の結果が池尻川低地や仲町丘陵、柏原丘陵、野尻湖などである。このうち、現在の野尻湖は、北東-南西方向の構造によって、西側の仲町丘陵が、池尻川低地との境目の断層(六月断層; 菊池, 1992)で隆起し、東側が沈降する傾動運動を行った結果、水の出口がふさがれて滞水した結果としてできている。同様な西側の隆起と東側の沈降による窪みは、野尻湖の北側の古海地域にも認められる。一方、野尻湖

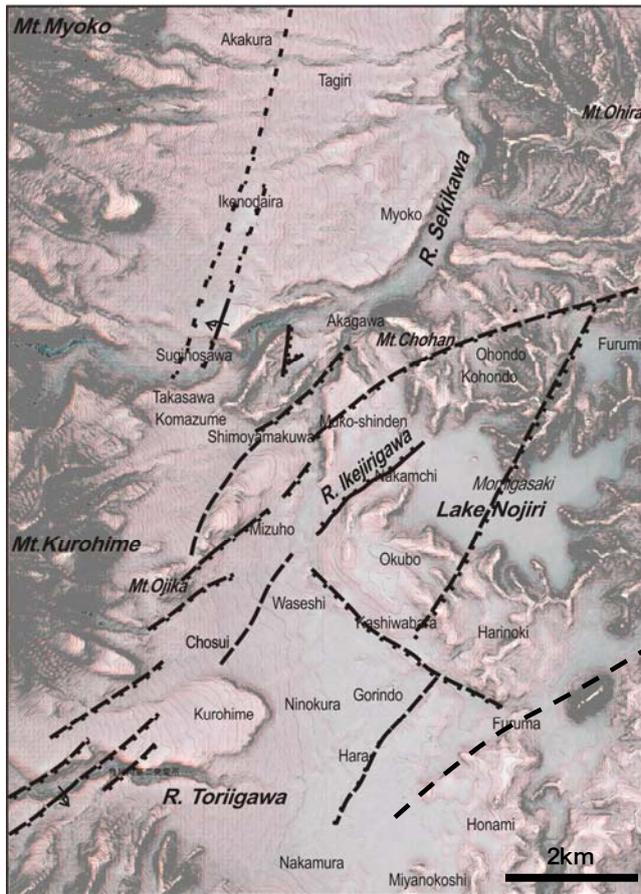


Fig. 2 Topography around Lake Nojiri and active geotectonic elements. Map is combined with a Red Relief Image Map by AJIKO and a contour map. Both data are from GSI topographic 50m mesh data.

Table 1 Active geo-tectonic elements in the area of northern Shinano Town and Myoko City.

No.	Name	Length	Description
①	Ikenodaira Flexures	20km+	Eastward and westward flexural deformations which consists a graben of ground surface. Flexural deformation in the Pliocene Sediments. The terraces of R. Sekikawa incline upstream at Suginosawa.
②	Akagawa I Fault	1.2km+	The fault cut the Middle Pleistocene Volcanics and is covered by the Late Pleistocene Nojiri Roam Formation
③	Akagawa II Fault	0.2km+	Normal faults cut the Late Pleistocene Nojiri Roam Formation.
④	Shimoyamakawa Fault	4.5km+	Southwestern boundary of the Middle Pleistocene of southwestern hill of Akagawa, and discontinuity of lava flows of Mt. Kurohime.
⑤	Furumi Fault	6km+	The Research Group for Active Faults of Japan (1980)
⑥	Rokugatsu Fault	2.5km+	Kikuchi (1992), Akabane (1996)
⑦	Chosui Faults	6km+	Discontinuities of Lava flows of Mt. Kurohime. En echelon fault of more than four fault. Each fault is c.a. 4lm long. This consists co-set with Furumi Fault and Toriigawa Flexure.
⑧	Toriigawa Flexure	2.5km+	Flexural deformation of the Late Pleistocene Iizuna Volcano-clastic sediments. Surface of the Lava of the Mt. Kurohime overlying the sediments is discontinuously deformed.
⑨	Momigasaki Fault	4.5km+	Read from Acoustic Research Subgroup for Nojiri-ko Excavation (1987)
⑩	Kashiwabara Flexure	4km+	Displacement of boundary between the wet and the dry of the A.T. Volcanic Ash and the topography. Is more than 20m.
⑪	Hara Fault	3km+	Displacement of boundary between the wet and the dry of the A.T. Volcanic Ash and the topography. Is more than 10m.
⑫	Arasehara Fault	20km+	The Research Group for Active Faults of Japan (1980)

上にさらに脆性破壊しやすい地層が重なっている場合には、上位の脆性破壊しやすい地層には、撓曲変形に伴う2次的応力場によって、脆性破壊、すなわち断層が生じる。この場合、基盤中の断層とこれらの断層の間には割れ目としての直接的な連続性は無い(川辺, 2009)。

Table 1 に、調査地域内で認められた個々の活構造要素について概略を示した。以下、おもな活構造要素について述べる。

池の平撓曲(新称):新潟・長野県境を流れる関川左岸の杉野沢から池の平をとおり、妙高市中郷に至る、全長20km以上のグラーベン状の構造で、幅約200~400mの間で、西の東側が沈み込む撓曲地形と東の西側に沈み込む撓曲地形からなる。撓曲地形は池の平の北から赤倉の北にかけての間では不明瞭である。南縁付近の杉野沢~池の平にかけては、関川の段丘が西に傾斜しており地形的に明瞭である。しかし、露頭が無く、地質の変形としては確認できない。一方、赤倉と中郷の中間の片貝川右岸の露頭では、沖積成の砂泥互層からなる鮮新統が西側への撓曲をつくっている。

赤川I断層(新称):Fig. 3のbの露頭では、東に約40°傾斜する凝灰角礫岩層中に幅数十cmの破碎帯があり、走行が約30°Eの幅約5cmの断層粘土を伴っている。破碎帯からは湧水がみられる。南への連続は、後期更新統の野尻ローム層に覆われて不明であるが、地形および湧水の湧出地点からは、南南西に伸びる斜面の基部付近に沿って連続すると推定できる。

赤川II断層(新称):Fig. 3のaの露頭では、後期更新統野尻ローム層を切る断層群が発達している(Fig. 4)。弧の断層群はいずれも北東走向の正断層であるが、段層面に残された擦痕からは地形的に高い側の北西方向の運動を示している。完新統駒爪岩屑流堆積物に不整合に覆われる。

下山桑断層(新称):断層としては確認できないが、赤川南西の、中部更新統の火山岩類からなる丘陵の南東縁

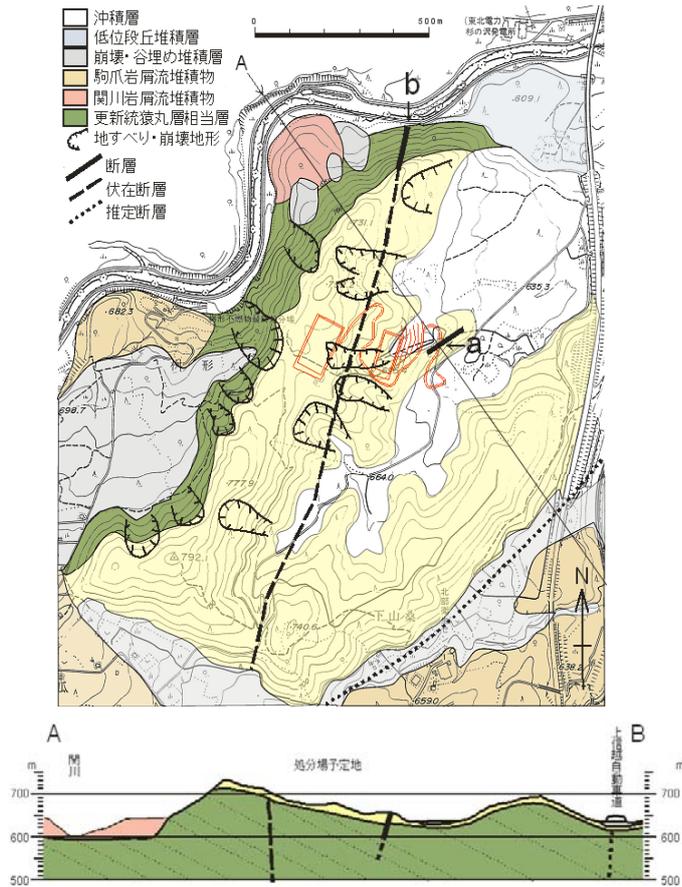


Fig. 3 Geologic map and geologic cross section around Akagawa, northern Shinano Town. Two active faults are recognized.

を直線的に区切り, その延長には, センスが逆であるが, 赤川に沿って南西方向に, 上部更新統駒爪岩屑流堆積物の堆積面からなる地形を变形させている。

長水断層 (新称): 黒姫火山東麓の瑞穂から長水を経て鳥居川に至る北東-南西方向に伸びる線上に沿って, 黒姫火山から流れ出た複数の溶岩流 (長水溶岩, 七曲り坂溶岩, へそ山溶岩など; 早津, 1972) が 150~250m以上の地形的落差をもって途切れている。崖は一直線ではなく, 低地側へと続く複数の長さ 2~3km の直線的急崖が杉型雁行している。長水西側の長水溶岩の分布東縁の露頭では, 溶岩中心部の塊状の岩相が露出している。このような溶岩流の流下方向と斜交する分布限界と岩相上の特徴, および, 古海断層の延長線上にあり, 後述の鳥居川撓曲と雁行関係にあることから, 断層によって溶岩流の連続性が途切れたと考えられる。

鳥居川撓曲 (新称): 鳥居川第二発電所から約 600m 上流の鳥居川右岸の露頭では, 後期更新統の飯縄火山噴出物の撓曲構造がみられる。下流側では南東に数度の傾斜から, 折れ曲がるように上流側で 20 数度南東に傾斜している (Fig. 5)。飯縄火山噴出物を覆う段丘層にまで变形が及んでい

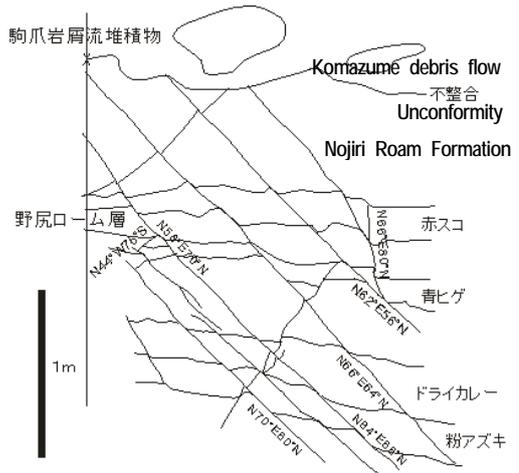


Fig. 4 Active faults cutting the Late Pleistocene Nojiri Roam Formation at the western hill of Akagawa, northern Shinano Town. Fault plain dips northwest and slickenside shows hanging wall move down west-northwestward.



Fig. 5 Toriigawa Flexure at the crop near the 2nd Toriigawa Power Plant. Photo by Jun'ichi Sakai (Nojiri-ko Excavation Research Group).

るかどうかは調査不十分で不明である。一方、鳥居川の左岸には、黒姫火山から流下した長原溶岩が比高約60m 前後の堆積地形をつくって分布しているが、この溶岩流の表面には、鳥居川撓曲の延長上に、比高が数mの南東落ちの複数の急崖が、溶岩流の流下方向に斜交して続いている。おそらく、飯縄火山噴出物の撓曲をつくる運動が溶岩流の堆積後も連続しており、下位層の撓曲変形による応力によって溶岩中に断層として表れたと考えられる。

柏原撓曲(新称):国道 18 号がとおり信濃町役場などがある柏原丘陵と、南西側の低地との間に推定される撓曲構造である。断層露頭はみられず、地層は旧両側では地形面に沿って緩く傾斜し、南西の低地側では地層は緩く東南東に傾斜している。湿地成もしくは水成堆積環境の AT 火山灰(ヌカ)層準は、柏原丘陵と南西側の低地側の五輪堂との比較で、約20mある。柏原丘陵の地下では、1943年古間村地震(東経138°13.3', 北緯36°48.3', 深さ10km, マグニチュード5.9)が発生しているが、柏原撓曲の地下構造が活動した可能性が高い。後述の2009年1月25日に長野県北部で発生した一連の地震は、柏原撓曲の北西延長上に、北西-南東方向で東傾斜の面をなして起こっており、撓曲の地下構造として断層が存在している可能性を示している。

信濃町北部～妙高市南部の震源分布

Fig. 6は、1997年10月から2009年1月までの深さ50km以上の地震の震源分布を示した図である。図からは、この地域で、活発に地震活動が起こっていることがわかる。特に、池の平撓曲の地下で顕著である。深さ約40km～25km程度までの比較的深い地震が多いのが特徴で、池の平撓曲の北部の中郷西方では、深い地震が集中的におこっていて、地表下3kmのごく浅いマグニチュード3程度の地震も発生している。一方、池の平撓曲南部および柏原撓曲沿いでは、深さ40km～20kmまで低周波地震が発生している。低周波地震は波長

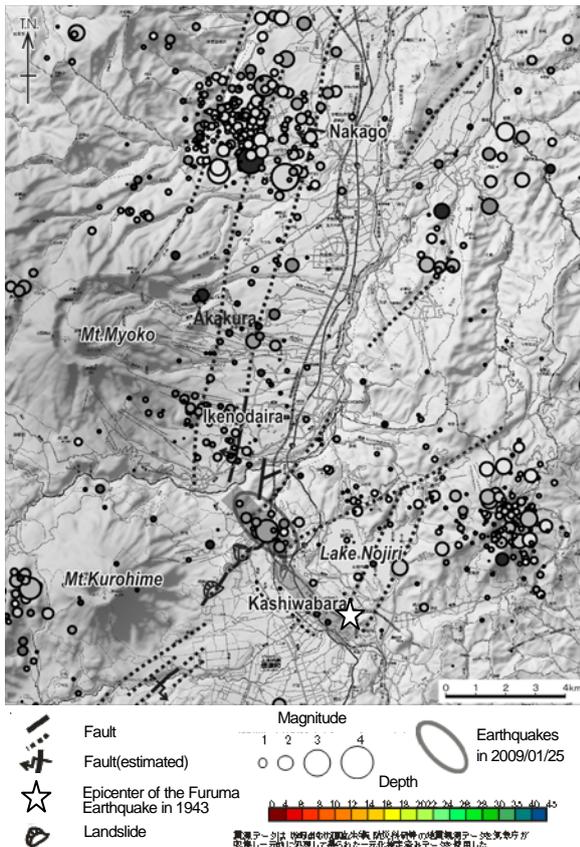


Fig.6 Epicenters of a period from October 1997 to January 2009 in an area of northern Shinano Town and southern Myoko City.

Table 2 List of focuses of 13 earthquakes on January 25, 2009. in an area of the northern Shinano Town, Nagano Prefecture. Data are of the JMA catalogue.

No.	Year	Month	Day	Time	Minute	Second	Lat(°)	Long.(°)	Depth(km)	Magnitude
①	2009	01	25	07	04	58.93	36.82533	138.18900	9.84	0.9
②	2009	01	25	10	48	30.76	36.82450	138.18933	8.31	1.4
③	2009	01	25	11	16	38.45	36.82900	138.18117	7.49	1.6
④	2009	01	25	11	43	20.48	36.82933	138.18450	8.16	2.9
⑤	2009	01	25	12	43	04.34	36.83450	138.18617	10.21	0.8
⑥	2009	01	25	12	43	17.82	36.83150	138.19100	7.93	1.2
⑦	2009	01	25	12	46	51.54	36.82950	138.18700	9.12	0.6
⑧	2009	01	25	19	32	09.60	36.83000	138.17917	9.65	0.5
⑨	2009	01	25	19	43	56.37	36.83333	138.17667	9.07	1.3
⑩	2009	01	25	19	44	13.06	36.83767	138.17417	10.31	0.8
⑪	2009	01	25	19	45	38.79	36.82967	138.16600	6.38	0.2
⑫	2009	01	25	19	51	21.57	36.83200	138.18050	9.37	1.1
⑬	2009	01	25	20	01	13.08	36.82683	138.18717	7.06	0.2

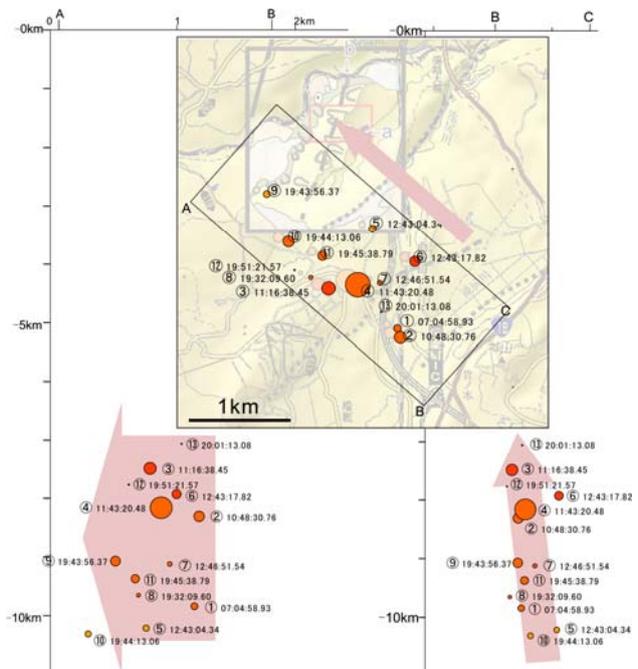


Fig. 7 Focus of 13 earthquakes on January 25, 2009. in an area of the northern Shinano Town, Nagano Prefecture

の長い地震で、液体の表面などで生じると考えられており、低周波地震の存在は、地下における溶融体の存在を示している。このような地下深部での溶融体の活動が、既述のような地表の活構造をもたらしている可能性がある。

2009年1月25日の長野県信濃町北部の地震

2009年1月25日午前11時43分頃に、長野県信濃町北部の深さ8.16kmを震源とするマグニチュード2.9の地震が発生した。この地震の直前には3個の前震あり、本震後には9個の余震が観測されている(Table 2)。この一連の地震(13個)は、震央群南縁の、古海—野尻湖—向新田をとおる断層の北に隣接する位置から発生し、順次北西に移った(Table 2, Fig. 7)。その結果、一連の震源分布は、深さ約10.3km~6.3kmの間で、処分場予定地の南西約800mの位置まで広がる、北西—南東方向に約4kmの、北東に約80°傾斜する面をなした(Fig. 6)。この一連の地震で示される面は、おそらく地下での断層面を表していると考えられるが、地表への延長でみると、柏原丘陵と西側の低地との境界部に想定される活構造の、ほぼ延長上になる。また、南東限は古海断層に、北西限は池の平—駒爪グララーベン構造の東縁付近にそれぞれ相当している。

地表への延長上には、直接の活構造は想定できないが、地形的に東側の高まりから西側の低まりへとの変遷部に相当する。柏原丘陵の北部も、同様に、低地との境界が不明瞭になるが、より浅所の地下地質を反映していて、撓曲の幅が広がっているか、地表付近で断層がより低角度になっているためである可能性がある。

また、この地震のマグニチュードは2.9と小規模であるが、上述のように、南東限と北東限が区切られた幅約2km程度の狭い範囲であるために、破壊に至るエネルギーの蓄積が小さかったからではないかと考えられる。

おわりに

以上のように、長野県信濃町北部から新潟県妙高市南部にかけては、後期更新統を変形させる活構造要素が多数あり、地震活動もあわせると、後期更新世以降現在に至るまで、活発な構造運動が起こっている地域であることが明らかになった。また、実際に活断層が存在する地形的に不安定な、比較的急峻な丘陵地の谷斜面に廃棄物最終処分場をつくることは、その断層自体が将来動かなくとも、近隣地域で大きな地震活動があった場合に、強震動によって斜面崩壊などを起こす危険性を孕んでいる。また、万が一漏水事故が発生した場合には、断層などの裂隙が汚染水の移動経路になる可能性もあり、最終処分場にとっての適切な立地条件であるとは言いがたい。

本研究を進めるにあたっては、長野県上水内郡信濃町には、調査の機会を与えていただいた。また、筆者らは、長年にわたり、野尻湖発掘調査団の一員として調査地域周辺の地質調査に参加し、さまざまな地質情報を得た。本稿をまとめるにあたっては、このような調査団の成果の一部ともいえる成果を使用させていただいた。記してお礼申し上げる。

引用文献

- 赤羽貞幸, 1996, 野尻湖の生い立ちとその変遷. アーバンクボタ, 35巻, 6-19.
- 早津賢二, 1972, 妙高火山群—黒姫・妙高火山の形成史を中心として-(I). 地球科学, 2巻, 47-57.
- 活断層研究会編, 1980, 「日本の活断層—分布図と資料—」, 東京大学出版会, 363p.
- 活断層研究会編, 1991, 「新編日本の活断層—分布図と資料—」, 東京大学出版会, 437p.
- 川辺孝幸, 2009, 2008年岩手宮城内陸地震による地質災害について. 山形応用地質, 29号, 41-53.
- 菊池隆男, 1992, 野尻湖周辺の地形について. 平成3年度科学研究費補助金(総合研究(A))研究成果報告書(課題番号:02302028「長野県野尻湖周辺における2万年以降の無機的自然界の復元」), 79-88.
- 宮内崇裕・東郷正美・堤 浩之・金 幸隆・武田大典・宇根寛・小田切聡子(2000) 1:25000 都市圏活断層図「飯山」, 国土地理院.
- 野尻湖地質グループ, 1990, 野尻湖発掘地とその周辺の地質, その6(1986-1988), 地団研専報, 37号, 1-13.
- 野尻湖地質グループ音波探査サブグループ, 1987, 音波探査による野尻湖底堆積物の層序と形成史. 地団研専報, 32号, 23-36.
- 辻村太郎, 1932, 東北日本の断層盆地, 地理学評論, 8巻, 641-658, 747-760, 977-992.