越後平野の地盤災害 - 新潟市周辺地域の活断層と予測される地盤災害 -

卜 部 厚 志*

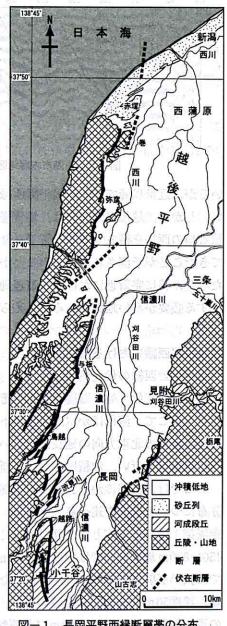
新潟市周辺地域の地震環境

越後平野は,新潟県の中央部の日本海側に面する沖積平野であり,東側を標高200~ 2,000mの丘陵と山地に、西側を標高1000m程度の山地に囲まれている。この平野と山地の

境界部は、北北東―南南西方向の直線的な境界を 呈しており、複数の断層からなる断層帯や地層の 急傾斜帯が存在する.

こうした地質学的な背景の中で、越後平野の中 でも特に新潟市周辺を見ると, 平野東縁, 平野西縁 新津丘陵の西縁などの地形境界で活断層が確認ま たは推定されている. このうち新発田 - 小出構造線 (月岡・村松断層) は、新第三紀から第四紀の堆積 盆地の発達を規制する断層帯のなかの新期の活動 であると考えられている。また、平野の西縁には、 複数の断層群が推定され、角田・弥彦断層系(仲川 1985) あるいは越後平野西縁断層帯 (小林, 1996) と呼ばれている, 近年, この越後平野の西縁に位置 する断層帯は,新潟県中央部の長岡市西方から総 延長83kmにわたる長岡平野西縁断層帯の北部のセ グメントとされている (図-1;地震調査研究推進

越後平野を含む新潟地域は、1983年日本海中部地 震, 1993年北海道南西沖地震, 1964年新潟地震など に代表される日本海東縁部の地震活動域 (大竹ほか 2002) の南方に位置している. また, この陸域での この延長は、GPSによる測地学的検討から新潟-神 戸歪帯と呼ばれ、日本列島の中でも地殻に歪が集 積している地域とされている (鷺谷, 2001). この ため,新潟地域の内陸部では,近世以降,1828年三 条地震、1847年善光寺地震や2004年新潟県中越地震 などやや規模の大きな地震や1961年長岡地震, 1995 年新潟県北部地震などの局地的な地震が発生して 図-1 長岡平野西縁断層帯の分布



^{*}新潟大学災害復興科学センター

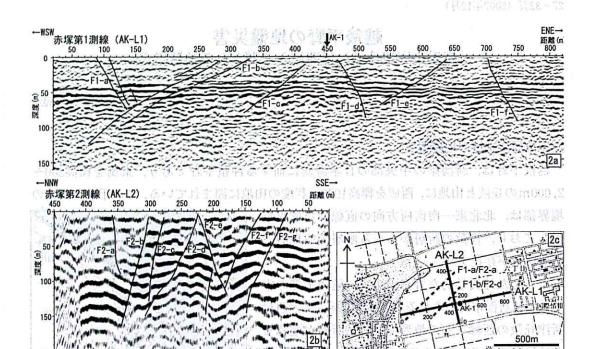


図-2 新潟市赤塚地区における伏在活断層(ト部ほか, 2007)

いるが、近世以降では、越後平野西縁を震源とする規模の大きな地震活動は知られていない。しかし、越後平野西縁は、地質構造の発達過程から見た場合、第三紀から第四紀の堆積盆地の西縁を構成する断層帯であり、歴史地震の記録はなくとも地震活動が繰り返されてきたことが予測される。このことから、越後平野西縁は、新潟市周辺の地震環境を考えた場合、特に完新世における構造運動の実態や沖積層に伏在する断層の性質などを明らかにする必要が高い地域であると考えられる。

越後平野西縁における伏在活断層

越後平野西縁の伏在断層について、加野ほか(1999)や稲崎・加野(1999)では、沖積層を明瞭に変位させる断層の存在やその方向性・分布規模などが十分に明らかにされていない。そこで、渡部ほか(2000)や卜部ほか(2007)では、稲崎・加野(1999)が見出した撓曲構造の北東方向の延長部において、発震・受振点間隔を2mとしたP波による反射法弾性波探査を行い、沖積層における断層変位などを明らかにした。

グエントとされている(図-1 12度用強硬で指進

ここでは、渡部ほか(2000)や卜部ほか(2007)による探査記録の状態および反射面の 分布について概要を述べる。

赤塚第1測線:全体として反射面は、20~450m地点付近では深度100m程度まで確認でき、450~820m地点付近では深度80~90m程度まで確認できる(図-2a). 特に深度40~60mでは強い反射面が認められ、探査した測線の全体にわたって確認できる(図-2b). 断層は、深度50mを基準とした時の120m(南東傾斜の正断層群:F1-a)、220m(北西傾斜の逆断層群:F1-b)、350m(北西傾斜の逆断層:F1-c)、500m(南東傾斜の正断層:

F1-d), 570m (北西傾斜の逆断層: F1-e), 720m (南東傾斜の正断層: F1-f) の各地点において認められ、断層の変位は地表付近の極表層部まで連続しているものと解釈できる。

赤塚第2測線:赤塚第2測線は、赤塚第1測線と直交して設定しているが、第2測線の方は重合したトレース数が第1測線の2倍であることから、反射面のあらわれ方において両者の結果は大きく異なっている(図-2b). 測線全体としてみると、比較的明瞭な反射面は平均して深度150~170m程度まで確認でき、やや不明瞭となるが一部では深度200m程度まで反射面が確認できる。

反射面の深度50mに見られる不連続や変位から推定できる主な断層は、測線位置100m (北西傾斜の逆断層:F2-g), 150m (北西傾斜の逆断層:F2-f), 210m (南東傾斜の 正断層:F2-e), 240m (北西傾斜の逆断層:F2-d), 285m (南東傾斜の正断層:F2-c), 310m (北西傾斜の逆断層:F2-b), 350m (南東傾斜の正断層:F2-a) である (図-2b).

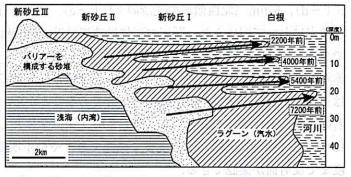
ト部ほか(2007)では直接的に地層の年代が測定されていないが、ト部ほか(2006)による堆積システムの連続性から判断すると、本測線付近の沖積層は約9000年前から約2000年前の年代の堆積物であると考えられる.

これらの断層の特徴としては、赤塚第1測線のF1-a断層群とF1-b断層群にみられるように、逆断層を主要な構造要素として上盤側に正断層が付随するような関係が認められる。このような逆断層と正断層によるくさび形の断面形態を有する断層関係は、赤塚第1測線のF1-d断層とF1-e断層や赤塚第2測線のF2-g断層とF2-e断層、F2-d断層とF2-a断層でも認められる。また、断層の方向性について検討をすると、赤塚第1測線のF1-c断層と第2測線のF2-f断層は、両者とも同一の逆断層であると判断でき、断層面はおよそ北東-南西走向で北西に傾斜していると推定できる。同様に赤塚第1測線のF1-b断層・F1-a断層はそれぞれ、第2測線のF2-d断層・F2-a断層に対応し、北西に傾斜した逆断層と南東へ傾斜した正断層の対として対比できると考えられる(図-2c)。これらの断層の走向は、砂丘列と平野部の地形境界や越後平野西縁断層帯の方向と一致している。

沖積層の堆積システムからみた沈降運動

西蒲原地域は、越後平野の他の地域で現在の地表面に分布する砂丘列が分布していない特徴がある。ト部ほか(2006)は、この地域の埋没したバリアーの堆積システムについて、既存ボーリング資料と主要な地点におけるオールコアボーリングによる堆積相の累重様式の検討から、西蒲原地域のバリアーシステムが埋没していることを明らかにした(図-3)。この解析によると、全体としては、バリアーシステムが累重・前進しながら、現在の海岸線である地域まで発達しているが、単純にシステムが前進するのではなく、複数回の急激な沈降によってシステムが後退しながら、全体として徐々に前進する過程を復元している。

これによると、西蒲原地域は、 完新統の汎世界的な海水準の 上昇である海進イベント(約 7,200年前)以降に、大きくは 3回の相対的海進が記録され ており、この海進はいわゆる 縄文海進以降の小規模な海水 準変動によるものではなく、 西蒲原地域の沈降により堆積



図一3 西蒲原地域の堆積システムの発達模式

システム全体が急速沈降して、相対的な海進が起こっていることを示している。また、このような沈降は西蒲原地域の地震による沈降の可能性が高いことが示されている。

ト部ほか(2006)によれば、西蒲原地域の地層の変動から認められる大規模な海進イベントは、縄文海進以降の約5、400年前、約4,000年前と約2,200年前の3回が記録されている。これらの沈降量は、白根地域の堆積物の層厚から推定すると1回あたり1~3m程度である。この現象を、水域の後退としてみると西蒲原地域は現在でも標高の低い地形が広がっていることから、1回当たり4~6km程度の水域の後退が推定できる。つまり、西蒲原地域の沖積層に記録された地層の記録から、この地域では約1、500年~2,000年程度の再来間隔で地震活動による数m程度の広域的な沈降が発生したものと考えられる。この解析結果は、西蒲原地域が活断層による沈降運動が活発な地域で、もし直下型地震が発生した場合には広域にわたって、数m程度の沈降現象が起こることを示している。

このように、平野西縁部の活断層の活動履歴について、断層の探査からは直接的な年代が復元できなかったが(卜部ほか、2007)、これらの活断層の活動によって、平野側が沈降するという現象が起こったものと推定すると、地層の解析から、活断層の活動履歴だけでなく、活断層によって平野側にどのようなことが起こる可能性があるのかを考えることができる。

沈降による新たな地盤災害

地震時の活断層による変位は、相対的に数m単位で変動することが知られている。このような変位は、平野地下に伏在する活断層で起こり変位が地表付近まで及んだ場合、平野地盤の相対的な隆起・沈降現象として現れる可能性が高い。これまでの地震時の地形的な変動については、隆起現象が注目されがちであるが、越後平野の沖積層が記録しているように沈降地域では"沈降"という現象に着目する必要がある。

越後平野などでは平野部に人口が集中し、都市のさまざまなインフラが整備されている。 現在のような都市環境で地震による沈降現象が発生した場合、耐震性の向上により建物・ 構造物・堤防等の施設面では保持できても設計以上の地盤の低下による低標高地帯 (0 m 地帯) 等での浸水や河川・下水道等の設計勾配の変化により排水機能が失われ、大規模に



浸水・冠水が発生することが予測される.

越後平野の直下型地震の場合は,上述のように沈降現象にも留意しなければならないが, 1964年新潟地震のような海域での地震活動も含めて考えると、越後平野では、液状化現象 を中心とした地盤災害が発生することが予測される。特に、液状化による地盤災害は、地 盤の抜本的な対策をしないかぎりは繰り返されることが予測される。2004年中越地震と 2007年中越沖地震で柏崎や刈羽で液状化の被災が繰り返された事例は多く報告されている. 液状化の予測については、近年のハザードマップの中でPL値として評価され、新潟市域に ついても予測がなされているが、繰り返しという"再現性"に着目した場合、新潟市内の 被災の予測には、1964年の新潟地震時の被災状況を記録した 「新潟地震地盤災害図」(図 -4)をより活用していく必要がある.

この図で示された地域で再び液状化が起こると仮定した場合、現在の新潟市域では当時 の建物や構造物よりは液状化の対策を取ったものが含まれると思われるが、基本的な地盤 は改良されていないことを踏まえると、宅地の被災に加えて、道路部分の甚大な被災が予 測される、特に、現在では、新潟地震時と比較して、下水道が整備されていることから、 道路自体の液状化に加え、管路の埋め戻し部分の液状化が顕著に発生することが予測され る. この被災の予測範囲を「新潟地震地盤災害図」は示している.

道路部分の被災は、現在の被害想定のなかでは重要視されていないが、災害時の拠点の なる施設(県庁、市役所、警察署、消防署、拠点病院、報道機関など)が新潟地震時の液 状化した範囲内に立地していることからみると、それぞれの機能は維持できたとしても、 救助、避難、誘導、傷病者の搬送、拠点施設の連携が取れないことは容易に予測できるこ

とである。42年前に大きな被害を受けたが、地盤を考慮した防災機能都市として復興・整備されてこなかった新潟市域の弱点をこれから整備していく方策が必要である。

汝猷

池田安隆・今泉俊文・東郷正美・平川一臣・宮内崇裕・佐藤比呂志 (2002) 第四紀逆 断層アトラス、254p. 東京大学出版会。

稲崎富士・加野直巳(1999)高分解能S波反射法およびサイスミックコーン貫入試験による角田・弥彦断層群の浅部構造調査、地質調査所速報、EQ/99/3, 59-68.

地震調査研究推進本部(2004)長岡平野西縁断層帯の評価. 23p, 地震調査研究推進本部.

加野直巳・山口和雄・栗田泰夫(1999)角田・弥彦断層群のP波反射法地震探査. 地質調査所速報、EQ/99/3、47-58.

小林巌雄(1996)越後平野地下の第四系. 第四紀研究, 35, 191-205.

仲川隆夫(1985)新潟平野の上部更新統・完新統-とくに沈降現象との関係について-. 地質学雑誌,91,619-635.

大竹政和・平 朝彦・太田陽子 (2002) 日本海東縁の活断層と地震テクトニクス. 218 p. 東京大学出版会.

鷺谷 威(2001)日本列島を貫く歪の集中帯─新潟-神戸構造帯-. サイスモ, 5 (5),12.

Urabe, A., Takahama, N. and Yabe, H.(2004)Identification and characterization of a subsided barrier island in the Holocene alluvial plain, Niigata, central Japan.

Quaternary International. 115-116, 93-104.

ト部厚志·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、111-127.

ト部厚志・渡部 俊・鈴木幸治・村尾治祐・高濱信行・渡辺史郎・稲崎富士 (2007) 反射法弾性波探査による越後平野西縁断層帯の浅層構造調査. 第四紀研究, 46, 427 – 431.

渡部 俊・ト部厚志・高浜信行・鈴木幸治・村尾治祐・渡辺史郎・稲崎富士 (2000) 新潟平野西縁部, 角田・弥彦断層群における浅層反射法地震探査. 新潟応用地質研究 会誌、54、33-37.