

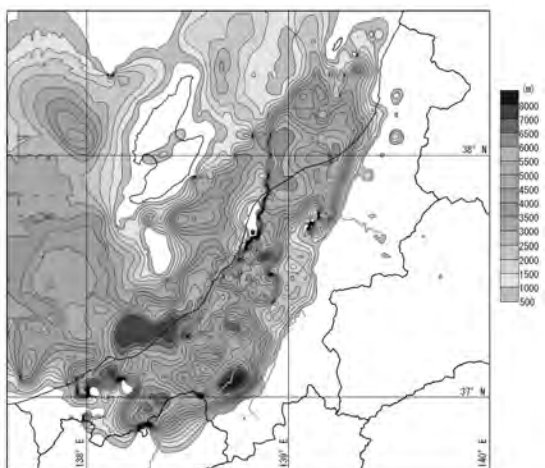
新潟県の地形形成と災害環境 = 第四紀258万年の歴史 =

小松原 琢¹⁾

1. 新潟県の日本一＝厚い堆積層のプールと高く隆起した海の地層＝

新潟県は、日本の中でも地球科学的に見て大変面白い地域の1つです。小論では日本でNo.1と言える様々な現象を中心に、新潟県の第四紀258万年^{注1)}の地形形成と環境の成り立ちを紹介すると同時に、この地が持つ厄介な自然現象との付き合い方を考えてみたいと思います。

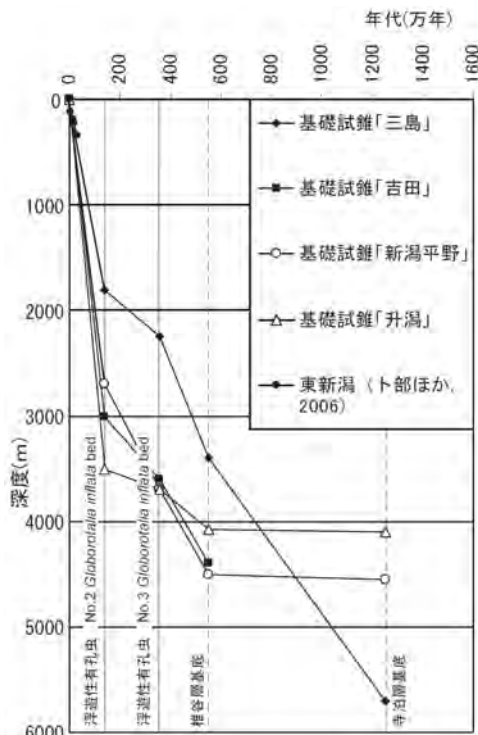
本特集の山路さんや栗田さんの報告でまとめられているように、新潟県周辺には約1,500万年前の日本海拡大期以降に堆積した堆積層が厚く分布しています。第1図に関口ほか(2009)に示された堆積層の厚さを示します。図に示されるように、新潟県南半部を中心として所により8kmに達する厚い堆積層が分布します。この堆積層の厚さは、関東平野や石狩平野



第1図 新潟県周辺の新第三紀～第四紀堆積層の厚さ(グリーンタフ相当層上面の深度分布)。関口ほか(2009)を簡略化。

を抜いて堂々日本一です。このように新しい地質時代の堆積層が、プレート内地震が発生する深さ(10数km以浅)の約半分までを占めていることは、日本のみならず世界的に見ても特殊と言って良いでしょう。

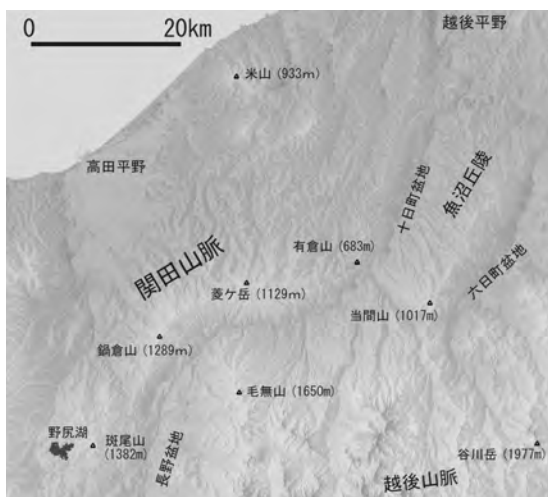
越後平野の地下深部は、石油探査を目的とする詳しい地質調査が行われています。その成果を利用することにより、どのような過程を経てこの深い「堆積層のプール」が作られてきたのか知ることができます。



第2図 越後平野の主要試錐における堆積層の深度と年代の関係。新潟県地質図改定委員会(2000)、ト部ほか(2006)などを基に作成。

1) 産総研 地質情報研究部門

キーワード：新潟平野, 第四紀, 活断層, 地殻変動, 災害環境



第3図 関田山脈周辺の地形。

国土地理院作成50mメッシュDEMを基に、ダン杉本氏作成カシミール3D2008を利用して作図。

第2図は越後平野の中でも厚い堆積層が存在する中～南部の主要な深層ボーリングから得られた、地層の深度と年代の関係を示したものです。図から読み取られるように約150万年前(No.2 *Globorotalia inflata* bed 基底)より古い時代には、1,000年あたり数10cm程度の速度で地層が堆積していました。しかし、その後は1,000年あたり1mを上回る大きな速度で堆積するようになります。この図では堆積層の中の不整合や地層堆積時の標高(古水深)および圧密による収縮は無視されているので、単純に沈降速度に読み替えることはできませんが、150万年前以降に越後平野の沈降が大きく加速したことは確かと言えます。大雑把に見て第四紀に越後平野中～南部は堆積層の厚さの半分近い3,000～4,000mも沈降したと考えられます。

さて、今回取り上げるもう1つの日本一は、長野県との県境にある関田山脈(第3図)の隆起です。関田山脈は標高1,000～1,200m程度の定高性を持つ山脈で、稜線を縦走するコースは、上り下りの少ない歩きやすさに加え、明るいブナ林や花々咲き乱れる湿原、北アルプスや妙高連峰、日本海を望む展望など多くの魅力を持つことから、「信越トレール」と呼ばれて多くのハイカーに愛されています。

関田山脈は、第四紀前半に浅い海から沿岸陸上で堆積した魚沼層群相当層(地域地質名称では奈良立層(Noda, 1962)および大川層(斎藤ほか, 1962))に

よって作られた山脈です(竹内・加藤, 1994; 柳沢ほか, 2001など)。この山脈の高さ自体は決して高くはないのですが、山脈を構成する魚沼層群相当層の下部には広く海成層が分布しており、海成の第四系が構成する山としては日本一高い山と言えます(高野・関田山脈団研, 2008)。このことは、第四紀に関田山脈が海水準に対して1,000m以上も隆起したことを示します。さらに高野・関田山脈団研(2008)の断面図によると、関田山脈稜線部における第四系の削剥量は3,000m近くに達することから、第四紀における稜線部の海水準に対する隆起量は最大4,000mに達する可能性もあります。関田山脈の稜線部には急傾斜した魚沼層群相当層を削剥して作られた浸食小起伏面が広く分布します(高野・関田山脈団研, 2008)。この広い浸食小起伏面は、魚沼層群堆積後に一旦平坦な地形が作られた後に、大きく隆起したことを示唆しています。

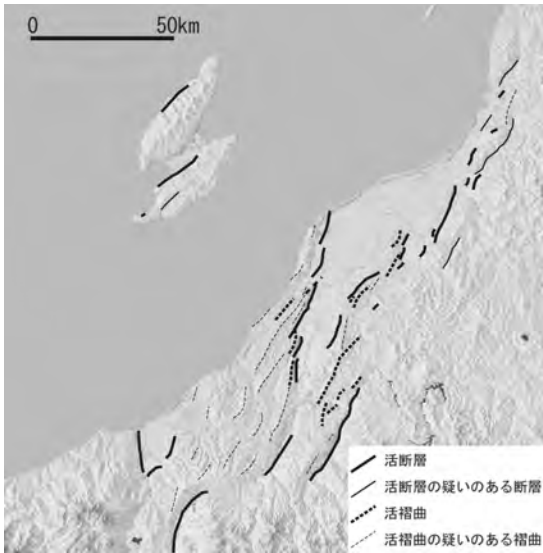
2. 第四紀の隆起沈降の主役・活構造の活動史

次に、越後平野の沈降と平野周辺の山々の隆起をもたらし地質構造と地殻変動の様相をもう少し詳しく見ていきます。

深い越後平野の堆積層の中から読み取られた越後平野の第四紀における沈降水量(3,000～4,000m)と、その南に位置する関田山脈における隆起量(1,000m以上)から、大雑把に見て新潟県では第四紀に4,000～最大8,000mに達する隆起と沈降が行われたと言えます。もし、この隆起と沈降が全部地形に反映されていたなら、新潟県はヨーロッパアルプスやヒマラヤ山脈に匹敵する起伏を持つに至っていたことでしょう。この比高増加速度は、日本列島の陸域では第一級と言えます。

この激しい地殻変動の主役は、活構造(活断層・活褶曲など)です。第4図に新潟県周辺の活断層・活褶曲の分布を示します。このように平野や盆地を縁取るように多くの活断層や活褶曲が分布します。これら活構造の大部分(越後平野東縁や佐渡島の一部の活断層を除く)が、第四紀に平野や盆地を沈降させ山地や丘陵を隆起させるように動いてきた結果、現在の地形の大枠ができあがりました。

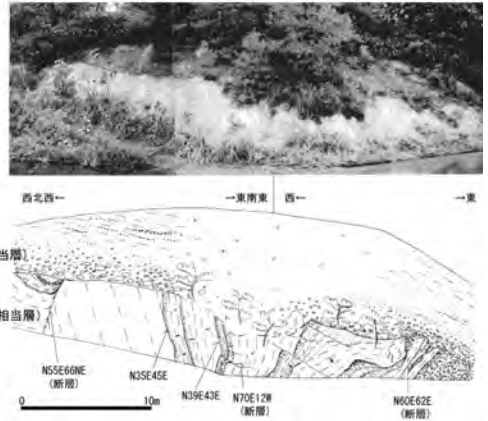
ところで、平野地下の資源探査を目的とする深層ボーリングからは、探鉱対象でない第四紀後半の地



第4図 新潟県周辺の活構造。
国土地理院作成1:25,000都市圏活断層図そのほかの資料と独自の調査より作成。
背景の地形陰影図は国土地理院作成50mメッシュDEMを基に、ダン杉本氏作成カシミール3D2008を利用して作図。

層の年代に関する資料は多くありませんでした。また平野とその周辺の地殻変動を復元するためには平野地下だけでなく周辺地域の地質に残された記録を読み取ることが重要となります。そこで、主として地表調査結果を基に活構造の活動過程を復元してみます。

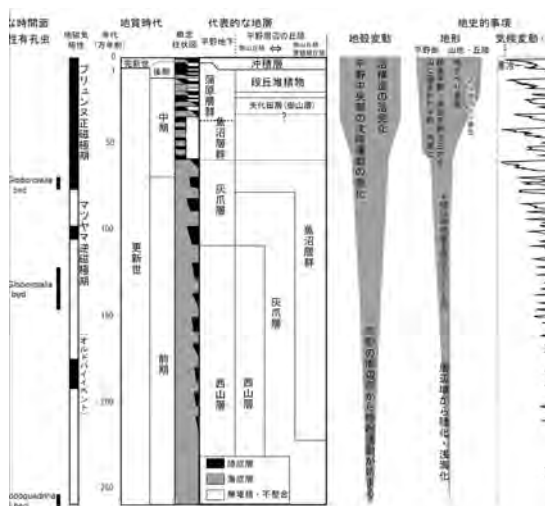
日本海が拡大した中期中新世の地層（七谷層相当層）から前期鮮新世（椎谷層相当層）まで約1,000万年の間に堆積した地層には、越後平野周辺では一部を除いて広域的で大規模な傾斜不整合は認められません。またこの間徐々に浅海化していきますが、ほぼ全ての堆積物が海成層からなります。しかし、後期鮮新世（西山層相当層）以降の地層は、浅海成の地層が主体となるとともに平野縁辺部には河川からもたらされる地層が堆積し、その中にしばしば傾斜不整合が認められるようになります。浅海～陸成層の互層からなる前期更新世～中期更新世初頭の魚沼層群相当層と、それを覆う中期更新世に堆積した御山層（矢代田層）相当層の間には場所により第5図に示すような顕著な傾斜不整合が認められます。こうした顕著な不整合は決まって活構造の周辺で見出され、活構造か



第5図 魚沼層相当層と御山層相当層の傾斜不整合の一例。
三条市駒込西方の庄川複背斜東翼部の急傾斜帯の事例。

ら離れた地層の傾斜が緩やかな場所では、両者の境界は平行不整合となっています。以上のような陸上の地質と、第2図に示した平野地下の地層の深度-年代曲線とを併せて、越後平野周辺では中新世後期から鮮新世まで相対的に変動の穏やかな時代が続き、第四紀・特に中期更新世半ば以降に極めて活発に活構造が活動するようになったと考えることができます（たとえば鈴木ほか, 1974）。

この「中期更新世半ば」という時代＝すなわち魚沼層群堆積以降～御山層（矢代田層）堆積以前＝という時代について、魚沼層群の上限が古地磁気層序等から中期更新世初頭（約78万年前）以降であることは確かでした（魚沼丘陵地研, 1983）が、御山層（矢代田層）相当層の年代が不明であったため、最近まで詳細な議論ができませんでした（たとえば稲葉ほか, 1976）。これまで御山層（矢代田層）相当層として一括されていた地層は、明瞭な堆積面を持たない、浅海底から河川成の低地で堆積した地層を全部まとめたものでした。その中には複数の異なった時代の堆積物が含まれている可能性すら残されています。ところが最近、長岡市西方の丘陵の御山層から約24万年前に九州南部で噴出した阿多鳥浜テフラ（Ata-Th）が見つかっています（武田ほか, 2005）。また同時代の平野地下に関して、ト部ほか（2006）は東新潟ガス田のボーリング試料より約22万年前の砂小原-久保田火砕流（Sn-KB）や約29万年前の砂小原-佐賀瀬川火砕



第6図 新潟県の第四紀地史の概要。

地層名は新潟標準層序として用いられている地層名で表記しました。岩相で定義された地層の境界が、その後の研究により時間面と斜交することが明らかにされ、同一の地層でも地域ごとに異なる時代の堆積物であることが明らかにされています。本報告では本文中の地層名と地質年代は、魚沼層群の模式地である魚沼丘陵周辺の地層名・地質年代で表記しています。

流 (Sn-SK) が見出されたことを報告しています。さらに、越後平野北端部の丘陵で御山層に対比される可能性が高い地層から、ガラス質の未同定火山灰が見つかり(小松原ほか, 2008^{注2)}、年代や古地理が次第に明らかになってきました。近い将来には越後平野周辺の活構造の活動過程について、時間軸を入れて検討することができるようになりますと期待されます。

より新しい時代=すなわち段丘の時代以降=の活構造の活動史については、数多くの研究が行われています。越後平野周辺の活構造の中でも特に活動度が高い西縁の活断層(南部:鳥越断層)の活動について、金(2006)は後期更新世以降ほぼ等速かつ一定様式で累積的に活動を行ってきたことを明らかにしています。また、中西ほか(2010)は、越後平野西縁の断層帯の中でも特に最大の変位速度を示すと考えられる北部:角田-弥彦断層において完新世における断層沈下側の沈降速度が平均3m/1,000年程度という値をとることを示しています。この沈降速度は、東新潟ガス田ボーリングのG₄層とG₅層の中間付近(角田-弥彦断層の最大沈降部では深度450~700m:た



第7図 新潟県周辺の地すべり地形分布図。

防災科学技術研究所(2010)より引用。暗灰色の部分が地すべり地形を示しています。特に新潟県南部に密集していることが読み取れます。

たとえば新潟市史編さん自然部会, 1991)から得られたSn-KBテフラ(卜部ほか, 2006)以降の沈降速度(概ね2~3m/1,000年)ともほぼ同程度です。

以上を取りまとめると、本章の最初で述べた関田山脈と越後平野の間の4,000~最大8,000mに及ぶ上下地殻変動は、鮮新世に開始したものの、中期更新世に加速し、その後期ないし後期更新世以降ほぼ一定速度で進行している、と言えるでしょう(第6図)。

3. 山地と丘陵を浸食する地すべりの働き

さて、新潟県の地形環境の成り立ちを考える上で、地殻変動による山地・丘陵の隆起や堆積作用による平野の形成と並んで、浸食作用による山地・丘陵の削剥は欠くことのできない重要な要素です。「軟岩」と呼ばれる固結度の低い新生代の堆積岩が、県境周辺を除く広い地域で起伏の大きな山地や丘陵を作っている新潟県では、浸食作用の中でも特に「地すべり」=すなわち大きな岩塊が一体となって比較的遅い速度で斜面を滑り落ちる浸食様式=が、大きな侵

割を果たしています。

第7図に、新潟県周辺の地すべり地形分布図(防災科学技術研究所, 2010)を示します。地すべり地形は過去に地すべりが発生したことを示す地形的な証拠です(たとえば中村, 1934; 日本地すべり学会地すべりに関する地形地質用語委員会, 2004)。この図から、特に新潟県南部の起伏の大きな山地・丘陵では、大部分が過去に地すべりを経験したことがある場所と言っても過言ではないことが分かります。青森県の白神山地などと並び新潟県南部は日本で最も地すべり地形が高密度で分布する地域の1つです。

ところで、山地の隆起に伴って起伏が一定(起伏量約200m)以上となると地すべりが発生するようになり(古谷, 1996)、山地の隆起とともに初生地すべり(1次地すべり)が多発する段階を迎え、さらに山地の開析が進むとともに再滑動型の地すべり(2次地すべり)が多くを占めるようになることが明らかにされています(たとえば青木・高浜, 1976, 1977; 藤田, 2002)。一方、特に新生代堆積岩類の分布地域では規模の大きな地すべりは起伏を均して平坦な地形を作ろうとするため、新生代の堆積岩分布地域では隆起運動が継続していても起伏量が上限値を越えない動的平衡状態が出現すると考えられます(小松原, 1993; 古谷, 1996)。

新潟県の中でも特に南部の山地には、多数の地すべり防止区域が存在し、そこには様々なタイプの地すべり地形や地すべり運動が認められています(日本地すべり学会新潟支部ほか, 2008)。このことは、とりもなおさず、当地域が激しい隆起と地すべりによる浸食作用がせめぎあって地形の動的平衡状態に至りつつある場所とみなすことができます。そして同時に、地すべりによる効率的な剝削作用は、山地から多量の土砂を河川に供給し、越後平野・高田平野のような沈降域を土砂で埋め尽し、平野を成立させている大きな要因と考えることができるのです。

4. 変動帯の豊かな自然環境とその背景

これまでに記してきた激しい地殻変動と地すべりによる侵食、という新潟県の地学的特徴や現在の地形発達段階は、時として災害を引き起こしてきました。記憶に新しい2004年の新潟県中越地震、2006年の新潟県中越沖地震はもちろん、遠く奈良時代から

越後国の山崩れや地震被害に関する歴史記録が残されています。私自身も、新潟県中越地震などの調査に訪れた際には、崩れた山肌や倒壊した家屋、ぱっくり崩れ落ちた地すべり地を見て、心が穏やかでなくなることを抑えきれませんでした。まして、自然災害で失われた人のことを考えると、それをもたらす地球の営みに対して単に「辛い」「悲しい」「どうして、こんな・・・」など尽くしがたい感情を持たれることも自然なことでしょう。

しかし、私はあえて地球の営みが新潟県(あるいは変動帯・日本列島)にもたらした恵みについて、考えてみたいと思います。それは、新潟県(あるいは変動帯)の環境を理解する上で、重要な視点だと思えます。

ここで非常に大雑把ですが、生物の多様性と肥沃な大地という点から地殻変動や地すべりなどの土砂移動といった地球の営みがもたらす「恵み」を取り上げます。この章では未だ科学的な議論とは言いかねる論もあることにご注意の上、災害とは裏腹に地球の営みがもたらす恩恵について考える契機としていただければ幸いです。

4.1 日本列島の生物種の多様性について

最近、地球環境問題に関連して生物多様性という言葉を用いた様々な場所で聞くようになりました。

生物多様性という概念は遺伝子・種・生態系の多様性を包括したものですが、それを最も端的に数字で表す指標として野生生物の種数が挙げられます。実はOECD加盟30カ国(主として中～高緯度の先進国)で比較すると、哺乳類・鳥類などといった綱単位の脊椎動物の全分類群と維管束植物において日本の種の多さは5位以内に位置付けられます(Environmental performance and Information division OECD, 2008)。OECD加盟国の中にはカナダやアメリカ、オーストラリアのような広大な面積を持つ国が含まれていますが、それらを除いた場合、たとえばヨーロッパのいずれの国と比較した場合でも、日本で多くの種の脊椎動物が確認されていることは、日本列島の生物相の豊かさを示しています。さらに、日本には、他の地域では見られない固有種の占める割合が高く、種の多さと相俟って世界で34地域が認定されている「生物多様性ホットスポット」の1つとされています(湯本, 2010)。

このような種の多様さを生み出した要因として、湯本(2010)は①多様な環境条件、②地史的要因、③適切な生物資源利用、の3つを挙げています。このうち、前2者に当たる自然的要因には、湿潤地域に位置し南北に連なる多くの島からなるという地理的要因が重要な因子であることは確かですが、同時に山が多く垂直方向の広がりが大きいこと、地形が多様であること、という地形要因が働いていることが指摘されています。このことが、第四紀における氷期-間氷期という大きな気候変動に対する生物種の逃避地が列島内に形成され、氷期に列島内の島々や大陸の間に陸橋が形成され、結果的に多くの種が存続し、多くの固有種が生み出された要因の1つと言えます(湯本, 2010)。

次に小さなスケールの現象について考えてみます。中村(1990)は、山地の森林植生の成立にあたって周期的に発生する崩壊が重要な役割を果たしていることを論じています。新时期変動帯の山地の土砂生産量は、古期変動帯や安定大陸の山地と比較して土砂生産が盛んなことが知られています(たとえばSummerfield, 1992)が、これを小地形~微地形単位のスケールで見た場合、崩壊などによる土砂移動が山地の植生を豊かにしているということもできるのです。

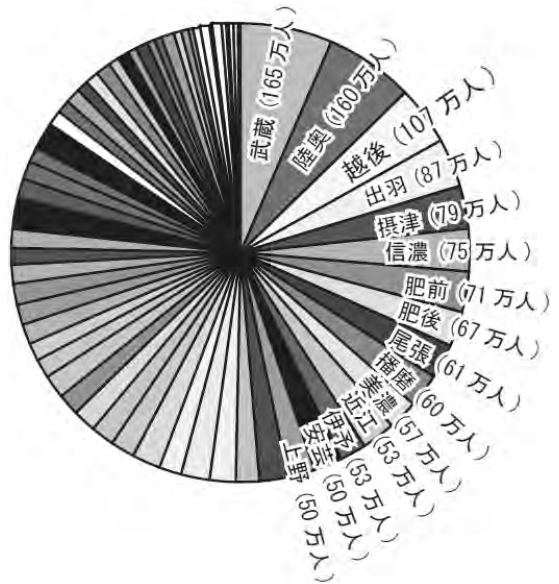
以上のような時間的にも空間的にもスケールの異なる現象を取り上げ、多くの要因が関与する種の多様性への寄与を議論することには、無謀という批判もあるでしょう。しかし、山地の形成や土砂移動といった変動帯で繰り返される地形変化が、これと無縁ではないことはもっと考慮されるべきでないでしょうか。

特に近年、重要な地球環境問題として認識されるようになってきた生物多様性の問題に対して、生態系の舞台装置が形成される過程としての地形変化作用を科学的に明らかにすることはますます重要になると思います。日本列島(とその縮図のような新潟県)のような地域は、生態学と地形・地質学の接点となるこの分野で格好のフィールドとなるのではないのでしょうか。

4.2 農業から見た新潟県の豊かさ

次にもっと身近な「新潟県の豊かさ」に関する事例を紹介します。

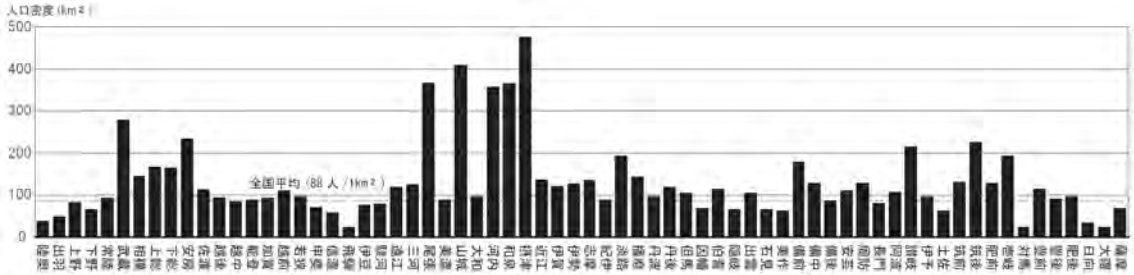
江戸幕府は8代将軍吉宗の時代(享保六年=1721



第8図 文化元年(1804年)における国別の人口。速水(2009)を基に作成。

北海道と沖縄は除く、人口の約2割を占める武士・公家・僧侶などおよび乳幼児は記載されていないため全人口は示されていませんが、大局的な傾向を読み取るには問題ありません。

年)以降定期的に国別の人口統計を作成していました。これは人口の約2割を占める武家、僧侶や乳幼児などがカウントされていないという欠点があるものの、地域別の人口とその推移を明らかにできるという点で非常に重要な史料です。第8図に江戸時代後期(文化元年=1804年)における日本の旧国別人口を示します。この人口統計は、江戸・京都・大坂など一部を例外として、基本的に食糧生産に対応した人口を表すものと考えて良いでしょう。図をご覧ください。図を眺めると、越後国は町人人口だけで50万人に達する大消費都市江戸を含む武蔵国や、4倍近い面積を持つ陸奥国に次いで第3位の人口(107万人)を誇る大国です。大小の河川が頻りに洪水を引き起こし、しかも現在よりもかなり寒冷であった19世紀初頭において、このような高い生産力を持っていたことは注目し得ます。単に総人口だけでなく人口密度で比較(第9図)しても、越後国は全国平均を上回っていたことがわかります。このような人口の多さの要因としては、塩津(紫雲寺)潟や福嶋潟など平野部の干拓に伴う人口増加にも求められますが、現在と比較する



第9図 文化元年(1804年)における国別人口密度。
出典と統計上の問題は第8図と同じ。

と当時の人口は越後平野だけでなく周辺の山地・丘陵を含めて広範囲にかなり均等に分布していたと考えられます。特に山地・丘陵の地すべり地形上は多くの農村集落が立地していました。これは、地すべり地形が棚田耕作に適した緩傾斜地となっている上、湧水が豊富で水に困らない、山林と近接し肥料や肥沃な土に恵まれているなどの農業に適した条件を作り出していたからと言えます。

次に日本で最も人気の高い銘柄米「コシヒカリ」の歴史を振り返ってみます。

コシヒカリは1956年に福井県の農地実験改良所で最初に品種登録されました。しかし、この品種は味が良いものの、丈が高く風に弱い弱点を抱えており、開発当初には福井県で作付されませんでした。ところが新潟県は味の良さに着目し、地すべり地形や谷底の低地といった複雑な地形のために強風が吹きにくい中越地方の水田で作付を奨励し、実際に栽培されていきました。このような地形条件を活かしつつ栽培方法の改良を重ねることにより、新潟コシヒカリの名は全国に広がり、同時に平野部や他県でも作付されるようになっていきました。言わば中越地方の山間地はコシヒカリの育ての親です。もし中越地方に地すべり地形や複雑な谷地形の発達する山がなかったなら、私たちは美味しいコシヒカリを食べることができたのでしょうか？

4.3 自然災害を地球の営みとして捉えてみれば

矢田さん、都司さんの報告に記されているように、地震や地すべりは時に恐ろしい災害をもたらします。しかしこれらは、変動帯の山地では珍しくない地球の営みです。このような災害環境を人間の力によって変えることは難しいでしょう。

自然「災害」は、地球の営みと人の営みが接する場面で生じます。そして地球上に暮らす私たちは地球の営みから完全に逃れることはできません。しかし、地球の営みをより深く知るにより、それがもたらす災害から逃れる術を手に入れることができるだけでなく、大きな恩恵を享受することも可能なはずで、事実、美しい景観や多様な生物の生存環境を作り出した棚田のような地すべり地形の合理的な利用法や、この地で生み出されてきた数々の地すべり対策、豪雪や地震動に耐える強度を持った家々などは、先人たちの培ってきた貴重な財産であり、今後とも継承・発展させていくべき財産と言えるでしょう。

地球科学が、地球の営みと人間の営みが調和して上手に災害を避ける知恵の1つとして今後とも活用されていくことを願いつつ、小報を締めくくります。

謝辞：本報告の作成にあたり株式会社興和の鴨井幸彦氏・有限会社甲賀地質調査の安井 賢氏・新潟大学の卜部厚志氏・産業技術総合研究所地質情報研究部門宮地良典氏をはじめとする中越地震5周年講演会「新潟地域の地震災害に備える」シンポジウム関係者には多くの激励を賜りました。京都大学の関口春子氏・産業技術総合研究所活断層・地震研究センター堀川晴央氏には新潟堆積盆地の地下構造に関しご教示を頂き、グリーンタフ上面深度分布図の使用を許可いただくとともに関連図の電子ファイルを頂きました。防災科学技術研究所の井口 隆氏・内山庄一郎氏・土志田正二氏には防災課学技術研究所の地すべり地形分布図の使用を許可いただくとともに、関連地域の電子ファイルを頂きました。以上の皆様に厚く御礼申し上げます。

注1) 本報告ではIUGS (国際地質科学連合) 2009年6月の決定に従い、第四紀の始まりを従来のカラブリアン期の始め(約181万年前)ではなく、従来鮮新世後期に位置付けられていたジェラシアン期の始め(約258万年前)と改めた、新しい地質年代区分に基づいて記しています。この新定義については、遠藤・奥村(2010)を参照してください。

注2) 小松原ほか(2008)では、村上市梨木堤の御山層相当層(梨木層)に産するテフラを宮城県中部で産する鷗目テフラに対比していましたが、この対比については現在再検討中です。

引用文献

- 青木 滋・高浜信行(1976):地すべり地の履歴に関する研究(その1)。新潟大学理地盤災害研年報, 2, 11-18.
- 青木 滋・高浜信行(1977):新潟県における初生斜面崩壊の発生期と発生原因に関する一考察-地すべり地の履歴に関する研究(その2)-。新潟大学理地盤災害研年報, 3, 19-29.
- 防災科学技術研究所(2010):地すべり地形GISデータ「新潟」およびその周辺「地すべり地形分布図データベースWebサイト」, <http://lweb1.ess.bosai.go.jp/>
- 遠藤邦彦・奥村晃史(2010):第四紀の新たな定義:その経緯と意義についての解説。第四紀研究, 49, 39-77.
- Environmental performance and Information division OECD (2008): OECD Environmental data Compendium 6 Wildlife. http://www.oecd.org/document/49/0,3343,en_2649_34283_39011377_1_1_1_1,00.html
- 藤田 崇(2002):地すべりと地質学。237p. 古今書院。
- 古谷尊彦(1996):ランドスライド 地すべり災害の諸相。古今書院, 213p.
- 速水 融(2009):歴史人口学研究 新しい近世日本像。藤原書店, 606p.
- 稲葉 明・伊藤憲章・亀山 裕・黒川勝己・村松敏雄・中島哲宏・山崎興輔・吉越正勝(1976):矢代田層の諸問題。新潟大地鉦研究報告, 4, (西田彰一教授退官記念論文集), 51-56.
- 金 幸隆(2006):上下変位速度の時間・空間の変化からみる逆断層の幾何セグメント区分とその挙動-信濃川褶曲帯鳥越断層の事例-。月刊地球号外, no.54, 187-193.
- 小松原 琢(1993):新潟平野北東縁の活褶曲地域に見られる隆起量と侵食様式・削剥強度の関係。地学雑誌, 102, 2, 264-278.
- 小松原 琢・百原 新・水野清秀・古澤 明(2008):越後平野北縁部の時代未詳更新統・梨木層の層序, 植物化石およびテフラ。日本第四紀学会講演要旨集, 38, 102-103.
- 中村太士(1990):地表変動と森林の成立についての一考察。生物科学, 42, 57-67.
- 中村慶三郎(1934):山崩, 254p. 岩波書店。
- 中西利典・宮地良典・田辺 晋・卜部厚志・安井 賢・若林 徹(2010):ボーリングコア解析による新潟平野西縁, 角田・弥彦断層の完新世における活動度。活断層研究, 32, 9-25.
- 日本地すべり学会地すべりに関する地形地質用語委員会(2004):地すべり-地形地質の認識と用語-, 318p. 日本地すべり学会。
- 日本地すべり学会新潟支部・新潟県地質調査業協会・斜面防災対策協議会新潟支部(2008):新潟県の地すべり災害と対策の歴史-地すべり等防止法制定50周年を迎えて-, 187p. 新潟。
- 新潟県地質図改定委員会(2000):新潟県地質図および同説明書, 200p. 新潟県。
- 新潟市史編さん自然部会(1991):新潟市史資料編12 自然, 397p. 新潟市。
- Noda, H. (1962): The Geology and paleontology of the environs of Matsunoyama, Niigata Prefecture, with reference to the so-called black shale. Sci. Reo. Tohoku Univ., Ser.2, 199-236.
- 斎藤 豊・上条 静・服部正志・水上寿英・福島 宏・堀越 忠・百瀬秀夫(1962):富倉油田の層序と地質構造。長野県の地学III(長野県地学会), 83-106.
- 関口春子・吉見雅行・堀川晴央・吉田邦一・鈴木晴彦・松山尚典・森野道夫・滝沢文教・劉 瑛(2009):新潟堆積盆地3次元地盤構造のモデル化。活断層・古地震研究報告, 9, 175-259.
- 鈴木尉元・三梨 昂・影山邦夫・宮下美智夫・島田忠夫・小玉喜三郎(1974):新潟堆積盆地の構造発達史の概要と石油・天然ガス鉱床の成立。地質調査所報告, 250-1(新潟第三系堆積盆地の形成と発展 層序編), 307-319.
- Summerfield, M.A. (1992): Global Geomorphology. Longman Scientific & Technical, 537p.
- 高野武男・関田山脈団体研究グループ(2008):新潟・長野県境の関田山脈と飯山盆地の形成に関する造地形運動の研究。地学雑誌, 117, 5, 901-918.
- 武田智吉・柳沢 賢・酒井俊朗・向山 栄・佐々木 寿・宮脇明子・百瀬 貢・宮脇理一郎(2005):平成16年(2004年)新潟県中越地震震源域の活構造。地球惑星科学関連学会合同大会予稿集(CD-ROM), S101-P019.
- 竹内圭史・加藤碩一(1994):高田東部地域の地質。地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所, 67p.
- 魚沼丘陵団体研究グループ(1983):魚沼層群。地団研専報, no.26, 186p.
- 卜部厚志・安井 賢・稲葉 充・片岡香子・高浜信行・満田信一(2006):東新潟ガス田の中部更新統~完新統の層序-特に軽石層の特徴とその給源-, 石油技術協会誌, 71, 337-348.
- 柳沢幸夫・金子隆之・赤羽貞幸・栗田泰夫・釜井俊孝・土谷信之(2001):飯山地域の地質。地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所, 144p.
- 湯本貴和(2010):日本列島はなぜ生物多様性ホットスポットなのか。生物科学, 61, 117-125.
- KOMATSUBARA Taku (2010): Geomorphological development and disaster environments in Niigata Prefecture ~ Geo-history during the Quaternary Era: 2.58 million years ~.

<受付:2010年7月23日>