

越後平野東部、五泉・村松地域における沖積層について (第2報)*

The alluvium of Gosen and Muramatsu areas
in the eastern part of the Echigo Plain, Japan

新潟応用地質研究会平野地盤研究グループ**

Geotechnical-research Group of Plain
in Niigata Geotechnology Society

1 はじめに

新潟県平野部の沖積層分布地域は、都市化の進展に伴い人口、並びに資産が集積し社会経済活動を行う上で最も重要な地域となっている。一方、災害列島と呼ばれるほどわが国の気象条件、地形・地質条件は厳しく自然災害も多発している中で、平野地域についてもその地盤特性は人々の暮らしや産業、土地利用、地盤災害発生などに大きな影響を有している。

今までは平野地域の地盤について地質関係者の関心も低く、石油・可燃性天然ガス探鉱、生産、或いは工業用水利用等の分野で様々な地下地質の情報が蓄積されてきたものの、その対象深度は比較的深所であった。これまで、いわゆる沖積層(ここでは現在から約18,000年前の最終氷期以降の堆積物をいう)についての平野地盤情報は、専ら土木、建築などの建設工事関連で収集、蓄積されてきた。一般に、建設関連の地盤情報(本文では土地の地下を構成している固有の物性を持つ物質の総称を「地盤」という)は、土質工学的情報、地質学的情報を混在しており、どちらかといえば地質学的側面よりも土質工学的側面が主であった。その結果、両分野の境界領域にあたる両者を視野に入れた総合的な地盤の解明はなかなか進展しなかった。

この度、新潟応用地質研究会では独立行政法人 産業科学総合研究所(以下「産総研」という)の5万分の1「新津」地区の地質図幅作成を契機に、精度を上げた平野地盤に関する研究を中長期的に継続して取り組むことを目的とした平野地盤研究グループ(以下「研究グループ」という)が会員有志により平成16年9月に発足、平成17年7月には財団法人環境地質科学研究所と共同研究を行うこととなった。

研究グループの活動は、平成16年の7・13新潟・福島豪雨災害や同年10月23日の中越大地震により休止状態となり、活動再会は平成17年6月頃からとなった。

* 本研究は、財団法人 環境地質科学研究所(理事長 中山輝也)との共同研究として実施した。
第1報は、同研究所研究年報第17号に掲載。

** (代表) 川島隆義、(副代表) 石川 亨、鈴木正喜、関谷一義、(会計) 栢森宇一郎、(庶務) 石橋輝樹、石黒直紀、岡野 靖、金子敏哉、柴田 東、須田公人、高 豪、高木英一、田澤朋博、田中里志、田辺 晋、寺崎紘一、土井賢一、戸田和也、山本 毅、堀口寿彦、三浦謙二、安田幸弘、(顧問) 小林巖雄

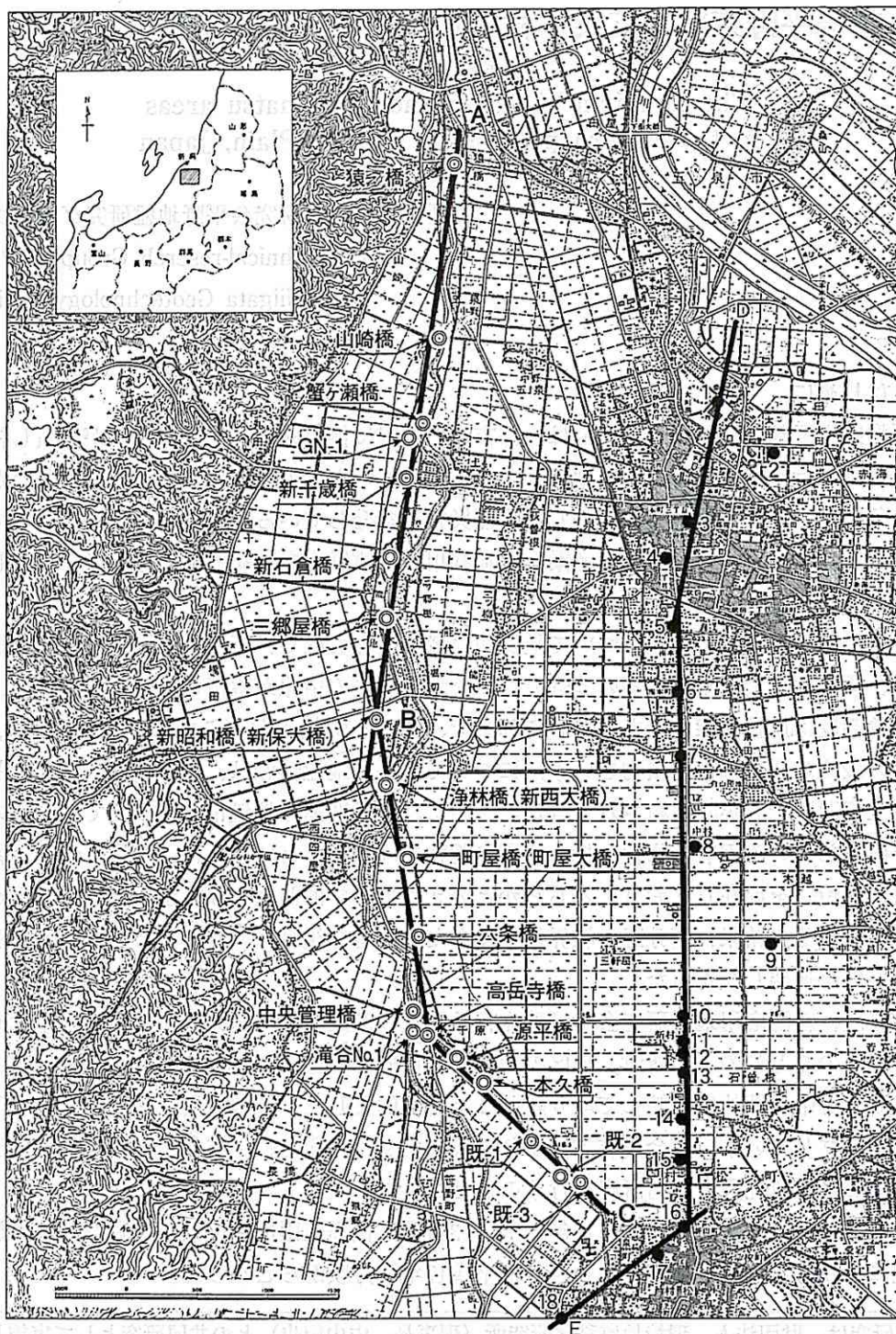


図1-1 位置図

(注) ボーリング調査地点を示す橋名は調査時の仮称である

(注-2) ()内は竣工後、調査時の仮称から変更になった橋名

(凡例) A-B, B-C 断面線(図4-3, 4-4)

◎ボーリング位置

さらに、資料提供機関^(註1-1)からの了解、新資料の収集などに期間を要した。したがって、本報告での第1報としては「新津」図幅の一部、五泉・村松地域（図-1-1）について産総研の調査資料^(註1-2)との対比などを含め、財団法人 環境地質科学研究所の年報第17号に主として地質的側面からまとめている。この度の報告では、さらにそれらに加え五泉と村松市街地を結ぶ新たな断面図を検討、掲載して面的に広げた。また、前報告では掲載できなかった土質試験結果の情報を加えている。今後はさらに面的な解析、土質試験試料による工学的特性、地下水調査資料等による本地域の特性などを逐次明らかにしていくことにしたい。

なお、今後とも研究を継続して内容の充実を図りながら対象地域を広げ、成果はその都度様々な機会に公表していきたい。

(川島隆義)

(註1-1) 資料提供機関

新潟県土木部・農地部、新潟市、旧五泉市、旧村松町

(註1-2) 産総研の調査資料、新津図幅作成に関連する地盤調査、平成17年6月旧五泉市丸田新田地内（蟹ヶ瀬橋左岸）で実施したオールコアボーリング調査、深さ44m、層序、堆積相解析、¹⁴C年代測定など

2 これまでの研究史

これまで、新潟県の平野地盤について地質、並びに土質工学的側面から総合的にまとめる努力は、必要に応じ種々の機関で行われ、発刊されてきた。

それらを振り返ると、昭和42年の新産業都市関連の「新潟地区の地盤」（建設省計画局・新潟県）、昭和56年の「新潟県平野地盤図集」（旧建設省北陸地方建設局北陸技術事務所監修、建設弘済会）、平成12年の「新潟県地質図2000年版」（新潟県）などが間歇的に発刊されており、最新の刊行物では平成14年の(社)新潟県地質調査業協会が設立40周年記念事業として発刊した「新潟県地盤図集」がある。現在、これが新潟県内の沖積平野地盤をまとめる上で一つの指標となっている。

平成14年の「新潟県地盤図集」発刊以前の平野地盤の研究は、沖積層の地質学的見地からの資料が少ないため、主に土質工学的見地から沖積層を細分し、まとめられていた。この「新潟県地盤図集」は、年代学的資料や堆積環境など地質学的視点を加味してまとめている点で特色がある。今後の沖積平野地盤を解析する指標として有効であり、それらを踏まえ各種調査において地盤の工学的特性を解析すれば、精度の向上につながる事が期待される。しかし、同図集は新潟県下における平野地域全域の代表的な地質断面図と説明書が添付されているものの、掲載資料が限られていることから今後さらなる充実が望まれる。

この度、寄稿した本報告は、共同研究者として財団法人 環境地質科学研究所が本年4月に発刊した年報第17号に掲載した論文とはほぼ同じ内容であるが、新たに五泉・村松市街地を結ぶ断面を検討・掲載し面的な充実を図るとともに、土質情報を加え利用者の便を

図った。

このように、本研究においては昭和42年から平成14年に至る既刊の総合解析成果を踏まえながら、逐次新たな資料を加え継続した研究により、精度を上げながら空白地域の平野地盤を解明していくこととしている。

(石橋輝樹)

3 平野の地形・地質概説

3-1 地形

調査地域の東側には蒲原山地、さらに阿賀野川を隔て五頭山地へと北北東-南南西に続く山地が、調査地域の西側には一部山地地形をなす新津丘陵が、南側には新津・下田丘陵に続く丘陵地、そして北側へは本調査地域から阿賀野川を越えて広がる越後平野が存在する。蒲原山地の山麓部には段丘、扇状地が並ぶ。今回の調査地域は山地・丘陵に囲まれた北へ続く平野部にあたる。この平野部では段丘、扇状地、沖積低地、河道、自然堤防などの地形を区分できる。

東側の蒲原・五頭山地は標高約1,000mに達し、起伏は大きく深いV字谷が刻まれ、溪谷が発達している。越後平野側から眺めると、新津丘陵は標高100～200mの尾根を連ね、かなり開析された地形を呈している。さらに、一段と高い尾根が丘陵の南部で南へ連なり、小規模な山地を形成している。丘陵の東西縁は極めて直線的な地形境界を示す。丘陵地の分水嶺は丘陵北部で東側に、南部で西側に寄っている。丘陵の西縁部には数段の段丘が形成されている。一方、東縁部には段丘が西縁ほど発達していない。このようなリニアメントや段丘の分布状態は地形形成過程の反映による事象と考えられる。

平野についてみると、南部の村松地域では中位・低位段丘が広く発達している。これらの多くは早出川、能代川の扇状地に由来する段丘群と考えられる。このほか、現河道に沿って緩扇状地が形成されている。北部の五泉地域では細かく屈曲した能代川と直線的な早出川の河道が対照的である。その周囲に後背湿地が広がる。さらに、五泉市街地の北側は阿賀野川水系の河川・氾濫平野となり、阿賀野川は川幅の大きい蛇行河川として流れ下る。

平野の東側寄りに村松活断層（国土地理院，2003）が北北東-南南西方向に走り、地形に変位を与えている。また、新津丘陵の東・西縁でも活断層の存在が地形から判断された。

3-2 地質

蒲原山地には中生界（ジュラ系）を主体とし、古生界（石炭系・二疊系）の石灰岩・チャートなどのブロックを介在する海成層（足尾帯）を主体に、一部花崗岩類が、五頭山地には中生代白亜紀の花崗岩類（黒雲母アダメロ岩及び花崗岩）に不整合で重なる新第三系中新統下部/中部がそれぞれ分布している。

これらの山地の西縁付近に北北東-南南西方向の新発田-小出構造線が村杉低地帯から五泉・村松地域の東部を通る。活断層とされる月岡断層、村松断層の西側では更新統下部

から中新統が層厚を増し、越後平野の地下へと分布している。笹神丘陵ではこれらの地層の一部が地表に露出する。しかし、笹神丘陵西側の越後平野にいたるとそれら地層の層厚は3,000m以上に著しく急増し、花崗岩がその下位に伏在するものとみられる。五泉・村松地域の越後平野の地下にも厚い下部更新統から中新統や、中生界或いは花崗岩の基盤岩類が存在する。

新津丘陵北部は明治時代以降、新津油田として石油産業が栄えた。さらに、丘陵の北から北東の平野部地下には南阿賀油田、桑山ガス田が発見され、現在も前者では生産が続けられている。この丘陵地には油田を形成する新津背斜が存在する。この背斜軸が北側に傾くので中新統～更新統中部の地層が南側から、北西～北東方向に新しい時代の地層が順次地表に現れるように、さらに平野の地下に向かって分布している。それらは深海から浅海に堆積した地層である。中新／鮮新統の金津層はタービダイト堆積物の砂岩泥岩互層で、石油の貯留層である。

五泉・村松地域の平野東縁の地下地質構造は必ずしも明らかにされていないが、新津丘陵で地表に露出する地層、例えば金津層の上限が丘陵から約1km東に離れた平野では地下約2,500mに存在し、この間に断層による大きな変位^(註3-1)も推定されている。

(小林巖雄)

(註3-1) 帝国石油(株) 資料による(「石油の世界館」2004年講演会資料)

【参考資料】

国土地理院, 2003, 1:25,000、都市圏活断層図「新津」

3-3 能代川周辺の地形・土地利用・災害の歴史

能代川は中蒲原郡と加茂市の郡市界にある宝蔵山(897.1m)に源を有し、村松町上戸倉を経て中野橋から平野に出る。さらに新津丘陵の東縁に沿って北に流下し小阿賀野川に合流する延長33.4kmの中小河川である。

能代川は古くから氾濫を繰り返した。近年ではS41年7・17、続いてS42年8・28、さらにS53年6・26とH12年7・16の水害は流域に大きなダメージを与える激甚災害となった。

下流は新津市街を貫流しており、洪水時には被害が大となるため昭和42年頃より小口集落付近から分流して市街地を迂回する捷水路が計画され、昭和53年に完成した。現在中・上流部の河川改修が行われている。

能代川の東には阿賀野川と早出川があり、台風、融雪、梅雨あるいは霖雨というように、その時期になると洪水が発生した。早出川の洪水は阿賀野川より一足先にやってくる。早出川の洪水がやっと引いた頃阿賀野川の洪水が襲う。特に阿賀野川と早出川に挟まれた桑山や一本松集落周辺(図3-1右上)ではこのダブルパンチを受けて一村壊滅ということも度々であった。江戸時代、家や田畑を失った農民は年貢が納められず離村・逃亡する者が多数現れたと言われる。

早出川の流域には、古生界の粘板岩・砂岩、チャートなど硬質な地質が分布する。この

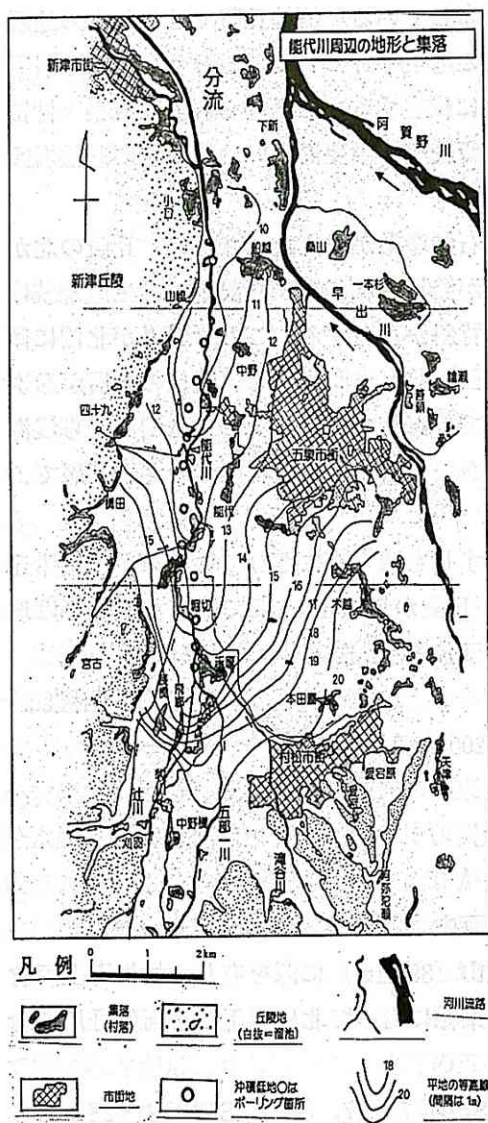


図 3-1 能代川周辺の地形と集落 (現在)

ためその洪水には多くの硬質な礫を含む。また洪水の到達時間は、河川の流域面積、雨量、流路の長さ、勾配などに関係するが背後に急峻な山地を持つ早出川(はいでがわとも言われる)は降水が短時間で麓の集落に到達する。

村松から五泉にかけて早出川の勾配は緩くなり、ここで洪水は抱え込んだ礫を一気に放出したであろう。国土地理院発行の 1/25,000 地形図で見ると、上流の不動堂から阿賀野川合流点まで、平均河床勾配は 1.8/1000 である。また、早出川左岸から村松市街と五泉市街を結ぶ南北線上のやや東側に地形の高まりが見られる。この高まりは早出川が放出した土砂による扇状地で主に砂礫層が分布する。

図 3-1 は 1/25,000 地形図「村松」を基に作成したものである。また同地形図から高さを読んで等高線をしめした。これによれば、能代川の左岸は新津丘陵東縁から東方に向かい能代川に緩やかに傾斜し、右岸は村松-五泉を南北に結ぶ線から、西に向かって緩やかに能代川に傾斜している。

能代川では平成 12 年度から災害復旧事業に必要なボーリング調査が行われている。これによれば、地表下 4~5 m までの表層部は粘土、砂、シルトなどが主体で砂礫層の分布は見られない。新津丘陵を含めて、能代川の流域は新第三系あるいは更新統の泥岩や砂岩など未固結な地質が分布している。したがってこの流域からの供給土砂は砂やシルト・粘土などが主となる。つまり、上流の峡谷は別にしても、この沖積低平地には早出川や阿賀野川の影響を受けず、能代川が単独で運搬した土砂が堆積保存され、現在に至っていると考えられる。ちなみに、能代川河岸の勾配を地形図で拾うと、上流の中野橋-千原間は 1 km 当たりの高低差は 6.5 m、千原-西四ツ屋間 0.8 m、西四ツ屋-土深 1.09 m、土深-猿橋間は 0.44 m である。能代川に滝谷川が合流する千原付近までは急流であるが、下流は極緩やかである。千原には、かつて大蛇池と呼ばれる池があり湿地帯であった。千原は茅(チガヤ)原が語源とのことである。

河川の懸濁要因である掃流物質が細粒で、流量が多ければ、勾配が緩やかな河川でも、

これらの物質は拡散し遠方まで搬送される。このことから能代川の流域には細粒で軟質な土砂が堆積し、勾配の緩い平野が形成されたと考えられる。また、河床勾配の小さい川は堆砂をうながして天井川となり、洪水(越流)が頻繁する。洪水が去れば自然堤防が残される。能代川の消長は、地形と土質から見れば以上のようなことがいえる。

早出川と阿賀野川の合流点付近は阿賀野川が氾濫すると、阿賀野川の河勢が強いため、早出川を乗り越えることがある。両河川に挟まれた桑山や一本杉の集落はかつて阿賀野川の右岸に有った、と絵地図や古文書³⁾に示されている。早出川も暴れ川である。しかし先述のように、能代川流域の表層部はその土質分布から判断して、阿賀野川や早出川によって運搬された物質が運び込まれた形跡はない。これは先の等高線が示すように村松-五泉間には馬の背のような微高地があるため、古代よりこれを乗り越えるほどの威力を持った洪水は出現しなかったからであろう。この微高地は現地踏査や土地条件図⁹⁾によれば阿賀野川や早出川が運搬した土砂による扇状地と自然堤防で形成されている可能性が高い。

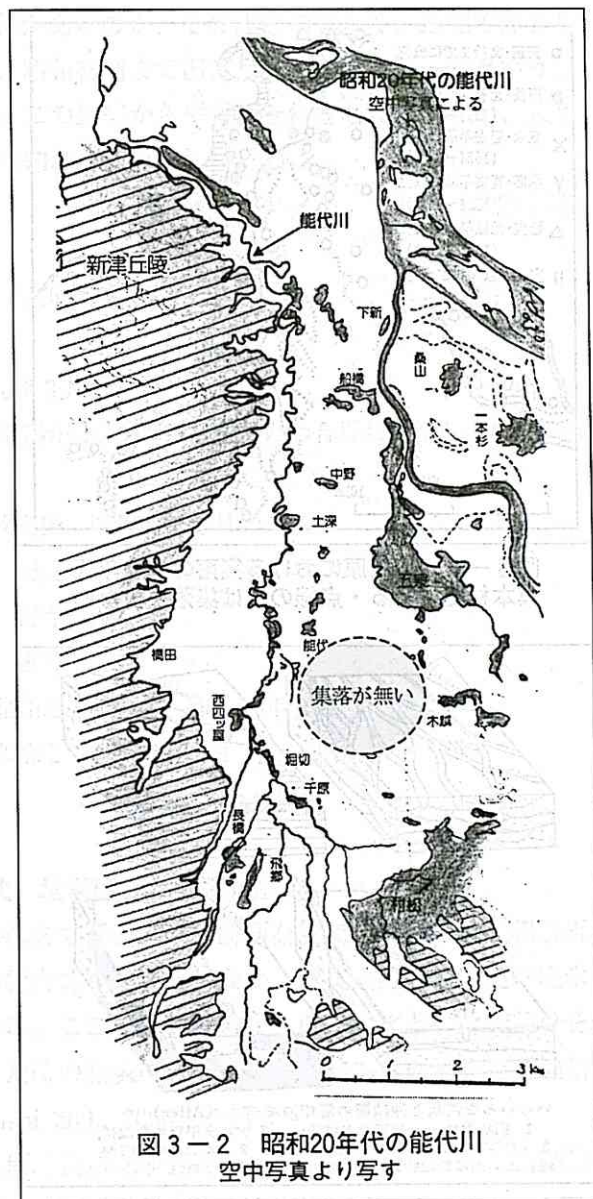


図3-2 昭和20年代の能代川
空中写真より写す

図3-2は昭和20年代の能代川を空中写真から描き写したものである。

図3-1にしめした現在の能代川に比べて蛇行が顕著で、九十九曲川(くじゅうくまがりがわ)と言われる所以である。図は縮尺が大きく曲流の振幅が読みにくい、それは概ね500m以下の範囲である。また能代川河岸には集落が多くいずれも自然堤防上に造られている。また図3-2の点線で示した範囲は他に比べて集落が少ない。さらに、図3-3は今から300~400年前の江戸期の集落の分布図であるが、同じようにこの範囲は集落が少なく、昔から人が住み着いていないことを示す。その要因は、耕地を優先したためか、または自然堤防のような周囲より小高く集落に適した地形が存在しない為なのか、あるいは他

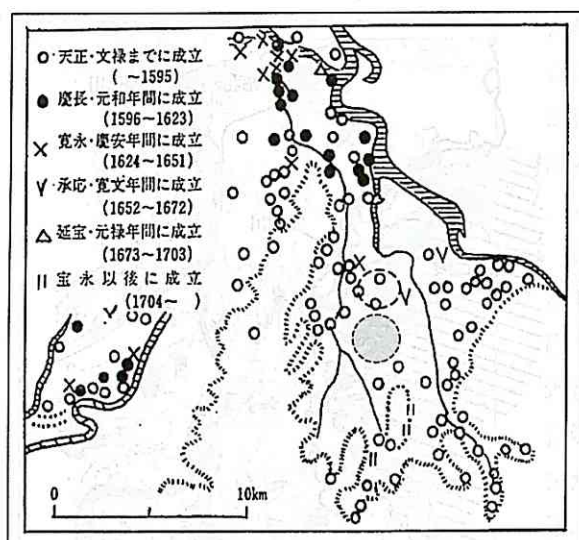


図3-3 中蒲原における集落の成立年代
集本村史による・点線の円は集落が少ない

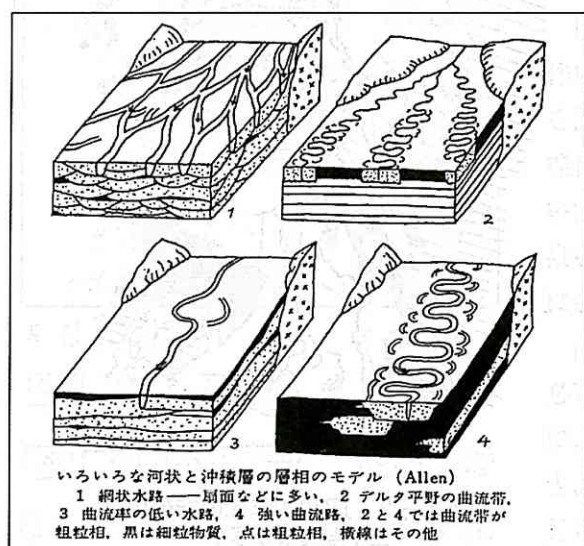


図3-4 いろいろな河状と沖積層の層相モデル

に集落に適さない理由があるのか明らかでない。今後その訳が明らかにできればと思う。

河川の蛇行はノーマルな出来事である。しかし、能代川の曲流は細かく有律的で、越後平野東縁部にある河川としては珍しい。

河川の蛇行、すなわち直線流が次第に振幅をまして、規則的な曲流路が成長して行くにあたって河床の物質が重要な役割を果たしていると言われる。

図3-4⁶⁾は曲流帯が沖積平野形成の上にはたした役割が地下地質から認められるものである。

層相モデル1は、扇状地(扇面)に見られる網状水路で水量が多く、粗粒な堆積物とやや急な地表勾配を持つ。2は、デルタ平野の曲流帯で水量が多く、河床の堆積物は細粒で軟質な粘土・シルトなどを削っている。屈曲度は高い。3は、曲流率の低い水路で水流中の懸濁物質が少なく、河床堆積物は粗粒である。4は、地下地質が細粒で、形態は2と3の中間にあたる。河床堆積物の径及び水流の懸濁物質及び屈曲度、水量も中である。能代川は層相モデル2に相当すると思われる。

五泉・村松地域の農地は戦後まもなく土地改良事業⁴⁾が開始され、昭和31年に完了した。また河川整備の推進で水害から守られた肥沃な農地が生まれている。

辻川の左岸、新津丘陵の東端に「長橋」と「飛郷」という集落がある。ここに、わずかが辻川の旧河道が残されている。土地条件図⁹⁾では旧河道に集落が立地しており、現地踏査でもここは周辺の水田より集落の地盤が2~3m低くなっている。地形から見て、小高い自然堤防上に集落が形成されている一般的な能代川沿いの集落とは異なった土地利用である。これらの集落の形成は古く、近年の土地改良によってこのような形になった訳ではないであろう。元々洪水のリスクを承知の上で水田より家屋を低い所に置いたと思わざ

るを得ない。何か家屋を洪水からまもる術があるのか、その訳を知りたく、地元で聞き込みをしたが結論は得られなかった。ただ、昭和初期まで旧河道は4, 5本あったという。旧河道と比べて平坦部の面積は大である。この比率から平坦部を優先して耕地とし、残された低い旧河道に集落が形成されたのかも知れない。

(川島隆義)

【参考資料】

- 1) 村松町史 上巻 村松町史編纂委員会 昭和58年3月
- 2) 五泉市史 入倉正英 昭和48年11月
- 3) 巢本村史 巢本村史編集委員会 昭和48年8月
(巢本村は早出川右岸にあった幾つかの集落が、水害に対処するため合併して作られた。その後昭和初期に五泉市に合併した。)
- 4) 区画整理事業竣工記念誌 村松郷土地改良区 昭和31年2月
- 5) 「新しい流れをひらく」(能代川改修史) 編集委員 新津市役所 昭和60年3月
- 6) 金子史郎 地形図説1 昭和48年6月 古今書院
- 7) 大谷雅彦 河川地理学 1993年2月 古今書院
- 8) 古地理で見る越後の変遷 国土交通省北陸地方整備局 平成16年3月
- 9) 土地条件図 1:25,000 「新津」 国土地理院 昭和63年2月

4 地下地質

4-1 GN-1沖積層層序コアの観察法、地層区分と堆積相解析

小林、田中ほか(学会口頭発表)はこれまで新潟-三条断面などで沖積層の堆積相解析を進めてきた。関係する諸資料とともに総合的な解析を行ない、越後平野の形成史や晩氷期以降の古環境復元を試みようとしている。ここでは、近接する既存コアとの比較部分を除いて、すでに学会・国際会議で報告した時の発表内容に準拠して、コアの観察及び堆積環境解析結果(田中ほか, 2005; Kobayashi et al., 2006)を紹介する。

今回解析したボーリングコアは、産総研地質情報研究部門(旧地質調査所)の地質図幅調査にかかわって実施された層序試錐によって得られたものである。

4-1-1 掘削位置・掘削方法

掘削地点は旧能代川に隣接する新潟県五泉市土深で、蟹ヶ瀬橋の西詰め付近(図1-1参照)である。位置は北緯 $37^{\circ}44'36''$ 、東経 $139^{\circ}09'39''$ で、標高9.682mの地点となる。

ここは五泉市街地の西側に広がる沖積低地の一角であり、阿賀野川の河川-氾濫平野の西縁に近い地点である。

ボーリングは2005(平成17)年6月28日から7月3日までの6日間である。これにより、全長44mの試料を得た。ほぼ100%のコア採取率であった。掘削は $\phi 66\text{mm}$ フィルム内蔵のダブルコアチューブによって行い、そのコアの実径は $\phi 46\text{mm}$ である。

4-1-2 コアの観察方法

コアの観察方法は採取後早い時期にコアを半裁して、直ちに肉眼での観察による記載を行い、地質柱状図を作成した。この際、岩相、粒度、単層境界、とくにラミナなどの堆積構造、生痕、木片、炭質物の葉層（カーボンラミナ）などにも注目し記載した。また、ミノルタ社製土色計（SPAD-503）によって湿った状態のコアの色を測定し、最後にフィルム及びデジタルカメラを使用してコアを撮影した。このほか、全層において軟X線写真撮影用の試料、及びはぎ取りによるコア試料を採取した。各種分析用のために2 cm間隔に分割した試料も保存した。コアから採取した13点の木片、植物片についてAMS法による¹⁴C年代測定を実施した。なお、この測定は国立環境研究所（柴田研究室）の分析装置を使用して、産業科学総合研究所田辺 晋、中西利典及び環境研の柴田康行によって行われた。年代測定結果の詳細は別報にて報告予定である。コアの観察・記載には渋谷典幸、立石雅昭の両氏がメンバーとして参加した。

4-1-3 堆積相解析

前記した発表要旨に基づいて堆積相解析の結果を紹介する。

表土を除くコアの堆積物は図4-1に示すように4つの堆積相（Facies A, B, C, D）に区分できる。各相の岩相、及び堆積環境はつぎの通りである。

Facies A: 礫、砂礫で構成される。砂礫河道（チャネル）、河川州堆積物である。

Facies B: 不淘汰な有機質粘土、シルトで構成される。氾濫原（湿地）堆積物である。

Facies C: 淘汰のよい粘土、シルトで構成される。沼沢地ならびに湖沼堆積物である。

Facies D: 上方粗粒化構造を示す堆積物で構成される。洪水堆積物である。

あるいはレンズ状に挟在する堆積物から構成される。堤防決壊堆積物である。

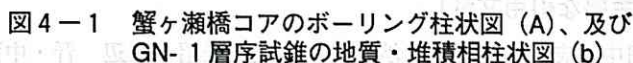
これらの堆積物は主に河道とその氾濫原に堆積したものである。各相（Facies, ファシース）の層位的な分布を図4-1の右側柱状図Bに示す。堆積相の層位的変化を下位より簡単に述べてみる。

深度37.8mを境にして明瞭な岩相の違いが認められる。この境より下位は砂礫層と泥炭層で、それぞれ礫質底の河川と沼沢地（氾濫原）の環境が推定される。¹⁴C年代測定結果は深度42.5mの黒色泥炭が43,710yrBPで、上部更新統の最上部を示し、最終氷期の堆積物である。泥炭上位の礫層の年代は不明であるが、最終氷期～晩氷期の堆積物であろう。

深度37.8m以浅は更新統の最上部を含むかも知れないし、すべて完新統とも考えられる。

これより深度22mまでは湿地や沼沢地の環境が卓越し、洪水氾濫堆積物層が頻繁に挟まれる。深度22m以浅では河道と砂州の堆積物が卓越する。少なくとも35m以浅は完新統と考えられる。また、コアの最上部は4,000CalyrBP頃で、それ以後はほとんど堆積が進まなかったと考えられる。堆積の速度変化は深度23～22m、12m付近に顕著にみられる。

深度10～8.78mでは、やや青みがかった灰色の細粒火山灰層を挟み、8.78～8.63mには直径最大3 cmの円磨された軽石層を含むなど軽石や火山灰の含量が多くなる。これらは沼



沢火山起源の堆積物であると考えられる。約5,000年前の沼沢火山の噴火は一度しか知られておらず、この堆積物の多くは只見川・阿賀野川流域に堆積した火砕流堆積物の崩壊・流出によるものと推定される。完新世における沼沢火山の噴出年代については再検討を考えている。

4-1-4 隣接する地質調査記録との比較

本層序試錐と対比を試みた地質調査記録は平成12年に能代川河川災害復旧等関連緊急事業において掘削された蟹ヶ瀬橋に関するものである。

図4-1では左側に蟹ヶ瀬橋地質柱状図(説明上Aとする)を、右側にGN-1層序試錐(B)の堆積相・堆積環境を記入した地質・堆積相柱状図を示す。下位層から両柱状の対比、比較を試みる。

Bで37.8m以深の礫層と腐植土層は、Aで38.6m以深のそれぞれの層に対比される。これらは河道及び沼沢地堆積物である。Bで35m以深の粘土層はAで約36m以深の淡黄灰色粘土層に対比される。Bで約26.2m以深の泥質層はAで26.7mか29.4m以深の地層に対比される。Bで24.5m以深の砂優勢層がAで約26m以深の地層に対比される。Bで22m以深の泥層がAで22.9m以深の地層に対比される。35~36m以浅の地層は氾濫平野の堆積物が主体となる。Bで16m以深の砂優勢層がAで16.3m以深の礫混じり砂層に対比され、河道ないし砂州堆積物と考えられる。Bで8.7m以深の粘土・シルト層はAで8.8m以深のシルト、粘土層に対比され、氾濫平野の沼沢ないし湖沼堆積物である。Bでは深度10m前後に層厚約3mの軽石質層が記述されている。しかし、Aではその記載がない。Bで3m以深の砂層はAで3.8m以深の砂層に相当し、河道ないし砂州の堆積物である。それら以浅はいずれも主に泥質な堆積物である。

近接するAとBとでは、層序及び地層区分、あるいは堆積相の重なりがほとんど同じであり、対比が可能であった。しかし、Aでは堆積層解析に重要な級化構造、ラミナなどの堆積構造や生痕化石、腐植物の産状などの記述にかける点もある。火山灰、軽石質層の記載が行われていないように思われる。

ひとえに泥層と記述されていても、泥質層とか軟弱土層には、土質工学的には性質を異とする泥層が含まれる。海成粘土層にはじまり、珪藻質泥層、腐植土質泥層、シルト質泥層など、泥を構成する物質の違いが土質に大きな相違をもたらすことが最近注目されてきた。また、泥層中の地下水のpHやORPのほか化学的構成物を知ることなどは、地盤工学的にも配慮されなければならない段階であろう。

(田中里志・小林巖雄・田辺 晋・寺崎紘一・渋谷典幸・立石雅昭)

【主要な引用文献】

田中里志・小林巖雄・渋谷典幸・立石雅昭・田辺 晋・中西利典・柴田康行・寺崎紘一, 2005, 越後平野五泉における沖積層コアの堆積環境と¹⁴C年代, 日本地質学会第112年学術大会(京都

大学) 講演要旨, p.199

Kobayashi, I., Tanaka, S., Shibuya, N., Terasaki, K., Tateishi, M., Tanabe, S., Nakanishi, T. and Shibata, Y., 2006, Sedimentary environmental and radiocarbon dates of GN-1 core from the east-central area of the Echigo Plain, Central Honshu, Japan. An International Conference on DELTAS (Borneo Venue): Depositional Systems and Stratigraphic Development, Abstract, p.28

5 地層構成の検討

5-1 解析の手順

村松五泉地域の地下地質については4-1に示したようにいくつかの問題が指摘されている。

本解析では産総研が実施した、ボーリング調査結果を参考にして、別添のA-B-C, D-Eの2地質断面図を作成し、地質構成と堆積環境を検討した。

本解析の手順は以下の通りである。

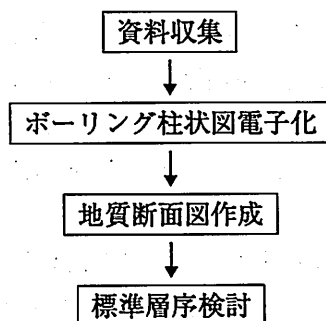


図5-1 本解析の手順図

5-2 地層区分

4-1に述べたように、本地区の堆積相はA: 砂礫河道-河川州堆積物、B: 氾濫原(湿地性)堆積物、C: 沼沢地(湖沼)堆積物、D: 洪水堆積物の4層に区分されることが判明した。このほか、深度6.0~11.5mに沼沢火山(B.P 3,400年)起源と推定される軽石、火山灰が確認されている。

以上を考慮し本地区の堆積環境は洪水に伴う自然堤防~河道~後背湿地性の堆積環境であると考え、地質断面図を作成した。同図を作成するにあたって、最も資料が多い能代川河川改修資料を主に他の資料を追加し、地質断面図作成した。

A-B-C 地質断面図に示したように、本地域の地質構成は以下の7層に区分された。

-) 泥質層 上部層
-) 砂・礫層 上部層
-) 腐植土層 下部層
-) 泥質層 下部層

- ）砂・礫層 下部層
- ）細粒分まじり砂礫層 下部層
- ）砂礫層（基盤層）

以下に上部から各層の概要を述べる。

）泥質層 上部層

本層は堤防盛土、表土等を一括した。一般に $N \approx 0$ 程度の粘性土を主体とするが一部にやや N 値が大きい砂質土も挟在する。この砂質土はD-E断面にやや多く分布する。本層は氾濫原堆積物と推定される。層厚は5～15m程度である。本層の下面はA-B-C断面では標高2.5～5.0m、D-E断面では標高7.5～10.0mと東側に高く、南に高い傾向がみられる。分布は調査地全体にわたっている。

）砂・礫層 上部層

本層は中砂、細砂、細礫混じり砂等からなる。 N 値は10～39とやや大きい。A-B-C断面では北側から中央管理橋付近には火山灰層、軽石を挟在する特徴があり、特に、蟹ヶ瀬橋付近に厚く、約4m厚の火山灰層となっているがD-E断面では一部に薄いものがみとめられるのみで顕著な分布が認められない。産総研は「沼沢火山灰層」と推定している。本層は氾濫原堆積物と推定される。本層の下面はA-B-C断面では標高2.0～10.0mで南に高くなる傾向がみられる。D-E断面は標高4.0～2.5mと南にやや低い傾向がみられる。層厚はA-B-C断面では1～7mと膨縮繰返しながらほぼ全体に分布するがD-E断面では5～10mと厚いいずれの断面でも南側で急激に尖滅している。

本層の下位にはA-B-C断面では上部の泥質層と同時代と推定される層厚1～7mの泥質層が見られるが、D-E断面では北側に僅かに見られるのみである。

）腐植土層 下部層

本層は腐植土からなり、A-B-C断面では標高0m付近層厚0.2～2mと膨縮を繰り返しながらほぼ水平に分布しており、分布は下流の山崎橋から上流部にみられる。最上流部では下位の砂礫層に分布が限られる。D-E断面では標高0m付近に断続的に分布するのみであり、A-B-C断面ほど顕著な分布が見られない。本層は沼沢地の堆積物と推定される。

）泥質層 下部層

本層はシルト質粘土、粘土質シルトからなり、一部砂質土、礫質土も挟在する。これらの一部は下記に別途区分した。 N 値は10前後とやや硬い。分布は北側から南側にみられるが、北側に厚く南側に薄い。

本層は沼沢地の堆積物と推定される。

）砂・礫層 下部層

本層は泥質層と同時の堆積物と考えられるが、A-B-C断面に特徴的に厚いことから、単独の地層として区分した。

土質は中砂～砂礫層と変化に富んでいる。

N 値は10～50以上と大きい。

堆積環境は洪水時の自然堤防性の環境と推定される。

分布はA-B-C断面に限られ、北側に層厚を増加している。最大の層厚は11mと厚い。D-E断面では中央部に層厚6mが認められるが、A-B-C断面と比較すると、小規模である。

）細粒分まじり砂礫層 下部層

本層はA-B-C断面に認められる特徴的に粘性土を多量に混入する砂礫層である。N値は15～40である。層厚は新八千代橋で4mと厚いが、上下流部に薄く、尖滅している。堆積環境はかつての土石流堆積物である可能性がある。分布は蟹ヶ瀬橋～浄林寺橋に限られている。

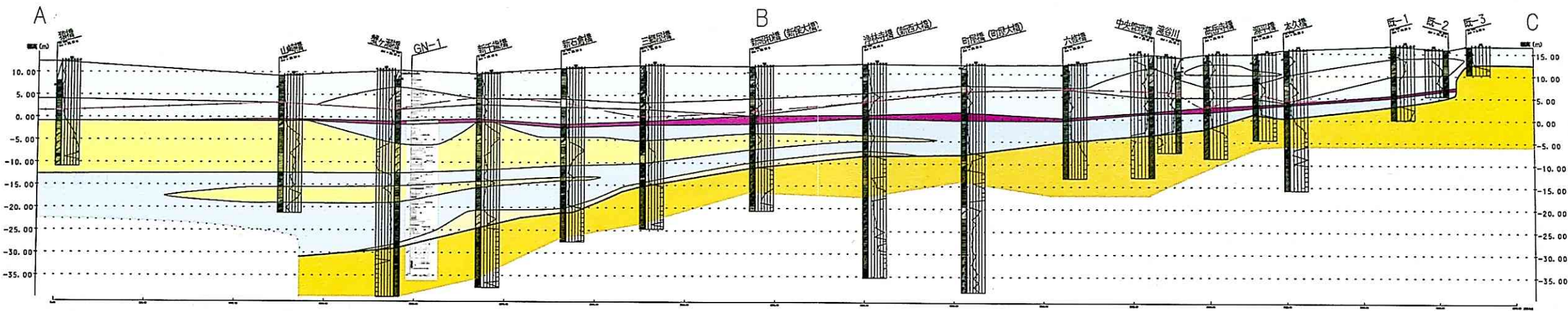
D-E断面には本層は認められない。

）砂礫層（基盤層）

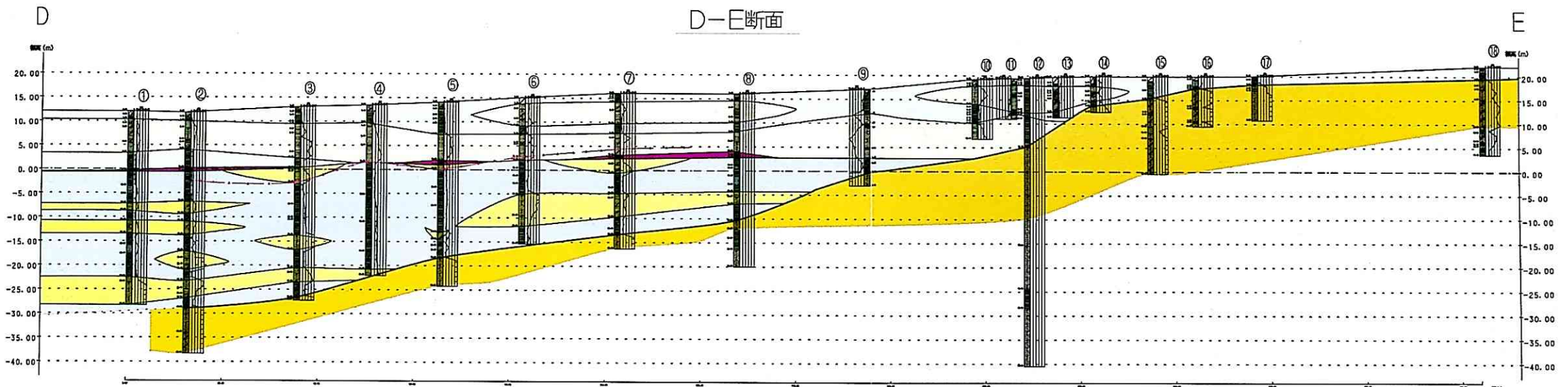
本層はこの地域の最下位の地層である。土質はN値が50以上の砂礫層が特徴的である。既存のボーリング調査結果では、本層で各所に粘性土も確認されているが、確認されている孔数が少ないこと、本層が更新統の可能性があり、構造運動の影響を受けて地層が変形している可能性があることから、本解析の範囲外として本層に一括した。

（須田公人）

A-B-C断面



D-E断面



凡 例

沖積層	上部層	泥質層
		砂・礫層
		腐植土層
	下部層	泥質層
		砂・礫層
		細粒分混じり砂礫層
基盤層		砂礫層

——— ボーリング調査で確認された火山灰層の下面
調査名は調査時点の名称で()は正式構築名

土質記号凡例

盛土	粘土質	粘土混じり
粘土	シルト質	シルト混じり
シルト	砂質	砂混じり
砂		腐植物混じり
砂礫		礫混じり
腐植土		互層
泥岩		

図 5 - 2 地質断面図

(川島隆義、鈴木正喜、栢森宇一郎、石橋輝樹、須田公人、戸田和也、三浦謙二、土井賢一、小林巖雄)

6 土質特性

能代川流域における沖積層の粘性土に着目し、物理的、力学的特性について述べる。

6-1 自然含水比と各種土性値の関係 (図6-1～図6-7)

湿潤密度 (ρ_t)、間隙比 (e) と自然含水比 (w_n) は、飽和条件下で、土粒子の密度が一定であれば相関がある。 $\left(\rho_t = 1 + \frac{w}{100} \left/ \frac{1}{\rho_s} + \frac{w}{s_r \cdot \rho_w} \right. \right)$ ($e = w \cdot \rho_s$; $s_r = 100\%$) ($\cdots \rho_s$: 土粒子の密度, s_r : 飽和度, ρ_w : 飽和度)、図6-1、図6-2で一部かけ離れた値があるが非常に良い相関がみられる。

自然含水比と液性限界 (w_L)、塑性限界 (w_p) の関係は、上部層の一部で $w_L < w_n$ (液性状) を示す他、残りの多くは $w_L > w_n > w_p$ を示し、塑性状である。

一軸圧縮強さ (qu) は、自然含水比が減少すると増加する傾向にあるが、このバラツキは大きい。

圧密降伏応力 (P_c) との関係では、自然含水比が約50%以下になると、極端に圧密降伏応力が増大する。

圧縮指数 (C_c) とは、 $C_c = 0.01 \cdot w_n \sim 0.01 \cdot (w_n - 20)$ 前後の範囲が平均的である。

6-2 液性限界と圧縮指数 (図6-8)

液性限界と圧縮指数の関係は、 $C_c = 0.01 \cdot w_L \sim 0.01 \cdot (w_L - 40)$ の範囲にある。

6-3 各種土性値の深度分布図 (図6-9)

自然含水比は、深度方向に減少する傾向がうかがわれる。地表面付近では60%、深度30m付近では約40%になる。深度15m付近までは40～80%と差が大きく、これより深部では30～50%とやや差が小さい。

湿潤密度は、深度方向に増大する傾向がうかがわれる。深度15m付近までは1.5～1.8g/cm³、これより深部では1.7～1.9g/cm³の範囲にある。

土粒子の密度は、深度方向に変化がなく、2.5～2.75g/cm³の範囲にある。深度10mより深部では2.6～2.7g/cm³が大半である。

間隙比は、大半1.0～2.0の範囲にある。深度方向にわずかに減少する傾向がみられ、深度10m以浅で平均1.5、深度30mで1.0になる。

一軸圧縮強さは、ややバラツキがあるものの、深度方向に増加する傾向がある。深度10mで100kN/m²、深度30mで300kN/m²で、一軸圧縮強度と深度の関係は $qu = 10 \times \text{深度}$ にある。

圧密降伏応力は、各深度の最小値がおおむね正規圧密を示し、全体としては過圧密な状態にある。

圧縮指数は、深度による変化が小さく、0.3～0.7の範囲にある。

(鈴木正喜、山本 毅)

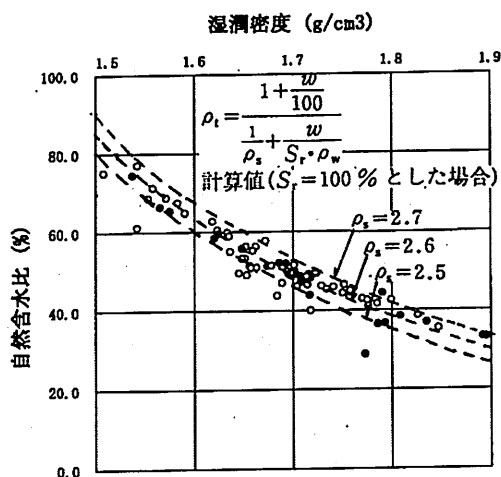


図 6-1 自然含水比と湿潤密度の関係

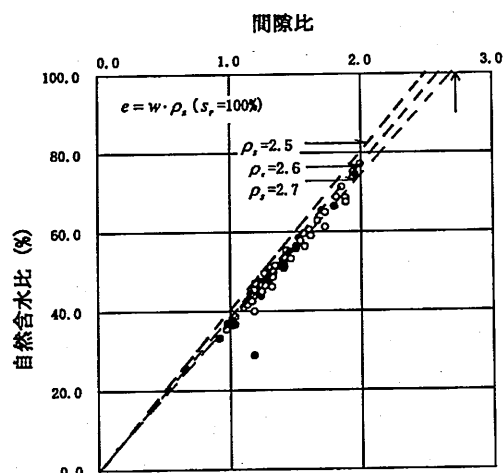


図 6-2 自然含水比と間隙比の関係

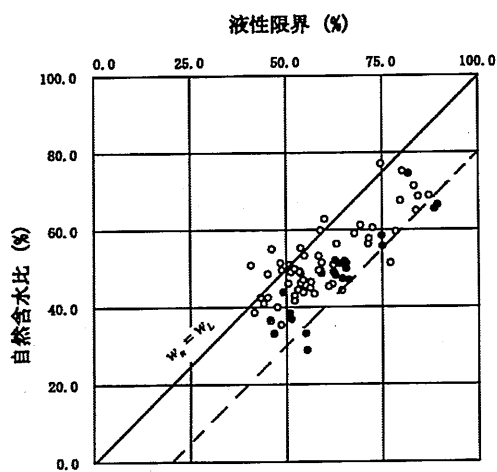


図 6-3 自然含水比と液性限界の関係

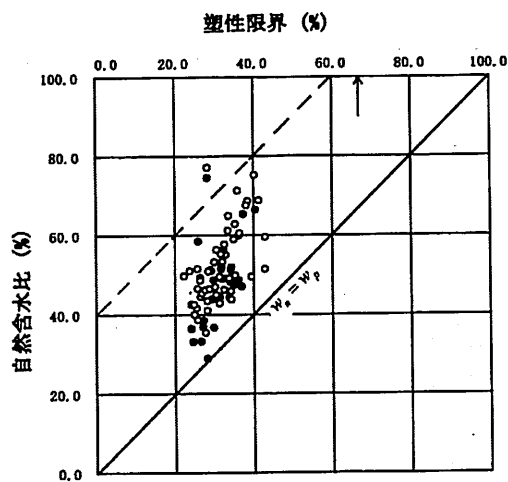


図 6-4 自然含水比と塑性限界の関係

○上部層 ●下部層

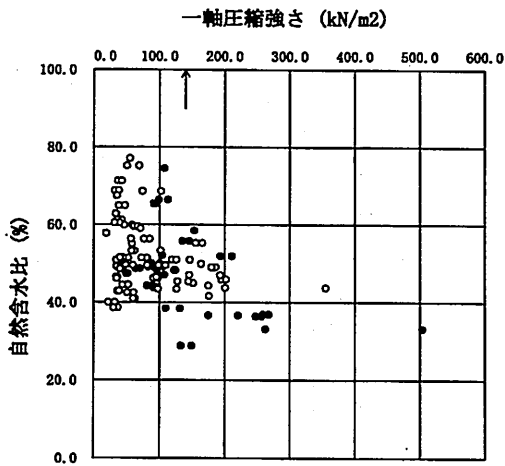


図 6-5 自然含水比と一軸圧縮強さの関係

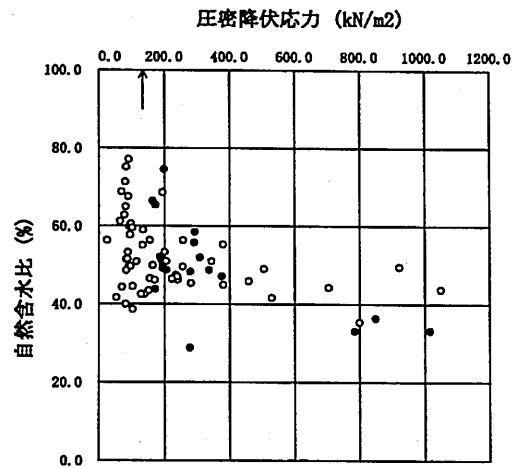


図 6-6 自然含水比と圧密降伏応力の関係

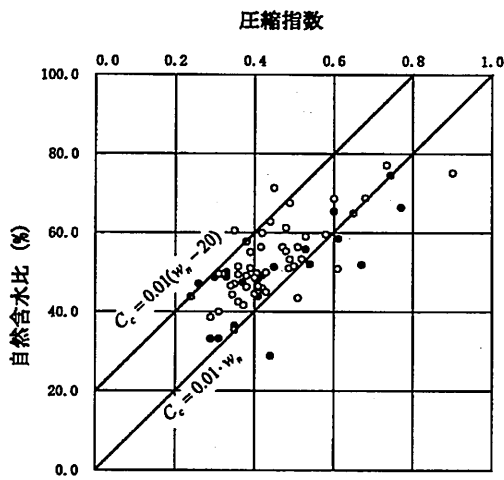


図 6-7 自然含水比と圧縮指数の関係

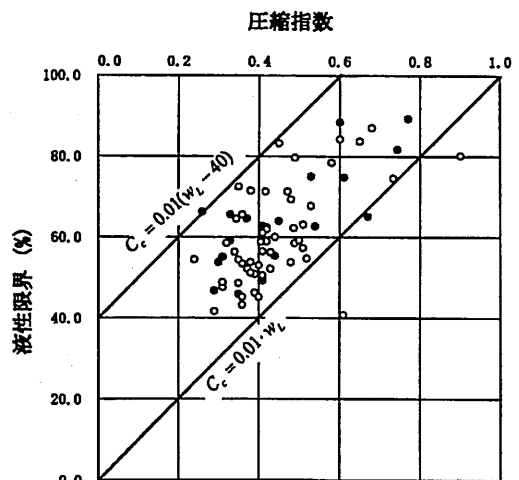
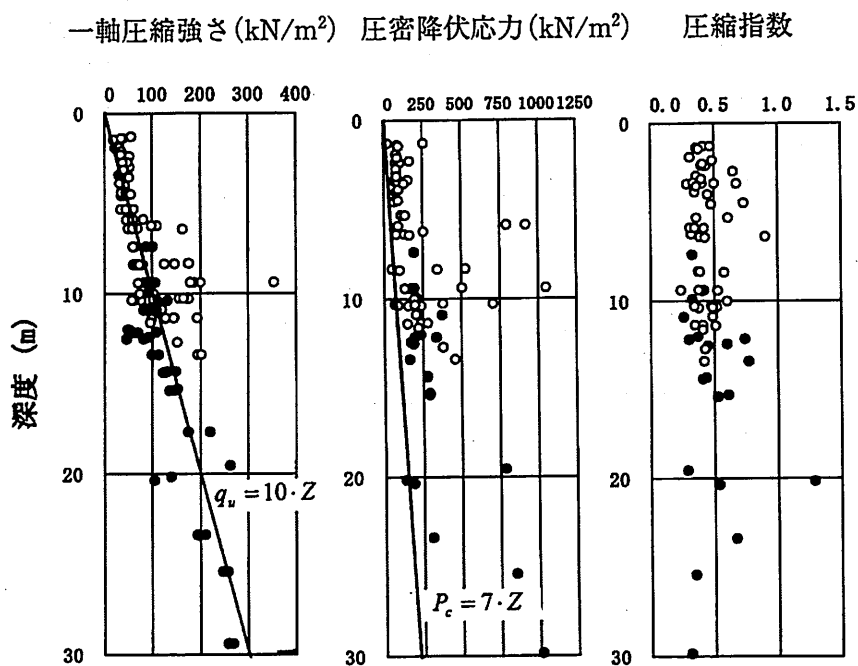
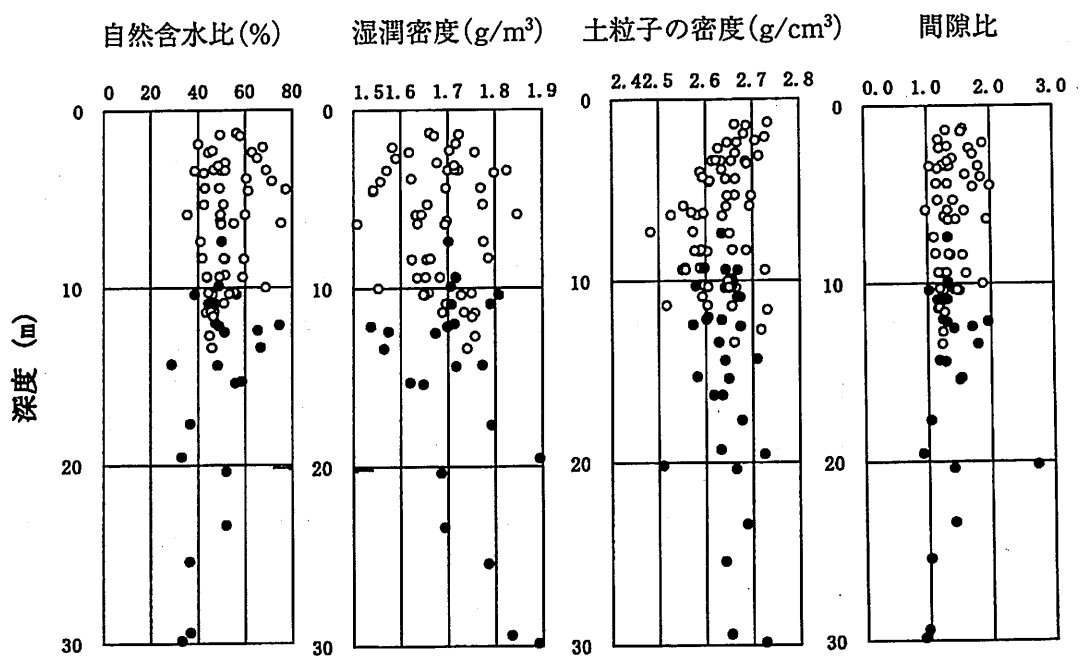


図 6-8 液性限界と圧縮指数の関係

○上部層 ●下部層



○上部層 ●下部層

図6-9 土性値の深度分布図

7 考察

1) 堆積環境

本解析ではほぼ南北方向の2本の地質断面図を作成し、上述の通り、7層に地層を大別した。これらの地層は洪水によって運搬され堆積した陸成の地層であると推定される。しかしながら前項に述べたように、各層に異質の薄層も挟在されている。これは4項に述べたように、最近にも発生した多くの洪水流がこの地域を覆い、複雑な堆積構造を示したものと考えられる。このことは産総研が実施した、ボーリング調査結果と一致している。

2) 火山灰層

砂・礫層上部層に見られる火山灰層と軽石は産総研の解析では「沼沢火山灰層」(B.P 5,000年)と想定されているが、同層はその降下範囲が沼沢火山の東側に偏っていると推定されていることから阿賀野川によって運搬され、堆積したものと考えられている。この地域に同火山灰が分布するとあまりにも上流まで阿賀野川の洪水が影響することになる。このため、火山灰層については調査範囲を広げるなどして、阿賀野川、早出川、能代川等の過去の相関関係を検討するなど、更に検討することが必要であると考えられる。

3) 腐植土層

A-B-C断面に特徴的な地層はほぼ水平に分布する「腐植土層」である。同層の分布域(延長約7km)では沼沢地が広がっていたと考えられ、洪水の無い静穏な環境の時代があったと推定される。D-E断面では本層はその分布は著しく少なく、調査地域の西側に偏った分布をしていることも判った。この腐植土の時代は産総研の絶対年代測定結果ではB.P6,000年前後の値が得られており、縄文海進の最盛期とほぼ一致している。この点から阿賀野川の下流に広がる越後平野の同時代の堆積環境と比較することができると考えられる。また、上述の火山灰層の分布と共に阿賀野川、早出川、能代川の過去の消長を検討することにより、この平野の堆積環境を明らかにすることができると考えられる。

4) 基盤の構造

A-C断面とD-E断面を比較すると、基盤に達する深度に変化がみられる。すなわち、D-E断面の⑨より下流側では基盤はA-C断面より深くなり、逆に⑨より上流(東側)ではA-C断面より浅くなる。D-E断面の下流は早出川・阿賀野川の関係で深くなり、上流では能代川の侵食の関係でA-C断面で深くなると考えられる。

8 今後の問題点

本解析の結果、上述の問題点が明らかになった。今後以下の点について解析を進めていきたい。

① 東西方向地質断面図作成

腐植土の分布、火山灰の分布、砂・礫層の分布等を明らかにし、旧河道の変遷を明らかにする。

② 本地域周辺、新潟平野の地質断面図作成

沼沢火山灰の分布把握、縄文海進最盛期堆積環境を把握し本地域との比較をするとともに、本地域における阿賀野川の洪水の影響を把握する。

③ 地形分類図の作成

本地域の地形分類図を作成し、過去の堆積環境復元の参考資料とする。

④ 産総研との共同研究推進

本地域の絶対年代の詳細を把握し、火山灰の重鉱物組成を把握し、火山灰の詳細を把握するとともに、噴火の源を推定する。また、阿賀野川流域の火山灰との関係を明らかにする。

⑤ 各種土性値の他地域との比較。

(石橋輝樹、栢森宇一郎、川島隆義、小林巖雄、鈴木正喜、須田公人、戸田和也、寺崎紘一)

【参考文献】

稲葉 明ほか (1976) 津川・野沢間の阿賀野川沿岸の第四系について、新潟県立教育センター，9，87-98.

沼沢団体研究グループ (1999) 沼沢火山の地質と岩石，地球科学，53，53-70.

山本孝広 (2003) 東北日本，沼沢火山の形成史：噴出物層序，噴出年代及びマグマ噴出量の再検討．地調月報，54，323-340.

9 おわりに

新潟応用地質研究会の「地盤研究グループ」は、まだ研究の緒についたばかりである。これまで資料収集に没頭し、現地踏査や資料の整理・解析はこれからである。本研究は国土地理院発行の2万5千分の1地形図の「新津」図幅の内、五泉・村松地域について、地形・地質の概要を述べ、能代川沿いに標準的な地質断面図（地盤断面図）の作成を試みた。

本研究では、まず各々の目的で実施された点（柱状図）の資料を五泉・村松地域を視野に入れた面（断面図）に広げて見ることである。すなわち本研究の冒頭に述べたように構造物を対象として工学的な視点で記された調査を地質学的情報に読み替える作業が必要である。これは経験と知識を持った技術者がいなければ出来ない。幸い、新潟応用地質研究会からグループ研究に賛同する優秀な技術者の参画を得て第一歩を踏み出す事が出来た。

しかし、コア資料がすでに無く柱状図の判読ひとつを取ってみても、経験に頼る所が大きい。また、資料が欲しい所に空白域が出来るなど、これからの研究課題も多く残された。

本報告はまだ充分吟味されたものでない。今後、諸兄の忌憚のないご批判・ご意見とご協力を頂きながら研究を進めてゆきたい。

(川島隆義)

【謝 辞】

本研究に用いたボーリング資料は、官側が保管する地質調査報告書、新潟県地質図2000年版編集時に収集した資料、新潟県地質調査業協会40周年記念事業関連の既存資料、並びに(財)環境地質科学研究所保有資料などである。

本研究における関連地域の地質調査資料の収集、利用について、新潟県をはじめ新潟市、旧五泉市、旧村松町など関係市町村から、快くご了解をいただいた。さらに、資料収集に際しては新潟県新津及び三条の土木・農地事務所、並びに新潟市新津支所の方々、平成18年1月合併前の村松町、五泉市の方々には多忙な業務の中で報告書を準備し、快く貸与された。ここに記して謝意を述べたい。

また、本地域の標準層序検討に参考とさせていただいたGN-1孔のコア研究の実施に際して、産総研地質情報センター地質情報研究部門、国立環境研究所、新潟大学理学部地質科学教室、同積雪地域災害研究センター、およびそれらの関係諸氏から調査・研究上の様々な援助・協力を頂いたことに御礼を申し上げたい。

なお、本報文は、(財)環境地質科学研究所 研究年報 第17号に掲載した第1報と同様な内容を多く含み、このことは、同研究所からこころよく了承をいただいたことに御礼申し上げます。次第です。

最後になりましたが、本研究に当たり新潟応用地質研究会、(財)環境地質科学研究所から貴重な助成金をいただいたことに感謝申し上げます。次第です。