

地域地質研究報告
5万分の1地質図幅
新潟(7)第8・9号
NJ-54-27-16, 28-13, 34-1

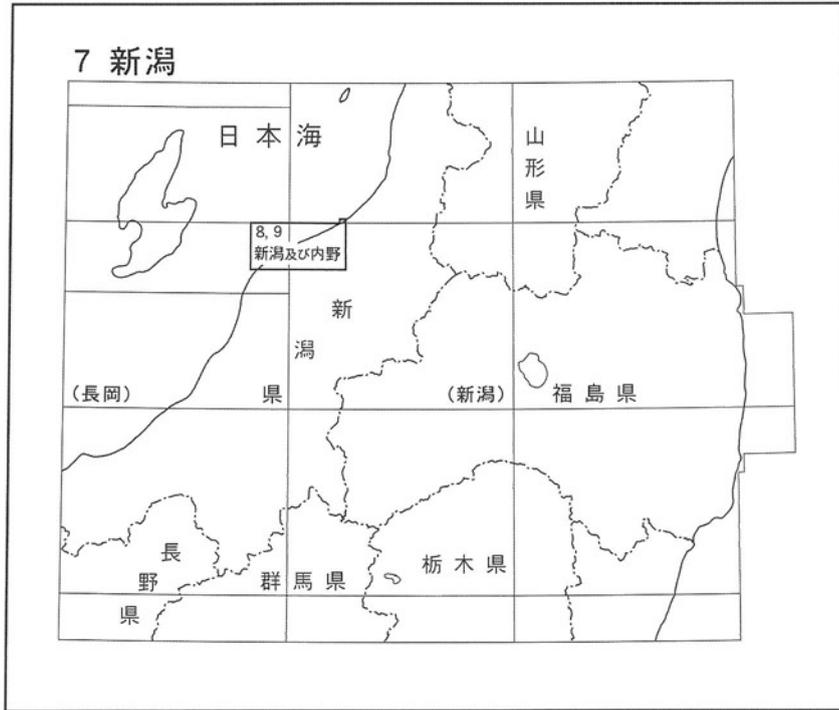
新潟及び内野地域の地質

鴨井幸彦・安井 賢・卜部厚志

平成 28 年

国立研究開発法人 産業技術総合研究所
地質調査総合センター

位置図



() は 1:200,000 図幅名

5万分の1地質図幅索引図
Index of the Geological Map of Japan 1:50,000

		6-102 中条 Nakajo NJ-54-27-12 (未刊行, unpublished)
	7-8, 9 新潟及び内野 Niigata and Uchino NJ-54-27-16・28-13, 34-1 (2016)	7-10 新発田 Shibata NJ-54-28-9 (未刊行, unpublished)
7-17 弥彦 Yahiko NJ-54-34-2 (未刊行, unpublished)	7-18 新津 Niitsu NJ-54-28-14 (未刊行, unpublished)	7-19 津川 Tsugawa NJ-54-28-10 (未刊行, unpublished)

新潟及び内野地域の地質

鴨井幸彦^{*}・安井 賢^{**}・卜部厚志^{***}

地質調査総合センターは、明治15年(1882年)にその前身である地質調査所が創設されて以来、国土の地球科学的実態を解明するための調査研究を行い、様々な縮尺の地質図を作成・出版してきた。そのなかで5万分の1地質図幅は、自らの調査に基づく最も詳細な地質図の一つであり、基本的な地質情報が網羅されている。「新潟及び内野」地域の地質図幅の作成は、この5万分の1地質図幅作成計画の一環として行われたものである。

新潟及び内野地域の地質図幅の作成は、平成21年～平成25年度及び平成27年度に実施された。本地域における、地形は卜部・鴨井が、地質概説は安井が[§]、表層地質は鴨井が[§]、地下地質(新第三系及び下部～中部更新統)は安井が[§]、地下地質(中部更新統～完新統)については鴨井・安井・卜部が[§]、地質構造は安井・卜部が[§]、応用地質は鴨井・安井・卜部がそれぞれ担当した。

本調査研究にあたり、一般社団法人(以下(一社)と略す)北陸地域づくり協会、(一社)新潟県地質調査業協会、新潟応用地質研究会、(株)興和、(株)村尾技建及び石橋輝樹氏からは、ボーリング資料の閲覧に際し便宜を図っていただいた。(株)新研基礎コンサルタントの渡部俊氏には、新潟市中央区の古町周辺、西区の鳥原周辺及び東区の河渡周辺のボーリングデータについてご教示を得た。日本大学の船引彩子氏には、放射性年代の資料整理に際してご協力をいただいた。また、¹⁴C年代測定費用の一部に、(一社)北陸地域づくり協会の第20回(2015年度)「北陸地域の活性化」に関する研究助成事業の助成金を使用した。以上の方々に深く感謝申し上げます。

(平成27年度稿)

所 属

^{*} 株式会社 村尾技建(平成21～25年度、平成27年度客員研究員)

^{**} 甲賀地盤調査(平成21～25年度、平成27年度客員研究員)

^{***} 新潟大学災害・復興科学研究所(平成21～25年度、平成27年度客員研究員)

Keywords : subsurface geological map, geological map, 1:50,000, Niigata, Uchino, coastal sand dune, Echigo Plain, Pleistocene, Holocene, Kanbara Group, Shirone Formation, Alluvium

目 次

第1章 地 形	1
第2章 地質概説	3
第3章 表層地質	5
3.1 表層地質図の作成方法	5
3.2 表層地質の概要	5
3.2.1 白根層	6
3.2.2 人工地盤	6
3.3 各地区の表層地質の特徴	6
3.3.1 古町～関屋地区	8
3.3.2 万代～沼垂地区	9
3.3.3 河渡～山の下地区	9
3.3.4 鳥屋野湯～牡丹山地区	9
3.3.5 亀田郷南部地区	9
3.3.6 小針～内野地区	10
3.3.7 阿賀野川以東地区	10
3.3.8 土地改変と人工地盤	11
第4章 地下地質	13
4.1 研究史	13
4.2 新第三系及び下部～中部更新統	14
4.3 中部～上部更新統	14
4.3.1 蒲原層群	14
4.3.2 G ₁ 層・西蒲原層・埋没段丘礫層	18
4.3.3 両津沖層群	18
4.4 上部更新統～完新統（沖積層）	18
4.4.1 沖積層研究の問題点	18
4.4.2 白根層	21
4.4.3 四ッ郷屋沖層	24
4.4.4 ¹⁴ C年代値	24
4.4.5 代表コアの記載	24
第5章 地質構造	39
5.1 概要	39
5.2 活断層	40
5.2.1 角田・弥彦断層の概要	40
5.2.2 断層の分布と変形構造	41
5.2.3 断層の活動履歴	44
第6章 応用地質	45
6.1 石油・天然ガス	45

6. 1. 1 概要	45
6. 1. 2 主要深掘井	46
6. 1. 3 石油・ガス田の各論	46
6. 2 温泉	54
6. 3 地盤沈下	54
6. 4 海岸侵食	55
6. 5 地震災害	56
6. 6 水害	61
6. 7 地形改変	62
6. 8 土質特性	64
文献	68
付図・付表	74
Abstract	89

図・表・図版目次

第 1. 1 図 越後平野の地形概要	1
第 2. 1 図 層序総括図	3
第 3. 1 図 福島潟周辺の干拓範囲	7
第 3. 2 図 地域区分図	8
第 4. 1 図 越後平野地下及び沿岸域の新第三系～第四系の層序区分及び新潟地域標準層序との対比	15
第 4. 2 図 越後平野地下の更新統～完新統の層序区分の比較	16
第 4. 3 図 沖積層基底コンター図	20
第 4. 4 図 FG-1 コアの層相と堆積環境の概要	25
第 4. 5 図 FG-1 コアの代表的な珪藻種の産出状況と区分（深度 16 m 以浅）	27
第 4. 6 図 FG-1 コアの代表的な珪藻種の産出状況と区分（深度 16 m 以深）	28
第 4. 7 図 GS-NIF コアの層相と堆積環境の概要	29
第 4. 8 図 TA-1 コアの層相と堆積環境の概要	30
第 4. 9 図 KM-1 コアの層相と堆積環境の概要	30
第 4. 10 図 親松 9-1 コアの層相と堆積環境の概要	32
第 4. 11 図 親松 9-1 コアの代表的な珪藻種の産出状況と区分	33
第 4. 12 図 GS-NIK コアの層相と堆積環境	34
第 4. 13 図 GS-NIK コアの代表的な珪藻種の産出状況と区分	36
第 4. 14 図 GS-KNM コアの位置図	36
第 4. 15 図 GS-KNM コアの層相と堆積環境	37
第 4. 16 図 GS-KNM コアの代表的な珪藻種の産出状況と区分	38
第 5. 1 図 越後平野地下の新第三系～第四系の地質断面図	39
第 5. 2 図 G ₁ 層, G ₄ 層, G ₅ 層及び G ₆ 層の上限等深線図	40
第 5. 3 図 越後平野地下のガス層の断面図	41
第 5. 4 図 既存研究でのボーリング地点及び反射法地震探査測線	42

第 5. 5 図	PW/GS_NYG_PLS 反射法地震探査断面図 (a) と解釈 (b)	43
第 6. 1 図	本地域の石油・ガス田の分布	45
第 6. 2 図	新潟油田地域標準層序と産油・産ガス層序	46
第 6. 3 図	本地域の主な石油・ガス坑井	47
第 6. 4 図	層序試錐「蒲原 GS-2」の地質断面図と層序	48
第 6. 5 図	基礎試錐「大測」の地質断面図と層序	49
第 6. 6 図	基礎試錐「下五十嵐」の地質断面図と層序	50
第 6. 7 図	東新潟ガス田, 松崎ガス田地下構造図	51
第 6. 8 図	東新潟ガス田, 松崎ガス田縦断面図	51
第 6. 9 図	東新潟ガス田横断面図	52
第 6. 10 図	南阿賀油田地下構造図	53
第 6. 11 図	南阿賀油田横断面図	53
第 6. 12 図	1833 年庄内沖地震新発田藩被害地点と被害数 (新潟市中心部)	57
第 6. 13 図	五十嵐浜村と新川の橋	58
第 6. 14 図	新潟地震地盤災害図 (全体)	58
第 6. 15 図	新潟地震地盤災害図 (新潟駅付近の拡大)	59
第 6. 16 図	砂丘末端部での液状化による地すべり発生地点	60
第 6. 17 図	各地点での地すべり被害	60
第 6. 18 図	鳥屋野潟周辺における Sum ₂ の層序	64
第 6. 19 図	FG-1 コアの自然含水比と珪藻殻片数及び海・汽水種の割合との比較	66
第 6. 20 図	深部粘性土の土質特性の深度分布図	66
第 6. 21 図	砂丘砂, 河川成砂及び海成砂の粒径加積曲線	67
第 4. 1 表	白根層・蒲原層群の研究コア一覧表	19
第 6. 1 表	本地域の主な石油・ガス坑井一覧表	47
第 6. 2 表	本地域に位置する温泉の概要	54
第 6. 3 表	新潟市周辺における主な水害	61
第 6. 4 表	鳥屋野潟周辺の Sum ₂ の粘性土及び腐植土の土質特性	65
第 6. 5 表	福島潟地域の土質特性一覧表	65
付図 1	¹⁴ C 年代測定試料採取位置図	74
付表 1	¹⁴ C 年代値一覧表	75 - 88
Fig. 1	Geologic summary of the Niigata and Uchino district	90

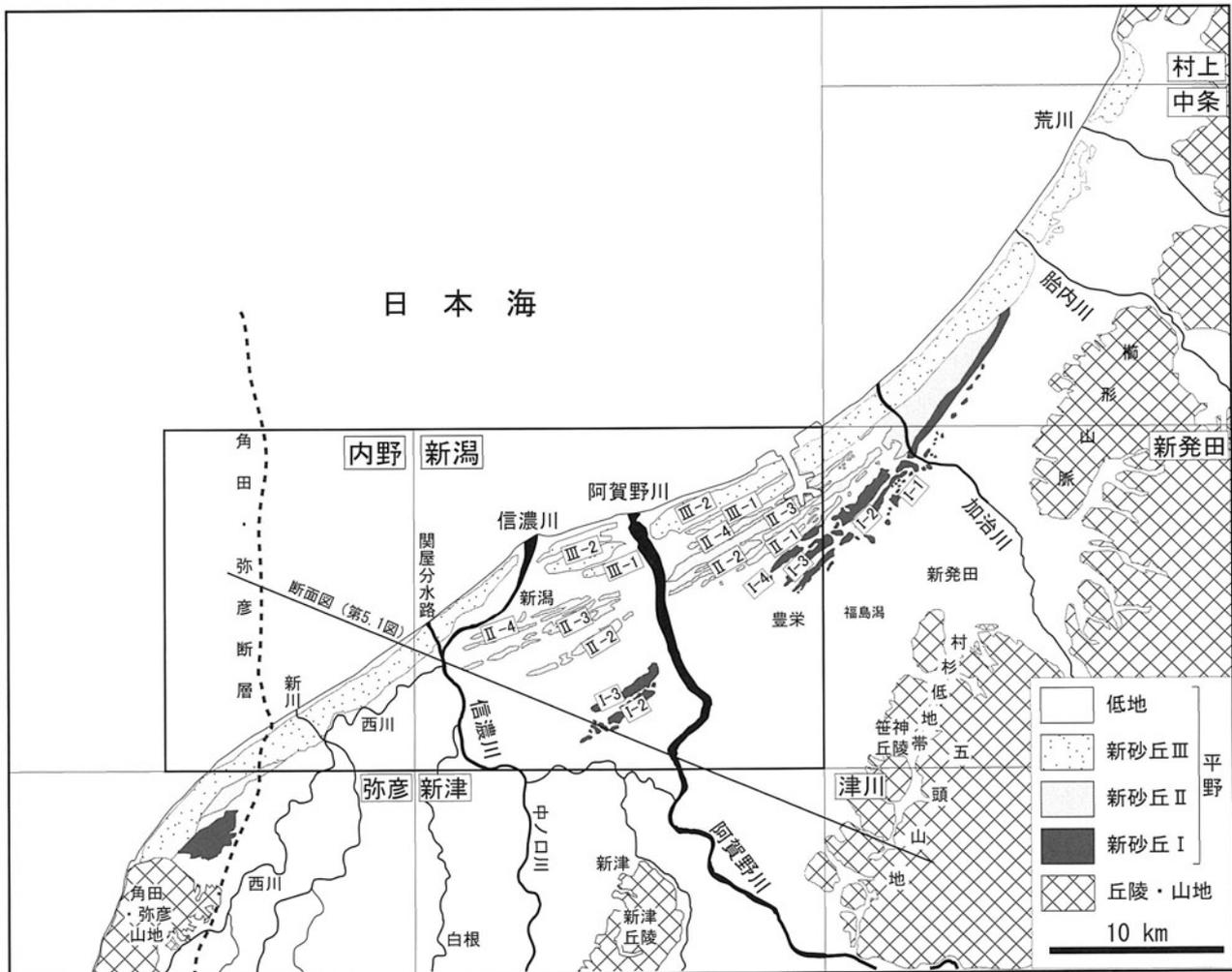
第1章 地 形

(卜部厚志・鴨井幸彦)

新潟及び内野地域（以下、本地域とする）は、国土地理院発行の5万分の1地形図「新潟」と「内野」の一部をあわせた範囲に相当する。本地域は新潟県下越地域の日本海側に位置し、世界測地系で北緯 37° 50′ 10″ 7 ~ 38° 00′ 10″ 6, 東経 138° 50′ 48″ 4 ~ 139° 14′ 48″ 3 の範囲に相当する（第1.1図）。本地域には、新潟地域の北東部の一部が北蒲原郡聖籠町及び新発田市、南東部が阿賀野市に属し、その他は新潟市に相当する。新潟市の行政区分では、新潟地域の阿賀野川以東が北区（旧豊栄市を含む）、阿賀野川と信濃川で挟まれる地域の北東部が東区、北西部と信濃川最下流左岸側関屋分水路までが

中央区、南部は小阿賀野川までが江南区（旧亀田町、旧横越町を含む）、南端部の小阿賀野川以南が秋葉区（旧新津市）、南端部の信濃川と中ノ口川で挟まれる区間が南区（旧白根市）、関屋分水路・信濃川以西及び内野地域の全ての範囲が新潟市西区（旧黒埼町を含む）にそれぞれ相当する。

本地域の位置する越後平野の西縁（弥彦地域）には、標高 400 ~ 600 m 程度の角田・弥彦山地が分布する。角田・弥彦山地は、主に新第三系の火山岩や火砕岩からなり、後述するように平野部との境界には角田・弥彦断層を含む長岡平野西縁断層帯が分布する。平野の東縁部に



第1.1図 越後平野の地形概要
砂丘列の分布と区分は、新潟古砂丘グループ（1979）と田中ほか（1996）を簡略化した。

は、標高 100 m 程度の笹神丘陵と村杉低地帯を介して標高 1,000 m 程度の五頭山地が分布する。笹神丘陵は新第三系及び第四系の堆積岩からなり、五頭山地は花崗岩を主体とする。また、平野東縁部の阿賀野川以南では、標高 250 m 程度の新津丘陵が分布する。新津丘陵は、主に新第三系の堆積岩から構成される。

越後平野には、海岸沿いの幅約 70 km にわたり海岸線にはほぼ平行する数列の海岸砂丘が分布し、その内陸側には低地が広がっている。これらの砂丘列は新潟砂丘と呼ばれ、新潟古砂丘グループ (1974, 1978, 1979)、新潟古砂丘研究グループ (1976) により砂丘列の区分や形成年代の推定が行われた。その結果砂丘列は内陸側から分布形態により新砂丘 I、新砂丘 II 及び新砂丘 III に大別され、更に新砂丘 I 及び新砂丘 II はそれぞれ 1～4、新砂丘 III は 1～2 に細分され、全体で 10 列に区分された。なお、新砂丘 I は亀田砂丘あるいは第 1 砂丘、新砂丘 II は山二ツ砂丘 (II-2)・紫竹山砂丘 (II-3)・牡丹山砂丘 (II-4) あるいは第 2 砂丘、新砂丘 III は物見山砂丘・海岸砂丘あるいは第 3 砂丘とそれぞれ呼ばれることもある (鴨井ほか, 2006)。

本地域には、これらの砂丘列のうち、新砂丘 I (2～4)、新砂丘 II (1～4) 及び新砂丘 III (1, 2) が分布している (第 1. 1 図)。新砂丘 I は、旧豊栄市街地付近から旧亀田町市街地付近にかけて断続的に分布する。新砂丘 II は、阿賀野川以東では木崎から派川加治川にかけて、阿賀野川以西では、鳥屋野潟をはさんで南北に分布する。一方、新砂丘 III は、派川加治川、通船川、西川と合流後の信濃川本流及び西川以北において現在の海岸線に沿っ

て分布する。砂丘列の標高は、内陸部の新砂丘 I と新砂丘 II は数 m～10 m 以下程度であり、現在の海岸沿いの新砂丘 III は新砂丘 I と新砂丘 II よりも高く、15～20 m 程度である。

新潟砂丘の形成年代について、新潟古砂丘グループ (1974)、坂井 (1980)、田中ほか (1996) は、主に考古遺物や砂丘砂の鉱物組成に基づき大まかな推定を行った。また、鴨井ほか (2006) は、砂丘間低地に堆積した腐植土や砂丘下の砂層に含まれる木片等の ^{14}C 年代などに基づき、砂丘列ごとに形成年代を求めた。その後、鴨井ほか (2015) は、暦年較正年代により、各砂丘列の形成年代について見直しを行った。それによると、新砂丘 I、II、III の形成年代は、それぞれ約 7,600～4,800 年前、約 4,600～1,400 年前、約 1,800～900 年前以降とされる。

越後平野の低地は、砂丘列の内陸側に広く発達し、標高が数 m 以下でかつては多くの潟湖が分布していた。また、低地には、大河川である信濃川、阿賀野川のほか加治川、胎内川や荒川などの河川が日本海まで流下しており (第 1. 1 図)、1950 年代までは広大な低湿地が広がっていた。また、本地域は、近代まで河川の決壊を伴う常習的洪水地帯であったことから、自然堤防付近における決壊洪水の痕跡や放棄流路が分布している。なお、これらの低湿地の多くの部分は、1960 年代以降に顕在化した地盤沈下の影響も加わり、標高は新潟西港の朔望平均満潮位 (1995 年～2004 年の平均で T.P. (東京湾平均海面) + 56.4 cm) より低く、“ゼロメートル地帯”と呼ばれている (新潟県, 2007)。

第2章 地質概説

(安井 賢)

越後平野は新生代の新潟堆積盆地内にあり、平野地下には新第三系～第四系が厚く堆積している。越後平野の沿岸部に位置する本地域周辺では、約6,000～5,000 mの深度においても新第三系の基盤に達していない(新潟県地質図改定委員会編, 2000)。また、第四系の最大層厚は新潟市周辺(本地域内)で約3,500 m以上に達するとされ(小林, 1996)、更に、白根層(沖積層)の厚さも新潟市周辺において最大で160 m以上に及ぶとされる(新潟県地盤図編集委員会編, 2002)。以上のように本地域は沈降性堆積盆地として、極めて特異な特性を有している。

本報告での記載は、石油・天然ガス開発に伴うボーリングのカッティングス試料によって観察された深度約700 m以浅の地層と、主として沖積層の層序や土質特性の把握のために掘削されたボーリングコアによって観察された深度約200 m以浅の地層を主な対象とする。本地域の深度約700 m以浅には、蒲原層群、白根層、四ッ郷屋沖層及び人工地盤が分布する(第2.1図)。

ところで、従来の5万分の1地質図幅においては、沖積低地の地質区分は一般的に地形区分に沿った表現がなされてきた。しかし、本地域では陸域の全てが沖積低地に位置すること、沖積低地の地盤災害や土地利用の面で表層部の地質構成が重要な情報となることから、表層地

質(第3章)と地下地質(第4章)に区分して記述を行った。表層地質とは、主として深度5 m以浅の代表的な地質を、地下地質は深度5 m以深の地質構成をそれぞれ示す。

蒲原層群 ト部ほか(2006b)が再定義。砂礫層を頻繁に挟有するシルト～砂質シルトから構成され、泥炭層や軽石層をまれに挟む。層厚は本地域で450～700 mである。数層準に海生化石(軟体動物や有孔虫化石)を多く含む。全体としては海水と淡水が繰り返す堆積環境が推定され、中期更新世～後期更新世の海水準変動の影響を受けた堆積物とみられる。テフラは砂子原-佐賀瀬川火砕流(Sn-SK)の二次堆積物(290 ka)、砂子原-久保田火砕流(Sn-KB)の二次堆積物(220 ka)、田頭テフラ(TG)の二次堆積物(130 ka)及び始良Tn(AT)テフラ(30 ka)が挟まれる。蒲原層群の年代は、軽石層の年代から中期更新世の約300 kaから最終氷期最寒冷期の約18 kaと推定される。砂礫層は水溶性天然ガスの有力な産出層となっている。

両津沖層群 岡村ほか(1995)が定義。日本海域に分布する後期鮮新世～後期更新世の堆積物である。

白根層 鴨井ほか(2002)が再定義。蒲原層群を不整合に覆う沖積層に相当する地層である。オールコアボーリングで確認された本地域内での層厚は、53～154 m

地質年代		層序	堆積環境	層序 (海域)	
第四紀	完新世	人工地盤	埋土 盛土	四ッ郷屋層	
		白根層	上部		砂丘, 海浜, 河川堆積物 後背湿地及び砂丘間低地堆積物 湖沼, 淡水～汽水成, 海成堆積物
			中部		湖沼・潟湖・河川, 砂丘・砂州堆積物 汽水, 海成堆積物
	下部		河川堆積物 淡水～汽水成堆積物		
更新世	中期	蒲原層群		両津沖層群	

第2.1図 層序総括図

以上である。

白根層は、層相や¹⁴C年代値によって下部、中部及び上部に区分される。下部は河川成砂(S1s)と淡水～汽水成砂泥互層(S1a)から、中部は、海成砂質泥(Smm₁)、潟成泥(Smm₂)、汽水～海成砂泥互層(Sma)、海成砂(Sms₁)、砂丘・砂洲・海成砂(Sms₂)及び湖沼・河川成砂(Sms₃)から構成される。上部は人工地盤を除き地表部に出現する地層であるが、対象とする地層の厚さが異なるため、地質断面図では地下地質と表層地質とで異なる凡例を用いた。すなわち、表層地質では後背湿地及び砂丘間低地堆積物(泥層(層厚で約70～80%以上):bmm, 砂層(層厚で約70～80%以上):bms, 砂泥互層:bmal, 薄い腐植土層(層厚で約40%未満)を挟む砂泥互層:hal₁, 厚い腐植土層(層厚で約40%以上)を挟む砂泥互層:hal₂)、河川堆積物(自然堤防堆積物:nl, 洪水(破堤)堆積物:fd, 高水敷, 低水敷及び中州の堆積物:cd), 海浜堆積物(bd)及び砂丘堆積物(新砂丘Ⅰ:sd₁, 新砂丘Ⅱ:sd₂, 新砂丘Ⅲ:sd₃), に区分される。

一方、地下地質では海成泥(Sum₁)、湖沼・湿地・河川成泥及び砂(Sum₂)、湿地・河川成砂泥互層(Sua)、海成砂(Sus)、河川成砂及び礫(Sug)及び砂丘成砂(Sud)に区分される。また、本地域及びその周辺地域における7本の代表コア(FG-1コア, GS-NIFコア, TA-1コア, KM-1コア, 親松9-1コア, GS-NIKコア及びGS-KNMコア)において、堆積相, 化石, ¹⁴C年代値及び堆積環境を詳細に記載した。

堆積システムは本地域の大部分でバリアーラグーンシステム, 阿賀野川流域のみでデルタシステムとなり(卜部ほか, 2006a; 卜部, 2008), 堆積環境はそれぞれの堆

積システムのなかで海域～汽水域～淡水域と変化に富む。テフラはAs-Kテフラ(15ka)及びNm-NKテフラ(5.3ka)が挟まれる。¹⁴C年代値をもとに、白根層下部は約16ka～約10ka, 白根層中部は約10ka～約5ka, 白根層上部は約5ka以降に相当する。

四ッ郷屋沖層 井上ほか(2011a)が命名。音波探査とボーリングによって、内野地域の沿岸部で分布が確認された。音波探査結果から下部層と上部層に区分される。下部層は明瞭で平行な反射面、プログラデーションパターン、不規則な起伏を伴う侵食面などの変化に富む反射パターンを示す。一方、上部層は海底にはほぼ平行で連続性の良い反射面からなる。上部層はボーリングコアによって観察され、海成の泥(uYm)及び砂(uYs)からなる。下部層は最終氷期～約10ka, 上部層は約10ka以降と推定される。

人工地盤 盛土(砂丘地における大規模造成地の盛土:il, 土塁:ew, 堤防沿いの盛土:bn, 旧堤の盛土:bn₁及び新堤の盛土:bn₂)及び埋土(“ゴミ層”:tr, 旧水域(河川, 海, 池沼)の埋土:rl及び旧河道の埋土:or)からなる。

地質構造 蒲原層群の地質構造は、越後平野地下の新第三系～第四系の地質構造と調和的で、内野地域に一つの向斜軸、阿賀野川東方に一つの背斜軸を有する褶曲構造をなす。内野地域の向斜軸の西側には活断層である角田・弥彦断層が伏在する。角田・弥彦断層の沖合の連続部の西側には、四ッ郷屋沖背斜が分布する。また、白根層の最大層厚部は角田・弥彦断層に近接する地域(蒲原層群の向斜軸周辺)に位置する。

第3章 表層地質

(鴨井幸彦)

3.1 表層地質図の作成方法

作成の考え方 本地域の表層地質は、砂丘を含む^{しろね}白根層(沖積層)と人工地盤から構成され、年代的には完新世の堆積物(完新統)である。砂丘や海浜及び現在の河川の河道を除き露頭を欠くため、表層地質は、地形分類に基づき地形要素ごとにボーリングデータから推定した。

使用したボーリングデータは、「ほくりく地盤情報システム」に登録されたデータ(本地域内で約6,300本)を基本としたが、ほかに新潟応用地質研究会及び(一社)新潟県地質調査業協会により、「2000年版新潟県地質図」(新潟県地質図改定委員会編,2000)及び「新潟県地盤図」(新潟県地盤図編集委員会編,2002)作成時に収集された資料、新潟県農地部新潟農地事務所(当時)によって収集された亀田郷地区地盤図・柱状図集、新潟県農地部巻農地事務所(当時)によって収集された西蒲原地区ボーリング柱状図集、更に(株)興和及び(株)村尾技建に保管されている内部資料を参照した。

作成の手順 表層地質の推定作業は次の手順で行った。

地形分類図の作成 ①1911年測図、陸地測量部作成の2万5千分の1地形図「新潟北部」(陸地測量部,1912)、同「新潟南部」(陸地測量部,1914b)、同「松ヶ崎濱(現在の松浜)」(陸地測量部,1914a)、同「水原」(陸地測量部,1914c)及び5万分の1地形図「内野」(陸地測量部,1914d)、②土地条件図「新潟」及び「内野」初期整備版(国土地理院,1987,1988)、③数値地図25,000土地条件(国土地理院,2011)、④治水地形分類図(国土地理院,2015)、⑤阿賀野川水害地形分類図(建設省北陸地方建設局・阿賀野川工事事務所,1974)、⑥米軍撮影の空中写真、⑦1891年ころ旧陸軍によってスポット的に作成された各種2万分の1地形図などの資料を参照しつつ、最新の地形図上に新たに地形分類図を作成し、これを基図とした。今回新たに作成した地形分類図によって識別した地形は、後背湿地、砂丘間低地、自然堤防、洪水堆積地形、高水敷、低水敷、中州、海浜、砂丘(新砂丘Ⅰ、新砂丘Ⅱ、新砂丘Ⅲ)、旧河道、堤防、埋土及び盛土の15種である。

深度5mまでを代表する層相の決定 調査地点ごとに、個々のボーリングデータ(地質柱状図)について、地表面(調査地盤面)から深度5mまでの地層に関して、最も優勢な層相を決定し、それをその地点における表層地質を代表する層相とした。後背湿地及び砂丘間低地に

おいては、この手法を用いてそれぞれの地形区分ごとに代表的な層相を決定した。

なお、地質区分の目安として汎用されるN値について、深度5mまでの表層部では、泥、砂及び砂礫ともに低く、深度方向に有意の差が見られないことが多いため、N値による地質区分の細分は行わないこととした。

ボーリングデータを欠く場合 ボーリングデータの分布密度は、地域毎にばらつきが大きくデータを欠く地形区分も含まれる。このため、同様の地形条件であれば、同様の地質構成を持つ可能性が高いと考え、隣接地区のデータから推定することとした。一方、地形と地質の種類は、必ずしも一致するとは限らない。このように、本地域が一様の精度で作成されているわけではなく、その精度はボーリングデータの量と質に依存する面が極めて大きい。したがって、水田地帯など、ボーリングデータが少ない地域に関しては、やや精度が劣る点は否めない。

なお、自然堤防に関しては、本地域の範囲内で広範囲にわたって点在するものの、自然堤防上でのボーリングデータは比較的少なく、地形区分ごとに地質を特定することができないケースが多かった。そのため、本地域では、自然堤防堆積物として地質を特定せずに一括した。また、同様に、河川堆積物(高水敷、低水敷、中州)や海浜堆積物など、地質の種類がほぼ特定できる場合や、人工地盤のように地質構成に規則性が見られず、地質の特定がむずかしい場合についても、地質を問わず地形に応じて区分した。砂丘に関しては、層相では区別できないものの、既に分布と形成年代が明らかにされているので、新砂丘Ⅰ～Ⅲについてそれぞれを区別した。洪水による堆積地形が明瞭な場合には、洪水(破堤)堆積物として区分した。

3.2 表層地質の概要

表層地質のうち白根層は、後背湿地及び砂丘間低地堆積物(泥層:bmm,砂層:bms,砂泥互層:bmal,薄い腐植土層を挟む砂泥互層:hal₁,厚い腐植土層を挟む砂泥互層:hal₂)、河川堆積物(自然堤防堆積物:n1,洪水(破堤)堆積物:fd,高水敷・低水敷及び中州の堆積物:cd)、海浜堆積物(bd)及び砂丘堆積物(新砂丘Ⅰ:sd₁,新砂丘Ⅱ:sd₂,新砂丘Ⅲ:sd₃)から構成される。以下に、これらの概要を記述する。なお、白根層の定義や区分、及び地下地質における分布や層相などについて

は第4章で詳細に述べる。

一方、人工地盤は、盛土（砂丘地における大規模造成地の盛土：il，土塁：ew，堤防沿いの盛土：bn，旧堤の盛土：bn₁，新堤の盛土：bn₂）及び埋土（ゴミ層：tr，旧水域（河川，海，池沼）の埋土：rl，旧河道の埋土：or）に細分される。

3.2.1 白根層

後背湿地及び砂丘間低地堆積物は、深度5mまでのボーリング資料に基づき、以下の基準により5区分した。

①泥層（bmm）：深度5mまでのうち、おおむね70～80%以上を泥層が占める砂層，泥層の互層。

②砂層（bms）：深度5mまでのうち、おおむね70～80%以上を砂層が占める礫層，砂層，泥層の互層。

③砂泥互層（bmal）：深度5mまでのうち、砂層と泥層がそれぞれ70～80%未満の互層。これには砂層と泥層がほぼ同量で細かく互層する場合や粗く互層する場合、砂優勢な互層または泥優勢な互層、あるいは上下2層構造をなし、上位が砂層で下位が泥層の場合やその逆で上位が泥層で下位が砂層の場合など、さまざまな層相がある。

④薄い腐植土層を挟む砂泥互層（hal₁）：深度5mまでのうち、腐植土層が層厚で約2m未満（層厚で約40%未満）をはさむ泥層と砂層の互層。挟在する腐植土層は層厚1m前後の比較的厚い場合と薄い腐植土層を頻りに挟む場合がある。

⑤厚い腐植土層を挟む砂泥互層（hal₂）：深度5mまでのうち、層厚約2m以上（層厚で約40%以上）の腐植土層をはさむ泥層と砂層の互層。

河川堆積物は以下のとおり3区分した。

①自然堤防堆積物（nl）は、自然堤防を形成する堆積物で、主に砂層，泥層及び腐植土層からなる。

②洪水（破堤）堆積物（fd）は、小阿賀野川右岸の木津付近でくり返された破堤により河川から氾濫した堆積物の内、図示できる規模を持ち、現在も識別できる地形を構成する堆積物で、砂層及び泥層からなる。

③高水敷，低水敷及び中州の堆積物（cd）は、信濃川，阿賀野川，小阿賀野川，中之口川及び西川の堤外地に堆積した堆積物で、礫層，砂層及び泥層からなる。

海浜堆積物（bd）は、日本海に面した海岸沿いに分布する砂からなる堆積物である。

砂丘堆積物は、砂丘列の区分に従い新砂丘Ⅰ（sd₁），新砂丘Ⅱ（sd₂）及び新砂丘Ⅲ（sd₃）に区分される。いずれも細～中粒砂から構成される。砂の固結度は総じて低く、スコップで容易に削れる程度である。

3.2.2 人工地盤

盛土は、砂丘地における大規模造成地の盛土（il），土塁（ew），堤防沿いの盛土（bn），旧堤の盛土（bn₁）及

び新堤の盛土（bn₂）に区分される。砂丘地における大規模造成地の盛土（il）は、^{たゆうはま}太夫浜や^{こうど}河渡，^{こぼり}小針，^{こぼり}寺尾地区を中心にほぼ砂丘地の全域にわたって分布するが、ここでは空港や港湾建設及び臨海部の工業地帯で大規模に実施された範囲のみを対象とした。盛土材は、切土によって発生した砂が転用されている。土塁（ew）は、越後府跡（^{てんちやうやま}天長山）で、礫層，砂層及び泥層から構成されるものと推定される。堤防沿いの盛土（bn）は、主に西川沿いで堤防と同じ高さに盛土され、清掃センターなどの公共施設や民間の事業所，一般の住宅地及び畑地として利用されている範囲で、礫層，砂層及び泥層から構成される。旧堤の盛土（bn₁）は、現在の河川堤防の前に築堤された堤防で、礫，砂及び泥からなる。新堤の盛土（bn₂）は現在の河川堤防で、礫，砂及び泥からなり、築堤材料の内容により構成比が異なる。

福島潟の干拓地（第3.1図）は、江戸中期以降、輪中工法（^{いんちゆう}囲土手を建設し、その内側を排水する方式）で干拓されたもので、主に泥層（bmm）から構成される。なお、干拓地の一部には、近年再び遊水池に戻された範囲が含まれる。

埋土は、“ゴミ層”（tr），旧水域（河川，海，池沼）の埋土（rl）及び旧河道の埋土（or）に区分される。“ゴミ層”（tr）はコンクリート片，ガラス，木材，廃プラスチックなど不燃物からなる。旧水域（河川，海，池沼）の埋土（rl）は、水域であったところを埋めたところに分布し、砂層及び泥層からなる。旧河道の埋土（or）は、明治期の地形図や米軍撮影の空中写真等から推定される旧河道に分布し、その多くは現在水田になっている。主に砂層及び泥層から構成されるが、一部に不燃物によって埋められた部分が含まれる。

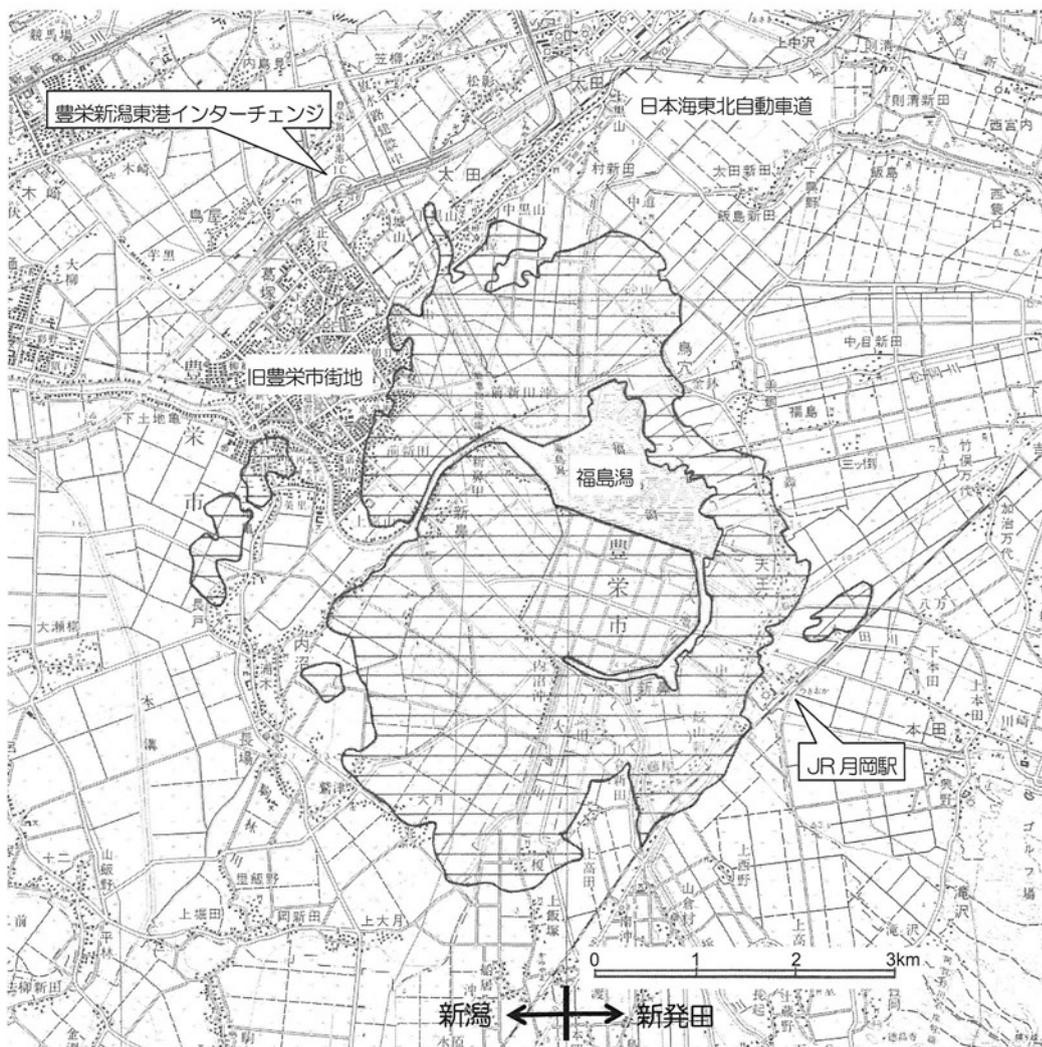
3.3 各地区の表層地質の特徴

表層地質の特徴を、信濃川，関屋分水路，阿賀野川，^{つうせんがわ}通船川などの河川によって区分した地区（第3.2図）毎に記述する。各地区の概要は以下のとおりである。

^{ふるまち}古町～^{めつたり}関屋地区（関屋分水路以東の信濃川左岸地区の砂丘（新砂丘Ⅲ），自然堤防，後背湿地，旧河道及び埋土地からなり、新潟市中央区北部地域の通称新潟島が該当する）

砂丘堆積物は細～中粒砂からなり浅層部のN値は10以下と低く、信濃川の後背湿地堆積物は砂層，砂泥互層及び泥層が入り組んだ形で複雑に分布する。旧水域（河川）の埋土は主にN値5以下の固結度の弱いゆるい砂からなる。

^{ばんだいい}万代～^{めつたり}沼垂地区（江戸時代に信濃川が河口近くで右岸側に大きく蛇行した部分のいわゆる^{りゅうさくば}流作場を中心とした信濃川の旧河道，堤防沿いの盛土地，埋土地及び自然堤防で、新潟市中央区の中東部地域が該当する）



第3.1図 福島潟周辺の干拓範囲

新潟県農地部編 (1960), 齋藤 (1961), 新潟県教育委員会編 (1970) 及び国土地理院 (1987, 2011) を参考にして作成。国土地理院発行の5万分の1地形図「新潟」(平成17年2月1日発行)及び「新発田」(平成15年10月1日発行)を使用。

信濃川の後背湿地堆積物及び中州の堆積物は、ともにN値5以下の砂層及び砂泥互層からなる。自然堤防堆積物はN値10以下の砂層及びN値3以下の泥層からなる。また、堤防沿いの盛土及び旧水域(河川)の埋土は、いずれもN値5以下のゆるい砂層から構成される。

河渡～山の下地区(通船川を含む阿賀野川旧河道とその北に分布する砂丘(新砂丘Ⅲ)及び水域(信濃川、阿賀野川、海面)の埋土地で、新潟市東区の北部地域が該当する)

砂丘堆積物は細～中粒砂からなり、表層のN値は10以下である。旧河道を埋める後背湿地堆積物は、N値5以下の砂層及び砂泥互層からなり、層相は変化に富む。旧水域(河川)の埋土は主にN値5以下の細～中粒砂からなるが、河川部では礫、コンクリート片、鈹滓や粘土を含むところがある。

鳥屋野潟～牡丹山地区(鳥屋野潟とその南北に分布す

る砂丘列帯(新砂丘Ⅱ)で、北端は信濃川及び通船川(阿賀野川旧河道)との境界、南端は日本海東北自動車道で、新潟市中央区の中～南部地域及び東区の南部地域が該当する)

砂丘堆積物は主に細粒砂からなり、表層部のN値は20以上とやや高い。砂丘間低地にはN値0～1の極めて軟らかい厚い腐植土層を挟む砂泥互層が3～5mの厚さで堆積している。

亀田郷南部地区(日本海東北自動車道から南側の亀田郷地域の後背湿地及び砂丘(新砂丘Ⅰ、Ⅱ)で、新潟市江南区のほぼ全域及び秋葉区の一部が該当する)

砂丘堆積物は主に細粒砂からなり、表層のN値は10～20以上である。後背湿地堆積物は地区のほぼ全域にわたり厚さ1～2mの腐植土層が広範囲に分布しており、地区を特徴づけている。

小針～内野地区(信濃川及び関屋分水路以西の自然堤

防、後背湿地及び砂丘（新砂丘Ⅱ、Ⅲ）で、新潟市西区及び南区の一部が該当する）

砂丘堆積物は細～中粒砂から構成され、表層部のN値は10以下であるが、深部に向かって増加し、20m以深では30～50以上となる。砂丘の内陸側に広がる後背湿地堆積物は、西川沿いでは主に砂泥互層が分布し、より内陸側の後背湿地では、N値0～1の軟らかい腐植土層や泥層が表層を覆っている。

阿賀野川以東地区（阿賀野川以東の氾濫原低地及び砂丘（新砂丘Ⅰ～Ⅲ）で、新潟市北区のほぼ全域が該当するほか、阿賀野市、聖籠町及び新発田市の一部がそれぞれ含まれる）

臨海部では砂丘列が何列も連なり、浜堤列を形成している。砂丘堆積物は細～中粒砂からなり、表層部のN値は10～20程度で、表層部に限って見た場合、新砂丘Ⅰ～Ⅲ間で大きな相異はない。砂丘間低地堆積物は、砂層、砂泥互層あるいは腐植土層が薄く堆積するが、砂丘間低地の幅が広い場合は堆積物の層厚が厚い傾向にある。地区南部の後背湿地では、北部で泥層、南部で砂泥互層がそれぞれ優勢である。

3. 3. 1 古町～関屋地区

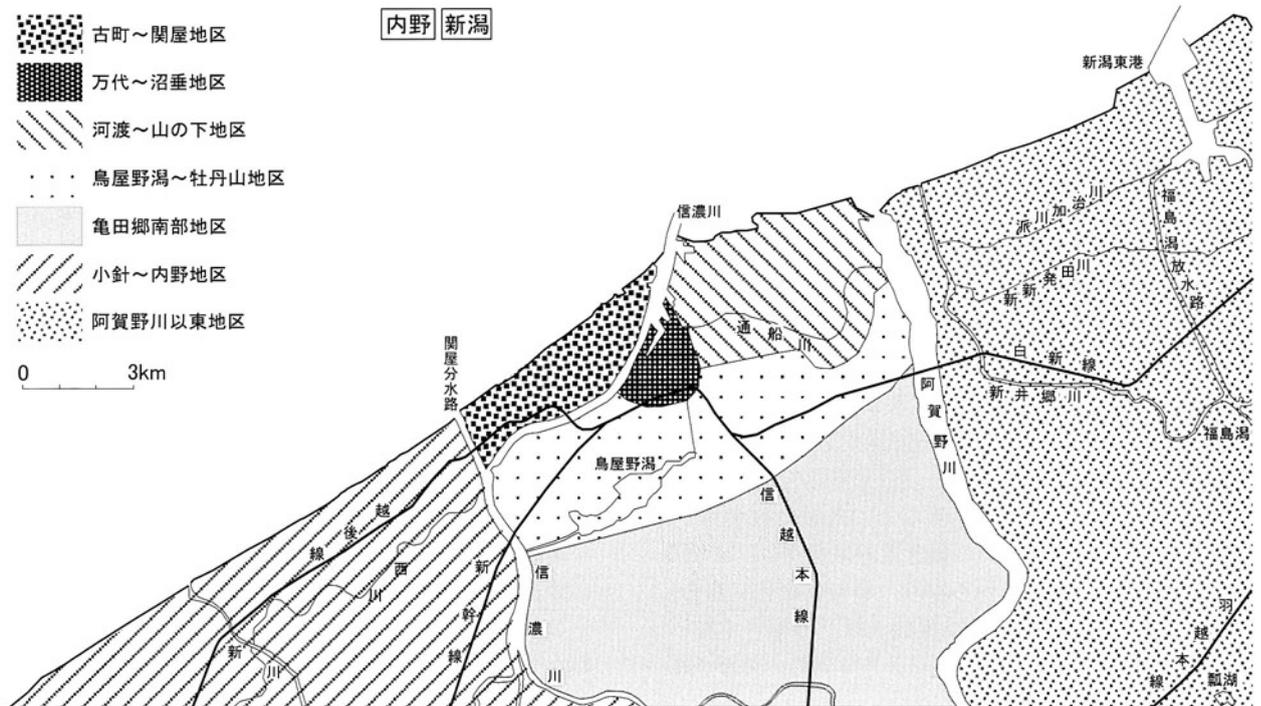
海岸に沿って発達する砂丘は、新潟砂丘のうちで最も新しく形成された新砂丘Ⅲである。南側は信濃川の侵食により削り込まれ、北側も海岸侵食によって後退し、本地区は新潟砂丘の中で最も幅の狭い区間となっている。

約100年前の1911年測図の地形図と比較すると、海岸線は平均して約150m後退している。砂丘堆積物（新砂丘Ⅲ：sd₃）は細～中粒砂からなり、全体の厚さは40～50mである。表層部のN値は10以下と低く、深部では30～40程度である。海岸沿いの飛砂防止保安林（松林）を除き、砂丘上は広範囲に開発され、住宅が密集している。

砂丘の南側に発達する低地は、信濃川の中州とその周りに堆積した河川堆積物から構成される。新潟市で最も古い町並みである古町地区は、江戸時代初期に形成された信濃川の中州を利用して開発された地区であり、旧新潟町は古町を中心として周囲に拡大する形で成長していった。

信濃川の中州に由来する新潟島の表層地質は、主に砂層（bms）、砂泥互層（bmal）及び泥層（bmm）から構成され、一部に薄い腐植土層を挟む砂泥互層（hal₁）が分布する。各層の分布に規則性はなく、ボーリングデータに基づいて推定した各層の分布はやや複雑である。

古町～関屋地区東部の古町～^{しもまち}下町地区では、北部の西側（^{つけふね}附船町、^{うきす}浮洲町及び古町地区の北半部）に砂層（bms）が、東側（^{みなと}入船町、^{いしづ}湊町、^{いしづ}礎町に砂泥互層（bmal）がそれぞれ分布し、南部（古町地区の南半部）では砂泥互層（bmal）が優勢に分布する。泥層（bmm）はそれらの間にスポット的に点在する。また、多数の寺院が並ぶ西堀^{にしほり}通りに沿って薄い腐植土層を挟む砂泥互層（hal₁）あるいは砂泥互層（bmal）が狭長に分布しているものと推定さ



第3.2図 地域区分

れる。このように、江戸時代の初めに最初に開発された中州（現在の古町地区）の地質は、一様な砂地盤でなく、北半部が主に砂層（bms）、南半部が主に砂泥互層（bmal）から構成されていたことがわかる。

3. 3. 2 万代～沼垂地区

現在の JR 新潟駅周辺から萬代橋（建設当初の呼び名はよろずばし、万代橋と表記されることもある）にかけての地域一帯は、新潟地震の際に液状化被害が広範囲で発生した。この地域は、信濃川が右岸側に大きく蛇行した部分に形成された中州にあたり、流作場と呼ばれるように地形変化をくり返してきた。この周辺の表層地質は砂層（bms）及び砂泥互層（bmal）からなり、N 値 5 以下のゆるい砂層あるいは N 値 3 以下の軟弱な泥層から構成される。

明治から大正時代にかけて利用された初代及び 2 代目萬代橋（木造）の東詰は、現在の流作場五叉路にあったが、1922 年の大河津分水路の通水によって信濃川の川幅が大幅に狭くなったことから、信濃川の両岸は浚渫土等によって埋め立てられ、新たに鉄筋コンクリート製の 3 代目萬代橋が建設され、現在に至っている。したがって、流作場五叉路（旧堤防の位置）から現在の萬代橋東詰までの約 400 m 間は、河道を埋めた部分である。この周辺の表層地質は、N 値 10 以下の砂層（bms）あるいは N 値 3 以下の泥層（bmm）及び埋土（旧水域（河川）の埋土：rl）からなる。

旧沼垂町は、右岸側に大きく湾入した信濃川の河岸に形成された自然堤防上に作られた。その市街地の中央を南北に栗ノ木川が流れていたが、鳥屋野潟の排水を強化するために、笹口から万代島（万国橋交差点）にいたる間に新栗ノ木川が開削された。これにともない、栗ノ木川の旧流路は埋められ、栗ノ木バイパスが建設された。

3. 3. 3 河渡～山の下地区

本地区の北部は砂丘（新砂丘Ⅲ）であり、南部は阿賀野川の旧河道及びその作る氾濫原低地（自然堤防及び後背湿地）である。阿賀野川は、1731 年の洪水で松ヶ崎堀割の堤防が決壊して日本海へ直接流出するようになる以前は、現在の松浜付近で砂丘に進路をふさがれ、東に蛇行して砂丘（新砂丘Ⅱ及びⅢ）を削った後、西に反転して新砂丘Ⅲを侵食し、更に南流して新砂丘Ⅱを大きく削り込んだ後、砂丘間低地を伝って西流していた。これらの流路跡は、地形に明瞭に残されている。なお、旧阿賀野川の河口の一部は、焼嶋潟として残ったが、現在は埋め立てられている。

砂丘堆積物（新砂丘Ⅲ：sd₃）は、表層部は全体に N 値 10 以下で、砂丘間低地も同様に N 値 5 以下の砂層（bms）から構成される。砂丘地は、土地開発が進み旧地形は極めてわかりにくくなっている。

阿賀野川の旧河道は、本流部分の幅は 400～700 m あり、その一部は現在も通船川として残っている。自然堤防堆積物（nl）の分布は不明瞭であり、堤内地に後背湿地や氾濫原低地が広がる。自然堤防堆積物は、N 値 10 以下の中～細粒砂層（bms）、N 値 3 以下の泥層（bmm）、砂泥互層（bmal）から構成される。後背湿地堆積物は、N 値 3 以下の泥層（bmm）、砂泥互層（bmal）、薄い腐植土層をはさむ砂泥互層（hal₁）から構成される。また、旧河道内の中州の堆積物（cd）は主に N 値 5 以下の砂層から構成される。榎町周辺及び河渡の砂丘の縁に近い低地部に薄い腐植土層を挟む砂泥互層（hal₁）が分布する。また、南側の新砂丘Ⅱ-4 に接した部分の後背湿地は、主に砂泥互層（bmal）から構成される。

3. 3. 4 鳥屋野潟～牡丹山地区

この地区の砂丘列は、新砂丘Ⅱ-2～新砂丘Ⅱ-4 に相当する。新砂丘Ⅱ-2 と新砂丘Ⅱ-3 の間隔はやや開いており、そこに鳥屋野潟が位置している。新砂丘Ⅱ-3 と新砂丘Ⅱ-4 は、分布状況が東西で異なっていて、東部の中山から上木戸にかけては複数の砂丘列が近接して並走し、砂丘間低地も比較的狭いものに対して、西部の女池～近江の砂丘列は、連続性が乏しく、断続的で低地が広がっているという違いが見られる。

この地区の表層地質で特徴的なことは、厚い腐植土層を挟む砂泥互層（hal₂）及び薄い腐植土層を挟む砂泥互層（hal₁）が極めて広範囲にわたって分布していることである。特に、鳥屋野潟周辺では、厚い腐植土層を挟む砂泥互層（hal₂）が堆積し、腐植土層は平均して層厚 2 m 前後、最大層厚 3～4 m に達する。これは砂丘間低地の基底が深いためと考えられる。これに対して、新砂丘Ⅱ-3 と新砂丘Ⅱ-4 の間の砂丘間低地（女池～近江地区）では、厚い腐植土層を挟む砂泥互層（hal₂）及び薄い腐植土層を挟む砂泥互層（hal₁）は薄く、層厚 2～3 m であることが多く、その下には砂丘堆積物（新砂丘Ⅱ：sd₂）が厚く分布している。介在する腐植土層の層厚は 1～2 m 程度である。また、深度 5 m 以深にも腐植土層が分布することがあり、鳥屋野潟出水口の上沼～親松付近では、深度 6～7 m に腐植土層が層厚約 1 m で挟在する。なお、この砂丘間低地の東部（中山～上木戸）では、複数の砂丘列が残っており、砂丘間低地の幅は狭く、砂丘間低地には砂層（bms）が分布する。一方、信濃川と鳥屋野潟の間に広がる後背湿地では、表層部は砂泥互層（bmal）によって覆われる。これは、信濃川の洪水による堆積物が流入しているためと考えられる。

3. 3. 5 亀田郷南部地区

亀田郷は、信濃川、阿賀野川、通船川（阿賀野川の旧河道）、小阿賀野川に囲まれた低湿地帯で、江戸時代には横越島と呼ばれた水害の常襲地帯であった。本地区は、

亀田郷の南部に相当する。本地区内において、新砂丘Ⅰの連続性は乏しく、旧亀田町周辺では孤立した状態で分布している。その理由は、自然堤防の配置からみて、明らかに阿賀野川と信濃川による侵食によるものと考えられる。新砂丘Ⅰを構成する砂層 (sd_1) は、新砂丘Ⅱ及び新砂丘Ⅲのそれに比べて固結度が高く、N値は表層の風化した部分で10～30、新鮮な部分では50以上を示す。新砂丘Ⅰ分布域周辺において、砂丘間低地は砂泥互層 ($bmal$) で埋められているが、砂丘列の間隔が比較的狭いところでは、薄い腐植土層を挟む砂泥互層 (hal_1) が発達しているところがあり、腐植土層は部分的に層厚2 m以上に達することがある。

亀田砂丘（本地区に分布する新砂丘Ⅰ）の北側、新砂丘Ⅱ-2までの間の表層地質は、薄い腐植土層を挟む砂泥互層 (hal_1) 及び厚い腐植土層を挟む砂泥互層 (hal_2) あるいは砂泥互層 (hal_1) から構成される。層厚は3～4 m程度と比較的薄く、下位には層厚20 m以上を超える砂丘堆積物（新砂丘Ⅱ： sd_2 ）が分布する。

亀田砂丘と信濃川の間広がる後背湿地は、主に薄い腐植土層を挟む砂泥互層 (hal_1) 及び厚い腐植土層を挟む砂泥互層 (hal_2) から構成される。腐植土層の厚さは1～3.5 mで、ここでも層厚20 m以上の極めて厚い砂層（新砂丘Ⅱ： sd_2 ）の上に直接載っている。この薄い腐植土層を挟む砂泥互層 (hal_1) 及び厚い腐植土層を挟む砂泥互層 (hal_2) は、信濃川と小阿賀野川の合流点近くまで広がる。また、信濃川右岸の後背湿地（祖父興野）では、層厚1 m程度の腐植土層を挟む。更に、天野付近には、砂層 (bms) 及び砂泥互層 ($bmal$) が分布するが、深度5～8 m前後に層厚2～3 mの比較的厚い腐植土層を挟む。また、深度13 m以深には砂丘堆積物（新砂丘Ⅰ： sd_1 ）と見られる厚い砂層が分布する。

一方、亀田砂丘と阿賀野川・小阿賀野川に挟まれた低地は、主に軟質な泥層 (bmm) から構成されるが、深度5 m以深に層厚1～2 mの腐植土層を挟むことが多い。小阿賀野川右岸や横雲橋のある横越付近から分かれる阿賀野川左岸の旧河道に沿った横越川根町（旧川根谷内）付近には砂泥互層 ($bmal$) が分布している。横越から木津にかけての範囲では、深度約6 m以深に層厚1～2 mの腐植土層が広がる。

このように、亀田郷一帯の低地の表層地盤に見られる最大の特徴は、総じて腐植土層が多いという点である。なお、二本木から割野にかけての小阿賀野川右岸には、洪水堆積物と推定される地形が残されているので、洪水（破堤）堆積物 (fd) として区別した。1911年測図の2万5千分の1地形図では、これと同様の地形が阿賀野川左岸の横越から蔵岡にかけて、旧川根谷内（現横越川根町）沿い及び信濃川右岸の舞潟から曾川にかけての地域に認められている。しかし、現在は圃場整備により洪水堆積物の地形は残されていない。

3. 3. 6 小針～内野地区

この地区の海岸沿いに発達する砂丘は、新潟砂丘のなかで最も新しい新砂丘Ⅲ (sd_3) と新砂丘Ⅱ (sd_2) の一部で、1.5 kmほどの幅で海岸沿いに分布する。表層部のN値は10以下のことが多く、深度20 m付近でも30～40程度である。

西川と中之口川のそれぞれの自然堤防に囲まれた地域一帯は自然排水が困難なため、広い範囲で低湿地を形成し、大小の潟（沼）が点在していた。中でも大潟、田潟、鑑潟のいわゆる三潟は有名である。1911年測図の5万分の1地形図では、緒立流通や的場流通周辺において、広範囲に湿田が広がり沼地が点在する様子が描かれており、新潟西バイパス新通インターチェンジの南にある新田の南方に大潟、田潟が位置していた。また、西川の流路跡と見られる地形が多く残されており、低平地を流れる西川が頻繁に流路を変えていた様子がうかがわれる。

厚い腐植土層を挟む砂泥互層 (hal_2) は、緒立流通からの場流通、鳥原にかけて広く分布する。その南方の北場から小平方にかけての地域には泥層 (bmm) が広がっている。腐植土層は、深度5 mより深い位置にも広く確認され（主に深度7 m以深）、国道116号西バイパス亀貝インターチェンジ付近や寺尾～小針の南側、西川河口左岸の青山浄水場、新田南のアクアパーク新潟付近などで、層厚1～2.5 m以上の厚さで分布することがそれぞれ確認されている。一方、西川沿いには砂泥互層 ($bmal$) が広範囲に分布している。西川の自然堤防上にはボーリングデータが比較的多いが、それらの大半は砂泥互層 ($bmal$) である。

3. 3. 7 阿賀野川以東地区

北部では、砂丘列が新砂丘Ⅰ-2から新砂丘Ⅲ-2まで9列が分布する。新発田方面から流れる派川加治川は、新砂丘Ⅱ-4と新砂丘Ⅲ-1の間を流れて新井郷川に合流している。砂丘堆積物の表層部は固結度が低く、N値は新砂丘Ⅰ (sd_1) 及び新砂丘Ⅱ (sd_2) で10～20程度、新砂丘Ⅲ (sd_3) で5～10程度である。新砂丘Ⅱ-1～新砂丘Ⅲ-2の間の砂丘間低地は、大部分がN値10前後の比較的ゆるい砂 (bms) からなるが、部分的に薄い腐植土層を挟む砂泥互層 (hal_1) を挟むことがある。新砂丘Ⅱ-2内の西方に形成された砂丘間低地には、砂泥互層 ($bmal$) が優勢に分布している。

新砂丘Ⅰと新砂丘Ⅱは、分布域がやや斜交しているため、砂丘間低地は西側ほど広がっている。半円弧状に配列した鳥屋～横井（新砂丘Ⅰ-4）と木崎～内島見（新砂丘Ⅱ-1）の間には、かつて島見前潟と呼ばれた潟があり、主に砂泥互層 ($bmal$) が分布している。その東方、内島見付近には砂層 (bms) が広がり、更に東側の砂丘列の間隔が狭くなった部分には薄い腐植土層を挟む砂泥互層 (hal_1) が分布している。また、新砂丘Ⅰ-2～新

砂丘I-4の砂丘間低地は主に砂泥互層(bmal)からなる。また、阿賀野川右岸の砂丘を削った後に形成された低地の表層部は、主に砂泥互層(bmal)からなるが、胡桃山周辺では、深度5m以深に層厚2mを超える厚い腐植土層が分布する。

南部には駒林川や阿賀野川の旧河道が多く追跡される。福島潟の潟口から豊栄市街地を北上し、鳥屋の南側で西流して早通を經由して新井郷川に合流する旧河道と現在の新井郷川の間には薄い腐植土層を挟む砂泥互層(hal₁)が広く分布している。腐植土層は、旧豊栄市街地の西部の自然堤防沿いやJR早通駅東方で厚い。この薄い腐植土層を挟む砂泥互層(hal₁)は、新井郷川の南方の長戸近くまで分布しているものと考えられる。この層の下位(5m以深)には砂層が広く分布するが、これは阿賀野川の蛇行で侵食され残った砂丘堆積物(新砂丘I)と考えられる。また、旧豊栄市街地の東部は、砂泥互層(bmal)が優勢である。更に、福島潟から駒林川にかけての地域には主に泥層(bmm)が分布するが、大月付近から旧水原町市街地にかけての駒林川右岸は砂泥互層(bmal)からなる。

旧水原市街地は自然堤防上に位置し、主に砂泥互層(bmal)から構成され、5mより深い位置に厚い砂礫層が分布することがある。市街地の周囲には泥層(bmm)が分布し、瓢湖周辺には薄い腐植土層を挟む砂泥互層(hal₁)が広がる。

一方、阿賀野川と駒林川の間広がる後背湿地は主に泥層(bmm)からなるが、一部砂泥互層(bmal)に変化するところがある。5m以深の地層について見ると、山飯野北側では、深度5~6mに層厚0.5~1mの腐植土層を挟む。また、大瀬柳北側では、厚い礫層が分布し、更に北側では砂層に変わる。これらの礫層や砂層は阿賀野川の旧河床堆積物と推定される。

旧京ヶ瀬村の中心であった姥ヶ橋周辺は主に砂泥互層(bmal)に区分されるが、互層をなすよりはむしろ上部が泥層、下部が砂層の2層構成に近い。この地区で砂層がやや厚いのは、洪水堆積物の流入の影響によるものと考えられる。なお、駒林川左岸の五郎巻~猫山では、深度約6m以深に旧河床礫と推定される厚い礫層が分布している。

3.3.8 土地改変と人工地盤

本域域内で実施された土地改変として、掘削(開削)、切り盛り造成、埋立、盛土などがある。大規模な掘削工事(開削)としては、新潟東港(1963~1969年)、関屋分水路(1965~1972年)及び新川(1818~1820年)がある。砂丘地における大規模な造成は、新潟空港や新潟東港などである。埋土は信濃川河口近くの両岸や新潟東港、新潟空港などの河川や海域、及び池沼や旧河道に見られる。また、盛土、土塁は、河川堤防や高速道路、

堤防沿いの高上げ盛土、国道のバイパス、鳥屋野潟周辺の宅地造成である。土塁は、阿賀野市の旧水原町市街地にみられる。また、特殊な例として新潟市西区寺尾北側の海岸部にゴミの埋め立て処分地がある。

なお、関屋分水路の掘削土は、国道8号及び7号の新潟バイパスに、また、新潟東港の掘削土は、海面埋め立てのほか、新潟バイパス、国道49号亀田バイパスの盛土材としてそれぞれ使用された。一方、宅地の造成盛土については、市街地のほぼ全体が該当するため図示する対象から除いた。また、道路盛土についても図の煩雑化を避けるため、除外した。なお、福島潟周辺の干拓地については第3.1図に示した。

以下、主な人工地盤に関して、概要を述べる。

砂丘地における大規模造成地の盛土(ii) 砂丘地における造成は、大小の規模で広範囲に実施されている。阿賀野川以東では、新潟東港西側の工場地帯及び松浜地区の住宅団地や工場地帯で平坦化が行われている。阿賀野川と信濃川の間でも、全般的に切土造成(土砂採取)や切り盛り造成による平坦地化が実施され、特に阿賀野川河口左岸部の砂丘地に建設された新潟空港では大規模に行われた。信濃川以西では、海岸沿いの砂防林を除き、寺尾西方まで砂丘地全体で住宅地が開発されているが、造成の規模は小さい。

土塁(ew) 阿賀野市水原の越後府跡(天長山)で、礫層、砂層及び泥層から構成されるものと推定される。天長山は、天保の飢饉に際し、地元の豪農市島家が救民のための事業として別邸を建てた際に築かれた人工の丘で、1868年と1869年の2度にわたり、いずれも短期間ながら越後府が置かれた。

新堤・旧堤の盛土(bn₂, bn₁) 阿賀野川、信濃川、中ノ口川、小阿賀野川及び関屋分水路については、現在機能している堤防と地形図上で確認される堤防を新堤の盛土(bn₂)とし、以前に使用された古い堤防を旧堤の盛土(bn₁)についてそれぞれ塗色した。西川や通船川などの河川については、川幅が狭く、表示できないため省略した。築堤材料は、場所によって礫、砂及び泥の量比が異なり一定しない。信濃川や阿賀野川の河口付近では主に砂が使用されたが、1964年の新潟地震で多くの箇所破壊されたことを受け、阿賀野川では2011年度から2014年度にかけて耐震対策工事が施工された。信濃川(やすらぎ堤)については、2015年現在施工中である。

宅地の造成盛土 新潟市の市街地では、小針南、寺尾東、坂井東、女池~近江~米山、鳥屋野潟周辺(京王、東明、新石山)などを中心として平地の宅地造成が急速に拡大し、土地利用状況が一変した。また、郊外でも、内野、五十嵐中島、新中浜、新通西、新通南、小新、寺地、ときめき、鳥原、曾野木、栗山、中野山、もえぎ野、亀田早通、名目所、濁川、新崎などの周辺地域や早通などの住宅団地がつつぎつつぎに開発され、旧豊栄市や旧水原

町郊外でも住宅地が周辺の水田地帯に拡大している。また、亀田工業団地、小新周辺及び流通センター、竹尾卸団地、新崎工業団地、京ヶ瀬工業団地、木津工業団地といった大規模な土地開発（盛土造成）が行われている。

しかし、これらの地域では、盛土層の厚さは1～2mと比較的薄いことや表層地質図に必要な情報はむしろ盛土の下位の地盤であることから、本地域では宅地造成盛土を表層地質の構成要素から外した。なお、新潟市周辺では盛土材として砂が使用されることが多く、地下水位の高い泥層や粘土層（粘性土地盤）に盛土されている。このため、圧密沈下にもなって盛土材の砂層が地下水位以下になることが想定されるため、『新潟県内液状化しやすさマップ』（国土交通省北陸地方整備局企画部・（公社）地盤工学会北陸支部編，2012）では、液状化しやすい地盤と評価された。

“ゴミ層”（tr） 小針～内野地区には、特筆すべき点として、新潟市西区の海岸沿いに“ゴミ層”（tr）が広く認められる。ゴミ層は、深度2～9mの範囲に、層厚5m前後の厚さで埋められている。ゴミの埋め立ては、1964年の新潟地震の際に発生した震災瓦礫や一般家庭ゴミの終末処理場として小針埋め立て場が指定されたこと（新潟市，1966）をきっかけにその後も継続され、産業廃棄物処理場として1990年代まで使用されていた。現在は覆土され、その上を国道402号が通っているが、この部分では地表面に凹凸がある。その範囲や内容物の種類等の詳細は不明である。本地域では、周辺で実施されたボーリングデータを基に、国土地理院が地理院地図（国土地理院，2015）としてWeb上で公開している空中写真等を参照しながらその分布範囲を推定した。

旧水域（河川、海、池沼）の埋土及び旧河道の埋土（rl、

or） 新潟東港では、掘削土を利用して海岸に大規模な埋立地が造成された。新潟空港では、滑走路の延長にともない、海面が埋め立てられた。阿賀野川の旧流路の河口に残っていた焼嶋潟も現在は埋め立てられている。その他、後背湿地に残された大潟、小新潟、丸潟などの沼地や、砂丘間低地に残された良池、蓮池、女潟、男潟、蓮潟、中潟などの潟も埋め立てられ、住宅地あるいは水田となっている。また、信濃川、阿賀野川、派川加治川やそれらの支川などの旧河道の多くも埋め立てられ、耕地や住宅地としてそれぞれ利用されている。

信濃川最下流部（平成大橋（旧帝石橋）より下流側）では、1922年の大河津分水路の通水以降、信濃川の川幅が極端に減少したため、両岸が主に浚渫土によって埋め立てられた。また、信濃川大橋から下流の河川敷は盛土され平坦化されている。1964年の新潟地震で液状化現象が発生したのは、大半がこうした水面を埋め立てた地盤であり、盛土層の厚さは3m前後で、N値は5以下である。特に、臨海部では新潟空港が建設され、大規模な造成工事がなされたが、旧陸軍が作成した1890年測量の2万分の1地形図「松ヶ崎濱」において、現在の新潟空港滑走路の東側部に沼地が描かれ、古河と記載されている。この沼地は、かつての阿賀野川の日本海への注ぎ口の一部であり、旧河道と考えられる。1964年の新潟地震の際、新潟空港の当時のターミナルの玄関前で激しい液状化が発生したが、この沼地はターミナルと一部重なっている。このことから液状化の要因としてこの沼地の影響が推察される。なお、信濃川河口の新潟西港の岸壁周辺は、埋土（旧水域（河川）の埋土：rl）である。

第4章 地下地質

(安井 賢・卜部厚志・鴨井幸彦)

4.1 研究史

本地域を含む越後平野では、平野の開発に伴って段階的に地下地質の調査・研究が進展してきた。ここでは時代を追ってその概要を述べ、各地質の研究史については後節で詳しく述べる。

地下地質の調査・研究は、昭和初期から開発が進んだ沿岸部の水溶性天然ガスの調査に始まる。1950年代には水溶性天然ガス探鉱に伴う調査結果が公表され(兼子ほか, 1951; 新潟県, 1953, 1958; 伊田, 1955; 牧山, 1963a, b など)、深度800 m以浅のガス層(砂礫層)を頻繁に挟有する地層(主として蒲原層群)の分布状況や構造が明らかにされた。その後、更に深部で石油や構造性天然ガスの発見があり(東新潟・松崎ガス田, 南阿賀油田)、これらの深掘井の地質状況から、平野地下における新第三系・第四系の分布状況等が明らかにされた(池辺ほか, 1968; 天然ガス鉱業会・大陸棚石油開発協会編, 1982, 1992; 小林, 1996, 2000 など)。

一方、水溶性天然ガス採取に伴い、1954年ころから沿岸部を中心に地盤沈下が顕在化し、地盤沈下機構解明のために、通産省、新潟県及び新潟市による地盤沈下観測井の設置、農林水産省北陸農政局による多数のボーリング調査(北陸農政局新潟地盤沈下調査事務所編, 1965)が実施された。これらの試資料の解析などから、地下浅層部の基本層序(特に沖積層)が確立され、平野の古地理的背景、地層の年代や堆積環境の概要が明らかにされた(西田・茅原, 1956; 中野・武久, 1960; 井関, 1962; 阪口, 1964; 阿久津, 1966; 福田ほか, 1966; Minato *et al.*, 1967; 長谷川ほか, 1967; 柴崎・和田, 1968; 和田ほか, 1969; 和田, 1972; 新潟第四紀研究グループ, 1972; 湊, 1976; 新潟珪藻研究グループ, 1976; Hasegawa, 1976; 小林ほか, 1976 など)。

1960年代後半には都市部での開発の必要性から、沖積層のボーリング調査結果がその土質性状とともにまとめられた(建設省計画局・新潟県, 1967)。また、1970～1980年代になると、上越新幹線、北陸自動車道、新潟バイパス、新潟東港臨海工業地帯の開発、新潟市街地の高層ビルの建設等に伴う地質調査資料が加わり、平野部の地下地質情報は飛躍的に増加した(新潟県商工労働部企業振興課, 1970; 新潟県, 1977; 日本鉄道建設公団・新潟新幹線建設局, 1980 など)。これらは「新潟県平野部の地盤図集」(建設省北陸地方建設局北陸技術事務所

編, 1981)としてまとめられたほか、多くのボーリング資料をもとに沖積層の区分や年代、沖積層下の埋没段丘、平野の形成史や構造運動について議論がなされた(西田, 1969; 青木・仲川, 1980; 仲川, 1985, 1987; 海津, 1989; 安藤, 1994; 青木, 1996)。また、ガス開発や土木調査ボーリングコアを利用して、詳細な堆積環境を論じる試みも始められた(小林・松田, 1991; 大平, 1992, 1996; Nguyen and Kobayashi, 1996)。

1990年代以降は、磐越自動車道、日本海東北自動車道、新新(新潟-新発田)バイパス、亀田バイパス、新潟西バイパス、万代島開発等の土木建設に伴う調査試資料が追加され、これらを加味して新潟県地質図に平野部の断面図が掲載された(新潟県地質図改定委員会編, 2000)ほか、「新潟県地盤図」(新潟県地盤図編集委員会編, 2002)が刊行された。また、これに付随して、沖積層層序の再検討(鴨井ほか, 2002; 鴨井, 2002MS)や、砂丘列の形成年代の検討(鴨井ほか, 2006, 2015)が実施された。これらの研究のなかで得られた多数の ^{14}C 年代資料は、①越後平野における白根層の基底深度が確定したこと、②白根層中の不整合の存在が否定されたこと、③新潟砂丘における砂丘列の形成年代が確定したこと、④海進・海退などのイベントの年代が明らかにされたこと、⑤平野下に存在する複数の泥炭層(蒲原層群)の形成年代が明らかにされたことなどの点で大きな成果をもたらした。更に、近年では浅層地盤のボーリングデータベースの作成やそれに基づく地質モデルも公表された(木村, 2010; 船引ほか, 2011)。

2000年代以降は沖積層を対象とした研究用のオールコアボーリングも多数実施されるようになり、堆積相の解析、微化石の分析、堆積システムの検討などに関する詳細な研究が実施された(Urabe *et al.*, 2004; 安井, 2005; 卜部, 2005, 2008; 卜部ほか, 2006a, b, 2011a; 安井ほか, 2007)。更に、2009～2010年には、角田・弥彦断層の活動性を評価するため、産業技術総合研究所によって3本の100～150 m級を含む複数のオールコアボーリング(堆積相解析、 ^{14}C 年代測定、珪藻分析、物理探査)や反射法地震探査などが実施され、本地域及びその沿岸海域部の地質状況が明らかとなった(天野ほか, 2010, 2011; 稲崎ほか, 2010, 2011; 楢原ほか, 2011; 宮地ほか, 2009, 2010, 2011a, b, c; 中西ほか, 2010a, b; 田辺, 2013; Tanabe *et al.*, 2010, 2013; 山口ほか, 2009)。

4.2 新第三系及び下部～中部更新統

石油・天然ガス調査に基づく平野地下に分布する新第三系～第四系は、主として岩相や底生有孔虫の生層序によって新潟地域の標準層序と対比され、下位から七谷層、寺泊層、椎谷層、浜忠層、西山層、灰爪層、魚沼層群と呼ばれてきた(池辺ほか, 1968 など)。また、牧山(1963a)は灰爪層を下位の白岩層と上位の和南津層に区分し、魚沼層群に相当する地層を蒲原層群とし、蒲原層群の基底を鮮新世と更新世の境界とみなした。平野地下の新第三系～第四系(下部～中部更新統)の層序及び新潟地域標準層序との比較を第4.1図に示す。

本地域には深度5,000～2,000 mに及ぶ深掘井が多数分布する。5,000 m級の坑井としては基礎試錐「下五十嵐」(5,006.7 m, 到達層準は鮮新世の西山層)、基礎試錐「大淵」(4,920.2 m, 到達層準は中期中新世の七谷層)、新南阿賀-1(5,505 m, 到達層準は七谷層)などがある(新潟県地質図改定委員会編, 2000)。また、本地域に隣接する新潟市南区十五間(新津地域内)の基礎試錐「新潟平野」は、深度6,000 mまで掘削され七谷層の火山岩類に到達している(荒戸ほか, 1994)。以上の地質分布状況から、本地域内における深度6,000～5,000 mでは、新第三系の基盤に達していない。

1980年以降、テフラ層の追跡や対比、生層序学的研究や古地磁気学的研究が進展し、陸域各地における西山層より上位の地層の対比・編年が大きく変更された(小林ほか, 1986; 黒川, 1999 など)。そのため、平野地下の西山層より上位の地層群についても再検討が必要となった。小林(1996, 2000)は、坑井にも利用されてきた浮遊性有孔虫層序(米谷, 1978)や浮遊性有孔虫のマーカベッドによって、平野地下の地層群を、西山層より上位の模式地のある魚沼丘陵や西山丘陵の地層と対比し、下位から西山層(階)、灰爪層(階)、未呼称中部更新統に区分した。西山層は泥岩、砂岩及び泥岩砂岩互層からなり、灰爪層はシルト質泥岩を主体とし砂岩を挟む。また、未呼称中部更新統は灰爪層より上位で蒲原層群より下位の地層とされ、砂岩泥岩互層からなる。鍵となる浮遊性有孔虫マーカベッドは、*Globorotalia inflata* bedのNo.1帯～No.3帯、No.3帯とNo.2帯間の*Globoquadrina asanoi* bed、*Globigerina pachyderma* 右巻き(dextral)が多産する層から*Globigerina pachyderma* 左巻き(sinistral)が多産する層へと移行する層準(Marker A)である(渡辺, 1983)。なお、未呼称中部更新統中には、対比に有効なテフラやマーカとなる微化石は発見されていない。

荒戸ほか(1994)は三条市以北の越後平野において、地震探鉱記録断面と深掘井(特に基礎試錐「新潟平野」)の地質資料の総合的地質解釈に基づいて、後期中新世以

降のシーケンス層序学的枠組みについて検討した。また、Arato(1997)はシーケンス解析により区分したユニットC、D、E1及びE2を、東頸城丘陵の魚沼層群に対比した。

Marker Aは「新潟県下の新第三系・第四系古地磁気微化石複合年代尺度」(柳沢ほか, 2000)によると約1.2 Maの年代を示し、基礎試錐「新潟平野」で約2,500 m、基礎試錐「下五十嵐」で約2,500 m、基礎試錐「大淵」で約1,700 mの深度にそれぞれ位置する(小林, 1996)。また、小林(1996)は鮮新世～更新世境界を*Globoquadrina asanoi* bed付近と考え、平野地下の第四系の最大層厚は新潟市西区内野周辺で約3,600 mと見積もった。なお、2009年にIUGSで批准された鮮新世～更新世境界(2.58 Ma, Matuyama-Gauss 古地磁気境界)に従うと、平野地下の第四系の層厚は更に厚くなるとみられる。

一方、新潟沖海域における地質層序は粟島周辺において、下位から音響基盤、向瀬層群、平瀬層群及び両津沖層群に区分された(岡村ほか, 1995)。最近、井上ほか(2011a)は沿岸域の地質・活断層調査・研究での成果を加味して、両津沖層群の最上部の沖積層に対応する地層を四ッ郷屋沖層と命名した。このうち向瀬層群は、伸張応力場で形成されたリフトを埋めて堆積した前期中新世の地層、平瀬層群は平行な反射面で特徴づけられる中期中新世から前期鮮新世の地層、両津沖層群は平瀬層群を不整合で覆う後期鮮新世～第四紀の堆積物とされる(岡村ほか, 1995)。

4.3 中部～上部更新統

平野地下の中部～上部更新統については、分布深度が深いため、オールコア採取による詳細な研究はほとんど実施されておらず、得られた知見は断片的なものが多い。蒲原層群より上位の地層における層序区分の変遷(第4.2図)に示すように、後期更新世の最終氷期や最終間氷期の地層群は、G₁層、西蒲原層、埋没段丘礫層、蒲原層群と呼ばれている。以下に、これまでの研究における各層に関する検討を整理した。現状では、沖積層より下位の地層群の詳細な対比は困難であるため、本地域では沖積層(白根層)の下位に分布する浅層の堆積物に対して、ト部ほか(2006b)が再定義した蒲原層群の名称を用いることとした。また、海域の蒲原層群相当層は、両津沖層群の名称を用いた。沖積層下位の地層群の層序や編年は、本地域南方の弥彦・新津地域を含めて、今後の詳細な検討が必要と思われる。

4.3.1 蒲原層群(K)

層序区分の変遷

蒲原層群は砂礫層を挟有するシルト～砂質シルト層か

らなる。この中で水溶性天然ガス層は上位から G₁ (G はガス層=砂礫層を意味する), G₂ ~ G₈ と順次呼称されてきたが, 牧山 (1963a) は泥層の鉱物組成の差などから G₅ 層の直下に非整合が分布する可能性を示し, G₅ 層から G₁ 層の直下までの地層を蒲原層群と定義し, G₁ 層を沖積層の基底礫層とした。その後, 最近まで蒲原層群の層序学的研究の進展はなかったが, 卜部ほか(2006b) は東新潟ガス田における複数の坑井試料 (物理検層及びカッティングス試料) を検討し, 複数のテフラを発見するとともに既存の微化石資料を公表した。そして, 東新潟 MG-37 号井を模式とし, 蒲原層群を G₆ 層上限の検層対比マーカー D (Mrk. D) を下限とし, G₁ 層上限の高比抵抗を示す物理検層対比マーカー (120 m top) まで (深度 525 ~ 109 m) と再定義した。

分布

牧山 (1963a) は, 蒲原層群が新潟ガス田 (阿賀野川沿岸部~内野町周辺, 本地域はその範囲に完全に含まれる) に広く分布するとした。伊田 (1955) は, 信濃川下流域 (新潟市関屋~新潟市大形本町) における蒲原層群の分布状況を示した。また, 小林 (1991, 1994) は新潟市松浜~新潟東港地区 (新潟地域内) 及び中ノ口西部地区 (本地域南部及び弥彦・新津地域北部) における蒲原層群の分布状況を示した。更に, 基礎試錐「新潟平野」の試資料や地震探鉱記録断面から, 越後平野中央部 (弥彦・新津地域) にも蒲原層群は広く分布するとされる (荒戸ほか, 1994; Arato, 1997)。

層相と層厚

砂礫層を挟有するシルト~砂質シルト層からなる。上位から G₁ 層, G₂ 層, G₃ 層, G₄ 層, G₄' 層, G₅ 層のガス層を挟み, G₁ 層, G₂ 層, G₃ 層は分布が断続的で, ガス鉱床として有力なものは G₄ 層, G₄' 層, G₅ 層である (牧山, 1963a, b)。また, G₄ 層はその直上の泥炭層とともに分布が広いとされる (牧山, 1963a)。東新潟ガス田の東新潟 MG-37 号井における層厚は 416 m で, 砂礫, 砂及び泥の互層からなり, 泥炭層や 3 層の明瞭な軽石層を挟む (卜部ほか, 2006b)。蒲原層群 (G₅ 層を基底とした場合) の層厚は, 新潟市東部で約 450 m, 新潟市西部で約 700 m とされる (小林, 1991)。

化石と堆積環境

東新潟 MG-37 号井や新潟沖 SK-1 号井では軟体動物, 有孔虫及び珪藻化石の分析が実施され, 海生の軟体動物と有孔虫化石は蒲原層群の 3 層準 (G₁ 層と G₄ 層間, G₄ 層と G₅ 層間及び G₅ 層の下位から蒲原層群の基底まで) から産出する (卜部ほか, 2006b)。

軟体動物化石 東新潟 MG-37 号井の深度 190 m, 180 m (G₁ 層と G₄ 層間) から, *Saccella cf. sematensis* (アラスジソデガイ), *Veremolpha mica* (ヒメカノコアサリ), 新潟沖 SK-1 号井の深度 250 ~ 190 m (G₁ 層と G₄ 層間) 及び深度 360 ~ 320 m (G₄ 層と G₅ 層間) か

ら *Saccella cf. sematensis*, *Glycymeris* sp. (タマキガイ属) などの浅海種が産出する (卜部ほか, 2006b)。また, 内野 R-53 号井の深度 371 m 及び 352 m (G₃ 層と G₄ 層間の泥質層) の灰色シルト層から, *Umbonium costatum* (キサゴ), *Olivella japonica* (ホタルガイ), *Ringicula doliaris* (マメウラシマ), *Acteocina globosa* (マルコメツブガイ), *Fulvia mutica* (トリガイ), *Placamen tiara* (ハナガイ) などの外洋浅海種が産出する (小林・松田, 1991)。

有孔虫化石 新潟沖 SK-1 号井では比較的産出量が多く, 深度 450 ~ 210 m から *Ammonia japonica*, *Pseudorotalia gaimardii*, *Pseudononion japonicum* など, 深度 530 ~ 460 m から *Bussella frigida callida*, *Epstominella tamana* など内湾浅海帯に生息する種が多産する (卜部ほか, 2006b)。また, 帝石 R61 号井の深度 246.3 ~ 250.8 m (G₃ 層と G₄ 層間の泥質層) から, *Ammonia japonica*, *Ammonia manpukuzensis*, *Pseudononion japonicum* などが産出する (西田, 1969) ほか, 内野 R-53 号井の深度 435 m, 422 m, 410 m 及び 397 m (G₃ 層と G₄ 層間の泥質層) から *Ammonia japonica* や *Pseudorotalia gaimardii* などが産出する (小林・松田, 1991)。

珪藻化石 東新潟 MG-37 号井の深度 100 ~ 180 m (G₁ 層の上下) では, *Aulacoseira granulata* や *Eunotia* spp. など, ほとんどが淡水種からなるほか, 深度 580 ~ 180 m (蒲原層群の大部分) は含まれる殻数が非常に少ない (卜部ほか, 2006b)。

花粉化石 西田 (1969) は, 山ノ下地盤沈下観測井における G₄ 層直上の泥炭層の花粉分析結果を示し, ツガ属 (コメツガ型), マツ属, カバノキ属 (ダケカンバ型) が多く, モミ属+トウヒ属がかなり高率で出現することを示した。

化石から推定される堆積環境 牧山 (1963a) は, 蒲原層群の堆積環境を海相, 汽水相, 淡水相が繰り返された潮汐三角州の堆積物と推定した。上記化石の産出状況は繰り返し海水の浸入を受ける沿岸域の環境を示しており, 蒲原層群は中-後期更新世の海水準変動の影響を受けた堆積物の可能性が大きい。また, 西田 (1969) は, G₄ 層直上の泥炭層の花粉分析結果から亜高山帯の気候下での堆積を推定した。

テフラ層 卜部ほか (2006b) は, 東新潟 MG-37 号井におけるカッティングス試料の軽石の分析により, 4 層のテフラを同定した。すなわち, 上位から深度 120 m (G₁ 層の下位): 沼沢-水沼火砕流 (Nu-MZ: 山元, 2003) の二次堆積物, 深度 190 m (東新潟第 2 軽石層): 田頭テフラ (TG) の二次堆積物 (130 ka: 鈴木, 1999), 深度 230 m (G₄ 層の上位, 東新潟第 3 軽石層): 砂子原-久保田火砕流 (Sn-KB) の二次堆積物 (220 ka: 山元・須藤, 1996), 深度 340 m (G₄ 層と G₅ 層間, 東新潟第 4

軽石層)：砂子原-佐賀瀬川火砕流(Sn-SK)の二次堆積物(290 ka：山元・須藤, 1996)である。また、宮地ほか(2011a)は、GS-NIK コア(新潟市西区五十嵐三の町)の深度153.38~153.37 m及びGS-NIF コア(新潟市中央区入船)から始良Tn(AT)テフラ(30 ka)を報告している。

時代

ト部ほか(2006b)によると、軽石層と対比された火砕流のフィッシュトラック年代により、G₁層を含む蒲原層群の上部層準は、中期更新世の約30万年前~最終氷期最寒冷期の約1.8万年前と推定されている。

4.3.2 G₁層・西蒲原層・埋没段丘礫層

G₁層は、初期の研究では沖積層の基底礫層とされた(兼子ほか, 1951;井関, 1962;牧山, 1963a)。阪口(1964)は、G₁層の層相が著しく変化することからG₁層の上限を沖積層の下限とした。また、福田ほか(1966)は、海成層のB層・C層が一連の陸成層のD層・E層の上位に重なるため、C層の基底を沖積層の基底と考え、G₁層は更新統に含まれるとした。

Minato *et al.* (1967)や長谷川ほか(1967)は、地盤沈下観測井試料の¹⁴C年代測定を実施しG₁層上位の地層の¹⁴C年代値が26,000~25,000 yrs BPを示すことを明らかにし、G₁層は更新統に含まれることとなった。また、Minato *et al.* (1967)は、この白根層に不整合に覆われる腐植土を挟むシルトと細粒砂の互層を西蒲原層と命名し、最終氷期の亜間氷期に対比した。そして、G₁層を西蒲原層の基底部をなすものとし、埋没段丘礫層である可能性を示した。更に、湊(1976)は本地域南方の新潟市白根地域(弥彦地域内)でのG₁層の分布状況から、G₁層が被覆する平坦面には標高-140 m前後及び標高-150 m前後の2面が存在し、埋没段丘が2段に区別されると推定した。

西蒲原層の花分析・珪藻分析は、新潟市西区黒鳥の黒鳥B-24号井で実施され、淡水域の環境でやや寒冷な気候であったことが推定され、深度150 mの腐植土層にモミ属の花分析が卓越することから、深度150 mの層準が最終氷期最寒冷期に相当すると推定された(新潟第四紀研究グループ, 1972)。

その後、青木・仲川(1980)は、新潟市から三条市における多数のボーリング資料の解析から、G₁層とされてきた砂礫層を4層(浅いものからBtg 1, Btg 2, Btg 3, Btg 4)に区分し、埋没段丘礫層(青木, 1996では埋没段丘礫層群)と命名した。また、Iwanaga and Ishibashi(1977)は三条市において埋没段丘が広く伏在していることを明らかにした。一方、鴨井ほか(2002)は信濃川流域において、新たに測定された¹⁴C年代値とG₁層の関係について検討し、Minato *et al.* (1967)の西蒲原層とG₁層の関係と異なる結果を示した。

4.3.3 両津沖層群

両津沖層群は、日本海域に分布する後期鮮新世~後期更新世の堆積物である(岡村ほか, 1995;井上ほか, 2011a)。新潟市西区四ッ郷屋沖で掘削されたGS-Ni09-YT コアにおける深度40.0~30.8 mが、両津沖層群に対比されている(天野ほか, 2011)。細~極細粒砂からなり、軟体動物化石(*Callista* sp.:マツヤマワスレガイ属)や生痕化石(*Bichordites monasiriensis*)を含み、更新世の外浜~海浜堆積物とされる(天野ほか, 2011)。

4.4 上部更新統~完新統(沖積層)

4.4.1 沖積層研究の問題点

越後平野地下の沖積層の研究史は、鴨井ほか(2002)、新潟県地盤図編集委員会編(2002)及びト部ほか(2006a)に詳しく述べられている。ここでは項目別に既往の研究成果と現状をまとめて記述する。また、堆積相解析や微化石分析など詳細な検討が実施されたコアを第4.1表に示す。

地層名と沖積層の2分問題

越後平野地下の沖積層は、研究初期には単に沖積層として表現されてきたが、Minato *et al.* (1967)は白根層という名称を初めて用いた。その後、西田(1969)は新潟東港付近に分布する沖積層に対して、東新潟層と命名した。

青木・仲川(1980)は白根層上部の起伏のある形状を埋没谷と考え、白根層中に不整合の存在を推定し、更新統の白根層と完新統の黒鳥層に区分し、関東平野の七号地層と有楽町層にそれぞれ対比した。この沖積層を白根層と黒鳥層に2分する見解は、1980~1990年代の沖積層層序区分の大勢として受け入れられた(建設省北陸地方建設局北陸技術事務所編, 1981;小林, 1996;新潟県地質図改定委員会編, 2000など)。なお、青木(1996)は黒鳥層基底の¹⁴C年代値が3,160 yrs BP(3,377 cal BP)であることから、不整合の年代を完新世中に変更した。

しかし、鴨井ほか(2002)は多くの¹⁴C年代測定資料をもとに信濃川流域の層序を再検討し、各地の層相が時間面と斜交することを示し、青木・仲川(1980)の黒鳥層基底の不整合を否定し、沖積層を白根層として一括することを提唱した。また、ト部ほか(2006a)は西蒲原地域で埋没したバリアーを復元し、青木・仲川(1980)が示した白根層上面の埋没谷は、海水準の低下による河川の下刻ではなく、単にバリアーと潮流口・河口という地形を示すものと判断し、彼らの不整合を否定した。

沖積層の基底

沖積層の基底は、研究初期にはG₁層が沖積層の基底礫層と考えられてきた(牧山, 1963aなど)。しかし、G₁層上位の¹⁴C年代値が最終氷期の年代を示す(Minato

第 4.1 表 白根層・蒲原層群の研究コア一覧表

図幅名	孔名	位置	ボーリング調査実施機関	標高(m)	深度(m)	研究対象	調査・分析内容	文献
新潟	GS-D ₁	新潟市東区船江町(新潟空港敷地内)	通産省地質調査所	2.60	120	白根層	地質記載・有孔虫・珪藻・花粉	福田ほか(1966), 阿久津(1966)
	GS-D ₂	新潟市西区関屋町		12.38	190			
	帝石R-61		帝国石油株	—	1,000	蒲原層群	有孔虫	西田(1969)
	山ノ下610m	新潟市浜町17-1	新潟県	—	610	蒲原層群	花粉	西田(1969)
	FK	新潟市北区前新田(福島潟湾口橋)		—	35	白根層	地質記載・珪藻	大平(1992)
	TM	新潟市北区長場		—	28	白根層		
	TS	新潟市北区川西		—	4	白根層		
	SB	阿賀野市中央町		8	45	白根層		
	福島潟	新潟市北区前新田(福島潟湾口橋)	新潟県	—	82.4	白根層	地質記載・珪藻	Nguyen and Kobayashi (1996)
	万代島7-1	新潟市中央区万代島	新潟県	2.34	158	白根層	地質記載・軟体動物	鴨井ほか(2002)
	祖父興野9-9	新潟市中央区祖父興野	新潟市	0.04	150.45	白根層	地質記載・軟体動物	鴨井ほか(2002)
	親松9-1	新潟市中央区太右工門新田	新潟県	0.78	138.08	白根層	堆積相・軟体動物・珪藻	鴨井ほか(2002), 本報告
	MS-1	新潟市東区松島	新潟大学	0.09	30	白根層	堆積相・珪藻	卜部・高濱(2002), 安井(2005)
	YS-1	新潟市東区末広町		2.91	23			
	SY-1	新潟市東区下山		0.0	30		堆積相	卜部・高濱(2002)
	FG-1	新潟市北区前新田	新潟大学	-0.9	71	白根層・蒲原層群	堆積相・珪藻	卜部(2005), 安井ほか(2007)
	TA-1	新潟市北区太夫浜	石油資源開発株 三菱瓦斯化学株	4.0	97	白根層	堆積相・軟体動物・粒度・重鉱物組成	卜部ほか(2006b), 卜部(2008), 卜部ほか(2011a)
	東新潟MG-37	新潟市北区太夫浜	三菱瓦斯化学株 石油資源開発株	—	1,600 (1999掘削)	白根層・蒲原層群	軟体動物・有孔虫・珪藻	卜部ほか(2006b)
	新潟沖SK-1	海上	石油資源開発株	—	2263.8 (1964掘削)	白根層・蒲原層群	軟体動物・有孔虫・珪藻	卜部ほか(2006b)
	KD-1	新潟市東区河渡	新潟大学	6.0	30	白根層	堆積相・軟体動物・粒度・重鉱物組成	卜部(2008), 卜部ほか(2011a)
NT-1	新潟市東区沼垂	0.4		30				
SN-1	新潟市東区東中野山	1.0		30				
KM-1	新潟市江南区丸山	3.0		72				
GS-NIF	新潟市中央区入船町4丁目(新潟港湾事務所構内)	産業技術総合研究所	1.42	145	白根層・蒲原層群	堆積相・密度・物理検層	宮地ほか(2011a), Tanabe <i>et al.</i> (2013)	
GS-Ni09-AG	海上	産業技術総合研究所	-24.98	40	四ッ郷屋沖層	堆積相	天野ほか(2011)	
KN-1	新潟市江南区早苗	新潟大学	0.8	30	白根層	堆積相・粒度・重鉱物組成	卜部ほか(2011a)	
MZ-1	新潟市東区松崎		0.7	30				
内野	B-24 (地盤沈下井)	新潟市西区黒島	農林水産省	—	210	白根層	地質記載・花粉・珪藻	新潟第四紀研究グループ(1972), 新潟珪藻研究グループ(1976), Hasegawa (1976)
	坂井輪K-1 (地盤沈下井)	新潟市西区緑ヶ丘(坂井輪中学校構内)	新潟県	6.96	168 (1970掘削)	白根層	地質記載・重鉱物・化学分析・珪藻・花粉・有孔虫・軟体動物	小林ほか(1976)
	内野R-53	新潟市西区浦山		—	?	蒲原層群	有孔虫・軟体動物	小林・松田(1991)
	NU-1	新潟市西区五十嵐2の町(新潟大学構内)	新潟大学	5.3	70	白根層	堆積相・軟体動物	卜部ほか(2006a)
	OT-1	新潟市西区緒立		0.5	30			
	YO-1	新潟市西区四ッ郷屋		6.0	70	白根層・蒲原層群		卜部(未公表)
	GS-NIK	新潟市西区五十嵐3の町(新潟水産研究所構内)	産業技術総合研究所	8.56	163	白根層・蒲原層群	堆積相・珪藻・密度・物理検層	宮地ほか(2011a)
	GS-Ni09-YT	海上	産業技術総合研究所	-25.35	40	四ッ郷屋沖層	堆積相	天野ほか(2011)
弥彦	GS-KNM	新潟市西区金巻新田	産業技術総合研究所	2.74	154	白根層	堆積相・珪藻・密度・物理検層	宮地ほか(2009, 2011a), 中西ほか(2010a, 2010b), Tanabe <i>et al.</i> (2010)

¹⁴C年代測定、テフラ分析のみのコアは除く。

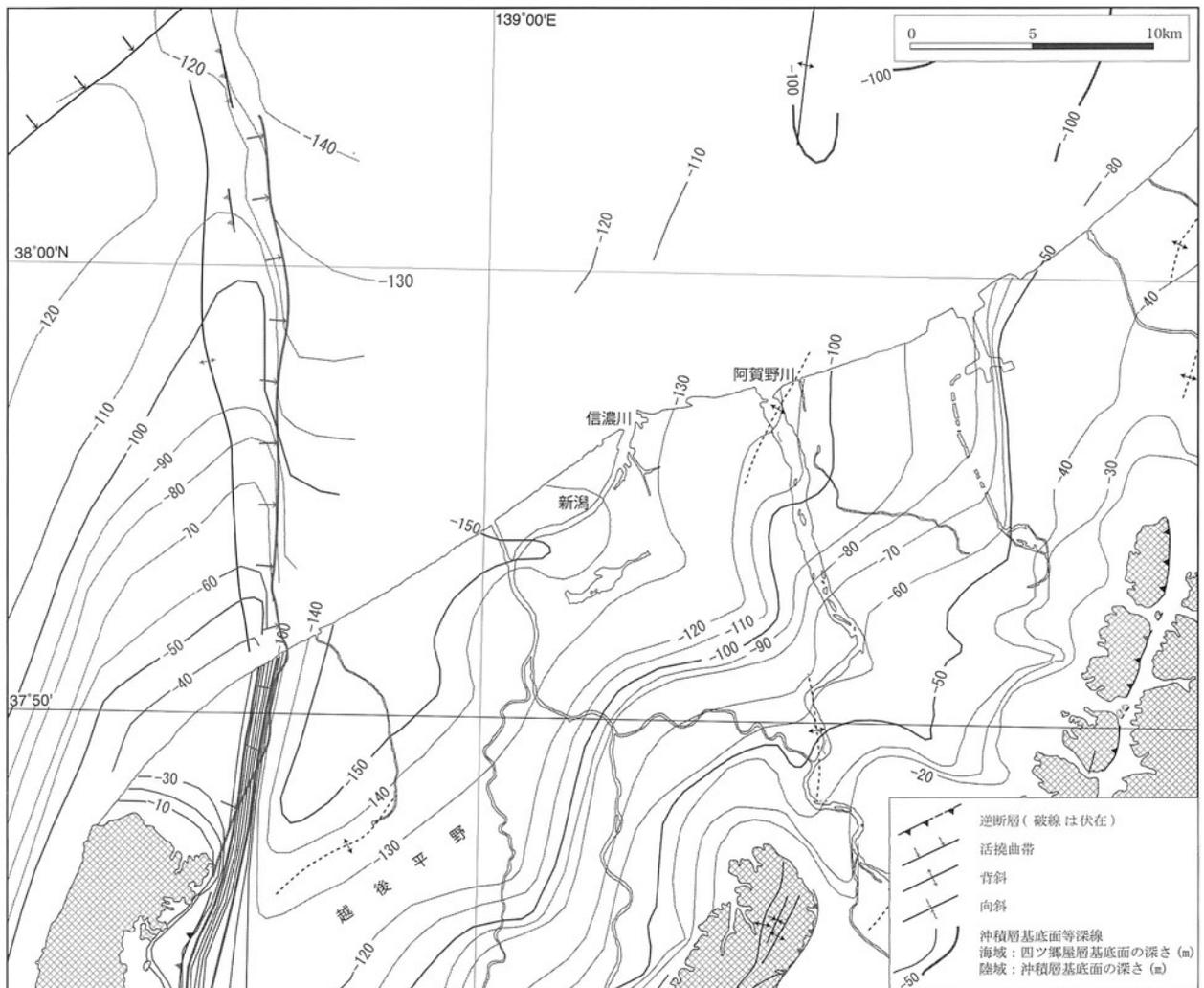
et al., 1967) ことから、その後の研究では沖積層の基底を G₁ 層上位の地層中に設定されている (小林ほか, 1976; 青木・仲川, 1980, 鴨井ほか, 2002 など)。ただ、正確な境界深度の決定には、¹⁴C 年代値の測定とオールコア採取による詳細な観察が必要で、コア試料の状態や分析内容により精度に相違が生じている。新潟県地盤図編集委員会編 (2002) は、このようなコア状況を考慮し沖積層の基底を安定した礫層の上面においた。また、鴨井ほか (2002) は、¹⁴C 年代値も考慮し礫層や腐植土層を挟在する砂・シルト互層の上限に沖積層の基底を置いた。更に、宮地ほか (2011a) は、AT テフラが発見された GS-NIK コアと GS-NIF コアにおいて、AT テフラを挟むシルト層上位の粗粒堆積物 (砂及び礫などの河川堆積物) の基底を沖積層の基底とした。

沖積層の基底深度は、陸域では新潟市西部 (内野地域) において最も深く、標高 -150 m 以上を示し、後述する角田・弥彦断層をはさんで標高 -30 ~ -40 m 程度となる

(第 4.3 図)。また、新潟市東部 (新潟地域) では、標高 -100 m 以上を示し、阿賀野川の流域付近を介して基底深度が浅くなる。海域では、角田・弥彦断層をはさんで東側と西側海域において基底深度が大きく変化している (第 4.3 図)。なお、新潟市沖は四ッ郷屋沖層中の音波散乱域が広く分布することから (井上ほか, 2011a, b), 沖積層の基底深度が不明である。

沖積層の細区分

福田ほか (1966) は沿岸部に分布する沖積層を A 層, B 層, C 層に区分し, 阿久津 (1966) は B 層, C 層を縄文海進に相当する地層とした。Minato et al. (1967) は内陸部の白根市 (現在の新潟市南区) ~ 沿岸部の新潟市における沖積層を下部, 中部, 上部に区分し, 中部層を海成粘土層とした。また, 柴崎・和田 (1968), 和田ほか (1969) は同地域の沖積層を I ~ V 層に区分し, V 層は最終氷期最寒冷期の堆積物とした。ただ, 和田ほか (1969) が示した断面図 (F 線地質模式断面図) では、



第 4.3 図 沖積層基底コンター図
井上ほか (2011b) を簡略化した。

各地域で層相が変化するものの、沖積層の年代資料が乏しく各部層境界はほぼ水平に引かれている。

「新潟県平野部の地盤図集」(建設省北陸地方建設局・北陸技術事務所編, 1981)は、青木・仲川(1980)の層序に従い、沖積層を下部(A4, 白根層下部相当)、中部(A3, 白根層中部相当)、上部(A2, 白根層上部相当)、最上部(A1, 黒鳥層相当)に4区分した。また、新潟県地質図改定委員会編(2000)や新潟県地盤図編集委員会編(2002)は、約10,000年前、約5,000年前を境に、沖積層や白根層を下部層(A3)、中部層(A2)及び上部層(A1)に区分し、それぞれの部層について、粘性土層、泥炭層、砂質土層、砂質土・粘性土互層、砂礫層に細区分し表現している。

鴨井ほか(2002)は、層相からA~I層の9層に区分し¹⁴C年代値に基づく時間面と各層が斜交することを明らかにした。また、船引ほか(2011)は、沖積層を下部河成層、中部海成層、砂体構成層及び上部河成層に区分した。

一方、新潟沖沿岸海域では四ッ郷屋沖層が沖積層に相当し、下部層が最終氷期以降1万年前までの堆積物、上部層が1万年前以降の堆積物とされている(井上ほか, 2011a)。

堆積環境の復元

沖積層の堆積環境は堆積相解析、化石分析などに基づき、多くの地点で実施されている(第4.1表)。地域的・局所的な知見については白根層の項目で述べ、ここではやや広域的に議論したものを中心に概観する。

越後平野の形成史について最初に言及したのは西田・茅原(1956)で、彼らは海進による平野全域に及ぶ内湾の形成段階、現在の砂丘の基盤をなす砂州の形成段階、砂州・砂丘の発達、水域の縮小、平野の埋積段階について3葉の古地理図を示した。彼らの形成史の大枠はその後の研究者にも大筋として踏襲されている(和田, 1972; 仲川, 1987; 青木, 1996など)。なお、これに関連して、海津(1991)は越後平野中央部について、大平(1992)は北東部について、完新世における古地理の変遷をそれぞれ4葉の古地理図で示した。また、これとは別に、鴨井・安井(2004)も新潟県地盤図(新潟県地盤図編集委員会編, 2002)をもとに、新潟県平野部の地盤図集(建設省北陸地方建設局北陸技術事務所編, 1981)に収録されているボーリング資料等を参照し、越後平野全体の生い立ちを6葉の古地理図で表現した。

多くの微化石試料に基づく沖積層の堆積環境の推定は、新潟市沿岸部における福田ほか(1966)が最初で、C層とB層は海水の影響が大きく、A層は潟成から淡水成とした。一方、新潟第四紀研究グループ(1972)は越後平野内陸部~沿岸部の珪藻分析を実施し、珪藻殻の含有率が低く、淡水種が卓越するものの海水種の出現頻度が中部で高いなどの結果を示した。また、長谷川ほか

(1967)は白根層中部に海成粘土層が存在するとした。和田(1972)はこれらの情報をもとに、縄文海進の進行に伴い、海岸部で砂州、内陸部では古白根潟と呼ばれる潟湖が形成され、これらが埋没・干陸して越後平野が形成されたと推定した。

その後、¹⁴C年代測定値の増加により、海津(1989)は、海成粘土層から6,000 yrs BP(同位体分別未補正年代)の¹⁴C年代値を得て、越後平野は約6,000年前に形成されたバリアーの前進によって埋積したと推定した。鴨井ほか(2002)は、縄文海進期~縄文海進高頂期前後の約8,000~5,000年前にバリアーラグーンシステムが完成し、約5,000年前以降は浜堤平野の発達とともに潟湖が埋積したとした。潟湖の発達した白根地域では、微化石の分析(Yasui *et al.*, 2000; 安井ほか, 2001)や堆積相解析・CNS分析(吉田ほか, 2006)など詳細な検討が実施され、越後平野において縄文海進高頂期が約6,800年前(同位体分別未補正年代)に相当することや、5,000年前以降に複数回の海の侵入が存在したことが明らかになった。

また、各地における堆積相の詳細な解析により、越後平野の沖積層は2つの異なる堆積システムの前進で形成されたことが示された。すなわち、信濃川流域の西蒲原地域では、約8,000年前にバリアーラグーンシステムが形成された後、急激な沈降による堆積システムの後退と前進を繰り返しながら、基本的にバリアーラグーンシステムが前進して平野を埋積した(Urabe *et al.*, 2004; 卜部ほか, 2006a)。一方、阿賀野川流域の亀田地域~新潟市街地では、阿賀野川の影響を強く受けたデルタシステムが前進して平野が形成された(卜部, 2008)。

更に、宮地ほか(2011a, b)は、新潟市西区五十嵐三の町~鎧潟地域(内野地域及び弥彦地域内)におけるボーリングコアの検討から、バリアーラグーンシステムが形成される以前の堆積環境について復元し、16,000~13,500年前は河川成~沼沢地の環境で、そのうち15,000~13,500年前以降約10,000年前までは塩成と淡水成の湿地環境を繰り返していたことを明らかにした。宮地ほか(2011b)は、塩水湿地と淡水湿地が繰り返した要因を角田・弥彦断層の活動に求めた。

4.4.2 白根層

命名・定義

Minato *et al.* (1967)の名称に基づき、鴨井ほか(2002)が再定義した。鴨井ほか(2002)によれば、白根層は沖積層の基盤を不整合で覆う。

模式地

本稿では模式地を設けない。

層序関係

下位の蒲原層群を不整合に覆う。

分布

本地域全域の地下に広く分布する。

層厚

層厚が最も薄い地域は、伏在する角田・弥彦断層より西側の地域（内野地域南西部）で、新潟市西区四ッ郷屋における YO-1 コアで約 53 m である。角田・弥彦断層より東側の地域では、新潟県地盤図編集委員会編（2002）によると層厚は 160 ～ 50 m 以上で、160 m 以上の最深部は狭い谷状を呈し、内野地域の田島（南隣弥彦地域）から五十嵐一の町に向かって北東－南西方向に延びている。研究コアにおいて確認されている最大層厚は、GS-KNM コア（南隣弥彦地域）の 154 m 以上（境界未確認）である。

区分

堆積相解析が実施された研究コアが限られていることから、本報告では新潟県地質図改定委員会編（2000）に従い、層相と ^{14}C 年代値をもとに、白根層を下部、中部及び上部に区分した。下部は約 16,000 ～ 約 10,000 年前、中部は約 10,000 ～ 約 5,000 年前、上部は約 5,000 年前以降に相当する。

層相

白根層下部 淡水～汽水成砂泥互層 (Sla) 及び河川成砂 (Sls) からなる。

河川成砂 (Sls) は、本地域南東端部の標高 -70 ～ -50 m にのみ分布する河川の堆積物で、礫混じり粗粒砂～細粒砂層からなる。最大層厚は約 3 m である。

淡水～汽水成砂泥互層 (Sla) は、白根層下部の大半を占め、標高 -80 m 以深に分布する。細粒砂とシルトの不規則互層からなる淡水～汽水成堆積物で、貝殻片や腐植物を含む。最大層厚は約 76 m である。N 値は 20 ～ 50 以上とばらつきが大きい。

白根層中部 海成砂質泥 (Smm₁)、潟成泥 (Smm₂)、汽水～海成砂泥互層 (Sma)、海成砂 (Sms₁)、砂丘・砂洲・海成砂 (Sms₂) 及び湖沼・河川成砂 (Sms₃) からなる。

海成砂質泥 (Smm₁) は、沿岸部を中心に広く分布し、比較的均質な海成の砂質シルト～シルト層で、細粒砂の薄層を挟む。一般的に貝殻片や腐植物を含むほか、細礫をまれに含む。最大層厚は約 56 m である。N 値は一般的に 6 ～ 20（一部で 30 程度）である。

潟成泥 (Smm₂) は、福島潟周辺に分布する。潟湖（汽水～淡水）の堆積物で粘土～シルト質粘土層からなる。最大層厚は約 23 m である。N 値は一般的に 0（自沈）～ 2 を示す。

汽水～海成砂泥互層 (Sma) は、海成砂や海成砂質泥よりも内陸側に分布し、これらと指交関係にある汽水～海成堆積物である。細粒砂とシルトの不規則な互層で、腐植物を比較的多く含むほか、貝殻片をまれに含む。最大層厚は約 53 m である。N 値はかなりばらつきが、一般的に泥で 6 ～ 20、砂で 20 ～ 40 である。

海成砂 (Sms₁) は沿岸部に分布する海成堆積物で、細粒砂～シルト混じり細粒砂層からなり、中粒砂やシルトの薄層を挟むほか、貝殻片をまれに含む。最大層厚は約 25 m である。N 値は 20 ～ 50 以上とばらつきが大きい。

砂丘・砂洲・海成砂 (Sms₂) は新砂丘 I の砂丘列の地下に帯状に分布する。ただ、亀田地域周辺ではその分布が確認されていない。縄文海進期～縄文海進高頂期前後に形成された砂丘、砂洲及び海成堆積物である。細～中粒砂層を主体とし、ところにより礫混じり粗粒砂～砂礫層となる。まれに貝殻片を含む。最大層厚は約 41 m である。N 値は表層部を除き 30 ～ 50 以上（一般的に 50 以上）と大きい。

湖沼・河川成砂 (Sms₃) は福島潟周辺で湖沼・湿地・河川成泥及び砂と潟成泥に挟まれて分布し、シルト混じり細粒砂からなる。五頭山麓からの扇状地の張り出しに伴う湖沼、河川の堆積物である。最大層厚は約 4 m である。N 値は 2 ～ 7 である。

白根層上部 海成泥 (Sum₁)、湖沼・湿地・河川成泥及び砂 (Sum₂)、湿地・河川成砂泥互層 (Sua)、海成砂 (Sus)、河川成砂及び礫 (Sug) 及び砂丘成砂 (Sud) からなる。

海成泥 (Sum₁) は、海底部に分布するシルト層である。最大層厚は約 3 m である。湖沼・湿地・河川成泥及び砂 (Sum₂) は、信濃川以東の新砂丘 I よりも海側の砂丘間低地（鳥屋野潟周辺を含む）、新砂丘 I よりも内陸の福島潟～横越町周辺、阿賀野川や信濃川の現河道及び旧河道に分布する。泥層を主体とし、腐植土層や細粒砂層を挟む。鳥屋野潟～牡丹山周辺や新井郷川右岸沿いの早通から豊栄（葛塚）にかけての地域では、腐植土層が広くかつ厚く分布する（第 3 章参照）。湖沼、湿地及び河川の堆積物である。最大層厚は約 13 m である。N 値は一般的に 0（自沈）～ 5 を示す。

湿地・河川成砂泥互層 (Sua) は、阿賀野川と信濃川の間で、小阿賀野川から鳥屋野潟の南に至る地域、信濃川以西の新砂丘 III の内陸側の地域に広く分布する。泥がやや優勢な砂泥互層（シルトと細粒砂の互層）で、腐植土層や砂礫層を挟む。湿地及び河川の堆積物である。最大層厚は約 18 m である。N 値は一般的に泥層で 0（自沈）～ 10、砂層で 20 前後である。

海成砂 (Sus) は、本地域の海岸部の浅層部（標高 -30 ～ -50 m 以浅）に広く分布する浅海成層である。全般的に下部は細粒砂～シルト混じり細粒砂、上部は中粒砂からなり、薄い腐植物層を挟むほか、貝殻片、軽石及び細礫を含むところがある。最大層厚は約 51 m である。N 値はばらつくものの 10 ～ 40 を示すところが多く、部分的に 50 以上となる。

河川成砂及び礫 (Sug) は阿賀野川右岸の阿賀野市

(旧京ヶ瀬村, 旧水原町, 旧笹神村) 周辺で, 泥及び砂 (Sum₂) の下位に広く分布する。砂礫層 (礫径は5~40 cm) 及び礫混じり粗~中粒砂層を主体とする。砂礫層は背後の花崗岩類からなる五頭山地からの土石流堆積物に由来する。最大層厚は約14 mである。N値は砂層で10~40, 砂礫層で50以上である。

砂丘成砂 (Sud) は, 新砂丘Ⅱ~Ⅲの砂丘列を構成する砂丘成層で細粒砂 (一部中粒砂) からなる。土地質ボーリングでは下位に分布する海成の砂との境界ははっきりしない。最大層厚は約36 mである。N値は5~30で, 下部に向かって増加する傾向にある。

化石

軟体動物化石 研究コアのTA-1コアについては第4.4.5章で述べる。既存の研究では以下の種が産出する。

東新潟 MG-37号井の深度90 mの白根層下部の砂質シルトから *Potamocorbula amurensis* (ヌマコダキガイ) 及び *Fluviocingula nipponica* などの汽水種が産出する (卜部ほか, 2006b)。

祖父興野 9-9孔の白根層中部の砂質泥 (Smm₁) から *Reticunassa festiva* (アラムシロガイ), *Moerella* sp. (モモノハナガイ属), *Corbicula japonica* (ヤマトシジミ), *Oliva mustelina* (マクラガイ) 及び *Potamocorbula* sp. (ヌマコダキガイ属) が, 同孔の砂 (Sma) から *Potamocorbula* sp., *Crassostrea gigas* (マガキ) 及び *Corbicula japonica* が産出する (鴨井ほか, 2002)。

東新潟 MG-37号井や新潟沖 SK-1号井の深度80~20 mにみられる白根層中部~上部の砂や砂質シルト (Smm₂ 及び Sus に相当する) から, *Acteocina insignis* (コメツブガイ), *Acteocina koyasensis* (コヤスツヅラガイ), *Callista chinensis* (マツヤマワスレガイ), *Homalopoma amussiatum* (エゾザンショウ), *Macoma praetexta* (オオモノハナガイ), *Mangilia tabatensis* (タバタマンジ), *Mitrella yabei* (スミスシラゲガイ), *Oliva mustelina* (マクラガイ), *Olivella japonica* (ホタルガイ), *Turbonilla tokunagai* (トクナガイトカケギリ), *Rhizorus acutaeformis* (タマゴマメヒガイ), *Ringicula dolialis* (マメウラシマ), *Saccella* cf. *sematensis* (アラスジソデガイ), *Umbonium costatum* (キサゴ), *Veremolpha micra* (ヒメカイノコアサリ) 及び *Wallucina lamyi* (チヂミウメノハナガイ) などの浅海性種が産出する (卜部ほか, 2006b)。

万代島 7-1孔の白根層上部の海成砂 (Sus) から *Macoma praetexta* (オオモノハナガイ) が産出する (鴨井ほか, 2002)。また, 坂井輪 K-1号井の深度105.6~104.1 m (白根層下部の Sla に相当), 深度72.0~60.5 m (白根層中部の Smm₁ に相当) 及び深度56.0~46.9 m (白根層上部の Sus に相当) から, *Ctena delicatula* (ウミアサ), *Mitrella* cf. *yabei* (スミスシラ

ゲガイ), *Cantharus* sp., *Latirus* sp., *Paludinella japonica* (ヘソカドガイ), *Odostomia hilgendorfi* (オリイレクチキレモドキ), *Turbonilla semicolorata* (ソメワケイトカケギリ), *Turbonilla tokunagai* (トクナガイトカケギリ), *Ringicula yokoyamai* (ヨコヤマウラシマ) 及び *Acteocina* sp. の浅海性種が産出する (小林ほか, 1976)。

有孔虫化石 東新潟 MG-37号井や新潟沖 SK-1号井の深度80~58 m (白根層下部に相当) から, *Ammonia japonica*, *Buccella frigida callida*, *Buccella aculeata*, *Cribrononion clavatum*, *Cribrononion subgranulosum*, *Nonion manpukujiense*, *Pseudorotalia gaimardii* 及び *Siphogenerina raphanus* が産出する (卜部ほか, 2006b)。また, 坂井輪 K-1号井の深度104~114 m (白根層下部に相当) から *Ammonia* cf. *beccari*, *Elphidium subincertum* 及び *Quinqueloculina* sp., 深度83~65 m (白根層中部に相当) から, *Ammonia japonica*, *Pseudorotalia gaimardii*, *Elphidium subincertum*, *Buccella frigida*, *Nonion manpukujiense*, *Pseudoeponides* sp. 及び *Bolivina robusta* が産出する (小林ほか, 1976)。

珪藻化石 詳細に珪藻化石群集が検討された, 研究コアの FG-1 コア, 親松 9-1 コア, GS-NIK コア及び GS-KNM コアについては第4.4.5章に述べる。

分析頻度は粗いものの白根層のほぼ全深度について検討した研究としては, 黒鳥 B-24号井における新潟第四紀研究グループ (1972) や新潟珪藻研究グループ (1976), 坂井輪 K-1号井における小林ほか (1976) がある。これらによると, 白根層の珪藻殻数は一般に非常に少なく, 淡水~汽水生種が優勢なものの, 白根層中部 (標高 -90~-35 m) では *Coscinodiscus* 属, *Thalassiosira excentrica*, *Delphineis surirella* などの海水種が多く出現するとされる。また, 福島潟では白根層中部~上部の潟湖や湖沼堆積物中に, *Skeletonema costatum*, *Cyclotella caspia*, *Aulacoseira granulata* などの環境指標となる浮遊性珪藻種が多産し, 詳しい環境変化が復元されている (大平, 1992; Nguyen and Kobayshi, 1996; 安井ほか, 2007)。更に, 信濃川河口付近では白根層上部の海成砂中の珪藻分析が実施され, 5,000年前以降の2層準で, *Thalassiosira excentrica*, *Delphineis surirella* や *Odontella aurita* などの海水生種が多産する (安井, 2005)。

テフラ 白根層中には, 群馬県の浅間火山, 石川県の白山, 福島県の沼沢火山などを起源とするテフラが挟在することが指摘されている (卜部ほか, 2000)。一方で, 複数のテフラの薄層は認められるが, 鉱物組成, 重鉱物組成, 火山ガラスの形態, 火山ガラスの化学組成の類似から, 再堆積したものと判断できるものも多い。また, 鉱物組成, 重鉱物組成, 火山ガラスの形態, 火山ガラス

の化学組成などの検討では、広域的なテフラとの対比根拠となるような特徴を有しておらず、供給起源が不明のテフラも多くある。

このうち、本地域において、比較的広域的に認定と対比が可能なテフラは、約5,300年前の福島県の沼沢火山の沼沢湖噴火(山元, 1995, 2003)によるNm-NKテフラである。沼沢湖噴火では、火山近傍に火砕流が流下し火山近傍の只見川などを広く埋積している。Nm-NKテフラは主に福島県に広く分布する。本地域をはじめとする越後平野には、火砕流によって只見川を堰き止め部分が決壊して、只見川から、阿賀川、阿賀野川を流下したイベント堆積物(火砕流の2次堆積物)として軽石を多く含む火山灰質な砂層が認められる(卜部・高濱, 2002; 卜部ほか, 2006b, 2011a)。また、越後平野の一部では降下テフラとしてもたらされた可能性がある(卜部・高濱, 2002)。沼沢火山を起源とするNm-NKテフラは、白根層中では重要な指標テフラとなっている。なお、特に阿賀野川流域において、Nm-NKテフラ起源の軽石や火山ガラス片は、越後平野まで決壊洪水によるイベント堆積物としてもたらされて以降、デルタの前進に伴って約2,000年間以上も再堆積を繰り返していることが知られており、軽石の挟在と同時期面の認定に際して大きな課題があることが指摘されている(卜部ほか, 2011a; 片岡・卜部, 2013, Kataoka *et al.*, 2016)。また、GS-NIK コアの深度149~146 mの中粒砂層には、軽石片や火山ガラスが多く含まれる。これらの軽石片や火山ガラスは、浅間火山起源のAs-Kテフラ(約15 ka: 町田・新井, 2003)に対比できる。

4. 4. 3 四ッ郷屋沖層

命名・定義

両津沖層群(岡村ほか, 1995)の最上部を井上ほか(2011a)によって分離・独立された地層に対して命名された。

模式地

本報告では模式地を設けない。

層序関係

両津沖層群及びその下位の地層を切る侵食面を覆う(井上ほか, 2011a)。

分布

内野地域の沿岸部で、高分解能音波探査が実施された範囲のみに分布する(井上ほか, 2011a)。

層厚

新潟市西区四ッ郷屋沖の測線E202で27 m以上である(天野ほか, 2011)。

区分

下部と上部に区分される。下部は明瞭で平行な反射面、プログラデーションパターン、不規則な起伏を伴う侵食面など変化に富む反射パターンを示し、上部は海底に平

行で不明瞭ながら連続性が良い反射面を示す(井上ほか, 2011a)。天野ほか(2011)のボーリングコアにおける¹⁴C年代値との関係から、下部は最終氷期以降1万年前までの堆積物、上部は1万年前以降の堆積物と推定されている(井上ほか, 2011a)。

層相

GS-Ni09-YT コア(N37° 52' 09.40", E138° 52' 49.02", 水深25.35 m)では、四ッ郷屋層上部が観察され、下位の泥(uYm)と上位の砂(uYs)からなる。いずれも海成の堆積物である。砂は細粒~極細粒砂、泥はシルト~粘土からなる(天野ほか, 2011)。下部層はボーリングで確認されていない。

化石

泥(uYm)から生痕化石(*Bichordites monastriensis*)が、砂(uYs)から軟体動物化石(Ungulinidae gen. et sp. indet.: フタバシラガイ科, *Pitar* sp.: ユウカゲハマグリ属, *Umboonium* sp.: キサゴ属)報告されている(天野ほか, 2011)。

堆積環境

堆積相解析や¹⁴C年代値から、GS-Ni09-YT地点における四ッ郷屋沖層上部層の堆積環境は下位の泥(uYm)が10,500~9,800 cal BPのエスチュアリーから8,200~5,100 cal BPの沖浜、上位の砂(uYs)は5,100 cal BP以降の外浜と推定されている(天野ほか, 2011)。

4. 4. 4 ¹⁴C年代値

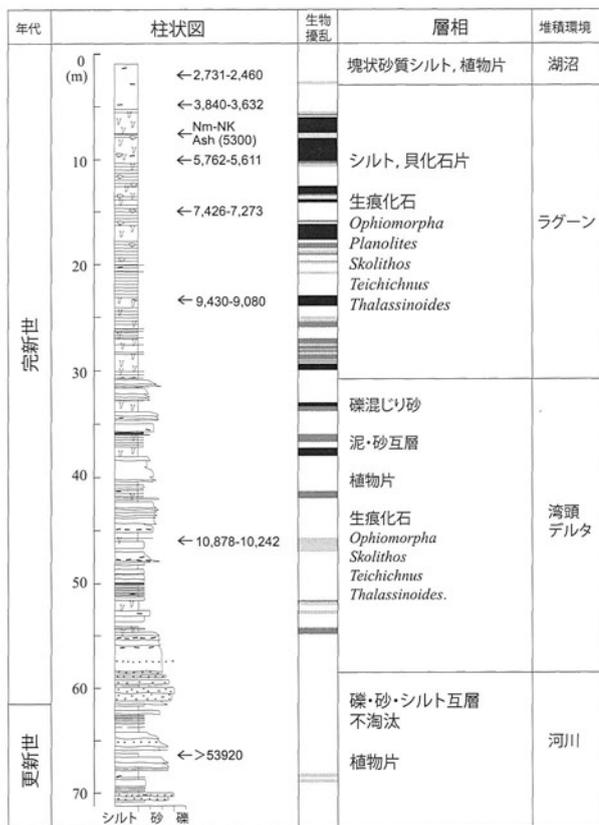
ボーリングコア等から得られた試料を使って測定された¹⁴C年代は、沖積層研究の発展に大きく寄与してきた。本地域でも、これまでに357点にのぼる多数の資料が得られている。それらを整理して付図、付表として示した。ただし、考古遺跡調査関係の資料は除いた。

¹⁴C年代については、暦年較正が定着しており、最新の較正曲線に合わせる必要がある。付表では、OxCal online(IntCal 13: Reimer *et al.*, 2013)を用いて暦年較正年代を求めた。なお、 $\delta^{13}\text{C}$ が未測定であったデータについても、推定値(泥炭及び腐植物: -27‰; 木片及び炭質物: -25‰; 種子: -22‰(Stuiver and Polach, 1977))を用いて同位体補正を行い、暦年較正年代を求めた。

4. 4. 5 代表コアの記載

FG-1 コア 掘削地点: 新潟市北区前新田(N37°54'59", E139°14'32"), 標高: -0.9 m, 掘進長: 71.0 m, 実施者: 新潟大学

潟湖~湖沼堆積物が厚く分布する福島潟に近接する低地で掘削され、白根層と蒲原層群最上部がオールコアで採取された(卜部, 2005; 第4.4図)。層相と堆積環境は卜部(2005)、珪藻分析は安井ほか(2007)に基づいて述べる。本コアの層序は、深度71.00~60.90 mが蒲



第4.4図 FG-1 コアの層相と堆積環境の概要
 卜部 (2005) に加筆した。柱状図に示した数字は、
 年代測定した層位と暦年較正年代を示す。

原層群, 深度 60.90 ~ 58.28 m が白根層下部, 深度 58.28 ~ 7.57 m (Nm-NK テフラの下限) が白根層中部, 深度 7.57 ~ 1.00 m が白根層上部に相当する。

層相・堆積環境・¹⁴C 年代値

深度 71.00 ~ 58.27 m (河川) 細礫層, 極細粒~極粗粒砂層, 砂泥互層, 砂質シルト層からなる。このうち深度 60.90 m 以深はシルト層である。上位層準と比較して固結度が高いため, 蒲原層群の最上部と考えられる。深度 60.90 m ~ 58.27 m にみられる細礫層は淘汰が悪く, 中礫を多く含む。礫の形状は亜円~角である。砂層は淘汰が悪く, 細~中礫を含む。級化構造が発達し, 基底に侵食面を伴う。シルト層は主に塊状で, 有機質である。散在的に植物片が産出する。これらは白根層下部の河川成砂 (S1s) に対比される。

本相は, 不淘汰で炭質物を多く含むこと, 生物擾乱がほとんど認められないことから, 非海成の河川環境で形成されたことを示唆する。したがって, 級化構造を示す砂層や砂礫層は河川流路の堆積物, 有機質な泥層や砂泥互層は氾濫原の堆積物と解釈される (卜部, 2005; 吉田ほか, 2006)。

深度 58.27 ~ 30.36 m (湾頭デルタ) 白根層中部の汽水~海成砂泥互層 (Sma) に相当する。極細粒~

粗粒砂層, 砂泥互層, 砂質シルト層からなる。層厚約 2 ~ 5 m ごとに, シルト層から砂泥互層, そして中粒~粗粒砂層へと累重する上方粗粒化の繰り返しが認められる。砂層は平行葉理, トラフ型斜交層理, フォアセット斜交層理が発達する。主に級化構造を示し, 基底に侵食面を伴う。淘汰はやや良い。中礫サイズのシルトの偽礫を含む。最下部には不淘汰な中粒~極粗粒砂層が認められ, 内部に細~中礫や同サイズのシルトの偽礫を含む。一部のシルト層や砂泥互層に, 生物擾乱や生痕化石が認められる。生痕化石は, 一部に *Thalassinoides*, *Skolithos*, *Ophiomorpha*, *Teichichnus* が認められる。年代は, 深度 47 m から約 10,560 cal BP の ¹⁴C 年代値が得られた。

本層準は, 植物片を多く含むことや斜交層理が発達することから, 河川の影響を強く受けていたと考えられる。しかし, 一部で生物擾乱や生痕化石を伴うことから, 海水の影響が示唆される。よって, 本堆積相は湾頭デルタの堆積物と解釈できる (卜部, 2005; 吉田ほか, 2006)。また, 層厚約 2 ~ 5 m ごとに上方粗粒化する堆積相の累重様式は, デルタロープのプログラデーションを特徴づけている。すなわち, 砂質シルト層・砂泥互層はプロデルタ, 極細粒~粗粒砂層はデルタフロントに相当すると考えられ, プロデルタからデルタフロントへの上方浅海化を示している。

深度 30.36 ~ 3.13 m (ラグーン) 白根層中部~上部の潟成泥 (Smm₂), 湖沼・河川成砂 (Sms₃) 及び白根層上部の湖沼・湿地・河川成泥及び砂 (Sum₂) に相当する。弱く平行葉理が発達する部分と, 著しい生物擾乱や生痕化石のため塊状を呈する部分が繰り返す, シルト~砂質シルト層からなる。これらの変化は数 m オーダーで, ほぼ同じ頻度で確認できる。単層の厚さは約 2 ~ 3 cm であり, 比較的厚い。まれに, 砂の薄層を挟在する。しばしば散在的に植物片や小型の軟体動物化石が産出する。下位層に漸的に重なる。生痕化石は, *Ophiomorpha* が全体に多く観察され, 一部に *Thalassinoides*, *Skolithos*, *Teichichnus* や *Planolites* が認められる。本層準の年代は, 約 9,400 ~ 3,600 cal BP の ¹⁴C 年代値が得られた。

本層準は, 植物片や軟体動物化石を含有する厚い泥層を主体し, 生物擾乱や軟体動物化石の存在は海成であることを強く示唆する。これらの特徴は河川流入と波浪とが干渉しあい, 厚い泥質堆積物を形成するラグーン環境を示している (卜部, 2005; 吉田ほか, 2006)。また, 本層準では, 数 m オーダーで平行葉理部と生物擾乱部が繰り返している。このうち平行葉理部は底棲生物の活動が制限され, 初生的堆積構造が保存されるような貧酸素の底層環境, 生物擾乱部は底層に酸素が供給され, 底棲生物が活発に活動できるような, 溶存酸素が豊富な底層環境で形成されたことを示

している可能性がある。

深度 3.13 ~ 1.00 m (湖沼) 白根層上部の湖沼・湿地・河川成泥及び砂 (Sum₂) に相当する有機質な砂質シルト層からなる。主に塊状を呈するが、不明瞭な平行葉理を伴うこともある。一部で弱い生物擾乱が認められる。散在的に多くの炭質物片を含む。下位層に漸移的に重なる。年代は、深度 2.09 m から約 2,600 cal BP の ¹⁴C 年代値が得られた。

本層準は、浮遊物質から沈積した泥層からなることや、植物根化石や腐植物層が認められないことから、比較的水深のある停滞した水域で形成されたことを示している。また、下位のラグーン堆積物に比べ、生物擾乱や生痕化石がほとんど認められないことから、淡水成の湖沼の堆積物と推定できる。

全体の年代と堆積環境の変化は、約 13,000 cal BP に河川環境から海進により湾頭デルタの堆積環境となり、約 9,000 cal BP からはラグーンの堆積環境となる。湾頭デルタの堆積環境での堆積速度は、上位層準と比較して速い。ラグーン環境は約 3,500 cal BP まで維持されるが、堆積速度が遅くなる。

珪藻化石 深度 27 ~ 1 m における潟湖~湖沼堆積物の、白根層中部の潟成泥 (Smm₂) 及び上部の湖沼・湿地・河川成泥及び砂 (Sum₂) に相当する 179 試料で分析が実施されている (第 4.5 図, 第 4.6 図)。珪藻化石群集は異なった塩分濃度を指標する数種の浮遊性種 (海水生種の *Skeletonema costatum*, 汽水生種の *Cyclotella caspia*, 淡水生種の *Aulacoseira ambigua* 及び *Aulacoseira granulata*) の消長で特徴づけられる。安井ほか (2007) は、珪藻化石群集により下位から、海水生群集を主とする F11 区分、海生浮遊生種が消長することで特徴づけられる F10-F3 区分、淡水種で特徴づけられる F2-F1 区分に区分した。福島潟地域の堆積環境は、沿岸域の淡水が流入する海水域から汽水湖沼を経て淡水湖沼へと変化したことが示されている。

GS-NIF コア 掘削地点：新潟市中央区入船 4 丁目、国土交通省新潟港湾・空港整備事務所敷地内 (N 37° 56' 36", E139° 3' 42"), 標高:1.42 m, 掘進長:145.0 m, 実施者：産業技術総合研究所

白根層と蒲原層群最上部がオールコアで採取されている。層相、堆積環境と ¹⁴C 年代値について宮地ほか (2011a) に基づいて述べる (第 4.7 図)。本コアの層序は、深度 145.0 ~ 135.6 m が蒲原層群、深度 135.6 ~ 96.2 m が白根層下部、深度 96.2 ~ 52.0 m が白根層中部、深度 52.0 ~ 2.8 m が白根層上部に相当する。

層相・堆積環境・¹⁴C 年代値

深度 145.0 ~ 135.6 m (後背湿地) 本層準は、蒲原層群最上部層に相当する植物根のみられる灰色のシルト層と泥炭層から構成される。深度 137.60 ~

137.50 m には淡灰色の火山灰層がみられ、AT テフラと考えられる。本層準には、軟体動物化石や生痕化石がみられず、植物根がみられることから、海水の影響のない、淡水の環境において堆積したと考えられる。泥炭層の存在は本堆積相が淡水成の氾濫原における後背湿地のような環境において形成されたことを示す。

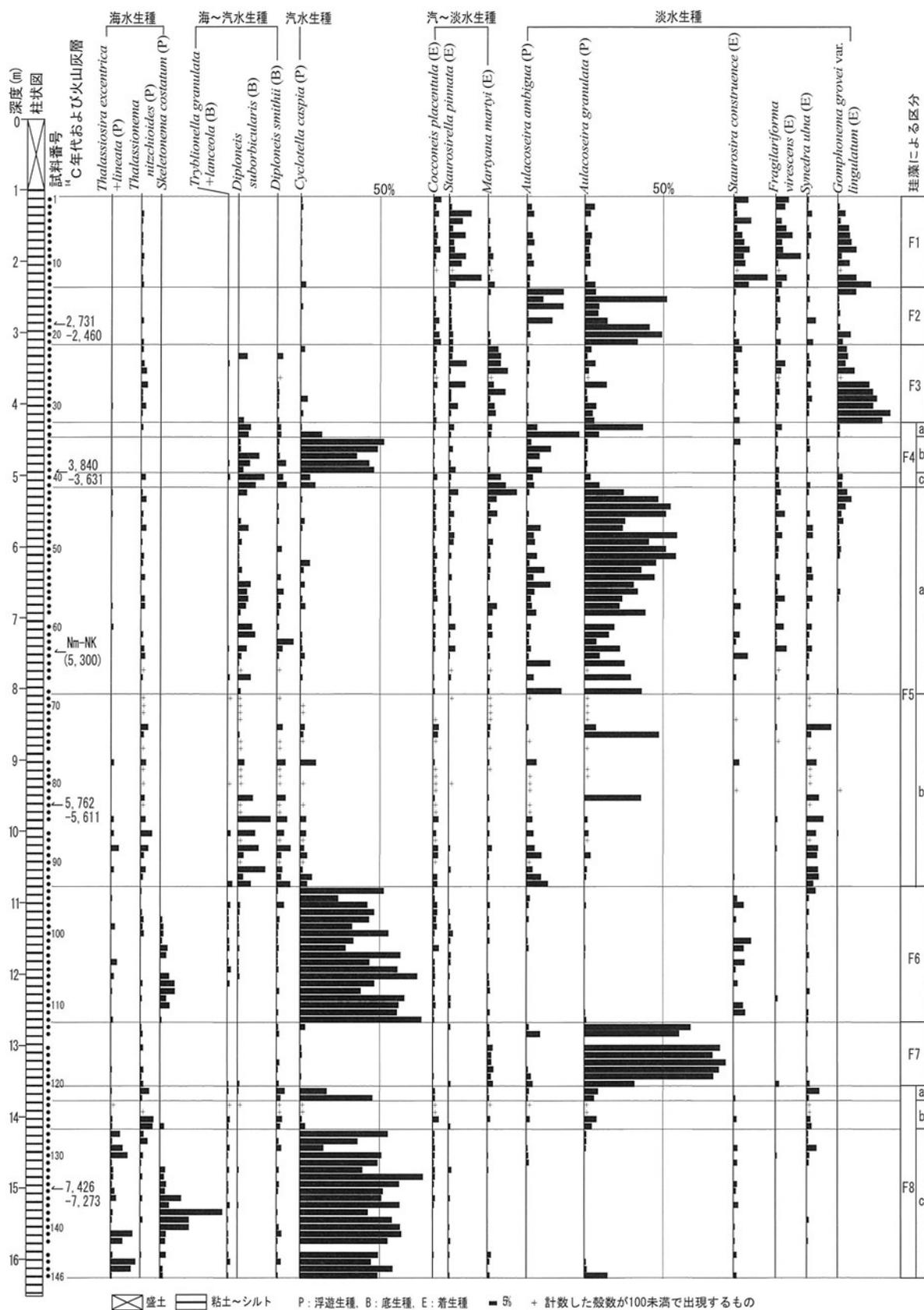
深度 135.6 ~ 110.9 m (蛇行河川) 本層準は、白根層下部の淡水~汽水成砂泥互層 (Sla) に相当し、層厚がそれぞれ 1 ~ 3 m の砂礫層と泥層の互層からなる。砂礫層は中礫~細粒砂から構成され上方細粒化を示すことが多い。また、砂礫層はトラフ状斜交層理、緩やかに傾斜した平板状斜交層理、クライミングリップ層理へと変化する可能性がある。シルト層中には、極細粒砂、植物根と植物片がみられる。本層準には、軟体動物化石や生痕化石がみられず、植物根がみられることから、海水の影響のない、淡水の環境において堆積したと考えられる。本層準からは、再堆積と考えられるものも含めて、15,200 ~ 12,700 cal BP の ¹⁴C 年代値が得られた。

深度 110.9 ~ 96.2 m (汽水) 本層準は、白根層下部の淡水~汽水成砂泥互層 (Sla) に相当し、層厚が 1 ~ 3 m の砂層と泥層の互層から構成され、軟体動物化石や生痕化石、植物片が全体を通じて多く産出する。生痕化石は一部生物攪乱相を形成する。砂層は細粒~中粒砂から構成される。泥層は部分的に極細粒~細粒砂とリズミカルな細互層を形成する。本層準からは軟体動物化石や生痕化石が産出することから、汽水から海水の環境において堆積したと考えられる。本層準からは、再堆積と考えられるものも含めて、14,700 ~ 10,000 cal BP の ¹⁴C 年代値が得られた。

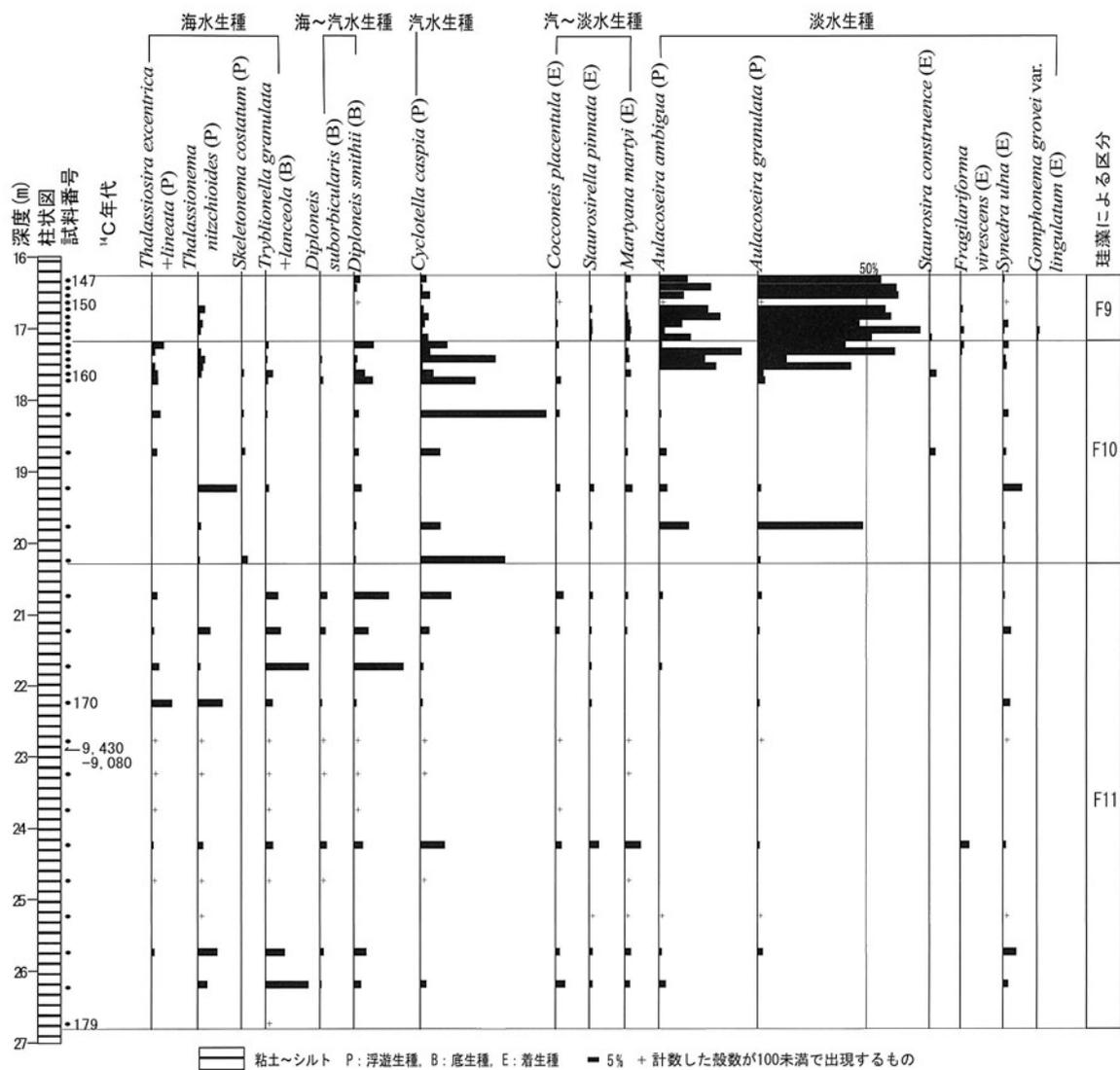
深度 96.2 ~ 52.0 m (沖浜) 本層準は、白根層中部の海成砂質泥 (Smm₁) に相当する塊状のシルト層~砂質シルト層から構成され、軟体動物化石やウニ、生痕化石が多くみられる。本層準はシルトが卓越して分布することから、暴波時波浪水深限界よりも深い環境においてサスペンションによって形成された沖浜堆積物と解釈することができる。本層準からは 10,000 ~ 2,300 cal BP の ¹⁴C 年代値が得られた。

深度 52.0 ~ 17.0 m (下部外浜) 本層準は、白根層上部の海成砂 (Sus) に相当する。軟体動物化石を多く産出する淘汰の良い極細粒砂から構成され、局部的に細粒砂やシルトと互層をなす。下位の層相との連続性から判断して、本層準は下部外浜において堆積したと考えられる。本層準からは 2,300 ~ 500 cal BP の ¹⁴C 年代値が得られた。

深度 17.0 ~ 2.8 m (上部外浜) 本層準は、白根層上部の海成砂 (Sus) に相当する。生痕化石を含む極粗粒砂~極細粒砂層から構成される。砂層にはトラフ状斜交層理やカレント・リップル層理がみられる。



第 4.5 図 FG-1 コアの代表的な珪藻種の産出状況と区分 (深度 16 m 以浅)
安井ほか (2007) に加筆した。



第 4. 6 図 FG-1 コアの代表的な珪藻種の産出状況と区分 (深度 16 m 以深) 安井ほか (2007) に加筆した。

下位の層相との連続性から判断して、本層準は上部外浜において堆積したと考えられる。本層準からは 500 と 400 cal BP の ^{14}C 年代値が得られた。

TA-1 コア 掘削地点：新潟市北区太夫浜 (N37°58' 7", E139°9' 46"), 標高：4.0 m, 掘進長：97.0 m, 実施者：新潟大学, 石油資源開発(株), 三菱瓦斯化学(株)。

阿賀野川河口北東部の東新潟ガス田で掘削され、白根層のほぼ全層準がオールコアで採取された (ト部ほか, 2006b; 第 4. 8 図)。堆積相解析はト部 (2008), ^{14}C 年代値及び軟体動物化石の分析はト部ほか (2006b), 粒度, 鉱物組成, 重鉱物組成及び火山ガラスの形態分析はト部ほか (2011a) にそれぞれ報告されている。ここでは層相, 堆積環境, ^{14}C 年代値及び産出した軟体動物化石についてト部ほか (2006b), ト部 (2008) をもとに記述する。本コアの層序は、深度 97.0 ~ 87.0 m が白根層下部、深

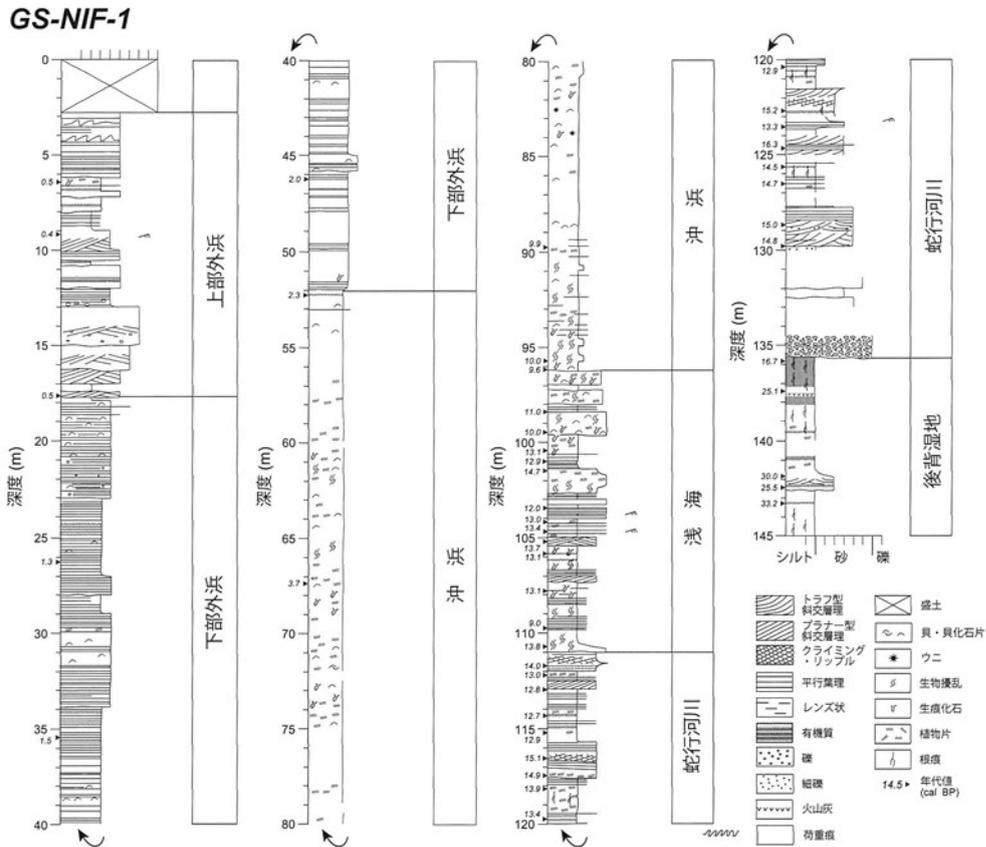
度 87.0 ~ 55.0 m が白根層中部、深度 55.0 ~ 1.0 m が白根層上部に相当する。

層相・堆積環境・ ^{14}C 年代値

深度 97.0 ~ 87.0 m (汽水) 本層準は、白根層下部の淡水～汽水成砂泥互層 (S1a) に相当する。全体に砂質シルト～泥質な極細粒砂からなる。含まれる軟体動物化石や層相から、汽水の堆積環境が推定される。年代は、深度 91.06 m から約 12,600 cal BP, 深度 88.49 m から約 11,400 cal BP の ^{14}C 年代値が得られた。

深度 87.0 ~ 84.0 m (ラグ) 本層準は、白根層中部の海成砂 (Sms₁) に相当する淘汰の悪い細～極粗粒砂からなることから、海進時の残留 (ラグ) 堆積物であると考えられ、基底の侵食面は、ペイラビンメント面であると考えられる。

深度 84.0 ~ 55.0 m (エスチュアリー) 本層準は、



第 4. 7 図 GS-NIF コアの層相と堆積環境の概要
宮地ほか (2011a) に加筆した。

白根層中部の海成砂質泥 (Smm₁) に相当する。全体に砂質シルト～泥質な極細粒砂からなる。含まれる軟体動物化石、生痕化石や層相から、エスチュアリーへの堆積環境が推定される。年代は、深度 60.12 m から約 5, 200 cal BP の ¹⁴C 年代値が得られた。

深度 55.0 ～ 20.0 m (砂質エスチュアリー) 本層準は、白根層上部の海成砂 (Sus) に相当する。全体に極細粒～細粒砂からなる。含まれる軟体動物化石、生痕化石や層相から、砂質なエスチュアリーへの堆積環境が推定される。本層準のうち深度約 51.0 ～ 47.0 m 層準や深度 33.0 ～ 20.0 m 層準は、エスチュアリー内部ではあるがより粗粒で河川の影響を受けたプロデルタの要素が強い堆積物であると考えられる。年代は、深度 46.35 m から約 3, 400 cal BP の ¹⁴C 年代値が得られた。

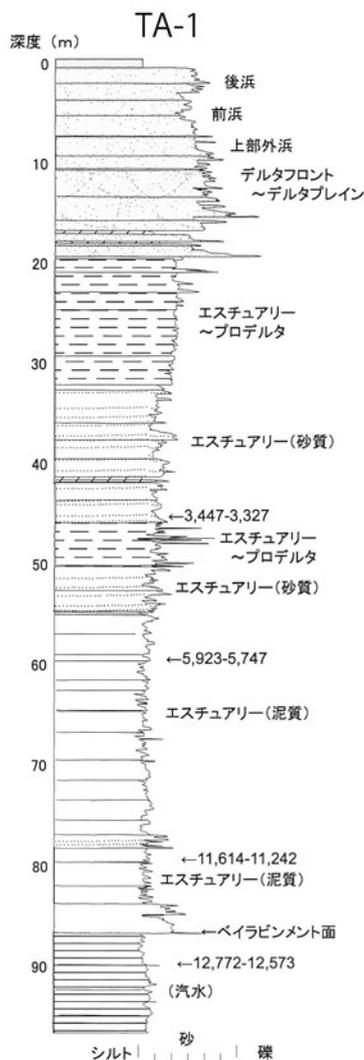
深度 20.0 ～ 11.0 m (デルタ) 本層準は、白根層上部の海成砂 (Sus) に相当し、全体に中粒～極粗粒砂からなり、シルトや有機質シルトを挟在する。砂層にはトラフ型斜交層理がみられ、粗粒の軽石片を多く含む。砂層の淘汰と層相から、河川の影響を受けた堆積環境が示唆され、デルタフロントからデルタプレーンの堆積環境であると考えられる。

深度 11.0 ～ 1.0 m (上部外浜～後浜) 本層準は、白根層上部の海成砂 (Sus)、砂丘成砂 (Sud) に相当する全体に淘汰のよい中粒～粗粒砂からなり、上方に向かってやや淘汰が悪くなる。これらは粒度や堆積構造から、上部外浜～後浜への堆積環境が推定される。

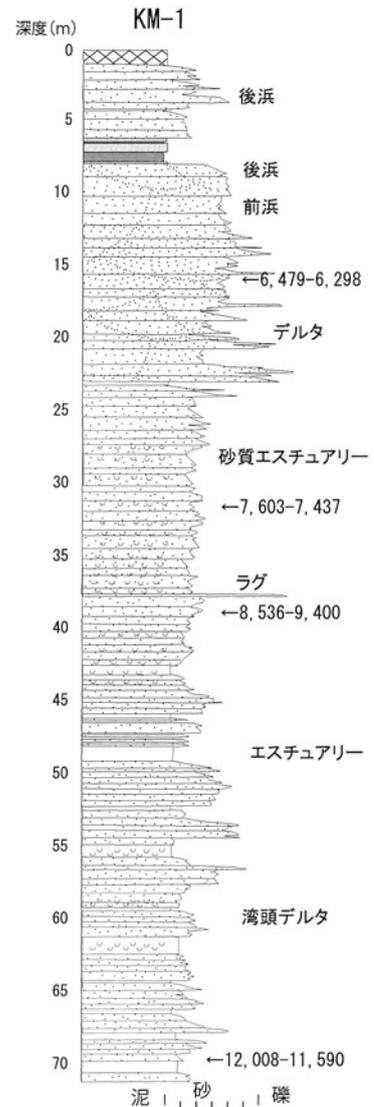
全体の年代と堆積環境の変化は、約 12, 000 cal BP 以降に急激な海進によりエスチュアリーへの堆積環境となり、その環境は約 3, 000 cal BP まで維持される。これ以降は、デルタシステムの前進に伴い、埋積が進み、現地形が形成される。

軟体動物化石 白根層下部の淡水～汽水成砂泥互層 (Sla) に相当する深度 87.0 ～ 91.0 m から *Ringicula dolialis* (マメウラシマ)、*Acteocina koyasensis* (コヤスツツラガイ) の浅海種、*Fluviocingula nipponica*、*Potamocorbula amurensis* (ヌマコダキガイ) の汽水種が、白根層中部の海成砂質泥 (Smm₁) ～上部の海生砂 (Sus) に相当する深度 37.0 ～ 62.0 m から *Mitrella yabei* (スミスシラゲガイ)、*Callista chinensis* (マツヤマワスレガイ)、*Macoma praetexta* (オオモモノハナガイ) の浅海種が、それぞれ産出する。

KM-1 コア 掘削地点：新潟市江南区丸山 (N37°52' 23.3", E139°7' 31.6"), 標高：3.0 m, 掘進長：72.0 m,



第 4. 8 図 TA-1 コアの層相と堆積環境の概要
ト部ほか (2006b) に加筆した。



第 4. 9 図 KM-1 コアの層相と堆積環境の概要
ト部 (2008) に加筆した。

実施者：新潟大学

新潟市江南区亀田地域には、新砂丘 I に区分される砂丘列が分布する。亀田地域の砂丘列からは、縄文時代前期以降の多数の遺跡が発見され、新砂丘 I の地形区分や年代区分の模式となっている (新潟古砂丘グループ, 1974, 1979)。KM-1 コアは、砂丘列の形成過程の解明を目的として、新砂丘 I - 3 と I - 4 の間の砂丘間低地で深度 72.00 m まで掘削された (ト部, 2008)。ここでは層相、堆積環境、 ^{14}C 年代値についてト部 (2008) をもとに記述する (第 4. 9 図)。本コアの層序は、深度 72.00 ~ 26.11 m が白根層中部、深度 26.11 ~ 1.16 m が白根層上部に相当する。

層相・堆積環境・ ^{14}C 年代値

深度 72.00 ~ 54.00 m (埃頭デルタ) 本層準は、白根層中部の汽水～海成砂泥互層 (Sma) に相当する粗～極粗粒砂層とシルト層～砂質泥層からなる。シル

ト層～砂質泥層は炭質物片を多く含み、生痕化石が認められる。また粗～極粗粒砂層は斜交層理を伴うことがある。上方粗粒化の傾向を示す。なお、深度 54.12 ~ 54.00 m は、淘汰の悪い中～粗粒砂層で基底には細～中礫や貝殻片を多く含み、基底は明瞭な侵食面を示すラグ堆積物の特徴を示す。年代は、深度 69.67 m から約 11,800 cal BP の ^{14}C 年代値が得られた。

深度 54.00 ~ 47.00 m (エスチュアリー) 本層準は、白根層中部の汽水～海成砂泥互層 (Sma) に相当する。やや淘汰のよい細粒～極細粒砂層を主体とし、やや泥質な極細粒砂層を挟む層相から、砂質シルト層と泥質な細～極細粒砂層を主体とし、砂質シルト層は極細粒砂の薄層や炭質物片を挟む層相へと上方粗粒化を示す。生物擾乱を受けており、*Ophiomorpha* sp. などの生痕化石が多く見られ、貝殻片を含む。特徴的な

堆積構造や層相が認められないため、堆積環境や堆積深度の特定は困難であるが、定常的に波浪の及ぶ深度よりやや深い浅海に堆積したエスチュアリーへの堆積物と推定できる。

深度 47.00 ~ 26.11 m (砂質エスチュアリー) 本層準は、白根層中部の汽水~海成砂泥互層 (Sma) と中部の海成砂質泥 (Smm₁) に相当する。砂質シルト層と泥質な細~極細粒砂層を主体とする層相から、やや淘汰のよい細粒~極細粒砂層を主体とする層相へと上方粗粒化を示す。深度 37.58 ~ 37.40 m はラグ堆積物からなる。この上位の深度 37.40 ~ 26.11 m は、やや淘汰のよい細粒~極細粒砂層から、やや泥質な細粒~極細粒砂層、やや淘汰のよい細粒~極細粒砂層へと上方粗粒化、上方粗粒化を示す。年代は、深度 38.15 m から約 9,500 cal BP、深度 32.34 m から約 7,500 cal BP の ¹⁴C 年代値が得られた。

深度 26.11 ~ 12.78 m (デルタ) 本層準は白根層上部の海成砂 (Sus) に相当する。本層準の下部は、主に生物擾乱や生痕化石が発達する泥質砂層からなり、上部では極細粒砂層~泥質砂層を挟在する中粒~極粗粒砂層へ変化する層厚 4 ~ 5 m 程度のユニットの繰り返しからなる。本層準の上部の深度 15.41 ~ 12.78 m は、極粗粒砂~細礫層や中粒~極粗粒砂層からなる。砂層にはトラフ型斜交層理が発達する。基底には細礫からなるラグ堆積物を伴うこともある。生物擾乱や生痕化石は認められない。年代は、深度 16.42 m から約 6,400 cal BP の ¹⁴C 年代値が得られた。本層準の下部の砂層は、淘汰が悪いことから河川起源の堆積物の特徴を示している。また、これに挟在する極細粒砂層~泥質砂層は生物擾乱や生痕化石が認められることから、浅海や内湾などの環境下で堆積したものと考えられる。本層準の上部の砂層も、淘汰が悪いことから河川起源の堆積物の特徴を示している。これらの特徴は、デルタシステム (プロデルタ、デルタフロント、デルタプレーン) の層相と考えられ、全体としては、デルタシステムの前進に伴う層相の変化を示している。

深度 12.78 ~ 11.00 m (前浜) 本層準は白根層上部の海成砂 (Sus) に相当する。非常に淘汰のよい中~粗粒砂層からなり、数度傾く平行葉理が発達する。淘汰のよい砂層は、定常的に波浪の影響を受けて堆積したことを示唆し、前浜堆積物であると考えられる。

深度 11.00 ~ 1.16 m (後浜) 本層準は、白根層上部の砂丘成砂 (Sud) に相当する比較的淘汰のよい細粒~中粒砂層からなる。細~中粒砂層には数度傾く砂鉄の平行葉理が発達することもある。泥質な細粒~極細粒砂層の薄層や、泥質なドレイブを伴う細粒砂層を挟在する場合もある。比較的淘汰がよく砂鉄による平行葉理がみられる砂層や泥質なドレイブを伴う細粒

砂層は、前浜側からもたらされた堆積物と考えられ、後浜堆積物の特徴を示す。深度 7.71 ~ 1.16 m は主に砂丘間低地を構成する腐植土や砂層からなるが、後浜の堆積環境に含める。深度 26.11 m 以浅は、この下位層準のエスチュアリーにデルタシステムが前進し、プロデルタの環境からデルタプレーンの環境まで浅海化して、デルタ地形の前面に波浪の影響を受けた海岸が形成されながらデルタシステムが前進していく過程を示す。

親松 9-1 コア 掘削地点：新潟市中央区太右エ門新田 (N37°52'19", E139°1'40"), 標高：0.78 m, 掘進長：138.08 m, 実施者：新潟県新潟土木事務所

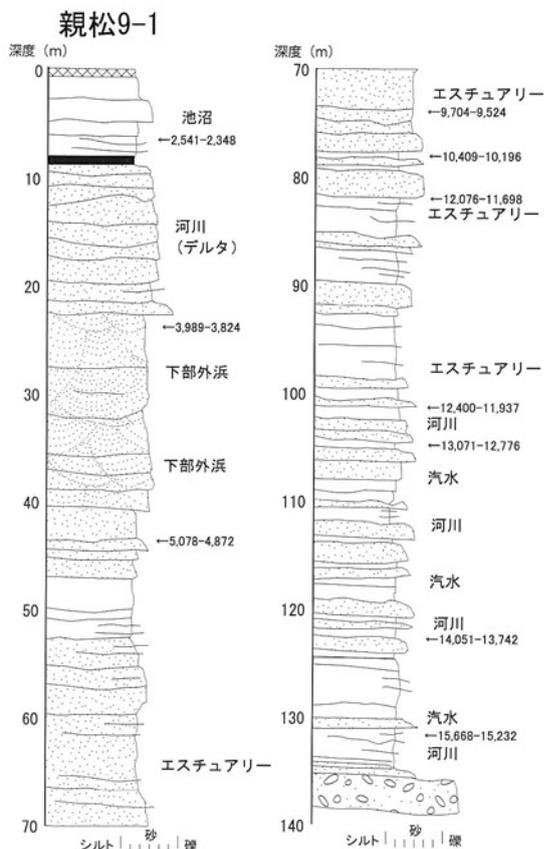
鳥屋野潟西方の信濃川右岸に設置された親松排水機場で掘削された土木調査用ボーリングコア (鴨井ほか, 2002) で、白根層と蒲原層群最上部が採取され、標準貫入試験深度以外はオールコアとなっている。本図幅作成に当たり、今回新たに堆積相について観察を行うとともに珪藻分析を実施した。なお、層相、軟体動物化石、¹⁴C 年代値については鴨井ほか (2002) による (第 4.10 図)。本コアの層序は、深度 138.08 ~ 131.0 m が蒲原層群、深度 131.0 ~ 98.0 m が白根層下部、深度 98.0 ~ 40.0 m が白根層中部、深度 40.0 ~ 1.0 m が白根層上部に相当する。

層相・堆積環境・¹⁴C 年代値

深度 138.08 ~ 131.0 m (河川) 本層準は、蒲原層群最上部に相当し、中礫~細粒砂と、砂質シルト層から構成される。砂質シルト層中には、極細粒砂、植物根と植物片がみられる。本層準には、軟体動物化石や生痕化石がみられず、植物根がみられることから、海水の影響のない、淡水の環境において堆積したと考えられる。年代は、深度 132.5 m から約 15,400 cal BP の ¹⁴C 年代値が得られた。

深度 131.0 ~ 98.0 m (汽水~河川) 本層準は、白根層下部の汽水~汽水成砂泥互層 (Sla) に相当する砂層と泥層の互層から構成され、軟体動物化石や生痕化石、植物片が全体を通じて多く産出する。生物擾乱が認められることがある。砂層は細粒~中粒砂から構成される。泥層は部分的に極細粒~細粒砂との細互層を形成する。本層準からは軟体動物化石や生痕化石が産出することから、汽水から一部淡水の環境 (塩水湿地) において堆積したと考えられる。本層準からは、約 13,900 ~ 12,100 cal BP の ¹⁴C 年代値が得られた。

深度 98.0 ~ 40.0 m (エスチュアリー) 本層準は、白根層中部の海成砂質泥 (Smm₁)、汽水~海成砂泥互層 (Sma) に相当する。砂質シルト層と泥質な細~極細粒砂層を主体とする層相から、やや淘汰のよい細粒~極細粒砂層を主体とする層相へと上方粗粒化を示す。生物擾乱を受けており貝殻片も含む。特徴的な堆積構造や層相が認められないため、堆積環境や堆積深



第 4. 10 図 親松 9-1 コアの層相と堆積環境の概要

度の特定は困難であるが、定常的に波浪の及ぶ深度よりやや深い浅海に堆積したエスチュアリーの堆積物と推定できる。本層準からは約 11,900 ~ 5,200 cal BP の ^{14}C 年代値が得られた。また、深度 48 m 層準には、Nm-NK テフラ（約 5,300 年前）を起源とする軽石の濃集層が認められる。

深度 40.0 ~ 22.0 m（下部外浜）本層準は、白根層上部の海成砂（Sus）に相当する淘汰の良い極細粒砂から構成され、局部的に細粒砂やシルトと互層をなす。本層準は下部外浜において堆積したと考えられる。年代は、深度 23.85 m から約 3,900 cal BP の ^{14}C 年代値が得られた。

深度 22.0 ~ 8.0 m（デルタ）本層準は、白根層上部の海成砂（Sus）に相当する。全体に中粒～極粗粒砂からなり、砂層にはトラフ型斜交層理がみられる。砂層の淘汰と層相から、河川の影響を受けた堆積環境が示唆され、デルタフロントからデルタプレーンの堆積環境であると考えられる。

深度 8.0 ~ 1.0 m（池沼）本層準は、白根層上部の湖沼・湿地・河川成泥及び砂（Sum₂）に相当する。やや有機質なシルト～砂質シルトを主体として、植物片を多く含む。腐植物の薄層を挟在する。年代は、深

度 7.26 m から約 2,400 cal BP の ^{14}C 年代値が得られた。層相から、砂丘列背後の低湿地の堆積環境が推定できる。

軟体動物化石 親松 9-1 コアの白根層中部の汽水～海成砂泥互層（Sma）からは、深度 45.30 ~ 43.70 m（鴨井ほか（2002）の C 層）から、*Raetellops pulchella*（チヨノハナガイ）、*Moerella* sp.（モモノハナガイ属）、深度 66.80 ~ 66.70 m 及び 89.45 ~ 89.35 m（鴨井ほか（2002）の D 層）から、*Corbicula japonica*（ヤマトシジミ）が産出する。

珪藻化石 分析は中粒砂が卓越する深度 45.5 ~ 8.0 m を除く、深度 7.9 ~ 4.85 m 及び 134.1 ~ 45.5 m において採取された 67 試料について実施した。試料の処理方法、殻片の産出方法及び種の同定は宮地ほか（2011a）に準拠した。主要な種の出現状況、珪藻群集及び珪藻による区分を第 4. 11 図に示す。

珪藻分析の結果親松 9-1 コアは 6 区分され、OY-F 区分、OY-E 区分及び OY-D 区分は白根層下部に、OY-C 区分は白根層下部から中部に、OY-B 区分は中部に、OY-A 区分は上部にそれぞれ相当する。

OY-F 区分（深度 134.10 ~ 132.25 m）ほとんどが淡水種から構成される。全般的に多い種は付着生種の *Cymbella turgidula*, *Encyonema minutum*, *Fragilaria vaucheriae*, *Gomphonema angustum*, *Synedra ulna* などである。池沼や沼沢地の環境が推定される。

OY-E 区分（深度 131.25 ~ 116.50 m）海・汽水生種（海水生種、海～汽水生種及び汽水生種の合計）の割合は 3.5 ~ 11.5 % で、汽～淡水生種の *Gyrosigma acuminatum*, *Gyrosigma scalproides*, *Rhopalodia gibberula* が特徴的に出現する。海水と淡水がせめぎあうような河川下流（河口の塩水湿地など）の環境が推定される。

OY-D 区分（深度 115.20 ~ 108.35 m）海～汽水生底生種の *Diploneis smithii* や *Navicula formenterae* に富み、*Tryblionella granulata* を伴う。*Diploneis smithii* は海～汽水生種とされており（加藤ほか、1977）、*Tryblionella granulata* は小杉（1988）の海水泥質干潟指標種群（塩分濃度が 12 ‰以上の水域の泥底に付着生活する種群）に属する。高塩分の汽水域の環境が推定でき、上位の OY-C 区分や下位の OY-E 区分よりも海水の影響が大きかったものと推定される。

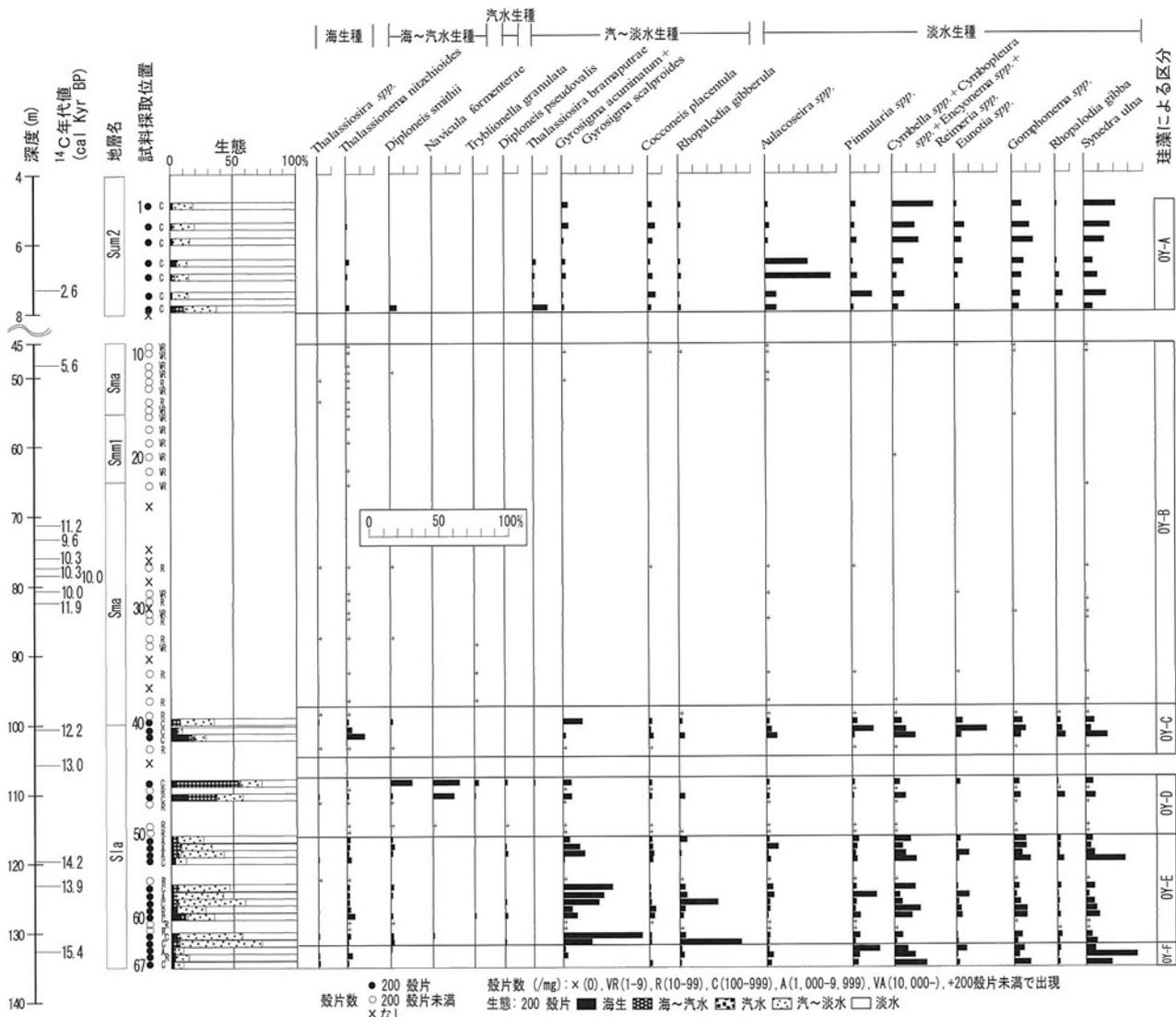
OY-C 区分（深度 103.15 ~ 96.60 m）海・汽水生種の割合は 5.5 ~ 17.0 % で、深度毎に卓越する種は異なるものの、*Synedra ulna*, *Cymbella turgidula*, *Navicula cryptocephala* などが多く含まれる。また、海水生種では *Thalassionema nitzschioides* が多い。河口など海水の影響のある淡水域の環境が推定される。

OY-B 区分（深度 96.60 ~ 45.50 m）殻片数が非常に少なく、珪藻殻片が全く出現しない深度もある。

海・汽水生種の割合は50～93%に及ぶ。海水生浮遊生種の *Thalassionema nitzschioides* が多く、海水生浮遊生種の *Coscinodiscus marginatus*, *Neodenticula seminae*, *Thalassiosira excentrica*, 淡水生付着生種の *Synedra ulna* などを少量伴う。*Thalassionema nitzschioides* は小杉(1988)の沿岸域の外洋指標種群に属するが、鹿島(1986)は海水域に比べてやや塩素イオン濃度が低い環境を示すとしている。*Thalassionema nitzschioides* が比較的多いことから、沿岸の海水域の環境が推定される。

OY-A区分(深度7.90～4.85 m) 旧鳥屋野潟の堆積物で、試料番号1～3, 6(深度7.50 m, 深度5.92～4.85 m)は淡水生種が卓越し、5%以下の海・汽水生種を含む。比較的多産する種は *Cymbella turgidula*, *Encyonema minutum*, *Fragilaria vaucheriae*, *Gomphonema angustum*, *Synedra ulna* などの付着生種

で、特に *Synedra ulna* は普遍的に出現する。水域があまり広くない沼沢地や池沼の環境が推定される。試料番号4, 5(深度6.95～6.50 m)は淡水生浮遊生種の *Aulacoseira granulata* に富み(22.5%及び41.5%), 浮遊生種の *Aulacoseira crassipunctata*, 付着生種の *Synedra ulna*, *Gomphonema angustum* などを伴う。*Aulacoseira granulata* は代表的な湖沼浮遊種で、鹿島(1986)のFb種群(湖沼のような流れのない比較的安定した水域)に含まれる。やや広がりのある淡水湖沼の環境が推定される。試料番号7(深度7.90 m)は海・汽水生種を11.0%含む。淡水生付着生種の *Fragilariforma virescens* (10%)と汽～淡水生浮遊生種の *Thalassiosira bramaputrae* (10%)が最も多く、次いで淡水生付着生種の *Achnanthes pusilla* (7%), *Synedra ulna* (5.5%), 淡水生浮遊生種の *Aulacoseira granulata* (5%), 海～汽水生底生種の *Diploneis*



第4.11図 親松9-1コアの代表的な珪藻種の産出状況と区分

smithii (5%) の順となる。*Thalassiosira bramptonae* の出現から、低塩分汽水湖沼の環境が推定される。なお、深度 8.40 ~ 7.95 m には鳥屋野潟周辺に広く分布する腐植土が分布するが、珪藻化石は含まれていない。

以上の結果から、旧鳥屋野潟の堆積環境は、湿原（腐植土の存在）→汽水湖沼→池沼→淡水湖沼→池沼と変化したものと判断される。なお、鳥屋野潟の成立時期は新砂丘Ⅱ-3の形成時期（約 3,400 ~ 2,700 cal BP）と推定されている（鴨井ほか, 2015）。

GS-NIK コア 掘削地点：新潟市西区五十嵐 3 の町，新潟県水産海洋研究所敷地内（N37°51' 35"，E138°54' 34"），標高：8.56 m，掘進長：163.0 m，実施者：産業技術総合研究所

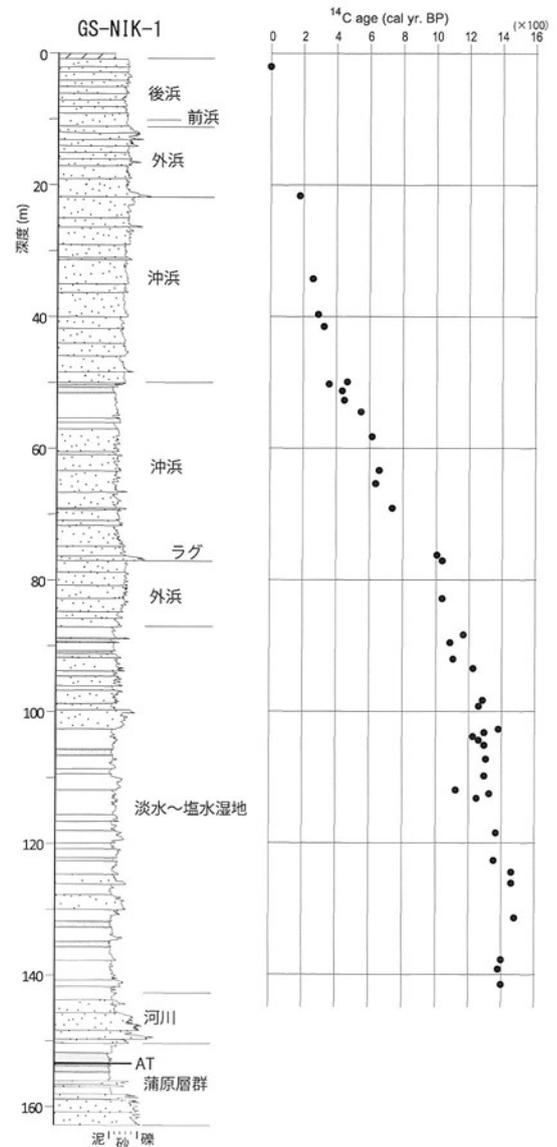
白根層と蒲原層群最上部がオールコアで採取されている。堆積相，¹⁴C 年代値及び珪藻化石について宮地ほか（2011a）に基づいて述べる（第 4. 12 図）。本コアの層序は、深度 163.0 ~ 150.56 m が蒲原層群，深度 150.56 ~ 87.36 m が白根層下部，深度 87.36 ~ 50.40 m が白根層中部，深度 50.40 ~ 0.90 m が白根層上部に相当する。

層相・堆積環境・¹⁴C 年代値

深度 163.00 ~ 150.56 m（河川）本層準は蒲原層群に相当する。深度 163.00 ~ 158.38 m までは、トラフ型斜交層理が発達する中～粗粒砂層を主体としており河川チャネルの層相を示す。深度 158.38 ~ 150.56 m は細粒砂層の薄層を挟在する砂質シルト層を主体とし、特に深度 155.00 ~ 152.00 m ではやや締まった腐植質シルト層が発達する。本層準からは、約 34,600 ~ 16,600 cal BP の ¹⁴C 年代値が得られた。また、深度 153.38 ~ 153.37 m に挟在する白色火山灰は、AT テフラに対比できる。

深度 150.56 ~ 142.40 m（河川）本層準は白根層下部の淡水～汽水成砂泥互層（S1a）に相当する。深度 150.56 ~ 146.00 m は斜交層理が発達する中～粗粒砂層を主体としており河川チャネルの層相を示す。深度 146.00 ~ 142.40 m は細粒～細粒砂層の薄層を挟在する泥層を主体とする。泥層は植物片を多く含み、泥質な氾濫原の環境を示す。本層準からは、約 16,300 cal BP の ¹⁴C 年代値が得られた。また、深度 149 ~ 146 m の中粒砂層には軽石片や火山ガラスが多く含まれる。これらの軽石片や火山ガラスは、浅間火山起源の As-K テフラに対比できる。

深度 142.40 ~ 87.36 m（淡水～塩水湿地）本層準は白根層下部の淡水～汽水成砂泥互層（S1a）に相当する。深度 142.40 ~ 102.88 m は主に砂質シルト層と極細粒～細粒砂層の互層からなり、生物擾乱痕の発達する層準が認められる。生物擾乱痕の発達する層準は珪藻化石群集組成に基づく塩水湿地に、生物擾乱が発達しない層準は淡水湿地に対応し、本層準では、5 ~ 6 回程度の淡水と塩水（汽水）の環境の繰り返し



第 4. 12 図 GS-NIK コアの層相と堆積環境
宮地ほか（2011a）に加筆した。右の図は、年代測定した層準と暦年較正年代の中央値を示す。

認められる。深度 102.88 ~ 87.36 m は生物擾乱痕の発達した砂質シルト～極細粒砂層と細～中粒砂層の互層からなる。本層準からは、約 14,000 ~ 11,500 cal BP の ¹⁴C 年代値が得られた。

深度 87.36 ~ 77.17 m（外浜）本層準は白根層中部の汽水～海成砂泥互層（Sma）に相当する。比較的淘汰のよい細～中粒砂層で斜交層理や平行層理が認められる。淘汰のよい砂層は、波浪の影響を受けて砂層が堆積したことを示しており、下部外浜の環境を示している。本層準の堆積は、約 11000 年前と推定される。

深度 77.17 ~ 21.77 m（沖浜）深度 77.17 ~ 50.40 m は白根層中部の海成砂質泥（Smm₂）及び汽水

～海成砂泥互層 (Sma) に、深度 50.40～21.77 m は白根層上部の海成砂 (Sus) に相当する。本層準基底の深度 77.17～77.00 m は、シルト礫、貝殻片や細礫を多く含む不淘汰な極粗粒砂層からなる。基底は侵食面であり、層相の特徴から海進時の残留 (ラグ) 堆積物であると考えられる。深度 77.00～61.00 m は、生物擾乱痕の発達した泥質な細粒砂層や極細粒～細粒砂層と砂質シルトの互層からなる。生物擾乱痕の発達した泥質な細粒砂層などは砂質シルトを挟在することから、定常的に波浪の影響を受ける深度よりは深い環境を示唆している。深度 61.00～50.40 m は非常に生物擾乱の発達した泥質な極細粒砂層や砂質シルト層を主体としており、特に深度 52.00 m 以浅は全体に腐植質な層相を示している。深度 50.40～21.77 m は、全体に生物擾乱痕の発達した中粒砂層からなる。基質はやや泥質であり定常的に波浪の影響を受ける深度よりはやや深い環境を示している。本層準からは、約 10,700～2,600 cal BP の ^{14}C 年代値が得られた。

深度 21.77～11.00 m (外浜) 本層準は白根層上部の海成砂 (Sus) に相当する。深度 21.77～21.67 m は、軟体動物化石片や中礫を含む淘汰の悪い粗粒～極粗粒砂層で基底は侵食面である。これらは残留堆積物の層相を示しており、基底の侵食面はラビーンメント面、残留堆積物はラビーンメント堆積物と考えられる。深度 21.67～16.00 m は、淘汰のよい中～粗粒砂層で斜交層理や平行層理が認められる。淘汰のよい砂層は、波浪の影響をうけて砂層が堆積したことを示しており、下部外浜の環境を示している。深度 16.00～11.00 m は、淘汰のよい粗粒～極粗粒砂層でトラフ型斜交層理が発達する。トラフ型斜交層理の発達する淘汰のよい砂層は、静穏時波浪限界より浅い上部外浜の堆積物であると考えられる。本層準にあたる深度 21.7 m から、約 2,200 cal BP の ^{14}C 年代値が得られた。

深度 11.00～10.00 m (前浜) 本層準は白根層上部の海成砂 (Sus) に相当する非常に淘汰のよい中～細粒砂層からなり、数度傾いた平行葉理が発達する。平行葉理のユニットが下位の平行葉理のユニットを低角に切り込むように累重している場合もある。淘汰のよい砂層は、定常的に波浪の影響を受けて堆積したことを示唆する。数度傾いた平行葉理は前浜堆積物の特徴であり、前浜の堆積環境であると考えられる。

深度 10.00～0.90 m (後浜) 本層準は白根層上部の砂丘成砂 (Sud) に相当するやや淘汰のよい細～中粒砂層を主体とする。砂鉄の濃集した薄層や平行葉理がみられることがある。本層準にあたる深度 2.2 m から、約 1,520 cal BP の ^{14}C 年代値が得られた。やや淘汰がよく砂鉄による平行葉理がみられる砂層は、前浜側からもたらされた堆積物と考えられ、後浜堆積物の特徴を示す。上部は弱く斜交層理のみられる細粒砂

層であり、風成の砂丘堆積物と考えられる。

珪藻化石 代表的な珪藻種の出現状況と区分を第 4.13 図に示す。蒲原層群 (K) に相当する NIK-D 区分 (深度 154.90～152.20 m) は、淡水種が多いものの、*Gyrosigma distortum* や *Tryblionella levidensis* などの海～汽水生種をわずかに含むことから、全般に池沼の環境を示すものの一時的には海水の影響があったことがうかがえる。NIK-C 区分と NIK-B 区分は白根層下部の淡水～汽水成砂泥互層 (Sla) に相当する。NIK-C 区分 (深度 150.60～139.78 m) はほとんどが淡水生種からなり、池沼や沼沢地の環境を示す。NIK-B 区分 (深度 138.60～91.18 m) は淡水生種、汽～淡水生種、汽～海生種が混合して出現し、海水と淡水がせめぎあうような河川下流 (河口の塩水湿地など) の環境を示す。*Gyrosigma acuminatum* と *Gyrosigma scalproides* の 2 種の出現ピークが 6 層準で認められ、これは相対的に海水の影響が大きかったことを示すとされる。白根層下部から中部に相当する NIK-A 区分 (深度 90.20～60.66 m) は殻片数が少なく、*Thalassionema nitzschioides* が多く出現し、淡水が流入する沿岸の海水域の環境を示し、沖浜～下部外浜の堆積相に相当する。

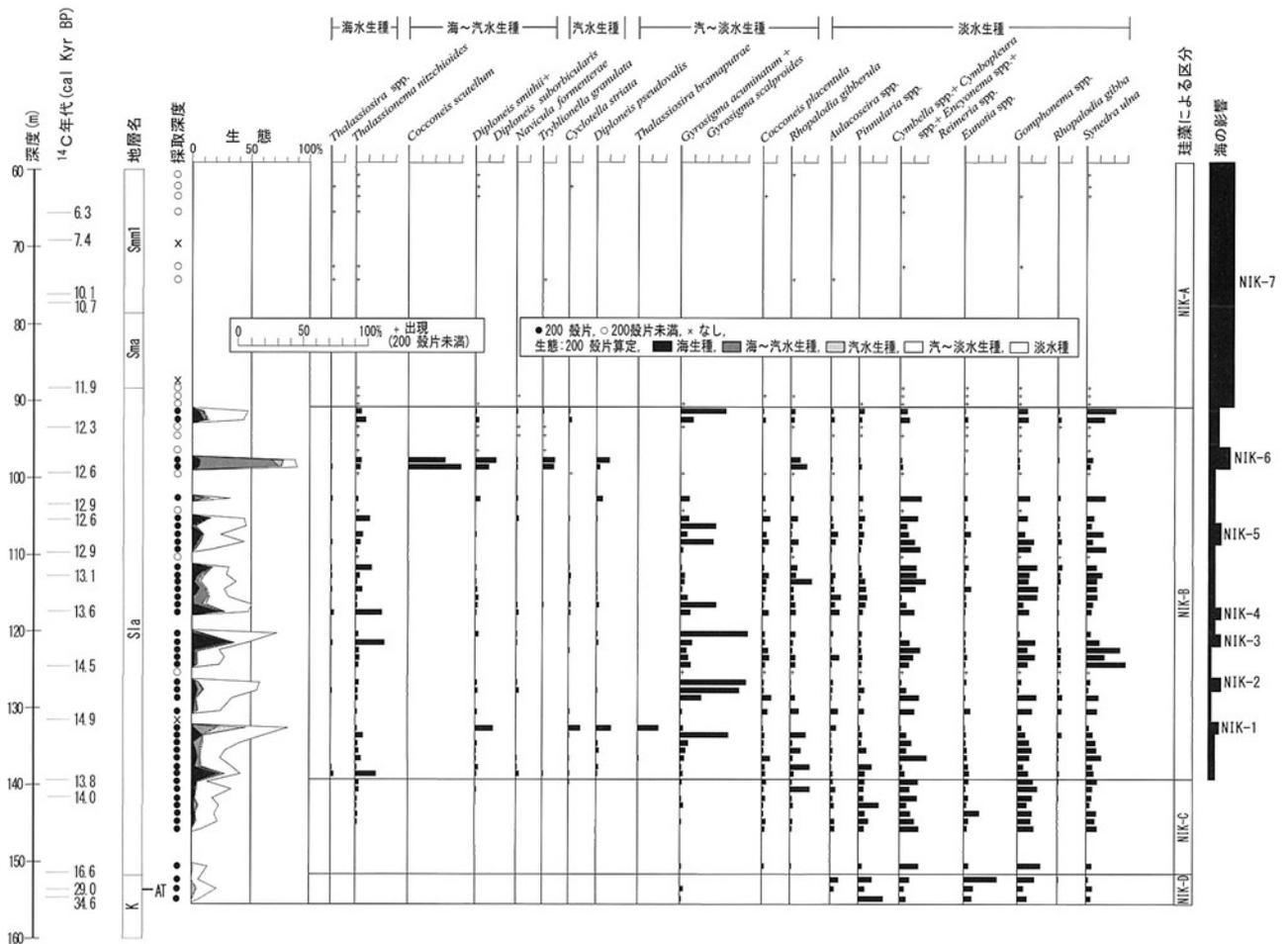
GS-KNM コア 掘削地点：本地域と隣接する弥彦地域内の新潟市西区金巻新田 (N37°49' 58.4", E138°55' 47.1"; 第 4.14 図)、標高：2.74 m、掘進長：154.0 m、実施者：産業技術総合研究所

白根層のほぼ全層準がオールコアで採取されている (第 4.15 図)。堆積相と ^{14}C 年代値は宮地ほか (2009)、珪藻化石は宮地ほか (2011a) に基づいて述べる。本コアの層序は、深度 154.0～80.0 m が白根層下部、深度 80.0～39.5 m が白根層中部、深度 39.5～1.7 m が白根層上部に相当する。

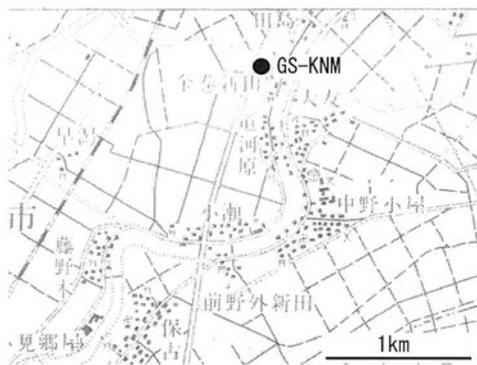
層相・堆積環境・ ^{14}C 年代値

深度 154.0～114.4 m (河川) 本層準は白根層下部の淡水～汽水成砂泥互層 (Sla) に相当する。層厚 4 m 以上の泥層と中粒砂層の互層からなる。泥層は植物片や植物根を多く含む。砂層は、平行～トラフ型斜交層理がみられる。淡水生の珪藻化石が多産することから、これらの層相は、河川流路から氾濫原の堆積物であると推定できる。本層準からは、約 16,800～13,200 cal BP の ^{14}C 年代値が得られた。

深度 114.4～68.3 m (淡水～塩水湿地) 本層準は白根層下部の淡水～汽水成砂泥互層 (Sla) から中部の汽水～海成砂泥互層 (Sma) に相当する。層厚数 10 cm 以下の泥層と砂層の互層からなる。泥層は、やや有機質で植物根がみられる層準と生物擾乱が発達する層準があり、それぞれ 4 層準ずつが認められる。有機質で植物根を含む泥層は淡水、生物擾乱がみられる泥層は汽水の環境が推定され、氾濫原と塩水湿地の環



第 4. 13 図 GS-NIK コアの代表的な珪藻種の産出状況と区分
宮地ほか (2011a) に加筆した。



第 4. 14 図 GS-KNM コアの位置図
国土地理院発行の 5 万分の 1 地形図「弥彦」を使用。

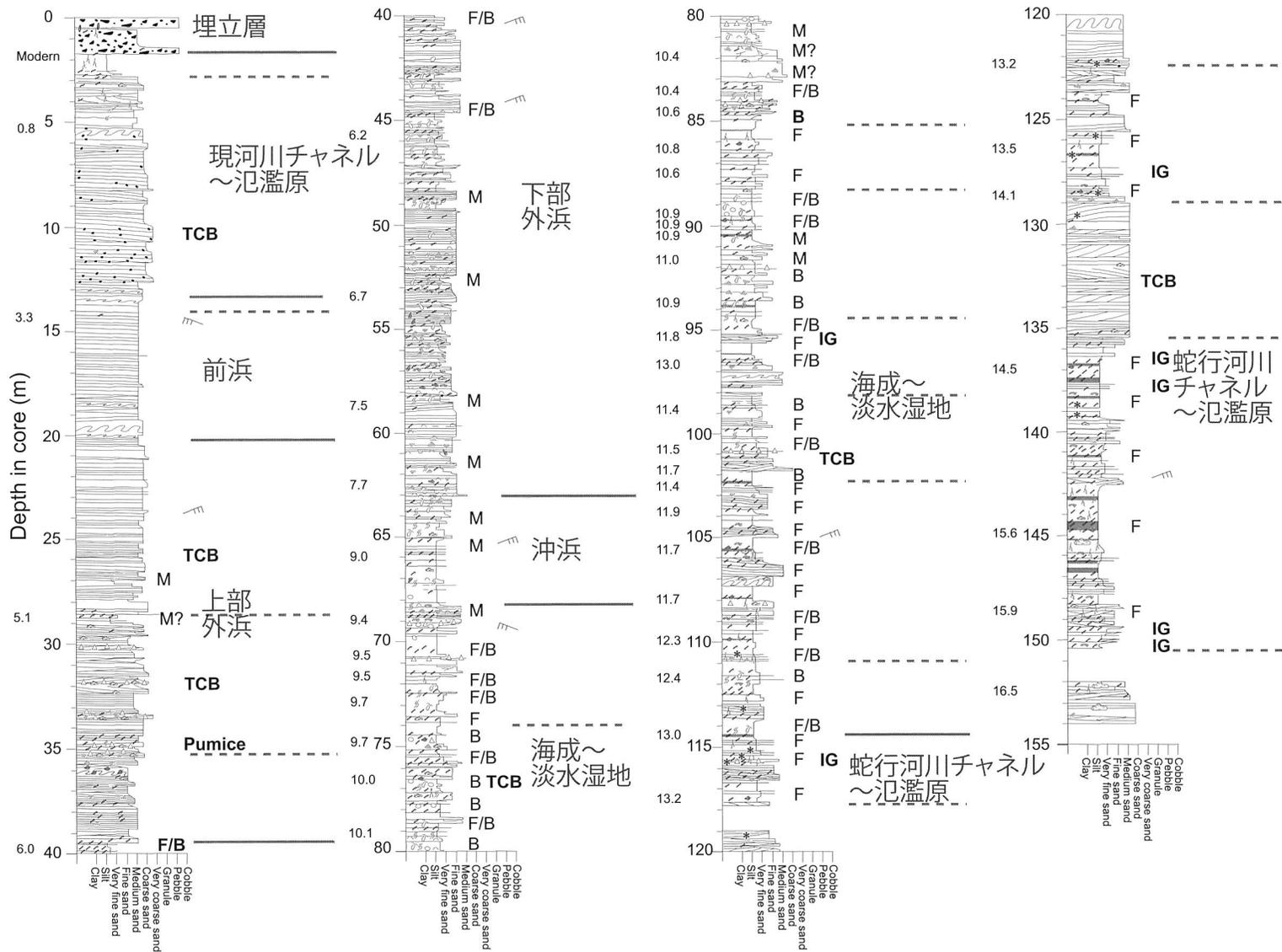
境が繰り返している特徴がある。本層準からは、約 12,800 ~ 9,300 cal BP の ^{14}C 年代値が得られた。

深度 68.3 ~ 63.1 m (沖浜) 本層準は白根層中部の海成砂質泥 (Smm₁) に相当する。生物擾乱や植物片がみられる泥層からなる。軟体動物化石片を含むことがある。浮流によって運搬される粒子からなり、暴浪時波浪限界以深の沖浜の環境を示す。本層準からは、約 9,000 cal BP の ^{14}C 年代値が得られた。

深度 63.1 ~ 39.5 m (下部外浜) 本層準は白根層中部の汽水~海成砂泥互層 (Sma) に相当する。貝殻片や植物片がみられる泥質砂層からなる。軟体動物化石片などがみられ波浪によって運搬・堆積したと推定される層相は、暴浪時波浪限界以浅の下部外浜の環境を示す。本層準からは、約 7,600 ~ 5,900 cal BP の ^{14}C 年代値が得られた。

深度 39.5 ~ 20.0 m (上部外浜) 本層準は白根層上部の海成砂 (Sus) に相当する。トラフ型斜交層理が発達する細~中粒砂層からなる。比較的強い波浪によって運搬・堆積した中粒砂を多く含む層相は、平常

GS-KNM: 標高 +2.74 m T.P.



凡例

- 平行葉理～平行層理
- レンズ状葉理
- 斜交葉理～斜交層理
- 有機質層
- リップル葉理
- 変形構造
- 小礫
- 細礫
- IG 逆級化層
- TCB トラフ型斜交層理
- 植物片
- 材片
- 葉
- 根
- 貝殻片密集層
- 合弁貝
- ウニ片
- 貝殻片
- 生痕
- 生物擾乱
- コンクリーション
- マッドクラスト
- * ラン鉄錆
- 軽石
- 火山灰/スコリア層

10.0 14C年代値 (暦年校正値)
(単位は千年)

— 堆積層境界
- - 準堆積層境界

珪藻化石群集

M: 海生
B: 汽水生
F/B: 汽水～淡水生
F: 淡水生

第 4. 15 図 GS-KNM コアの層相と堆積環境
宮地ほか (2009) に加筆した。

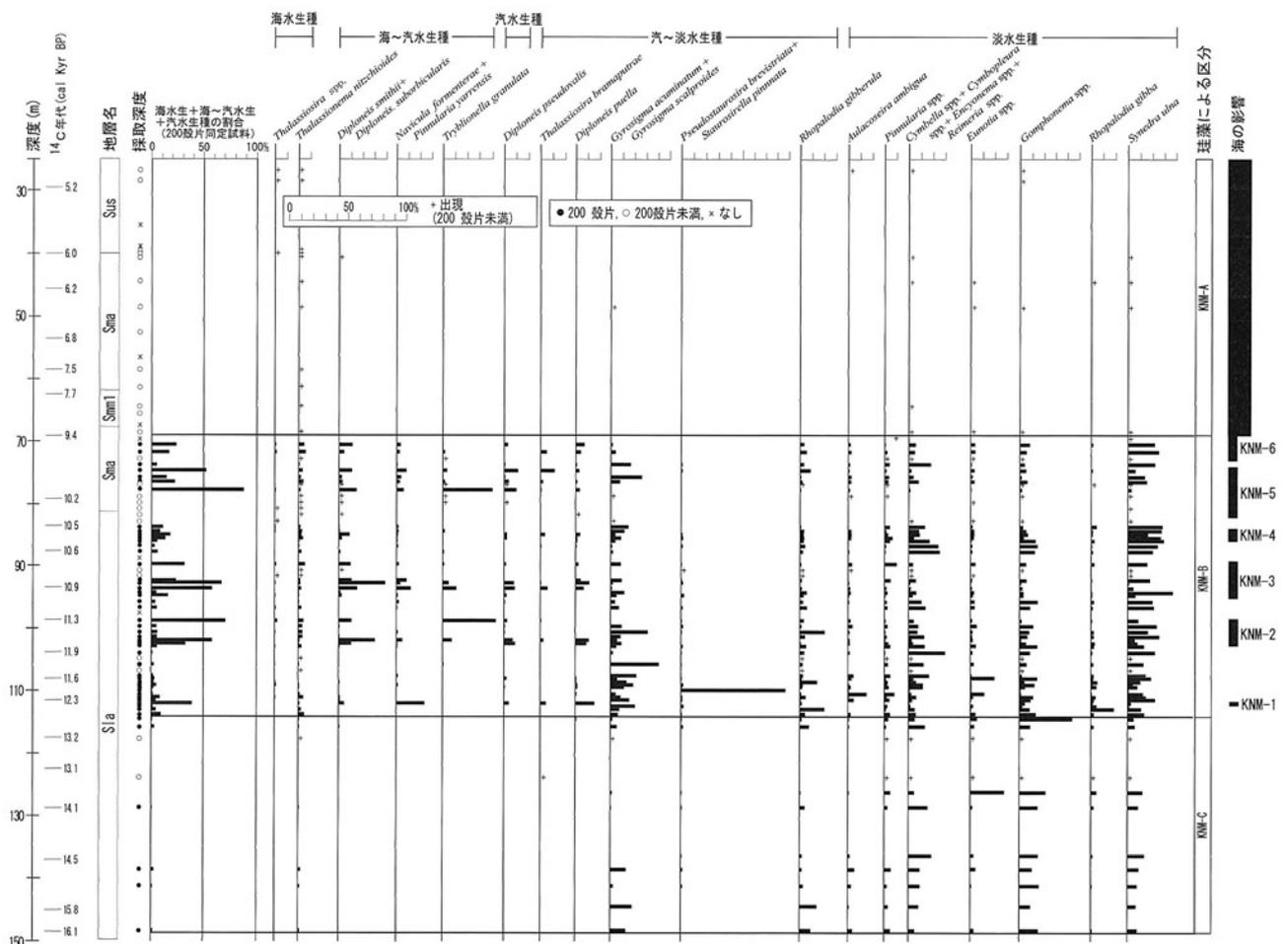
時波浪限界以浅の上部外浜の環境を示す。本層準からは、約 5,600 ~ 5,100 cal BP の ^{14}C 年代値が得られた。

深度 20.0 ~ 12.7 m (前浜) 本層準は白根層上部の海成砂 (Sus) に相当する。緩く傾斜する平行層理が発達する淘汰のよい中粒砂層からなる。波浪によって淘汰された平行層理を示す砂層は、砂浜海岸の波打ち際などに特徴的な層相であり、前浜の環境を示す。本層準からは、約 3300 cal BP の ^{14}C 年代値が得られた。

深度 12.7 ~ 1.7 m (河川) 本層準は白根層上部の湿地・河川成砂泥互層 (Sua) に相当する。トラフ型斜交層理がみられる中～細粒砂層から構成される。砂層の基底部には、泥層の偽礫や細礫を含む。侵食作用の痕跡である基底礫や斜交層理は、河川流路での層相を示唆する。本層準の深度 5.12 m からは、約 840 cal BP の ^{14}C 年代値が得られた。

珪藻化石 代表的な珪藻種の出現状況と区分を第

4. 16 図に示す。白根層下部に相当する KNM-C 区分 (深度 148.13 ~ 114.52 m) はほとんどが淡水生種からなり、池沼や沼沢地の環境を示す。白根層下部から中部に相当する KNM-B 区分 (深度 113.90 ~ 69.74 m) は淡水生種、汽～淡水生種、汽～海生種が混合して出現し、海水と淡水がせめぎあうような河川下流 (河口の塩水湿地など) の環境を示す。 *Diploneis smithii*, *Diploneis suborbicularis*, *Tryblionella granulata* などの海～汽水生種の出現ピークが 6 層準で認められ、これは相対的に海水の影響が大きかったことを示すとされる。白根層中部～上部に相当する KNM-A 区分 (深度 68.26 ~ 26.95 m) は殻片数が少なく、 *Thalassionema nitzschioides* が多く出現し、淡水が流入する沿岸の海水域の環境を示し、沖浜～下部外浜の堆積相に相当する。



第 4. 16 図 GS-KNM コアの代表的な珪藻種の産出状況と区分
宮地ほか (2011a) に加筆した。図中の海の影響は、海進の時期と程度を模式化したもの。KNM-1 ~ KNM-6 は、約 12 ~ 9ka での海進イベントを示す。

第5章 地質構造

(安井 賢・卜部厚志)

5.1 概要

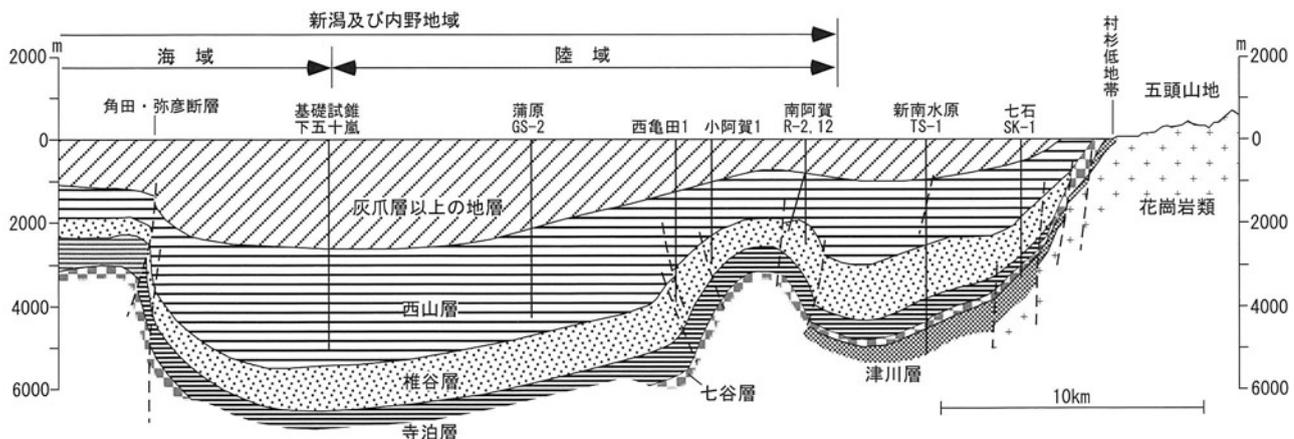
本地域を含む越後平野を東西に横断する地質断面図(新潟県地質図改定委員会編, 2000: B-B' 断面図)を第5.1図に示す。越後平野地下には寺泊層以上の厚い新第三系～第四系が分布している。特に西山層以上の地層群は最深部で5,000 mを超え、平野部は鮮新世以降大きく沈降したことを示している。

平野の東部には花崗岩類からなる五頭山地が、村杉低地帯を境に平野側には笹神丘陵がそれぞれ位置する(新発田地域内)。笹神丘陵には新第三系～第四系の七谷層相当層～魚沼層群相当層が分布し、七石 SK-1 号井の資料などから、花崗岩類や新第三系は断層を伴い急激に平野地下に潜入する構造を呈するものと推定されている(笹神団体研究グループ, 1980; 小林・渡辺, 1985)。また、村杉低地帯沿いには、新潟堆積盆地と越後山地の境界をなす、北北東～南南西方向に延びる構造線(新発田-小出線)の存在が推定されている(山下, 1970)。笹神丘陵周辺において、新発田-小出線は数本の断層が階段状に西側に落ち(総変位量は4,000 m以上)、中新世末～鮮新世に活動が開始され、現在の山地と平野の対立を決定づけたのは更新世中期とされている(笹神団体研究グループ, 1980)。笹神丘陵やその南方の愛宕丘陵周辺の新発田-小出線沿いには、多くの活断層(逆断層)が報告されている(高浜ほか, 1980; 渡辺・宇根,

1985; 新潟県, 1991; 渡辺・齋藤, 2006)。更に、インバージョンテクトニクスの観点からは、新発田-小出線沿いの断層は日本海形成時の正断層が現在逆向きに活動しているものと解釈されている(佐藤, 1996; 大竹ほか, 2007)。

一方、平野の西部には角田・弥彦山地が分布し、平野部との境界には平野側が沈下する複数の逆断層が推定されている(藤間・安宅, 1957; 池辺ほか, 1968; 小林・渡辺, 1985 など)。仲川(1985)は埋没段丘層群の変位から、角田・弥彦山地と平野境界部の断層活動が更新世後期以降にも及ぶとし、この断層を角田・弥彦断層と命名した。小林(1996)は平野西縁部に伏在する断層群を越後平野西縁断層帯と呼んだ。沿岸海域では、角田・弥彦山地の延長部で両津沖層群や四ツ郷屋沖層が非対称な褶曲構造を呈し、この背斜構造は四ツ郷屋沖背斜と命名されている(井上ほか, 2011a)。また、佐藤ほか(2010)は、反射法地震探査と屈折法トモグラフィーの組み合わせによる解析(断面は弥彦地域内)から、角田・弥彦断層は中新世前期のリフト期の正断層が逆断層として反転したことを明らかにした。なお、本地域における角田・弥彦断層の活動については第5.2章で記述する。

更に、南阿賀油田では、新津丘陵の背斜の北側への延長とみられる背斜が分布する。探鉱の進展とともにこの構造は、南北の断層によって区切られた同方向の2列の背斜軸を有し、北側に沈降するとされた(帝国石油株,



第5.1図 越後平野地下の新第三系～第四系の地質断面図

新潟県地質図改定委員会編(2000)に加筆。原典は天然ガス鉱業会・大陸棚石油開発協会編,(1982)による。第1.1図に、地質断面図の位置を示した。

1977). また、この背斜構造は、更に北側の松崎ガス田・東新潟ガス田のドーム状構造に連続するとされた(小松, 1990) が、天然ガス鉱業会・大陸棚石油開発協会編 (1992) はこの構造を、相対的に沈降量の少ない基盤ブロック上位に形成されたドレープ構造^{かんぼら}としている。

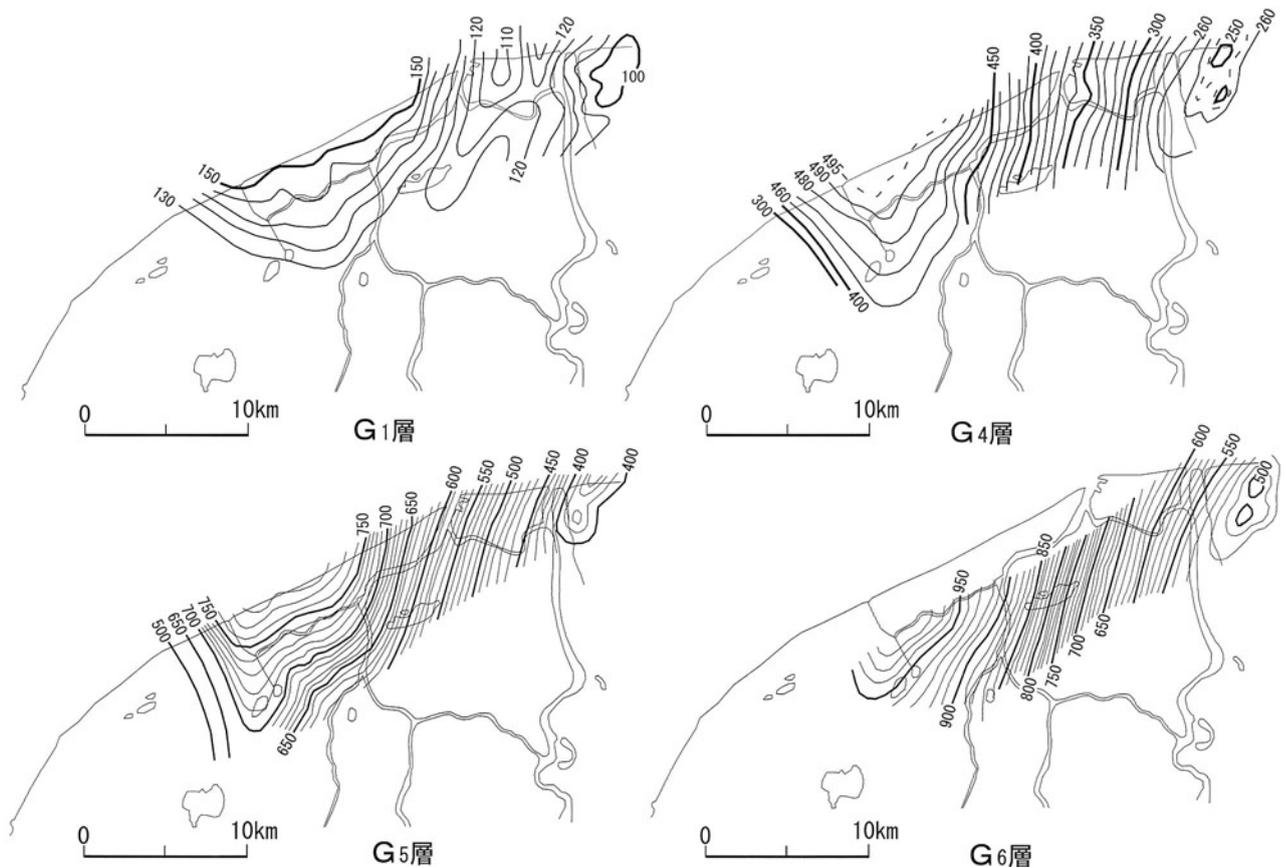
中部～上部更新統の蒲原層群には、ほぼ新第三系～第四系と調和した構造がみられる。牧山 (1963a) は蒲原層群中の G₁ 層, G₄ 層, G₅ 層及び G₆ 層の上限等深線図(第 5. 2 図) から、内野地域に一つの向斜、阿賀野川東方(東新潟ガス田)に一つの背斜の存在を推定し。そして、阿賀野川東方の背斜は新津油田の背斜と同一系列の構造で、東新潟では西翼の傾斜は極めて緩くやや南北に長いドーム状構造を呈するとした。また、沿岸部のガス層の断面図(第 5. 3 図: 百武ほか, 1969) でも、阿賀野川流域での背斜や内野周辺の向斜が読み取れる。更に、白根層の最大層厚部が角田・弥彦断層に近接する平野西側に偏ること(新潟県地盤図編集委員会編, 2002) も、これら基盤構造と調和的である。

5. 2 活断層

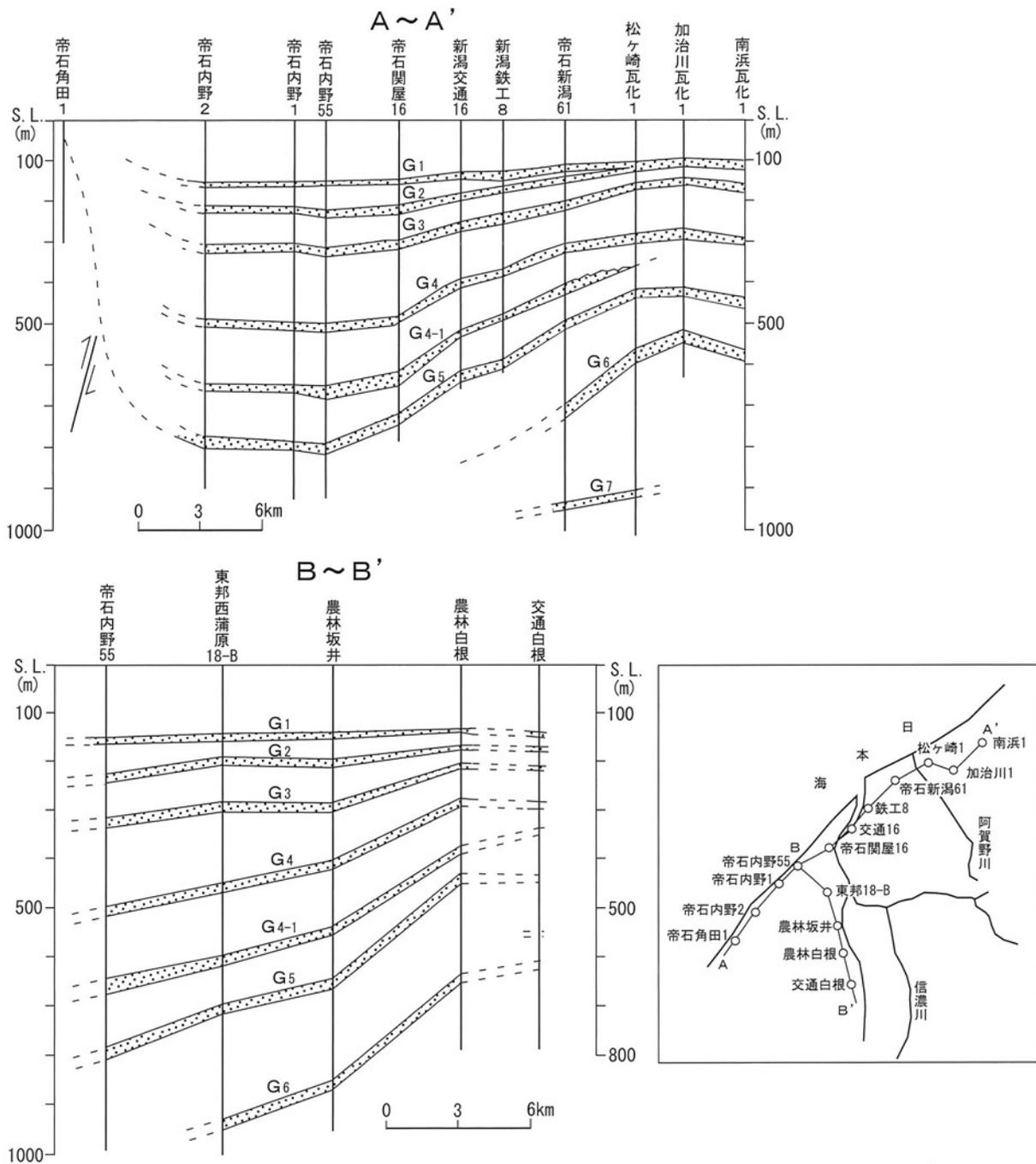
5. 2. 1 角田・弥彦断層の概要

角田・弥彦断層(仲川, 1985)は、越後平野～長岡平野西縁に沿って北北東～南南西方向に連続する長岡平野西縁断層帯(地震調査研究推進本部, 2004)の最北部を構成する活断層である。また、この活断層は、越後平野西縁断層帯(小林, 1996)、角田山東縁断層(池田ほか, 2002)、長岡平野西縁断層帯の弥彦活動セグメントと呼ばれることがある。

この活断層帯は、大深度反射法地震探査により撓曲を伴いながら下部更新統を大きく変位させる西上がりの逆断層であるとされていた(新潟市, 1991; 小林, 1996)。また、加野ほか(1999)は、巻町～西川町での P 波反射法地震探査(GS_MN_P)によって沖積層の基底礫層上面が約 50 m 変位している可能性を指摘していた。更に、Urabe *et al.* (2004) やト部ほか(2006a)は、断層帯の活動に伴う越後平野西縁部の沈降により砂丘列 I 及び砂丘列 II が平野地下に深く埋没していることを明らかにした。



第 5. 2 図 G₁ 層, G₄ 層, G₅ 層及び G₆ 層の上限等深線図
牧山 (1963a) に加筆した。



第5.3図 越後平野地下のガス層の断面図
 百武ほか(1969)に加筆した。

断層の活動度について、下川ほか(1997, 2000)は、新潟市西蒲区巻町(巻GS)と同竹野町(竹野町GS)(両地点ともに弥彦地域)でのボーリング調査から、平均上下変位速度は約3~4 mm/yrであると推定した。

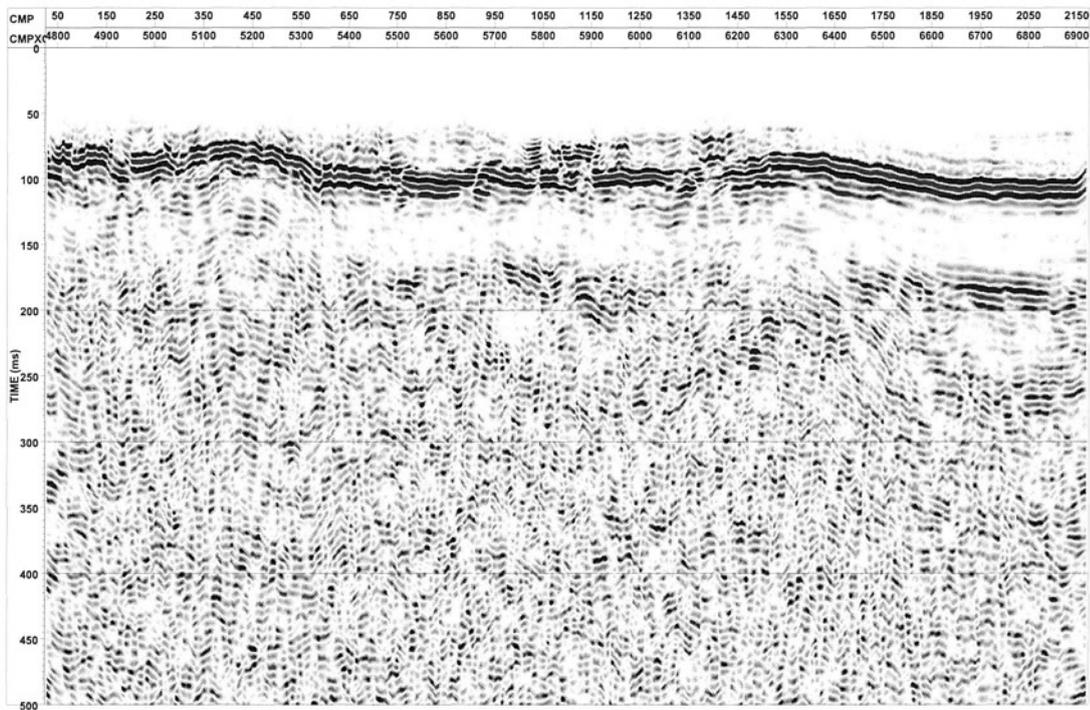
5.2.2 断層の分布と変形構造

陸域の越後平野西縁部での断層の分布は、産業技術総合研究所による中深度層~浅層を対象とした反射法地震探査(新潟2009測線, 新潟1測線, GS_MN_CDP)や

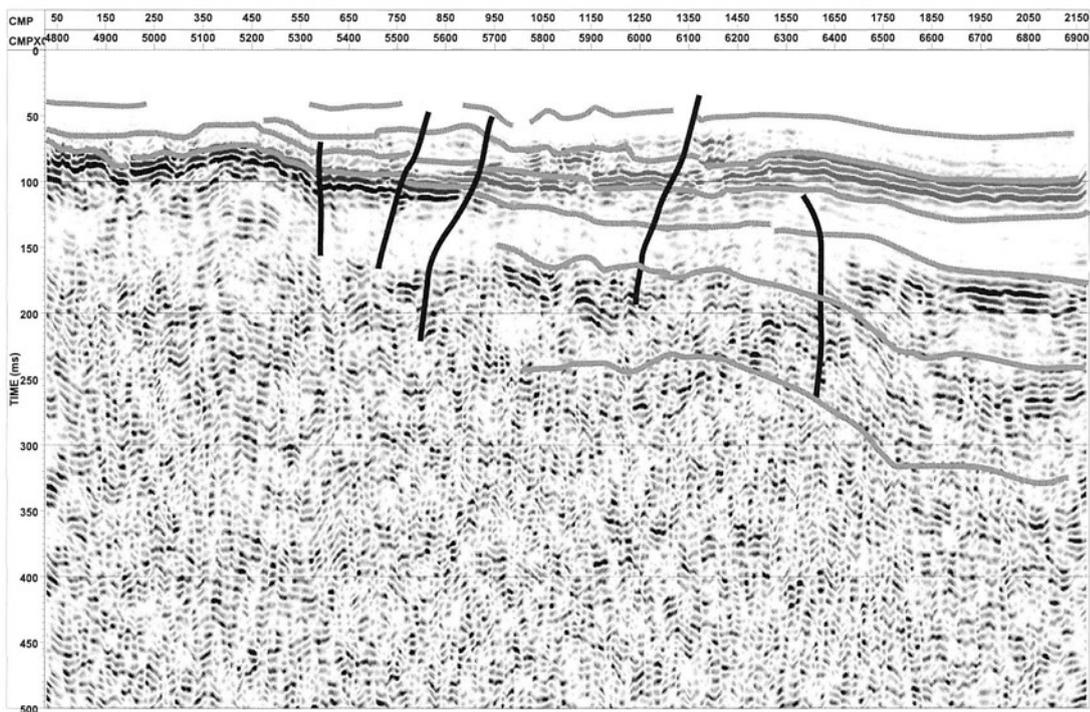
極浅層を対象とした反射法地震探査(PW/GS_P_LS, GS_AK_SLS1, GS_AK_SLS2, GS_AK_PLS, GS_TK1_SLS, GS_TK2_SLS)によって明らかにされている(第5.4図)。それぞれの調査結果の詳細は、宮地ほか(2011b)、山口ほか(2009)、楳原ほか(2011)、稲崎ほか(2011)、ト部ほか(2011b)にまとめられている。

断層の地下構造は、東向きの撓曲変形を伴う伏在断層であると解釈され、その撓曲変形は、背斜頂部から西翼がほぼ平らか緩傾斜であるのに対し、東翼では急傾斜と

(a)



(b)



第 5. 5 図 PW / GS_NYG_PLS 測線の反射法地震探査断面図 (a) と解釈 (b)
宮地ほか (2011a) に加筆した.

の反射断面上では、背斜の東縁が幅 500～1,000 m の撓曲帯をなし、四ツ郷屋沖基底面で最大で約 30 m の垂直変位量が認められる。また、海域での断層の平均変位速度は、四ツ郷屋沖層基底層準（約 1 万年前）の垂直高度差から、約 2 mm / yr と推定される（宮地ほか、2011a, b）。

5. 2. 3 断層の活動履歴

角田・弥彦断層は、沖積層に伏在する断層帯であり地表での断層地形は明瞭ではない。また、軟弱な沖積層であるため、断層帯を挟んだボーリング調査では地層の変形による活動履歴をとらえにくい。このような断層の活動を評価するためには、基本となるボーリング調査において、下盤側の平野部が沈降した場合に生じる堆積環境や堆積システムの変化などをとらえ、断層の活動履歴として検討していく必要がある。

このため、これまでのボーリング調査では、詳細な堆積相や堆積年代の解析から、断層の活動履歴の検討が行われてきた。卜部ほか（2006a）は、約 8,500 cal BP に形成され始めた湾口部でのバリアーラグーンシステムが、上方に累重しながら前進していく中で、4～5 回の一時的な後退を伴って発達してきたことを明らかにしており、この一時的な後退が断層活動に伴う急速な沈降による可能性が高いことを指摘した。宮地ほか（2010, 2011a）は、平野部の複数のオールコアボーリングによる堆積相、堆積年代と珪藻分析から、約 14,000～12,000 cal BP の沖積層を構成する淡水～塩水湿地堆積物中に数回の淡水－塩水湿地環境の繰り返しがあることを明らか

にした。これらの相対的な海進イベントは、気候変動等に対応されない調査地域特有の局所的な現象の痕跡である可能性が高いことから、その要因を断層による沈降にもとめた。例えば、GS-NIK, GS-KNM コアでの珪藻分析によると、この地域において湿地環境に海水が浸入した時期は、約 14,900, 14,600, 13,600, 12,700, 11,600, 11,300, 10,600 及び 9,500 cal BP の 7 回が認められる（宮地ほか、2010, 宮地ほか、2011b）。このうち 14,600 cal BP のイベントは、融氷パルスによる海水準上昇に対応する可能性もあるが、少なくとも 6 回は、沈降による相対的な海進イベントを示している可能性が高い。

このように、堆積相、堆積環境や堆積システムの変化に着目したボーリングコアの解析により、角田・弥彦断層の活動時期は、上述のように約 15,000～9,000 cal BP までに少なくとも 5 回のイベント（宮地ほか、2010）、金巻新田地域で約 7,500, 6,800 と 6,000 cal BP のイベント（宮地、2010, 宮地ほか、2011b）、竹野町地域で約 5,500, 4,300, 3,200, 1,500 cal BP のイベント（卜部ほか、2011b）、西蒲原地域の堆積システムの移動様式から約 6,200, 4,700 と 2,200 cal BP のイベント（卜部ほか、2006a）が認定される。海進や砂丘の形成によってイベントを読むことができない時期もあるが角田・弥彦断層はおおよそ 1,000 年に 1 度程度の間隔で活動していると考えられる。また、平野部の遺跡における液状化の分布と年代から、角田・弥彦断層の最新の活動は、9 世紀である可能性が指摘されている（卜部、2013）。

第6章 応用地質

(安井 賢・鴨井幸彦・卜部厚志)

6.1 石油・天然ガス

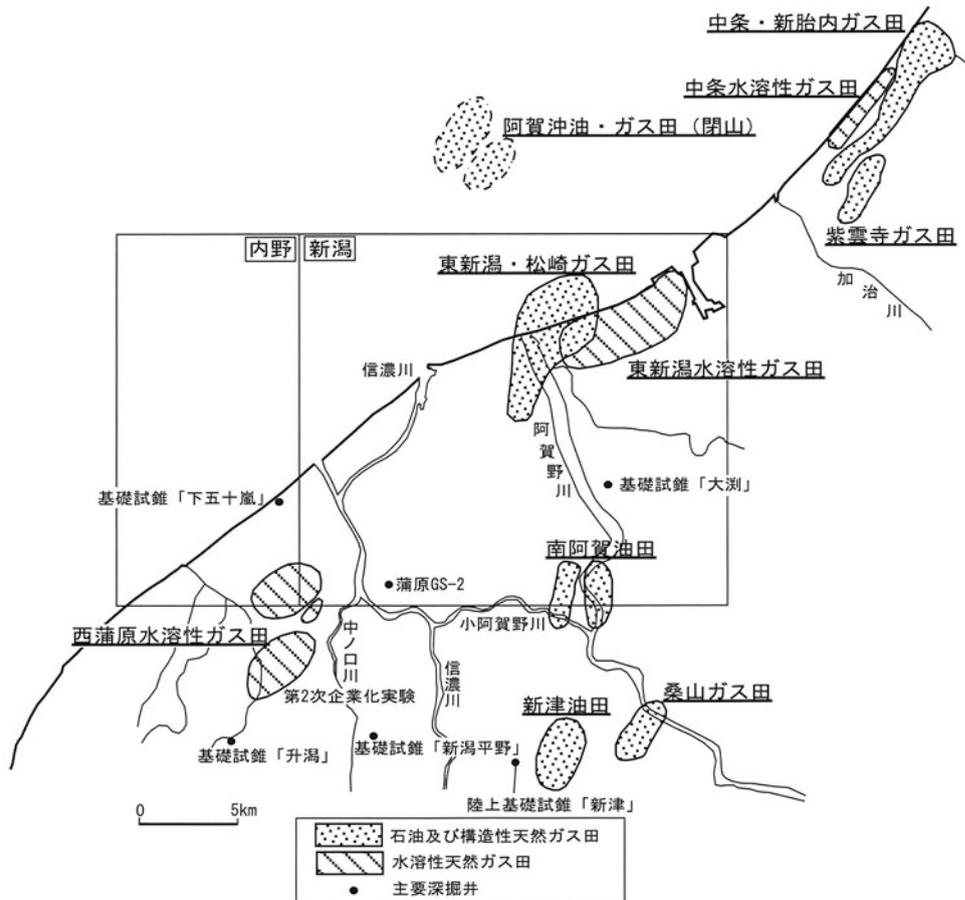
6.1.1 概要

本地域周辺の石油・ガス田の分布状況を第6.1図に示す。越後平野では、江戸時代から浅層部の地下水に天然ガスが含まれていることが知られていた。これらの水溶性天然ガスは深度1,500m以浅の礫層や砂礫層(G層)に含まれており、鉱業的な水溶性天然ガスの採取は昭和初期に本格化し、採取地域は平野のほぼ全域に拡大した(帝国石油株式会社開発部, 1949; 小林, 1953; 工業技術院地質調査所, 1957など)。しかし、1957年ごろから新潟地域において地盤沈下が顕在化し、その主原因が天然ガス採取による大量の揚水である可能性が高くなった。その結果、様々な採取の規制、地下水の地下への圧

入・還元実験、地下分離実験などの試行錯誤が行われ、現在は限られた地域(東新潟水溶性ガス田, 西蒲原水溶性ガス田)で生産が続けられている。

一方、深層部の探鉱は新潟油田構造の北方延長の探査として進められ、1959年に東新潟ガス田(石油資源開発(株)・三菱瓦斯化学(株))が、1964年に南阿賀油田(帝国石油(株))が、1966年に松崎ガス田(帝国石油(株))がそれぞれ発見された。

各油田・ガス田の産油・産ガス層準を第6.2図に示す。産油・産ガス層準は南阿賀油田や松崎ガス田では椎谷層が主体であるが、東新潟ガス田では灰爪層から寺泊層に及ぶ。また、水溶性天然ガス田では、灰爪層や蒲原層群が産ガス層準である。



第6.1図 本地域の石油・ガス田の分布
新潟県(1977), 新潟県(2005)などに基づいて作成した。

地質時代	標準層序	主な岩質		有孔虫化石		産油・産ガス層準
				浮遊性	底生	
更新世	蒲原層群など	砂, 礫	玄武岩 安山岩 流紋岩	マーカー No.1 <i>N. pachyderma</i> (sin.) / <i>Gna. quinqueloba</i> Z.	Cribroelphidium yabei Z.	□
	魚沼層群	砂岩 青灰色シルト岩		MA No.2 <i>N. pachyderma</i> (dex.) / <i>G. orientalis</i> Z.		
鮮新世	西山層	灰色泥岩	玄武岩 安山岩 流紋岩	No.3 <i>N. a.</i>	Miliammina echigoensis Z.	□
	椎谷層	砂岩・泥岩互層		G. i.		
後中期		寺泊層	暗灰色～暗褐色泥岩	玄武岩 安山岩 流紋岩	Barren Plank. F. Z.	Spirosigmoinella compressa Z.
	やや硬質暗褐色泥岩		<i>N. pseudopachyderma</i> / <i>G. woodi</i> Z.			
新中期	七谷層 津川層	黒色～灰色硬質頁岩	玄武岩 安山岩 流紋岩	<i>G. peripheroacuta</i> / <i>G. miozea</i> (s.l.) Z.	Hopkinsina morimachiensis Z.	□
		砂岩・礫岩		<i>G. peripheroronda</i> / <i>G. quinifalcata</i> Z.		
前期	三川層	花崗岩 粘板岩	玄武岩 安山岩 流紋岩	<i>Gds. sicanus</i> / <i>P. glomerosa curva</i> Z.	MA: Marker A No.1,2,3: <i>G. inflata</i> bed <i>N. a.</i> : <i>N. asanoi</i> bed <i>G. i.</i> : <i>G. ikebei</i> bed <i>G. r.</i> : <i>G. rikuchuensis</i> bed	□
				先第三系(基盤)		

第 6. 2 図 新潟油田地域標準層序と産油・産ガス層序
新潟県 (2005) を修正・加筆した。

6. 1. 2 主要深掘井

本地域の主な石油・ガス坑井の位置を第 6. 3 図に、一覧表を第 6. 1 表に示す。また、層序試錐「蒲原 GS-2」、基礎試錐「大淵」及び基礎試錐「下五十嵐」の概要を、第 6. 4 図、第 6. 5 図、第 6. 6 図にそれぞれ示す。

6. 1. 3 石油・ガス田の各論

東新潟ガス田 阿賀野川河口付近に位置するガス田のうち、阿賀野川より東側に位置するのが東新潟ガス田(石油資源開発株・三菱瓦斯化学株)、西側に位置するのが松崎ガス田(国際石油開発帝石株)である。

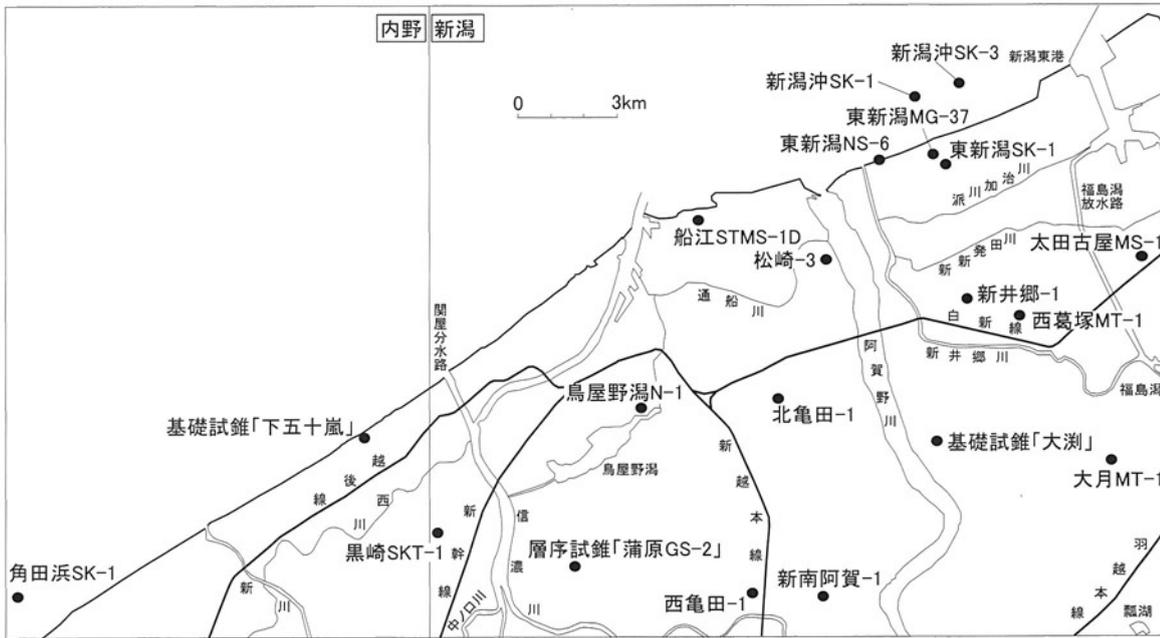
東新潟ガス田の開発経緯や地質構造については、関谷(1960)、石油資源開発株式会社編(1967, 1987)、新潟県(1977)に基づいて述べる。

1956～1957年に実施された地震探鉱によって、新津油田の構造配列が阿賀野川沿いに沈降し、大夫浜付近で再び隆起し背斜をつくるという推定がなされ、1959年に日本瓦斯化学工業株(現三菱瓦斯化学株)と石油資源開発株間で共同探鉱権の契約が成立し、1960年2月に東新潟 SK-1 号井が掘削された。東新潟 SK-1 号井は深度 3,036.3 m まで掘削され、西山層以下椎谷層中に良好な貯溜岩相が多数認められた。そして、SK-1a 号井を脇

掘りして、西山層の 1,450 m 層をガス井として仕上げた(東新潟ガス田の誕生)。

その後、1963年には SK-6D 号井が 3,069.7 m まで掘削され、2,340 m 層(西山層)及び 2,900 m 層(西山層と椎谷層の境界)が発見された。また、1964年には海岸から約 1.5 km 沖合で、第一白龍号によって新潟沖 SK-1, 2D 及び 3 号井が掘削され、2,340 m 層(西山層)の発達が確認された。1965年には新潟沖 NS-1D 及び NS-2D が掘削され、2,900 m 層が発見され、1966年には NS-6 号井が七谷層まで掘削され、2,900 m 層が仕上げられた。更に、隣の松崎ガス田で発見された 3,100 m 層(椎谷層)が、本ガス田でも開発された。1,450 m 層のガス層はドライガスであるが、2,340 m 層、2,900 m 層及び 3,100 m 層のガス層はコンデンセートを伴う。排油機構は水押し型である。2009年における生産量は、天然ガス 169,412 千 m³、原油 56,949 kl である。

地質構造は緩大なドーム状構造で、各層は背斜(東新潟背斜)頂部に向かって薄化している(第 6. 7 図、第 6. 8 図、第 6. 9 図)。この背斜は成長褶曲と考えられている。トラップ型は背斜と層位封塞の組み合わせ型である。1,450 m 層、2,340 m 層は細～中粒砂岩で、背斜の東翼部だけに分布する。一方、2,900 m 層は凝灰質細～中粒

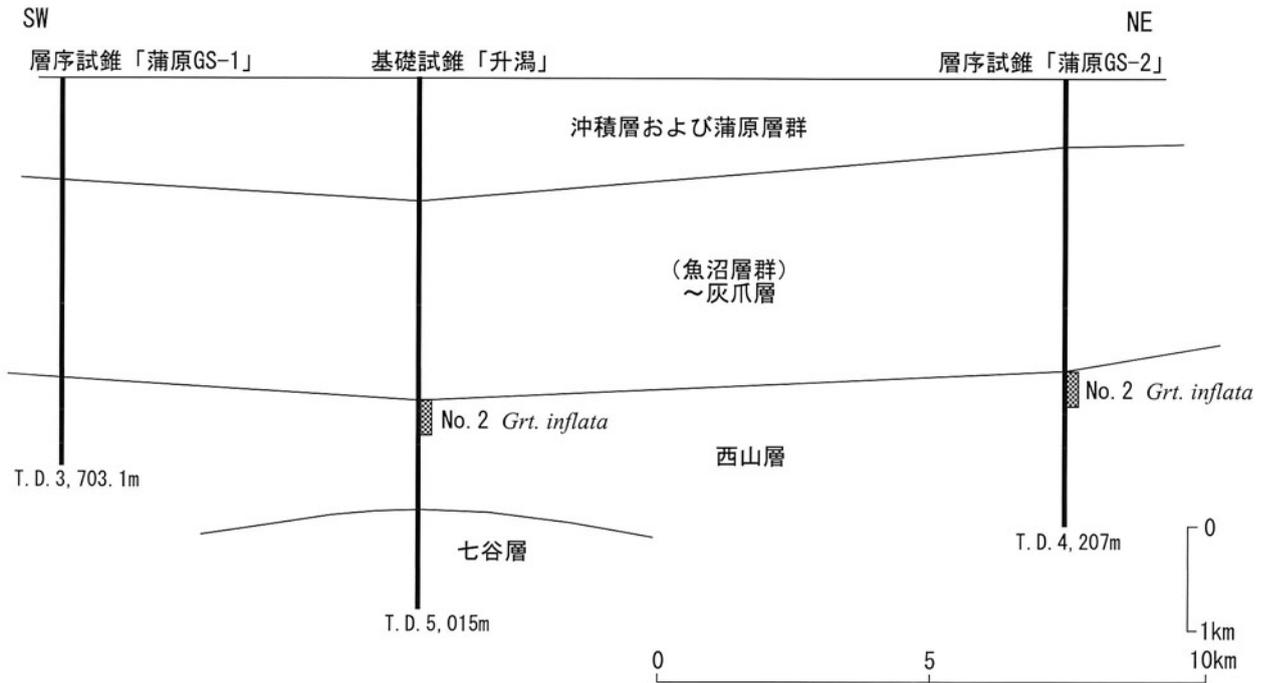


第 6. 3 図 本地域の主な石油・ガス坑井
新潟県（1977）、新潟県（2005）などに基づいて作成した。

第 6. 1 表 本地域の主な石油・ガス坑井一覧表

地域名	坑井名	油・ガス田	実施者	掘削深度 (m)	開坑 年月日	掘止 年月日	到達層準	
							層名	岩質
新潟	東新潟SK-1	東新潟ガス田	石油資源開発	3,036.30	—	—	椎谷層	暗灰色泥岩
	新潟沖SK-1	東新潟ガス田	石油資源開発	2,263.80	1964.8.11	1964.9.9	椎谷層	暗灰色泥岩
	新潟沖SK-3	東新潟ガス田	石油資源開発	2,350.00	1964.10.20	1964.11.3	西山層	砂岩泥岩互層
	層序試錐「蒲原GS-2」		通産省地質調査所	4,207.00	1965.8.5	1965.11.1	西山層	暗灰色泥岩
	東新潟NS-6		三菱瓦斯化学・石油資源開発	4,757.00	1966.4.8	1966.9.21	七谷層	玄武岩
	松崎-3	松崎ガス田	帝国石油	3,700.00	1966.6.19	1966.8.23	上部寺泊層	砂岩、泥岩
	新井郷-1		新潟県	3,251.30	1966.9.8	1966.11.14	椎谷層	黒色泥岩
	西亀田-1		帝国石油	3,904.50	1967.8.30	1967.11.17	椎谷層	砂岩、泥岩、凝灰岩
	基礎試錐「大淵」		通産省資源エネルギー庁	4,920.20	1967.10.14	1968.5.13	七谷層	泥岩・凝灰岩互層、ドレライト
	鳥屋野潟N-1		新潟県	4,305.00	1968.7.18	1968.10.12	椎谷層	凝灰質細～中粒砂岩
	北亀田-1		帝国石油	3,502.80	1968.9.21	1968.11.20	椎谷層	砂岩、泥岩
	大月MT-1		帝国石油・三菱瓦斯化学	3,503.00	1971.12.26	1972.2.17	椎谷層	砂岩、泥岩
	西葛塚MT-1		三菱瓦斯化学・帝国石油	4,803.00	1977.9.16	1977.2.13	七谷層	安山岩、玄武岩
	船江STMS-1D		石油資源開発・帝国石油・三菱瓦斯化学・昭和石油	4,507.33	1984.5.19	1985.3.4	椎谷層	砂岩泥岩互層
	新南阿賀-1	南阿賀油田	帝国石油	5,505.00	1993.9.2	1994.4.25	七谷層	玄武岩質凝灰岩、褐黒色泥岩
	太田古屋MS-1		石油資源開発	4,654.00	?	?	七谷層	凝灰質砂岩
東新潟MG-37	東新潟ガス田	三菱瓦斯化学・石油資源開発	1,600.00	1999	1999	(魚沼層群)	泥岩、砂岩	
内野	角田沖SK-1		石油資源開発	2,014.50	1967.4.14	1967.4.29	七谷層	玄武岩質凝灰角礫岩
	基礎試錐「下五十嵐」		通産省資源エネルギー庁	5,006.70	1968.2.7	1968.5.10	西山層	砂岩泥岩互層
	黒崎SKT-1		石油資源開発・東邦天然ガス	4,005.00	1991.6.19	?	西山層	砂岩泥岩互層

注：通産省地質調査所（現 国立研究開発法人 産業技術総合研究所）
帝国石油（現 国際石油開発帝石株式会社）
東邦天然ガス（現 株式会社東邦アーステック）



層序試錐「蒲原GS-2」周辺の地質断面図

層序試錐「蒲原GS-2」の層序と岩相

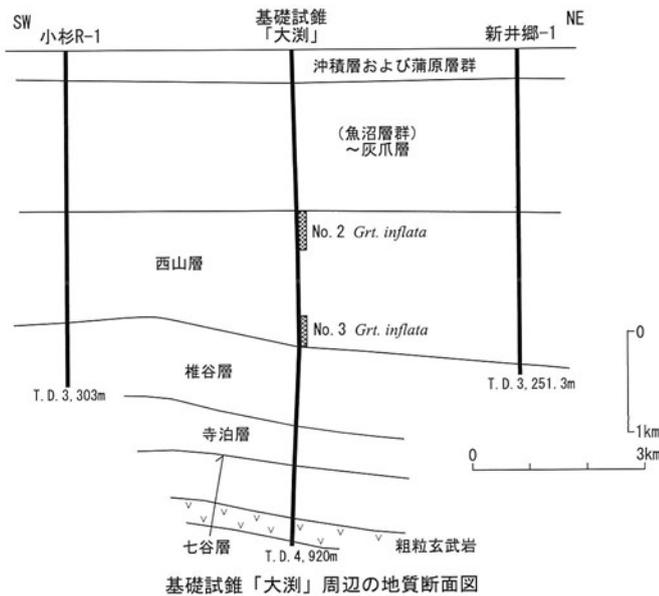
深度	地層名	主要岩相
0~126m	沖積層	上部は細~中粒砂，中部は貝殻混じりシルト質粘土，下部は中~粗粒砂を主体とする。
126~623m	蒲原層群	シルト~砂質シルト主体。砂・砂礫を挟む。顕著な礫層は4層。深度352~361mは軽石層。
623~2,774m	(魚沼層群) ~灰爪層	上部は灰色シルト岩主体，下部はシルト岩・砂質凝灰岩・砂岩互層。
2,774~4,207m	西山層	シルト岩・砂岩・砂質凝灰岩互層。 (No. 2 Grt. inflata 帯：深度2,774~3,031m)

蒲原層群の基底は天然ガス鉱業会・大陸棚石油開発協会(1982)による。西山層の上限はNo. 2 Grt. inflata 帯の上限とした。

層序試錐「蒲原GS-2」の有孔虫層序

深度	底生有孔虫層序
0~36m	N. F. 帯.
45~716m	<i>Rotalia cf. beccarii</i> 帯. (深度144~280m: N. F. - R. F.)
725~1,062m	<i>Rotalia papillosa</i> - <i>Siphogenerina raphanus</i> 帯.
1,071~1,725m	<i>Cassidulina kasiwazakiensis</i> - <i>Epistominella pulchella</i> 帯.
1,734~4,201m	<i>Haplophragmoides emaciatum</i> - <i>Bulimina cf. pupoides</i> 帯. ・深度1,734~3,031m: <i>Haplophragmoides emaciatum</i> - <i>Valvulineria sadoensis</i> 亜帯. ・深度3,040~3,658m: <i>Valvulineria sadoensis</i> - <i>Cyclammina pusilla</i> 亜帯. ・深度3,667~4,201m: <i>Cyclammina pusilla</i> - <i>Haplophragmoides cf. evoluta</i> 亜帯.

第 6. 4 図 層序試錐「蒲原 GS-2」の地質断面図と層序
通産省地質調査所(1966)及び石油開発公団(1969)から作成した。



基礎試錐「大淵」周辺の地質断面図

基礎試錐「大淵」の層序と岩相

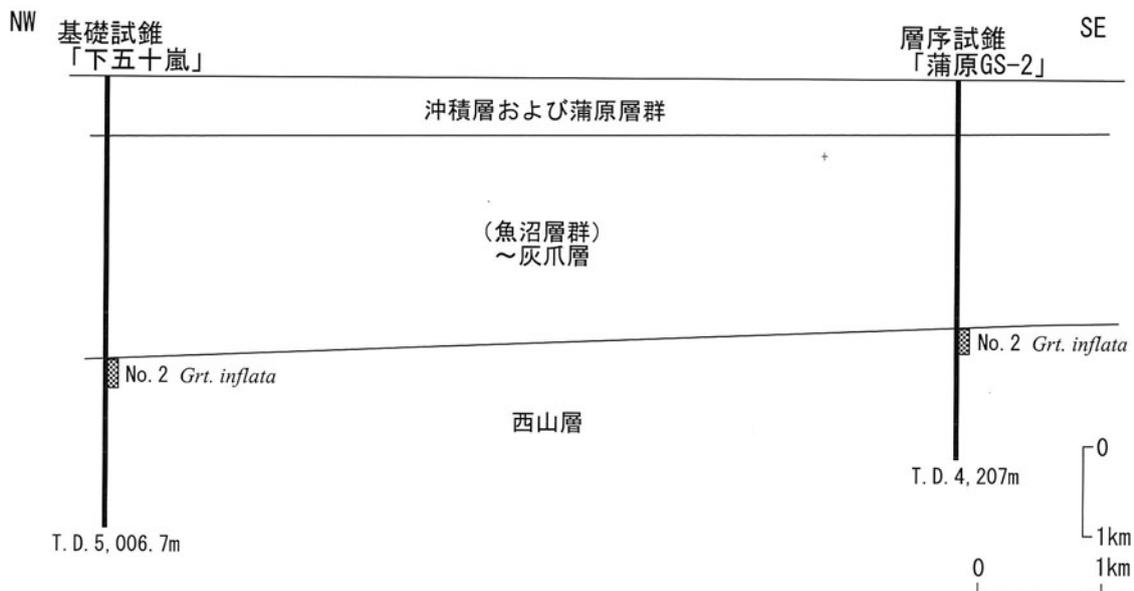
深度	地層名	主要岩相
0~324m	沖積層及び蒲原層群	カッティング調査未実施.
324~1,600m	(魚沼層群) ~ 灰爪層	深度324~600m カッティング調査未実施. 深度600~1,130m: 灰色泥岩・シルト岩. 深度1,130~1,600m: 泥岩優勢, 泥岩・砂岩・礫岩互層.
1,600~2,960m	西山層	(No. 2 <i>Grt. inflata</i> 帯: 深度1,600~2,000m) 深度1,600~1,934m: 砂岩・白色ベントナイト質凝灰岩・泥岩互層. 深度1,934~2,960m: 暗灰色~暗灰黒色泥岩, 一部砂岩・泥岩互層. (No. 3 <i>Grt. inflata</i> 帯: 深度2,660~2,960m)
2,960~3,742.8m	椎谷層	灰白色泥質~砂質凝灰岩・砂岩・暗灰黒色泥岩互層.
3,742.8~4,130m	寺泊層	深度3,742.8~3,886.3m: 灰白色泥質~砂質凝灰岩・砂岩・暗灰黒色泥岩互層. 深度3,886.3~4,130m: 暗灰黒色泥岩~黒(褐)色泥岩.
4,130~4,920m	七谷層	深度4,130~4,360m: 安山岩質凝灰岩及び凝灰角礫岩. 深度4,360~4,453m: 黒褐色~暗灰色硬質泥岩. 深度4,453~4,514m: 含黒雲母石英粗面岩及び凝灰岩. 深度4,514~4,651m: 黒色硬質泥岩. 深度4,651~4,879m: 粗粒玄武岩. 深度4,879~4,920m: 黒色硬質泥岩及び粗粒玄武岩.

層序区分は天然ガス鉱業会・大陸棚石油開発協会(1982)による。ただし、西山層の上限はNo. 2 *Grt. inflata* 帯の上限、下限はNo. 3 *Grt. inflata* 帯の下限とした。

基礎試錐「大淵」の有孔虫層序

深度	底生有孔虫層序
0~610m	未調査.
610~860m	<i>Elphidium clavatum</i> - <i>Buccella frigida</i> 群帯. ・深度620~720m: <i>Pseudononion japonica</i> - <i>Cribrorhynchium yabei</i> 亜帯. ・深度740~860m: P. F. 亜帯.
880~1,060m	<i>Angulogerina kokozuraensis</i> - <i>Uvigerina akitaensis</i> 群帯. (<i>Pullenia apertula</i> - <i>Cibicides cf. pseudoungerianus</i> 亜帯.)
1,080~2,600m	<i>Haplophragmoides cf. emaciatum</i> - <i>Uvigerina akitaensis</i> 群帯. ・深度1,080~2,000m: <i>Valvulineria sadonica</i> - <i>Bulimina cf. auriculata</i> 亜帯. ・深度2,020~2,600m: <i>Haplophragmoides cf. evoluta</i> - <i>Cyclamina pusilla</i> 亜帯.
2,620~3,860m	<i>Martinotiella communis</i> - <i>Miliammina echigoensis</i> 群帯. ・深度2,620~2,960m: <i>Bolivinita quadrilata</i> - <i>Nonion nicobarense</i> 亜帯. ・深度2,980~3,740m: <i>Haplophragmoides</i> sp. - <i>Goesella schenckii</i> 亜帯. ・深度3,740~3,860m: P. F. 亜帯.
3,880~4,120m	<i>Spirosigmoilinella compressa</i> - <i>Spiroplectammina niigataensis</i> 群帯. ・深度3,880~3,980m: <i>Spirosigmoilinella compressa</i> - <i>Martinotiella communis</i> 亜帯. ・深度4,000~4,050m: <i>Spiroplectammina niigataensis</i> - <i>Haplophragmoides renzi</i> 亜帯. ・深度4,060~4,120m: P. F. 亜帯.
4,140~4,350m	N. F. - P. F. 帯.
4,370~4,510m	<i>Haplophragmoides</i> sp. - <i>Sigmoilina schlumbergeri</i> 群帯. (<i>Uvigerina cf. proboscidea</i> - <i>Bulimina cf. auriculata</i> 亜帯.)
4,520~4,640m	<i>Hopkinsina shinboi</i> - <i>Gyroidina orbicularis</i> 群帯. (<i>Pullenia bulloides</i> - <i>Cibicides malloryi</i> 亜帯.)
4,660~4,920m	N. F. - P. F. 帯.

第 6.5 図 基礎試錐「大淵」の地質断面図と層序
石油開発公団(1968a)から作成した。



基礎試錐「下五十嵐」周辺の地質断面図

基礎試錐「下五十嵐」の層序と岩相

深度	地層名	主要岩相
0~680m	沖積層及び蒲原層群	シルト～砂質シルト主体。砂・砂礫を挟む。顕著な礫層は4層。深度330~340mは軽石層。
680~3,170m	(魚沼層群) ~ 灰爪層	深度680~1,610mは灰色シルト岩主体。深度1,610~3,170mはシルト岩優勢。シルト岩・砂質凝灰岩・砂岩互層。礫岩薄層を挟む。
3,170~5,006.7m	西山層	砂岩優勢。砂岩・シルト岩・砂質凝灰岩互層。(No. 2 Grt. inflata 帯：深度3,170~3,450m)

西山層の上限はNo. 2 Grt. inflata 帯の上限とした。

基礎試錐「下五十嵐」の有孔虫層序

深度	底生有孔虫層序
0~800m	未調査。
800~1,680m	<i>Criboelphidium yabei</i> 帯。 <ul style="list-style-type: none"> 深度800~890m : N. F. 亜帯。 深度900~1,030m : <i>Pseudorotalia gaimardii</i> - <i>Siphogeneria raphanus</i> 亜帯。 深度1,040~1,300m : Mixed Faunule. 深度1,310~1,680m : <i>Epistominella pulchella</i> - <i>Cassidulina norcrossi</i> 亜帯。
1,690~3,650m	<i>Uvigerina akitaensis</i> 帯。 <ul style="list-style-type: none"> 深度1,620~2,060m : <i>Uvigerina akitaensis</i> - <i>Epistominella pulchella</i> 亜帯。 深度2,070~3,650m : <i>Discamina</i> cf. <i>emaciatum</i> - <i>Valvulineria sadonica</i> 亜帯。
3,660~5,006.35m	<i>Miliammina echigoensis</i> 帯。 <ul style="list-style-type: none"> 深度3,660~4,150m : P. F. - N. F. 亜帯。 深度4,160~5,006.35m : <i>Crirostomoides</i> cf. <i>evoluta</i> - <i>Cyclamina pusilla</i> 亜帯。

第 6. 6 図 基礎試錐「下五十嵐」の地質断面図と層序
石油開発公団 (1968b) から作成した。

砂岩, 3,100 m 層は凝灰岩からなり, 背斜軸部から西翼部に発達する。

松崎ガス田 松崎ガス田の開発経緯や地質構造については, 帝国石油社史編さん委員会 (1992), 新潟県 (1977) に基づいて述べる。

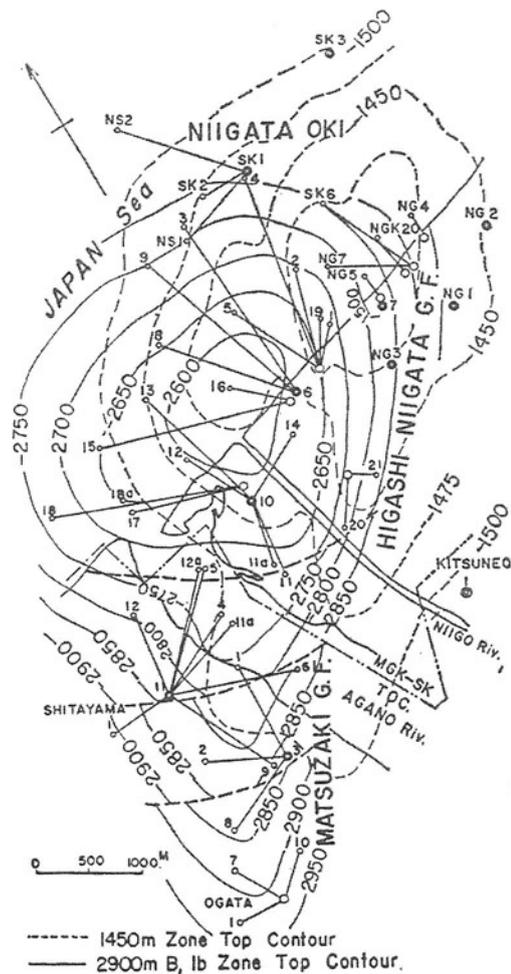
東新潟ガス田発見以前の1957年から, 阿賀野 R-1 号井 (2,373 m), 阿賀野 R-2 号井 (1,550 m) 阿賀野 R-3 号井 (2,600 m), 及び1965年に西阿賀 -1 号井 (3,106 m) などの掘削が行われていたが, 見るべき成果は得られなかった。1965年12月, 新潟飛行場の南東1.5 km の地点で松崎 -1 号井が掘削され (3,506 m), 椎谷層上部に極めて良好な遊離型天然ガス鉱床が発見され, Id 層として仕上げられた (松崎ガス田の誕生)。これは, 東新潟ガス田の2,900 m 層に相当する。

その後, 1967年には大形 -1 号井が掘削され (3,201 m), より深部の II a 層及び II b 層が発見された。本層は東新潟ガス田の3,100 m 層 (椎谷層) に相当し, 多量のコンデンセートを伴うほか, 一部で原油を産出する。排油機構は水押し型, 一部枯渴型である。2009年における生産量は天然ガス1,474千 m^3 , 原油306klである。

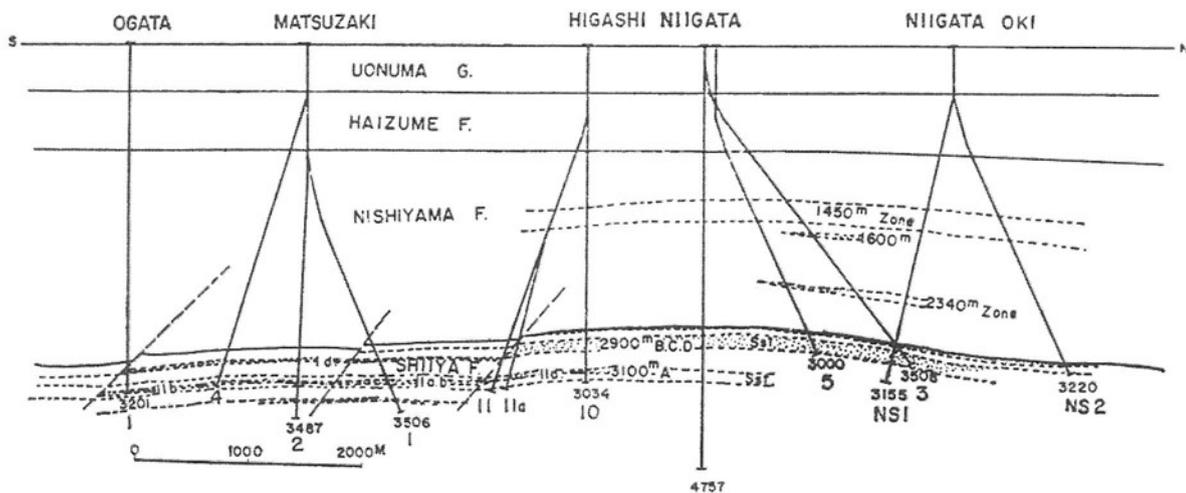
東新潟ドーム状構造の南西側斜面に位置し, 地層は西傾斜の緩い同斜構造を呈する (第6.7図, 第6.8図)。トラップ型は断層と層位封塞が組み合わされた特異な型である。Id 層は凝灰質細粒砂岩, II a 層及び II b 層は凝灰質細粒~粗粒砂岩からなる。

南阿賀油田 南阿賀油田の開発経緯や地質構造については, 帝国石油社史編さん委員会 (1992), 新潟県 (1977) に基づいて述べる。

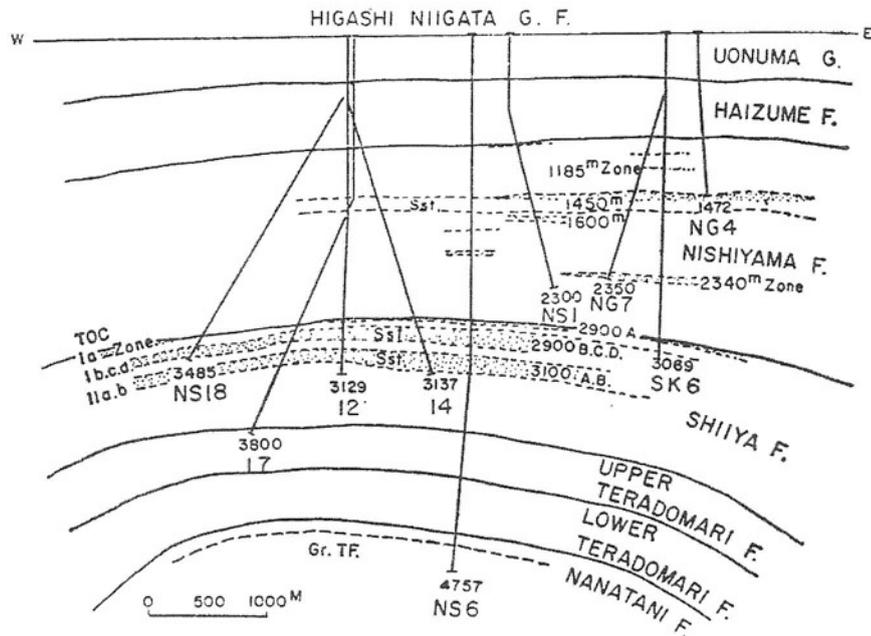
新津油田の背斜構造の北方延長部に位置し, 大正時代末期以降試掘や物理探査が行われてきたが, 1964年に南阿賀 -1 号井 (2,128.5 m) で西山層中に小規模なガス



第6.7図 東新潟ガス田, 松崎ガス田地下構造図
新潟県 (1977) による。



第6.8図 東新潟ガス田, 松崎ガス田縦断面図
新潟県 (1977) による。



第 6. 9 図 東新潟ガス田横断面図
新潟県 (1977) による。

層が発見された。これに続き同年南阿賀 -2 号井 (2, 586 m) で椎谷層中に有望な油層 (2, 230 ~ 2, 277 m : 2, 230 m 層) が発見され、これが南阿賀油田開発の端緒となった。その後、2, 230 m 層を中心に開発が進み、1977 年までに掘削井数は 43 坑井に及んでいる。2009 年における生産量は原油 15, 301 kl, 天然ガス 6, 898 千 m³ である。

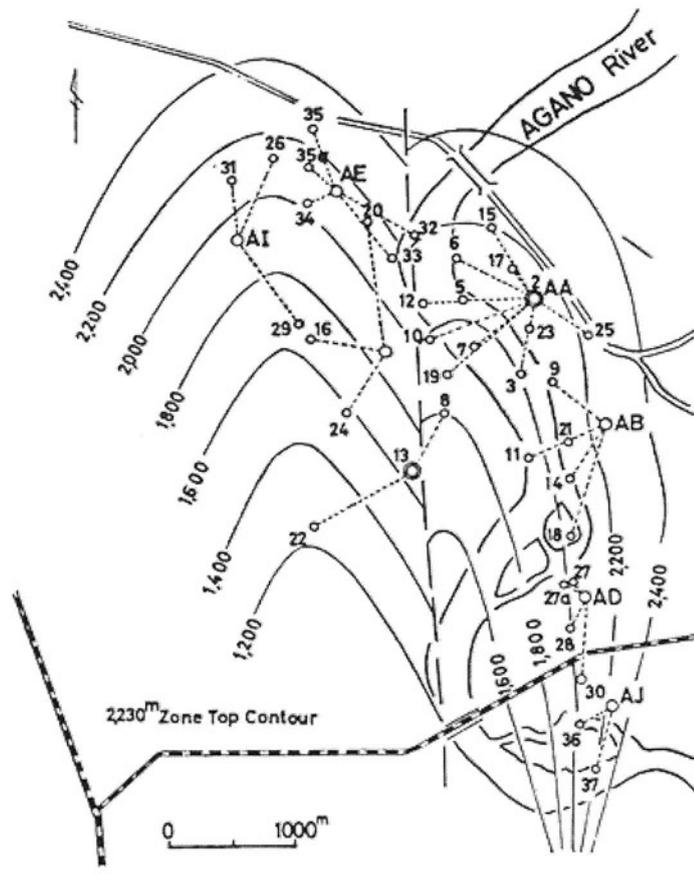
地質構造は当初新津油田から連続する一つの背斜構造と考えられていたが、探鉱の進展とともに中央部に南北に走る断層が存在し、その両側に分布する 2 つの背斜軸を持ち、北方に沈降するノーズ構造であることが明らかになった (第 6. 10 図)。2, 230 m 層は椎谷層上部の凝灰質砂岩で、東翼部の北方沈降部に三日月形に発達する (第 6. 11 図)。また、西山層中には砂礫相が分布し、本相中の一部にはガス鉱床が分布する。トラップの形態は背斜型及び層位封塞型の組み合わせで、排油機構はガスキャップを伴う水押型である。

新潟水溶性天然ガス田 開発の経緯や地質は、新潟県 (1977) や島津 (2000) に詳しい。本ガス田の天然ガス埋蔵量は約 970 億 m³ とされ、南関東ガス田に次ぐ日本第 2 位の大ガス田である。主として新潟県 (1977) をもとに述べる。

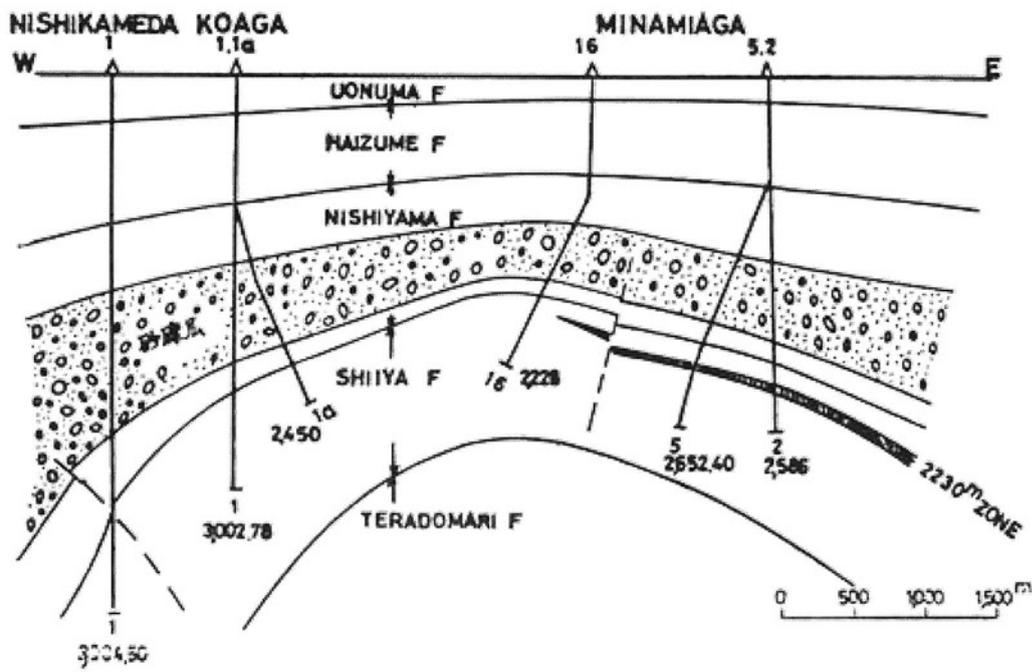
越後平野内の天然ガスの産出は古くから知られ、約 300 年前前から利用されていた。家庭用として広く利用されたのは明治中期以降である。深層ガスの開発は 1926 年に旧日本石油 (株) が 324 m の工業用水井を掘削した際に、水とともにガスを産出したのが最初とされる。本格的な開発は 1943 年以降で、特に戦後はガソリンの代用

として急速に開発が進められ、1959 年のピーク時には日産 75 万 m³ を記録した。自家用も含め開発の範囲は、村上市から新潟市に至る沿岸地域、新潟市 ~ 長岡市の信濃川沿いの地域で、面積は約 755 km² に及ぶ。しかし、1956 年ころから新潟市周辺の地盤沈下が顕在化したため (第 6. 3 章参照)、採取が規制され生産は減退することとなった。1959 年 ~ 1975 年間に 6 次にわたって規制が実施され、1961 年には新潟市周辺の採取が全面的に禁止となり、その他の地区では新坑井の掘削が禁止され、その後くみ上げ水の地下への還元方式を経て、地下水分離方式が採用され、限られた地域で生産が続けられている。2009 年における生産量は東新潟及び中条水溶性ガス田で 10, 957 千 m³、西蒲原水溶性ガス田で 35, 373 千 m³ である (新潟県資料)。また、かん水 (天然ガスを含む地下水) からはヨード (ヨウ素) が取り出され、製品化されている。

産出層は更新世中期 ~ 後期の蒲原層群及び灰爪層の砂礫層や砂層で、牧山 (1963a) によれば、上位から G₁, G₂, G₃, G₄, G₄', G₅, G₆, G₆', G₇ 及び G₈ の 10 のガス層が認められる (第 4. 1 図, 第 4. 2 図)。G₁ ~ G₅ は蒲原層群、G₆ 及び G₆' は灰爪層、G₇ 及び G₈ は西山層に属する。ガス層の地質構造は当地域の新第三系 ~ 第四系の構造に支配され、内野地区に一つの緩い向斜構造、阿賀野川の東方に一つのドーム状の背斜構造が分布する (第 5. 2 図)。なお、本ガス田の主力となっているガス層は G₄, G₅ 及び G₆ の 3 層である。



第 6. 10 図 南阿賀油田地下構造図
新潟県 (1977) による。



第 6. 11 図 南阿賀油田横断面図
新潟県 (1977) による。

6.2 温泉

本地域内に位置する温泉は、平成11年度温泉実態調査（新潟県未公表資料）によると、以下の温泉が登録されている（第6.2表）。なお、平成25年度温泉利用状況調査（新潟県、2014）に掲載されている温泉は、緒立温泉と坂井東の2件である。

6.3 地盤沈下

沈下の経緯

自然沈下量（地殻変動）を大きく超える地盤の沈下現象は、明治時代に東京や大阪で発生し始め、最初に気付いたのは寺田寅彦であったとされる（藤井、1969）。昭和の初め頃に顕在化し、問題視され始めたが、第2次世界大戦中に地下水のくみ上げ量が急減したことともない沈静化した。一方、地盤沈下の原因に関して、初めて科学的に解明したのは気象庁長官をつとめた地球物理学者の和達清夫で、大阪の地盤沈下の原因について、地下水のくみ上げにともなう水位低下による粘土層の収縮にあるとした（広野・和達、1939）。このように地盤沈下現象の原因は明らかにされたものの、1950年代以降の高度成長期に再び顕在化し、日本各地に拡大していった。

新潟市とその周辺では、1898年以降の水準点測量によって、最大で年間3.9mmの沈下が記録されていた。この自然沈下量を上回る年間5mm程度の沈下が、西区の内野から阿賀野川にかけての海岸部において認められることが、1952年12月に、地理調査所により公表された。この沈下傾向は1955年ころから加速し、1958年にはかなりの範囲で年間20cmを超えるようになった（建

設省北陸地方建設局編、1979）。そして、1960年には西区の坂井輪地区で最大で53.7cmという世界でも類を見ない数字を記録するにいたった（金子ほか、2007）。新潟地域において累積沈下量（1957年9月1日～2013年9月1日）のもっとも大きな地区は坂井輪地区（寺尾上）で、約285cmに達している（新潟県、2015）。

新潟市周辺の地盤沈下現象には、海岸部の沈下と内陸部（白根地区）の沈下の2種類あることが指摘されている（西田、1973）。このうち海岸部の沈下が量的に多く、より大きな影響をもたらした。ちなみに、前者は深層部（地下数百m）の地層の収縮、後者は浅層部（地下数十m）の収縮によるものと考えられている（西田、1973）。1975年以降に実施された各種対策（後述）が功を奏し、現在は両地区ともに沈静化しているが、新たに阿賀野川河口近くの北区松浜地域を中心に年間1～2cmの沈下が継続して観測されるようになった（新潟県、2015）。

沈下の被害

臨海部に位置する新潟市では、具体的に、①港湾施設（防波堤や離岸堤など）や河川堤防の沈下、②ゼロメートル地帯の拡大（高潮や洪水による浸水危険性の増大）、③農業用揚排水施設（用排水路、ポンプ場など）の機能低下、④海岸侵食の促進、⑤地下水の塩水化の被害となつて現れた。

特に、自然排水が困難なゼロメートル地帯を抱える新潟市は、その影響が大きく、かつて柳都と呼ばれた新潟市を象徴する柳並木の美しい西堀・東堀が埋められた理由の一つが、地盤沈下にともなう排水不良による堀水の汚水化（悪臭・不衛生）であったとされる。また、1964年の新潟地震の際には、津波で遡上した海水や河川水が壊れた堤防から堤内地へ流入して湛水し、“地震水害”と呼ばれる災害に見舞われた。

第6.2表 本地域に位置する温泉の概要

温泉名	源泉名	源泉位置	採取	標高 (m)	深度 (m)	泉温 (°C)	湧出量 (L/分)	泉質	利用
緒立温泉	緒立	西区黒鳥	動力	1	20	13.5	59	ナトリウム-塩化物・炭酸水素塩温泉	老人福祉センター黒崎荘
阿賀浜温泉	松の湯	北区三軒屋	動力	5	46	13.8	14.5	含硫黄-Ca, Na-塩化物・炭酸水素塩泉	阿賀浜荘
新潟温泉 ビーチセンター	2-16号	中央区窪田 町浜浦	自噴	10	1510	49.3	1699.5	13-.5強塩泉	老人憩いの家 (なぎさ荘)
坂井東	坂井輪 鉱泉	西区寺尾上	自噴	1			32	含鉄-Na, Mg, Ca-塩化物・炭酸水素塩冷鉱泉	ガス採取

ゼロメートル地帯の拡大は、地盤沈下が沈静化した後も災害に対する脆弱性という面で影響を残した。1998年の8.4豪雨災害で市内の広範囲で湛水したほか、2005年12月22日に発生した新潟大停電(最大65万戸が停電)では、常時排水している排水ポンプが停止したため、小新地区を中心に床下浸水被害が発生した。

沈下の原因

新潟市では、古くから地下水に天然ガスが含まれることが知られており、明治時代初めから100m前後よりも浅い井戸を掘削し、自家用燃料として利用されていた。水溶性天然ガスの燃料用使用は、戦後の1950年ころから本格化し、1956年ころから加速した。それと同時に地盤沈下現象も現れ始め、既に1950年の段階で、運輸技術研究所の技官によって、天然ガス採取が地盤沈下に関係する可能性が指摘されていた(百武, 1996)。

しかし、戦前から戦中の大阪で、地盤沈下の原因が地下水の過剰なくみ上げにあると指摘されていたにもかかわらず、新潟では、地盤沈下の原因をめぐって8大原因説と呼ばれるさまざまな見解が提出され、激しい議論が交わされていた(井島, 1961)。各説は、①地球全体の温暖化による極氷融解がもたらす海面の上昇、②日本海沿岸の全般的沈下、③新潟地方に特有な地殻変動、④海岸侵食の影響、⑤新潟沖積低地の自然圧密、⑥港湾浚渫が軟弱地盤を動かす、⑦農地の乾田化による地層の収縮、⑧地下水の急激な大量揚水である。

1958年から水準測量や観測井による観測が強化され、それらの結果を踏まえて、1959年に科学技術庁資源調査会新潟地盤沈下特別委員会は、「新潟の地盤沈下の主原因は、鉱業用水溶性ガス採取にともなう地下水の急激な大量揚水であるとする説を重視せざるを得ない」と結論づけた。内陸部の沈下の原因に関しても、同特別委員会は、「自家用天然ガスの採取にともなう地下水のくみ上げ」であるとした。一方、福島潟周辺でもわずかな沈下が観測されているが、これは表層部に分布する軟弱粘土層の自然圧密とされている。また、最近現れている阿賀野川河口周辺に見られる沈下現象の理由は不明とされている。なお、地盤沈下がピークにあった1960年6月に、農地の地盤沈下の原因を究明するために農林省新潟地盤沈下調査事務所が設置され、多数の調査・観測井が掘削された。これらの調査結果は、のちに越後平野における沖積層研究を大きく推し進めるきっかけとなった(第4.1章参照)。

沈下対策

新潟市及びその周辺における水溶性天然ガスの揚水対象層は、主にG₄、G₅、G₆と呼ばれる3層のガス層(第6.1.3章参照)であるが、資源調査会の報告を受けて、1959年から鉱業権者(天然ガス会社)の自主規制(第1回規制)が始まり、同年8月には通産大臣の勧告規制(第2回規制)が出され揚水量が削減された。更に、1960年

には、通産省承認によるG₅層より浅い層の自主的な採取規制(第3回規制)が出され、つづいて同年11月には新潟市周辺地区での採取を全面的に規制するという通産大臣による勧告規制(第4回規制)が出された。こうした規制により、ガス坑井は約480から168に減少した(百武, 1996)。しかし、沈下速度は鈍化したものの沈下は依然継続した。

その後、1964年の新潟地震でゼロメートル地帯が浸水被害を受けたことが契機となり、1968年には一部地域でG₃層より浅い層の揚水が自主規制され(第5回規制)、1972年には天然ガス分離後の地下水を地下に圧入する第6回規制が導入された。この間、地方自治体でも1969年10月に新潟市自家用天然ガス採取規制条例(条例第39条)、1971年12月に新潟県生活環境の保全等に関する条例(条例第51条)がそれぞれ制定され、更に新潟県では1972年3月に地下水総合規制対策が策定され、総合的な規制が実施されるようになった。こうして、地盤沈下現象は1970年代以降になってようやく沈静化するにいたった。なお、新潟市内における自家用水溶性天然ガス井戸について、現在は新規の掘削はできないが、条例の制定以前から存在する井戸の使用は規制の対象外となっている。

6.4 海岸侵食

侵食(欠潰)の経緯

新潟港西海岸(日和山浜、寄居浜)におけるかつての海岸線は、現在よりもはるか沖合にあった。1890年に測図された2万分の1地形図では、海岸線は日和山の西方約900mに描かれている。1903年に新潟港の突堤が完成してから海岸線の後退(海岸侵食、決壊、欠潰などとも呼ばれている)がはじまり、1909年に開始された信濃川河口改修工事にともなう浚渫工事が始まったことで加速された。1911年測図の2万5千分の1地形図では、日和山から海岸線までの距離は約100mとなっている。更に、1922年に大河津分水路おおこうづが通水してから侵食は一層進み、ついに日和山の一部が削られるまでになった。こうした海岸線の後退傾向は、戦後になって対策工事が本格的に実施されるまでつづいた。

侵食量は信濃川河口の突堤に近いほど大きく、1903年～1950年頃までに水戸教浜みとぎょうで360mあまり、日和山浜で約260mに達し、住宅地に迫る勢いをみせた。1955年ころから地盤沈下が目立つようになり、新潟海岸の決壊現象は、新潟市民にとって大きな脅威となった。侵食防止工事の継続実施により決壊の進行は静まったが、工事の遅れた寄居浜、関屋浜、小針浜では1960年代までつづいた。

侵食(欠潰)の原因

決壊が始まった時期とそれをもたらしたであろう事象

の発現時期はほぼ一致しており、両者の因果関係は明瞭で、原因はほぼ特定されている（建設省北陸地方建設局編，1979）。いくつかの直接的な原因と決壊をうながした間接的な要因を以下に整理する。

新潟港における東西の防波堤・突堤の建設

新潟港は幕末に開港5港の一つに指定されたものの、水深が浅いため、十分に機能することなく明治期を迎えた。明治政府はイギリスやオランダの外国人技師の提案や内務省技師の古市公威（のち帝国大学工科大学初代学長、土木学会初代会長）の報告を受け、河口の東西に突堤を建設することとした。工事は国の直轄工事として、1896年に着手、1903年に竣工した。

この工事により、土砂が沖合に放出されるようになり、浜に打ち寄せられる砂の量が減少するとともに、沿岸流による底質の東西移動が妨げられることとなった。また、この際、西突堤の延長が約1,000mであったのに対し、東突堤のそれは約500mと短かったため、土砂は東側にそれやすく、供給量不足から西側の侵食がより早く進む結果となった。

なお、西突堤については、その後、1907年に嵩上げ（高さ3.6m、幅7.6m）と延伸工事（1,517m）が着手され、1924年に完成した。一方、東突堤についても、旧堤の補強（天端高低水面上1.2m、幅1.8m）及び延伸工事（1,290m）が1917年に着手され1925年に完成した。

新潟港の浚渫

1909年に河口改修工事の一環として港内の浚渫が開始され、河口にポケットが形成されることで放出される土砂量が減少し、侵食が助長された。

大河津分水路の通水

1922年に大河津分水路が通水し、土砂の多くが寺泊海岸に放出されるようになった。これにより信濃川本流の流速が減少し、下流域での土砂堆積が進んだ。その結果、信濃川河口から放出される土砂は細粒化し、砂の供給量が大幅に減少して海岸侵食は一層進んだ。一方、寺泊海岸では海岸線が沖合に向かって前進を始め、そのスピードは最大で年間20m、累計で最大約600mに達し（磯部，1979）、砂浜は約40haの水田が圃場整備されるまでに拡大した。

信濃川流域で進められている河身改修工事や砂防工事による土砂量の減少

明治時代の初期に西洋の技術を入れて砂防事業が開始されて以来現在に至るまで、信濃川や阿賀野川流域では多数の砂防工事が実施されてきた。そのため、上流から流下する土砂の絶対量が減少し、河口から流出する砂の量が減ってしまった。信濃川河口近くの底質は、以前の砂主体から、現在は黒色のシルト・粘土などの「泥土質」が88%を占めるように変わってきている（国土交通省北陸地方整備局新潟港湾・空港整備事務所，2015）。このように、海浜砂の供給源の減少も海岸侵食の有力な原

因の一つと考えられている。

地盤沈下

地盤の沈降現象は海進の直接的な原因となる。1950年代に急速に進んだ臨海部の地盤沈下現象は、新潟海岸の侵食を加速した。

以上に述べた新潟海岸欠潰にかかわると見られる5つの主要な原因のうち、地盤沈下以外は解消されていないため、侵食防止対策工事の継続的な実施が不可欠な状況にある。

侵食（欠潰）の対策

対策工事として1933年ころから部分的に護岸工事が始められたが、十分な効果を得るまでにはいたらなかった。1946年に運輸省、建設省、気象台、経済企画庁経済安定本部、海上保安庁、新潟県、新潟市など広範な委員から構成される新潟港技術調査委員会が設置され、この委員会が1951年11月に策定した「新潟海岸決壊対策工事基本計画」に基づき、本格的な対策工事が開始された（新潟県土木部，1960；国土交通省北陸地方整備局，2006）。

その基本は、波浪による侵食力を弱めるための潜堤と、沿岸方向における海底の砂の移動を防ぐための突堤（コンクリートパイル製）の組み合わせであった（新潟市，1991）。潜堤は海岸から沖合100～150m、水深3m付近に延長1,500mで設置された。しかし、潜堤前面の侵食が進行し、沈下が止まらないため、消波ブロックによる嵩上げ工事の継続的な実施を必要とした。1983年には、前面の基礎部分を大きく広げた改良型離岸堤を採用することで沈下量は小さくなったが、抜本的な対策とはならなかった。

そこで、レクリエーションの場として海浜を利用したいという市民ニーズも考慮し、1986年に国の直轄事業として、従来の「線的防護方式」に変えて、潜堤（離岸堤）、突堤、養浜（護岸）を組み合わせた「面的防護方式」を採用した対策事業が開始された（国土交通省北陸地方整備局，2006；国土交通省北陸地方整備局新潟港湾・空港整備事務所，2009）。この事業は、従来の潜堤の沖に更に大型の突堤を建設し、沖合500mの位置に新たに広い天端幅を持つ潜堤を設置することで波のエネルギーを弱め、汀線後退を阻止するとともに、養浜により親水空間（広く穏やかな水域と砂浜）を創出することを意図したものである。

現在は、新潟港西海岸に加えて、関屋分水路以西の有明浜海岸や五十嵐浜海岸でも離岸堤や人工リーフ、一文字型ヘッドランドを中心とした対策が実施され、一定の成果を得ている。しかし、沖合での侵食が顕在化してきたという新たな課題も浮かんできている。

6.5 地震災害

近世以降の本地域での地震災害としては、1828年三条地震、1833年天保庄内沖地震、1964年新潟地震があげられる(新潟市、1997)。

1828年三条地震

三条地震は、新潟県中越地域の三条市周辺地域を震源とした地震であり、地震被害の資料が多く被害分布が詳細に調べられている(武者、1943;東京大学地震研究所、1984、1994;宇佐美、1999、2002など)。本地域での被害としては、現在の新潟市中央区付近の信濃川沿いで液状化が発生したことが記録されている。

1833年天保庄内沖地震

天保庄内沖地震は、山形県の庄内地方の沖合を震源とする地震で、特に、山形県や新潟県をはじめとして、石川県輪島市など日本海側の広い範囲で津波被害が発生した。

本地域では、阿賀野川、信濃川、新川の河口部からの遡上した津波による被害記録が残されている。このうち、阿賀野川河口部から遡上した津波の記録は、新発田藩月番家老の記録である「天保四年巳年御留守御在城行事」や会津藩主である「松平敬敬日記」に残されている。矢田(2012a)の校訂と解説によると、地震から約1時間経過した後、阿賀野川河口部から高さ6m程度の津波が4~5回にわたって遡上し、松ヶ崎浜(現在の阿賀野川河口部の右岸)では漁船が流出・破船し、水死者が出る被害となった。また、家屋被害(潰家、半潰家)や液状化が発生したことも示されている(第6.12図)。

信濃川河口部からも津波が遡上し、「松平敬敬日記」によると地震で傷んだ家や土蔵はそれほど多くはないものの、津波が町内に入り込み、床上りしたところもあった、と記されている。また、後述する伊藤家の史料では、寄居村(現在の新潟市中央区寄居:新潟島の中央部)ま

で八戸藩の船が津波によって流されたことが記されている(矢田、2012a)。

新川河口部から遡上した津波の被害は、長岡藩領五十嵐浜村(現在の新潟市西区五十嵐2の町)の庄屋である伊藤家の史料に記録されている。これによると、新川を遡上した第3波目の津波によって、河口に近い橋(浜往来橋)と河口から約2kmに位置する橋(内野往来橋:現三日月橋)は落橋し、西川の底樋が破損したため海水が、砂丘列背後の横尾村(河口から、約2.5km:現在の新潟市西区横尾)まで流入している(第6.13図)。また、漁船は10隻、田船は70隻あまりが破損したことが記録されている(矢田、2012a、b)。このように、本地域では、天保庄内沖地震の地震動による建物被害は軽微であったが、液状化が発生するとともに、津波の河川遡上による被害が大きかったことが推定できる。

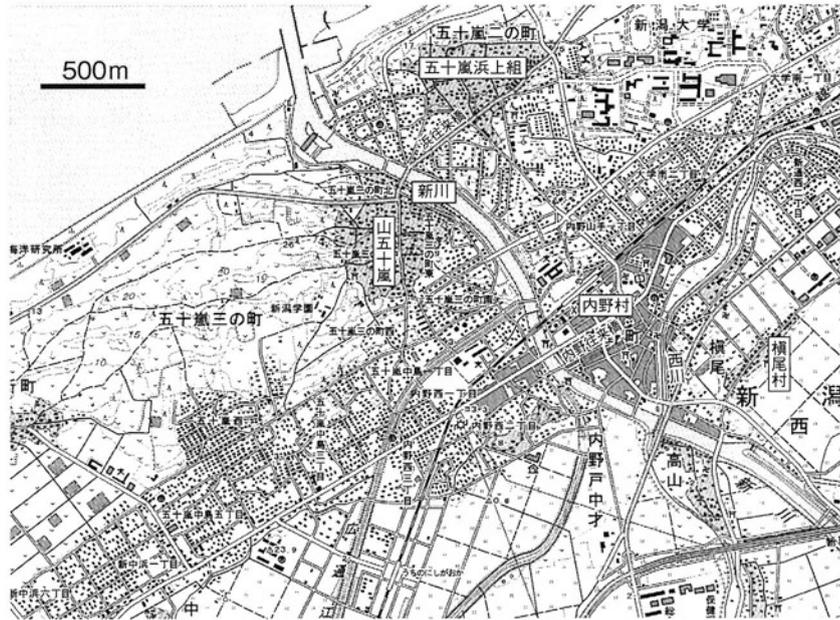
1964年新潟地震

新潟地震は、1964年6月16日午後1時2分に、新潟県の粟島付近を震源(M7.5)として発生し、新潟市では震度5(当時の震度階級)を記録した地震である。この地震による被害の記録は、新潟地震誌(新潟市、1966)、新潟地震の記録(新潟県、1965)、新潟地震調査研究報告(地質調査所、1966a)、新潟地震予察報告(地質調査所、1966b)、新潟地震災害調査報告(日本建築学会、1964)、昭和39年新潟地震震害調査報告(土木学会新潟震災調査委員会、1966)など、行政機関、研究機関や学会による多くの調査が行われている。

本地域では、特に液状化による宅地地盤、道路、建物、橋梁等の構造物、堤防、鉄道などの被害が顕著であり、被害調査記録が残されている。このうち新潟市街部を中心とした地域の液状化、建物被害、浸水被害の状況は、新潟地震地盤災害図(西田ほか、1964:第6.14、第6.15

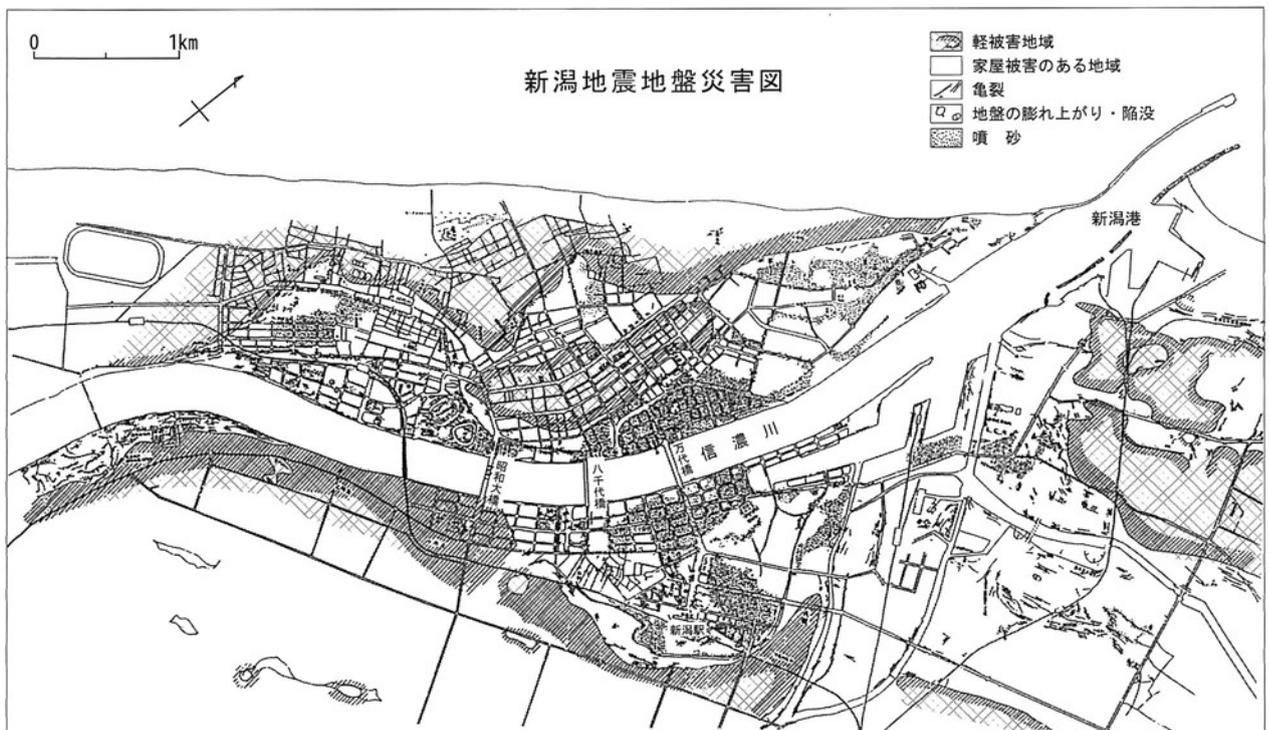


第6.12図 1833年庄内沖地震新発田藩被害地点と被害数(新潟市中心部) 矢田(2012b)による。基図は国土地理院発行の5万分の1地形図「新潟」(1911年測図)を使用した。



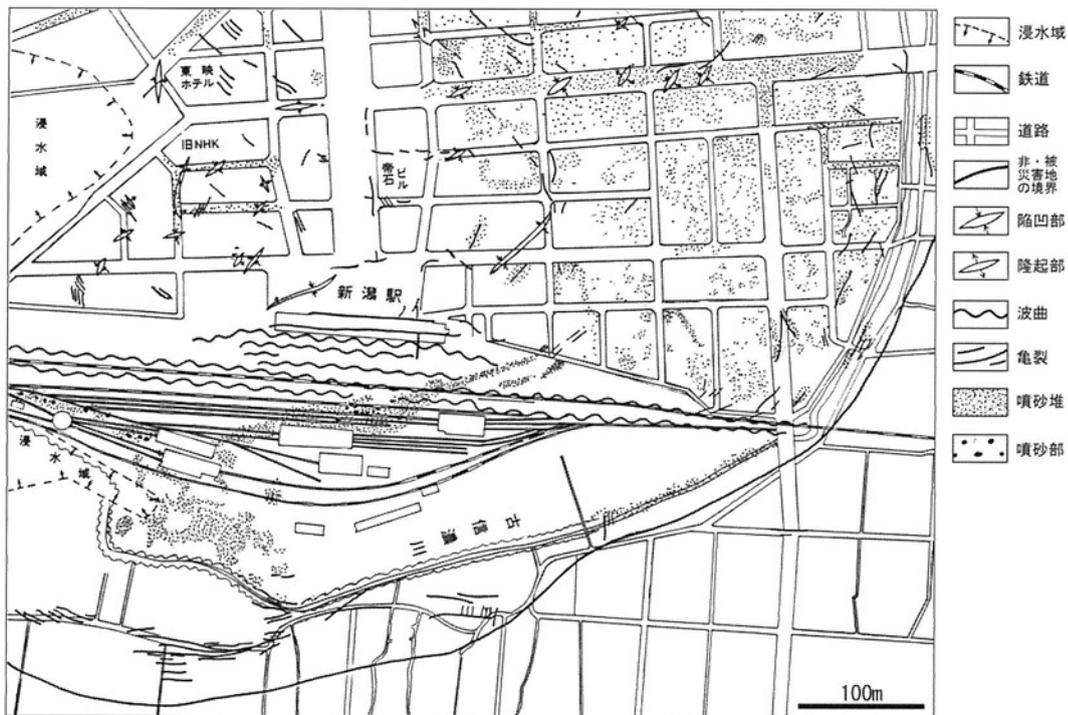
第 6. 13 図 五十嵐浜村と新川の橋

矢田 (2012b) による。基図は国土地理院発行の 2 万 5 千分の 1 地形図「内野」(2009 年測図) を使用した。



第 6. 14 図 新潟地震地盤災害図 (全体)

西田ほか (1964) による。



第 6. 15 図 新潟地震地盤災害図 (新潟駅付近の拡大)
西田ほか (1964) による。

図)として取りまとめられた。この災害図は、都市域の被災状況を詳細に記録した初めての都市災害記録図であるとともに、今後の地震時の液状化(再液状化)しやすい地盤を示した災害予測図となっている。

新潟地震地盤災害図によると、1964年の新潟地震の際には、入船町、附船町、湊町、礎町などで激しい液状化現象が発生したことがわかる。その一方で、古町地区の被害は比較的軽微なものにとどまり、液状化現象もほとんど確認されなかった。この理由として、一般に、古町地区の地盤の形成が地震発生前の300年以上前にかのぼり、年代を経ることによって締固め効果が現れたためとされてきた(横尾, 1976)。この説明の場合、信濃川最下流左岸の古町～下町地区を構成する表層地質が、砂層を主体しているということを前提としていた。しかし、ボーリングデータは、古町地区の地盤が一様な砂地盤から構成されているわけではないことを示している。したがって、地震による被害の程度と構成地盤の性状の関係について論じる際には、地盤形成年代とともに地盤の構成内容も合わせて考察する必要がある。

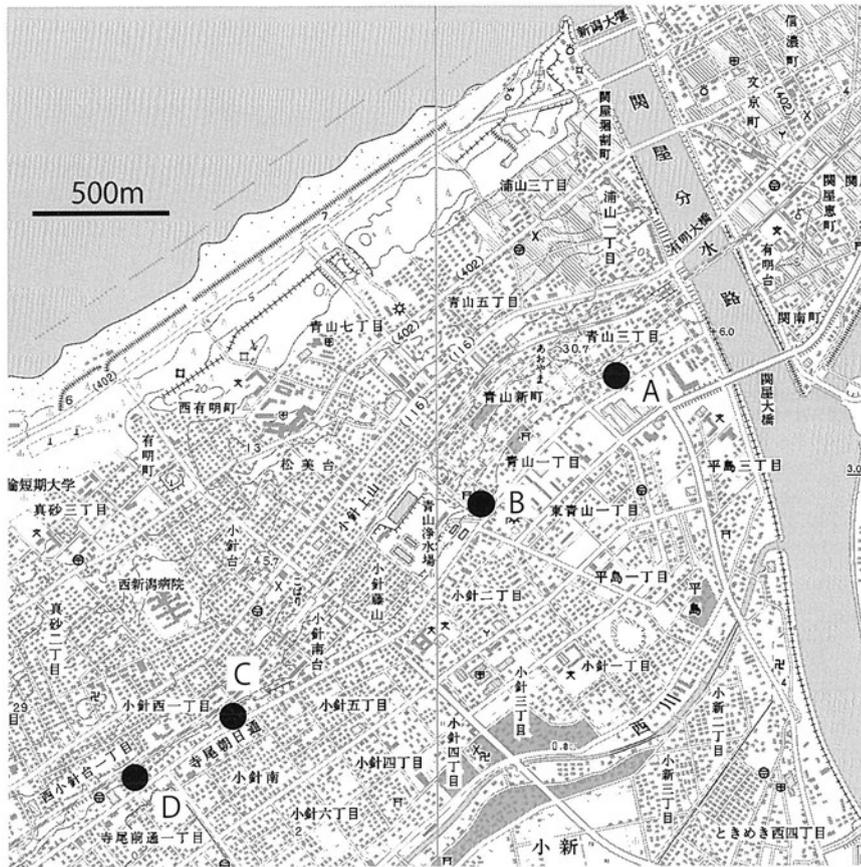
他方、古町地区の上流側に位置する関屋～白山浦地区は、江戸時代半ばに描かれた古絵図「延享4(1747)年沼垂新潟増減立合絵図」(新潟市歴史博物館蔵)では、左岸側の大きな湾入部に形成された中州として描かれている。また、その南側で現在の信濃川に面した新潟県立がんセンターのある川岸町や県民会館のある一番堀通町は、1911年測図の2万5千分の1地形図では信濃川の

河道の一部に含まれている。これら白山浦地区や川岸町地区の表層部は、いずれも大半が固結度の低いゆるい砂から形成されており、近世以降に形成された信濃川の中州の堆積物(cd)あるいは旧水域(河川)の埋土(rl)である。1964年の新潟地震では、このような形成年代の新しいゆるい砂層で液状化現象が最も顕著な形で現れた。

また、旧阿賀野川は、信濃川との合流部に形成された砂州のために分流し、一方は信濃川に合流し、他方は北側へ直角に向きを変え日本海に注いでいた時期があった(寛文12(1672)年、4度目沼垂町割王瀬山崩西川合河新潟川端堀口両湊絵図、新潟市歴史博物館蔵)(新潟市歴史博物館, 2008)。北流した分流は、後に河口が閉塞され、古湊としてしばらく残っていた。現在の古湊町や古川町はその名残と推定される。1964年の新潟地震の際に、両町で液状化現象が起こったことは、古絵図と符合する。

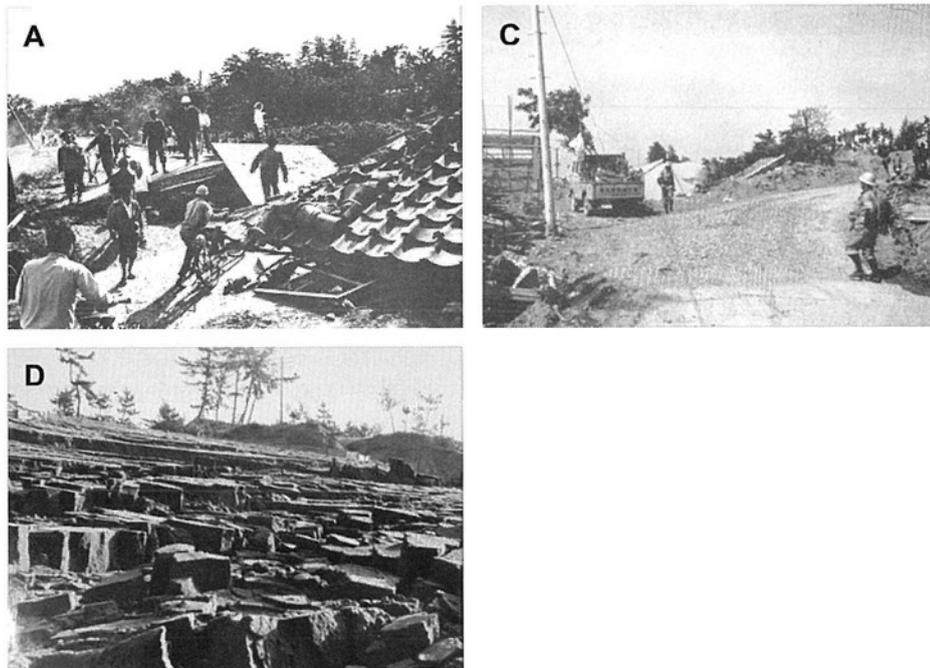
更に、現在の新潟市西区の砂丘の末端部では、液状化に伴う地すべりが発生し、家屋の倒壊や道路の変状被害が発生した。主な発生地点を第6.16図、第6.17図に示す。液状化に伴う地すべりは、砂丘斜面の末端部が液状化をして支持力を失うことにより、背後の砂丘斜面が地すべりを起こしたものである。これまで被害状況の写真は報告されていたが、発生位置が不明であった。地すべりの面積は、6,000～8,000m²程度と推定できる。

液状化以外の顕著な被害としては、スロッシングによ



第 6. 16 図 砂丘末端部での液状化による地すべり発生地点

A-D の地点は、聞き取り調査により地すべりの発生を確認した地点（風間、未公表資料）。このうち、現地の写真が確認できたものを第 6. 17 図に示す。



第 6. 17 図 各地点での地すべり被害

A：新潟市，1966；C：通産省地質調査所，1966b；D：渡辺一男氏撮影（提供），地点の位置は第 6. 16 図に示す。なお，B 地点の写真は現存していない。

第 6.3 表 新潟市周辺における主な水害

災害発生年月	被害の概要
1896(明治29)年7月 横田切れ	燕市横田の信濃川左岸で破堤。死傷者78人、浸水家屋25,000戸。新潟市西区横尾での浸水深は約2.4m。大河津分水路建設の大きなきっかけとなった。
1913(大正2)年 木津切れ	新潟市江南区横越地区一帯で阿賀野川の洪水とそれに伴う小阿賀野川の氾濫や堤防の決壊で亀田郷内(現在の新潟市江南区)の低地はほぼ水没。
1917(大正6)年10月 曾川切れ	新潟市江南区天野新田の曾川水門で破堤。破堤箇所は長さ約100m。亀田郷内は広範囲で水没した。
1958(昭和33)年7月	台風11号により新潟市北区の福島潟が氾濫。床上浸水,95戸。
1961(昭和36)年8月	集中豪雨により、白根市(新潟市南区)で死者1名、重軽傷者40名。宅地53ha、耕地2,622ha、2,250戸が被害。
1966(昭和41)年7月 下越水害	県北一帯に集中豪雨が發生。旧新潟市内では、床上浸水335世帯、床下浸水1,452世帯。旧豊栄市(新潟市北区)の8割が浸水、住宅全半壊503棟、床上浸水1,810棟。水稻の収穫皆無地2000ha。
1967(昭和42)年8月 羽越水害	前線の活発化による新潟県から山形県南部の地域で集中的な降雨。福島潟の増水による浸水被害。旧新潟市では、床上浸水328世帯、床下浸水2,526世帯、旧豊栄市では、住宅全半壊30棟、床上浸水727棟。
1978(昭和53)年)月	梅雨前線の活発化による佐渡と下越地方で集中的な降雨。信濃川の増水、西川、中ノ口川の氾濫などで新潟市西区や南区の広範囲で住宅や畑が浸水。旧新潟市域で床上浸水142世帯、床下浸水1,113世帯。
1984(昭和59)年7月	新潟市で1時間雨量52mm、総雨量107.5mmを記録。新潟市中央区の新潟島地区、西区の坂井輪地区、中央区を中心に床上浸水807棟、床下浸水5824棟の被害。
1998(平成10)年8月	新潟市で観測史上最大となる1時間97mm、日降雨量265mmを記録。新潟市内では通船川や鳥屋野潟流域などで、床上浸水1,381棟、床下浸水7,959棟。旧亀田町内(新潟市江南区)では、住宅床上浸水85棟、住宅床下浸水556棟、非住宅浸水3棟。
1998(平成10)年10月	旧亀田町内で住宅床上浸水98棟、住宅床下浸水6棟、非住宅浸水3棟。
2004(平成16)年7月 新潟・福島豪雨	梅雨前線の活発化による長岡・三条地域での集中的な降雨。信濃川下流域で既往最大流量を記録。
2011(平成23)年7月 新潟・福島豪雨	梅雨前線の活発化による中越地域での集中的な降雨。信濃川下流域で高水敷の冠水。新潟市南区の一部で避難指示発表。

新潟市(2015)及び国土交通省北陸地方整備局信濃川下流河川事務所(2015)より作成。

る石油タンクの火災、信濃川や阿賀野川から遡上した津波による浸水被害が発生した。信濃川河口部での津波高は約1.8mであった。

6.6 水害

新潟市は、越後平野の中央部に位置し標高5m以下の低平地が広がっている。信濃川や阿賀野川の二大河川及びその他の河川が複雑に入り組んでいるため、これまでも大規模な洪水が繰り返されてきた。

1600年から1949年までの350年間で記録に残る大洪水は94回とされており、高い頻度で洪水となっていた。また、越後平野は、河口部に砂丘列が発達し、河川勾配が非常に緩いことから洪水による長期湛水が発生した。新潟市周辺における主な水害の歴史を第6.3表に示す。

1896年の「横田切れ」と呼ばれる破堤があり、越後平野一帯の約18,000haが浸水した。これを契機に、信濃川の洪水を日本海へ直接放流する大河津分水路が建設

され、1922年に通水開始された。また、西川、新川、能代川、中ノ口川の改修工事が進められ、信濃川下流部でも低水路工事等が実施された。このような河川整備により、大容量のポンプ排水を主体とする土地改良事業が行われ、越後平野での潟の干拓や湛水田の湿田・乾田化が進展した。最近では、信濃川最下流部の洪水対策として、新潟地震以後の1972年に関屋分水路が整備された。また、鳥屋野潟、通船川及び栗ノ木川は、ポンプ排水が行われ周辺農地は湿田から乾田へと移行した。更に、1970年代以降の急激な市街地の拡大により、現在では洪水氾濫域における人口の集中及び資産の蓄積が進行している。

広大な“ゼロメートル地帯”に発達した市街地では、自然排水ができず、排水機による排水区域が市街地の大部分を占めるため、近年の1978年6月や1998年8月などの水害により、広域的な内水氾濫による市街地の浸水被害が発生している。

6.7 地形改変

土地開発の歴史

和銅5年(712年)に出羽郡が越後国から分離され、越後の国域が確定した後、越後国府は頸城郡(現在の上越市)におかれた。それ以降戦国時代まで、越後の政治の中心は上越地方にあった。有力な荘園や保は、上越地方(頸城)や中越地方(魚沼、古志)、阿賀野川以北に集中していた。現在の新潟市を含む越後平野中央部は、湿原環境が支配していたため開発が遅れた(鴨井・安井, 2004; 鴨井, 2004, 2011)。戦国時代になって治水工事が盛んに行われるようになり、江戸時代以降多数の放水路が開削されるとともに、戦後になって動力による排水が行われるようになって、状況は一変した。「地図にない湖」あるいは「芦沼」にたとえられた亀田郷は、乾田化されている。

本地域における土地開発で大きな転機となったのは、1730年の松ヶ崎放水路の開削と翌年の阿賀野川本流化及び1922年の大河津分水路の通水である。これらより、阿賀野川及び信濃川の河口に位置する新潟市の地理的環境は大きく変化した。松ヶ崎から山の下にかけて流れていた幅広い阿賀野川旧河道や、大河津分水路の通水により川幅が大きく減少した信濃川河口付近は埋め立てられ、住宅地や商・工業地が変わった。

一方、戦後、人口が大きく増加するにつれて信濃川河口左右岸の砂丘地や市街地周辺の水田が住宅地としてつきつぎと開発されていった。更に、1972年に関屋分水路が完成し、これにより信濃川下流左岸は水域により分断されて新潟島と称される地区となった。

松ヶ崎放水路

松ヶ崎放水路は、享保年間の紫雲寺濁干拓にともなう新発田藩に対する補償工事として、加治川の増水に対応する放水路として計画された。しかし、放水による水量不足から信濃川河口の土砂堆積が進み、湊の水深が浅くなることや放水路の河口に新たな湊が作られることを恐れた新潟湊(長岡藩領)が反対したため、幕府は、平常水位を超えた分(洪水時に定杭を越流した分)だけ放水することや放水路には舟を出入りさせないことを条件に工事を許可した。放水路の幅は30間(約54m)、延長は385間(約690m)であった。放水路は、完成翌年(1731年)の融雪期の洪水で仕切りの定杭が破壊されて河川水が流れ込み、水路は150間(約270m)に拡大し、阿賀野川の本流と化してしまった(大熊, 1988, 1996)。この影響は、新潟湊の堆砂や阿賀野川旧河道の干上がり、上流の福島潟周辺や島見前潟の水位低下をもたらした。また、これにより福島潟周辺の干拓が進むとともに、新川放水路や大河津分水路の建設機運が盛り上がった。

新川放水路

西川と中之口川にはさまれた西蒲原郷は、排水条件が悪く水田開発が遅れた。1731年の松ヶ崎放水路の阿賀野川本流化によって福島潟周辺の干拓が大いに進んだことに触発され、西川を横断し、砂丘を掘り割って日本海へ放流する新川放水路が計画された。しかし、松ヶ崎放水路で大きな打撃を受けた新潟湊の反対を押し切るためには、西川と新川の立体交差と、飛砂による水路の埋没防止という技術的課題を克服しなければならなかった。こうした難題に対して、木製の底樋の埋設、マツ林(飛砂林)の造成により解決をはかり、最初の誓願から80年あまり経過した1818年に着手し1820年に完成した(大熊, 1996; 新潟市郷土資料館編, 1979)。

しかし、干拓地の標高が低いいため十分な排水効果が現れなく、乾田化するには機械排水による排水改良を待たなければならなかった。大潟、田潟、鎧潟の三潟のうち、最初に干拓されたのは大潟で1932年、田潟が1947年、鎧潟は1966年に干拓排水が開始され、圃場整備事業が完了したのは1971年であった(新潟市, 2009)。現在、新川放水路の河口には、排水能力毎秒240トンの新川河口排水機場が設置されている。

信濃川下流沿岸

国の重要文化財に指定されている鉄筋コンクリート製の現在の萬代橋は3代目であり、初代と2代目は木造であった。初代の萬代橋は、3代目の306.9mに比べはるかに長い430間(約782m)であった。2代目から3代目への架け替え理由は、1922年の大河津分水路通水後に信濃川河口付近の川幅が約770mから約270mに著しく減少してしまったこと、及び当時普及し始めた乗り合いバスや自動車の通行に対応するためとされる(国土交通省北陸地方整備局新潟国道工事事務所, 2005)。信濃川の川幅が減少した部分は、浚渫土などで順次埋め立てられ、造成地の売却代金は橋の建設費の一部にあてられた。信濃川河口部の埋め立て作業は、大正末期から焼島潟などで始められ、1929年から信濃川両岸で本格的に開始され、四半世紀をかけ、戦後になってようやく終了した。

関屋分水路

関屋での分水計画は江戸時代からあり、1911年には坂井輪郷水利組合が920間(1,673m)の細い水路を開削し通水させていた(この水路は、1911年測図の2万5千分の1地形図で確認される)。しかし、この堀割は数年で埋まってしまった。その後も何度か分水路の建設計画が浮上したものの実現にはいたらなかった。

高度成長期をむかえ、新潟県は、分水路の下流側から萬代橋まで信濃川の川幅を40m程度埋め立てて売却し建設資金に充てる計画を立て、1961年に地質調査等を開始し1964年3月に建設に着手した。しかし、その直後の1964年6月に新潟地震が発生し、信濃川河岸の激しい液状化現象を目の当たりにした新潟県は計画を断念

した。ところが、1965年に河川法が改正されて信濃川が一級河川になると、一転して国の直轄事業として分水路の計画が実施されることになった。

分水路は幅240～290 m、延長1.8 kmの規模で、そのうち沖積地にあたる上流0.5 kmは築堤方式、砂丘地にあたる下流1.3 kmは開削方式として計画された。工事は1967年12月に出水口となる新潟大堰から始まり、1972年1月に通水、1975年に信濃川水門が完成し工事は終了した。なお、掘削土は新潟バイパスなどの盛土に使用され、開削部に当たる住宅(693戸、870世帯)は、近接する関屋の新潟競馬場跡地に移転した(現在の信濃町、文京町)(建設省北陸地方建設局編、1979;北陸建設弘済会、1997;新潟市、2011a)。

福島潟放水路

福島潟は排水条件が悪く、湛水しやすい地形条件下に位置している。福島潟放水路は、福島潟から新潟東港にいたる幅100 m、延長6,300 m、毎秒300トンの排水能力をもった放水路で、1966、1967年と連続して発生した下越、羽越水害で大きな被害を受けたことをきっかけに計画された(新潟県土木部河川課、2009)。福島潟周辺の水位は、ふだんは下流の新井郷川排水機場によって調節されているが、その排水能力を超えた排水を日本海へ直接放流するための放水路を必要としていた。

1969年に着手されたものの、途中に何列もの砂丘列があることから工事は難航していた。そのような折、1998年の8.4水害により福島潟周辺が広い範囲で湛水被害を受けたことから、河川激甚災害対策特別緊急事業と河川災害復旧等関連緊急事業が同時採択され、計画を一挙に前倒しする形で2003年度に完成した。完成後、2004年7月新潟・福島豪雨や2011年7月新潟・福島豪雨に見舞われたが、福島潟周辺に目立った被害はなかった。

砂丘地

本地域内には、ゼロメートル地帯の広がる低平な亀田郷を中心に、牡丹山、紫竹山、中山、中野山、粟山、石山、山二ツ、姥ヶ山、下山、寺山、丸山、岡山、城山、舟戸山、西山、北山、砂山、藤山、茅野山、直り山、尾山、黒山、居山、笹山、物見山、米山、平山、細山など山のつく地名が多数存在する。この事実は、低平地にあっては、わずかな高まりが生活上非常に重要な存在であったことを示している。こうした高まりの多くは砂丘の一部であり、砂丘の高まりを拠点に平野が開発されていった。1911年測図の地形図では、砂丘列と集落の分布がほぼ一致している状況が見て取れる。

内陸に分布する形成年代のやや古い砂丘列(新砂丘Ⅰ-2～新砂丘Ⅰ-4、新砂丘Ⅱ-1～新砂丘Ⅱ-4)は、江戸時代以前から既に集落地を形成していたと考えられる。しかし、海岸に面し、かつ最も規模の大きい新砂丘Ⅲ-1及び新砂丘Ⅲ-2は、飛砂により表層部が安定し

ないため、土地利用ができなかった。江戸時代の中頃に簗建工法が考案されると砂防林の造成は進み、幕末に初代新潟奉行に就任した川村修就は、在任中の6年間に約3万本のクロマツを植栽し、飛砂防止に大きく貢献した(新潟市、2011b)。現在、新潟海岸沿いの砂防林は、飛砂防備保安林に指定され、新潟県と新潟市によって管理されて安定した状態を維持している。

海岸砂丘(新砂丘Ⅲ-1及び新砂丘Ⅲ-2)のうち、阿賀野川以東と新川以西は、主に畑地として利用され、ダイコンや葉タバコ、チューリップ、スイカ、ネギなどを栽培する砂丘地農業が盛んである(鴨井、2010)。阿賀野川～信濃川間では、阿賀野川左岸の海岸寄りが空港として、信濃川右岸は臨海工業地帯としてそれぞれ開発され、新潟空港と工業地の間は、住宅地や畑地として利用されている。一方、阿賀野川～信濃川間の内陸寄りには、住宅地が大半を占める。更に、信濃川より西側、関屋分水を越えて新川にいたる間は、住宅で埋め尽くされている。このように、砂丘地上では、小規模の切り盛り造成により、広範囲にわたって宅地が開発されている。

なお、こうした砂丘地の内陸側縁部(例えば新潟市西区青山1～2丁目)では、地下水水位が豊富であることに加え、切り盛り土工により平坦地化されていることが多いことから、地震時に液状化しやすい傾向を持つと考えられる(国土交通省北陸地方整備局企画部・(公社)地盤工学会北陸支部編、2012)。

新潟東港

1960年に策定された国民所得倍增計画の重点施策の一つとして、1962年に新産業都市建設促進法が公布された。これを受け、新潟県は新潟地区の新産業都市への指定を目指し、掘り込み式の港湾を中心とした臨海工業地帯を聖籠地区に建設することとした。建設に先立ち、1961、1962年に計19本のボーリング調査が実施された(調査深度は40～50 mで、うち1本は100 m)。更に、1965～1969年度までの5カ年にわたって計52箇所のボーリング調査が追加実施され、東港建設予定地の表層には、厚さ40～50 mの砂層が広範囲に分布することが明らかにされた(新潟県商工労働部企業振興課、1970)。工事は1963年着手、1969年までに東西の防波堤建設や中央水路の開削などの主要部分の工事が終了し、同年開港した(新潟市、2011a)。

計画は砂丘地を南北に大きく掘り込み、中央水路(幅240 m、延長2,400 m、水深-13.0～-10.0 m)と南部で掌状に分かれた泊地(水路)の周辺に工業用地を配置し、更に東西の海岸部に埋め立て地を造るという広大なものであった。また、港内に新発田川放水路と福島潟放水路を引き込み、派川加治川はこの掘り込みによって分断されることとなった。

なお、工事の過程で、中央水路開削部の標高-6.5～-10.0 mの範囲に、直径約1 m、長さ10 m以上の古木が

10本近く散在していることが発見され、そのうちの1本(カツラ)から $2,340 \pm 125$ yrs BP (2,745 ~ 2,107 cal BP) という ^{14}C 年代値が得られた(茂木, 1980; 鴨井ほか, 2015)。この年代値は、新砂丘II-4を構成する砂丘砂層の下位に位置する細粒砂層~細礫層の堆積年代を示すと判断される(鴨井ほか, 2006)。これらの事実から、新潟東港は、主に新砂丘III-1, 2及び新砂丘II-4を削って建設されたものであることがわかる。

6.8 土質特性

越後平野は、基本的にバリアーラグーンシステム(阿賀野川流域ではデルタシステム)が前進して埋積された平野である(ト部ほか, 2006a; ト部, 2008)。平野全体では、砂質土と粘性土の互層が最も卓越して分布するとともに、内陸側では礫質土、沿岸部では砂質土が広く出現する。また、太平洋側に特徴的な内湾性の“海成粘土層”の発達は乏しく、海進に伴って砂洲が形成されたことによる潟成の堆積物が分布している。ただ、潟成の堆積物は信濃川や阿賀野川から供給された膨大な堆積物によって遮られ、その分布は断片的なものとなっている(北から岩船潟、塩津潟、福島潟、古白根潟)。

本地域は越後平野の沿岸部に位置するため、表層部の河川性堆積物(白根層上部の Sum_2 や Sua など)を除き、河川の下流部や砂丘地から海域(前浜~沖浜)で堆積した砂質土(白根層中部の Sms_1 及び Sms_2 、白根層上部の Sud 、 Sus)、粘性土(白根層中部の Smm_1)及びそれらの細かい互層(白根層下部の Sla 、白根層中部の Sma)が主として分布している。完新世の海進に伴って形成された潟湖の堆積物は、本地域よりも内陸側に広く分布し、本地域では福島潟地域に限られる(白根層中部の Smm_2)。

新潟県平野部の土質特性は、建設省計画局・新潟県(1967)、新潟県地盤図改定委員会編(2000)や新潟県地

盤図編集委員会編(2002)によって総括的にまとめられている。また、越後平野の本地域に関するものとしては、仲川(1984)、安藤(1987)、柴田・安井(2005)などの報告がある。ここでは、新潟県地盤図編集委員会(2002)に基づいて本地域に該当する代表的な土質について述べる。

鳥屋野潟周辺の粘性土及び有機質土

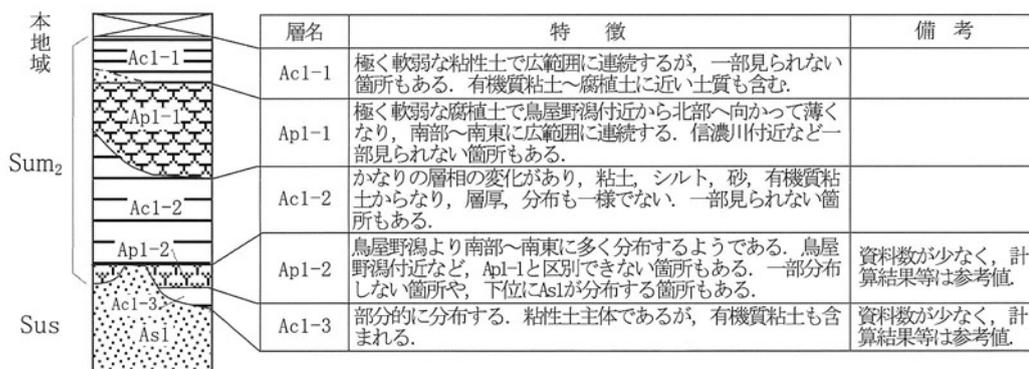
白根層上部の Sum_2 は表層部に広く分布し、全般に N 値が0~5と小さい粘性土や有機質土(有機質粘土、腐植土)が主体となる。鳥屋野潟周辺には Sum_2 が広く分布し、その土質特性がまとめられている。鳥屋野潟周辺における Sum_2 の層序を第6.18図、層毎の土質特性を第6.4表に示す。なお、第6.18図中の Asl は白根層上部の Sus に相当する。

福島潟地域の粘性土

福島潟地域は福島潟を中心とする半径5km程度の範囲を指し、本地域で最も厚く軟弱な粘性土が分布する(最大で35mの N 値が2以下の軟弱な粘土~シルト)地域である。第6.5表に各層の土質特性一覧表を示す。第6.19図の Ac1 は白根層上部の Sum_2 に、 $\text{Ac2}(\text{mc})$ は白根層中部の Smm_2 、 Ac2 は白根層中部の Sma 中の粘性土にそれぞれ相当する。

物理特性では Sum_2 が淡水域の堆積環境を反映して、湿潤密度、粘土分含有率、コンシステンシー特性、間隙比ともにばらつきが大きい。 Smm_2 は汽水域の堆積物でまとまりの良い分布を示し、自然含水比や間隙比は深度15m付近をピークとする弓型の形状を呈す。

第6.19図はFG-1コアの粘性土(粘土及びシルト)について実施した自然含水比と、珪藻の殻含有数及び海・汽水種の割合(安井ほか, 2007による)を比較したものである。自然含水比の深度分布図は3深度でピークを示す特徴的な形状をなす。福島潟の粘性土には多くの珪藻殻片が含まれており、自然含水比の変化は珪藻の殻含有数のそれと良く対応しており、自然含水比の大小に珪



第6.18図 鳥屋野潟周辺における Sum_2 の層序
新潟県地盤図編集委員会(2002)に加筆した。

第 6. 4 表 鳥屋野潟周辺の Sum₂ の粘性土及び腐植土の土質特性

層		Ac1-1			Ap1-1			Ac1-2			Ap1-2			Ac1-3		
		最小値~最大値 平均値	変動係数	試料数	最小値~最大値 平均値	変動係数	試料数	最小値~最大値 平均値	変動係数	試料数	最小値~最大値 平均値	変動係数	試料数	最小値~最大値 平均値	変動係数	試料数
一般	自然含水比 W _n %	43~272 105	0.55	38	128~931 443	0.36	84	43~117 74	0.24	27	92~681 281	0.59	15	51~294 157	-	6
	湿潤密度 ρ _t g/cm ³	1.13~1.71 1.44	0.11	36	0.90~1.35 1.06	0.07	76	1.06~1.85 1.53	0.11	25	1.01~1.48 1.16	0.13	12	1.13~1.66 1.32	-	6
	間隙比 e	1.24~6.14 2.72	0.50	34	3.29~16.92 9.11	0.31	72	0.89~8.07 2.20	0.61	25	2.25~12.75 5.67	0.55	12	1.41~4.72 3.15	-	5
	土粒子の密度 ρ _s g/cm ³	2.19~2.68 2.54	0.04	38	1.45~2.51 1.93	0.12	84	2.52~2.67 2.62	0.01	27	1.62~2.48 2.00	0.17	15	1.97~2.66 2.36	-	6
	砂分 %	0~1 0	-	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	0	-	-
粒度	シルト分 %	28~74 46	-	33	-	-	-	31~70 56	-	27	-	-	-	30~69 53	-	4
	粘土分 %	15~71 47	-	-	-	-	-	28~69 43	-	-	-	-	-	18~70 39	-	-
	最大粒径 mm	0.1~9.5 0.98	-	-	-	-	-	0.04~2 0.29	-	-	-	-	-	0.25~0.425 0.34	-	-
	液性限界 WL %	42~242 120	0.42	33	67~922 420	0.36	70	45~208 86	0.41	28	80~755 327	0.60	14	52~158 115	-	4
	塑性限界 W _p %	28~102 51	0.36	-	42~352 177	0.39	-	28~68 40	0.24	-	41~320 155	0.54	-	30~73 56	-	-
塑性指数 Ip	14~166 69	0.51	-	25~674 242	0.43	-	12.2~140 46	0.58	-	32~435 171	0.73	-	22~85 59	-	-	
分類	分類(最多の分類)	(OH)	-	-	(Pt)	-	-	(MH)	-	-	(Pt)	-	-	(OH)	-	-
一軸	一軸圧縮強さ qu KN/m ²	14~78 34	0.54	18	7~60 24	0.58	42	9~102 41	0.66	10	17~138 58	0.70	8	32~79 54	-	4
せん断	非排水せん断強さ Cu kN/m ²	11~38 21	0.38	11	5~53 23	0.49	20	10~29 23	-	4	-	-	0	44	-	1
圧密	圧密降伏応力 Pc kN/m ²	25~158 59	0.56	33	7~145 30	0.64	66	40~170 88	0.44	23	28~119 60	0.51	11	57~116 84	-	6
	圧縮指数 Cc	0.27~5.86 1.18	0.98	33	1.01~11.63 5.13	0.42	66	0.25~1.44 0.71	0.48	23	1.89~7.49 4.16	0.48	11	0.43~3.54 1.89	-	1
	土のpH	5.3~6.0 5.7	-	3	4.3~6.4 5.8	-	16	-	-	1	-	-	1	-	-	1
	強熱減量 Li %	9.8~25.8 15.6	-	8	16.3~89.4 53.6	-	46	4.9~6.9 5.9	-	2	-	-	1	-	-	1

新潟県地盤図編集委員会編 (2002) による。

第 6. 5 表 福島潟地域の土質特性一覧表

	分類		
	Ac1	Ac2(mc)	Ac2
粘土分含有率 (%)	7~52 (34, 0.4)	17~64 (45, 0.3)	16~38 (23, 0.4)
土粒子の密度 ρ _s (g/cm ³)	1.93~2.68 (2.57, 0.04)	2.49~2.71 (2.62, 0.02)	2.50~2.63 (2.57, 0.01)
液性限界 WL (%)	49.4~335.9 (105.8, 0.5)	47.1~128.4 (76.9, 0.2)	43.7~90.5 (55.5, 0.2)
塑性限界 W _p (%)	18.9~64.5 (35.2, 0.2)	19.9~47.6 (30.9, 0.2)	20.6~41.5 (28.8, 0.2)
自然含水比 W _n (%)	24.1~144.0 (79.1, 0.3)	25.9~98.7 (62.5, 0.2)	29.7~71.7 (43.6, 0.2)
湿潤密度 ρ _t (g/cm ³)	1.05~1.83 (1.50, 0.10)	1.43~1.88 (1.60, 0.05)	1.56~1.80 (1.70, 0.04)
間隙比 e	1.0~3.8 (2.2, 0.3)	1.1~2.8 (1.8, 0.2)	1.0~1.8 (1.2, 0.2)
一軸圧縮強さ qu (KN/m ²)	11.8~118.7 (37.1, 0.6)	50.0~145.1 (87.0, 0.3)	68.6~262.8 (150.1, 0.4)
圧密降伏応力 Pc (KN/m ²)	23.0~213.9 (63.8, 0.8)	47.1~569.0 (163.7, 0.6)	312.8~540.0 (480.4, 0.1)
圧縮指数 Cc	0.3~5.1 (1.1, 0.8)	0.4~1.7 (0.8, 0.4)	0.5~1.0 (0.6, 0.3)

数値は最小値, 最大値(平均値, 変動係数)を示す。

新潟県地盤図編集委員会編 (2002) による。

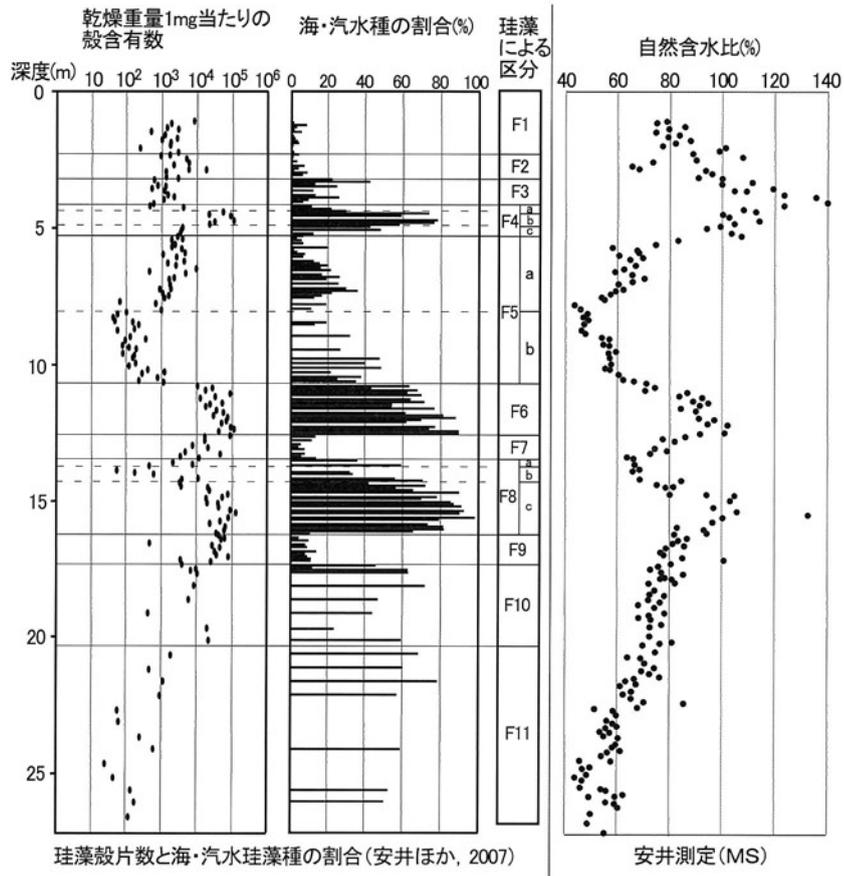
藻の殻含有数が深く関与していることが考えられる。なお、珪藻の殻含有数は海・汽水種の割合ともおおむね対応しており、海・汽水域のプランクトン（浮遊性種）が殻含有数に関与しているものと考えられる。

沿岸部の深部粘性土

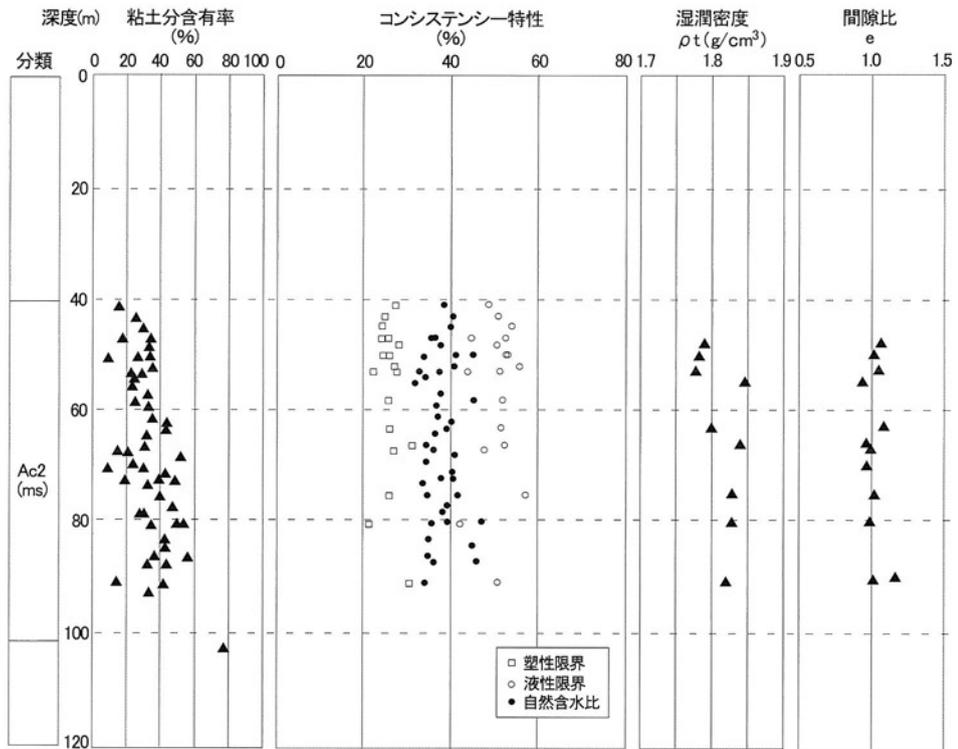
沿岸部の深部粘性土は、深度 30 m 以深に分布し、白根層中部の Smm₁ に相当する。N 値は一般的に 6 ~ 20 である。深部粘性土の上位には N 値が 40 前後を示す比較的締りの良い砂質土（白根層上部の Sus）が分布するため、深部粘性土に関する調査は限られている（新潟市街地の大規模ビルの調査が主体）。第 6. 20 図に土質特性の深度分布図を示す。一般的な沖積粘性土と比較して、シルト分が多く、湿潤密度は 1.75 ~ 1.85 g/cm³ とやや高い値を示す。安藤（1987）は深部粘性土の圧密特性について検討し、本地域南方の白根地域に分布する粘性土（本地域の Smm₂ に相当：正規圧密粘土）と異なり、過圧密粘土との結論を示している。

砂質土

本地域の地下に最も厚く分布し、新潟県地盤図編集委員会編（2002）では、成因によって砂丘砂（Asd）、河川成砂（As1）及び海成砂（As1 (m)）に区別されている。砂丘砂は白根層上部の Sud に、河川成砂は白根層上部の Sua、海成砂は白根層中部の Sms₁ 及び白根層上部の



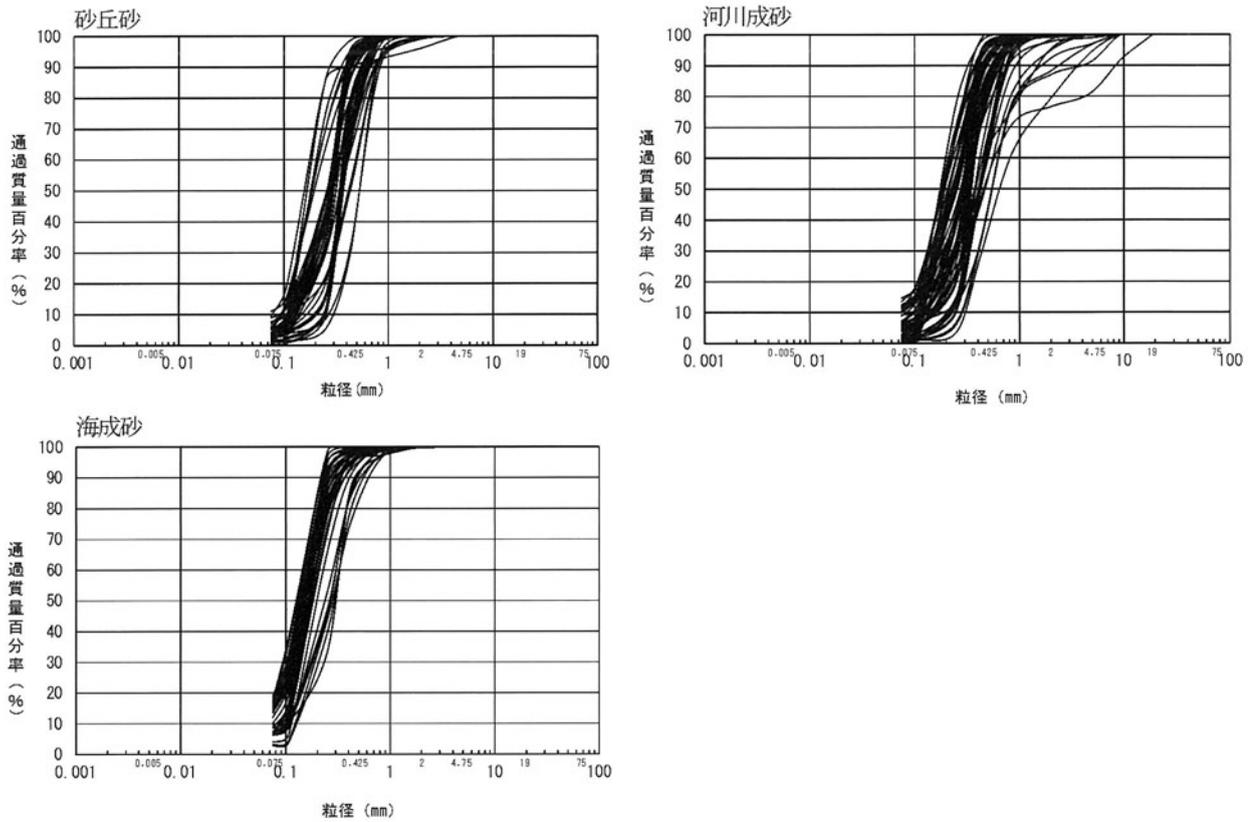
第 6. 19 図 FG-1 コアの自然含水比と珪藻殻片数及び海・汽水種の割合との比較
 左図は安井ほか (2007) による。右図は安井が作成した。



第 6. 20 図 深部粘性土の土質特性の深度分布図
 新潟県地盤図編集委員会編 (2002) による。

Susに相当する。信濃川下流地域（第3.2図の古町～関屋地区、万代～沼垂地区及び鳥屋野潟～牡丹山地区）の資料で作成された各層の粒径加積曲線を第6.21図に示す。また、自然含水比は砂丘砂で5～30%，河川成砂

と海成砂で20～30%で、細粒分含有率はいずれの砂もほぼ20%以下で、その中でも砂丘砂が最も少ない。なお、新潟地震において最も液状化が顕著であったのは河川成砂とされる。



第6.21図 砂丘砂、河川成砂及び海成砂の粒径加積曲線
新潟県地盤図編集委員会編（2002）による。

文 献

- 阿久津 純 (1966) 新潟平野の沖積層について. 宇都宮大学教育学部紀要, no. 16, p. 62-68.
- 天野敦子・井上卓彦・池原 研 (2010) 新潟平野沿岸・海域ボーリング試料の層相変化と音響層序との対比. 平成 21 年度沿岸域の地質・活断層調査研究報告, no. 54, p. 33-40.
- 天野敦子・井上卓彦・池原 研 (2011) 越後平野沿岸海域の堆積物と音波探査記録からみた更新世—完新世間の堆積環境変遷. 海陸シームレス地質情報, 「新潟沿岸域」, 数値地質図 S-2, 地質調査総合センター.
- 安藤 廉 (1987) 白根層中部粘性土層の圧密特性について. 新潟応用地質研究会誌, no. 29, p. 6-11.
- 安藤 廉 (1994) 新潟平野の地盤地質について. 新潟応用地質研究会誌, no. 42, p. 27-39.
- 青木 滋 (1996) 越後平野の地盤環境. 第四紀研究, vol. 35, p. 259-270.
- 青木 滋・仲川隆夫 (1980) 新潟平野の地盤地質について. 新潟大学積雪地域災害研究センター研究年報, no. 2, p. 25-40.
- Arato, H. (1997) The Plio-Pleistocene stratigraphy of the Kanbara Plain, Niigata Prefecture, central Japan and its sequence stratigraphic correlation with the Uonuma Group. *Earth Science (Chikyū Kagaku)*, vol. 51, p. 233-244.
- 荒戸裕之・亀尾浩司・保柳康一 (1994) 背弧堆積盆地におけるシーケンス解析—新潟県蒲原地域の例—. 石油技術協会誌, vol. 59, p. 18-29.
- 地質調査所 (1966a) 新潟地震調査研究報告. 地質調査特別報告, no. 3, 121 p.
- 地質調査所 (1966b) 新潟地震予察報告. 地質調査特別報告, no. 4, 80 p.
- 第一港湾建設局・新潟県・新潟市 (1963) 新潟の地盤沈下 第 3 輯. 運輸省第一港湾建設局, 393 p.
- 土木学会新潟震災調査委員会 (1966) 昭和 39 年新潟地震震害調査報告. 社団法人土木学会, 903 p.
- 藤井陽一郎 (1969) 地盤沈下の原因探求史にみる科学と社会. 日本の科学者, no. 4, p. 30-35.
- 藤間昭夫・安宅久朋 (1957) 新潟ガス田の地質学的考察. 天然ガス調査報告, 新潟県, 12 p.
- 福田 理・阿久津 純・徳永重元 (1966) 新潟深層試験井の坑井地質. 地質調査所特別報告, no. 3, p. 76-84.
- 船引彩子・宮地良典・木村克己 (2011) ボーリングデータベースに基づく越後平野の沖積層モデル. 海陸シームレス地質情報, 「新潟沿岸域」, 数値地質図 S-2, 地質調査総合センター.
- 長谷川和夫・湊 正雄・大矢 暁・柴崎達雄・陶山国男・高橋雄一朗・和田温之 (1967) 新潟平野における晩期第四系の年齢. 第四紀研究, vol. 6, p. 79-84.
- Hasegawa, Y. (1976) Significance of diatom thanatocoenoses in the neolithic sea-level change problem (2). *Pacific geology*, vol. 11, p. 1-32.
- 広野卓蔵・和達清夫 (1939) 西大阪の地盤沈下に就いて (第 1 報). 災害科学研究所報告, no. 2, p. 1-57.
- 北陸建設弘済会 (1997) 信濃川下流域紀行—川の恵み・肥沃な大地. (社) 北陸建設弘済会, 135 p.
- 北陸農政局新潟地盤沈下調査事務所編 (1965) 農地の地盤沈下. 北陸農政局新潟地盤沈下調査事務所, 485 p.
- 伊田一善 (1955) 新潟ガス田の地質. 地質調査所月報, vol. 6, p. 327-342.
- 井島信五郎 (1961) 新潟地区地盤沈下の経過について. 地質調査所月報, vol. 12, p. 335.
- 池辺 穰・石和田靖章・河井興三・山田陽一・加藤正和 (1968) 新潟平野の地下地質. 石油技術協会誌, vol. 33, p. 198-208.
- 池田安隆・宮内崇裕・渡辺満久・佐藤比呂志・今泉俊文・高田圭太 (2002) 新潟平野周辺の断層帯. 第四紀逆断層アトラス, 東京大学出版会, p. 124-146.
- 稲崎富士・宮地良典・ト部厚志・楳原京子 (2010) 高分解能反射法地震探査による新潟市赤塚地区における越後平野西縁断層の浅部変形構造イメージング. 地質調査総合センター速報: 平成 21 年度沿岸域の地質・活断層調査研究報告, no. 54, p. 153-166.
- 稲崎富士・宮地良典・ト部厚志・楳原京子 (2011) ランドストリーマー反射法地震探査による新潟市四ツ郷屋・赤塚地区における角田・弥彦断層の浅部変形構造調査. 海陸シームレス地質情報, 「新潟沿岸域」, 数値地質図 S-2, 地質調査総合センター.
- 井上卓彦・木村治夫・岡村行信 (2011a) 新潟沿岸域 20 万分の 1 海底地質図説明書. 海陸シームレス地質情報, 「新潟沿岸域」, 数値地質図 S-2, 地質調査総合センター.
- 井上卓彦・木村治夫・岡村行信・宮地良典・船引彩子・楳原京子・天野敦子・ト部厚志・竹内圭史・尾崎正紀・小松原琢 (2011b) 新潟沿岸域 20 万分の 1 海陸シームレス地質図. 海陸シームレス地質情報, 「新潟沿岸域」, 数値地質図 S-2, 地質調査総合センター.
- 井関弘太郎 (1962) 沖積平野の基礎的問題点. 名古屋大学文学部研究論集, no. 24, p. 51-74.
- 磯部一洋 (1979) 新潟県寺泊海岸における堆積過程について. 地質調査所月報, vol. 29, p. 1-20.
- Iwanaga, S. and Ishibashi, T. (1977) Aquifer and buried terrace in the central part of the Niigata plain. *Engineering Geology*, vol. 18, p. 117-124.
- 地震調査研究推進本部 (2004) 長岡平野西縁断層帯の長期評価について. http://jishin.go.jp/main/chousa/katsudansou_pdf/27_nagaoka-heiya.pdf (2015/9/5 閲覧).
- 楳原京子・加野直巳・山田和雄・横田俊之・住田達哉・大滝壽

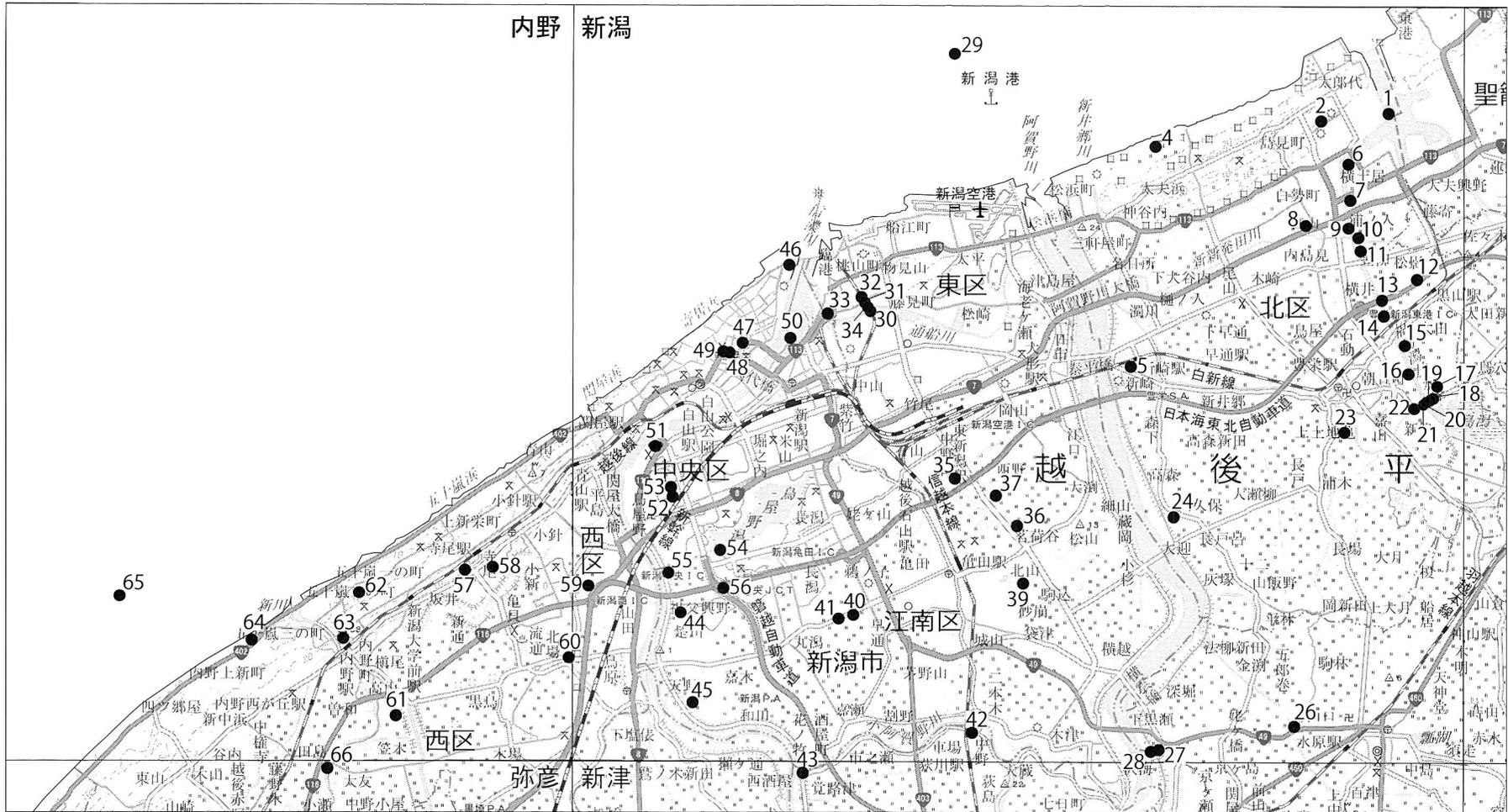
- 樹・伊藤 忍・横倉隆伸・稲崎富士・宮地良典・卜部厚志 (2011) 新潟海岸南西部の反射法地震探査. 海陸シームレス地質情報, 「新潟沿岸域」, 数値地質図 S-2, 地質調査総合センター.
- 鴨井幸彦 (2002MS) 新潟県下における沖積層の層序および平野の形成過程に関する地質学的研究. 平成 13 年度新潟大学学位論文. 134 p.
- 鴨井幸彦 (2004) 越後平野の七不思議. 地質と調査, no. 99, p. 50-54.
- 鴨井幸彦 (2010) 新潟砂丘と砂丘地農業. 地質と調査, no. 99, p. 53-54.
- 鴨井幸彦 (2011) 越後平野の豪雨災害と対策例. 基礎工, vol. 39, p. 66-69.
- 鴨井幸彦・安井 賢 (2004) 古地理図でたどる越後平野の生いたち. 土と基礎, vol. 52, p. 8-10.
- 鴨井幸彦・小林巖雄・坂井陽一・藤田英忠・斎藤道春・木村澄江 (1990) 新潟平野北東部地下の上部更新統・完新統と泥炭層の ^{14}C 年代. 日本第四紀学会講演要旨集, no. 20, p. 68-69.
- 鴨井幸彦・小林巖雄・Nguen Lap Van・藤田英忠・坂井陽一 (1995) 新潟平野北部地域の表層地質と古環境. 日本第四紀学会講演要旨集, no. 25, p. 140-141.
- 鴨井幸彦・安井 賢・小林巖雄 (2002) 越後平野中央部における沖積層層序の再検討. 地球科学, vol. 56, p. 123-138.
- 鴨井幸彦・田中里志・安井 賢 (2006) 越後平野における砂丘列の形成年代と発達史. 第四紀研究, vol. 45, p. 67-80.
- 鴨井幸彦・田中里志・安井 賢 (2015) 暦年較正年代による新潟砂丘列の形成年代の見直し. 第四紀研究, vol. 54, p. 139-143.
- 兼子 勝・金原均二・平塚隆三・加来一郎・小野日英・伊田一善・石和田靖章・金井光明・下河原達哉・島田信位・牧野登喜男・牧 眞一・関根節朗・貴志晴雄・望月常一・三梨 昂・安田 昇・森下保廣・米谷 宏 (1951) 新潟市・西蒲原及中蒲原平野天然ガス調査報告. 地化学編. 新潟県, 134 p.
- 金子正史・小林 正・関谷一義・北嶋永一 (2007) 新潟市及びその周辺における水溶性天然ガス採取規制後の地盤沈下の特性に関する研究. 新潟県保健環境科学研究所年報, no. 22, p. 85-91.
- 加野直巳・山口和雄・粟田泰夫 (1999) 角田・弥彦層群の P 波反射法地震探査. 活断層・古地震研究調査概要報告書, EQ/99/3, p. 47-58.
- 鹿島 薫 (1986) 沖積層中の珪藻遺骸群集の推移と完新世の古環境変遷. 地理学評論, vol. 59, p. 383-403.
- 片岡香子・卜部厚志 (2013) テフラが示す「偽」同時面: 5ka 沼沢湖テフラの例. 日本地質学会第 120 年学術大会, p. 91.
- Kataoka K. S., Urabe A. and Nagahashi, Y. (2016) Millennial-scale reworking of tephra in alluvial to shallow marine settings: Distinguishing pseudo-isochrons from genuine ones. *Quaternary International*, vol. 397, p. 173-193. doi:10.1016/j.quaint.2015.03.022
- 加藤君雄・小林 弘・南雲 保 (1977) 八郎潟調整池のケイソウ類. 八郎潟調整池生物相調査報告, p. 63-137.
- 建設省北陸地方建設局編 (1979) 信濃川百年史. (社) 北陸建設弘済会, 1602 p.
- 建設省北陸地方建設局阿賀野川工事事務所 (1974) 阿賀野川水害地形分類図及び同説明書. 建設省北陸地方建設局阿賀野川工事事務所, 33 p.
- 建設省北陸地方建設局北陸技術事務所編 (1981) 新潟県平野部の地盤図集 (新潟平野編). 北陸地方建設弘済会.
- 建設省計画局・新潟県 (1967) 新潟地区の地盤. 都市地盤調査報告書, no. 16, p. 1-150.
- 木村克己 (2010) 新潟地域の浅層地盤のボーリングデータベースとそれに基づく地質モデル. 地質調査総合センター速報: 平成 21 年度沿岸域の地質・活断層調査研究報告, no. 54, p. 189-193.
- 小林巖雄 (1991) I 地学 第 2 章 地質. 新潟市史 資料編 12 自然. 新潟市, p. 32-79.
- 小林巖雄 (1994) 第 I 編 台地と気象 第 3 章 地下の地質 第 4 章 大地の歴史. 黒埼町史 資料編 5 自然. 黒埼町, p. 36-74, p. 76-85.
- 小林巖雄 (1996) 越後平野地下の第四系. 第四紀研究, vol. 35, p. 191-205.
- 小林巖雄 (2000) 新潟地域の新生界層序と古日本海. 石油技術協会誌, vol. 65, p. 305-313.
- 小林巖雄・松田俊司 (1991) 新潟平野の第四系—その 1, 新潟市地下の更新統産軟体動物化石群. 中川久夫教授退官記念地質学論文集, p. 119-124.
- 小林巖雄・渡辺其久男 (1985) 新潟油田東縁帯における新第三紀の地史的事件. 新潟大学理学部地質鉱物学教室研究報告, no. 5, p. 91-103.
- 小林巖雄・青木 滋・渡辺其久男・藤田 剛・新戸部 隆・石橋輝樹・平井明夫・福山恵美子・大森昌衛 (1976) 新潟市緑ヶ丘, 地盤沈下観測井 (坂井輪井 K-1) の地質について. 新潟大学理学部地盤災害研究所年報, no. 2, p. 37-54.
- 小林巖雄・立石雅昭・安井 賢・風岡 修・黒川勝己・油井裕・渡辺其久男 (1986) 新潟積成盆地における西山・灰爪累層, 魚沼層群の層序と古環境. 地質学雑誌, vol. 92, p. 375-390.
- 小林 進 (1953) 新潟ガス田—特に新潟市附近における含ガス層の性質について—. 石油技術協会誌, vol. 18, p. 83-103.
- 国土交通省北陸地方整備局 (2006) 海岸事業の再評価説明資料 [新潟港海岸直轄海岸保全施設整備事業]. 平成 18 年度第 3 回北陸地方整備局事業評価監視委員会資料—5, 23 p.
- 国土交通省北陸地方整備局企画部・(公社) 地盤工学会北陸支部編 (2012) 新潟県内液化化しやすさマップ. 国土交通省北陸地方整備局企画部・(公社) 地盤工学会北陸支部, 29 p.
- 国土交通省北陸地方整備局新潟国道工事事務所 (2005) ときをたぐ 三代目萬代橋 75 周年記念誌. 国土交通省北陸地方整備局新潟国道工事事務所, 61 p.
- 国土交通省北陸地方整備局新潟港湾・空港整備事務所 (2009) 新潟西海岸～よみがえれ砂浜～侵食対策事業のあらまし. 国土交通省北陸地方整備局新潟港湾・空港整備事務所パン

- フレット。
- 国土交通省北陸地方整備局新潟港湾・空港事務所 (2015) 新潟西港の浚渫土砂に関する土砂処分場計画。 <http://www.niigata.pa.hrr.mlit.go.jp/6/13/236/> (2015/9/5 閲覧)。
- 国土交通省北陸地方整備局信濃川下流河川事務所 (2015) 防災の知識、過去の洪水・水害。 <http://www.hrr.mlit.go.jp/shinaga/sonae/kako/index.html> (2015/9/5 閲覧)。
- 国土地理院 (1987) 1:25,000 土地条件図 新潟。国土地理院。
- 国土地理院 (1988) 1:25,000 土地条件図 内野。国土地理院。
- 国土地理院 (2011) 数値地図 25,000 (土地条件)。国土地理院。
- 国土地理院 (2015) 地理院地図。 <http://maps.gsi.go.jp/> (2015/9/5 閲覧)
- 小松直幹 (1990) 新潟油田地域の褶曲—形態と形成機構。地質学論集, no. 34, p. 149–154.
- 小杉正人 (1988) 珪藻の環境指標種群の認定と古環境復原への応用。第四紀研究, vol. 27, p. 1–20.
- 工業技術院地質調査所 (1957) 新潟ガス田。日本鉱産誌 V-b 主として燃料となる鉱石, p. 361–379.
- 黒川勝己 (1999) 新潟地域における七谷層—魚沼層群の火山灰層序。石油技術協会誌, vol. 64, p. 80–93.
- Kurokawa, K. and Hirata, I. (1986) Grain-size characteristics of the Joetsu Ash (Unit I), a subaqueous ash flow turbidite of early Pleistocene, central Japan. *Mem. Fac. Educ. Niigata Univ. (Natural Sci.)*, vol. 28, p. 15–24.
- 黒川勝己・坂井 一・樋渡晴美・大橋理香・樋口裕也 (2001) 新津丘陵中央部 (五泉市門前) ~加茂市東部の平層と皆川層の火山灰層とその対比—とくに房総半島黄和田層中のテフラ鍵層 Kd18 および Kd8 との対比について—。新潟大学教育人間学部紀要 (自然科学編), vol. 4, p. 65–125.
- 黒川勝己・長橋良隆・吉川周作・里口保文 (2008) 大阪層群の朝代テフラ層と新潟地域の T_{zw} テフラ層の対比。第四紀研究, vol. 47, p. 93–99.
- 町田 洋・新井房夫 (2003) 新編火山灰アトラス。東京大学出版会, 336 p.
- 米谷盛壽朗 (1978) 東北日本油田地域における上部新生界の浮遊性有孔虫層序。藤田和夫ほか編, 日本の新生代地質 (池田展生教授記念論文集), p. 35–60.
- 牧山鶴彦 (1963a) 新潟ガス田の層序および地質構造について。石油学会誌, vol. 6, p. 684–687.
- 牧山鶴彦 (1963b) 新潟ガス田の開発。石油学会誌, vol. 6, p. 851–857.
- 湊 正雄 (1976) 埋没段丘について。新潟大学地質鉱物学教室研究報告, no. 4, p. 1–9.
- Minato, M., Suyama, K., Hasegawa, K., Oya, S., Takahashi, Y., Nakagawa, K., Wada, N. and Shibasaki, T. (1967) Absolute age of subsurface late Quaternary deposits in the Niigata lowland. *Jour. Fac. Sci. Hokkaido Univ., Ser. 4*, vol. 12, p. 401–406.
- 三菱瓦斯化学(株)・石油資源開発(株) (1977) 東新潟ガス田。新潟県地質図説明書, p. 288–291.
- 宮地良典・中西利典・卜部厚志・田辺 晋・稲崎富士・安井賢・小松原 琢・水野清秀 (2009) ボーリングコア解析による角田・弥彦断層の活動度評価。地質調査総合センター速報:平成20年度沿岸域の地質・活断層調査研究報告, no. 49, p. 101–120.
- 宮地良典・卜部厚志・田辺 晋・安井 賢・稲崎富士・鴨井幸彦・中西利典・小松原 琢・水野清秀 (2010) 越後平野沿岸部のボーリング試料から見た沖積層の地質構造。地質調査総合センター速報:平成21年度沿岸域の地質・活断層調査研究報告, no. 50, p. 127–151.
- 宮地良典・卜部厚志・田辺 晋・安井 賢・稲崎富士・鴨井幸彦・中西利典 (2011a) 越後平野海岸部の沖積層の地質構造。海陸シームレス地質情報, 「新潟沿岸域」, 数値地質図 S-2, 地質調査総合センター。
- 宮地良典・卜部厚志・田辺 晋・安井 賢・中西利典・稲崎富士・椿原京子・小松原 琢・水野清秀・井上卓彦・天野敦子・岡村行信 (2011b) 越後平野西縁部, 角田・弥彦断層~四ヶ郷屋沖背斜による変形構造とその活動性評価。海陸シームレス地質情報, 「新潟沿岸域」, 数値地質図 S-2, 地質調査総合センター。
- 宮地良典・船引彩子・椿原京子・井上卓彦・天野敦子・卜部厚志・岡村行信 (2011c) 越後平野沿岸域に分布する海陸の地層対比。海陸シームレス地質情報, 「新潟沿岸域」, 数値地質図 S-2, 地質調査総合センター。
- 茂木昭夫 (1980) 新潟東港における埋没樹の年代測定。第四紀研究, vol. 19, p. 53–55.
- 百武松児 (1996) 新潟市周辺における地盤沈下の経緯。第四紀研究, vol. 35, p. 253–258.
- 百武松児・和田温之・須田光治 (1969) 地質見学案内書—新潟市及びその周辺の地盤沈下。日本地質学会第76年学術大会 (新潟) 準備委員会, 38 p.
- 武者金吉 (1943) 増訂大日本地震史料第三卷。文部省震災予防評議会, 933 p.
- 長橋良隆・里口保文・吉川周作 (2000) 本州中央部における鮮新—更新世の火砕流堆積物と広域火災灰層との対比および層位噴出年代。地質学雑誌, vol. 106, p. 51–69.
- 仲川隆夫 (1984) 新潟平野における“沖積層”の土質工学的性質について。新潟大学理学部地盤災害研究所年報, no. 6, p. 83–96.
- 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, vol. 91, p. 619–635.
- 仲川隆夫 (1987) 新潟平野の形成史。地質学雑誌, vol. 93, p. 575–586.
- 中西利典・宮地良典・田辺 晋・卜部厚志・安井 賢・若林 徹 (2010a) ボーリングコア解析による新潟市西縁, 角田・弥彦断層の完新世における活動度。活断層研究, no. 32, p. 9–25.
- 中西利典・宮地良典・田辺 晋・安井 賢・中島 礼 (2010b) 沖積層コア (GS-KNM-1) の解析による角田・弥彦断層の活動。月刊地球, vol. 32, p. 383–389.
- 中野尊正・武久義彦 (1960) 新潟の地盤沈下。地理学評論, vol. 33, p. 1–9.
- Nguyen, V. L. and Kobayashi, I. (1996) Holocene diatom flora and sedimentary environment of the Echigo Plain, central Honshu,

- Japan, part 1 the analysis of Fukushima-gata well core. *Sci. Rep. Niigata Univ., Ser. E (Geology)*, no. 11, p. 13–33.
- 日本建築学会 (1964) 新潟地震災害調査報告. 日本建築学会, 550 p.
- 日本鉄道建設公団・新潟新幹線建設局 (1980) 上越新幹線 (水上–新潟間) 地質図. 全国地質調査業協会連合会, 260 p.
- 新潟第四紀研究グループ (1972) 東京低地および新潟平野沖積層の生層序区分と堆積環境. 地質学論集, no. 7, p. 213–233.
- 新潟珪藻研究グループ (1976) 新潟平野沖積層の珪藻遺骸群集. 新潟大学理学部地質鉱物学教室研究報告, no. 4, p. 35–41.
- 新潟県 (1953) 天然ガス調査報告—北蒲原平野—. 新潟県商工部資源課, 37 p.
- 新潟県 (1958) 天然ガス調査報告. 新潟県商工部企業振興課, 58 p.
- 新潟県 (1965) 新潟地震の記録: 地震の発生と応急対策. 新潟県, 409 p.
- 新潟県 (1977) 新潟県地質図および地質図説明書. 新潟県, 493 p.
- 新潟県 (1991) 平成9年度地震関係基礎調査交付金 月岡断層帯に関する調査 成果報告書. 1・1～4・30.
- 新潟県 (2005) 天然ガスと石油開発の現況. パンフレット. 新潟県産業労働部産業振興課新エネルギー資源開発係.
- 新潟県 (2014) 平成25年度温泉利用状況報告書. 11 p. http://www.pref.niigata.lg.jp/HTML_Article/98/643/H25riyouzoukyouhoukoku.pdf (2015/9/5 閲覧).
- 新潟県 (2015) 新潟平野の地盤沈下. 新潟県県民生活・環境部, 66 p.
- 新潟県地質図改定委員会編 (2000) 新潟県地質図および地質図説明書. 新潟県商工労働部商工振興課, 200 p.
- 新潟県土木部 (1960) 新潟海岸の欠潰について. 新潟県, 161 p.
- 新潟県土木部河川課 (2009) 福島潟放水路事業概要. 新潟県土木部河川課パンフレット.
- 新潟県地盤図編集委員会編 (2002) 新潟県地盤図および同説明書. (社)新潟県地質調査業協会, A0版4葉, 66 p.
- 新潟県県民生活・環境部 (2007) 新潟地域のゼロメートル地帯分布図. 新潟県県民生活・環境部.
- 新潟県教育委員会編 (1970) 福島潟干拓地域民俗緊急調査報告書 福島潟—1970—. 新潟県教育委員会, 340 p.
- 新潟県農地部編 (1960) 新潟県大地主所蔵資料 第2集 市島家土地集積の展開. 新潟県農地部農地開拓課, 499 p.
- 新潟県農地部巻農地事務所編 (1999) 西蒲原地区ボーリング柱状図集. 新潟県農地部, 976 p.
- 新潟県農地部新潟農地事務所編 (1985) 亀田郷地区地盤図・柱状図集. 新潟県農地部, 386 p.
- 新潟県商工労働部企業振興課 (1970) 新潟東港地区臨海工業地帯地盤調査総合報告書. 新潟県, 86 p.
- 新潟古砂丘グループ (1974) 新潟砂丘と人類遺跡—新潟砂丘の形成史 I—. 第四紀研究, vol. 13, p. 57–65.
- 新潟古砂丘グループ (1978) 新潟砂丘砂—新潟砂丘の形成史 II—. 第四紀研究, vol. 17, p. 25–38.
- 新潟古砂丘グループ (1979) 砂丘と平野. アーバンクボタ, no. 17, p. 12–15.
- 新潟古砂丘研究グループ (1976) 新潟県の砂丘—その研究史と問題点. 新潟大学理学部地質鉱物学教室研究報告, no. 4, p. 43–49.
- 新潟市 (1966) 新潟地震誌. 新潟市, 498 p.
- 新潟市 (1991) 新潟市史 資料編12 自然. 新潟市, 362 p.
- 新潟市 (1997) 新潟市史 通史編2 近世(下). 新潟市, 509 p.
- 新潟市 (2009) <新>新潟歴史双書4. 内野新川. 新潟市, 156 p.
- 新潟市 (2011a) 朱鷺新書3, 新潟港のあゆみ, 新潟の近代化と港. 新潟市, 192 p.
- 新潟市 (2011b) <新>新潟歴史双書6, 新潟砂丘. 144 p.
- 新潟市 (2015) 過去の災害情報. http://www.city.niigata.lg.jp/kurashi/bosai/oshirase_ichiran/kako_saigaiinfo/kakosaigai.html (2015/9/5 閲覧).
- 新潟市郷土資料館編 (1979) 新潟市史読本. 新潟市郷土資料館, 296 p.
- 新潟市歴史博物館 (2008) 絵図が語る みなと新潟. 新潟市歴史博物館, 91 p.
- 西田彰一 (1969) 新潟平野の形成過程とその問題点. 日本地質学会第76年学術大会シンポジウム「海岸平野」, シンポジウム「海岸平野」世話人会, p. 53–58.
- 西田彰一 (1973) 新潟の地盤沈下. 土と基礎, vol. 21, p. 65–70.
- 西田彰一・茅原一也 (1956) 弥彦・角田山塊の生い立ちと最近の地史. 新潟県文化財年報, no. 1, p. 1–44.
- 西田彰一・茅原一也・津田禾粒・島津光夫・吉村尚久・白井健裕・長谷川美行・陶山国男・高橋雄一郎・武内俊昭・栗本広・今井常雄・川島隆義・宮川和志・阿部明・寺崎紘一・堀田政則・若林茂敬・佐藤彬・堀川秀夫・神田章・大野隆一郎・三浦謙二・小林純夫・外山正樹・沢田可洋・高見健・三沢偉夫・沼田誠・田淵章敬・早川忠一・玉井礼子・小沼静代・金原啓司・岩松暉 (1964) 新潟地震地盤災害図. カラー A0版, 6葉. 新潟大学.
- 大平明夫 (1992) 完新世における新潟平野北東部の地形発達史. 地理学評論, vol. 65A, p. 867–888.
- 大平明夫 (1996) 新潟平野北東部における縄文海進に関する資料—新発田市と水原町における沖積層の珪藻群集とAMS¹⁴C年代—. 名古屋大学文学部研究論集, no. 125, p. 159–168.
- 岡村行信・竹内圭史・上嶋正人・佐藤幹夫 (1995) 20万分の1「佐渡島北方海底地質図及び説明書」. 海洋地質図, no. 46, 地質調査所.
- 大熊 孝 (1988) 洪水と治水の河川史—水害の制圧から受容へ—. 平凡社, 261 p.
- 大熊 孝 (1996) 越後平野の治水と河川開発史. 第四紀研究, vol. 35, p. 235–246.
- 大竹正巳・百瀬 敦・遠藤 晋・兼子高志 (2007) 比抵抗と密度構造から推定される新潟堆積盆地東縁, 村松断層周辺の基盤構造. 石油技術協会誌, vol. 72, p. 321–332.
- Reimer, P. J., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J.W., Blackwell, P. G., Ramsey, C.B., Buck, C.E., Cheng, H., Edwards, R.L., Friedrich,

- M., Grootes, P. M., Guilderson, T.P., Hafidason, H., Hajdas, I., Hatté, C., Heaton, T.J., Hoffmann, D.L., Hogg, A.G., Hughen, K.A., Kaiser, K. F., Kromer, B., Manning, S.W., Niu, M., Reimer, R.W., Richards, D.A., Scott, E.M., Southon, J.R., Staff, R.A., Turney, C.S. and van der Plicht, J. (2013) IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves 0–50,000 years cal BP. *Radiocarbon*, 55, 1869–1887.
- 陸地測量部 (1912) 明治 44 年測図 2 万 5 千分の 1 地形図 新潟北部.
- 陸地測量部 (1914a) 明治 44 年測図 2 万 5 千分の 1 地形図 松ヶ崎濱.
- 陸地測量部 (1914b) 明治 44 年測図 2 万 5 千分の 1 地形図 新潟南部.
- 陸地測量部 (1914c) 明治 44 年測図 2 万 5 千分の 1 地形図 水原.
- 陸地測量部 (1914d) 明治 44 年測図 5 万分の 1 地形図 内野.
- 斎藤晃吉 (1961) 新潟県福島潟の歴史地理学的研究. *人文地理*, vol.13, p. 203–220.
- 阪口 豊 (1964) 越後平野の古地理の問題によせて. 第四紀研究, vol. 3, p. 284–289.
- 坂井陽一 (1980) 新潟砂丘における腐植層と砂丘砂の鉱物組成—新潟砂丘の形成について (その 1). 新潟県立教育センター研究報告, no. 49, p. 91–96.
- 笹神団体研究グループ (1980) 新潟平野東縁部・笹神丘陵の地質. *地球科学*, vol. 34, p. 119–137.
- 佐藤比呂志 (1996) 日本列島のインバージョンテクトニクス. 活断層研究, no. 15, p. 128–132.
- 佐藤比呂志・阿部 進・河合展夫・加藤直子・岩崎貴哉・石山達也・齋藤秀雄・白石和也・稲葉 充・深澤 光 (2010) ひずみ集中帯地殻構造探査・三条— 彦彦測線の成果. *月刊地球*, vol. 32, p. 403–410.
- 関谷英一 (1960) 東新潟地域の天然ガスについて. *石油学会誌*, vol. 3, p. 224–228.
- 石油開発公団 (1968a) 昭和 42 年度 天然ガス基礎調査 基礎試錐「大測」調査報告書.
- 石油開発公団 (1968b) 昭和 42 年度 天然ガス基礎調査 基礎試錐「下五十嵐」調査報告書.
- 石油開発公団 (1969) 昭和 43 年度 天然ガス基礎調査 基礎試錐「升湯」調査報告書.
- 石油資源開発株式会社編 (1967) 石油資源開発十年史. 301 p.
- 石油資源開発株式会社編 (1987) 石油資源開発三十年史.
- 柴崎達雄・和田温之 (1968) 沖積層研究からみた新潟平野の変動. *地質学論集*, no. 2, p. 57–61.
- 柴田 東・安井 賢 (2005) 越後平野の地盤特性. *基礎工*, 2005.3, p. 24–27.
- 島津光夫 (2000) 新潟の石油・天然ガス—開発の一三〇年—. 野島出版, 284 p.
- 下川浩一・栗田泰夫・佐竹健治・吉岡敏和・七山 太・荻谷愛彦・小松原 琢・羽坂俊一・重野聖之 (1997) 地形・地質調査 1. 科学技術振興調整費 日本海東縁部における地震発生ポテンシャル評価に関する総合研究 (第 I 期平成 6～8 年度) 成果報告書, 科学技術庁, p. 67–84.
- 下川浩一・栗田泰夫・佐竹健治・吉岡敏和・七山 太・荻谷愛彦・小松原 琢・羽坂俊一・重野聖之 (2000) 地形・地質調査 1. 日本海東縁部における地震発生ポテンシャル評価に関する総合研究 (第 II 期平成 9～10 年度) 成果報告書, 科学技術庁, p. 65–85.
- Stuiver, M. and Polach, H.A. (1977) Discussion: reporting of ^{14}C data. *Radiocarbon*, 54, 323–340.
- 鈴木毅彦 (1999) 福島県太平洋岸, 塚原海岸における最終氷期最盛期の海進海退過程とその時期降下したテフラについて. *地学雑誌*, 108, p. 216–230.
- 高浜信行・福沢恵美子・岡田裕子 (1980) 新潟平野東縁・村松地域の活断層—村松断層—. *地球科学*, vol. 34, p. 156–158.
- 高浜信行・ト部厚志 (2002) ボーリング調査からみた旧沼垂・山の下地区の古環境. [資料集]「前近代の潟湖河川交通と遺跡立地の地域史的研究」調査チーム第 2 回シンポジウム調査検討「新潟・沼垂の古環境と歴史像」, 91 p.
- 田辺 晋 (2013) テクトニックな沈降域における沿岸河口低地の地層形成—越後平野の沖積層を例として—. *地学雑誌*, vol. 122, p. 291–307.
- Tanabe, S., Nakanishi, T. and Yasui, S. (2010) Relative sea-level change in and around the Younger Dryas inferred from late Quaternary incised-valley fills along the Japan Sea. *Quaternary Science Reviews*, vol. 29, p. 3956–3971.
- Tanabe, S., Nakanishi, T., Matsushima, H. and Hong, W. (2013) Sediment accumulation patterns in a tectonically subsiding incised valley: Insight from the Echigo Plain, central Japan. *Marine Geology*, vol. 336, p. 33–43.
- 田中久夫・長谷川 正・木村澄枝・岡本郁栄・坂井陽一 (1996) 新潟砂丘の形成史. 第四紀研究, vol. 35, p. 207–218.
- 帝国石油株式会社 (1977) 南阿賀油田. 新潟県地質図説明書, p. 293–294.
- 帝国石油株式会社開発部 (1949) 新潟瓦斯田について. *石油技術協会誌*, vol. 13, p. 210–225.
- 帝国石油社史編さん委員会 (1992) 帝国石油五十年史 技術編. 439 p.
- 天然ガス鉱業会・大陸棚石油開発協会編 (1982) 日本の石油・天然ガス資源. 新版, 技術報告書. 天然ガス鉱業会・大陸棚石油開発協会, 455 p.
- 天然ガス鉱業会・大陸棚石油開発協会編 (1992) 改定版 日本の石油・天然ガス資源. 天然ガス鉱業会・大陸棚石油開発協会, 520 p.
- 東京大学地震研究所 (1984) 新収日本地震史料. 第四巻別巻, 東京大学地震研究所, 582 p.
- 東京大学地震研究所 (1994) 新収日本地震史料. 続補遺別巻, 東京大学地震研究所, 1228 p.
- 通産省地質調査所 (1966) 層序試錐蒲原 GS-2 号井調査報告書.
- 海津正倫 (1989) 完新世における新潟平野の地形発達史. *日本地理学会予稿集*, no. 35, p. 198–199.
- 海津正倫 (1991) 沖積平野における上部砂層の特質とその形成に関する研究. 昭和 63・平成元・2 年度科学研究費補助金 (一般研究 C) 研究成果報告書, 79 p.
- ト部厚志 (2005) 新潟平野における各ボーリングの堆積相と堆

- 積環境。平成16年度科学研究費補助金(基礎研究C(2))「新潟平野における縄文海進以降の相対的海水準変動と堆積システムの変遷」, p. 1-19.
- 卜部厚志(2008) 越後平野の阿賀野川沿いにおける沖積層の堆積システム。第四紀研究, vol. 47, p. 191-201.
- 卜部厚志(2013) 古代の越後平野における地震活動。高橋一夫・田中広明編: 古代の災害復興と考古学, p. 67-80, 高志書院。
- 卜部厚志・高濱信行(2002) 越後平野における沖積層の沈降と約5,000年前の指標火山灰。新潟大学積雪地域災害研究センター研究年報, no. 24, p. 63-76.
- 卜部厚志・高濱信行・塚野明美・渡辺秀男・東野外志男(2000) 新潟地域における完新世の火山灰層序と対比。日本第四紀学会講演要旨集, 30, p. 96-97.
- Urabe, A., Takahama, N. and Yabe, H. (2004) Identification and characterization of a subsided barrier island in the Holocene alluvial plain, Niigata, central Japan. *Quatern. Intern.*, vol. 115 / 116, p. 93-104.
- 卜部厚志・吉田真見子・高濱信行(2006a) 越後平野のバリアーラグーンシステムの発達様式。地質学論集, no. 59, p. 111-127.
- 卜部厚志・安井賢・稲葉充・片岡香子・高濱信行・満田信一(2006b) 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, vol. 71, p. 337-348.
- 卜部厚志・藤本祐介・片岡香子(2011a) 越後平野の沖積層形成における火山性洪水イベントの影響。地質学雑誌, vol. 117, p. 483-494.
- 卜部厚志・宮地良典・稲崎富士・楳原京子(2011b) 新潟市竹野町地域の角田・弥彦断層の活動度評価。海陸シームレス地質情報, 「新潟沿岸域」, 数値地質図S-2, 地質調査総合センター。
- 宇佐美龍夫(1999) 日本の歴史地震史料。拾遺別巻, 1045 p.
- 宇佐美龍夫(2002) 日本の歴史地震史料。拾遺二, 583 p.
- 和田温之(1972) 新潟平野の形成過程。地質学論集, no. 7, p. 77-89.
- 和田温之・柴崎達雄・歌代勤(1969) 地盤沈下研究からみた新潟平野における晩期第四系の諸問題。日本地質学会第76年学術大会シンポジウム「海岸平野」, シンポジウム「海岸平野」世話人会, p. 207-212.
- 渡辺其久男(1983) 東北裏日本油田地域の年代層序の現状。石油技術協会誌, vol. 48, p. 88-92.
- 渡辺満久・齋藤勝(2006) 越後平野東縁, 庵地断層のトレンチ調査結果—トレース長の短い活断層の評価—。地学雑誌, vol. 115, p. 727-736.
- 渡辺満久・宇根寛(1985) 新潟平野東縁の活断層と山地の隆起。地理学評論, vol. 58, p. 536-547.
- 矢田俊文(2012a) 一八三三年庄内沖地震の津波史料。災害・復興と資料, no. 1, p. 1-8.
- 矢田俊文(2012b) 文献史料による1833年庄内沖地震の津波到達点の研究—新潟市内を中心に—。資料学研究, no. 9, p. 12-22.
- 山口和雄・住田達哉・加野直巳・大滝壽樹・伊藤忍・横田俊之・横倉隆伸(2009) 越後平野西部の沿岸陸域における浅部地下構造調査。地質調査総合センター速報: 平成20年度沿岸域の地質・活断層調査研究報告, no. 49, p. 37-44.
- 山元孝広(1995) 沼沢火山における火砕流噴火の多様性: 沼沢湖および水沼火砕流堆積物の層序。火山, vol. 40, p. 67-81.
- 山元孝広(2003) 東北日本, 沼沢火山の形成史: 噴火物層序, 噴出年代およびマグマ噴出量の再検討。地質調査研究報告, vol. 54, p. 323-340.
- 山元孝広・須藤茂(1996) テフラ層序からみた磐梯火山の噴火活動史。地質調査所月報, vol. 47, p. 335-359.
- 山下昇(1970) 柏崎—銚子線の提唱。「島弧と海洋」, 東海大学出版会, p. 179-191.
- 柳沢幸夫・渡辺其久男・小林巖雄(2000) 新第三系・下部更新統標準層序。新潟県地質図説明書(2000年版), 新潟県, p. 31-34.
- 安井賢(2005) 珪藻化石群集からみた信濃川河口部の完新世後期の古環境。新潟大積雪地域災害研究センター研究年報, no. 27, p. 19-24.
- Yasui, S., Watanabe, K., Kamoi, Y. and Kobayashi, I. (2000) Holocene foraminiferal fauna and sedimentary environment in the Shirone area of Echigo Plain, central Japan. *Sci. Rep. Niigata Univ., Ser E*, no. 15, p. 67-89.
- 安井賢・小林巖雄・鴨井幸彦・渡辺其久男・石井久夫(2001) 越後平野中央部, 白根地域における完新世の環境変遷。第四紀研究, vol. 35, p. 207-218.
- 安井賢・藤田剛・木村廣・渡辺勇・吉田真見子・卜部厚志(2007) 越後平野北部の沿岸湖沼の珪藻化石群集と環境変遷史。地球科学, vol. 61, p. 49-62.
- 横尾義貫(1976) 新潟震害の歴史的背景(17世紀以降の新潟付近の地形形成史)。京大防災研年報, no. 19-B, p. 91-104.
- 吉田真見子・保柳康一・卜部厚志・山崎梓・山岸美由紀・大村亜希子(2006) 堆積相と全有機炭素・窒素・イオウ濃度を用いた堆積環境の復元—新潟平野上部更新統~完新統の例—。地質学論集, no. 59, p. 93-109.



付図1 ^{14}C 年代測定試料採取位置図
 3, 25及び38については試料の採取位置が不明。

付表1 ¹⁴C年代値一覧表

地点 番号	試料 番号	試料名	標高 (m)	試料採取地点	緯度		経度		採取深 度(m)	採取標 高(m)	試料の種類	測定値(yrs BP)	δ ¹³ C (‰)	同位体分別補正済 年代値 (yrs BP)	暦年較正年代 (cal BP)	コード番号	文献・その他
					度 分 秒	度 分 秒											
1	1	新潟東港埋木	—	新潟市北区太郎代	37 58 34	139 13 41	—	—	—	-8.00	木片	2,340 ± 125	-25.0	2,340 ± 129	2,744 (94.5%) 2,106 2,084 (0.9%) 2,064	TH-119	茂木(1980), 鴨井ほか (2015), 標高は推定
2	2	新潟東港B-17-1	5.12	新潟市北区太郎代	37 58 28	139 12 38	19.28	-14.16			腐植物	2,100 ± 80	-27.0	2,067 ± 93	2,310 (94.4%) 1,863 1,845 (1.0%) 1,830	不明	新潟県商工労働部企業振 興課(1970), 鴨井ほか (2015)
3	3	太郎代砂丘間凹地	2.40	新潟市北区太郎代			0.3	2.10			腐植土	630 ± 90	-27.0	597 ± 102	736 (95.1%) 460 348 (0.3%) 340	Gak-3631	新潟古砂丘グループ (1974), 鴨井ほか(2015), 試 料採取地点は不明
4	4	TA(太夫浜)-1-1	4.00	新潟市北区太夫浜	37 58 7	139 9 46	46.35	-42.35			木片	3,130 ± 30	-24.4	3,140 ± 30	3,446 (80.2%) 3,326 3,294 (15.2%) 3,254	IAAA-41011	ト部ほか(2006b)
	5	TA(太夫浜)-1-2					60.12	-56.12			貝殻片	4,100 ± 40	-0.5	4,490 ± 40	5,300 (90.5%) 5,035 5,010 (4.9%) 4,978	IAAA-41009	
	6	TA(太夫浜)-1-3					88.49	-84.49			貝殻片	9,610 ± 50	-4.2	9,950 ± 50	11,613 (95.4%) 11,241	IAAA-41014	
	7	TA(太夫浜)-1-4					91.06	-87.06			貝殻片	10,360 ± 50	-4.2	10,700 ± 50	12,721 (95.4%) 12,572	IAAA-41013	
5	8	羽田1-1-2	3.00	新潟市北区新崎	37 55 16	139 9 14	6.63	-3.63			炭化物片	1,530 ± 340	-25.0	1,530 ± 342	2,306 (1.4%) 2,232 2,205 (0.2%) 2,195 2,185 (93.8%) 790	N-5785	本報告
	9	羽田1-1-4					8.74	-5.74			木片	2,580 ± 160	-25.0	2,580 ± 163	3,137 (0.1%) 3,132 3,105 (0.2%) 3,096 3,077 (94.8%) 2,308 2,224 (0.3%) 2,209	N-5786	
	10	羽田1-1-7					18.75	-15.75			木片	4,200 ± 100	-25.0	4,200 ± 105	5,032 (0.7%) 5,016 4,976 (94.7%) 4,436	N-5787	
	11	羽田1-1-8					25.90	-22.90			炭化物片	3,590 ± 580	-25.0	3,590 ± 581	5,595 (95.1%) 2,701 2,632 (0.1%) 2,618 2,563 (0.2%) 2,541	N-5788	
	12	羽田1-1-9					30.85	-27.85			木片	3,010 ± 395	-25.0	3,010 ± 396	4,295 (95.0%) 2,306 2,232 (0.3%) 2,205 2,195 (0.1%) 2,185	N-5789	
	13	羽田1-1-11					57.50	-54.50			木片	9,100 ± 360	-25.0	9,100 ± 361	11,274 (95.4%) 9,419	N-5790	
6	14	潮止堰11-1-1	2.73	新潟市北区横土居	37 57 51	139 12 59	1.81	0.92			繊維質腐植土	1,790 ± 80	-27.0	1,757 ± 93	1,892 (92.1%) 1,517 1,493 (0.5%) 1,482 1,462 (2.7%) 1,417	KEEA- 542	鴨井ほか(2006, 2015)
	15	潮止堰-1					6.95	-4.22			埋木	3,010 ± 70	-23.5	3,030 ± 70	3,382 (94.6%) 3,020 3,015 (0.8%) 3,005	Beta-184288	
	16	潮止堰-2					19.65	-16.92			木片	3,360 ± 40	-24.1	3,370 ± 40	3,701 (86.8%) 3,548 3,536 (8.6%) 3,482	Beta-184289	
	17	潮止堰11-1-3					44.63	-41.90			腐植土質シルト	5,390 ± 90	-27.0	5,357 ± 102	6,301 (95.4%) 5,933	KEEA- 543	
7	18	笹山11-1	2.13	新潟市北区笹山	37 57 26	139 13 4	15.90	-13.77			炭質物	3,960 ± 110	-26.1	3,930 ± 110	4,810 (3.0%) 4,757 4,705 (1.5%) 4,668 4,654 (90.0%) 4,081 4,033 (1.0%) 4,006	Beta-184290	
8	19	新井郷川4-11-1	2.68	新潟市北区笹山	37 57 4	139 12 22	4.55	-1.87			木片	3,050 ± 70	-25.0	3,050 ± 77	3,443 (1.1%) 3,427 3,406 (93.8%) 3,023 3,014 (0.5%) 3,006	KEEA- 414	
9	20	切尾(中条送ガス)5-3-1	2.40	新潟市北区切尾	37 57 7	139 13 3	14.88	-12.48			木片	4,170 ± 100	-25.0	4,170 ± 105	4,960 (1.6%) 4,926 4,918 (0.8%) 4,899 4,893 (93.0%) 4,422	KEEA- 204	
10	21	浦ノ入11-1	1.63	新潟市北区浦ノ入	37 56 59	139 13 10	1.77	-0.14			腐植土	2,020 ± 70	-28.3	1,970 ± 70	2,114 (93.4%) 1,773 1,761 (2.0%) 1,738	Beta-149212	

付表1 ¹⁴C年代値一覧表

地点 番号	試料 番号	試料名	標高 (m)	試料採取地点	緯度		経度		採取深 度(m)	採取標 高(m)	試料の種類	測定値(yrs BP)	$\delta^{13}C$ (‰)	同位体分別補正済 年代値(yrs BP)	暦年較正年代(cal BP)	コード番号	文献・その他
					度分秒	度分秒											
11	22	庵女川11-2-1	0.63	新潟市北区内島見	37 56 45	139 13 14	3.83	-3.20	繊維質腐植土	1,900 ± 50	-27.0	1,867 ± 69	1,968 (0.4%) 1,962 1,950 (95.0%) 1,618	KEEA- 531	鴨井ほか(2006, 2015)		
	23	庵女川11-2-2					5.72	-5.09	繊維質腐植土	4,000 ± 70	-27.0	3,967 ± 85	4,803 (3.1%) 4,761 4,694 (1.0%) 4,675 4,646 (91.3%) 4,155	KEEA- 532			
	24	庵女川11-2-3					10.89	-10.26	炭質物	4,520 ± 50	-24.9	4,520 ± 50	5,315 (92.9%) 5,037 5,005 (2.5%) 4,980	Beta-184291			
12	25	太田B1-20	1.61	新潟市北区太田	37 56 21	139 14 16	5.25	-3.64	腐植土	2,670 ± 40	-25.7	2,660 ± 40	2,850 (95.4%) 2,741	Beta-160425	本報告		
13	26	笠柳11-2-1	1.58	新潟市北区笠柳	37 56 13	139 13 33	17.75	-16.17	砂質腐植土	5,650 ± 90	-27.0	5,617 ± 102	6,656 (93.7%) 6,270 6,240 (1.7%) 6,215	KEEA- 534	鴨井ほか(2006, 2015)		
	27	笠柳11-2-2					6.52	-4.94	木片	4,380 ± 50	-27.1	4,350 ± 50	5,211 (0.6%) 5,203 5,048 (94.8%) 4,835	Beta-184292			
14	28	太田北部2号11-1	0.80	新潟市北区太田	37 55 60	139 13 39	3.83	-3.03	腐植土	3,990 ± 70	-25.2	3,990 ± 70	4,804 (3.9%) 4,761 4,695 (1.1%) 4,674 4,646 (90.4%) 4,240	Beta-149213	鴨井ほか(2006, 2015)		
	29	太田北部2号11-2					12.95	-12.15	粘土質腐植土	5,500 ± 100	-27.7	5,460 ± 100	6,441 (95.4%) 5,995	Beta-184293			
15	30	潟口堰11-2-1	0.98	新潟市北区太田	37 55 30	139 13 57	46.91	-45.93	腐植土質シルト	8,440 ± 100	-27.0	8,407 ± 111	9,555 (95.3%) 9,089 9,043 (0.1%) 9,040	KEEA- 544			
16	31	小潟橋1-1-1	-0.24	新潟市北区前新田沖	37 55 2	139 14 11	39.50	-39.74	木片	7,760 ± 510	-25.0	7,760 ± 511	10,113 (0.2%) 10,095 9,918 (95.2%) 7,622	N-5768	鴨井ほか(1995, 2015)		
	32	小潟橋1-1-2					46.80	-47.04	木片	8,590 ± 510	-25.0	8,590 ± 511	11,089 (2.1%) 10,918 10,900 (93.3%) 8,429	N-5769			
	33	小潟橋1-1-3					53.55	-53.79	葉	9,740 ± 740	-25.0	9,740 ± 741	13,174 (95.4%) 9,461	N-5770			
	34	小潟橋1-1-4					64.60	-64.84	木片	10,200 ± 290	-25.0	10,200 ± 292	12,706 (95.4%) 11,143	N-5771			
	35	小潟橋1-1-5					65.55	-65.79	腐植土	10,800 ± 125	-25.0	10,767 ± 134	12,991 (95.4%) 12,416	N-5772			
	36	小潟橋1-1-8					65.93	66.17	腐植土質粘土	19,600 ± 365	-27.0	19,567 ± 368	24,443 (95.4%) 22,676	N-6651			
	37	小潟橋1-1-7					66.65	-66.89	腐植土	>37,800		>37,800		N-5773			
	38	小潟橋1-1-9					66.85	-67.09	腐植土質砂質粘土	>37,800		>37,800		N-6652		鴨井ほか(1995)	
17	39	FG1-1	-0.90	新潟市北区前新田沖	37 54 59	139 14 32	2.09	-2.99	木片	2,550 ± 30	-28.5	2,490 ± 30	2,731 (95.4%) 2,460	IAAA-50463	卜部(2005)		
	40	FG1-2					5.9	-6.80	木片	3,490 ± 40	-27.1	3,460 ± 40	3,840 (94.9%) 3,632 3,622 (0.5%) 3,618	IAAA-31291			
	41	FG1-3					10.63	-11.53	貝殻	4,740 ± 40	-7.3	5,030 ± 30	5,888 (17.1%) 5,821 5,762 (78.3%) 5,611	IAAA-50010			
	42	FG1-4					15.1	-16.00	貝殻	6,110 ± 40	-3.3	6,470 ± 40	7,426 (95.4%) 7,273	IAAA-50011			
	43	FG1-5					23.8	-24.70	木片	8,300 ± 60	-27.6	8,260 ± 60	9,430 (93.0%) 9,080 9,055 (2.4%) 9,034	IAAA-31408			
	44	FG1-6					47.00	-47.90	木片	9,378 ± 120	-26.7	9,350 ± 130	11,079 (8.1%) 10,943 10,878 (87.3%) 10,242	IAA-412			
	45	FG1-7					66.50	-67.40	木片	>53,920	-27.0	>53,920		IAAA-50012			
18	46	福島潟61-1-1	0.92	新潟市北区前新田	37 54 46	139 14 24	8.55	-7.63	腐植土質粘土	5,350 ± 155	-27.0	5,317 ± 162	6,435 (0.3%) 6,425 6,415 (95.1%) 5,725	N-5390	鴨井ほか(1990, 2015)		
	47	福島潟61-1-2					10.85	-9.93	木片	5,420 ± 200	-25.0	5,420 ± 203	6,656 (92.0%) 5,840 5,834 (3.4%) 5,747	N-5391			
	48	福島潟61-1-3					60.63	-59.71	腐植土	34,300 ± 1,300	-27.0	34,267 ± 1,301	41,745 (95.4%) 36,047	N-5392			
	49	福島潟61-1-4					60.88	-59.96	腐植土	30,600 ± 860	-27.0	30,567 ± 861	36,664 (95.4%) 32,966	N-5393			
	50	福島潟61-1-5					75.60	-74.68	腐植土	>37,800		>37,800		N-5394			
	51	福島潟61-1-6					79.88	-78.96	炭化木片	>37,800		>37,800		N-5395		鴨井ほか(1990)	

付表1 ¹⁴C年代値一覧表

地点番号	試料番号	試料名	標高(m)	試料採取地点	緯度 度 分 秒	経度 度 分 秒	採取深 度(m)	採取標 高(m)	試料の種類	測定値(yrs BP)	δ ¹³ C (‰)	同位体分別補正済 年代値(yrs BP)	暦年較正年代(cal BP)	コード番号	文献・その他
19	52	前新田沖4-3-1	-1.08	新潟市北区前新田沖	37 54 46	139 14 24	3.80	-4.88	腐植物片	5,210 ± 100	-25.0	5,210 ± 105	6,271 (2.1%) 6,240 6,215 (93.3%) 5,739	N-6642	
20	53	前新田沖4-2-2	-1.29	新潟市北区前新田沖	37 54 46	139 14 22	5.80	-7.09	腐植物片	5,510 ± 185	-25.0	5,510 ± 188	6,732 (95.4%) 5,911	N-6643	
21	54	前新田沖4-1-3	-1.48	新潟市北区前新田沖	37 54 45	139 14 21	24.73	-26.21	炭化物片	9,070 ± 155	-25.0	9,070 ± 158	10,651 (0.8%) 10,624 10,597 (94.6%) 9,702	N-6644	鴨井ほか(1995, 2015)
20	55	前新田沖4-2-4	-1.29	新潟市北区前新田沖	37 54 46	139 14 22	34.60	-35.89	木片	9,050 ± 130	-25.0	9,050 ± 134	10,560 (95.1%) 9,762 9,753 (0.3%) 9,745	N-6645	
21	56	前新田沖4-1-5	-1.48	新潟市北区前新田沖	37 54 45	139 14 21	50.83	-52.31	木片	11,300 ± 150	-25.0	11,300 ± 153	13,445 (95.4%) 12,825	N-6646	
22	57	潟口橋-1	0.30	新潟市北区前新田沖	37 54 41	139 14 11	9.15	-9.45	木片	4,810 ± 110	-25.0	4,810 ± 115	5,886 (2.9%) 5,821 5,760 (92.5%) 5,302	NUTA-1336	大平(1992), 鴨井ほか (2015)
	58	潟口橋-2					25.15	-25.15	木片	9,600 ± 280	-25.0	9,600 ± 282	11,946 (1.0%) 11,876 11,834 (94.4%) 10,228	NUTA-1211	
23	59	豊栄川西-1	0.50	新潟市北区川西	37 54 20	139 12 59	1.7	-1.75	腐植土	2,480 ± 160	-27.0	2,447 ± 167	2,919 (0.2%) 2,910 2,884 (94.9%) 2,110 2,080 (0.3%) 2,068	NUTA-1271	大平(1992)
	60	豊栄川西-2					2.9	-2.95	腐植土	3,380 ± 130	-27.0	3,347 ± 139	3,971 (1.0%) 3,940 3,933 (92.6%) 3,324 3,922 (1.8%) 3,252	NUTA-1338	
24	61	おかがた 岡方6-1-2	3.00	新潟市北区太子堂	37 53 15	139 10 5	27.73	-24.73	木片	7,100 ± 160	-25.0	7,100 ± 163	8,300 (1.6%) 8,258 8,213 (93.8%) 7,615	KEEA- 207	鴨井ほか(2006, 2015)
	62	岡方6-2-3					8.95	-5.95	腐植土	4,460 ± 90	-27.0	4,427 ± 102	5,318 (95.4%) 4,835	KEEA- 211	
	63	岡方6-2-4					10.95	-7.95	腐植土	5,270 ± 80	-27.0	5,237 ± 93	6,274 (3.1%) 6,235 6,219 (86.5%) 5,875 5,826 (5.9%) 5,754	KEEA- 212	
25	64	水原町中央-1	8.00	阿賀野市中央町			13.31	-5.31	木片	5,660 ± 140	-25.0	5,660 ± 144	6,831 (0.3%) 6,819 6,798 (95.1%) 6,182	NUTA-2630	大平(1996), 試料採取地点 は不明
	65	水原町中央-2					25.30	-17.30	木片	7,090 ± 220	-25.0	7,090 ± 222	8,365 (95.4%) 7,570	NUTA-2631	
26	66	駒林川14-2-1	5.75	阿賀野市山口	37 50 26	139 12 10	59.55	-53.80	木片	10,200 ± 40	-26.5	10,175 ± 35	12,037 (95.4%) 11,715	IAAA-102952	
27	67	古阿賀10-2-1	7.46	阿賀野市下黒瀬	37 50 11	139 9 47	27.81	-20.35	炭質物の集合	7,880 ± 150	-27.0	7,847 ± 158	9,115 (0.3%) 9,105 9,092 (95.1%) 8,373	KEEA- 486	本報告
28	68	古阿賀10-3-2	11.44	阿賀野市下黒瀬	37 50 10	139 9 46	40.62	-29.18	木片	8,500 ± 100	-25.0	8,500 ± 105	9,740 (94.9%) 9,249 9,168 (0.5%) 9,148	KEEA- 487	
29	69	Ni09-AG(阿賀野川沖)-4.65	-24.98	阿賀野川沖	37 59 20	139 6 28	4.65	-29.63	木片	130 ± 40	-24.2	140 ± 40	283 (43.0%) 168 154 (36.3%) 56 45 (16.1%) 1	Beta-272532	天野ほか(2010,2011)
	70	Ni09-AG(阿賀野川沖)-12.60					12.60	-37.58	木片	320 ± 40	-26.9	290 ± 40	468 (93.5%) 285 166 (1.9%) 155	Beta-272533	
	71	Ni09-AG(阿賀野川沖)-12.65					12.65	-37.63	植物片	200 ± 40	-26.1	180 ± 40	302 (20.1%) 244 231 (47.1%) 131 118 (9.4%) 68 36 (18.7%)...	Beta-272534	
	72	Ni09-AG(阿賀野川沖)-16.10					16.10	-41.08	木片	720 ± 40	-26.1	700 ± 40	701 (69.7%) 630 601 (25.7%) 558	Beta-272535	
	73	Ni09-AG(阿賀野川沖)-21.62					21.62	-46.6	木片	480 ± 40	-26.6	450 ± 40	545 (91.7%) 436 350 (3.7%) 333	Beta-273237	
	74	Ni09-AG(阿賀野川沖)-21.65					21.65	-46.63	木片	1,020 ± 40	-23.7	1,040 ± 40	1,058 (93.5%) 907 848 (1.9%) 832	Beta-272536	
	75	Ni09-AG(阿賀野川沖)-22.86					22.86	-47.84	木片	900 ± 40	-24.2	910 ± 40	920 (95.4%) 741	Beta-272537	
	76	Ni09-AG(阿賀野川沖)-25.10					25.10	-50.08	ウニ	830 ± 40	-1.6	1,210 ± 40	1,263 (93.7%) 1,055 1,022 (1.7%) 1,010	Beta-272538	

付表1 ¹⁴C年代値一覧表

地点番号	試料番号	試料名	標高(m)	試料採取地点	緯度 度 分 秒	経度 度 分 秒	採取深 度(m)	採取標 高(m)	試料の種類	測定値(yrs BP)	δ ¹³ C (‰)	同位体分別補正 年代値(yrs BP)	暦年較正年代(cal BP)	コード番号	文献・その他
29	77	Ni09-AG(阿賀野川沖)-26.58	-24.98	阿賀野川沖	37 59 20	139 6 28	26.58	-51.56	木片	990 ± 40	-26.6	960 ± 40	954 (95.4%) 786	Beta-272539	天野ほか(2010,2011)
	78	Ni09-AG(阿賀野川沖)-28.40					28.40	-53.38	貝殻片	830 ± 40	1.2	1,260 ± 40	1,284 (74.1%) 1,171 1,163 (21.3%) 1,076	Beta-272540	
	79	Ni09-AG(阿賀野川沖)-28.70					28.70	-53.68	木片	1,040 ± 40	-29.1	970 ± 40	955 (95.4%) 791	Beta-272541	
	80	Ni09-AG(阿賀野川沖)-30.44					30.44	-55.42	木片	1,160 ± 40	-26.6	1,130 ± 40	1,174 (95.4%) 960	Beta-272542	
	81	Ni09-AG(阿賀野川沖)-33.75					33.75	-58.73	木片	1,310 ± 40	-26.9	1,280 ± 40	1,294 (87.4%) 1,172 1,160 (4.7%) 1,122 1,112 (3.3%) 1,086	Beta-272543	
	82	Ni09-AG(阿賀野川沖)-34.78					34.78	-59.76	ウニ	1,390 ± 40	-1.3	1,780 ± 40	1,820 (94.6%) 1,602 1,580 (0.8%) 1,573	Beta-272544	
	83	Ni09-AG(阿賀野川沖)-35.15					35.15	-60.13	貝殻片	1,470 ± 40	-0.6	1,870 ± 40	1,892 (95.4%) 1,712	Beta-272545	
	84	Ni09-AG(阿賀野川沖)-37.43					37.43	-62.41	貝殻片	1,650 ± 40	-0.9	2,050 ± 40	2,123 (94.0%) 1,922 1,911 (1.4%) 1,902	Beta-273238	
	85	Ni09-AG(阿賀野川沖)-39.43					39.43	-64.41	木片	1,920 ± 40	-26.3	1,900 ± 40	1,927 (95.4%) 1,728	Beta-272547	
30	86	JR1-6.64	4.00	新潟市東区王瀬新町	37 56 1	139 4 58	6.64	-2.64	木片	910 ± 30	-33.2	770 ± 30	734 (95.4%) 668	IAAA-10334	
31	87	JR2-5.27	4.00	新潟市東区王瀬新町	37 56 3	139 4 56	5.27	-1.27	堆積物	480 ± 30	-24.1	490 ± 30	547 (95.4%) 500	IAAA-10335	
32	88	JR3-4.70	0.50	新潟市東区王瀬新町	37 56 5	139 4 54	4.70	-4.2	木片	160 ± 30	-25.0	160 ± 30	280 (16.7%) 244 231 (47.4%) 125 119 (12.6%) 67 37 (18.6%) …	IAAA-10336	高浜ほか(2002)
33	89	松島3.4m	0.70	新潟市東区山の下町	37 55 55	139 4 16	3.40	-2.7	木片	420 ± 30	-25.0	350 ± 30	492 (41.3%) 420 412 (54.1%) 315	IAAA-10337	
34	90	松島11.75m	0.70	新潟市東区松島町	37 56 1	139 4 57	11.75	-11.1	炭化物	1,460 ± 40	-30.0	1,380 ± 40	1,369 (93.0%) 1,256 1,204 (2.4%) 1,187	IAAA-50461	安井(2005)
	91	松島12.30m					12.30	-11.6	炭化物	1,610 ± 30	-28.7	1,550 ± 40	1,532 (95.4%) 1,357	IAAA-50462	
35	92	SN-1(南中野山)-4	1.00	新潟市東区南中野山	37 53 44	139 6 27	4.40	-3.40	木片		-27.7	2,030 ± 110	2,309 (8.2%) 2,221 2,211 (87.2%) 1,737	IAA-959	卜部(2008)
	93	SN-1(南中野山)-21					21.20	-20.20	植物片	3,920 ± 40	-11.6	4,140 ± 40	4,825 (92.0%) 4,567 4,557 (1.3%) 4,548 4,543 (2.1%) 4,535	IAAA-60087	
	94	SN-1(南中野山)-28					28.74	-27.74	植物片	4,460 ± 40	-25.5	4,450 ± 40	5,288 (92.0%) 5,155 5,145 (1.3%) 4,956 4,935 (2.1%) 4,882	IAAA-60088	
36	95	茗荷谷10-1-1	0.69	新潟市江南区茗荷谷	37 53 3	139 7 29	1.71	-1.02	繊維質腐植土	1,100 ± 60	-27.0	1,067 ± 77	1,179 (85.2%) 892 884 (10.2%) 796	KEEA- 415	本報告
	96	茗荷谷10-1-2					2.77	-2.08	粘土質腐植土	1,890 ± 60	-27.0	1,857 ± 77	1,985 (0.3%) 1,980 1,970 (0.7%) 1,960 1,951 (94.4%) 1,606	KEEA- 416	
	97	茗荷谷10-1-3					21.75	-21.06	木片	5,540 ± 80	-25.0	5,540 ± 86	6,534 (94.8%) 6,180 6,142 (0.6%) 6,127	KEEA- 417	
37	98	亀田U-1	-0.30	亀田郷(新潟市江南区)	37 53 26	139 7 6	6.00	-6.3	腐植土	1,090 ± 90	-27.0	1,057 ± 102	1,232 (1.6%) 1,208 1,184 (93.4%) 759 753 (0.4%) 745	Gak-465	海津(1991), 位置・標高は推定
	99	亀田U-2					6.00	-6.3	腐植土	1,920 ± 90	-27.0	1,887 ± 102	2,060 (95.4%) 1,566	Gak-467	
38	100	亀田U-3		新潟市江南区丸山			3.50		腐植土	3,110 ± 120	-27.0	3,077 ± 129	3,574 (95.4%) 2,928	NUTA-895	
39	101	KM(亀田)-1-16	3.00	新潟市江南区亀田	37 52 22	139 7 31	16.42	-13.42	木片	5,650 ± 50	-27.8	5,600 ± 50	6,478 (95.4%) 6,297	IAAA-60075	卜部(2008)
	102	KM(亀田)-1-32					32.34	-29.34	植物片	6,700 ± 40	-28.5	6,640 ± 50	7,586 (95.4%) 7,436	IAAA-60076	
	103	KM(亀田)-1-38					38.15	-35.15	植物片	8,270 ± 50	-14.7	8,440 ± 50	9,535 (90.0%) 9,399 9,356 (5.4%) 9,317	IAAA-60077	

付表1 ¹⁴C年代値一覧表

地点 番号	試料 番号	試料名	標高 (m)	試料採取地点	緯度 度 分 秒	経度 度 分 秒	採取深 度(m)	採取標 高(m)	試料の種類	測定値(yrs BP)	δ ¹³ C (‰)	同位体分別補正済 年代値(yrs BP)	暦年較正年代 (cal BP)	コード番号	文献・その他	
39	104	KM(亀田)-1-69	3.00	新潟市江南区亀田	37 52 22	139 7 31	69.67	-66.67	木片	10,150 ± 60	-26.7	10,120 ± 60	12,007 (79.5%) 11,589 11,579 (15.9%) 11,404	IAAA-60078	ト部(2008)	
40	105	亀田早通13-1-1	0.12	新潟市江南区亀田早通	37 51 59	139 4 43	5.58	-5.46	木片	2,240 ± 20	-27.9	2,188 ± 24	2,309 (57.9%) 2,221 2,212 (37.5%) 2,130	IAAA-102951	本報告	
	106	亀田早通13-1-2					7.80	-7.68	腐植土	3,060 ± 20	-26.5	3,058 ± 20	3,350 (95.4%) 3,210	PLD-29865		
41	107	亀田早通13-2-1	-0.33		37 51 54	139 4 31	1.50	-1.83	繊維質腐植土	710 ± 20	-26.9	682 ± 23	678 (67.1%) 642 589 (28.3%) 564	IAAA-150375		
42	108	荻川11-3-2	6.69	新潟市秋葉区荻川	37 50 21	139 6 44	9.73	-3.04	粘土質腐植土	3,030 ± 60	-27.0	2,997 ± 77	3,367 (95.4%) 2,963	KEEA- 537		
	109	荻川11-3-3					15.30	-8.61	粘土質腐植土	5,200 ± 70	-27.0	5,167 ± 85	6,182 (95.4%) 5,726	KEEA- 538		
	110	荻川11-3-5					25.72	-19.03	木片	7,270 ± 70	-25.0	7,270 ± 77	8,301 (3.1%) 8,258 8,214 (92.3%) 7,946	KEEA- 539		
43	111	亀鶴橋7-4-1	3.81	新潟市覚路津	37 49 49	139 3 52	11.30	-7.49	腐植土	3,090 ± 80	-27.0	3,057 ± 93	3,455 (95.4%) 2,980	KEEA- 205		鴨井ほか(2002, 2006, 2015)
	112	亀鶴橋7-4-2					18.50	-14.69	木片	5,590 ± 110	-25.0	5,590 ± 115	6,666 (95.0%) 6,180 6,141 (0.4%) 6,128	KEEA- 206		
	113	亀鶴橋7-4-3					24.80	-20.99	ヤマトシジミ	6,340 ± 50	-5.1	6,670 ± 50	7,617 (95.4%) 7,441	Beta-185833		鴨井ほか(2006, 2015)
44	114	祖父興野9-9-1	-0.30	新潟市江南区祖父興野	37 51 58	139 1 51	3.84	-4.14	腐植土	1,620 ± 70	-27.0	1,587 ± 85	1,693 (3.6%) 1,654 1,630 (91.8%) 1,311	KEEA- 348		安井ほか(1998), 鴨井ほか (2002)
	115	祖父興野9-9-2					9.70	-10.00	炭質物	2,770 ± 130	-25.0	2,770 ± 134	3,328 (1.0%) 3,294 3,254 (90.9%) 2,694 2,635 (0.7%) 2,614 2,593 (2.8%) 2,501	KEEA- 349		
	116	祖父興野9-9-3					45.93	-46.23	木片	4,890 ± 70	-25.0	4,890 ± 77	5,887 (6.1%) 5,810 5,762 (89.3%) 5,467	KEEA- 350		
	117	祖父興野9-9-4					75.83	-76.13	カキ殻	9,050 ± 90	1.0	9,473 ± 91	11,121 (0.2%) 11,118 11,108 (95.2%) 10,510	KEEA- 351		
	118	祖父興野9-9-5					97.70	-98.00	木片	10,000 ± 200	-25.0	10,000 ± 203	12,390 (94.1%) 11,075 10,945 (1.3%) 10,874	KEEA- 352		
	119	祖父興野9-9-6					117.30	-117.60	木片	11,900 ± 200	-25.0	11,900 ± 203	14,348 (95.4%) 13,282	KEEA- 353		
	120	祖父興野9-9-7					129.45	-129.75	炭化木片	13,100 ± 200	-25.0	13,100 ± 203	16,275 (95.4%) 15,131	KEEA- 354		
	121	祖父興野9-9-8					146.77	-147.07	腐植土	21,700 ± 300	-27.0	21,667 ± 304	26,633 (95.4%) 25,331	KEEA- 355		
	122	祖父興野9-9-9					148.58	-148.88	腐植土	25,600 ± 600	-27.0	25,567 ± 602	30,948 (95.4%) 28,599	KEEA- 364		
	45	123					天野26-1-1	-0.28	新潟市江南区天野	37 50 51	139 1 56	5.71	-5.99	腐植土	880 ± 20	
124		天野26-1-2	8.51	-8.79	腐植土	3,070 ± 20	-26.8					3,044 ± 25	3,344 (36.6%) 3,282 3,276 (58.8%) 3,171	IAAA-150179		
125		天野26-4-3	4.25		37 50 43	139 1 52	15.80	-16.08	ヤマトシジミ	3,340 ± 20	-11.8	3,552 ± 26	3,920 (74.3%) 3,817 3,797 (21.1%) 3,724	IAAA-150374		
46	126	GS-NIF(入船町)-6.45	1.42	新潟市中央区入船町	37 56 34	139 3 40	6.45	-5.03	植物片		-28.6	420 ± 50	535 (70.5%) 424 395 (24.9%) 317	KGM- OTg090209	Tanabe <i>et al.</i> (2013)	
	127	GS-NIF(入船町)-9.17					9.17	-7.75	葉		-30.1	250 ± 50	468 (64.5%) 260 221 (23.5%) 140 25 (7.4%) ...	KGM- OTg090216		
	128	GS-NIF(入船町)-17.74					17.74	-16.32	植物片		-26.3	510 ± 50	645 (23.7%) 586 566 (71.7%) 487	KGM- OTg090210		
	129	GS-NIF(入船町)-26.24					26.24	-24.82	植物片		-27.8	1,320 ± 50	1,336 (93.4%) 1,173 1,159 (0.9%) 1,147 1,108 (1.1%) 1,091	KGM- OTg090211		
	130	GS-NIF(入船町)-35.37					35.37	-33.95	植物片		-24.5	1,570 ± 50	1,556 (95.4%) 1,355	KGM- OTg090212		
	131	GS-NIF(入船町)-46.16					46.16	-44.74	植物片		-27.4	2,010 ± 60	2,124 (92.9%) 1,860 1,851 (2.5%) 1,827	KGM- OTg090213		

付表1 ¹⁴C年代値一覧表

地点 番号	試料 番号	試料名	標高 (m)	試料採取地点	緯度 度 分 秒	経度 度 分 秒	採取深 度(m)	採取標 高(m)	試料の種類	測定値(yrs BP)	δ ¹³ C (‰)	同位体分別補正済 年代値 (yrs BP)	暦年較正年代 (cal BP)	コード番号	文献・その他
46	132	GS-NIF(入船町)-52.22		新潟市中央区入船町	37 56 34	139 3 40	52.22	-50.8	植物片		-27.6	2,240 ± 50	2,348 (95.4%) 2,146	KGM- OTg090214	Tanabe <i>et al.</i> (2013)
	133	GS-NIF(入船町)-67.35					67.35	-65.93	木片		-28.5	3,460 ± 60	3,872 (95.4%) 3,579	KGM- OTg090215	
	134	GS-NIF(入船町)-89.70					89.70	-88.28	木片		-27.7	8,830 ± 90	10,185 (95.4%) 9,606	KGM- OTg090217	宮地ほか(2011a), Tanabe <i>et al.</i> (2013)
	135	GS-NIF(入船町)-95.72					95.72	-94.3	植物片		-23.9	8,900 ± 100	10,236 (95.4%) 9,681	KGM- OTg090278	
	136	GS-NIF(入船町)-96.10					96.10	-94.68	木片		-22.8	8,540 ± 80	9,702 (94.7%) 9,402 9,344 (0.7%) 9,327	KGM- OTg090279	
	137	GS-NIF(入船町)-98.44					98.44	-97.02	植物片		-27.1	9,530 ± 90	11,160 (91.2%) 10,641 10,635 (4.2%) 10,588	KGM- OTg090280	
	138	GS-NIF(入船町)-99.50					99.50	-98.08	木片		/	8,880 ± 90	10,222 (95.4%) 9,686	KGM- OTg090281	
	139	GS-NIF(入船町)-100.55					100.55	-99.13	植物片		-21.7	11,170 ± 110	13,256 (95.4%) 12,782	KGM- OTg090282	
	140	GS-NIF(入船町)-101.05					101.05	-99.63	植物片		-18.1	10,940 ± 120	13,065 (95.4%) 12,687	KGM- OTg090283	
	141	GS-NIF(入船町)-101.63					101.63	-100.2	木片		-27.3	12,560 ± 110	15,212 (95.4%) 14,265	KGM- OTg090284	
	142	GS-NIF(入船町)-103.50					103.50	-102.1	木片		/	10,230 ± 90	12,392 (94.8%) 11,607 11,523 (0.6%) 11,504	KGM- OTg090285	
	143	GS-NIF(入船町)-104.30					104.30	-102.9	植物片		-27.3	11,070 ± 100	13,095 (95.4%) 12,733	KGM- OTg090286	
	144	GS-NIF(入船町)-104.73					104.73	-103.3	植物片		-26.9	11,530 ± 100	13,559 (95.4%) 13,161	KGM- OTg090287	
	145	GS-NIF(入船町)-105.90					105.90	-104.5	植物片		-18.4	11,150 ± 140	13,264 (95.4%) 12,736	KGM- OTg100038	
	146	GS-NIF(入船町)-107.90					107.90	-106.5	植物片		-30.1	11,220 ± 90	13,274 (95.4%) 12,852	KGM- OTg090290	
	147	GS-NIF(入船町)-110.79					110.79	-109.4	植物片		-28.9	11,940 ± 130	14,091 (95.4%) 13,484	KGM- OTg090292	
	148	GS-NIF(入船町)-111.80					111.80	-110.4	植物片		/	12,110 ± 100	14,258 (95.4%) 13,736	KGM- OTg090293	
	149	GS-NIF(入船町)-112.22					112.22	-110.80	木片		-29.3	11,000 ± 80	13,040 (95.4%) 12,725	KGM- OTg090294	
	150	GS-NIF(入船町)-113.04					113.04	-111.6	植物片		-29.9	10,760 ± 90	12,821 (95.4%) 12,541	KGM- OTg090295	
	151	GS-NIF(入船町)-114.30					114.30	-112.9	木片		/	10,720 ± 80	12,754 (95.4%) 12,533	KGM- OTg090296	
152	GS-NIF(入船町)-115.20	115.20	-113.8	木片		/	10,870 ± 100	13,009 (95.4%) 12,640	KGM- OTg090297						
153	GS-NIF(入船町)-116.62	116.62	-115.20	植物片		-26.4	12,770 ± 90	15,585 (95.4%) 14,894	KGM- OTg090298						
154	GS-NIF(入船町)-117.50	117.50	-116.1	植物片		/		15,549 (95.4%) 14,475	KGM- OTg090299						
155	GS-NIF(入船町)-118.11	118.11	-116.7	木片		-29.7	12,070 ± 90	14,156 (95.4%) 13,736	KGM- OTg090300						
156	GS-NIF(入船町)-119.75	119.75	-118.3	植物片		-28.8	11,490 ± 100	13,538 (0.9%) 13,521 13,493 (94.5%) 13,119	KGM- OTg090301						
157	GS-NIF(入船町)-120.30	120.30	-118.9	植物片		/	10,920 ± 110	13,047 (95.4%) 12,683	KGM- OTg100039						

付表1 ¹⁴C年代値一覧表

地点番号	試料番号	試料名	標高(m)	試料採取地点	緯度 度 分 秒	経度 度 分 秒	採取深 度(m)	採取標 高(m)	試料の種類	測定値(yrs BP)	δ ¹³ C (‰)	同位体分別補正済 年代値(yrs BP)	暦年較正年代(cal BP)	コード番号	文献・その他
46	158	GS-NIF(入船町)-122.80	1.42	新潟市中央区入船町	37 56 34	139 3 40	122.80	-121.4	植物片		-23.4	12,850 ± 100	15,715 (95.4%) 15,065	KGM-OTg090302	宮地ほか(2011a), Tanabe et al.(2013)
	159	GS-NIF(入船町)-123.57					123.57	-122.2	植物片		-25.2	11,440 ± 90	13,450 (95.4%) 13,109	KGM-OTg090303	
	160	GS-NIF(入船町)-124.80					124.80	-123.4	植物片			13,680 ± 130	16,960 (95.4%) 16,150	KGM-OTg090304	
	161	GS-NIF(入船町)-125.63					125.63	-124.2	植物片		-27.9	12,390 ± 100	14,986 (95.4%) 14,098	KGM-OTg090201	
	162	GS-NIF(入船町)-126.61					126.61	-125.2	植物片		-28.9	12,590 ± 90	15,236 (95.4%) 14,381	KGM-OTg090202	
	163	GS-NIF(入船町)-128.71					128.71	-127.3	木片		-24.1	12,750 ± 110	15,605 (95.4%) 14,742	KGM-OTg090203	
	164	GS-NIF(入船町)-129.85					129.85	-128.4	植物片		-25.2	12,600 ± 80	15,238 (95.4%) 14,462	KGM-OTg090204	
	165	GS-NIF(入船町)-135.90					135.90	-134.5	木片		-26.5	14,000 ± 100	17,359 (95.4%) 16,625	KGM-OTg090205	
	166	GS-NIF(入船町)-137.39					137.39	-136	木片		-28.7	25,120 ± 220	29,693 (95.4%) 28,678	KGM-OTg090206	
	167	GS-NIF(入船町)-141.91					141.91	-140.5	木片		-28.0	30,040 ± 350	34,741 (95.4%) 33,593	KGM-OTg090207	
	168	GS-NIF(入船町)-142.55					142.55	-141.1	植物片		-28.0	25,480 ± 300	30,475 (95.4%) 28,898	KGM-OTg100040	
	169	GS-NIF(入船町)-143.26	143.26	-141.8	木片		-26.2	33,160 ± 410	38,455 (95.4%) 36,338	KGM-OTg090208					
47	170	東堀8-1-1	0.25	新潟市中央区東堀前通	37 55 33	139 2 50	13.30	-13.05	腐植土	1,480 ± 70	-27.0	1,447 ± 85	1,535 (93.6%) 1,238 1,206 (1.8%) 1,186	KEEA- 202	鴨井ほか(2002, 2015)
48	171	NEXT21 1-1	0.77	新潟市中央区西堀通	37 55 21	139 2 37	122.00	-121.2	炭化物	12,570 ± 200	-25.0	12,570 ± 203	15,516 (95.4%) 14,085	不明	安藤(1994)
49	172	西堀40.95	0.50	新潟市中央区西堀通	37 55 21	139 2 32	40.95	-40.45	植物片	2,560 ± 40	-26.6	2,530 ± 40	2,749 (95.4%) 2,489	Beta-275807	本報告
	173	西堀53.65					53.65	-53.15	貝殻	2,980 ± 40	-1.0	3,370 ± 40	3,701 (86.8%) 3548 3,536 (8.6%) 3,482	Beta-275808	
	174	西堀64.35					64.35	-63.85	木片	3,780 ± 40	-26.7	3,750 ± 40	4,235 (95.4%) 3,984	Beta-275809	
	175	西堀75.45					75.45	-74.95	木片	4,440 ± 40	-26.3	4,420 ± 40	5,277 (19.6%) 5,168 5,125 (2.1%) 5,108 5,070 (73.7%) 4,867	Beta-275810	
	176	西堀86.85					86.85	-86.35	貝殻	5,310 ± 40	-1.3	5,700 ± 40	6,628 (7.0%) 6,585 6,569 (88.4%) 6,405	Beta-275811	
	177	西堀94.75					94.75	-94.25	貝殻	8,810 ± 50	-1.6	9,190 ± 50	10,496 (10.6%) 10,450 10,445 (84.8%) 10,242	Beta-275812	
	178	西堀104.85					104.85	-104.4	木片	10,180 ± 50	-27.8	10,130 ± 50	12,024 (88.8%) 11,598 11,554 (5.0%) 11,475 11,436 (1.5%) 11,409	Beta-275813	
	179	西堀108.73					108.73	-108.2	貝殻	10,360 ± 50	0.1	10,770 ± 50	12,751 (95.4%) 12,631	Beta-275814	
	180	西堀118.80					118.80	-118.30	木片	11,390 ± 50	-27.2	11,350 ± 50	13,292 (95.4%) 13,091	Beta-275815	
	181	西堀123.20					123.20	-122.70	炭質物	11,660 ± 50	-25.9	11,650 ± 50	13,580 (95.4%) 13,380	Beta-275816	
	182	西堀128.80					128.80	-128.30	植物片	12,360 ± 50	-28.2	12,310 ± 50	14,627 (95.4%) 14,068	Beta-275817	
	183	西堀131.95					131.95	-131.5	木片	12,510 ± 50	-27.6	12,470 ± 50	15,005 (95.4%) 14,266	Beta-275818	
	184	西堀136.80					136.80	-136.30	木片	12,880 ± 50	-27.0	12,850 ± 50	15,568 (95.4%) 15,150	Beta-275819	
	185	西堀153.15					153.15	-152.7	腐植土	23,300 ± 140	-29.0	23,230 ± 140	27,729 (95.4%) 27,254	Beta-275820	

付表1 ¹⁴C年代値一覧表

地点番号	試料番号	試料名	標高(m)	試料採取地点	緯度 度 分 秒	経度 度 分 秒	採取深度(m)	採取標高(m)	試料の種類	測定値(yrs BP)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	同位体分別補正済年代値(yrs BP)	暦年較正年代(cal BP)	コード番号	文献・その他
50	186	万代島7-1-1	2.34	新潟市中央区万代島	37 55 34	139 3 35	35.75	-33.41	炭質物	2,670 ± 220	-25.0	2,670 ± 222	3,367 (94.8%) 2,306 2,230 (0.5%) 2,206 2,192 (0.1%) 2,186	KEEA- 365	鴨井ほか(2002)
	187	万代島7-1-2					46.73	-44.39	木片	3,440 ± 280	-25.0	3,440 ± 282	4,516 (0.8%) 4,471 4,447 (94.6%) 3,005	KEEA- 366	
	188	万代島7-1-8					52.90	-50.56	炭質物	3,130 ± 50	-27.6	3,090 ± 50	3,438 (0.4%) 3,434 3,401 (95.0%) 3,169	Beta-162181	本報告
	189	万代島7-1-3					99.80	-97.46	腐植土	10,500 ± 220	-27.0	10,467 ± 225	12,762 (93.5%) 11,599 11,554 (1.4%) 11,475 11,437 (0.5%) 11,409	KEEA- 367	鴨井ほか(2002)
	190	万代島7-1-4					108.80	-106.5	炭化木片	11,700 ± 300	-25.0	11,700 ± 302	14,495 (95.4%) 12,897	KEEA- 368	
	191	万代島7-1-5					119.80	-117.5	炭化木片	12,900 ± 300	-25.0	12,900 ± 302	16,255 (95.4%) 14,236	KEEA- 369	
	192	万代島7-1-6					127.20	-124.9	木片	12,500 ± 200	-25.0	12,500 ± 203	15,375 (95.4%) 13,994	KEEA- 370	
	193	万代島7-1-7					149.38	-147	腐植土	33,000 ± 1,000	-27.0	32,967 ± 1,001	39,755 (95.4%) 35,064	KEEA- 371	
51	194	県庁55-3-1	3.65	新潟市中央区新光町	37 54 9	139 1 24	150.25	-146.60	炭質物	18,500 ± 70	-27.5	18,460 ± 70	22,520 (95.4%) 22,116	Beta-155053	鴨井ほか(2002)
	195	県庁55-3-2					160.25	-156.60	腐植土	28,190 ± 280	-27.7	28,140 ± 280	32,843 (95.4%) 31,351	Beta-156132	
52	196	女池上山19-5-1	-1.35	新潟市中央区女池上山	37 53 32	139 1 43	1.53	-2.88	腐植土	910 ± 30	-25.2	903 ± 25	911 (95.4%) 744	IAAA-102955	本報告
	197	女池上山19-5-2					2.88	-4.23	腐植土	2,190 ± 30	-28.0	2,143 ± 28	2,302 (21.9%) 2,245 2,178 (1.5%) 2,169 2,162 (70.7%) 2,040 2,020 (1.3%) 2,010	IAAA-102956	鴨井ほか(2015)
53	198	女池上山19-6-2	-1.21	新潟市中央区女池上山	37 53 40	139 1 40	16.79	-18.00	腐植土	3,160 ± 30	-27.7	3,111 ± 29	3,386 (95.4%) 3,240	IAAA-102957	本報告
54	199	上沼橋9-1-1	-1.46	新潟市江南区太右工門新田	37 52 48	139 2 18	1.95	-3.41	繊維質腐植土	1,710 ± 70	-27.0	1,677 ± 85	1,812 (95.4%) 1,398	KEEA- 333	鴨井ほか(2002, 2015)
	200	上沼橋9-1-2					4.83	-6.29	粘土質腐植土	2,900 ± 70	-27.0	2,867 ± 85	3,218 (95.4%) 2,784	KEEA- 334	
55	201	親松7.26	0.78	新潟市江南区太右工門新田	37 52 29	139 1 30	7.26	-6.48	腐植土	2,490 ± 40	-29.6	2,410 ± 40	2,700 (15.8%) 2,632 2,617 (5.5%) 2,587 2,571 (0.3%) 2,567 2,540 (73.8%) 2,347	Beta-275821	本報告
	202	親松9-1-2					19.90	-19.12	炭質物	4,430 ± 100	-25.0	4,430 ± 105	5,435 (0.5%) 5,423 5,321 (94.9%) 4,833	KEEA- 418	鴨井ほか(2002)
	203	親松23.85					23.85	-23.07	木片	3,610 ± 40	-26.5	3,590 ± 40	4,066 (1.7%) 4,047 3,988 (88.9%) 3,823 3,793 (2.9%) 2,765 3,748 (1.9%) 2,728	Beta-275822	本報告
	204	親松43.75					43.75	-42.97	植物片	4,440 ± 40	-25.5	4,430 ± 40	5,280 (26.1%) 5,163 5,135 (4.4%) 5,105 5,077 (64.9%) 4,871	Beta-275823	鴨井ほか(2002)
	205	親松9-1-3					47.99	-47.21	木片	4,850 ± 160	-25.0	4,850 ± 163	5,986 (0.4%) 5,969 5,945 (92.6%) 5,274 5,181 (1.4%) 5,122 5,110 (1.1%) 5,067	KEEA- 436	
	206	親松48.00					48.00	-47.22	木片	4,660 ± 40	-27.0	4,630 ± 40	5,569 (0.7%) 5,560 5,471 (94.7%) 5,291	Beta-275824	本報告
	207	親松71.18					71.18	-70.40	腐植土	9,750 ± 50	-27.4	9,710 ± 50	11,238 (80.1%) 11,070 10,952 (13.7%) 10,867 10,841 (1.6%) 10,811	Beta-275825	
	208	親松73.04					73.04	-72.26	木片	8,640 ± 50	-25.7	8,630 ± 50	9,703 (95.4%) 9,523	Beta-275826	

付表1 ¹⁴C年代値一覧表

地点 番号	試料 番号	試料名	標高 (m)	試料採取地点	緯度 度 分 秒	経度 度 分 秒	採取深 度(m)	採取標 高(m)	試料の種類	測定値(yrs BP)	δ ¹³ C (‰)	同位体分別補正済 年代値 (yrs BP)	暦年較正年代 (cal BP)	コード番号	文献・その他
55	209	親松76.00	0.78	新潟市江南区太右工 門新田	37 52 29	139 1 30	76.00	-75.22	炭質物	9,210 ± 50	-27.3	9,170 ± 50	10,490 (6.3%) 10,456 10,439 (89.1%) 10,233	Beta-275827	本報告
	210	親松77.35					77.35	-76.57	腐植土	9,170 ± 50	-28.9	9,110 ± 50	10,408 (95.4%) 10,195	Beta-275828	
	211	親松78.65					78.65	-77.87	腐植土	8,970 ± 50	-28.0	8,920 ± 50	10,218 (95.4%) 9,890	Beta-275829	
	212	親松80.70					80.70	-79.92	腐植土	8,860 ± 50	-25.5	8,850 ± 50	10,168 (95.0%) 9,736 9,715 (0.4%) 9,710	Beta-275830	
	213	親松82.20					82.20	-81.42	木片	10,230 ± 50	-28.2	10,180 ± 50	12,075 (92.4%) 11,697 11,673 (3.0%) 11,628	Beta-275831	
	214	親松100.55					100.55	-99.77	植物片	10,380 ± 60	-29.1	10,310 ± 60	12,399 (91.5%) 11,936 11,886 (3.9%) 11,833	Beta-275832	
	215	親松105.78					105.78	-105.00	炭質物	11,100 ± 60	-27.2	11,060 ± 60	13,070 (95.4%) 12,775	Beta-275833	
	216	親松119.83					119.83	-119.1	木片	12,260 ± 60	-25.7	12,250 ± 60	14,495 (95.4%) 13,967	Beta-275834	
	217	親松123.00					123.00	-122.2	植物片	12,060 ± 60	-27.5	12,020 ± 60	14,050 (95.4%) 13,741	Beta-275835	
	218	親松132.50					132.50	-131.7	植物片	13,070 ± 50	-33.9	12,920 ± 50	15,667 (95.4%) 15,231	Beta-275836	
56	219	新潟中央LC.- 1	-0.18	新潟市中央区鐘木	37 52 18	139 2 30	8.41	-8.59	腐植物片	3,160 ± 90	-25.0	3,160 ± 96	3,611 (94.9%) 3,142 3,092 (0.5%) 3,081	Gak-15056	安藤(1994), 鴨井ほか (2015)
	220	新潟中央LC.- 2					13.30	-13.48	腐植土	4,650 ± 210	-27.0	4,617 ± 215	5,890 (1.7%) 5,806 5,767 (93.3%) 4,820 4,750 (0.4%) 4,729	Gak-14993	
	221	新潟中央LC.- 3					52.39	-52.57	腐植土	9,000 ± 230	-27.0	8,967 ± 235	10,686 (95.4%) 9,527	Gak-14994	安藤(1994)
	222	新潟中央LC.- 4					127.9	-128.08	腐植土	13,090 ± 200	-25.0	13,090 ± 203	16,267 (95.4%) 15,122	Gak-14995	
57	223	坂井輪井K-1 18m	6.96	新潟市西区緑ヶ丘	37 52 31	138 58 18	18.25	-11.29	腐植土	1,470 ± 105	-25.0	1,437 ± 116	1,594 (0.4%) 1,585 1,570 (91.2%) 1,171 1,162 (3.8%) 1,078	不明	小林ほか(1976)
	224	坂井輪井K-1 109m					116.25	-109.29	腐植土	8,020 ± 115	-25.0	7,987 ± 125	9,251 (3.2%) 9,167 9,147 (92.2%) 8,543		
	225	坂井輪井K-1 119m					126.25	-119.29	腐植土	10,200 ± 160	-25.0	10,167 ± 167	12,404 (95.4%) 11,263		
	226	坂井輪井K-1 139m					146.25	-139.29	腐植土	11,000 ± 180	-25.0	10,967 ± 186	13,213 (95.4%) 12,566		
58	227	坂井輪12-4-1	-1.44	新潟市西区寺尾東	37 52 36	138 58 35	8.30	-9.74	腐植土	1,980 ± 50	-28.9	1,920 ± 50	1,987 (4.1%) 1,958 1,953 (91.3%) 1,732	Beta-154180	鴨井ほか(2006, 2015)
59	228	寺地10-2-1	-0.45	新潟市西区寺地	37 52 12	139 0 19	6.93	-7.38	砂質腐植土	2,730 ± 80	-27.0	2,697 ± 93	3,065 (90.2%) 2,694 2,635 (1.1%) 2,614 2,593 (4.1%) 2,501	KEEA- 398	鴨井ほか(2002, 2015)
60	229	北場8-3-1	-0.63	新潟市西区北場	37 51 21	138 59 56	3.90	-4.53	繊維質腐植土	1,980 ± 70	-27.0	1,947 ± 85	2,122 (95.4%) 1,703	KEEA- 335	鴨井ほか(2002)
	230	北場8-3-2					8.65	-9.28	粘土質腐植土	3,090 ± 70	-27.0	3,057 ± 85	3,448 (95.4%) 3,005	KEEA- 336	
61	231	西川下水7-2-2	-0.67	新潟市西区笠木	37 50 33	138 57 9	7.70	-8.37	粘土質腐植土	2,820 ± 80	-27.0	2,787 ± 93	3,156 (0.4%) 3,151 3,145 (5.0%) 3,089 3,084 (90.0%) 2,749	KEEA- 419	本報告
	232	西川下水7-2-3					13.93	-14.60	木片, 葉	3,090 ± 150	-25.0	3,090 ± 153	3,637 (95.4%) 2,880	KEEA- 420	
	233	西川下水7-2-4					25.75	-26.42	木片	4,810 ± 70	-25.0	4,810 ± 77	5,710 (1.4%) 5,690 5,680 (0.3%) 5,675 5,664 (78.4%) 5,441 5,418 (15.2%) 5,323	KEEA- 421	
62	234	NU(新潟大学)-1	5.30	新潟市西区五十嵐2 の町	37 52 15	138 56 25	24.16	-18.86	木片	2,500 ± 40	-20.2	2,420 ± 40	2,700 (18.2%) 2,631 2,618 (6.8%) 2,585 2,575 (1.2%) 2,563 2,541 (69.2%) 2,350	IAAA-40308	卜部ほか(2006b)

付表1 ¹⁴C年代値一覧表

地点番号	試料番号	試料名	標高(m)	試料採取地点	緯度 度 分 秒	経度 度 分 秒	採取深度(m)	採取標高(m)	試料の種類	測定値(yrs BP)	δ ¹³ C (‰)	同位体分別補正年代値(yrs BP)	暦年較正年代(cal BP)	コード番号	文献・その他
62	235	NU(新潟大学)-2	5.30	新潟市西区五十嵐2の町	37 52 15	138 56 25	43.18	-37.88	腐植土質シルト	4,050 ± 40	-28.5	3,990 ± 40	4,570 (92.0%) 4,399 4,369 (1.3%) 4,354 4,327 (2.1%) 4,299	IAAA-40310	ト部ほか(2006b)
	236	NU(新潟大学)-3					62.60	-57.30	植物片	5,160 ± 40	-28.6	5,100 ± 40	5,922 (95.4%) 5,746	IAAA-40311	
63	237	新川14-1-1	-2.14	新潟市西区五十嵐2の町	37 51 32	138 56 1	13.83	-15.97	炭化物	2,720 ± 30	-26.5	2,700 ± 27	2,851 (95.4%) 2,757	IAAA-102953	本報告
	238	新川14-1-2					19.90	-22.04	貝殻	2,890 ± 30	2.0	3,327 ± 28	3,634 (95.4%) 3,478	IAAA-102954	
64	239	GS-NIK(水産海洋研究所)-2.2	8.56	新潟市西区五十嵐3の町	37 51 35	138 54 36	2.2	6.36	木片		-26.0	1,640 ± 50	1,693 (4.2%) 1,666 1,660 (0.4%) 1,655 1,629 (90.8%) 1,407	KGM-OTg100001	宮地ほか(2010)
	240	GS-NIK(水産海洋研究所)-21.7					21.7	-13.14	貝殻片		-2.4	2,170 ± 40	2,313 (95.4%) 2,055	Beta-270511	
	241	GS-NIK(水産海洋研究所)-34.18					34.18	-25.62	木片		-21.6	2,550 ± 60	2,770 (95.1%) 2,431 2,389 (0.3%) 2,384	KGM-OTg100002	
	242	GS-NIK(水産海洋研究所)-39.83					39.83	-31.27	木片		-27.4	2,820 ± 40	3,060 (94.2%) 2,843 2,816 (1.2%) 2,804	Beta-270510	
	243	GS-NIK(水産海洋研究所)-41.73					41.73	-33.17	貝殻片		0.7	3,370 ± 40	3,701 (86.8%) 3,548 3,536 (8.6%) 3,482	Beta-270517	
	244	GS-NIK(水産海洋研究所)-49.99					49.99	-41.43	木片		-24.3	4,060 ± 70	4,821 (95.4%) 4,416	KGM-OTg100003	
	245	GS-NIK(水産海洋研究所)-50.4					50.4	-41.84	木片		-24.8	3,370 ± 90	3,841 (93.3%) 3,441 3,432 (2.1%) 3,402	KGM-OTg100004	
	246	GS-NIK(水産海洋研究所)-51.26					51.26	-42.70	木片		-28.8	3,920 ± 40	4,510 (3.2%) 4,485 4,441 (92.2%) 4,239	Beta-270512	
	247	GS-NIK(水産海洋研究所)-52.79					52.79	-44.23	木片		-25.7	4,100 ± 40	4,820 (21.8%) 4,750 4,729 (70.2%) 4,516 4,471 (3.4%) 4,446	Beta-270513	
	248	GS-NIK(水産海洋研究所)-54.69					54.69	-46.13	木片		-28.6	4,760 ± 40	5,590 (81.8%) 5,450 5,378 (13.6%) 5,329	Beta-270518	
	249	GS-NIK(水産海洋研究所)-58.32					58.32	-49.76	木片		-25.6	5,370 ± 70	6,295 (95.1%) 5,990 5,958 (0.3%) 5,955	KGM-OTg100005	
	250	GS-NIK(水産海洋研究所)-65.58					65.58	-57.02	植物片		-26.5	5,540 ± 80	6,496 (95.4%) 6,186	KGM-OTg100007	
	251	GS-NIK(水産海洋研究所)-69.27					69.27	-60.71	木片		-28.2	6,470 ± 50	7,463 (95.4%) 7,276	Beta-270514	
	252	GS-NIK(水産海洋研究所)-76.29					76.29	-67.73	木片		-26.2	8,980 ± 80	10,266 (92.3%) 9,884 9,878 (0.6%) 9,863 9,849 (2.5%) 9,786	KGM-OTg100008	
	253	GS-NIK(水産海洋研究所)-77.13					77.13	-68.57	貝殻片		-5.5	9,490 ± 60	11,083 (29.0%) 10,926 10,883 (66.4%) 10,580	Beta-270516	
	254	GS-NIK(水産海洋研究所)-88.44					88.44	-79.88	植物片		-26.6	10,010 ± 90	11,940 (2.5%) 11,883 11,830 (92.9%) 11,240	KGM-OTg100010	
	255	GS-NIK(水産海洋研究所)-93.44					93.44	-84.88	木片		-26.6	10,380 ± 100	12,565 (93.3%) 11,936 11,885 (2.1%) 11,832	KGM-OTg100012	
	256	GS-NIK(水産海洋研究所)-99.18					99.18	-90.62	植物片		-27.1	10,740 ± 120	12,908 (95.4%) 12,405	KGM-OTg100014	
257	GS-NIK(水産海洋研究所)-103.5	103.5	-94.94	木片		-26.7	11,050 ± 120	13,108 (95.4%) 12,715	KGM-OTg100016						
258	GS-NIK(水産海洋研究所)-104.49	104.49	-95.93	木片		-28.3	10,740 ± 100	12,818 (92.5%) 12,520 12,480 (2.9%) 12,428	KGM-OTg100018						
259	GS-NIK(水産海洋研究所)-109.82	109.82	-101.3	木片		-24.8	11,060 ± 100	13,088 (95.4%) 12,731	KGM-OTg100021						
260	GS-NIK(水産海洋研究所)-112.62	112.62	-104.6	木片		-29.5	11,300 ± 100	13,385 (95.4%) 12,983	KGM-OTg100023						

付表1 ¹⁴C年代値一覧表

地点番号	試料番号	試料名	標高(m)	試料採取地点	緯度 度 分 秒	経度 度 分 秒	採取深度(m)	採取標高(m)	試料の種類	測定値(yrs BP)	δ ¹³ C (‰)	同位体分別補正済年代値(yrs BP)	暦年較正年代(cal BP)	コード番号	文献・その他
64	261	GS-NIK(水産海洋研究所)-118.51	8.56	新潟市西区五十嵐3の町	37 51 35	138 54 36	118.51	-110	植物片		-24.3	11,800 ± 100	13,837 (95.4%) 13,422	KGM-OTg100025	宮地ほか(2010)
	262	GS-NIK(水産海洋研究所)-124.49					124.49	-115.9	木片		-28.5	12,390 ± 90	14,955 (95.4%) 14,108	KGM-OTg100027	
	263	GS-NIK(水産海洋研究所)-131.38					131.38	-122.8	植物片		-27.0	12,640 ± 100	15,327 (95.4%) 14,438	KGM-OTg100029	
	264	GS-NIK(水産海洋研究所)-139.17					139.17	-130.6	木片		-28.4	11,980 ± 130	14,153 (95.1%) 13,545 13,505 (0.3%) 13,495	KGM-OTg100031	
	265	GS-NIK(水産海洋研究所)-141.45					141.45	-132.9	木片		-25.0	12,050 ± 140	14,362 (95.4%) 13,551	KGM-OTg100032	
	266	GS-NIK(水産海洋研究所)-142.08					142.08	-133.5	木片		-25.9	13,490 ± 150	16,736 (95.4%) 15,810	KGM-OTg100033	
	267	GS-NIK(水産海洋研究所)-151.36					151.36	-142.8	木片		-26.1	13,730 ± 60	16,860 (95.4%) 16,325	Beta-270515	
	268	GS-NIK(水産海洋研究所)-153.62					153.62	-145.1	木片		-25.8	24,940 ± 320	29,789 (95.4%) 28,307	KGM-OTg100035	
	269	GS-NIK(水産海洋研究所)-154.82					154.82	-146.3	木片		-27.6	30,510 ± 510	35,547 (95.4%) 33,714	KGM-OTg100036	
65	270	Ni09-YT(四ツ郷屋沖)-4.10	-25.35	四ツ郷屋沖	37 52 9	138 52 49	4.10	-29.45	木片	400 ± 40	-26.5	380 ± 40	510 (55.2%) 420 411 (40.2%) 315	Beta-271150	天野ほか(2010, 2011)
	271	Ni09-YT(四ツ郷屋沖)-4.35					4.35	-29.70	貝殻片	310 ± 40	0.6	730 ± 40	733 (89.2%) 646 586 (6.2%) 566	Bata-272581	
	272	Ni09-YT(四ツ郷屋沖)-6.29					6.29	-31.64	貝殻片	1,460 ± 40	1.7	1,900 ± 40	1,927 (95.4%) 1,728	Bata-272582	
	273	Ni09-YT(四ツ郷屋沖)-6.66					6.66	-32.01	貝殻片	950 ± 40	0.0	1,360 ± 40	1,344 (87.3%) 1,234 1,208 (8.1%) 1,184	Bata-272583	
	274	Ni09-YT(四ツ郷屋沖)-9.32					9.32	-34.67	植物片	1,610 ± 40	-26.5	1,590 ± 40	1,560 (95.4%) 1,390	Beta-271151	
	275	Ni09-YT(四ツ郷屋沖)-9.61					9.61	-34.96	ウニ	1,620 ± 40	0.0	2,030 ± 40	2,113 (7.5%) 2,077 2,070 (87.9%) 1,894	Beta-271152	
	276	Ni09-YT(四ツ郷屋沖)-10.64					10.64	-35.99	木片	2,000 ± 40	-25.0	2,000 ± 40	2,060 (95.4%) 1,867	Beta-271153	
	277	Ni09-YT(四ツ郷屋沖)-11.11					11.11	-36.46	貝殻片	2,070 ± 40	1.0	2,500 ± 40	2,742 (95.4%) 2,435	Bata-272584	
	278	Ni09-YT(四ツ郷屋沖)-12.74					12.74	-38.09	木片	4,480 ± 40	-26.6	4,450 ± 40	5,288 (39.0%) 5,155 5,145 (50.7%) 4,956 4,935 (5.7%) 4,882	Beta-271154	
	279	Ni09-YT(四ツ郷屋沖)-13.14					13.14	-38.49	貝殻片	2,400 ± 40	-0.1	2,810 ± 40	3,022 (0.7%) 3,015 3,006 (94.7%) 2,792	Bata-272585	
	280	Ni09-YT(四ツ郷屋沖)-14.35					14.35	-39.70	貝殻片	3,960 ± 40	-1.2	4,350 ± 40	5,039 (8.6%) 5,001 4,982 (86.8%) 4,843	Bata-280610	
	281	Ni09-YT(四ツ郷屋沖)-14.85					14.85	-40.20	木片	4,580 ± 40	-26.0	4,560 ± 40	5,440 (4.1%) 5,419 5,323 (39.0%) 5,213 5,192 (52.2%) 5,051	Beta-271155	
	282	Ni09-YT(四ツ郷屋沖)-15.51					15.51	-40.86	貝殻片	4,960 ± 40	-1.9	5,340 ± 40	6,271 (6.4%) 6,241 6,215 (89.0%) 5,997	Bata-280611	
	283	Ni09-YT(四ツ郷屋沖)-16.27					16.27	-41.62	貝殻片	5,930 ± 40	-5.0	6,260 ± 40	7,268 (81.9%) 7,154 7,116 (13.5%) 7,025	Bata-280612	
	284	Ni09-YT(四ツ郷屋沖)-18.38					18.38	-43.73	ウニ	5,580 ± 40	-1.5	5,580 ± 40	6,437 (95.4%) 6,296	Beta-271156	
	285	Ni09-YT(四ツ郷屋沖)-18.76					18.76	-44.11	木片	5,680 ± 50	-28.1	5,630 ± 40	6,487 (95.4%) 6,314	Beta-271157	
	286	Ni09-YT(四ツ郷屋沖)-20.31					20.31	-45.66	植物片	5,920 ± 50	-27.4	5,880 ± 50	6,845 (2.4%) 6,816 6,800 (93.0%) 6,559	Beta-271158	
	287	Ni09-YT(四ツ郷屋沖)-20.58					20.58	-45.93	木片	6,550 ± 50	-27.5	6,510 ± 50	7,556 (1.5%) 7,544 7,510 (93.9%) 7,316	Beta-271159	
	288	Ni09-YT(四ツ郷屋沖)-20.81					20.81	-46.16	貝殻片	6,250 ± 40	-2.5	6,620 ± 40	7,570 (95.4%) 7,440	Bata-280613	

付表1 ¹⁴C年代値一覧表

地点番号	試料番号	試料名	標高(m)	試料採取地点	緯度	経度	採取深度(m)	採取標高(m)	試料の種類	測定値(yrs BP)	$\delta^{13}C$ (‰)	同位体分別補正済年代値(yrs BP)	暦年較正年代(cal BP)	コード番号	文献・その他
65	289	Ni09-YT(四ツ郷屋沖)-23.1	-25.35	四ツ郷屋沖	37 52 9	138 52 49	23.1	-48.45	貝殻片	6,670 ± 40	-0.7	7,070 ± 40	7,972 (94.9%) 7,826 7,805 (0.5%) 7,800	Bata-280614	天野ほか(2010, 2011)
	290	Ni09-YT(四ツ郷屋沖)-24.16					24.16	-49.51	植物片	7,400 ± 50	-24.0	7,420 ± 50	8,371 (95.4%) 8,163	Beta-271160	
	291	Ni09-YT(四ツ郷屋沖)-24.21					24.21	-49.56	貝殻片	7,300 ± 40	0.2	7,710 ± 40	8,580 (95.4%) 8,416	Bata-280615	
	292	Ni09-YT(四ツ郷屋沖)-24.85					24.85	-50.20	木片	9,380 ± 50	-27.2	9,340 ± 50	10,699 (95.4%) 10,408	Beta-271161	
	293	Ni09-YT(四ツ郷屋沖)-25.03					25.03	-50.38	貝殻片	8,690 ± 40	0.7	9,110 ± 40	10,390 (15.7%) 10,313 10,303 (79.7%) 10,200	Bata-280616	
	294	Ni09-YT(四ツ郷屋沖)-26.68					26.68	-52.03	植物片	9,360 ± 50	-28.5	9,300 ± 50	10,653 (3.8%) 10,620 10,603 (91.6%) 10,296	Beta-271164	
	295	Ni09-YT(四ツ郷屋沖)-28.50					28.50	-53.85	木片	9,420 ± 50	-28.3	9,370 ± 50	10,726 (93.1%) 10,488 10,459 (2.3%) 10,435	Beta-271162	
	296	Ni09-YT(四ツ郷屋沖)-29.10					29.10	-54.45	貝殻片	9,590 ± 40	-17.8	9,710 ± 40	11,228 (88.5%) 11,081 10,930 (6.9%) 10,880	Bata-280617	
	297	Ni09-YT(四ツ郷屋沖)-30.51					30.51	-55.86	炭酸塩堆積物	9,270 ± 40	-2.2	9,640 ± 40	11,186 (42.5%) 11,062 11,031 (4.8%) 10,990 10,974 (48.1%) 10,787	Bata-280618	
	298	Ni09-YT(四ツ郷屋沖)-34.05					34.05	-59.40	木片	>43,500		>43,500		Beta-27239	
	299	Ni09-YT(四ツ郷屋沖)-35.35					35.35	-60.70	木片	>43,500		>43,500		Bata-272586	
	300	Ni09-YT(四ツ郷屋沖)-39.53					39.53	-64.88	貝殻片	>43,500		>43,500		Bata-272587	
66	301	GS-KNM(金巻新田)-1.71	2.74	新潟市西区金巻新田	37 49 58	138 55 47	1.71	1.04	植物片		-22.8	modern		IAAA-82060	宮地ほか(2009), 中西ほか(2010a) Tanabe <i>et al.</i> (2010) 宮地ほか(2009), 中西ほか(2010a) Tanabe <i>et al.</i> (2010) 宮地ほか(2009), 中西ほか(2010a) Tanabe <i>et al.</i> (2010)
	302	GS-KNM(金巻新田)-5.12					5.12	-2.38	植物片		-26.8	915 ± 31	920 (95.4%) 762	IAAA-82061	
	303	GS-KNM(金巻新田)-14.12					14.12	-11.38	植物片		-27.2	3,095 ± 32	3,380 (95.4%) 3,225	IAAA-82062	
	304	GS-KNM(金巻新田)-28.40					28.40	-25.66	植物片		-28.6	4,473 ± 37	5,291 (85.7%) 5,030 5,018 (9.7%) 4,975	IAAA-82074	
	305	GS-KNM(金巻新田)-31.91					31.91	-29.17	植物片		-33.2	4,785 ± 78	5,654 (73.3%) 5,435 5,423 (22.1%) 5,321	JAEA-7950	
	306	GS-KNM(金巻新田)-34.79					34.79	-32.05	植物片		-27.9	4,876 ± 57	5,736 (80.4%) 5,575 5,546 (15.0%) 5,475	JAEA-7951	
	307	GS-KNM(金巻新田)-37.68					37.68	-34.94	植物片		-35.0	4,958 ± 71	5,892 (19.2%) 5,804 5,796 (2.1%) 5,779 5,773 (74.1%) 5,589	JAEA-7952	
	308	GS-KNM(金巻新田)-39.73					39.73	-36.99	植物片		-26.7	5,199 ± 40	6,174 (1.8%) 6,155 6,113 (3.7%) 6,079 6,022 (89.9%) 5,896	IAAA-82063	
	309	GS-KNM(金巻新田)-43.27					43.27	-40.53	植物片		-30.8	5,434 ± 61	6,393 (1.7%) 6,371 6,322 (76.4%) 6,169 6,161 (9.1%) 6,100 6,083 (8.2%) 6,006	JAEA-7954	
	310	GS-KNM(金巻新田)-45.62					45.62	-42.88	植物片		-27.3	5,396 ± 40	6,291 (76.5%) 6,173 6,155 (11.0%) 6,109 6,080 (7.9%) 6,020	IAAA-82075	
	311	GS-KNM(金巻新田)-47.91					47.91	-45.17	植物片		-29.2	5,892 ± 61	6,882 (95.4%) 6,558	JAEA-7955	
	312	GS-KNM(金巻新田)-50.22					50.22	-47.48	植物片		-28.3	5,801 ± 63	6,742 (95.4%) 6,451	JAEA-7956	
	313	GS-KNM(金巻新田)-53.15					53.15	-50.41	植物片		-27.3	5,931 ± 38	6,877 (0.4%) 6,874 6,858 (95.0%) 6,666	IAAA-82064	
	314	GS-KNM(金巻新田)-58.66					58.66	-55.92	植物片		-29.2	6,624 ± 40	7,573 (95.4%) 7,440	IAAA-82089	
	315	GS-KNM(金巻新田)-60.60					60.60	-57.86	植物片		-31.1	6,503 ± 67	7,560 (3.1%) 7,540 7,514 (92.3%) 7,276	JAEA-7957	

付表1 ¹⁴C年代値一覧表

地点 番号	試料 番号	試料名	標高 (m)	試料採取地点	緯度 度 分 秒	経度 度 分 秒	採取深 度(m)	採取標 高(m)	試料の種類	測定値(yrs BP)	$\delta^{13}C$ (‰)	同位体分別補正済 年代値(yrs BP)	暦年較正年代(cal BP)	コード番号	文献・その他
66	316	GS-KNM(金巻新田)-62.49	2.74	新潟市西区金巻新田	37 49 58	138 55 47	62.49	-59.75	植物片	-23.5	6,827 ± 40	7,735 (95.4%) 7,587	IAAA-82065	宮地ほか(2009), 中西ほか(2010a)	
	317	GS-KNM(金巻新田)-65.81					65.81	-63.07	植物片	-28.2	8,072 ± 47	9,127 (82.1%) 8,850 8,839 (13.3%) 8,775	IAAA-82088		
	318	GS-KNM(金巻新田)-68.72					68.72	-65.98	植物片	-27.5	8,350 ± 40	9,471 (95.4%) 9,277	IAAA-81906		
	319	GS-KNM(金巻新田)-70.34					70.34	-67.60	植物片	-27.4	8,526 ± 41	9,546 (95.4%) 9,475	IAAA-81907		
	320	GS-KNM(金巻新田)-71.53					71.53	-68.79	植物片	-27.3	8,528 ± 41	9,546 (95.4%) 9,476	IAAA-81908		
	321	GS-KNM(金巻新田)-72.56					72.56	-69.82	植物片	-28.9	8,751 ± 42	9,904 (93.9%) 9,581 9,574 (1.5%) 9,562	IAAA-81909		
	322	GS-KNM(金巻新田)-74.60					74.60	-71.86	植物片	-27.3	8,755 ± 41	9,905 (94.6%) 9,584 9,572 (0.8%) 9,564	IAAA-81910		
	323	GS-KNM(金巻新田)-76.50					76.50	-73.76	植物片	-26.0	8,882 ± 44	10,182 (89.3%) 9,885 9,877 (1.0%) 9,865 9,848 (5.1%) 9,788	IAAA-81911		
	324	GS-KNM(金巻新田)-78.91					78.91	-76.17	植物片	-26.0	8,982 ± 43	10,235 (67.6%) 10,120 10,065 (11.6%) 10,003 9,997 (16.2%) 9,928	IAAA-81912		
	325	GS-KNM(金巻新田)-81.46					81.46	-78.72	植物片	-29.3	9,199 ± 45	10,496 (11.3%) 10,450 10,445 (95.4%) 10,246	IAAA-81913		
	326	GS-KNM(金巻新田)-83.36					83.36	-80.62	植物片	-22.9	9,291 ± 40	10,587 (90.0%) 10,370 10,356 (1.6%) 10,338 10,331 (3.7%) 10,298	IAAA-81914		
	327	GS-KNM(金巻新田)-84.61					84.61	-81.87	植物片	-26.1	9,372 ± 42	10,710 (95.4%) 1,0497	IAAA-81915		
	328	GS-KNM(金巻新田)-86.17					86.17	-83.43	葉	-29.7	9,470 ± 49	11,069 (16.3%) 10,954 10,866 (1.5%) 10,847 10,815 (77.6%) 10,575	IAAA-81916		
	329	GS-KNM(金巻新田)-87.83					87.83	-85.09	植物片	-28.5	9,343 ± 41	10,685 (89.3%) 10,481 10,466 (6.1%) 10,428	IAAA-81917		
	330	GS-KNM(金巻新田)-89.31					89.31	-86.57	木片	-28.3	9,557 ± 42	11,091 (95.4%) 10,724	IAAA-81918		
	331	GS-KNM(金巻新田)-89.78					89.78	-87.04	植物片	-27.7	9,530 ± 40	11,084 (45.4%) 10,923 10,885 (50.0%) 10,694	IAAA-81919		
	332	GS-KNM(金巻新田)-90.57					90.57	-87.83	植物片	-29.6	9,571 ± 41	11,103 (95.4%) 10,735	IAAA-81920		
	333	GS-KNM(金巻新田)-91.39					91.39	-88.65	植物片	-28.6	9,600 ± 41	11,141 (95.4%) 10,760	IAAA-81921		
	334	GS-KNM(金巻新田)-93.62					93.62	-90.88	植物片	-28.2	9,621 ± 45	11,173 (30.9%) 11,047 11,040 (64.5%) 10,775	IAAA-81922		
	335	GS-KNM(金巻新田)-95.18					95.18	-92.44	植物片	-27.3	10,160 ± 50	12,053 (95.2%) 11,611 11,517 (0.2%) 11,511	BETA-255589		
	336	GS-KNM(金巻新田)-96.40					96.40	-93.66	植物片	-28.3	11,198 ± 48	13,165 (95.4%) 12,972	IAAA-81923		
337	GS-KNM(金巻新田)-98.80	98.80	-96.06	植物片	-28.3	9,902 ± 44	11,595 (1.9%) 11,561 11,468 (0.8%) 11,454 11,406 (92.7%) 11,213	IAAA-81924							
338	GS-KNM(金巻新田)-100.69	100.69	-97.95	植物片	-27.5	10,033 ± 39	11,750 (1.7%) 11,731 11,725 (93.7%) 11,336	IAAA-81925							
339	GS-KNM(金巻新田)-101.42	101.42	-98.68	植物片	-27.7	10,105 ± 47	11,977 (13.7%) 11,856 11,848 (64.2%) 11,590 11,578 (17.5%) 11,404	IAAA-81926							
340	GS-KNM(金巻新田)-102.42	102.42	-99.68	植物片	-29.4	9,931 ± 44	11,602 (8.1%) 11,530 11,496 (7.0%) 11,428 11,413 (80.3%) 11,236	IAAA-81927							
341	GS-KNM(金巻新田)-103.69	103.69	-100.9	植物片	-25.8	10,185 ± 46	12,076 (94.6%) 11,704 1,1664 (0.8%) 11,650	IAAA-81928							

付表1 ¹⁴C年代値一覧表

地点 番号	試料 番号	試料名	標高 (m)	試料採取地点	緯度 度 分 秒	経度 度 分 秒	採取深 度(m)	採取標 高(m)	試料の種類	測定値(yrsBP)	δ ¹³ C (‰)	同位体分別補正済 年代値 (yrsBP)	暦年較正年代 (calBP)	コード番号	文献・その他
66	342	GS-KNM(金巻新田)-105.64	2.74	新潟市西区金巻新田	37 49 58	138 55 47	105.64	-102.90	葉		-29.0	10,076 ± 47	11,950 (3.9%) 11,877 11,830 (90.7%) 11,391 11,375 (0.8%) 11,357	IAAA-81929	宮地ほか(2009), 中西ほか (2010a)
	343	GS-KNM(金巻新田)-107.79					107.79	-105.1	葉		-28.9	10,104 ± 49	11,974 (13.2%) 11,859 11,845 (82.2%) 11,404	IAAA-81930	
	344	GS-KNM(金巻新田)-109.87					109.87	-107.13	葉		-26.7	10,366 ± 47	12,410 (95.4%) 12,025	IAAA-81931	
	345	GS-KNM(金巻新田)-111.45					111.45	-108.7	植物片		-28.5	10,467 ± 52	12,560 (95.4%) 12,133	IAAA-81932	
	346	GS-KNM(金巻新田)-114.23					114.23	-111.49	植物片		-30.6	10,994 ± 48	12,997 (95.4%) 12,731	IAAA-81933	
	347	GS-KNM(金巻新田)-117.54					117.54	-114.80	葉		-28.1	11,374 ± 49	13,310 (95.4%) 13,102	IAAA-81934	
	348	GS-KNM(金巻新田)-119.76					119.76	-117	植物片		-30.6	11,999 ± 88	14,085 (95.4%) 13,602	JAEA-7958	Tanabe <i>et al.</i> (2010)
	349	GS-KNM(金巻新田)-122.19					122.19	-119.5	葉		-27.9	11,256 ± 52	13,239 (95.4%) 13,036	IAAA-82066	宮地ほか(2009), 中西ほか(2010a)
	350	GS-KNM(金巻新田)-124.61					124.61	-121.9	植物片		-24.7	12,327 ± 84	14,806 (95.4%) 14,032	JAEA-7959	Tanabe <i>et al.</i> (2010)
	351	GS-KNM(金巻新田)-126.25					126.25	-123.5	葉		-27.4	11,604 ± 50	13,555 (95.4%) 13,316	IAAA-81935	宮地ほか(2009), 中西ほか (2010a)
	352	GS-KNM(金巻新田)-128.41					128.41	-125.67	葉		-28.8	12,220 ± 53	14,320 (95.4%) 13,945	IAAA-82067	
	353	GS-KNM(金巻新田)-135.10					135.10	-132.4	植物片		-26.9	12,715 ± 83	15,411 (95.4%) 14,760	JAEA-7960	Tanabe <i>et al.</i> (2010)
	354	GS-KNM(金巻新田)-136.90					136.90	-134.2	植物片		-28.7	12,390 ± 55	14,808 (95.4%) 14,139	IAAA-82068	
	355	GS-KNM(金巻新田)-144.82					144.82	-142.08	葉		-28.4	13,180 ± 55	16,051 (95.4%) 15,644	IAAA-82069	宮地ほか(2009), 中西ほか (2010a)
	356	GS-KNM(金巻新田)-148.20					148.20	-145.5	木片		-29.5	13,396 ± 60	16,314 (95.4%) 15,898	IAAA-82087	
	357	GS-KNM(金巻新田)-152.34					152.34	-149.60	植物片		-28.9	13,876 ± 59	17,045 (95.4%) 16,540	IAAA-82070	

Geology of the Niigata and Uchino District

By

Yukihiko KAMOI*, Satoshi YASUI**,
and Atushi URABE***

(Written in 2015)

(ABSTRACT)

The Niigata and Uchino district is located in the northwestern part of Niigata Prefecture, in Northeast Japan. It lies between longitudes of E138°51' and E139°14'48"3, and latitudes of N37°50'10"7 and N38°00'10"6 in WGS 84, and topographically consists of coastal sand dunes and alluvial lowland. The coastal sand dunes are divided into sd_1 , sd_2 and sd_3 on the basis of their distribution patterns. The alluvial lowland consists of the flood plain and natural levee of the Shinanogawa and Aganogawa Rivers and has a altitude of less than 5 m.

GEOLOGY

The Niigata and Uchino district is situated within the northern part of the Niigata Sedimentary Basin and is underlain by thick Neogene to Quaternary succession. The upper part (shallower than 1,000 m), consists of the Middle to Upper Pleistocene Kanbara Group and the uppermost part of the Pleistocene to Holocene Shirone Formation. The geology of this district is summarized in Figure 1.

Stratigraphy of this district are established from the drilling data. On the otherside, geology in this geological map are divided into subsurface geology and are divided into deposits of back marsh, lowland between coastal dunes, fluvial deposits, beach, and dune deposits and artificial ground (embankment and reclaimed land). Therefore, two kinds of cross sections are drawn in this map, one is from the subsurface geology data and the other is from drilling data. Three tephra key beds are observed. There are AT tephra (interbedded in the Kanbara Group), As-K tephra (interbedded in the Lower Part of the Shirane Formation) and Nm-NK tephra (interbedded in the Upper Part of the Shirane Formation).

KANBARA GROUP

The Middle to Upper Pleistocene Kanbara Group consists of alternation of silt and sand with gravel, which indicate shallow marine to delta facies. The gravel layers include water-soluble natural gas. The age of the upper part of the Kanbara Group is estimated to be approximately 300,000 to 18,000 years BP based on the presence of pumice marker layers.

ALLUVIUM (SHIRONE FORMATION)

The Shirone Formation dates to the end of Late Pleistocene and the Holocene, and is composed of alternation layers of silt and sand containing humus beds, and silt containing marine silty beds. The maximum thickness is more than 150 m in the coastal area. Shirone Formation are divided into Lower Part, Middle Part and Upper Part in ascending order. The Lower Part deposits in fluvial to backmarsh. The Middle part deposits in lake, fluvial, dune, lagoon, sand bank, brakish to marine. And the Upper part deposits in dune, fluvial, marsh, lake and marine.

* Muraogiken Co. Ltd.

** Koka Foundation Survey.

*** Research Institute for Natural Hazards and Disaster Recovery, Niigata University.

GEOLOGICAL STRUCTURE

The Echigo Plain (Niigata Sedimentary Basin) consists of thick Neogene sediments and forms a large-scale syncline. Large fault zones steeply inclined strata are distributed along both sides of the plain. The active Kakuda-Yahiko Fault is present in the western part of the Niigata and Uchino district. The strata of the Middle to Upper Pleistocene succession are gently inclined towards the fault. The strata in the alluvial succession are almost horizontal except in the fault zone.

APPLIED GEOLOGY

As a result of the Niigata Earthquake in 1964, damage was caused to houses and infrastructure due to factors such as liquefaction, tsunami-induced flooding and explosion of petroleum tanks. Land subsidence due to drawing of groundwater was observed during the 1960s and 1970s. In addition, lowland regions of the district were repeated flood damage.

Geologic Time		Stratigraphic Division	Sedimentary Environment	Stratigraphic Division (Marine area)	
Quaternary	Holocene	Artificial ground	Deposits of reclaimed land Embankment	Yotsugoya-oki Formation	
		Shirone Formation	Upper Part		Dune Fluvial, Marsh, Lake Marine
			Middle Part		Lake, Fluvial, Dune , Lagoon Sand bank , Brakish to Marine
	Lower Part		Fluvial to Brackish		
	Pleistocene	Middle	Kanbara Group		Ryotsu-oki Group
Late					

Fig. 1 Geologic summary of the Niigata and Uchino district

執筆分担

第1章 地形	卜部厚志・鴨井幸彦
第2章 地質概説	安井 賢
第3章 表層地質	鴨井幸彦
第4章 地下地質	安井 賢・卜部厚志・鴨井幸彦
第5章 地質構造	安井 賢・卜部厚志
第6章 応用地質	安井 賢・鴨井幸彦・卜部厚志

付図・付表 ^{14}C 年代測定試料採取位置図及び ^{14}C 年代値一覧表 鴨井幸彦

文献引用例

鴨井幸彦・安井 賢・卜部厚志 (2016) 新潟及び内野地域の地質. 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅), 産総研地質調査総合センター, 90 p.

章単位での引用例

卜部厚志・鴨井幸彦 (2016) 新潟及び内野地域の地質, 第1章, 地形. 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅), 産総研地質調査総合センター, p. 1-2.

Bibliographic reference

Kamoi, Y., Yasui, S. and Urabe, A. (2016) *Geology of the Niigata and Uchino District*. Quadrangle Series, 1:50,000, Geological Survey of Japan, AIST, 90 p. (in Japanese with English abstract 2 p.).

Bibliographic reference of each chapter

Urabe, A. and Kamoi, Y. (2016) *Geology of the Niigata and Uchino District, 1. Topography*. Quadrangle Series, 1:50,000, Geological Survey of Japan, AIST, p1-2. (in Japanese).

地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅)

新潟及び内野地域の地質

平成28年6月30日発行

国立研究開発法人 産業技術総合研究所
地質調査総合センター

〒305-8567 茨城県つくば市東1-1-1 中央第7

Geology of the Niigata and Uchino District. Quadrangle Series, 1:50,000

Published on June 30, 2016

Geological Survey of Japan, AIST

AIST Tsukuba Central 7, 1-1-1 Higashi, Tsukuba, 305-8567, JAPAN

印刷所 創文印刷工業株式会社

Soubun Printing Co., Ltd.