

平成 23 年 地質研究所
調査研究成果報告会
報告資料集

平成 23 年 5 月 18 日 (水)

JST イノベーションプラザ北海道 セミナー室

地方独立行政法人 北海道立総合研究機構

環境・地質研究本部 地質研究所

プログラム

- 10:00 開会挨拶 地質研究所所長 藤本和徳
- 10:10~12:00 一般セッション 資源環境部（資源環境Gおよび沿岸地質G）
- 美瑛町白金温泉の現状と課題—H20~H22 受託研究結果から—
高橋徹哉・柴田智郎・岡崎紀俊・村山泰司
 - 釧路湿原周辺の湧水・地下水・水理地質
丸谷 薫
 - 道産多孔質鉱物原料の評価と利用方法について
八幡正弘
 - 沖積堆積物表層におけるヒ素の分布状況
野呂田晋・遠藤祐司・垣原康之・高橋 良
 - 総合的土砂管理に向けた流域土砂動態の解明—せたな町地先沿岸およびその流域を例として—
仁科健二・内田康人・濱田誠一・檜垣直幸
 - 小樽運河環境の現状
大澤賢人・仁科健二・檜垣直幸
栗林貴範（中央水産試験場）
- 12:00~13:00 ポスターセッション 休憩（昼食）
- 13:00~14:50 特別セッション「巨大津波と北海道」
- 特別セッションの趣旨説明
地域地質部長 田近 淳
 - 北海道を襲った巨大津波研究の現状と課題：3・11 後の北海道の津波防災を考える際の導入
清水康博（新潟大学教育学部）
 - 北海道沿岸における東北地方太平洋沖地震の津波調査—概要—
岡崎紀俊・地質研究所津波調査班
 - 北海道沿岸における東北地方太平洋沖地震津波の作用1：全体概要および河川における痕跡
川上源太郎・地質研究所津波調査班
 - 北海道沿岸における東北地方太平洋沖地震津波の作用2：海浜・港湾・潟における痕跡および総括
仁科健二・地質研究所津波調査班
- 14:50~15:20 ポスターセッション 休憩
- 15:20~16:30 一般セッション 地域地質部（地質情報Gおよび地質防災G）
- 携帯電話とQRコードを用いた地質情報の発信システム—登別温泉をテストフィールドとして—
鈴木隆広・八幡正弘・秋田藤夫・高橋 良
（社）登別観光協会
 - 石狩平野沖積層の層序と基盤地形
川上源太郎・廣瀬 巨・嵯峨山積・仁科健二・大津 直
木村克己（産業技術総合研究所）
 - 空知管内の地質と地下資源
廣瀬 巨・川上源太郎・石丸 聡・大津 直・鈴木隆広
 - 大雨で活発化した壮瞥町上久保内の地すべり変動
石丸 聡・田近 淳・岡崎紀俊・田村 慎・川上源太郎
- 16:30 閉会挨拶 環境・地質研究本部 企画調整部長 黒澤邦彦

ポスター発表プログラム

【 コアタイム：12:00～13:00 および 14:50～15:20 】

P01: 噴火湾音波探査による黒松内低地断層帯南方延長の堆積構造と活動履歴

内田康人・仁科健二
杉山雄一・村上文敏（産業技術総合研究所）
半場康弘（川崎地質（株））

P02: 石狩～長沼低地の掘削井の地質試料から得られた第四紀の古環境と層序

嵯峨山積・菅 和哉
藤原与志樹・井島行夫・岡村 聡（北海道教育大学札幌校）
山田悟郎（北海道開拓記念館）
近藤 務（（株）北海道技術コンサルタント）
外崎徳二（（株）レアックス）

P03: 自然の力を利用した環境浄化について

荻野 激

P04: コンクリート内の骨材反応性現況調査

垣原康之

P05: 北海道における活断層調査成果の再構築と活用

廣瀬 巨・川上源太郎・大津 直・岡崎紀俊・田近 淳

P06: 1938年屈斜路地震断層周辺における地中レーダ探査

田村 慎・岡崎紀俊・大津 直・廣瀬 巨・川上源太郎・鈴木隆広・田近 淳
高橋浩晃・一柳昌義（北海道大学地震火山研究観測センター）

P07: 携帯電話とQRコードを用いた地質情報の発信システムー登別温泉をテストフィールドとしてー

鈴木隆広・八幡正弘・秋田藤夫・高橋 良
（社）登別観光協会

P08: WebGISを活用した道内地質災害情報の発信

小澤 聡・岡崎紀俊・石丸 聡・廣瀬 巨・川上源太郎・田村 慎・村山泰司・田近 淳

P09: GISを活用した東北地方太平洋沖地震の道内津波調査情報の共有とWebGIS情報発信

小澤 聡・地質研究所津波調査班

目次

特別セッション

北海道を襲った巨大津波研究の現状と課題：

3・11 後の北海道の津波防災を考える際の導入
・・・・・・・・・・2

北海道沿岸における東北地方太平洋沖地震の
津波調査 一概要一・・・・・・・・・・7

北海道沿岸における東北地方太平洋沖地震津波
の作用1：
全体概要および河川における痕跡・・・・・・・・・・9

北海道沿岸における東北地方太平洋沖地震津波
の作用2：
海浜・港湾・潟における痕跡および総括 ・・11

一般セッション

美瑛町白金温泉の現状と課題
—H20～H22 受託研究結果から—・・・・・・・・14

釧路湿原周辺の湧水・地下水・水理地質・・・・・・・・16

道産多孔質鉱物原料の評価と
利用方法について・・・・・・・・・・18

沖積堆積物表層におけるヒ素の分布状況・・・・・・・・19

総合的土砂管理に向けた流域土砂動態の解明
—せたな町地先沿岸および
その流域を例として—・・・・・・・・・・20

小樽運河環境の現状・・・・・・・・・・22

携帯電話とQRコードを用いた地質情報の発信シ
ステム
—登別温泉をテストフィールドとして—・・24

石狩平野沖積層の層序と基盤地形・・・・・・・・・・26

空知管内の地質と地下資源・・・・・・・・・・28

大雨で活発化した
壮警町上久保内の地すべり変動・・・・・・・・30

ポスター発表

P01 噴火湾音波探査による黒松内低地断層帯
南方延長の堆積構造と活動履歴・・・・・・・・34

P02 石狩～長沼低地の掘削井の地質試料から
得られた第四紀の古環境と層序・・・・・・・・36

P03 自然の力を利用した
環境浄化について・・・・・・・・・・38

P04 コンクリート内の
骨材反応性現況調査・・・・・・・・・・40

P05 北海道における活断層調査成果の
再構築と活用・・・・・・・・・・41

P06 1938年屈斜路地震断層周辺における
地中レーダ探査・・・・・・・・・・43

P07 携帯電話とQRコードを用いた地質情報
の発信システム—登別温泉をテストフイ
ールドとして—・・・・・・・・・・24

P08 WebGIS を活用した
道内地質災害情報の発信・・・・・・・・45

P09 GIS を活用した東北地方太平洋沖地震の
道内津波調査情報の共有とWebGIS 情報
発信・・・・・・・・・・46

特別セッション

北海道を襲った巨大津波研究の現状と課題： 3・11 後の北海道の津波防災を考える際の導入

高清水康博*

*新潟大学人文社会・教育科学系（教育学部）

キーワード：北海道，胆振海岸，巨大津波，津波堆積物，地震

1. はじめに

北海道は，世界で最も津波堆積物研究の進んだ重要な研究フィールドの 1 つである．この背景には，太平洋プレートの沈み込み速度が，世界で最も速い地域の 1 つであること（約 11cm/年），重要な時間軸となる精密テフラ層序が確立していること，近年においても頻りに津波に襲われていること（例えば，1993 年北海道南西沖地震，2003 年十勝沖地震など多数），人工改変されずに自然の状態のままの沿岸低地が多く，容易に津波調査を行いやすかったこと，大学（北海道大），独立行政法人（産業技術総合研究所），道立試験研究機関（北海道立地質研究所；現北海道総合研究機構）等が競い合っている（？），津波堆積物研究を強力に推し進めたこと，および本州とは異なる歴史的背景を持つ北海道において津波災害のあったことを裏付ける正確な年代を示す史料がほとんどなかったため，逆に地層から推定する試みが積極的に行われたこと等が考えられる．その結果，膨大な報告書や論文が提出された（第 1 表）．

これらの研究中に実施された膨大な試みの中で，“堆積物から沿岸低地の津波履歴を解釈する調査方法”は，ほぼ確立されたといえる．すなわち，露頭，ピートサンプラーやジオスライサー等を用いた簡易掘削からの地層観察，堆積物分布調査から推定する浸水範囲と浸水標高の復元，精密に編まれた第四紀テフロクロノロジーによる広域対比，

炭素 14 年代値を用いた津波再来間隔の決定，堆積学的解析による津波流とその堆積物の特徴の復元，化石を用いた津波堆積物の起源解明，および数値計算による巨大津波を発生させた波源モデルの推定等を有機的に組み合わせた手法で，複合科学としての古津波学であるといえる．

この報告では，筆者が 2011 年（平成 23 年）東北地方太平洋沖地震による巨大津波発生を受け，あらためて北海道の津波防災を考えた際に，どうしても現時点における北海道内の津波堆積物に関する膨大な研究成果を緊急にまとめる必要があると考え，執筆したものである．

2. M8 クラスの連動型地震性津波

北海道東部太平洋沖地域では，数 10 年毎に M8 クラスの地震が発生することが知られている．最近では，1952 年十勝沖地震（M8.2），1958 年エトロフ島沖地震（M8.1），1963 年エトロフ島沖地震（M8.1）等である．しかしながら，近年，この地域の沿岸低地下の地層を丹念に調べた結果，より大規模な地震によると考えられる巨大津波が，繰り返しこの地域を襲っていたことが明らかになった．すなわち，十勝～根室までの海岸で，内陸へ数 km の規模で津波による浸水が何度もあったことが復元された．この痕跡の証拠となる津波堆積物は，北海道大学グループの平川らが十勝海岸から報告した（日本地震学会 1998 年秋季大会で講演）．また，これと同時期に産業技術総合研究所の七山グループによる浜中町～根室海岸からの報告（七山・重野，1998）

があった．彼らの膨大な研究成果は，その後，急速に蓄積され，縄文海進最盛期以降の津波履歴はほぼ把握されるまでに至った．また，佐竹・七山（2004）は，津波堆積物の分布範囲を説明することのできる波源断層モデルの数値シミュレーションを行った．そこから導き出された解は，十勝沖で 10m，釧路～根室沖で 5m のすべり量をもつ断層が同時に運動したモデル（T10N5 モデル）であり，M8.5 の連動型プレート境界型地震とされた（後に M8.6 とされた）．また，堆積物から推定されたこの巨大津波の再来間隔は 300-500 年程度であり，かつ，直近の発生は 1635 (?) 年（Nanayama *et al.*, 2007）とされる．このことからプレート境界で繰り返される周期性のある巨大地震であることを読み取ることができる．現在，北海道が津波防災のために最も力を入れて取り組まなければならないターゲットの 1 つといえるだろう．これらの総合的な研究成果は，Nanayama *et al.* (2003), 佐竹・七山 (2004), 平川 (2005), Nanayama *et al.* (2007) 等によくまとめられている．

2. 1640 年北海道駒ヶ岳の山体崩壊起源巨大津波

北海道から報告された最初の過去の津波堆積物に関する報告は，北海道大学の西村グループによるものである．彼らは歴史資料の記録から明らかになっている 1640 年北海道駒ヶ岳噴火に伴う山体崩壊堆積物が海域へ流入したことにより発生した巨大津波による堆積物を，噴火湾沿岸から相次いで発見し，論文として報告した．とりわけ，初報である西村・鈴木（1993）では，数値シミュレーションを用いて，噴火湾対岸地域までの津波到達時間や最大波高の算出値を提示し，この火山性津波堆積物の実体を明らかにした点で，大変に興味深い．その後，吉本ほか（2003）は，海域に流入した北海道駒ヶ岳火山 1640 年岩砕なだれ堆積物の分布と推定される体積を報告している．今後，このデータや次に述べる 17 世紀のトリガー不明巨大津波の分布等に基づいた噴火湾～胆振，日高沿岸地域におよぶ津波の数値シミュレーションの再考が必要であろう．

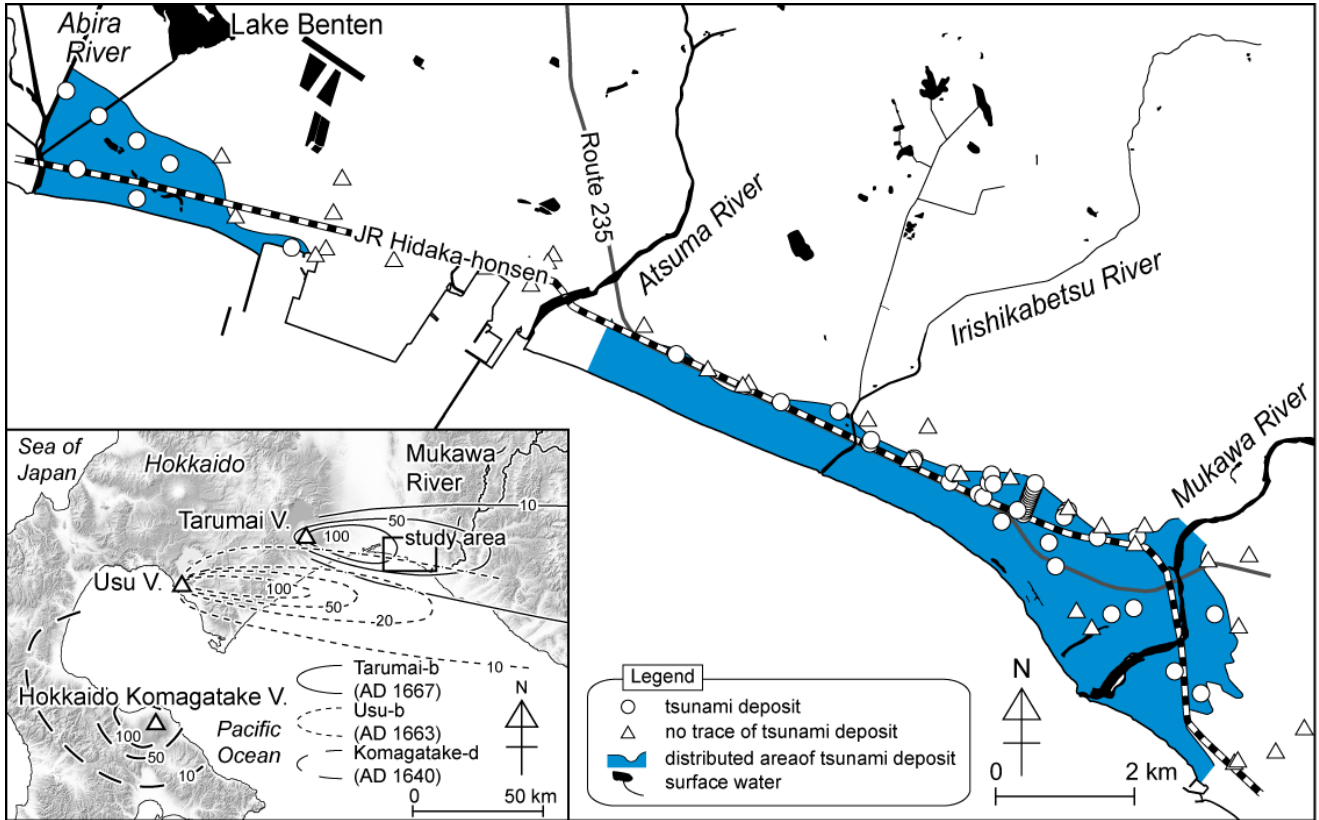
3. 胆振海岸東部を襲った謎の 17 世紀巨大津波

上述の 17 世紀に北海道を相次いで襲った火山性および地震性津波堆積物の存在が明らかになるにつれて，調査・研究の実施されていない空白地域での津波災害リスクの把握の必要性が生じてきた．とりわけ，胆振地域の苫小牧市沿岸は北海道の海運物流の玄関基地として道内経済の重要拠点の 1 つである．そこで，北海道立地質研究所（当時）では，胆振海岸東部地域において津波堆積物調査を実施した．その結果，胆振海岸東部の沿岸地域において，約 20km に渡り，内陸へ 1～2km までの範囲に分布する 17 世紀の巨大津波堆積物を認めた（第 1 図；高清水ほか，2007）．

この巨大津波のトリガーについては，現在のところ，結論は出ていない．17 世紀には先に挙げた 2 つの巨大津波イ

第 1 表 北海道から報告された現世および過去の津波と津波堆積物に関する文献リストと主要な研究グループ
各研究グループの文献リストは年代順に示す。ただし、講演要旨は含まれていないことに注意。

300-500年間隔津波（17世紀が直近の巨大津波）	
北海道大学グループ	
	平川ほか（2000）月刊地球号外 平川・原口（2001）活断層研究 平川・中村有吾（2002）歴史地震 平川ほか（2003a）月刊地球号外 平川ほか（2003b）月刊地球号外 平川ほか（2005）月刊地球 平川（2006）月刊地球
産業技術総合研究所グループ	
	七山・重野（1998）月刊海洋号外 七山（1998）地質調査所速報平成9年度活断層・古地震調査概要報告書 七山ほか（1999）地質調査所速報平成10年度活断層・古地震調査概要報告書 七山ほか（2000）地質調査所速報平成11年度活断層・古地震調査概要報告書 七山ほか（2000）月刊地球号外 七山ほか（2001a）活断層・古地震研究報告 七山ほか（2001b）活断層・古地震研究報告 Harvey ほか（2002）活断層・古地震研究報告 七山ほか（2002）活断層・古地震研究報告 七山ほか（2003）活断層・古地震研究調査概要報告 Sawai (2002) Journal of Asian Earth Science 七山ほか（2003）活断層・古地震研究報告 Nanayama. et al. (2003) Nature 佐竹ほか（2003）活断層・古地震研究報告 添田ほか（2003）活断層・古地震研究報告 Atwater et al. (2004) Holocene 鎌滝ほか（2004）活断層・古地震研究報告 七山ほか（2004）活断層・古地震研究報告 佐竹ほか（2004）活断層・古地震研究報告 佐竹・七山（2004a）数値地質図EQ-1 (CD-ROM) 佐竹・七山（2004b）月刊地球 澤井ほか（2004）活断層・古地震研究報告 Sawai et al (2004) Science 添田ほか（2004）地質学論集 重野ほか（2006）月刊地球 添田ほか（2006）月刊地球 Nanayama (2007) Sedimentary Geology 重野ほか（2008）地質ニュース
1640年北海道駒ヶ岳津波（17世紀）	
北海道大学グループ	
	西村・清水（1993）北海道地区自然災害科学資料センター報告 Nishimura and Miyaji (1995) PAGEOPH 西村・宮地（1996）北海道地区自然災害科学資料センター報告 西村・宮地（1998a）月刊海洋号外 西村・宮地（1998b）火山 Nishimura (1999) Physics and Chemistry of the Earth, Part A: Solid Earth and Geodesy 吉本ほか（2003）地質学雑誌 Nishimura (2008) Tsunamiites
17世紀トリガー不明津波	
北海道立地質研究所グループ	
	嵯峨山ほか（2003）北海道立地質研究所報告 高清水ほか（2007）第四紀研究
1741年渡島大島山体崩壊津波（18世紀）	
北海道大学グループ	
	西村ほか（2000）月刊地球号外 Nishimura (2008) Tsunamiites
1843年北海道南東岸沖地震津波（19世紀）	
北海道大学グループ	
	西村ほか（2000）第四紀研究
1993年北海道南西沖地震津波（20世紀）	
北海道大学グループ	
	西村・宮地（1994）月刊海洋号外 Nishimura and Miyaji (1995) PAGEOPH
産業技術総合研究所グループ	
	重野ほか（2000）地質調査所速報平成11年度活断層・古地震調査概要報告書 Nanayama et al. (2000) Sedimentary Geology Nanayama (2008) Tsunamiites
2003年十勝沖地震津波（21世紀）	
北海道大学グループ	
	西村ほか（2004）地震
産業技術総合研究所グループ	
	重野ほか（2006）地質ニュース 七山ほか（2006）地質ニュース
北海道のアイヌの津波伝承（歴史時代）	
北海道立地質研究所グループ	
	高清水（2005a）北海道立地質研究所報告 高清水（2005b）歴史地震 高清水（2007）Arctic circle



第1図 胆振海岸東部から確認された17世紀巨大津波堆積物の分布
 高清水ほか(2007)の図に北海道教育大学岡村研究室のデータ(未公表)を付け加えて作成。

ベントに加え、1611年の慶長三陸沖地震や、これら以外の未知の波源の可能性も否定しきれない。今後、この津波のトリガー推定の試みが進展することに期待したい。

4. これからの北海道における津波堆積物研究に求められる課題

上述のように、ほぼ主要な巨大津波の全容は把握されたともいえるが、未だ、いくつかの重要課題が残っている。

1つ目は、やはり津波堆積物調査の空白地域を埋めることである。北海道北部日本海側の沿岸低地では、西村ほか(1999)による調査報告があるが、津波堆積物は認められていない。また、北海道立地質研究所においても独自に日本海側およびオホーツク海側で調査を行っているが、完全に津波堆積物と認定できるものは未だ確認していない。しかしながら、日本海側は日本海東縁変動帯に面する海岸であり、多くの死者・行方不明者を出している過去を振り返ると、浸水履歴の復元と再来間隔の調査は必要であろう。例えば、1993年北海道南西沖地震では、奥尻島で最大痕跡高約30mの大津波が発生し、対岸の渡島半島の被害を含め、死者・行方不明者229名の甚大な被害を出している。

同様に、日高海岸地域での調査も重要である。高清水・仁科(2010)は、日高海岸での先行調査において、津波堆積物の可能性のある砂層を見いだしている。この地域は、胆振海岸のような広い沿岸低地とは異なり、三陸のリアス式海岸を思わせるような、いくつもの谷からなる河口地域である。このような地域に襲撃する津波は、異常に高い遡上高を持つ可能性が考えられるため、津波浸水履歴の解明は重要な課題として残っている。

2つ目は、先の震災で明らかになったように、原子力や火

力等の発電所や重要な社会インフラ等の周辺(例えば、港湾、主要な道路、鉄道、廃棄物処分地、有害物質取扱施設、水源地等)での重点的な調査である。過去の巨大津波の実体は、史料の乏しい北海道においては、地層から読み取ることが最善である。そこから得られるデータは道民の安全・安心のための重要資料となることは想像に難くない。

3つ目に、すでに述べたが、胆振沿岸地域における津波浸水履歴のより詳細な解明は、17世紀の巨大津波の実態を明らかにするために必須である。1635年とされる連動型地震による巨大津波は襟裳岬を越え、どのように伝播したのだろうか? 1640年の北海道駒ヶ岳起源の巨大津波は、胆振・日高海岸へどのように到達したのか? 等、残された課題は多く、古津波科学の重要なテーマの1つである。

これらの諸課題は、将来危惧される巨大津波の被害予測のための基盤資料として重要な貢献するものとなるだろう。

5. おわりに

世界で初めて(?), 沿岸低地を遡上する津波流の様子が上空から生中継された3・11の衝撃はあまりに大きく、地層から想像するしかなかった巨大津波の実態は、図らずも科学的に検証されてしまった。そして専門家が説明するまでもなく、ほとんどの人々の持つ巨大津波の実像と危険性に対する科学的知識は飛躍的に向上した。次に必要な巨大津波に関する科学リテラシーは、各地における将来の津波防災計画と津波履歴の把握であろう。

翻って今後の国内、道内のことを考えると、かなり近い将来の発生が危惧される「北海道の300-500年間隔巨大地震」と「東海・東南海・南海連動型巨大地震」に対する警鐘はいくら鳴らしても鳴らし過ぎることはない。とりわ

け、古津波研究の最先端地である北海道では、地層から提示された巨大津波の科学的事実と東日本大震災で発生した巨大津波の特徴を踏まえ、北海道内に来襲した過去の巨大津波のさらなる科学的解明と巨大津波に対する防災計画の再検討が必要だろう。

最後に、東日本大震災によって亡くなられた方々のご冥福をお祈り申し上げます。

謝 辞：平成 23 年北海道総合研究機構地質研究所調査研究成果報告会での発表機会を与えていただいた同所の皆様に感謝いたしますとともに、同所をはじめとする関係諸機関・研究者により、今後の北海道の津波研究・津波防災が一步でも前進することを心の底より期待いたします。

文 献

- Atwater, B. F., Furukawa, R., Hemphill-Helly, E., Ikeda, Y., Kashima, K., Kawase, K., Kersey, H. M., Moor, A. L., Nanayama, F., Nishimura, Y., Odagiri, S., Ota, Y., Sun-Cheon, P., Satake, K., Sawai, Y., Shimokawa, K. (2004): Seventeenth-century uplift in eastern Hokkaido, Japan. *Holocene*, 14, 487-501.
- 平川一臣・中村有吾・越後智雄 (2000): 十勝地方太平洋沿岸地域の巨大古津波. 月刊地球号外, 第 31 号, 1-7.
- 平川一臣・原口 強 (2001): 十勝平野太平洋沿岸の津波堆積物. 活断層研究, 20, 口絵.
- 平川一臣・中村有吾 (2002): 古津波研究における地形学的観点の重要性: 十勝太平洋岸の例. 歴史地震, 第 17 号, 106-107.
- 平川一臣・中村有吾・原口 強 (2003a): 十勝地方太平洋沿岸地域の巨大津波. 月刊地球号外, 第 22 号, 92-98.
- 平川一臣・中村有吾・原口 強 (2003b): 北海道十勝沿岸地域における巨大津波と再来間隔—テフラと地形による検討・評価—. 月刊地球号外, 第 22 号, 154-161.
- 平川一臣・中村有吾・西村裕一 (2005): 北海道太平洋沿岸の完新世巨大津波—2003 十勝沖地震津波との比較を含めて—. 月刊地球, 第 49 号, 173-180.
- 平川一臣 (2006): 古津波調査における地形の重要性. 月刊地球号外 54, 1-7.
- 鎌滝孝信・澤井祐紀・宍倉正展・佐竹健治・山口正秋・松本 弾 (2004): 潮間帯における津波堆積物の分布様式: 北海道東部, 藻散布沼の例. 活断層・古地震研究報告, 第 4 号, 31-43.
- Harvey, K.・佐竹健治・澤井祐紀・Brian, S.・下川浩一・宍倉正展 (2002): 北海道東部における完新世後期の急激な海岸隆起の繰り返し. 活断層・古地震研究報告, 第 2 号, 223-233.
- 七山 太 (1998): 1. 北海道東部, 釧路～根室地域の津波堆積物の研究(予察). 地質調査所速報平成 9 年度活断層・古地震調査概要報告書, 1-9.
- Nanayama, F. (2008): Sedimentary characteristics and depositional processes of onshore tsunami deposits: An example of sedimentation associated with the 12 July 1993 Hokkaido-Nansei-Oki earthquake Tsunami. Shiki, T., Tsuji, Y., Yamazaki, T. and Minoura, K. (eds.) *Tsunamiites*, 63-79. Elsevier Science, Amsterdam.
- 七山 太・重野聖之 (1998): 北海道東部, 千島海溝沿岸地域における歴史津波堆積物 - 研究序説 -. 月刊海洋号外, 第 15 号, 177-182.
- 七山 太・佐竹健治・下川浩一・重野聖之・小坂橋重一, 宮坂省吾, 石井正之 (1998): 遼上型津波堆積物の堆積相と堆積過程 - 1993 年北海道南西沖地震津波の研究例 -. 月刊海洋号外, 第 5 号, 140-146.
- 七山 太・佐竹健治・下川浩一・重野聖之・古川竜太 (1999): 2. 堆積学的手法に基づく, 千島海溝沿岸域における古津波? 履歴調査 - 霧多布湿原における研究例 -. 地質調査所速報平成 10 年度活断層・古地震調査概要報告書 3-17.
- 七山 太・佐竹健治・下川浩一・重野聖之・古川竜太 (2000): 1. イベント堆積物を用いた千島海溝沿岸域の津波の遼上規模と再来間隔の検討. 地質調査所速報平成 11 年度活断層・古地震調査概要報告書, 1-17.
- 七山 太・佐竹健治・下川浩一・重野聖之・古川竜太・廣野 勲・牧野彰人・野島順二・小坂橋重一・石井雅之 (2000): 千島海溝沿岸域, 霧多布湿原において確認された巨大地震津波イベント. 月刊地球号外, 第 28 号, 139-146.
- Nanayama, F., Shigeno, K., Satake, K., Shimokawa, K., Koitabashi, S., Miyasaka, S., Ishii, M. (2000): Sedimentary differences between the 1993 Hokkaido-nansei-oki tsunami and the 1959 Miyakojima typhoon at Taisei, southwestern Hokkaido, northern Japan. *Sed. Geol.*, 135, 255-264.
- 七山 太・牧野彰人・佐竹健治・古川竜太・横山芳春・中川 充 (2001a): 釧路市春採湖コア中に認められる, 千島海溝沿岸域における過去 9000 年間に生じた 20 層の津波イベント堆積物. 活断層・古地震研究報告, 第 1 号, 233-249.
- 七山 太・重野聖之・牧野彰人・佐竹健治・古川竜太 (2001b): イベント堆積物を用いた千島海溝沿岸域における津波の遼上規模の評価—根室長節湖・床潭沼・馬主来沼, キナシベツ湿原および湧洞沼における研究例—. 活断層・古地震研究報告, 第 1 号, 251-272.
- 七山 太・重野聖之・三浦健一郎・牧野彰人・古川竜太・佐竹健治・斉藤健一・嵯峨山積・中川 充 (2002): イベント堆積物を用いた千島海溝沿岸域における先史～歴史津波の遼上規模の評価—十勝海岸地域の調査結果と根釧海岸地域との広域比較—. 活断層・古地震研究報告, 第 2 号, 209-222.
- 七山 太・佐竹健治・下川浩一・古川竜太・重野聖之 (2003a): イベント堆積物を用いた千島海溝沿岸域の津波の遼上規模と再来間隔の検討. 活断層・古地震研究調査概要報告, 1-17.
- 七山 太・重野聖之・添田雄二・古川竜太・岡橋久世・斉藤健一・横山芳春・佐竹健治・中川 充 (2003b): 北海道東部, 十勝海岸南部地域における 17 世紀の津波の痕跡とその遼上規模の評価. 活断層・古地震研究報告, 第 3 号, 297-314.
- Nanayama F., Satake K., Furukawa R., Shimokawa K., Atwater B. F., Shigeno K. and Yamaki S. (2003): Unusually large earthquakes inferred from tsunami deposits along the Kuril trench. *Nature*, 424, 660-663.
- 七山 太・重野聖之 (2004) 遼上津波堆積物概論: - 沿岸低地の津波堆積物に関する研究レビューから得られた堆積学的認定基準. 地質学論集, 第 58 号, 19-33.
- 七山 太・重野聖之・三浦健一郎・古川竜太 (2004): 北海道東部, 根室市当賀低地において記載された 4 層の津波砂層と広域イベント対比. 活断層・古地震研究報告, 第 4 号, 9-15.
- 七山 太・重野聖之・添田雄二・石井正之 (2006): 平成 15 年 9 月 26 日十勝沖地震津波によって生じた港内の土砂移動現象 - 被災直後の堆積学的記載の重要性 -. 地質ニュース, 第 620 号, 10-18.
- Nanayama, F., Furukawa, R., Shigeno, K., Makino, A.,

- Soeda, Y. and Igarashi, Y. (2007): Unusually nine large tsunami deposits from the past 4000 years at Kiritappu marsh along the southern Kuril Trench. *Sedimentary Geology*, 200, 275-294.
- 西村祐一 (2002): 歴史噴火と歴史津波 - 1994 年ラウバルと 1640 年北海道駒ヶ岳の噴火と津波. 月刊海洋号外, 第 28 号, 132-137.
- 西村裕一・清水 洋 (1993): 火山性津波の災害予測—1640 年北海道駒ヶ岳噴火と津波—. 北海道地区自然災害科学資料センター報告. 8. 17-28.
- Nishimura Y. and Miyaji N. (1995): Tsunami deposits from the 1993 southwest Hokkaido Earthquake and the 1960 Hokkaido Komagatake Eruption, northern Japan. *PAGEOPH*, 144, 719-773.
- 西村裕一・宮地直道 (1994): 北海道南西沖地震に伴う津波堆積物の分布および粒度特性. 月刊海洋号外. 第 7 号, 139-147.
- 西村裕一・宮地直道 (1996): 台風 24 号 (1994 年 9 月) に伴う高潮の堆積物に関する調査. 北海道地区自然災害科学資料センター報告, 10, 15-26.
- 西村裕一・宮地直道 (1998): 駒ヶ岳噴火津波 (1640 年) の堆積物中の痕跡. 月刊海洋号外. 第 15 号, 172-176.
- 西村裕一・宮地直道 (1998): 北海道駒ヶ岳噴火津波 (1640 年) の波高分布について, 火山, 43. 239-243.
- Nishimura Y., Miyaji N. and Suzuki M. (1999): Behavior of Historic Tsunamis of Volcanic Origin as Revealed by Onshore Tsunami Deposits. *Physics and Chemistry of the Earth, Part A: Solid Earth and Geodesy*, 24, 11/12, 985-988.
- 西村裕一・宮地直道・吉田真理夫 (1999): 北海道北部, 日本海沿岸における津波堆積物調査. 歴史地震, 第 15 号, 225-231.
- 西村裕一・鈴木正章・宮地直道・吉田真理夫・村田泰輔, (2000): 北海道渡島半島, 熊石町鮎川海岸で発見した歴史津波堆積物. 月刊地球号外, 第 28 号, 147-153.
- 西村裕一・宮地直道・吉田真理夫・村田泰輔・中川光弘 (2000): 北海道霧多布湿原の泥炭層中から発見された 1843 年の津波堆積物. 第四紀研究, 39, 451-460.
- 西村裕一・谷岡裕一郎・平川一臣 (2004): 2003 年十勝沖地震津波の自然海岸における痕跡. 地震, 57, 135-138.
- Nishimura, Y. (2008): Volcanism-induced tsunamis and tsunamiites. Shiki, T., Tsuji, Y., Yamazaki, T. and Minoura, K. (eds.) *Tsunamiites*, 163-184, Elsevier Science, Amsterdam.
- 嵯峨山 積・高清水康博・仁科健二・岡 孝雄 (2003): 北海道鶴川周辺の現世イベント堆積物中の珪藻遺骸. 北海道立地質研究所報告, 74, 59-61.
- 佐竹健治・七山 太・山本 滋 (2003): 17 世紀に北海道東部で発生した異常な津波の波源モデル. 活断層・古地震研究報告, 第 3 号, 315-362.
- 佐竹健治・七山 太・山本 滋 (2004): 17 世紀に北海道東部で発生した異常な津波の波源モデル (その 2). 活断層・古地震研究報告, 第 4 号, 17-29.
- 佐竹健治・七山 太 (2004): 北海道太平洋岸の津波浸水履歴図 (CD-ROM). 数値地質図 EQ - 1.
- 佐竹健治・七山 太 (2004): 北海道太平洋岸の津波浸水履歴図. 月刊地球, 37, 229-232.
- 佐藤比呂志・嶋本利彦・堤昭人・川本英子・宮脇昌弘 (1994): 1993 年北海道南西沖地震と 1983 年日本海中部地震に伴う陸上の津波堆積物. 活断層研究, 12, 1-23.
- Sawai Y. (2002): Evidence for 17th-century tsunamis generated on the Kuril - Kamchatka subduction zone, Lake Tokotan, Hokkaido, Japan. *Jour. Asian Earth Science*, 20, 903-911.
- 澤井祐紀・佐竹健治・七山 太・添田雄二 (2004): 北海道東部厚岸町国泰寺跡において検出された津波堆積物の年代. 活断層・古地震研究報告, 第 4 号, 1-7.
- Sawai, Y., Satake, K., Kamataki, T., Nasu, H., Shishikura, M., Atwater, B. F., Horton, B. P., Kelsey, H. M., Nagumo, T., Yamaguchi, M (2004): Transient uplift after a 17th-Century Earthquake along the Kuril subduction zone. *Science*, 306, 1918-1920.
- 重野聖之・七山 太・佐竹健治・下川浩一 (2000): 2. 渡島半島西岸, 大成町南部地域における 1993 年北海道南西沖地震による津波イベント堆積物の分布状況と津波浸水状況との対応. 地質調査所速報平成 11 年度活断層・古地震調査概要報告書, 19-41.
- 重野聖之・福岡 哲・石井正之・添田雄二・古川竜太・七山 太 (2006): 新しい地層採取装置, ACE ライナー - 霧多布湿原での巨大津波痕跡調査実験 -. 月刊地球, 第 28 号, 568-571.
- 重野聖之・七山 太・添田雄二・石井正之 (2006): 平成 15 年十勝沖地震津波によって生じた港内の土砂移動現象. 地質ニュース, 第 620 号, 1-2.
- 重野聖之・七山 太・村上文敏・熊崎農夫博・堤 康夫・桂川 実・古川竜太・中川 充 (2008): 地中レーダを用いた湖底津波堆積物のイメージング探査実験. 地質ニュース, 第 642 号, 34-39.
- 添田雄二・七山 太・重野聖之・古川竜太・熊崎農夫博・堤 康夫・車塚 洋・澤井祐紀・佐竹健二・中川 充・山田悟郎・桂川 実・赤松守雄・石井正之 (2003): 北海道東部, 厚岸町史跡国泰寺跡の泥炭層中において発見された 9 層の津波砂層とその広域イベント対比. 活断層・古地震研究報告, 第 3 号, 285-296.
- 添田雄二・七山 太・重野聖之・古川竜太・熊崎農夫博・石井正之 (2004): 史跡国泰寺跡および夕見川低地において認定された巨大津波イベント - 津波堆積物認定の際の堆積学的解析と珪藻遺骸分析併用の重要性 -. 地質学論集, 第 258 号, 63-75.
- 添田雄二・七山 太・重野聖之・石井正之・古川竜太・猪熊樹人・中川 充・長友恒人・山田悟郎 (2006): 根室海岸域において発掘された 15 層の巨大津波痕跡 - 速報 -. 月刊地球, 第 28 号, 532-538.
- 高清水康博 (2005): 北海道鶴川町における津波に関するアイヌの口碑伝説と祭儀. 北海道立地質研究所報告, 第 76 号, 97-100.
- 高清水 康博 (2005): 北海道における津波に関するアイヌの口碑伝説と記録. 歴史地震, 第 20 号, 183-199.
- 高清水康博 (2007): 地層学とアイヌ口碑伝説から過去の大津波を探る. *Airctic circle*, 第 64 号, 14-17.
- 高清水康博・嵯峨山 積・仁科健二・岡 孝雄・中村有吾・西村裕一 (2007): 北海道胆振海岸東部から確認された 17 世紀の津波堆積物. 第四紀研究, 46, 119-130.
- 高清水康博・仁科健二 (2010): 日高海岸から確認された 17 世紀津波堆積物 (?) の特徴. 日本堆積学会 2010 年茨城大会講演要旨集, p93.
- 吉本充宏・古川竜太・七山 太・西村裕一・仁科健二・内田康人・宝田晋治・高橋 良・木下博久 (2003): 海域に流入した北海道駒ヶ岳火山 1640 年岩砕なだれ堆積物の分布と体積推定. 地質学雑誌, 109, 595-606.

北海道沿岸における東北地方太平洋沖地震の津波調査一概要一

岡崎紀俊・地質研究所津波調査班*

*地質研究所津波調査班メンバー

地域地質部 田近 淳
地域地質部 地質情報グループ 小澤 聡・大津 直・鈴木隆広・田村 慎
地域地質部 地質防災グループ 岡崎紀俊・川上源太郎・石丸 聡・廣瀬 亘・高橋 良
資源環境部 資源環境グループ 柴田智郎・森野祐助・荻野 激・垣原康之
資源環境部 沿岸地質グループ 八幡正弘・仁科健二

キーワード：東北地方太平洋沖地震，津波，浸水高，GPS，GIS

1. はじめに

平成23年3月11日14時46分頃、東北地方の太平洋沖でM9.0の巨大地震「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」が発生した。気象庁によれば、この地震により宮城県栗原市で震度7、宮城県、福島県、茨城県などの広い範囲で震度6強の強い揺れを観測した。北海道においても太平洋側の広い地域で震度4の揺れを観測した。震源域は岩手県沖から茨城県沖にかけての長さ約500km、幅約200kmにわたる広い領域であり、地震の発震機構は西北西-東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型のプレート境界地震であった。地震直後に震源域近傍である東北地方から関東地方の太平洋沿岸を巨大津波が襲い、死者・行方不明者が2万5千名程度となる大災害(東日本大震災)となった。北海道太平洋沿岸においても津波による被害が多く、道庁危機対策課によれば、人的被害は死者1名、軽傷3名、住宅被害は床上浸水294棟、床下浸水435棟など、水産被害は漁船被害768件、水産関連施設被害318件などが発生した(平成23年4月14日現在)。

当所では、地震発生後直ちに地域地質部長を本部長とする津波調査本部を設置し、北海道太平洋沿岸域における津波調査を実施した。ここでは、その調査概要および津波の高さ分布について報告する。なお、津波堆積物の調査結果については川上・他(本要旨集)および仁科・他(本要旨集)で報告している。

2. 津波調査

津波調査は北海道大学地震火山研究観測センターおよび札幌管区気象台と連携しながら行った。当所は北海道の太平洋沿岸において、港湾や河川、砂浜に残った津波の浸水深や遡上高などの津波高の測定、および津波の流動方向や津波堆積物の観察などを行った。調査域は道南(室蘭市から知内町)、道央(えりも町から登別市)および道東(根室市から広尾町)に分けて3班7名の現地調査班を編成し、第1次の調査は津波注意報が解除された後の3月14日~16日の日程で行った。その後、第1次調査の補足および対象地域を絞った第2次調査は1班(3月17日~18日:2名)、および第3次調査は2班(3月23日~24日:2名、23日~26日:2名)で行った。

津波高の測量には主にGPS測量を行った。測量の様子は写真1に示すように、砂浜に打ち上げられた漂着物や雪面に付着した堆積物など津波の痕跡が確認される場所では、その位置にGPSアンテナを設置した。補助的にハンドレベルや標尺を用いた簡易測量や土木工事用水準点などを使用した測量も併用した。条件の良い地点では津波遡上の距離測定も行った。GPSの観測時間は約10分程度として多くの地点で測量を行った。調査終了後に、国土地理院の電子基



写真1 津波高および遡上距離測量の様子

準点のデータを用いて各観測点の緯度、経度、標高を計算し、気象庁の潮位観測情報から津波最大波到達時の潮位を求めて浸水高(潮位面からの津波の高さ)を算出した。

3. 津波高の分布

各調査班が測定した津波高(標高)の分布を第1図に示す。津波の高さは太平洋沿岸一帯で少なくとも1m以上であったことがわかる。東からみると、根室半島周辺では津波の高さは1~3m程度、それより西側の浜中町あたりから相対的に津波の高い地域となり、釧路~十勝~えりもにかけての沿岸域では3m~4m以上の高い値が観測された。このうち最も高かったのは釧路市音別町キナシベツの砂浜での5.6mであった。これらの地域は津波の被害も多く、たとえば豊頃町大津漁港では漁船が打ち上げられたり(写真2)、浜中町霧多布では旧道の橋脚が破壊されたりした(写真3)。

日高から胆振東部の沿岸では1~3m程度の高さであったが、その中でえりも~浦河および日高門別~鶴川ではやや高め2~4m程度であった。えりも~浦河では漁港や漁船の被害が、えりも町本町では暗渠になっている幌泉川河口部が津波遡上によって上面の道路が浮き上がる被害が見られた。しかし、津波の高さが2mを下回る地点では津波の痕跡や被害が小さくなる傾向がみられた。

室蘭から西側の沿岸では、内浦湾奥部では胆振東部沿岸よりもやや高く2m前後の高さで、津波は河川や水路を伝って内陸部まで遡上していた。たとえば八雲町遊楽部川では河口から約2.1km、長万部町国縫川では約1.7km、八雲町早瀬川では約1.4kmであった。

森町砂原~恵山~函館市湯の川にかけては明瞭な津波の



写真2 道路に打ち上げられた漁船（豊頃町大津漁港）



写真3 津波で破壊された旧汐見橋の橋脚（浜中町霧多布）

痕跡は確認できなかった。しかし、函館西埠頭からJR函館駅にかけての一带は2mを越え、道路上でも0.6m程度の浸水高があり、函館朝市など被害が発生した。函館から西側の沿岸域では、上磯富川海岸で1.4mを観測したが、知内町では津波の痕跡は確認できなかった。

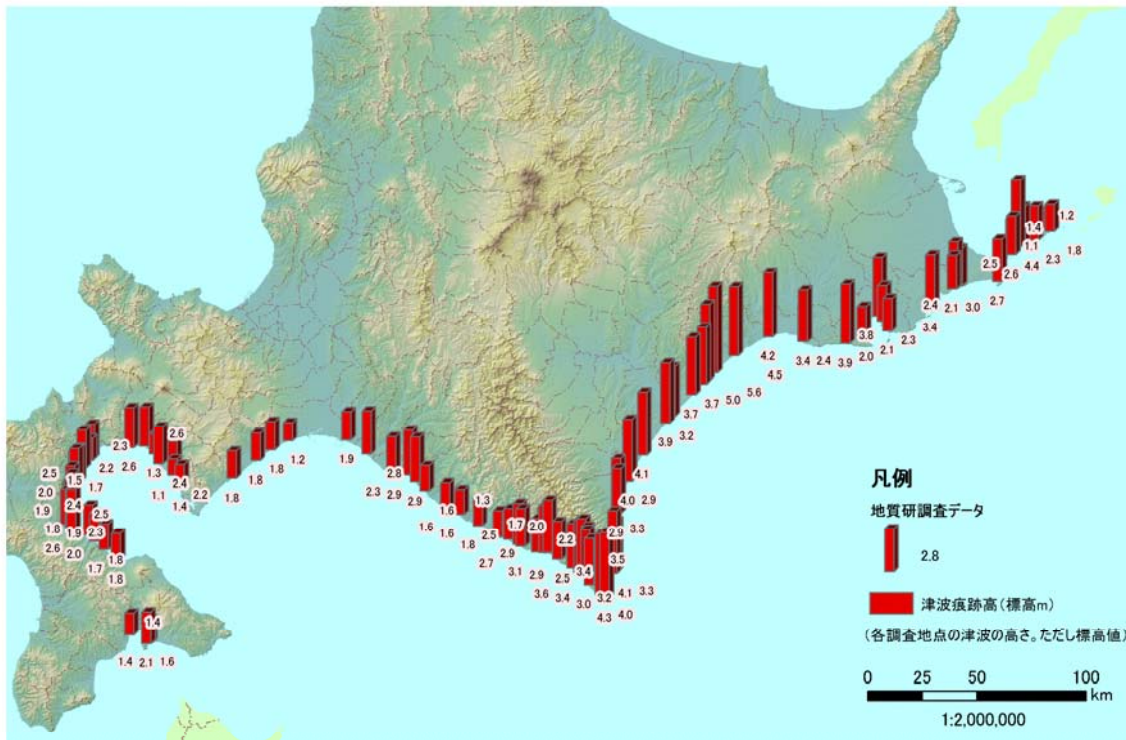
4. おわりに

これらの津波調査結果は、速報的に当所HPにて概要・調査地の状況等について発信するとともに、GISでとりまとめを行いWebGISにて情報発信している（小澤・他、本要旨集）。さらに、社団法人土木学会の海岸工学委員会による津波調査データシートに結果を取りまとめ、データを提供したところである。

最後に、この大震災でなくなられた方々のご冥福をお祈りするとともに、被災された方々に心よりお見舞い申し上げます。

文 献

- 川上源太郎・地質研究所津波調査班（2011）北海道沿岸における東北地方太平洋沖地震津波の作用1，本要旨集
- 仁科健二・地質研究所津波調査班（2011）北海道沿岸における東北地方太平洋沖地震津波の作用2，本要旨集
- 小澤 聡・地質研究所津波調査班（2011）GISを活用した東北地方太平洋沖地震の道内津波調査情報の共有とWebGIS情報発信，本要旨集



第1図 北海道内太平洋沿岸における津波高の分布

北海道沿岸における東北地方太平洋沖地震津波の作用 1 —全体概要および河川における痕跡—

川上源太郎*・地質研究所津波調査班

*地域地質部 地質防災グループ

キーワード：東北地方太平洋沖地震、北海道、津波、河川遡上、津波堆積物

1. はじめに

2011年3月11日に発生した「平成23年東北地方太平洋沖地震」によって引き起こされた津波は、北海道の太平洋沿岸にも到達し、人的・物的被害を生じさせた。地質研究所では津波警報が解除された後、3月14日～16日に北海道の太平洋岸において初動調査を行い、また3月17日～18日および3月23日～24日（道東は26日まで）に補足調査を行った（岡崎・地質研究所津波調査班、本要旨集）。

初動調査では、海岸付近における被害や変状の把握と津波痕の高さの計測に主眼を置いたが、同時に地形・地質状況に応じた多様な産状を示す津波堆積物が残されていることを把握した。本講演では津波堆積物の調査結果の概要、および河川に残された津波堆積物について報告する。なお時間の限られた調査を速報的にまとめていることもあり、誤認などが含まれる可能性があることをお断りしておく。

2. 全体概要

2.1 津波の高さ

津波痕の高さ（標高値）の測定結果は、小澤・地質研究所津波調査班（本要旨集）に整理されたとおりである。標高値で3mを超えるのは日高管内南部（様似以南）～十勝・釧路管内の太平洋沿岸で、音別町キナシベツでは5.6mであった。根室管内の太平洋沿岸では2m前後の箇所が多いが、局所的に4mを超える地点があった。また日高管内北部～胆振～内浦湾沿岸では2～2.5m程度の高さであった。

日高南部や北海道東部の太平洋沿岸では、高さが3～4m程度に達する津波は10年～数十年の間隔でたびたび発生しており、1000年に一度ともいわれる規模となった東北地方の津波に比較すれば、はるかに小規模であった。

2.2 沿岸地形と津波の作用

北海道太平洋沿岸の地形状況を概観すると、①山地が海岸に迫り、岩礁や礫浜が多い亀田半島沿岸および日高南部の沿岸、②丘陵や台地が海岸に迫り、海食崖の前面が狭い海岸平野や砂浜となっている内浦湾沿岸、胆振東部～日高北部および十勝～釧路西部の沿岸、③沈水による内湾や、河口が閉塞されてできた湖沼が多くみられる釧路東部～根室沿岸に大きく三分される。②のうち、十勝沿岸には小規模なバリアーラグーンが見られる。また④人工的に護岸された海岸や港湾がそれらから区別される。

以下に地形状況と津波の作用について、現地調査にもと

づき整理する。なお河川遡上以外の詳細については、仁科・地質研究所津波調査班（本要旨集）で報告する。

①**岩礁・礫浜**：津波の高さが2～3mを超えた場所であっても、遡上域に碎屑物の堆積はほとんど見られず、ゴミや木片などの漂着物のみが残されている場合が多い。海岸に雪が残る場所では、雪に付着したごく少量の砂質物が確認される場合もあるが、そのような好条件でなければ確認は困難であった。礫浜に注ぐ礫質河川を遡上した場所でも、植生の倒伏や漂着物の打ち上げのみが観察された（写真1）。



写真1 様似町ニカンベツ川の状況(河口より100mほどの地点から上流に向かって撮影)。遡上流れて植生が倒伏し、雪は灰色に汚れている。人物が立つ住宅の敷地まで冠水した。

②**狭い海岸平野**：津波高の高い場所では遡上波が後浜に達し、植生の倒伏や砂の堆積を生じた。砂の堆積域末端はわずかに泥質で、漂着物は砂の分布範囲よりさらに陸側に打ち寄せられている場合が多く、遡上方向へ選別されている。十勝沿岸のバリアーラグーンでは、バリアを越えて潟湖に流入した津波が washover fan 状に砂を堆積させ、漂着物は砂の末端よりさらに陸側の、結氷した潟湖の氷上に打ち寄せられた。これら海浜を遡上した津波堆積物はベッドフォームの発達に乏しいが、断面に平行葉理が観察される場合があった。後述するように、砂浜に面した中・小河川では津波堆積物を伴う遡上痕が観察された。

③**内湾**：北海道東部沿岸の内湾や河口閉塞による湖沼では、潮流口を通して、あるいは越流や河口の砂州を破壊して津波が遡上し、washover fan 状に砂を堆積させたり湾奥の干潟や湿地上に砂や泥、泥炭を堆積させた。湾奥の津波堆積物は、湾内の底質や湾岸の堆積物が侵食・運搬されたものと

考えられる。

④港湾・護岸域：港湾では遡上波による漁船の打ち上げ、荷捌場のシャッター破損や浸水被害が生じたが、堆積物は薄い砂が残る程度のところが多かった。護岸域では工作物の変状や津波堆積物はほとんど認められなかった。

3. 河川遡上による津波堆積物

3.1 日高町慶能舞川の例

日高町慶能舞川の河床には、河口から 500 m ほど上流の地点まで礫質砂からなるデューンが形成された（写真 2）。デューンは波長 1.5~2 m、波高 15~20 cm で、遡上流れを示す。またデューンの谷を埋めるように、戻り流れを示すリップル砂層（細粒~中粒砂）が広がる。デューンをなす礫質砂、およびそれを覆うリップル砂層はともに淘汰が悪く、おもに河床堆積物の移動により形成されたと推察される。植生の倒伏や砂の堆積は、デューンより高い位置にある砂州の上面にも見られ、津波の最大高さはデューンより 1.5 m ほど高い位置（標高 2.9 m）まで達している。



写真 2 慶能舞川の河床に形成されたデューンと、それを覆うリップル砂。河口から 400 m ほど上流の地点から下流に向かって撮影。写真奥に見えるのは国道 235 号線の慶能舞橋。白破線は津波痕の最高部。

3.2 様似川・海辺川の例

様似町の様似川および海辺川流域は狭い沖積低地となっており、河口部には砂浜が広がる。様似では津波の高さが標高 3 m を超え、両河川の河床や砂州上、および人工堤防上に津波堆積物が残された。

様似川では河口から 800 m ほどの地点において、砂州~人工堤防上に津波堆積物が確認された。砂州上では植生が倒伏し、淘汰の良い細粒~中粒砂に覆われていた。また雪が残る人工堤防の川側法面では、法面の上部に向かって細粒~中粒砂、やや泥質な細粒砂、漂着物が順に雪を覆っており“級化”状を呈する（写真 3）。この産状は、海浜を遡上した津波堆積物によく似る。

一方、海辺川では河口から 700 m ほどの地点において、リップルをつくる淘汰の良い細粒砂が河床~砂州を広く覆った（写真 4）。リップルの示す流れは主に河道の下流へ向

く戻り流れを示すが、砂州の縁には河床へ流れ落ちる侵食痕なども見られ、fan 状に砂が堆積していた。



写真 3 様似川左岸の堤防上に残された“級化”状を示す津波堆積物。河口から 800 m ほど上流の地点で、下流に向かい撮影。



写真 4 海辺川の砂州上に残されたリップル砂層。河口から 700 m ほどの地点。流向は河道の下流(左手)に向かう流れを示す。

4. おわりに

河川は津波の遡上流れ、戻り流れの経路となり、堆積物にはベッドフォームが形成されやすい環境である。慶能舞川に見られた遡上流れのデューンと戻り流れのリップルの累重は、1993 年南西沖地震津波による大成町白別川の津波堆積物（七山・重野，2004）に見られるものとよく類似する。現代では人工堤防・護岸が氾濫を防ぎ、流れはより安定的・持続的になりやすいと想像される。

しかし河道に残された堆積物は、その後の侵食などにより保存ポテンシャルは低いであろう。したがって、日高や北海道南部など礫質な河川・海岸が多く、低地が河川流域に限られる場所では、河道から氾濫した細粒な津波堆積物が、過去の大津波の評価により重要と思われる。

5. 文献

七山 太・重野聖之（2004）地質学論集，58，19-33。
仁科健二・地質研究所津波調査班（本要旨集）
岡崎紀俊・地質研究所津波調査班（本要旨集）
小澤 聡・地質研究所津波調査班（本要旨集）

北海道沿岸における東北地方太平洋沖地震津波の作用 2

—海浜・港湾・潟の痕跡および総括—

仁科健二*・地質研究所津波調査班

*資源環境部 沿岸地質グループ

キーワード：津波堆積物，ラグーン，雪氷期，貞観地震津波，Ts5

1. はじめに

11年3月11日，太平洋三陸沖で発生したM9.0のプレート境界型の巨大地震は津波を発生させ，東北地方沿岸に‘想定外の’巨大津波が到達し壊滅的な被害をもたらした。北海道沿岸においても津波の影響により養殖施設への多額の水産被害をはじめ死者を出す被害となった。地質研究所では地震後，緊急調査班を組織し本道沿岸の津波影響調査にあたった。本報告では現地踏査をもとにした，砂浜海岸，港湾・市街および内湾・ラグーンでみとめた津波の痕跡とその作用について報告する。さらに，それらの現象のうち雪氷期に特有の津波作用を報告し，加えて道東域における既報の地震津波堆積物分布と比較した結果を報告する。

2. 沿岸域への津波作用と痕跡

北海道の沿岸をその地形的特徴から，岩礁・礫浜からなる海岸，海岸平野や砂浜，内湾に区分し，その概要と河川への津波作用については，川上・地質研究所津波調査班（本要旨集）が報告している。以下では，海浜，防波堤で遮蔽された港湾および建造物の存在する市街地，道東沿岸域に特徴的に存在する内湾・ラグーンで観察された津波堆積物・痕跡について，それぞれで認めた特徴を述べる。

2.1 海浜への津波作用と痕跡

海浜では近接する港湾に比べて1m程度高い位置に遡上痕跡が存在した（例．伊達漁港内：1.1m；外：2.0m，千代の浦漁港内：2.5m；外3.5m）。この差は津波の浸水に加えて，短周期の波浪が加わるためと速度水頭による遡上によるためである。海浜に残された痕跡は，植生の倒伏，砂表面の流痕，後浜砂面に形成された段や侵食痕，および漂着物であった。遡上の上限は一定のレベルに漂着物が帯状に分布することで認定される。漂着物は，枝・幹などの木片が多く，ところにより漁具やボトル類が多い場所もあった。遡上流が砂堤を越えた地点では陸側方向への植生の倒伏痕が残され，頂部よりも海側では，戻り流れによって海側へ植生の倒伏が生じた。地形面が一樣でない場合は戻り流れが収束する区域では流路に沿って帯状に海側への倒伏が生じ，戻り流れが弱いか生じなかった区域は陸側への倒伏が保存されていた。また，戻り流れと後浜上の水位変化によって段丘状に砂の堆積・侵食が認められたケースがあった。

2.2 港湾・市街地における津波作用と痕跡

砂層に代表される津波堆積物は著しく少ない。係留してあったあるいは上架してあった船の移動（大津漁港など），塵芥・バラスの散乱（函館市街など），非舗装部の侵食（函館・厚岸市街），シャッターや門扉の破壊（花咲港など）を認めた。えりも町本町では，暗渠から噴出した水流によって路面が破壊された。津波の浸水および排水時に強い流れが生じたと判断される地点では洗い掘りや漂流物の衝突による変状を残したが，多くの地点ではウォーターマーク（泥水付着痕の上限）痕跡のみが認められ，流れの痕跡は見出

しがたい。ウォーターマークの明瞭な港湾と不明瞭な港湾とがあり，浸水した海水の濁度に違いがあったことがうかがえ，港湾の形が渦などの乱れによる港口付近の底質の巻上の条件を決定していると推測した。遡上流れおよび戻り流れの経路によっては，洗掘や漂流物の衝突による損壊が生じるが，流れの経路からはずれた地点では浸水痕として浸水上限に漂着物やウォーターマークを残すが地表面にソールマークを残すことは稀であった。

2.3 内湾・ラグーンへの作用と痕跡

道東地域には，谷の前面を砂州（バリア）によって閉塞された内湾・ラグーンが数多く存在する。調査したおもな湖沼は17地点であり，広大な水域を持つ火散布沼やバリア背後に明瞭な水域を持たない湿原を含め，水域の規模や湖口形状などの条件はさまざまである。個々の内湾・ラグーンにおける津波作用への応答は多様であり，湖口の形状と閉塞状況によって津波遡上流の侵入経路・浸水量が大きく異なったためと推測された。ラグーンの地形を湖口洲，潮流口，上げ潮三角州，湖盆底，干潟下部・上部および湿地下部・上部の地帯に区分し，それぞれの地帯区分で認めた津波作用はつぎのとおりであった。

湖口洲：遡上流によってバームが侵食され平行葉理をとまなう砂層が後浜に堆積した（カネサント沼，恵茶人沼など）。潮流口：往復する流れにより侵食が生じ，潮流三角州や潮流口陸側の側方に砂が堆積した。カネサント沼では砂層に含まれた礫の配列方向から遡上流による砂の供給と堆積が生じたことが判断された。

潮流三角州：砂礫の表面に三日月状の侵食痕（遡上流方向）や潮流口に位置する橋脚の侵食防止工が破損したブロックが点在し（幌戸沼，第1図），遡上時の強い流れによる侵食・堆積作用が認められた。



第1図 潮流三角州上に散乱したブロック（浜中町幌戸沼）

湖盆底：水面下であり観察はできていない。湖盆底を欠き、潮流口から湿地が連続する条件の湿地（恵茶人西の沢）では、湿地上に砂層が展開したことから推察すると、潮汐三角州よりも海側から供給された砂の堆積が湖盆底であったと考えられる。

干潟下部・上部：平均水位から下位の干出域を下部干潟、上位の高潮位面までを上部干潟と区分する。この地帯では底質を構成する泥の侵食が生じたと推測した。上部干潟には、偽礫と海草が散乱して存在し、侵食された泥は懸濁状態となって湿原上や氷板上に堆積した（藻散布沼）。このことから泥や泥炭の偽礫（リップアップクラスト）の供給源として津波の作用下にあったと推測され、戻り流れによって下部干潟から湖盆底にかけても堆積があったと推察される。

湿地下部：高潮位面よりも上位で泥質の底質である地帯を湿地下部とする。この地帯では遡上流れによる植生の倒伏と泥の堆積が認められた（幌戸沼、藻散布沼）。

湿地上部：ラグーン奥の湿地では泥の薄い堆積が認められたほか、湖岸の泥炭が破壊され、盤状に移動した状況が認められた（藻散布沼）。湿原内の遡上上限付近では流路に沿って溢流し、流路の屈曲部を越流した流れが流路底と同質な有機質砂・シルトを堆積させた。戻り流れは流路に集中し、流路に沿う戻り流れの植生倒伏が認められた（幌戸沼、別当賀湿地）。

3. 積雪期特有の津波作用と痕跡

津波発生時において北海道の広い範囲は積雪状態にあり、静穏な湖沼・河川の水域は結氷した状態にあった。本調査では、津波が積雪や雪隕、氷盤に対して作用した痕跡を認めた。これらの痕跡として、氷や雪隕それ自体が津波によって移動・積層した事例、氷板の漂流および衝突による地形の削剥・破壊が生じた事例、氷板上に堆積後に漂流した堆積物の事例を観察した。加えて、非積雪期では痕跡が保存されない事象や津波堆積物として区分不可能な対象を積雪や氷が存在したために認定できた。このような例として、遡上上限を積雪があったために認定できた例、ならびに雪氷上に存在した砂礫層は津波堆積物として、雪氷より下位の堆積物とを明瞭に区分できた例がある。遡上上限については懸濁物が少なかった場合にも積雪の融解跡が水平に連続することで認定することができた。後者の例では厚岸町仙鳳趾別太川の氷盤上に河床および河岸の砂礫が運搬され、あたかも河床堆積物のごとく砂州として堆積・配置した例（第2図）があげられる。氷盤が存在しない場合には、河床と同質の構成物の津波による移送・再配置の現象とその量を認定するのは不可能だろう。



第1図 氷盤上一面に堆積した砂礫層（厚岸町別太川）

4. 過去の津波イベント堆積物の比較

道東の湿地・湖沼では津波堆積物に関する数多くの研究があり、霧多布湿原では15層にもおよぶ多数の津波砂層が認定されている（七山ほか、2000）。これら成果として、異常に大きな津波を約500年周期で発生させる巨大地震の存在が知られるようになった。道東域で見出された津波砂層のうち、十世紀に降下した広域火山灰層である白頭山苦小牧（B-Tm）の直下に存在する砂層は、北海道東部沿岸に広域で対比されTs5と称される。この砂層はその堆積時期から貞観11年三陸沖地震津波（869AD）に対応する可能性（七山ほか、2000）が指摘されている。本調査では、Ts5の記載のあったオンネ沼、霧多布湿原、春採湖、馬主来沼、およびTs5に対比される砂層Aks3（添田ほか、2004）が報告されている厚岸町汐見川低地において津波による痕跡を調査した。その結果、オンネ沼、春採湖、馬主来沼では湖沼への浸水はなく、後浜に遡上痕跡を残すのみであり、厚岸町では浸水痕跡のみが認められた。霧多布湿原においては、市街地を防御するために囲む防潮堤が湿地帯への浸水を防いだため、湿地帯での変状は認められなかった。地形の改変など条件の違いのため、相互の比較は難しいものの、現在も自然海岸であるオンネ沼と比較すると、Ts5の陸側分布限界が現汀線から900mにまで及ぶ（七山、2000）のに対して、今回のイベントは若干の越流があったが後浜への作用のみ（汀線から67m）であった。この比較からは、オンネ沼における本調査対象の津波は、Ts5の津波イベントより相当小さな規模であったと推察される。

5. 総括

本調査で踏査した海浜での津波遡上高は、ほとんどの地点で暴浪時に形成された地形上に存在したり、津波遡上上限よりも高位に暴浪時による漂着物が存在したりした。このことは、海浜に及んだ津波作用は通常のス torm の規模よりも小さかったことを示しており、海浜で観測された津波痕跡は以降の度重なる暴浪の作用下で失われることとなろう。また河床に発達したデューン（川上・地質研究所津波調査班）も河川洪水によって失われる痕跡であり、海浜の痕跡同様に保存ポテンシャルが低い。雪氷期特有の河床に及んだ作用や湖沼の氷盤におよんだ作用もまた保存性の低い現象である。今回の災害に際して地質研究所は迅速に道内の広範な地域に調査班を展開し、このような‘はかなく’‘かすかな’痕跡を多数記載することができた。同時に計測した浸水深のデータからは、こうした‘かすかな’痕跡であっても人的・物的被害が生じた、ないしは生じ得ることが認識された。さらに、多くのラグーンの調査を通じて同一イベントの作用およびその対象の空間的配置を認めることができた。加えて、今回の地震イベントと類似性が指摘されている貞観地震イベントに対比される可能性のある砂層分布と今回の津波作用とを比較して、今回の規模を道東域では小さかったと評価した。地域防災を推進するためには、地層記録に残されているわずかなシグナルを認識し、過去の津波イベントの規模を詳細に復元できることが望ましい。今回の調査において浸水高データとともに多くの堆積学的事例を観察できたことは、過去の津波イベントの認定と評価する際に役立つであろう。

文 献

川上・地質研究所調査班、2011、本要旨集
七山ほか、2000、地調速報 No.EQ/00/2、1-17
添田ほか、2004、地質学論集、58、63-75

一般セッション

美瑛町白金温泉の現状と課題 —H20～22 受託研究結果から—

高橋徹哉*・柴田智郎*・岡崎紀俊**・村山泰司**

*資源環境部 資源環境グループ
**地域地質部 防災地質グループ

キーワード：美瑛町白金温泉，坑井障害，温泉資源の適正管理利用

1. はじめに

美瑛町白金温泉は，北海道を代表する十勝岳周辺域の温泉地のひとつであり，自然景観に優れ，「丘のまち美瑛」の観光産業基盤を支える重要な役割を担っている。

白金地区における泉源開発の歴史は1950年まで遡り，その後，美瑛町が温泉供給事業を開始し，今日まで温泉郷や観光地として発展してきた。それに伴い必要な湯量を確保するために，数多くの泉源開発が行われた（第1表）。

白金温泉の温泉供給は魚骨方式である。受託研究を開始した2008年当時は，5泉源を動力揚湯し，12箇所の温泉施設へ供給を行っていたが，供給量には余剰がほとんどない状態であった。休止している温泉施設の再開や新規の温泉施設の進出等により温泉利用量が増大した場合には，必要な温泉供給量の確保が難しい状況にあった。また，稼働中の泉源で坑井障害が生じた場合の予備泉源の確保も急務となっており，新たな泉源開発も検討されていた。

こうした状況から，美瑛町では，持続的な温泉資源の安定確保と適正管理利用に向けた今後の対応策について地質研究所に受託研究を要請した。

本報告会では，美瑛町からの依頼により2008～2010年度に実施した受託研究結果を基に，白金温泉の現状と課題，美瑛町の取り組みについて紹介する。

2. 白金温泉の概要

2.1 沿革および利用状況

白金温泉付近には，古くから白ひげの滝など低温の温泉兆候が知られていた。白金地区での温泉開発の歴史は，1950年に美瑛町が国有林内に深度400mのボーリングを実施した結果，泉温48℃，自噴量120L/minの温泉開発の成功に端を発している。白金温泉は，この成功を受け当時の美瑛町長鴻上覚一氏が，「泥の中から貴重なプラチナ（白金）を見つけた思いがする」と述べたことに由来している。

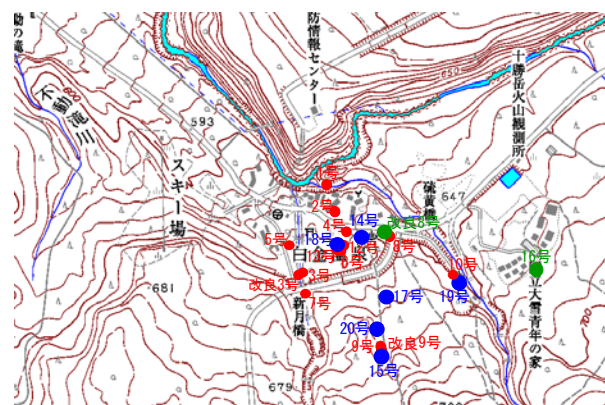
1950年以降，多くの泉源開発が行われ，その数は代替井を含め計22泉源に及ぶ（第1表，第1図）。これは，多くの泉源で利用開始後から数年後には坑井障害（電蝕等によるケーシングパイプの破損に伴う泉温低下等）が発生したことも起因している。1974年以降に掘削した泉源は坑井障害対策を施した井戸構造となっており，1998年を最後に新たに掘削された泉源はない。

掘削深度は，開発初期から白金13号井までが深度171～464mで，白金14号井（1980年）以降は500～1000mと深くなっており，高温の温泉の確保を目的としていたことが伺える。白金地区には民間が所有する泉源はなく，美瑛町が所有する泉源は，利用が6泉源，未利用・休止が2泉源である。現在，揚湯している6泉源はいずれも深部開発の泉源である。

2011年3月時点で，6泉源の総揚湯量は約1,250L/minで，13箇所の温泉利用施設へ20～280L/min供給しているが，泉源や供給経路の違いで温度は44～55℃となっている。

第1表 泉源開発経過一覧

泉源名	掘削許可			動力掘削許可			掘削(動力)完了結果		
	年月日	深度(m)	口径(mm)	年月日	深度(m)	口径(mm)	種類	温度(℃)	自噴量(L/min)
白金1号井	1951.12.29	289.8	37	1951.12.24	289.8	37	揚湯機付	48.2	120
白金2号井	1952.6.20	463.0	100	1951.12.24	380	50	揚湯機付	43.0	40
白金3号井(小山1号井)	1952.7.20	464.0	100	1951.12.24	380	50	揚湯機付	43.0	40
白金改修1号井	1952.7.20	171.0	75	1951.12.24	171.0	75	揚湯機付	48.0	20
白金4号井	1954.10.1	270.0	100	1954.10.1	270.0	100	揚湯機付	43.1	200
白金5号井	1957.11.29	341.0	75	1957.11.29	341.0	75	揚湯機付	38.0	15
白金6号井	1958.10.14	200.0	100	1958.10.14	200.0	100	揚湯機付	48.0	250
白金7号井	1959.11.29	250.0	100	1959.11.29	250.0	100	揚湯機付	39.2	43.0
白金8号井	1959.11.29	200.0	124	1959.11.29	200.0	124	揚湯機付	44.0	360
白金改修2号井	1959.11.29	250.0	100	1959.11.29	250.0	100	揚湯機付	48.0	200
白金9号井	1959.11.29	250.0	101	1959.11.29	250.0	101	揚湯機付	48.0	180
白金改修3号井	1959.11.29	270.0	250	1959.11.29	270.0	250	揚湯機付	50.0	300
白金10号井	1959.11.29	200.0	180	1959.11.29	200.0	180	揚湯機付	41.0	370
白金12号井	1959.11.29	200.0	200	1959.11.29	200.0	200	揚湯機付	45.0	80
白金13号井	1959.11.29	270.0	200	1959.11.29	270.0	200	揚湯機付	44.0	110
白金14号井	1980.6.20	1000.0	300	1980.6.20	1000.0	300	揚湯機付	48.0	200
白金15号井	1980.6.20	1000.0	300	1980.6.20	1000.0	300	揚湯機付	50.0	300
白金16号井	1980.6.20	1000.0	300	1980.6.20	1000.0	300	揚湯機付	50.0	300
白金17号井	1980.6.20	1000.0	300	1980.6.20	1000.0	300	揚湯機付	50.0	300
白金18号井	1980.6.20	1000.0	300	1980.6.20	1000.0	300	揚湯機付	50.0	300
白金19号井	1980.6.20	1000.0	300	1980.6.20	1000.0	300	揚湯機付	50.0	300
白金20号井	1980.6.20	1000.0	300	1980.6.20	1000.0	300	揚湯機付	50.0	300



第1図 泉源位置図

2.2 地質と温泉貯留タイプ

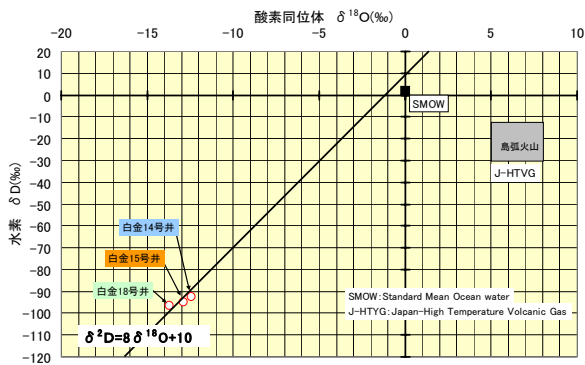
石川ほか（1971）によれば，白金温泉付近の地質は，地表部に十勝岳火山噴出物および白金砂礫層が分布し，その下位に十勝溶結凝灰岩が，さらに新第三紀中新世の美瑛層が分布するとしている。過去のボーリング結果からは地表下268m以深に美瑛層（集塊岩，緑色凝灰岩，変質安山岩）の存在を報告している。開発初期（白金1号～3号）の温泉開発は，深度400m以上であったが，小山内（1960）の調査結果により，以降の開発深度は白金砂礫層を主な温泉採取対象層として深度300m以浅が主体となった。山口ほか（1961）は，白金1号～5号井の検層結果から，白金温泉の温泉貯留タイプを層状泉タイプと裂ケ系タイプとがあると報告している。その後，白金14号井以降は，深部ボーリングが主体となっており，現在の温泉は，美瑛層を主要な温泉採取対象層とした裂ケ系タイプとなっている。

2.3 泉質と温泉の起源

現在，揚湯している温泉には，採取する深度により，泉温および溶存成分量に違いが見られる。泉温は44～56℃，蒸発残留物総量は3,700～5,700mg/kgで，Na・Mg（Ca）

-SO₄・Cl 型の温泉に分類され、このような型を示す温泉は北海道内にはあまりみかけないとされる。全泉源に共通している化学的な特徴としては、Fe (1.4~7.7mg/kg)、Mn (0.1~1.6mg/kg)、As (0.14~0.28mg/kg) が高い含有量を占めており、火山性発散物の供給を受けていると推定している(北海道立地下資源調査所, 1985)。

温泉水の起源は、受託研究で実施した水素・酸素同位体比分析の結果、天水(地表水)起源であることが明らかになった(第2図)。



第2図 δD-δ¹⁸Oダイアグラム

3. 調査研究結果の概要

受託研究では、坑井障害により未利用状態であった白金14号井、坑井障害の発生が懸念されていた白金15号井と白金18号井について、それぞれ坑井物理検層(ボアホールカメラ検層、温度・電気伝導度検層)、揚湯試験、泉質および同位体分析を行い、泉源の総合的な再評価を行った。

3.1 白金14号井

ボアホールカメラ検層の結果、内挿ケーシングパイプの破損が著しく、改修工事による泉源の修復は困難であると判断した。温度・電気伝導度検層および泉質分析結果から、現在の温泉は、開発当時の深層部(深度342m以深)からではなく、そのほとんどが浅層部(深度270m以浅)から湧出していると推定した。揚湯試験の結果、開発当時に比べて湧出能力は低下している状態にあるが、適正な揚湯量は約100L/min、温度は約46℃が見込めるため、利用を再開すべきであると結論づけた。泉質分析の結果、開発初期と比較して、溶存成分総量の増加が認められたが、泉質タイプはNa・Mg・Ca・SO₄・Cl型で変わっていない。

調査結果に基づき、美瑛町では新たに動力装置変更届け出を行い、2009年7月より利用を開始した。

3.2 白金15号井

ボアホールカメラ検層の結果、水中ポンプ設置深度付近や水位が変動する区間では、皮膜状やこぶ状に生成・付着したスケールや腐蝕物を確認した。泉源のケーシングパイプには破損は見られず、良好に維持されており、浚渫洗浄工事は必要ないと判断した。温度・電気伝導度検層の結果、主な湧出深度は320mおよび535m付近であることを明らかにした。揚湯試験結果からは、開発当時に比べて湧出能力は低下している状態にあることが判明し、検層結果からは、深度134m付近からの低温水の流入が示唆された。このため、漏水を誘発させるような揚湯量の増大は避け、今後は、揚湯量を150~200L/minに抑制すべきと結論づけた。泉質タイプはNa・Mg・Ca・SO₄・Cl型で変わっていない。

3.3 白金18号井

ボアホールカメラ検層の結果、深度126m付近で閉塞を確認した。観察した坑井内の状況は良好に維持され、必要な湯量が確保されていることから、早急に対策工事は必要

ないと判断した。対策工事や代替井の掘削は今後の検討課題である。温度・電気伝導度検層からは、湧出深度の特定はできなかったが、過去の検層データや現在の揚湯温度から、主な湧出深度は350~440mと推定した。揚湯試験の結果、泉源開発に比べ静水位が著しく低下しており、湧出能力が低下した状態にあることが判明した。適正な揚湯量は約150L/minと判断され、今後は揚湯状況を注意深く監視すべきである。泉質に大きな変化は見られず、泉質タイプはNa・Mg・SO₄・Cl型で変わっていない。

4. 課題と今後の取り組み

白金温泉における温泉供給方式は分散型の魚骨方式であり、供給系統別に湯量や泉温に違いが生じ、温泉施設の需要に適切に対応できない場合がある。また、契約湯量を一定量常時供給する方式であり、過剰揚湯が行われやすく、無駄な温泉消費が発生する可能性がある。これまでは揚湯量と供給量がほぼ均衡した状態が維持されてきたが、今後の新たな温泉需要量の増加には対応できない状況にある。また、自然流下による供給方法であり、予備泉源がないために、既存泉源に坑井障害が発生した場合には、安定供給に支障をきたすことが懸念される。

今後の取り組みについて以下の点を提言した。

- 1) 全泉源で揚湯した温泉を大型貯湯槽に集湯し、1泉源が揚湯停止となっても、残りの泉源で補い、温泉施設へ必要量を供給できるシステムを構築する(集約型魚骨方式)。
- 2) 必要量に応じた適正な温泉の有効利用を図るため、過剰揚湯が発生しないように、温泉使用量の節減に努める必要がある。温泉利用者のメリットとして反映させるためには、従来の定量制から従量制への料金体系の見直し等を検討することも有効である。
- 3) 泉源管理供給システムの導入により、揚湯および供給状況を計測・監視して、温泉資源の適正管理利用と資源保護を進めるべきである。
- 4) 温泉資源の安定確保と安定供給のため、予備泉源(代替井)の確保を検討すべき時期にあると考える。

5. おわりに

本研究により、白金温泉の現状と課題を把握し、今後、美瑛町が取り組むべき対応策等について提言を行った。

美瑛町では、現在、この提言に基づき、持続的な温泉資源の安定確保と適正管理利用に向けた対策事業を進めている。今回の研究成果が白金温泉の地域振興と発展のための一助になることを期待したい。

美瑛町長をはじめ、商工観光課の関係者には調査に際し、ご協力と資料の提供を頂いた。ここに記して謝意を表する。

文 献

- 石川俊夫ほか(1971):十勝岳,北海道における火山に関する研究報告書,第1編,北海道防災会議。
- 小山内熙(1960):美瑛町白金温泉付近地質調査報告,地下資源調査所報告, No24。
- 高橋徹哉・柴田智郎・岡崎紀俊・村山泰司(2011):平成22年度受託研究報告書 温泉評価と適正利用に関する研究(美瑛町白金温泉地区),北海道立総合研究機構 地質研究所, p.p1-28。
- 北海道立地下資源調査書(1985):北海道の地熱・温泉-1985-II版-(C)北海道中央部(1979年~1983年), p.p7-9。
- 山口久之助ほか(1961):美瑛町白金改良3号井電気検層報告,北海道立地下資源調査所所内報告(手記)。

釧路湿原周辺の湧水・地下水・水理地質

丸谷 薫*

*資源環境部 資源環境グループ

キーワード：水理地質，湧水，水質組成，循環性地下水，停滞性地下水

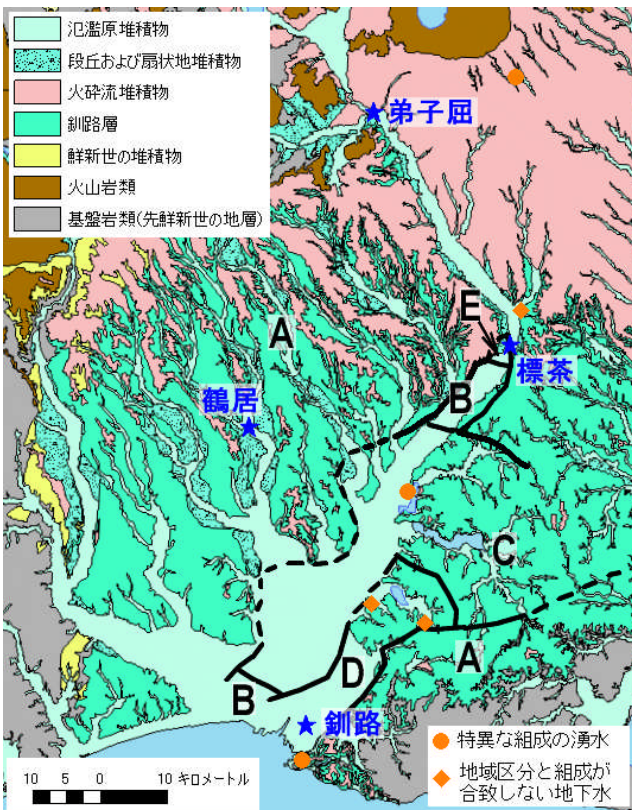
1. はじめに

湧水は、湿原の生態系にとって重要な役割を果たす。多くの湧泉は、1年を通して持続的に水を供給することができることや、地下水を起源としているため水温の変化が小さく、北海道のような寒冷地であっても、年間を通して凍らないといった特徴を持つ。このことは、湧泉（湧水がある場所）が野生生物など生態系と密接な関係を有することを意味する。

これまでの調査研究では、湿原周縁から湧出する湧水と表層地質との関係、および主に既存資料による地下水の水質組成の地域性について報告した（丸谷・高清水，2008，2009）。本報では、これらの調査研究を背景に、広域地下水流動を考慮することにより研究を発展させるため、釧路湿原周辺で湧水・地下水の調査を行い、水質組成の地域性について検討したので、報告する。

2. 水理地質

釧路湿原周辺の丘陵地の大部分は釧路層群からなり、この地層は釧路湿原へ流れ込む湧水の帯水層として重要な機能を果たしている（第1図）。釧路層群は表層地質や既存資料の調査から、釧路湿原の西側（以下、西部丘陵）と東側（以下、東部丘陵）で異なる層相を示すことがわかった。



第1図 地下水の水質組成の地域区分と水理地質

西部丘陵は塘路層からなり、東部丘陵は下位より東釧路層、達古武層そして塘路層から構成される。

西部丘陵は、主に釧路層群塘路層から構成される。釧路湿原へ流れ込む湧水は、ほとんどが釧路層群塘路層下部より湧出している。西部丘陵の下部は、広く厚く発達した粗粒な堆積物からなり、厚い泥層や泥炭層のような難透水層は、あまり発達していないと考えられる。塘路層上部も、ほとんど粗粒な砂や礫層からなり、細粒な地層の挟在はみられない。そのため、透水性が高い堆積体であると考えられる。小原(1973)によれば、その下位には火山灰・軽石・砂など優秀な帯水層となる達古武層が厚く分布している。

東部丘陵は、主に釧路層群東釧路層、達古武層、塘路層から構成される。釧路湿原へ流れ込む湧水は、ほとんどが、東釧路層および達古武層中の砂層部から湧出していると考えられる。東部丘陵の東釧路層は、泥層を主体とし側方で極細粒砂層へ層相を変化させる。全体に泥層や細粒な砂層からなるため、西部丘陵に比べて透水性が低いと推定される。東部丘陵の達古武層は、層厚が薄く、軽石層や軽石質凝灰岩層などからなる。達古武層の上位の塘路層は、東部丘陵の南部（釧路町トリトウシ付近）では、極細粒砂からなる。東釧路層と同様に、透水性は低いと推定される。

3. 研究方法

主に釧路湿原周辺の東半部において、湧水・地下水を採取した。試料は原則としてワットマン GF/Fにて濾過を行い、実験室に搬入して分析を行った。主要イオンの塩化物イオン、硫酸イオン、硝酸性窒素、ナトリウムイオン、カリウムイオン、カルシウムイオンおよびマグネシウムイオンはイオンクロマトグラフ法により分析した。アルカリ度は0.16N硫酸滴定法により求めた。

4. 結果と考察の概要

4.1 既報により得られた成果

湿原周縁の湧泉が湧出する高度は、表層地質に規制されるため、帯水層を構成する地層の性状を反映している。すなわち、西部地域では、ほとんどの湧水が塘路層下部から湧出し、湿原面からの比高が低い。一方、東部地域の湧水は、東釧路層に挟在する砂層や達古武層から湧出し、湿原面からの比高が高いものが少なからず存在する（丸谷・高清水，2008）。

しかしながら、湿原周縁から湧出する主な湧水の水質組成は、胚胎する地層の性状の相違によらず、西部丘陵でも東部丘陵でも共通して、「河川水や浅い地下水型」の性格を示した。これに対し、主に既存資料を利用し、水質組成の地域性について検討したところ、地下水の水質組成には地域的な特徴があり、トリリニアダイアグラムをもちいて5つの水質組成に区分することができた（第1図）。これらの水質組成区分は、帯水層の透水性に関連して形成されると考えられ、水質組成区分で循環性の地下水は透水性の高

い帯水層に、停滞性の地下水は透水性の低い帯水層に関連づけられた(丸谷・高清水, 2009).

4.2 最近の湧水・地下水調査により得られた成果

2009～2010年に行った地下水・湧水の水質分析結果において、水質組成がこれまでの区分と合致しないと見受けられ試料が、散見された。これらの試料の空間分布を水質断面図として、第2図に示す。

これによると、標茶町多和地区では深度により地下水の水質組成が異なり、上下二層の異なる水質組成が存在することがあきらかになった。また、循環性の特徴を示す湿原周縁から湧出する湧水の中で、停滞性の特徴を示す特異な組成であった茅沼の湧水は、停滞性の地下水が湧出すると考えられることや、虹別には硫酸イオンの割合が高い特異な水質組成(Eタイプ)の湧水があることが明らかになった。

今後、硫酸イオンの割合が高い地下水(Eタイプ)の成因・分布を含め、停滞性の地下水で化石海水の影響を示唆する地下水(Dタイプ)の成因などの解明は、今後の課題と

したい。

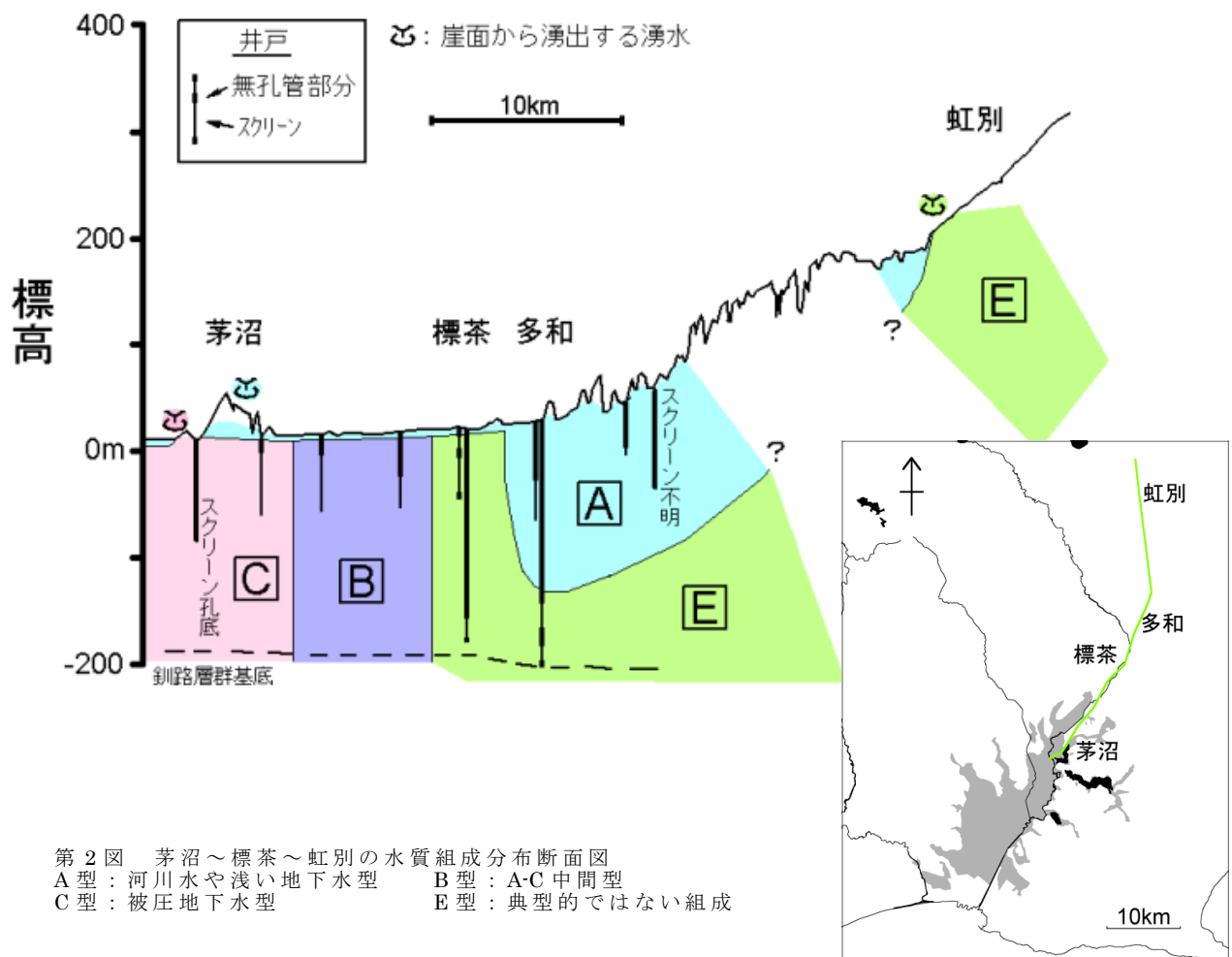
なお、本研究は、環境省地球環境保全等試験研究費(公害防止等試験研究費)「湿原流域の変容の監視手法の確立と生態系修復のための調和的管理手法の開発」により実施した。

文献

丸谷薫・高清水康博(2008): 釧路湿原の周辺に分布する湧水の水理地質解析. 平成20年北海道立地質研究所調査研究成果報告会 報告資料集, p60-63.

丸谷薫・高清水康博(2009): 釧路湿原の周縁から湧出する湧水と湿原周辺の地下水の水質. 第19回環境地質学シンポジウム論文集, p147-152.

小原常弘・松下勝秀・二間瀬湧・早川福利・佐藤巖・横山英二・和気徹・国府谷盛明(1973): 北海道水理地質図幅および同説明書 第10号 釧路, 北海道立地下資源調査所, 札幌, 54p.



道産多孔質鉱物原料の評価と利用方法について

八幡 正弘*

*資源環境部 沿岸地質グループ

キーワード：多孔質，鉱物資源，頁岩，Opal-CT，シリカ

1. はじめに

地域資源としての鉱物資源を取り巻く環境は，輸入品価格の低下，公共事業の減少，バブル後の「原料価格のデフレ傾向」の継続の他，依然として道内市場が狭い状況であるなど厳しい状態が続いている．この状況の打開方法のひとつとして資源の単一的な利用から多角的な利用への転換による生産コストの削減が挙げられる．このため地域資源の高度利用と利用拡大を目指した基礎研究が必要である．

鉱物資源の生産コストを削減するために資源の多角的利用を行うには，資源のもつ機能性を明らかにし，その性状を引き出す手法の構築が必要である．そこですでに当研究所が明らかにした「Opal-CT帯の頁岩（いわゆる稚内珪藻土）」の多孔質性および酸対抗性，アルカリ溶解性，高いシリカ含有量をもとに基礎的な研究を行い，機能性材料としての利用可能性を検討した．

本研究は，太平洋セメント株式会社との共同研究として実施したものであり，同社中央研究所および資源カンパニーの多くの方々と研究を行った成果である．同社の了解のもと本発表では八幡 1 名で紹介するが，同社の多くの方々との共同成果であることを明記し，あわせて同社に感謝する．

2. 研究の内容と成果

道内産の「Opal-CT頁岩」を対象とした研究について，以下の成果を得た．

(1) Opal-CT頁岩の原石について，野外での不均質性を検討した結果，主に堆積環境やその後の続成環境によるところが大きいことが明らかとなった．その具体的な内容は，原料の化学組成，鉱物組成（組み合わせや結晶度），細孔分布，細孔容量，水蒸気吸脱着能，及び過熱・焼成試験に現れている．たとえば，原料のシリカ含有量，Opal-CT含有量，これらの数値と細孔容量や水蒸気吸脱着能との関係が明らかとなった．加熱及び焼成試験では，温度と鉱物の結晶度，細孔容量，水蒸気吸脱着能との関係が明らかとなった．

(2) 本原料を塩酸処理，硫酸処理，フッ化水素酸処理を行い，濃度，温度条件の変更によって，可溶性，残存性を明らかにした．また焼成や過酸化水素水を使用した前処理条件の検討もを行い，その後の酸処理への影響を比較した．とくに鉱物の結晶度，細孔容量，水蒸気吸脱着能，化学組成（とくに微量元素）への影響に関する知見を得た．

(3) 本原料のボゾラン反応性を明らかにし，コンクリート混和剤として添加させることにより，モルタル強度を高めることを確認した（共同特許出願）．

(4) アルカリによって，本原料に主として含まれるOpal-CTを選択的に溶解させることができることを明らかにし，その手法を用いてメソポーラスシリカの製造を試みた．生成物の鉱物学的および物性評価を行った結果，高レベルの

調湿材，各種吸着剤としての機能が明らかとなった（共同特許出願）．

(5) 本原料をアルカリによってOpal-CTを選択的に溶解させることができる手法を応用し，その後の不純物除去システム及び酸処理技術を確立し，高純度シリカ原料を製造することが可能となった．とくにシリコン材料として必須条件である低ホウ素，低リンのシリカを製造することが可能となった（共同特許出願）．

(6) 本研究の成果をもとに商品化への発展性を検討するため，関連企業との意見交換を行った．具体的には，メソポーラスシリカの機能性と用途開発については，ユーザー試験に向けた議論をA社，B社と実施した．

高純度シリカの利用については，共同研究機関がNEDO事業（太陽光発電システム次世代高性能技術開発）への共同応募を行い，本研究の技術を発展させ，高純度シリカ研究を実施することになった．また共同研究機関は本研究の技術を発展させ，C社及びD大学と独自の手法の検討に入った．

3. 成果の要約

多孔質鉱物原料である「Opal-CT 頁岩」の利用について，より高機能性材料としての利用を目指し，原料評価と利用化研究を行った結果，コンクリート混和剤，機能性メソポーラス原料，シリコン用高純度シリカ原料として使用できることが明らかとなり，特許を出願した．

沖積堆積物表層におけるヒ素の分布状況

野呂田晋*・遠藤祐司**・垣原康之*・高橋良***

*資源環境部 資源環境グループ

**地域地質部 地質情報グループ

***地域地質部 地質防災グループ

キーワード：ヒ素，自然由来有害物質，含有量，沖積堆積物

1. はじめに

土壌や岩石中にはヒ素や鉛などの自然由来有害物質が少なからず含まれており，トンネル・ダム建設工事など岩盤掘削を伴う土木工事においては，自然由来有害物質を含む建設残土を拡散させないために従前より様々な対策が実施されてきている．さらに改正土壌汚染対策法の施行（平成22年4月）に伴い自然由来有害物質も法の規制対象となったことから，都道府県や政令市においては，人為的な環境汚染への対処だけでなく自然的原因により基準を超過するおそれのある建設残土に対し，より適切な対応が求められている情勢である．また，改正土対法では3,000m²以上の土地形質変更の際に都道府県もしくは政令市への届出が義務化された．したがって，これまで対応が実施されてきた山間部におけるトンネル等岩盤掘削工事だけではなく，平野部における河川改修など未固結沖積堆積物の掘削工事においても，ヒ素等自然由来有害物質の存在状況を把握しておく必要がある．

本研究では，自然由来有害物質の中で特に問題となることが多いヒ素を対象に平野部（特に沖積堆積物表層）における含有量分布と地形・地質との関係について検討した．

2. 方法

沖積堆積物表層におけるヒ素含有量（「底質調査方法」による含有量）の既存分析データおよびそれに付随する関係資料を収集した．分析試料の地質等各種記載と試料採取地点周辺の地質・既存ボーリングデータを比較し，既存資料からだけでは地形・地質状況が明確ではないポイントについて，採取地点周辺の地形・地質等現地調査を実施した．検討に際しては，地質状況や堆積環境を直接表していないと考えられる分析データは今回の検討からは除外した．

3. 結果

沖積堆積物表層の堆積環境を大きく，扇状地・氾濫原・浜堤列平野およびその他に区分した．これらの区分に基づき，ヒ素含有量との関係について以下に述べる．

3.1 扇状地（～氾濫原）

扇状地堆積物は，その下流に分布する氾濫原堆積物に比べ全般的にヒ素含有量が低く（最大50mg/kg），扇端～氾濫原付近から下流側においてヒ素含有量が増大する傾向がある．また，ヒ素を含む湧泉や鉱化変質帯を上流にかかえる河川（ヒ素負荷が多い河川）流域に分布する扇状地～氾濫原堆積物は，他の扇状地～氾濫原堆積物（ヒ素負荷が少ない河川流域）に比べ，ヒ素含有量が高い傾向が認められる．

3.2 氾濫原

氾濫原は自然堤防と後背湿地に区分される．両環境ともに上流の扇状地堆積物に比べヒ素含有量が全般的に高い傾向が認められる．また，氾濫原堆積物のヒ素含有量には大きなばらつきがある．そこで後背湿地の単一の粘土層にて，

風化によって色相等が異なる3点のヒ素含有量（全量を酸溶解）を分析したところ，値が大きく異なり，表層部でも高いヒ素含有量であった．

後背湿地の中でヒ素含有量が局所的に高濃度となる地形・堆積物が確認された．一つは浜堤列平野との境界域の後背湿地，もう一つは泥炭等の高有機質土である．高有機質土でヒ素含有量が高いものは，ヒ素含有量が比較的高い氾濫原（＝ヒ素負荷が多い河川流域）に分布するものである．

3.3 浜堤列平野

浜堤列平野は浜堤砂丘と堤間湿地に分けられる．浜堤砂丘堆積物はヒ素含有量が非常に低く，堤間湿地については分析データが無いため，現在のところヒ素含有量は不明である．

3.4 その他

今回収集した分析データの中では，火砕流とその二次堆積物および谷底平野堆積物のヒ素含有量は比較的低い傾向であった．また，河成段丘等の台地に分布する地層については分析データが少ないため，今後さらに検討が必要である．

4. 考察

氾濫原は扇状地に比べ河床勾配が緩く河川流速が小さい．そのためヒ素を吸着した細粒懸濁物は，扇状地には堆積しにくく下流側氾濫原にて堆積しやすいものと考えられる．同様に氾濫原と浜堤列平野の境界付近における後背湿地では，海側に発達した浜堤砂丘による地形的高まりのため内陸側が停滞水域となりやすく，ヒ素を含む細粒懸濁物が沈降・堆積しやすい条件であったものと考えられる．以上の条件によって，氾濫原におけるヒ素含有量が高くなったものと推定される．しかしながら，後背湿地の粘土層の表層部でヒ素含有量が高くなっていることが確認されたことから，地層堆積後に何らかのヒ素付加プロセスが働いたものと考えられる．このような地層堆積後の変化により，氾濫原堆積物中のヒ素含有量は大きく変化するものと推定される．また，氾濫原においては，ヒ素付加が多い河川流域に分布する高有機質土でヒ素含有量が局所的に高濃度となっていることから，何らかのヒ素濃集プロセスが働いているものと思われるが，さらなる検討が必要である．

一方，浜堤砂丘堆積物においては，波や風の営力によりヒ素を吸着した細粒子が堆積物中から取り除かれてしまったことで，ヒ素含有量が低くなったものと考えられる．

5. おわりに

本研究は道内のごく一部の平野における検討結果に過ぎず，平成23年度から開始する重点研究「自然由来有害物質の分布状況に関する地質情報システムの開発」において，他の平野・地形をモデルとして研究を継続する予定である．

総合的土砂管理に向けた流域土砂動態の解明 —せたな町地先沿岸およびその流域を例として—

仁科健二*・内田康人*・濱田誠一**・檜垣直幸***

*資源環境部 沿岸地質グループ, ** (独) 海上災害防止センター(元: 沿岸地質グループ),
***地域地質部 地質情報グループ

キーワード: 海岸浸食, 漂砂系, 土砂生産量, 動的安定性, データマイニング

1. はじめに

日本沿岸における海岸侵食の多くは人為的影響によって生じており(宇多, 1997), 河川からの土砂供給量の減少あるいは漂砂の遮断といった要因とそれらの組み合わせである。侵食の対策には, 土砂の流砂系での連続一貫した管理が必要であるが, 河川, 海岸の管理者あるいは管理対象が異なっているため連続した土砂移動を認識した管理・設計を困難にしている。例えば, 沿岸漂砂で航路などが埋没する港湾がある一方で, その漂砂の下手側で海岸侵食が進行するといった事例は北海道内の各所で認められる。流域で生産され移動する土砂を経路に沿ってその量を示すことで, 土砂に関する障害の対処方法, 管理方法のあり方が導かれると考える。仁科ほか(2010)では, モデルフィールドとしてせたな町の沿岸域およびその流域を選定して, 海域の地形変化特性を EOF 解析により抽出し, 抽出した各モードと豪雨イベントや太平洋 10 年周期変動などの気象イベント・気候変動ならびに離岸堤設置の効果との対応を論じた。本報では, 流域の生産土砂量ならびに海岸線変動および浅海地形変化に基づき, 漂砂系の土砂移動量を整理し作成した基本情報図について解説し, その課題について言及する。

2. 対象地域

北海道南西部のせたな町地先の海岸を対象とした。この海岸は, ごく一部に岩礁が露出するほかは砂浜で構成され, 海岸線の中央北寄りに後志利別川(720 km²)河口, 南端近くに太櫓川(200 km²)河口が位置し, 北限を瀬棚港, 南限を鷹ノ巣岬によって区分される。北限および南限には, 波浪移動限界深度を超える水深 40m 以深まで沖側に凸状に突出した岩礁が存在することから, これらの岩礁によって沿岸方向の砂の移動が制限された漂砂系を構成している。海底面の岸沖断面形の傾斜変換点の深度から, 波浪限界水深は 12 m に相当する。地形的特徴は, 岸沖に 2 段のバーが存在し, 沖側のバー・トラフは三日月状の形状であり, そのトラフは沖側に, バーは陸側に弧を有し沿岸方向に交互に配置する。

3. 方法

3.2 流域土砂生産量

流域の土砂生産量を見積もるために, 流域ダムにおける年次ごとの堆砂量および砂防堤の堆砂量, 河床高の測量データを使用した。河床高データおよび美利河ダム堆砂量データを開発局より, せたな町より真駒内ダム堆砂量データを提供いただいた。砂防堤については満砂にいたらない 7 基を選定し, その上流の地形を測量し堆砂量を求めた。

河床変動による河道内の土砂量変化は次のようにして求めた。後志利別川の河床高データに対して, 河床に岩盤が露出し, より上流の河床高を安定させている地点(河口より 26.4 km)よりも下流に対して, 河口から河道に沿って 0.2 km 間隔で得られた平均河床高の各 KP での経時変化を求める。セグメント毎にあてた河床幅をそれぞれの区点の変化高に乗じて断面変化とし, さらに区間距離を乗じて区間ごとの土砂量変化とする。すべての区間の土砂量変化を合計する。期間(1999-2003)の平均値をとり年間あたり供給土砂量として導出する。

3.2 海岸線変化

米軍, 林野庁および国土地理院が当該地域を撮影した空中写真を収集し, 幾何補正後の汀線位置をトレースし, 基線からのそれぞれの年の汀線位置までの距離を求めた。

3.3 浅海域地形

漂砂系全域にわたる測深を実施した。測深は GPS 付き魚群探知機(Eagle 社: FishElite480)を使用し沿岸方向 100 m 間隔で, 水深 20 m までの範囲を測量した。同時期に汀線位置を GPS によって測量し, 測深データとともに瀬棚港の潮位データをもちいて潮位補正をおこなった。後志利川河口北側は海岸侵食防止のため離岸堤が設置されており, その調査設計のための測深が 1989 年から 20 年間おこなわれた。離岸堤の事業主体である北海道庁農政部より提供いただいた岸沖 800 m, 沿岸方向 2100 m の範囲(高密度測深範囲)の測量成果を 10 m メッシュで地形モデル化した。

4. 結果および考察

4.1 流域流出土砂量

対象としたダム・砂防堤 9 基のうちもっとも古いものは 1971 年完工, 新しいものでは 2004 年である。これらのダム・砂防堤の流域面積と年堆砂量との関係をべき乗回帰式で近似し, $q_s=173 A^{0.956}$ (q_s : 土砂量(m³), A : 流域面積(km²))の関係を得た。この式を, 後志利別川および太櫓川流域に適用し, それぞれの生産土砂量を算出した。ここで算出されたのは, ダムに堆積した土砂量であり, 実際に海岸付近の構成材料の粒度組成とは異なる。そのため, 有効粒径集団(藤田, 1995)を適用し, ダム堆砂の 40%が海岸付近の構成材料と同質の有効粒径集団であると仮定して, 有効粒径集団の年間生産量を, 後志利別川流域を 37×10^3 m³, 太櫓川流域を 11×10^3 m³ とそれぞれ見積もった。河床は 100%を有効粒径集団として扱い, 後志利別川の河床変動によって供給される土砂量は 19×10^3 m³ であった。太櫓川では河床高データが存在しないため, 見積もりをおこなっていない。

4.2 海域の土砂量変化

後志利別川河口北部の高密度測深範囲（面積：0.72 km²）において平均地盤高からの差としての土砂量の最大値は1989年における350×10³ m³、最小値は1999年において-330×10³ m³であった。続いて、前後する調査時の土砂量の差分をとりグリッド範囲内外の土砂の流入・流出量としたところ、範囲外への流出量の最大は200×10³ m³（1997-1998年間）であり、範囲内への流入量の最大は360×10³ m³（1999-2000年間）であった。

4.3 汀線付近の岸沖漂砂量

岸沖断面の地形変化の偏差は水深5-6 m付近で極小をとったことから、この水深帯で岸側および沖側に海域を区分し、それぞれの漂砂量を求める。水深5 mより岸側標高3 mまでの範囲の土砂量変化を汀線付近の移動量とした。高密度測深範囲内の20年間の年次別変化量を計算し、それぞれ最大量として岸向き83×10³ m³、沖向き126×10³ m³の値を得た。

4.4 パー・トラフの移動にともなう漂砂量

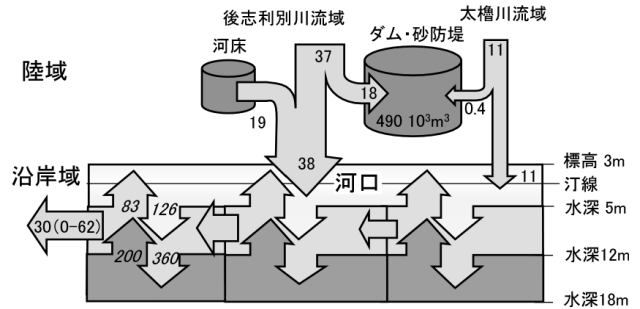
それぞれの調査特別の地形モデルと全期間を平均した平均地形面との偏差を時系列で比較したところ、沿岸方向に隣接するパーのセットが沿岸に沿って北方にシフトすることが認められた。1989年に調査範囲中央部に存在したトラフに注目すると、順次に北へ移動し範囲内にある岩礁の位置を2000-2001年間に通過したことが分かる。このトラフの移動は11年間で800 mであったことから移動速度は約70 m/yと算出された。このパーの移動に伴う砂の移動量を求めるために、岸沖断面の変化から最大および最小断面積を求め、その差のうち、平均水深が5-12 mの領域の断面変化をパーの沿岸方向の移動による変動量とする。領域北よりの断面で求めた5-12 mの水深帯（岸沖520 mの範囲）における断面積の差の最大は46 m²であったことから、パーの移動速度をこの断面に乗じることによって北向きの漂砂フラックス62×10³ m³を得た。この値はパーの最大面積が移動する量でありパーの形状によって0-62×10³ m³の範囲で変化する。平均断面形では30×10³ m³の移動量と見積もられた。

4.5 高密度測深領域外での土砂量の見積もり

2009-2010年の各年3回の広域測量を実施したが明瞭な地形変化は認められなかった。海域土砂動態を把握するためには測深データの長期にわたる時系列が存在しない海域での土砂量の変動を見積もる必要がある。空中写真測量から海岸線位置の変化から浅海域地形変化を推定するための仮定として、海岸線の前進・後退にともなう海底地形の変化は線形に対応することとして、波浪限界水深までの勾配の緩急変化とするモデルと、外浜勾配を一定として汀線の変化と平行に移動限界が岸沖移動とするモデルの適用が考えられる。自然海岸である後志利別川河口南部の測量成果（1989-2000）を用いて海岸線位置と海域断面の相関分析をおこなった結果からは、標高3 mから-3 mまでの領域は0.8以上の相関係数があり、海岸線が1 m前進（後退）した場合に断面積の変化は約150 m²増加（減少）する関係を認めた。ところが、断面形の経時変化からは汀線付近に付加した砂はより深い深度帯からの移動によって相殺され、岸沖全域の断面積では変化は小さくなる。このような特性の海域には上記2つのモデルは適用できず、海岸線位置の変動から海域土砂量を見積もることは適当ではない。

4.6 基本情報図

ここまでで得られた流砂・漂砂量を第2図に示す。この図によって、流域で生産された土砂の移動量の関係を把握することができる。まず、全流域で生産された土砂の38%



第2図 漂砂系の土砂動態にかかる基本情報図

- * 海岸 標高3 mから水深5 mまでの変化量
- **沿岸方向移動量：パーの移動速度と断面形状から推算
- ***水深 12-18 m 年間増減量の最大値および最小値

がダム・砂防堤に堆積しており、大型のダムを有する後志利別川ではその比率は高く49%であった。後志利別川河床から供給された土砂量は流域のダム・砂防堤に堆積した量とほぼ同じ量で、生産量とほぼ同じ量が河口から海域に供給されていた。両河川からの供給土砂量は合計で年間49×10³ m³となる。これは沿岸方向の延長7 km 岸沖1 kmの海域に均一に広げた場合に0.7 cmの厚さに相当する量である。海岸線位置からの土砂量推定が不適当であったことから海域全領域における土砂動態を示すことはできていない。図中海域左側の領域は後志利別川河口北側の領域を表現しており、対象とした漂砂系の海岸線総延長の2割に相当する。この領域でのみ岸沖・沿岸方向の土砂動態を得ている。この領域で明らかになった前浜から下部外浜にわたる岸沖方向の移動量は海域の土砂量を大きく支配し、岸向き沖向きのそれぞれ変化量は年次別に変動が大きい。沿岸方向の北向き（図中左向き）移動量が河川から供給される量と同程度であることは、沿岸に沿って移動した砂が系の北側から系外へ排出されて収支が成立している。つまり動的安定にあることを示している。河川からの土砂供給量が減じ、三日月形パー・トラフの成立要件とその移動にかかる外的要因に変化がないとすれば、減少分を補うために砂浜海岸の後退が生じる可能性が高い。

5. おわりに

河川・海岸事業者に分散していた流域・海域の土砂動態に関わる資料を収集し、それらの資料に未満砂の砂防堤の堆砂量データおよび海域における測深データを追加、それらを一元化し、データマイニングによって土砂移動に関わる要素ごとの量的関係を可視化した。この図を参照することで、たとえば河床からの土砂の供給量に変化が生じた場合の海域での収支、砂浜海岸への影響を予想したり、港湾の将来にわたる維持浚渫量の予見する上での利用が期待できる。しかしながら、これらの数量の導出においては多くの仮定や、元のデータが離散的・有限長であることの制約が存在し、本報で示した情報図には多くの高度化や精密化の余地を残している。

文 献

- 藤田光一, 1995, 水系土砂収支分析のための「有効粒径集団」の考え方の提案, 土木技術資料, 37, 34-39
- 仁科健二ほか, 2010, 流砂系流域における人為的変遷および自然イベントに対する浅海地形変化—北海道南西部せたな町地先海岸の例, 日本地質学会第117年学術大会講演要旨, 236

小樽運河環境の現状

大澤 賢人*・仁科 健二*・檜垣 直幸**・栗林 貴範***

*資源環境部 沿岸地質グループ

**地域地質部 地質情報グループ

***中央水試 海洋環境グループ

キーワード：閉鎖性水域，溶存酸素，貧酸素，海底地形

1. はじめに

1923年、沖合埋め立て方式で完成した小樽運河は、現在、観光を基幹産業の一つとする北海道にとって全国的な知名度を持つ重要な観光資源の一つとなっている。

当運河は都市部を流れる3河川が流入し、港側とは3カ所の細い水路でしか繋がりのない、長さ約1km、幅20～40m程の非常に閉鎖された水域（閉鎖性水域）である（第1図）。このような閉鎖性水域は、河川を通じて富栄養物質などの負荷を強く受けるほか、周辺との水の交換が悪いため水中の酸素が欠乏しやすく、貧酸素状態になりやすいという特徴をもつ。水域が貧酸素になると、水質や底質の悪化などの環境問題に加えて硫化水素の発生による悪臭など（橘，1985）、観光地にとってはイメージダウンとなる社会問題にも発展する。小樽市はこれまでに、流入する河川水質の改善を目指した取り組みのほか、悪化した運河底質を除去する浚渫工事を実施しているが、時間の経過とともに再び底質は悪化するため、根本的な解決にはなっていない（木下，1993）。

このような状況の下、運河を管轄する小樽市産業港湾部から研究要望を受け、平成21年度から3年計画で「小樽運河環境改善に関する研究」を実施中である。本講演では、これまでの2年間の調査で明らかになったことについて報告する。

2. 調査の概要

運河内部の4定点で、原則毎週1回、水温、塩分、溶存酸素、蛍光強度、濁度を現場で観測した。同定点で2週に1度、表層と底層採水及び採泥を行った。また夏季に、運河全域にわたる約50地点で現場観測、底層採水、及び採泥調査を行った。

3. 結果と考察

3.1 運河の水

南北の側線に沿った断面で運河の塩分を見ると（第2図）、運河内部の水は、表面から水深1mぐらいまでは塩分20以下を示す河川水と海水が混合した水が、また水深1m以深には塩分33以上という小樽港内と同程度の塩分を持つ海水が広がっている。従って、運河は水深1m程度までは主に河川水の性質が強く、それ以深には海水という大きく2層に分かれる構造を示し、この構造は季節が変わっても大きくは変わらず、年間を通して維持されていることが明らかになった。

3.2 運河の溶存酸素

運河内部の定点における溶存酸素量の季節変動は、各定点とも同様に7月から11月にかけて海底付近で低くなる傾向を示した（第3図左）。この時の海底付近の溶存酸素量を各定点で比較すると、南側の2定点は5mg/l弱と比較的高い値

を維持しているのに対し、北側の2地点は3mg/l以下と低い値を示した（図は北端及び南端の定点のみ）。特に北端の定点では2mg/l以下まで低下しており、貧酸素状態になっていた。

溶存酸素量が年間で最も低くなるこの時期の広域観測から海底付近の溶存酸素量の分布をみると、2mg/l以下の貧酸素水は北浜橋の北側に広がっていることがわかった（第3図中央）。一方、この橋から南側では、溶存酸素量は4～5mg/l程で比較的高い状態であった。

このように溶存酸素量で運河の水質をみると、長さ約1km程の非常に狭い水域であるが、南北方向で非常に大きな違いがあることが明らかとなった。

3.3 貧酸素水の形成と海底地形

溶存酸素量で見られた南北方向での大きな水質の違いは何故形成されるのか、運河の海底地形から検討を行った。運河の地形は、小型船舶の港-運河出入り口を挟んで北と南で非常に異なっていることがわかった（第3図右）。

南側の地形は、なだらかで南端から出入り口に向かって緩やかに傾斜していた。一方、北側は南側と比較して、水深が深く、さらに窪地を形成している等、複雑な地形をしていることから、北部の底層は海水の交換が起こりづらい状態にあると考えられる。このような、地形に関連して海底付近で貧酸素水が形成される現象は他海域でも報告されている（和久ほか，2011）。

さらに、貧酸素水が広がっている北浜橋の北側は、この橋周辺の地形が浅くなっているため、海底付近の海水交換をより起こりづらくさせ、貧酸素水の形成を促す要因のひとつであると考えられる。

一方、年間を通じて海底付近の溶存酸素量が比較的高い値を維持している運河の南部は、地形的に海底付近の海水が停滞するような状態にはない。また、南端からは、運河に流入する河川のうち、最も流量があるオコバチ川が流れ込んでいるため、底層を含む海水の交換や循環を促しているものと思われる。このため、運河南部の海底付近は年間を通じて比較的高い溶存酸素量を保て、貧酸素化が起こらないものと考えられる。

文 献

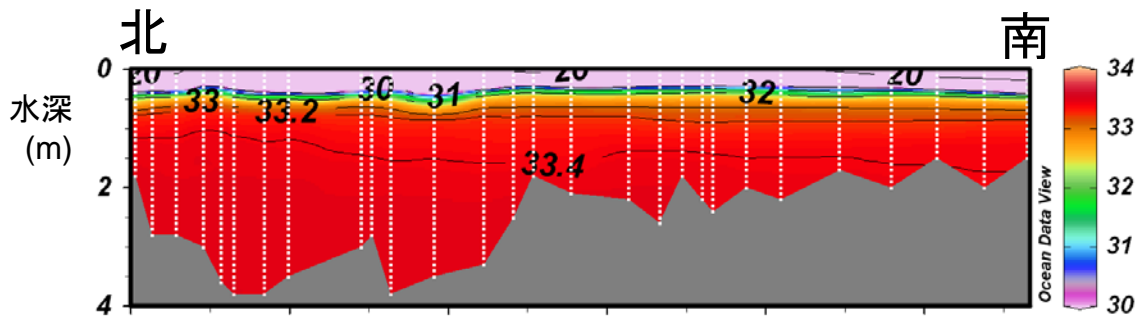
木下匡巳(1993):運河の浄化作戦. 下水道協会誌. 第30巻, pp.14-19.

橘国治(1985):汚濁水域底泥における硫化水素および硫化物生成-茨戸湖と小樽運河を例として-. 衛生工学研究論文集. 第21巻, pp.227-236.

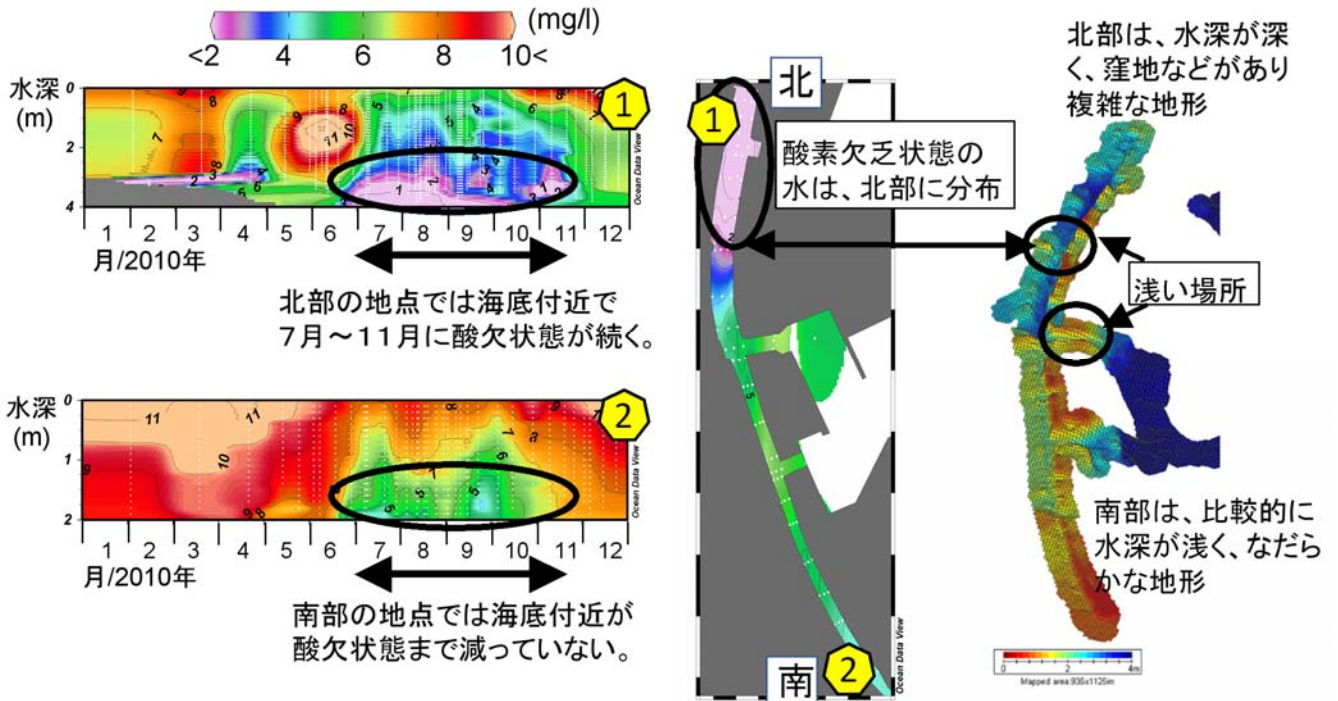
和久光靖・橋口晴徳・栗田貴代・金子健司・宮向智典・青山裕晃・向井良吉・石田基雄・鈴木輝明(2011):三河湾の浚渫窪地における粒子状物質の特異的な集積機構. 海の研究. 第20号, pp.1-17.



第1図 小樽運河周辺図と運河に流入する河川



第2図 南北の側線に沿った運河の塩分断面図 (冬季の観測)



第3図 運河観測定点における溶存酸素量の季節変動 (左), 夏季の海底付近の溶存酸素量分布図 (中央), 運河の海底地形図 (右)

携帯電話とQRコードを用いた地質情報の発信システム — 登別温泉をテストフィールドとして —

鈴木隆広*・八幡正弘**・秋田藤夫***・高橋 良****・社団法人登別観光協会

*地域地質部 地質情報G **資源環境部 沿岸地質G ***資源環境部 ****地域地質部 防災地質G

キーワード：携帯電話，QRコード，ジオサイト，地質情報，情報発信，登別温泉

1. はじめに

近年，ジオパークに代表されるような地質学・地形学的景観（ジオサイト）を観光するジオツーリズムが認知されつつあり，その対応を模索している地域も出始めてきている．ジオサイトとしての認知度をさらに高めていくには，見て回るための案内看板や散策マップ，ジオサイトの説明看板やガイドブックを提供者側が整備する必要がある．

ところが，それらのジオサイトが含まれる地域の多くは，特別保護地区であるがゆえに大規模な看板や説明板の設置が難しい場合が多く，設置してもコスト面や手続きの煩雑さなどから，長期間更新されずに，いつまでも古い情報を提供することに繋がっている．このことは看板などの設置物だけではなく，ガイドブックや散策マップにも言えることである．

そこで，この問題を解決するひとつの手法として，携帯電話のインターネット機能とQRコードをリンクさせた情報提供を考えた．具体的には，散策マップやジオサイト看板に表示しているQRコード，QRコードに格納されたURLのウェブコンテンツ（テキスト・写真・音声・動画など）を携帯電話というツールでリンクさせたものである（第1図）．この手法を用いれば，利用者は従来の静的看板だけでは得られなかったダイナミックな情報をリアルタイムに受け取ることが可能になり，提供者は低コスト・低労力で最新の情報に更新することが可能になる．



第1図 情報提供システムのイメージ

徒歩で散策できるジオサイトが豊富，さらに多くのジオサイトがアクティブである点から，登別温泉をテストフィールドに選定し，情報発信システムの試験運用を行った．

ここでは，本発信システムについて紹介する．なお，本報告はポスター発表（P07）でも行うので，実物大の散策マップや携帯電話を用いての実演は，そちらを参照願いたい．

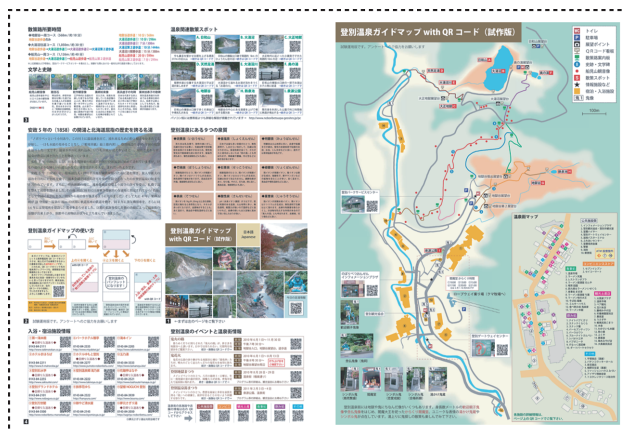
2. 散策マップ

本試験運用を行う以前から，登別観光協会では旅行者向けのガイドマップを配布していた．ひとつは，旅館，土産物店，飲食店などに主眼を置いた温泉街を散策するための

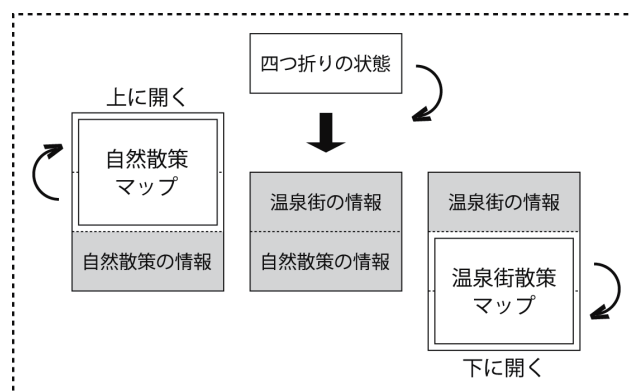
マップ．もうひとつは，ジオサイトや史跡などに主眼を置いた自然を散策するためのマップである．

今回の試験運用を始めるにあたり，旅行者がマップと携帯電話を持って散策する設定とした．このため，①ポケットに入るサイズに折りたためること，②温泉街散策と自然散策の場面に合わせて使い分けができること，③それらの情報にアクセスするためのQRコードが掲示できること，④マップの改訂版を容易に作成できること，がマップの条件として必要であった．

そこで，A3サイズ用紙の表面にコンテンツへアクセスするためのQRコードや文字情報を，裏面に自然散策マップと温泉街マップをそれぞれ印刷した．このマップを八つ折りにし，自然散策をする際には中心から上を展開し，温泉街散策をする際には中心から下を展開することで，マップを見ながら欲しい情報にアクセスできるようにした（第3図）．なお，この印刷版下はPDF形式で作成しており，パソコンでの修正が可能である．



第2図 散策マップ（左：表面 右：裏面）



第3図 散策マップの展開イメージ

3. 看板

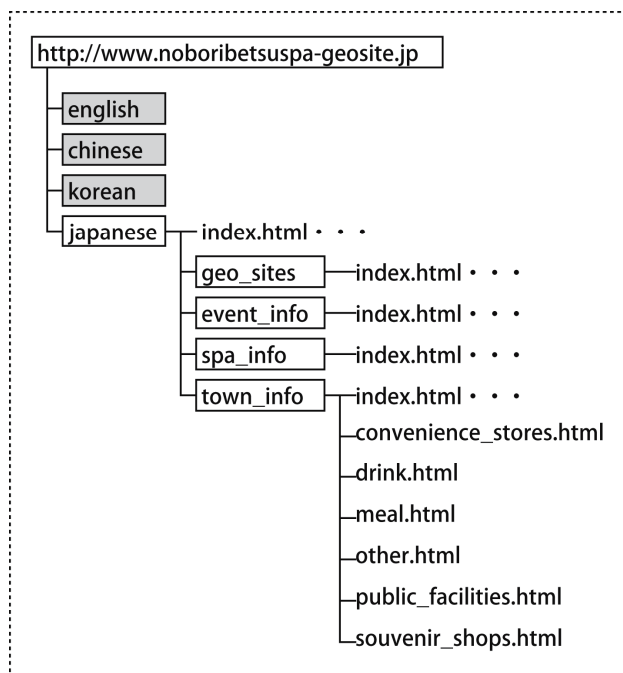
本ジオサイトは全て特別地域内にあるため、看板の設置には届け出と許可が必要であり、大規模な看板は「工作物の新築」、小規模の掲示物は「広告物の設置」を届け出なければならない。看板の設置や修正を容易にするため、QRコードをA4サイズ用の紙に出力してラミネート加工したものを既設の柵や杭に固定する方法を取った(第3図)。



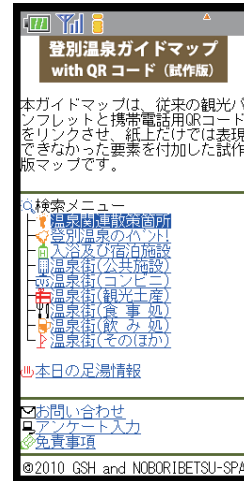
第3図 地獄谷に設置したQRコード看板

4. サーバシステム

ウェブコンテンツの内容については、登別観光協会と意見を交換しながら検討を進め、①ジオサイト、②イベント、③温泉施設、④温泉街の4つから構成することとし、将来の多言語対応を視野において(現在は日本語版のみの運用)、第4図に示した階層でコンテンツの製作を行った。作業量や更新頻度を考慮し、キャリア別のサイト製作を行わず、極力キャリアに依存しない汎用的なサイト(XHTML 1.0 Transitional)の製作で対応することとした(第5図)。



第4図 ウェブコンテンツの階層



第5図 トップページ画面(iモードHTMLシミュレータによる表示)

ジオサイトのコンテンツには、説明の文字情報のほかに写真や動画を盛り込み、雨天などで散策できなくても、活動的な様子(例えば間歇泉など)を閲覧できるように、また、温泉施設や飲食店などのコンテンツには、閲覧している携帯電話から直接電話をかけることができるように、各コンテンツで様々な工夫をしている(第6図)。



第6図 散策マップとコードを読み込んだ携帯電話の画面

5. おわりに

本試験運用は、平成22年度の職員研究奨励事業のため、一年間という期間限定で終了したが、平成23年度以降は、登別観光協会が引き継いで運用を継続している。地域住民との連携でコンテンツの充実が図られ、ジオツーリズムや地域振興の手助けになれば幸いである。

多言語対応、GPSとリンクしたナビゲーション、急速に浸透が進んでいるスマートフォンへの対応など、残された課題も多い。情報端末の専門家などの意見も取り入れ、より良いシステム開発に向けて努力していく所存である。

謝辞

本試験運用を進めるにあたり、登別市役所や登別パークサービスセンターをはじめとする多くの関係機関の方々にご協力いただきました。ここに記して感謝いたします。

石狩平野沖積層の層序と基盤地形

川上源太郎*・廣瀬 亘*・嵯峨山 積**・仁科健二**
・大津 直***・木村克己****

*地域地質部 地質防災グループ **資源環境部 沿岸地質グループ ***地域地質部 地質情報グループ
****産業技術総合研究所 地質情報研究部門

キーワード：北海道，石狩平野，沖積層，層序，基盤地形

1. はじめに

平野部における地下地質の実態を把握することは、地下空間の開発、地質汚染などの地下環境の解析、地盤沈下や地震時の強震動・液状化などの地質災害リスクの推定などの点から、きわめて重要である。本研究では、札幌都市圏が立地する石狩平野の沖積層に焦点をあて、1. 沖積層の厚さ分布や層相とその広がり、2. 沖積層を形成した堆積システムやその形成年代を明らかにした。

2. 手法

2.1 ボーリングデータベースの構築

公共工事等にもない実施されてきた地盤ボーリングデータ約 15,000 本を、基礎地盤コンサルタンツ株式会社の柱状 BASE/WIN ならびに付属の建設 CALS コンバーターを用いて電子化し、データベース化した。このデータベースを、産業技術総合研究所が公開するボーリング柱状図解析システムを用いて断面解析し、沖積層基底礫層上面の深度

を決定した。

基底礫層の上位の“沖積層”はおもに砂層・シルト層・粘土層などからなり、N 値は 15 程度以下を示す。とくに標高-5~20 m に分布する粘土層は N 値 5 以下を示す。基底礫層は高 N 値 (30~40 以上) を示し、基底礫層より下位の地層は、シルト層・粘土層・高有機質土層などであっても N 値 15 以上を示すことが多い。基底礫層を欠くところでは、高 N 値 (おおむね 20 以上) を示す粘土層や高有機質土層、あるいは Spfl など更新世後期の火山灰層やその二次堆積物と推定されるローム層・火山灰質シルト~粘土層を沖積層基盤とした。

基底礫層上面の標高が決定できたボーリング資料は 2,728 本であり、これに低地と台地・丘陵や山地との境界を付加した 3,000 点強のポイントデータを準備し、ArcGIS9.3 を用いて沖積層基盤地形のサーフェイスモデルを作成した (図 1)。なお補間法は IDW を用い、参照範囲は 500 m としている。

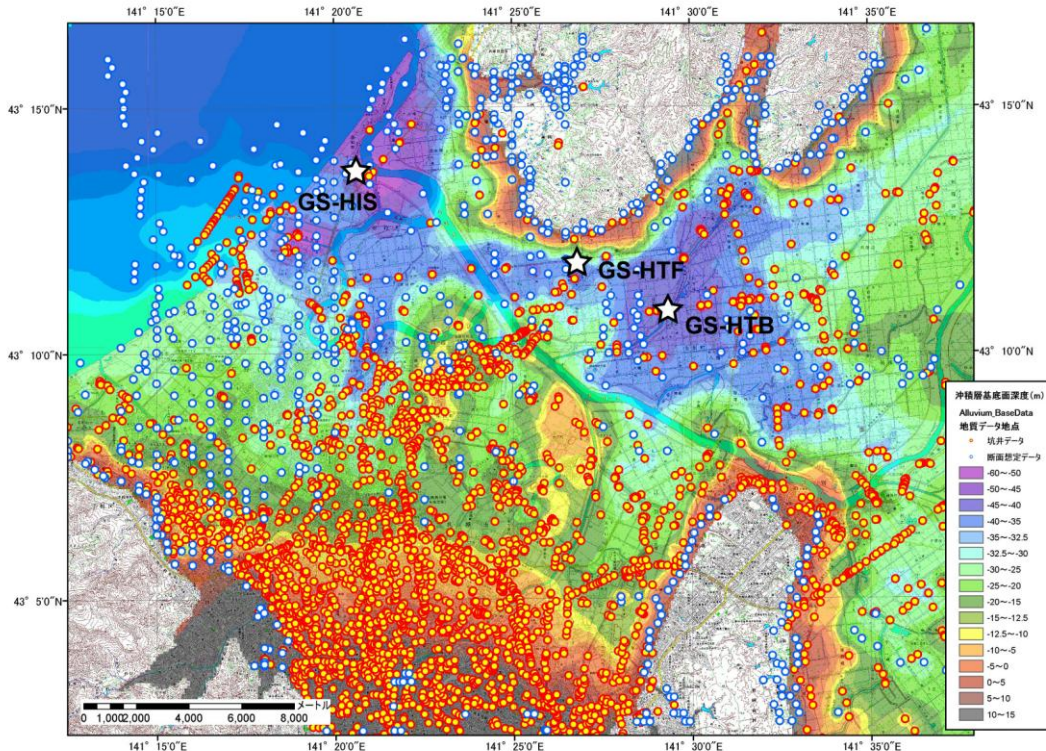


図 1 地盤ボーリングデータベースを用いて作成した石狩平野沖積層の基盤地形サーフェイスモデル。
星印は沖積層コアの掘削調査地点を示す。GS-HTB, GS-HTF, GS-HIS は採取コア名。

2.2 沖積層ボーリングコアの解析

沖積層の基盤地形をもとに 3 地点を選定し、掘削調査を行った(図 1)。試料はオールコアで採取し、層相記載、堆積物物性の測定(密度・帯磁率・含水比)、粒度分析、珪藻分析、間隙水の pH, EC の測定を行った。また植物片や貝殻片を用いて 14C 年代測定を行った。

3. 結果

3.1 沖積層基盤地形

基盤地形から、最も深い沖積谷の谷筋は石狩丘陵を縁取るように分布しており、これが石狩川の沖積谷と推定される。ここで特筆されるのは、石狩丘陵南方の南北軸を示す地形的高まりと、それに規制された石狩沖積谷の狭窄、およびその東方の当別川～厚別川流域にみられる深く広い凹地である。GS-HTF のコア採取地点は狭窄部に、GS-HTB は凹地にそれぞれ位置する。これらは先第四系がつくる背斜・向斜構造に対応している可能性がある。

3.2 コア解析

沖積層コアは、GS-HTB および GS-HTF が縄文海進高頂期の形成とされる紅葉山砂丘の内陸側に位置し、GS-HIS が同砂丘の海側に位置する。前二者では、堆積相から基底礫層の上位は砂質河川堆積物、内湾堆積物、デルタ(湾頭デルタ)堆積物の順に累重すると解釈された。紅葉山砂丘に近い GS-HTF では、内湾堆積物の上半部に上げ潮デルタと推定される砂質堆積物が発達する。また GS-HIS では、浜堤平野を構成する浅海の砂質堆積物が、内湾堆積物を侵食的に覆って累重する(図 2)。これらを既存層序と対比すると表 1 のようになる。

基底礫層直上の年代は 12,000 年前、砂質河川堆積物が内湾堆積物に覆われるのが 9,000 年前頃となる。湾頭デルタの前進は内陸部では 7,500～8,000 年前には開始し、縄文海

進高頂期頃には GS-HTF 掘削地点(当別町太美)に達したものと推定される。一方、紅葉山砂丘から海側に浜堤平野が前進を始めたのは 6,000 年前頃と推定される。

表 1 石狩平野沖積層の既存層序と堆積システム・年代との関係。

	北川(1990)			本研究	暦年代
	花畔低地帯	紅葉山砂丘帯	後背湿地帯		
完新世	石狩砂丘砂層			浜堤平野、上げ潮三角州、湾頭デルタの堆積物	7 ka~
	花畔砂層	紅葉山砂丘砂層	後背低地堆積物		
		前田砂層			
更新世	西浜層	上部層(屯田泥層)		内湾堆積物	9~7 ka
		下部層(松下, 1979の埋没谷礫層を含む)		砂質河川堆積物	12~9 ka
				礫質河川堆積物	
			埋没段丘堆積物	上部更新統の河川堆積物	40~30 ka

4. おわりに

詳細は触れないが、基盤地形に見られる南北性の構造は沖積層の層序にも影響を与えている可能性が高い。また GS-HTF コアの内湾泥層には、厚さ 4 m にわたる区間に砂脈が認められる。これらについて、さらなる検討を要する。

5. おもな学会講演

川上源太郎ほか(2009), 連合大会, Q146-P001.

大津 直ほか(2009) 連合大会, Q146-002.

仁科健二ほか(2009), 日本地質学会第 116 年学術大会, 221.

広瀬 亘ほか(2009), 日本地質学会第 116 年学術大会, 273.

川上源太郎ほか(2010), 連合大会, HQR011-02.

大津 直ほか(2010), 日本地質学会第 117 年学術大会, 43.

嵯峨山 積ほか(2010), 日本地質学会第 117 年学術大会, 42.

川上源太郎ほか(2010), 日本地質学会第 117 年学術大会, 42.

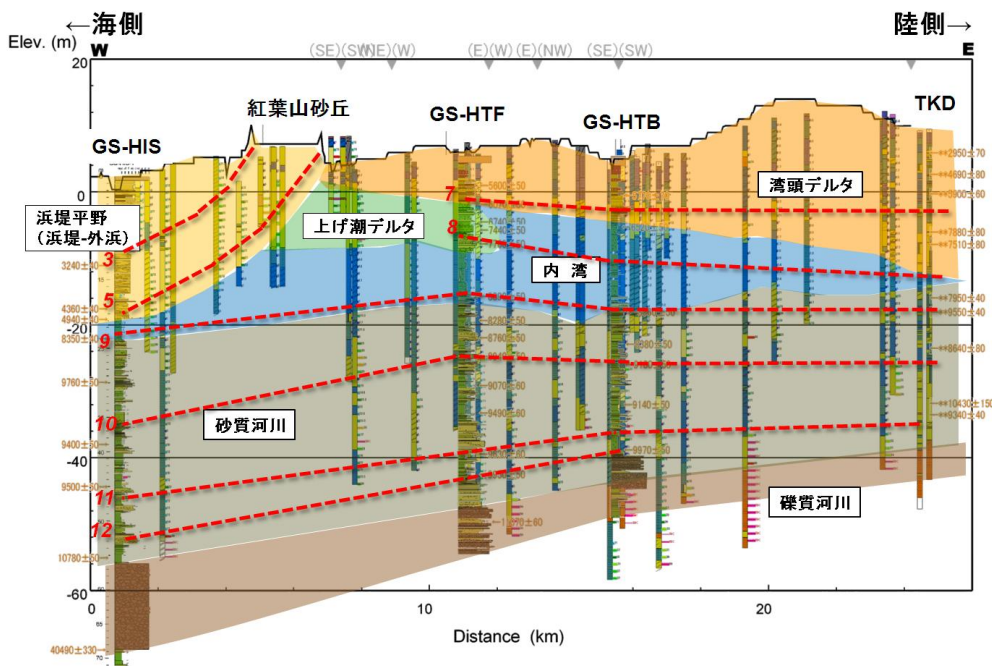


図 2 沖積谷の谷筋に沿う堆積断面(堆積システムの解釈と同時期線: 単位は千年前)。

空知管内の地質と地下資源

廣瀬 亘*・川上源太郎*・石丸 聡*・大津 直**・鈴木隆広**

*地域地質部 地質防災G **地域地質部 地質情報G

キーワード：表層地質、地盤ボーリング、地質データベース、浅部地下構造

1. 背景・研究手法

地質研究所では、現在、北海道内の地盤ボーリング井・水井戸・温泉井などの資料を収集し、現地補完調査や文献情報の再構築による既存の地質図のシームレス化と並行して、地質情報の高度化を図っている。平成21年度までに調査研究事業を行った上川支庁に引き続き、平成22年度は空知総合振興局・北海道農政庁と共同で、空知地方について新たに事業を開始した。事業は3カ年計画であり、南部・中部・北部（空知総合振興局の範囲となった幌加内町を含む）で各1年で資料編纂を行う予定である。

収集対象となる資料は、農業農村整備事業や他の公共事業で実施した地盤ボーリング調査・地下水調査資料であり、これらに地質研究所に収集されている水井戸・温泉井などの諸資料を加え、編纂作業を行った。空知地方は、上川地方にくらべ低地の面積が広い特徴がある。これを踏まえ、空知地方で行う資料編纂では、重点的な現地調査は低地～丘陵地域に集中させ、山地については既存資料の編纂を主とした。

空知総合振興局では、管内の地盤ボーリング・オランダ式コーン貫入試験資料をデータベース化した「空知地盤情報管理システム」がすでに運用されている。収集・編纂さ

れた資料のうち、ボーリング資料についてはこのデータベースにデータを追加してデータセットの充実を図ることとした。一方、地質図等についてはデータベースのシステム上ラスタデータの追加が困難なため、PDFファイルおよび紙ベースでデータを提供した。

2. 地質図の編纂

空知地方南部では、図幅調査以降に行われた調査研究により、地質分布・地質年代観が大きく変更されている。特に新第三系については、分布や層序について渦鞭毛藻層序による検討、岩相分布の見直しにより著しい変更が行われた。第四系・白亜系～古第三系についても、炭田調査・非金属資源調査結果に基づいた変更が大きい。その一方で、多くの研究者がそれぞれ独立して研究を行っていたために、現在でも多くの異なった地質解釈が並行して存在している場所でもある。また、石狩低地東縁断層帯など活断層、土地の安全な利用上無視することの出来ない地すべり地形などについては、それぞれが個別の報告書としてまとめられており、一元的に参照することは出来ない状況にある。

このため、資料編纂・現地調査にあたっては、岩相については地質図幅を、地質構造や層序等については栗田・横

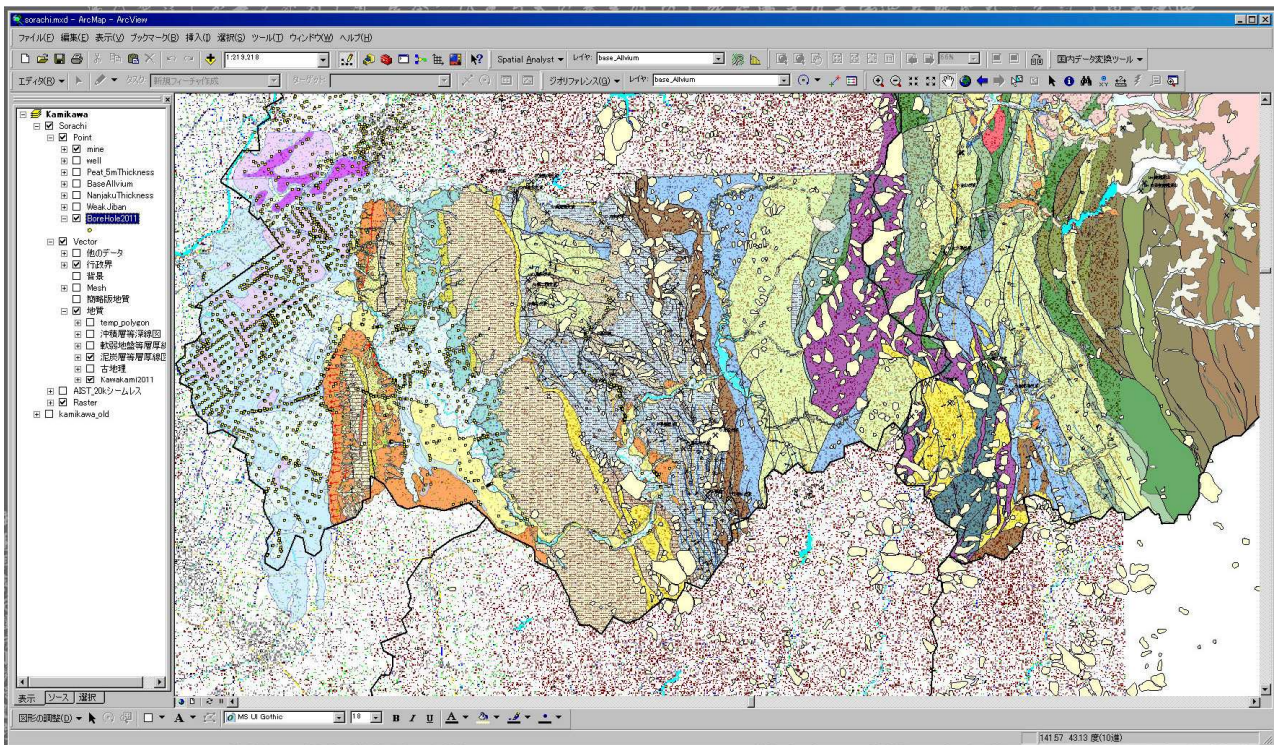


図 空知支庁シームレス地質図の編集画面

井(2000)など渦鞭毛藻による研究成果を主として利用した。第四系については、能條ほか(2008)、馬追団体研究会(1983)など既存資料における解釈の違いがあまりにも大きいため、現地調査および地形判読等により地質の見直しを行った。これにより、特に栗沢丘陵～馬追丘陵周辺、夕張炭田地域については、地質図幅を大きく書き換える結果となった。地質凡例についても、全道一円について設定した統一凡例に合わせて変更し、上川地方で作成したシームレス地質図に切れ目無く連続するよう地質図を作成した。

3. 地盤ボーリング資料

「空知地盤情報管理システム」には、昭和40年代～平成15年にかけて空知管内全域で行われた、のべ4469本の地盤ボーリング・オランダ式コーン貫入試験結果がXMLファイル(DTD2.00形式)で納められている。これらは現時点では北海道内における第1級の地盤ボーリングデータセットだが、オランダ式コーン貫入試験結果など掘進長10m以下の資料が2,286本(全体の50%以上)、掘進長10～20mの資料が1145本(同26%)を占めるため、後述するように泥炭・軟弱地盤層が著しく厚く発達する空知地方の低地地下地質を把握するには必ずしも十分ではなかった。

このため、今年度は空知南部で主として平成15年度以降に行われた817本の地盤ボーリング資料を追加した。これらは現在最も普及しているデータ型式であるDTD2.10形式によりXML化され、上川地方で当所が作成した地盤データベース同様に元データの記述を損なわない程度に記載用語・記載内容フォーマットの統一を行った。DTD2.00形式の「空知地盤情報管理システム」に今回追加する新データを登録するためにはデータ型式のダウングレードが必要となるが、データ内容を失わずにDTD2.10→DTD2.00へ変換可能なソフトウェアは現時点で国内には存在しない。このため、全てのXMLファイルをクロールしてデータ構造を解析・ソーラスを作成のうえ、テキストベースでデータパターンを検索・置換することで、データ品質を維持したまま変換に成功した。

4. 新たに判明したこと

地盤ボーリングデータの充実により、特に泥炭層の層厚分布・軟弱地盤層の分布は大きく書き換えられる結果となった。

泥炭層は岩見沢市幌向～上幌向付近で最大層厚10mを越え、栗沢町市街地～北広島市東方にかけても厚さ5～10mと発達する。既存資料と比較すると、夕張川・清真布川などの河川の旧河道となったことがある場所では薄く、流路から離れた場所ではより厚くなっていることが明瞭となった。これらは間に砂礫・砂・シルト～泥層を挟むことなく

深度方向・水平方向に連続しており、堆積中に頻繁に河川流路となることなく発達しつづけた泥炭層と見なせる。泥炭層が著しく発達してマウンド状になることにより河道が固定された事例である可能性があり興味深い。また、すでに畑地となっている地域では排水事業等により圧密が進んでいるが、開発から取り残されていた地域では未だに厚い泥炭層が取り残されていることも判明した。

軟弱地盤層(泥質層でN値5未満、砂質層でN値10未満)の層厚については、既存資料によれば、馬追丘陵西麓で5m程度、野幌丘陵に向けて東から西へ単調に深くなるなり、夕張川付近で30m程度に達すると推定されていた。しかし、大深度の地盤ボーリングを多数加えて検討した結果、全体として南東から北西に向かって軟弱地盤層厚が増すこと、層厚20～30m以上の地域は幌向川・清真布川旧河道・夕張川・旧夕張川の地下に埋没谷状に細長く分布することが判明した。さらに、地表に顕著な旧河道が認められない南幌町西部でも層厚30m以上の埋没谷状の軟弱地盤層が分布する。

今年度の調査からは、平地の浅部地盤を検討する際には旧河道分布など微地形だけでなく、その地下の地質についても十分な資料を集めて解析すること、解釈の際に地質構造発達史を考慮のうえデータ解釈を行うことの重要性が改めて浮き彫りとなった。

5. 今後に向けて

空知地方における表層地質調査は今年が初年度であったにも関わらず、特に低地域において既存資料を大きく書き換える成果が得られた。ただし、この地域における低地の地下地質は石狩川などの大河川や氷期間氷期海水準変動など、もっと広範囲における堆積環境の変化により形成されているものであることから、平成23年度以降に調査を行う空知中部・北部地域においてもデータ収集をさらに徹底して行い、空知地方全域および隣接した石狩・胆振地域も考慮したシステムの検討が必要であると考える。

謝辞

本研究事業を実施するにあたり、空知総合振興局・北海道庁農政部農村振興局農村計画課をはじめとする関係機関のみならずには多大な協力をいただきました。記して緩斜いたします。

引用文献

- 栗田 裕司・横井 悟(2000) 石油技術協会誌, 65, 58-70.
- 能條 歩・金川和人・星野フサ・岩見沢団体研究グループ(2008) 地球科学, 62, 307-323.
- 馬追団体研究会(1983) 地球科学, 37, 8-21.

大雨で活発化した壮瞥町上久保内の地すべり変動

石丸 聡*・田近 淳**・岡崎紀俊*・田村 慎***・川上源太郎*

*地域地質部 地質防災グループ
**地域地質部長
***地域地質部 地質情報グループ

キーワード：地すべり，大雨，融雪，GPS 観測

1. はじめに

壮瞥町の長流川右岸に位置する上久保内地区において、2010年春以降、農地や道路に亀裂や段差等の地すべりとみられる変状が発生した。その移動状況を把握するため、9月にGPS受信機を変動域周辺に配置し、地すべり変動の連続観測を開始した。GPS設置当初の変動は緩慢な動きを示していたが、12月3日に胆振地方で局地的に発生した大雨の影響で、観測中の地すべりの変動が顕著となった。本報告ではGPSの連続観測によりとらえられた12月3日豪雨による地すべり変動の活発化の状況、および2011年春の融雪の影響とみられる変動傾向の変化について述べる。

2. 地域概観

本地域は長流川中流域の北湯沢、蟠溪温泉の下流にあたり、西流に転じた長流川の右岸側に位置する。本地域周辺の地質は、和田ほか(1988)によれば下位から鮮新統～更新統のレルコマベツ層、更新統の新期安山岩類が分布する。この地域周辺の長流川沿いには数段の段丘地形が発達しており、そこでは上記更新統を洞爺カルデラ噴出物および段丘堆積物が覆う。

変動が発生した地区は、奥行き約1km、幅約2kmの大規模地すべり地形内の末端部西側にあたる。変動の範囲は奥行き約350m、幅約250mで、頭部に東西方向の開口亀裂が生じ、末端部は東側に圧縮リッジが形成され、西側は長流川の河岸に抜ける(第1図、第2図)。移動方向に対し右側部(西側部)は明瞭な右横ズレの亀裂・変形が見られる(第3図)のに対し、左側部(東側部)は境界が不明瞭で移動ブロック内には不規則な起伏が認められる。また、西側末

端では移動土塊が長流川へ押し出されるのに対し、東側末端の圧縮リッジ前面では、樹木の前傾する範囲が時間の経過とともに拡大し、リッジの比高も増加していることから、地すべりの変動量は西側でより顕著とみられる。西側末端の長流川の河岸・河床のレルコマベツ層凝灰質泥岩にはすべり面が露出する。

3. 地すべり変動に影響を与えた気象の概要

3.1 12月3日の降水状況

本地区から約10km北東(長流川上流側)のアメダス大滝観測所の記録によれば、12月3日の降水は朝6時前から降り始め、夜8時に降りやんでいる。降水のピークは午後2時台の23mm/hで、総降水量は140mmに達した。

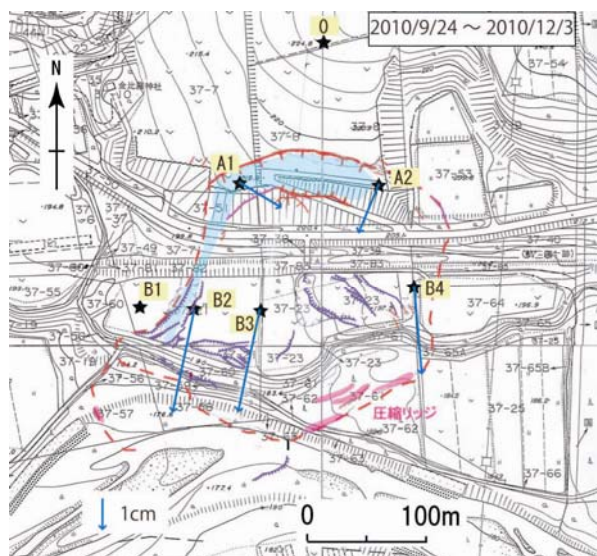
この大雨により、地すべり内の地下水位が上昇した。また、長流川の増水により溪岸浸食・下刻作用が進行した。

3.2 積雪・融雪状況

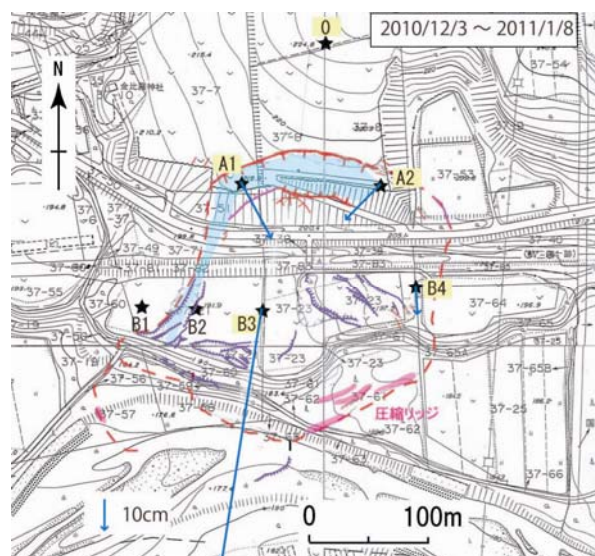
調査地点に設置した積雪深計の記録(第4図)によれば、12月24日から根雪となり、1月中旬から2月下旬にかけては降雪のたびに積雪深は75cmを超えた。積雪深66cmの3月16日から4月上旬にかけて、融雪は急激に進行し、特に3月23日以降、積雪深は4cm/dayで減少した。

4. GPS 観測

GPS観測は、頭部亀裂の80m北側の不動点とみられる地点に基準点(O点)を設け、それ以外に6箇所の変動観測点を設け(第1図、第2図)、連続観測を実施した(FURUNO MG-21:1周波受信機)。変動観測点は地すべり頭部の西側をA1点、東側をA2点、および地すべり中部の西から東へ



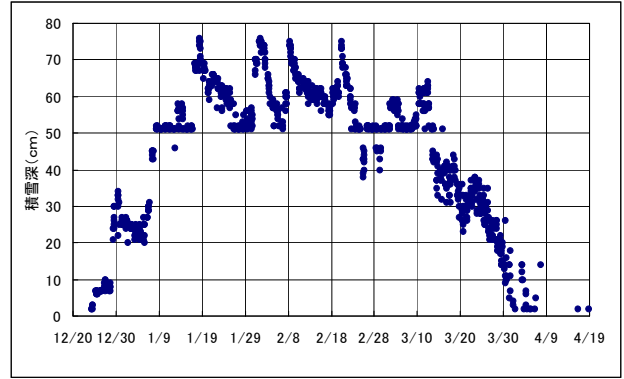
第1図 12月の大雨以前の水平変位ベクトル
表記の亀裂および圧縮リッジは2011年4月時点のもの



第2図 12月の大雨以後の水平変位ベクトル
表記の亀裂および圧縮リッジは2011年4月時点のもの



第3図 地すべり右側部の右横ズレを示す亀裂



第4図 上久保内地すべり O 点付近の積雪深変化

B1 点, B2 点, B3 点, B4 点とした。このうち, 変位の見られなかった B1 点および, B3 とほぼ同様の変位を示す B2 点は 12 月 21 日に撤去した。基準点の変動については, 国土地理院 GPS の大滝観測点との間で変位が生じていないか確認を行なっている。

5. 変動観測の結果

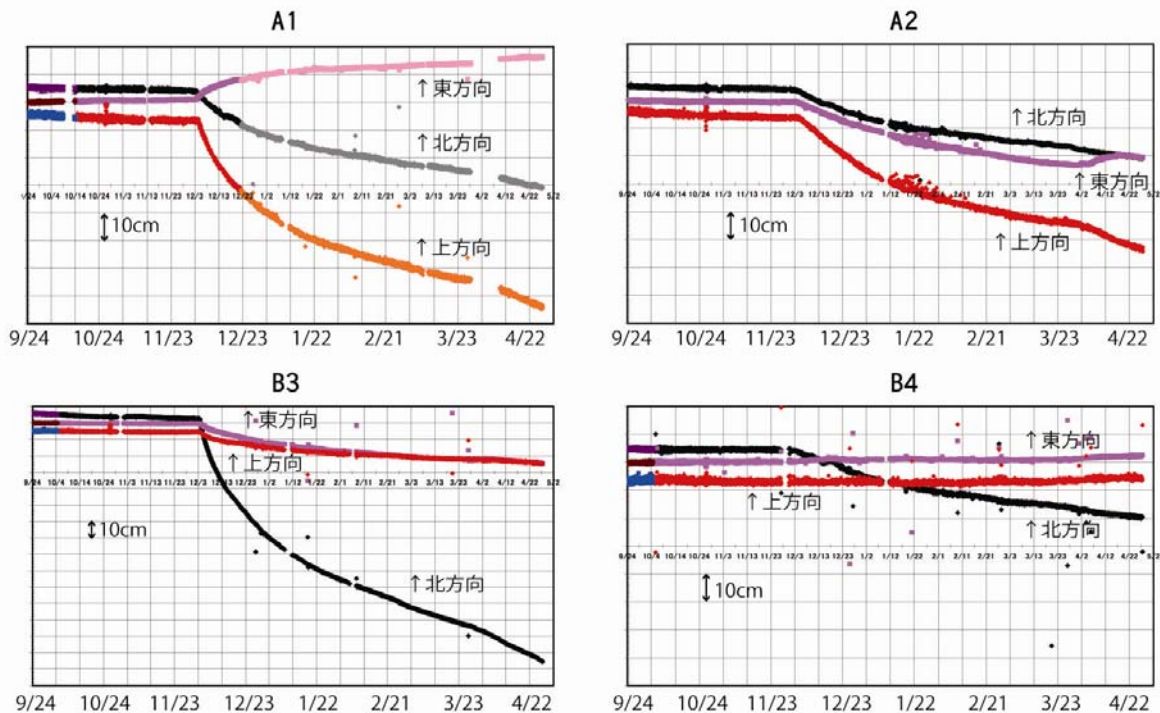
2010 年 9 月以降の GPS 観測による変位量を第 5 図に示す。水平方向の各観測点の変位ベクトルを 12 月 3 日の大雨以前 (第 1 図) と大雨以降 (第 2 図) に分けて示す。大雨以前について, 地すべり中央部 B3 の水平ベクトルを見ると, 70 日間で南方向に 3.2cm, 1 日あたり 0.5mm の変位が生じていた。大雨以降は同じ B3 点で南方向に 36 日間 80cm, 1 日あたり 2.2cm の変位となった。その後変位量は指数関数的に減じたが, 2011 年 3 月時点においても 1mm オーダーの日変位が継続している。B4 点では降水前と降水後ともに, 1 日あたり 0.1mm オーダーの変位であり, 顕著な増加は見

られない。変動方向は, 頭部の A1, A2 点で下方内側に, 地すべり中央部の B3, B4 点では水平南方向であった。12 月の大雨以降, 西側末端に近い B3 点の変位はより顕著になり, 東側の B4 点より 1 オーダー以上の大きな変動となっている。これらの変動の傾向は, 前述の地表面に生じた地形およびその変化と調和的である。

12 月の大雨以降の変位量は指数関数的に減じていたが, 融雪の顕著となった 3 月下旬から再び変動が大きくなった (第 5 図)。このことは 12 月以降継続していた変動に, 融雪に起因する地下水位上昇や長流川増水による浸食作用等の要因が加わった可能性を示す。

文 献

和田信彦・八幡正弘・大島弘光・横山英二・鈴木豊重(1988): 西胆振地域の地質と地熱資源。地下資源調査所調査研究報告, 第 19 号, 93p.



第5図 2010年9月24日から2011年4月27日までのGPS観測による各観測地点の変動(北方向, 東方向, 上方向の変位量)。各観測点の位置は第1図, 第2図のとおり。

ポスター発表

噴火湾音波探査による黒松内低地断層帯南方延長の堆積構造と活動履歴

内田 康人*・仁科 健二*・杉山 雄一**・村上 文敏**・半場 康弘***

*資源環境部 沿岸地質グループ、 ** (独) 産業技術総合研究所、 ***川崎地質(株)

キーワード：活断層，沿岸海域，黒松内低地断層帯，音波探査，堆積構造

1. はじめに

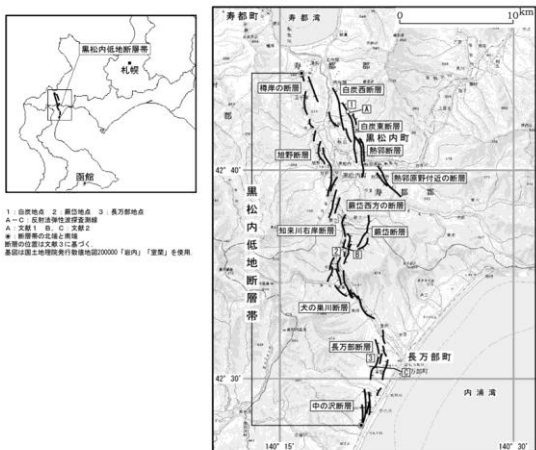
文部科学省地震調査研究推進本部では、主として陸域に存在する主要な活断層帯を対象とする調査観測を推進し、調査観測結果に基づいて活断層で発生する地震の長期評価（規模，位置，長期的な発生時期）や強震動評価（揺れの強さ・広がり）を公表してきている。しかしながら，沿岸海域については，平成 19 年（2007 年）の新潟県中越沖地震のように被害を伴う地震が発生しているものの，地震調査観測の空白域となっていた。

このような背景のもと，今後 10 年間推進すべき基本目標の一つとして「沿岸海域の活断層を中心とした未調査活断層の評価の高度化」が掲げられ，沿岸海域に存在する活断層を対象として，今後の長期評価等を行うために必要となる活断層の活動履歴や位置・形状に関するデータの取得するための調査観測を，平成 21 年度より全国で実施している。

北海道においては，この文部科学省「沿岸海域における活断層調査」の一環として，平成 22 年度に，陸域から海域まで延長している可能性がある黒松内低地断層帯の南方延長部（海域部）を対象とした調査を，北海道立総合研究機構地質研究所（以下，地質研）と産業技術総合研究所（以下，産総研）により実施した。本調査によりこれまで空白域となっていた噴火湾沿岸海域部の活断層の位置や形状が明らかになり，活動性を評価するための新たな資料が得られたので報告する。

2. 黒松内低地断層帯長期評価の概要

黒松内低地断層帯は渡島半島の基部に位置し，寿都湾南方から黒松内町・長万部町を経て内浦湾に至るまで，長さ約 32km 以上の断層帯であり，西側が相対的に隆起する逆断層である（第 1 図）。平均的な上下方向のずれの速度は 0.5～0.7m/千年程度で，最新活動時期は約 5,900～4,900 年前であった可能性がある。

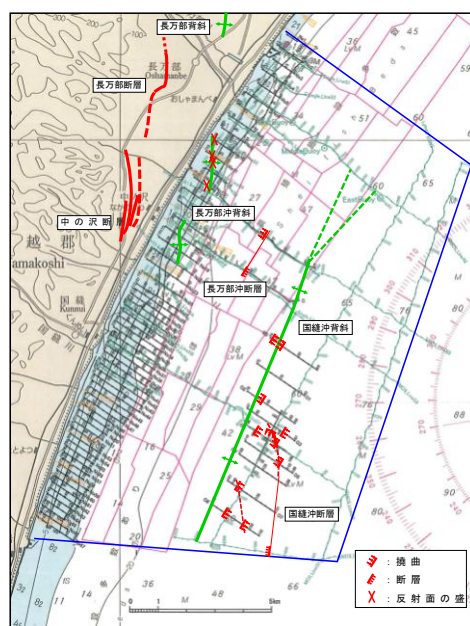


第 1 図 黒松内低地断層帯の概要
(地震調査研究推進本部地震調査委員会，2005 より)

また，経験則から求めた 1 回のずれの量（2.5m）と平均的なずれの速度に基づくと，平均活動間隔は 3,600～5,000 年程度以上の可能性があり，断層帯全体が 1 つの活動区間として活動する場合，M7.3 程度以上の地震が発生する可能性があるとされている（地震調査研究推進本部地震調査委員会，2005）。

3. 調査概要

調査は，ブーマー音源による音波探査（産総研担当），パラメトリック方式音源（SES2000）による高分解能音波探査（地質研担当），及びコアリングによる柱状採泥調査（地質研担当）からなる。第 2 図 に黒松内低地断層帯南端部の断層分布と今回の音波探査測線の位置を示す。噴火湾内にはホタテ養殖施設が高密度に設置されているため，探査測線の設置は，養殖施設設置域と海岸との間の幅 1～2 km の海域，養殖施設域内の漁船の航路，及び養殖施設域の沖合海域に限られた。音波探査測線の総延長はブーマー調査が 93 km，高分解能音波探査が 153km となった。



第 2 図 音波探査測線及び断層等の位置
黒線が高分解能音波探査測線，青線がブーマー探査測線

4. 調査結果

(1) 活背斜構造

ブーマー調査及び高分解能音波探査の結果，黒松内低地断層帯の南方延長に当たる内浦湾内の長万部市街地の沿岸から同町国縫の南東沖に，左雁行配列する長万部沖背斜，及び国縫沖背斜が発見された。これら 2 つの背斜はそれぞれ，後期更新世の海成段丘と沖積層に変位・変形を及ぼしていることから活背斜と判断される。

長万部沖背斜は、長万部の海岸付近から中の沢の沖出し約1kmにかけて確認され、その走向は南北から北北西-南南東方向である。本背斜の海域で確認された長さは約5kmとなるが、さらに北側へ、陸域の長万部川東岸の長万部背斜(奥村, 1983)に連続する可能性がある。

国縫沖背斜は、国縫川河口付近を中心に沖出し約5~6km付近に確認された。走向は長万部沖背斜と同様に北北西-南南東方向で、長さは9~10kmとなる。本背斜は沖積層の形状や反射構造の特徴から、調査域北側の測線にまで達している可能性があり、その場合の長さは約14kmと見積られる。また、既往の音波探査記録の検討から、八雲町山崎の沖合まで国縫沖背斜が延びている可能性もあり、その場合推定される長さは20~21km程度となる。

(2) 海域活断層の確認

長万部沖背斜軸の約3km東側および国縫沖背斜の約1~3km東側の海域に、それぞれ1条の西側上がりの断層へ撓曲が新たに確認され、前者を長万部沖断層、後者を国縫沖断層とする。これら2つの活断層は沖積層の基底及び沖積層中~下部に累積的な変位・変形を及ぼしており、約13,000年前の後氷期海進の開始以降、繰り返し活動している活断層であることが判明した。

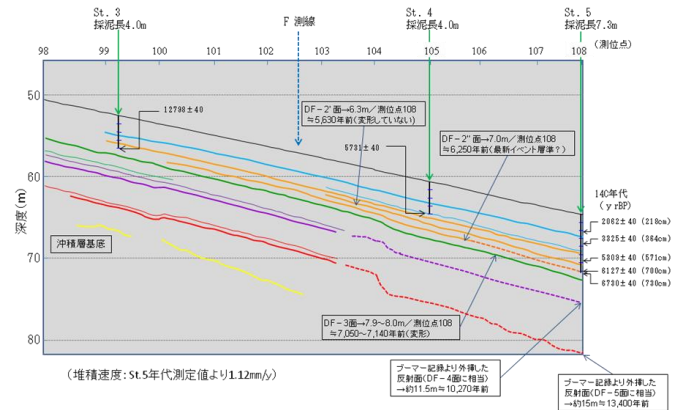
長万部沖断層は養殖施設域の航路上の2測線で確認され、断層確認地点を結んだ走向はN33°E、その間の長さは約1.4kmである。国縫沖断層は養殖施設沖のブーマー測線(3測線)および高分解能音波探査測線(4測線)で確認され、全体としてほぼ南北の走向、確認された長さは約4.2kmである(第2図)。

(3) 活動時期の解明

音波探査で確認された地層の堆積年代を明らかにし、断層活動時期を決定することを目的として、柱状採泥調査(グラビティ及びピストンコアリング)を実施した。コアリング地点の選定は、高分解能音波探査記録断面及びブーマー調査のニアトレース断面の解釈に基づいて行い、音波探査記録上に明瞭な断層変形が認められた養殖施設沖側海域の国縫沖断層近傍、および国縫沖背斜近傍の2測線上のSt.1~5の5地点で採泥を実施した。

2測線のうち、南側の04測線の最も沖側付近で実施したSt.5において、最大長となる7.31mの柱状試料が採取された。採取された柱状試料から、放射性炭素年代測定(AMS法)用試料(植物片、貝殻等)の採取を行った。St.5で得られた年代値から線形回帰を行い算出された平均堆積速度は約1.12mm/年となった。この値は、村山ほか(1998)により得られた噴火湾堆積物の平均堆積速度約0.9mm/年よりやや大きいものの、回帰直線からの残差平方和はきわめて小さく、信頼度は高いと考えられる。

第3図に04測線の高分解能音波探査記録断面とコア採取位置、および年代測定値を重ねたものを示す。本図において、断層による変形を確実に被っているとみられるDF-3面のSt.5での深度は海底下7.9~8.0mとなる。コア長はこの面までは到達していないものの、上記堆積速度より外挿したDF-3面の堆積年代は7,050(yrBP)となった。その上位で変形を被っていないDF-2'面の深度は海底下6.3mで、堆積年代は内挿値から5,630(yrBP)と算出された。したがって本断層の最新イベント年代は、少なくとも5,630年より前で、約6,000~7,000年前と判断される。さらに、より古い先行地震イベントの発生時期を推定するため、ブーマー記録に確認された先行イベント層準の上面に相当する反射面(DF-5面)を本記録に重ね合わせた結果、St.5付近での推定深度は海底下約15mと見積もられ、上記堆積速度より算出された堆積年代は約13,400(yrBP)となる。



第3図 04測線解釈断面、コア採取位置及び堆積年代

(4) 黒松内低地断層帯の長期評価への貢献

本調査で確認された同断層帯の南端は、従来の南端から約10km南へ延び、同断層帯の長さは約32km以上から約42km以上となる。国縫沖断層においては、5,630年前以前、約6,000~7,000年前に1回の活動イベントが発生したと考えられ、この活動が国縫沖断層の最新活動イベントであった可能性が高い。また、これに先行する活動イベントの発生時期は最終間氷期末期以降の海水準変動状況や堆積速度から約12,000~13,000年前頃より後と推定される。これら2回の活動イベントの発生間隔は、6,000~7,000年ないしこれより短いものと推定される。

最近2回の活動に伴う1回の変位量は、長万部沖の断層が2m前後(先行するイベントの方がやや大きい)、国縫沖の断層では2~3m程度と読み取られる。2つの断層の平均上下変位速度はそれぞれ0.3~0.4m/ky、0.4~0.5m/ky程度と見積もられ、陸域活断層の推定値(0.5~0.7m/ky)と同程度ないしやや小さいとみられる。

5. 今後の課題

八雲町付近には、黒松内低地断層帯と同じく西傾斜の逆断層と考えられる八雲断層帯の存在が知られている(中田・今泉, 2002など)。さらに南東方の森付近にも、陸域に西落ちの逆向き断層崖が知られており(寒川ほか, 1984など)、沿岸部に西傾斜の逆断層が存在する可能性がある。ただし、八雲町以南の内浦湾沿岸は未だに活断層に関する情報が十分ではない。したがって黒松内低地断層帯の分布域・総延長を決定するためには今後少なくとも、八雲町以南の内浦湾沿岸域の活断層調査を行い、黒松内低地断層帯と八雲断層帯及び森付近の断層との関係を明らかにする必要がある。

文献

- 地震調査研究推進本部地震調査委員会(2005): 黒松内低地断層帯の長期評価について。
http://www.jishin.go.jp/main/chousa/05apr_kuromatsu/index.htm
 村山雅史・成田尚史・佐藤昌泰・中村俊夫(1998): 噴火湾コア(ST.30)の堆積年代とその意義, 名古屋大学加速器質量分析計業績報告書, 9, p228-235.
 中田 高・今泉俊文編(2002): 「活断層詳細デジタルマップ」. 東京大学出版会, DVD-ROM 2枚・付図1葉・60p.
 奥村晃史(1983): 黒松内低地帯の活構造と地形発達. 日本地理学会予稿集, 23, 30-31.
 寒川 旭・衣笠善博・垣見俊弘(1984): 50万分の1活構造図「札幌」, 地質調査所.

石狩～長沼低地の掘削井の地質試料から得られた第四紀の古環境と層序

嵯峨山 積・菅 和哉^{*}・藤原与志樹^{**}・井島行夫^{**}・
岡村 聡^{**}・山田悟郎^{**}・近藤 務^{***}・外崎徳二^{****}

^{*}資源環境部 沿岸地質グループ, ^{**}地域地質部 地質情報グループ, ^{***}北海道教育大学札幌校,
^{****}北海道開拓記念館, ^{*****}(株)北海道技術コンサルタント, ^{*****}(株)レアックス

キーワード: 石狩低地, 長沼低地, 第四紀, 古環境, 地質層序

1. はじめに

第四紀層は多くの人々が生活する丘陵や扇状地, 低地に分布しており, 最も身近に存在する地層である。同層の地質年代や層序, 古環境, 形成過程を明らかにすることは, 構造物の建設や地下空間利用, 地下水の開発・保全, 土壌汚染対策, 地震や地盤沈下などに対する防災に寄与する。また, 第四紀は近未来とも直結していることから, 過去数～数十万年の地質現象を解明することにより近い将来の出来事を予測することにも貢献する。

石狩湾から苫小牧に至る石狩低地帯(長尾, 1941)の北部域には, 野幌丘陵を挟んで石狩低地と長沼低地がそれぞれ西と東に位置し第四系が広く分布する。著者らは, これまで石狩低地の掘削コアを用いて上部更新統～完新統の層序と古環境について検討し, 縄文海進による汽水湖の広がりとして MIS 5e 期に形成された平坦面が石狩低地地下の一部に存在することを明らかにした(嵯峨山ほか, 2010)。その後, 同低地における石狩 No.1 観測井(ISK-1; 深度 200m, 地盤標高 1.12m,)の火山灰分析, 石狩翔陽高等学校掘削井(ISH-5; 深度 60m, 地盤標高 - 2.79m)の¹⁴C年代測定と珪藻分析, 拓北掘削井(TKH; 深度 36m, 地盤標高 6m)の¹⁴C年代測定と珪藻・花粉・粒度の分析, 野幌丘陵では

野幌新富町掘削井(NS; 深度 30m, 地盤標高 20.57m)の火山灰分析, 長沼低地では六号水掘削井(RS; 深度 50m, 地盤標高 9.39m)の¹⁴C年代測定, 火山灰・珪藻の分析, 六号地掘削井(RC; 深度 50m, 地盤標高 8.21m)の¹⁴C年代測定と火山灰分析を行ったので報告する。掘削井および地質露頭の位置を第1図に示す。

2. ¹⁴C年代測定と火山灰・珪藻の分析

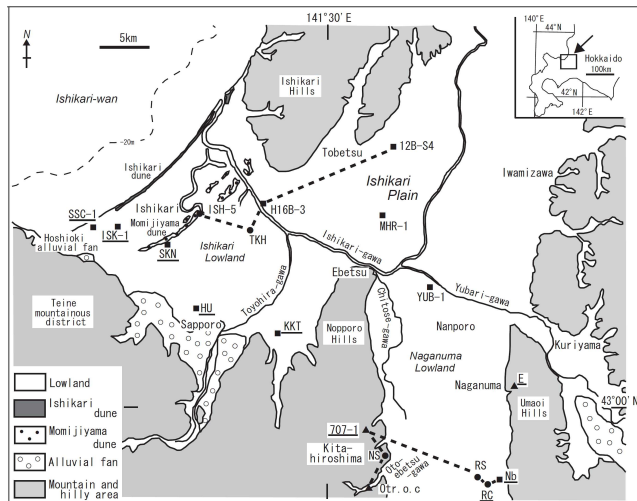
¹⁴C年代測定: 時間の尺度を得るために測定を行った。(株)パレオ・ラボの測定により, ISH-5の深度 43.3m(標高 - 46.09m)の泥炭試料は 9,975 ± 35yBP(AMS法), TKHの深度 33.14m(標高 - 27.14m)の泥炭試料は 9,505 ± 30yBP(AMS法), (有)シートにより測定されたRSの深度 22.83m(標高 - 13.47m)の泥炭試料は 7,507 ± 250yBP(Radiometric法)である。

火山灰分析: 同一の時間面を明らかにするために, 火山灰の火山ガラスと有色鉱物の屈折率の測定を行い同定した。屈折率の測定は, 北海道教育大学札幌校の温度変化型屈折率測定装置を用いた。分析方法は横山ほか(1986)により実用化された温度変化型測定法の一つである。測定誤差は浸液で±0.0002, 鏡下観察で±0.001で, 全体として±0.001～0.002と見なせる。処理の手順は, 火山灰を水洗した後, 約70℃で乾燥させ, 粒径0.125～0.063mmの火山ガラスや輝石, 角閃石を選別し, 鏡下で屈折率を測定した。なお, 火山ガラスの形態は, 町田・新井(2003)の分類にしたがった。

珪藻分析: 堆積場の水域環境を明らかにするために分析を行った。算定は1,250倍の生物顕微鏡で100個体を目途に行い, 産出率が低い試料は1ないし2枚のカバーガラス全域の観察で終了した。種の同定は海生種, 海～汽水生種, 汽水生種, 汽水～淡水生種, 淡水生種, 絶滅種, 不定種の7つに区分し, これらの割合から各試料の古環境を推定した。更に, 海水と淡水の割合の目安となる数(嵯峨山, 2010; 以下, 指数)を求めた。本指数は, 海生種が多いほど指数は5に近くなり, 海水の影響が大きかったと考えられ, これは逆に淡水生種が多いほど指数は1に近くなり, 淡水の影響が大きかったと推定できる。

3. 考察

完新世のはじめ, すなわち約1万年前の海面標高は - 40m前後であったが, その後の温暖化に伴い徐々に上昇し, 海水は石狩湾から内陸に徐々に流入して, 約6,000年前の高頂期には海面高は最大となった(標高+3m: 赤松, 1969), その後, 「縄文中期の小海退」(太田ほか, 1982)や「弥生の小海退」(有明海研究グループ, 1965)を経て, 徐々に低下し現在に至っている。高頂期の海水は最も内陸にまで到達し, 石狩川や夕張川などからの淡水と混じり, 大規模な汽水湖(古石狩湖)が形成されたと考えられている(嵯峨山ほか, 2010)。今回, 石狩低



第1図 石狩低地および長沼低地の掘削井の位置

: 分析用井戸, : 既存分析済の井戸, : 地質露頭: SSC-1: 西部スラッジセンター(嵯峨山ほか, 2010), ISK-1: 石狩 No.1 観測井(北海道立地質研究所, 2009), SKN: 新琴似(五十嵐ほか, 1989), HU: 北大地盤観測井(嵯峨山ほか, 2007), ISH-5: 石狩翔陽高校, TKH: 拓北, H16B-3: 札幌大橋(嵯峨山ほか, 2010), KKT: 川北観測井(赤松・松下, 1984), 12B-S4: 新篠津村武田(佐藤ほか, 2001), 707-1: 大津ほか(2002), NS: 北広島市新富町, Otr.o.c.: 北広島市音江別川沿い, RS: 六号水, RC: 六号地, Nb: 長沼ボーリング(下川ほか, 1993)。

地の2井 (ISH-5, TKH) の1万年以降の珪藻分析の結果は、大局的には下部は淡水生種優勢、上部は海生種優勢で、上記の海面変動と大局的に調和する。すなわち、完新世を通して石狩平野の背後地では大きな地形変化はなく、堆積場に流入する淡水の量的変化は縄文海進時の海水の流入量の変化に比べて極めて小さいと考えられ、沖積層中に認められる海生種や淡水性種などの割合の変化は縄文海進により内陸に流入した海水量の変化を反映していると推定できる (嵯峨山ほか, 2010)。次に、長沼低地のRSでは試料21.8(標高-12.44m)より海生種の割合が急激に増加し、これより約1m下位の標高-13.47mの¹⁴C年代値は7,507±250yBPであることから、この地点の海水の到達年代は7,000年前後と推定される。一方、RSより約3.75km北のYUB-1(夕張川沿い)では¹⁴C年代値7,945±30yBPの測定層準より2.24m上位(試料19.33)で海水流入による海生種の割合が最大となる。RSに比べ分析試料数が少ないものの、海水の到達年代は上記のRSの約7,000年前と大差ない。

石狩湾の現海岸線からの直線距離が約42kmであるRSの珪藻分析結果は、同湾から内陸に流入した海水が南長沼付近まで到達したことを示唆しており、岡・中川(2007)の汽水域は長沼市街以南までとした見解と矛盾しない。

ほぼ東西方向に並ぶISH, TKH, H16B-3および12B-S4の指数曲線の対比では、標高-10~-7m付近の層準で指数値が最大となり、いずれも高頂期に相当する。その直下(標高-13~-8m付近)では指数値が比較的小さくなる層準が認められ、海水量が一時的に減少したと推定される。これらは高頂期直前の7,000~6,800年前に一時的な海面低下が存在したことを示しており、本「小低下」を「縄文早期末の小海退」と称する。

長沼低地におけるRSの深度49.95-49.65m試料の火山灰分析では、有色鉱物は斜方輝石>単斜輝石>>角閃石で、少量含まれる火山ガラスは軽石型を主体とする。屈折率の最頻値は、ガラスは1.511および斜方輝石は1.714であり、大津ほか(2002)が野幌丘陵で報告した中期更新世の未同定火山灰2に対比される。更に、同低地の3本の掘削井の内、RCとNbで洞爺火山灰(以下、Toya)の層準が確認され、同火山灰は泥炭が堆積しはじめた後に降灰したと読み取れ、MIS 5d期の海退時に形成された湿地帯に同火山灰が降灰したと考えられる。一方、より西のRSではToyaは確認されていないものの、上記の考えに従えば、同火山灰は泥炭の基底深度である39.9m直上に存在することになり、地質柱状の記載にある「深度39.9~38.2m;一部に火山灰質細砂を挟在する泥炭」と符合する。

4. おわりに

まとめは以下の通りである。1)石狩低地帯北部の石狩低地・野幌丘陵・長沼低地の掘削コアについて放射性炭素年代測定、火山灰分析、花粉分析、珪藻分析および粒度分析を行い、第四系の層序と古環境を検討した。2)約6,000年前の縄文海進高頂期には長沼付近まで海水が到達し、汽水湖(古石狩湖)は現海岸線より約42km内陸まで広がっていた。3)珪藻分析で得られた指数曲線から、同高頂期直前の7,000~6,800年前に海面の小低下が存在したと推定し、これを「縄文早期末の小海退」と称した。4)長沼低地の掘削コアの火山灰分析では、約11.35万年前のToyaの他、中期更新世の未同定火山灰2(大津ほか, 2002)を認定した。

謝辞

低地下の地質試料を得るためには多大な費用による掘

削作業が必要となることから、費用軽減のために地質試料を北海道開発局札幌道路事務所、旧札幌土木現業所、札幌市下水道河川部、北海道大学大学院の田中洋行氏から提供していただいた。試料採取時には住鉱コンサルタント株式会社北海道支店、北海道土質コンサルタント株式会社にお世話になり、基礎地盤コンサルタンツ株式会社北海道支社からは資料を提供していただいた。復建調査設計株式会社の高木俊男氏と株式会社ダイヤコンサルタントの高橋輝明氏からは、古環境についてご意見をうかがった。研究遂行に際しては職場内外の皆様からご協力いただいている。本研究は文部科学省科学研究費補助金(基盤研究C, 課題番号21540478)によるものである。記して感謝申し上げます。

文 献

- 赤松守雄(1969):北海道における貝塚の生物群集 - 特に縄文海進に関連して。地球科学, **23**, 107-117。
 赤松守雄・松下勝秀(1984):石狩西部地下における更新統の貝化石群と層序区分。第四紀研究, **23**, 183-195。
 有明海研究グループ(1965):有明・不知火海域の第四系 - とくに有明軟弱粘土について。地団研専報, no.11, 86p。
 北海道立地質研究所(2009):地下水水位地盤沈下観測記録XXX - 平成20年札幌市北部~石狩地区。65p。
 五十嵐八枝子・山田 治・松下勝秀(1989):札幌市北部新琴似町における埋没泥炭の¹⁴C年代 - 日本の第四紀層の¹⁴C年代(171)。地球科学, **43**, 186-188。
 町田 洋・新井房夫(2003):新編火山灰アトラス - 日本列島とその周辺。東京大学出版会, 336p。
 長尾 巧(1941):札幌-苫小牧低地帯(石狩低地帯)。矢部教授還暦記念論文集, no.2, 677-694。
 能條 歩・金川和人・星野フサ・岩見沢団体研究グループ(2008):北海道石狩低地帯東縁長沼地域の中~上部更新統層序と古環境。地球科学, **62**, 307-323。
 大津 直・田近 淳・廣瀬 亘・岡崎紀俊・石丸 聡(2002):当別断層および南方延長部 - 活断層図とその解説。北海道活断層図No.4, 北海道, 109p。
 岡 孝雄・中川 充(2007):札幌の地史(おいたち)。札幌市大型動物化石総合調査報告書 - サッポロカイギュウとその時代の解明。札幌市, 122-133。
 太田陽子・松島義章・森脇 広(1982):日本における完新世海面変化に関する研究の現状と問題 - Atlas of Holocene sea-level study in Japan を資料として。第四紀研究, **21**, 133-143。
 嵯峨山 積・五十嵐八枝子・近藤 務・鎌田耕太郎・吉田 充夫・地徳 力・外崎徳二・工藤千春・岡村 聡・加藤誠(2007):札幌市街域における150m掘削コアの第四系層序。地質学雑誌, **113**, 391-405。
 嵯峨山 積・外崎徳二・近藤 務・岡村 聡・佐藤公則(2010):北海道石狩平野の上部更新統~完新統の層序と古環境。地質学雑誌, **116**, 13-26。
 佐藤博文・石井正之・大津 直・田近 淳(2001):石狩低地帯, 新篠津村の沖積層 - 層序・年代・堆積環境。日本応用地質学会北海道支部平成13年度研究発表会講演予稿集, no.21, 9-12。
 下川浩一・佃 栄吉・奥村晃史(1993):北海道馬追丘陵における後期更新世の地殻変動とその速度について。日本地質学会第100年学術大会要旨, 504。
 横山卓雄・壇原 徹・山下 透(1986):温度変化型屈折率測定装置による火山ガラスの屈折率測定。第四紀研究, **25**, 21-30。

自然の力を利用した環境浄化について

荻野 激*

*資源環境部 資源環境グループ

キーワード：人工湿地 フェイトレメディエーション

1. はじめに

自然の浄化能力については、「(川)三尺流れれば水清し」ということわざがあるように、川や湿地などでは古くから知られている。自然の力による環境浄化は、水や土壌・植物さらにそこに生息する微生物などが、本来持っている能力を活用しておこなわれる。このため、現在おこなわれている主な処理法よりも、低コスト、省エネルギーで環境への負荷が小さいといった優れた長所を持っており、環境に配慮した新たな浄化方法として注目されている。

地質研究所では、自然の力による環境浄化法のなかで代表的な方法である「人工湿地による廃(排)水処理法」及び「植物を利用した環境浄化法(ファイトレメディエーション)」に関して調査研究を実施してきた。

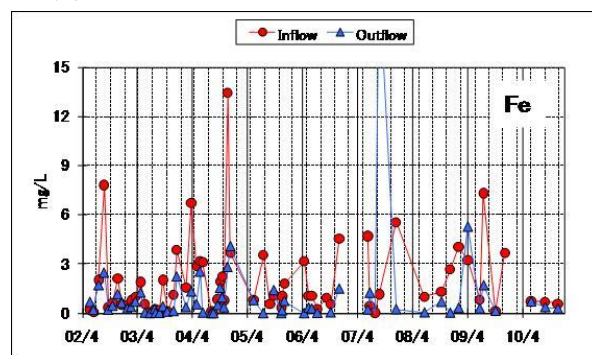
ここでは、これまで地質研究所が中心となって実施した調査・研究の結果等について報告する。

2. 人工湿地に関する研究

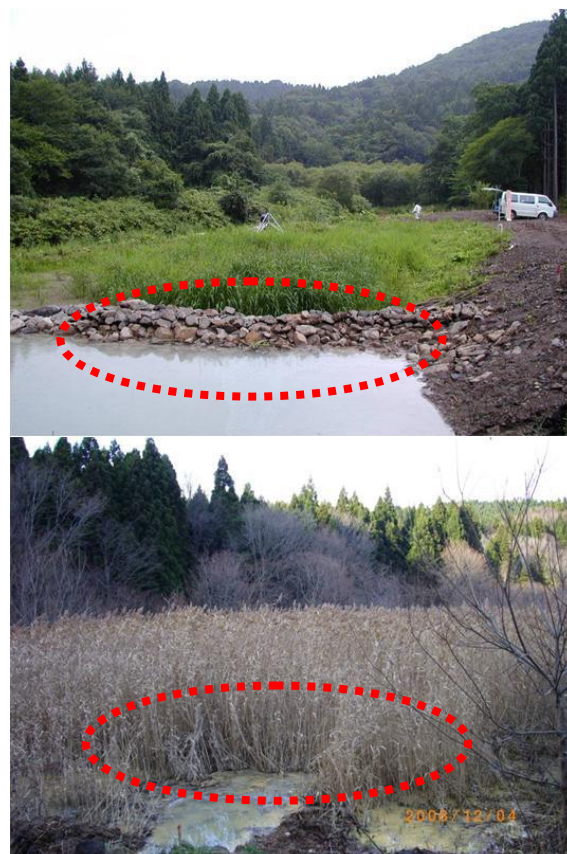
人工湿地に関する研究は、平成14年度から函館土木現業所(現函館建設管理部)の協力により上ノ国町に人工湿地(表面流型人工湿地)を造成し、道の重点領域研究として、酸性廃水に対する植物、微生物・細菌類および土壌等の水質浄化に関わる機能・能力についての調査研究を3年間実施した。その後平成17～19年度では、同じ人工湿地で、人工湿地処理を長期間安定的・効率的に管理・運用できる方法について、また平成20～22年度では、長期間運用による諸課題の解決に向けた検討をおこなった。

これらの結果、湿地では廃水を滞留させることで金属成分等の環境中への負荷を軽減できること、湿地内では金属成分等を堆積または固定化して貯留し、その固定化には生物(菌類等)が関与している可能性があることなどを明らかとし、人工湿地により廃水中の金属成分(鉄(Fe)・マンガンなど)を除去することが可能であることを確認した(第1図)。また調査研究期間(9年間)内で浄化能力の低下などは確認されず、ある程度の期間は浄化能力が維持されることも明らかとした。一方で、長期間の運用による湿地内への土砂の流入や沈殿物の堆積などの影響により人工湿地内の嵩上げが進行し、人工湿地の浄化機能への障害が発生した(第2図)。人工湿地処理を

長期間安定的に運用するには、適切な管理下での運用が必要である。



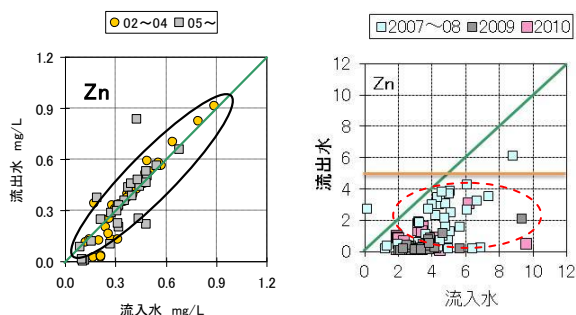
第1図 上ノ国人工湿地の流入・流出水の鉄濃度の経年変化



第2図 人工湿地沈砂池の変化(造成時(上段)と8年後(下段))

現在これらの調査研究の成果は、道内外の休廃止鉱山等における金属成分を含んだ廃水の処理対策に活用が検討されており、北海道内では現在道北の本庫鉱山(枝幸町)において、実証試験をおこなっている。

本庫鉱山での実証試験では、上ノ国人工湿地とは異なるタイプの人工湿地(浸透流型人工湿地)についても試験をおこなっている。本庫鉱山人工湿地(浸透流型)では、上ノ国人工湿地で除去効果があまり高くなかった成分でも高い除去効果が得られている(第3図 左:上ノ国, 右:本庫鉱山)。



第3図 上ノ国人工湿地(左)及び本庫鉱山浸透流型人工湿地(右)における流入・流出水の亜鉛(Zn)濃度の関係。図中の緑ラインは等濃度線(流入濃度=流出濃度)、桃色ラインは排水基準値を示す

3. 植物浄化に関する研究

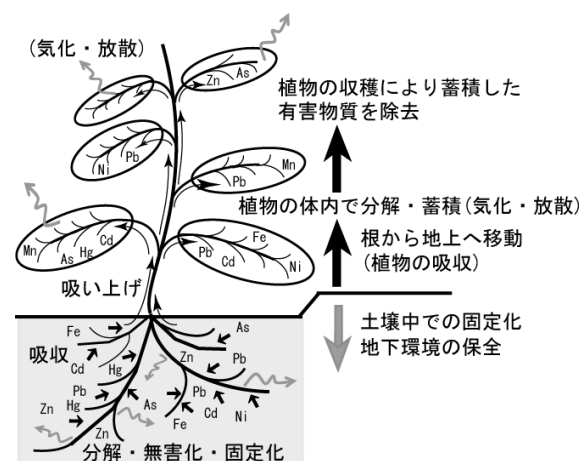
植物を利用した環境浄化技術(ファイトレメディエーション)については、土壤汚染対策法の施行により、土壤等の浄化に関する市場規模が拡大していることから、低コストの新しい処理法として注目されている。ファイトレメディエーションの概念図を第4図にまとめた。ファイトレメディエーションとは、草・樹木および根圏に生息する微生物を用いて、土壤、汚泥、底泥および地下水等の汚染物質を吸収・分解・大気中への放散により低減もしくは固定化する方法である。

浄化対象となる汚染物質は多く、鉛(Pb)やカドミウム(Cd)などの金属成分に加え、有機性有害物質や放射性物質などに対しての有効性についても確認されている(王ほか, 2003; 長谷川, 2002; 吉原ほか, 2000)。

本研究では、特に土壤からの重金属成分の除去に注目し、道内の土壤中の重金属濃度が高い地域(休廃止鉱山跡地)などに自生している植物を採取し、重金属成分の集積力が高い植物の探索をおこなった。その結果、採取した数種類の植物の中で、これまで重金属の集積能力があるとされているヘビノネゴザが他の植物よりも集積能力が高いことを確認した(第5図)。

重金属成分を特異的に吸収・蓄積する植物については、重金属超集積(又は高蓄積)植物(Hyperaccumulator plant)と呼ばれており、その基準として、Lasat(2002)では Cd:100ppm 以上、Co・Cr・Cu・Pb:1,000ppm 以上、Zn・Ni:10,000 ppm 以上を蓄積する植物としている。また Baker and Brooks(1989)では、Zn・Mn:10,000 μ g/g 以上、Ni・Cu・Co・Pb:1,000 μ g/g 以上、Cd:100 μ g/g 以上と定義している。本研究で採取したヘビノネゴザも Pb・Cd が上記の基準を越えており、道内におけるファイトレメディエーションへの適正能力が高い植物と言える。なお重金属超集積植物はこれ

までに国内外の研究で約400種が発見されている。



第4図 ファイトレメディエーション概念図



第5図 休廃止鉱山跡地で自生するヘビノネゴザ

4. おわりに

自然の力による環境浄化は、優れた長所を持っており、自然豊かな北海道に適した環境浄化方法である。しかし、効率性・地域性など解決すべき課題もある。したがって、今後もこの環境浄化技術の普及に向け積極的に取り組んでいく必要がある。

文 献

Baker, A.J.M and Brooks, R.R.(1989): Terrestrial higher plants which hyperaccumulate metallic elements a review of their distribution, ecology and phytochemistry, *Biorecovery*, 1, 81-126.

長谷川 功(2002):植物による重金属汚染土壤の浄化—ファイトレメディエーション—. *農林水産技術研究ジャーナル*, 25, 5-12.

Lasat M.M.(2002):Phytoextraction of Toxic Metals:A Review of Biological Mechanisms. *J.Environ.Qual.*,31,109-120.

王効拳, 李法雲, 岡崎 正規, 杉崎 三男(2003):ファイトレメディエーションによる汚染土壤修復. *埼玉県環境科学国際センター報*, 3, 114-123.

吉原 利一, 後藤 文之, 増田 太郎(2000):植物による環境修復(1)—現状と遺伝子工学の適用に関する調査—. *電力中央研究所報告 調査報告*, U00022, 36p.

コンクリート内の骨材反応性現況調査

垣原康之*

*資源環境部 資源環境グループ

キーワード：骨材組み合わせ、アルカリ骨材反応、ひび割れ、橋梁

1. はじめに

北海道内に分布するコンクリート骨材として使用される岩石の一部は、アルカリ骨材反応を起こすリスクを有することが確認されている（長野ほか，1991）。アルカリ骨材反応が社会問題となって以降，モルタルバー法や化学法に基づく高リスク岩石のスクリーニングの他，低アルカリセメントの使用，さらに継続的な躯体表面の観察および適宜修復を行うことにより，アルカリ骨材反応を示唆するコンクリート躯体表面にみられる亀甲状のひび割れを見かけることは減少した。しかし上述の方法による高リスク骨材のスクリーニングは100%確実とは言いきれないだろう。加えてアルカリ骨材反応が10数年以上の長期に渡る潜伏期間を有することから，実際に骨材とセメントの長期曝露について観察しておく必要がある。

そこで本研究では，施工年月がプレート等により示されることが多い橋梁を中心に，コンクリート躯体表面のひび割れの観察，および使用骨材の岩石種の同定を行った。

2. 方法

道内4地区に設置されている橋梁について，その躯体表面にみられる「ひび割れの状況」を観察し，使用されている「骨材種」の同定を行った。橋梁には供用年が記されたプレートが設置されており，これをおおよそその打設時期とし，観察した日までの経過年数を骨材のセメントに対する曝露期間とした。なお多くの橋梁は，改修・補修が行われており「正しい曝露期間」を示していない場合もある。各地区に設置された橋梁のコンクリート躯体表面の観察，および骨材種の同定結果はデータベースにとりまとめた。

3. 結果

橋梁のコンクリート躯体に使用されている粗骨材と細骨材の組み合わせは，以下の通りである（粗骨材＋細骨材）。

- (1) 安山岩碎石＋砂利 (A)
- (2) 砂利 (A) ＋砂利 (A)
- (3) 砂利 (B) ＋砂利 (B)
- (4) 砂利 (C) ＋砂利 (C)
- (5) ドレライト碎石＋砂利 (C)

なお砂利 (A) は安山岩・細粒砂岩の円礫を主体とする。砂利 (A) のうち細骨材は，採掘前の分級・淘汰の影響のために石英粒子の割合が非常に高いことが多い。砂利 (B) は黒色細粒砂岩・花崗岩・片麻岩・変成岩・赤色チャートを主体とする。砂利 (C) は赤色チャート・硬質細粒砂岩を主体とする。これらの骨材に使用されている碎石・砂利は，橋梁が設置されている地区の後背地に分布する岩石に一致すると推定された。

各地区ともに，コンクリート躯体表面には多様なひび割

れが観察された。よく知られているように，ひび割れの発生・成長の要因として初期凍害，乾燥収縮，中性化に伴う劣化，鉄筋発錆に伴う膨張圧，繰り返し歪みや衝撃が挙げられる。これらの要因では説明が難しく，かつ亀甲状のひび割れが発生している場合，アルカリ骨材反応による膨張圧に起因するひび割れであることが疑われる。本研究における観察では，骨材の組み合わせ (1) においてのみアルカリ骨材反応が原因と疑われるひび割れが観察された。しかし，他の組み合わせについてはアルカリ骨材反応を強く疑わせるひび割れは観察されなかった。とくに骨材組み合わせ (3) に含まれる変成岩は，アルカリ骨材反応性をもつとされる隠微晶質石英や変形作用を受けた石英を含む場合があるが，この組み合わせの骨材を使用したコンクリート躯体表面にはアルカリ骨材反応が強く疑われるひび割れは見いだされなかった。

アルカリ骨材反応が疑われるひび割れをもつ構造物の施工年は，1952年，1964年，1989年である。この他，道路の供用年から推定して1970年代頃に施工されたと推定される構造物についても同様のひび割れが認められた。これらの構造物の施工からの経過年数は19～56年間（観察日にて計算）と幅があるものの，レディミクストコンクリートに関するJIS A5308制定以前に設置された構造物である。一方，これ以降に設置されたコンクリートの躯体表面では，初期凍害や乾燥収縮のひび割れがしばしば認められた。

北海道における活断層調査成果の再構築と活用

廣瀬 亘*・川上源太郎*・大津 直**・岡崎紀俊*・田近 淳***

*地域地質部 地質防災G **地域地質部 地質情報G ***地域地質部

キーワード：活断層，GIS，表層地質，地質データベース，

1. 背景とねらい

日本国内における活断層の調査研究は、当所を初めとする地形学者および地質学者がリードして行ってきた。地震国である日本の地形学・地質学のレベルは世界的にみても高いため、研究成果もまた高い学術的レベルが保たれてきた。例えば、1991年に発行された「新編 日本の活断層」（東京大学出版会）などはその一例である。

その一方で、活断層に関する研究は、研究者個人ないし研究グループ単位で行われる場合がほとんどである。これは、研究内容の多様化をもたらすメリットがある一方、例えば一つの断層について分布や活動履歴に関していくつもの解釈を並立させることに繋がる。このことは、自治体や住民に少なからぬ混乱を引き起こしている。

一方で、熟練研究者がその知識と経験によって野外での現象を観察する一種の「職人芸」で調査研究を行う実態では、調査データの管理・継承が難しい。調査報告書では、当然ながら膨大な一次調査資料すべてを記述することは不可能であり、データの取捨選択的記録がどうしても避けられない。そのため「職人」の退職・異動とともにバックデータとして重要な表層の地質記載データが尽く失われる問題が、歴史の古い研究機関ではすでに現実化している。

当所では、北海道における地質防災へ貢献するために、これまでに蓄積されてきた研究成果をとりまとめ GIS による情報公開を進めている。上記の問題を踏まえ、GIS システムを用いて活断層およびその調査データに関して一元的に管理、一部を普及用・防災啓発用に公開するためのシステムを平成 22 年度道総研職員奨励研究事業課題として提案・採択された。以下、そのシステムについて紹介する。なお、このシステムは公開準備中であり、今後データの整備が完了した区域から順次公開していく予定である。

2. システムの概要

このシステムは、活断層に関する地理的な情報・調査情報・研究成果、社会的現状といった情報を整理しており、大きく 3 つの柱からなる。

1) 活断層の位置や現況の情報（公開予定）

研究成果の蓄積にともなって並立しつつある、活断層の位置情報をまとめ、一般市民でもわかりやすくなるよう、現地の現況などもあわせて示すものである。日本国内で公開済みである活断層地図としては、地質研究所（当所および北海道立地下資源調査所）による「北海道活断層図」（1999 年から順次発行、5 断層整備済み）、「新編 日本の活断層」（1991 年：東京大学出版会）、「第四紀逆断層アトラス」（2002 年：東京大学出版会）、「活断層詳細デジタルマップ」（2002 年：東京大学出版会）、「都市圏活断層図」（国土地理院；地域毎に順次整備。北海道では 9 地域整備済み）がある。また、インターネット上に公開されている情報として、「活断層データベース」（2005 年公開・順次更新：（独

産業技術総合研究所活断層・地震研究センター）がある。これらは「活断層詳細デジタルマップ」「活断層データベース」を除きいずれも紙媒体である。紙媒体のものについて、ArcGIS9.3 上でシェイプファイル化し、GIS ソフト上で重ね合わせ可能とした。この他に、各研究者による活断層に関する調査報告論文が 64 件存在するが、位置情報が無い、同じ著者によるより詳細なデータが公表されている、等の理由から今回のデータセットには加えていない。

基図の投影法の違い、紙地図特有の伸び縮みによる歪みも含め、各地図間の位置重ね合わせ精度は、誤差数 m～十数 m 以内で収まっている。一般公開向けには、地質研究所作成地図のほか、非商用であればデータソース開示のもとで公開可能な「活断層詳細デジタルマップ」「活断層データベース」、そして著作権上の問題がクリアされれば他のデータソースについても公開したいと考えている。

上記のデータでは、活断層の有無や位置などに大きな差異が認められる。これらのデータと地質研究所の現地調査データ、国による長期評価等を踏まえ、地質研究所として現時点で最も信頼できると判断される断層分布について表示した。現時点では、富良野断層帯と幌延断層帯についてデータを作成している。他の断層帯についても今後順次データを整備していく予定である。

2) 統一フォーマットによる活断層調査データ保存（所内限定）

(1) のデータベース上に、所内限定編集・閲覧用データベースとして整備した。データ属性は、「断層帯名」「断層名」「調査機関」「調査者」「調査日時」「緯度」「経度」「調査

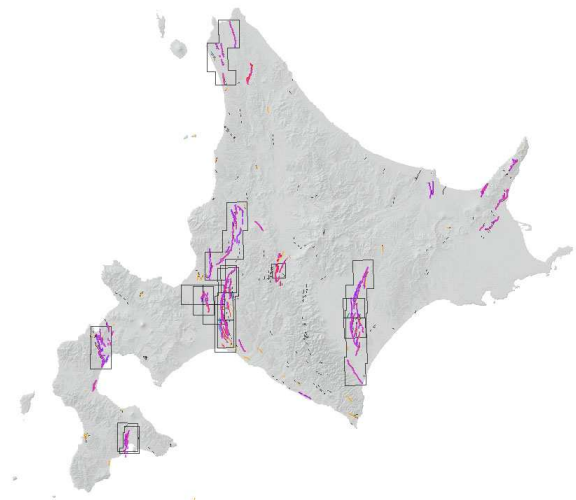


図1 北海道内の陸域活断層図

地点名」「写真」「地質記載等」「補遺」「再調査必要性」である。写真・スケッチ等は必要に応じてスキャン画像・写真ファイル等にハイパーリンクを張る型式とし、地質記載・補遺については各 255 字まで記述可能とした。現時点では、トレンチ・ピット調査位置、ボーリング調査位置、反射法地震探査・重力探査・電気探査測線、主要な調査露頭、写真撮影地点、地形観察地点について継続的にデータ追加を進めている。調査研究の進展に伴い再調査・再観察が必要かどうかについてもチェックできるようにしている。

3) 活断層研究成果活用事例（公開予定）

活断層に関する研究成果は、その社会的ニーズの高さから、研究完了後時をおかずして活用が始められることが多い。

成果活用の流れとしては概ね、

調査完了→国（地震調査推進本部：文科省所管）評価
→自治体による被害想定・住民への広報等

となっている。一部の自治体では独自に活断層調査を行い住民啓発を行う例も見られる。調査完了から国による評価が終わるには数年程度であることが通例である。

研究成果の具体的活用例としては、国外では、アメリカ・カリフォルニア州における「地震災害地図化法」「地震断層地帯法」（地震断層ゾーニング法）による活断層情報の周知・土地利用制限、ニュージーランド・台湾における同様の制限事例がある。日本では、人口密度が格段に高いことや高い地価、逆断層型の活断層が卓越すること、大陸縁辺

などに比べ厚い沖積層の発達が著しく伏在断層のリスクが高いことなど、海外と単純に比較することは難しい。そのような状況でも、西宮市、横須賀市など、活断層に関する独自の取り組みを行っている自治体が存在する。西宮市では現在、「開発事業等におけるまちづくりに関する条例」により、想定される活断層周辺において中高層建築物を建築する計画がある場合に、活断層を想定した地質調査報告書の提出を義務づけている。横須賀市では北武断層の両側 25m で建築を規制している。また、福岡市でも警固断層における地震をうけて「福岡市建築基準法施行条例」により新規中高層建築物についての耐震性能強化を図っている。また、野島断層（兵庫県南部地震）、根尾谷断層（濃尾地震）のように、地表地震断層およびその周辺の地形や遺構を保存・展示する施設も作られている。こうした事例は一部の研究者・行政担当者には周知の事実となっているが、必ずしも広く知られているとは言い難い。本研究では、上記の情報や活断層に関する基礎知識のほか、こうした成果普及事例についても紹介する Web ページを作成した。

3. おわりに

これらのシステムは、平成 22 年度職員奨励研究により準備・作成着手された。研究事業そのものは 1 年間で終了したが、今後も引き続きデータ整備を進め、一日でも早い一般公開を図りたい。

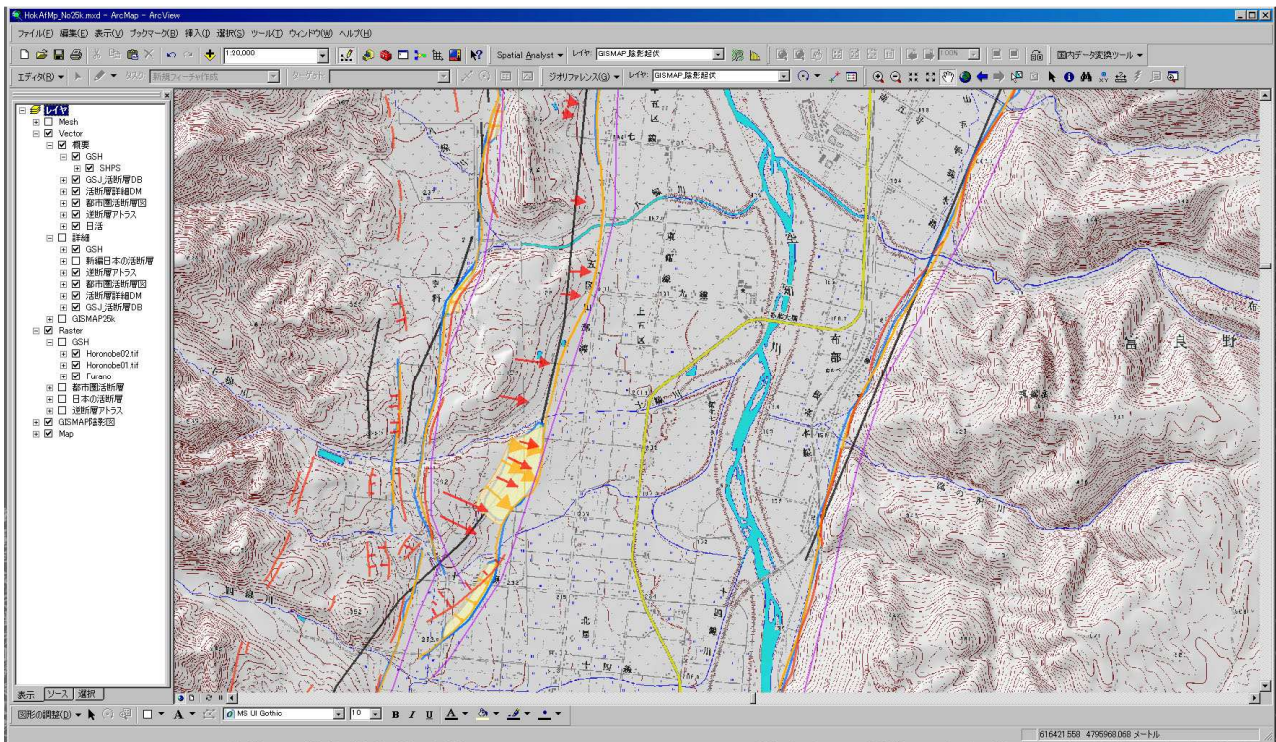


図 1 各調査成果の重ね合わせ図

1938年弟子屈地震断層周辺における地中レーダ探査

田村 慎*・岡崎紀俊**・大津 直*・廣瀬 亘**・川上源太郎**・鈴木隆広*・
田近 淳***・高橋浩晃****・一柳昌義****

*地域地質部 地質情報グループ
**地域地質部 地質防災グループ
***地域地質部
****北海道大学地震火山研究観測センター

キーワード：地中レーダ探査，1938年弟子屈地震，地表地震断層

1. はじめに

北海道東部にある屈斜路湖周辺地域は、北海道内陸で最も地震活動が活発な地域の一つであり、1938(M6.1)、1959年(M6.3, M6.1)、1967年(M6.5)など被害を伴った規模の大きい地震が繰り返し発生している。このうち1938年に発生した屈斜路地震では、死者1名、家屋の全半壊44棟の被害を出したほか、地震発生直後に行われた現地調査(津屋, 1938; 田中館, 1938 など)によって、現地周辺で多くの地表地震断層(1938年弟子屈地震断層)が出現したことが確認されている。

この地震に関する詳細な情報や、過去にも同様の地震が発生した可能性について把握するには、地表地震断層における断層の変位量や1938年以前の活動を明らかにすることが重要である。しかし、現在地震断層が出現したとされる地点では断層変位や亀裂の痕跡などは視認できない。

そこで、1938年の屈斜路地震断層の地震断層が出現したとされる地点において地中レーダ探査を実施した。本発表では、探査によって得られた地表下部の構造について報告する。

なお、本探査は北海道大学地震火山研究観測センターとの平成22年度共同研究「衝突帯における火山フロントでの地殻強度異常場のモデル化-1938年屈斜路地震断層の活動特性に関する研究」で実施したものである。

2. 地中レーダ探査

2.1 探査の概要

調査にあたり、既存文献資料および2008年に実施した地震断層トレンチ調査資料から地表地震断層の位置を確認し、調査域の検討を行った。

その結果、和琴半島の南方において道路に段差が出現したとされる地点(和琴半島南方探査地)と丸山東方において横ずれ断層が出現し、近傍でのトレンチ調査で地震断層を検出した地点(丸山東方探査地②)の2箇所地中レーダ探査を実施することとした(第1図)。探査は2010年12月13日～16日に実施した。

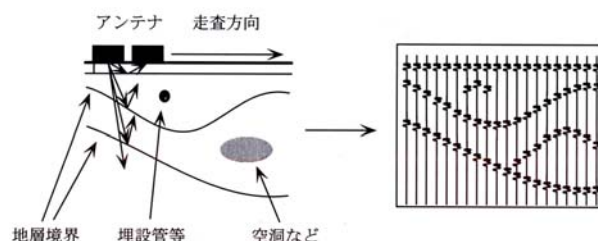
2.2 探査概念および使用機材

地中レーダ探査は地表から電磁パルス波を放射し、その反射波を捉えることによって地下浅部の構造を把握する探査である。送信機より放出された電磁波は誘電率の異なる境界で反射するので、地層境界では連続する強い反射面の検出が期待され、地質境界の形状を把握できる(第2図)。

探査には Sensors & Software 社製 PulseEKKO-1000A GPR system を用い、送受信アンテナは5m程度まで探査可能である110MHzのアンテナを使用した。



第1図 探査地域図。国土地理院 1:25000 数値地質図「和琴」に加筆。2010年探査地は和琴半島南方探査地および丸山東方探査地②。丸山東方探査地①および丸山南方探査地は2008年に実施した地中レーダ探査の探査地点。



第2図 地中レーダ探査概念図。

左図：レーダ探査の様子。上部左側が送受信アンテナ。

右図：探査結果の模式図。主要な反射波を示す。最上部の水平な反射波が地表での反射を示し、下部の反射面が地層境界、埋設管、空洞などによる反射を示す。

3. 探査結果

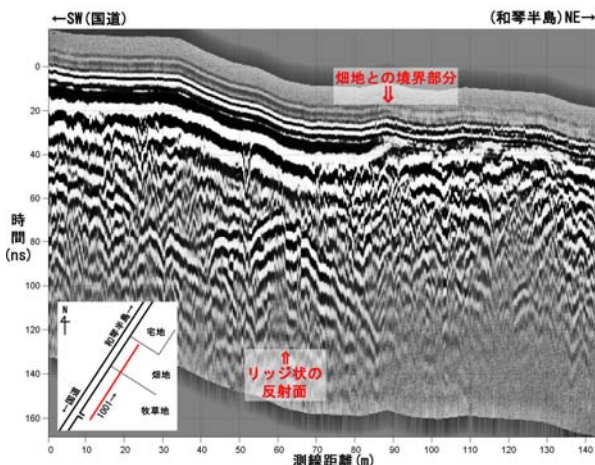
3.1 和琴半島南方探査地

この地域では1938年の地震の後、自動車道路上にN50~60°Wに横切る上下の食い違いが発生し、その北側が南側に対して数十cm沈下したことが報告されている(津屋, 1938; 田中館, 1938)。また、田中館(1938)では断層の連続部が東部畑地に連なる、と報告されている。

本探査は、これらの断層による反射面の不連続(ズレ)を捉えるため、和琴半島に向かう道路の東側で実施した。探査地は大部分が牧草地であったが、北側の一部が畑地であり、得られる反射面の形状が異なると推定された。また、牧草地と畑地の間には10cm程度の段差が存在していた。

探査地の北東部で実施したLine1001の探査結果を第3図に示す。結果図は横軸が測線距離(m)で縦軸が時間(ナノ秒)を示している。縦軸を深さに換算すると20ns(ナノ秒)は1mに相当するので4~5m程度の深さまでの反射面が得られたことになる。

測線距離90m地点付近の表層で反射波の様相が異なっているが、これはちょうど畑地と牧草地の境界部分に対応しており、断層に対応すると考えられる反射面の不連続かどうかの判断が難しい。また、測線距離60m地点付近の地下3~4mでは反射面がリッジ状となっている部分が見られる。地震直後における地表断層の記載とはことなるが、地震によって地変があったことを示唆している可能性がある。



第3図 Line1001の地中レーダ探査結果図。

3.2 丸山東方探査地②

丸山東方の道路(現在の国道243号)上では、1938年の地震で左横ずれ断層が出現している。また、国道北側の畑地(丸山東方探査地①)では、2008年に北海道大学と地質研究所により地中レーダ探査およびトレンチ調査がなされ、反射面の不連続および対応する明瞭な断層が現れた。断層は南北走向の東傾斜・東落ちのリストリック正断層であったが、一方で地震時における表層の変形による副次的な亀裂である、という可能性も残された(大津ほか, 2009)。

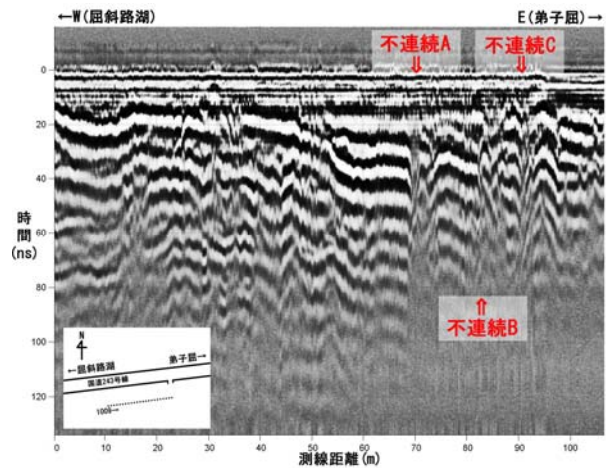
本探査では、2008年の調査地点からの南方延長部における反射面の不連続を確認するため、国道をはさんだ南側の畑地で実施した。

Line1009の探査結果を第4図に示す。反射面の不連続が測線距離70m地点付近(不連続Aと表現する、以下同様)、85m地点付近(不連続B)および90m地点付近(不連続C)にみられた。

不連続Aは両側から垂れ下がる形状や東側の探査面の深

度がやや深いなどの特徴がみられる。これらは2008年に実施された地中レーダ探査で得られた反射面と同様の形状であることから、地震断層もしくは副次的な亀裂の南方延長部と考えられる。

不連続BおよびCは反射面が寸断されているだけで、反射面の両側からの垂れ下がりといった特徴はみられない。しかし、深部の反射面まで寸断されていることなどから、耕作の影響ではなく地震によって形成された構造と考えられる。



第4図 Line1009の地中レーダ探査結果図。

4. まとめ

1938年弟子屈地震による地表地震断層の出現域において、地表下浅部の構造を把握し、断層位置を特定するため地中レーダ探査を実施した。

探査の結果、和琴半島南方探査地では、畑地と牧草地の境界部において反射面の不連続を確認した。現地表から1938年地震当時の断層位置を確認することは出来ないものの、それが断層を示す可能性がある。

一方、丸山東方探査地では、2008年に実施した地中レーダ探査、トレンチ調査で出現した断層の南方延長部に、複数の反射面の不連続が確認された。これらは2008年に検出された断層・亀裂の南方延長部にあたると考えられる。

文 献

- 大津 直・田村 慎・川上源太郎・廣瀬 亘・岡崎紀俊・田近 淳・重野聖之・小板橋重一・石井正之・高橋浩晃・笠原 稔(2009):地中レーダとトレンチ法による1938年屈斜路地震断層の検討, 日本地球惑星科学連合2009大会講演要旨, S147-P004.
- 田中館秀三(1938):昭和13年屈斜路地震1, 地震I, No. 10, 529-542.
- 津屋弘達(1938):昭和13年5月29日屈斜路地震調査報告, 地震I, No. 10, 285-313.

謝辞

本調査研究を実施するにあたり、弟子屈町役場総務課坂井宏課長補佐にお世話になりました。また、弟子屈町和田伊佐夫さんおよび金沢賢二さんには、調査地である畑地等への立ち入りを許可していただきました。記して感謝いたします。

WebGIS を活用した道内地質災害情報の発信

小澤 聡*・岡崎紀俊**・石丸 聡**・廣瀬 亘**・川上源太郎**・田村 慎*・
村山泰司**・田近 淳***

* 地域地質部 地質情報グループ ** 地域地質部 地質防災グループ *** 地域地質部長

キーワード： 活火山，地すべり地形分布図，データマップ，GIS，WebGIS

1. はじめに

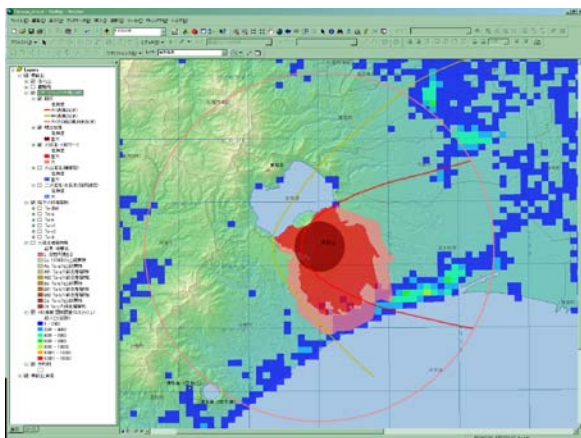
自然災害の防災・減災には、ハード対策と共に、防災情報の普及などソフト対策もまた重要である。当所では、防災情報のさらなる活用の促進を図ることを目的として、有用な既存情報の GIS データ化と WebGIS での情報発信に取り組んできた（小澤ほか，2006；小澤ほか 2007）。

本発表では、情報を追加開発した活火山データマップと、新たに公開を開始した地すべり地形分布図データマップについて報告する。

2. 活火山データマップ

小澤ほか（2006）では、北方建築総合研究所との共同研究として、樽前山と北海道駒ヶ岳の火山地質図，降灰分布図，避難施設の情報を GIS データ化し，2006 年 4 月から WebGIS 公開を開始した。

その後当所では，2007 年度からの「経常研究：道内活火山に関する防災データマップの開発」で十勝岳，雌阿寒岳，有珠山についても同様に GIS データ開発。その他に 5 火山のハザードマップや周辺人口統計メッシュデータ等の GIS データも開発した（第 1 図）。現在，追加開発した GIS データの WebGIS 公開に向けた作業を進めている。



第 1 図 樽前山ハザードマップ等の GIS データの表示例

濃赤：噴出岩塊 赤：火砕流・火砕サージ危険度「重大」
薄赤：火砕流・火砕サージ危険度「大」 線：降灰予測範囲
青～緑：人口統計メッシュデータ

3. 地すべり地形分布図データマップ

「重点研究：土砂災害のための地すべり活動度評価研究」の一環として開発したもので，2010 年 11 月から WebGIS 公開を開始した。

3.1 地すべり地形 GIS データ

道水産林務部が「北海道の地すべり地形（山岸(編)，1993）」の原因から GIS データ化したものを基に開発。5 万分の 1 地形図区画境界で地すべり地形が一部ずれたり欠落したりしている点を，ArcGIS を使用して 3.3 項の背景図 GIS データから地形を読み取り，修正した。属性情報には，地形図番号と地すべり地形番号，支庁名を集録した。

3.2 5 万分の 1 地形図区画 GIS データ

ポリゴン・データとして作成。属性情報には地形図名，地形図番号等を集録した。

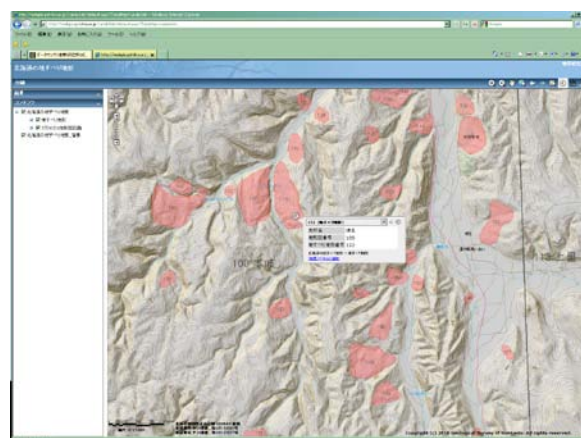
3.3 背景図 GIS データ

北海道地図（株）製の GISMAP 25000V（2009 年版）及び GISMAP Terrain（2008 年版）を使用した。また，ArcGIS Spatial Analyst の Hillshade ツールを使用して GISMAP Terrain データから地形陰影ラスター・データを作成した。

3.4 WebGIS 情報発信

3.1 項～3.3 項の GIS データの表示設定を行い WebGIS サーバー（ArcGIS Server 9.3.1）からマップ・サービスとして配信。また閲覧用ウェブ・アプリケーションを作成した。

背景図マップ・サービスでは，表示縮尺を 1:25,000～1:750:000 までの 6 段階に固定しキャッシュ・タイル画像を作成することで表示速度の高速化を図った。



第 2 図 地すべり地形データマップの表示例

<http://www.gsh.hro.or.jp/datamap.html> からリンク

3.4 今後の開発予定

現在，滑落崖と土砂移動・堆積域との境界線について地形図区画でのずれ等の修正作業を行っている。また，属性情報についても追加していくことを予定している。

文 献

- 小澤 聡・鈴木隆広・岡崎紀俊・廣瀬 亘・仁科健二・南 慎一・高橋章弘・竹内慎一・戸松 慎(2006)：自然災害履歴デジタル地図及びデータベース構築に関する研究(火山噴火)。平成 17 年度重点領域特別研究課題報告書，北海道立地質研究所・北海道立北方建築総合研究所，31p。
- 小澤 聡・鈴木隆広・岡崎紀俊・廣瀬 亘・濱田誠一・仁科健二・高橋 良(2007)：GIS 及び Web-GIS を用いた地質情報の整備と活用促進の試み。平成 19 年北海道立地質研究所調査研究成果報告会報告資料集，北海道立地質研究所，p.13-14。
- 山岸宏光(編)(1993)：北海道の地すべり地形—分布図とその解説。地すべり学会北海道支部監修，北海道大学図書刊行会，392p。

GIS を活用した東北地方太平洋沖地震の道内津波調査 情報の共有と WebGIS 情報発信

小澤 聡*・地質研究所津波調査班

* 地域地質部 地質情報グループ

キーワード：平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震，津波，情報発信，GIS，WebGIS

1. はじめに

今回の津波調査では，調査結果の取りまとめや情報共有に GIS を活用して作業の効率化を図った。また，既存 WebGIS システムを活用して，津波調査結果の迅速な情報発信にも取り組んだ。本発表では，その取り組みについて報告する。

2. 調査情報の取りまとめ（GIS データへの変換）

当所が使用している GIS ソフト ArcGIS (ESRI 製) は，Excel (Microsoft 製) ファイルの読み込みが可能であり，座標値を入力することで Excel ファイルからポイント・データに変換できる。Excel は使い慣れている職員が多く，データ入力・修正を効率的に行える。そこで，今回はまず Excel で情報を取りまとめ，次に ArcGIS でポイント・データに変換するという手順で GIS データを作成することにした。

2.1 津波高データ

津波高（痕跡高・浸水高）データの取りまとめには，土木学会海岸工学委員会東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループが作成した記入データシート（Excel ファイル）を使用した。属性情報には，地点番号，現地調査関連の情報（地名，座標，年月日，時刻，測定高，測定対象，根拠，信頼度など）潮位補正関連情報（測定時潮位，最大波発生時潮位，参照地点，補正高），備考を入力した。

2.2 写真データ

GPS 付デジタルカメラで撮影した画像ファイル（895 点）については，ArcScripts サイト（米国 ESRI 社）で無償公開されている ArcPhoto (build 1.4.2) を用いて EXIF 情報から座標値を読み取った。

GPS 機能が無いデジタルカメラで撮影した画像ファイル（1,076 点）については，各撮影者が携帯型 GPS などでも測定した値を基に撮影地点の座標情報を整理した。

属性情報には，座標値，キャプション，リンク情報（フォルダ名+ファイル名）などを入力した。

3. 所内及び連携調査機関等との情報共有

地質研究所 LAN のファイルサーバーに新たに津波調査用の共有フォルダを作成して津波調査関連ファイルを集約し，全職員が閲覧・活用できるように設定した。GIS データについては，同共有フォルダに作成したファイル・ジオデータベース（ArcGIS 形式）と，既存ジオデータベース（ArcGIS Server 9.3.1）に収録した。

3.1 マップ・ドキュメント

ArcGIS で GIS データの表示設定を行い，マップ・ドキュメント（MXD ファイル）を作成した。津波痕跡高については棒グラフで表示（第 1 図参照）することでデータの視認性を高めた。写真情報についてはハイパーリンク及び HTML ポップアップ機能を用いて，撮影地点のポイントをクリックすると写真が表示されるように設定した。背景図には既に作成済みであった地形図（北海道地図(株)製 GISMAP 25000V，GISMAP Terrain から作成）を用いた。

また，作成したマップ・ドキュメントから，無償の GIS 閲覧ソフトである ArcReader の PMF 形式，及び，Adobe 社製 Acrobat Reader の PDF 形式のファイルも作成した。

3.2 連携調査機関等との情報共有

連携調査機関との情報交換や情報提供依頼のあった機関への情報提供は，データ記入シート（2.1 項参照）で行った。

4. WebGIS 情報発信

既存 WebGIS サーバー（ArcGIS Server 9.3.1）を用いて 3/23 から痕跡高情報の情報発信を開始。4/13 に写真情報を追加。4/25 からは浸水高情報を発信した。

4.1 マップ・サービス

3.1 項で説明したマップ・ドキュメントを基に新たにマップ・サービスを作成した。

4.2 ウェブ・アプリケーション

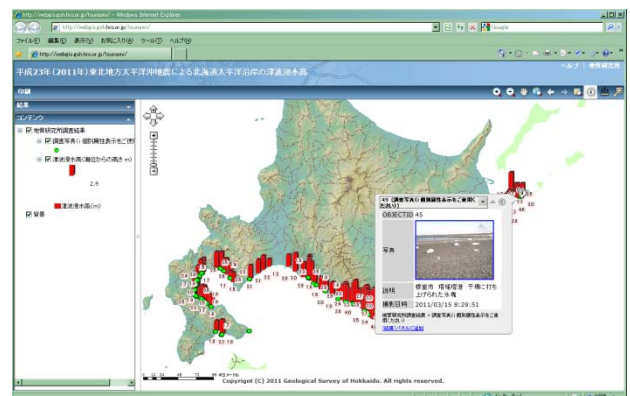
既にマップ・サービスとして配信中であった背景図と組み合わせ，新たにウェブ・アプリケーションを作成。URL として <http://webgis.gsh.hro.or.jp/tsunami/> を割り当てた。

4.3 Google Earth への対応

一般に津波の高さは海底地形の影響を受けることが知られており，職員のみならず当該 WebGIS サイトを閲覧した方からも海底地形図と重ねて見たいという要望があった。しかし，当所には海底地形 GIS データの準備が無く，早急な整備も難しいことから，当面 Google Earth の 3 次元画像上に津波高マップ・サービス画像を重ね合わせて表示できるようにすることで対応することとし，KMZ ファイルを作成し 4/13 からウェブページで公開した。

5. おわりに

今回の津波調査では，既存の GIS システムやマップ（地形図など）を活用することで，調査の取りまとめ作業の効率化，迅速な情報共有・活用，WebGIS 情報公開が可能となった。こうした緊急時に備えて，あらかじめ GIS システム，データ，マップ等の整備を進めておくことの重要性が改めて認識された。



第 1 図 WebGIS での津波高調査結果の表示例
<http://webgis.gsh.hro.or.jp/tsunami/>

平成 23 年

地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 地質研究所
調査研究成果報告会 報告資料集

発 行：平成 23 年 5 月 18 日（水）

出 版：地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 地質研究所

編 集：地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 地質研究所

地域地質部 地質防災グループ

〒060-0819 札幌市北区北 19 条西 12 丁目

TEL：(011) 747-2420 FAX：(011) 737-9071

URL：http://www.gsh.hro.or.jp/



地方独立行政法人
北海道立総合研究機構

