

# 新しい大口径検土杖の試作と北海道東部沿岸湿原 ～湖沼地域における採取実験

吉川 秀樹<sup>1)</sup>・七山 太<sup>2)</sup>・古川 竜太<sup>2)</sup>

## 1. 検土杖って何?

検土杖<sup>けんどじょう</sup>は土壌や表層地形の調査道具であり、我々産総研が行う地質調査とは無縁のものと考える人は所内でも多いものと想像する。ご存じのように、検土杖はボーリングステッキ(boring stick)とも呼ばれ1～3mの土壌試料を採取する目的で、主に農学系や地形分野の研究者によって愛用されてきた過去を持つ。最近では環境調査、特に土壌汚染等の地表調査に広く用いられているが、実は、表層の堆積物をターゲットとする地質系研究者にとっても重要な調査道具になることを本稿では示したい。

ところで、私達が初めて検土杖と出会ったのは1998年頃である。それは米国地質調査所のBrian Atwater博士が日本に持参してこられたオランダ製のものであったと記憶している(第1図)。氏はその長尺の検土杖(彼はpenetratorと呼んでいた)を巧みに操り、湿原下3～5mの堆積物をあっという間に採取し、短時間に柱状図を書き上げたことを未だに鮮明に覚えている。この際使用された検土杖のサンプラーの径は2cm、長さ100cmで、アラスカやカスケーディア沿岸低地の様な泥炭層や潮汐平底のシルト層のような細粒物をターゲットとする掘削調査には適応するが、日本のような砂礫混じりの堆積物を調査するにはやや難があった。事実、彼は我々と共同で行った北海道沿岸湿原の調査中、厚い砂層や礫にあたり検土杖が回転させられずスタックし、結局、サンプラーを何本か折り曲げて帰国することとなった。

当時、七山は産総研・活断層研究センターに入所したて、古川は北海道大学大学院在籍中であり、佐竹健治さんや下川浩一さんと一緒に北海道沿岸地域で津波痕跡<sup>こんせき</sup>を調べる研究を開始したばかりであった。



第1図 Brian Atwater博士(下の写真)の長尺検土杖。米国アラスカ州ボルテージ付近の沿岸湿原での“1964年アラスカ地震の痕跡調査”時(1998年)に七山が撮影。Atwater et al. (2001)に詳細な記述がある。図中の矢印は検土杖試料の上位を示す。サンプラーは半円柱状であり、切り刃が無いことに注意。

1) 産総研 研究環境整備部門テクニカルセンター  
2) 産総研 地質情報研究部門

キーワード: 大口径, 検土杖, 試料採取, 北海道東部, 霧多布湿原, 床潭沼, 泥炭層, 湖底堆積物, 火山灰層, 津波堆積物, 完新世後期

その為、現地調査開始にあたって、日本の実情に適応した検土杖を入手するの必要に迫られた。インターネット検索で調べてみると、国内でも幾つかの検土杖が市販されていた。しかしそれらは冒頭に述べたとおり、土壌調査の為に地下1～1.5mをターゲットとした短尺物ばかりであり、我々の希望するような、3～5mの探査深度を必要とする地質調査には明らかに不向きであった。また、似た様な手動の掘削機器としてはハンドオーガーとピートサンプラーが知られているが(例えば、大起理化学工業(株)製ハンドオーガーDIK-100Aシリーズ <http://www.daiki.co.jp/100AJ.htm>)、これらには掘削対象にあわせて刃先が換えられ、サンプラーを装着すれば検土杖的な使用も可能である。しかしセット全体としての持ち運びの点や簡便さの点でやや難がある。一方、2001年以降に市販されるようになった復建調査設計(株)製のハンディジオスライサー(<http://www.geoslicer.com/>; 高田ほか, 2002)は、長さ0.5～3m、幅5～10cmの大型定方位試料が採取できる優れた掘削機器であるものの、1試料を採取するのにそれ相応の時間を要し、付属したパイロハンマーや引き上げ装置等の機材の運搬も個人では難しい。そこで、七山と古川はテクニカルセンターの古川と新しい検土杖の作成について相談を持ち込み、その後10年間にも渡って試行錯誤を繰り返し、我々独自のデザインの新検土杖を開発するに至った。

本稿においては、我々の開発した最新版の大口径検土杖を紹介し、この検土杖を用いた北海道東部沿岸湿原～湖沼地域における研究成果の概要をその実例として示したいと思う。そして末尾に、この成果を踏まえて、産総研におけるテクニカルスタッフの存在の重要性について、我々の私見を若干述べたいと思う。

## 2. 市販の検土杖

執筆時点においてインターネット検索で“検土杖”を調べてみると、市販品としては、以下の4つの物件が直ぐに見つけられる。

### ①DIK-1641 農研式検土杖 (1.5m) (大起理化学工業(株)製)

<http://www.daiki.co.jp/1641J.htm>

文字通り農業系の研究者が開発した土壌・土質調査用の検土杖である。延長ロッドは付属していないの



第2図 DIK-1641 農研式検土杖 (1.5m) (大起理化学工業(株)製)。 <http://www.daiki.co.jp/1641J.htm> から図面を引用。

で、掘削深度は1.5m以浅と限られる(第2図)。

- ・ 全長：171cm
- ・ サンプラー：径10mm×長さ30cm
- ・ 重量：約2.5kg
- ・ 材質：鉄鋼、クロムメッキ仕上げ

### ②IMAI検土杖 KND-113, 116 (イマイ商事(有))

<http://www.at-imai.co.jp/products/tester.html>

土壌採取用の検土杖である。KND-216は1m長の延長ロッド1本、KND-316は1m長の延長ロッド2本付きであり、約2～3mの掘削が可能である。

- ・ 全長：200～300cm
- ・ サンプラー：径13mm (16mm)×長さ30cm
- ・ 材質：ステンレス鋼

### ③長谷川式検土杖 (ダイトウテクノグリーン(株)製)

[http://www.daitoutg.co.jp/prd/tool\\_3.html](http://www.daitoutg.co.jp/prd/tool_3.html)

NEXCO (旧、日本道路公団) の試験方法JHS 608適用の大型検土杖である。硬い土層や礫混じり層でも、少ない労力で試料採取が可能とされている。ロッドに通した落錘を落下させてその衝撃で打ち込みを行うパーカッション方式を採用している。サンプラーを回転させることなく掘削出来るので、17mm×100cmの不攪乱試料が3回の作業で回収できるが、それ以深の掘削深度は望みがたい(第3図)。

- ・ サンプラー：径17mm×長さ35cm
- ・ 材質：サンプラーは特殊鋼、その他の部分はステン



第3図 長谷川式検土杖(ダイウトテクノグリーン(株)製). [http://www.daitoutg.co.jp/prd/tool\\_3.html](http://www.daitoutg.co.jp/prd/tool_3.html)から図面を引用.

レス鋼.

- ・ 落錘重量：2.0kg
- ・ 全長：169cm, 3分割時(約70cm)
- ・ 重量：5.5kg

④DIK-121C パーカッション採土器(エンジン式)(大起理化工業(株)製)

<http://www.daiki.co.jp/121CJ.htm>

厳密には検土杖の範疇には含まれないが、ここでは比較のために簡潔に記載する。油圧式エンジンを用いたパーカッション方式の採土器であり、深度約5mまで試料採取が可能とされる。但し一人での取り扱いが難しく、オプションの引抜き器を用いないと、試料の回収が難しい。

- ・ 採土管：径40～100mm, 長さ1m
- ・ 延長ロッド：径35mm, 長さ1m×5本

### 3. 検土杖の3つのプロセス

検土杖は、①挿入作業、②回収作業、③試料観察・採取作業、という3つのプロセスを繰り返し行いながら現地で使用するのが通例である(口絵1参照)。これら3つのプロセスを個別に考察し、我々の経験に基づく重要点について整理した。この他にも、強度、重量、運搬・収納のしやすさ、錆び難さ、清掃のしやすさ、等の視点があげられる。

すさ、等の視点があげられる。

①挿入作業

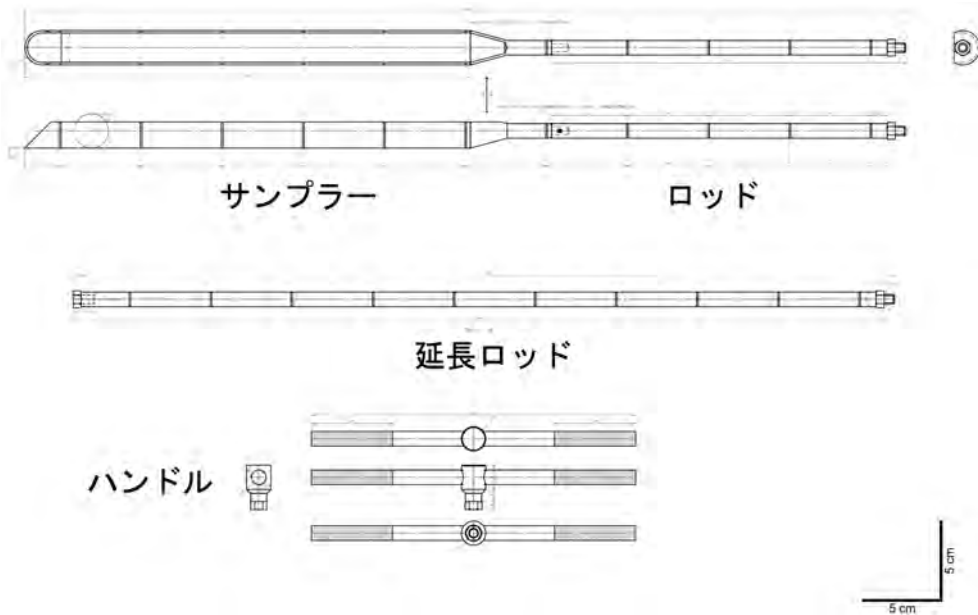
検土杖を地表面に垂直に挿入する。この場合、挿入抵抗を軽減し、滑らかに挿入できることが望ましい。挿入するサンプラーの長さも長い方が、より長尺の連続試料が採取される。さらに挿入時にはサンプラーを回転させないように注意すれば、定方位での試料の回収も原理的に可能となる。挿入深度も目測で分かる方が便利である。また、より深部の試料採取を行う場合、延長ロッドの装着が簡便であることも重要な要素と言えよう。

②回収作業

目標掘削深度に到達させた後、検土杖のハンドルを回転させながら引き上げ、柱状の掘削試料を回収する。この際、泥炭層の繊維を断ち切り、サンプラーから試料が脱落しにくい構造であることが重要である。

③試料観察・採取作業

②で回収された試料の表面をナイフで削って観察と試料採取を行う。この際、サンプラーの開口面が広い程、得られる情報が多いと言える。採取される試料の層厚も、厚さ2cm以上得られることが望ましい。試料採取後、現地においてサンプラーの清掃が行いやすい構造であることが重要である。



第4図 大口径検土杖(YK-GS-07)の設計図。

#### 4. 大口径検土杖の設計

この点を踏まえ、上述した市販品を比較検討し、先ず既存の検土杖をどのように改善すべきかを考慮した上で、我々の用途にあった大口径検土杖の設計を行った(第4図、口絵p.2参照)。その際、以下の4点に留意した。

##### ① サンプラーの工夫

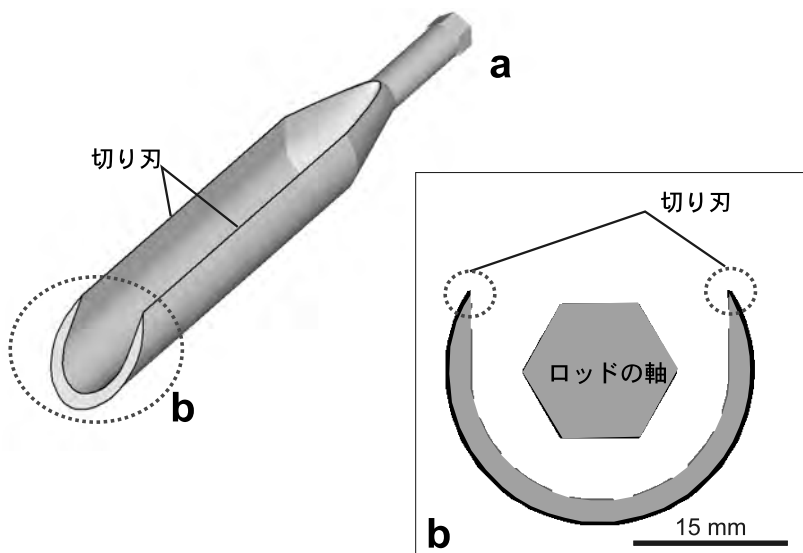
我々は堆積物を扱う研究を目的としているので、第1に堆積構造を認識するための大口径は最も重要と考えた。但し口径を必要以上に大きくすると挿入抵抗が増し、手動での挿入作業が困難となる。そこで、我々は予備実験を繰り返し、今回の検土杖の口径を30mmと設定した。これは市販の検土杖の1.5～2倍の数字である。この口径を確保することによって、最大小礫サイズの粒子が混入している土砂でも十分に採取可能となった。またサンプラーの長さも60cmまで延長した。これは市販の検土杖の2倍の数値となっている。次にサンプラー上端のジョイント部までのロッドの長さを40cmとした。これにより、延長ロッドを使用しない場合には、ロッド上端にハンドルをセットするだけで1mの探查深度が確保でき持ち運びも可能な数量となる。如何に軟弱な堆積物がターゲットとはいえ、挿入させるためのある程度の強度は必要で

ある。但し、強度はサンプラーの厚さにも比例し、最終的には重量となってマイナス要因にも働く。また、この種の湿地～湖沼域での水付きの調査では、錆びが最も望ましくない。そこで今回は市販のステンレス管をサンプラーに加工して使用した。この際、サンプラーの厚さは3mmとし、これによって強度を確保すると同時に重量を2kgに軽減した。

特に、泥炭のような繊維質な試料の脱却を防ぐために、サンプラーに“コ”の字型の切り刃を付けた(第5図)。ちなみに、市販の検土杖のサンプラーは半柱状となっており鋭角な切り刃は付いていない(第1図)。この為、引き上げ時に表層付近の繊維質な泥炭試料は洩れやすく、回収率が低くなることを我々は経験的に知っていた。また、採取した試料を取り出せる開口面積を十分に確保した上で、地中でのねじりに耐える強度を確保するために、開口角の確立に苦心した。

##### ② 延長ロッドの工夫

我々の掘削深度の目標は3mと設定した。その為サンプラーには2本の延長ロッドをつなぐ必要がある。延長ロッドの径は18mm、長さ110cm、両端の接合部に2cm径の六角ナットを溶接し、更に2cmのねじを作った。これらの材質も全てステンレスである。現状では強度確保のため重量は2.3kgとやや重めになって



第5図  
 サンプラーの概念図(a)と断面図(b)。“コ”の字型の切り刃がこの  
 検土杖の最大の特徴である。この  
 サンプラーの形態により、試料  
 の脱落が減少し、高い回収率が  
 確保されることになった。

いるが、湿地において1人でも延長ロッドを2本接合し  
 探査深度3mを確保することは十分可能である。

さらに、地中に真直ぐに射すためにサンプラーと延  
 長ロッドの中心軸を同一に設計した。これにより、地  
 中で回転させてもブレが生じないことになる。ちなみ  
 に、市販の物では地下でのねじ切りを良くするため  
 にわざと回転軸をずらした物も存在するが、採取され  
 た試料に微妙な変形が生じることが危惧されたため、  
 この設計を我々は採用しなかった。

③ハンドルの工夫

径15mm×長さ40cmのステンレス棒の中央部にジョ  
 イント部を接合した。さらに滑り防止のために、ロー  
 レット加工を用いて網状の凹凸を付けた。重量は0.8  
 kgに押さえた。

④挿入深度の指標

サンプラーとロッドには10cm間隔で刻印を入れ、  
 地表からの挿入深度を側面から読み取りやすくした。

5. 製作工程

市販のステンレス管を加工することにより、目的に  
 応じた口径や掘削長を確保できることが今回の検土  
 杖の最大の利点と言える。以下に、吉川の考案した  
 製作工程とその注意事項を箇条書きに示す。

①目的に応じた長さのステンレス管をサンプラーとし  
 て使用するために加工する。まず、挿入しやすい

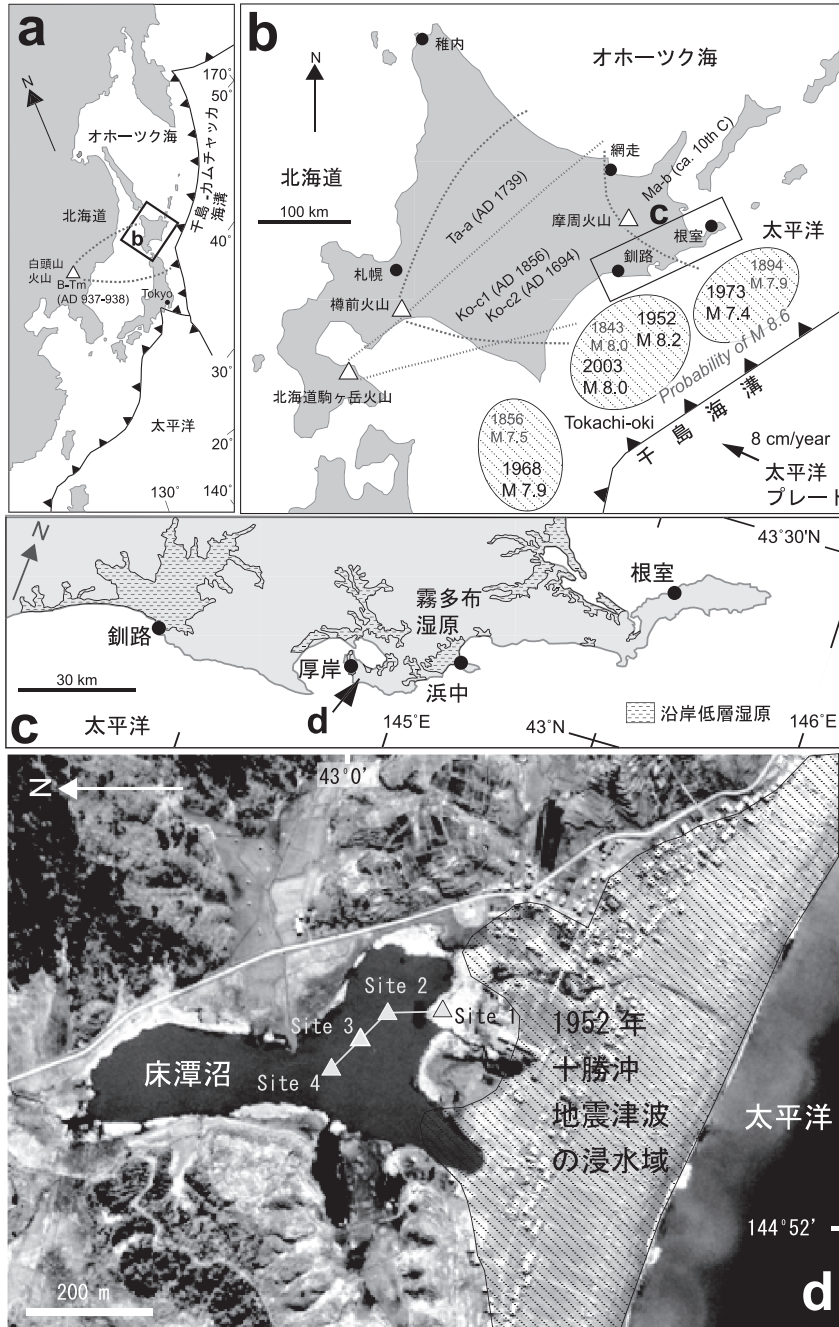
ようにステンレス管の先端部を斜め45°で切断する  
 (第4図)。次にステンレス管とロッドを溶接する。さ  
 らに、旋盤を用いて深度目盛りを10cm間隔で刻み  
 サンプラーの外観を仕上げる。

- ②延長ロッドを作成し、旋盤を用いて同様に深度目  
 盛りを10cm間隔で刻む。
- ③旋盤を用いて、サンプラーのロッドと延長ロッドをつ  
 なが接合部の部品を作成する。
- ④接合部の部品を溶接する。
- ⑤フライス盤を用いてサンプラーの開口部を作成し、  
 第5図に示すような“コ”の字型の断面に仕上げる。

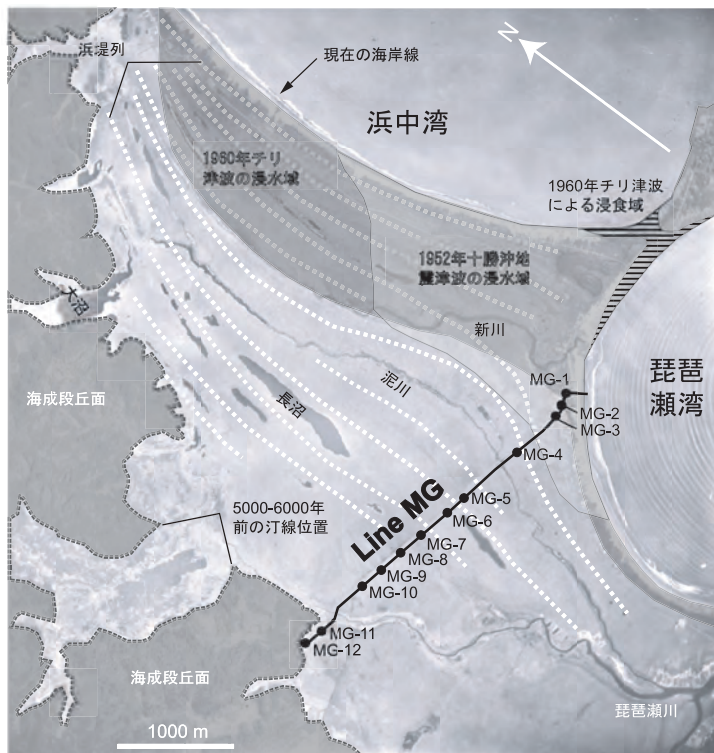
なお、制作にあたり、溶接やフライス盤による加工  
 で生じる熱ひずみや加工精度を保つために、旋盤や  
 溶接作業を交互に繰り返しながら行うことが重要で  
 ある。

6. 北海道東部太平洋沿岸域における試料採取  
 実施例

この大口径検土杖を用いて実施した採取実験の成  
 果を、以下に示したい(第6図)。北海道東部太平洋沿  
 岸域は、地震津波の常襲地帯であることがよく知られ  
 ている(第6図a, b)。近年、この地域(十勝～根室沿  
 岸)の沿岸低地では、400-500年周期で発生した巨大  
 地震(M8.6)が沿岸湿原や海跡湖の湖底に残したと考  
 えられる津波堆積物に関する研究が行われている(例



第6図 北海道南東部、千島海溝沿岸域における海溝型地震の震源域、道東太平洋沿岸地域の地形図および厚岸町の位置および広域テフラ (Ta-a, Ko-c2, B-Tm, Ma-b) の分布図 (a, b), 釧路～根室間の沿岸低層湿原の分布と厚岸町床潭沼と浜中町霧多布湿原の位置図 (c), 厚岸町床潭沼における水上ボーリング地点 (Site 1～Site 4), (1967年国土地理院によって撮影された空中写真を基図として利用) および床潭地域における1952年十勝沖地震津波による浸水域 (十勝沖地震調査委員会, 1954) (d).



第7図  
1947年に国土地理院によって撮影された霧多布湿原の空中写真。白の点線は浜堤列を示す。1952年十勝沖地震津波と1960年チリ津波の浸水域をハッチで示す。

えばNanayama *et al.*, 2003, 2007)。以下に湿原地域の採取実験として浜中町霧多布湿原、沿岸湖沼底の採取実験として厚岸町床沼澤の例を示す(第6図c, d)。

### 6.1 浜中町霧多布湿原での採取実験

霧多布湿原は本邦第3位の規模をもつ大規模低層湿原であり、空中写真判読によると、湿原には汀線にほぼ平行した浜堤が10列前後も連なり、縄文海進最盛期(5,000-6,000年前)に内陸深くまで進入した旧汀線が、その後の土砂流入に伴う相対的な海水準低下に伴って海側に徐々に退き、最後に陸繋砂州が発達したと解釈されている。現在の湿原は、これらの浜堤列を広く覆うように発達している。検土杖による試料採取実験は、霧多布湿原を横断する唯一の道路であるMGロード沿いにおいて七山と古川が実施した(第7図)。

検土杖は泥炭層を主体とする湿原地域での掘削調査に適していることは、従来より知られていた。我々の開発した大口径検土杖を使用した結果、厚さ10cm以下の砂層や火山灰層さえも掘削可能であることが今回の実験で判明した。掘削深度も湿原奥のような

泥炭層主体の地点であれば、2~3mの掘削も十分確保された。

霧多布湿原において検土杖掘削調査を行った結果、湿原には1~3m以下の泥炭層が厚く発達し、地表下10~30cmにTa-a(1739年樽前火山起源)およびKo-c2(1694年北海道駒ヶ岳火山起源)、Ta-b(1667年樽前火山起源)の3層、地表下約30~40cmの層準にB-Tm(937-938年白頭山火山起源)とMa-b(10世紀摩周火山起源)の混在層、地表下約50-200cmの層準には、Ta-c(約2,500~2,700年前の樽前火山起源)が確認された(古川・七山, 2006; 第8図)。さらに、これらの火山灰層を鍵層として、測線上において12地点(MG-1~12)の層序対比を行った結果、現地表面とTa-bとB-Tmとの間に2層(KS3, KS4)、B-TmとTa-cとの間に6層(KS5-KS10)、Ta-cより下位に3層(KS11-KS13)、総計11層の砂層の存在が確認された。

このうち、KS6とKS8の2層は、18世紀以降の2層の砂層(KS1およびKS2)と同様に局所的にしか分布しないので、我々はM8クラスの津波痕跡と解釈している。そして、今回、基底の泥炭層から4,000年前の炭素同位体年代を得た。よって、今回の大型検土杖



第8図  
霧多布湿原での大口径検土杖を用いた探査風景。採取された試料の回収状況を示す。白っぽく見える火山灰層はTa-a (1739年樽前火山起源) およびKo-c2 (1694年北海道駒ヶ岳火山起源) の混在層, その下位の砂層は17世紀の津波痕跡である。図中の矢印は検土杖試料の上位を示す。

を用いた掘削試料を解析した結果, 過去4,000年間に生成された泥炭層中に9層のM8.6の巨大地震による津波堆積物の存在が確認され, その発生間隔は445年程度と概算された (Nanayama *et al.*, 2007)。

## 6.2 厚岸町床潭沼での採取実験

一般に湖沼底から堆積物を採取する際には, 船上から採泥器を落下させて試料を採取するのが一般的である。早稲田大学の井内美郎教授 (当時, 海洋地質部に在籍) が発案し, 吉川によって試作された押し込み式簡易採泥器 (吉川ほか, 1997) もその一例である。しかしこの方法では, 波浪状況, 水深および調査船の大きさに左右されるものの, 多くの場合1mの柱状試料を採取することすらも難しい。北海道の場合, 寒冷地ゆえに船を使った湖沼調査は夏期にしか実施できない。しかし厳寒期に完全結氷する湖沼が多いことを逆に利用して, これを足場として氷上から大型検土杖を湖沼底に打ち込めば, 泥質な底質堆積物ならば高い回収率で採取できると我々は予想しこの実験を試みた。

床潭沼は厚岸市街地南東部に位置する海跡湖であり, 太平洋に直接面している (第6図d)。床潭沼と太平洋は幅250～400m, 標高約3mの砂州で区切られており, 砂州の上には床潭の集落が位置する。床潭集落は1952年十勝沖地震津波の際に大きな被害を被ったことが知られている (十勝沖地震調査委員

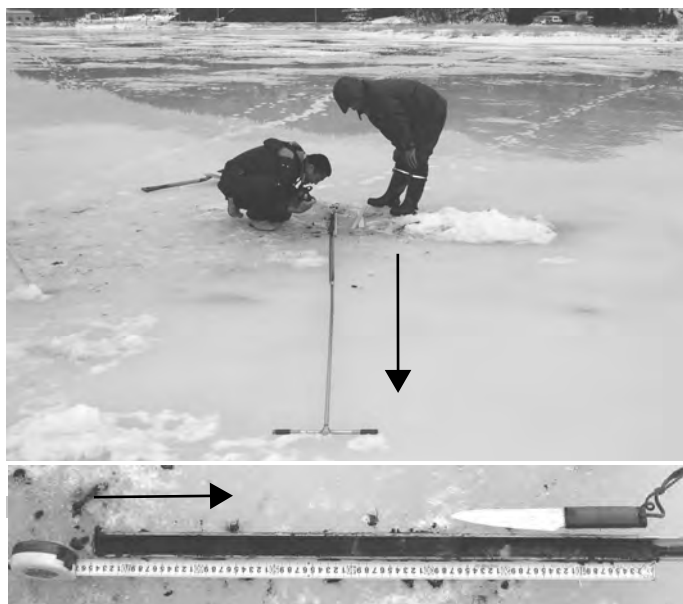
会, 1954)。沼の水深は全般に1～2mと浅く, 南西部に3.5mの最深部が存在する (高山, 1984)。

今回の検土杖採取実験は, 厚岸町海事記念館の協力を受け, 厳冬期 (1～2月) に床潭沼の湖面が全面結氷することを利用して, 氷上の4地点 (Site 1～Site 4) において実施した (第6図d)。実験に際して, 吉川が長さ200cm×3cm径のサンプラーと延長ロッド150cm×3本を新たに作成した。

掘削実験の結果, 4地点において100～250cmの柱状試料採取に成功した。この際, 水深が1～2mと浅かったことも幸いして, 殆ど間隙のない連続的な堆積物が得られた。採取された試料を産総研で解析した結果, 七山ほか (2001) の報告した17世紀と13世紀の津波痕跡の下位にも少なくとも1層のイベント堆積物の存在を認識することが出来た。これらは浸食基底を伴う層厚0.5～30cmの砂礫層を有機質泥が被っており, 湖沼に流入したタイプの津波堆積物の層相に酷似する。上述した道東上部完新世の広域火山灰層 (Ta-a, Ko-c2, Ta-b, B-Tm; 古川・七山, 2006) と我々が得た炭素同位体年代値に基づくならば, これらは17世紀と13世紀, 7～8世紀に発生した400～500年間隔地震津波の痕跡であることが明らかとなった。

さらに, Ko-c1 (1856年北海道駒ヶ岳火山起源) とTa-a (1739年樽前火山起源) 火山灰層との間に, 新たに津波堆積物が発見された (第10図)。この地の歴史地震記録を調べてみても, 1856年と1739年の間には,





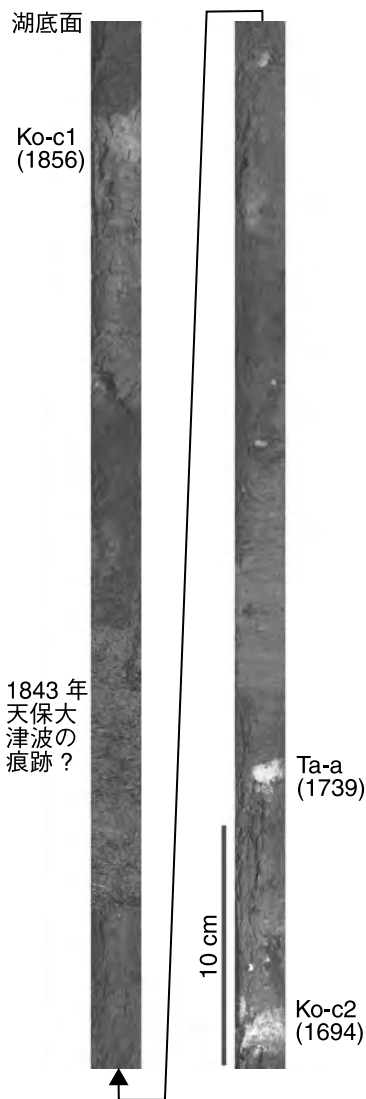
第9図 床潭沼における氷上検土杖探査と試料の回収状況. 図中の矢印は検土杖試料の上位を示す.

国泰寺の寺務日誌「日鑑記」に記載された道東最古の地震津波記載である1843年天保大津波(羽鳥, 1984; 第11図)以外には該当するものが存在しない. よって本層は1843年天保大津波の痕跡と認定される.

一方, 掘削地点において, 径8cm, 長さ5mの塩ビパイプを氷上からパーカッション方式で打ち込み柱状試料を採取し, それを大口径検土杖試料と比較してみた. その結果, パーカッション方式の柱状試料は70%程, さらに厳密に言うと湖底面に近い上位の含水率の高い層ほど著しく収縮することが判明した. これは塩ビパイプ内への試料挿入時に, 堆積物との間に生じる摩擦によって生じた未固結時変形と考えられる. 勿論, 大型検土杖試料には有意な収縮は認められないが, 砂層部の回収は検土杖では, サンプラーが開口されている構造上, 困難であることが確認された. この様な場合, パーカッション方式で採取された柱状試料と検土杖で採取した試料とを併用することによってのみ, 本来あるべき正しい深度と層序の情報が得られることが判明した.

**7. あとがきとして:産総研・地質にとってのテクニカルスタッフの重要性**

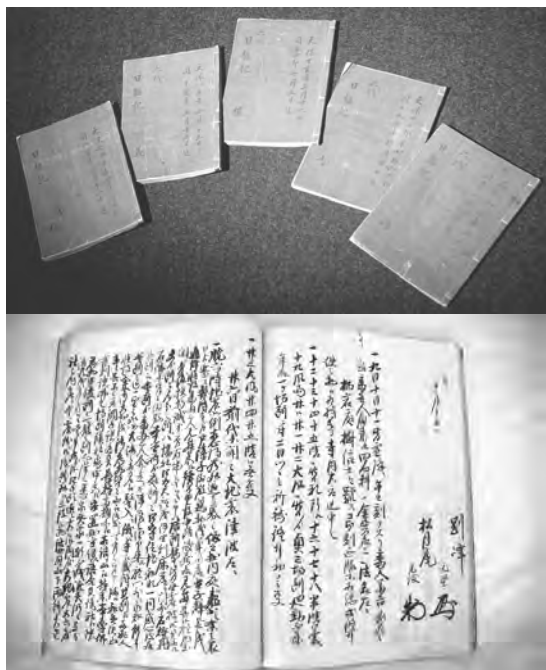
現在, 本稿で報告した大口径検土杖は, 七山, 古



第10図 床潭沼における氷上検土杖による試料の回収状況. Ko-c1 (1856年北海道駒ヶ岳火山起源)とTa-a (1739年樽前火山起源)火山灰層との間に1843年天保大津波の痕跡が発見された.

川が各1セットずつ所持している. 産総研外では名城大学理工学部の堀 和明氏にモニターとして使用して頂いている. 今後, 更に現地での経験を蓄積し, 改善点を明確にし, より完成度の高い検土杖の完成と特許の所得を目指していきたいと考えている.

ところで, 我々産総研が誇る組織の一つに, 吉川の所属する研究環境整備部門テクニカルセンターが



第11図 厚岸町国泰寺の寺務日誌「日鑑記」に記載された道東最古の地震津波記載である1843年天保大津波の記述部分(厚岸町海事記念館提供)。

ある。この組織の存在により、研究者が机上で考えた装置の実現化が図られるのである。今回の話題として取り上げた大口径検土杖や押し込み式簡易採泥器はその一例である。しかし、現在、産総研の財政的な理由からテクニカルスタッフが減少しており、長年研究者(特に海洋関係の研究者)との間で培われたテクニカルセンターの技術の継承について、憂慮すべき時期に差し掛かっていると行って過言ではない。

潤沢な予算を用いて出来合いの市販された調査道具・研究機器を購入し、それらを使って得られたデータにはそれなりの限界がある。産総研が掲げる“世界に先駆ける様な独創的な”データを生み出すには“研究者とテクニカルスタッフが相互に協力し合って、新たな機器開発もしくは既存機器を改善する能力と体制の整備”が求められよう。これは地球科学分野に留まらず、産業技術に関する総合的な知見を切り開く基礎体力に直結する、と我々は考えている。

謝辞：今回の大口径検土杖実験は、平成18年度厚岸湖・別寒辺牛湿原学術研究助成および文部科学省科学研究費基盤C(2)(代表者：七山 太，課題番号16540423)を用いて実施された。厚岸町海事記念館の北川勝雄館長，熊崎農夫博氏，厚岸水鳥観察館の澁谷辰生氏，霧多布湿原センターの伊東俊和氏，明治コンサルタント(株)本店の重野聖之氏，北海道開拓記念館の添田雄二氏，ほか関係各位に対し，筆者一同感謝申し上げる。また，北海道産学官連携センターの中川 充氏には，粗稿の推敲に際し有益なご助言を頂いた。

#### 引用文献

- Atwater, B.F., Yamaguchi, D., Bondevik, S., Barnhardt, W.A., Amidon, L.J., Benson, B.E., Skjerdal, G., Shulene, J. and Nanayama, F. (2001): Tides and trees in remaking of a landscape destroyed by the 1964 Alaska earthquake. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 113, 1193-1204.
- 古川竜太・七山 太(2006):北海道東部太平洋沿岸域における完新世の降下火砕堆積物。火山, 51, 351-371.
- 羽鳥徳太郎(1984):天保十四年(1843年)北海道東部津波の波源域，東大地震研彙報, 59, 423-431.
- 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.
- Nanayama, F., Satake, K., Furukawa, R., Shimokawa, K., Shigeno, K. and Atwater, B.F. (2003): Unusually large earthquakes inferred from tsunami deposits along the Kuril Trench. *Nature*, 424, 660-663.
- 七山 太・重野聖之・牧野彰人・佐竹健治・古川竜太(2001):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遡上規模の評価-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, no.1, 251-272.
- 高山圭太・中田 高・宮城豊彦・原口 強・西谷義数(2002):沖積層調査のための小型ジオスライサー(Handy Geoslicer)の開発。地質ニュース, no.579, 12-18.
- 高山末吉(1984):道東海岸線における河川湖沼のプランクトン及び底生動物。道東海岸線総合調査報告書，釧路市立博物館, 187-209.
- 十勝沖地震調査委員会(1954):十勝沖地震調査報告。1018p.
- 吉川秀樹・山口英利・安田 聡(1997):水深の浅い湖沼における押し込み式簡易軽量柱状採泥器の紹介。地質ニュース, no.520, 30-33.

YOSHIKAWA Hideki, NANAYAMA Futoshi and FURUKAWA Ryuta (2008): The trial manufacturing of new wide penetrator and their sampling experiments at coastal marsh and lagoon around the eastern Hokkaido.

<受付:2007年12月17日>