

沖積層調査のための 小型ジオスライサー(Handy Geoslicer)の開発

高田 圭太¹⁾・中田 高²⁾・宮城 豊彦³⁾・原口 強⁴⁾・西谷 義数⁵⁾

1. はじめに

ジオスライサー(Geoslicer)は、地層を面的に取り出して簡単に観察するという独創的な発想を実現するために、中田・島崎(1997)によって考案された地層採取装置である^{注)}。この調査法を用いることで、これまでトレンチ掘削調査による地層の観察が極めて困難とされてきた軟弱地盤や浅水底、用地確保が困難な市街地における調査が実施可能となり、これを用いた調査が国内外で広がりつつある。当初、ジオスライサーの開発が活断層調査への適用を主目的としていたため、トレンチ壁面での地層観察にかわる調査法として、大きな地層断面の採取に重きがおかれてきた(原口ほか, 1998など)。重機を使用する従来のジオスライサー調査は、安全性や費用負担の面から、研究者が個人で気軽に実施するには困難がともなう。この点でジオスライサー調査には、トレンチ掘削調査やボーリング調査と同じように、専門業者の協力が不可欠であった。

ジオスライサーが、津波堆積物や液状化痕跡などの調査にも適用されるようになるにつれて、ラミナの発達や生痕などの微細な堆積構造を観察する方法として、既存の調査法に比べてすぐれたものであることが認識され、注目されるようになった。また、ジオスライサーは機動性にも優れ、分析用として十分なサンプルを採取することができるため、多地点サンプリングによる堆積層解析調査法として利用される機会が次第に増えている。

一方、個人研究者レベルでみた場合、ピット掘削、検土杖やハンドオーガーなどを用いた従来の表層地質調査・試料採取に代わりうる小型ジオスライ

サーの開発が望まれていた。

筆者らは、ジオスライサーを考案した当初からジオスライサーの小型化を進めてきた(たとえば中田ほか, 1997, 2001など)。長年の試行錯誤を経て、効率的な装置として改良を重ね、汎用性の高い小型ジオスライサー(ハンディジオスライサー)を開発し、現在は関連諸分野の研究者にモニターとして利用してもらっている状況である。本報告では、小型ジオスライサーの基本的な構造を紹介するとともに、これまでの調査事例を提示する。

2. 小型ジオスライサーの構造と用途

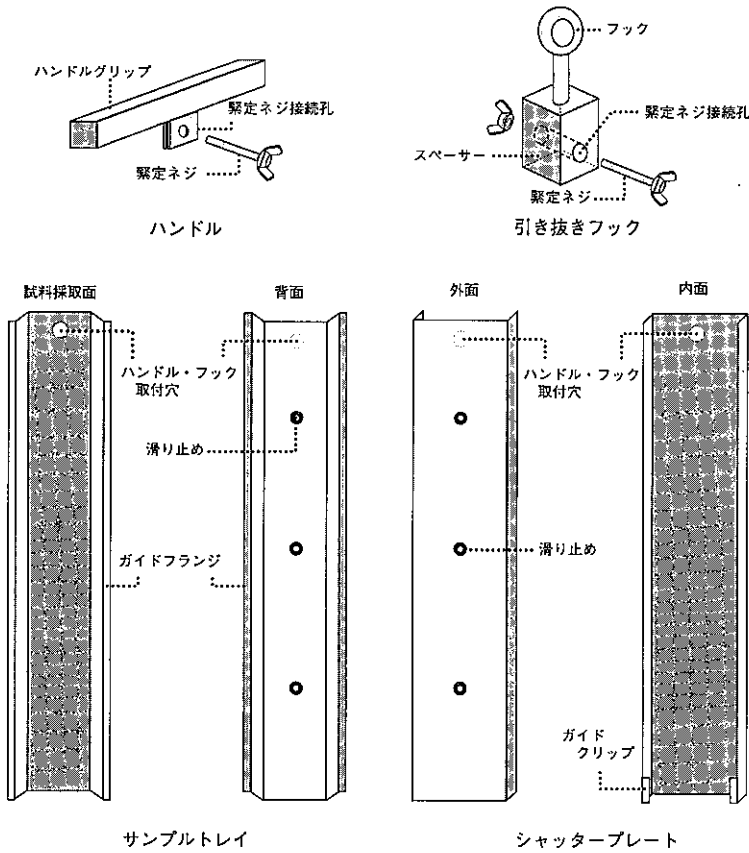
1) 装置の基本構造

小型ジオスライサー開発の主眼は、面的な地層断面試料を採取することが可能で、かつ簡便に取り扱える装置を製作し、研究者自身が表層地質に関する質の高い情報を容易に得ることにある。このようなコンセプトのもとで、小型ジオスライサーとして以下のような大きさ、基本構造を持つものを開発した。

小型ジオスライサーは、サンプルトレイ(以下トレイ)、シャッタープレート(以下シャッター)、打ち込み・引き抜き用ハンドルから構成され、打ち込み用電動パイプレーター、引き抜き用簡易三脚、および小型チェーンブロックを状況に応じて使用する(第1図)。トレイ・シャッターがサンプラーに相当し、サイズとしては幅約10cm、長さは0.5~3.0m、厚さ1~数cmのものを目的に応じて準備する。これらの機材一式は、乗用車に積んで運ぶことができ、調査地での作業は1人から数人で行うことができる。

キーワード: 試料採取, 表層地質調査, 土壌調査, 古地震学的調査, 活断層調査, 液状化調査, 津波堆積物調査, 地層抜き取り調査法

1) 産総研 活断層研究センター客員研究員/復建調査設計(株)
2) 産総研 活断層研究センター客員研究員/広島大学大学院文学研究科
3) 東北学院大学 文学部
4) 復建調査設計(株)
5) 西谷機工株式会社

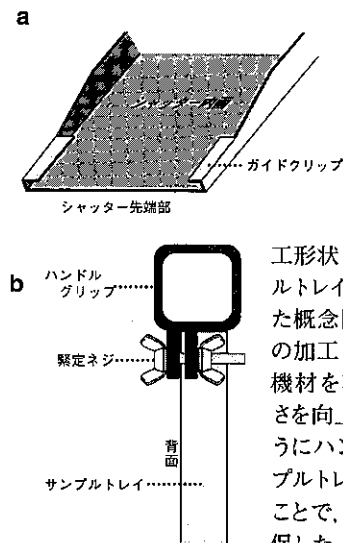


第1図
ハンディジオスライサーの基本構成。

また、背丈以上の長尺のジオスライサーの打ち込みには、特製の電動バイブレーターを使用する。

2) 装置に施された工夫

新たに開発した小型ジオスライサーには、効率的に地層採取作業を行うためにいくつかの工夫がなされている。トレイの縁(フランジ)に沿ってシャッターを押し込むためのガイドクリップは、大型のジオスライサーと同様に、トレイ自体を抱え込むか、あるいはトレイ側面の縁を挟むために、金属片を溶接して作成していた。このために、薄いステンレス板に細かな加工を余儀なくされ、強度的にも問題があった。そこで、シャッターの側面の先端部を折り曲げてクリップを作成する簡単な方法を取り入れた。小型ジオスライサーのガイド部については、この加工で十分な強度が得られる。また、これまでは約50cmおきに着脱式のクリップを取り付けていたが、長さ1.5m程度の小型ジオスライサーでは、先端部のガイドクリップだけで十分に役割を果たすこ



第2図
装置に施された工夫。a.シャッタープレート下部ガイドクリップの加工

工形状、b.ハンドルとサンプルトレイの接続(側面から見た概念図)。a.のように各部の加工を単純化することで、機材を軽量化し、扱いやすさを向上させている。b.のようにハンドルグリップをサンプルトレイにのせて設置することで、安全性、安定性を確保した。

とが明らかとなったため、簡単な構造とすることができた(第2図a)。

トレイとシャッターを押し込む際に使用するハンドルは、初期には円形の断面を持つ鉄パイプを用

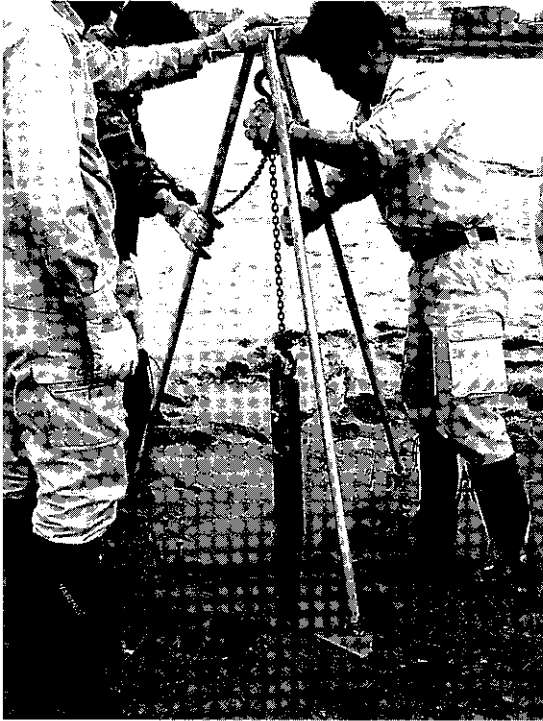


写真1 簡易三脚を用いた小型ジオスライサーの引き抜き。

いていたが、接続部に隙間ができるため金属板端がはみ出し、危険であるとともに、力が均一にかからずトレイやシャッターが変形することがあった。そこで、トレイやシャッターの断面より幅広い断面を持つ角パイプをハンドルの材料として用いた。これにより、ハンドルの安定性を向上させ、トレイとシャッターの上端をカバーするとともに、ソフトハンマーなどを使用して打ち込む際にも打撃力が均一に伝わるようになった(第2図b)。

また、装置とハンドルをつなぐための緊定ネジをひとつにし、引き抜き時のフック取付ネジとしても利用することで装置が簡単な構造になり、加工と

取り扱いがより単純になった。

ハンドルを使って装置の引き上げが困難な場合に使用する専用三脚は、持ち運びに便利のように小型・軽量化した。この三脚とチェーンブロック(手動式簡易クレーン)を用いることで、0.25~1t程度の引き上げ力が得られ、小人数で楽に作業ができる(写真1)。さらに、揚程の長いバンパージャッキ等を用いて、より小型の引き抜き装置も試作している。

三脚等を用いた引き上げの際、トレイとシャッターを緊定するネジにワイヤーなどを通してチェーンブロックで巻き上げるが、ネジが曲がり装置自体も変形することがあった。このため、トレイとシャッターとの間にスペーサーを挟み、これらを緊定ネジで固定することで、変形を防いだ。このような種々の工夫の積み重ねによって、誰でもが簡単に地層を面的に採取することを可能とする装置と方法を完成した。

さらに、運搬し易さを考えて、1m程度のトレイを連結することで3~5mの試料を採取できるような小型ジオスライサーも試作段階にあるが、連結部の強度をいかにして保つかが一つの課題となっている。これを解決するためには、連結部の部材を補強する必要があり、加工の複雑化と重量増を伴う。しかしながら、より深いところから試料を簡単に採取したいというのは、研究者共通の願望であり、今後このような期待に応えるべく装置の一層の改良を続ける予定である。

また、ポケットジオスライサーとでも呼ぶべき、長さ30~50cm、幅5cm程度、厚さ1cm程度の極めて小型のジオスライサーも試作している(写真2)。このような小型の装置でも、不攪乱試料を簡単に採取することが可能で、ごく表層の汚染土壌等の定量的な試料分析のために有効な道具としての利用が考えられている。



写真2

ポケットジオスライサーによる現世の海岸表層部の試料採取。崩れやすい砂層でも細かな堆積構造を定方位で観察できる。右写真上部の孔が掘削跡。

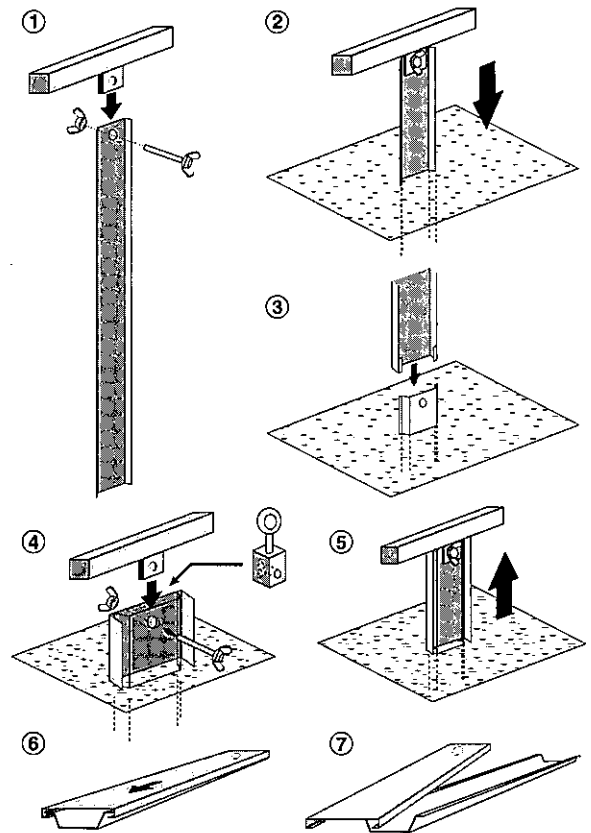
3) ハンディジオスライサーの主な用途

小型ジオスライサーは、検土杖やハンドオーガと同様に表層地質調査、土壌調査に適する。試料は不攪乱、定方位の状態で採取されることから、堆積構造による流向の検討や不整合面の観察を詳細に行うことができる。この特長を活かして、林地など大型の機材の持込みが難しい地点での調査、遺跡の試掘調査、現世の海浜や干潟を構成する軟弱な堆積物の採取、活断層の予察調査などで効果的に使用することができると考えている。また、土壌汚染調査など分析試料の採取を多くの地点で系統的に行う必要がある場合にも、威力を発揮すると思われる。

3. 作業手順 (第3図)

小型ジオスライサーによる作業はいたって簡単である。以下の手順でトレイとシャッターを地中に押し込み、この間に取り込んだ試料を引き抜くことで採取する。

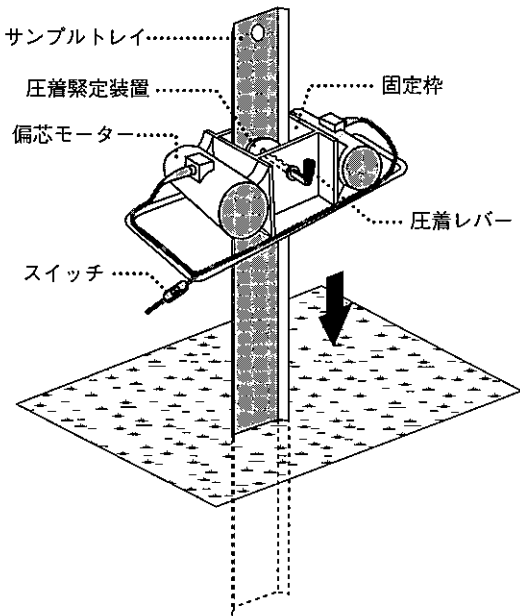
1. トレイに打ち込み用ハンドルを接続し、蝶ネジで緊定する。この際、トレイ上端部がハンドルの接触面からはみ出さないようにセットする。
2. 体重あるいはソフトハンマーを使ってトレイを地中に打ち込む。
3. 打ち込みが終わったら、打ち込み用ハンドルを取り外す。
4. シャッターにハンドルを取り付ける。この際、シャッターの上端部がハンドルの接触面からはみ出さないようにセットする。
5. シャッター先端部のガイドクリップの隙間をトレイのガイドフランジに差し込み、体重あるいはソフトハンマーを使って地中に打ち込む。
6. 打ち込みが終わったら、ハンドルのネジをはずし、トレイとシャッターおよびハンドルを一つのネジで緊定し、ハンドルを使って引き抜く。
7. 人力による引き抜きが困難な時は、三脚などの補助装置を使用する。この場合は、ハンドルの代わりに引き抜きフックを取り付ける。取り付けに際しては、トレイとシャッターの間にスペーサーを挟み、一本のネジで緊定する。このフックにチェーンブロックなどを掛けて引き上げる。
8. 試料観察のためにシャッターをはずす。シャッター



第3図 ハンディジオスライサーの作業手順。①ハンドルの取り付け、②サンプルトレイを地中に押し込む、③シャッターのガイドクリップをトレイのフランジに沿って差し込む、④ハンドル(フック)・トレイ・シャッターを一つのネジで緊定する、⑤装置の引き抜き、⑥シャッターを下端方向にスライドさせる、⑦シャッターを取り外す。

ーをはずすときには、装置上部の緊定ネジを外した後に、シャッターを下端方向に滑らせガイドクリップをフランジからはずして分離させる。

背丈以上の長さのジオスライサーを打ち込むときや、やや固い地層を採取する場合には、人力のみで小型ジオスライサーを押し込むことが困難となる。このような場合には、電動バイブレーターが威力を発揮する(第4図)。バイブレーターは、電動の偏心モーター2基を互いに逆回転させ上下方向の振動を発生させるものである。この振動とバイブレーターの荷重によってトレイおよびシャッターを容易に打ち込むことができる。小型ジオスライサーとの固定は、バイブレーターの固定枠内側にある圧着緊定装置とトレイ・シャッターの背面にもうけた滑り



第4図 電動バイブレーターの構造と取り付け方。圧着レバーの操作で緊定装置を開閉し、トレイ(シャッター)の滑り止めの位置で固定する。

止めによって確実に行うことができる。滑り止めを複数箇所に設けることで、任意の高さでバイブレーターを固定できるため、常に低い位置で機械操作を行える。これにより、ジオスライサーの上端部にバイブレーターを取り付けて打ち込む方法に比べて作業を安全に行える。電動バイブレーターの作動には、1kw程度の可搬型の小型発電機があれば良い。また、引き抜きには簡易三脚と小型のチェーンブロックを使用する。

4. 調査事例

1) アメリカ西海岸における津波堆積物の採取

アメリカ北西岸はプレート境界で発生する巨大地震に伴って繰り返し津波に襲われたことが知られている。これまで、露頭観察や検土状による精力的な調査によって、沿岸地域における津波堆積物の分布が明らかにされている(Atwater and Haley, 1997など)。われわれは、米国ワシントン州のディスカバリー湾(Discovery Bay)奥に位置する潮間低地において、ハンディジオスライサーを用いた津波堆積物の検出を試みた。調査には幅15cm、厚さ

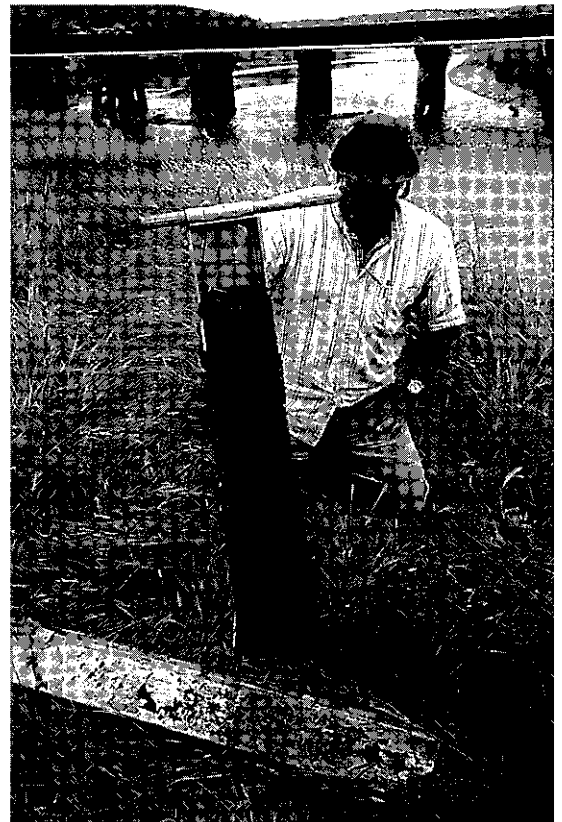


写真3 ハンディジオスライサーにより採取された泥層中の津波堆積物(米国ワシントン州ディスカバリー湾)。

3-4cm、長さ100cmのハンディジオスライサーを使用し、人力による押し込み、引き抜きをおこなった(写真3)。この結果得られた試料では、泥層中に侵食面を伴う砂層の挟みが明瞭に観察され、堆積物の粒土構成や土壌化の状態を含め非常に多くの地質情報が得られた。一方で、検土杖で採取された試料では、試料の回転、攪乱が生じるため、得られる情報は層相の変化に限られる(写真4a, b)。津波堆積物のように上下の堆積物との接触面の状態、堆積物内部の微細な構造とその向きを観察する必要がある場合、ハンディジオスライサーによって得られる面的試料は圧倒的に有利であることが明らかとなった。

2) 中央構造線活断層系における活断層の試掘調査

ジオスライサーは、地層の変形状態を面的に定方位で観察可能であることから、活断層のトレンチ調査に先立つサイト選定においても有効な情報を

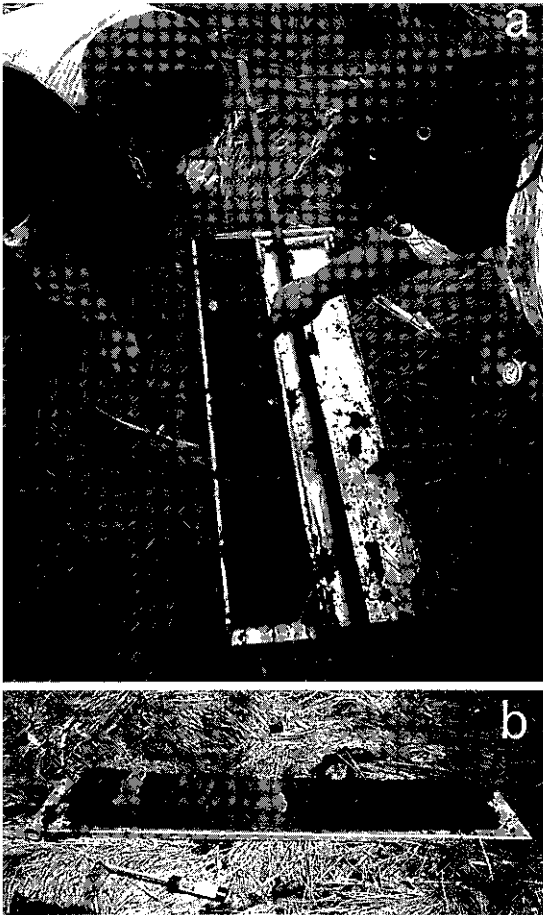


写真4 a. ハンディジオスライサーで採取した試料と検土杖試料の比較, b. サンプルトレイから取り出した試料, ボックスコアとして構造の三次元的観察が可能。

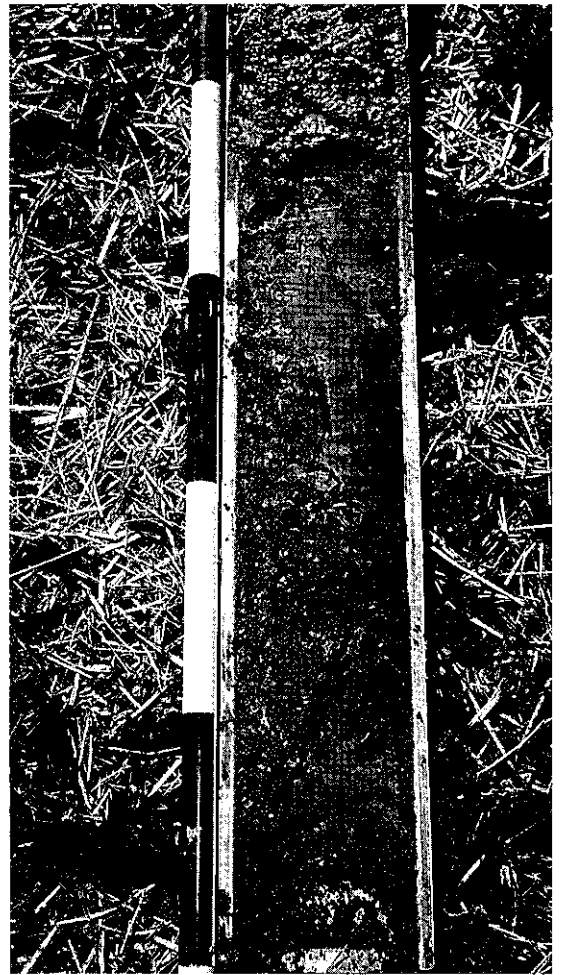


写真5 中央構造線活断層系岡村断層で採取した小型ジオスライサーの試料, 粘土と砂礫が断層関係で接しており, 粘土層中の腐植土には断層活動の結果生じたと推定される引きずり構造がみとめられる。

得ることができる。我々は、中央構造線活断層系岡村断層のトレンチ掘削に先だって、小型ジオスライサーによる試掘調査を実施した。試掘は推定される断層位置を挟んで4本実施した。断層を挟んで明瞭に堆積物が異なり、このうちの一つに断層構造そのものをとらえることに成功した(写真5)。また、この試掘によって表層部がきわめて軟弱で含水率が高いこと、地下水位が高いため孔内に水が浸み出しやすいこと、礫層の深度とその構成礫の概要が確認された。これらの結果は、トレンチ掘削作業の方法や機材の選定にも有用である。

3) マングローブ林の生態学的調査

マングローブ堆積物のように軟弱で根の含有が

極端に多い場合、円筒形のコアチューブでは、太い根の抵抗による擾乱が生じ易い。宮城・藤本(2001)は、西表島やタイなどで小型のジオスライサーを用いた1~2人の人力による作業をおこない、幅8cm、厚さ6cm、長さ260cmまでの不攪乱、定体積の試料を一日に4本程度採取している。これにより、堆積構造のみならず堆積物組成、組成別容積比などの定量分析が可能になった。不攪乱試料の採取により、海水準微変動、マングローブ林床堆積物の炭素蓄積量などの解析はもとより、「地形-生物の相互作用系」といわれるマングローブ生態系の形成メカニズムが解明されようとしている。

5. おわりに

小型ジオスライサーの最大の特長は、試料の堆積構造や微細な構造を定方位で観察できることである。この特長と機動性を活かすことで、個人研究者レベルでの調査において、簡単に情報量の多い地質試料を得ることができる。また、これまで利用されていない新たな分野での活用も期待される。今後、地質調査の基本的な調査法の一つとしてこの調査システムをさらに充実させていきたい。

なお、小型ジオスライサーの開発・改良には平成13・14年度文部科学省研究「小型Geoslicerによる沖積層微細構造の研究」研究代表者・中田 高を使用した。研究にご協力下さった方々に感謝いたします。

注) 地層抜き取り調査法(Geoslicer)は、日本およびアメリカの特許を取得している(特許番号: JP 2934641, JP 2981542, US 6009958)。

文 献

- Atwater, B.F. and E.Hemphill-Haley (1997): Recurrence intervals for great earthquakes of the past 3,500 years at northeastern Willapa Bay, Washington, U.S., U.S. Geol. Surv. Profess. Pap. 1576, 108p.
- 原口 強・島崎邦彦・小島圭二・中田 高(1998): 地層抜き取り装置による軟弱地盤における定方位連続地層採取法, 地盤工学会誌, 46, 24-26.
- 宮城豊彦・藤本 潔(2001): マングローブ林の土砂堆積過程の地質学的解析「内閣府委託調査, マングローブに関する調査研究報告書」亜熱帯総合研究所, 164-179.
- 中田 高・島崎邦彦(1997): 活断層研究のための地層抜き取り装置(Geoslicer), 地学雑誌, 106, 59-69.
- 中田 高・後藤秀昭・高田圭太・原口 強(1997): 平面式検土杖(Geo-pecker)の開発と応用, 日本地理学会発表要旨集, 51, 334-335.
- 中田 高・宮城豊彦・高田圭太(2001): 小型Geoslicerの開発とその第四紀研究への応用, 日本第四紀学会発表要旨集, 31, 140-141.

TAKADA Keita, NAKATA Takashi, MIYAGI Toyohiko, HARAGUCHI Tsuyoshi and NISHITANI Yoshikazu (2002): Handy Geoslicer - New soil sampler for Quaternary geologist.

<受付: 2002年7月18日>