

堆積物試料のX線 CT スキャン観察について— 2, 3 の例

A Few Examples of X-ray CT-Scanning of Sediment Samples

志岐常正* 徐 垣* 谷本喜哲**

Tsunemasa SHIKI, Wonn SOH and Yoshinori TANIMOTO

1. は じ め に

堆積物の試料を破壊せずに、その内部を観察したいことがある。たとえば柱状採泥試料を、水抜きや分割・裁断せずに、チューブに入ったままに観察したいとき、あるいは、貴重試料であるため処理に十分に慎重さが要求される場合などである。

従来、堆積物の内部構造の観察にはX線透過写真の撮影が行われている。とくに、柱状採泥試料の観察のためには、たんごく形の板状に不攪乱試料を採ってその写真をとる方法が確立しつつある。これを一歩進めて、このような試料の調整ができない段階で、その内部を観察することが望まれる。このような観察には、現在、工業製品管理に使われているX線 CT スキャナの使用が有効である。

以下、その2, 3の例について報告する。

本報告に用いた試料のうち、南海舟状海盆の試料については、東京大学淡青丸KT84-15次航海参加の静岡大学大塚謙一氏ほかの方々に、また琵琶湖底堆積物については京都大学防災研究所横山康二氏に、試料の採取その他にいろいろと御援助、御協力をいただいた。また、京都大学漆戸尊子氏ほかの方々にも研究の過程で御協力いただいた。東芝府中工場の方々は、CT スキャナ操作に協力を惜しまれなかった。これらの方々に厚く御礼申し上げる。

2. 産業用X線 CT スキャナ

非破壊検査の手法であるX線 CT 法によれば、さまざまな物質からなる千差万別の形状の被検査試料内部の密度分布を、輪切り断面の映像として見ることができる。

今回使用を試みた CT 装置は、株式会社東芝製の

産業用中エネルギー大量X線 CT スキャナ TOSCANER-3200である。本機は、X線強度、高分解能、高速画像処理などの諸点で、堆積物の内部構造の検査には、最も適していると思われる。

X線照射とデータ収集のシステムを第1図に示す。X線照射は特別のX線遮蔽室内で行われる。ここに、X線管、円弧上に配列された512チャンネルのX線検出器、大小2ヶの試料台などが設置されている。試料の大きさに応じて適当な方の試料台に試料を置き、X線管から放射される薄い(0.5, 2, 5mm)扇状のX線ビームの中でこれを回転させる。検出器に得られた信号は、プロセスコンピュータにより、単位堆積当りのX線吸収係数(CT 値)のマトリックス(320 x 320)画像に再構成され、断面像として表意される。断面像は磁気ディスクに記憶され、任意に読み出すことができる。この他、X線を照射しながら試料台を上昇させると、従来のX線写真と同様な透視像(スキャングラム)が得られる。

3. 南海舟状海盆底柱状試料

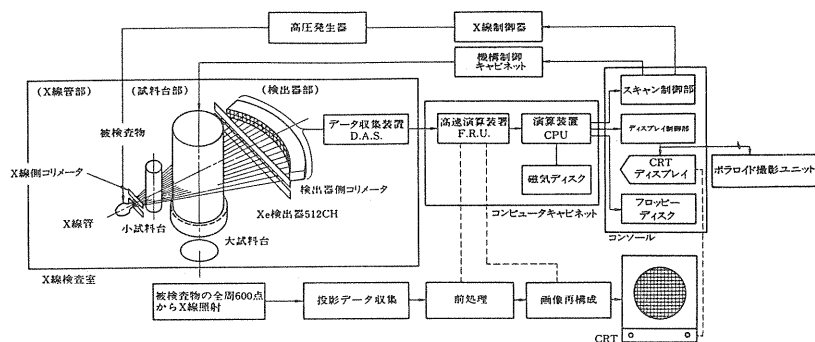
第2-1図に、柱状採泥試料のCT スキャン像の例を示す。本試料は、天竜川河口沖南海舟状海盆に発達する深海扇状地で、東京大学淡青丸KT84-15次航海によって得られた柱状試料の一部である。

写真において、白く見える部分は極細粒砂～細粒シルト、暗く見える部分は泥質堆積物である。一般に、碎屑性堆積物では、より粗粒の部分の方が細粒の部分よりもX線を通し難く、写真では明るく写る。この点はCT スキャン像でもX線透過写真像と同様である。

使用された試料は細粒タービダイトのシークエン

* 京都大学理学部 Faculty of Science, Kyoto University, Sakyo, Kyoto, Japan

** 株式会社 東芝 TOSHIBA CORPORATION



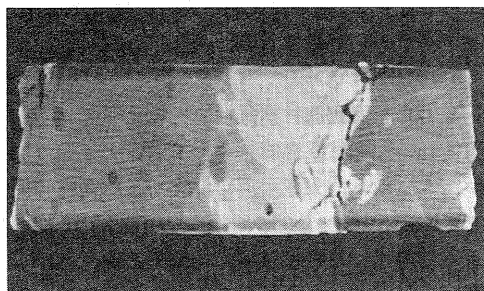
第1回 産業用、中エネルギー大線量X線CTスキャナ TOSCANER-3200 システムブロック。(撮影条件: 140KV, 300mA, スライス幅 0.5/2/5mm, スキャン領域 150/240/300mm ϕ , スキャン速度 2.7/4.5/9 sec. CT画像: 画素寸法 0.3mm $\times$ 0.3mm, マトリックス 320 $\times$ 320, CT値 -1000 $\sim$ 8000)。

スの一部である。しかし、第2-1図に示した範囲に関する限り、平行葉理や斜交葉理は肉眼によってもCTスキャンによっても認められない。ただし、粗粒部も細粒部も均質ではなく、CTスキャンによれば肉眼では見えない不均質性が弱い明暗の模様として認められる。

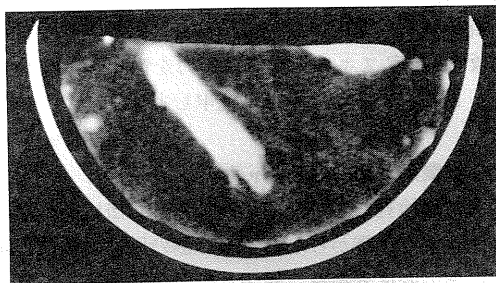
この試料に見られる最も顕著な構造は、断面で径数mm $\sim$ 数10mmの、それぞれ少数個の明・暗の斑点である。これらは、明と暗とで種類の異なる生痕であろうと思われる。とくに、下位の泥質部の左寄

りに見られる不透明のもの(A)は、この第2-1図に直角の断面(柱状試料の横断面)(第2-2図)によって、横断面に平行に延びた棒状のものであることがわかる。恐らく生痕であろう。

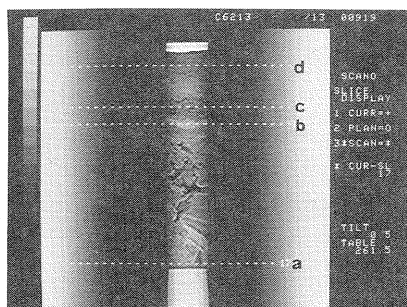
第2-1図で、この“生痕”のすぐ上方、すなわち上位の砂質部の下底に、垂れ下がりのようなものが見られる(B)。さらにその右方(写真試料の右寄り)にも、一見ソールマークかとも見られる砂質物の垂れ下がりがみられる(c)。砂質部下底のこれらの垂れ下がり、上記の泥質部中のものと異なり、棒状で



第2-1図 天竜川口沖南海舟状海盆柱状採泥試料縦断面CTスキャン像。試料断面の幅約8cm、試料内部のX線透過度分布がよく見わけられる。(縦方向に、やや扇状にひろがった筋のような模様が見えるのは、X線強度に比し透過の距離が長すぎるときに出るパターンであって、真の像ではない。下底から5分の1ほどのところにある真黒の線は割れ目。)



第2-2図 第2-1図の試料下底から4.5分の1ほどの位置の横断スキャン像。試料の横断面に平行(地層面に平行)に延びたパイプ状のものが見える(長径9mm)。



第3-1図 琵琶湖東岸草津市志那沖柱状採泥試料スキャノグラム。試料の太さ約5cm。白線a, b, c, dは、第3-2図のそれぞれA, B, C, Dのスキャン位置を示す。

はなく、またよく見ると、いくつもの小さな“生痕”の集合であるように思われる。

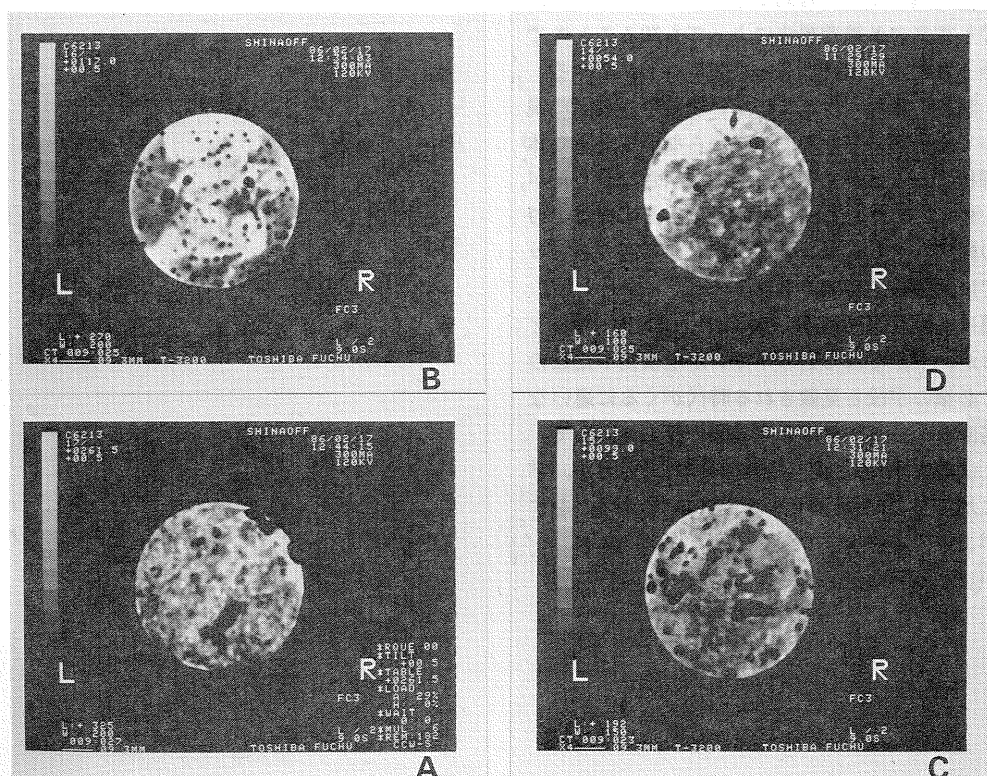
4. 琵琶湖底柱状試料

第3-1図は、琵琶湖東岸草津市志那沖の浚渫跡(水

深1~5m)の柱状試料スキャノグラム像である。図中の白い破線a, b, c, dはそれぞれ第3-2図A, B, C, DのCTスキャン断面の位置を示す。これらの断面には、CTスキャンによれば、肉眼でも従来のX線透過法でも知ることもできない試料内部の不均質性が、明暗の模様として認められる。

これらのうち、試料上部(第3-2図C, D)の、あたかも月面を見るかのような模様は、よく見ると小さな斑点のようなものの集りであるようにも思われる。一方、スキャノグラムで、厚さ1cm弱の明るい薄層の部分(第3-1図で破線bが通る断面)では、径1~2cmのブロックによって、火星表面のような模様をなしている。これらの構造は、おそらく浚渫による攪拌と関係があるものであろうが、2種の構造の違いが何によるかは、今のところ不明である。

ともあれ、スキャノグラムで薄層理が認められるということは、一旦かき混ぜられた底質が細粒子に分散することなく再堆積したことを示唆している。



第3-2図 琵琶湖東岸草津市志那沖柱状採泥試料スキャン像

なお、第3-1図で、柱状試料の中部から下部にかけて、異常に暗い、裂けたような形のもの（空隙と思われる）が見られる。このような空隙は、肉眼やスキヤノグラムでは柱状試料のこの部分にしか見られないが、第3-2図に見るように、CT スキャン像では、さらに上位や下位の部位に、球形ないし卵形の空隙が無数に発生している。ただし、これらは何故か試料の表面にはあまり発生しないため、表面の観察だけではその存在を知ることが出来ない。これら球～卵形の空隙は、琵琶湖柱状試料採泥後の試料中でのガスの発生によるものであることが、経験的にわかっている。上記の中部から下部にかけての裂けたような形のものは、本来は成因的に異なるものであろうが、その拡大には、ガス発生が関与しているかも知れない。

5. お わ り に

以上の例に見るとおり、CT スキャンは、堆積物内部の構造を調べる上で有効である。これによれば、肉眼でも従来のX線透視法によっても知ることのできなかった物性の微細な違いを知ることができる。また、試料の表面に現れていない構造や、表面に現れていても内部にどう続くかわからない構造を立体的に解析することができる。今回は示さなかったが、CT スキャンは大型化石の研究、たとえば歯槽中の歯根の研究、クリーニング前の化石の状態のチェックなどには極めて有効である。

問題は、装置が高価（数1000万円～1億円）なことであるが、やがてはCT スキャンが堆積物や化石の研究に必須の手段と見做される時代がくるに違いない。当面は、いくつかの研究機関の協力によって、たとえば地質学・古生物学関係で全国に1台とか、学際的に地方毎に1台とかいった形で設置の努力をするのがよいであろう。