

## 浜名湖のボーリング柱状試料について

池谷 仙之\*・和田 秀樹\*・大森 真秀\*

On the Boring Core Sediments from Hamana Lake

Noriyuki IKEYA\*, Hideki WADA\* and Maho OHMORI\*

For the purpose of elucidating the environmental changes, boring core samples of the lake sediments were collected from four sites in Hamana Lake, Shizuoka Prefecture, Central Japan. Cores from the four sites of 85H-1, 2, 3, and 86H-4 are 16.45 m, 41.46 m, 50.45 m and 23.96 m long, respectively. The cored sediments are all of Holocene age, and the bottoms of all four holes reached the boundary between Holocene and Pleistocene. The lithofacies of the boring core samples were described in detail. The geological age of the samples were determined by tephrochronological and  $^{14}\text{C}$  methods.

A preliminary acoustic survey was done in the northern part of the lake. A distinct sound scattering layer was observed at 2-3m subbottom in the central part of the basin.

### I. 緒 言

浜名湖は日本太平洋側第一の汽水湖（水域面積 68.8 km<sup>2</sup>）として知られ、また、この広大な水域を取り巻く自然を舞台に、太古より活発な人類活動が営まれてきた。この浜名湖はいつごろ生まれ、そしてどのような変遷をたどって現在に至っているのだろうか。その起源は、おそらく第四紀の最大海面降下時（約18000年前）に深く下刻された谷地形に求められ、その後海面上昇に伴い各種の堆積物が厚く埋積して、現在見られる様な海岸線の入り組んだ古浜名湾が形成されたと推定される。湖の形状を呈したのは、その後古天竜川が流出した多量の堆積物が沿岸流によって湾口部に運ばれ、湾口が次第に狭められたことによると考えられる。こうしたことから、埋積している湖の堆積物中には海水準の変動の記録のほかに、湖内の、そして湖を取り巻く後背地の様々

な地学的環境の変遷の記録が残されているに違いない。一方、この堆積作用は現在もなお続行しており、この湖もやがては埋め立てられ、次第に陸化していく運命にあると考えられる。現在の浜名湖は、その南部で汀線と平行に発達する浜堤によって、ほぼ閉鎖されており、今切口と呼ばれる狭い湖口により外海との海水交換が行われている。過去の浜名湖の環境も海水準の変動や地殻変動に伴うこれらの浜堤の消長に大きく左右されたであろう。この湖はその形成過程において、ある時は湖口部が沿岸流による砂しの発達で閉鎖され、海水の流入が断たれて淡水化し、またある時は地震による津波などによって、その湖口部の地形はしばしば変えられたことも知られている。

このような“浜名湖の生いたち”を地史的に明らかにするために、“浜名湖の起源と地史的変遷に関する総合研究”（文部省科学研究費補助金による総合研

究 A) が1985年より3ヶ年計画で組織された。本稿では、この研究プロジェクトによって掘削された、湖内における4本の湖底ボーリングについて、その概要と得られた湖底堆積物の柱状資料の層序、相層

などの基礎的な記載を行った。今後これらのコアを用いて詳細な分析が行われるであろう各種の研究の基礎試料としての便をはかろうとするものである。

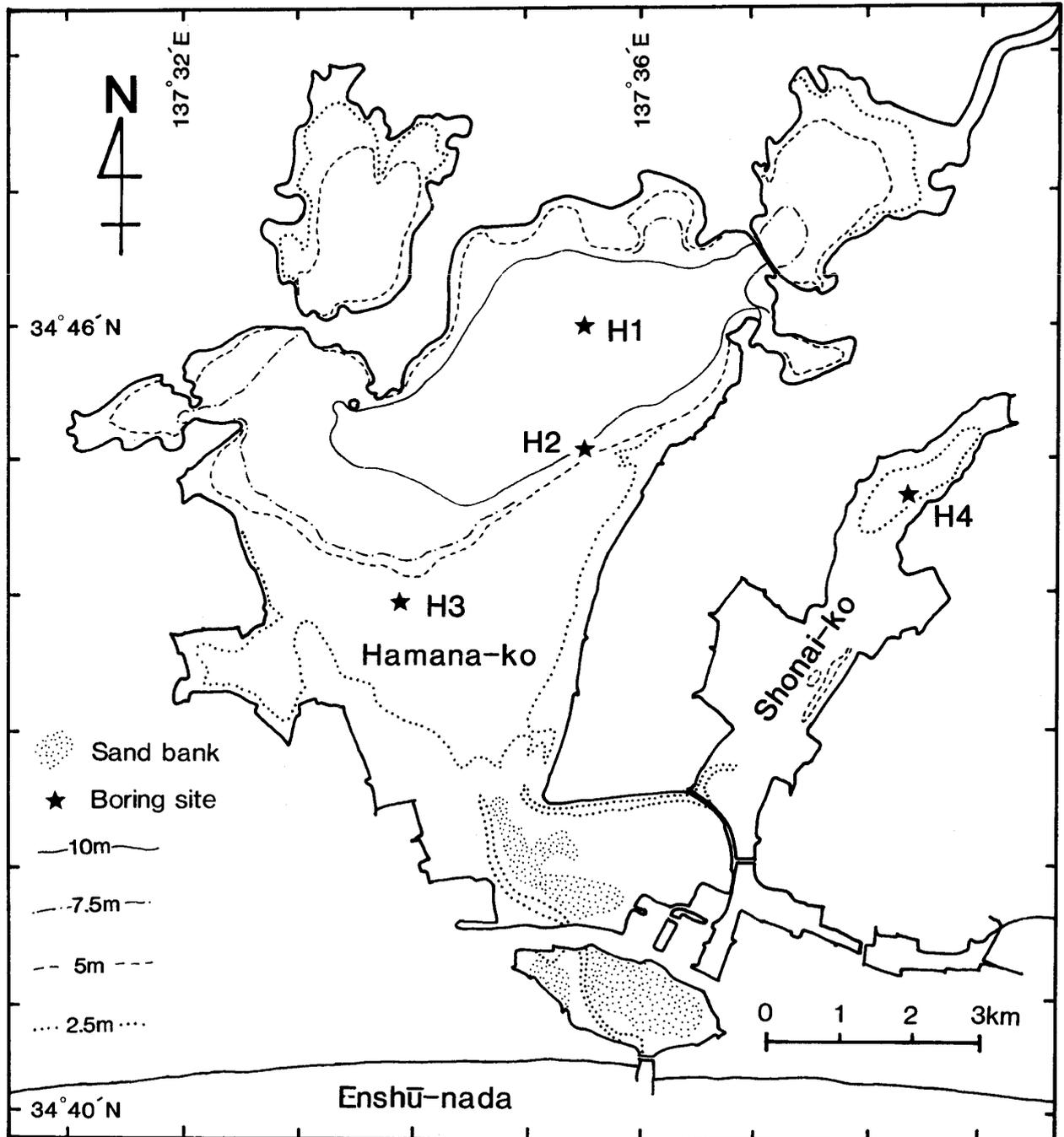


Fig. 1. Location map of the drillhole in Hamana Lake.

## II. 浜名湖の地形と底質

**地形：**Fig. 1 に示されるように、浜名湖は多くの付属湖を持ち、その形状は複雑に入り組んでいる。湖の総面積約69 km<sup>2</sup> に対して、湖岸線は103 km にもおよぶ。湖底の地形は周辺の地質構造と密接に関係して、その等深線は北東-南西方向を長軸とする三列の舟底型盆地からなり、湖の北半部は水深6-12 m と比較的深く、南半部は4 m 以下と浅い。特に湖口部付近は1 m 以下の浅瀬からなり、湖内への海水の流入を妨げている。そのため人工的に水路（ミヨ）が浚渫されている。また、南西方向に突き出た村櫛半島によって隔てられた湖東部地域（庄内湖）では湖底はほぼ平坦で2-3 m の水深からなる。

**底質：**浜名湖の底質は環境を規制する諸要因と強い相関を示している。湖内に突き出した岬の延長部分にあたる湖底および湖北沿岸の浅瀬は、古生層からなる岩盤またはそれらのレキからなり、外洋沿岸水の影響を強く受けた水深の浅い湖南部地域および湖東沿岸部には、淘汰の良い砂が分布する。湖中央深部と付属湖には主として陸水により供給された比較的淘汰の良いシルトが沈積している。この湖中央深部は、夏期、湖水の成層によって無酸素状態となり、硫化水素が発生する。また、都田川の河口部には淘汰の悪い砂レキが堆積している。（詳しくは IKEYA and HANDA, 1972 を参照）

## III. 音波探査による湖底堆積層の予察

湖底ボーリングを能率よく実施するため、また、ボーリング地点の選定にあたって、予め湖内の沖積層の厚さ、すなわち沖積層の基底の深度をおおよそ推定する必要がある。しかし、湖岸平野部における既存ボーリングの資料から、湖中央部までの基底を推定することは不可能であった。そこで、音波探査により湖底下の地質構造を解析することとした。浜名湖のような浅海で、しかも硫化水素が発生するような環境の海域では、一般的によい音波記録が得られないことが予想された。しかし、浜名湖の基盤が硬い古生層から成ることから軟質な沖積層との境界はかなり明瞭であると予想され、その基盤の反射記録があるいは得られるであろうと考え、音波探査

を行った。

**調査域：**水深5 m 以深を連続的に保つ湖中央部と引佐細江地域にかけて、Fig. 2 に示す北東-南西方向の3測線とそれに直行する6測線（測線間隔は0.8-1.4 km, 総延長32.5 km）に沿って実施された。

**使用機器：**NE-19C2 GEO SONAR（日本電気 KK 製）。送信エネルギーは標準200 Joule、発信方式は水中火花放電発信法、中心周波数は600 Hz、分解能約2 m のものを使用した。音響測深機は PS-10 型を使用し、東京湾平均海面を基準とした。船速は約0.5 kt であった。

**調査期間：**1985年8月31日-9月1日（湖中央部では夏期、バクテリアによって硫化水素が発生することが知られており、音波探査の時期としては最悪であると考えられたが、ボーリングの実施時期の都合上止むを得ずこの時期に行った。）

**調査結果：**Fig. 3 に示すように、湖底下の地質構造が読み取れた測線の総延長は全測線の4分の1（約7.9 km）で、そのほとんどは本湖の調査域の周辺部地域に限られる。即ち、湖中央の周辺部（北および北西沿岸部と本湖中央部の湖棚より急深となる水深10 m 以浅の地域）である。これらの地域の底質は細砂または泥質砂から成る。それ以外の9測線のほとんどの区域で音波散乱層が発生し、散乱層以深の湖底下の地質情報は得られていない（ここで見られた音波散乱層は湖底の多重反射が幾重にも連続するタイプのものではない）。この現象は、潟湖や内湾の、含水率が高く有機質を多く含む泥質堆積物に生じやすく、浜名湖でも水深約10 m 以深の、泥質堆積物が分布している地域で、湖底下2-6.5 m 付近に生じている。

音波探査の記録から湖底下の地層はつぎの3層に区分される。

i 層：沿岸近接部と湖中央の湖棚部を除く全測線において、湖底面と音波散乱層との間2-6.5 m に淡い記録として現れ、きわめて軟弱な泥質の表層堆積物から成る。

ii 層：ほとんどの調査区域で本層の上面付近に音波散乱層が分布し、それより下部の情報を読み取ることとはできないが、湖棚の縁辺部および湖の沿岸部ではこの散乱層がないため比較的よい反射記録が得られている。記録中には希に内部反射面が現れるが、

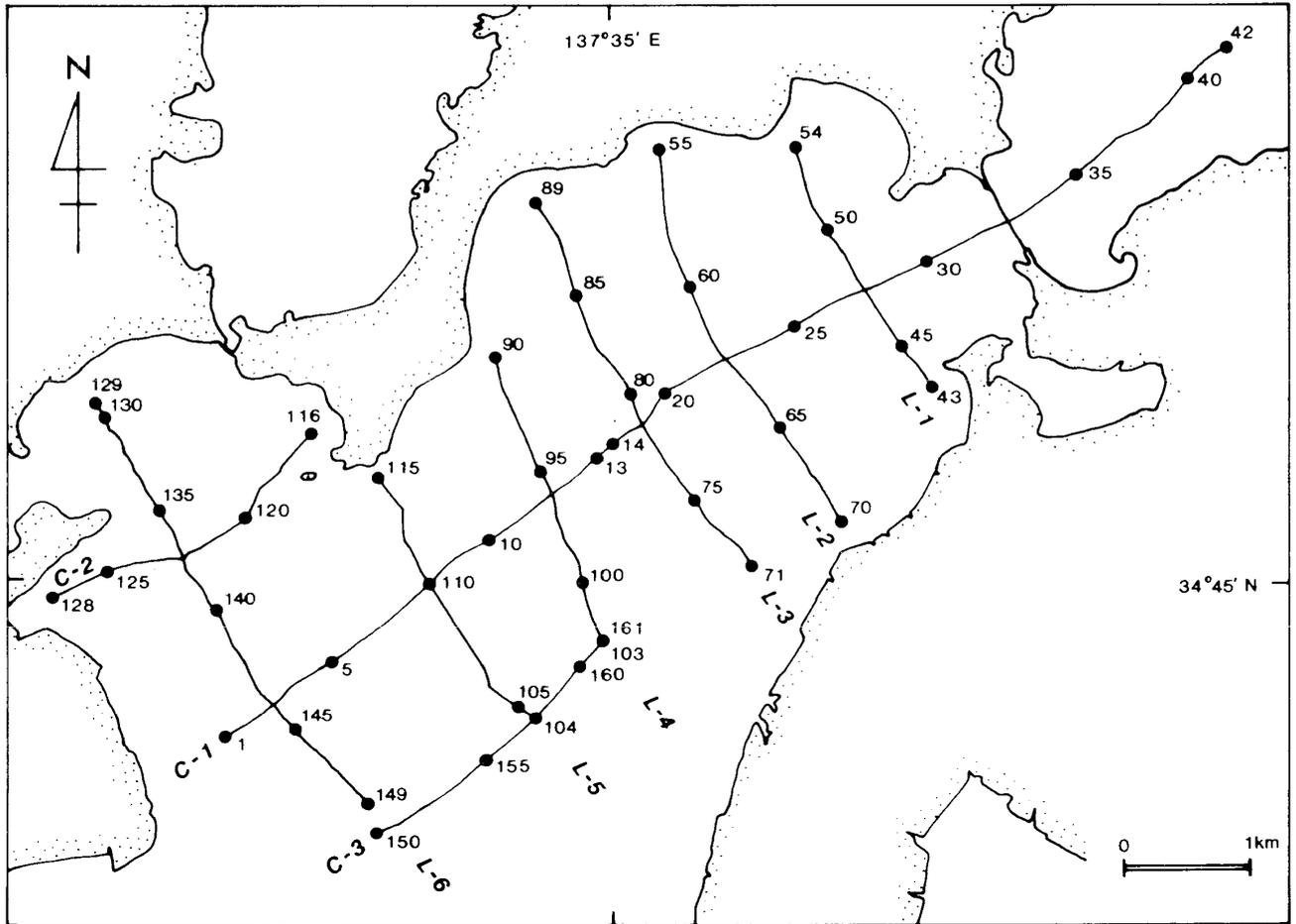


Fig. 2. Track and key stations of the acoustic survey in the northern part of Hamana Lake.

所々に強い反射面がみられ、砂層の挟在を示している。その他には顕著な構造はみられない。本層は主として細砂または泥質砂から成ると推定される。これらの砂質堆積物は、調査区域周辺部から湖中央部に向かってしだいに軟弱な泥質堆積物に移化していると推定される。層厚は平均約30 mで、L-5 測線の115測点付近（本湖北岸）で最も薄く10m、また、C-3 測線の152測点付近（湖棚縁辺部）で最も厚く35 m 存在する。

iii層：湖棚の縁辺部と湖の沿岸部においてのみ記録が得られている。本層の上面は強い反射面として記録され、小規模（5 m 程度）な谷地形や起伏が見られる。基底部の記録は得られていないので、本層の厚さは不明である。本層には部分的に強い反射面が現れ、これによって上下の2層に区分される。全体として細かな平行反射面が記録され砂層と泥層との互層から成ると推定される。

上部層—レキ質堆積物が記録された地域は、本湖北岸のC-1 測線1および2 測点と本湖中央部のL-3 測線88および89測点の上部層である。また、岩盤が本湖東岸のL-2 測線69測点付近に記録された。

下部層—本層が記録された地域は本湖北岸のL-1, L-3 測線、本湖湖棚中央部のL-4 測線、本湖西岸のC-2 測線で、いずれも砂層と泥層との互層から成ると推定される。

音波散乱層について：音波探査による海底地質調査が進むにつれて、日本各地の内湾でも、厚く堆積したシルト層の上面やその内部でこの現象が頻繁に発生していることが明らかになってきた。建設省国土地理院（1981）によれば、音波散乱現象が発生する原因としてつぎのようなことがあげられている。音波散乱層の分布する海域では、海底下に埋没谷や埋没盆地があり、これを埋める堆積物として腐植土層が分布し、そこから発生するガスが上部の粘土質か

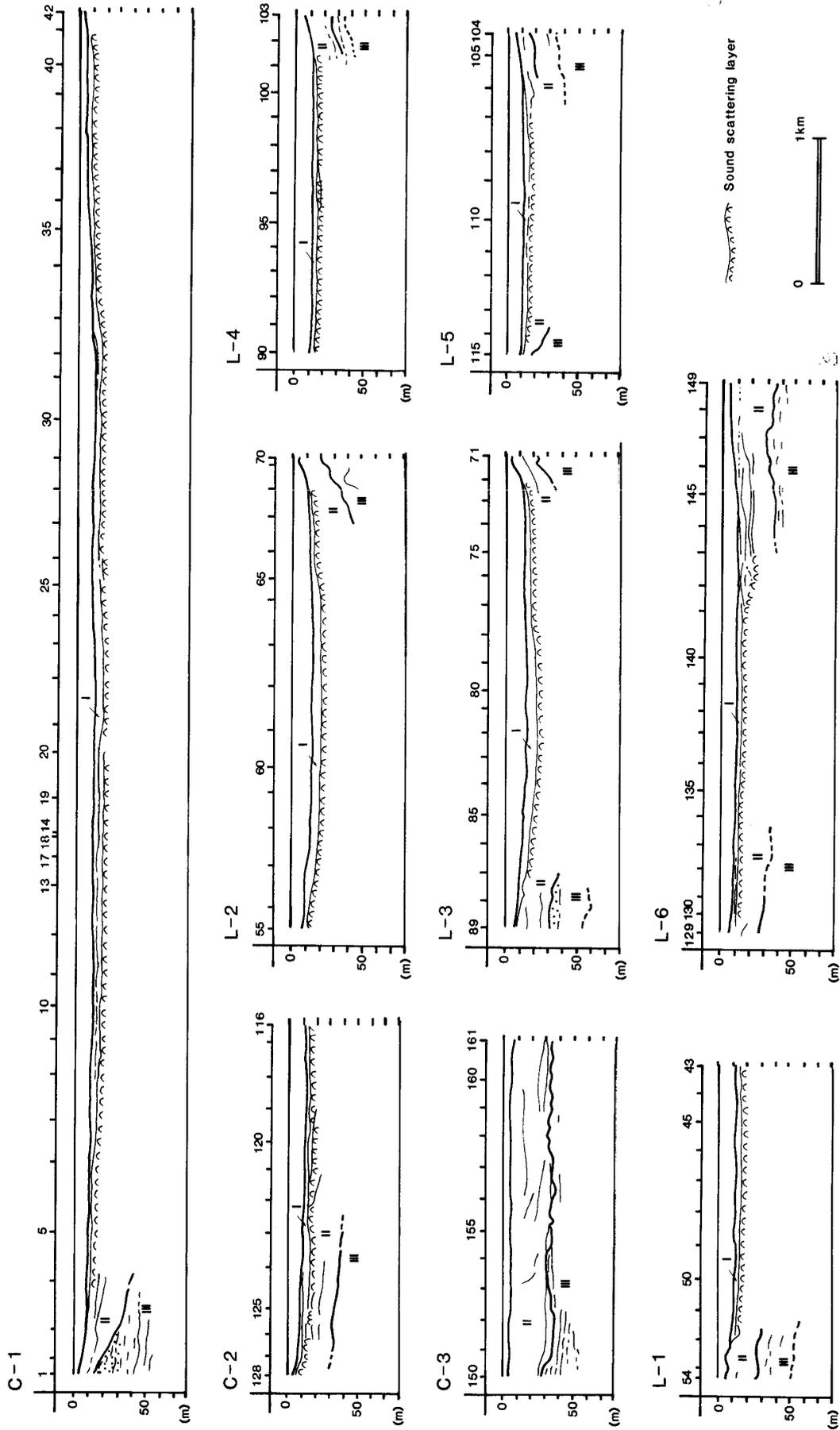


Fig. 3. Interpreted sedimentary structures based on the acoustic data along the survey tracks across the northern part of Hamana Lake.

ら成る海成軟弱層(海底下2-5 m)に閉じ込められることによって生ずる。仙台湾でこのガスを分析した結果、 $\text{CH}_4$ の濃度が高いことが知られた。こうした散乱現象がみられる場合、音波は散乱層の下位にはほとんど透過しないと考えられる。浜名湖の場合もこれと同様の原因が考えられるが、この現象をさらに解明するため、これらの層準のガスと間隙水を採取し、その分析を行うこととした。

#### IV. 湖底ボーリング

ボーリング位置の選定について：音波探査の結果は沖積層の基底を全体的に把握するには至らなかったが、比較的良い情報が得られ、少なくとも40-50 mの厚さの湖底堆積物が存在する本湖中央部の湖棚縁辺部をひとつの候補地とした。また、もうひとつの候補地としては、泥質堆積物が厚く堆積していると予想される本湖の最深部(水深12 m)を選んだ。これらの候補地における沖積層の基底の深度については全く未知であり、調査費用の範囲内(コアの総長100 m)まで掘削することとした。両候補地においては、沖積層の基底深度が浅い場合を考慮し、また、湖内全域についての考察ができるように、上記の中間地点と庄内湖の奥部の2地点を予備の候補地とした。

ボーリングの方法等：湖内のボーリングはロータリー式オイルフィードボーリング機械を用い、堆積物が非常に軟らかいか、または、多少締まっているかによって次の2つの方法(1)と(2)を用い、連続コアの回収につとめた。また、機械ボーリングの費用節約のため、表層部の一部は人力によるブルームサンプラー(3)を用いた。

(1) 固定ピストン式シンウォールサンプラー：内径74 mm。N値が5以下の軟らかい堆積物の場合、ステンレスパイプにピストンをつけ、パイプの荷重で堆積物中に押し込む方法で行った。85H-1および86H-4では、堆積物がほとんどシルト質であったため、全コアについてシンウォールサンプラーを用いた。85H-2および85H-3では表層数mの軟らかい堆積物のみを本法で採取した。コアの回収率は95-100%で、回収されたコアは試料の水分の蒸発、膨張、移動等を防ぐために溶かしたパラフィン

(松脂3%混入)を厚さ約5 cm程度、試料の上面に流しこんで堆積物を密封し、水平に保って運搬した。試料はステンレスパイプ1本ごとに専用の押し出し器(P1. 1-6)で押し出し、塩ビ製の樋の上に乗せて分割した。

(2) トリプルチューブサンプラー：内径84 mm。三重管構造で、塩ビ管に試料を採取する方法で、砂質や、やや締まったシルト、粘土質の地層に用いた。試料は、塩ビ管に入った状態で得られ、溶かしたパラフィンを厚さ約5 cm試料の上面に流しこんで固定し、移動させた。試料の分割は塩ビ管(厚さ3 mm)のみを電動鋸で縦に切断、2分割し、一方の塩ビ管を剥ぎ取ることでコアを露出させ、分割した。本法では、1 m毎の掘削長のうち、先端部のボーリングシューの部分約13 cm程の試料は、塩ビ管内に入らない仕掛になっている。この部分は、ボーリング現場で、外気に触れないよう窒素ガスを流した容器の中に入れ、その中でプラスチック容器に密封、間隙水抽出用試料とし、残りをビニール袋に保存した。

(3) ブルームサンプラー：内径23 mm。泥炭試料採取用に考案された軽量のサンプラー(太田, 1983)で、通常、未固結の軟質な地層に使用されている。本サンプラーは、陸上で沖積層を掘削するのに適しており、25 cmずつ試料を採取することができるが、湖底で使用したのはこれが最初であろう。86H-4Bにおいて湖底より6 mまでを本サンプラーを用いて、人力で掘削した。

(4) BAT法による間隙水とガス試料の採取：間隙水およびガス試料の採取にはBAT法を用いた。BAT法はスウェーデン・BAT社が地下水のモニターと採水のために開発した装置で、セラミックスのフィルターを付けたチップを堆積物中に押し込み、このチップと、あらかじめ真空にした試験管とを接続針を通して合体し、試料を得る方法である。

湖底下の堆積物が粘土質の場合、一日の作業終了後、BATの先端部分を約50 cm堆積物に押し込み、真空にした試験管を降ろして合体させ、そのまま一昼夜放置し翌朝回収する。堆積物が砂質の場合には、50-70 cmBATを押し込み、粘土の団子を入れて不透明層をつくる。以下粘土質の時と同様の操作を行う。

(5) 回収堆積物からの間隙水の抽出：ボーリングコアのシュー部分と、85H-1B コア、更に、86H-4 掘削時にアクリルパイプをつきさして採取した間隙水用コア（湖底下60 cm）から、押し出し法による間隙水の抽出を行った。抽出法は、油圧式ピストンにより堆積物を圧縮（約200 kg/cm<sup>2</sup>）し、メンブランフィルターを通して漏出する間隙水をポリエチレンシリンジに捕集した。こうして得られた間隙水の10 ml を熱処理済みのアンプルにとり、アルゴンガス置換して封入しアミノ酸分析用とした。また10 ml を別にシリンジにとり、栓をして化学分析用試料とした。更にのこりの間隙水を同位体分析用試料としてアンプルに封入した。

ボーリング地点と掘削状況 (Fig. 1, Pl. 1-1, 2):

85H-1 : 1985年12月4日～8日

位置：本湖最深部(35°45'59"N, 137°35'31"E).  
水深：約12 m.

方法：シンウォールサンプラー（全コア）

掘削深度：湖底より16.75 m.

回収コア：湖底より1.45～16.75 m.

間隙水採集深度：湖底より4 m, 9.9 m.

85H-1B : 1985年12月10日

位置：85H-1の北方約1 m.

水深：約12 m.

方法：シンウォールサンプラー（全コア）

掘削深度：湖底より1.22 m.

回収コア：湖底より0.32～1.22 m.

85H-2 : 1985年12月13日～21日

位置：85H-1の南方約1.7 km (34°45'03"N, 137°35'31"E).

水深：約5 m.

方法：シンウォールサンプラー（0～4.9 m）

トリプルチューブサンプラー（4.9 m～）

掘削深度：湖底より41.72 m.

回収コア：湖底より0～41.64 m.

BAT間隙水採集深度：湖底より12.40 m, 26.80 m, 33.50 m.

85H-3 : 1985年11月15日～30日

位置：85H-2の南西方向約4.5 km (34°43'57"N, 137°33'54"E).

水深：シンウォールサンプラー（0～0.8 m）

トリプルチューブサンプラー（0.8 m～）

掘削深度：湖底より50.45 m.

回収コア：湖底より0～50.45 m.

BAT間隙水採集深度：湖底より9.70 m, 19.80 m, 32.30 m, 44.20 m, 50.75 m.

\*0.8～8.5 mまでは2 mのチューブを使用, また8.5 m～では1 mのチューブを使用.

85H-3B : 1985年12月1日～2日

位置：85H-3の南東方向約1 mの位置.

水深：約5 m.

方法：シンウォールサンプラー（0～0.8 m）

トリプルチューブサンプラー（0.8 m～）

掘削深度：湖底より9.70 m.

回収コア：湖底より0～9.55 m.

\*全コアについて1 mのチューブを使用.

86H-4 : 1986年9月28日～10月2日

位置：庄内湖奥部(34°44'44"N, 137°38'21"E).

水深：約3 m.

方法：シンウォールサンプラー（全コア）

掘削深度：湖底より24.50 m.

回収コア：湖底より4～24.50 m.

86H-4B : 1986年9月29日～30日

位置：86H-4の北西方向約2 m.

水深：約3 m.

方法：ブルームサンプラー

掘削深度：湖底より6.0 m.

回収コア：湖底より0.4～5.98 m

(6) ボーリングコアの分割方法：コア試料の深度は、一本毎の試料の上面が掘削開始深度に一致するものとした。試料回収率が100%より低い場合は、試料の掘削によるショートニングは起きていないと考え、試料の実際の長さの不足分は、欠損とした。試料の分割は、Fig. 4に示すように、地球化学的分析および軟X線解析用に20 cm, その他の分析用に5 cm毎の単位で行った。尚、コアの外表面は試料のコンタミネーションを避けるために1-2 mm削りとられた。分割した試料の番号と量、研究対象と試料の送付先を以下に示す。

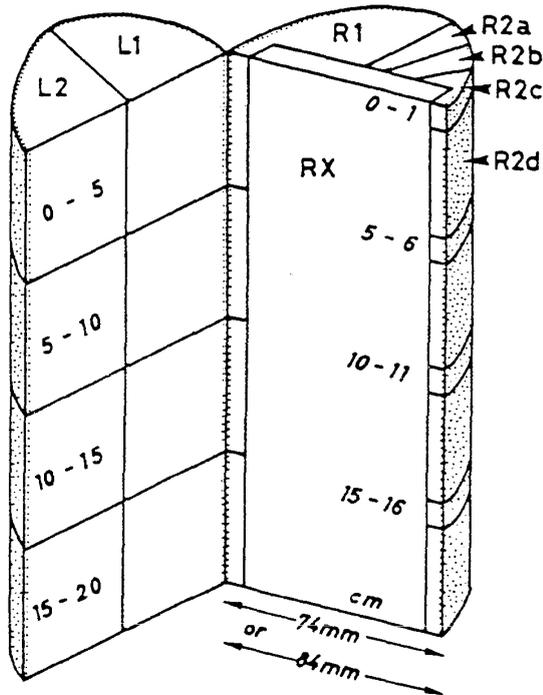


Fig. 4. Scheme of subdivision of the unit core for sampling for various scientific researches. L1 is for geochemical samples. L2 for the archive, Rx for the X-ray photograph, and R1-2 for sedimentological and micropaleontological samples.

|       |          |            |  |
|-------|----------|------------|--|
| R 2 a | 0 - 1 cm | 珪藻         | 阿久津浩<br>(小山南高)<br>鹿島 薫<br>(東京大学)                   |
| R 2 b | 0 - 1 cm | 渦べん毛藻      | 松岡数充<br>(長崎大学)                                     |
| R 2 c | 0 - 1 cm | 花粉         | 松下まり子<br>(神戸大学)                                    |
| R 2 d | 1 - 5 cm | 粒度分析       | 木宮一邦<br>(静岡大学)                                     |
| B A T |          | 間隙水およびガス分析 | 加藤義久<br>(東海大学)<br>石塚明男<br>(東京大学)<br>和田秀樹<br>(静岡大学) |

V. 柱状試料の記載

浜名湖本湖の3地点および庄内湖1地点から得られたボーリング柱状試料の全体的岩相記載は、Fig. 5のようにまとめられた。浜名湖の4地点を通じて観察された鍵層となる火山灰は、Ah(鬼界-アカホヤ)のみであった。Os(大沢スコリア)とKgp(カワゴ平パミス)は85H-1, 86H-4から検出され、今後の試料検討によっては、全地点から発見される可能性がある。また、85H-3(44.59m)からOKI(ウルルン-隠岐)が確認された。

詳細な岩相記載は Fig. 6(2)~(28)に示した。本図の記載方法については、Fig. 6-(1)に示した。

謝 辞

本研究は、文部省科学研究費補助金(総合研究A)課題番号<60300012>によって行われたものである。東京都立大学 町田 洋教授、奈良教育大学 西田史朗教授には、鬼界-アカホヤおよびウルルン-隠岐火山灰の鑑定をしていただいた。

<sup>14</sup>C年代測定に関しては、名古屋大学 中井信之教授、中村俊夫博士のデータを、コアの記載中に添付させていただいた。

湖上におけるボーリング作業、ボーリングコアの分割にあたっては、阿久津浩(静大理・現在栃木県立小山南高校)、阿部泰行(静大)、鹿島薫(東大)の各氏にご協力をいただいた。また、ボーリング作業中は、東京大学農学部浜名湖水産実験所の施設を

| 試料番号 | 間 隔        | 研 究 対 象                                      | 研 究 者<br>(試料送付先)                                   |
|------|------------|--|--|
| L 1  | 0 - 5 cm   | C同位体, C/N比                                   | 中井信之<br>(名古屋大学)<br>小椋和子<br>(都立大学)                  |
|      | 5 - 10 cm  | 保存 (85H-1 については有機地球化学)                       |  |
|      | 10 - 15 cm | 保存   |  |
|      | 15 - 20 cm | 保存   |  |
| L 2  | 0 - 5 cm   | C/S比, S分析                                    | 松本英二<br>(地質調査所)                                    |
|      | 5 - 10 cm  | 保存   |  |
|      | 10 - 15 cm | 保存   |  |
|      | 15 - 20 cm | 保存   |  |
| R X  | 0 - 20 cm  | 軟X線による堆積構造の解析試料. 透明プラスチックケース (5×20×1 cm)に採取. | 大塚謙一<br>(静岡大学)                                     |
| R 1  | 0 - 5 cm   | 有孔虫  | 北里 洋<br>(静岡大学)<br>池谷仙之<br>(静岡大学)<br>松島義章<br>(神奈川県) |
|      |            | 介形虫  |  |
|      |            | 軟体動物   |  |

利用させていただいた。このほか総合研究の分担者各位の御協力を頂いた。

静岡大学鮫島輝彦，岡田博有教授には本稿を査読していただいた。以上の方々に心より感謝する。

文 献

IKEYA, N. and T. HANDA (1972), Surface sediments in

Hamana Lake, the Pacific coast of Central Japan. *Rep. Fac. Sci. Shizuoka Univ.* 7, 129-148.

建設省国土地理院(1981) 海底地質調査における音波散乱現象の検討. 国土地理院技術資料, D-1, No.115, 127 pp.

太田陽子(1983), 掘削法による完新世海成段丘の形成過程に関する研究. 昭和57年度科学研究費補助金(総合研究 A) 研究成果報告書, 87 pp.

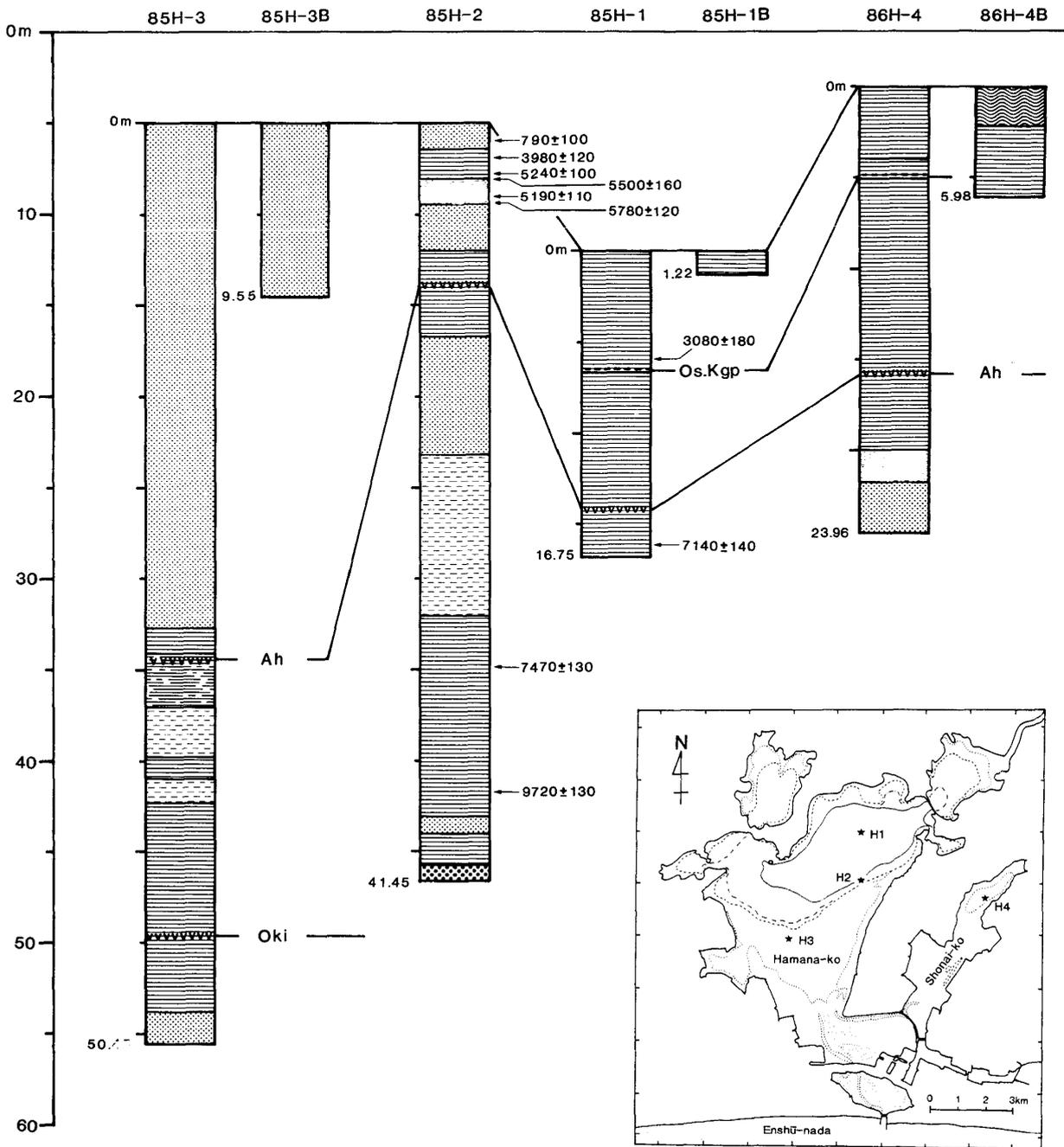


Fig. 5. Summary of the stratigraphic correlation of the cored sediments in Hamana Lake.

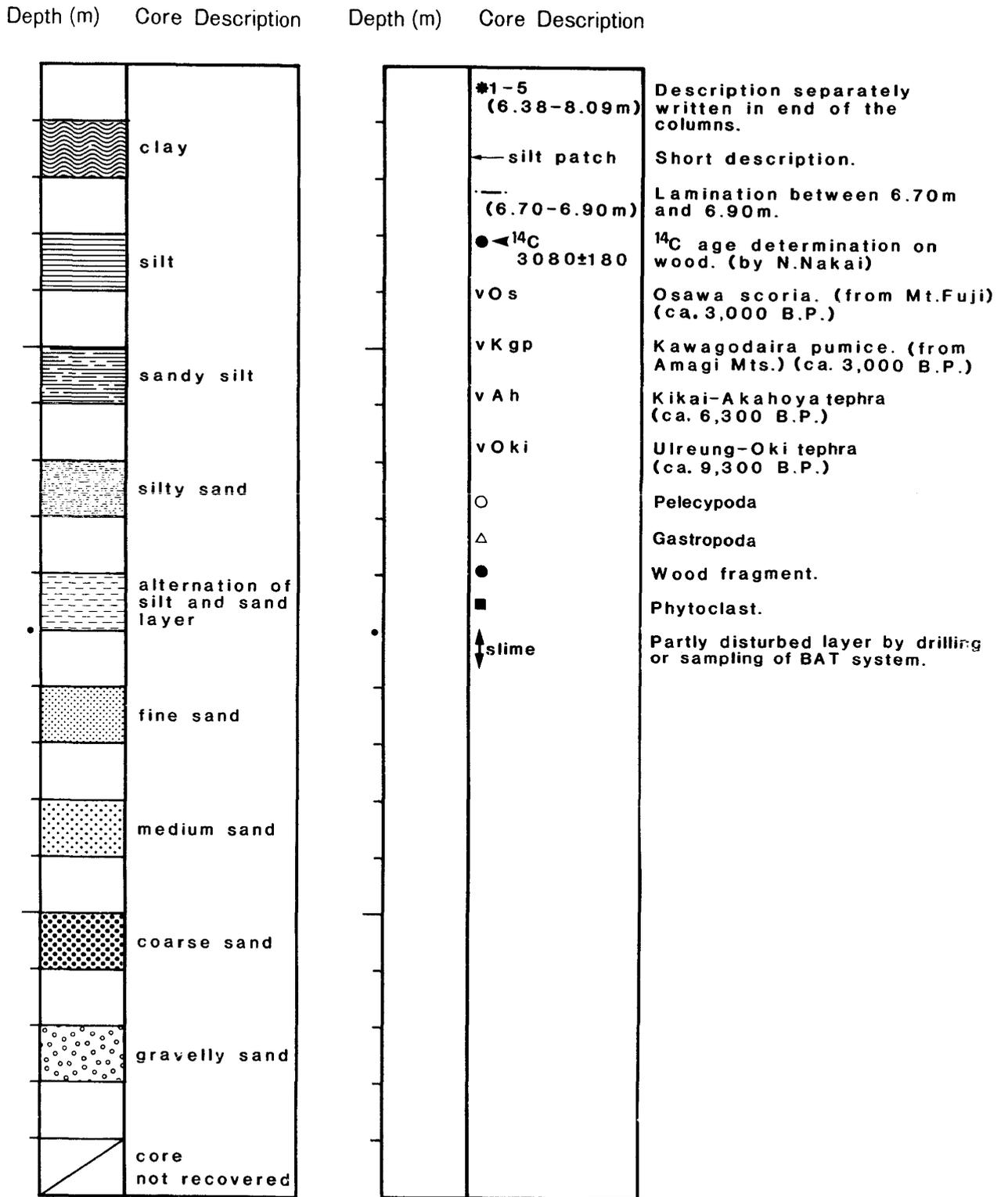


Fig. 6(1) Key to symbols used on L. Hamana lithologic core descriptions summary forms.

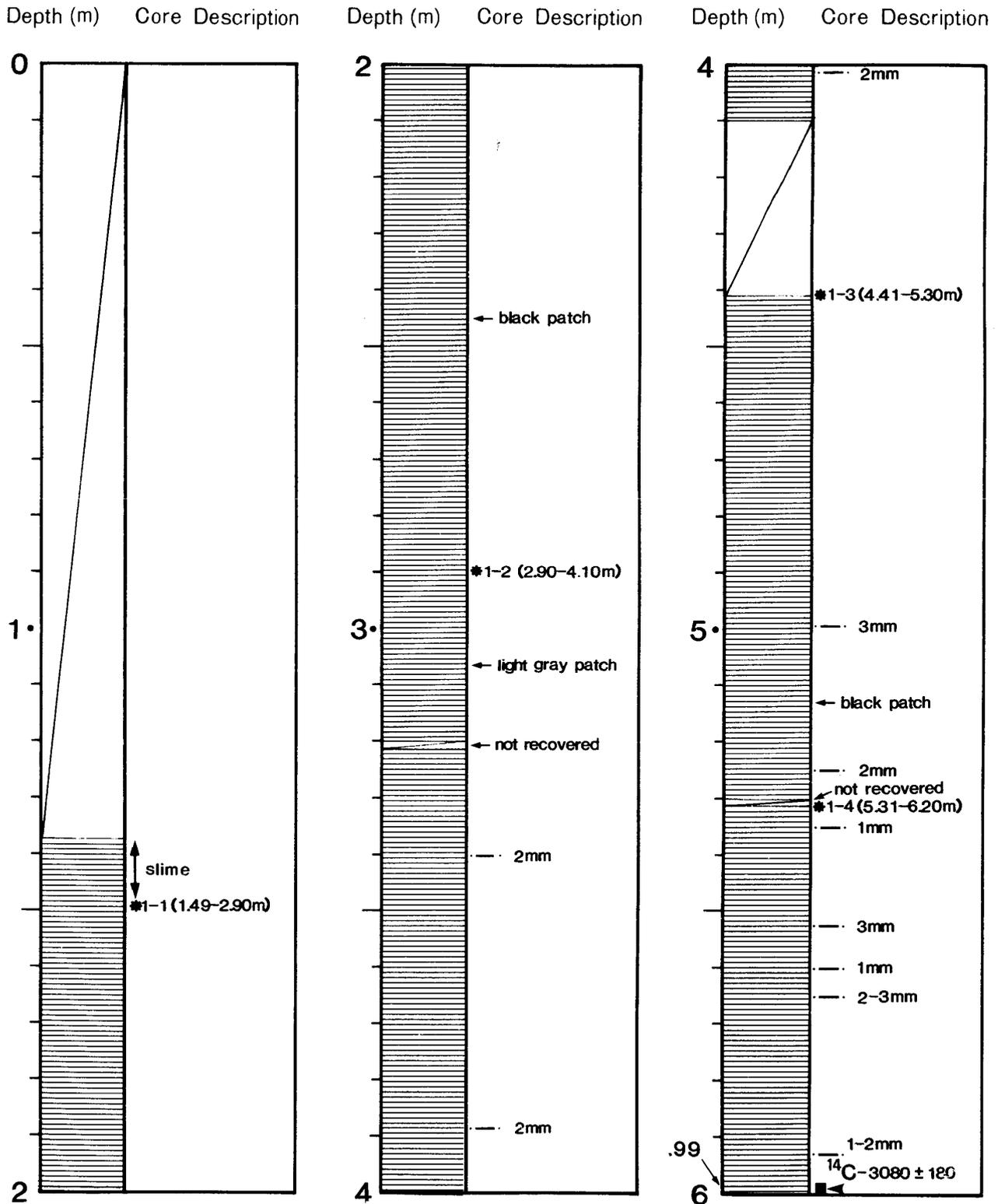


Fig. 6(2) Lithologic description of L. Hamana boring core 85H-1 (0.00m-6.00m) : \* 1-1(1.49-2.90m) Massive greenish grey silt. Many fragmental phytoclasts. H<sub>2</sub>S smell. \* 1-2(2.90-4.10m) Massive grey silt. Many fibrous phytoclasts. H<sub>2</sub>S smell. \* 1-3(4.41-5.30m) Grey silt, occasionally yellowish grey. Many fibrous phytoclasts. H<sub>2</sub>S smell. \* 1-4(5.31-6.20m) Grey silt, occasionally brownish grey. Many fragmental phytoclasts.





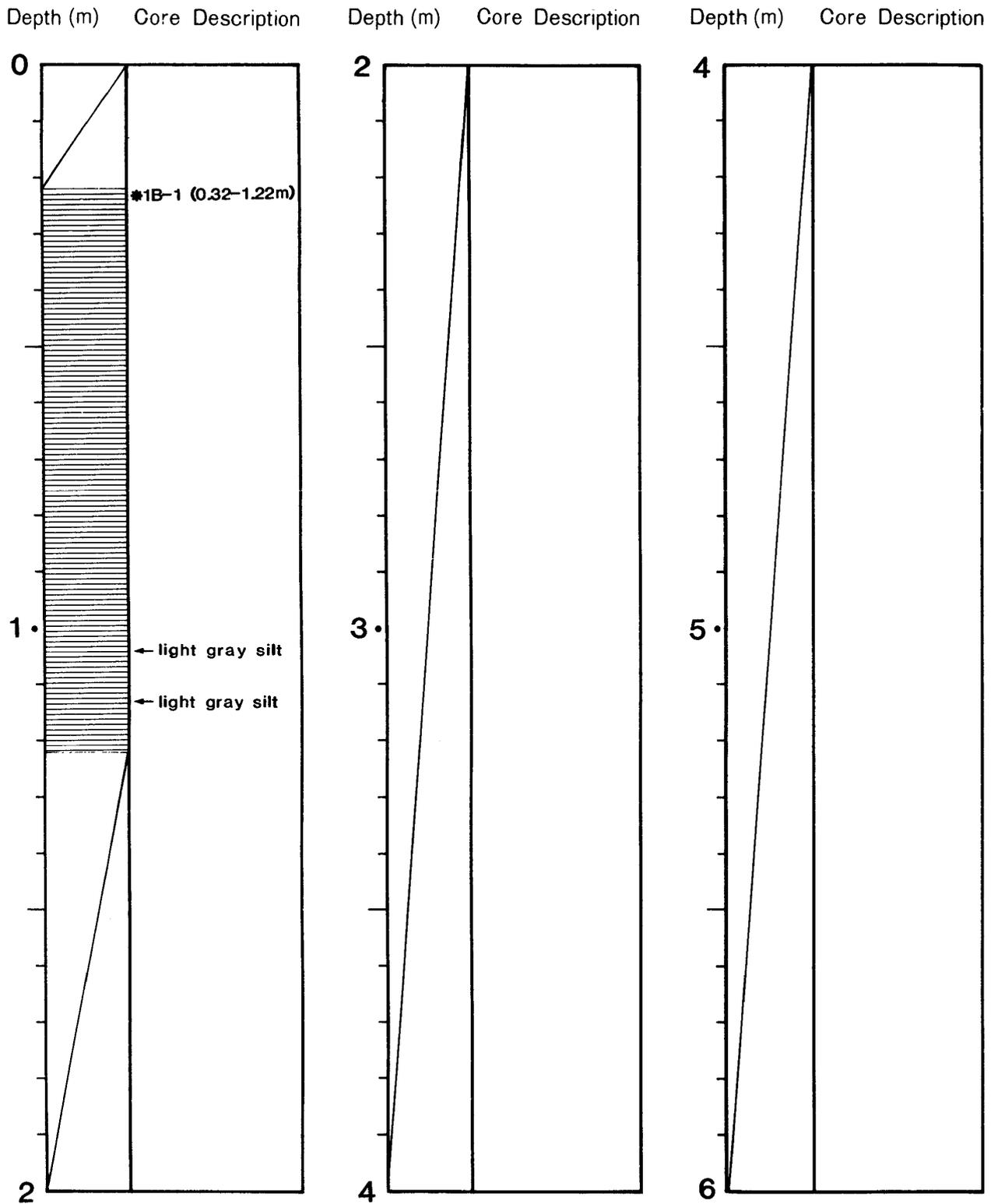


Fig. 6(5) Lithologic description of L. Hamana boring core 85H-1B (0.00m-6.00m): \* 1B-1 (0.32-1.22m) Dark green greenish grey silt, occasionally with black and light grey lamination. Scattered with shell fragment & H<sub>2</sub>S smell.

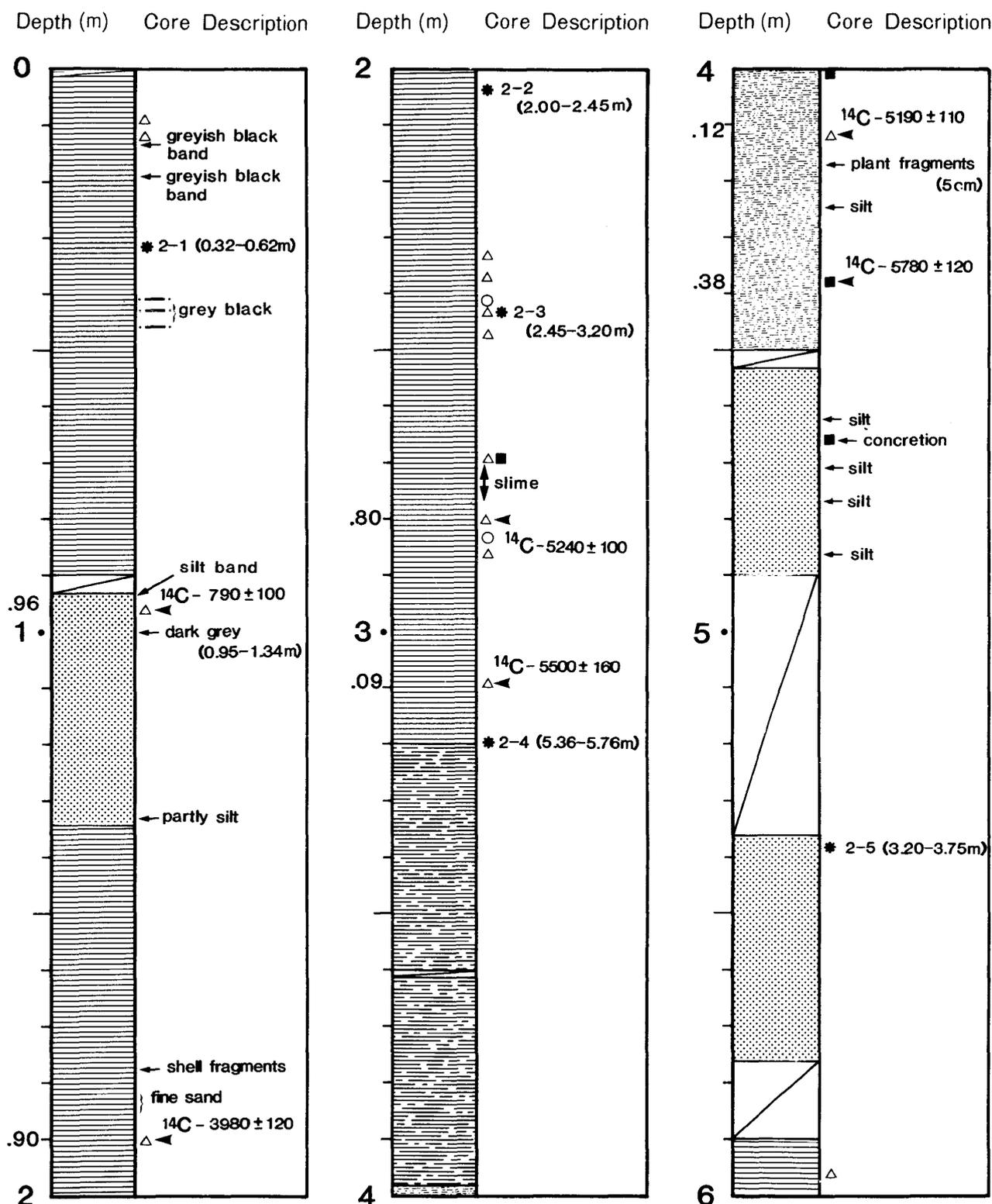


Fig. 6(6) Lithologic description of L. Hamana boring core 85H-2 (0.00m-6.00m): \* 2-1 (0.32-0.62m) Dark grey massive silt, with dark grey fine sand layers. Phytoclasts and shell fragments occasionally contained. H<sub>2</sub>S smell. \* 2-2 (2.00-2.45m) Massive dark grey silt, with fine grained sandy patches. Scattered with fragmental phytoclasts and shell fragments. H<sub>2</sub>S smell. \* 2-3 (2.45-3.20m) Massive dark grey silt. Many shell fragments contained. H<sub>2</sub>S smell. \* 2-4 (3.20-3.75m) Dark grey massive sandy silt. Many fibrous phytoclasts and shell fragments found. H<sub>2</sub>S smell. \* 2-5 (5.36-5.76m) Greenish black fine sand. Scattered with wood chips.

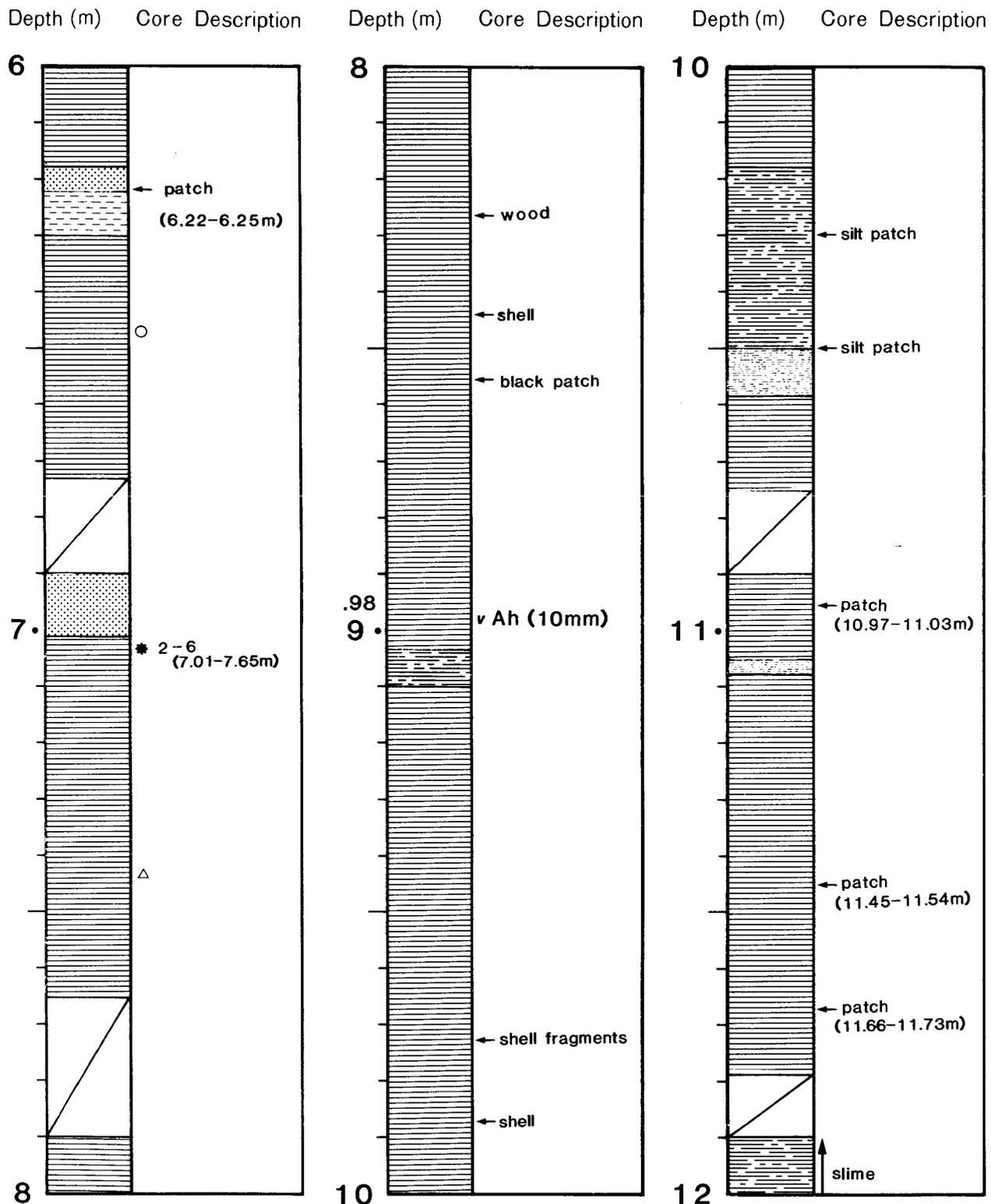


Fig. 6(7) Lithologic description of L. Hamana boring core 85H-2 (6.00m-12.00m): \* 2-6 (7.01-7.65m) Massive silt. Shell fragments occasionally found.

