

## 熊本城公園に推定される立田山断層周辺の地質構造解明に向けた ボーリング調査（速報）

### Drilling surveys across the estimated fault scarp of Tatsutayama fault passing the Kumamoto Castle Park, Kumamoto Prefecture, southwest Japan

太田 耕輔<sup>1</sup>・大上 隆史<sup>1</sup>・根本 夏林<sup>1,2</sup>・Lloyd Sabrina<sup>1,2</sup>・星住 英夫<sup>1</sup>・丸山 正<sup>1</sup>・  
宮下 由香里<sup>1</sup>・藤原 治<sup>1</sup>

OTA Kosuke<sup>1</sup>, OGAMI Takashi<sup>1</sup>, NEMOTO Karin<sup>1,2</sup>, Lloyd Sabrina<sup>1,2</sup>, HOSHIZUMI Hideo<sup>1</sup>,  
MARUYAMA Tadashi<sup>1</sup>, MIYASHITA Yukari<sup>1</sup>, and FUJIWARA Osamu<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 活断層・火山研究部門（AIST, Geological Survey of Japan, Research Institute of Earthquake and Volcano Geology, k.ota@aist.go.jp）

<sup>2</sup> 東京大学 大気海洋研究所（Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, Chiba, 277-8564, Japan）

**Abstract:** Evaluating the potential risk of a seismic hazard from the Tatsutayama fault is necessary because the fault lies directly beneath the city of Kumamoto in Kumamoto Prefecture, southwest Japan. The Tatsutayama fault has been described as an active fault, but the activity of southwestern part of the fault is not properly understood. To determine the fault's activity during the late Quaternary period, we conducted drilling surveys on both sides of the estimated fault scarp, which has developed on a plateau formed by the Aso-4 pyroclastic flow deposit. We obtained a 74 m long and 114 m long sedimentary core at GS-KMJ-1 site (upthrown side) and GS-KMJ-2 site (downthrown side), respectively. In this paper, we describe the preliminary results of core analysis based on lithological observations and CT scanning.

**キーワード:** 立田山断層, ボーリング調査, 活断層, 古地震, 熊本県

**Keywords:** Tatsutayama fault, boring core, active fault, paleoseismology, Kumamoto Prefecture

#### 1. はじめに

立田山断層は、熊本県熊本市内を北東－南西走向に延びる、断層の北西側を相対的に沈降させる活断層である。本断層の長さは14 km またはそれ以上であると推定されており（熊本県, 1996；熊本市, 2022）、1889年熊本地震（M6.3. 宇佐美, 1987；宇佐美ほか, 2013）の震源断層であった可能性がある（秋吉・淵田, 1991）。立田山断層は市街地の直下に位置するため、地震災害の予測・軽減の観点から、その過去の活動を明らかにして活動性を適切に評価することが重要な課題である。

立田山断層については、渡辺（1984, 1987a）が地形地質学的な根拠にもとづいて断層の位置・形状を示している。また、断層露頭等の調査結果から、本断層が右横ずれ成分を有する北側傾斜の正断層であることを示している。これによれば、立田山断層は立田山およびその北方の岩倉山の北麓（熊本県熊本市北区楡木付近）から、立田山の西麓および熊本城公園北側の崖地形を通り、直線状に並んだ孤立丘（花岡山, 独鉦山, 城山, 御坊山）の北西麓に沿って熊本市西区小島付近まで延びていると推定される。他方で、立田山断層は国土地理院が発行している地理

院活断層図（旧 都市圏活断層図）においては、平成13年の初版作成時（池田ほか, 2001）では「推定活断層」とされていた。その後、平成29年の改訂の際に地理院活断層図に新たに活断層として示された（熊原ほか, 2017）。ただし、熊原ほか（2017）に活断層として示されているのは、渡辺（1984, 1987a）が示した立田山断層のうち、立田山の西麓の2.6 km 程度の部分だけである（断層トレースの北端は図幅境界に達しているため、さらに北方に延びる可能性がある）。さらに、熊本市（2022）は、文献調査および地形判読を行い、渡辺（1984, 1987a）が示した立田山断層を3区間（北東部, 中部, 南西部）に区分して、その全長が14 km 以上であるとした。ただし、立田山断層の南西部については新しい地形面の変形が判読できないため、南西部の新しい活動の有無については今後の調査研究が必要であるとした（熊本市, 2022）。

立田山断層の南西部の活動に関する資料としては、熊本県（1996）および熊本城調査研究センター（2019）がある。これらの資料によれば、熊本城公園付近においては阿蘇3火砕流堆積物（Aso-3）と阿蘇4火砕流堆積物（Aso-4）の境界付近の堆積物（≡

Aso-4の基底面)が上下方向に13 m程度ずれている(熊本県, 1996)。また, Aso-3の下位に分布する「洪積粘性土層」(湖成堆積物の可能性がある)が上下方向に21~28 m程度ずれている可能性がある(熊本城調査研究センター, 2019)。また, 独鈷山地区で行われた群列ボーリングによれば, 沖積層中の鬼界アカホヤテフラ(K-Ah)が上下方向に1.1 mの高度差を持っている(熊本県, 1996)。これらのことは, 立田山断層によって地層が累積的に変位を受けていること, すなわち立田山断層の南西部が第四紀後期に繰り返し活動していることを示唆している。他方で, 前述のように, 地理院活断層図(熊原ほか, 2017)では立田山断層の南西部は活断層として示されていない。こうした議論を決着させるためには, 過去の断層活動に関する信頼性の高い資料を取得して, 立田山断層の南西部の存否および活動性についてさらに検討する必要がある。そのためには, 断層近傍の堆積物の堆積年代および堆積環境を精度良く明らかにして, 熊本県(1996)および熊本城調査研究センター(2019)が示した地層の累積的な上下変位について詳細に検証することが重要である。

以上を踏まえて, 国立研究開発法人産業技術総合研究所(産総研)における「防災・減災のための高精度デジタル地質情報の整備」の一環として, 立田山断層の南西部の第四紀後期における活動性を検討するため, 熊本城公園付近に推定される立田山断層を挟んだ2地点においてオールコアボーリング調査を実施した。本稿ではボーリング調査の概要および得られた堆積物コア試料の暫定的な観察結果を報告する。なお, 渡辺(1987b)は立田山断層をTatsudayama faultと表記したが, ここでは国土地理院の表記に従いTatsutayama faultを用いる。

## 2. ボーリング調査地点の概要

熊本城公園北部には, 東北東-西南西方向に延びる比高12 m程度の直線的な崖地形が発達しており, この崖地形は立田山断層が発達させた断層崖であることが指摘されている(渡辺, 1984)。地理院活断層図(熊原ほか, 2017)ではこの崖地形を活断層とは記述していないことなどから, ここではこの崖地形を「推定断層崖」と呼ぶ。本研究では, 立田山断層の南西部の活動性を検討するため, 推定断層崖を挟む2地点でオールコアボーリング調査を実施した。

熊本城公園は京町台地の南端に位置しており, 表層はAso-4によって構成されている(岩内ほか, 1997など)。京町台地の東側には白川および坪井川が, 西側には井芹川が流れており, 京町台地はそれらの河川が発達させる沖積低地に囲まれている(第1図, 第2図, 第3図)。熊本城公園は16世紀以降の熊本城の造成に伴う人工改変を受けているものの, 既存ボーリング資料(熊本県, 1996; 熊本城調査研

究センター, 2019)等にもとづく検討によれば, 推定断層崖の北側および南側の表層部は主にAso-4によって構成されており, 段丘礫層の存在は確認できない。前述のように, Aso-4基底の標高は推定断層崖を挟んで北側が13 m程度低くなっており(熊本県, 1996), Aso-3の下位に分布する「洪積粘性土層」(湖成堆積物の可能性がある)は同様に21~28 m程度低くなっている(熊本城調査研究センター, 2019)。また, 熊本城調査研究センター(2019)によれば, 「洪積粘性土層」の下位には砥川溶岩に対比される安山岩溶岩が分布している。

掘削地点の選定にあたり, 熊本城調査研究センター(2019)に記載されたボーリング柱状図を参考に, 下位から, 砥川溶岩に対比される安山岩溶岩, 「洪積粘性土層」, Aso-3, Aso-4の高度分布を検討した。その結果, 推定断層崖を挟んで隆起側(GS-KMJ-1地点)で掘削長74 mの, 低下側(GS-KMJ-2地点)で掘削長114 mのオールコアボーリング調査を実施することとした(第2図, 第1表)。

## 3. 調査手法

2023年4月21日~7月3日の期間にオールコアボーリング調査を実施した。調査にあたって, 直径86 mmの垂直の孔を掘削して, コア径が約65 mmの堆積物コア試料を採取した。コア採取率を上げるため, 地下水位より浅い深度では打ち込み式, 地下水位よりも深い深度では送水掘進を行った。打ち込み式を用いた区間では, 風化が進んだ火砕流堆積物等の軟弱な堆積物では, 数cm~15 cm程度の間隔で水平なクラックが生じている。掘削完了後に, 孔口の座標および標高をGNSS測量およびトータルステーション測量によって求めた。

堆積物コア試料は, 産総研地質調査総合センターに搬入後, 暗室内でOSL測定用試料のサンプリングを行った。その後, X線CTスキャナ(日立製作所製Supria Grande)を用いて非破壊検査を行った。その際, スライス間隔は0.625 mmとした。DICOM互換ファイルとして出力し, 画像イメージ処理ソフトウェア(Image J)を使用して鉛直断面画像(CT画像)を作成した。以上の作業の後, 堆積物コア試料を半割し, 写真撮影および肉眼による岩相観察を行った。

## 4. 堆積物コア試料の概要

肉眼による岩相観察とCT画像の観察結果にもとづいて, 堆積物コア試料の柱状図を作成した(第4図)。半割した堆積物コア写真及びCT画像を第5図・第6図・第7図及び第8図に示す。CT画像はX線の吸収率の高い領域が明るく, 小さい領域が暗く表示されている。すなわち, 岩片や砂層などの粗粒な碎屑物が明るく表示され, 発泡のよい軽石や密度が相対的に低い泥層が暗く表示されている。

堆積物コア試料について、観察結果にもとづいて暫定的に岩相ユニットに区分した。以下に、各地点における岩相の特徴を述べる。また、調査結果を地質柱状図の対比として第4図に示す。

#### 4.1 GS-KMJ-1 地点

##### 岩相ユニット A

最上部の深度 0.00～0.20 m の区間は砂利を主体とする碎屑物によって構成されている。これは現在の地表面を構成している埋土であると解釈される。

深度 0.20～2.64 m の区間は淘汰の悪いシルト質の中～粗粒砂を主体とする凝灰質堆積物によって構成される。安山岩の垂角礫（直径 2～4 cm）が混入する。この地層は下位のユニット B に比べると擾乱を受けていると推察され、熊本城の造成およびそれ以降における人工改変土である可能性が高い。

##### 岩相ユニット B

上部の深度 2.64～6.60 m の区間は、淘汰の悪い細～中粒砂を主体とした褐色～暗褐色の火砕物によって構成される。岩片および軽石粒が混入しており、基質部分は柔らかく、風化を受けた軽石質の火砕物であると推察される。既存のボーリング調査結果や岩相の特徴から、この区間の堆積物は風化した Aso-4 であると考えられる。下位の地層との境界は不明瞭で、漸移的である。

下部の深度 6.60～27.10 m の区間は礫質な黒色～暗灰色の火砕物を主体とする。岩片や軽石が多数含まれており、コア径（65 mm）を超えるために最大径は不明であるが、軽石には直径 10 cm を超えるものが含まれる。また、軽石中には角閃石が含まれていることを確認できる。この区間の火砕物は上位の区間に比べて固いことから、風化が進んでいないと推察される。既存のボーリング調査結果および岩相の特徴から、この区間の堆積物は Aso-4 に対比される。

##### 岩相ユニット C

上部の深度 27.10～34.16 m の区間は淘汰の悪い細～中粒砂を主体とした褐色～暗褐色の火砕物によって構成される。最大で直径 2 cm 程度の軽石を含む。基質部分は柔らかく、風化を受けた軽石質の火砕物であると推察される。ただし、最上部の 27.10～28.00 m は固結しており、上位の Aso-4 の形成時に圧密を受けたか、熱による変性を受けた可能性を示唆している。既存のボーリング調査結果や岩相の特徴から、この区間の堆積物は風化した Aso-3 であると考えられる。下位の地層との境界は不明瞭で、漸移的である。

下部の深度 34.16～56.47 m は礫質な黒色～暗灰色の火砕物によって構成される。岩片および軽石が含まれており、軽石には直径 10 cm を超えるものが含まれる。軽石中には角閃石の存在は確認できなかった。この区間の火砕物は上位の区間に比べて固いこ

と、色調が黒色～暗灰色であることから、風化が進んでいないと推察される。既存のボーリング調査結果および岩相の特徴から、この区間の堆積物は Aso-3 に対比される。下位のユニット E との境界は明瞭である。

##### 岩相ユニット E

最上部の深度 56.47～56.75 m の区間は葉理の発達する中粒砂を主体とする堆積物であり、軽石が含まれる。深度 56.60～56.75 m の区間は固結している。深度 56.75～74.00 m は角礫を主体とする砂礫層によって構成されている。基質の砂層は凝灰質な粗粒砂を主体としており、角礫は安山岩礫を主体とする。挟在する砂層には上方細粒化する級化構造が認められる。このユニットの堆積年代等は現時点では不明であるが、金峰山方面から流下する河川あるいは土石流堆積物として形成された可能性がある。

#### 4.2 GS-KMJ-2 地点

##### 岩相ユニット A

最上部の深度 0.00～1.00 m の区間は軟質な凝灰質のシルトによって構成され、深度 1.00～2.84 m の区間はコンクリート片の混入した砂礫によって構成されている。よって、深度 0.00～2.84 m までの区間は最近の造成に伴う盛土等であると解釈される。

深度 2.84～3.00 m の区間は黒色のシルト質砂によって構成されている。この区間は、造成前の地表面を構成していた土壌である可能性がある。深度 3.00～4.20 m の区間は淘汰の悪い凝灰質の砂質シルトおよび砂礫層によって構成されている。直径 2～4 cm の垂円～角礫が混入している。この区間は下位の岩相ユニット B に比べると擾乱を受けていると推察され、人工改変土である可能性がある。

##### 岩相ユニット B

上部の深度 4.20～13.65 m はシルト質の細～中粒砂を主体とした褐色～暗褐色の火砕物によって構成される。直径 2～6 cm 程度の安山岩等の角礫が混入する。基質部分は柔らかく、風化を受けた軽石質の火砕物であると推察される。既存のボーリング調査結果や岩相の特徴から、この区間の堆積物は風化した Aso-4 であると考えられる。下位の地層との境界は不明瞭で、漸移的である。

下部の深度 13.65～37.31 m の区間は礫質な黒色～暗灰色の火砕物によって構成される。岩片や軽石が多数含まれており、軽石は直径 15 cm を超えるものが含まれる。軽石中には角閃石が含まれている。この区間の火砕物は上位の区間に比べて固いこと、色調が黒色～暗灰色であることから、風化が進んでいないと推察される。既存のボーリング調査結果および岩相の特徴から、この区間の堆積物は Aso-4 に対比される。

##### 岩相ユニット C

上部の深度 37.31～42.26 m の区間は、淘汰の悪い

シルト質の砂礫を主体とした褐色～灰色の火砕物によって構成される。最上部は強く固結しており、上位の Aso-4 の形成時に熱による変性を受けた可能性を示唆している。既存のボーリング調査結果や岩相の特徴から、この区間の堆積物は風化した Aso-3 であると考えられる。下位の地層との境界は不明瞭で、漸移的である。

下部の深度 42.26～74.54 m は礫質な黒色～暗灰色の火砕物によって構成される。岩片および軽石が含まれており、軽石には直径 15 cm を超えるものがある。軽石中には角閃石の存在は確認できなかった。この区間の火砕物は上位の区間に比べて固いこと、色調が黒色～暗灰色であることから、風化が進んでいないと推察される。深度 72.10～74.54 m には複数の葉理や粗粒砂～中粒砂の級化構造が見られることから、水中に堆積したことが示唆される。既存のボーリング調査結果および岩相の特徴から、この区間の堆積物は Aso-3 に対比される。下位のユニット D との境界は不明瞭である。

#### 岩相ユニット D

上部の深度 74.54～81.54 m の区間は葉理の発達する黒色の中粒砂を主体とする堆積物であり、チャートや径 2 cm 程度のスコリアが含まれる。スコリアは Aso-3 またはそれ以前の火山活動によってもたらされたものと推定されるが、詳細は不明である。今後、化学分析を予定している。下部の深度 81.54～100.91 m はシルト質～粘土質層によって構成される。特に深度 90.06～94.20 m はシルトと粘土の互層を呈する。既存のボーリング調査結果および岩相の特徴から「洪積粘性土層」に対比される。下位のユニット E とは不整合で接する。

#### 岩相ユニット E

上部の深度 101.91～105.90 m の区間は角礫を主体とする砂礫層によって構成されている。基質の砂層は凝灰質な粗粒砂を主体としており、角礫は安山岩礫を主体とする。この区間の堆積年代は現時点では不明であるが、礫種や岩相の特徴から、金峰山方面から流下する河川あるいは土石流堆積物として形成された可能性がある。

下部の深度 105.90～114.00 m の区間は凝灰質砂岩を主体とする。岩片およびスコリアが含まれており、岩片には径 2 cm 程度の安山岩礫、スコリアには径 5 cm を越えるものがある。この区間はユニット C (Aso-3) よりも古い火山活動によって形成された火砕物と考えられるが、詳細は現時点では不明である。

## 5. まとめ

立田山断層の推定断層崖を挟む 2 地点においてオールコアボーリング調査を実施し、Aso-4 および Aso-3 を貫き、その下位の岩相ユニット E に到達す

る堆積物コア試料を取得した。2 地点における層序は概ね共通しており、熊本県 (1996) および熊本城調査研究センター (2019) が指摘するように、推定断層崖を挟んで北側 (低下側) では、各岩相ユニットの境界面の高度が相対的に低くなるような高度差が認められる。

本研究で実施したオールコアボーリング調査の結果は、Aso-4 および Aso-3 の分布高度や層厚については、既存のボーリング資料と調和的であった。他方で、近傍における既存ボーリング資料で報告されていた砥川溶岩に対比される安山岩溶岩は確認できなかった。また、「洪積粘性土層」(本研究における岩相ユニット D) については、推定断層崖の南側 (隆起側の GS-KMJ-1 地点) では確認できなかった。これらのことは、砥川溶岩に対比される安山岩溶岩および「洪積粘性土層」の分布が偏在しており、これらの地層を用いて立田山断層の活動性を検討する際には古地理を十分に考慮する必要があることを示唆している。

立田山断層の南西部における活動性の検討に向けて、堆積物コア試料の分析を行って各地層の形成年代および形成環境を精度良く推定するとともに、既存地質調査の結果等を用いて断層近傍の地質構造の検討を進める必要がある。それらの結果については別稿にて報告する予定である。

**謝辞** 現地調査にあたって、熊本城調査研究センターの嘉村哲也氏、熊本博物館の南部靖幸氏をはじめ、熊本市の皆様には調査の意義をご理解いただき、調査計画から実際の掘削調査に至るまで様々な便宜を図っていただきました。東北大学災害科学国際研究所の遠田晋次教授、熊本大学の鳥井真之特任准教授には掘削現場にてご議論いただきました。産総研地質調査総合センターの下司信夫博士、吾妻崇博士、佐藤善輝博士、納谷友規博士、石井祐次博士には、堆積物コア試料の解釈や分析方法についてご助言いただきました。CT スキャナの利用に際しては、産総研地質調査総合センターの横井久美氏にご協力いただきました。ボーリング調査の実施にあたり、八洲開発株式会社の皆様にご協力いただきました。第 1 図および第 2 図の作成にあたっては、国土交通省国土地理院が管理する航空レーザー測量データを使用させていただきました。田中裕一郎博士と今西和俊博士には有益なご意見をいただき、本稿の内容を改善することができました。以上の方々に、記して深謝の意を表します。

## 文 献

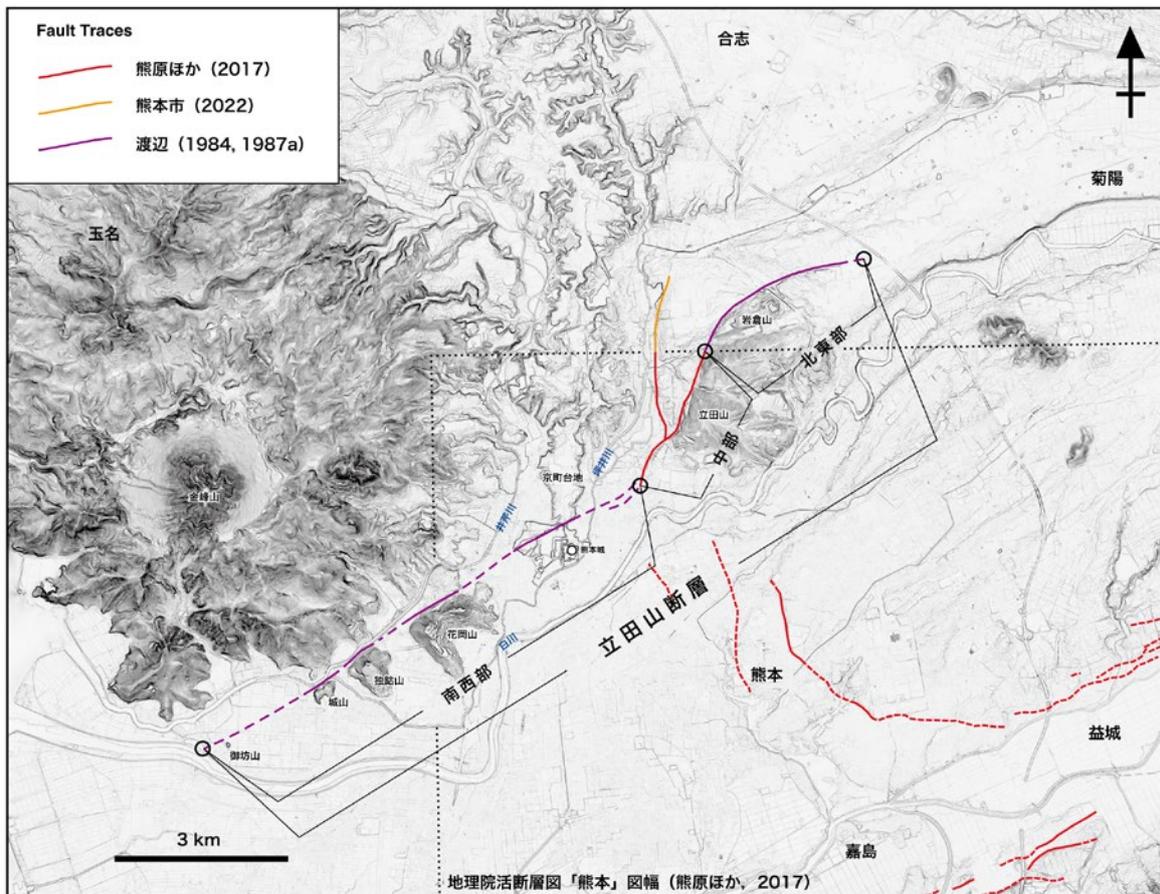
秋吉 卓・淵田邦彦 (1998) 熊本地震 (1889 年) について。土木史研究, 18, 245-252.

- 池田安隆・千田 昇・中田 高・金田平太郎・田力 正好・高沢信司（2001）1:25,000 都市圏活断層図「熊本」. 国土地理院.
- 岩内明子・長谷義 隆・工藤 伸・長峰 智（1997）熊本市金峰山地域東部の地質. 熊本大学教養部紀要 自然科学編, no.32, 21–44.
- 熊原康博・岡田真介・楮原京子・金田平太郎・後藤秀昭・堤 浩之（2017）1 : 25,000 活断層図「熊本」改訂版. 国土地理院.
- 熊本県（1996）平成7年度 地震調査研究交付金 布田川断層・立田山断層に関する調査 成果報告書, 294p.
- 熊本城調査研究センター（2019）「熊本城二の丸ほか地質調査業務委託」成果報告書.
- 熊本市（2022）水前寺・立田山断層調査結果. [https://www.city.kumamoto.jp/common/UploadFileDsp.aspx?c\\_id=5&id=43406&sub\\_id=6&flid=351107](https://www.city.kumamoto.jp/common/UploadFileDsp.aspx?c_id=5&id=43406&sub_id=6&flid=351107)（閲覧日：2023年12月12日）.
- 宇佐美龍夫（1987）資料日本被害地震総覧. 東京大学出版会, 105–107.
- 宇佐美龍夫・石井 寿・今村隆正・武村雅之・松浦律子（2013）日本被害地震総覧 599–2012. 東京大学出版会, 724p.
- 宇津徳次（1979）1885年～1925年の日本の地震活動－M6以上の地震および被害地震の再調査－. 地震研究所集報, **54**, 253–308.
- 渡辺一徳（1984）熊本周辺の活断層群について. 熊本地学会誌, no.76, 9–16.
- 渡辺一徳（1987a）活断層としての立田山断層. 熊本地学会誌, no.85, 6–13.
- 渡辺一徳（1987b）立田山断層の露頭の発見とその意義. 熊本大学教育学部紀要 自然科学, no.36, 29–35.
- 渡辺一徳・小野晃司（1969）阿蘇カルデラ西側, 大峰付近の地質, 地質学雑誌, **75**, 365–374.

（受付：2024年1月25日，受理：2024年2月7日）

第1表. ボーリングコアの詳細.  
Table 1. Details of Boring core.

コア	標高(m)	深度(m)	緯度	経度
GS-KMJ-1	38.27	74	32°48'29.539"N	130°42'05.600"E
GS-KMJ-2	25.96	114	32°48'35.306"N	130°42'01.714"E



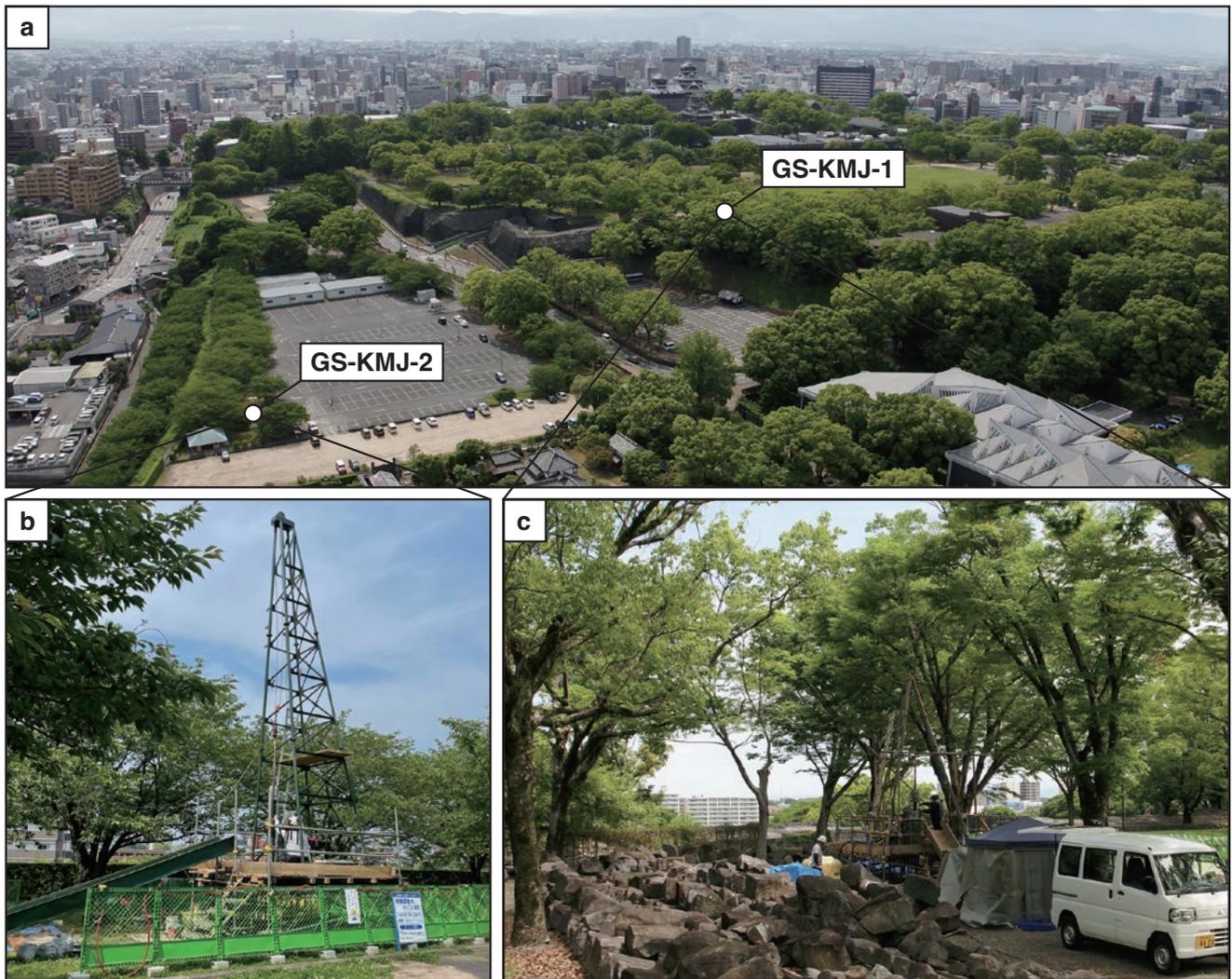
第 1 図. 立田山断層の分布. 地理院活断層図「熊本」改訂版 (熊原ほか, 2017) に活断層として示されたトレースを赤線に表示した. 熊本市 (2022) によって示された断層トレースを橙線, 渡辺 (1984, 1987a) によって示された断層線を紫線に表示した. 断層線は実線, 推定断層線は破線に表示した. 地理院活断層図「熊本」改訂版 (熊原ほか, 2017) の図画範囲を点線の矩形として示す. 背景の起伏陰影図は国土地理院が公開している基盤地図情報の数値標高モデル (DEM. 5 m メッシュおよび 10 m メッシュ) と国土地理院が管理する航空レーザー測量データを利用して作成した.

Fig. 1. Distribution of the Tatsutayama fault. Fault lines from Kumahara *et al.* (2017), Kumamoto City (2022) and Watanabe (1984, 1987a) are shown as red, orange and purple lines, respectively. Solid lines and dashed lines represent fault lines and estimated fault lines, respectively. Extent of the Active Fault Map by GSI (Kumahara *et al.*, 2017) is shown as a rectangle with black-dotted lines. We created the shaded relief map from the Digital Elevation Models (DEM. 5-m and 10-m mesh) published by GSI and Airborne LiDAR data maintained by GSI.



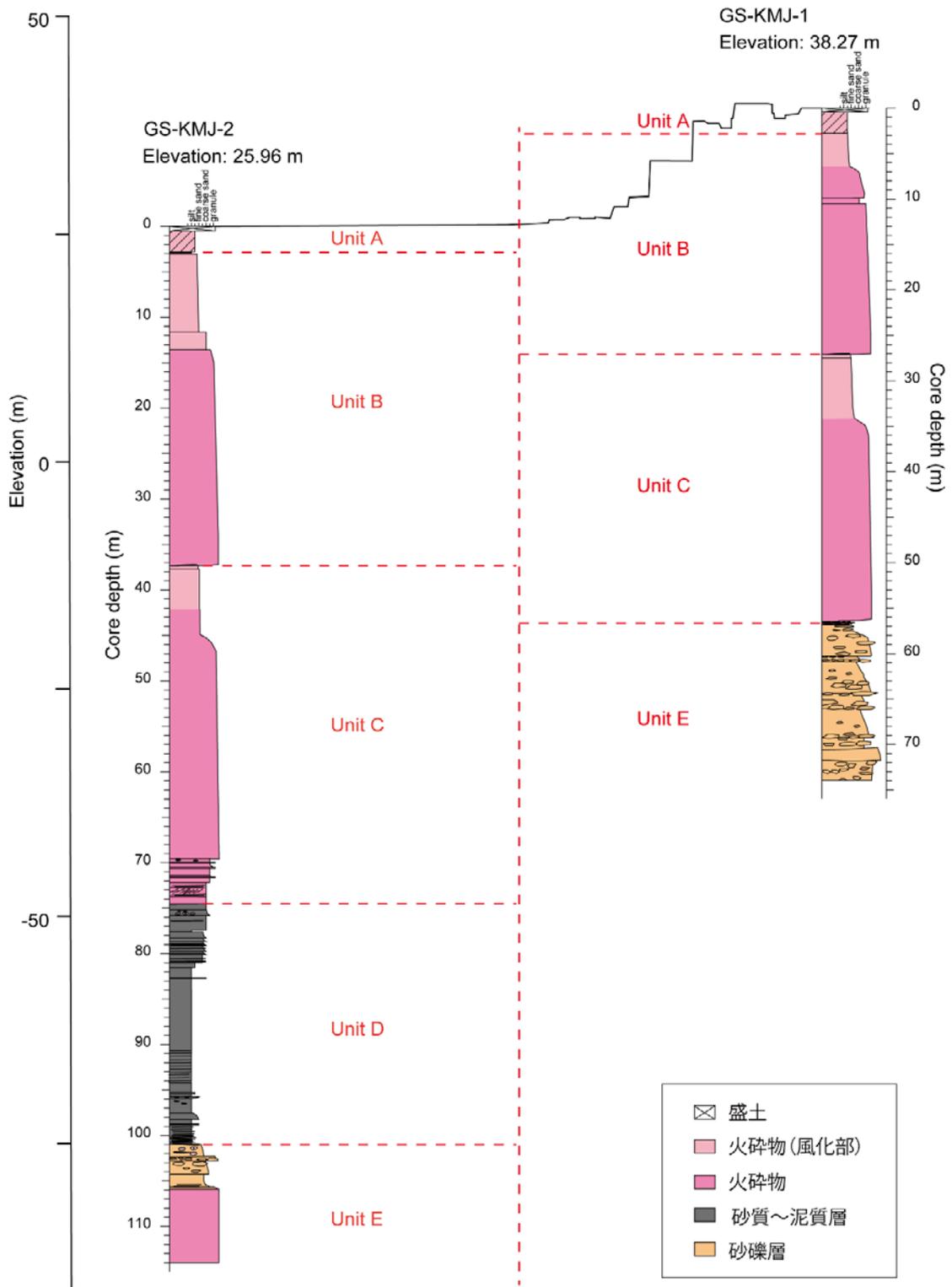
第2図. 熊本城公園の位置図 (a), ボーリング地点位置図 (b) および北西から南東方向を望む鳥瞰図 (c). 基図の作成には地理院タイルを使用した. 鳥瞰図の作成には国土地理院が公開している基盤地図情報の数値標高モデル (DEM, 5 m メッシュおよび 10 m メッシュ) と国土地理院が管理する航空レーザー測量データを利用した.

Fig. 2. Location map of the Kumamoto Castle Park (a), drilling sites (b) and bird's-eye view of the study area (c). The base maps are created using GIS tiles. We used Digital Elevation Models (DEM, 5-m and 10-m mesh) published by GSI and Airborne LiDAR data maintained by GSI to create the bird's-eye view image.



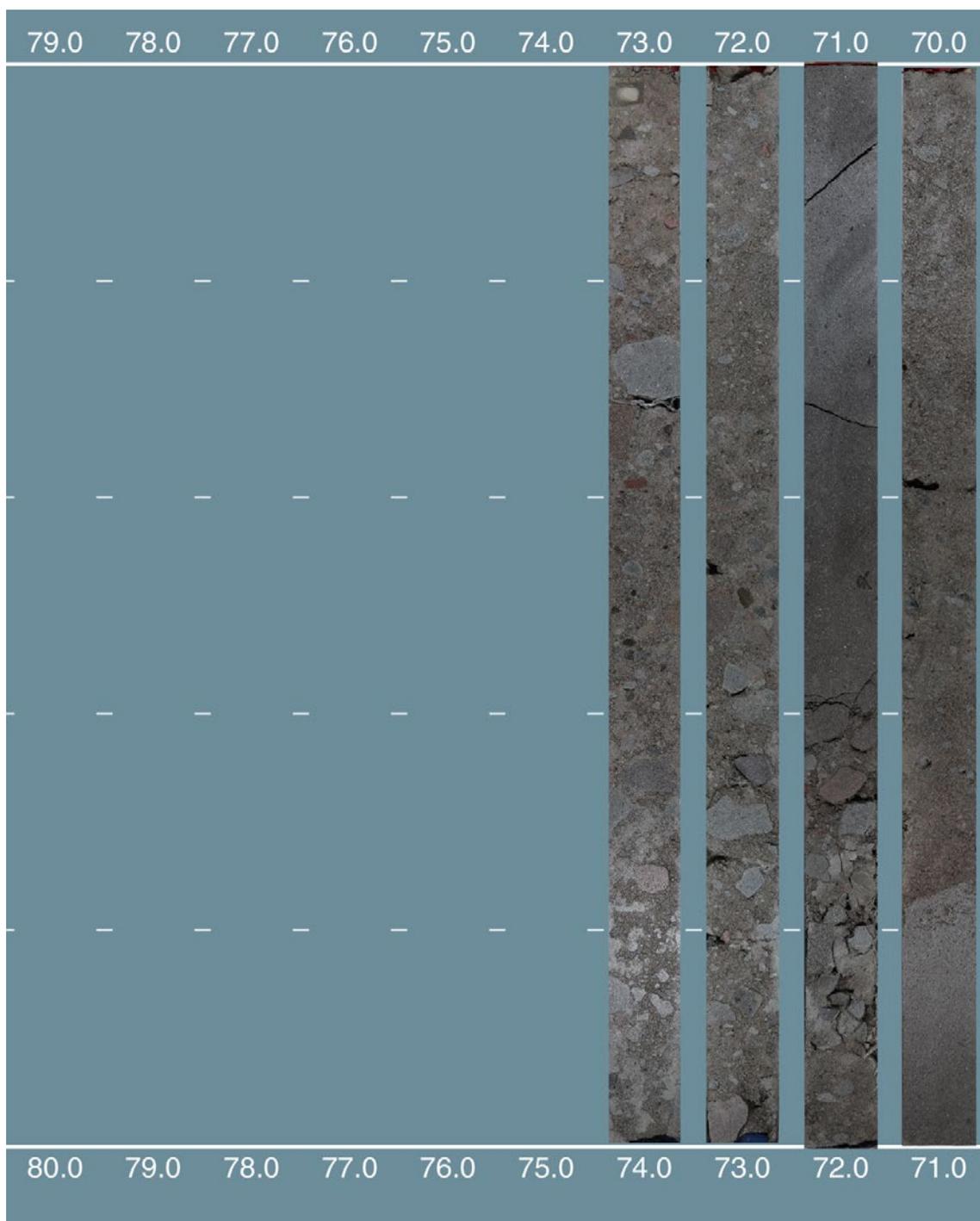
第3図. 熊本城公園北部の空撮写真 (a), 掘削時の GS-KMJ-2 地点における現場写真 (b) および GS-KMJ-1 地点における現場写真 (c). (a) 熊本城公園北部を, ドローンを使用して西側から東側を望む. おおよそのボーリング地点を白丸で示した (樹木に隠れているため, GS-KMJ-1 地点は (a) の空撮写真では見えない). (b) GS-KMJ-2 地点では駐車場の北側のスペースを利用して, 作業スペースを柵で囲んで調査を実施した. (c) GS-KMJ-1 地点では熊本城公園二の丸広場の北側 (二の丸御門跡の西側) エリアを利用して調査を実施した.

Fig. 3. Aerial photo of the northern part of Kumamoto Castle Park (a) and photos of drilling site GS-KMJ-2 (b) and GS-KMJ-1 (c). (a) Eastward panoramic bird's-eye view of the northern part of Kumamoto Castle Park using a drone. The approximate drilling sites are indicated by a white circle (GS-KMJ-1 is not visible due to trees). (b) At site GS-KMJ-2, the drilling survey was conducted on the north side of the parking space with a fence around the working area. (c) At site GS-KMJ-1, the drilling survey was conducted on the north side of the Ninomaru Park in Kumamoto Castle Park.



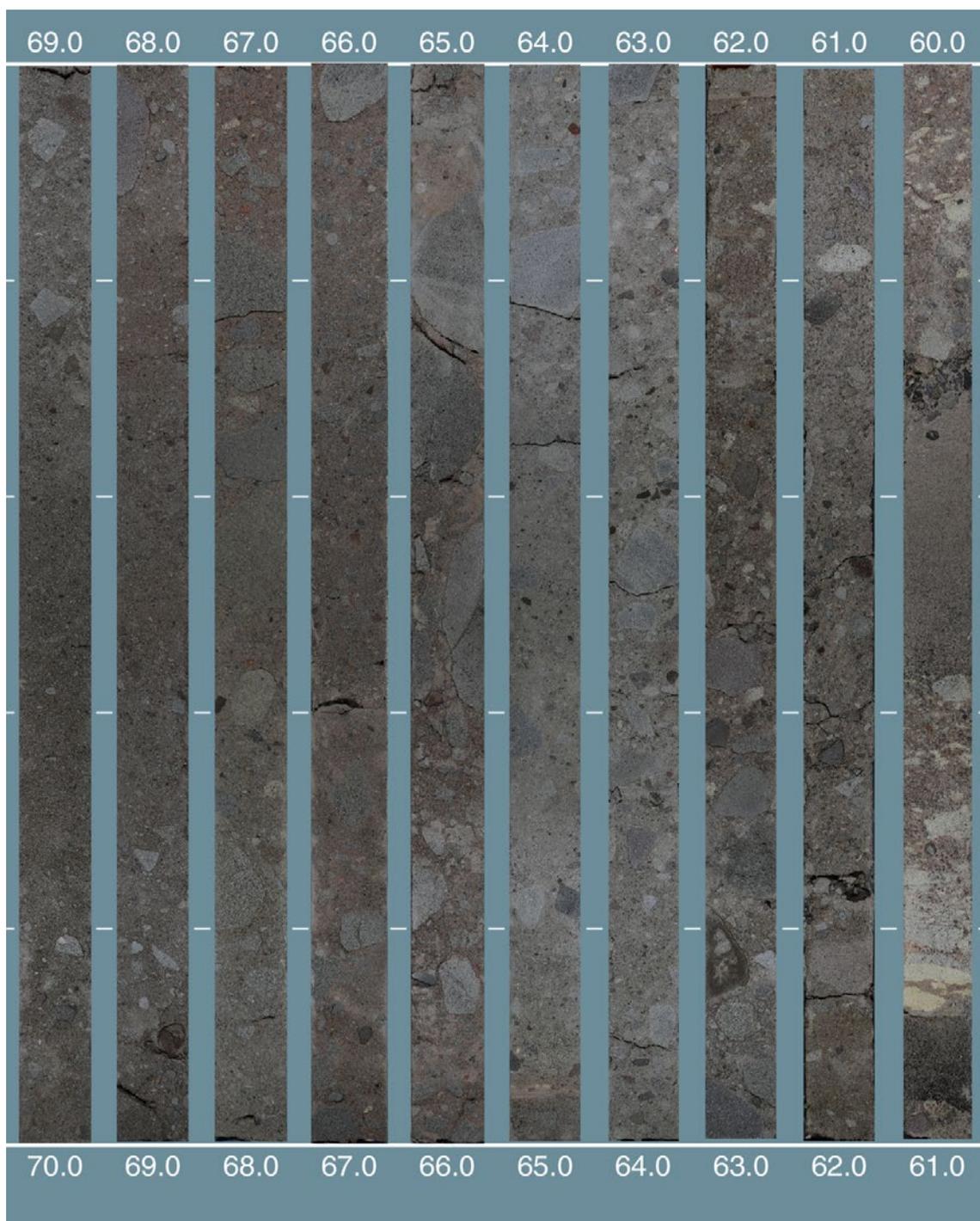
第4図. GS-KMJ-1 と GS-KMJ-2 の地質柱状図の対比.

Fig. 4. Stratigraphic correlation between the cores GS-KMJ-1 and GS-KMJ-2.

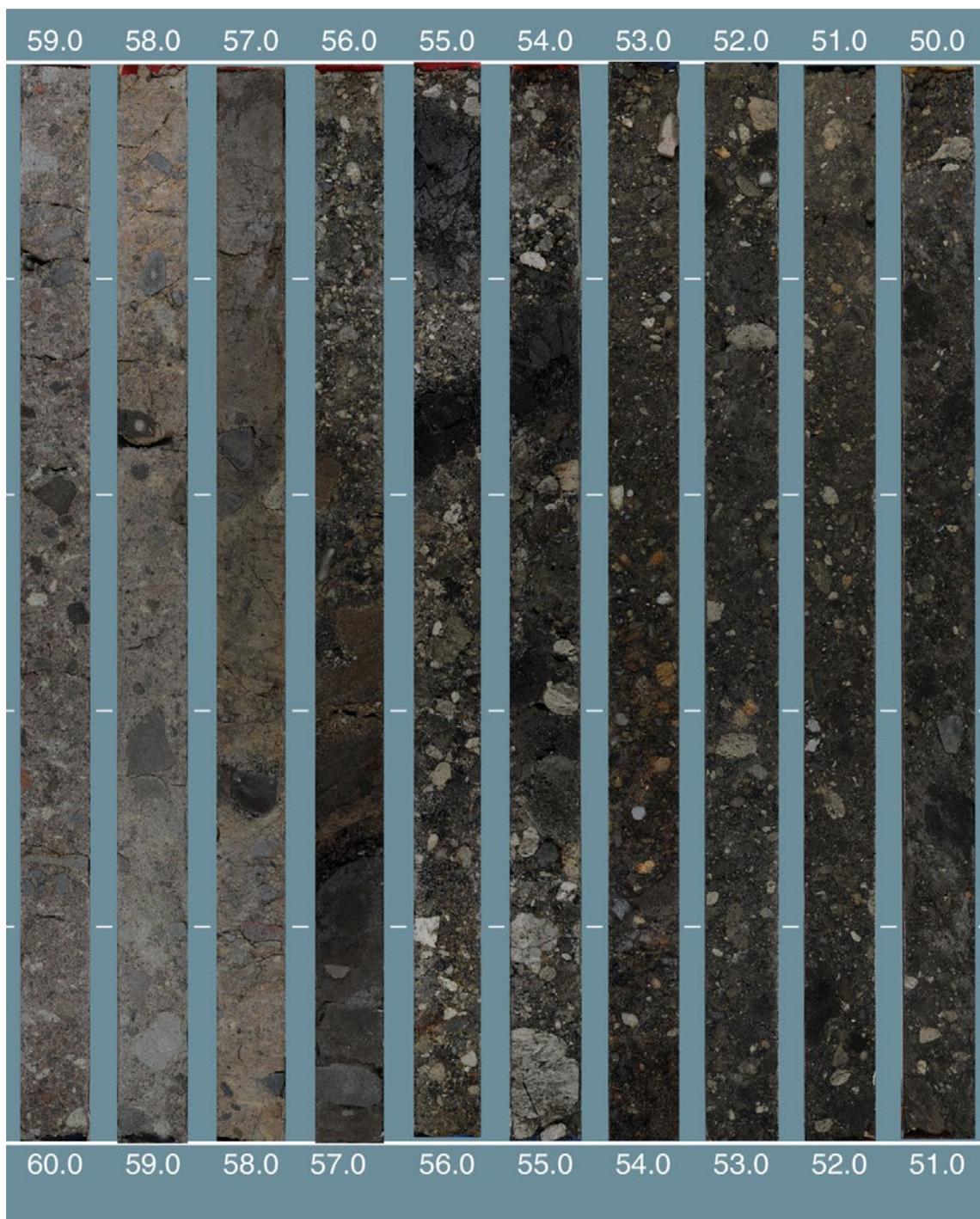


第 5 図. GS-KMJ-1 ボーリングコア写真. コア試料は 1 m ごとに半割し, 写真撮影を行った. 打ち込み式を用いた区間では, 風化が進んだ凝灰岩等の軟弱な堆積物では, 数 cm~15 cm 程度の間隔で水平なクラックが生じている.

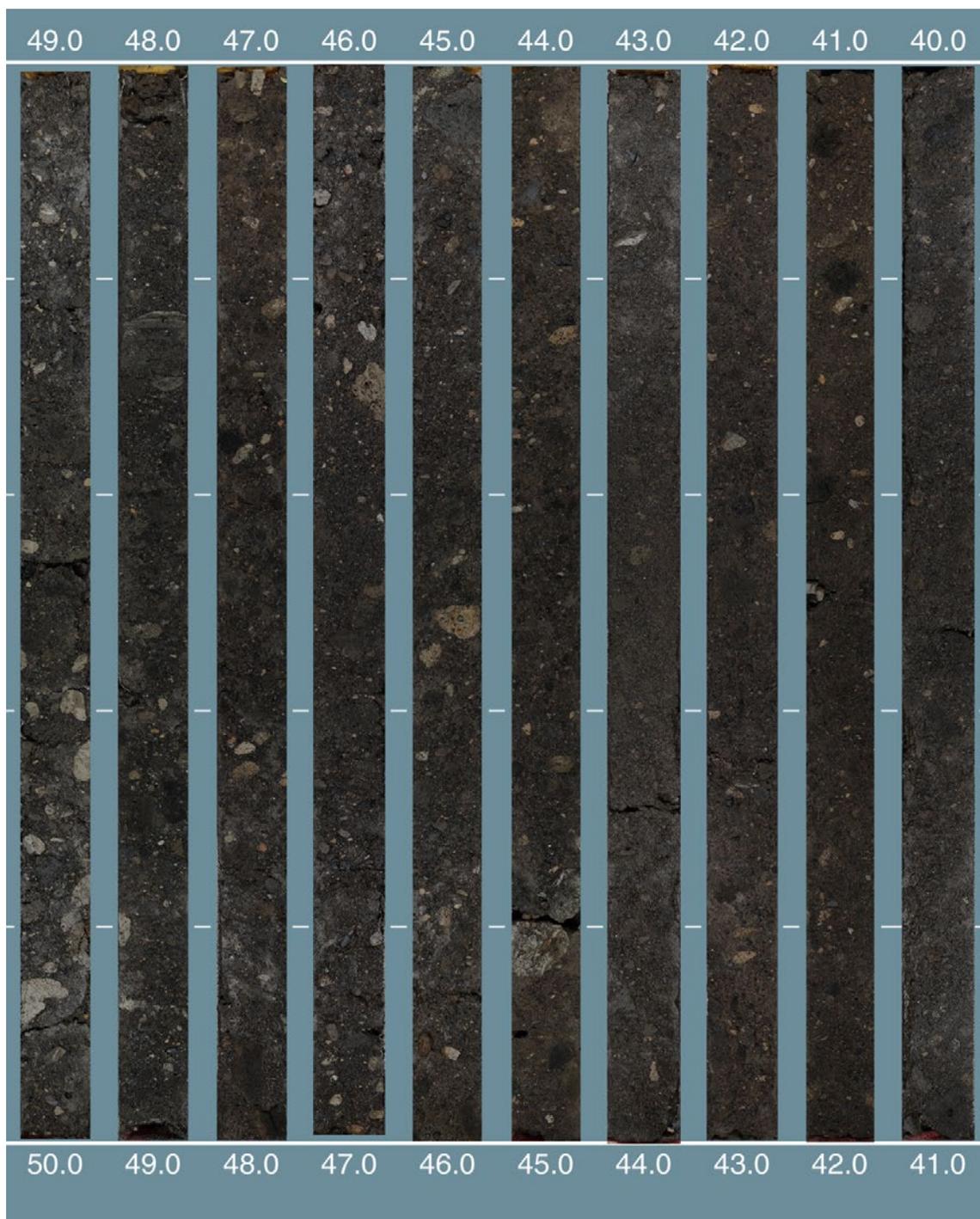
Fig. 5. Photos of the core GS-KMJ-1. Core samples were split in half every 1 m and photographed. Some soft sediments show horizontal cracks at intervals of several to 15 cm due to percussion coring.



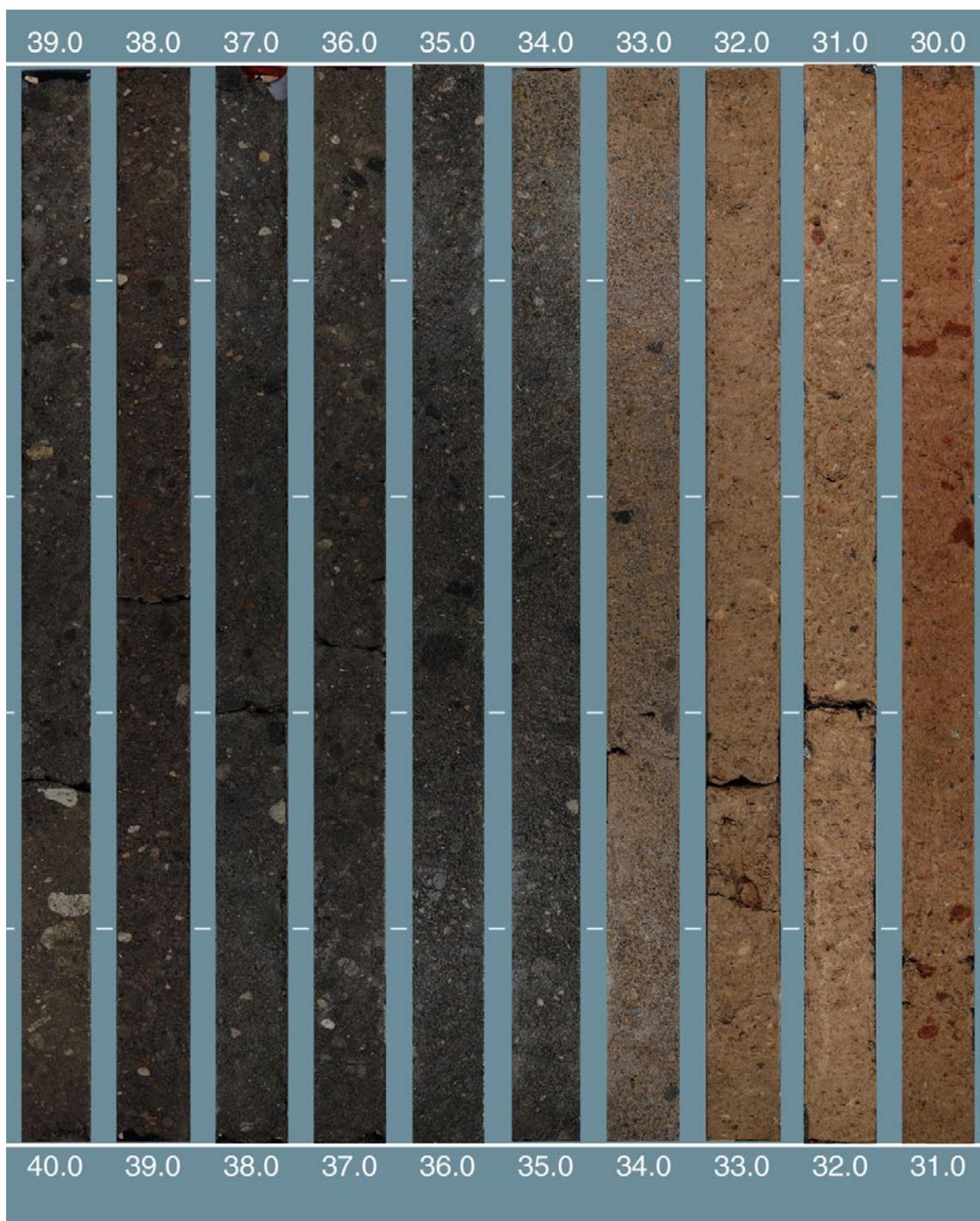
第5図. (続き)  
Fig. 5. (continued)



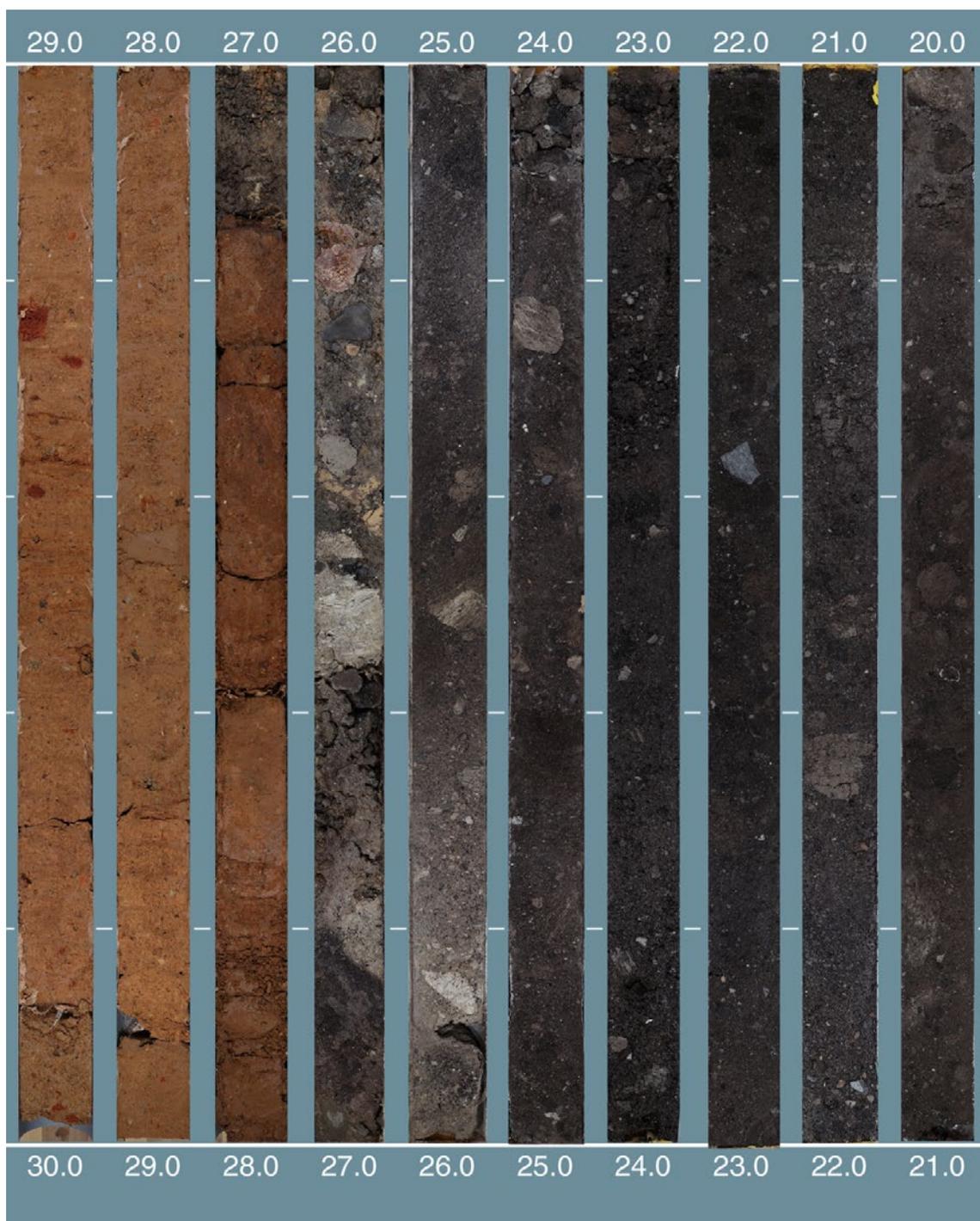
第5図. (続き)  
Fig. 5. (continued)



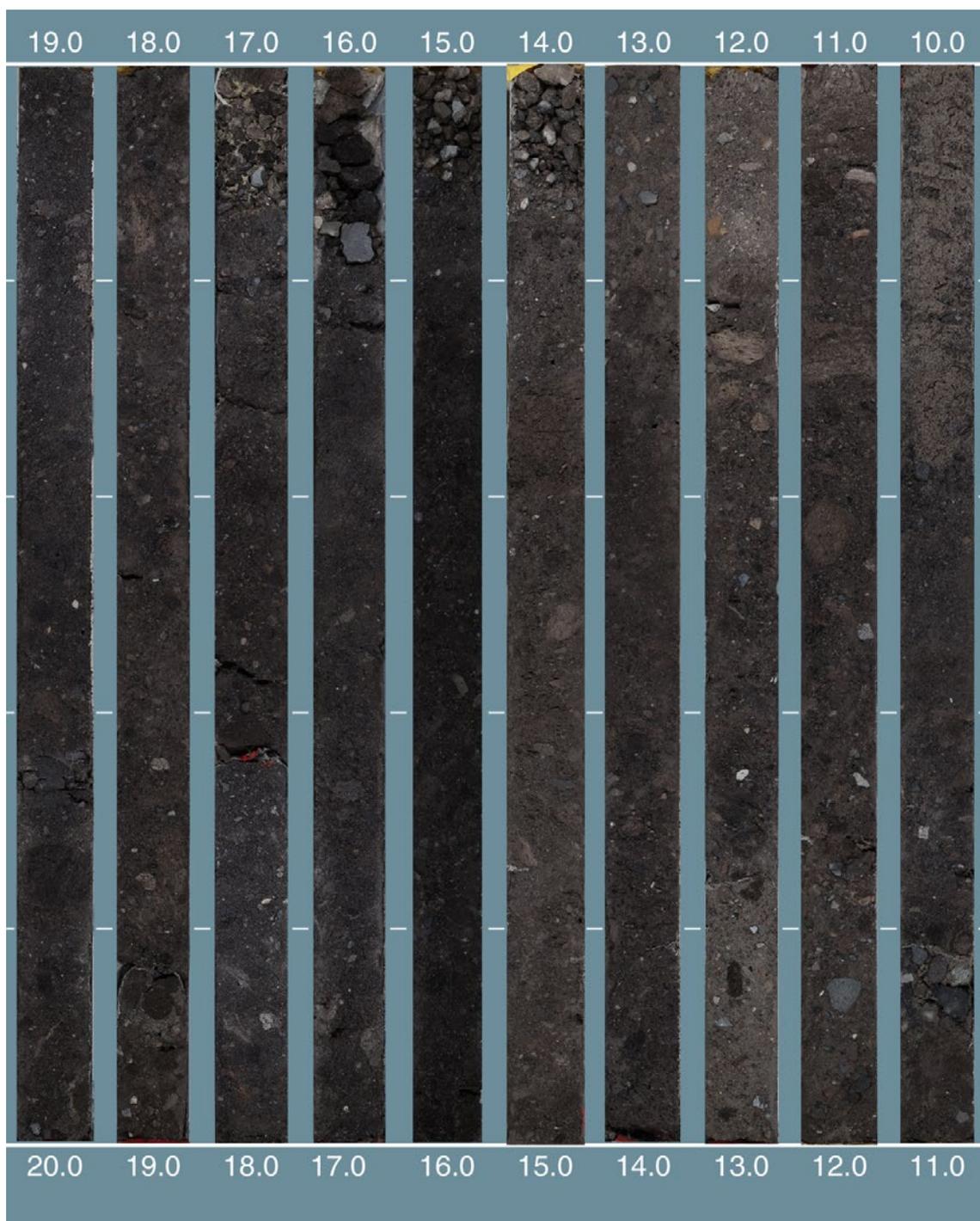
第5図. (続き)  
Fig. 5. (continued)



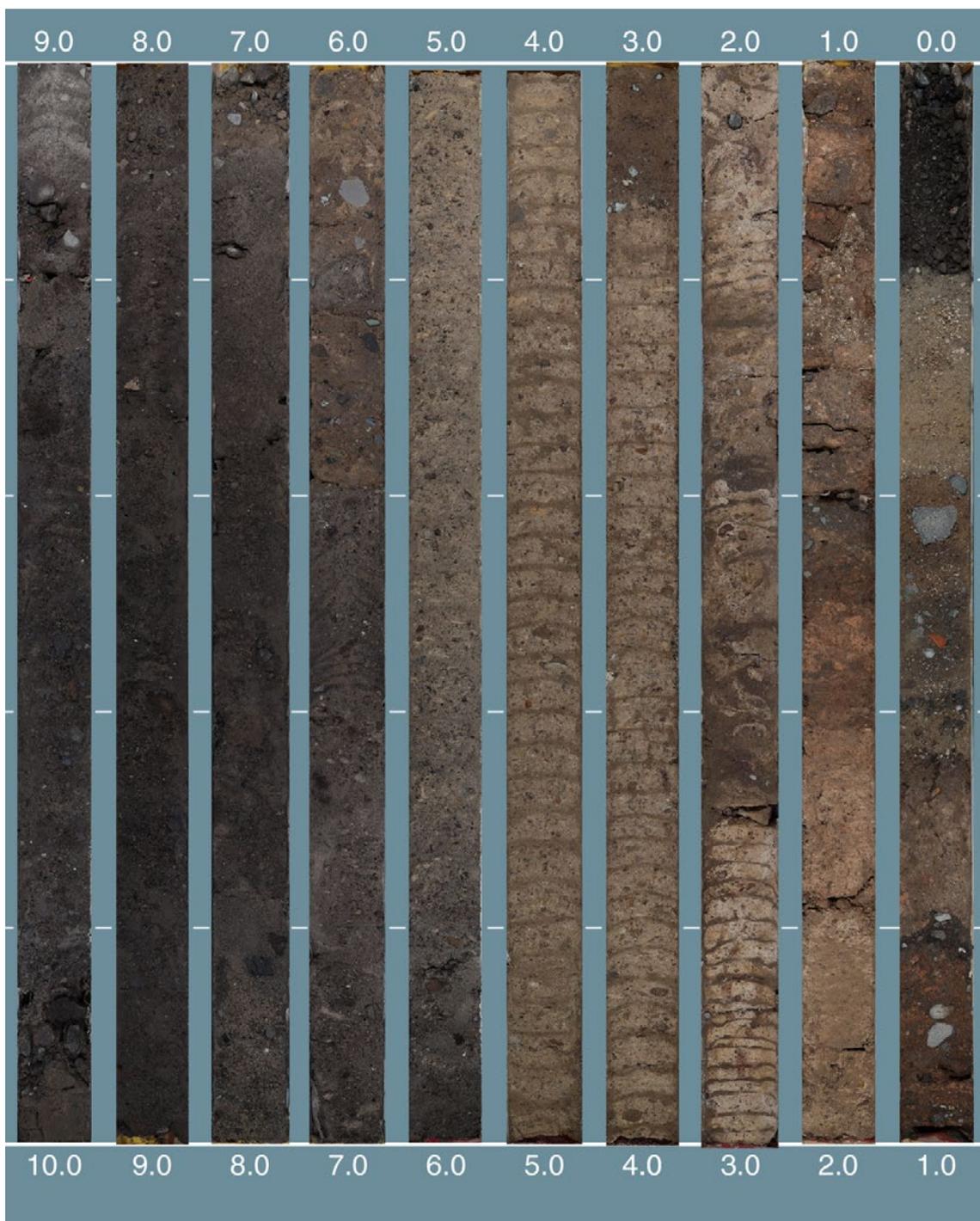
第5図. (続き)  
Fig. 5. (continued)



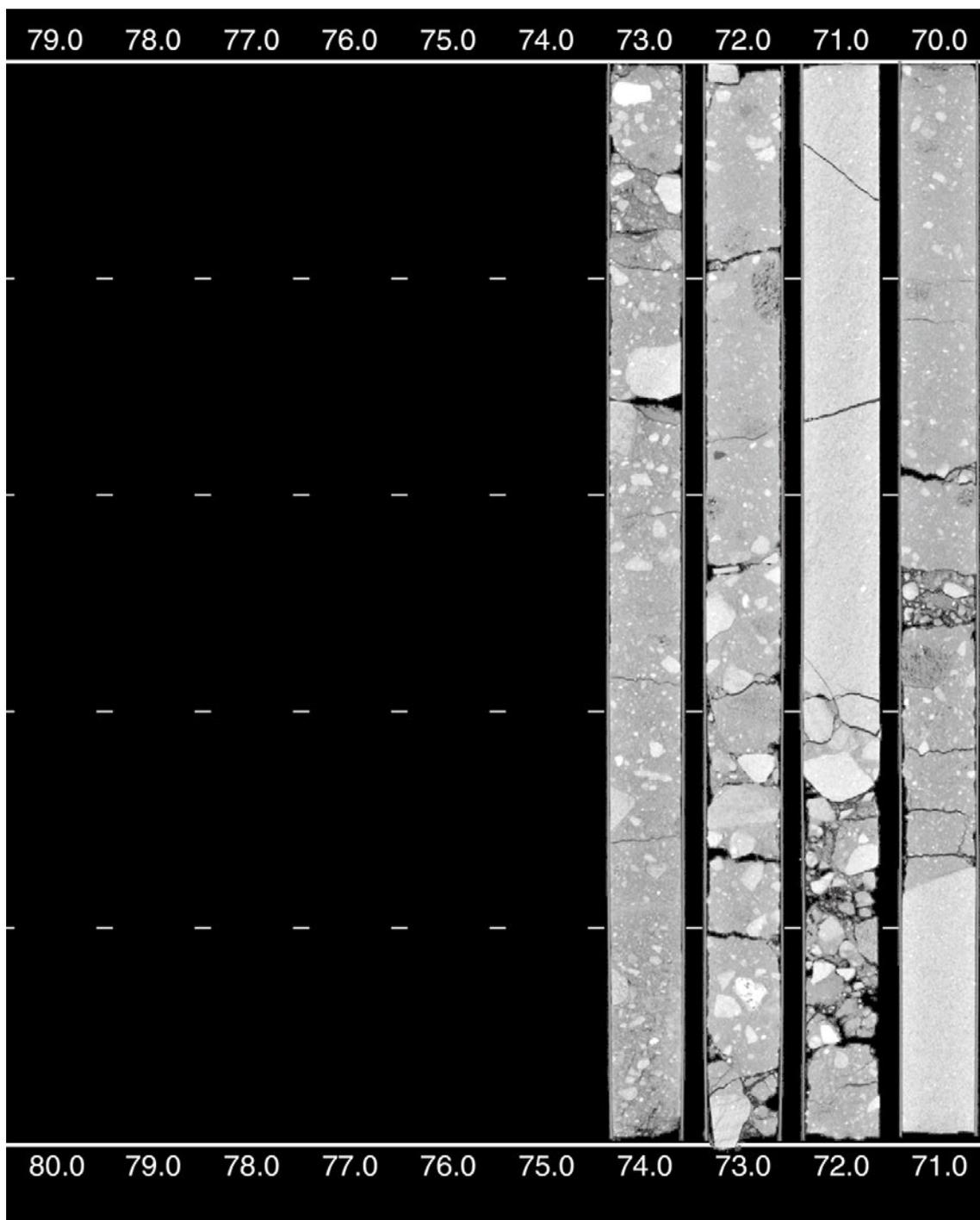
第5図. (続き)  
Fig. 5. (continued)



第5図. (続き)  
Fig. 5. (continued)

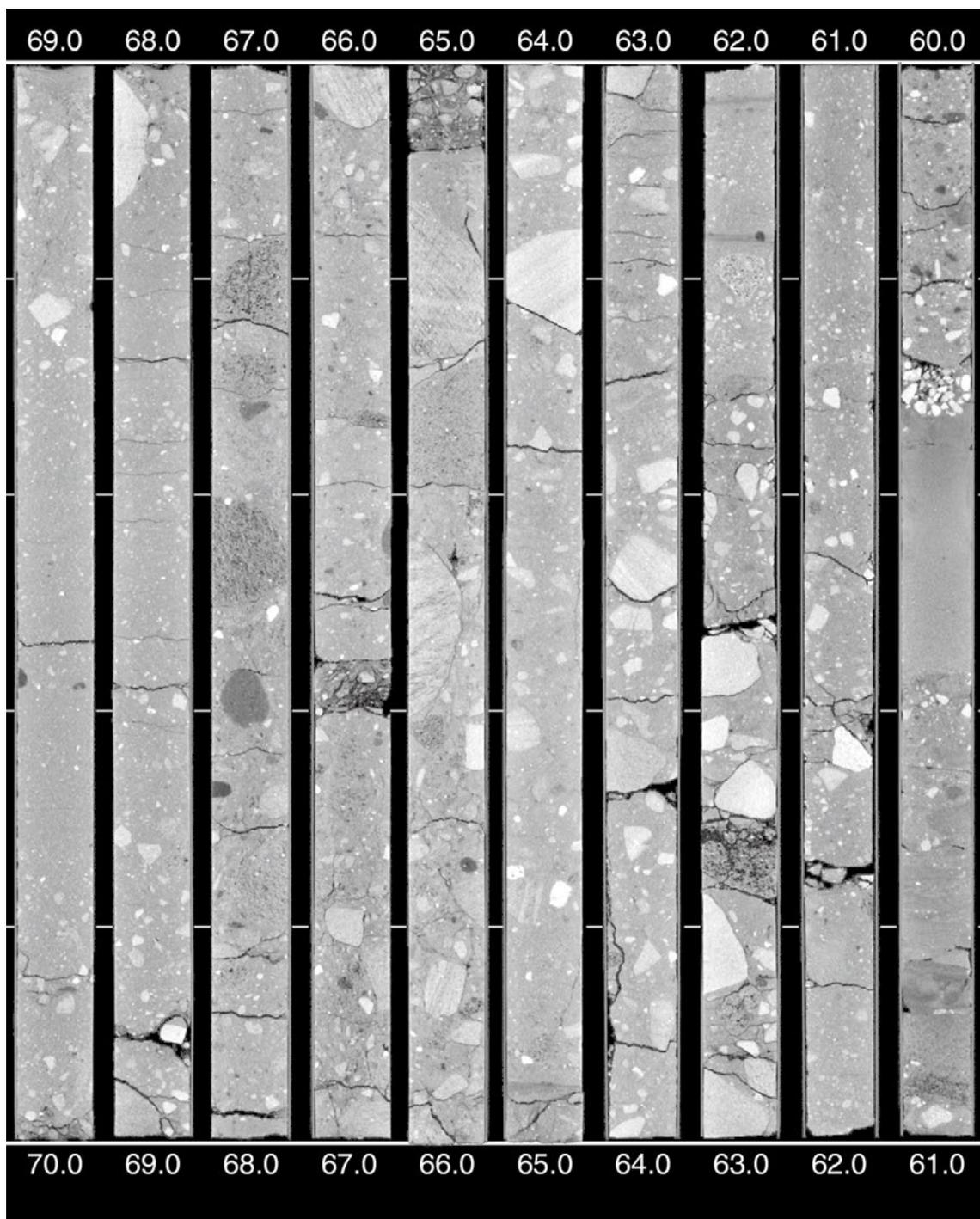


第5図. (続き)  
Fig. 5. (continued)

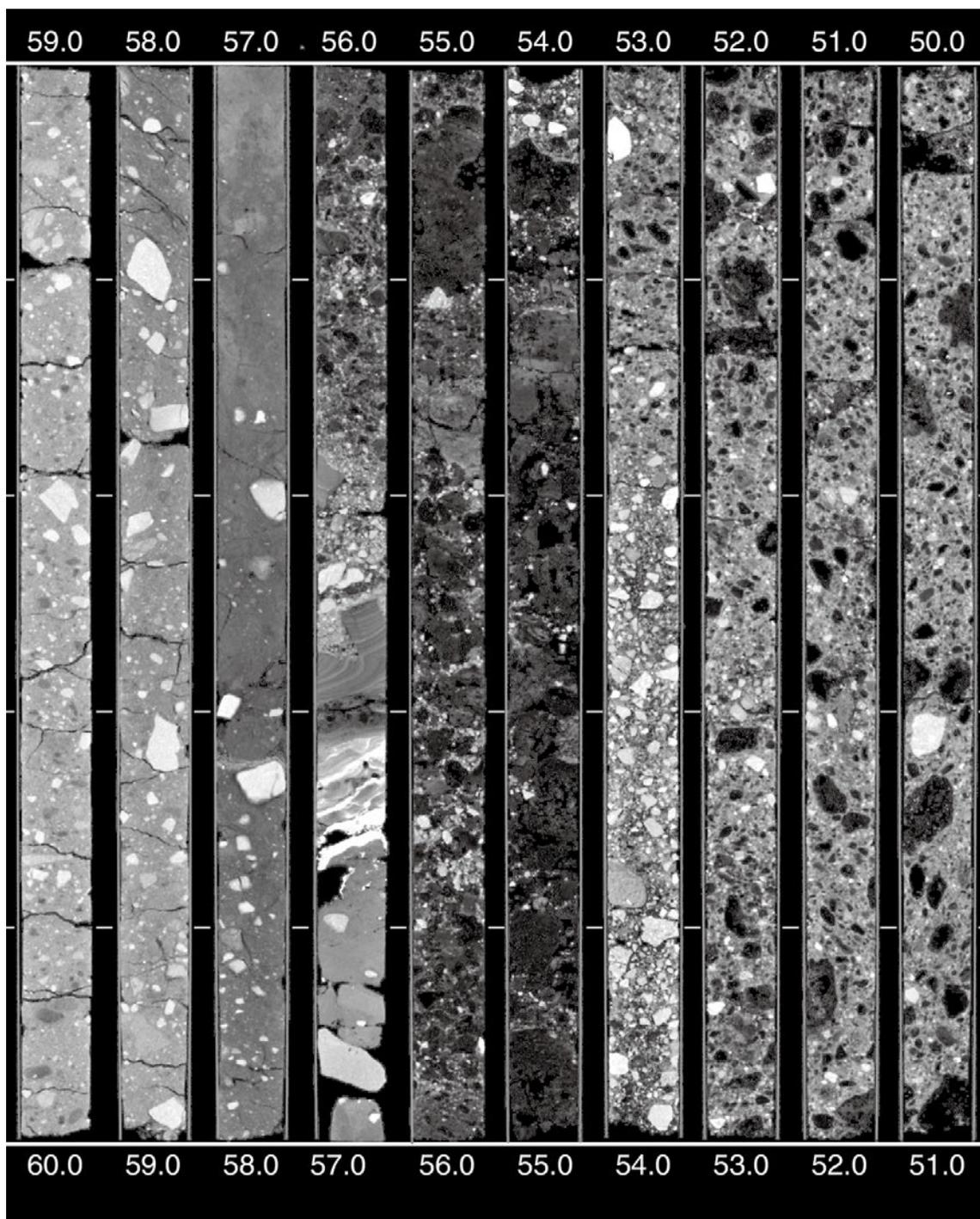


第6図. GS-KMJ-1 CT 画像. コア試料は1 mごとにスキャンし,鉛直断面画像 (CT 画像) として出力した. 打ち込み式を用いた区間では, 風化が進んだ凝灰岩等の軟弱な堆積物では, 数 cm~15 cm 程度の間隔で水平なクラックが生じている.

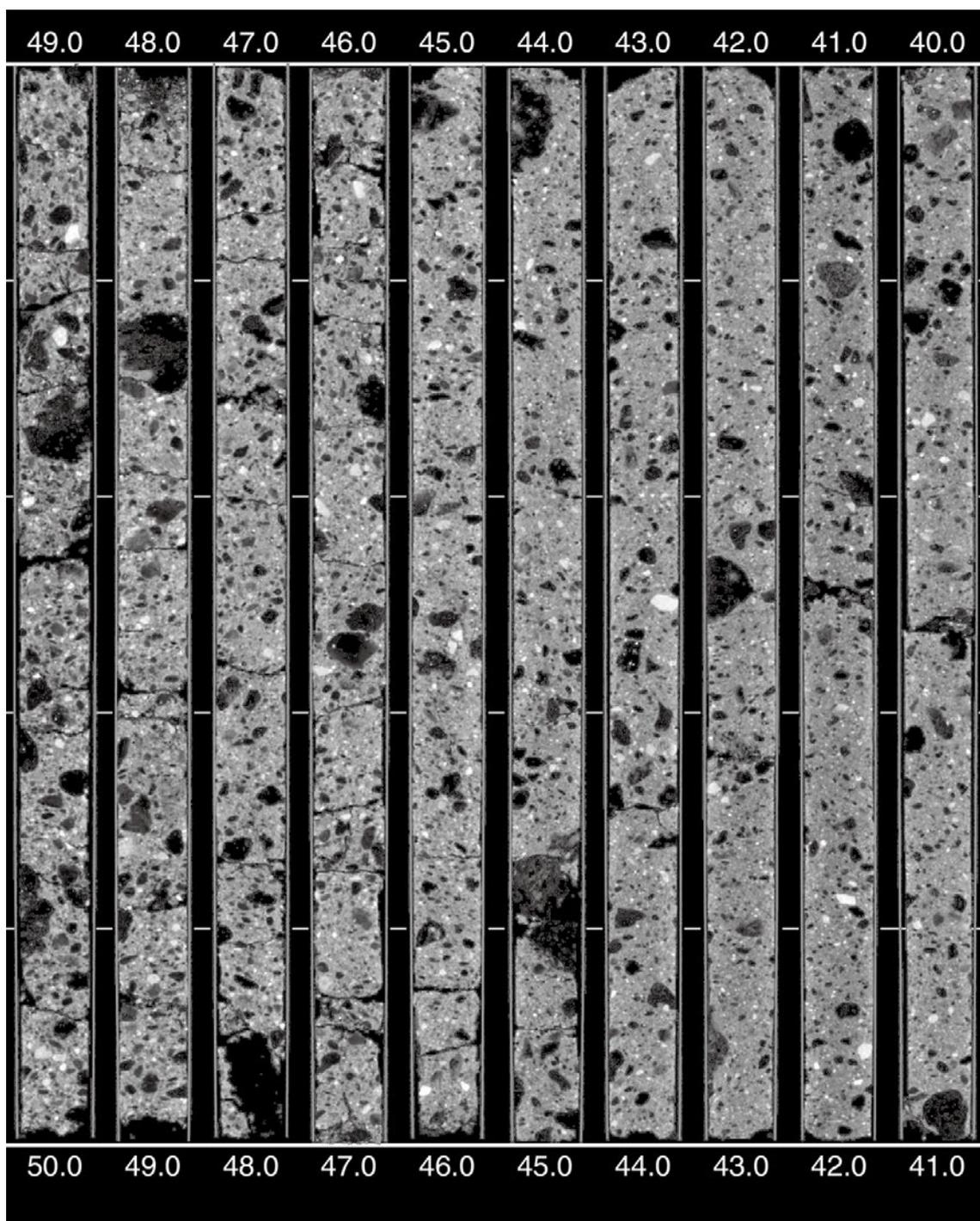
Fig. 6. CT images of the core GS-KMJ-1. Core samples were scanned every 1 m and output as CT images. Some soft sediments show horizontal cracks at intervals of several to 15 cm due to percussion coring.



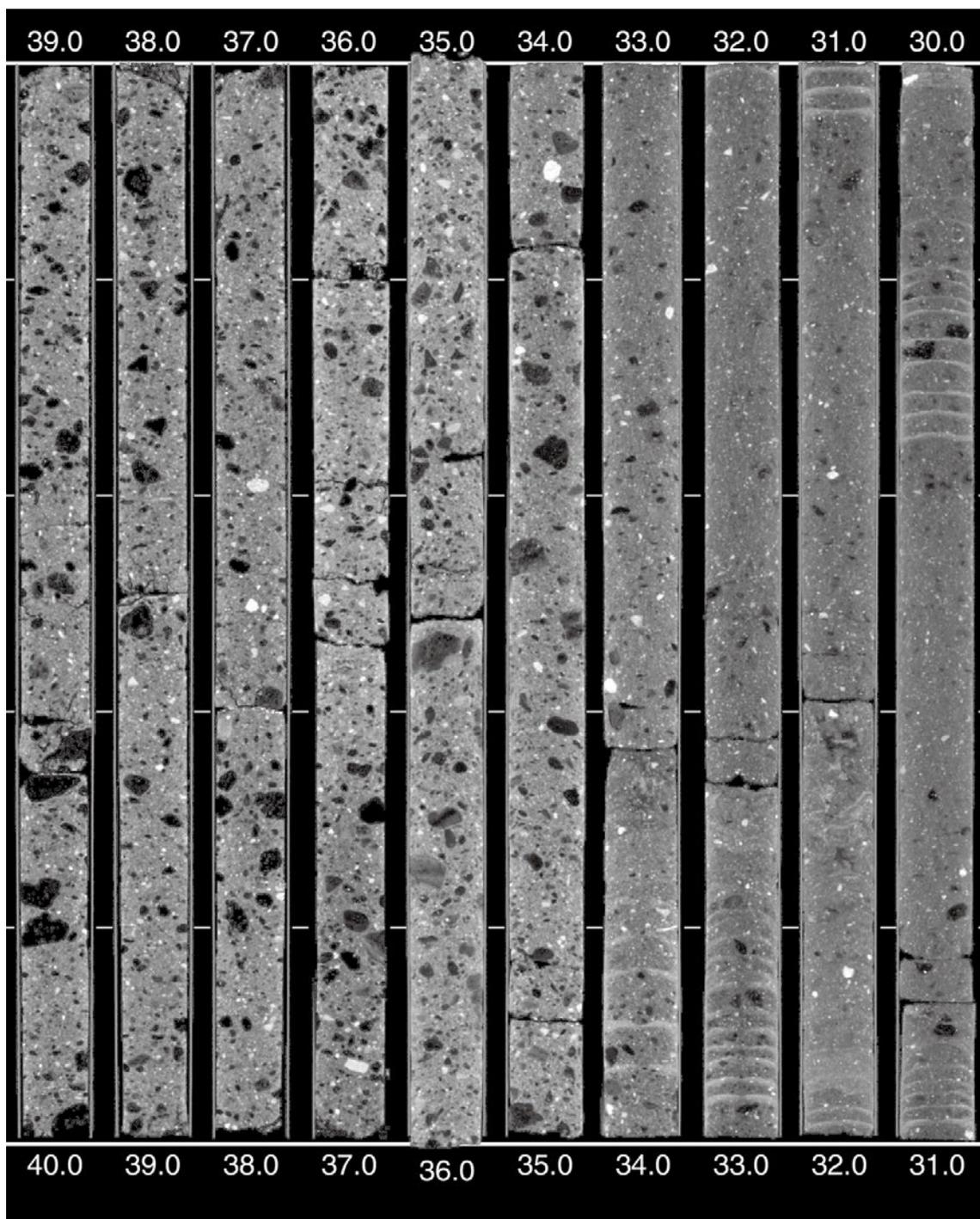
第6図. (続き)  
Fig. 6. (continued)



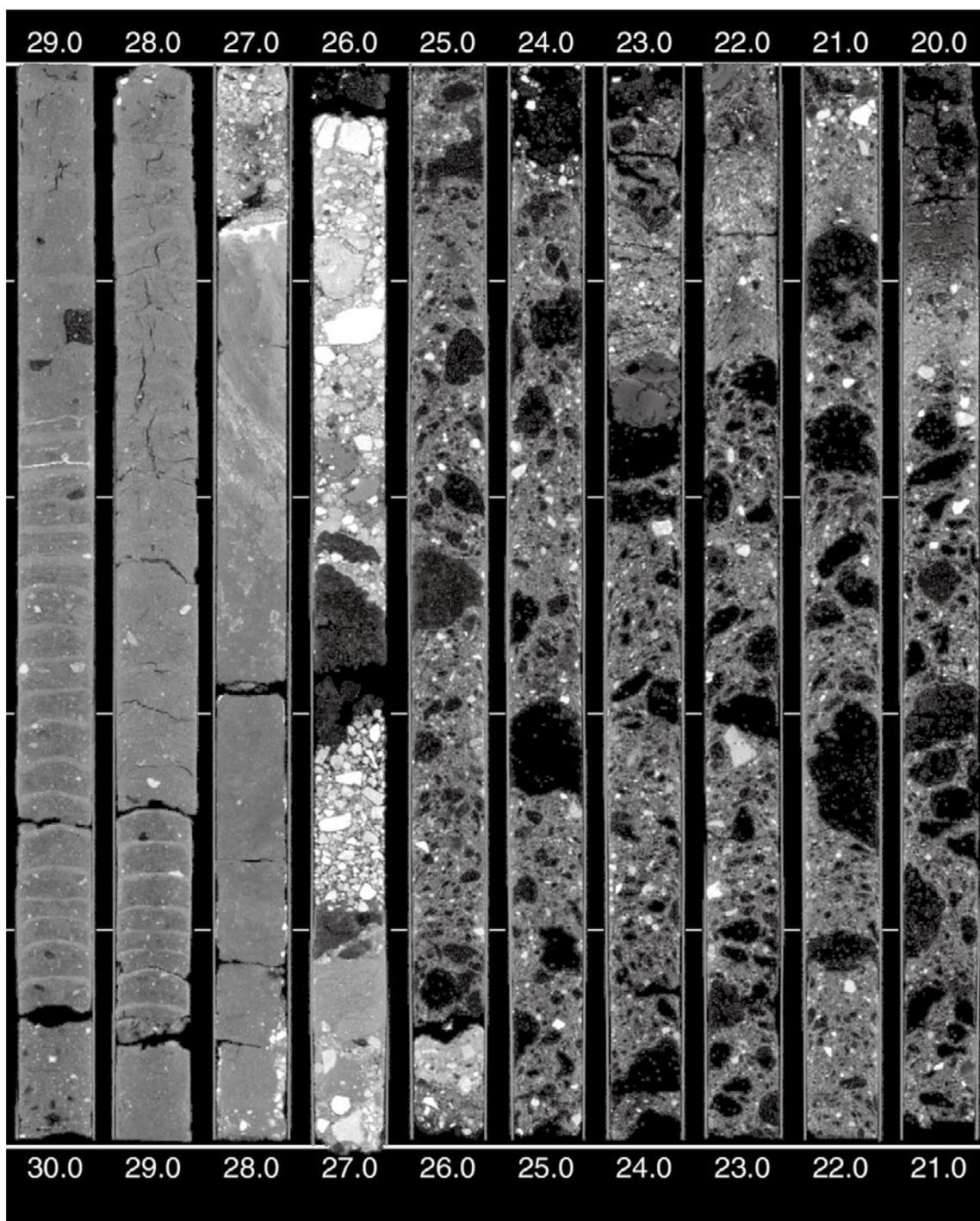
第6図. (続き)  
Fig. 6. (continued)



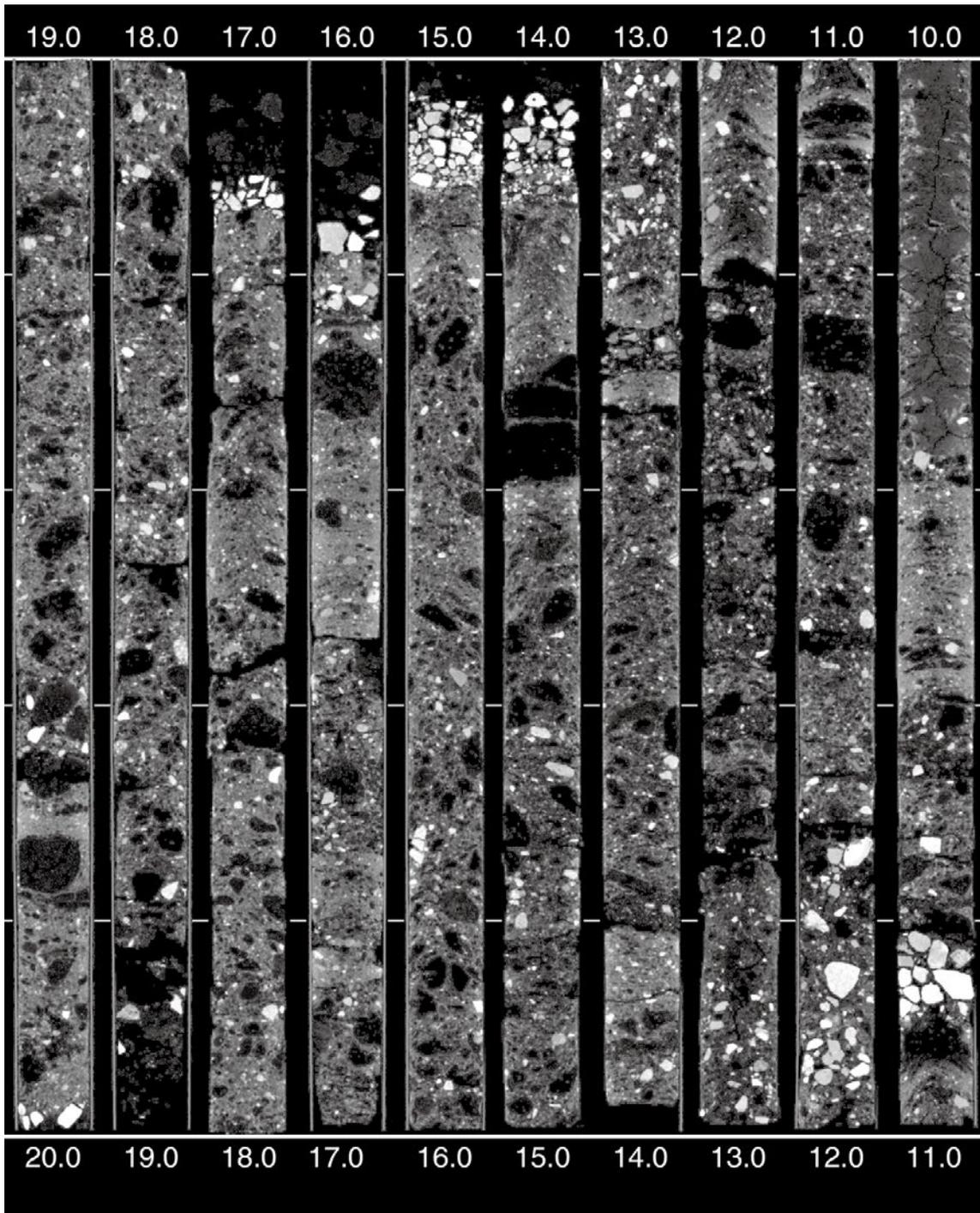
第6図. (続き)  
Fig. 6. (continued)



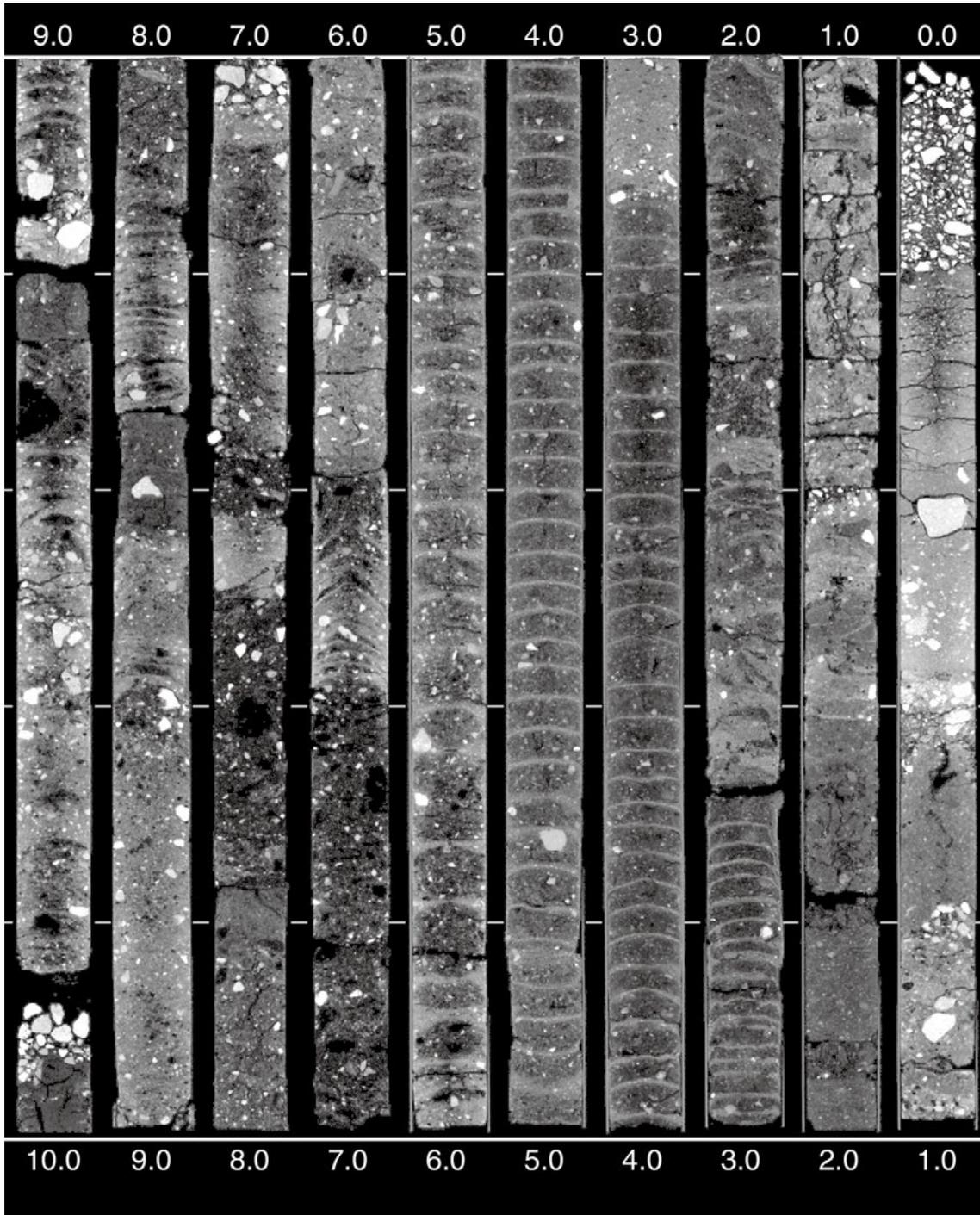
第6図. (続き)  
Fig. 6. (continued)



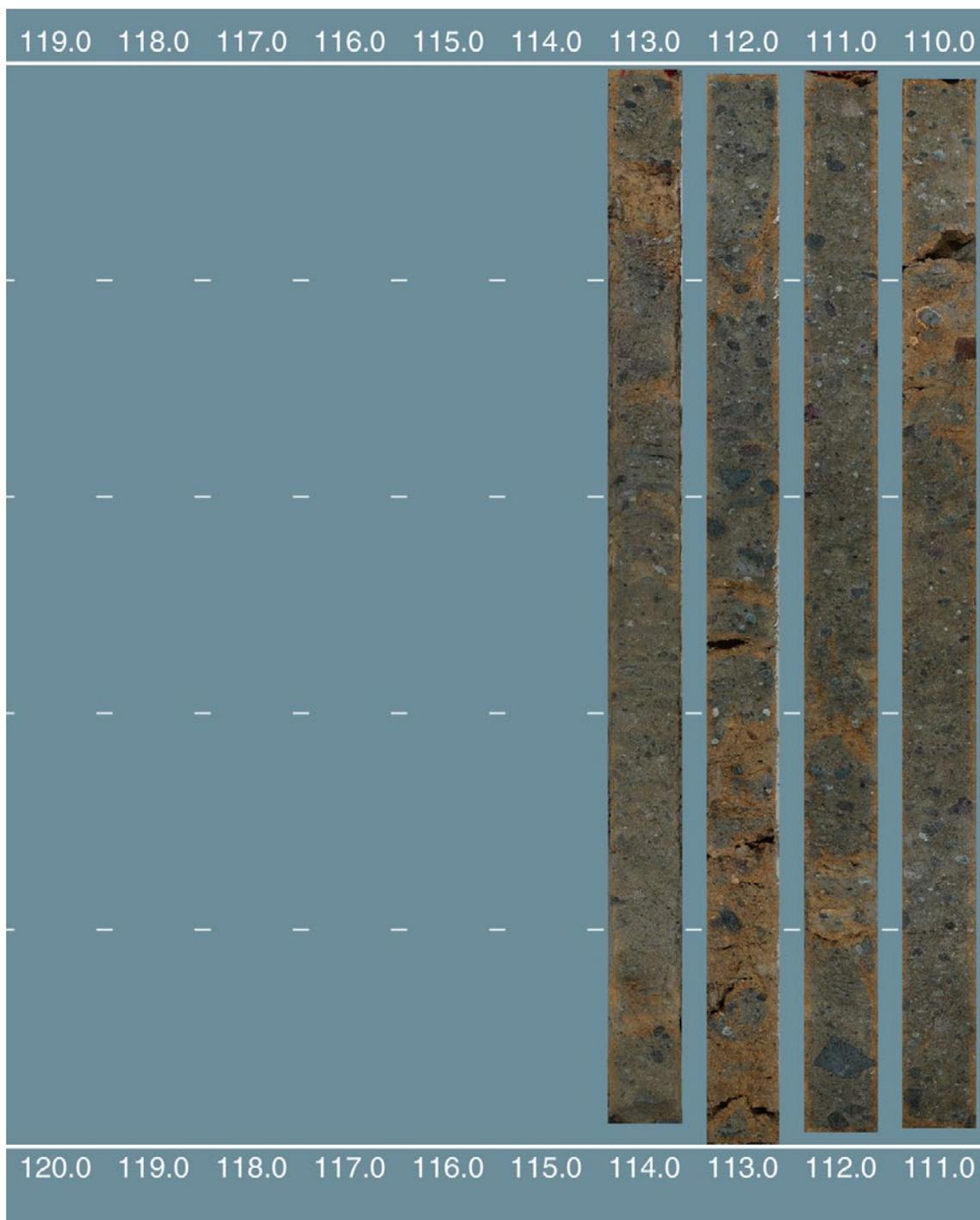
第6図. (続き)  
Fig. 6. (continued)



第6図. (続き)  
Fig. 6. (continued)

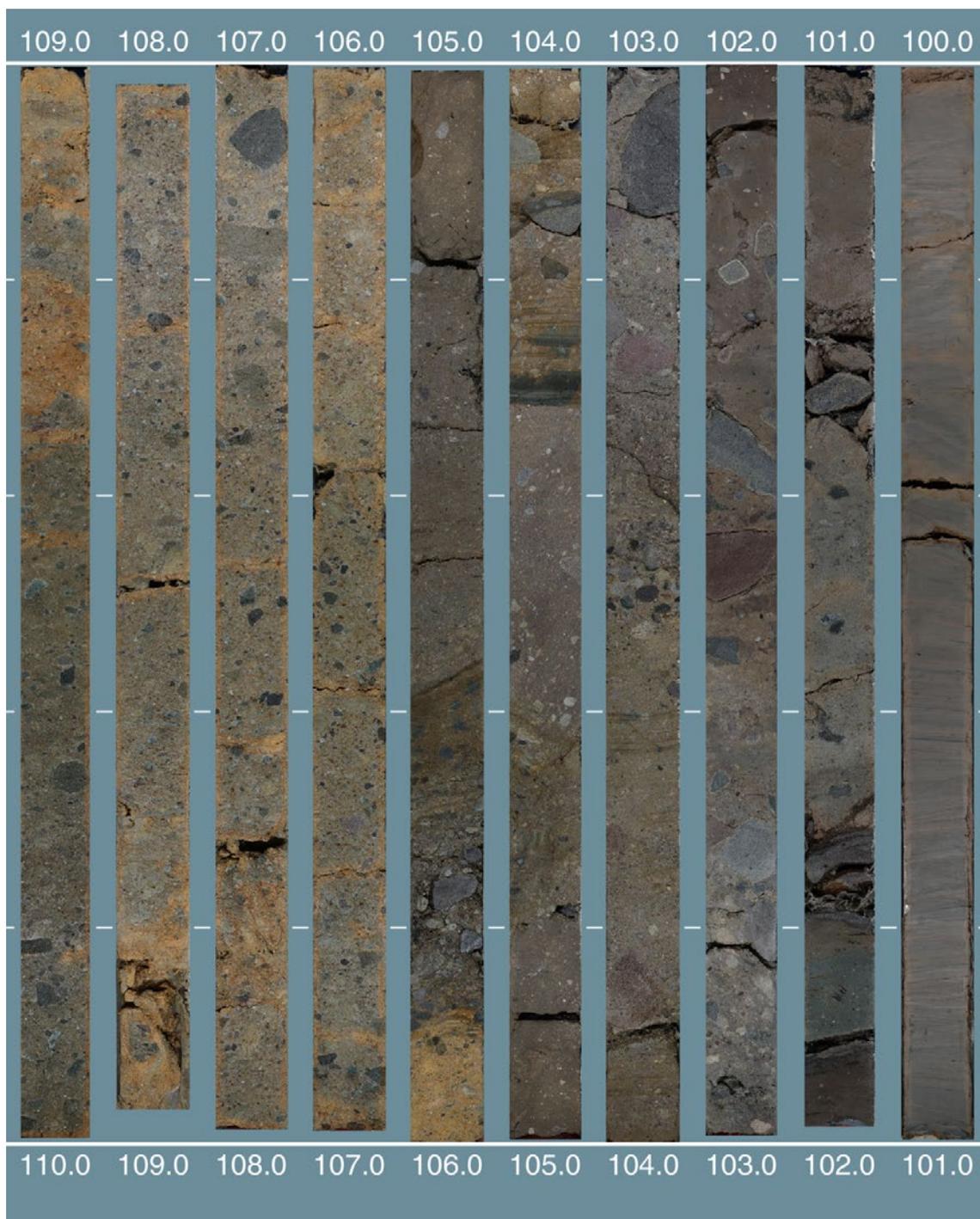


第6図. (続き)  
Fig. 6. (continued)



第7図. GS-KMJ-2 ボーリングコア写真. コア試料は1 m ごとに半割し, 写真撮影を行った. 打ち込み式を用いた区間では, 風化が進んだ凝灰岩等の軟弱な堆積物では, 数 cm~15 cm 程度の間隔で水平なクラックが生じている.

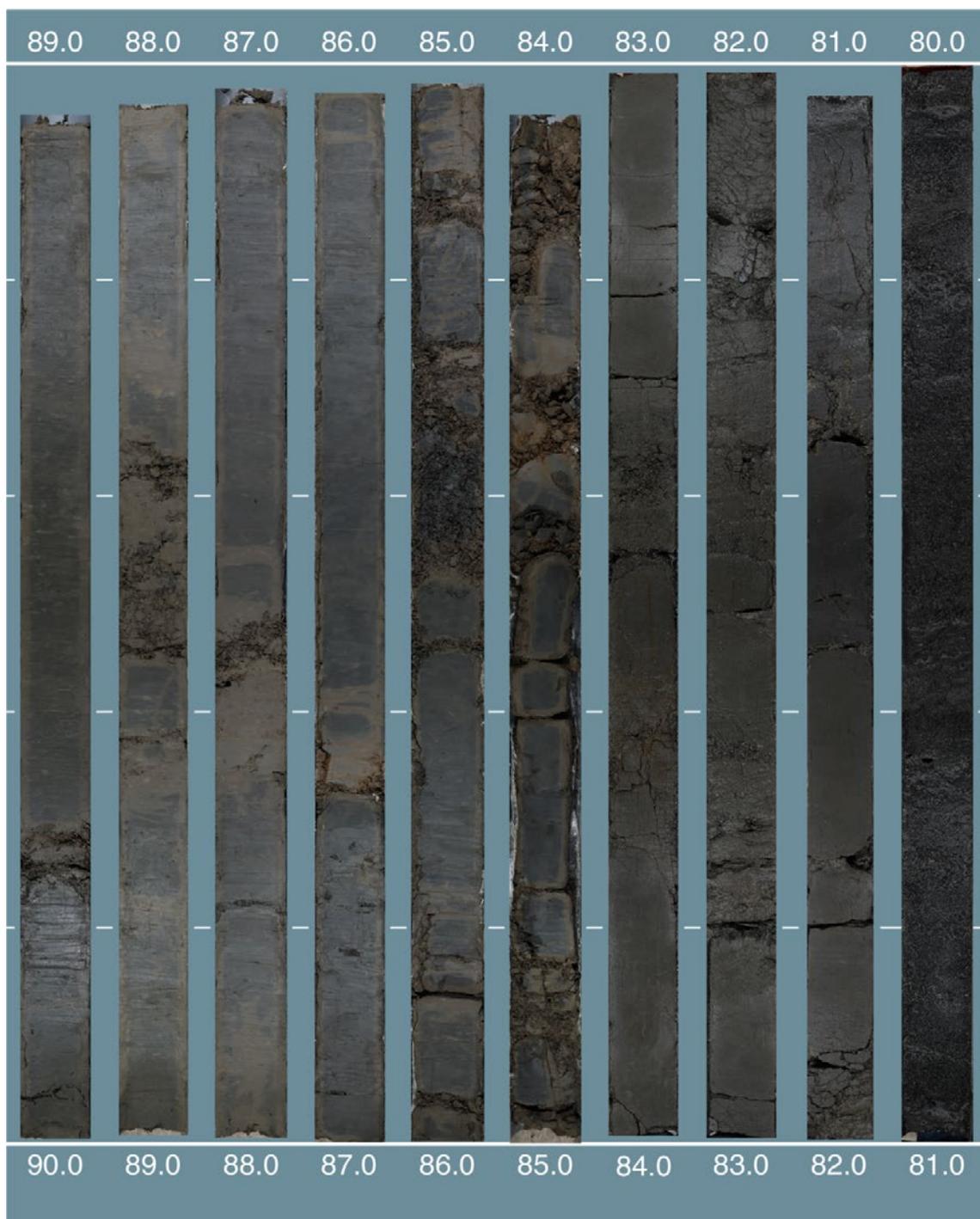
Fig. 7. Photos of the core GS-KMJ-2. Core samples were split in half every 1 m and photographed. Some soft sediments show horizontal cracks at intervals of several to 15 cm due to percussion coring.



第7図. (続き)  
Fig. 7. (continued)



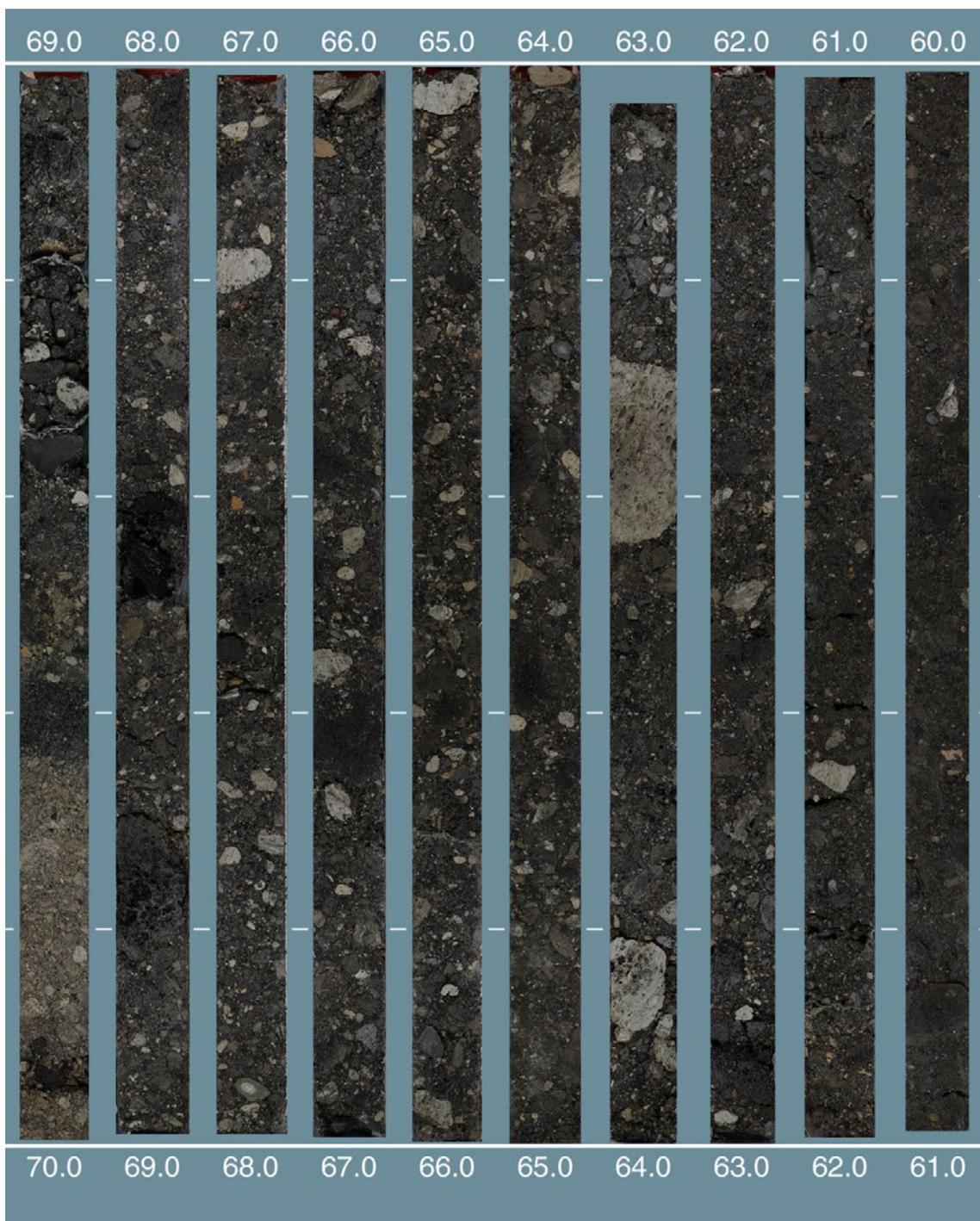
第7図. (続き)  
Fig. 7. (continued)



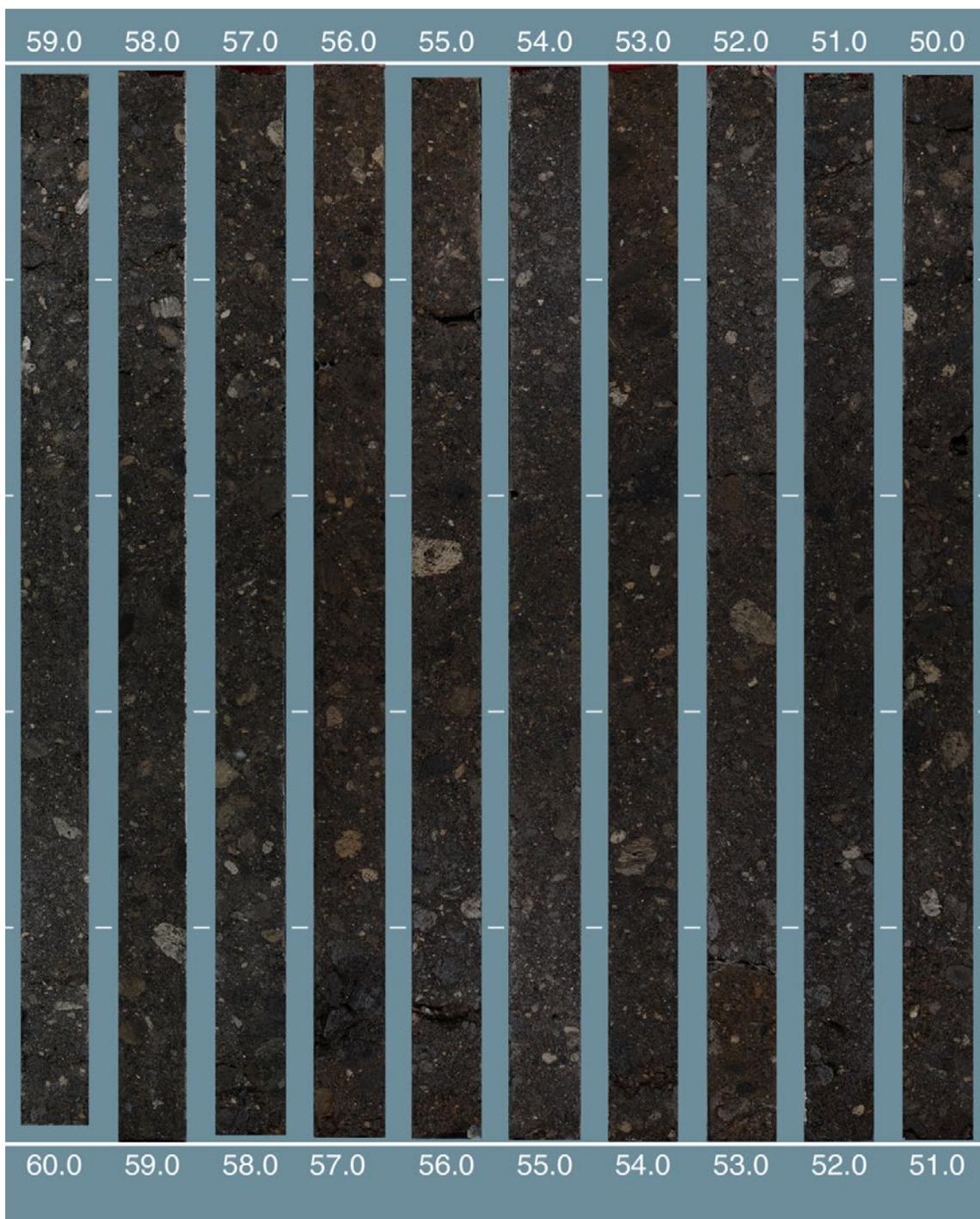
第7図. (続き)  
Fig. 7. (continued)



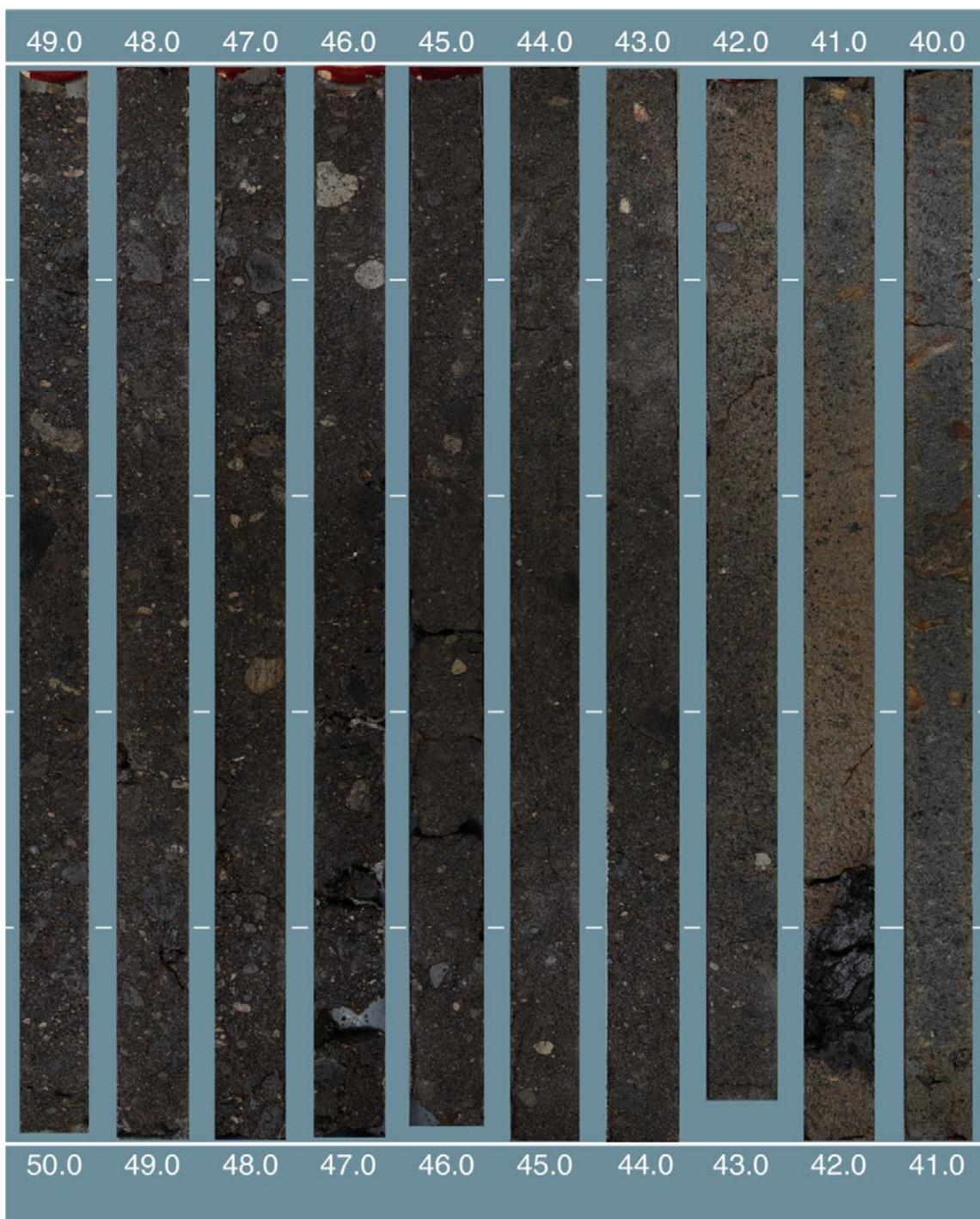
第7図. (続き)  
Fig. 7. (continued)



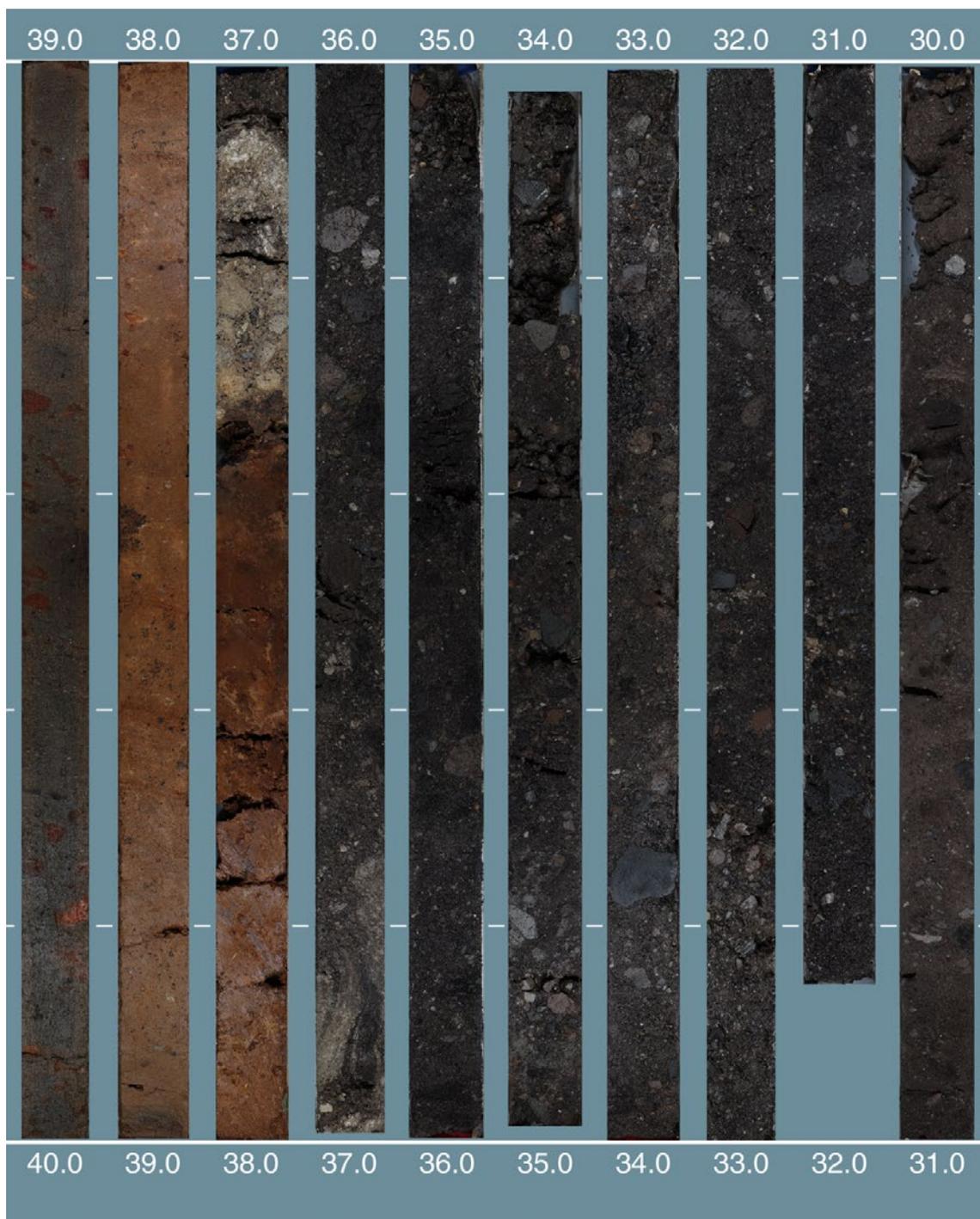
第7図. (続き)  
Fig. 7. (continued)



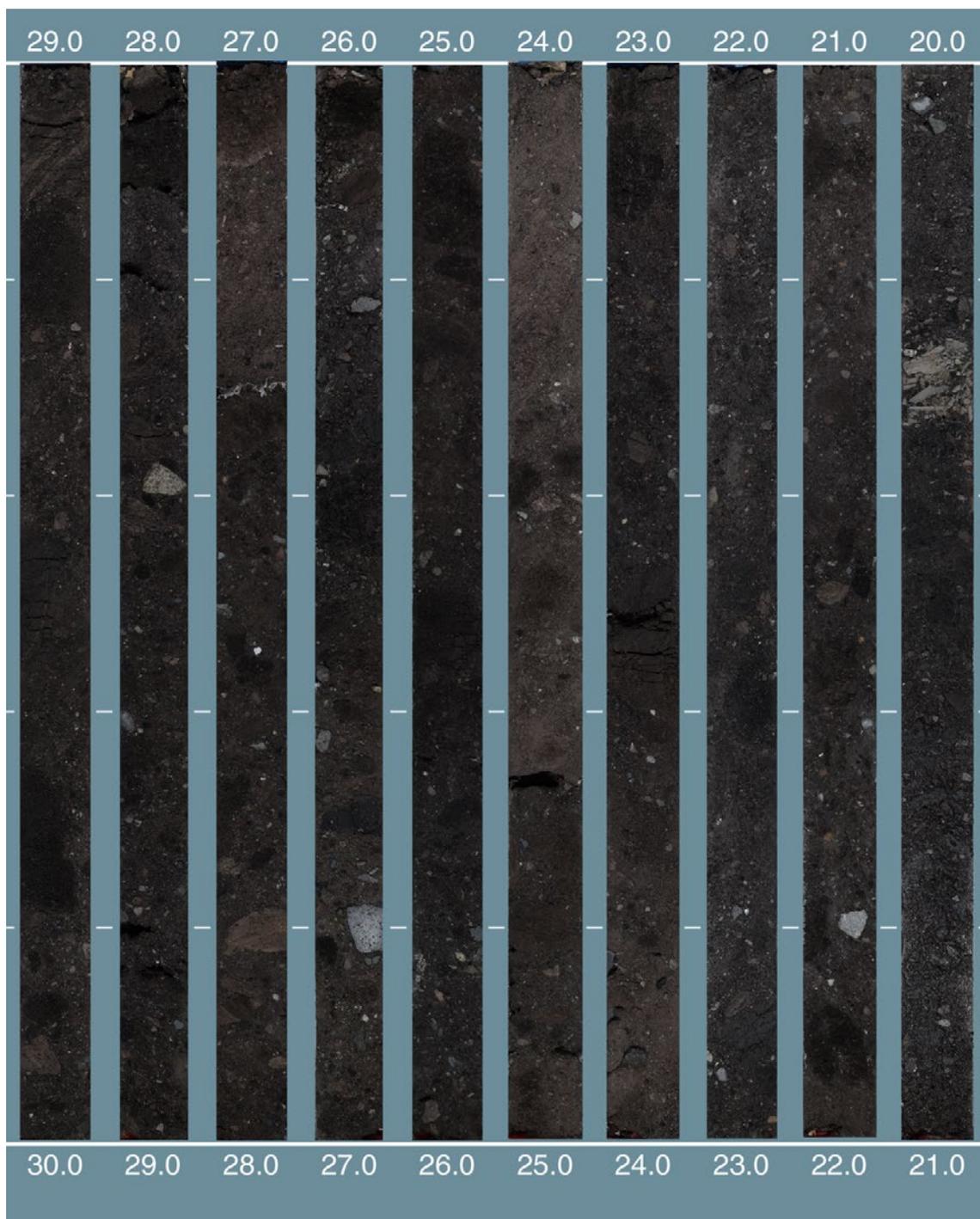
第7図. (続き)  
Fig. 7. (continued)



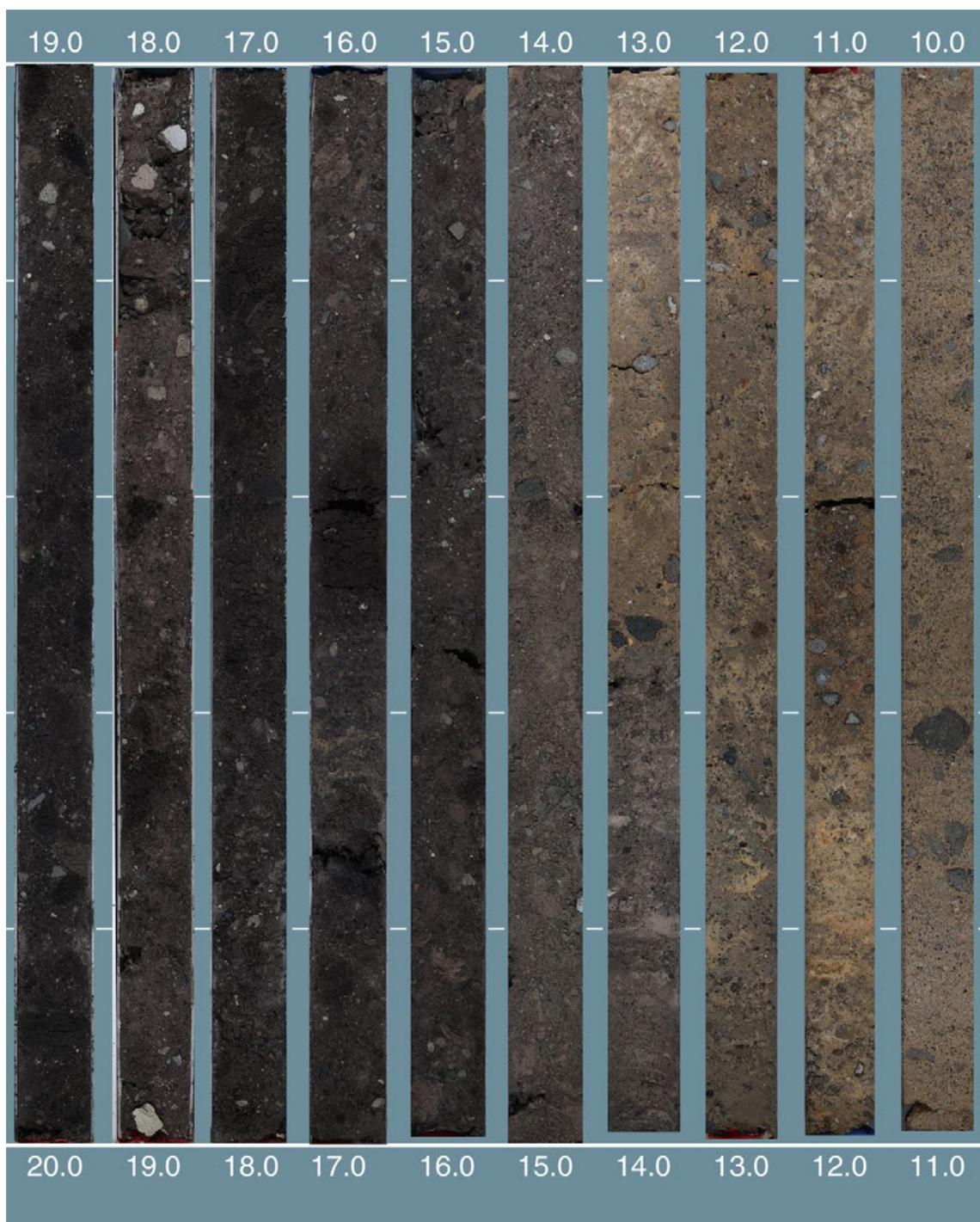
第7図. (続き)  
Fig. 7. (continued)



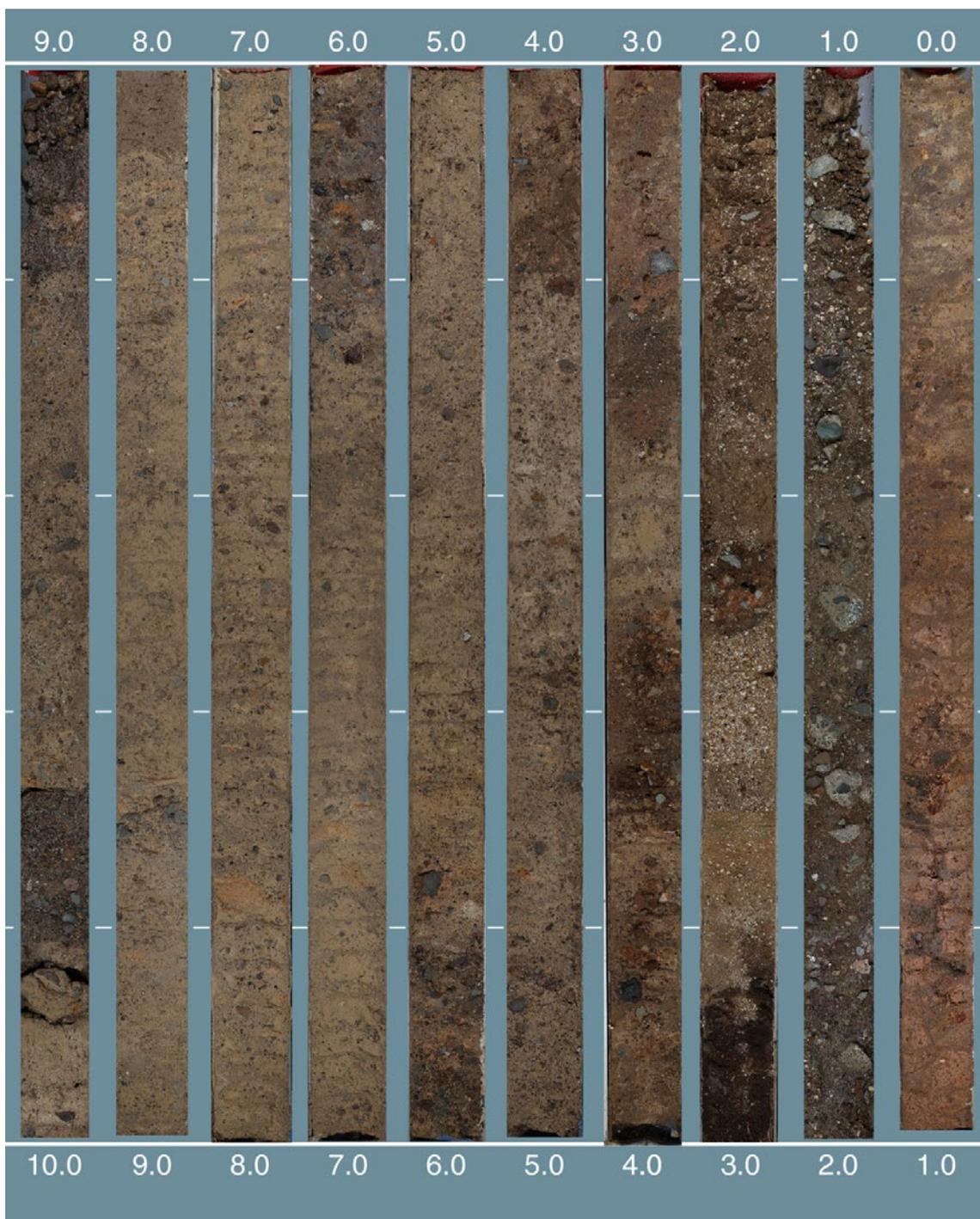
第7図. (続き)  
Fig. 7. (continued)



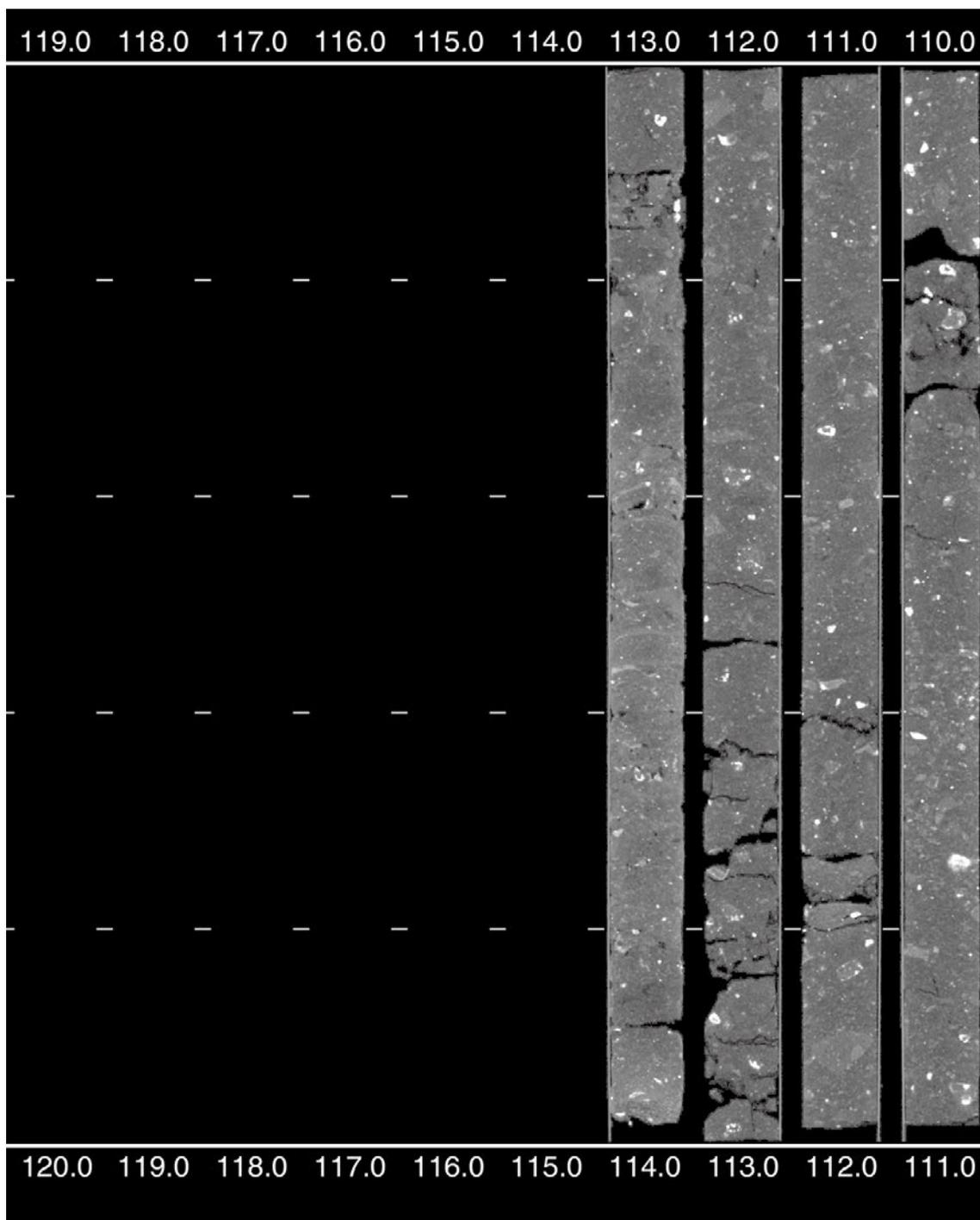
第7図. (続き)  
Fig. 7. (continued)



第7図. (続き)  
Fig. 7. (continued)

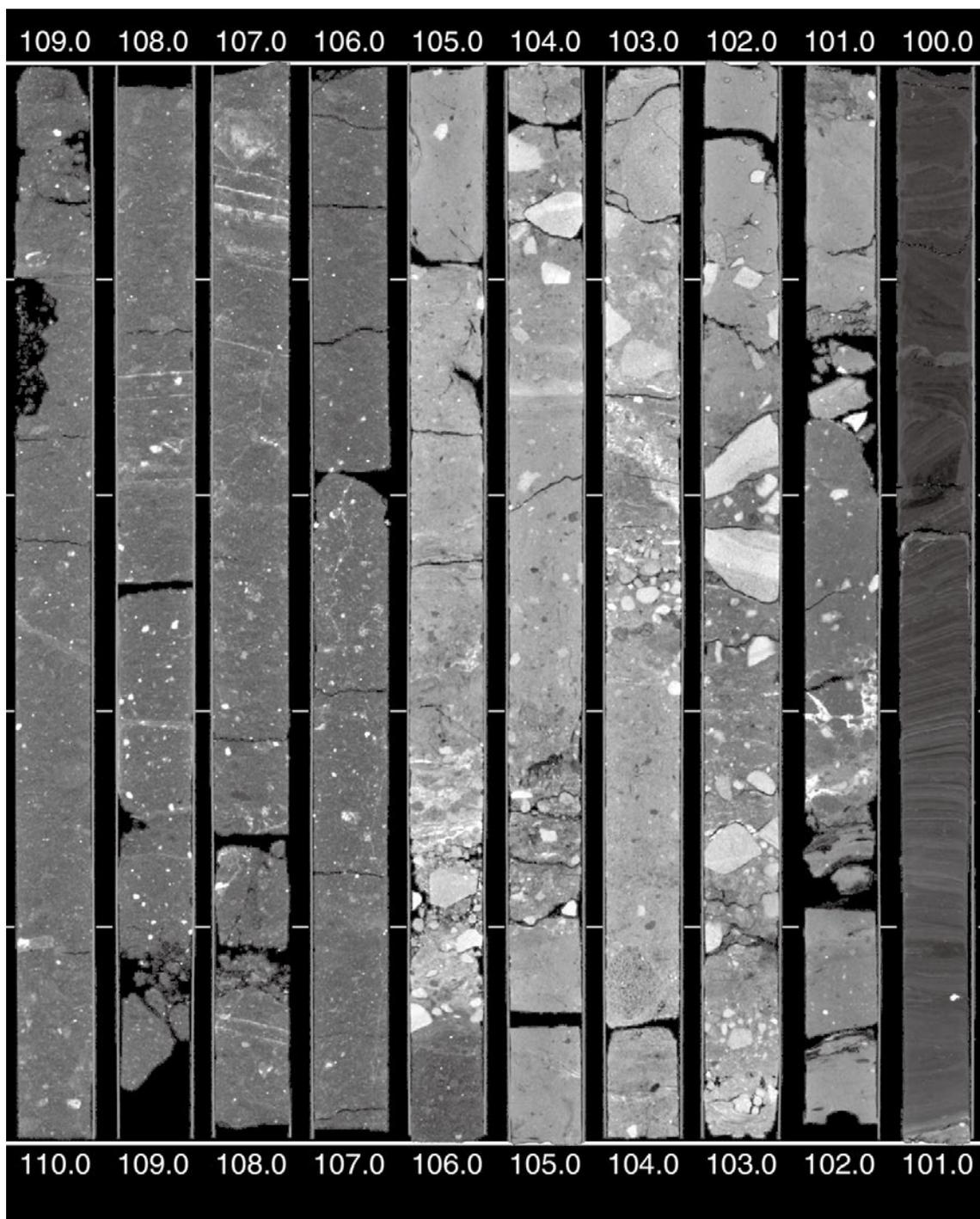


第7図. (続き)  
Fig. 7. (continued)

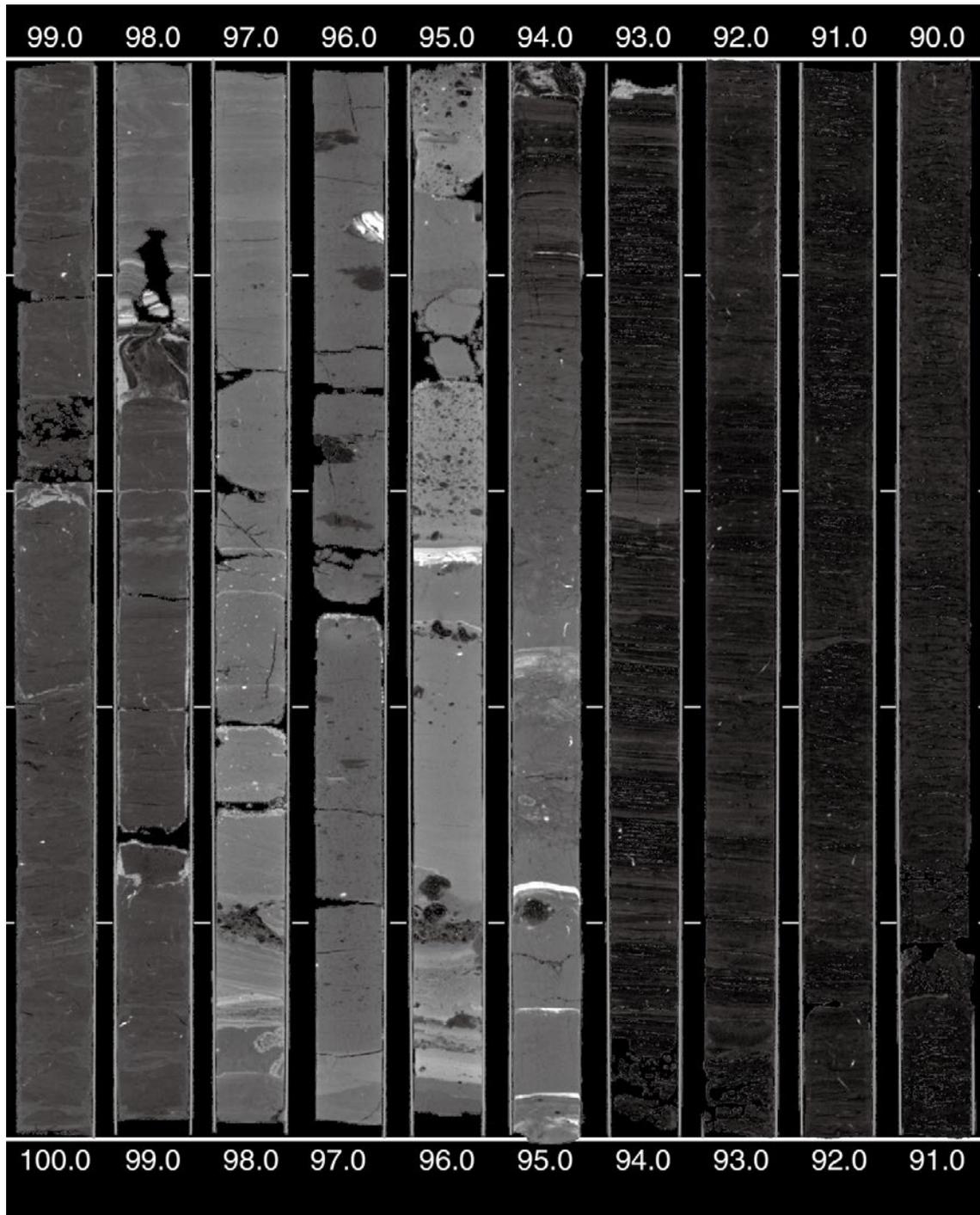


第 8 図. GS-KMJ-2CT 画像. コア試料は 1 m ごとにスキャンし, 鉛直断面画像 (CT 画像) として出力した. 打ち込み式を用いた区間では, 風化が進んだ凝灰岩等の軟弱な堆積物では, 数 cm~15 cm 程度の間隔で水平なクラックが生じている.

Fig. 8. CT images of the core GS-KMJ-2. Core samples were scanned every 1 m and output as CT images. Some soft sediments show horizontal cracks at intervals of several to 15 cm due to percussion coring.



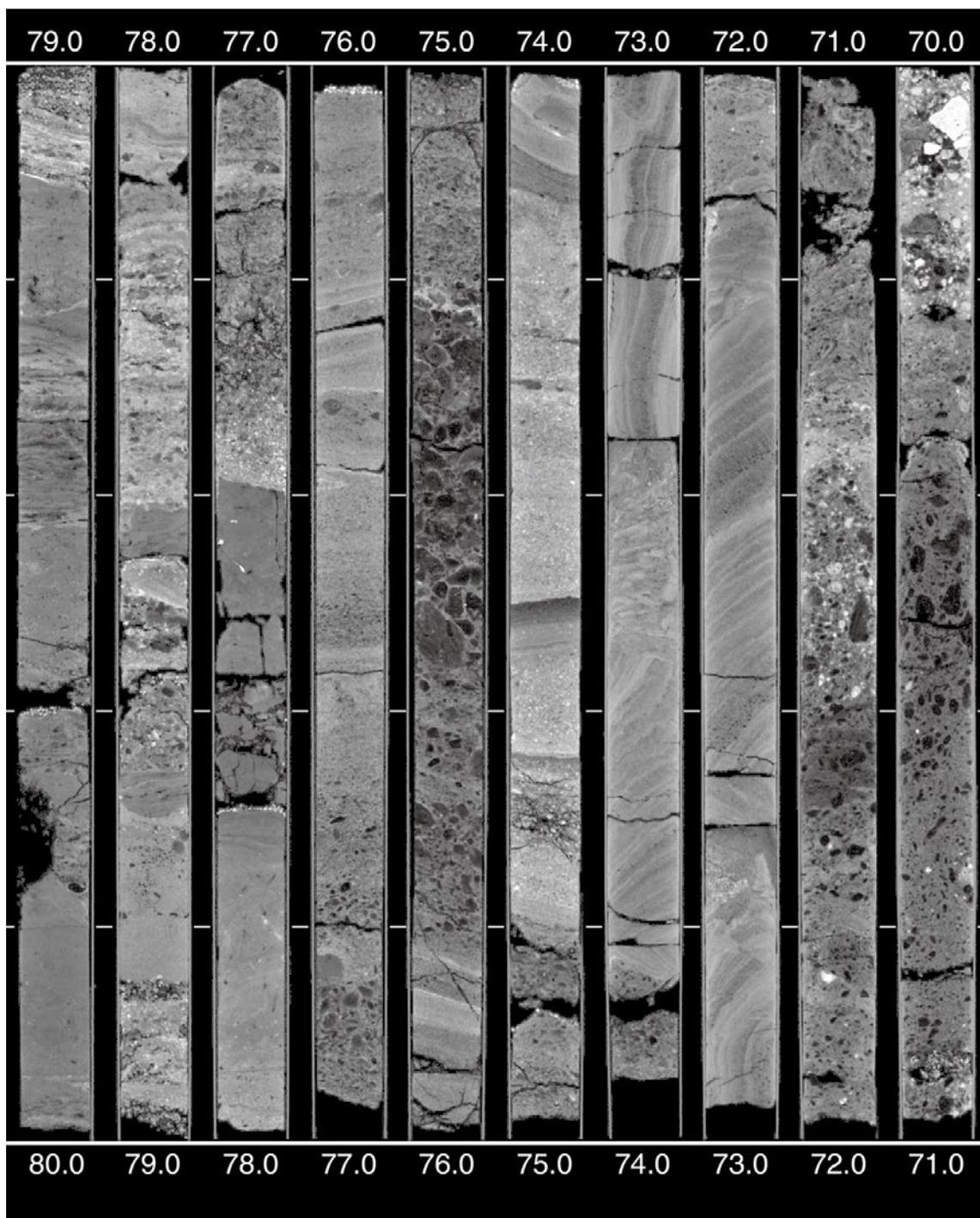
第8図. (続き)  
Fig. 8. (continued)



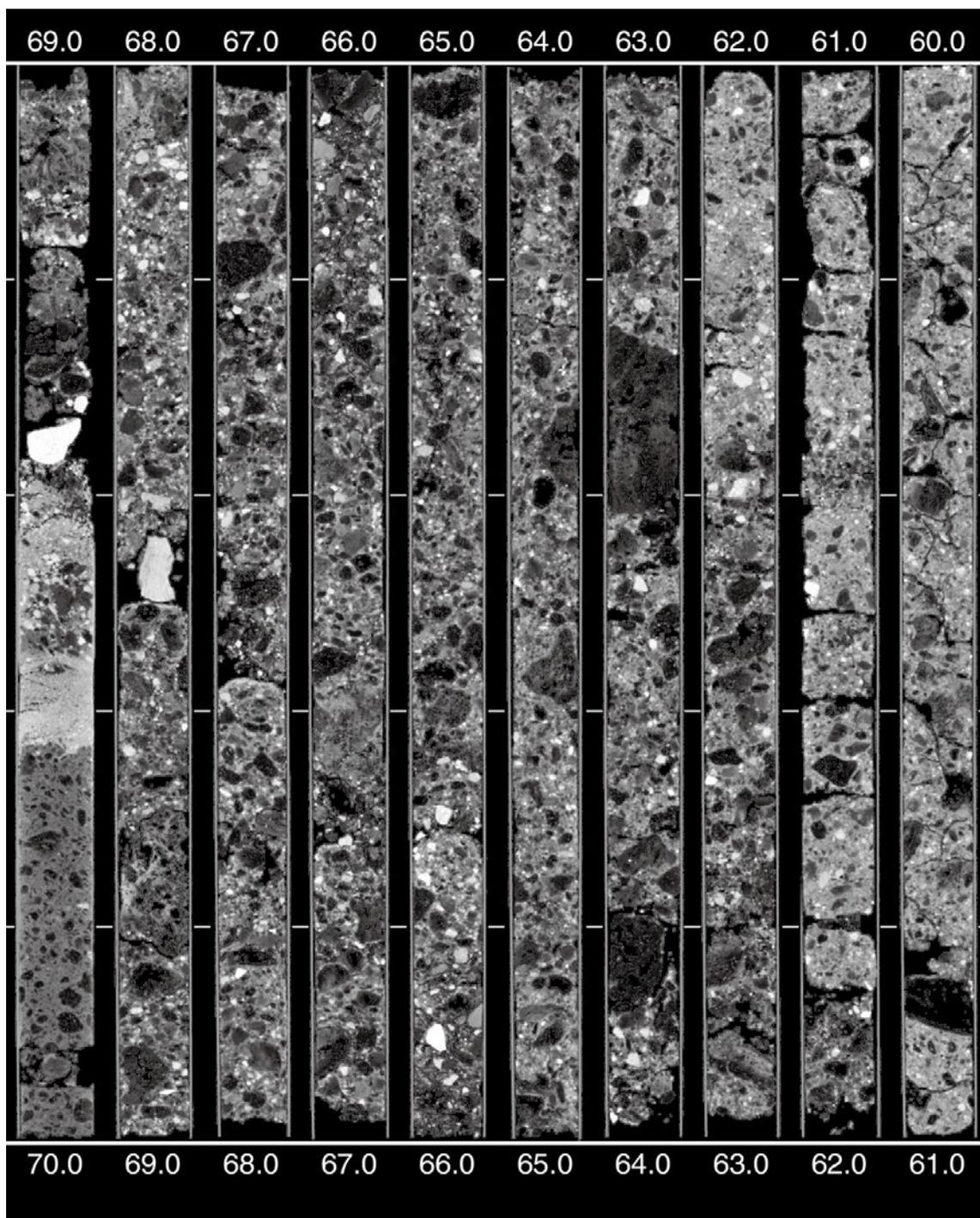
第8図. (続き)  
Fig. 8. (continued)



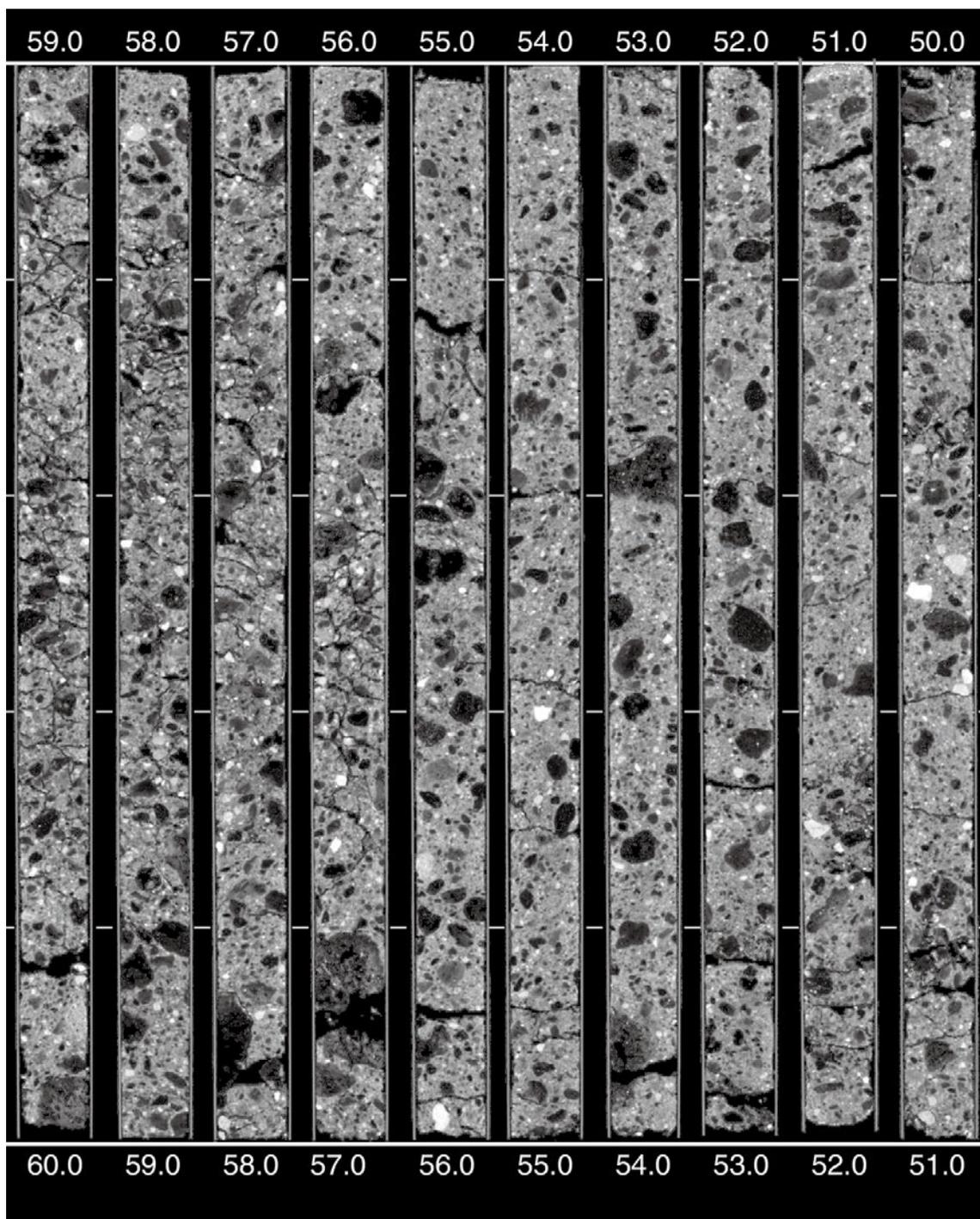
第 8 図. (続き)  
Fig. 8. (continued)



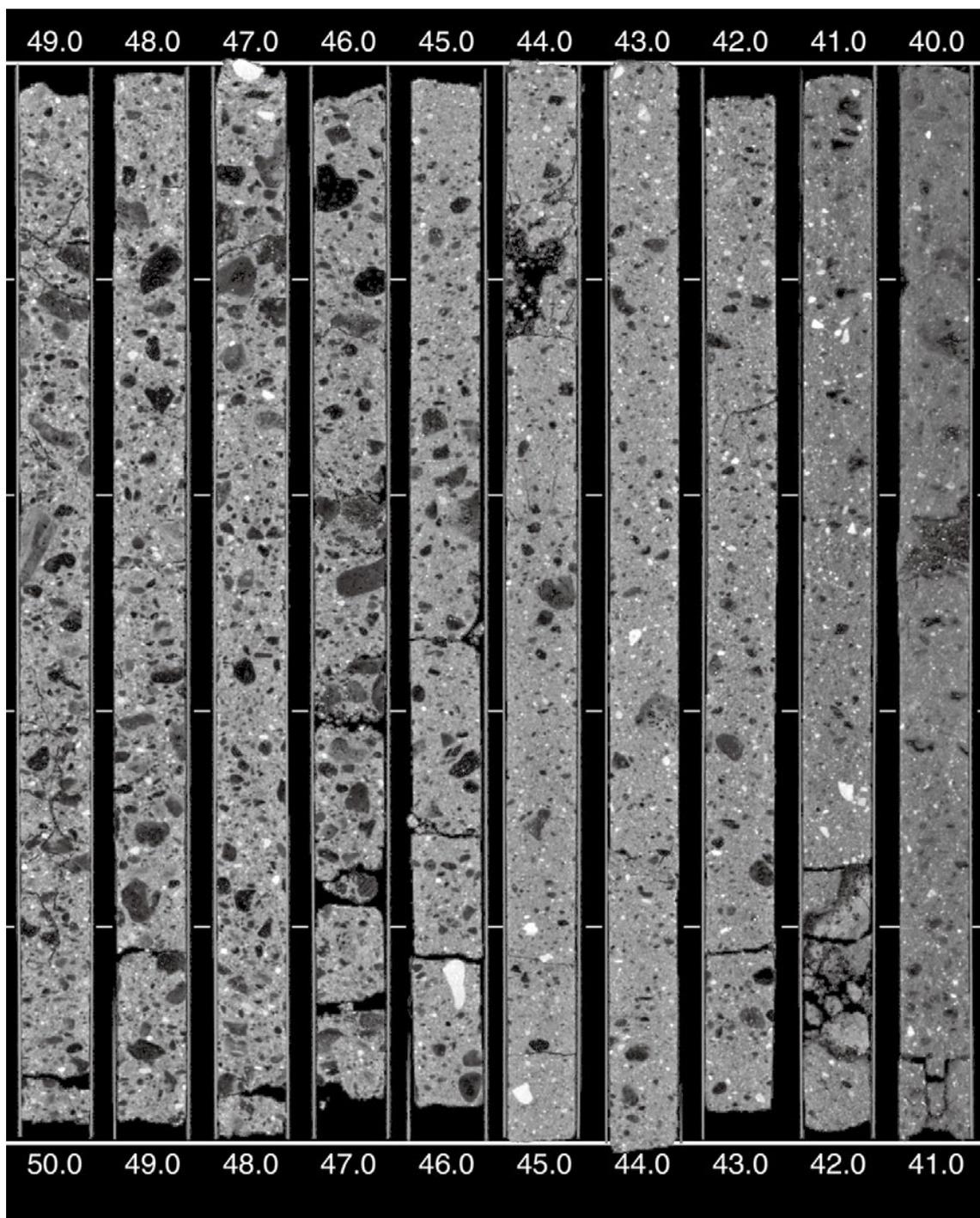
第8図. (続き)  
Fig. 8. (continued)



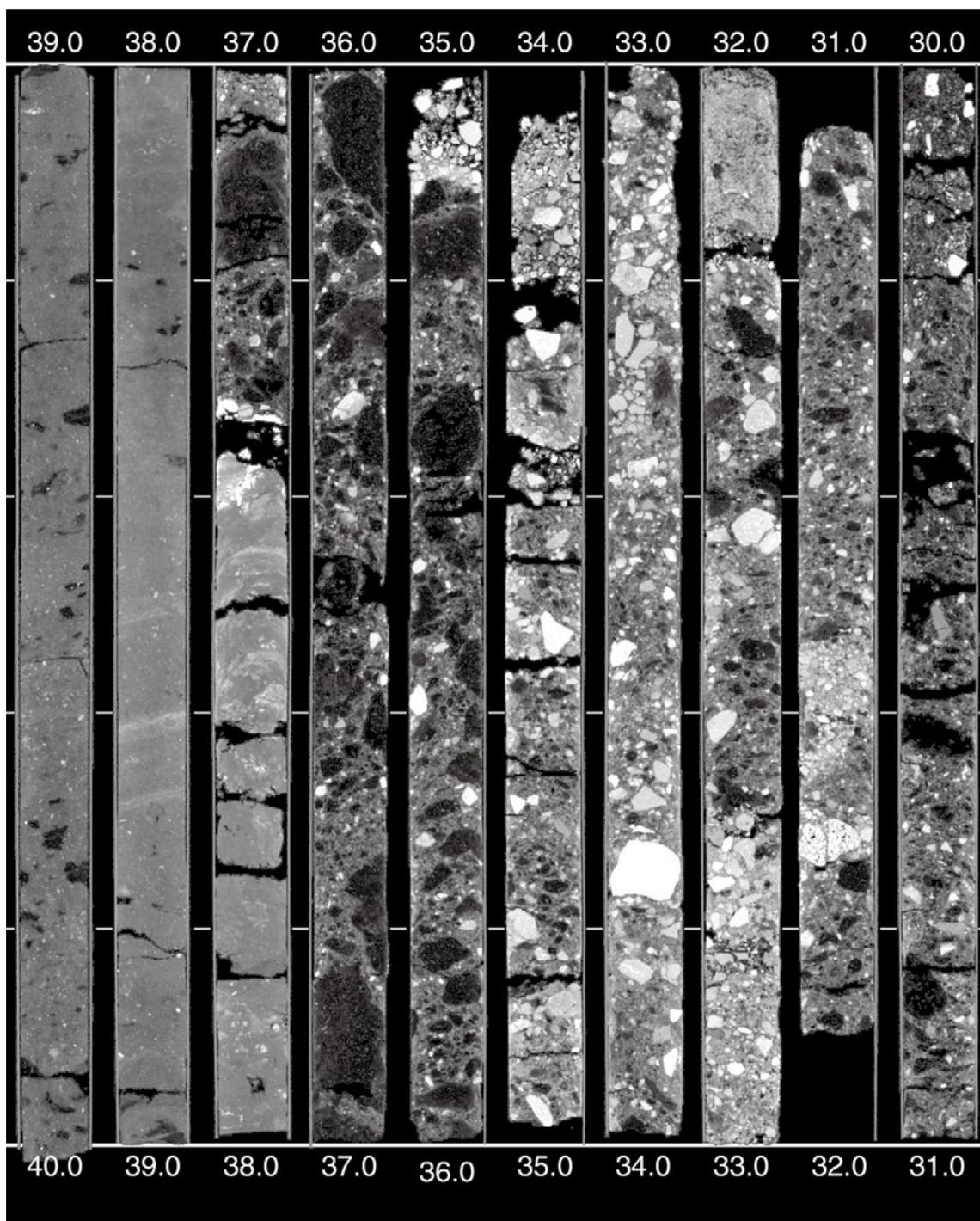
第 8 図. (続き)  
Fig. 8. (continued)



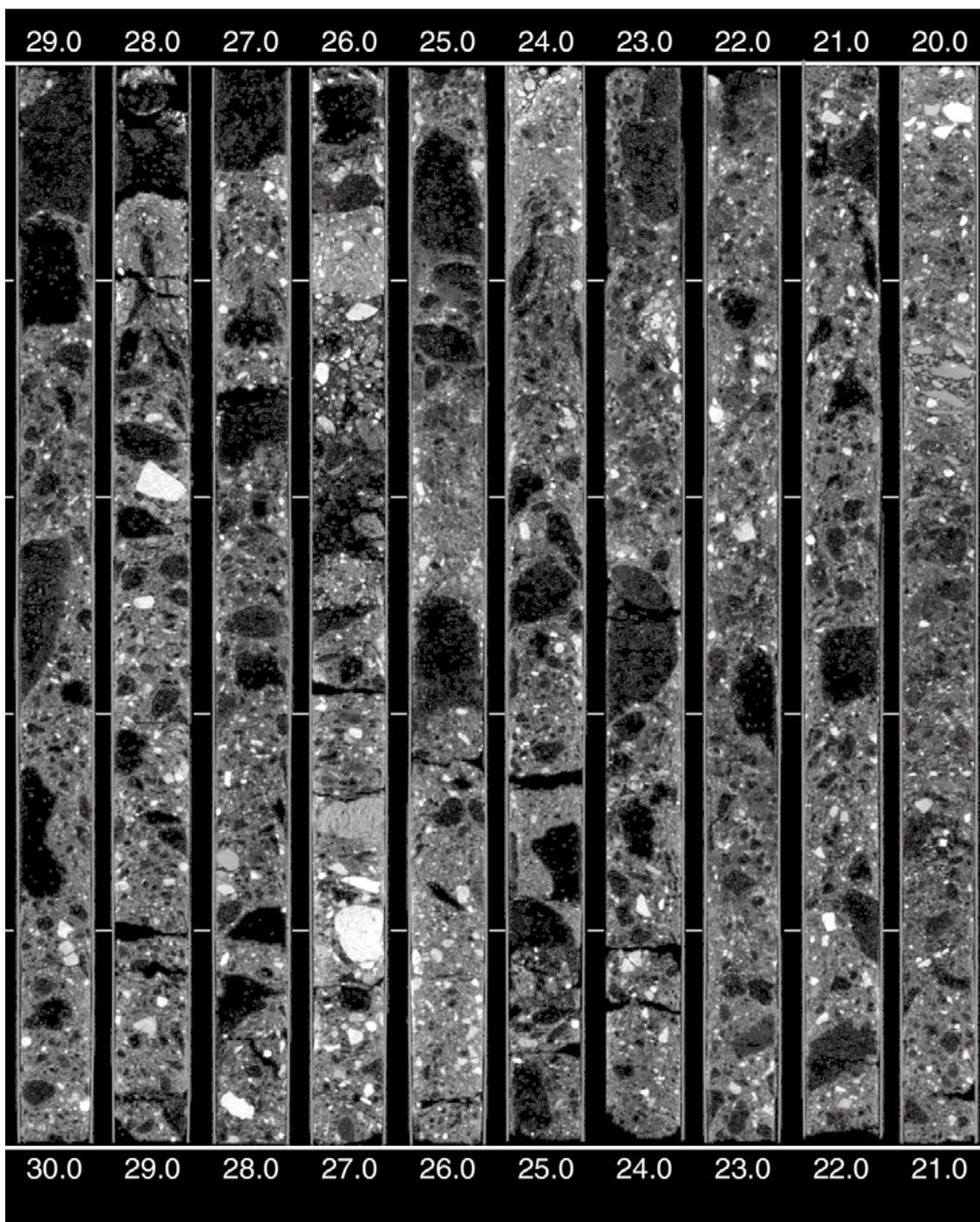
第 8 図. (続き)  
Fig. 8. (continued)



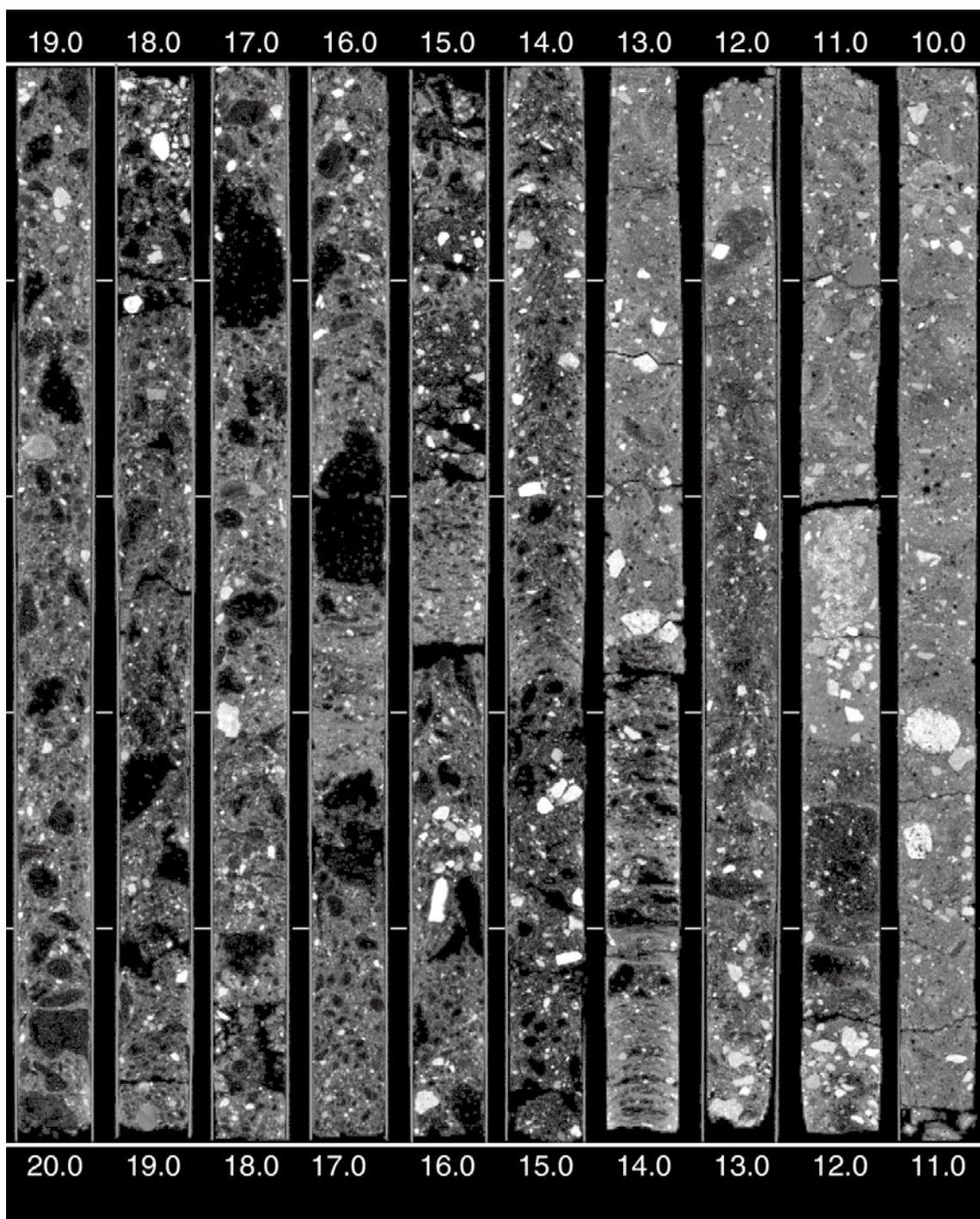
第8図. (続き)  
Fig. 8. (continued)



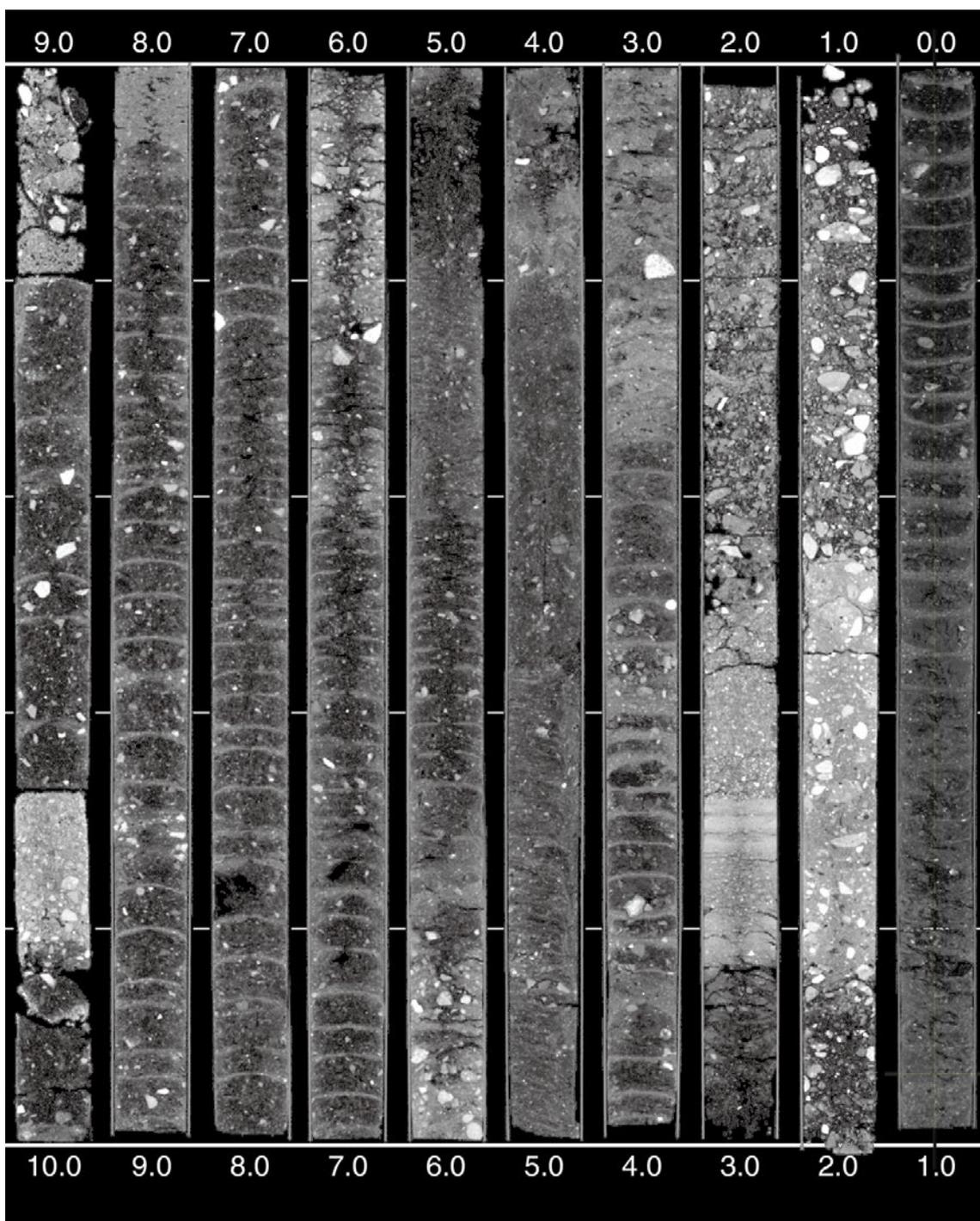
第8図. (続き)  
Fig. 8. (continued)



第8図. (続き)  
Fig. 8. (continued)



第8図. (続き)  
Fig. 8. (continued)



第8図. (続き)  
Fig. 8. (continued)