

GSJ 地質ニュース

GSJ CHISHITSU NEWS

～地球をよく知り、地球と共生する～

2015

10

Vol. 4 No.10



口絵		
ジョージアカオリン鉱床 [口絵]	荒岡大輔・江島輝美・森田沙綾香・須藤定久・月村勝宏・高木哲一・Mark Cocker	281~282
東京都日の出町産大理石石材「青梅石」	中澤 努・上野勝美・乾 睦子・鎌田光美	283~284

ジョージアカオリン鉱床の概要	荒岡大輔・江島輝美・森田沙綾香・須藤定久・月村勝宏・高木哲一・Mark Cocker	285~290
R/V Joides Resolution 乗船レポート： 3度乗船したセディメントロジストの視線から垣間見えること	七山 太	231~238
つくば市谷田部の地名「福田坪」と「要害」の由来と地形・地質瞥見	杉山雄一	239~305
タイにおける地中熱ヒートポンプシステム実証試験	内田洋平	306~308
新刊紹介 日本の土 地質学が明かす黒土と縄文文化	七山 太	309~310
平成 27 年度日本粘土学会技術賞を受賞 一粘土および鉱物の脆弱試料に対する薄片作製法の開発— 産総研 地質調査総合センター地質情報基盤センター		310
GSJ 交差点		311

表紙説明

航空機から撮影された九州最南端大隅半島佐多岬の先端部分

大隅半島佐多岬は、九州最南端を構成し、大隅海峡（写真上）と錦江湾（写真下）に面している。海岸線は複雑に入り組み、海蝕崖が連なっている。この岬を構成する地層は、後期始新世～前期中新世に堆積した日南層群であり、四万十帯の西方延長部にあたる。これらは深海底で堆積した砂岩泥岩互層および乱堆積物を主体とし、その後の付加過程において様々な変形を被ったとされる。また、この岬の北部においては、中期中新世に大規模バソリスである大隅花崗閃緑岩体が貫入しており、広くホルンフェルス化している。

（写真・文：七山 太¹⁾ 1) 産総研 地質調査総合センター地質情報研究部門）

Cover Page

The headland of Cape Sata in Osumi Peninsula, southernmost part of Kyushu Island taken from an airplane.

(Photograph and caption by Futoshi Nanayama).

ジョージアカオリン鉱床 [口絵]

<荒岡大輔¹⁾・江島輝美¹⁾・森田沙綾香¹⁾・須藤定久¹⁾・月村勝宏¹⁾・高木哲一¹⁾・Mark Cocker²⁾>



第1図 ジョージア州アンダーソンビルにある Larkin 鉱山 (IMERYS 社). 上部から, 褐色のカオリン層 (中新世), 黄色のカオリン層 (始新世), 白色のカオリン層 (暁新世) となっている.



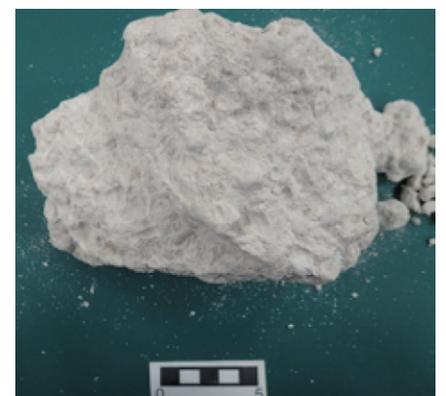
第2図 ジョージア州アンダーソンビルにある Carvender 鉱山 (IMERYS 社). 第1図の Larkin 鉱山と同じ層準となっている.



第3図 IMERYS 社プラントで生産している Al_2O_3 含有量 47 wt% の Mulcoa 製品.



第4図 Carvender 鉱山から採取した典型的なカオリン.



第5図 Carvender 鉱山から採取したポークサイト.

1) 産総研 地質調査総合センター 地圏資源環境研究部門
2) United States Geological Survey

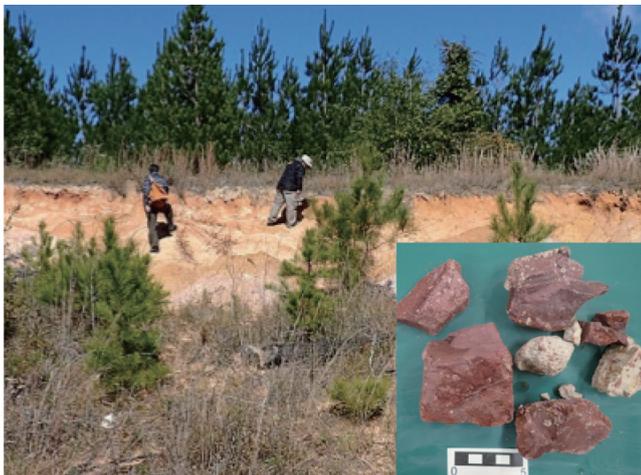
ARAOKA Daisuke, EJIMA Terumi, MORITA Sayaka, SUDO Sadahisa, TSUKIMURA Katsuhiko, TAKAGI Tetsuichi and Mark COCKER (2015) Georgia kaolin deposits [Pictorial].



第6図 ジョージア州アメリカス周辺の Tuscaloosa 層のカオリン露頭。斜交層理の発達する砂岩層の上の塊状無層理の厚層にカオリンが産出している。



第7図 Tuscaloosa 層中のカオリンに付随する粒状の鉄鉱物。



第8図 ジョージア州アメリカス周辺の Clayton 層のカオリン露頭。下部より色調の明るい厚さ数 m の層にカオリンが産出している。露頭のカオリンは不純物である鉄の影響で褐色を帯びている。



第9図 ジョージア州アメリカス周辺の Providence 層のカオリン露頭。成層砂岩および鉄鉱物層の下の明色塊状層にカオリンが産出している。



第10図 ジョージア州サンダーズビルにある IMERYS 社プラント。

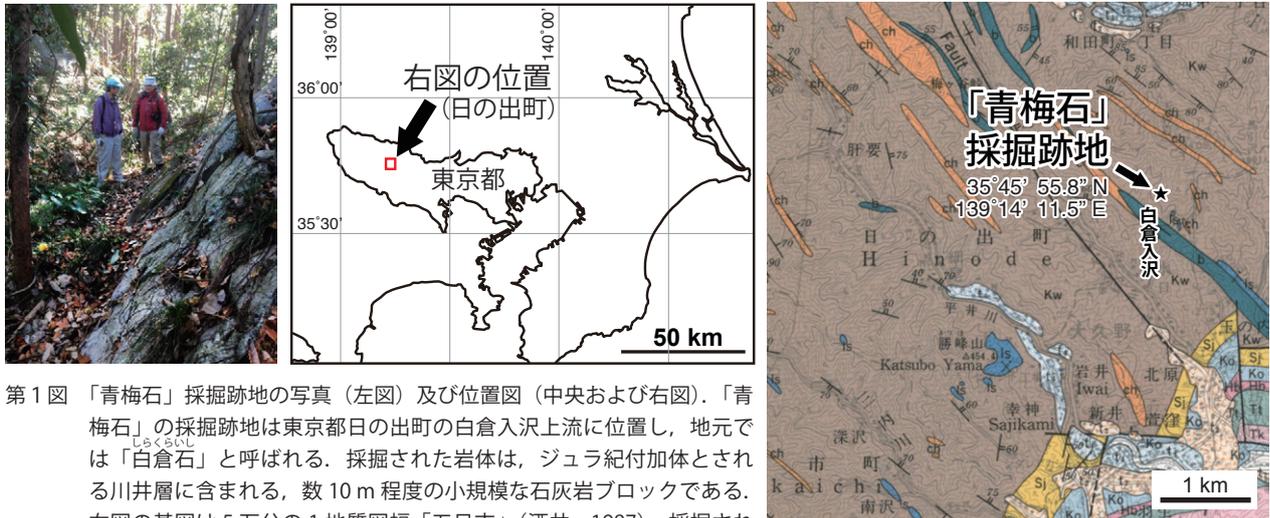


第11図 ジョージア州サンダーズビルにあるカオリン鉱山跡地 (IMERYS 社)。埋め立て後 15 年が経過している。

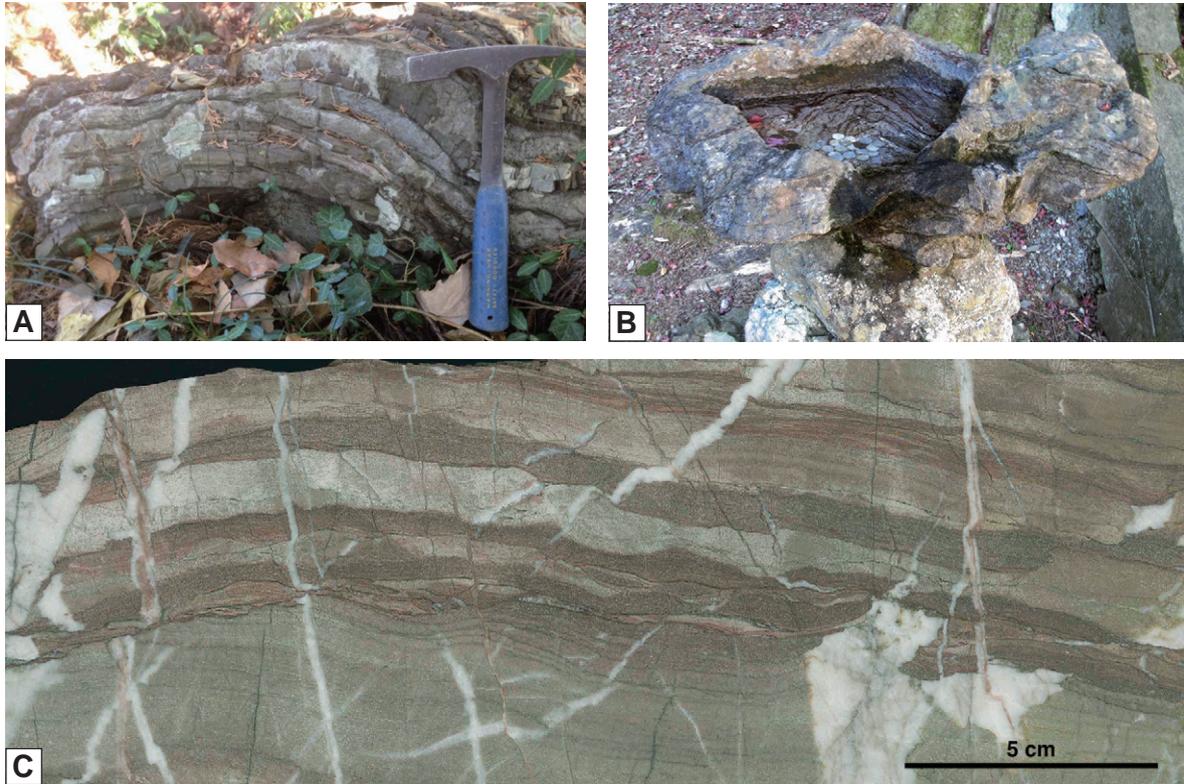
東京都日の出町産大理石石材「青梅石」

中澤 努¹⁾・上野勝美²⁾・乾 睦子³⁾・鎌田光美⁴⁾

東京都日の出町産の大理石石材「青梅石」は、昭和11年竣工の国会議事堂の内装に用いられた石材として高い関心が持たれているが（工藤ほか，1999；乾・北原，2009），その産地及び岩相の詳細は知られていなかった。筆者らはこのたび「青梅石」の採掘跡地を訪れ，石材に使用された石灰岩の岩相を検討したので紹介する。



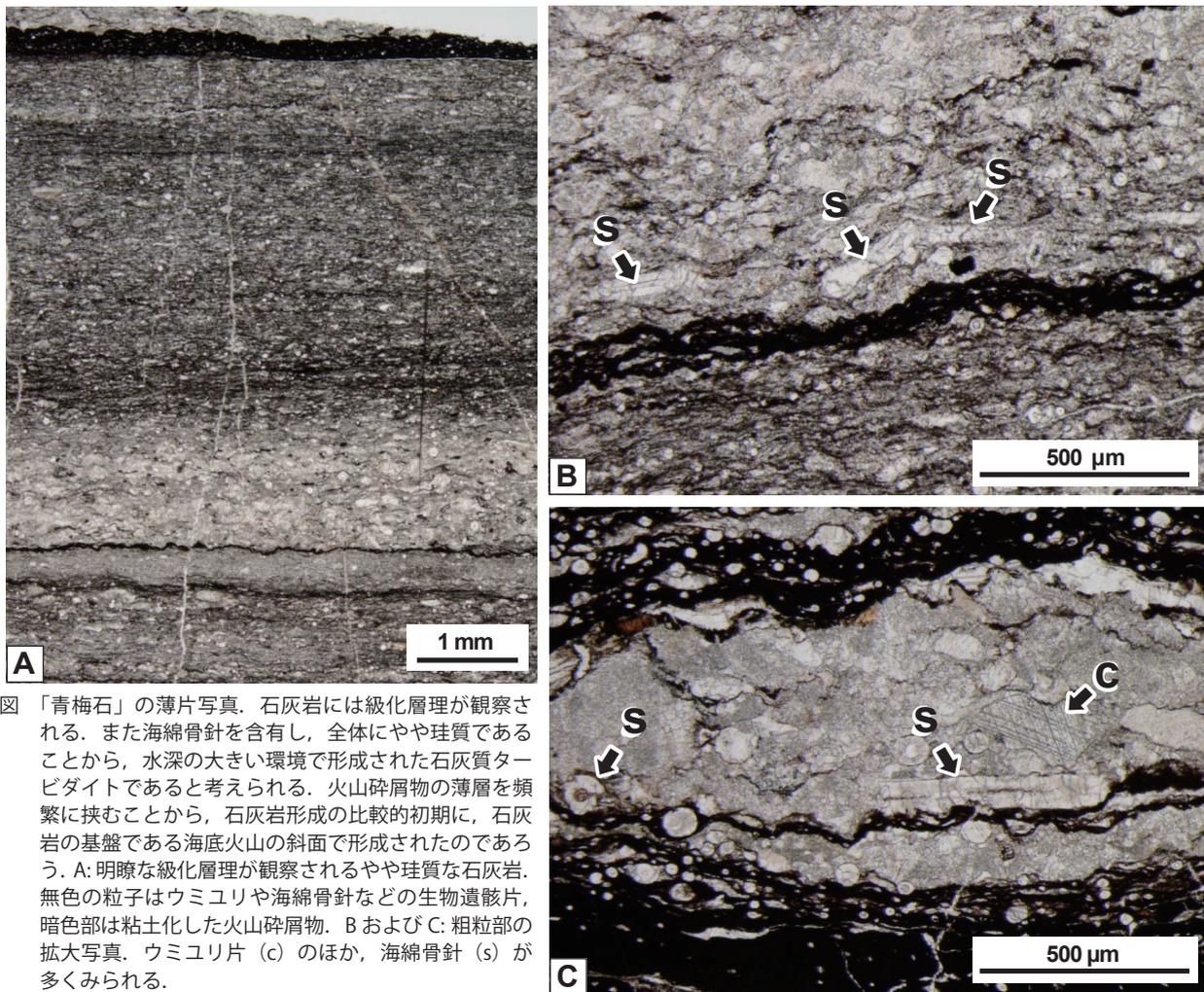
第1図 「青梅石」採掘跡地の写真（左図）及び位置図（中央および右図）。「青梅石」の採掘跡地は東京都日の出町の白倉入沢上流に位置し，地元では「白倉石」と呼ばれる。採掘された岩体は，ジュラ紀付加体とされる川井層に含まれる，数10 m程度の小規模な石灰岩ブロックである。右図の基図は5万分の1地質図幅「五日市」（酒井，1987）。採掘された石灰岩体は小規模なためこの地質図には表現されていない。Kw: 川井層含礫泥岩・砂岩互層及び砂岩，ch: チャート，b: 玄武岩，ls: 石灰岩，他の凡例は上記地質図幅を参照のこと。



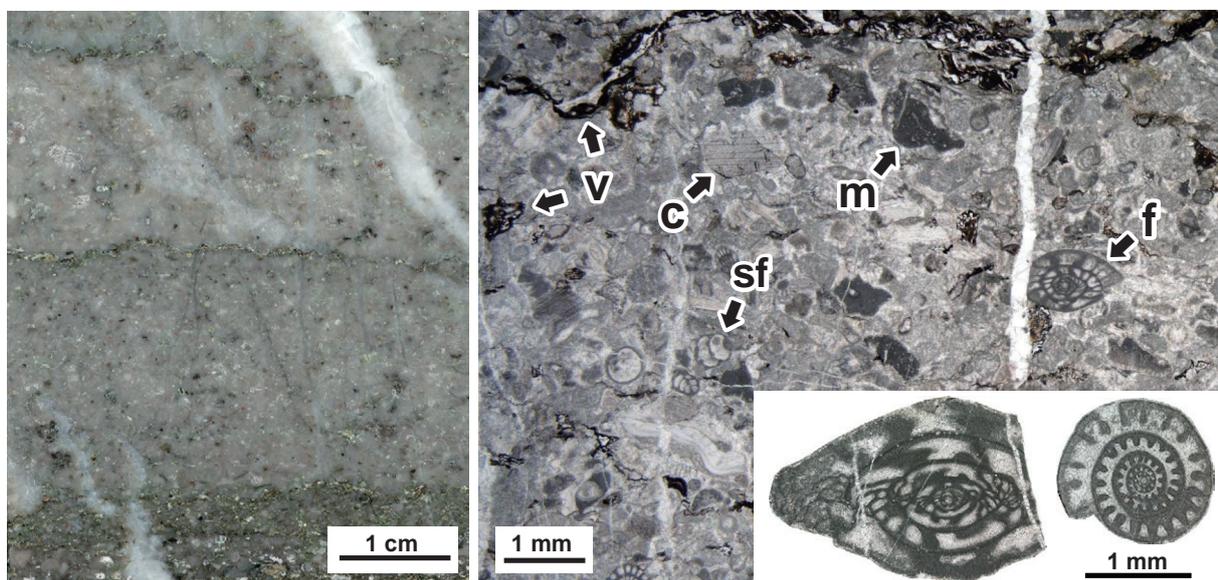
第2図 「青梅石」の岩相。A: 採掘跡地での露頭写真，珪質の石灰岩に火山碎屑物の薄層を挟み，全体に層状を呈する。B: 日の出町肝要の一護王神社の手水石に使用されている「青梅石」。採掘跡地にみられたものと同一の層状石灰岩を，自然の形状を活かして加工している。C: 採掘跡地で採取した「青梅石」の研磨面標本，火山碎屑物（赤褐色層）を頻りに挟む珪質の石灰岩からなる。カルサイトベインが多く発達する。

1) 産総研 地質調査総合センター 地質情報研究部門
 2) 福岡大学 理学部 地球圏科学科
 3) 国土庁 国土工学部
 4) 日の出町観光ガイドの会

NAKAZAWA Tsutomu, UENO Katsumi, INUI Mutsuko and KAMATA Mitsumi (2015) Building stone (limestone) "Ome-ishi" obtained from Hinode-machi, Tokyo, central Japan.



第3図 「青梅石」の薄片写真。石灰岩には級化層理が観察される。また海綿骨針を含有し、全体にやや珪質であることから、水深の大きい環境で形成された石灰質タービダイトであると考えられる。火山碎屑物の薄層を頻りに挟むことから、石灰岩形成の比較的初期に、石灰岩の基盤である海底火山の斜面で形成されたのであろう。A: 明瞭な級化層理が観察されるやや珪質な石灰岩。無色の粒子はウミユリや海綿骨針などの生物遺骸片、暗色部は粘土化した火山碎屑物。BおよびC: 粗粒部の拡大写真。ウミユリ片(c)のほか、海綿骨針(s)が多くみられる。



第4図 「青梅石」採掘跡地で採取した、やや粗粒な生物遺骸片からなる石灰岩 (bioclastic grainstone) の研磨面写真(左)と薄片写真(右)、及び産出するフズリナの薄片写真(右下)。採掘跡地には、典型的な縞状の「青梅石」のほか、海綿骨針をほとんど含まず、より粗粒な石灰質の生物遺骸片からなる塊状灰白色石灰岩もみられた。この石灰岩には後期石炭紀カシモビアン期のフズリナ *Montiparus matsumotoi* (Kanmera) (右下写真) を含むことから、「青梅石」採掘跡地の石灰岩体は主に上部石炭系(ペンシルバニアン亜系)からなると考えられる。f: フズリナ, sf: 小型有孔虫, c: ウミユリ, m: 微生物岩片, v: 火山碎屑物

文献

- 乾 睦子・北原 翔(2009)日本の建築用大理石石材と産地の現状. 地質学雑誌, 115, I-II.
 工藤 晃・大森昌衛・牛来正夫・中井 均(1999)新版 議事堂の石. 新日本出版社, 東京, 158p.
 酒井 彰(1987)五日市地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所, 75p.

ジョージアカオリン鉱床の概要

荒岡大輔¹⁾・江島輝美¹⁾・森田沙綾香¹⁾・須藤定久¹⁾・月村勝宏¹⁾・高木哲一¹⁾・Mark Cocker²⁾

1 はじめに

カオリンとは、地表付近に最も普遍的に産出する一群の粘土の総称で、結晶性のわずかな相違から、ハロイサイト、カオリナイト、ディッカイト、ナクライトなどに区分されます。一般に、長石が弱酸性から中性領域で変質・風化を受け、塩基類や鉄などが除かれ、カオリンが形成されます。このためカオリン鉱床は、長石に富む深成岩などを母材に、その熱水変質や風化によって形成されることがあります。また、この種のカオリンが浸食・運搬されて、堆積し、鉱床を形成することもあります。

カオリンは白色で、粒子が細かく扁平または板状であること、粘性を有し、焼結して磁器化すること、優れた耐薬品性・耐火性等を有することなど、多くの特徴を持っています。このため、陶磁器、耐火物、紙、インク、塗料、ゴム、プラスチック、接着剤、耐火材、触媒等、幅広い用途に利用されています。国内産カオリンでは国内需要を賅えず、海外からも多量のカオリンが輸入されています。

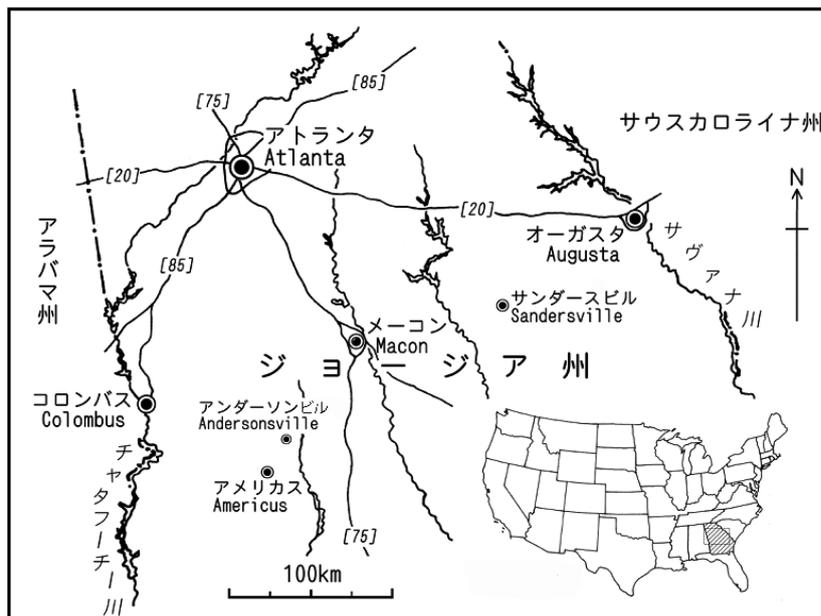
輸入カオリンの代表的なものに、「ジョージアカオリン」があります。アメリカ合衆国南東部、ジョージア州

に産出するカオリンです。カオリン鉱床は、ジョージア州の州都アトランタの南方にある都市であるアメリカス (Americus) からオーガスタ (Augusta) にかけて点在していて、大規模な堆積型鉱床として知られています (第1図)。輸入されたジョージアカオリンの物性に関する日本語での論文や解説はいくつかありますが (たとえば、刀根ほか, 1997; 川合ほか, 1999; 堀田ほか, 2000 など)、地質や鉱床・鉱山についての情報はほとんどありません。

筆者らは、2014年11月にジョージアカオリン鉱床の調査を実施する機会を得ました。本論では、ジョージアカオリン鉱床の地質概要や、鉱山や露頭でのカオリンの産状、カオリンの基本特性に関する基礎的分析の結果について簡単に紹介します。

2 地質概要

ジョージア州はアメリカ合衆国の南東部、アパラチア山脈の南端部の南東側の麓に位置しています (第1, 2図)。この地域は、白亜紀の頃にはほぼ現在のような地形となり、それ以降、アパラチア山脈から流下する堆積物が大西洋に

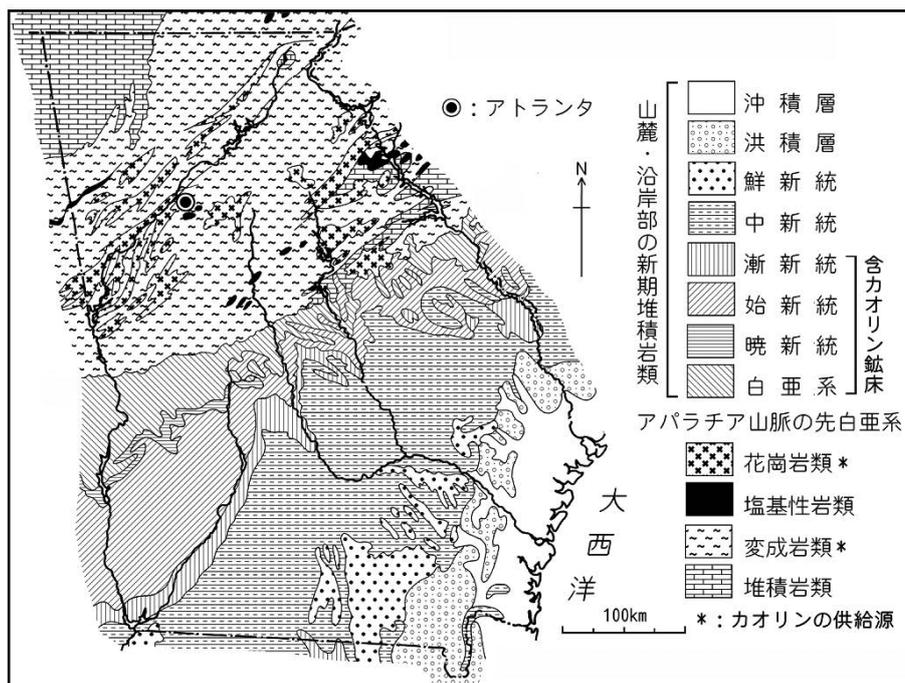


第1図 ジョージア州および州内の代表的な都市の位置図。

1) 産総研 地質調査総合センター地圏資源環境研究部門

2) United States Geological Survey

キーワード: ジョージアカオリン, 堆積型鉱床, アンダーソンビル (Andersonville), アメリカス (Americus), サンダースビル (Sandersville)



第2図 ジョージア州の地質概略図 (Lawton *et al.*, 1976 を簡略化).

流下し堆積する場となってきたようです(第2図)。これらの堆積物は、一般に大西洋に向かって徐々に厚くなっています。カオリンが堆積した後期白亜紀から中新世には、世界的に海水準が大きく変動し、海進や海退が繰り返され、礫岩から砂岩、シルト岩、粘土岩まで様々な地層が形成されました(第2図)。さらに、陸化による浸食期もあり、いくつかの大きな不整合が挟まれています。特に白亜紀と古第三紀の境界や始新世の中期と後期の境界等には顕著な不整合が見られます。一般的には、後期始新世は海成層で、それより古い地層は陸成層や浅海成層となっています。堆積場所も三角州、河口、三日月湖などの河川から、礁湖、大陸沿岸域、大陸棚まで多様だったようです。

ジョージアカオリン鉱床は、これらの地層中に厚さ2mから15mのレンズ状または層状の形で賦存しています。商業ベースで採掘できる鉱床は、中生代白亜紀、古第三紀暁新世および始新世の地層だけに存在しています(第2図)。それらの鉱床は、アパラチア山脈の長石質結晶片岩が風化してできたカオリンが海岸に運ばれ堆積し、さらに堆積後も様々な条件で度々風化を受けカオリン化が一層進行し、良質なカオリン層が形成されたと考えられています(Kogel *et al.*, 2002)。

これらのカオリン鉱床には古くから、副成分鉱物としてジルコン、電気石、緑簾石、十字石、藍晶石、チタン酸化物、モナズ石、珪線石、スピネル等の重鉱物の存在が知られています(Friddell, 1981)。また、トリウム濃度が高い

との報告もあり(Conley *et al.*, 1975)、前期白亜紀のカオリンでは平均17.6ppmのトリウムが含まれており、0.5 μ m以下の細粒子では75ppmに達するとされています。このトリウムは副成分鉱物であるチタン酸化物に含まれていると考えられているようです(Dombrowski, 1982)。

3 カオリン鉱山・露頭でのカオリンの産状と分析結果

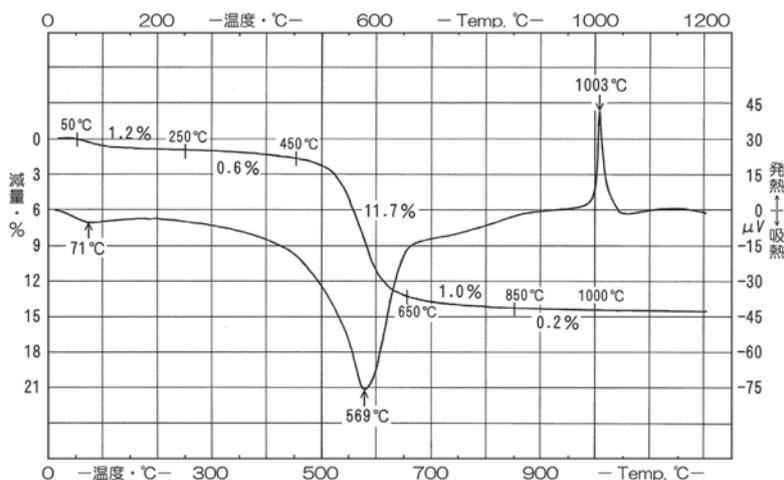
今回は、ジョージア州中部の3地域を訪問し、調査と試料採取を行いました(第1図)。まず、州都アトランタから南へ200kmほどにあるアンダーソンビル(Ander-sonville)を訪ね、IMERYS社のカオリン鉱山2ヶ所で調査と試料採取を行い、同社のプラントも見学しました。その後、南西に隣接するアメリカスに移動し、その西郊外のカオリン露頭で観察と試料採取を行いました。次に、アメリカスから100kmほど北西にあるサンダースビル(Sand-ersville)に移動し、IMERYS社のカオリン鉱山とプラントを見学した後、周辺のカオリン露頭で観察・試料採取を実施しました。

以下の各項で、各地点での観察結果を概説するとともに、採取試料について構成鉱物や化学組成を把握するために行った熱分析、粉末X線回折(XRD)分析、蛍光X線(XRF)分析の試験結果の概要も記述します。なお、試験方法は以下の通りです。

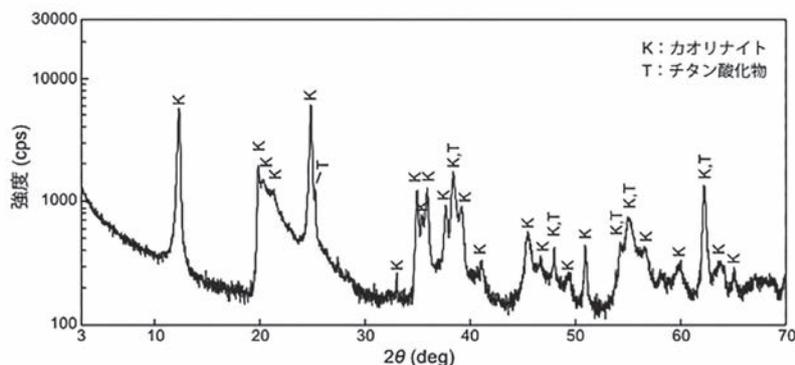
まず、全試料を60 $^{\circ}$ Cで24時間乾燥後、ロック・トリ

第1表 IMERYS社のMulcoa製品中のAl₂O₃、SiO₂含有量と鉱物同定結果.

試料番号	Al ₂ O ₃ 含有量 (wt%)	SiO ₂ 含有量 (wt%)	鉱物同定結果
A	45	50	ムライト, 石英, クリストバライト, チタン酸化物
B	63	32	ムライト, 石英, コランダム, チタン酸化物
C	71	25	ムライト, コランダム, チタン酸化物



第3図 Carvender 鉱山から採取した代表的なカオリン試料の熱分析結果.



第4図 Carvender 鉱山から採取した代表的なカオリン試料の粉末X線回折パターン.

マーおよびハンマーによる粗粉碎, 全自動粉碎装置 (HPM, HERZOG 社) によって微粉碎を行い試験試料としました. 熱分析は, 示差熱熱重量同時測定 (TG-DTA) による分析で, リガク社製 Thermo Plus TG8110 を使用し, 試料量 50 mg, 昇温速度は 20 °C / 分としました. XRD 分析では, リガク社製 SmartLab 粉末 X 線回折装置を使用し, X 線電圧 40 kV, 電流 200 mA, 走査速度 10°/分, 2θ = 3 ~ 70° の条件で測定し, 解析ソフトはリガク社製の PDXL2.1 を使用しました. XRF 分析では, 卓上ガラスビードサンプラー (HAG-M-HF, HERZOG 社) を用いてガラスビードサンプルを作成し, リガク社製 ZSX Primus III+ を用いて, 電圧 50 kV, 電流 50 mA で分析を行い, 検量線法により主成分 10 元素 (SiO₂, TiO₂, Al₂O₃, tFe₂O₃, MnO, MgO, CaO, Na₂O, K₂O, P₂O₅) の定量を行いました.

3. 1 アンダーソンビルのIMERYS社プラントとその製品

IMERYS 社では, 鉱山で採掘したカオリン鉱石から「Mulcoa」(口絵第3図) という製品を製造・販売しています. 「Mulcoa」は IMERYS 社がカオリンを原料として合成したムライト (Mulite: Al₆O₁₃Si₂) の商品名で, カオリン鉱石をキルンで 1470 °C ~ 1600 °C で 2 時間ほど焙焼し, Al₂O₃ の含有量を 45 wt% ~ 70 wt% に調整した Mulcoa 製品を製造しています. また, 製品毎に粗いもの (1 ~ 2 mm) から, 細粒のもの (40 μm) までさまざまなものが製造されています.

今回いただいた Mulcoa 製品のうち, Al₂O₃ 含有量が 47 wt%, 60 wt%, 70 wt% の製品 (それぞれ A, B, C と呼ぶ) の化学組成および鉱物組み合わせを比較すると, 第1表のようになりました. また, Al₂O₃, SiO₂ 以外の不純物は TiO₂ (2 ~ 3 wt%), Fe₂O₃ (1 wt% 前後) が検出されま

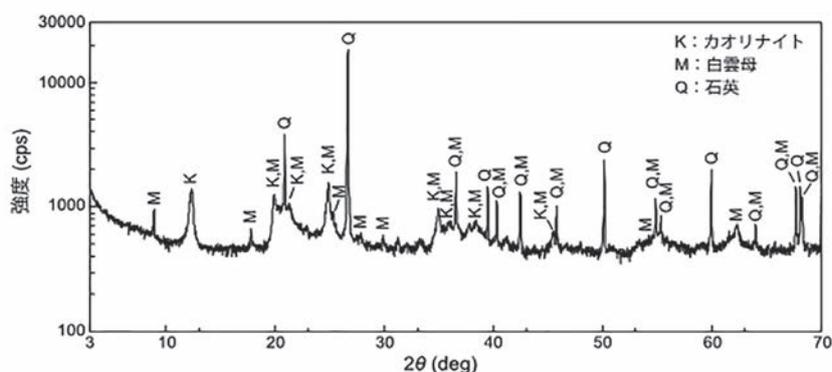
第2表 アメリカス周辺域における層序区分 (Cocker and Costello, 2003 を改訂).

地質時代		層
第四紀	完新世	沖積層
	更新世	
新第三紀	鮮新世	-----
	中新世	Altamaha層
古第三紀	始新世から漸新世	始新世から漸新世の石灰岩の残留物
		Ocmulgee層/Williston層/Muckalee層
	始新世	Clinchfield層
		Perry層/Lisbon層/Tallahatta層
		Hatchetigbee層
	暁新世	Tuscahoma層
		Nanafalia層/Baker Hill層

Porters Creek層/Clayton層		
白亜紀	後期	Providence層
		Ripley層/Cusseta層

	前期	Blufftown層
		Eutaw層
		Tuscaloosa層
		未区分

各地層間の実線は整合、破線は不整合関係を示しています。



第5図 アメリカス周辺のカオリン露頭から採取した代表的なカオリン試料の粉末X線回折パターン。

した。以上の結果から、Mulcoa 製品はムライトを主成分とし、Al₂O₃ 含有量が厳密に管理されており、Al₂O₃ 含有量が70 wt% のものはほとんどムライトが占めていることがうかがえました。また、チタンや鉄などの成分も少量ではあるが製品中に含まれていることがうかがえました。

3.2 アンダーソンビルのカオリン鉱山

IMERYS 社はプラント周辺に多数のカオリン鉱山 (採掘場) を所有しており、1日で6000トン、年間で100万トンを採掘し、現在30年分の埋蔵量を確保しているとのこと。今回はカオリン鉱山のうち、Larkin 鉱山と Carvender 鉱山

を訪問しました。

Larkin 鉱山では、採掘場の広さは90 m × 45 mで、高さ20 mほどの採掘崖ができており、そこにはほぼ水平な地層が露出していました。上部から褐色層(中新世)、黄色層(始新世)、白色層(暁新世)となっています(口絵第1図)。また、この白色のカオリン層はさらに60 m下方まで続いているとの説明でした。カオリン層には遠くから見ると平行層理がくっきりと見えますが、近づくともみだりとなり、判然としなくなります。カオリン塊をみると灰色・均質で、未乾燥の水分を含んだ状態では若干の粘性があり、カッターナイフで容易にスライスできる程度の硬さでした。今回は、現在の採掘

崖の最下部である暁新世の白色層から典型的なカオリン試料を採取し、分析を行いました。

Carvender 鉱山は Larkin 鉱山と同規模で、同じ層準が観察されました（口絵第 2 図）。Carvender 鉱山では採掘が行われている層準から典型的なカオリン（口絵第 4 図）の他に、ポーキサイト（口絵第 5 図）や、直径数 mm ～ 1 cm 程度の黄鉄鉱と思われる硬い球状の塊も見られました。これらはカオリン層中にあり、ポーキサイトは豆状でカオリンに比べてざらざらしていますし、黄鉄鉱はこれらに比べて硬くて重いため、見た目や触った感触で容易に区別可能でした。これらについても試料を採取し分析を行いました。

採取した試料の熱分析では、カオリナイト特有の加熱による質量変化および吸熱・発熱反応が観察されました（第 3 図）。また XRD 分析では、全てのカオリン試料でカオリナイトまたはハロイサイトが（第 4 図）、多くの試料でチタン酸化物が同定され（第 4 図）、一部の試料では白雲母や沸石が同定されました。両鉱山のカオリン試料の化学組成は、 SiO_2 が 43 ～ 44 wt%、 Al_2O_3 が 38 ～ 39 wt% と均質で、カオリナイトの理想式から計算される化学組成（ SiO_2 : 47 wt%、 Al_2O_3 : 40 wt%）とほぼ同等でした。 TiO_2 、 Fe_2O_3 は共に 1 ～ 2 wt% 程度含まれており、これが最終的に Mulcoa 製品にも残留していることがうかがえました。

ポーキサイト試料ではギブサイト、カオリナイトまたはハロイサイトが多く含まれ、一部試料ではチタン酸化物、沸石、石英も同定されました。化学組成は SiO_2 が 20 ～ 23 wt%、 Al_2O_3 が 53 ～ 54 wt% で一般的なポーキサイト（ Al_2O_3 : 52 ～ 57 wt%）と同等の品位でした。

黄鉄鉱と思われる試料では、黄鉄鉱と沸石が同定されましたが、化学組成は鉄以外の元素含有量が低いことから、ほとんどが黄鉄鉱で構成されているようです。

3.3 アメリカス周辺のカオリン露頭

アンダーソンビル西方に位置する都市であるアメリカス周辺には多数のカオリン露頭が見られます。今回の調査では、著者の一人 Dr. Mark Cocker 氏（アメリカ地質調査所：USGS）の案内で、露頭の観察および試料採取を行いました。

本地域の層序区分は第 2 表のようにまとめられており（Cocker and Cosello, 2003）、観察した数カ所の露頭で新第三紀から白亜紀にかけての層序が概ね観察できました。

これらの地層の中で堆積性のカオリンに富む層が認められたのは、中新世の Altamaha 層、始新世の Tuscaloosa

層（口絵第 6 図）および Nanafalia 層、暁新世の Clayton 層（口絵第 8 図）、白亜紀後期の Providence 層（口絵第 9 図）でした。それぞれの層準の代表的な露頭でカオリン試料を採取し、分析を行いました（口絵第 8 図）。また、各層準には針鉄鉱と思われる鉄鉱物からなる厚さ数 cm の層や、直径 1 cm 程度の粒状の鉄鉱物が産出しており、これらも採取・分析を行いました（口絵第 7 図）。また、アメリカス西部の Curthbert 地域の近くには Garner という古いポーキサイト鉱山跡も見られました。

採取した試料の XRD 分析では、全てのカオリン試料でカオリナイトまたはハロイサイト、石英が同定され（第 5 図）、多くの試料で白雲母やチタン酸化物が同定されました（第 5 図）。一部の試料では鉄酸化物やモンモリロナイトも同定されました。化学組成は、 SiO_2 が 49 ～ 76 wt%、 Al_2O_3 が 13 ～ 30 wt% と、採取した層準や試料によって大きな幅があり、純粋なカオリナイトよりも SiO_2 が多く Al_2O_3 が少ない結果が得られました。また、 K_2O もカオリン試料中に 1 wt% 程度含まれており、 Fe_2O_3 も 2 ～ 10 wt% と、鉱山から採取したカオリンよりも不純物が多い結果でした。露頭に産出するカオリンは石英や白雲母が容易に観察されるように、見た目にも不均質で、不純物を多分に含んでいるのがわかりますが、分析の結果からも品質や均質性は鉱山で採掘されているカオリンに比べて明らかに劣っており、商業採掘にいたらないことが明白でした。

針鉄鉱と思われる試料では、針鉄鉱と石英が普遍的に含まれ、一部の試料でカオリナイトまたはハロイサイト、白雲母、沸石が同定されました。化学組成は、 Fe_2O_3 は 38 ～ 50 wt%、 SiO_2 は 26 ～ 42 wt%、 Al_2O_3 は 10 ～ 16 wt% であり、針鉄鉱や石英を主な鉱物として構成されていることがわかりました。

3.4 サンダースビルのカオリン鉱山および周辺露頭

サンダースビルにも IMERYS 社のプラントおよびカオリン鉱山があり、これらを見学しました（口絵第 10 図）。近郊のカオリン鉱山全体での可採年数は現在のところ 20 年ほどと見積もられており、採掘が終了した鉱山跡地も複数見られました（口絵第 11 図）。IMERYS 社では、終掘した鉱山の土地を元の景観に復元させるための事業（Reclamation）を行っていました。ちなみに、見学した終掘地（口絵第 11 図）は埋め立ててから 15 年ほど経過した土地でした。今回の調査では、鉱山側から試料採取の許可が得られず、野外観察のみでした。採掘場はアンダーソンビルのカオリン鉱山と同様の規模で、高さ 20 m ほどの採掘崖には厚さ 12 m ほどの白

色のカオリン層が露出していました。

また、サンダースビル周辺にもカオリンの露頭がいくつか見られました。露頭で見られた層準は不明ですが、これらの露頭からもカオリン試料を採取し、分析を行いました。全てのカオリン試料にカオリナイトまたはハロイサイト、石英が含まれていました。その他、白雲母、チタン酸化物、鉄酸化物、沸石が同定されました。化学組成は、 SiO_2 が 46 ~ 60 wt%, Al_2O_3 が 19 ~ 38 wt% と、純粋なカオリナイトよりも SiO_2 が多く Al_2O_3 が少ないものの、アメリカス周辺の露頭に比べてカオリンが占める割合は多いようです。このようにサンダースビル周辺の露頭のカオリンは、かなり上質なものであるものの、鉱山で採掘されるカオリンには劣り、現時点では商業的な開発にいたっていないようです。

4 まとめ

筆者らは 2014 年にジョージアカオリンの鉱床を訪問する機会を得たため、ジョージアカオリンの鉱床に関する地質概要、カオリン鉱山や露頭におけるカオリンの産状、採取試料の各種特性などについて本稿にて簡単に解説しました。

IMERYS 社のプラントでは、鉱山から採掘したカオリンを原料として、「Mulcoa」というムライトを主成分とした製品を生産していました。 Al_2O_3 含有量や粒径が調整され、様々な規格品が出荷されていました。

プラント周辺のカオリン鉱山で採掘されているカオリンは、 Al_2O_3 含有量をみても非常に均質で、熱分析、鉱物同定、化学組成分析の結果からも不純物をほとんど含まない良質なカオリンであることがうかがえました。しかし、カオリンに含まれる少量のチタン酸化物は除去されず、Mulcoa 製品中に残留しているようです。

アメリカスやサンダースビル周辺の露頭のカオリンは、見た目にも石英や白雲母を含み、実際に鉱山で採掘されるカオリンに比べてカリウムや鉄などの不純物も多く含まれ、純度が低いことは一目瞭然でした。

また、アンダーソンビルのカオリン鉱山では局所的ですがボーキサイトや黄鉄鉱が、アメリカス周辺の露頭では針鉄鉱の層や直径 1 cm 程度の針鉄鉱塊も見られました。これらの違いは、カオリン層の堆積環境の違いや元の堆積物の組成の違いを反映していると思われます。

最後に、今回の調査では IMERYS 社の Jessica E. Kogel 氏、Jeremy Andrew 氏、および Paul V. Hall 氏にプラントおよび鉱山の案内をしていただきました。ここに記して深く感謝します。

文 献

- Cocker, M. D. and Costello, J. O. (2003) Geology of the Americus area, Georgia. *Georgia Geological Society Guidebooks*, 23, 70p.
- Conley, R. F., Towell, D. G. and Murray, H. H. (1975) Radiochemistry of the Georgia kaolins. *Abstract, Association Intenationale Pour L'Etude de Argiles, Mexico City, July 16-23, 1975*.
- Dombrowski, T. (1982) Abundance, distribution, and origin of thorium in the Georgia kaolins. *M. S. Thesis, Indiana University*, 170p.
- Friddell, M. S. (1981) A study of the mineralogy of selected Cretaceous and Tertiary kaolins of central and eastern Georgia. *M. S. Thesis, Georgia Institute of Technology*.
- 堀田裕司・伴野 巧・野村祐二・佐野三郎・小田喜一 (2000) ジョージアカオリンの可塑性に及ぼすモンモリロナイトの影響. *日本セラミックス協会学術論文誌*, 108, 318-320.
- 川合秀治・市川ゆかり・石田秀輝・芝崎靖雄・小田喜一 (1999) ジョージアカオリンの可塑性に対する加熱処理の影響. *日本セラミックス協会学術論文誌*, 107, 990-993.
- Kogel, J. E., Pickering, S. M. Jr., Shelobolina, E., Chowns, T., Yuan, J. and Avant, D. M. Jr. (2002) *The Georgia Kaolins, Geology and Utilization*. The Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc., 84p.
- Lawton, D. E. and others (1976) *Geological map of Georgia*. Georgia Geological Survey, scale = 1:500,000.
- 刃根如人・芝崎靖雄・山本 治 (1997) ジョージアカオリンの表面イオン交換とレオロジー特性. *日本セラミックス協会学術論文誌*, 105, 228-232.

ARAOKA Daisuke, EJIMA Terumi, MORITA Sayaka, SUDO Sadahisa, TSUKIMURA Katsuhiko, TAKAGI Tetsuichi and Mark COCKER (2015) Overview of Georgia kaolin deposits.

(受付: 2015 年 6 月 11 日)

R/V Joides Resolution 乗船レポート：

3 度乗船したセディメントロジストの
視線から垣間見えること七山 太¹⁾

1. 私と JR

R/V Joides Resolution(以下, JR)は, アメリカのライザーレス深海掘削調査船である(第1図)。もともと民間の石油掘削船であったが, 1984年に研究船に改造され, 現在も NSF(アメリカ科学財団)の予算で運行を続けている。我が国の誇るライザー深海掘削調査船 R/V CHIKYU がデビューするまでは, 世界最大級の掘削調査船でもあった。

私は, 1994年の九州大学学振特別研究員 PD 時代に1度, 産業技術総合研究所(以下, 産総研)の常勤研究員となって, 2004年と2011~2012年の2度, 計3度も米国科学掘削調査船である R/V Joides Resolution(以下, JR; 第1図)に乗船させて頂く機会を, JDESC 関係者に与えて頂いた。20年前も現在も, 私は英語が堪能とはいいがたいが, 少なくとも乗船研究者(On-board Scientist)としては最低限の義務を果たしてきた自負だけはある。しかし, 乗船中の労働量は, 乗船する度に明らかに増えており, 1994年の国際深海掘削計画第155次掘削航海(以下, ODP Leg 155)「アマゾン海底扇状地」乗船時に(七山ほか, 1996), カナダ地質調査所の David Piper 博士, アメリカ地質調査所の故 Bill Normark 博士, カナダニューファンドランド・セントジョーンズ記念大学の Rick Hiscott 教授ら世界の名だたるセディメントロジスト(Sedimentologist)と砂泥にまみれて凄く楽しめたという実感も, 乗船を重ねる度に薄くなってきている。もちろん, 1994年以降, 私自身が老化し, 体力や気力が大幅に衰退してきたことも原因の一つではあるのだが・・・

本稿は, セディメントロジストとして計3回 JR に乗船した私の視線から見た船上の様子を, エッセイ風にレポートしてみた文章である。もちろん私が乗船した3度の航海は, 主に古海洋を研究テーマとするソフトセディメントが対象であり, ハードロックをメインとした深掘りの掘削航海とは違った世界であることを予め申し添えておく。深



第1図 リスボン港に寄港した R/V Joides Resolution.

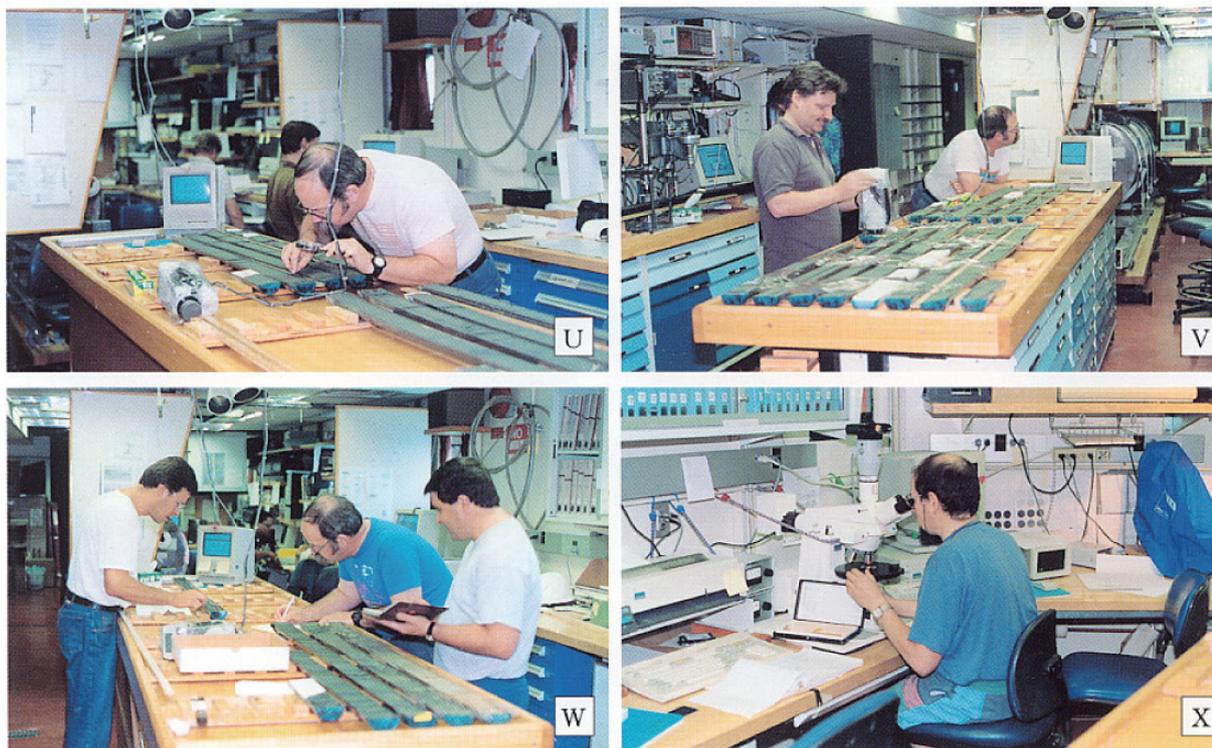
掘りするハードロック航海では, サイト数も少なく, コアの回収時間もかかるし, その回収率も悪いはずなので, もっとのんびりした雰囲気なのだと思像している。

2. JR への三度目の乗船

2011年11月から2012年1月に行われた統合国際深海掘削計画第339次掘削航海(以下, IODP Exp. 339)「地中海流出水の歴史と気候変動とのかかわりの究明」に, 日本の JDESC 側から派遣される6名の研究者枠に欠員が生じたため, 急遽3度目の JR 乗船機会が私に与えられた。この航海はスペイン・ビーゴ大学(現在, ロンドン大学ロイヤル・ホロウェイ校)の Javier Hernández-Molina 教授と英国ヘリオット・ワット大学の Dorrik Stow 教授が共同首席研究者を務め, 日本を含む14か国から35名の研究者が乗船した。この航海では, 特に地中海の塩分濃度の高い底層水がジブラルタル海峡から北大西洋に流れ出る地中海流出水が作り出す強い流れによってできるコンターライト(Contourite)と呼ばれる底層流の掃流力によって生じた砂質堆積物をメインターゲットとして, 不攪乱コアが総延長5000mも回収された。これらのコアから過去約

1) 産総研 地質調査総合センター地質情報研究部門

キーワード：R/V Joides Resolution, 乗船レポート, セディメントロジスト, コアラボ, コア記載ラボ



第2図 ODP Leg 155 当時のコア記載ラボの風景. 地質ニュース no.505, 口絵から転写した.

500 万年間の地中海流出水の歴史が詳細に解明され、この海底の流れと気候変動とのかわり方が明らかになった。この Exp. 339 の研究成果は、既に Science に誌上発表されているので、ご関心のある方は Hernández-Molina *et al.* (2014) をご参照頂きたい。

私は、Exp. 339 は 2006 ~ 2008 年の JR 改造後初めての乗船となったが、17 年前にアマゾン海底扇状地掘削航海で経験したセディメントロジストの負担の重さは、その後も大して変わりはないように感じた。各航海において、セディメントロジストの仕事は 12 時間交代のシフト毎に 4 ~ 5 名がインターナショナルチームを作って、約 2 ヶ月間休日無しで、ぶっ通しで行う事が通例である。言語、教育レベル、経験の違いもあり、意見調整が難航する事が多い。乗船研究者枠の関係で、堆積学が専門ではない研究者も配置されることもある。

セディメントロジストの仕事は万国共通である。しかし言葉の壁は何よりも大きい。また、国民性の違いも明確にある。アメリカ人は何事にも意見を率先して述べ、リーダーシップを取りたがる傾向が強い。日本人は英語がそれほど堪能でないことが多いので、アメリカ人の好きな議論よりも、ひたすら寡黙に実務をこなすことによって、貢献している人が多い。ドイツ人は堅実で真面目な研究者が多い。イギリス人はアメリカ人よりもウイットに富んだ議論が好

きなようだ。一方、ラテン系の研究者は、たとえ自分の担当時間であっても、議論と情報収集と称して他のラボを徘徊して周り、辛い実務は適当にしか分担しない傾向があるように思われる。

また、微化石学者 (Micropaleontologist) のサイトレポートは、各サイトの最初に掘る Hole A のコアキャッチャー試料からサンプリングして検鏡同定し、大まかな堆積年代を決めるだけで十分とされるが、セディメントロジストにおいては Hole A を手始めとして全ての孔井の全ての回収コア記載が義務として課せられるため、他分野よりもより厳しい労働条件となっている。最近では各サイトで欠落のない完全 (コンポジット) セクションを確立するため、1 サイトで 4 ~ 5 孔掘削するのも普通のことになっている。

しかも掘削技術の大幅な改善により、1994 年の航海に比べてコアのアーティファクトが減り、回収率が著しく向上しているように思えた。特に、海底表層の未固結 ~ 半固結状態の地層を不攪乱で回収できる APC (Advanced Piston Corer) の開発によって、砂層であっても回収率が高くなったようにお見受けする。船上において、堆積学者や古地磁気学者はドリルで回転させて掘削する XCB (Extended Core Barrel) よりも、可能な限り APC による掘削を希望することが多い。XCB で掘るとコアがビスケット状に変形し、初生的な堆積構造が消される場合も多いからである。

3. コア記載ラボの今昔

この章では、我々セディメントロジストの主戦場であるコア記載ラボ(Core description Lab)付近の改変に関して、私見を述べることにする。

第2図は私が始めてJRに乗船した1994年に撮影し地質ニュース505号にグラビアとして投稿したもの(七山, 1996)を転写したものである。ODP Leg 155においては、セディメントロジストの仕事の手始めとして、まずテクニシャンが半割して記載用テーブルに置いたアーカイブ(保存用)コアの表面をスクリーパーで削り、子細にコア観察を行い(写真U)、手書きでVCD(Visual Core Description; コア観察と記載ノート)の誌面の空欄を埋め、イラストレーターを使ってサイトごとの堆積柱状図をまとめる手順で作業を行っていた。彩度・明度の測定もアーカイブコアにラップを張って分光測色計(Minolta CM-2002 Spectrometer)を手作業で5cmごとにあてて計測していた(写真V)。さらに写真Vをよく見ると記載テーブル奥に古地磁気ラボ(Paleomagnetism Lab)とコア毎の写真をテクニシャンが撮る撮影台、左手に堆積物物性ラボ(Physical Property Lab)があったことが読み取れる。空間は広々としていて5名のセディメントロジストチームで作業をしても余るほどスペースに余裕があった。

第3図は2004年にIODP第306次掘削航海(IODP Exp. 306)「北大西洋古気候」(Stein *et al.*, 2006)の乗船時に撮影されたコア記載ラボ周辺の写真である。ラボの配置や記載テーブルは基本的にLeg 155当時のままであった。しかし、写真右手には分光測色計(Minolta CM-2002 Spectrometer)が固定化されたAMSTが導入されていた。ただし、この機器はテクニシャンによる開発途上のためか航海中も頻繁に故障し、その度にこの航海の共同首席研究者であったJAMSTECの金松敏也氏が、仕事の合間に予備用の分光測色計をもって来て、手動で計測していた。

第4図はExp. 306乗船時に撮影された写真であるが、テクニシャンが使用していたアーカイブコア撮影台は撤去され、代わりにGeotek X-Y Imaging System(Geoscan II)と呼ばれるデジタルカラーイメージ(Digital Color Imaging)装置が導入されていた。ただし、当時この撮影操作は我々セディメントロジストではなく、コアラボ担当のテクニシャンがコアフロー中のルーチンワークとして行っていたと記憶している。

さて、JR改造後のExp. 339になってコア記載ラボは、コアラボ全体の大規模改修に伴い大幅に変化していた。私



第3図 IODP Exp. 306当時のコア記載ラボの風景。左手が堆積物物性ラボ、奥が古地磁気ラボであり、第2図との比較によりODP Leg 155当時と基本的な配置は変わっていないことが分かる。

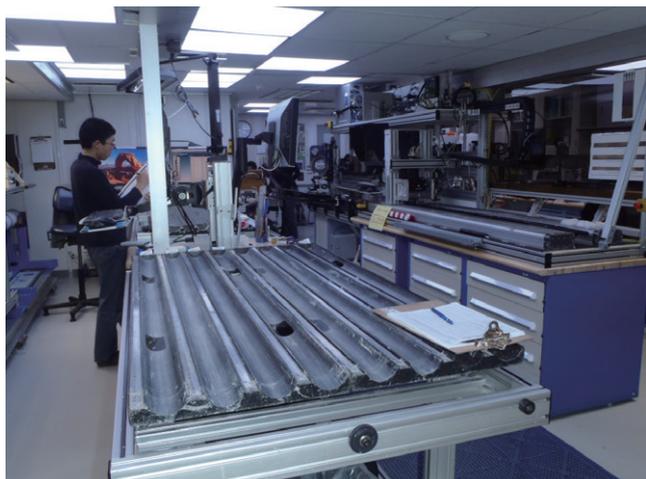


第4図 IODP Exp. 306当時のコア記載ラボの風景。

は直感的に、一人あたりの研究者に与えられた空間が狭くなったと感じ取った。大画面、大音量でビデオを見たり、お菓子を食べながらソファで毛布を被って仮眠することが出来た娯楽室も無くなっていった。おそらく微生物ラボ(Microbiology Lab)新設のために、リекреーションスペースが大幅に縮小されたのであろうか。

Exp. 306当時はフロアが異なり比較的自由的なラボであった微化石ラボも古地磁気フロア横のコアラボのフロア(Core Deck)に移設されていた。コア記載ラボの記載用テーブルもアルミ製で高さ変動できるようにはなっていたが、以前と比べ安定感が薄れたような気がする。スケールもテーブルに設置されてはおらず、セロハンテープで張る形式に変わっていた。記載テーブルには、照明と一体化した大型拡大レンズおよびデータ入力用のパソコン、ディスプレイ、キーボードが設置され、コア観察を行いながらデータ入力が可能となっており、一見機能的にも見える。

これに加えてSHIL(Section Half Image Logger)と呼ばれるGeoscan IIの後継機種であるDigital Color Imaging



第5図 IODP Exp. 339 でのコア記載ラボの風景。右手奥には Digital Color Imaging 装置, SHIL が新設されている。

装置（第5図）と SMISL (Section Half Multi Sensor Logger) と呼ばれる帯磁率と彩度・明度を同時に計測できるマルチセンサーコアロガー（第6図）が新たに導入されていた。後者から得られたデータはセディメントロジストというよりも堆積物物性研究者（Physical Propertist）や層序対比研究者（Stratigraphic Correlator）が使用することが多いようにも思える。

総じて、船内システムの OA 化が進み、その一方でコアラボで研究者を支援するテクニシャンの数が減ったため、逆に研究者の負担が増えたと私は感じ取った。

4. DESCLogic を用いたコア記載

コア記載ラボの他方の大きな変革は DESCLogic という VCD やスミアスライド観察データをエクセル様のセルに入力することをコンセプトに開発された VCD 入力システムが導入されたことにある。このシステムは JR 船内の DB システムである LIMS を通じて他の研究分野のデータとリンクされており、船内の分析データが一括管理しやすく他分野のデータにもすぐに対比可能な点が売りのようだ。DESCLogic の開発コンセプトとは、セディメントロジストが好んで書くような曖昧な手書き柱状図の表現から脱し、可能な限り簡略化した文章や記号として整理記録したいという意図なのであろう。

ただし、我々のような長年手書きで堆積柱状図を書いてきたシニア研究者にとってはたいへん厄介な代物である。また、開発途中のためか入力作業中にバグが頻発しており、その度にシステム管理対応のテクニシャンが応急対応に追われる状況である。おそらくこの修復作業は航海の最終



第6図 IODP Exp. 339 のコア記載ラボの風景。テクニシャンが新たに開発した SMISL (Section Half Multi sensor Logger) が設置されている。

日まで続いていたのであろう。

今後 JDESC コアスクールでは、スミアスライド観察と同時に DESCLogic 対策が課題となると私は考えている。ちなみに現在のシステムではサイトの模式柱状図は事務職員（Yeoperson）が出版関連テクニシャンを兼務し DESCLogic で入力されたデータで柱状図の作成を分担しており、この点に限ってはセディメントロジストの負担はやや軽減されているのかもしれない。

5. コアラボを支える超ベテランテクニシャン

現在の JR でのコア記載ラボの仕事は、アーカイブコア表面のスクリーピング、デジタルコアイメージング装置、SHIL (Section Half Image Logger) による高解像度コア写真撮影、SMISL (Section Half Multi sensor Logger) により彩度・明度と帯磁率 (MS) の測定、そしてコアとスミアスライド観察と記載 (VCD) が主な仕事である。Exp. 339 の航海中も度々、SHIL, SIMISL, VCD をまとめる DESCLogic のシステムにトラブルがしばしば起こっている。しかし、船上の限られた資材でそれを修復する技術と知識を持つベテランテクニシャンである Trevor Cobine 氏, Dwight Hornbacher 氏, Tim Blaisdell 氏等が手分けして常時トラブルに対応しており、我々研究者としては大変心強い。本章では、JR の誇るテクニシャンのうち、超ベテランの域に達した人物を何人かご紹介してみたい。

Ron Grout氏は掘削管理官 (Operations Superintendent) という要職につく超ベテランテクニシャンである (第7図)。一般にアメリカ人に年齢を聞くのはタブーとされるが、敢えてご本人に年齢を尋ねてみたところ、



第7図 掘削管理官（Operations Superintendent）という要職につく Ron Grout 氏。一緒に食事をしていても、彼の周りに人が集まり、テクニシャンや研究者から広く慕われていることがよくわかる。



第8図 船上ラボスペシャリスト（Marine Lab Specialist）の Ted Gustafson 氏も若手テクニシャンに混じって連日元気に働いている。アメリカという国の凄さを少し実感した。

何と今年で70歳という予想外の答えが返ってきた。ただし、残念な事に今回のExp. 339が最後の深海掘削航海参加なのだそうである。他にも、船上ラボスペシャリスト（Marine Lab Specialist）の Ted Gustafson 氏（第8図）、海洋調査機器スペシャリスト（Marine Instrumentation Specialist）の Jurie Kotze 氏（第9図）は若手に交じって連日元気に働いている姿を見かけた。実際の年齢は存じ上げないが、私の目には還暦を遥かに超えているように見える。

現在、日本でも国民年金の支給年齢引き上げに伴い、会社の雇用年齢を65歳まで引き上げる方向で国会でも審議が進んでいるし、現在の国の借金財政の状況を考えてもそれほど遠くない時期に実現すると思う。しかし人によって実年齢や体力・能力は異なり、日本人でも元気な人は Ron Grout 氏たちのように65歳を超えても12時間×2ヶ月間の激務を十分こなせる筈である。

ちなみに私の勤務する産総研の定年は執筆時点でも60

歳のままであり、まだ十分に現役の研究者が勤まると思われる優秀な人材が、毎年のように退職し、その後非常勤のシニアのポストに追いやられている現実がある。しかも、高度成長期の日本や長年にわたってGSJを支えてきた“団塊の世代”のベテラン研究者の退職に伴い、所全体の技術力や士気の低下を招くこととなり、組織として大きな損失を招いているように感じ取っている。

彼らJRの誇る超ベテランテクニシャンの生き生きした姿をみていて、個人の能力や体力によって退職年齢を自ら決められるアメリカのシステムうらやましく思えるのは、おそらく私だけではないのであろう。今後日本の社会でも年齢では無く能力によって定年時期を自己申告するシステムを作って頂くことを期待したい。但し、前述の通り、日本国の財政難の時代となり、労働組合の皆様には申し訳ないが、例えば国家公務員に準じた国立研究開発法人の職員であっても、給与の多少の引き下げは仕方が無いことなのだ個人的には思っている。



第9図 海洋探査装置スペシャリスト (Marine Instrumentation Specialist) の Jurie Kotze 氏も元気に活躍されている。

6. 最後に

本稿は IODP Exp. 339 の JR 乗船中に JDEC 乗船レポートに寄稿した原稿を、個人的に編集し直したものである。本稿を読んで、今後の IODP や JDESC の活動に関心を持って頂く方が少しでも現れることを、心から願っている。本稿を執筆するにあたり、東京大学大気海洋研究所の山崎俊嗣教授には、粗稿をご査読頂いた。JDESC ならびに海洋研究開発機構の梅津慶太博士、ODP Leg 155, IODP Exp. 306, 339 に乗船許可を与えて下さった JDESC 関係者の皆様に対し深謝申し上げる次第である。

文 献

Hernández-Molina, F.J., Stow, D.A.V., Alvarez-Zarikian, C.A., Acton, G., Bahr, A., Balestra, B., Ducassou, E., Flood, R., Flores, J.A., Furota, S., Grunert, P., Hodell, D., Jimenez-Espejo, F., Kim, J.K., Krissek, L., Kuroda, J., Li, B., Llave, E., Lofi, J., Lourens, L., Miller, M., Nanayama, F., Nishida, N., Richter, C., Roque, C., Pereira, H., Goñi, M.F.S., Sierro, F.J., Singh, A.D., Sloss, C., Takashimizu, Y., Tzanova, A., Voelker, A., Williams, T. and Xuan, C. (2014) Onset of Mediterranean outflow into the North Atlantic. *Science*, **344**, 1244–1250. DOI: 10.1126/science.1251306.

七山 太 (1996) ODP Leg 155 アマゾン海底扇状地掘削—巨大 mud-rich fan の堆積相の実例— (口絵). 地質ニュース, no. 505, 1–4.

七山 太・ODP Leg 155 乗船研究者・徳橋秀一 (1996) タービダイトの話 (8): アマゾン海底扇状地—巨大 mud-rich fan の堆積作用の実例—. 地質ニュース, no. 505, 16–25.

Stein, R., Kanamatsu, T., Alvarez-Zarikian, C., Higgins, S.M., Channell, J.E.T., Aboudehish, E., Ohno, M., Acton, G.D., Akimoto, K., Bailey, I., Bjørklund, K.R., Evans, H., Nielsen, S.H.H., Fang, N., Ferretti, P., Gruetzner, J., Guyodo, Y.J.B., Hagino, K., Harris, R., Hatakeda, K., Hefter, J., Judge, S.A., Kulhanek, D.K., Nanayama, F., Rashid, H., Sierro Sanchez, F.J., Voelker, A. and Zhai, Q. (2006) North Atlantic Paleoceanography: The Last Five Million Years. *EOS Transactions American Geophysical Union*, **87**, 129–133.

NANAYAMA Futoshi (2015) A report on the R/V Joides Resolution: Views from a sedimentologist who has boarded on the R/V three times.

(受付:2015年08月11日)

つくば市谷田部の地名「福田坪」と「要害」の由来と地形・地質瞥見

杉山雄一¹⁾

1. はじめに

本稿著者は、つくば市^{やたべ}谷田部の北西部に住んでいますが、我が家の回りの50軒余りの集落は「福田坪」と呼ばれています。国道354号（土浦野田線）と主要地方道つくば真岡線の交差点の信号機にも「福田坪」と表記されています。我が家の畑からも稀に土器の破片が出土しますが、「谷田部の歴史」（谷田部の歴史編さん委員会編，1975）によると、福田坪北部の林地と畑は縄文時代中～後期の土器と石棒・石斧・石鏃などの石器を包蔵しています。しかし、なぜか「福田坪遺跡」ではなく、「福田遺跡」と命名されています。また、福田坪の西部には、4階建て3棟、3階建て3棟からなるつくば市^{やうがい}営要害住宅があります。これは、

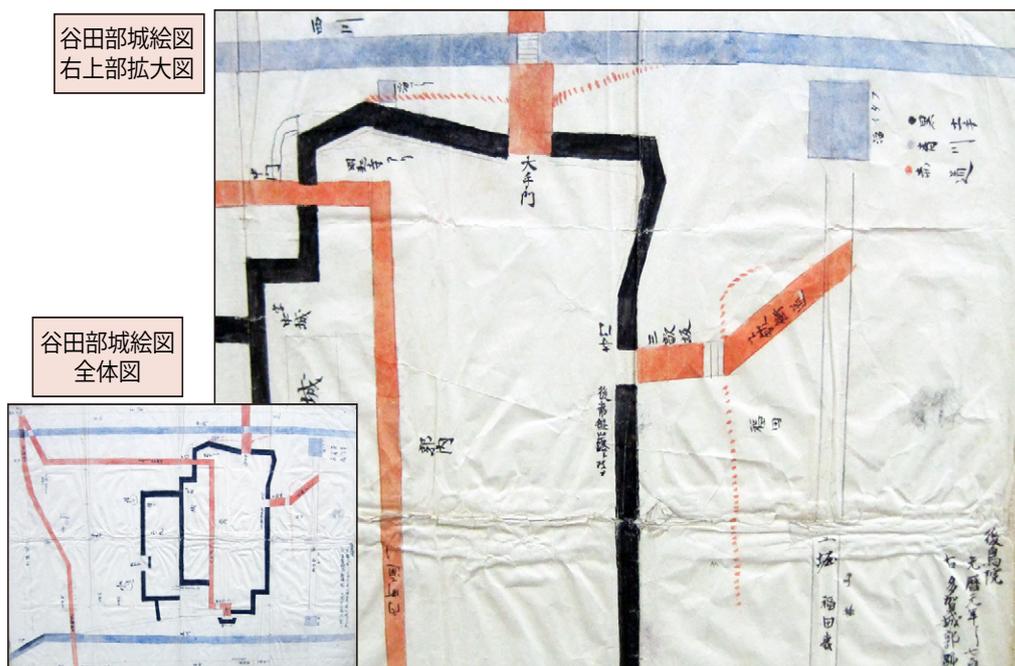
要害（要塞）のようにかめしい住宅という意味ではなく、「要害」という名の土地に住宅が建っているためです（第1図）。しかし、住宅が建っている辺りには要害の残骸などは見当たらず、なぜ要害という地名がつけられたのか、9年前につくば市^{まつしろ}松代5丁目から福田坪に引っ越して来て以来、謎は解けませんでした。ところが今年の6月になってから、歩行者の通行の妨げとなっていた樹木の伐採と歩道の草刈りがきっかけで、「福田坪」と「福田」との関係、それに「要害」の由来に繋がると考えられる史料や現場データを集めることができました。また、その過程で、この地域の成り立ちと関係する地形や地層のデータも集めることができました。本稿ではまず、収集したこれらのデータを紹介し、「福田坪」と「要害」の地名の由来について、



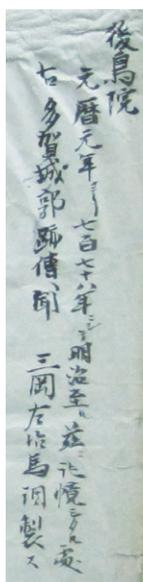
第1図 「福田坪」, 「要害」, 二重溜, 堀跡及び東端の池跡の位置図。第4～第7図の写真の撮影地点と方向を→で示し、第10～第12図の地層の写真撮影地点を×で示す。また、第9図に示す4孔のボーリングの掘削位置と番号（宇野沢ほか，1988）を●と数字で示す。基図には地理院地図（<http://maps.gsi.go.jp>）を使用。2015/10/01 参照。

1) 産総研 名誉リサーチャー
活断層・火山研究部門招聘研究員

キーワード：谷田部、福田坪、要害、堀跡、西谷田川、東谷田川、木下層、常総層、谷田部城絵図、迅速測図



第2図 つくば市谷田部郷土資料館に展示されている「谷田部城絵図」。



第3図 谷田部藩家老であった三岡左治馬による「谷田部町絵図」の添書き。

著者の考えを述べたいと思います。樹木の伐採及び歩道の草刈りがなぜ地名の由来探しに繋がったのかは、後書きで触れさせていただきました。

2. 「谷田部城絵図」

つくば市谷田部郷土資料館に展示されている三岡通弘

氏(谷田部内町)所蔵の「谷田部城絵図」(第2図)には、小田城跡で有名な小田氏の家臣 岡見氏によって築城されたと推測される谷田部城跡と周辺の地名・街道名などが記されています。

「谷田部の歴史」(谷田部の歴史編さん委員会編, 1975)の65ページにも同様の絵図(旧谷田部城跡とその周辺)が掲載されています。二つの絵図を比べると、谷田部郷土資料館に展示されている絵図の方が周辺部の地名等がより詳しく書き込まれています。つくば市教育局文化財課によると、地名等の書き込み量に違いがあるものの、これら二つの絵図は同一のものである可能性が高いとのこと。書き込み量の違いから推測されることについては4. で触れたいと思います。

3. 岡見氏の家系と谷田部城の築城年代

「谷田部の歴史」によると、岡見氏は清和源氏の祖、源経基の孫に当たる熊王丸頼道が母方の栗原姓を名乗って、栗原左衛門と称し、その17世の孫 栗原太郎信勝が保元・平治の乱(1156年と1159～1160年)で功を立て、常陸国信太・筑波・新治の三郡を拝領しました。信勝は10人の男児に栗原、刈間、谷田部、小野崎、若栗、岡見などに分住させた結果、栗原氏、野中瀬氏、平井氏、新井氏、栗林氏、岡見氏等の祖となったといわれています。

また、同じく「谷田部の歴史」によると、小田氏の家臣

岡見主殿之介^{とのものすけ}が1506年に谷田部に居城し、1570年には下妻城^{たがやまさつね}主多賀谷政経^{たがやまさつね}が谷田部城主岡見頼忠^{よりただ}を攻略し、弟多賀谷経伯^{つねのり}を城代として置いたと記されています。

以上から、谷田部城あるいはその原型が作られたのは、1506年～1570年頃（戦国時代）と推定されます。

4. 「谷田部城絵図」が描かれた年代

谷田部郷土資料館に展示されている「谷田部城絵図」には、三岡通弘氏の高祖父の谷田部藩細川家の家老であった三岡左治馬^{さじま}による次のような添書き（第3図）があります。

『後鳥院^(注1)元暦元年^(注2)ヨリ七百七十八年ニシテ明治至ル^(注3)茲ニ記憶シタル處 右多賀城郭跡^(注4)傳へ聞三岡左治馬調製ス』

この添書きから、「谷田部城絵図」が描かれた年代は意外と新しく、明治維新後、三岡左治馬が亡くなった1898年（明治31年；玄孫の三岡通弘氏の御教示による）以前と考えられます。さらに、2. で触れたつくば市文化財課の指摘のように、谷田部郷土資料館の絵図と「谷田部の歴史」に載っている絵図とが同一とすれば、谷田部郷土資料館の絵図の情報の中には、明治31年以降に加筆されたものが含まれていると推定されます。

5. 「谷田部城絵図」に記された地名、特に「寺門」と「下館街道」について

この「谷田部城絵図」には、現在の内町^{みうちょうじ}と明超寺に確実に比定できる位置に、各々「内町通り」、「明超寺アリ」と書き込まれています（第2図）。「明超寺」は、1671年に谷田部陣屋整備のため、寺屋敷（現在の谷田部小学校敷地内）から新町に移設されました。

明超寺の北側には、西方^{かやまる}の萱丸^{にしやたがわ}方面から西谷田川を渡って谷田部城に入る道と「大手門」が記されています。

大手門の北東側には「寺門」があり、門の外側の「三敲坂^{さんこうざか}」の先に、北西方向に「下館街道^{しもだて}」が延びています（第2図）。

この「寺門」に対応する寺は、1) 絵図上の位置がほぼ現在の道林寺^{どうりんじ}に当たること、2) 細川家の谷田部藩領での菩提寺^{ぼだいじ}（注5）が同寺であったことから、道林寺であると思われます。

「下館街道」は、多賀谷氏の本拠である下妻や主家の結城氏の本拠である結城方面に至る重要な街道と考えられ、「谷田部城絵図」に描かれた他の道や建物との位置関

係から、現在の主要地方道つくば真岡線の古道、もしくはその西側の西町内の小径に当たる可能性が高いと思われます。一方、「歩いて発見！谷田部マップ」（アースデイつくば実行委員会編、2013）の「細川街道」は、茂木の細川氏領へ繋がる街道で、石塚ストアのある交差点で国道354号を越える道の古道に当たります。したがって、谷田部城の北側の福田坪付近（第1図に示すお地蔵様より南）では、下妻、下館、茂木などの北方の拠点に至る街道が細川氏時代（江戸時代）に最大で2～3百mほど西に移された可能性があると思います。

6. 東・西両谷田川を繋ぐように掘られた堀及び両端の溜池と地名「福田」の書き込み

谷田部郷土資料館に展示されている「谷田部城絵図」には、「下館街道」を跨ぎ、西谷田川と東谷田川を繋ぐように堀^{ほり}が掘られており、堀の西端（西谷田川に近いところ）と東端（東谷田川に近いところ）には溜池^{たらいけ}が掘られています（第2図）。西端の溜池には「フタイ溜」と記されています。

また、この「谷田部城絵図」には、「三敲坂」から「下館街道」へ道が北西に折れ曲がる場所から、ほぼ堀に平行に東に延びる点線（何らかの境界を示す線と思われる）が描かれています。

この点線と堀の間には「福田^{ふくだ}」の地名が書き込まれており、「堀」の文字の下には「福田裏^{ふくだうら}」と記されています（第2図）。

7. 堀・溜池と周辺の地形・地質の現地調査

2015年6月9日～15日に、「谷田部城絵図」に描かれている堀や溜池と周辺の地形・地質の現地調査と地元長老の聞き取り調査を行いました。ここでは、まず堀と溜池についての地元長老からの聞き取り調査と現地調査の結果について述べ、次に地形・地質に関する調査結果を紹介します。

7.1 堀・溜池の地元長老からの聞き取り調査と現地調査の結果

福田坪の長老である大木長四郎さん（88才）や福田坪で生まれ育ち、島名在住の北島かついさん（88才）のお話（大木さんからは6月9日、北島さんからは6月10日に聴かせていただきました）では、お二人が子供の頃、お地蔵様（第1図）の西方に、「二重溜^{ふたえだめ}」と呼ばれる2つの深い水溜りからなる溜池^{たらいけ}があったそうです。

現地調査の結果、この溜池は真瀬方面から東走する国道354号谷田部バイパスが鋭角的に南に折れる交差点の100mほど南の道路東側にある池に比定されると考えられます(第1図)。なお、「谷田部城絵図」に書き入れられている「フタイ溜」は、発音上「イ」と「エ」の区別がない茨城弁の特徴(フタイ=フタエ)から、「二重溜」のことだと判断されます。

2015年6月15日に撮影した「二重溜」の写真を第4図に示します。一面夏草に覆われ、水面は確認できませんでしたが、池の形と上流の谷地形は確かめられました。この「二重溜」の北東方には、土塁上面との比高が1.5~2.5m、幅が3~5mの堀跡(現在は空堀の状態)がほぼ全域にわたって現存していることを確認しました。但し、



第4図 二重溜の現況。夏草に覆われ、水面は確認できない。左手奥に上流の谷がのぞいている。北西側の池岸から東方を望む。



第5図 堀跡の現況。大木康毅氏宅の北西側林地内。堀の底(甕が転がっている)から北西側の土塁を望む。土塁と堀底との比高は約2m。位置は第1図参照。

「二重溜」のすぐ北東側では、谷地形(自然地形)を堀として利用した可能性が高いと考えられます。この谷の頭は、お地蔵様の北西に位置する居酒屋「あき」の店前にある、 Ψ (ギリシャ文字のプサイ)字状変形十字路のすぐ南(福田坪集落のゴミ箱背後の茂み)に達しています。

堀跡は、この変形十字路とゴミ箱の中ほどでつくば真岡線を横切り、福田坪の後ろ組(本家筋の家が多い北側の区域)の家並み北方の林地の北端部(北西側のよく耕された畑と林地との直線的な境界から数m林地に入ったところ)に沿って、北東に延びています。第5図に2015年6月15日に撮影した大木康毅氏邸裏の堀跡の写真を示します。

後ろ組の最も東側に位置する大木 朗氏邸の東側を北西に延びる未舗装の道(ゴミ置き場の十字路から北西へ延びている道)を辿って行くと、後ろ組の家々の裏から東谷田川沿いの水田に抜ける道と合流する手前で、道がY字状に分岐しています。堀跡はこの分岐の手前(南東側)まで追跡できます。

この堀跡の北東端部とY字状の道の分岐の間の、道の南西側には、「谷田部城絵図」に描かれている東端の溜池に比定できると考えられる約25m×25m、土塁との比高2~3mの池跡が残っています(第6図)。

両端に溜池を伴うこの堀跡は、「歩いて発見!谷田部マップ」(アースデイつくば実行委員会編,2013)の「谷田部大堀」に当たると考えられ、両端の溜池間の距離は約650mに達します。また、つくば市文化財課によると、この堀跡は、「谷田部大堀遺跡」(中近世の堀跡)として茨城県遺跡地図に掲載されています。著者も、「いばらきデジタルまっぷ」の文化財のページ(<http://www2.wagmap.jp/ibaraki/map/map>。



第6図 東端の溜池と推定される池跡。池跡内から東向きに南東側の土塁の東端部を望む。土塁と池底との比高は2~3m。位置は第1図参照。

asp?dtp=34) で、遺跡番号 397「谷田部大堀遺跡」として掲載されているのを確認しました (http://www2.wagmap.jp/ibaraki/map/map.asp?dtp=34&mpx=140.09095927833334&mpy=36.11641223246&mst=imgmap&gprj=1&bsw=1197&bsh=439, 2015/06/22 確認)。

7.2 福田坪周辺の地形・地質調査結果

話を現地調査に戻すと、東端の溜池の北東 25～30 m には、弧状のトレースをもつかなり高い東向きの急崖（比高 3.5～5 m）が見られます（第 7 図）。この急崖は、人工的に作られた堀や溜池の側壁ではなく、恐らく数千年前に、東谷田川が西に蛇行して、川の西岸を削り込むことによって形成された浸食地形（河岸段丘崖）と判断されます。

宇野沢ほか（1988）の地質図（第 8 図）及びボーリング資料（第 9 図）によると、この急崖の標高（約 10～15 m）は、約 10～13 万年前に浅い海で堆積した木下層の分布層準に当たります。しかし、今回の現地調査では同層を確認することはできませんでした。

一方、二重溜付近の西谷田川東岸の開発地域では、浅い海の波により形成された縞模様（葉理）が美しい木下層（第 10 図）が確かめられました。その上位には、淡水環境下で堆積した灰白色を呈するシルトを主とする常総層（第 11 図）が整合に重なり、最上位には関東ローム層（第 12

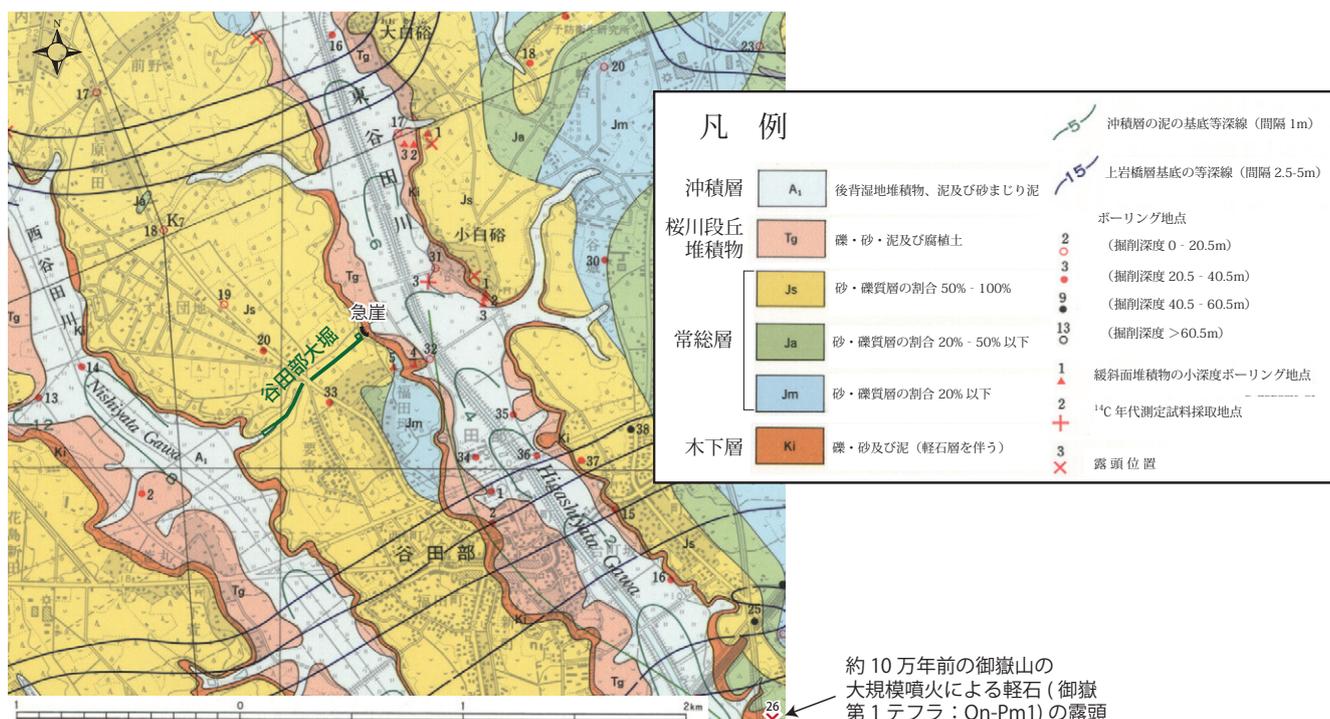


第 7 図 東端の溜池の 25～30 m 北東側にある東向きの急崖（河岸段丘崖）。年代を特定するデータは得られていないが、恐らく数千年前に、東谷田川の蛇行によって川の西岸が浸食されてできた崖。崖の高さは約 5 m。位置は第 1 図参照。

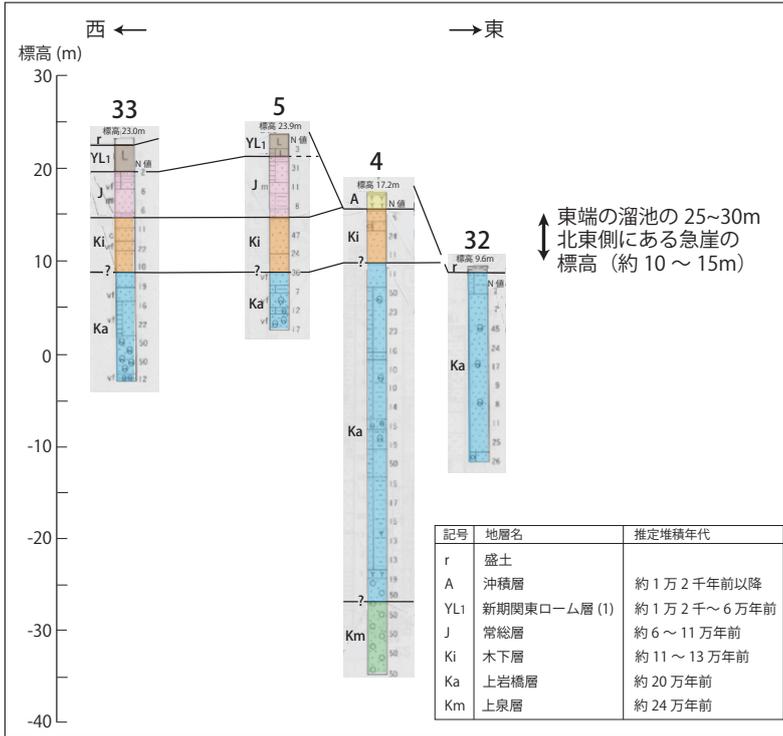
図）が観察されました。

東谷田川の東岸には、「小白碓」、「大白碓」という集落があります（第 8 図）。これら集落内の崖には、灰白色の常総層が露出しており、白さが印象に残ります。このことから筆者は、小白碓と大白碓の「白」は、碓（はざま＝台地を開析する谷）の崖に露出した常総層の白っぽい色に由来するのではないかと考えています。

また常総層には、2014 年 9 月 27 日の噴火で死者・行



第 8 図 福田坪付近の地質。2 万 5 千分の 1 筑波研究学園都市及び周辺地域の環境地質図（宇野沢ほか，1988）に加筆。



第9図 福田坪のボーリング資料。宇野沢ほか(1988)の付図(ボーリング柱状図)から、福田坪で掘削された4孔の柱状図を抽出し、東西方向に配列し直した図。図中の表に示す各層の推定堆積年代は、杉山(1991)及び町田・新井(2003)に基づくおよその値。各ボーリングの掘削位置は第1図を参照。

方不明者 63 名の大被害が発生した御嶽山を給源とする御嶽第 1 テフラ (On-Pm1; 約 10 万年前; 町田・新井, 2003) と呼ばれる軽石が含まれています。常磐自動車道谷田部インターチェンジ東方の佐川急便つくば店付近の露頭 (第 8 図の 26 X) では、厚さ 4 cm ほどの軽石層が挟まれています (宇野沢ほか, 1988)。10 万年前の御嶽山の最大規模の噴火では、火口から 200 km 以上離れた谷田部でも、軽石が 4 cm ほどの厚さに降り積もった可能性があります。

8. 「福田坪」の由来

このような現地調査結果を踏まえると、つくば市谷田部郷土資料館に展示されている「谷田部城絵図」中、「福田」の地名が書き込まれた破線と堀 (谷田部大堀) との間の地域は、概ね、現在の福田坪の範囲に対応します。

この位置的対応から、「福田坪」は、谷田部城の北西側に位置し、城の防備上極めて重要な「福田」と呼ばれた地



第 10 図 二重溜南方の木下層。浅い海の波によって形成された縞模様 (葉理) が美しい。約 13 万年前をピークとする最終間氷期 (温暖な時代) の浅い海に堆積した地層。約 13 万年前には福田坪は浅い海であったことを示している。写真撮影地点は第 1 図を参照。



第 11 図 二重溜南方の常総層。木下層の上位に整合に重なる淡水環境で堆積したシルト層を主体とし、新鮮部は灰白色を呈する。およそ 11 万年前に福田坪は海面上に姿を現し、沼地のような池沼環境に変化した。写真撮影地点は第 1 図を参照。



第12図 二重溜南方の関東ローム層。6万年前頃から、常総層を覆って堆積した降下火山灰層（風成層）を主とする地層で、福田坪の地表をなす。写真撮影地点は第1図を参照。

域に由来すると考えられます。

「福田」と「福田坪」との関係については、次のような両者を関係づける話や資料があります。

谷田部の北の島名で生まれ育ち、つくばみらい市山王新田在住の富沢裕喜子さんのお話では、島名には「東坪」「入坪」という地名があり、「東坪」は妙徳寺の東側に当たる地区、「入坪」は小字名が「入」（入り地になった地区の意か？）に当たるそうです。また、現在は取手市に含まれる山王地区の新田として開発されたつくばみらい市の「山王新田」は、「上坪」「中坪」「下坪」と呼ばれる地区に分けられており、これらから離れているところに「沖坪」という別の地区があります。

さらに「高根沢町史 民俗編」（高根沢町史編さん委員会編、2003）は、第五章「信仰」、第三節「雷神信仰とボンテン祭り」において、次のように記述しています。『桑窪にある上（和田）坪・中（宿）坪・下（新田）坪・西坪の四つの坪（集落）が、それぞれ梵天を作り加茂神社に奉納する。梵天は、各坪で一本作る。』

このような「島名」と「山王新田」における事例及び「高根沢町史 民俗編」の記述から、「坪」は、小字など一定の広がりを持つ地域や集落を意味する語と推定されます。谷田部交流センターの風見順一所長とつくば市文化財課の石川太郎氏からも、「坪」に関するこのような推定を支持するコメントをいただきました。

以上から、「福田坪」とは、「福田」と呼ばれる地域、「福田」集落と言った意味合いであると考えられます。

なお、「福田坪」の字（小字）としては、「福田」、「福田前」、「漆出口」、「陣屋下」、「山合」などがあります。このうち

「福田」は主に、「福田坪」の本家が多数所在する北半部の地域に当たります。本稿冒頭（1. はじめに）で、“なぜか「福田坪遺跡」ではなく、「福田遺跡」と命名されている”と述べましたが、「福田遺跡」という名称はこの小字名「福田」から取ったものと推定されます（つくば市文化財課の石川太郎氏のご指摘による）。

「福田前」、「漆出口」、「陣屋下」は、概ね「福田坪」集落南半部の、1) 居所を旧居の南側の畑地に移した本家、2) 分家及び3) 「福田坪」の外から移り住んで来た人々の家が多い地域に対応します。また「山合」は、「福田坪」とその北方の「島名」の地形境界をなす開析谷（一般に谷津〈やつ、やづ〉、谿〈はざま〉などと呼ばれる、東谷田川に注ぐ東流河谷）に当たり、かつて水田（谷津田）がありました（第13図）。

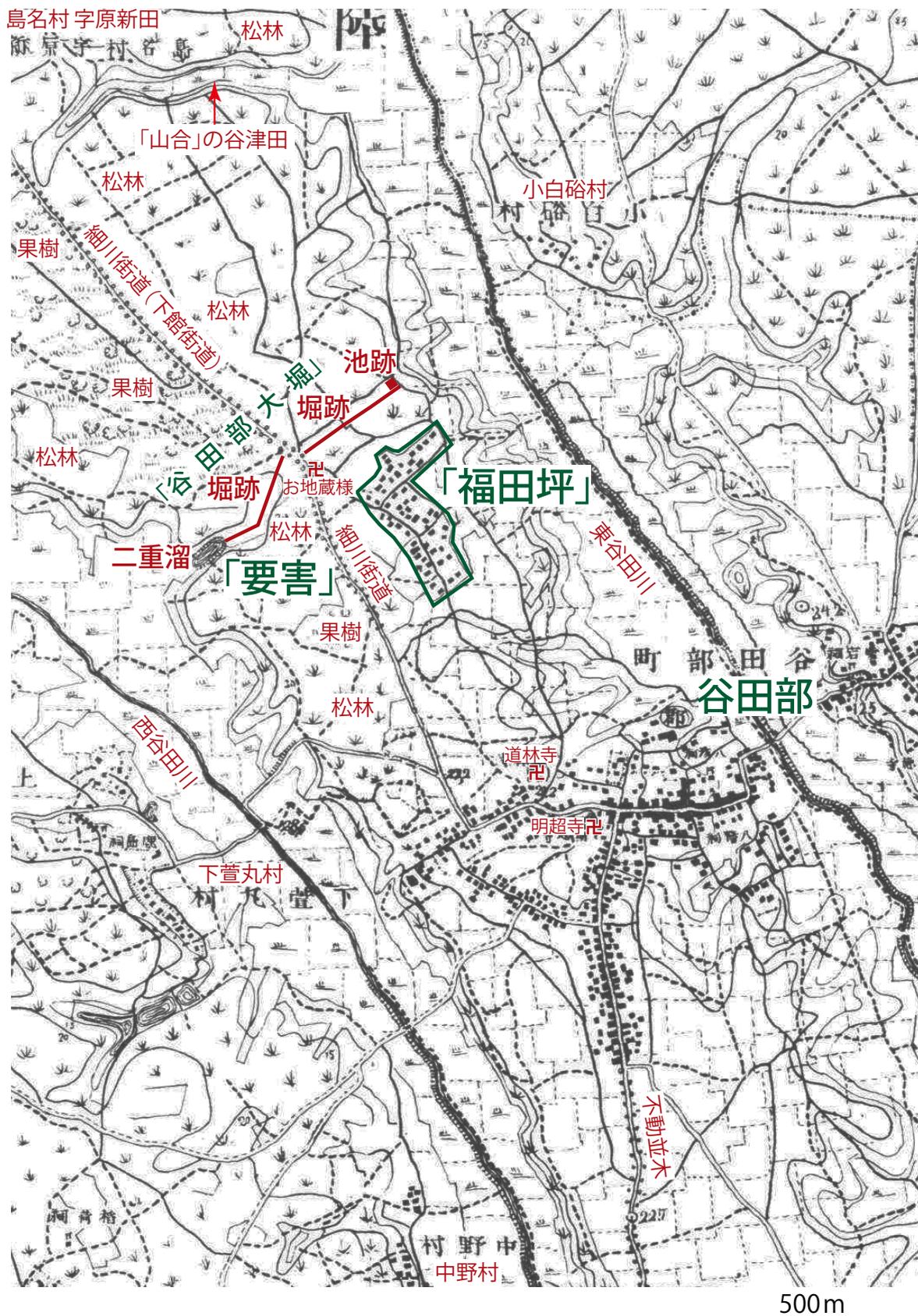
9. 「要害」の実体

谷田部城の北側に位置する「福田」集落の北西側に、北からの敵の侵入に備え、西谷田川と東谷田川に挟まれた台地を完全にカバーするように（第8図）、長さ約650mの堀（谷田部大堀）が設けられたと考えます。著者はこの谷田部大堀こそ、「要害」そのものではないかと考えています。

第13図に、参謀本部陸軍部測量局が第一軍管地方迅速測図（1880～1886年）の一環として、1883年に測量した谷田部付近の地形図（原図縮尺は2万分の1；この地域の最も古い近代測量による地図）を示します。この図も、長さ約650mの「谷田部大堀」こそ、「要害」そのもの、若しくは「要害」の主要構成要素であったことを物語っていると思います。

残る謎は、「要害」そのもの、若しくはその主な要素と考えられる「谷田部大堀」は、いつ頃、誰によって作られたのか？です。北からの敵に備えていることから、16世紀の戦国時代に岡見氏によって作られた可能性があります。発掘調査が行われておらず、答えはまだ出ていません。1506年の岡見氏の谷田部進出以前の小田氏などによる掘削、1570年以後、多賀谷氏による作堀の可能性もあります。また、1616年以後、細川氏によって堀浚いほりさらなどが行われた可能性もあり、今後の本格的な発掘調査と遺跡の保存・活用が望まれます。

後書き：本稿執筆のきっかけは、筆者が住む福田坪（つくば市谷田部北西部）のつくば真岡線の東側歩道に木々が覆い被さり、5月下旬には通勤通学の著しい妨げとなってい



第13図 1883年(明治16年)の福田坪, 谷田部周辺。参謀本部陸軍部測量局による第一軍管地方迅速測図(1880[明治13]~1886[明治19]年)の一環として、福田坪付近は1883年(明治16年)に測量された。この迅速測図の原図の縮尺は2万分の1と例外的に大きく、明治政府が第一軍官地方(東京を擁する関東地方)を如何に重視していたかが窺われる。本図は、地図資料編纂会編(1989)が国土地理院の縮尺2万5千分の1地形図の縮尺と図郭に合わせて編纂し直した地形図(切図)全190葉のうち、「谷田部」の一部に加筆。

たことです。このため、歩道沿いの林地所有者であるご近所の木村 勇さんに、通行の妨げとなっている木々のボランティア伐採の了承をお願いしました。その結果、5月31日に木村さん、いつも草刈りをお願いしている谷田部不動町の河原一郎さん、それに杉山の3人で、木々の伐採と草刈りを行うことになりました。お昼前、作業が一段落した頃、木村さんが「みんな知らないだろうが、この山(林地)の中には池があるんだ」と言われました。私は「嘘だろ！こんな篠竹が密生した山の中に池なんかあるはずがない！」と思いました。しかし、何となく気になっていたもので、6月9日の昼前、雨上がりの犬の散歩のときに、木村さんが言っていた山に分け入ってみました。そうしたらびっくりです。両側に土塁の高まりを伴う人の手になる直線的な凹地が北東-南西に続いているのです。私は直感的に堀跡であることに気が付き、本稿に書いたような調査を思い立ちました。堀跡や本文で触れた東側の溜池跡は、犬の散歩でこの9年間に何回も横切ったり、その横を通り過ぎたりしているのに、全く気がついていませんでした。歩道への木々の覆い被さりから発展した今回の経験は、普段は見過ぎていた福田坪の貴重な歴史・考古遺産と特有の地形・地質の存在を再認識させてくれ、日々の生活の場への愛おしさを一層強く感じさせてくれました。これからも草刈りやゴミ拾いに精を出したいと思います。

謝辞：谷田部藩家老三岡左治馬(三岡家十代当主)の事績については、左次馬の玄孫の三岡通弘氏より、多くの御教示をいただきました。つくば市教育局文化財課の石川太郎氏には、「谷田部城絵図」、「谷田部大堀」などについて貴重な情報と示唆に富むコメントをいただき、同絵図の写真撮影及び本誌への掲載手続きで大変お世話になりました。「谷田部城絵図」の閲覧に当たっては、つくば市谷田部交流センターの風見順一所長、富田隆仁氏、冷岡達夫氏に便宜を図っていただきました。つくばみらい市の富沢裕喜子さんからは、「坪」について大変貴重な情報をいただきました。福田坪の大木長四郎さんと島名の北島かついさんには、「二重溜」について貴重な証言をいただきました。以上の方々に御礼申し上げます。

注1：後鳥羽院。

注2：1184年。

注3：明治維新は1868年なので、正しくは684年後。

注4：多賀谷氏が支配していた谷田部城。多賀谷氏は佐竹氏に従って、関ヶ原の戦いで旗幟を鮮明にしなかったことが災いし、徳川家康に改易された。

注5：谷田部の歴史編さん委員会編(1975)は、谷田部藩主の位牌やその子供の墓碑が残されているという意味で、道林寺を「菩提寺」と呼んでいる(「谷田部の歴史」55ページ)。但し、歴代藩主は1610年に細川氏領となった茂木(栃木県芳賀郡)の能持院に埋葬されており、墓碑を立てず、杉の木1本を植えて墓標としている(「谷田部の歴史」79-80ページ)。なお、谷田部が細川氏領となったのは茂木より遅く、大阪夏の陣後の1616年である(谷田部の歴史編さん委員会編, 1975など)。

文 献

- アースデイつくば実行委員会編(2013)歩いて発見! 谷田部マップ。つくば市, 4 p.
- 地図資料編纂会編(1989)明治前期 関東平野地誌図集成。柏書房, 東京, 199 p.
- 町田 洋・新井房夫(2003)新編 火山灰アトラス—日本列島とその周辺。東京大学出版会, 東京, 336 p.
- 杉山雄一(1991)渥美半島 - 浜名湖東岸地域の中中部更新統一海進 - 海退堆積サイクルとその広域対比。地質調査所月報, 42, 75-109.
- 高根沢町史編さん委員会編(2003)高根沢町史 民俗編。高根沢町, 766 p.
- 宇野沢 明・磯部一洋・遠藤秀典・田口雄作・永井 茂・石井武政・相原輝雄・岡 重文(1988)2万5千分の1 筑波研究学園都市及び周辺地域の環境地質図及び同説明書。特殊地質図(23-2), 地質調査所, 139 p.
- 谷田部の歴史編さん委員会編(1975)谷田部の歴史。谷田部町教育委員会, 222 p.

SUGIYAMA Yuichi (2015) Derivation of location-name "Fukudatsubo" and "Yougai" in Yatabe, Tsukuba City, and geomorphic/geologic glances of the two locations.

(受付：2015年7月2日)

タイにおける地中熱ヒートポンプシステム実証試験

内田洋平^{1), 2)}

1. CCOP-GSJ/AIST Groundwater Phase III Sub-Project Meeting

CCOP (Coordinating Committee for Geoscience Programmes in East and Southeast Asia; 東・東南アジア地球科学計画調整委員会) は、国連アジア極東経済委員会の付属機関として1966年に設立された、地球科学分野のプロジェクトやワークショップのコーディネートを通して、東・東南アジア地域の持続的発展をめざす国際機関です。日本はCCOPの創立以来、各種プロジェクトに対する資金協力や専門家の派遣などを通じて協力を行っています。

2015年6月10日(水) タイ・チュラロンコン大学において、CCOP-GSJ/AIST Groundwater Phase III Sub-Project Meetingが開催されました。本会議では、2013年より開始された地下水プロジェクト内におけるサブプロジェクト“Development of Renewable Energy for Ground-Source Heat Pump System in CCOP Regions”に関する研究報告、およびタイにおける地中熱実証試験の今後の予定を議論しました。タイ側からタイ鉱物資源局 (DMR), タイ地下水資源局 (DGR), チュラロンコン大学, カセサート大学, およびCCOP事務局より計13名が参加しました。日本からは、在タイ日本大使館・望月参事官ほか3名, 秋田大学・高島名誉教授, 産総研関係者4名の計8名が参加しました。また、福島県内の再生可能エネルギー関連企業から、白石昇央氏 (株式会社エナジア) と八ッ橋善朗氏 (八ッ橋設備株式会社) の2名がオブザーバーとして参加しました。

会議は、チュラロンコン大学理学部長Dr. Thasinee Charoentitirat氏からの開会の辞より開始しました。引き続き、産総研・再生可能エネルギー研究センター長の仁木氏より、挨拶と再エネセンターの概要説明がありました。その後、Dr. Nguyen Thi Minh Ngoc氏 (Regional Expert of CCOP TS) から地下水に関するCCOPプロジェクトの紹介、内田よりCCOP地下水プロジェクトと地中熱サブプロジェクトの概要が発表されました。引き続き、秋田大学の高島名誉教授より、昨年度から稼働しているチュラロンコン大学地中熱実証試験システムの紹介、チュラロンコン大



写真1 チュラロンコン大学における会議の様子。



写真2 チュラロンコン大学・地中熱実証試験場。左より二人目が望月参事官。

学のMs. Sasimook Chokchai氏よりチュラロンコン大学地中熱システムの性能特性が発表されました(写真1)。

活発な質疑応答の後、タイにおける今後の実証試験について議論が行われました。チュラロンコン大学本校での実証試験に引き続き、サラブリキャンパスで浅層型地中熱熱交換器を用いた実証試験を準備中であること、さらにDMRのパトゥンタニ地質博物館においても実証試験を予定していることを確認しました。昼食後は、チュラロンコン大学の地中熱実証試験場へ移動し、現地の見学を行いま

1) 産総研 エネルギー・環境領域 再生可能エネルギー研究センター
2) 産総研 地質調査総合センター地圏資源環境研究部門

キーワード：地中熱システム, 東南アジア, 実証試験, CCOP

した(写真2)。初めて地中熱冷房システムを見た人からは、通常のエアコンと見た目は全く変わらないこと、冷気が吹き出していること（エアコンとして当然のことですが）に驚いた様子でした。

今回の会議には、CCOP地下水プロジェクトには参加していないDMRの他、在タイ日本大使館や福島県内の再生可能エネルギー関連企業からの参加があり、熱帯地域における地中熱利用冷房システムに対する大きな期待が寄せられました。

2. DMR・パトゥンタニ地質博物館における地中熱実証試験

6月11日(木)は、パトゥンタニにあるDMR・国立地質博物館(Golden Jubilee National Geological Museum, 写真3)における地中熱実証試験地の視察および関係者への説明を行いました。本地質博物館は、DMR所管の5番目の博物館で最大規模です。視察時にも多くの見学者で賑わっていました。既存の建物に地中熱ヒートポンプシステムを導入する場合、熱交換器の掘削場所と冷房を行う部屋までの配管が大きな問題となります。また、今回の地中熱実証試験は、タイ国内における地中熱システムの普及を目指した広報活動の役目も担っています。これらを総合的に考えて、1階のスーベニアショップへ地中熱冷房システムを設置することで意見がまとまり、Dr. Suree Teeratungsigul博物館長の同意も得られました。今後は、2015年11月の施工工事を目標として、多くの準備作業に着手する予定です。

3. チュラロンコン大学・サラブリ実験場における地中熱実証試験

6月15日(月)から17日(水)は、チュラロンコン大学サラブリ実験場にて、高島名誉教授、Dr. Punyaおよび同研究室スタッフと浅層型熱交換器による地中熱冷房システムの実証試験の準備および試験運転を行いました。通常塩ビパイプを用いたスリンキー型熱交換器(長さ100m)に加え、近年、日本で試験採用が始まったカーペット式熱交換(商品名:Gカーペット)二枚を埋設し、地中熱ヒートポンプシステムと連結、冷房運転の稼働を開始しました(写真4, 5)。地中熱システムが一番大きな課題は、熱交換器埋設に関わる初期費用です。通常鉛直ボアホール型の場合、地下50mから100mまでの掘削するため、ボーリングマシンを必要とします。一方、敷地に余裕がある場合は、パワーショベルなどを用いて浅層(2m深程度)に塩ビパイプやカー



写真3 Golden Jubilee National Geological Museum. タイ・パトゥンタニ県。



写真4 チュラロンコン大学サラブリ実験場での熱交換器(Gカーペット)埋設作業。



写真5 事務室に設置した室内機。

ペット式熱交換器を埋設することにより、初期コストを大幅に抑えることが可能となります。その一方で、熱交換量や地表面温度の影響などの課題が残されています。今回のサラブリ実験場における実証試験は、熱帯地域における浅層型熱交換器の実証を第1の目的としています。

ところで、今回のサラブリ実験場への地中熱ヒートポンプシステム設置に関して、一月ほど前に地中熱ヒートポンプをタイへ輸出していたのですが、ヒートポンプが空港の税関で引き留められてしまい、私たちがタイへ到着してもチュラロンコン大学へ引き渡されていないという大問題が生じていました。そのような中で、白石氏が知り合いの輸出業者と連絡を取り、税関手続きのアドバイスをしてくださいました。その結果、6月15日（月）の午前中にヒートポンプがチュラロンコン大学へ無事納入され、事なきを得ました。この場をお借りして、白石氏には感謝の意を表します。

4. おわりに

2009年度より開始したCCOP地下水プロジェクトPhase IIから生まれた地中熱サブプロジェクトですが、ここに来てタイ国内からも注目されるようになってきました。現在は、ベトナムからも地中熱システム実証試験の共同研究が提案されています。今後、東南アジア諸国で地中熱の実証試験を本格的に実施するためには、地中熱の研究者や技術者の育成が必要不可欠と考えます。さらに、施工技術の向上も重要です。特に熱交換器の掘削については、通常の水井戸の掘削とは工法が若干異なり、難易度も高いからです。施工技術や地中熱ヒートポンプの高度化については、是非とも日本の企業からの本研究への参加を期待したいと思います。

UCHIDA Youhei (2015) Experiment of Ground-Source Heat Pump System in Thailand.

(受付:2015年7月24日)

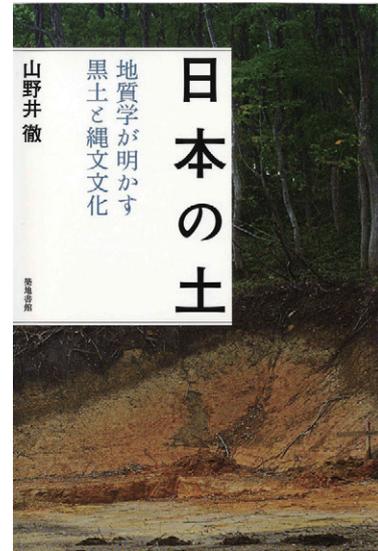
新刊紹介

日本の土 地質学が明かす黒土と縄文文化

山野井 徹 著

築地書店（株）

2015年2月27日第（初版）
4月10日（2刷）
B6判（19.2×12.6×2.8 cm）,
416ページ，ハードカバー
ISBN：978-4-8067-1492-7
価格：2300円＋税



私はこれまで研究業務として、沿岸から低地に形成された完新統や“沖積層”を取り扱うことが多かった。これらは縄文海進に伴う海面変動，潮汐，波浪や河川掃流量によって規定されている。しかしこれらの同時異相として，台地や丘陵地域においては土壤が広範囲に生成されるが，これらに対して特に関心を持つことは無かった。ただ，約7250年前に南九州の鬼界カルデラから飛来した鬼界アカホヤ火山灰が，関東の丘陵地域の露頭では黒い土の中に認められることは経験的に知っていたし，関東～東北地方の縄文遺跡は黒い土の層から出土することも，何となく理解してはいた。

土は我々の生活には身近な存在ではあり，もっともアプローチが楽な固体地球の最も表層を覆う堆積物であるが，元々地質学の研究対象とはされてこなかった。これを主題として取り扱うのは農学分野の土壤学や地形学（もしくは自然地理学），工学分野の土質工学であるが，彼らは基本的に遺物を扱わない。逆に遺物を研究対象として取り扱う考古学では，発掘現場で色調や粒度で細かく土層を区分するが，各土層の成因を詳しく議論することはあまりしてこなかった。文字通り，土は学際領域の研究対象と言える。

産総研つくばセンターのあるつくば市周辺は，TX（つくばエクスプレス）開通後，沿線では未だに新興住宅地の造成が続いている。ここではしばしば関東ローム層を覆って黒い土が覆っている様子が車窓から観察できる。この黒い土はクロボク土と呼ばれ，黒くてホクホクしていることにその名が由来しているらしい。また，この土は火山灰土，即ち火山灰起源の古土壤であり，その成因としては，火山

灰粒子に黒い腐植という植物成分が付着したものと土壤学の世界では長らく考えられてきた。

このクロボク土について，地質学の観点から長年にわたって地道に研究してこられた研究者がおられた。山形大学名誉教授の山野井徹先生である。山野井先生は1996年，地質学雑誌に“黒土の成因に関する地質学的検討”という論文を発表され，日本地質学会から表彰された。“土壤学の世界で火山灰を母材として形成されたと考えられてきたクロボク土の成因には野焼き，山焼きによって発生したと推測される微粒炭が深く関わっており，縄文人が1万年をかけて作り出した文化遺産である。”というのが，主な論旨であったと理解している。ところが，その論文に対して一部の土壤学者から理解を得られず，その翌年，誌上討論が行われた経緯があった。土壤学者の立場からは，“あくまでも火山灰土という母材があって，それに腐植が付着することによってクロボク土になる。”というのが定説だったからである。この本は，上記の論文を基礎として，その後山野井先生がさらにデータを補強され，より具体的かつ説得力を持った内容となっているように私には思える。本書の目次は以下の通りである。

- 第1章 地球の上の「土」（土と古代科学/土と地球の関係/「土」と「表土」と地質学）
- 第2章 「土」についての疑問（なぜ遺物は土の中？/土の色で遺物が違う/土壤学から「土」を見る ほか）
- 第3章 火山灰とローム（十和田で見える実物/「火山灰」とは/「ローム」とは ほか）

- 第4章 堆積母材と土壌の形成（堆積母材の素材/ 自生と他生の粘土鉱物/ 有機物の分解と無機物の残留 ほか）
- 第5章 表土の地質学（基盤礫の謎/ 風送塵と表土/ 土壌の攪乱 ほか）/
- 第6章 日本列島の形成と表土の誕生（日本列島の生い立ち/ 関東地域の風成層/ 大阪層群と風成層 ほか）
- 第7章 山地の地形と表土（地形と表土/ 地すべり斜面の表土/ 一般斜面の急斜面の表土 ほか）
- 第8章 クロボク土の正体（広くクロボク土を観る/ クロボク土を分解する/ 「黒い粒子」の正体 ほか）
- 第9章 クロボク土と縄文文化（縄文時代と微粒炭/ 野焼き・山焼きの現場/ 自然環境の変化と古代人 ほか）

本書を読む際は、まず、巻頭4ページのカラー版口絵をじっくりご覧になられると良い。これらの写真に本書の要旨が凝縮されていると言って過言ではない。本文の論旨は以下の通りである。

第1～7章は筆者からの問題提起の場である。クロボク土を放射性炭素年代測定で調べると、1万年より新しい完新世の年代を示す。それより古いクロボク土は存在しない。しかもクロボク土の厚さも下限の年代も地域ごとにバラバラであり、広域的な気候変動の産物には見えない。関東ローム層=火山灰と思い込んでいる研究者は意外なほど多いが、実は、ロームは土壌学で定義された“泥混じり砂”という専門用語であり、元来火山灰起源という定義は含まれない。もちろん関東ローム層には火山灰層を多数挟在するが、それ以外は非火山灰（風成による二次堆積物）、ローム質土なのである。我が国では、土壌として褐色森林土ができ、それが埋没して化石土壌であるローム質土に移行すると考えられる。

中国の黄土高原に広く分布する黄土（レス）は、第四紀の下限である259万年前まで遡ることができる古土壌（風成層）の模式地とも言える地層である。一方、我が国においては、更新世中期以降の地殻変動によって全国の山地が一斉に隆起して斜面が生じ、地すべりなどの激しい侵食が発生した。これにより約40万年前より古い表土は全て消失した。現在、表土と岩盤の境界に認められる侵食面やそれを覆う基底礫は、それ以後に生じた斜面崩壊の名残なのである。

土の形成過程の基礎を学び、いよいよ本題に入る。

第8章ではクロボク土の本質に迫る。では、クロボク土は何で出来ているのか？クロボク土もローム質土と同じく風成堆積物が土壌化したもの、即ち堆積母材なのである。クロボク土は下位のローム質土から上方漸移するが、岩盤を直接覆うことはない。クロボク層の形成時期と地域には、関連性が認められない。厚さも一定ではない。つまり、極めてローカルな“事件”を示しているのである。

これまでの問題提起に対する筆者の答えが、9章で一気に解き明かされる。結論は本書のサブタイトル通りである。その根拠として、クロボク土の成分を細かく調べてやると、植物由来の微粒炭が多量に見つかることがわかった。このことはクロボク土ができる間、付近は森林ではなく草地であったことを明示している。野焼き後の草地からは、保存に適したゼンマイなどの多様な植物が採取できる。これらの事実、野焼きや山焼きなどの行為が縄文人の手によって同じ場所で数千年間にわたって繰り返し行われていたことを示唆している。そして最後に、“ローム質土に多量の微粒炭が加わると、それが活性炭となって、可溶性の腐植を吸着・保持し、クロボク土が形成される。”と結論付けられた。

著者の山野井徹先生は長野県ご出身で、新潟大学大学院理学研究科修了後、新潟県庁に勤務され、その後山形大学に転職された。専門は花粉分析を用いた新生代地質学であり、2010年に山形大学を定年退職された。

本書では上述したように、クロボク土と縄文文化の関係についてのご自身の学説を、具体的かつ丁寧に解説されている。ただし残念ながら、一般普及書としては専門用語が多く、話の内容がやや難しい部分があるかと思う。表題も日本各地の土を網羅されているわけでもないのに、サブタイトルの“地質学が明かす黒土と縄文文化”の方が論旨を示しているかもしれない。その一方で、論理展開は原著論文のように明快であり、著者自身の研究成果に基づく事例が多いので、高校理科教員、博物館の学芸員、第四紀地質学、地形学を専攻する大学院生や地質コンサルタントに従事される皆様が、第四紀学の基礎をきちんと学ぶ教科書としては最適と私は考えている。本稿の結びとして、著者である山野井先生ならびに軟弱地盤に詳しい北海道地質調査業協会技術アドバイザーの石井正之氏には、粗稿のご高閲をお願いした。心から深謝申し上げる次第である。

（産総研 地質調査総合センター地質情報研究部門 七山 太）



平成 27 年度日本粘土学会技術賞を受賞 —粘土および鉱物の脆弱試料に対する薄片作製法の開発—

産総研 地質調査総合センター地質情報基盤センター

地質情報基盤センター 地質標本館室 地質試料調製グループの大和田朗, 佐藤卓見, 平林恵理の3氏は, 「粘土および鉱物の脆弱試料に対する薄片作製法の開発」の業績により, 日本粘土学会から平成 27 年度の日本粘土学会技術賞を受賞しました (写真 1)。

地質試料調製グループでは, 「地質の調査」研究において必要な岩石薄片及び研磨片を作製しています。大和田氏は, 粘土および鉱物の脆弱試料に対して, 薄片作製工程において水や油を用いない乾式薄片作製法の開発に成功しています (大和田ほか, 2013)。この乾式薄片作製法の開発により, これまで困難とされたイモゴライトやマンガンクラストなど, 膨潤・収縮等水分による影響を大きく受ける脆弱試料に対して, 薄片の作製を可能にしました (大和田ほか, 2012 など)。

その後さらに技術開発を進め, 昆虫や人の歯などの生体の硬組織試料の薄片作製などにも成功しています。一方で, 薄片作製の高い技術を多くの方に知っていただくため, 薄片の技術を駆使して岩石や鉱物を素材に昆虫の造形物を作製し, 地質標本館に展示するなどのアウトリーチ活動も行っています。

今後も, 所内研究者から様々な試料が持ち込まれてくるものと思われませんが, 研究者との連携により, 困難を乗り越えて薄片作製による高度な研究支援を進めていくことが期待されます。

地質試料調製グループの今後の更なる活躍を期待しています。

大和田朗・佐藤卓見・平林恵理 (2012) 壊れやすい試料に対応した薄片作製技術—水を使わない「乾式研磨法」の開発と展望—。産総研TODAY, 2012-09, 21。

大和田朗・佐藤卓見・平林恵理 (2013) 新開発乾式法による脆弱岩石試料の薄片・研磨薄片製作。地質調査研究報告, 64, 221-224。



写真 1 平成 27 年度日本粘土学会 (山口大学) における授賞式の様子 (9 月 4 日)。左から, 黒田一幸会長, 大和田朗氏, 佐藤卓見氏, 平林恵理氏。

☆地質図・地球科学図新刊案内

<https://www.gsj.jp/Map/JP/newmaps.html>

- ・ 5万分の1地質図幅10 [金沢] -68「冠山」(福井県・滋賀県・岐阜県)
- ・ 5万分の1地質図幅7 [新潟] -34「川俣」(福島県)
- ・ 20万分の1地質図幅「大分(第2版)」(大分県・宮崎県・熊本県)
- ・ 20万分の1地質図幅「横須賀(第2版)」(神奈川県・静岡県・千葉県・東京都)
- ・ 火山地質図 No. 18「蔵王火山地質図」(山形県・宮城県)
- ・ 火山地質図 No. 19「九重火山地質図」(大分県)
- ・ 空中磁気図 No. 46「養老断層地域高分解能空中磁気異常図」(岐阜県・滋賀県・愛知県)
- ・ 重力図(ブーゲー異常) No.31「京都地域重力図」(京都府・大阪府・兵庫県・奈良県・滋賀県・福井県)
- ・ 海洋地質図 No. 85 沖縄島北部周辺海域海洋地質図
- ・ 海洋地質図 No. 86 室蘭沖表層堆積図
- ・ 海陸シームレス地質図 S-4 海陸シームレス地質情報集「石狩低地帯南部沿岸域」
- ・ 燃料資源図3「関東地方」
- ・ 水文環境図8「石狩平野(札幌)」
- ・ 土壌評価図6「茨城県地域」

☆活断層・火山研究部門(隔月刊)

IEVG ニュースレター (2015年8月号)

https://unit.aist.go.jp/ievg/katsudo/ievg_news/index.html

目次

1. 地震に伴って発生し四年以上も継続する温泉湧出/佐藤 努
2. 宇宙線生成放射性核種を用いたチベット高原北東縁における変動地形についての研究/白濱吉起
3. アメリカ岩石力学シンポジウム参加報告・ローレンスバークレー国立研究所訪問記/朝比奈大輔
4. アジア・オセアニア地球科学会第12回年次大会報告/小泉尚嗣
5. 米国カスケード火山ワークショップ報告・前編/東宮昭彦ほか
6. 平成27年度地震・津波・火山に関する自治体職員用研修プログラム報告/小泉尚嗣ほか
7. 新人紹介
8. 2015年6-7月外部委員会

☆地圏資源環境研究部門(年4回刊行)

GREEN NEWS 49号(2015年7月号)

http://green.aist.go.jp/ja/blog/category/product_jp/green-news_jp

目次

1. 巻頭言 新人採用と育成について/光畑裕司
2. 新研究グループ長あいさつ・グループ紹介/森田澄人
3. 2015 Grant 紹介
 - ・ リグニン由来有機物分解に関与する新規微生物の培養と機能解明/地圏微生物研究グループ 片山泰樹・吉岡秀佳・坂田 将
 - ・ LIBS/LA-ICPMSによる全元素分析法の開発/鉱物資源研究グループ 昆 慶明・児玉信介・荒岡大輔・江島輝美・三好陽子
 - ・ 海底掘削試料の即時IP特性計測技術の開発/物理探査研究グループ 小森省吾・高倉伸一・光畑裕司
4. 参加報告 第25回環境毒性化学会欧州地区会議/川辺能成
5. 海外留学記
 - ・ タスマニア大学CODES/実松健造
 - ・ ジュネーブ大学地球環境科学研究科/星野美保子
 - ・ アメリカ地質調査所California Water Science Center/井川 怜欧
6. 新メンバー紹介
7. 異動挨拶
8. イベントカレンダー

☆広報部

産総研 LINK が産総研 TODAY の後継誌として7月に創刊されました。

http://www.aist.go.jp/aist_j/aistinfo/aist_link/index.html

GSJ 地質ニュース編集委員会

委員長 森 尻 理 恵
副委員長 下 川 浩 一
委員 丸 山 正
竹 田 幹 郎
杉 原 光 彦
中 嶋 健
七 山 太
小松原純子
伏島祐一郎

GSJ Chishitsu News Editorial Board

Chief Editor: Rie Morijiri
Deputy Chief Editor: Koichi Shimokawa
Editors: Tadashi Maruyama
Mikio Takeda
Mituhiko Sugihara
Takeshi Nakajima
Futoshi Nanayama
Junko Komatsubara
Yuichiro Fusejima

事務局

国立研究開発法人 産業技術総合研究所
地質調査総合センター
地質情報基盤センター 出版室
E-mail : g-news-ml@aist.go.jp

Secretariat Office

National Institute of Advanced Industrial
Science and Technology
Geological Survey of Japan
Geoinformation Service Center Publication Office
E-mail : g-news-ml@aist.go.jp

GSJ 地質ニュース 第 4 巻 第 10 号
平成 27 年 10 月 15 日 発行

GSJ Chishitsu News Vol. 4 No. 10
Oct. 15, 2015

国立研究開発法人 産業技術総合研究所
地質調査総合センター
〒 305-8567 茨城県つくば市東 1-1-1 中央第 7

National Institute of Advanced Industrial
Science and Technology
Geological Survey of Japan
AIST Tsukuba Central 7, 1-1-1, Higashi, Tsukuba,
Ibaraki 305-8567, Japan

印刷所 前田印刷株式会社

Maeda Printing Co., Ltd

