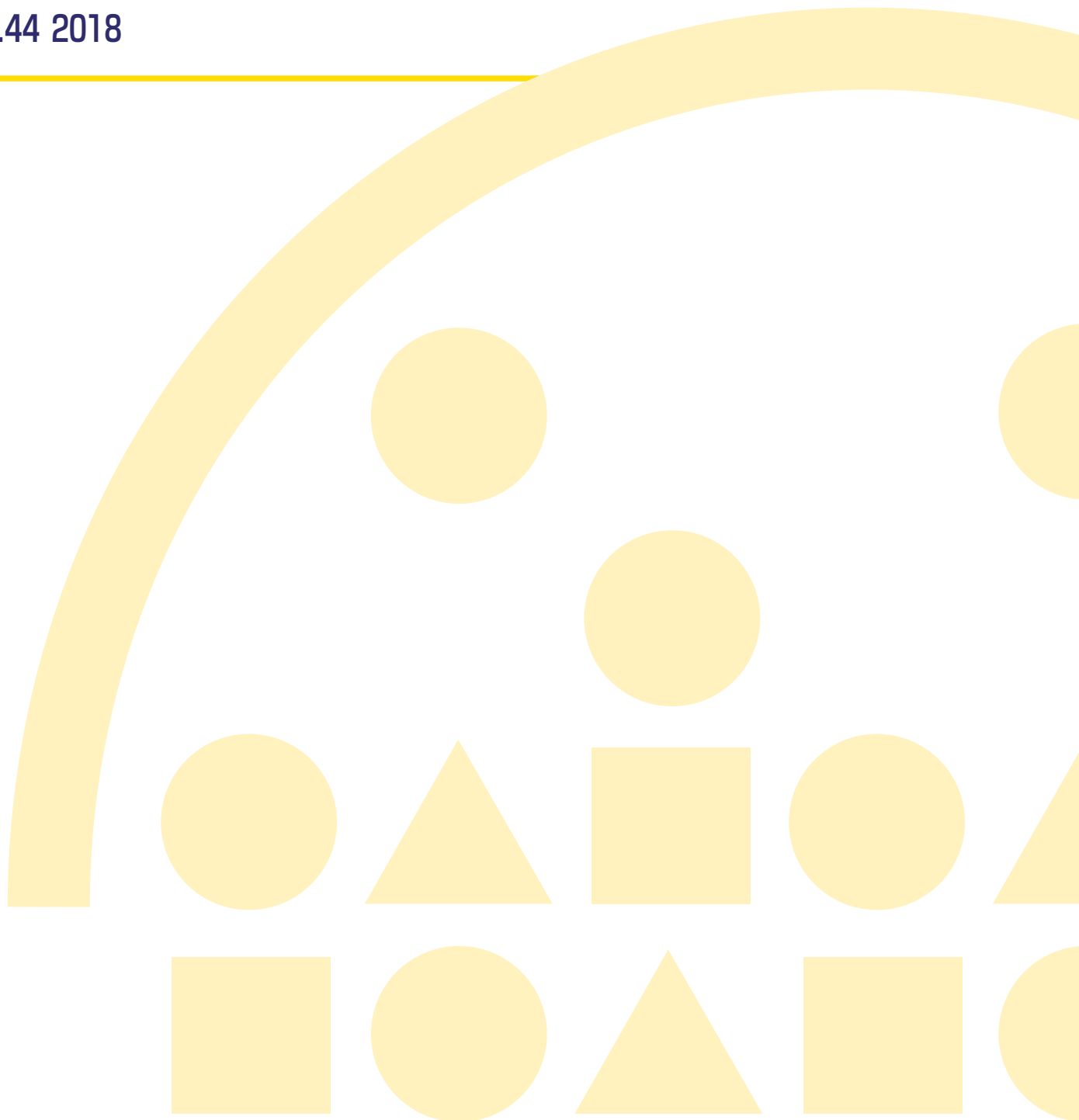


名古屋市科学館紀要

第44号 2018

Bulletin of Nagoya City Science Museum
No.44 2018



名古屋市科学館

Nagoya City Science Museum
Nagoya, Japan

名古屋市科学館紀要

第44号 2018

Bulletin of Nagoya City Science Museum

No.44 2018

目 次

- 1 調査結果に基づくロボット展の構成私案
A temporary robot exhibition plan based on research results
馬渕浩一 MABUCHI Koichi 1-2
- 2 名古屋市庁舎外壁の石材
Exterior stone of Nagoya City hall
西本昌司 NISHIMOTO Shoji 3-7
- 3 名古屋城石垣に使われている石材の岩石種と産地
Type of rocks of Nagoya Castle stone walls
西本昌司, 市澤泰峰 ICHIZAWA Yasumine 8-12
- 4 名古屋城における石垣石材の岩石種構成についての予察
Rock composition and origin of Nagoya castle stone walls
市澤泰峰, 西本昌司 ICHIZAWA Yasumine, NISHIMOTO Shoji 13-18
- 5 極地映像の展示への活用に関する調査研究
An application of Antarctic whole sky images for the Deep Freezing Lab
小塩哲朗 OJIO Tetsuro 19-23
- 6 アメリカ横断皆既日食の観測と映像の活用
Observations of a total solar eclipse in the USA and the effective use of its images
in the Nagoya City Science Museum
持田大作, 毛利勝廣, 小林修二, 中島亜紗美, 稲垣順也, 野田 学 MOCHIDA Daisaku, MOURI Katsuhiko, KOBAYASHI Shuji, NAKASHIMA Asami, INAGAKI Junya, NODA Manabu 24-31

- 7 名古屋市科学館天文ボランティア天文指導者クラブ（ALC）30年のあゆみ
小林修二，持田大作，中島亜紗美，
稲垣順也，毛利勝廣，野田 学 32 - 38
30years history of the Astronomical Leader's Club at the Nagoya City Science Museum
KOBAYASHI Shuji, MOCHIDA Daisaku,
NAKASHIMA Asami, INAGAKI Jyunya,
MOURI Katsuhiko, NODA Manabu
- 8 第58次日本南極地域観測隊参加報告 小塩哲朗 39 - 47
A brief report of participating JARE58 OJIO Tetsuro

調査結果に基づくロボット展の構成私案

A temporary robot exhibition plan based on research results

馬 淵 浩 一*

MABUCHI Koichi

1. はじめに

将来ロボットをテーマとする特別展を開催する場合に備え、関連する博物館、展示会などを調査した。

本稿は、その調査結果に基づき、歴史、部品、工業、近未来の4つの項目からなる展示構成の私案を示すものである。

2. 展示構成案

(1) 歴史：大郷からくり館（新潟県新潟市）

細川半蔵が寛政8（1796）年に著した『機巧図彙』は、座敷からくり（以下、「からくり人形」とする）と和時計を製作するための図面集であり、首巻、上巻、下巻からなる3冊の原本はすべて名古屋市の蓬佐文庫に保存されている。

この書に記載されたからくり人形9体のすべてが大郷からくり館で復元された。同館を訪問し、コレクションの内容を調査した。

この施設は、新潟県立自然科学館の元副館長日根之和氏が、定年退職後に自費で開設したからくり館である。年平均2-3体のからくり人形が新規に復元され、上掲9体を含め現在約70体が公開されている。アウトリーチとして自然科学館、公民館、老人ホーム等への出張実演も行われている。

(2) 部品：長岡歯車資料館（新潟県長岡市）

歯車の専門メーカーとして知られる株式会社長岡歯車製作所の元会長内山弘氏が収集した約200点の歯車を公開する企業博物館である。同館を訪問し、コレクションの内容を調査した。

モーターの機能拡大によって歯車の需要が減退したが、それまで複雑な挙動を要求する機械に不可欠であった歯車、特に非円形歯車の設計と製作に秀で

た企業が同社である。

歴史的な歯車から、同社が開発あるいは開発支援した機械類、例えば、井関農機製の耕耘機、ブルボンチョコレート製品の製品切断機と、そこに使われた非円形歯車機構などが展示されている。また壁掛け時計のコレクションも豊富である。

(3) 工業

株式会社不二越製高密度スポット溶接ロボット

2年に一度、東京ビッグサイト（東京都江東区）で開催される国際ロボット展において、自動車産業と関連の深い最新の工業用ロボットを調査した。併せて、一般の展示会場で塗装、溶接などの作業を疑似的に実演する手法を調査した。

株式会社不二越のスポット溶接ロボットのブースでは、乗用車のカットボディに対し、6機のアームロボットが協調してスポット溶接する実演が行われていた。ただし、消防法の関係で、火花を飛ばす実際の溶接は行われておらず、アームロボットの俊敏な動作だけが示された。

目測で5m×5m程度の設営面積で、協調動作を指示する制御器等はバックパネルの背後に隠されていた。

9mm程度の鉄板の上にロボットがボルト固定されており、その鉄板が床にアンカー固定されていた。仮に当館地下2階イベントホールで展示する場合、H鋼を床置きし、その上に鉄板をボルト固定して、動荷重に対応する必要があるだろう。

川崎重工業株式会社製塗装ロボット

川崎重工業株式会社による塗装ロボットのブースでは、乗用車ボディの半製品に対し、2機のロボットによる塗装作業の実演が行われていた。

ただし、実際の溶接作業は行われておらず、床に設置した2灯の投光器がアームロボットの動作に同期し、赤色と緑色を白色ボディに反射させ、塗装を

*名古屋市科学館学芸課

実感させる工夫がなされていた。

10m×5m程度の展示面積に、ロボット、乗用車ボディと投光器の設置場所を確保する必要がある。

株式会社安川電機製溶接・塗装協調ロボット

乗用車のボディ半製品がレール上を前後に移動し、それに同期してまず3機のアームロボットが溶接を行う。溶接作業完了後、1機のアームロボットが塗装を行う実演が実施されていた。消防法の関係で、実際の溶接と塗装は行われておらず、アームロボットの動きだけが示されていた。

10m×10m程度の展示面積が必要。制御装置類はすべてバックヤードに置かれていた。ロボットとレールは共に床に直接固定され、動荷重に耐える構造となっていた。

(4) 近未来

今日、ロボットは単純作業から高度な判断に基づく作業を担うように変化している。さらに近年、AI、IoTなどのキーワードが新聞紙面を賑わしてい

る。ビッグデータを蓄積し分析した成果を反映させるものとそうでないものを峻別することも観覧者の理解を深めることにつながるであろう。また、実体を伴わないソフトウェアだけを示しロボットと称してよいかの判断も必要である。

この項目に関し、博物館や展示会の調査は実施していないが、日本経済新聞記事のクリッピングを行った。

技術の陳腐化が激しく、特別展開催決定後、不断に情報収集に努め、最新の事情を展示に反映させるべきである。

3. おわりに

博物館と展示会の調査結果に基づき、歴史、部品、工業、近未来の4項目でロボット展を構成した。

本稿は平成27年度「モノづくり展示の魅力増進に関する調査」の結果をまとめ執筆したものである。

名古屋市庁舎外壁の石材

Exterior stone of Nagoya City hall

西本昌司*

NISHIMOTO Shoji

1. はじめに

名古屋市役所本庁舎は、1933（昭和8）年竣工の鉄骨鉄筋コンクリート造りの洋風建築に、和風の瓦屋根を載せた「帝冠様式」といわれるもので（写真1）、2014（平成26）年に国の重要文化財に登録されている。その建築デザインばかりが目立っているが、石材の点から見ても極めて貴重な建築物である。内壁には様々な国産大理石が使われており、玄関ホール（写真2）の柱や階段手すりに使われている「小桜」という山口県産の大理石は（写真2）、国会議事堂と名古屋市役所だけだと紹介されている¹⁾。エレベーター周囲には「美濃黒」と呼ばれる岐阜県大垣市産大理石が使われている。どの国産大理石も、現在採掘されておらず、もはや入手困難な石材である。

ところが、外壁に使われている石材については、由来がはっきりしていなかった。名古屋市の「国登録有形文化財名古屋市役所本庁舎現況調査報告書²⁾」には「ヒシヤ石貼り」と記載されているが、「ヒシヤ石」という石材名を名古屋市発行以外の文献で

見つけることができず、その由来についての記述がない。そこで、市役所外壁の石材表面を観察するとともに、類似する石材について情報を集め、石材の由来について調べたので報告する。

2. 名古屋市役所本庁舎外壁石材の特徴

名古屋市本庁舎の外壁に使われている石材は、白～淡褐色の岩石で、一見して、やや変質した安山岩のように見える（写真3、4）。しばしば水酸化鉄の沈殿があり、褐色の濃淡によるリーゼガング状の縞模様ができている。風化や汚れのために表面観察が困難な場所が多いが、庇の下では保存状態が良好であり、比較的新鮮な部分が残っている。肉眼とルーペによる観察で、有色鉱物として3mm未満の黒雲母、白色～淡褐色で2～5mm程度の斜長石の斑晶を含んでいる。新鮮部の石基は白色～淡灰色で、そこに自形の黒雲母が散在することで、一見、花崗岩のような見かけとなっている。



写真1：名古屋市役所本庁舎の外観



写真2：名古屋市役所本庁舎玄関ホール。階段手摺や柱に使われている石材は、山口県産石灰岩（大理石）「小桜」

*名古屋市科学館学芸課



写真3：名古屋市役所本庁舎外壁の石材（割肌仕上げ部分）



写真5：渋沢史料館青淵文庫外壁の「月出石」



写真4：名古屋市役所本庁舎外壁の石材（ビシャン仕上げ部分）



写真6：国立国会図書館国際子ども図書館（旧帝国図書館）外壁の「白丁場石」

3. 本庁舎外壁と類似する石材

日本において当時流通していた石材^{3) 4)}のうち、白～淡色の火山岩は限られており、本庁舎外壁に使われている石材の候補となりそうなものは次の5種である。

3-1. 月出石（船原石）

伊豆半島棚場火山の安山岩である。白っぽい石基に、輝石の5mm未満の短柱状結晶が散在する（写真5）。国会議事堂外壁に使う石材候補になっていた³⁾。K-Ar年代として、1.2～1.5Maの報告がある⁵⁾。丸善、逓信省、海軍省、参考館、法科大学等に使われていたという⁶⁾。現存する建築物としては、渋沢史料館の青淵文庫（1925年竣工）に使われている。

3-2. 白丁場石

神奈川県湯河原町で採掘されていた複輝石デイサイトである。斑晶として、斜長石、単斜輝石、斜方

輝石、磁鉄鉱を含む⁷⁾。新鮮な岩石の石基は灰色～黒色だが、変質によって白色化した部分があり（写真6）、その部分が石材として用いられたようである。類似している幕山溶岩のK-Ar年代（0.15～0.20Ma）⁸⁾程度と考えられている。現存する建築物では、日本銀行本店本館（1896年竣工）、旧横浜正金銀行（現神奈川県立歴史博物館、1904年竣工）、旧帝国図書館（国立国会図書館国際子ども図書館、1906年竣工）の外壁に使われている。

3-3. 飛岳石

熊本県上天草市大矢野島飛岳で採掘されている角閃石デイサイト⁹⁾である。白っぽい石基に細長い角閃石の斑晶が散在する（写真7）。フィッシュオントラック年代として、 $4.18 \pm 0.33\text{Ma}$ との報告¹⁰⁾がある。世界文化遺産になっている1887（明治20）年に完成した三角西港¹¹⁾に使われているが、建築材料としての利用例は確認できなかった。



写真7: 「飛岳石」(天草市立御所浦白亜紀資料館蔵)



写真9: 由良山麓の清水神社で使われている「由良石」



写真8: 「島崎石」(熊本城の石垣)



写真10: 「由良石」のサンプル(横約8cm)

3-4. 島崎石

熊本市西区島崎町の石神山で採掘されていた角閃石デイサイトである。白い石基に1～数mmの角閃石の自形結晶が散在する(写真8)。フィッシュトラック年代として、約1.12Ma(更新世)との報告¹²⁾がある。古くから優良石材として有名だったらしく、熊本城の石垣の一部に使われている¹³⁾が、建築材料としての利用例は見つけられなかった。

3-5. 由良石

香川県高松市由良山で採掘されていた黒雲母デイサイトである¹⁴⁾。斑晶として、自形の黒雲母と斜長石を含む(写真9、10)。形成年代は不明であるが、瀬戸内火山岩類であることから、16～12Ma¹⁵⁾と考えられる。

1966年、皇居宮殿東庭の敷石に使われた¹⁶⁾が、2013年に張り替えられた。

4. 考察

名古屋市本庁舎外壁の石材として用いられた可能性のある石材の中で、有色鉱物が黒雲母である岩石は、由良石のみである。外見や構成鉱物も由良石に酷似している。科学的な裏付けをとるためには、年代測定できればベストであるが、外壁の剥離片などで薄片を作成しての顕微鏡観察やXRDによる石基の鉱物同定などが必要であろう。しかし、文化財である市庁舎外壁をサンプリングするわけにはいかない。そこで、由良石について香川県図書館に依頼して文献資料を調べて頂いたところ、地元の郷土誌¹⁸⁾に「東京帝国ホテル、歌舞伎座、東京帝大附属病院、名古屋市役所に使われた」という記載を見つけたことができた。一次資料ではないものの、少なくとも名古屋市庁舎の一部に使われていると考えて良さそうである。

また、同郷土誌¹⁸⁾に由良石が使われたと記載されている建築物の中で、現存しているのは名古屋市

役所だけである。皇居宮殿東庭の敷石も張り替えられていることから、名古屋市本庁舎は由良石の使われている唯一の歴史的建築物である可能性が高い。このことは、文化財としての名古屋市庁舎の価値を高める事実と思われる。一方で、由良石の採掘は停止していることから、文化財として保存・修復していくためには、石材調達に関し、何らかの対応が必要となるだろう。

名古屋市が作成した文書において、外壁の石材について、なぜ「ビシヤ石」という記載になっているのかは、手がかりがなく不明である。根拠のない憶測であるが、石材業者の屋号であったか、石材表面に特殊なハンマーで細かな凹凸をつくる「ビシヤン仕上げ」の「ビシヤン」を石材名と誤解したのかもしれない。あるいは、取扱業者の屋号なのかもしれない。

建築当時、外壁用石材として北木石などの花崗岩が普及していたにも関わらず、名古屋市役所の外壁には、あえて由良石が選ばれたのは、なぜだろうか。名古屋市役所建築当時、市内に花崗岩を使った建築物がなかったわけではない。1906年竣工の日本銀行名古屋支店（現存せず）は、赤い化粧煉瓦と花崗岩（北木石）が使われていたという²⁰⁾。市役所隣接する愛知県庁舎（1938年竣工）の外壁にも、旧三井銀行（現三井住友銀行）名古屋支店（1935年竣工）にも、北木石と思われる花崗岩が使われている。明治屋ビル（1938）の外壁は岡山県産花崗岩（万成石）である。名古屋市本庁舎建築時は、国会議事堂建設中でもあり、すでに花崗岩が近代建築物の外壁材料として普及していたはずである。それでもあえて由良石を選んだ理由として挙げられるのは、加工しやすさと輸送コストである。日本銀行本店に使われた白丁場石も、花崗岩と混用しても違和感がない外見であるうえに、花崗岩に比べて加工がやすく低コストな石材であったことから採用された考えられている²¹⁾。由良石以外で、外見が花崗岩に似た火山岩の供給地は、伊豆半島か九州である。名古屋であれば、香川県の由良石が、低コストで輸送できたと考えられる。工期を縮めて、輸送コストを軽減することで、建築費を節減するため、香川県産の由良石が選択されたと考えるのが妥当と思われる。

5. まとめ

名古屋市役所本庁舎外壁に用いられている石材は、香川県高松市由良山産の黒雲母デイサイト、石材名としては「由良石」だと考えられる。科学的検証のためには、市役所外壁の石材を直接調査する必要がある。

高松市由良町以外の歴史的建造物で、由良石が大規模に使われているのは名古屋市役所本庁舎のみと思われ、石造建築物の文化財として極めて貴重である。由良石の採掘は停止しており、同じ石材での修復は不可能であることから、適切な保存が期待される。

謝辞

香川大学博物館長の寺林優教授には由良石のサンプルを提供いただいた。白丁場石については神奈川県立生命の星地球博物館の山下浩之博士に、飛岳石については天草市立御所浦白亜紀資料館の廣瀬浩司学芸員に情報提供いただいた。名古屋市教育委員会文化財保護室の深谷淳主査、香川県図書館、名古屋市鶴舞中央図書館には文献調査に協力いただいた。以上の方々にお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 名古屋市役所ウェブサイト <http://www.city.nagoya.jp/somu/page/0000062076.html>
- 2) 名古屋市（2012）国登録有形文化財名古屋市役所本庁舎現況調査報告書。
- 3) 大熊喜邦（1938）新議事堂建築用石材に就て。鑛業會誌 Vol. 54, p.20-226.
- 4) 小川一郎（1913）安山岩及其他の石材 地質学雑誌 Vol. 20, pp.433-450.
- 5) 資源エネルギー庁（1987）昭和 61 年度広域地質構造調査報告書, 伊豆地域, 195p.
- 6) 大橋敏男（1916）伊豆半島の石材に就て。Vol.23, 359-361.
- 7) 山下浩之・笠間友博（2015）神奈川県湯河原町に産する通称“白丁場石”の岩石学的特徴。神奈川県立生命の星・地球博物館 研究報告 no. 44, pp. 1-10.
- 8) 袴田和夫・杉山茂夫・今永 勇・萬年一剛・大木靖衛（2005）箱根火山の K-Ar 年代。火山 Vol. 50, pp.285-299.
- 9) 高柳正勝・山尾敏孝（2004）構造材料からみた熊本県の近代土木遺産の特徴に関する考察。土木史研究講演集、Vol.24, pp.235～242.
- 10) 渡辺公一郎（1989）熊本県大矢野島～宇土半島に分

- 布する鮮新世火山岩類のフィッション・トラック年代. 九州大学工学集報, Vol.62, pp.561 ~ 566.
- 11) 遠藤徹也 (2008) 明治の近代港湾都市「三角西港」 [Consultant] Vol.238, pp20-23. 建設コンサルタンツ協会.
 - 12) Takai, M., Miyachi, M. and Hirano, I. (1984), Paleomagnetism and fission-track ages of Kimbo volcano, Southwest Japan. Rock Magn. Paleogeophys., 11, 21-25.
 - 13) 西村渡 (1968) 熊本城の石垣について. 熊本地学会誌 Vo. 29, 2-5.
 - 14) 長谷川修一・鶴田聖子・寺林優・前田宗一 (2014) 多様な工学的性質をもつ石材が育んだ讃岐の石の文化. 日本応用地質学会・中国四国支部研究発表論文.
 - 15) 角井朝昭 (2000) 瀬戸内海西部地域における中新世瀬戸内火山岩類の K-Ar 年代. 地質学雑誌 Vol. 106, pp.609-619.
 - 16) 大林組 (1972) 大林組八十年史
 - 17) 鈴木 誠・細井さと子・服部 勉 (2009) 皇居新宮殿の造園設計と施工. 造園技術報告集 vol.5, pp.8-13.
 - 18) 川島郷土誌編集委員会 1995『川島郷土誌』川島校区地域おこし事業推進委員会
 - 19) 高松市教育委員会 (2017) 高松市指定有形民俗文化財 清水神社の甕塚調査報告書.
 - 20) 瀬口哲夫 (2013) 近代名古屋と最初期の建築家達: 佐立七次郎、辰野金吾、曾禰達蔵、片山東熊. 名古屋造形大学紀要 vol.19, pp.77-88.
 - 21) 特別展「石とかがわ」(仮称) ただいま準備中. 神奈川県立歴史博物館だより Vol.21, No.2.

名古屋城石垣に使われている石材の岩石種と産地

Type of rocks of Nagoya Castle stone walls

西本昌司*・市澤泰峰**

NISHIMOTO Shoji・ICHIZAWA Yasumine

1. はじめに

名古屋城の石垣に使われている膨大な量の石材が、どこからどのようにして調達されたのかはよく分かっていない。石垣に使われている石材の多様性は、様々な場所から運ばれたことを示唆するものであり、産地同定ができれば、江戸時代初期の天下普請の実態などを理解することにつながる。

主要な石材の産地（採石地）は、南知多町篠島および西尾市～蒲郡市にかけての三河湾沿岸、岐阜県海津市周辺の養老山系、および小牧市岩崎山などと推測されている¹⁾。しかし、これら以外の産地については、小豆島などの瀬戸内から運ばれてきたと言われているものの、根拠がはっきり示されている文献は見当たらない。刻印を手がかりにした考察²⁾が行われているものの、岩石学的アプローチによる研究としては、田口・鈴木 (2015)³⁾がある程度であり、石垣に利用されている石材の岩石種さえまとめられていない。名古屋城の石垣について科学的な検

証はほとんど行われていないのである。

そのような状況の中、石垣修復において、石材の岩石種に注目した調査を行ったところ、丁場ごとに岩石種の割合が異なることが示された⁴⁾。このことは、丁場を受け持った担当大名の領地から石材が運ばれている可能性が高く、産地同定のヒントとなることを示している。

このような岩石学的アプローチによって石材産地を特定することはすることは、名古屋城の学術的価値の向上に貢献できるだけでなく、原則として元の石材で修復することになっている文化財保存の点からも重要と考えられる。そこで、石垣の石材について、岩石学的特徴をまとめ、今後の名古屋城の石垣研究に資することとしたい。

2. 主要な地元石材

名古屋城の石垣として多く利用されているのが、濃尾平野周辺で採れる地元石材の「幡豆（はず）石」と「河戸（こうず）石」、そして「岩崎石」である。いずれの採石地も名古屋城より数十km程度の距離にある。以下、各石材の特徴について記載する。



写真1：名古屋城の石垣。本丸北東側には築城期の石垣が残っている。



写真2：名古屋城の石垣に多く使われている「幡豆石」

*名古屋市科学館学芸課

**名古屋城総合事務所



写真3：名古屋城の石垣に多く使われている「河戸石」

2-1. 幡豆石

領家帯にあたる粗～中粒のトータル岩～花崗閃緑岩で、有色鉱物として角閃石と黒雲母を含み、カリ長石をほとんど含まない。岩相のバリエーションが広い。片麻状構造が見られることが多く、暗色包有物やシュリーレンも多い。地質学的には「神原トータル岩」とされている⁵⁾が、模式地である豊田市神原地区に分布する岩体とは別の岩体であり、愛知県蒲郡市～西尾市、南知多町篠島などの三河湾沿岸に分布している。

幡豆石は、城郭全域で広く使われており、最も普通に見られる石材である。供給地と考えられる西尾市幡豆町などに多くの石切丁場跡があるほか⁶⁾、南知多町篠島⁷⁾や蒲郡市西浦や竹島⁸⁾には矢穴石が残されている。

2-2. 河戸石

美濃帯のジュラ紀付加コンプレックスにあたる淡灰～黄灰色の砂岩で、しばしば長径数mm～数cm程度の泥岩の偽礫を含む。碎屑粒子の円磨度は低く、淘汰が悪い。

石垣全域で使われているが、築城期に河戸石の利用が目立つのは前田利常によって築かれた石垣（二之丸北西部石垣など）で多い⁴⁾。また、岐阜県海津市南濃町上野河戸に矢穴石が残されている⁹⁾。

2-3. 岩崎石

濃尾平野の中ほどにある小牧市の岩崎山に露出する細粒黒雲母花崗岩である。現地には、切り出しかけた矢穴石や刻印入りの石が残されている。有色鉱物が少なく、細かな空隙（miarolitic cavity）が認め



写真4：名古屋城の石垣に多く使われている「岩崎石」

られることが多い。

城郭東部などで多く見られ、それ以外の場所でも使われている量は少ない。築城時の石材よりも、修復時に積み直されたと考えられる石垣で多く使われている^{4) 9)}。

2-4. その他

これら以外に、斑レイ岩や片麻岩など、産地不明の岩石が少数認められ、西尾市南部が供給地の候補に挙げられる。また、名古屋市守山区東谷山などにも転石を割った跡が見られることから、石材が採掘された可能性がある。今後の検証が必要である。

また、戦後になって積み直した石垣には、岐阜県中津川市産の花崗岩など、本来、名古屋城には使われていなかった石材も使われている。

3. 遠方から運ばれてきた石材

前章であげた3種以外の石材も多く使われている。石垣表面の汚れや苔などで表面観察がしにくいことが多いものの、肉眼鑑定により、熊野石、竜山石、山陽帯花崗岩が認められた。

以下、それぞれの岩石について記載する。

3-1. 熊野石

地質学的には「熊野酸性岩類¹¹⁾」と呼ばれ、紀伊半島南東部に広く分布する斑状の花崗岩質岩石（花崗斑岩）である。等粒状組織の花崗岩と違い、外見が特徴的で肉眼でも識別が比較的容易である。斑晶として、斜長石、カリ長石、石英、黒雲母を含み、角閃石を含まない。不透明鉱物は主にチタン鉄鉱で、磁鉄鉱はほとんど含まれない¹²⁾。堇青石を含



写真5：東門付近の「熊野石」

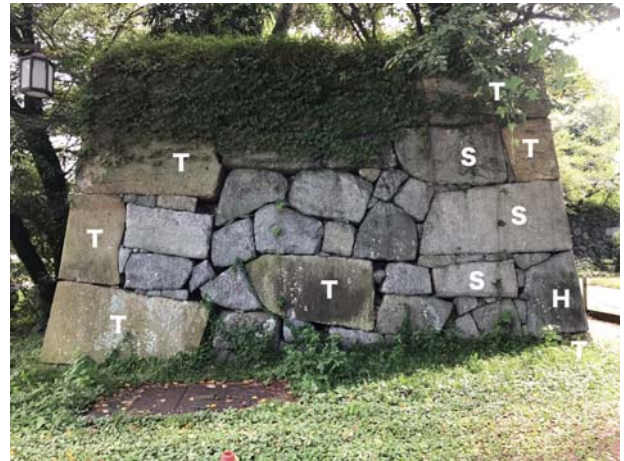


写真6：二の丸大手門の「竜山石」

T：竜山石、S：山陽帯花崗岩、H：幡豆石

み、パーアルミナスな化学組成を持つSタイプ花崗岩である¹²⁾。しばしば泥質岩起源の捕獲岩（ゼノリス）を含む。約1400万年前にカルデラに堆積した火砕岩中にシル状に貫入した厚さ1,000mを超える岩体と考えられている¹³⁾。熊野酸性岩類は北岩体と南岩体に分けられ、全岩化学組成から名古屋城石垣の石材は北岩体から持ち込まれたと判断されている³⁾。北岩体は海に露出しており、運搬面でも説得力がある。

紀州を治めていた浅田家の丁場だった二之丸東鉄門跡周辺の切込接・布積みの石垣および本丸搦手馬出石垣の一部（打込接）で多く使われている⁴⁾。

3-2. 竜山石

「竜山石」は、本来、兵庫県高砂市で採掘される石材の呼称である。姫路城の石垣に使われているのは姫路市内から採掘されたもの¹⁴⁾だが、地質学的には同等の岩石であるので、便宜上、竜山石に含めることとする。

白亜紀火砕岩層の宝殿層にあたるハイアロクラスタイトあるいは成層ハイアロクラスタイトで、海底火山により形成された火山砕屑岩である。成層ハイアロクラスタイトを構成する破片はほとんどが流紋岩だが、わずかに先白亜系の砂岩・頁岩などの異質岩片が見られる¹⁵⁾。多くの径1cm以下の緑灰色岩片や、石英や斜長石などの鉱物結晶片を含む。

花崗岩類が多い名古屋城の石垣の中では、異質な外観となるため、表面の汚れが少なければ容易に区別できる。石材としては軟らかくて加工しやすいため、たいていの場合、直方体に加工されている。二の丸大手二之門の石垣に角石として多数使われてい

るほか、三の丸本町橋付近でも使われている。細田（2012）も指摘しているとおり¹⁶⁾、二の丸大手二之門が姫路城を治めた池田輝政の丁場であることから、池田氏の領地内で加工・運搬されたものと考えられる。

3-3. 山陽帯花崗岩

山陽帯花崗岩は、瀬戸内海沿岸域から愛知県北部・岐阜県東濃地域にかけて帯状に広く分布する白亜紀後期の花崗岩である。中国地方においては「広島花崗岩類」と呼ばれることもある¹⁷⁾。名古屋城で見られる優白質花崗岩は、外見から山陽帯花崗岩と思われる。石垣表面の肉眼観察だけで産地を特定することは困難であるものの、当時の採掘地を考慮すれば、小豆島、犬島、北木島などの瀬戸内海の島が供給地である可能性が高い。しかし、明確な根拠がないうに、名古屋市守山区東谷山や瀬戸市海上町でも似た石材の石切丁場跡が見つまっている¹⁸⁾。これらのことから、本稿では山陽帯花崗岩としてまとめておく。

山陽帯花崗岩は、完晶質等粒状組織を示す粗粒の黒雲母花崗岩で、組成幅は広いものの、一般的に、領家帯花崗岩より珪長質であり、浅所貫入型¹⁹⁾、時に細かな空隙（miarolitic cavity）が見られる。造岩鉱物として、比較的カリ長石が多く、斜長石と同量以上であることも多い。有色鉱物のほとんどが黒雲母で、角閃石を含むものと含まないものがある。カリ長石は淡桃色～肌色を呈するものが多いが、白いものもある。チタン鉄鋳系であり、帯磁率が低い。形成年代は、測定方法にもよるが、90～60Ma



写真7：山陽帯花崗岩と思われる「清正石」

の範囲である²⁰⁾。

岩相の多様性から見て、複数箇所から持ち込まれている可能性がある。離れた場所からの目視ではあるが、本丸の石垣にも使われている淡褐色系の石材は、山陽帯花崗岩のように見える。鏡石として使われている「清正石」も、山陽帯花崗岩のように見える。このように、角石や鏡石などの重要な石に使われていることが多い。石垣普請の実態を知るためには、山陽帯花崗岩の産地同定が欠かせないだろう。

4. 古文書に記録がある石材

その他、確認できていないものの、古文書に記録があるものとして、佐賀県唐津産と高知県大月町古満目産の石材が、名古屋城の石垣に使われている可能性がある。

4-1. 佐賀県唐津産花崗岩

『細川家記』に、「からつより来候石、中中やくに立申事ハまれにて候」とあり²¹⁾、名古屋城に運ばれた唐津の石がわずかながら残っている可能性がある。唐津市東部には石切丁場跡が残っており、唐津城に使われたと考えられる石材が散在している。この地域に露出する岩石は、糸島花崗閃緑岩であり²²⁾、唐津城に使われている岩石と同じである。自形の角閃石を含むことが多く、カリ長石は少ない。

そこで、唐津を治めていた鍋島藩の石積み丁場の石垣を調査したところ、糸島花崗閃緑岩に類似した石が見られた。ただ、多様な岩相の幡豆石に似ていることがあり、外見だけで判断するのは困難である。糸島花崗閃緑岩は、磁鉄鉱系に属する²³⁾ため帯磁率の測定により絞りこめる可能性がある。



写真8：山陽帯花崗岩が多く使われている本丸北の石垣

4-2. 高知県大月町産花崗岩

土佐藩山内家史料²⁴⁾に、「小満目」より船で運び出したという記録が残っており、高知県大月町古満目近くには「大阪城・名古屋城の残り石」が残されている。大月町史にも大坂城と名古屋城に運ばれたとの記載がある²⁵⁾。しかし、名古屋城の石垣中で、この石材を特定するには至っていない。

この花崗岩は、西南日本外帯の花崗岩類のひとつ、母島型中粒花崗岩（代ほか、1993）²⁶⁾である。電気石やザクロ石を含むこと、パーアルミナスなSタイプ花崗岩であること、形成年代が14～16 Ma²⁷⁾²⁸⁾と山陽帯花崗岩とは異なることなどから、顕微鏡による観察および化学分析や年代測定で特定できる可能性が高い。

5. 考察

築城時の主要な石材は、利用量の多さと産地からの距離から見て、幡豆石と河戸石であったと考えられる。岩崎石は、かなり加工された石材が偏った場所で見られることから、補修材として使われることが多かった可能性がある。

熊野石と竜山石は、加工された状態で角石として用いられていることが多い。それぞれ、紀州と播磨で採掘されたもので、石積丁場担当大名の領地である。このことから、遠方から運ばれてきた石材は、運搬の効率化の点からみても、領地内で採掘後に直方体に加工されてから持ち込まれたと考えられる。

これらの点を考慮すれば、古文書に記録がありながら、存在が確認できていない石材は、産地を領有していた大名の石積丁場に使われていると推察される。山陽帯花崗岩類は、外見（岩相）が類似している岩石が多く、肉眼だけで産地同定するのは困難で

あり、年代測定や安定同位体比測定などを行うことが望ましい。

6. まとめ

名古屋城の石垣石材について、岩石学的特徴と産地についての情報をまとめた。築城期の石垣は、幡豆石（花崗閃緑岩～トータル岩）と河戸石（砂岩）が主体だったと考えられる。それ以外で多く使われている、岩崎石、熊野石、竜山石、山陽帯花崗岩は、石積丁場担当大名の領地で採掘されたと考えられる。これら遠方から運ばれてきた石材は、加工が施されていることが多く、築城期であれば角石や鏡石などに、後年の積み直しなどで補修材として、使われることが多かったと思われる。しかし、山陽帯花崗岩の産地同定や、佐賀県唐津市および高知県大月町産の石材特定はできておらず、科学的手法による研究が期待される。

謝辞

蒲郡市生命の海科学館および高知県大月町観光協会には情報提供していただいた。ここに記してお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 名古屋市 (2014) 石垣修復現場見学会資料. 名古屋城 伝統の技にふれる 2014 ～歴史をつなぐ文化をつなぐ～
- 2) 高田祐吉 (1999) 名古屋城石垣の刻紋. 名古屋城振興協会.
- 3) 田口一男・鈴木和博 (2015) 名古屋城の城郭に利用された石材の産地同定のための全岩化学分析～予報. 名古屋大学加速器質量分析計業績報告書 Vol.26, pp.138-143.
- 4) 市澤泰峰・西本昌司 (2018) 名古屋城における石垣石材の岩石種構成についての予察. 名古屋市科学館紀要 Vol. 44, pp.13-18.
- 5) 日本の地質「中部地方 II」編集委員会 (1988) 日本の地質 中部地方 II . 332p.
- 6) 幡豆町誌編集委員会 (1958) 愛知県幡豆町誌 幡豆町役場
- 7) 石橋伊鶴 (2014) 名古屋城と篠島の石垣採石地. 伊勢湾考古 23. 知多古文化研究会
- 8) 松下悦男 (2006) 名古屋城の築城と石の切り出し. 蒲郡市史 本文編 2 近世編, 48-49.
- 9) 横井時綱 (1966) 名古屋城と河戸石. 郷土文化 Vol.21, 7-13.
- 10) 横井時綱 (1959) 名古屋城と岩崎石. 郷土文化 Vol.14, no.4, pp.2-6.
- 11) 荒牧重雄・羽田 忍 (1965) 熊野酸性岩の中部および南部の地質. 地質学雑誌, Vol.71, pp.494-512.
- 12) Takahashi, M., Aramaki S., Ishihara S. (1980) Magnetite-series/Ilmenite-series vs I-type/S-type granitoids. Mining Geology Special Issue 8, pp.13?28.
- 13) 中島 隆ほか (2010) 熊野井内浦掘削コアから推測する中期中新世熊野酸性岩北岩体の垂直構造と定置過程. 地質学雑誌 vol. 116, pp.374-387.
- 14) 青野克美 (2015) 姫路の地質がわかる姫路城の石垣. 姫路市科学館「科学の眼」, No.498.
- 15) 尾崎正紀・原山 智 (2003) 高砂地域の地質. 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅). 産総研地質調査総合センター, 87p.
- 16) 細田隆博 (2012) 近世大名池田家の石垣普請～池田家宗家と池田家庶家の石垣構築技術の変遷とその系譜について～. 金沢城史料叢書 16「城郭石垣の技術と組織」石川県金沢城調査研究所.
- 17) 高橋裕平 (1991) 広島地域の地質. 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅). 産総研地質調査総合センター, 41p.
- 18) 田口一男・佐藤好司 (2015) 名古屋城石垣採石丁場の新知見. 名古屋地学 Vol.77, pp.1-8.
- 19) Ishihara,S. (2003) Chemical contrast of the Late Cretaceous granitoids of the Sanyo and Ryoke Belts, Southwest Japan: Okayama-Kagawa Transect. Bulletin of the Geological Survey of Japan. Vol.54, pp.95-116.
- 20) 中島隆 (2011) 山陽帯と領家帯のマグマ活動継続時間. 日本地質学会第 118 年学術大会講演要旨.
- 21) 内藤晶編 (1989) 日本名城集成 名古屋城.
- 22) 唐木口芳文・早坂祥三・長谷義隆 (編) (1992) 日本の地質 9「九州地方」共立出版, 371p.
- 23) 石原舜三・唐木田芳文・佐藤興平 (1979) 磁鉄鈦系とチタン鉄鈦系花崗岩. 地質学雑誌 Vol. 85, pp.47-50.
- 24) 山内家史料刊行委員会 (1980) 山内家史料・第二代忠義公紀 第一編. 山内神社宝物資料館
- 25) 大月町史編纂委員会編 (2005) 大月町史.
- 26) 代開秋・津末昭生・本間弘次 (1993) 高知県南西部 柏島・沖ノ島地域の花崗岩類の岩石学的研究. 岩鈦 Vol. 88, pp.247-264.
- 27) 黒田隆之助 (1991) 高知県宿毛市沖の島～柏島花崗岩質岩. 日本地質学会第 98 年学術大会講演要旨.
- 28) 小松正幸・白石るりこ・黒田隆之助 (1991) 四万十帯第三紀花崗岩 (高月山, 柏島) と変成岩ゼノリス. 日本地質学会第 98 年学術大会見学旅行案内書, pp.161-182.

名古屋城における石垣石材の岩石種構成についての予察

Rock composition and origin of Nagoya castle stone walls

市澤 泰峰*・西本 昌司**

ICHIZAWA Yasumine・NISHIMOTO Shoji

1. はじめに

名古屋城は、慶長14年（1609）に徳川家康の命により築城が決定され、慶長15年に縄張がなされ築城に着手、城の普請（土木工事）は西国を中心とした20大名による公儀普請により、作事（建築工事）は徳川家により行われ、天守は慶長17年に完成した。城下町は、当時の尾張の中心地であった清須から、町ごと名古屋城下へ移転した（清須越）。

石垣の構築や土地造成などの普請として、慶長15年（1610）6月3日より根石置きが始まり¹⁾、8月には加藤清正が天守台石垣を完成、9月には本丸・

二之丸・御深井丸・西之丸の石垣がおおよそ完成し、大名たちが帰国したとの記録が残されている²⁾。

積み上げられてから400年以上が経過する石垣は、近世から近代にかけて積み直しが行われてきた。代表的な石垣の修理としては宝暦2～5年（1752～1755）にかけて、北西に傾いた天守を引き上げて行われた、天守台石垣の修理（宝暦の大修理）や、明治24年（1891）に起こった濃尾地震を原因として行われた修理を挙げることができる。

名古屋市では昭和45年（1970）以降、崩落や崩落につながるような歪み、戦災による石材の著しい劣

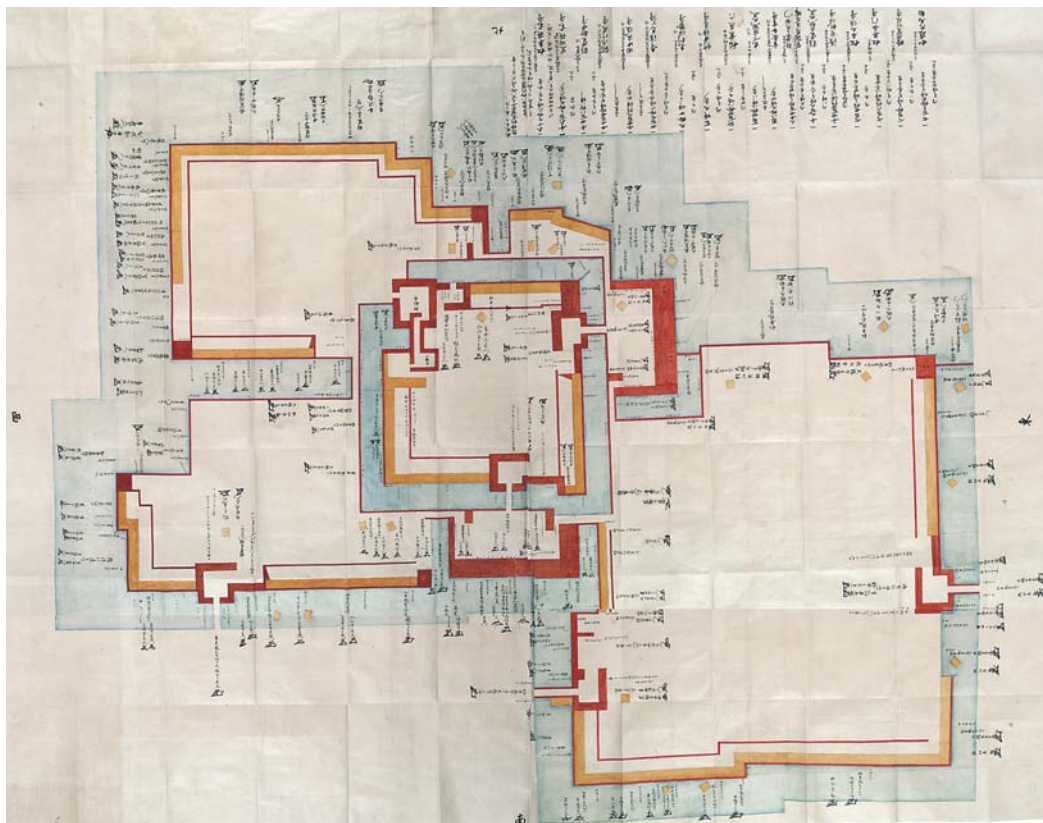


図1 『金城録』町場請取絵図 明治～大正写 名古屋城総合事務所

*名古屋城総合事務所管理課

**名古屋市科学館学芸課

化等が認められる部分において、修復工事が行われている。現在は、本丸搦手馬出石垣の修復工事が進行中であり、この工事に伴って岩石種の調査を行ったところ、石垣普請の一端に関わると考えられる新たな知見を得ることができた。現状では、石垣全体の中におけるごく一部の調査ではあるが、成果をまとめ、今後の名古屋城の石垣研究の一助としたい。

2. 石垣普請

名古屋城の普請は、徳川家康の命により、西国を中心とした20大名による公儀普請として行われ、築城期の石垣は、打込接（うちこみはぎ）・乱積（らんづみ）を基本としている。築城期以降の石垣の積み直しの際には、石材の加工が切込接（きりこみはぎ）となる部分が増えるとともに、布積（ぬのづみ）や落積（おとしづみ）が用いられており、これらの違いから、現在残されている石垣がどの時期に積まれたかある程度推定することができる。

岩石種については、花崗閃緑岩、砂岩、山陽帯花崗岩、花崗斑岩（注1）などが認められ、それらの産地として、愛知県西尾市幡豆～蒲郡市の三河湾沿岸および南知多町篠島（幡豆石）、岐阜県海津市を中心とした養老山系（河戸石）、愛知県小牧市岩崎山（岩崎石）、三重県尾鷲市（熊野石）、瀬戸内海地域などの山陽帯花崗岩が考えられている³⁾。築城期に使われた石材に、複数の岩石種が認められることは他の城郭では多くはなく、名古屋城の特徴である。

石垣普請に関し、各大名の担当箇所を描いた丁場割図（図1）が残されている（注2）。この絵図は、

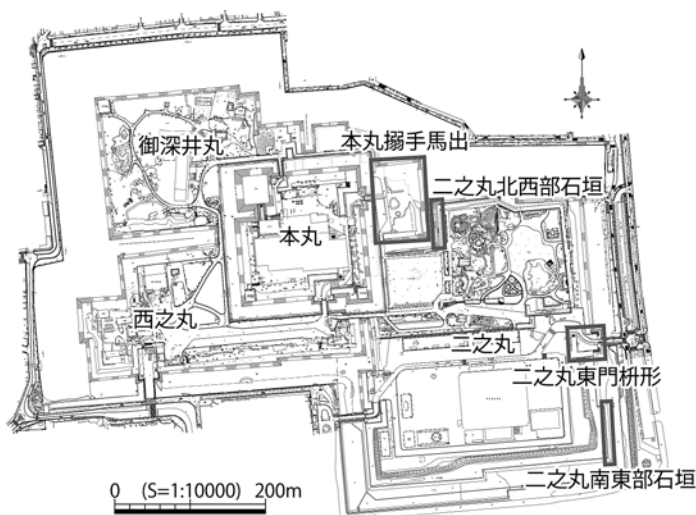


図2 石垣位置図

名古屋城の本丸・二之丸・御深井丸・西之丸の普請について、各箇所の担当大名を知ることができる非常に貴重な資料である。また、石材には、刻印と呼ばれる、非常に多くの種類の文字や文様などが刻まれている。刻印は名古屋城の石垣を特徴づけるものであり、研究が積み上げられてきている⁴⁾。特に、刻印は各大名が石材の所有を示すために刻んだと考えられ、丁場割図に描かれた大名の担当箇所とあわせて、名古屋城の普請についても検討がなされてきた^{5) 6) 7)}。

今回、普請担当大名と岩石種に関係があるかどうかを調べるため、石垣の全ての石材について、岩石種同定を試みることにした（毎石調査）。

3. 調査対象

3-1. 本丸搦手馬出（図2）

本丸搦手馬出（ほんまるからめてうまだし）は、本丸の東に位置する曲輪で、規模は、南北約94.3m×東西約51.8m×高さ約12.5m（空堀部）～14.2m（水堀部）である。普請担当大名は、北面が西から浅野幸長（紀伊）、黒田長政（筑前福岡）、田中忠政（筑後柳川）、東面が北から田中忠政、黒田長政、山内忠義（土佐）、蜂須賀至鎮（阿波徳島）、生駒正俊（讃

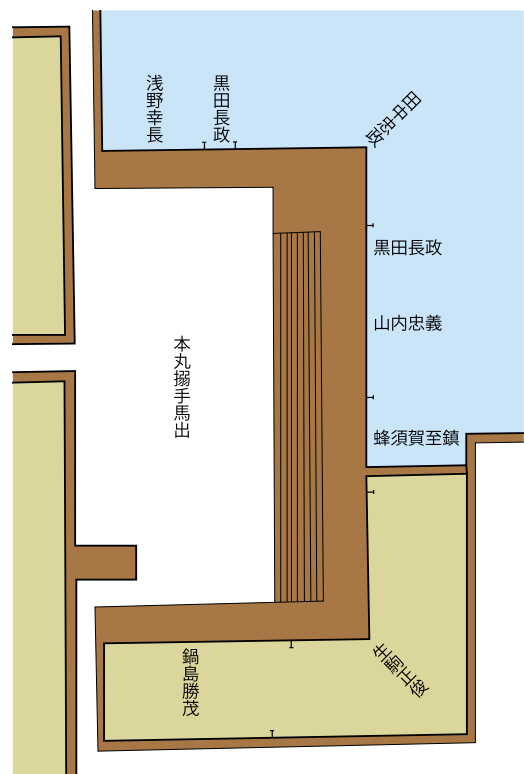


図3 本丸搦手馬出石垣の普請丁場割

岐高松)、南面が生駒正俊、鍋島勝茂(肥前佐賀)である(図3)。

本石垣の北東角を挟んで北面と東面に、切込接・布積の部分があり、それ以外の部分は、打込接・乱積となっていた(図4)。解体を進めると、石垣の積み方の違いに対応する位置で、石垣背面の栗石では幅や石材の違い、盛土では切り合いが認められた。また、解体前の石目等の観察や石垣背面の状況から、北面の石垣は構築時期が異なる4つの部分に分けられた(図4下)。それらは、構築順に、西側中下段の打込接・乱積部(北面1)、中央部中下段の打込接・乱積部(北面2)、東側の切込接・布積部(北面3)(注3)、西側上段の打込接・乱積部(北面4)である。なお、比較とするため、生駒正俊が普請を行った東面の南端部分についても、目視による簡単な岩石種同定を行った。



写真1 二之丸北西部石垣

3-2. 二之丸北西部(図2)

本丸搦手馬出石垣と堀を挟んで向かい合う部分を中心とした石垣で、その規模は、幅約59m×高さ約9.1m、普請担当大名は前田利常(加賀)で、打込接・乱積の石垣である。目視による簡単な岩石種同定を行った。

4. 結果

本丸搦手馬出石垣に使われている石材について、目視により岩石種について同定した結果を図4および表1にまとめた。打込接・乱積部分で多く使われている石材は、河戸石(砂岩)が33.5%、幡豆石(花崗閃緑岩)が31.5%、熊野石(花崗斑岩)が25.9%であった。切込接・布積の部分では、幡豆石(花崗閃緑岩)が43.5%、岩崎石(細粒花崗岩)が30.0%、河戸石(砂岩)が15.6%であった。

北面の4部分ごとに最も多かった石材は、(1)西



写真2 二之丸南東部石垣

表1 本丸搦手馬出石垣の岩石種毎の数量

		全体	打込接乱積					切込接布積		
			小計	北面1	北面2	北面3	東面	小計	北面4	東面
石数 (個)	幡豆石	1,626	327	59	183	19	66	1,299	438	861
	河戸石	812	347	160	23	145	19	465	132	333
	岩崎石	919	24	2	2	5	15	895	216	679
	熊野石	277	269	266	1	2	0	8	6	2
	山陽帯花崗岩	357	56	5	0	48	3	301	104	197
	その他・未調査	23	7	1	4	2	0	16	6	10
	合計	4,014	1,030	493	213	221	103	2,984	902	2,082
比率 (%)	幡豆石	41	31.7	12.0	85.9	8.6	64.1	43.5	48.6	41.4
	河戸石	20	33.7	32.5	10.8	65.6	18.4	15.6	14.6	16.0
	岩崎石	23	2.3	0.4	0.9	2.3	14.6	30.0	23.9	32.6
	熊野石	7	26.1	54.0	0.5	0.9	0.0	0.3	0.7	0.1
	山陽帯花崗岩	9	5.4	1.0	0.0	21.7	2.9	10.1	11.5	9.5
	その他・未調査	1	0.7	0.2	1.9	0.9	0.0	0.5	0.7	0.5

側中下段が熊野石 (53.2%)、
 (2) 中央部中下段が幡豆石 (85.9%)、(3) 東側は、幡豆石 (64.1%)、(4) 西側上段が河戸石 (65.6%) であった。

生駒正俊が普請を行った同石垣東面の南端部分における乱積部分では、幡豆石と山陽帯花崗岩をあわせて7割程度であった。

一方、二之丸北西部石垣の前田利常が普請を担当している部分では、河戸石が7割程度、幡豆石・山陽帯花崗岩が3割程度であった。同じく前田利常の丁場である二之丸南東部では、河戸石が6割程度、幡豆石・山陽帯花崗岩が4割程度であった。

5. 考察

5-1 石垣の積み方と岩石種

石垣の石材加工の程度と積み方は時代により変化がある⁸⁾。石垣の修復について、天和2年(1682)に、江戸幕府から尾張藩に対して本丸東北角の崩れた石垣の修復を許可する史料⁹⁾が残されている。この本丸東北の角の石垣が本丸搦手馬出石垣にあたり、本丸搦手馬出石垣の本調査域における、打込接乱積部分が築城期、切込接布積部分が天和期に積み直された石垣であると考えられる。どちらの部分でも多く使われている幡豆石は、築城期から天和期にかけて主要な石材であったと考えられる。

切込接布積部分では、加工・規格化された岩崎石が多く用いられており、天和期の

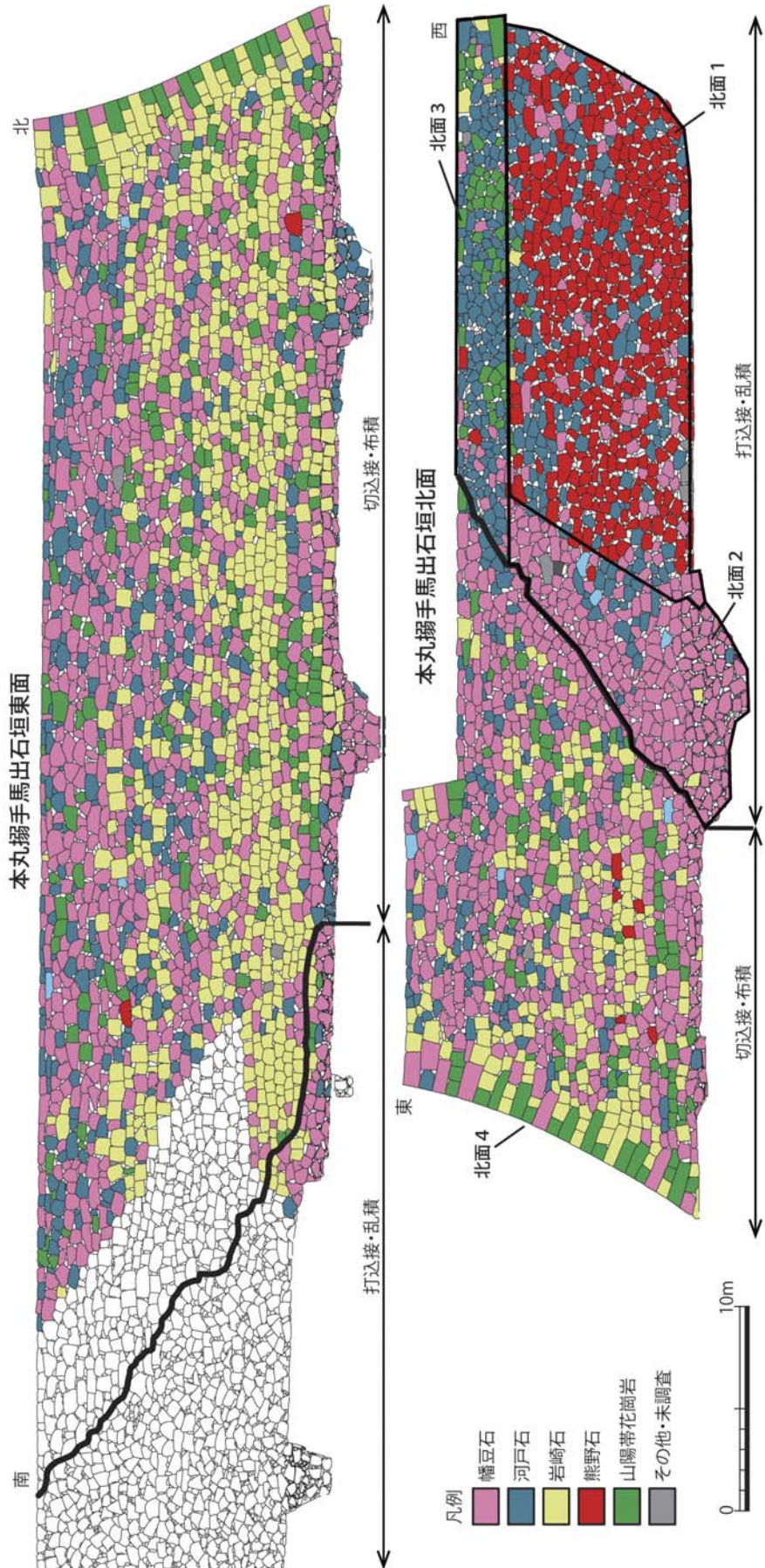


図4 本丸搦手馬出石垣の岩石種分布図

積み直しの際に補充石材として用いられたと考えられる。

山陽帯花崗岩が偏在しているのは、西側上段部分であった。打込接乱積部でありながら西側上段部分は、天和期以降に積み直されている可能性があり、中央部中下段についても背面盛土の調査成果¹⁰⁾等から築城期から天和期の間手が加えられている可能性が想定されている。このことから、山陽帯花崗岩も天和期の積み直しの際に補充石材として用いられたと考えられる。

5-2 担当大名と岩石種

築城期の石垣と考えられる打込接・乱積の部分には、丁場割図に記載されている担当大名による岩石種構成の違いが認められる。

本丸搦手馬出石垣東面の南端部分、築城期に生駒正俊によって築かれた石垣では、明らかに幡豆石・山陽帯花崗岩の比率が高い。

これに対して、浅野幸長によって築かれた石垣では、明らかに熊野石の比率が高い。熊野石は紀伊半島南部に広く分布する熊野酸性岩類（花崗斑岩）であり¹¹⁾、浅野氏の領地から運んできたと考えられる。

二之丸東門枅形（図2）は、浅野氏の丁場であるが、積み方等から近世に積み直しが行われ、築城期の石垣ではないと考えられる。しかし、この石垣では熊野石の割合が高く、特に角石で高くなっていることから、浅野氏は加工が必要な角石として熊野石を好んだと推察される。石垣の近世の積み直しの際に領国外から石材を運ぶことは考え難く、熊野石は築城期に浅野氏によって運び込まれ、修復の際には元の石材を再利用した可能性が高い。二之丸東門枅形から南へ続く石垣の一部が浅野氏の担当丁場であるが、ここでも熊野石が多く認められる。浅野氏は、領地（紀伊）内の石材を多く使用したと考えられる。

二之丸北西部や南東部のうち、前田氏が築いた石垣においては、他の丁場に比べて砂岩の割合が高くなる傾向がある。

このように、担当大名によって使われている石材の比率に違いがあり、調達しやすさや加工しやすさによって使い分けられた可能性が高い。

6. まとめ

名古屋城の石垣全体から見れば一部の調査に止まるものではあるものの、普請担当大名により石垣石材の岩石種の構成比率に違いがある可能性が明らかとなってきた。これまで石垣普請に関しては、刻印からの研究が主なものであったが、岩石種の構成比率と合わせることで、産地（石切丁場）の推定や、後世の積み直しについて、より確度の高い推測が可能となるものと期待される。

名古屋城の築城期の石垣は、地上部で観察できる部分については、角部は算木積、築石部は打込接・乱積で技術的に大きな差異は見られないが、地中の根石部では土台木や石垣前面の栗石の有無、根石の設置高などに違いがあり、慶長期の各大名の石垣構築技術の差違や石垣普請の体制について示唆を与える。今後の石垣調査において岩石種の構成比率による丁場割の検討が実施されれば、刻印と合わせ、名古屋城の石垣普請の実態が解明されると期待される。

注釈

（注1）現在「花崗斑岩」の名称は使われなくなっているが、これまで広く使われてきたこともあり、本論では便宜上用いる。

（注2）丁場割に関する絵図は、写を含め、宮内庁、徳川美術館、名古屋市博物館、蓬左文庫、名古屋城が所蔵している。これらの絵図には細部に違いが見られる部分もあり、各絵図の関係性等の詳細な検討が今後必要となる。

（注3）北面3については背面盛土等の調査から、構築時期が新しくなる可能性もある。

参考文献

- (1) 当代記
- (2) 蓬左遷府記稿
- (3) 西本昌司・市澤泰峰（2018）名古屋城石垣に使われている岩石種と産地の推定 名古屋科学館紀要 Vol.44 8-12
- (4) 高田祐吉（1989）名古屋城天守台石垣の刻紋 財団法人名古屋城振興協会
- (5) 高田祐吉（1999）続・名古屋城叢書2 名古屋城石垣の刻紋 財団法人名古屋城振興協会
- (6) 高田祐吉（2001）名古屋城一石垣刻印が明かす築城秘話一 名古屋市教育委員会
- (7) 高田祐吉・加藤安信（2013）第6章 名古屋城の丁場割と石垣の刻印 新修名古屋市史 資料編 考古2 新

修名古屋市史資料編編集委員会 888-907

- (8) 石川県金沢城調査研究所編（2012）金沢城史料叢書
16 城郭石垣の技術と組織 石川県金沢城調査研究所
- (9) 「瑞龍院様御代奉書并諸書付類之写」収載名古屋城修復許可老中奉書写
- (10) 市澤泰峰（2015）特別史跡名古屋城跡における石垣整備について 第12回全国城跡等石垣整備調査研究会当日資料 第12回全国城跡等石垣整備調査研究会実行委員会 26-33
- (11) 田口一男・鈴木和博（2015）名古屋城の城郭に利用された石材の産地同定のための全岩化学分析一予報 名古屋大学加速器質量分析計業績報告書 XXVI 名古屋大学年代測定総合研究センター 138-143.

極地映像の展示への活用に関する調査研究

An application of Antarctic whole sky images for the Deep Freezing Lab

小 塩 哲 朗*

OJIO Tetsuro

1. はじめに

筆者は第58次日本南極地域観測隊の夏隊員として、平成28(2016)年11月から翌29(2017)年3月にかけて南極に赴き、多数の静止画及び動画を収録した。これらの一部を用いて「極寒ラボ」のマイナス30度の「極地体験室」における全天周映像を、ほぼフリーウェアのみを用いて改修することに成功した。本稿では、今回の全天周映像の改修について報告する。

2. 日本南極地域観測隊での映像収録

筆者は第56次隊に初めて参加したが、観測隊の活動や生活がどんなものか事前には想像できず、観測隊の活動の合間を縫っての映像収録などがどの程度可能か不明であったため、控えめにするよりほかはなかった。

しかし、第58次隊夏隊員として再度南極へ行けることとなったので、56次隊での経験を元に「極寒ラボ」他での活用を前提として映像収録をあらかじめ

予定することができた。

3. 「極寒ラボ」の映像

図1に「極寒ラボ」の平面図を示す。5階展示フロアからの出入りは「ガイダンスルーム」である。「極寒ラボ」は環状につながった4つの部屋からなり、観覧者は「ガイダンスルーム」→「極地情報室」→「極地体験室」→「極地研究室」→「ガイダンスルーム」の順に、案内放送に従って移動する。

「極寒ラボ」の映像は次のとおりである。いずれの映像も音声はない。

(1) 極地情報室

32インチモニタにより注意事項を文字で上映している。背後には美しい南極の映像が流れているが、残念なことに観覧者からはあまり注目されていないようである。次のマイナス30度の体験に対して期待が大きすぎて、注意が向かないものと考えられる。

(2) 極地体験室

直径3.5mのドーム状天井に、オーロラと白夜の全天周映像を投影している(写真1)。オーロラは静

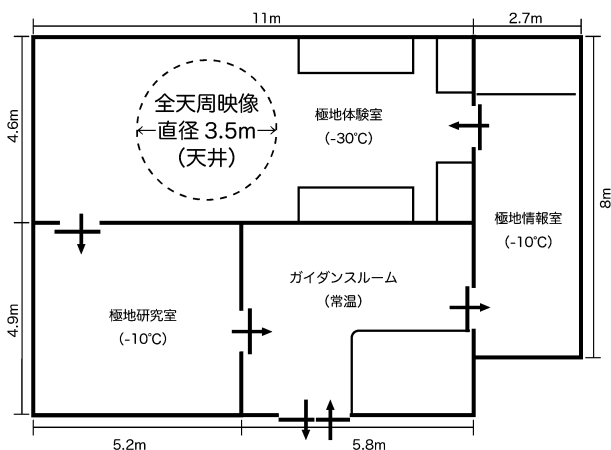


図1 「極寒ラボ」平面図



写真1 極地体験室の全天周映像

*名古屋市科学館学芸課

止画をつなぎあわせた30倍速の動画で、オーロラの活動が特に活発だった2010年8月4日に南極・昭和基地で撮影されたものである。

白夜の映像は、1時間ごとに撮影された24枚の静止画を、1分かけて順々に投影するだけである。また、雲もない快晴の日のため動きがほとんどなく、面白みに乏しい。

(3) 極地研究室

32インチモニタに、昭和基地からのライブ映像と、あらかじめ編集された観測隊の活動の映像がおよそ1分ごとに交互に表示される。

観測隊の活動について、簡潔かつ包括的にまとめられており、1分間と短いながら理解しやすく美しい映像である。

4. 改修する映像

上述したように「極寒ラボ」にはいくつか映像があるが、そのうち筆者が最も改修したいと考えていたのは、極地体験室の白夜の全天周映像である。

改修するにも映像を提供していただくことが難しいため、58次隊に参加時に自ら収録を行うこととした。24時間以上にわたって太陽が沈まずに動いていく映像を作成する目的で、三脚を用いてカメラを固定し、連続して撮影した静止画を元にいわゆるタイムラプス動画を作成する。この動画を、全天周映像の白夜の部分に入れ替えて新映像とする。

5. 撮影機材

撮影に使用した機材は次のとおりである。

カメラ：フジフィルムX-T2 + レンズアダプタ

ニコンD3200

レンズ：シグマ45mm F2.8 EX DC Circular Fish-eye

(ニコンFマウント)

長時間撮影のため、ACアダプタを用いた。

試行錯誤で決定した撮影設定は、感度ISO400、絞りF16、シャッター速度1/400である。また、カメラのインターバル撮影機能を利用して1分間に1枚撮影した。ピントはもちろん無限遠での固定である。

6. 撮影

筆者らは平成28(2016)年12月22日に南極大陸上S-17地点に移動したが、撮影はこの拠点小屋屋上

で行った(写真2)。

撮影は、晴天で任務に支障のない範囲で行った。撮影記録は次のとおりである。



写真2 拠点小屋屋上に三脚を設置し撮影

表1 S-17での全天周画像撮影記録

開始時刻	終了時刻	撮影時間	撮影枚数	機材	備考
12/28 21:31	12/30 15:42	42時間11分	2,532枚	X-T2	全体的に露出不足
12/31 00:19	01/01 12:57	36時間38分	2,199枚	X-T2	レンズが若干南側に傾いてしまっていた
01/01 12:58	01/02 01:13	12時間15分	736枚	X-T2	レンズの向きを修正したため短い
01/02 01:17	01/03 07:15	24時間58分	1,799枚	X-T2	快晴→雲出現とメリハリのある映像
01/03 23:56	01/05 14:11	38時間15分	461枚	D3200	5分に1枚

7. 撮影後の編集

映像の切り出しや荒編集を現地で行いながら、カメラの設定やレンズの向きなどの調整の参考にした。これらは、Apple MacBook PRO上で主にフリーソフトを用いて行った。利用した主なソフトウェアは次のとおりである。

表2 使用した主なソフトウェア

名称	備考
Perl 5.24	Macportsにより導入
ImageMagick (特にconvert)	Macportsにより導入
ffmpeg	Macportsにより導入
iMovie	OS附属

何千枚ものファイルを手作業で読み込んで編集するのは不可能なので、MacOS上のTerminalでperlスクリプトを動かし、バッチ作業として行っている。

全天周映像への編入を目的とした本編集は、帰国後に行った。

撮影画像から編集画像までの画像に対する操作は

全てImageMagickのconvertコマンドによる。

(1) 映像の縮小

撮影した写真画像の例を写真3に示す。このように、6000x4000ピクセル（以下、サイズを示す単位ピクセルは省略する。）程度の視野の中心部分に直径およそ2500の円形の画像が写っている。最終的に展示で使う動画の大きさは、現在使われているプロジェクターの性能上、1400x1050となっている。そのうち、映像の正味の円形の部分の直径は1020である。

後述するようにiMovieで編集・出力すると1920x1080のサイズとなるので、編集画像をこの大ききで切り出すことにする。



写真3 全周魚眼で撮影した画像の例

完成する動画における円形部分の直径が1020、動画高さが1050、iMovieで編集するための画像の高さが1080であるから、編集画像における円形部分の直径は、

$$1020 \times 1080 \div 1050 \approx 1050$$

元画像の円形部分は2500であったから、縮小率は

$$1050 \div 2500 = 42\%$$

となる。元画像を42%に縮小する。

(2) 画像の切り出し

元画像のうち円形部分は中心には来ておらず、右上にずれていた。実際の画像の座標を確認しながら、直径1050の円形部分が中心となるように1920x1080の画像を切り出す。

(3) 円形マスク

撮影画像は、レンズ視野から漏れた光が内部を照らして映り込んでしまっている。全天周映像の投影

プロジェクターには、物理的なマスクはかけられていない。このため、撮影画像に円形のマスクをかける必要がある。

マスクとして、大きき1920x1080、背景中心に直径1050の白く円を描いた画像を作成して用いた。

(4) 編集画像の作成

上述 (1) から (3) に加えて、撮影画像のEXIFデータから撮影日時を取り出し、編集画像のファイル名に用いた。これによって次の日時データの写し込みを行った。これらはすべてシェルスクリプト又は、perlスクリプトを用いたバッチ作業で行った。



図2 編集用に切り出した画像の例

(5) 日時データの写し込み

撮影日時文字列を円弧上に配置する。convertコマンドで文字を直接指定することは可能だが、今後の応用のため下記のように文字を画像にして取り扱った。

ア 文字画像の作成

完成後のファイルの大ききから、30x38ピクセルの大ききで日時表示用文字画像を作成した。「西暦4ケタ/月/日[スペース]時:分」を画像の下辺中央に配置すると、ちょうど真ん中から左右に8文字ずつとなる。文字の大ききから、各文字は4度ずつ回転するのがバランスが良いと考えた。

さらに、元の文字ファイルを、-30から+30度まで4度ごとに傾けた画像を作成する。これらの画像はpng形式で背景を透明とした。

イ 日時画像の作成と写し込み

最終的な完成後の画像上の日時文字の配置を計算する。簡単のため、1920x1080の画像の中心を原点とし、日時文字列の中央の座標を(0,-450)とする。原点を中心として2度傾いた座標の位置(x',y')は、

$$x' = 0 \times \cos(2度) - -450 \times \sin(2度) = -1$$

$$y'=0 \times \sin(2\text{度}) + -450 \times \cos(2\text{度}) = -429$$

である。以下同様に ± 30 度まで4度ごとに計算した文字画像の座標を求め、これらのデータを元にして日時文字列のみの画像ファイルを作成する(図2)。



図3 撮影日時画像の例 (本来は枠なし)

先に求めた各文字の位置座標を用いて、撮影日時入りの画像を合成する(図3)。

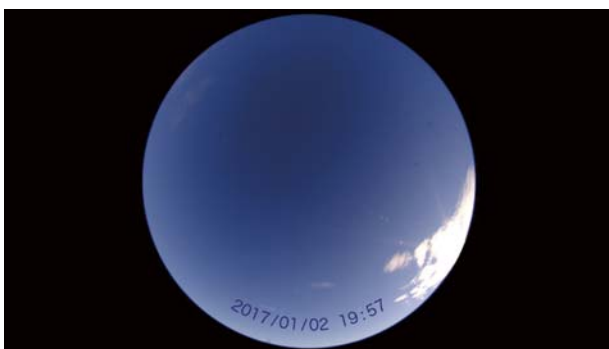


図4 撮影日時を入れた画像

(6) タイムラプス動画の作成

ffmpegにより、静止画像をつなげて動画を作成する。フレームレートを30とし、Apple Quick Time(MOV)形式で保存した。つなげたい静止画のファイル名を連番にしなければならないなどいくつか注意点があるが、これらはスクリプトで対処した。

(7) 既存動画への編入

既存動画と、(6)で作成したタイムラプス動画をiMovieで読み込み、適宜編集する。

iMovie上で、既存動画の白夜の部分を取り取り、そこに新たなタイムラプス動画をはめ込む。前後には「黒にフェード」のトランジションを入れ、1080p、最高品質でファイルに出力する。

(8) 出力後の整形と形式変換

極寒ラボで使われているメディアプレーヤー(BrightSign HD110)で再生可能なサイズと形式に、再度ffmpegを用いて変換する。iMovieが出力したファイルは形式がQuickTime(MOV)で、サイズが1920x1080である。これを1400x1050のmpeg2形式に

変換する。

現在のファイルを、高さ1050に縮小し左右の余分な黒い部分を切り取る。これがファイル作成の最終段階なので、ここでmpeg2にエンコードする。プロファイル、ビットレート等はメディアプレーヤーに適宜合わせる。

(9) 展示装置への導入

使用しているメディアプレーヤーでは、autoplay.mpgというファイル名で保存すれば自動的にループ再生するので、そのように配置した。



写真4 極寒ラボ内で投影されている新映像

8. まとめ

南極観測隊に参加するという貴重な機会に、現地で多数の画像を撮影し、これを展示品に応用した。この作業はフリーウェアを使い、機材以外の直接経費を極力抑えて展示映像を改修することに成功した。

今回確立した手法を用い、今後も映像改修をたびたび行い、観覧者にとって飽きの来ない展示維持を心掛けたい。

9. 謝辞

S-17で共に過ごし観測を行ったメンバーの平沢尚彦、林政彦、小西啓之、中田弘毅、ヌアスムグリ・アリマスの各氏をはじめとする、第58次日本南極地域観測隊の皆様を理解を感謝する。また、2度にわたる南極観測隊への参加は、名古屋市科学館の現場から合計8ヶ月も離れることとなったが、これに理解を示し業務内外で協力してくれた名古屋市科学館及び関係職員の各位にも感謝する。

参考文献

- (1) 小塩哲朗 (2016) 第 56 次日本南極地域観測隊参加報告 名古屋市科学館紀要第 42 号、p.15-31
- (2) 小塩哲朗 (2018) 第 58 次日本南極地域観測隊参加報告 名古屋市科学館紀要第 44 号 p.39-47
- (3) Perl <https://www.perl.org/>
- (4) ImageMagick <http://www.imagemagick.org/>
- (5) ffmpeg <https://www.ffmpeg.org/>

アメリカ横断皆既日食の観測と映像の活用

Observations of a total solar eclipse in the USA and the effective use of its images in the Nagoya City Science Museum

持田 大作*・毛利 勝廣*・小林 修二*・
中島 亜紗美*・稲垣 順也*・野田 学*

MOCHIDA Daisaku, MOURI Katsuhiko, KOBAYASHI Shuji,
NAKASHIMA Asami, INAGAKI Junya, NODA Manabu

1. はじめに

日本時間の2017年8月22日にアメリカ大陸を西から東に横断する地域で皆既日食が見られた。皆既日食は数ある天文現象の中でも特に印象的であり、市民が空や宇宙に対して魅力を感じたり、関心を持ったりするきっかけになる。そしてマスコミなどでも大きく取り上げられる天文現象である。

今回の日食は、皆既日食帯が陸地を長く通り、交通の便がよく、さらに晴天率が高いというように、最高の観測条件がそろっていた。また太陽が月に隠されている皆既の時間も、2分ほどと撮影などに十分な長さであった。この条件のよい皆既日食を天文学そして天文教育的な見地から記録し、プラネタリウムや各種講座、展示に活用するために、最適な撮影機材の選定、撮影方法の検討を行い実践した。

2. 今回の日食について

(1) 日食が見られる地域

皆既日食は月が太陽を完全に隠す現象で、地球に落ちた月の影の中にと見られる。今回の日食では皆既日食が見られる帯状の地域「皆既日食帯」が太平洋上から北アメリカ大陸を通過してアフリカ大陸西側の大西洋上まで伸びていた。日食の観測がしやすい陸地としては北アメリカ大陸を東西に横断する幅約100km、長さ約4000kmの範囲を含んでいた。この陸地部分を月の影は約1時間30分、速さになると時速約2700kmで駆け抜けて行った。この速さで影が地上のある1点を通り過ぎていく時間は約2分

で、皆既日食帯の中にいた人々は、西から東に向かって順々に約2分間、皆既日食が見られた。



図1 皆既日食帯

(2) 観測地の選定

東西に長い皆既日食帯がアメリカ大陸を横断するという条件のおかげで、日食を観測できる場所の候補が非常にたくさんあった。大きな街まで飛行機で向かい、そこから車を使って皆既日食帯の中に行くルートがいくつも考えられ、またキャスパーなどそもそも皆既日食帯の中に飛行場を持つ街もあった。

どの場所で日食を観測するかを決定する要素は、主に3つある。第一に天気、第二に周りの環境、第三に行きやすさである。天気については、概ね皆既日食帯の西側ほど晴天率が高い状況であった。それは西側にロッキー山脈があり、その山麓が乾燥した高原となっているからである。周りの環境については、空を広く見渡せるかどうかのポイントで、市街地であれば建物が、森林では木々が視野の一部を遮ってしまう。さらに横を車がひっきりなしに通るようなところでは落ち着いて日食観測などできないだ

*名古屋市科学館学芸課

ろう。最後の行きやすさについては、観測場所のすぐそばまで車で行けることが望ましい。そしてその場所が宿から遠く離れ過ぎていないことも必要である。またなれない土地での独自行動よりも海外旅行の専門家と同行できるツアーのほうが安全である。現地のホテルなどは1年以上前からの予約で埋まり始めていることもあり、今回のように世界中から沢山の人が動く場合には、多種多様なツアーから選択するのが安全かつコストパフォーマンスが高い。

以上の条件を考慮し、ワイオミング州のボイセン州立公園で日食を観測するツアーを選択した。ボイセン州立公園はキャスパーからバスで2時間ほど西に走った場所にあり、ワイオミング州のほぼ中央に位置している。晴天率が高く、空がひらけていて大きな街から離れているといった申し分のないロケーションである。さらに観測地は湖畔のキャンプ場で、美しい湖が広がっているという写真映えする特徴も兼ね備えていた。

3. 日食観測チームの編成

月食や日食など、その時、その場所でしか見られないという性質の天文現象の際には、多くの観測点を展開し、天候のリスクを軽減するのが得策である。幸いこの日食は好条件ということもあり、天文指導者クラブALCのメンバーの多くがアメリカへ向かうことになった。そこで、全10チームからなる名古屋市科学館・日食観測チームを組織した。チームメンバーに対して予算的な支援はできないが、各観測地での詳細予報の算出やプラネタリウムでの撮影実習などを行い、科学館と参加メンバーの双方にとって利益があるように考えた。

4. 観測機材の検討

海外における日食観測では、飛行機に持ち込める



図2 観測チーム分布図

荷物の制限から大型の赤道儀や望遠鏡、いくつかの機材を持っていくのは困難で、必要な観測機材を入念に検討することが重要である。今回はデジタルビデオカメラを用いて、太陽の拡大像を高品質な動画で撮影することを観測の主軸とした。加えて一眼レフカメラによる全天周撮影やビデオカメラによる観測風景の撮影などサブ機材をいくつか用意した。以下、観測機材についてまとめる。

(1) 拡大動画

太陽を十分に拡大して撮影するため、35mmフィルム換算で焦点距離600mm程度までズームできる機材であって、広い階調に対応できるビデオカメラを検討した。その結果、Canon製XA30を選択した。この機材は高輝度優先モードを備え、高輝度領域を圧縮せずに白トビを抑えた撮影が可能で、太陽コロナを露出を変えて明るめに記録するのに好都合であると考えた。解像度はフルハイビジョン1920×1080ピクセルで、必要十分な性能である。

赤道儀は使わずに、太陽が動いていく方向にビデオカメラの長辺側を合わせて、最長12分ほど画面の端から端まで太陽が動いていく様子を記録する方法を選んだ。つまり太陽が完全に月に隠されている皆既2分とその前後5分ほどを連続的に撮影できることになる。この撮影を成功させるために、ビデオカメラをセットする角度の調整、撮影開始時の太陽の位置調整を事前に何度も確認した。そして、図3に示す位置調整用のフィルムを作成して、ビデオカメラのモニターに貼り付けて使用した。

皆既中には露出を連続的に変化させ、コロナの広がり具合や太陽を隠している月の模様を確認するこ



図3 位置調整用のフィルムをつけたビデオカメラ

とをぜひ試してみたいと考えた。一方、皆既前後の部分日食中は光量を10万分の1に落とすフィルターをカメラ前面に取り付け、10分ごとに約1分間動画を撮影することにした。月が太陽を完全に隠し切る（第2接触）直前でフィルターを外し、太陽が見え始める（第3接触）直後にフィルターを取り付けるが、これもスムーズに行えるよう何度も練習を重ねた。

(2) 全天周静止画

周りの風景と太陽を同時に記録するためには、全周魚眼レンズを取り付けた一眼レフカメラが最適であると考えた。部分日食から皆既へと太陽の状態が変化するにつれて空の明るさは劇的に変化していく。これを撮影するには単一の露出では到底カバーしきれない。そこでオートエクスポージャーブラケット機能を使い、設定した露出値から0, ± 2 段の範囲で自動的に露出を変えて3枚ずつ撮影することにした。それでもまだ次第に暗くなっていく空の明るさをカバーしきれないため、途中で何度か露出の設定を変更して常に ± 2 段の中に最適な露出が収まるように計画を立てた。その際、設定変更の前後で必ず同じ露出の設定が含まれていることを意識した。具体的には設定変更前の+2の露出設定が、設定変更後の-2の露出設定と同じになるような変更である。撮影にはリモコンを使ってあらかじめ設定した時間間隔で自動撮影ができるようにし、できるだけ前述のビデオカメラの操作に集中できるようにした。

(3) 観測風景の記録

太陽そのものと周りの景色は日食記録として外すことができないが、後で見返したときに興味深いのが日食の観測をどのようにしているのかを客観的に映した動画である。この記録のために小型のビデオカメラ2台を用意した。ビデオカメラは場所を決めて録画を開始すれば、その後は操作することなく録画し続けることで撮影の負担がないようにした。この撮影にあたって、バッテリーがどの程度持つのか、そして記録は4GBごとに新しいファイルが生成されるため、1ファイルにどのくらいの時間記録できるかを事前に入念にテストした。その結果を踏まえて、皆既になるタイミングがファイルのほぼ中央に記録されるように録画を開始するタイミングを決

定した。

また出張中に訪れた場所の記録を残すためコンパクトデジタルカメラを持参することにした。このカメラはできるだけ軽くてかさばらないことを重視しながら、高倍率の光学ズーム機能も使いたいと考えていた。太陽の拡大撮影は先のビデオカメラが主軸であるが、皆既中の太陽の拡大静止画もあわよくば撮影できればと考えていたからである。この目的のために当館にあるコンパクトカメラのうち、光学ズームが30倍でありながら小型のカメラを選択した。

(4) 気温の記録

皆既日食では、日中の太陽が月に完全に隠されるため気温に大きな変化が生じる。実際、2012年5月に名古屋で見られた金環日食の際には、太陽が月に隠されて金環の状態になると日差しが随分と弱くなり、温度が下がったことを実感した。今回は体感にとどまらず、温度ロガーを使って気温の変化を数値として記録に残すことを計画した。当館の温度ロガーはパソコンに接続して時刻を設定し、記録の開始時刻をタイマーでセットするタイプで、10秒ごとに約2日間気温を記録し続けるモードを備えていた。

アメリカに出発する前日に時刻の設定と、記録開始を皆既日食の約1日前でセットしたが、皆既日食の時までに内蔵の時計が若干ずれてしまう可能性が考えられた。そこで温度ロガーが記録している最中のある分かったタイミングで、意図的に温度が大きく変化する状況をつくり、その時刻を使って時間の較正を行うこととした。具体的にはある時刻に温度ロガーを冷蔵庫に入れて急激に冷やすという方法をとった。

(5) 日食観測チーム共通の撮影

名古屋市科学館・日食観測チームのメンバーがアメリカの様々な場所へ行くため、地域による皆既日食の雰囲気の違いを同じ機材を使って記録しようと考えた。まさに皆既日食帯に広い陸地が含まれている今回の日食ならではの撮影といえる。しかしメンバーのそれぞれに予定している撮影があるため、この共通の撮影がその負担になってしまってもいけない。そこでコンパクトな機材で、操作が簡単で、放っておいても自動で撮影をするようなものを選択する必要があった。この目的にうまく合致するのはビデオカメラによる動画撮影である。そして地域に

よる違いが分かりやすく、また後にプラネタリウムで活用することを考えると、全天周の魚眼レンズでの撮影が望ましい。これにうってつけの機材がコダックPIXPRO SP360 4Kであった。わずか5cm角ほどのサイズでありながら、水平方向360度、垂直方向235度と地平線より下側まで撮影できる画角の広さを持ち、解像度も2880×2880ピクセルと申し分のない性能を備えていた。あらかじめ撮影の設定をしておけば、あとは場所を決めて配置し録画ボタンを押すだけという手軽さもこの撮影にふさわしいものであった。

撮影条件についてはメンバー間でできるだけ同じになるよう、置く場所やカメラの設定について共通の指針を作成した。例えば配置については、「できるだけ水平な場所に三脚の取り付け穴を南に向けて、最低10cm以上地上から離して設置する」とした。この条件を満たす配置を誰もが簡単に行えるよう、図4に示す配置セット（コルク板、10cmの台、水準器）を準備し、希望するメンバーに配布した。録画の開始タイミングについても、先の1ファイル4GBの制限を考慮して、メンバーで共通とした。

最終的にメンバーが個人で持っている機材と当館のものを合わせて全部で7台のSP360 4Kを用意できた。さらに下位機種種のSP360の2台を合わせて、9台の機材を皆既日食帯の9ヶ所に配置して、皆既日食の様子を記録することに成功した。

5. 皆既日食の観測

(1) 日食前日の準備

アメリカに到着したのは日食2日前の夜で、ワイオミング州のキャスパーで一泊した。キャスパー自



図4 チーム共通機材の配置セット

体が皆既日食帯に入っているのも、そこで日食を観望することもできたが、より高い晴天率と街灯りのない環境を求めて、翌朝にバスでボイセン州立公園へと移動した。ボイセン州立公園はキャスパーから西に約200km離れたところであり、ワイオミング州のほぼ中央に位置している。公園内に美しい人工の貯水湖があり、その湖畔のキャンプ場が観測地である。観測地には昼前に到着し、昼から夜にかけて撮影機材の準備と観測場所の入念な検討を行った。この場所はツアーの貸し切りとなっていて、機材をゆとりを持って配置できたことは大変ありがたかった。皆既日食当日の交通渋滞を避ける為に、その夜はキャンプ場にテントを張ってのテント泊であった。周りに全く電気がない環境で素晴らしい星空を堪能しつつ、ほとんど眠れない夜を過ごした。



図5 皆既日食当日の日の出

(2) 皆既日食の当日

用意した観測機材は全部で6台。それぞれでどういう撮影をするかは何度も何度も繰り返しイメージトレーニングをしてきたが、皆既日食本番の興奮の中で冷静にその記憶をたどることはおそらく困難であろう。そこで時系列で行うことを書いたリストを観測機材のそばに置いて、それを見てペンで一項目ずつチェックしながら撮影を行うこととした。さらに操作が忙しくなる皆既直前からの項目については、ボイスレコーダーにリストの内容を時間通り読み上げて録音し、耳でも内容を聴けるようにした。加えて日食の経過時間がいつでも分かるように、図6の資料を作成し、首から下げるストラップに入れて常に身につけていた。なお機材の時刻設定は全て日本時間とし、用意した資料の時刻も全て日本時間で表記していた。もちろん自分の腕時計も日本時間

のまま使用していた。それは現地時間では地域によって時差が異なるので、後に日食観測チーム間でデータを共有する際に混乱する可能性があったからである。

ここではあえて日食の経過を現地時間で示す。

- 第1接触 (欠け始め) 10時19分54秒
- 第2接触 (皆既食の始め) 11時39分17秒
- 第3接触 (皆既食の終わり) 11時41分37秒
- 第4接触 (欠け終わり) 13時05分31秒

このことからまさに真夏の炎天下での日食であったことが分かる。そのため機材を日なたに放置しておくとも熱暴走する可能性があった。名古屋で機材のテストを行っていた時あえて昼の炎天下に機材を出して、熱暴走についての挙動も確認していた。幸いテスト時にはどの機材も熱暴走を起こさなかった。とはいえ本番で熱暴走が起きないとも限らない

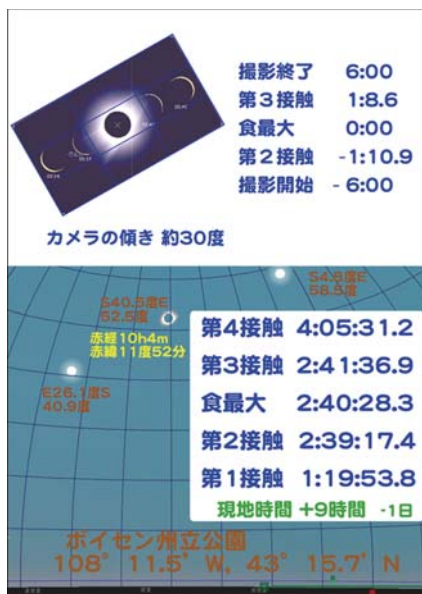


図6 首から下げていた日食資料



図7 名古屋市科学館の観測機材 (一部)

ため、観測の主軸となるビデオカメラなど撮影に合間がある機材は、使っていない時にはアルミの断熱シートをカットした日よけをとりつけて、太陽の直射日光が当たらないように工夫した。温度ロガーで計測した日なたの気温は最高で44.5度に達しており、厳しい環境であったことが分かる。ただ日本のようなジメジメした暑さではなく、カラッと乾燥しているため体感としてそれほど辛いものではなかった。実際に日かげに置いた温度ロガーは同じタイミングで24.5度を記録していた。

朝から空のところどころに薄雲がある気中で、第1接触を過ぎてても状況は変わらなかった。しかしその後徐々に回復して第2接触前にはすっかり晴れ渡り、いよいよダイヤモンドリングのタイミングを迎えた。明らかな気温の低下を感じつつ、月の縁から漏れ出る太陽の最後の一粒の光が消えていくと、淡いコロナが広がっていった。今回、太陽の活動は極小期に近く、コロナは太陽の赤道方向に広がることが予想されていたが、まさにその通り赤道方向に3本の角が出ているような見え方であった。空はうっすら暗く、地平線には夕焼けのような赤い光がとり巻いていた。慌ただしくビデオカメラの設定を変えたり、双眼鏡で太陽を眺めたりコンパクトデジタル

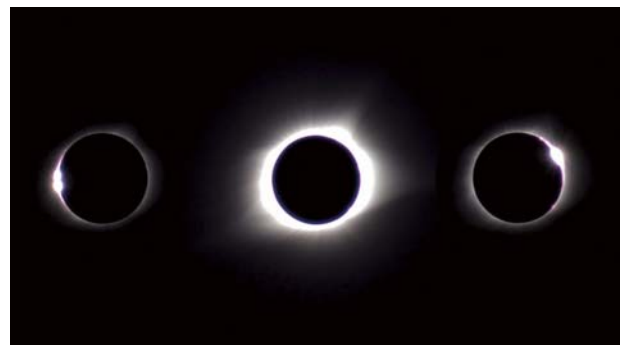


図8 ビデオカメラで撮影した日食のハイライトシーンを合成したもの

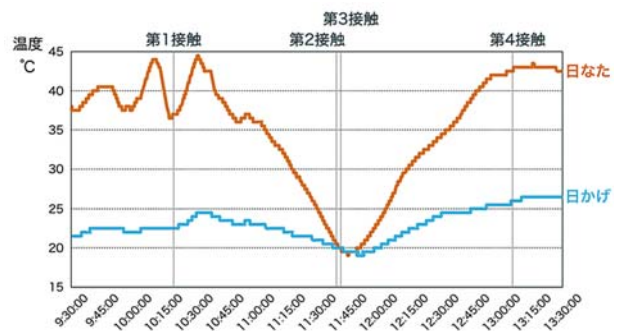


図9 日なたと日かげの温度変化
日なたでは20度以上も温度が低下した

カメラで太陽を拡大撮影しているうちに、2分20秒間はあっという間に過ぎた。再びダイヤモンドリングとなり、その後太陽は何事もなかったかのように元の姿へと戻っていった。

6. 日食映像の活用

(1) プラネタリウムでの活用

今回の日食に対しては、世界的にも多くの人が見ること、そしてニュースメディアとしても取り上げやすい地域ということで、話題を呼ぶことが予想された。そこで、8月のプラネタリウム一般投影のテーマを「アメリカ横断日食」とした。光学式プラネタリウムとデジタル式プラネタリウムを駆使して皆既日食の現地の様子を再現し、日食の原理や2018年1月の月食との関係などを解説した。そして夏休み終わりの週末の関係で9月3日までの投影を行い、全体で約4万人の見学者を得た。皆既日食当日はその期間の後半に位置する。日食は日本時間で未明となり、朝のニュースなどで市民の目に触れる。そしてプラネタリウムを見に来られるということになる。

その状況で、名古屋市科学館学芸員としての一ヶ所だけの観測では天候や通信のリスクが残る。そこで前述の日食観測チームを編成し、リスク軽減を図った。

まず、筆者(持田)は現地で撮影した映像のうち、速報としてコンパクトデジタルカメラで撮影したコロナとダイヤモンドリングの映像をキャスパーに戻るバスの中で科学館へ送信した。またインターネット接続がある宿に到着した後、観測の主軸となるビデオカメラのデータをバックアップし、ビデオカメラの映像から切り出した第2、第3接触のダイヤモンドリングとコロナの映像を科学館へと送信した。

日食観測チームのメンバーからも続々と速報の映像が科学館に届き、それらをホームページに日食速報としてまとめるとともに、プラネタリウムへの組み込み作業を行なっていった。そして22日の初回の投影から、現地からの映像を使った投影・解説を行うことができた。もちろんネットワーク経由では高解像度の映像を送信することはできない。帰国後にさらにデータの充実と投影への活用を行った。

(2) オープンデータの活用

得られた映像を当館だけのものにしておくのはもったない。一般市民のための直接提供であれば、



図10 日食のデータを公開したホームページの一部

webやSNSに流せば良い。しかし内容をわかっている学芸員がその映像を使って教育活動を展開できれば、これがもっとも効果が高い。そのために何ができるかを考えた。

公共や行政の立場で得たデータを一般に利用しやすい形で提供するオープンデータの考え方をプラネタリウムではいち早く導入しており、全国の科学系ミュージアムの中で最初にオープンデータとしての資料公開を始めた。今回の日食観測チーム及び当館学芸員の得たデータもクリエイティブ・コモンズのCCBY（クレジットさえ表示すれば自由に使って良い）条件で、届き次第即時公開を続けた。

オープンデータとして自由に使って良いとしたことによって、利用利便性は大いに向上した。従前であれば、webに使用したい写真がある場合、その施設に連絡し担当者と話をし、承諾を得て、さらに高解像度のデータを得てやっと利用できるという手順が必要であり、とても当日の朝には間に合わない。それに対してオープンデータとして元解像度のデータをそのまま公開することによって、見た瞬間にすぐ使い始めることができる。

日食当日の8月22日、現地からある程度の映像が届きweb公開が一段落した午前4時前に、日本プラネタリウム協議会のメーリングリストに速報映像をオープンデータ公開した旨のメールを流した。

全国の主要なプラネタリウム施設では当日朝からの投影やその週末の特別番組での活用が行われた。

中にはスタッフを現地に派遣していたが、それよりもずっと早く映像が公開されたため、それを使ったなどという事例もあった。自分たちも海外での天文現象について、ニュースなどではやっていても、自分たちの手元に映像素材がないという体験を多くしてきた。今回は8年ぶりにスタッフの海外出張も認められ、多くの協力者も得られたので、このようなオープンデータ活用を行って、全国的な天文教育活動を行うことができ、後日レポートをいただいただけでも10数館で投影や展示に活用された。

(3) 展示への活用

当館の理工館6階は「最先端科学とのであい」をテーマにしている、壁面に「話題の科学」という展示コーナーがある。ここはその時々で話題になっている科学的な現象やニュースについて、学芸員が展示を作成し、来館者に最新の情報を伝える役割を持っている。プラネタリウムの投影「アメリカ横断日食」が終わった後、ここを活用して引き続き今回の日食について情報提供を行おうと考えた。展示は動画とパネルで構成し、名古屋市科学館及び日食観測チームによって撮影されたデータを活用して制作した。動画としては今回の観測の主軸であるビデオカメラによる太陽の拡大映像を編集したものを用意し、日食のしくみ、皆既日食の楽しみ、現地の様子、日食観測チームで共通の機材を使って撮影した映像などは展示パネルに仕立てた。この展示はプラネタリウムへ入る動線上にあり、毎日たくさんの来館者の目に触れている。

7. まとめ

今回の日食観測では、幸い天候にも恵まれ計画していた日食の映像を全て取得することができた。事前の入念な計画とそれを取得するためのテストや練習、そして当日の天気による結果である。アメリカの各地に出かけていた日食観測チームも、多少の雲の影響はあったもののメンバー全員がダイヤモンドリングやコロナを堪能することができた。

集まった貴重なデータはプラネタリウムをはじめ、展示、講演、webページなど幅広く活用している。そしてこのデータを今後やってくる日食の際にも引き続き活用していくことになる。

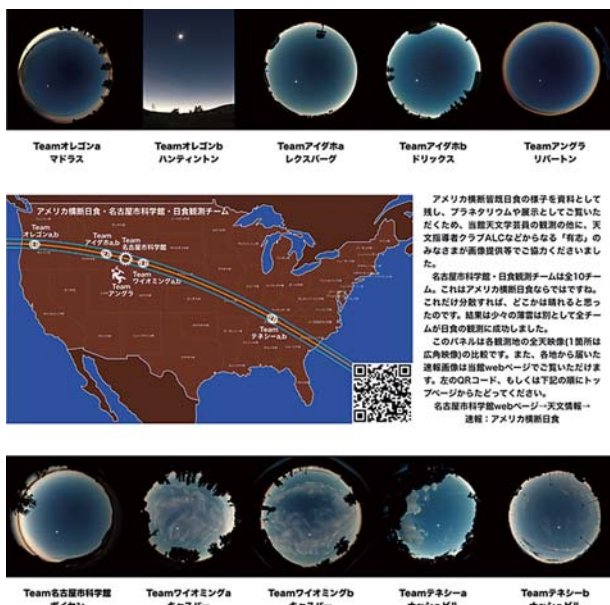


図 11 日食観測チームの共通機材での観測

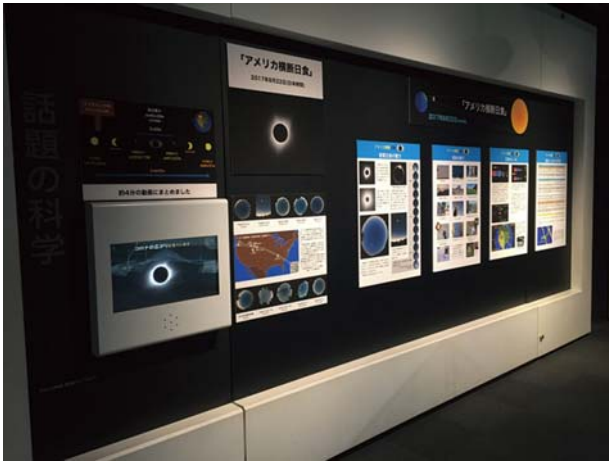


図 12 「話題の科学」での日食の展示

8. 謝辞

まず最初に、筆者（持田）を日食の観測に送り出していただき、様々な面でバックアップをしていただいた名古屋市科学館内のみなさんに感謝いたします。また日食観測チームとして各地で撮影していただいた、名古屋市科学館天文指導者クラブ（ALC）のメンバーを始めとする協力者のみなさまに、この場を借りて心よりお礼を申し上げます。

そして、当館のオープンデータ映像を活用し、そのレポートを下された全国のプラネタリウムのみなさまにも感謝いたします。

名古屋市科学館天文ボランティア 天文指導者クラブ (ALC) 30年のあゆみ

30years history of the Astronomical Leader's Club
at the Nagoya City Science Museum

小林 修二*・持田 大作*・中島 亜紗美*・
稲垣 順也*・毛利 勝廣*・野田 学*

KOBAYASHI Shuji, MOCHIDA Daisaku, NAKASHIMA Asami,
INAGAKI Junya, MOURI Katsuhiko, NODA Manabu

1. はじめに

名古屋市科学館は、市民の星空や天文現象への興味関心にこたえるために、天文台の公開や市民観望会、天文講座など、各種天文教育事業の拡充を図ってきた。1985年（昭和60年）3月に65cm反射式大望遠鏡を設置し、その2年後の1987年（昭和62年）、科学館の天文事業に携わる教育ボランティアとして、天文ボランティア（天文指導者クラブ：通称ALC（アルク）Astronomical Leader's Club）を組織した。それから30年目の節目の年にあたり、その活動状況をまとめてみる。

2. ALC誕生の歴史

1962年（昭和37年）11月に科学館が開館し、その翌年より現在の天文クラブの前身である「星の会」を組織した。この会の目標は、「だれもが天文学をサイエンスとして楽しみ、自分の生きている宇宙を知り、自分との関わりを知ることで、自分の生き方が考えられるようなクラブでありたい」とした。そこでプラネタリウムの講座だけでなく、野外で宇宙を実感できる機会をもちたいと考え、1972年8月より中学生クラスの野外研修会を開催した。そこでは、年長者や後輩との縦の人間関係を大事にするた

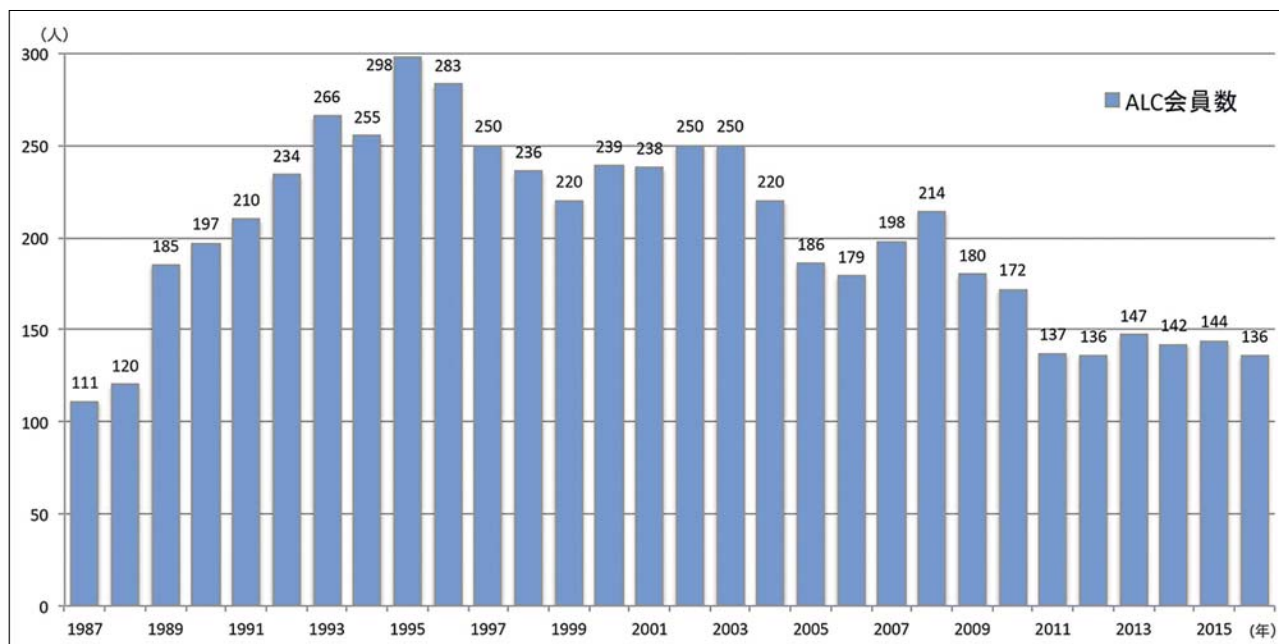


図1 ALC 会員数の推移

*名古屋市科学館学芸課

めに、学校現場の先生や天文クラブの大学生に先輩の立場でリーダーとして参加してもらうことにした。これが、「リーダー会」で、現在のALCの前身となる。以降、野外研修会の規模は拡大し、指導をするためのリーダーの数も必要となってきた。当初のリーダーは、天文クラブのシニアクラスから有志を募ってきたが、その数は十分とは言えず、研修会の指導方法を学習する事前研修を毎年継続的に実施してリーダーの要請を続けた。こうした期間を経て、1987年に、名古屋市科学館の天文事業に携わる教育ボランティアが予算化され、ALCの誕生となった¹⁾。

当初は、高・大学生がALC会員の6割以上を占めていたが、時代の移り変わりとともに、社会人が多くなってきており、現在は、社会人が全体の9割近くを占めている。2011年の新館オープンの運営準備に伴い、ALCの募集を2010年から3年間休止していたため、会員数は減少したが、それ以降の会員数はほぼ横ばい状態となっている。これまでの会員数の推移を図1に示す。

3. 活動内容

ALCの活動は、科学館が主催する天文事業での活動を主とし、それらの事業を円滑におこなうための事前準備や、活動の質を向上させるための研修、天文現象観測の補助などがある。また、科学館以外の機関との共催行事など、館外での活動もおこなっている。これらの活動は、科学館の学芸員が事業を企画、調整した上で、ALCと最終調整を行い実施している。これらの活動の概要と、ここ10年の科学館主催事業の主な活動状況を表1にまとめる。なお、活動時の不測の事態に備えるため、活動中に怪我をした場合の「傷害保険」と、第三者、または財物に損害を与えてしまい、賠償責任を負った場合の「賠償責任保険」をセットにした、ボランティア保険に加入している。

(1) 科学館主催事業

A. 市民観望会

プラネタリウムで、今晚見られる星空の解説をした後、「天文台」と「星のひろば」で、その時々に見ごろの天体を見てもらう事業。事前申し込みを行なった約250名の見学者が対象。年間12回ほど実施している。30名程度のALCのメンバーが、屋外望遠鏡の準備を始め、会場の設営から見学者の誘導、曇

天時は、星座早見盤の説明などを行なっている。2011年以前の旧館時代には、見学者の動線が複雑かつ車椅子での移動に対応しておらず、誘導のための人手を多く必要としたが、新館では、建物の設計に学芸員が関与できたこともあり、観望会運営も効果的に行えるようになった。その分、ALCは、本来の天文指導の機会を多くでき、観望会の対応もより細やかに行えるようになった。



写真1 市民観望会の様子

B. 昼間の星をみる会

理工館7階の天文台にある80cm反射式大望遠鏡で、青空の中の星を見てもらう事業。入館者を対象としており、年24回程度実施している。15名程度のALCのメンバーが、昼間の星をみるための補助を始め、会場の設営から見学者の誘導、曇天時は天文台の公開を行ない、望遠鏡の説明などを行なっている。



写真2 昼間の星をみる会の様子

C. 話題の天文現象の観望会

先にあげた定常的な観望会以外にも、話題となる天文現象の時には、現象の時間を考慮の上、観望会を実施している。1994年7月にシューメーカー・レ

ビー第9彗星の木星衝突時に行なった観望会²⁾や、1996年3月9日の「日食をみる会」³⁾、1997年春に非常に明るくなったハール・ボップ彗星をみる会⁴⁾、2003年夏に大接近した火星をみる会⁵⁾、2012年6月6日の「金星の太陽面通過をみる会」⁶⁾、2014年10月8日の「皆既月食をみる会」⁷⁾などがあげられる。これらの観望会は、参加人数が数千人規模に及ぶこともあり、事前の入念な準備が欠かせない。これらの様子は、過去の紀要を参照されたい。

D. 市民星まつり

科学館南の白川公園に望遠鏡や双眼鏡を30台ほど並べて行われていた参加費無料、自由参加の大観望会。ALCの参加は50人以上、来場者は数千人に及んだ。2011年以前の旧館時代に実施していた。

E. ALC講座

ALCを養成するための研修の場。詳細は後で述べる。

(2) その他機関との共催行事

A. スターウォッチング (全国星空継続観察)

旧環境庁が年に2回、夏と冬に実施していた星空の観察 (全国星空継続観察)。環境省としての実施は2014年で終了となったが、光害に対する啓発と環境学習に大変有効と判断し、名古屋市環境学習センター (エコパルなごや) との共催で、現在も年に2回、事業を継続している。双眼鏡を用いて、夏はこと座、冬はプレアデス星団の中にいくつの星が見えるかを、30名程度の一般参加者を指導して、観測・記録する。

B. おんたけ天文教室

おんたけ休暇村との関係は深く、休暇村に1993年に設置された60cm反射式大望遠鏡を活用した事業を多く実施している。

おんたけ天文教室は、おんたけ休暇村との共催で行われ、夏休みに一般の参加者約80名が、休暇村で星と親しむ事業。15名程度のALCのメンバーが、小型望遠鏡の操作方法の指導や、60cm反射式大望遠鏡を用いた観望会の運営補助、宇宙に関連したものづくり教室の補助などを行なっている。

この事業の前身として、中学生天体観測研修会とおんたけ親子星座教室が実施されていた。中学生天

体観測研修会は、リーダー会の時代から行われており、名古屋市科学館天文クラブの中学生クラスの参加者と、3泊4日の研修会をおこなった。ALCはリーダーとして参加し、生徒たちに望遠鏡の操作や天体観測方法、生活指導などを行なった。ここから多くのALCのリーダーが成長し、ALCの中心的役割を果たすようになる。

C. OAS (Ontake Astronomical Staff: おんたけ天文スタッフ)

おんたけ休暇村の60cm反射式大望遠鏡を活用した観望会は、休暇村の宿泊者を対象に、毎晩行われている。繁忙期となる夏休み期間には、休暇村の職員の運営補助のため、ALCのメンバー2、3名が常駐し、望遠鏡を用いた観望会の運営補助や、星座早見盤の使い方の説明などを行う。

D. おんたけこども村スターウォッチング

小学校4年生以上、中学生までの生徒数十名が、ネイチャーウォッチングや天体観測などを通して、御岳の自然と触れ合う。生活指導やネイチャーウォッチングは休暇村のカウンセラーが担当し、ALCは天体観測の指導や星の教室を担当。

E. その他

他の機関から、観望会実施の要請は多いものの、全ての要請に答えることができないため、会の目的や、ALCの人材育成の場として効果的に実施できるかを検討した上で、対応している。最近では、長久手市が運営する平成こども塾や、名古屋市互助会が運営する「野間荘」、各務原市が運営する「各務原自然遺産の森」の自然体験塾講座の観望会などを行っている。

(3) その他の活動

A. 館内事業のサポート

天文に関連する事業は、観望会以外にも多岐にわたる。そこで、天文に関する知識が得られ、ALCにとっても今後の活動のプラスになると考えられる事業には、積極的に協力してもらっている。1996年7月17日の国際プラネタリウム協会 (IPS) 大阪大会・ポストコンファレンス名古屋においてスターパーティーの協力や⁸⁾、1997年8月2日の「星空の街・あおぞらの街」全国大会の協力⁹⁾、2000年3月18日から5

月14日まで開催された特別展「宇宙展2000」の会場指導ボランティア¹⁰⁾、2009年10月17日から11月29日まで開催された企画展「ガリレオの天体観測から400年 宇宙の謎を解き明かす」の展示解説ボランティア¹¹⁾などが挙げられる。

B. 活動の事前準備など

活動の内容を事前に周知したり、ALCの活動に頻繁に来られないメンバーのために、活動の様子を伝える目的で、年に3、4回の頻度で「ALC通信」を発行している。会員から届いた各事業の出欠に関する情報は、ハガキや、メール、会専用の留守番電話を用いて、その後の出欠の変更も含め、会員自らがとりまとめている。その他、ALCが使用する望遠鏡などの各種備品や消耗品の保守管理、各種事業のALC内での運営状況や参加人数などの記録も会員自らがとりまとめている。それらの情報は、科学館の学芸員が適宜把握し、事業が円滑に進むよう調整をおこなっている。

C. 調査研究／観測の補助

名古屋市科学館では「光害」の調査や研究を、継続して行っている。名古屋における空の明るさを計測するために、ALCと継続観測をおこなっている¹²⁾。その他にも、大きな天文現象の時には、天気によって名古屋でその現象が見られないリスクを避けるために、他の場所での撮影を依頼したり（2012年5月21日の金環日食¹³⁾や2012年6月6日の金星の太陽面通過⁶⁾など）、2017年8月21日のアメリカ横断日食¹⁴⁾では、同じ機材を複数のグループに預け、名古屋では見られない日食の撮影を行なった。各々のメンバーにとって有益になるように配慮しながら、博物館としての天文資料の記録を行っている。

4. 天文指導者養成講座（ALC講座）

(1) 目的

ALC講座は、天文指導者としてのボランティア活動に必要な心得をはじめ、天文知識や技術を学ぶ養成講座である。これからALC活動に参加しようとしている新しいメンバー（研修生）はもちろんのこと、すでにALCに登録している現会員もさらにレベルを上げるための場として開催している。

募集は、毎年夏ころに開始し、秋ころから養成講

平成 29 年度

天文指導者養成講座のお知らせ

名古屋市科学館では、天文指導者クラブ ALC の新しい仲間を募集します。ALC (Astronomical Leader's Club : 通称アルク) は科学館の様々な天文事業に協力して活動する教育ボランティアグループです。

科学館では「天文指導者養成講座」を開催し、実際に天文事業で実践を積んでいただきながら、基礎から実技まで研修をおこないます。その後、科学館での天文事業に参加、協力していただきます。特別な天文の知識や経験は問いません。

<天文指導者養成講座開講日>

第1回：9月16日(土) 説明会、館内オリエンタリング
 第2回：10月14日(土) 基礎講座、実技講座(小型望遠鏡)
 第3回：11月18日(土) 基礎講座、実技講座(操作方法1)
 第4回：1月20日(土) 基礎講座、実技講座(操作方法2)
 第5回：2月17日(土) 基礎講座、実技講座(操作方法3)
 第6回：3月25日(日) 講演会、修了式

* 各日17時45分～20時30分(予定)。名古屋市科学館でおこないます。
 * その他、望遠鏡の操作を集中的に学ぶ宿泊研修(3/2(金)～3/4(日))や、「市民観望会(1/27(土))」、「星間の星をみる会(11/19(日)、または12/3(日))」の実践研修を予定しています。
 * 宿泊研修の交通費・宿泊費、講座に必要な教材等の実費はご負担いただきます。

<ALC 活動内容>

- ・市民観望会や星間の星をみる会などの天文事業の指導者、指導助手。
- ・会員向け機関誌の発行、行事の記録、望遠鏡のチェックなど事業外の活動。
- ・天文現象観測の補助、資料作成等の教育研修活動。

<活動日および活動場所>

- ・土曜、日曜、祝日や、夏期長期休暇など(夜間や宿泊の活動もあります)。
- ・名古屋市科学館を中心に、おんたけ休暇村等でも活動。

<養成講座参加資格>

- ・高校生以上の方。ALC 活動の目的を理解し、積極的に参加できる方。

<会員登録制度>

- ・平成 29 年度の研修終了後、年度末に登録された方が正式な会員となります。

<募集人数>

- ・20名程度を予定。(志望動機等を踏まえ選考させていただきます。その結果は、9月3日(日)頃までにご連絡する予定です。)



図1 平成 29 年度天文指導者養成講座のお知らせ

座を開催している。特別な天文の知識や経験は問わず、高校生以上のALC活動の目的を理解し、積極的に参加できる人を申し込みの条件としている。

(2) 講座

講座内容は、天文知識を中心とした基礎講座と望遠鏡操作などを習得するための実技講座、空の条件の良い場所で宿泊して集中的に研修を行う実地研修、外部講師による講演会などを実施している。基礎講座と実技講座は年5回。受講料は無料。ただし、実地研修会の交通費・宿泊費、講座に必要な教材などの実費は自己負担とする。ALC講座の最終回は、講演会と終了式とし、講演会では、ALCの先輩リーダーに話をしてもらうことが多い。その活躍ぶりとともに、過去のALCとの関わりなどの話をしてもらう。ここ10年のALC講座の実施状況を表2にまとめる。

ALC入会後も、各事業やALC講座に参加することで研修を積み重ねて、能力を育成することが必要であり、日常的に先輩が後輩を指導することをALCの基本としている。

5. まとめ

ALCの特徴は、天文に精通している人を集めて、事業に協力してもらうというよりも、天文に興味をもち自分が体験した喜びをより多くの人に広げていくことを目標にしている。そして、その教育活動を通して、社会（宇宙）の中の自分（人間）を知り、自分が置かれている立場を認識して行動することの大切さを実感すること、加えて、メンバー個々の人間的成長をはかることも目標としている¹⁾。一方的な奉仕ではなく、それ以上に多くを学んでいるという実感がALCの魅力となっているのではないかと思う。

ALCは30年の歴史を歩んできた。その時を支えてくれるALCのメンバーによって、今の形態も少しずつ変化し続けている。このALCを立ち上げ、ここまで大きくくださった山田卓元天文主幹と北原政子前天文主幹をはじめ、これまでの会の運営に関わってくださった多くの方に感謝を申し上げる。

参考文献

- (1) 北原政子, 鈴木雅夫, 毛利勝廣, 野田学 (1972) 名古屋市科学館天文ボランティア 天文指導者クラブ (ALC) 10年のあゆみ 名古屋市科学館紀要 No.24, p22-30.
- (2) 毛利勝廣, 鈴木雅夫, 北原政子 (1995) シューメーカー・レビー第9彗星の木星衝突ドキュメント 名古屋市科学館紀要 No.21, p64-75.
- (3) 鈴木雅夫, 北原政子, 服部俊二, 毛利勝廣, 前田弘美 (1998) 日食をみる会の開催 名古屋市科学館紀要 No.24, p60-65.
- (4) 北原政子, 毛利勝廣, 鈴木雅夫, 野田学, 服部俊二, 前田弘美 (1998) ヘール・ボップ彗星へのとりくみについて 名古屋市科学館紀要 No.24, p66-72.
- (5) 鈴木雅夫, 北原政子, 服部俊二, 服部完治, 野田学, 毛利勝廣 (2004) 2003年火星大接近の取り組み 名古屋市科学館紀要 No.30, p29-34.
- (6) 小林修二, 服部完治, 毛利勝廣, 大西高司, 持田大作, 野田学 (2013) 2012金星の太陽面通過への取り組みについて 名古屋市科学館紀要 No.39, p19-22.
- (7) 持田大作, 服部完治, 毛利勝廣, 小林修二, 中島亜紗美, 野田学 (2015) 「皆既月食をみる会」の開催報告 名古屋市科学館紀要 No.41, p27-31.
- (8) 北原政子 (1997) IPSがやってきた! -ポストコンファレンス名古屋- 名古屋市科学館紀要 No.23, p57-64.
- (9) 北原政子, 鈴木雅夫, 毛利勝廣, 野田学 (1998) 「星空の街・あおぞらの街」全国大会の科学館の開催について 名古屋市科学館紀要 No.24, p73-77.
- (10) 毛利勝廣, 鈴木雅夫, 野田学, 山田吉孝, 北原政子 (2001) 特別展「宇宙展2000」について 名古屋市科学館紀要 No.27, p26-33.
- (11) 小林修二, 服部完治, 毛利勝廣, 大西高司, 持田大作, 野田学 (2011) 企画展「ガリレオの天体観測から400年 宇宙の謎を解き明かす」開催報告 名古屋市科学館紀要 No.37, p43-47.
- (12) 毛利勝廣, 小林修二, 大西高司, 鈴木雅夫, 野田学 (2008) 光害調査新手法の開発 名古屋市科学館紀要 No.34, p54-57.
- (13) 毛利勝廣, 服部完二, 小林修二, 大西高司, 持田大作, 野田学 (2014) 2012金環日食への取り組みについて 名古屋市科学館紀要 No.40, p70-76.
- (14) 持田大作, 毛利勝廣, 小林修二, 中島亜紗美, 稲垣順也, 野田学 (2018) アメリカ横断日食の観測と映像の活用 名古屋市科学館紀要 No.44, p24-31.

表1 ここ10年の科学館主催事業などの主な活動状況

2007年（平成19年度）	
市民観望会	「金星をみる会」を含む年6回
昼間の星をみる会	年22回
市民星まつり観望会	8/28（火）19:30-21:00
おんたけ星座教室	8/17（金）～19（日）
2008年（平成20年度）	
市民観望会	「火星と土星の接近をみる会」を含む年6回
昼間の星をみる会	年22回
市民星まつり観望会	8/9（土）19:30-21:00
おんたけ星座教室	8/1（金）～3（日）
2009年（平成21年度）	
市民観望会	「環の細い土星をみる会」を含む年6回
昼間の星をみる会	年21回
市民星まつり観望会	8/29（土）19:30-21:00
日食特別観望会	7/22（土）10:00-12:30、会場：白川公園噴水付近、天文館2階展示室太陽望遠鏡周辺
企画展「ガリレオの天体観測から400年 宇宙の謎を解き明かす」	10/17（土）-11/29（日）、会場：理工館1階展示室
おんたけ星座教室	8/14（金）～16（日）
2010年（平成22年度）	
市民観望会	「火星と土星をみる会」を含む年2回
昼間の星をみる会	年14回
市民星まつり観望会	7/24（土）19:30-21:00、会場：白川公園噴水付近
-さよなら65cm望遠鏡-	7/24（土）20:00-21:30、会場：理工館屋上天文台
おんたけ星座教室	10/9（土）～11（月）
2011年（平成23年度）	
市民観望会	「月と土星をみる会」を含む年12回
昼間の星をみる会	年22回
おんたけ星座教室	9/23（金・祝）～25（日）
2012年（平成24年度）	
市民観望会	「火星と金星をみる会」を含む年11回
昼間の星をみる会	年24回
金星の太陽面通過をみる会	6/6（水）9:30-13:40、会場：理工館6階太陽望遠鏡前、星のひろば
おんたけ星座教室	8/17（金）-19（日）
2013年（平成25年度）	
市民観望会	「4月の市民観望会」を含む年12回
昼間の星をみる会	年24回
おんたけ星座教室	8/9（金）～11（日）
2014年（平成26年度）	
市民観望会	「4月の市民観望会」を含む年11回
昼間の星をみる会	年24回
皆既月食をみる会	10/8（水）19:00-21:00、会場：白川公園噴水付近
おんたけ星座教室	8/23（土）～25（月）
2015年（平成27年度）	
市民観望会	「土星の環をみる会」を含む年12回
昼間の星をみる会	年23回
皆既月食をみる会	4/4（土）18:45-21:00、会場：プラネタリウム、星のひろば
部分日食をみる会	3/9（水）10:00-12:00、会場：理工館6階太陽望遠鏡前
おんたけ天文教室	8/16（日）～18（火）
2016年（平成28年度）	
市民観望会	「月と冬の一等星をみる会」を含む年12回
昼間の星をみる会	年24回
おんたけ天文教室	8/27（土）～29（月）

表2 ここ10年のALC講座の実施状況

2007年(平成19年度)		基礎講座	実技講座
2007/6/23	第1回	教育ボランティア心構えと活動内容紹介	活動場所の確認
2007/7/14	第2回	(台風のため中止)	天体望遠鏡の基礎
2007/9/22	第3回	市民観望会ほか天文事業の説明	市民観望会実習
2007/10/20	第4回	星の動きと星座早見盤の基礎	望遠鏡の組み立て、収納
2007/11/10	第5回	観望会における月	望遠鏡操作実習
2007/12/15	第6回	星の明るさと色	望遠鏡操作実習
2008/3/16	講演会	太陽系外惑星研究～現状と将来～：芝井広(名古屋大学大学院理学研究科)	
2008/3/7(金)～3/9(日)		実地研修会(おんたけ休暇村)	
2008年(平成20年度)			
2008/6/21	第1回	教育ボランティア心構えと活動内容紹介	活動場所の確認
2008/7/19	第2回	望遠鏡のしくみ	天体望遠鏡の基礎
2008/9/13	第3回	市民観望会ほか天文事業の説明	市民観望会実習
2008/10/25	第4回	宇宙のものさし	望遠鏡の組み立て、収納
2008/11/15	第5回	星の住所のあらし方	望遠鏡操作実習
2009/1/17	第6回	天文年鑑のよみかた	望遠鏡操作実習
2009/3/15	講演会	最新の天文学：笠原次郎(ALC)(筑波大学大学院システム情報工学研究科)	
2008/12/5(金)～12/7(日)		実地研修会(おんたけ休暇村)	
2009年(平成21年度)			
2009/6/20	第1回	教育ボランティア心構えと活動内容紹介	活動場所の確認
2009/7/18	第2回	日食の安全な観察方法	天体望遠鏡の基礎
2009/9/26	第3回	市民観望会ほか天文事業の説明	市民観望会実習
2009/10/17	第4回	星の動きと天球座標	望遠鏡の組み立て、収納
2009/11/14	第5回	流星群と観測方法	望遠鏡操作実習
2009/12/12	第6回	天文年鑑のよみかた	望遠鏡操作実習
2010/3/28	講演会	望遠鏡の魅力：佐藤修二(名古屋大学大学院理学研究科)	
2010/3/12(金)～3/14(日)		実地研修会(おんたけ休暇村)	
2010年(平成22年度)		新館の運営準備のため、実施せず	
2011年(平成23年度)		新館の運営準備のため、実施せず	
2012年(平成24年度)		この年度は、現会員のみを対象とし、マニュアルの整備に重点をおく	
2012/12/8	第1回	光学系の話	
2012/12/9			望遠鏡マニュアルの整備1
2013/1/6			望遠鏡マニュアルの整備2
2013/1/27	第2回	ALCの歴史	
2013/3/9	第3回	座標系の話	
2013/3/10			望遠鏡マニュアルの整備3
2013年(平成25年度)			
2013/10/27	第1回	教育ボランティア心構えと活動内容紹介	館内オリエンテーリング
2013/11/24	第2回	名古屋市の天文台設置の意義	ミニボーグ操作練習
2013/1/18	第3回	光害について	FC、MT操作練習
2014/2/22	第4回	星の位置をあらわすには	屋外望遠鏡操作練習(PC立ち上げ前)
2014/3/23	第5回	観望会の事前学習(天文情報の紹介)	屋外望遠鏡操作練習(PC立ち上げ後)
2014/4/19	授与式のみ	授与式とALC新会員大学生による研究紹介(話し方の研修)	
2014年(平成26年度)			
2014/10/18	第1回	教育ボランティア心構えと活動内容紹介	館内オリエンテーリング
2014/11/15	第2回	望遠鏡の基本、科学館の望遠鏡	ミニボーグ操作練習
2014/11/6	第3回	光学系のはなし	FC、MT操作練習
2015/1/17	第4回	小学校の学習投影と教科書	屋外望遠鏡操作練習(PC立ち上げ前)
2015/2/15	第5回	観望会の事前学習(距離の測り方)	屋外望遠鏡操作練習(PC立ち上げ後)
2015/3/28	授与式のみ		
2015/3/15(日)～16(月)		実地研修会(名古屋市職員研修所 野間荘)	
2015年(平成27年度)			
2015/10/18	第1回	教育ボランティア心構えと活動内容紹介	館内オリエンテーリング
2015/11/7	第2回	望遠鏡の基本、科学館の望遠鏡	ミニボーグ操作練習
2015/12/12	第3回	星の位置の表し方	FC、MT操作練習
2016/1/23	第4回	星座早見盤の使い方	屋外望遠鏡操作練習(PC立ち上げ前)
2016/2/13	第5回	観望会の事前学習(星の色と温度)	屋外望遠鏡操作練習(PC立ち上げ後)
2016/3/26	講演会	ロケットエンジン開発の現状：笠原次郎(ALC)(名古屋大学大学院工学研究科)	
2016/3/4(金)～6(日)		実地研修会(おんたけ休暇村)	
2016年(平成28年度)			
2016/9/24	第1回	教育ボランティア心構えと活動内容紹介	館内オリエンテーリング
2016/10/16	第2回	望遠鏡の基本、科学館の望遠鏡	ミニボーグ操作練習
2016/11/19	第3回	光学系のはなし	FC、MT操作練習
2017/1/21	第4回	観望会の事前学習(天文情報の見方)	屋外望遠鏡操作練習(PC立ち上げ前)
2017/2/25	第5回	星座早見盤の仕組み	屋外望遠鏡操作練習(PC立ち上げ後)
2017/3/26	講演会	超小型宇宙機の現状：稲守孝哉(ALC)(名古屋大学大学院工学研究科)	
2017/3/10(金)～12(日)		実地研修会(スターフォーレスト御園)	

第58次日本南極地域観測隊参加報告

A brief report of participating JARE58

小 塩 哲 朗*

OJIO Tetsuro

1. はじめに

筆者は平成28(2016)年11月から翌29(2017)年3月にかけて、第58次日本南極地域観測隊夏隊員として南極で活動した。本稿では、この活動のうち任務に関連したものについて述べる。

2. 参加までの経緯

第56次観測隊には、国立極地研究所(以下単に「極地研」という。)の平沢尚彦氏からお声がけいただき参加することとなった。平沢氏は第58次においても56次と同じ目的の観測活動を予定されていた。筆者は56次観測隊参加時には観測の他にグループの調理を担当していたが、58次でも同様に研究観測と調理を担当してもらいたいとの申し出を平沢氏からいただいたので、名古屋市科学館内外の調整の結果、再び参加できることとなった。

3. 観測グループメンバー

58次隊の我々の観測グループメンバーは次のとおりである。

上記メンバーのうち、林政彦氏は、大学院に進学したばかりの筆者が所属した研究室の助手であっ

た。林氏と平沢氏は大学院時代からの知り合いで、56次の人選時に平沢氏が林氏に相談したところ、林氏が筆者を推薦してくれた。これによって筆者の初めての南極観測隊参加への道が開かれたのである。

今回58次隊では、平沢氏がリーダーとして再度の参加を筆者に打診してくれたわけだが、それに加えて林氏とも南極に行くことになろうとは、実に人の縁とは思ってもよらずにつながるものである。林氏とは往復のしらせでも同室であった。

4. 訓練等

出発までに行われた訓練等は次のとおりである。

表2 出発までの訓練等

期 日	事 項
3月7～11日	冬季総合訓練
4月5日	健康診断
6月13～17日	夏期総合訓練
8月16日～18日	部門別訓練
8月26日	第一回全員集合打ち合わせ
9月30日	第二回全員集合打ち合わせ
11月1日, 8日	しらせ物資搭載
11月10日	第三回全員集合打ち合わせ
11月11日	しらせ出港

表1 58次夏隊大気観測グループ

氏 名	種 別	所属(当時)	担当・専門	隊員歴 (Sは夏、Wは越冬)
平沢尚彦	研究観測隊員	極地研	リーダー 気象学	38W, 42S, 56S
林 政彦	研究観測隊員	福岡大学	エアロゾル 気象学	32W, 38次W
小西啓之	研究観測隊員	大阪教育大学	雪氷学	30W
中田浩毅	同行者	(株) KKTイノベート	無人飛行機のパイロット	
ヌアスムグリ・アリマス	同行者	(株) ゼノクロス 航空宇宙システム	大気・地表放射	
小塩哲朗	研究観測隊員	名古屋市科学館	気象観測 調理	56S

*名古屋市科学館学芸課

観測隊員として決定されるまでのプロセスや、毎年行われる訓練についての詳細は、参考文献を参照されたい。

部門別訓練とは、南極で実際に行う観測の打合せや事前研修である。58次隊の我々の部門別訓練は、お盆明けの8月16日から18日の3日間にわたって行われ、ここでグループ全員が初めて顔を合わせた。場所は、大分県の久住連山南山麓にある久住滑空場である（写真1）。



訓練の主な目的は、今回の南極での最も重要な観測手段とされている無人航空機の取り扱いである。離着陸は大変難しいので専門家である中田氏が南極でも担当するが、それ以外の機体の準備や制御ソフトウェアの操作などについては、一応全員が内容を把握することとなった。結果的に南極では担当者以外が操作することはなかったが、何があるかわからないので、習熟まではいかなくても全員が概要を知っておく必要があるのである。

もう一つの目的は、高層気象ゾンデ観測手順の習得である。高層気象ゾンデ観測は、往復路のしらせ船上と南極大陸上で100回近い観測が予定されており、手順が複雑で複数人で手分けして行わなければならないことや、回数が多いためローテーションを組んで行うこととなることから、南極でも全員参加の観測となる。このため、全員で手順を確認しながら訓練を行った。

5. 南極への出発

11月11日にしらせを東京晴海の客船ターミナルで見送ったあと、58次隊は11月27日に日本を出国した。東京国際空港（成田）から、ブリズベン経由でオーストラリア・パースに入り、バスで移動してフリーマントルに停泊中のしらせに乗り込んだのは、



写真2 フリーマントルでしらせに乗船



写真3 南極へ向けて出発



写真4 しらせの避難訓練

翌28日13時半頃である（写真2）。しらせは既に11月24日にはフリーマントルに到着し、出発の準備を行っていた。

12月1日まで、各種の観測準備を行ったのち、2日10時に南極へ向けて出港した（写真3）。出港すぐに避難訓練の実施（写真4）、船上生活のための各種講義が開催された。同時に観測活動も開始した。

6. しらせでの観測

58次での私の任務のうち、しらせでの船上観測は、次の2つである。

(1) ベリリウム同位体サンプリング

ベリリウムの同位体のうち質量数7のものを通称「ベリリウム7 (セブン)」と呼んでいる。詳細は割愛するが、空気中のベリリウム7の量を観測することは、成層圏からの空気の流れの量を観測することに相当し、垂直方向の空気や物質の移動を研究する手法の一つである。

ベリリウム7の観測は、ベリリウム7そのものを空気中から取り出すのではなく、空気中のエアロゾルを空気ごと吸引してフィルターで濾し取り、国内に持ち帰って測定する。

ベリリウム7は放射性の元素で、その半減期が53日と比較的短いため、帰国するまでの時間を考慮して、往路しらせでのフィルターサンプリングは毎分800リットルの空気を23時間石英濾紙でフィルタリングする設定とした。



写真5 第四観測室に設置されたサンプラー



写真6 往路しらせ船上でのゾンデ観測

化学分析が目的のサンプリングでは、船からの排煙などの混入は厳禁であるが、同位体測定の場合はあまり心配する必要がない。燃焼によってベリリウム7の同位体としての性質が変わることはないからである。

サンプラーは、吸引時の騒音や外気の経路確保の観点から、しらせ第一甲板にある第四観測室に設置した(写真5)。

サンプリングを開始したのは、出港して3日目の12月4日の14時である。

我々のグループは、12月22日にしらせから南極大陸上S-17拠点に移動する予定であった。このため12月21日にはベリリウム7サンプリングを終了した。往路のサンプル数は17点であった。

(2) 高層気象ゾンデ観測

ヘリウム入りのゴム気球によって気象センサーを浮揚させ、上空の気象要素を測定するものである。

船上での気象ゾンデ観測は、次のような手順で行われる。受信機、アンテナは第一観測室付近に設置し、センサーの校正、受信テストはここで行われる。一方気球の充填はしらせ後部の飛行甲板で行う。両者は無線で連携を取る。受信テスト、校正が完了した気象センサーは、船の外階段を使って飛行甲板まで運ばれ、気球に結びつけられ、気球を放球して観測を開始する。

高層気象ゾンデ観測は、南極大陸に近い、氷海に入ってから行われた(写真6)。気象データの取得目的が、主に南極大陸とその周辺の気象状況とその変化の把握にあったからである。12月17日から20日かけて、15時と22時の1日2回、合計7回の観測を行った。

7. 南極大陸上S-17拠点とそこでの生活

我々のチームは、12月22日に南極大陸上S-17拠点へヘリコプターで移動した。そこには、プレハブの小屋があり(写真7)、発電機小屋と食堂小屋とが同じ鉄骨の土台に据え付けられている。

食堂小屋には厨房があり、IHのコンロ2口、通常の電気コンロ1口、電気オーブン、冷凍冷蔵庫とシンクがあり、ほとんど何でも調理可能である(写真8)。ただし、水道はなく、またシンクがあってもそこに排水を流すことはできない。

飲料水は、雪を溶かしてつくる。バケツに雪を取



写真7 S-17 拠点小屋



写真8 拠点小屋の厨房

り、発電機小屋の発電機上に置いて排熱で溶かし、ポリタンクにためておく。

厨房での排水は、シンクの中に置いた大型の金属ボウルへためて、ある程度の量になったら外に捨てに行く。南極大陸上では、排水は氷床上に廃棄して良いことになっているので、場所を決めて旗を立て、そこに廃棄する。小便も同様である。生ゴミ、大便などの固形物は、集積して最終的には昭和基地へ持ち帰り、焼却処分を行う。

我々のグループがS-17に持ち込んだ食料は、6名45日分、予備食非常食を含めて1トンあまりであった。これらを90個近いダンボール箱につめ、S-17に輸送した。

S-17での調理担当は私で、毎日の食事について献立を決め調理した。上述したように立派な厨房があるので、上下水道の事情を除けば調理に関しては何の不自由もなかった。また冷凍冷蔵庫のおかげで、キャベツや白菜など貴重な生野菜もS-17での滞在が終わるまで、生で食べることができた。

8. 南極大陸上S-17拠点での観測

(1) ベリリウム同位体サンプリング

S-17に移動した我々は、まず生活の基盤を整えるべく、発電機や雪上車の立ち上げをはじめ拠点の整備を行った。立ち上げ時には、我々だけではなく機械隊員、車両隊員らの支援をいただいた。

発電機小屋の屋上には、気象庁管理の気象観測装置がある。これを固定している鉄骨などに対して、ラッシングベルトを用いてサンプラーを設置した(写真9)。発電機小屋の屋上へは小屋横の積雪をすれば脚立も使わずにアクセス可能である。



写真9 S-17でのベリリウム7サンプリング

サンプリングを開始したのは12月28日である。ベリリウム7の半減期と帰国までの日数とを勘案し、以降のサンプリングは時間分解能を上げて半日ごととした。吸引時間は11時間半で、9時から20時半、21時から翌朝8時半の1日2回のフィルター交換であった。

S-17を撤収する予定が2月3日前後であったため、1月30日9時から20時半までのサンプリングを最終とした。S-17では合計で66サンプルを採集した。

通常、ブリザードの場合は他の気象観測等は不可能となるが、ベリリウム7サンプリングの場合には、建物から離れることなく作業が可能なので、3度のブリザード襲来時にもサンプリングは継続できた。

(2) 高層気象ゾンデ観測

S-17拠点での観測は、ほぼ毎日、朝夕の2回行われた(写真10)。

気球へのヘリウムの充填は、気象庁の観測所のような充填小屋があるわけではなく、雪上車の風下側で風を避けながら行った。このため強風時には風が巻き込んできて気球が暴れ、気球に傷がつくかその



写真 10 S-17 でのゾンデ観測

場で破裂してしまう。また、放球時に風で流されるために気球が上昇しにくく、気球と数メートルの糸で結ばれた観測センサーが地面（雪面）にたたきつけられ、センサーが破損してしまう。このため、風速が10メートルを越える状況では、中止となった。

受信用のアンテナと解析PCは雪上車に設置された。ヘリウムボンベはソリに積み、雪上車の横に置かれている。気象センサーの校正を行いつつ、すぐ横のヘリウムボンベソリでは気球の充填を行い、両方が完了したところで放球を行う。しらせ船上とは違って無線で連絡を取る必要もなく、作業はスムーズに行うことができた。

S-17に移動して拠点構築後、1月1日の夜から観測を開始した。期間中、荒天のため4回ほど欠測となったが、合計で54回の観測を行った。

9. その他

自律飛行ができる無人飛行機（カイトプレーン）による気象観測ほか、我々のグループでは多種多様な観測を行った。しかし、筆者はいずれの観測についても作業補助程度の役割分担であったので、本稿では割愛する。

10. S-17撤収と昭和基地訪問

2月4日には、S-17からしらせへ帰還した。撤収準備は1月30日くらいから行った。ちょうどその頃にブリザードが襲来し、撤収には難儀した。

2月5日の両日はしらせでS-17からの荷物の後始末（洗濯など）と休養に当たったが、7日には昭和基地に移動した。昭和基地に行った目的は、S-17から持ち帰った廃棄物処理と、59次以降の観測点の選定である。

S-17で出た廃棄物のうち、燃えるものは焼却すればよいが、瓶や缶は中を洗浄したうえで破碎又はつぶしてから梱包してしらせで持ち帰る。S-17では水が貴重品だったので洗浄はせず、昭和基地で作業を行った。

56次時は昭和基地には12月24日から1月10日までの滞在したが、今回はそれよりも1ヶ月ほど季節が進んでいたためか、基地内に雪がほとんどなかった。さらに、昭和基地のある東オングル島と南極大陸の間のオングル海峡は氷がなくなり、黒々とした海が開いていた（写真11）。これはS-17からでも遠望できたことではある。海水が分厚くてしらせが悪戦苦闘した56次の時とは大きな違いで非常に驚いた。



写真 11 開水面を見せるオングル海峡

58次で海水が薄く開水面が広がっていたことは、ややもすると短絡的に地球温暖化が進んだ結果かと聞かれそうだが、そうとはいえない。年々の気温変化は、高いときも寒いときもある。地球温暖化は10年以上にわたってそういう傾向を解析してはじめて、温度が上がってきたと言えるものである。58次時のように広く海水面が開いたことは10年ぶりくらいではあるが、過去になかったことでもないとのことであった。

11. 復路しらせ船上観測

2月10日には昭和基地から帰還し、復路の船上観測の準備を開始した。ベリリウム7は、2月11日9時から、S-17と同じように1日2回のフィルタ交換で11時間半の吸引によるサンプリングを、2月25日9時までの27サンプル、以後しらせのシドニー入港直前の3月19日までは23時間吸引により20サンプルを採取した。

高層気象ゾンデ観測については、2月11日から24日にかけて15時と22時の1日2回、計13回行った。

12. 帰国まで

しらせは、2月15日9時頃、昭和基地沖を離れて帰路に就き、3月20日10時にオーストラリア・シドニー港へ入港した。退艦・帰国準備を行いつつ、久々に街に出て食事などを楽しんだ。22日19時、バスでシドニー空港へ移動、香港経由で23日13時頃東京・羽田空港へ到着した。観測隊OBや極地研関係者などの出迎えを受け、13:40頃には解散、筆者はそのまま名古屋へ移動、帰宅した。

13. インターネットを通じた通信の利用

56次時には中日新聞に連載を寄稿したが、今回はそうしたことはなかった。ただし、インターネットを通じて56次に引き続きツイッターの試験投稿は行っていた。56次の際のインターネットを通じたツイッターの投稿やメールの送受信システムについては参考文献(1)を参照されたい。

インターネット上を投稿文やメールを送信する場合、なりすまし、盗聴、改ざんを防止する必要がある。これらは主に内容の暗号化によって実現できる。56次の際には、通信の暗号化をその都度手作業で行っていた。これに対し、58次参加時には、事前に統合システムとでも呼ぶべきものを開発し、それを利用した。

(1) 概要

このシステムの動作は、次のとおりである。

- ア 南極から通信したい文や添付ファイルを暗号化とアーカイブ化を行う。
- イ アーカイブを国内の所定のメールアドレスに送信する。
- ウ 国内では、プログラムがアーカイブを復号化・解凍し、指定の機能を果たす。

(2) 南極におけるシステムの動作

今回はcgiとして実装した。筆者のPCは、Apple MacBookであったので、httpサーバをローカルで動作させ、その上でcgiを稼働させた。この組み合わせによれば、WindowsやLinuxでも利用可能である。

今回実装した機能とcgiは、メール転送のためのxfermail.cgi、ツイッター投稿をするtwitter.cgi、シ

ステムを改変できるmailsys.cgiである。これらのcgiは、内容のアーカイブ化・暗号化を行ってアーカイブを作成する。アーカイブは、国内サーバに対してメールの添付ファイルとして送信されるが、この部分は手作業である。

(3) 国内側プログラムシステムの動作

国内側のプログラムは、10分に一度所定のメールアドレスのメールを読み、添付ファイルを抽出する。添付ファイルは1個以上のアーカイブであるはずで、形式を満たさないもの、適切に復号化できないものは破棄される。

解凍されたファイルのうち、infoファイルは、動作指示書となっており、その内容に応じて、それぞれ文章や添付ファイルを適切に処理する。infoファイルを作成するのは、国内側では一つのメールアドレス、一つの起動プログラムのみで全ての機能を実現するためである。

今回開発したシステムは、異なる機能であっても複数のアーカイブを一度に処理することができる。インターネット電子メールのシステムでは、本文や添付ファイルなどの内容の他、送信そのものに関わるデータも送信される。この部分の絶対量は本文の長さや添付ファイルの大きさにはあまり関係がない。すなわち、小さなメールを何通も送るよりも、大きなメールを1通送った方が、全体における正味の中身の割合が高くなる。特にしらせのような通信制限がある環境では、できるだけ少ないメールの本数が望ましい。そこで、1通のメールで複数の機能や目的を果たすことができる設計とした。

(4) xfermail.cgi - メール転送

貧弱な南極のネット環境に対応するもので、真の南極でのメールアドレスを隠蔽する。

xfermail.cgiでは、メール本文をテキスト文で入力し、添付書類があれば指定する。cgiは本文のテキストファイルとinfoファイルを作成する(図1)。

infoファイルは、メール転送の指示、転送先(複数可)、本文と添付書類のテキストファイル名が記載されている。これらをアーカイブ化・暗号化し、完成したアーカイブファイルの情報を表示して終わる。

通常のメールソフトウェアとは違ってアドレス帳の機能の代わりに、よく使うアドレスのリストを右

図1 xfermail.cgiの動作画面

側に表示するようにしている。

(5) twitter.cgi - ツイッター投稿

ツイッターへの投稿は、内容としてはテキストと添付ファイルを国内に転送して処理するわけで、xfermail.cgiと動作はほとんど同じである。

図2 twitter.cgiの動作画面

ツイートする本文をテキスト文で入力し、投稿したい写真があれば添付する(図2)。cgiは本文のテキストファイルとinfoファイルを作成する。infoファイルは、ツイッターへの投稿の指示、本文と添付書類のファイル名が記載されている。これらをアーカイブ化・暗号化する。

(6) mailsys.cgi - システム改変

56次にも同じようなシステムを開発して利用していたが、最も困ったのはシステムプログラム自体の改変が難しいことであった。当時、南極滞在中に何度か改良の必要に迫られたが、新しいプログラムを国内同僚に送信し作業を依頼しなければならなかった。この作業は誰でも簡単にできるというのではなく、さらに昭和基地と日本では6時間の時差が

あり度々の改変は困難であった。

こうしたことから、国内で動作するプログラムをメールだけを用いて遠隔で改修する機能を開発・実装した。mailsys.cgiは、アップロードするファイルを指定し、必要であれば新プログラムに置き換える日時を指定できる(図3)。infoファイルには、システム改変機能の指定、ファイル名と指定日時が書き込まれる。

図3 mailsys.cgiの動作画面

改変を指定できるのはプログラムだけではなく、プログラムを実行するスケジューラの設定ファイルである、crontabファイルも対象である。国内サーバでは、国内ニュースを南極へ配信するもの、国内の通常のアドレスに対して送信されたメールのダイジェストを作成して転送するものなど、いくつかの南極用プログラムが稼働している。これらプログラムごとに、その動作時刻や間隔を指定するのがcrontabファイルである。

mailsys.cgiによれば、新たなプログラムを設置したうえでcrontabファイルに設定すれば、南極にしながらにして新しい機能を国内で実装・稼働させることさえ可能である。しかし、プログラムの開発環境は国内サーバと異なるため、改変・設置する新プログラムの動作を事前に十分検証することが難しい。プログラム改変機能さえ改変しようと思えばできるが、万が一失敗した場合には遠隔改変ができなくなってしまう。このことから、プログラム改変機能の利用は非常に慎重にならざるを得なかった。結果としては、プログラムの改変は数度あったが、特に問題は発生しなかった。

14. オリジナルデータ等の取得

58次の参加時には映像収録やサンプリングを、56次参加時に比べて大幅に拡充できた。このうち、白夜の全天周映像の収録と名古屋市科学館大型展示極寒ラボにおけるその利用については、参考文献(2)に記載した。

この他、多種にわたる映像やデータ収録なども行ったが、ここでは海棲プランクトンの採集について

報告する。

通常、研究目的以外での標本採集は認められないが、筆者が着目したのは海のプランクトンである。昭和基地にしらしらせ船上にしろ、海水に触れるのは規則に反しない限り困難である。ところが、しらしらせの航海中の風呂は海水である。これは船底から直接くみ上げられてくるもので、当然魚や大型プランクトンなどは吸い上げられる際にこし取られているが、珪藻など海棲のプランクトンは素通りしてくる。往路では観測準備などのため余裕がなかった



写真12 しらしらせ船上でプランクトンサンプリング

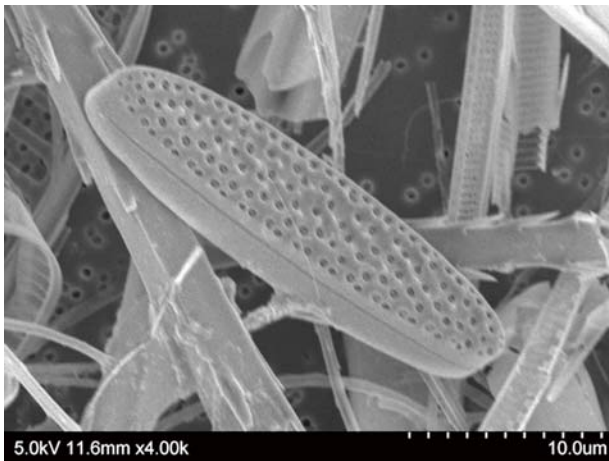


写真13 しらしらせ船上で採集したプランクトン

が、復路では風呂場で海棲プランクトンの採集を試みた。風呂桶は毎日清掃され、800リットル程度の海水を張り、それを蒸気で温めるのだが、清掃直後のタイミングで持参の手ぬぐいを蛇口にしばりつけ、風呂桶が一杯になるまで海水を通過させる（写真12）。

満水になった頃には、てぬぐいの上に緑～茶色の部分ができているので、それをサンプル瓶に移し取る。腐敗防止のため、消毒兼清掃用に持って行ったアルコール製剤を体積率で50%ほどになるように入れておく。こうして持ち帰ったサンプルは全部で7本になった。

もとより、このサンプルは学術目的として利用するのは難しい。海から吸い上げると言ってもその経路は複雑なので、船の位置と採取場所が完全に一致するとは限らない。また、濾紙などではなく手ぬぐいを利用しているため、海水中の生物群のうちどのような性質のものだけをサンプリングしているのかは不明である。しかし、南極の海のプランクトンの例として当館観覧者ほかに紹介するだけであれば十分だと考えられる。

帰国後、名古屋市立大学により電子顕微鏡写真を撮影していただいた。写真13はその一部である。採集したプランクトンの種類の詳細は不明であるが、58次観測隊の海洋研究者によれば、流水の下面につく、いわゆるアイスアルジーであろうとのことであった。これが伊勢湾のものとのどのように異なるか、などいくつか見せ方は考えられるが、今後当館の展示に活用していきたい。

15. 講演等

帰国後、館内職員向けまたはボランティア向けに報告会や講演会を次のように開催した。

表3 帰国後の講演等

日付	対象	会場	備考
7月14日	当館職員	当館	報告会
8月5日	博物館実習	当館	講義の一部
8月19日	イベント参加者	当館	気象キャスターネットワークとのイベントの一部分
8月27日	ボランティア	当館	研修
9月13日	東海中学校	当館	
9月15日	高年大学	鯉城学園	環境講座の一部
10月24日	名古屋城北ライオンズクラブ例会	アパホテル名古屋錦	
2月14日	椋山学園大学附属小学校	同左	
1月25日	明るい選挙のつどい	女性会館	名古屋市地域女性団体連絡協議会

16. おわりに

日本では、タロ・ジロの時代は過ぎ去り、南極観測についての関心が薄れてきていると思われる。しかし、南極は未だに科学のフロンティアであり、未知の世界である。数十カ国がしのぎを削り、地球環境をはじめとするさまざまな科学に取り組んでいる。日本が本当に科学技術立国を目指すのであれば、単なるブームではなく、科学研究に対して地道な取り組みを評価していかねばならず、そのためには何をどのように研究しているのかを国民が知る必要がある。南極観測はその一つだと考えている筆者が、こうした中で実に2度も南極に行けたのは非常に幸運である。今後、この貴重な経験、収録してきた映像等を、当館の展示など各種事業でより一層有効に生かしていく所存である。

17. 謝辞

S-17で共に過ごし観測を行ったメンバーの平沢尚

彦、林政彦、小西啓之、中田弘毅、ヌアスムグリ・アリマスの各氏をはじめとする、第58次日本南極地域観測隊の皆様の理解を感謝する。

南極海のプランクトンの電子顕微鏡写真撮影は、名古屋市立大学医学研究科共同研究教育センター・高瀬弘嗣氏によるもので、深く感謝する。

また、2度にわたる南極観測隊への参加は、名古屋市科学館の現場から合計8ヶ月も離れることとなったが、これに理解を示し業務内外で協力してくれた名古屋市科学館及び関係職員の各位にも感謝する。

参考文献

- (1) 小塩哲朗 (2016) 第56次日本南極地域観測隊参加報告 名古屋市科学館紀要第42号、p.15-31
- (2) 国立極地研究所南極観測センター (2014) 南極観測隊のしごと—観測隊員の選考から暮らしまで 極地研ライブラリー

名古屋市科学館紀要 第44号

2018年（平成30年）3月31日 発行
編集・発行 名古屋市科学館

〒460-0008 名古屋市中区栄二丁目17番1号
TEL 052(201)4486
FAX 052(203)0788
<http://www.ncsm.city.nagoya.jp/>

印刷 アーク印刷株式会社

この冊子は、再生紙（古紙配合，白色度70%）を使用しています。

