



# 日本海域研究

## Japan Sea Research

Vol. 56 2025

金沢大学環日本海域環境研究センター  
Institute of Nature and Environmental Technology  
Kanazawa University



## 目 次

### 【論 文】

広津留正也・手代木功基

中山間地域の買い物環境におけるドラッグストアの役割

－石川県輪島市旧門前町を事例に－ ..... 1

白石弘幸

2024年能登半島地震後における大規模製造業企業の復旧行動

－一般的事業継続スキームの検証－ ..... 13

### 【短 報】

王 琰・白 芄楚・張 璇・張 露露・大野耕平・松木 篤・塚脇真二・唐 寧

金沢市の大気中におけるマイクロプラスチックの検出（英文） ..... 37

### 【資 料】

平澤 聡・塚脇真二・福士圭介・樫田 誠・岡田隆司・作本達也

石川県小松市観音下町産の凝灰岩石材「観音下石」に観察された表面析出物 ..... 51

日本海域研究投稿規定 ..... 77

## CONTENTS

### [Original Articles]

Masaya HIROTSURU and Koki TESHIROGI

The Role of Drugstores in the Shopping Environment of Mountainous and Hilly Rural Areas:

A Case Study from Monzen-machi (former Monzen Town), in Wajima City, Ishikawa Prefecture..... 1

Hiroyuki SHIRAISHI

The Recovery of Manufacturing Businesses following the 2024 Noto Peninsula Earthquake:

An Examination of the general Business Continuity Scheme ..... 13

### [Short Article]

Yan WANG, Pengchu BAI, Xuan ZHANG, Lulu ZHANG, Kohei ONO, Atsushi MATSUKI,

Shinji TSUKAWAKI and Ning TANG

Preliminary Identification of Atmospheric Microplastic in Kanazawa, Japan ..... 37

### [Material]

Satoshi HIRASAWA, Shinji TSUKAWAKI, Keisuke FUKUSHI, Makoto KASHIDA, Takashi OKADA

and Tatsuya SAKUMOTO

Surface Precipitates Observed on the “Kanagaso-ishi” Stone Material Tuff

from the Kanagaso Stone Quarry, in Komatsu City, Ishikawa Prefecture ..... 51

Instruction to the Authors ..... 77

## 中山間地域の買い物環境におけるドラッグストアの役割 －石川県輪島市旧門前町を事例に－

広津留正也<sup>1</sup>・手代木功基<sup>2\*</sup>

2024年9月27日受付, Received 27 September 2024

2024年11月13日受理, Accepted 13 November 2024

### The Role of Drugstores in the Shopping Environment of Mountainous and Hilly Rural Areas: A Case Study from Monzen-machi (former Monzen Town), in Wajima City, Ishikawa Prefecture

Masaya HIROTSURU<sup>1</sup> and Koki TESHIROGI<sup>2\*</sup>

#### Abstract

In this research, we clarified the role of drugstores in the shopping behavior of communities in mountainous and hilly rural regions by focusing on the Monzen-machi (former Monzen Town) area of Wajima City, in Ishikawa Prefecture, as a case study. A field survey, questionnaire survey, and interviews conducted on shopping behavior and residents' perceptions in the study area revealed that drugstores in these mountainous areas play a specific role in providing physical goods, primarily foodstuffs. However, the opening of drugstores has also influenced residents' shopping behavior and perceptions. As small-scale supermarkets have been replaced by drugstores in the study area, opportunities to change where people shop or to build social connections through shopping have decreased. In mountainous and hilly rural areas where populations continue to decline and local stores are closing, the opening of drugstores that offer essential supplies, including food, is important for maintaining the residents' shopping environment as well as their options. However, several other factors also need to be carefully considered in this process.

**Key Words:** drugstore, food desert, elderly people, mountainous and hilly rural areas, Noto Peninsula

キーワード: ドラッグストア, フードデザート, 高齢者, 中山間地域, 能登半島

#### I. はじめに

中山間地域における住民の生活維持の方策を検討することは、過疎化・高齢化が進展する日本社会において重要である。中山間地域の生活を維持する上での課題の一つに、食料品の確保が挙げられる。岩

間ほか(2020)は、買い物環境の実態調査から、中山間地域における自家用車を持たない住民の食料確保の難しさを指摘している。また、岡橋ほか(2015)は、住民同士が自動車の乗り合いで買い物を行っている事例から、買い物行動が住民同士のネットワークに支えられている一面があることを明らかにし

<sup>1</sup> 大分県立杵築高等学校 〒873-0014 大分県杵築市大字本庄2379 (Oita Prefectural Kitsuki High School, 2379 Honjo, Kitsuki, 873-0014 Japan)

<sup>2</sup> 金沢大学人間社会研究域学校教育系 〒920-1192 石川県金沢市角間町 (Faculty of Education, Institute of Human and Social Sciences, Kanazawa University, Kakuma-machi, Kanazawa, 920-1192 Japan)

\* 連絡著者 (Author for correspondence)

た。他にも、薄井ほか（2021）が買い物環境における近居する子どもの支援の重要性を指摘するなど、交通手段や社会ネットワークが買い物環境に関わっていることが指摘されている。他方、向園（2011）は、中山間地における生活インフラを支える存在として移動販売の重要性を指摘している。

しかしながら、中山間地域住民の買い物行動において、地域の実態に応じた多様な買い物環境を把握するためには、食料品販売を主としたスーパーマーケットや移動販売以外の業態にも着目していく必要がある。そこで本研究では、中山間地域における食料品の買い物先として、これまで十分に検討されてこなかったドラッグストアに着目する。

ドラッグストアは、近年全国規模で拡大している小売業態である。ドラッグストアにおいては、医薬品だけでなく、様々な日用品が販売されているとともに、近年では生鮮食品も含めた食料品を扱う店舗が増加している。例えば、2022年の商業動態統計によれば、ドラッグストアの商品別の販売額において、食料品は総販売額の約31%を占めていた。また、その割合は年々高まっている（重富、2022）。ドラッグストアにおける食料品の取り扱いが増加しているのは、購入頻度の高い食料品を置くことによって来店頻度を高めるためである（重富、2014）。かつては、ドラッグストアで生鮮食品を扱うことは現実的でないとされてきたが、2012年に一部ドラッグストアチェーンが生鮮食品の販売を開始して以降、特に郊外で店舗を展開するドラッグストアにおいて、生鮮食品の導入や試行販売が進められている（重富、2022）。こうした背景から、ドラッグストアが中山間地域の食料品調達のための買い物先として利用されていることが想定される。

また、ドラッグストアは、特にモータリゼーションが進んだ地域で経済規模以上に展開されており（駒木、2015）、ドラッグストアの拡大が中山間地域を含む都市以外の地域にも及んでいる。ドラッグストアは、ドミナント戦略の強い業態であり、市場が飽和してきた2000年代以降には、各ドラッグストアチェーンの他チェーンへの買収、統合、業務協定などによって店舗網を拡大させた（駒木、2012）。中には、スーパーマーケットを買収する例も見られ、生鮮食品の強化を図るチェーンが生まれている（重富・加藤、2016）。

そこで本研究は、石川県輪島市のうち合併前の門前町（以下、「旧門前町」と記載）を事例として、中山間地域においてドラッグストアが住民にどのように利用され、買い物先としてのドラッグストアがどのように認識されているのかを明らかにすることを目的とする。

調査地域を含む北陸地方は、物販5業態（家電量販店、ホームセンター、ドラッグストア、コンビニエンスストア、百貨店・スーパー）の売上高に占めるドラッグストアの割合が29.9%であり、全国平均の16.5%よりも大きい。また、北陸地方のドラッグストアの売上に占める食料品の割合も52%と全国平均の32%を上回っている<sup>1)</sup>。したがって、北陸地方では相対的にドラッグストアの利用頻度が高く、食料品購入の面で一定の役割を果たしていることが想定される。また、ドラッグストアは1店舗当たりの商圏人口が約4,000人とされているが（駒木、2012）、対象とする旧門前町は人口が5,000人弱にもかかわらず、ドラッグストアが3店舗立地しているため、当該地域に着目した。

## II. 調査地の概要

旧門前町（図1）は、輪島市の西部に位置している。かつては鳳至郡門前町として単独の自治体であったが、2006年に隣接する輪島市に合併した。輪島市門前町の人口は令和2年度国勢調査によると4,922人であり、そのうち65歳以上の高齢者人口は3,156人、高齢者比率は64.1%である。旧門前町を含む輪島市は、総務省が分類する過疎関係市町村において、全部過疎に指定されている。旧門前町内の就業者数は、1,015人であり、第1次産業が16.2%、第2次産業が22.2%、第3次産業が58.8%を占めている（令和2年度国勢調査）。

図2は旧門前町の人口分布を示したものである。旧門前町は、図1にみられるように中央部を除いて全体として山がちな地形であり、比較的平坦な中央部に人口の多くが分布し、西部の海岸線沿いにも集落がみられる。また、東部の山間地域では、山間部の谷を走る輪島市市街地と穴水町へ向かう道路沿いに人口が分布している。

旧門前町内に鉄道は走っておらず、公共交通機関はバスのみである。石川県の鉄道会社が運行する路

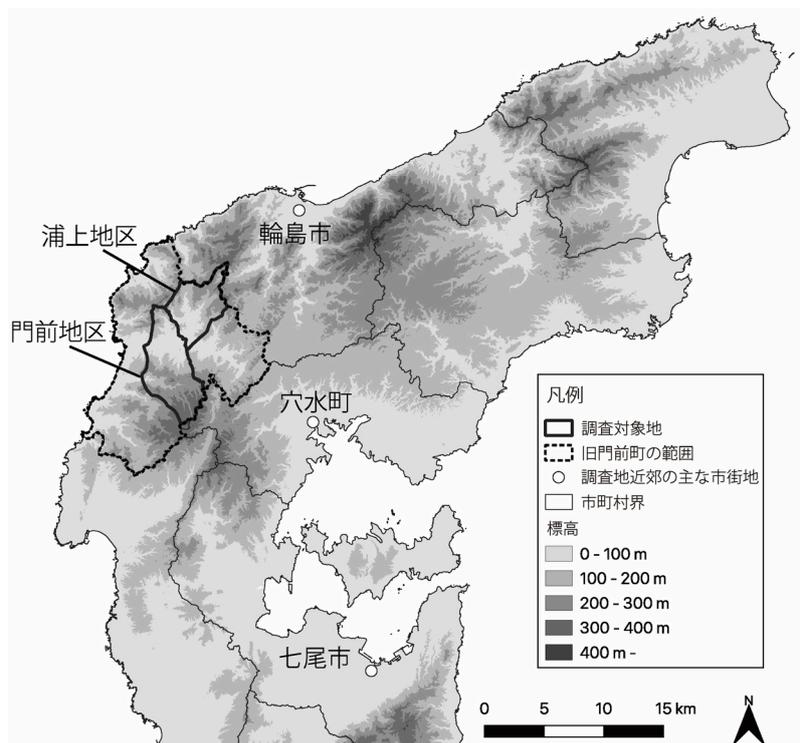


図1 研究対象地域. 基盤地図情報により作成.

Fig. 1 Study area. Created using basic map information.

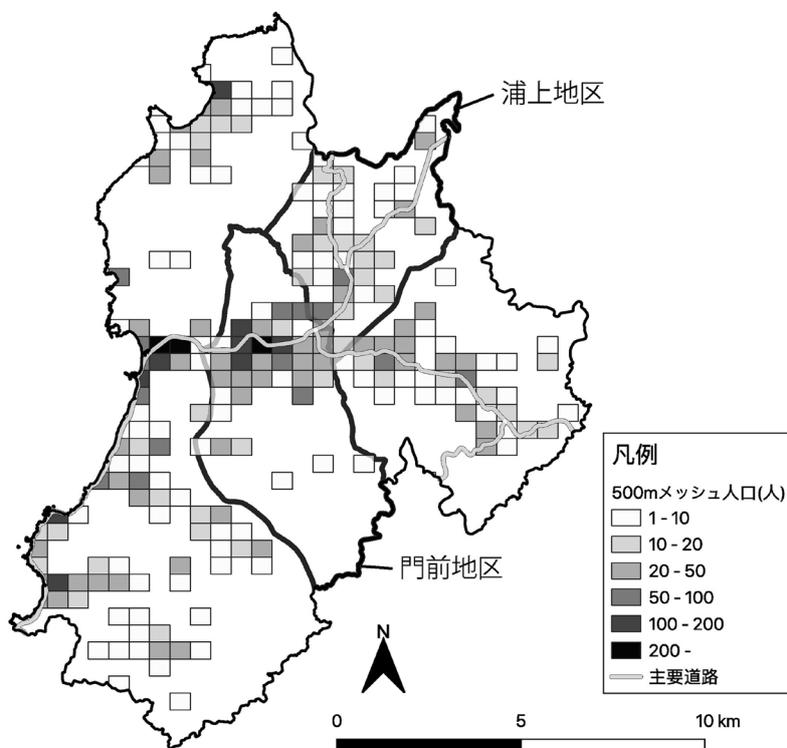


図2 輪島市門前町の500mメッシュ人口 (2015年). 国土数値情報より作成.

Fig. 2 500m mesh population of Monzen-machi (former Monzen Town), Wajima City (2015). Created using National Land Numerical Information.

線バスは、穴水町と旧門前町を結ぶ路線と輪島市市街地と旧門前町を結ぶ路線の2路線が存在する。2023年におけるバスの運行状況は、平日と土曜日に運行するスクールバスを兼ねたコミュニティバスと、週に3日運行するコミュニティバスがみられた。

旧門前町には8つの地区があり、調査対象としたのはそのうちの浦上地区と門前地区である（図2）。浦上地区は、旧門前町の北東部に位置しており、地区内には個人商店が1店のみみられた地区である。門前地区は、商店街や金融機関、郵便局、図書館が位置する旧門前町の中心地であり、曹洞宗の總持寺祖院の門前町を起源とする地区である。単独自治体の門前町であった時代には町役場が位置し、現在は輪島市役所門前総合支所となっている。また、地区別の食料品店数が最も多い地区であった。

### Ⅲ. 方法

現地調査は2023年11月から12月にかけて実施した。調査項目は、地域において主要な食料品の買い物先となっている店舗における食料品充足率調査と、住民に対する買い物とドラッグストアの利用に関するアンケート調査及び聞き取り調査である<sup>2)</sup>。

食料品充足率調査は、旧門前町内にある食料品を扱う11店舗と移動販売車3台を対象とした。食料品充足率は、岩間ほか（2018）が食料品店へのアクセシビリティを測る研究において用いており、健康的な食生活を送る上で必要な食料品の充足率を示した店舗ごとの指標である。そして、この指標は店舗での食料品の品ぞろえを示す尺度とみなすこともできる。本研究では、岩間（2018）によって日本人が健康的な食生活を送るうえで最低限必要であるとみなされた生鮮食品、加工食品、および調理済み食品別に作成された食品群の合計86品目のリストを用いて、各品目の店舗における販売の有無を記録した<sup>3)</sup>。そして、食品群別に確認された品目数をもとにして、店舗ごとの食料品充足率を算出した。

次に、アンケート調査は、浦上地区に居住する全233世帯と門前地区の商店街周辺の7地区に居住する全311世帯を対象として実施した。岩間ほか（2020）が実施したアンケートを参考に、生鮮食品・加工食品・日用品のそれぞれの買い物先や、世帯での自動車使用に関する質問項目を作成した。アンケートの

配布は、浦上地区では郵送法で実施した。門前地区では公民館を通じて市報と共に配布する形をとった。2つの地区をあわせた配布部数は544部であり、そのうち有効回答は147部（回収率27.0%）であった。

聞き取り調査は、浦上地区内・門前地区内でそれぞれ実施した。浦上地区では、住民グループに所属する女性16名に対して座談会形式で2023年12月6日に実施した。門前地区では、地区の役員とその家族計11名（男性7名、女性4名）に2023年12月3日に座談会形式で実施した。座談会は、日常の買い物に関すること、スーパーマーケット・ドラッグストア・移動販売などの利用に関すること、買い物に関して不便に感じていること、地域の買い物環境の変化などについて、項目ごとに参加者に自由に発言してもらう形で行った。

### Ⅳ. 旧門前町の買い物環境

#### 1) 地域内の店舗の食料品供給機能

2023年12月時点で、旧門前町内で食料品を販売し、食料品充足率調査の対象となったのは、スーパーマーケット1店舗、ドラッグストア3店舗、コンビニエンスストア1店舗、個人商店2店舗、ホームセンター1店舗、道の駅等3店舗、移動販売車3台の計14事業者であった<sup>4)</sup>。

本稿では、食料品充足率調査とアンケート調査の結果から、スーパーマーケット1店舗とドラッグストア3店舗に関する結果を示した<sup>5)</sup>。なお、各店舗名はアルファベットと数字で表し、旧門前町内に1店舗あるスーパーマーケットをS1、3店舗あるドラッグストアをそれぞれD1、D2、D3と表記した。

##### 1-1) スーパーマーケット<sup>6)</sup>

S1は、現在旧門前町唯一のスーパーマーケットであり、店舗の面積は約910m<sup>2</sup>であった<sup>7)</sup>。S1では、店舗から離れた地域に住む利用者のための送迎バスを運行していたが、2023年11月上旬から運行を中止していた。表1に示した通り、S1の食料品充足率は、生鮮食品、加工食品、調理済み食品すべての区分で80%以上の高い値を示していた。したがって、S1の食料品供給機能は、地域において重要な役割を担っていると考えられる。

##### 1-2) ドラッグストア

D1は、門前地区中心部の近郊に位置するドラッ

表1 輪島市門前町における主要店舗の食料品充足率。現地調査により作成。

Table 1 Food supply rate of major stores in Monzen-machi (former Monzen Town), Wajima City (%). Created through on-site surveys.

	スーパーマーケット		ドラッグストア	
	S1	D1	D2	D3
生鮮食品	93.9	87.9	63.6	15.2
加工食品	85.7	83.7	85.7	55.1
調理済み食品	100.0	100.0	100.0	0.0

グストアである。店舗の面積は約870㎡であり、2022年10月に開店した店舗である。旧門前町内のドラッグストアの中では、調査時に最も新しい店舗であった。店内の鮮魚コーナーには富山県に本社を置く会社がテナントとして入り、鮮魚の加工だけでなく、刺身や寿司、揚げ物などの惣菜を調理、販売していた。野菜と精肉は、自社で仕入れと加工を行った商品を販売していた。処方薬の取り扱いは行っていなかった。また、D1は、以前はスーパーマーケット（以下S2）であった店舗である。S2は、旧門前町を所在地とするスーパーマーケットであり、旧門前町に2店舗、穴水町に1店舗展開していた<sup>8)</sup>。D1の会社は、2021年5月にS2を買収し、吸収合併した<sup>9)</sup>。

D2も門前地区中心部から近い位置に立地するドラッグストアである。店舗面積は約650㎡であり、処方薬の取扱いは行っていなかった。旧門前町内のドラッグストアの中では、2番目に新しい店舗であった。

D3は、商店街周辺から約2km離れた場所に立地している店舗である。店舗面積は、約970㎡であった。処方薬の取扱いは行っていなかった。旧門前町内のドラッグストアの中では最も古い時期にできた店舗であり、調査時点で開店から10年以上の年月が経っていた。

ドラッグストアの食料品充足率は、店舗や食品区分によって差がみられた。D1の食料品充足率は、生鮮食品、加工食品、調理済み食品すべての区分で80%を上回っていた。したがって、スーパーマーケットと同程度の十分な食料品供給機能があるといえる。また、D2では、加工食品と調理済み食品は、80%を超えていた。一方で生鮮食品は、63.6%であった。これらの数値から、S1やD1ほどではないものの、D2にも一定の食料供給機能があるといえる。D3では、加工食品が40%を上回るのみであり、生鮮食品、調理済み食品はどちらも20%にも及ばなかった。し

たがって、D3は加工食品においては一定の食料供給機能があるが、生鮮食品と調理済み食品の食料品供給機能は担っているとはいえない。

これらの差が生じる要因として、生鮮食品と調理済み食品は加工食品に比べ品質の管理が難しいことが挙げられる。鮮度を保つための冷蔵・冷凍設備の有無や物流網、ドラッグストアチェーンの方針等により、店舗によって充足率に差があることが想定される。以上のことから、ドラッグストアは、スーパーマーケットと同程度の食料供給を担う場合もあるが、全てのドラッグストアが担えるわけではなく、店舗によって違いがみられることが明らかとなった。

## 2) 住民の食料品店の利用

表2は、住民の主な買い物先を示している。まず、S1は、浦上地区と門前地区のどちらの地区においても、約90%の世帯に生鮮食品の買い物先として、また約70%の世帯に加工食品の買い物先として利用されていた。S1の食料品充足率の高さに対応して、多くの世帯において買い物先として利用されていることが明らかとなった。

次に、ドラッグストアにおいては食料品区分によって買い物先に違いがみられた。生鮮食品の買い物先としては、D1が多くの世帯に利用されているのに対して、加工食品の買い物先としては、D1とD2が多くの世帯に利用されていた。この結果は、それぞれの店舗の食料品充足率の多寡とある程度対応しており、スーパーマーケットと同様に、食料品充足率が高い店舗ほど食料品の買い物先としてよく利用されているという関係がみられた。

旧門前町外の店舗への買い物については、40%から50%の世帯が旧門前町外の店舗を利用していた。長野県上田市を対象地域とした先行研究(薄井ほか、2021)においても、調査対象とした17世帯すべてが

表2 食料品区分別の買い物先としての利用世帯数（複数回答可）。アンケート調査により作成。

Table 2 Number of households using shopping locations by food category (multiple answers allowed). Created through questionnaire surveys.

買い物先	浦上地区					
	生鮮食品		加工食品		日用品	
	利用軒数 (n=84)		利用軒数 (n=73)		利用軒数 (n=76)	
	(軒)	(%)	(軒)	(%)	(軒)	(%)
S1	76	90.5	52	71.2	20	26.3
D1	37	44.0	34	46.6	30	39.5
D2	19	22.6	28	38.4	23	30.3
D3	6	7.1	14	19.2	46	60.5
旧門前町外の店舗	42	50.0	38	52.1	29	38.2
買い物先	門前地区					
	生鮮食品		加工食品		日用品	
	利用軒数 (n=61)		利用軒数 (n=56)		利用軒数 (n=52)	
	(軒)	(%)	(軒)	(%)	(軒)	(%)
S1	55	90.2	39	69.6	14	26.9
D1	47	77.0	40	71.4	36	69.2
D2	25	41.0	33	58.9	36	69.2
D3	1	1.6	3	5.4	15	28.8
旧門前町外の店舗	28	45.9	21	37.5	15	28.8

食料品購入時に自動車を利用しており、高齢者が食料品の購入先として居住地区外の店舗に自動車で出向いている世帯もあることが示されている。旧門前町においても、旧門前町外の店舗を利用するためには現実的には自動車以外の交通手段では困難であるため、自動車の所持は住民の買い物行動の選択に影響を与えていると考えられる。

以上の結果から、本地域におけるドラッグストアは、店舗によっては食料品充足率が高いスーパーマーケットと同程度の利用状況がみられることが示された。ただし、全てのドラッグストアが生鮮食品や加工食品の買い物先として頻繁に利用されているわけではなく、食料品充足率の多寡に応じて利用されているという実態が明らかになった。

## V. 住民からみた買い物先としてのドラッグストアの位置づけ

### 1) 住民のドラッグストアの選択理由

聞き取り調査からは、住民がドラッグストアを食料品の購入先として利用する理由には、食料品充足率だけではない複数の要因が関係していることが示された。それは主に以下の2つに大別される（表3）。

1つ目に、買い物によって付与されるポイントが買い物先を選択する際の要因になっているという点である。ドラッグストアやスーパーマーケットには、店舗限定のポイントや全国の様々な店舗で使える共通ポイントなどが、購入金額に応じて付与されるという仕組みがある。例えば、表3中の発言1や5からは、D1において特定の曜日にポイントが5倍になることから、その曜日に選択的にD1を利用していることが読み取れる。こうしたポイント制度を活用することが店舗の選択理由の一つになっているといえる。

2つ目は、商品の価格である。例えば、D1の野菜が他店舗に比べて安いために選択しているといった発言や（表3発言4）、D2においてペットフードが他の店舗よりも安いという発言がみられた（同6）。したがって、特定の商品の安さを理由として、店舗を選択していることが示唆された。また、年金を受給する世帯の住民にとっては、ポイントを含めた商品の安さが買い物先を選択する際に重要になっていることもわかった（同3）。

ドラッグストアは食品や雑貨の品ぞろえを強化し規模を拡大することで低価格の追及を図ってきた（駒木、2012）ため、一定の価格訴求力があるとみなせる。こうしたドラッグストアの特徴は、限られ

表3 ドラッグストアの選択理由に関する住民の発言。聞き取り調査により作成。

Table 3 Residents' statements on reasons for choosing drugstores. Created through interviews.

番号	発言者	内容
1	門前60歳台女性	結構、新聞チラシって有効で、D1さんが水曜日はポイント5倍とかで、するとS1ガラガラです。
2	門前70歳台男性	チラシが入るので、チラシの比較で買い物先を決める。富来は、だいたいここから24キロ、輪島市はスーパー行くと19キロ、穴水のスーパー行くと14キロ、チラシで値段と距離を考えていくわけです。富来のH、チラシで目玉があったら行きますよ。それでも、2、3千円くらいにならんと、(そこまで行って買い物をする)メリットがないですけど。
3	門前60歳台女性	S1は、(ポイントがお得な日)土曜なんですよ。ポイントがある日が決まっているんですよ。そこになると買い物客が増えてくる。ポイントをためてお金になる。だから、ポイントが付く日にまとめて買いをしている人が多い。お年寄りの人がしっかり3倍5倍の日とか(いつがお得な日か)見て、まとめて買いをしている人が多い。(ポイントの重要性は、)年金暮らしになるとなおさら。限られてるお金の中で買い物してるから。
4	浦上70歳台女性	(D1は、)野菜が安いんです。野菜。D1行くと、他の物はあまり買わないんですけど、キャベツ、レタス、ブロッコリー、トマト、野菜系があそこがほかのお店に比べて安いかなと思って行ってます。
5	浦上70歳台女性	水曜日がD1さんは特売日なので、その日に行くことが多いです。
6	浦上70歳台女性	やっぱり私は、D2行くと小っちゃい犬がおるもんで、犬の餌がD2にあって、安いので、そのときに行って、ついでにハムとか野菜とか買ってきます。でも(ほとんど買い物先は)S1やね。
7	浦上70歳台女性	D1さんは、総合的に何でも買える、S2さんもそうでしたけど。

た生活費の中で買い物をする高齢者世帯が多い旧門前町の消費者ニーズに合っていると考えられる。

さらに表3発言7のように、ドラッグストアにおいてさまざまな商品を購入できる利便性への言及もみられた。ドラッグストアでの買い物の場合、食料品スーパーなどと比べると、1店舗内で生鮮・加工食料品だけでなく、医薬品や、日用雑貨品、ペット用品などもそろえることができる。そのため、1店舗で買い物が完結できる利便性があると想定され、このことは、商店種の少ない地域において自家用車でまとめて買いする住民にとって魅力になっていると考えられる。また、上記のようなドラッグストアの特性は、調査地域の比較的狭い範囲にドラッグストアが複数店舗立地する背景になっている可能性も示唆される。

## 2) ドラッグストアによるスーパーマーケット買収にともなう変化

旧門前町のD1によるS2の買収は、住民の買い物環境や買い物に対する意識において、変化をもたらしていた。表4は、S2からD1への変化にともなう、商品に対する評価について示したものである。ここでは、特に鮮魚と惣菜に関する言及が多くみられた。S2では旧門前町の漁港で獲れた魚介類を販売していたため鮮魚コーナーが充実していたが、D1になっ

てから鮮魚の品ぞろえが減ったと感じている住民が多かった(表4発言1~3, 5, 7, 8)。D1では、テナントである富山県の企業が鮮魚の加工を行っているため、住民にとっては近隣の漁港で水揚げされた魚介類を消費する機会が減ったと考えられる。

惣菜に関しては、住民は、S2においては店舗内の調理場で作った惣菜に魅力を感じていた(同4, 7)。また、盆や正月といったハレの日に寿司などを注文する際にも、S2では細かい注文にも応えてもらえたと感じていた(同6, 8, 9)。他方で、現在のD1でも、店舗での惣菜の調理や寿司等の注文を受け付けるサービスは実施している。それにも関わらず、これらのサービスを知らない住民が一定数存在しており、S2からD1への変化によってD1の利用自体がなくなってしまった事例もみられた。これについては、D1が調査時点で開店から1年ほどしか経ってない店舗である点を考慮する必要がある、今後変化する可能性もある。しかしながら当時は、門前町外から新たにドラッグストアが入ってくることにより、地域に根ざしたスーパーマーケットに比べて心理的な距離が生じ、結果としてD1を利用する動機の減少につながっていることが推察された。

次に、表5は商品以外の変化について示したものである。S2のときには、店員も旧門前町の住民である場合が多く、お互いに面識があったことで、買い

表4 スーパーがドラッグストアに変わったことに関する発言（商品に関する内容）. 聞き取り調査により作成.

Table 4 Statements regarding the change from supermarkets to drugstores (product aspects). Created through interviews.

番号	発言者	内容
1	門前70歳台男性	変わった。変わった。S2は、魚がものすごくメインやってん。S2は、鹿磯から（魚を仕入れていた）。
2	門前60歳台男性	昔は、(S2は、) 地元の漁師から仕入れとったけえ新鮮やった。
3	門前60歳台女性	あれ (S2の魚) 良かったねえ。
4	門前70歳台女性	弁当でもS2のときは、良かったよ。本当に今作ったんかなあって感じのがあった。
5	浦上70歳台女性	(D1は、) お魚類が少なくなったね。S2さんは、鹿磯港が歩いてすぐやったからね。新鮮なもの (魚) がたくさんあった。
6	浦上70歳台女性	S2のときは、わりに細かい注文も聴いてもらえた、っていうか、融通が利いた。例えば、「私、お寿司にしたいので、こんなものを、こっだけ用意してほしいげんけど。」って言ったら、(店員が)「分かった。」って言って。D1は、私、行ったことないので、そういう使い方したことないので、ちょっと気後れしてそんなこと言ったこともないですけど。やっぱり (S2は) 地元のお店だったから、融通が利くっていうか、こっちが「こんなふうなことを」って言ってお願いしたらも応えてもらえた。大きいお店だと言ってもまごつくし。
7	浦上70歳台女性	S2の場合って、あそこの調理場で自社製で (惣菜などを作っていた)。今のそういうところっていうのは、どこから作ったのが来ているのか、詳しいことは良くわかんらないんですけど。/D1で作ったんじゃない、どっかから作ったんじゃないかっていうのがある。並べさせていただいとるってだけで、店の調理場の自家製っていう感じは薄くなるとるんじゃないかと思います。/地元の鹿磯の、(魚が) そこから入るようなもので、新しかったんです、S2のお魚は。
8	浦上70歳台女性	(S2は、) 生魚とか地元のものもあって。お盆とかお正月とか「何々作ってください」と言えば作ってくれた。今はしてくれるんかな。
9	浦上80歳台女性	前 (S2) は、「刺身何人分で」とか言ったら作ってもらえよったけど、今 (D1) はしてくれるんかね。

表5 スーパーがドラッグストアに変わったことに関する発言（商品以外の内容）. 聞き取り調査により作成.

Table 5 Statements regarding the change from supermarkets to drugstores (non-product aspects). Created through interviews.

番号	発言者	内容
1	門前60歳台女性	(S2は、) 地元の人ばかりやったから、コミュニケーションもあったから、にぎやかやったんですよね。なんか買いやすかった。今は、ちゃんとレジがあって、自動でする、あんま喋らんで買い物するような時代やから、昔は「どれがおいしい?」とか話し合いながら買い物できたんですよ。それがなくなって今のお年寄りには寂しいやろうなあとと思って。S2のときは、従業員の方は、地元の人。やから何言うも言いやすいし、にぎやかやった。(今は)便利やけど、さみしい。
2	浦上70歳台女性	私らが知らんだけかもしれんけど。S2におったお兄さんがそのままD1におることはおる、そういう人もおるね。やけど、S2におったけど、D1の研修受けて、S1のレジに入ったり、そういうふうにする人もおる。〇〇さんとか、皆月の△△さんとかね。S2においでたけど、S1のレジに入れとるね。そういう人がおいでれば、なんか安心やね。/S2におった人は、D1に採用されるために、しばらく研修期間みたいなのがあったんじゃないですか。しばらく行っとなんかね。年配の人にとってはやっぱりD1より、S1の (働く上での) システムの方が入りやすかったんじゃないですかね。
3	浦上70歳台女性	〇〇さんの場合は、研修するのが嫌やしすぐ働きたいって言ってS1に行ったんやわあ。
4	浦上70歳台女性	(D1は、) 慣れないよね、店員さんが多いもんで、顔なじみになってないから。行かない自分が悪いのかもしれないけど、なじみ深くないので、D1さんは、/親しみがね。年数の問題もあるんやろうけど。/S1は昔からあるから、地元の人がレジしとったりなんかするから意外と楽なんよ。
5	門前60歳台女性	それに、S1もそうですけど、S2のときは送迎バスがあったけど、D1になってからはない。

物がしやすい環境だと感じていたことが表5発言1などから伺えた。そのため、店員も含めて店内でのコミュニケーションがあり、にぎやかな印象があったという。また、現在もあるS1についても、旧門前町に住む店員が多く、なじみ深いため、気兼ねなく買い物ができるようであった（同4）。他方で、D1はチェーンのドラッグストアであり、町外出身の社員が中心となって店舗を営業している。また、ドラッグストアでは医薬品を扱っているため、登録販売者の資格を持った店員が必要であるが、そのような人材は企業の中で育成される場合が多い。こうした背景から、ドラッグストアにおいては、スーパーマーケットと比較すると、地元の人が働くケースが限定される体制になっていることが推察される。

この点に関して、小金澤・小野（2015）は、高齢者の店舗選択行動を規定する背景の一つとして年齢や居住歴を挙げており、高齢で居住歴が長く、「なじみ客」となっている住民ほど特定のスーパーマーケットに利用が集中していることを指摘している。この先行研究と同様に、旧門前町でも昔から存在していたS1やS2の方がD1に比べて、住民からの愛着が形成されていたと考えられる。

また、買い物は、単に商品を購入すること以外の役割も担っている。例えば、行商の事例ではあるが、伊藤（2015）は、滋賀県高島市朽木における行商利用が、利用者にとって買い物手段としてだけでなく、雑談・相談の場としても機能していることを明らかにしている。他にも、磯野（2015）は、中山間集落の住民にとっての買い物の効用として、ものの購買と獲得のみでなく、買い物にともなう社会的つながりの機会となることを指摘している。それらの機能や機会のためには、ともに買い物をする住民だけでなく、顔なじみの店員の存在が欠かせないと考えられる。S2からD1へと変わったことによって、それまでのS2にはあった、買い物にともなう社会的つながりの機会や雑談・相談の場としての機能が薄れた店舗になっていたのではないだろうか。

また、S2からD1に変わったことでS2が運行していた買い物客の送迎バスがなくなった（表5発言5）。アンケート調査の結果からは、1割程度の世帯で自動車を誰も運転しないことが明らかになっており、交通手段が限られる世帯の買い物環境を維持していく上では、ドラッグストアの出店がマイナスに働い

ている可能性が推察された。中山間地域への出店が続くドラッグストアにおいて、このような環境にある消費者をどのように取り込むことができるかという点が今後の課題になると考える<sup>10)</sup>。

## VI. おわりに

本研究では、石川県の旧門前町を事例として、中山間地域においてドラッグストアが地域の住民にどのように利用され、買い物先としてどのようにとらえられているのか、そしてドラッグストアがスーパーマーケットを買収したことによる変化を明らかにしてきた。

調査の結果、ドラッグストアは、一部の店舗において既存の業態であるスーパーマーケットと同程度の食料供給機能を持っていることが明らかになった。それにともない、スーパーマーケットと同じように食料品の購入先として利用されていた。ただし、特に生鮮食品の取り扱いについては店舗によって差があり、一部の店舗では、食料品の購入先としての機能を果たすには不十分であった。

したがって、食料品を中心とした物的供給の面では、中山間地域に出店したドラッグストアが一定の機能を果たすことができると考えられる。そして、年金を受給する高齢者世帯が多い旧門前町の地域特性をふまえると、低価格の追及を図るドラッグストアが行う特売日やポイント付与などの戦略が消費者のニーズと合致していると推察された。

充実した物的供給機能の一方で、ドラッグストアの出店によって住民の買い物行動や意識には変化がみられた。調査地においては、旧門前町やその周辺地域で小規模に展開していたローカルなスーパーマーケットが買収され、ドラッグストアとなった。それにともない、スーパーマーケットで売られていた近隣の漁港で水揚げされた新鮮な魚介類を消費することができなくなった。商品以外の面でも、地域の住民が店員として働くローカル資本のスーパーマーケットとは異なり、他地域出身の社員が営業を担うドラッグストアでは、店内での買い物を通じた社会的な繋がりを得る機会が薄れるという変化がみられた。

人口減少やそれにとともなう地域の商店の閉店が続く中山間地域において、食料品を含めた物的供給機

能を持つドラッグストアを出店することは、住民の食生活や買い物環境の維持において重要である。しかし、上述したように、住民の意識の面では、それまでのローカル資本のスーパーマーケットとドラッグストアは全く同じであるとは言い難く、ローカル資本のスーパーマーケットによる食料品供給機能とそこでの買い物を通して得られていた地域のつながりは、世帯によっては消失してしまったと考えられる。裏を返せば、地元で生産された食料品を売っていることや、買い物行動を通じた地域住民同士のつながりを得られることが、住民からみたローカル資本のスーパーマーケットの利点であるともいえる。ローカル資本のスーパーマーケットにとって、これらの点が顧客満足度を上げ、経営を維持し、生き残るためのニーズといえるのかもしれない。

駒木ほか(2008)は、従来の商店街とスーパーマーケットを比べ、必要な物を買うことと、人々が交流する場所という両方の機能を持った商店街と異なり、商業機能に特化したスーパーマーケットは、商店街を経験した高齢者にとっては「人間味に欠けた」場所であると指摘している。旧門前町では、スーパーマーケットにおいて得られていた地域のつながりが、ドラッグストアに移行にしたことによって薄れており、かつて商店街がスーパーマーケットによって淘汰されていったときと類似した変化が、ローカルなスーパーマーケットとドラッグストアの間で起こっているのではないだろうか。一方で、スーパーマーケットという業態であっても、地方では人々が交流する場所になっていたことを鑑みれば、現在は地域とのつながりが欠けているとみなされたドラッグストアも、将来的に地域に根ざした形に変容していく可能性を持っているといえる。

最後に、2024年1月1日に発生した令和6年能登半島地震に言及したい。本研究の対象地域である輪島市旧門前町を含む能登半島全域は、地震により甚大な被害を受けた。このとき、日常生活もままならない状況の中で、被災者にとって食料を含む様々な物資の供給源として重要な役割を果たしたのがドラッグストアであった。あるドラッグストアチェーンは、旧門前町を含む石川県の奥能登地方にある全6店舗で、震災翌日の2日には開店し、被災地で物資が不足する中で、地域の住民の生活の支えになっていた<sup>1)</sup>。規模が大きく、在庫を豊富に持つチェーン店である

からこそ、災害時でも物資を供給する場所になれたといえる。食料品も含めた物資の供給面で脆弱な側面を持つ中山間地域において、ドラッグストアが災害などの非常時に果たす機能は今後の重要な検討課題である。本稿では、住民の認識という点でドラッグストアがローカル資本のスーパーマーケットとは異なる側面があることを指摘したが、非常時におけるチェーン店の強みといった観点も含め、中山間地域における食料品供給におけるドラッグストアの役割を今後も検討・評価していく必要がある。

**謝辞**：2024年1月1日に発生しました能登半島地震におかれまして、被災された皆様にお見舞い申し上げます。旧門前町を含めた被災地の一日も早い復旧と復興をお祈り申し上げます。本研究を実施するにあたり、輪島市の浦上公民館の館長をはじめとした浦上地区の皆様、門前公民館の館長、聞き取り調査を行った地区の区長をはじめとした門前地区の皆様、旧門前町内の食料品店の皆様、輪島市役所門前総合支所と輪島市櫛比の庄禅の里交流館の職員の方々にご協力いただきました。末筆ながら心よりお礼申し上げます。なお、本稿は、広津留が金沢大学人間社会学域学校教育学類に提出した卒業論文をもとに再構成し、手代木が加筆修正を行ったものである。

## 注

- <sup>1)</sup> 北陸財務局が公開している「北陸管内の経済情報（全国財務局会議資料）」に関する資料による。 <https://lfb.mof.go.jp/Hokuriku/content/006/2024082901.pdf> (2024/10/23閲覧)
- <sup>2)</sup> 本研究は、金沢大学人間社会研究域の「人を対象とする研究」倫理指針に沿った手続きを行った上で実施した。また、食料品充足率調査や聞き取り調査を行う際には、研究の趣旨や調査の目的を口頭及び書面で説明し、同意を得た上で調査を実施した。アンケート調査では、個人が特定されない形で集計することを明記した上で、匿名で回答を得た。
- <sup>3)</sup> 調査は、各店舗で1回ずつ行った。その際に、店舗には調査結果は店の名前を伏せ、店舗を特定できない形に加工したうえで本稿に記載する旨を伝え、周囲の買い物客の迷惑とならないよう十分留意した。調査した期

間は、2023年11月6日から2023年12月8日までである。

- 4) 2024年1月1日に発生した能登半島地震の影響により、2024年8月末日時点でも、主な調査対象となったドラッグストア1店舗を含む複数の店舗が営業を停止している。
- 5) 対象とした4店舗以外の店舗は、住民が利用する事例が少なく、また食料品充足率も4店舗と比して低かったため、ドラッグストアの役割を検討する本稿の目的に即して省略した。対象としなかった店舗も、地域の買い物環境において重要な役割を担っている可能性がある点には留意する必要がある。
- 6) 店舗の概要について、D1は、店長に実施した聞き取りを、S1、D2、D3は、住民への聞き取り調査や輪島市役所門前総合支所の職員への聞き取り、観察をもとに記載した。
- 7) 店舗面積は、高解像度衛星画像からGISの機能を用いて算出した概略値である。
- 8) 穴水町の店舗も現在はD1社の店舗となっている。旧門前町のもう1店舗は調査を実施した2023年にはすでに閉店していた。
- 9) D1社ホームページより。
- 10) 課題への取り組み例としては、北海道を中心に出店するドラッグストアチェーンが中山間地域においてデマンド交通を運行する取り組みを実施している事例が挙げられる。北海道新聞2024年8月1日付記事。 <https://www.hokkaido-np.co.jp/article/1045833/> (2024/09/22閲覧)。
- 11) 「天井崩落、従業員はガラスを割って店内に 奥能登のゲンキー全店が震災翌日に営業できた理由」中日新聞2024年3月9日付記事。 <https://www.chunichi.co.jp/article/865573> (2024/09/22閲覧)。

## 文 献

- 磯野 誠, 2015: 中山間集落住民にとっての買い物の意義: 買い物行動の快楽的側面を含めた検討. 鳥取環境大学紀要, **13**, 129-138.
- 伊藤千尋, 2015: 滋賀県高島市朽木における行商利用の変遷と現代的意義. 地理学評論, **88**, 451-472.

- 岩間信之・浅川達人・田中耕市・佐々木緑・駒木伸比古・池田真志・今井具子・瀬崎彩也子・野坂咲耶・藤村夏美, 2020: 縁辺地域における住民の買い物環境評価. *E-journal GEO*, **15**, 200-220.
- 岩間信之・今井具子・田中耕市・浅川達人・佐々木緑・駒木伸比古・池田真志, 2018: 食料品充足率を加味した食料品アクセスマップの開発. フードシステム研究, **25 (2)**, 81-96.
- 薄井 晴・潘 星形・呉羽正昭, 2021: 上田市上室賀地区における高齢者の居住継続要因—購買・交通サービスの供給と高齢者の食料品調達行動に着目して—. 地域研究年報, **43**, 95-117.
- 岡橋秀典・陳 林・中下翔太, 2015: 中山間地域における高齢者の生活環境問題: 東広島市豊栄町を事例として. 広島大学大学院文学研究科論集, **75**, 61-77.
- 小金澤孝昭・小野洋平, 2015: 仙台市における高齢者の店舗選択行動—中山地区を事例として—. 宮城教育大学紀要, **50**, 25-35.
- 駒木伸比古, 2012: 日本におけるドラッグストアの成長と再編成に関する一考察. 地域政策ジャーナル, **1 (1)**, 83-96.
- 駒木伸比古, 2015: 愛知県におけるドラッグストアの立地分析—チェーンにおける商圈特性の違いに注目して—. 経営総合科学, **104**, 75-87.
- 駒木伸比古・李 虎相・永村恭介・小野澤泰子, 2008: 茨城県筑西市下館地域における食料品小売業の変容と買物行動の現状. 地域研究年報, **30**, 1431-59.
- 重富貴子, 2014: ドラッグストア業態の商品構成に見る市場戦略と、収益性強化の方向性分析: ドラッグストア業態の課題と展望. 流通情報, **45 (5)**, 43-52.
- 重富貴子, 2022: ドラッグストア業態の動向と商品構成の変化, および, 企業戦略の方向性: ドラッグストア業態の課題と展望. 流通情報, **54 (1)**, 13-25.
- 重富貴子・加藤弘之, 2016: 消費者視点によるドラッグストア店舗施策の再検討—ドラッグストアに求められる機能とベネフィット—. 流通情報, **48 (2)**, 24-35.
- 向囿英雄, 2011: 買い物弱者対策としての移動販売について. コミュニティ政策, **9**, 90-105.



# 2024年能登半島地震後における大規模製造業企業の復旧行動 － 一般的事業継続スキームの検証 －

白石弘幸<sup>1\*</sup>

2024年9月16日受理, Received 16 September 2024

2024年11月14日受理, Accepted 14 November 2024

## The Recovery of Manufacturing Businesses following the 2024 Noto Peninsula Earthquake: An Examination of the general Business Continuity Scheme

Hiroyuki SHIRAISHI<sup>1\*</sup>

### Abstract

This paper examines the implementation of the Japanese general business continuity scheme (BCS) after major earthquakes. Specifically, the research refers to large corporations whose factories are in rural districts and where the population has been increasingly on the decline. In this research, we analyzed the effectiveness of the BCS in an underpopulated area following a major earthquake. We explored a case study related to the Ishikawa Sanken Co. Ltd. company whose factories are located in the Noto region in the northern part of Ishikawa Prefecture in Japan. Via this case study on how the company recovered after the 2024 Noto Peninsula Earthquake, we examined the application criteria and guidelines regarding the BCS, checked if anything needs correcting, and found areas that need to be revised.

Specific options regarding the BCS, namely the main measures listed in the Business Continuity Guidelines made by the Japanese Government's Cabinet Office are indicated as follows: (1) the multiplexing or distributing of sites for operations, (2) collaboration with other companies (OEM, outsourcing, mutual aid agreements, *etc.*), (3) teleworking and working at satellite offices, and (4) prior development and procurement of backup personnel indispensable to the continuity of critical operations. These options are believed to be purposeful and significant in order to resume operations. We examined and checked the validity of such measures in a context where the Noto region is becoming severely depopulated because more and more young people are deserting it for life in cities. We also considered the fact that manufacturers in the Noto region are community-based.

In conclusion, we found that the content of the BCS currently does not suit the needs and circumstances of large manufacturers located in the Noto region. The research argues that the BCS in a depopulated area such as Noto should be more locally oriented. A primary focus on the reconstruction of the local community is more important than measures such as the multiplication and distribution of sites, teleworking, and working at satellite offices.

**Key Words:** business continuity guidelines, large manufacturers, underpopulated area, earthquake, Noto, temporary dwelling

キーワード：事業継続ガイドライン, 大規模製造業, 過疎地, 地震, 能登, 仮設住宅

---

<sup>1</sup> 中央学院大学商学部 〒270-1196 千葉県我孫子市久寺家451 (Faculty of Commerce, Chuo Gakuin University, 451 Kujike, Abiko, 270-1196 Japan) / 金沢大学環日本海域環境研究センター外来研究員 (Visiting Researcher, Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University)

\* 連絡著者 (Author for correspondence)

## I. はじめに

2024年1月1日の16時10分頃、石川県能登地方を中心とする日本海側において最大震度7の地震が発生した。気象庁地震火山部の報道発表第1報によれば、この地震は「検知時刻（最初に地震を検知した時刻）1月1日16時10分、発生時刻（地震が発生した時刻）1月1日16時10分頃、マグニチュード7.6（速報値）、発生場所石川県能登地方（輪島の東北東30km付近）ごく浅い、発震機構北西—南東方向に圧力軸を持つ逆断層型（速報）、震度〔最大震度7〕石川県の志賀町（しかまち）で震度7を観測したほか、北海道から九州地方にかけて震度6強～1を観測」というものであった（気象庁地震火山部、2024.1.1a、（ ）内の補足は原文による）。またこの第1報で、発生直後における地震活動の状況は「1日17時30分現在、16時以降、震度1以上を観測した地震が19回発生」と発表されている。

気象庁の報道発表第2報はこの地震について、「石川県能登地方では、令和2年（2020年）12月から地震活動が継続しており、令和6年（2024年）1月1日16時10分頃の石川県能登地方の地震により、最大震度7を観測するなど能登半島を中心に強い揺れを観測しました」と報告している（気象庁地震火山部、2024.1.1b、（ ）内の補足は本論文による）。そして同庁は、「今回の地震及び令和2年12月以降の一連の地震活動について、陸域でマグニチュード7.0以上かつ最大震度5強以上の基準を満たした（気象庁地震火山部、2024.1.1b）」ことから、その名称を「令和6年能登半島地震」と定めた<sup>1)</sup>。

この2024年能登半島地震は北陸3県と新潟県、特に石川県能登地方の住民に多大な苦難を与えた。同時に能登地方に立地する製造業の拠点、工場にも甚大な被害をもたらした。

こうした大地震を含む災害に向けた備えの考え方、防災・減災の基本方針とフレームワーク、そのために取るべき対策の骨子と被災後における事業復旧活動のあり方をまとめて本論文では災害時事業継続スキーム、Business Continuity Scheme (BCS) と呼ぶ<sup>2)</sup>。これは災害発生時の事業継続に向けた基本的戦略、事前対策、災害発生後に初動段階で取るべき行動、初動後に取るべき行動に関する枠組み、コンセプトからなる。

日本の政府機関では内閣府が企業向けに大地震を含む災害に向けた備えの考え方やフレームワークを策定し公表している。それは、内閣府防災担当(2023)が作成した『事業継続ガイドライン—あらゆる危機的事象を乗り越えるための戦略と対応—』である。以下では、これを『ガイドライン』と表記する。これに依拠して一般的に企業が取るべき具体的な事業継続行動に関する計画、Business Continuity Plan (BCP) の概略も『ガイドライン』では示されている。

しかしそうした公的文書で述べられている枠組み、都市部にいる研究者や識者、中央省庁により考えられ策定された防災・減災のスキームが今回の震災に際し、地方の製造業、特に能登における大規模メーカーの拠点でどの程度有効に機能したのか、また当該スキームで示されている対策のうち何が有効で何がそうでなかったのかは、今後、同様の震災が他の地方の製造業に発生する場合に備えて、検証する必要がある。本論文では事例研究により、2024年1月の能登半島地震後に事業継続に向けて大規模工場で緊急的に講じられた対策、実際の行動(実態)と、研究者・識者サイド、官僚サイドで有効とされてきた災害時事業継続スキームとの整合性、不一致の有無を探り、一般的なBCS中の対策のうち何が過疎地域にも通用し、何が通用しないか、そして通用しない対策はどのように修正されるべきかを論考する。

事例研究の対象については、1) 株が証券市場に上場されている、2) 工場の立地場所が能登地方である、という二つを選定条件とした。第一の条件については、地震による被害の状況、工場復旧に向けて行った活動内容、いつどのような行動が取られたのかを公告された文書により把握するためである。すなわち上場会社は災害に起因する損害または業務遂行の過程で生じた損失が連結純資産の3%ないし連結経常利益の30%等に相当する場合、直ちにその内容を開示することが義務付けられている。今回の2024年能登半島地震直後においても、これに則った文書およびこれに関連するステークホルダー向け文書が上場会社により開示されている。第二の条件は、2024年能登半島地震の影響が大きかった石川県のなかでも、震源域の能登からやや離れた石川県南部にあたる白山市のほぼ全域、小松市の南部、加賀市の南部等、震度4以下の加賀地方ではそもそもBCSが発動になっていない可能性が大きいからである。逆

に言えば、震度と被害の大きかった能登地方の方がBCSの役割や意義を捕捉しやすい。

以上の二つの条件に合致したのはサンケン電気株式会社であった。同社は埼玉県新座市に本社を置き、株を東京証券取引所プライム市場に上場している企業（証券コード6707）である。設置している工場のうち、志賀、堀松、能登の石川県内3工場は子会社である石川サンケン株式会社が運営している<sup>3)</sup>。

## II. 災害時事業継続の考え方と一般的枠組み

### 1) 災害時事業継続の基本的な考え方

日本政府、中央省庁では内閣府が企業における大規模災害に向けた「備え」の指針として『事業継続ガイドライン—あらゆる危機的事象を乗り越えるための戦略と対応—』を策定し、また改定を行って、これを公表している。前述したように、本論文ではこれを『ガイドライン』と表記する。「備え」というのは防災・減災のための姿勢として重要であるものの、多少抽象的なことばである。『ガイドライン』はこれを具体化していくための考え方や指針を政府として示したものと位置付けられる。卑見では、『ガイドライン』への注目度が高まる契機となったのは、2011年3月の東日本大震災である。

『ガイドライン』では平時における「備え」の重要性が次のように述べられている。「有効な備えが無ければ、災害発生時に我が国の経済・社会が危機に陥る。(中略) 不断の努力により、甚大な災害による被害にも有効な事業継続の戦略を見いだし、対策を実施し、取組の改善を続けていくべきである」(p. iii)。ここで冒頭にある「有効な備え」というのは防災・減災の基本となるものである。その方向性を示し、防災・減災の計画・対策作りの指針となるのが「事業継続の戦略」で、さらにそこから何をどう準備しておくのか、また被災後に何を実施し、どう行動するのかという「対策」「取組」が計画されなければならない。それが「事業継続計画」、Business Continuity Plan (BCP) である。

BCP策定上の方針・方向性、災害時の事業継続に向けた考え方やポリシー、理念が前述したように事業継続戦略である。すなわち被災後の事業継続に向けた考え方や理念が事業継続戦略で、それに従って策定・立案した具体的な対策や行動の計画が事業継

続計画 (BCP) であると位置付けられる。また「BCP策定や維持・更新、事業継続を実現するための予算・資源の確保、事前対策の実施、取組を浸透させるための教育・訓練の実施、点検、継続的な改善などを行う平常時からのマネジメント活動は、事業継続マネジメント (Business Continuity Management, BCM) と呼ばれ、経営レベルの戦略的活動として位置付けられるものである」(p.4) とされている。

第I章で述べたように、このような防災・減災の考え方とフレームワーク、事業継続のあり方とその計画の骨子・コンセプトをまとめて災害時事業継続スキーム、Business Continuity Scheme (BCS) と呼ぶ。『ガイドライン』では事業継続戦略、事前対策、初動段階の対策、初動後の対策に関してこれが記述されている。

なお卑見では、初動後の事後的対策、企業内対策本部の立ち上げや連絡手段の確保を終えた段階において事業を復旧・継続するための計画として狭義のBCPがある。これは発動するかしないかの判断を必要とし、自社の被害が少ない場合には発動されないこともある。

### 2) 一般的な事業継続戦略

事業継続戦略を立案する際に意識しなければならない目的と観点は、『ガイドライン』において次のように説明されている。「事業継続戦略を検討する観点として、①重要製品・サービスの供給継続・早期復旧、②企業・組織の中核機能の確保が特に重要である」(p.16)。このうち①については、「達成すべき目的の柱は、一般的な企業・組織で考えれば、自社の重要事業、すなわち、重要な製品・サービス供給の継続または早期復旧である」とされている。一方、②については、「何らかの被害により本社が使えなくなることも必ず想定すべきであり、代替戦略として、同時に被災しない拠点を代替拠点として確保する必要がある」と述べられている<sup>4)</sup>。たとえば、東京と北海道のように距離的に離れた位置にコールセンターをそれぞれ設けておけば、万が一、片方が被災で壊滅状態となっても、もう一方が存続する可能性が高い。そういう意味でリスクの分散につながるのである。なお『ガイドライン』では、被害につながるリスクとして認識されなければならない事象の例として「地震、洪水、火災、テロ」が挙

げられている。

こうした目的と観点を念頭に置いて、各社がそれぞれの置かれている環境、経営している事業内容、保有している資源・能力を勘案して、事業継続戦略を立案しなければならない。ただし一般的に有効であると考えられる戦略と対策も例示されている。

業務拠点に関する戦略・対策としては、本社・支店・工場等の建物や設備の被害抑止・軽減、拠点の自社内での多重化・分散化、OEM・アウトソーシング・相互支援協定といった他社との提携、在宅勤務やサテライトオフィスでの勤務を有効としている。端的に言えば、基本となる戦略は勤務場所も含めて拠点の分散化と代替拠点の確保、他社との提携である<sup>5)</sup>。

次に、調達・供給では、基本的戦略として在庫と仕入の分散化、代替調達先の確保が有効とされている。対策の例として、在庫の見直しや在庫場所の分散化、調達先の複数化や代替調達先の確保、供給先・調達先との在庫持ち合いや事業継続に関する共同訓練の実施、汎用部品の使用など代替調達が容易にする設計仕様が示されている。

そして人員については、代替要員と応援要員の確保、勤務の多様化が戦略的に有効とされている。具体的な対策としては、代替要員の事前育成・雇用、応援者受け入れ体制・手順の構築、応援者との間で手順等の共通化、調達先や連携先におけるBCM支援のための要員の確保、要員の安心安全と健康への配慮、テレワーク可能な業務のテレワーク活用、テレワークが困難な業務や業種については混雑時間を避ける時差通勤や執務場所の分散、交代勤務制等の多様な働き方の導入が挙げられている。

このように事業継続戦略の基本は業務拠点の被害軽減と分散化、調達・供給の分散化と代替先の確保、代替要員の育成・確保、テレワークの活用と執務場所の分散である。端的に言えば、「分散」と「代替」がキーワードになっている。

なお個別企業のBCPは、当該企業が立地する地域の継続計画（District Continuity Plan, DCP）と矛盾する可能性もある。このDCPは災害時における地区（街区）や市町村といった地域の機能維持を図るための計画である。赤間（2010）は「DCPはBCPの特徴と防災計画の特徴をあわせもち、対象を地区機能、地区滞在者に拡張し、安全なまちづくりを目指した取り組みである」とこれを定義している。

先行研究のことは借りるならば「BCPとDCPの矛盾が生じる。BCP（組織）における重要業務が必ずしもDCP（地域）にとっての重要業務にはなり得ない点である」（磯打ほか、2013、（ ）内の補足は原文による）。たとえば従業員が地域の炊き出し活動に参加すれば、その時間、当該従業員は自社工場の設備補修等には携われなくなるから、BCPとDCPは作業人数と作業時間（人時）、いわゆるマンパワー（パーソンアワー）の投入と使用についてはトレードオフの関係となることもありうる。したがって個々の企業は自社の事業継続戦略に、立地する地域のDCPとの関係をどのようにするか、DCPとのバランスをどう図るかのコンセプトを盛り込む必要がある。自治体の行政担当者は「事業継続計画BCPと地域継続計画DCPの矛盾を大いに理解した上でDCP策定に取り組む必要がある」（磯打ほか、2013）が、企業側も自社の事業継続を図りつつ立地する地域のDCPにどう貢献するかの方針を事業継続戦略に取り入れなければならないのである。

### 3) 事業継続スキームの一般的内容

『ガイドライン』は、事業にとって危機となる事態に備えて一般的ないし基本的にとるべき対策や行動として以下のことを挙げている。これには災害等が発生する前（平時）において実施すべき事前対策に関する事柄と災害等が発生した後に行うべき事後的取り組みに当たる事柄があり、前節で紹介した対策の例示よりもさらに具体的な内容となっている。『ガイドライン』では、事後的活動が先に、事前対策が後に記載されているが、ここでは事前対策、事後的活動の順に記す。

『ガイドライン』は事前対策の考え方について、「平常時から順次実施すべきもの（いわゆる事前対策）について、必要に応じて詳細な内容を詰め、実施のための担当体制を構築し、予算確保を行い、必要な資源を確保し、調達先・委託先を選定する必要がある」（p.24）と述べている（（ ）内の補足は原文による）。その上で、推奨される主な事前対策が示されている。

具体的には、本社と代替拠点等でのマニュアル・パソコン・電話回線・机・各種書類・事務機器・設備などの設置または確保、通信・電源・水などライフラインの代替対策（自家発電、回線多重化など）、

現拠点の建物・設備等の防御のための対策（耐震補強、防火対策、洪水対策、テロ対策など）、情報システムのバックアップ対象データ・バックアップ手順・バックアップシステムからの復旧手順の決定、重要な情報・文書のバックアップの実施、代替拠点での代替供給体制の整備を含む業務拠点の多重化・分散化、在宅勤務用パソコン・リモートアクセス環境・情報セキュリティ対策などテレワークの環境整備、原材料・部品・運輸等サービスの調達先や販売先の複数化、提携先の選定とOEM・支援協定等の締結、在庫の増強や分散化、代替人材の確保・トレーニング、資金確保対策、備蓄品・救助用器具等の調達である<sup>6)</sup>。

一方、災害発生後に実施することが一般的に期待される活動、事後的な取り組みについては、考え方として「重要業務を目標復旧時間内に実施可能とするために定めるものであり、その目的意識を強く持ち続ける必要がある」（p.21）と述べられている。そしてこれが初動段階で実施すべきものと、初動後に実施すべきものにさらに分けられ、詳述が行われている。

初動段階で実施すべきことについては、「初動段階で実施すべき具体的な事項のうち、手順や実施体制を定め、必要に応じてチェックリストや記入様式を用意すべきもの」が具体的に記されている（表1）。参集および組織各々としての対策本部立ち上げに関しては、定められた参集基準に基づき参集対象者が所定の場所へ参集（安全確保の観点等から必要に応じて出社を抑制）（A）、対策本部の迅速な立ち上げ（B）、参集場所が利用できない場合は代替拠点への参集が示されている<sup>7)</sup>。被害状況の確認については、建物・構築物・設備・作業現場等の被害確認（C）、従業員等の安否確認と結果の集約（D）が挙げられている。顧客・従業員の安全確保（E）及び物資の配給については、顧客・従業員の避難誘導、備蓄している水・非常用食料等の配給（必要に応じ追加調達）（F）、安全な帰宅方法の指示や帰宅が危険な場合の待機指示が必要であると指摘されている。二次災害の防止（G）については、落下防止、ガス栓の遮断・確認等による火災の防止、薬液漏洩防止、危険区域の立入禁止など安全対策の実施、住民への危険周知や避難要請、行政当局への連絡が推奨されている。自社の状況に関する情報発信については、連

絡手段の確保、社内の被害状況等の情報集約（H）、社内外の必要な相手先に対する自社の状況についての情報発信（I）が示されている。社内外の必要な相手先というのは、具体的には「取引先等の利害関係者、行政、広報先となるマスコミなど」をさすと注記されている。

事業継続計画発動の要否については、初動実施後に然るべき権限者は定められた基準に基づき事業継続計画（BCP）発動の要否を判断し、発動となった場合は事業継続体制へ移行（次表を参照）（J）とある<sup>8)</sup>。対応の記録については、実施した対応や発生した問題点等の記録が必要とされている。自身及び周囲の安全確保（K）については、身の安全を確保した後に初期消火、周囲のケガ人や閉じ込め者の救出、周囲の状況を確認し必要な場合には避難となっている。そして自身の安否についての報告は、定められる方法に基づき、自身及び家族の安否の報告とある。

なお前述の「然るべき権限者」が判断するとされている「事業継続計画（BCP）発動の要否」の事業継続計画（BCP）は、本章第1節の最後に言及した狭義のBCPである。これは初動後における事業復旧計画をさし、地震等による被害が軽微であれば発動されないこともありうる。

『ガイドライン』には、「初動対応が落ち着いたら、事業継続対応に移行する」（p.23）とあり、その実施事項が示されている（表2）。まず自社の事業継続に関する要求事項の確認・調整について、重要な製品・サービスの供給先や関係当局との連絡、WEB上の通達等の閲覧と情報収集、自社の事業継続に対し求められている事項の確認、相手方との調整が挙げられている。次に、現拠点・代替拠点での事業継続の能力・可能性の確認について、自社の経営資源の被災状況、調達先とサプライチェーンの状況など必要資源の確保可能性の確認（L）、情報のバックアップ、バックアップシステム稼働状況の確認、復旧資材の必要性・入手可能性の把握、必要ならば被災拠点に先遣隊や調査隊の派遣（M）、現拠点での復旧可能性や復旧可能時間の見積もり（N）、代替拠点やOEMその他の提携先の状況確認、必要ならば代替拠点での業務立ち上げ時間等の見積もり、自社で活用できるICTツール（SNS等）やテレワーク等の活用検討が挙げられている。実施する戦略や対

表 1 事業継続のための初動活動.

Table 1 Responses in the initial stage to continue doing business.

【参集および各組織としての対策本部立ち上げ】

- あらかじめ定められた参集基準に基づき、参集対象者は所定の場所へ参集（※安全確保の観点等から必要に応じて参集対象者の出社を抑制）（A）
- 参集後における、対策本部の迅速な立ち上げ（B）
- 参集場所が利用できない場合は、代替拠点へ参集

【建物・設備・従業員の被害状況確認】

- 建物・構築物・設備・作業現場等の被害確認（C）
- 従業員等の安否確認を実施、結果を集約（D）

【顧客・従業員の安全確保（E）及び物資の配給】

- 避難が必要な場合、顧客・従業員の避難誘導
- 水・非常用食料等の必要な物資を配給（備蓄の活用、必要に応じ追加調達）（F）
- 必要な場合、安全な帰宅方法の指示や、かえって帰宅することが危険な場合の待機指示

【二次災害の防止】（G）

- 落下防止、火災の防止（ガス栓の遮断・確認等、必要なら一部電源の遮断を含む）、薬液漏洩防止、危険区域の立入禁止など、安全対策の実施
- 危険が周辺に及ぶ可能性のある場合、住民への危険周知や避難要請、行政当局への連絡

【自社の状況についての情報発信】

- 連絡手段の確保
- 社内の被害状況等の情報集約（H）
- 社内外の必要な相手先に対し、自社の状況についての情報発信（連絡先一覧による）（I）

【事業継続計画（BCP）発動の要否】

- 初動が落ち着いた後、然るべき権限者は、あらかじめ定められた基準に基づき、事業継続計画（BCP）発動の要否を判断し、発動となった場合、事業継続体制へ移行（次表を参照）（J）

【対応の記録】

- 実施した対応や、発生した問題点等の記録

【自身及び周囲の安全確保】（K）

- 身の安全を確保した後、初期消火、周囲のケガ人や閉じ込め者の救出（救出用資材を活用）
- 周囲の状況を確認し、必要な場合には避難

【自身の安否についての報告】

- 定められる方法に基づき、自身及び家族の安否の報告

注）内閣府防災担当（2023）『事業継続ガイドライン－あらゆる危機的事象を乗り越えるための戦略と対応－（令和5年3月）』、22-23、表5.1.1.2-1を改変。アルファベットを付している事項については、第三章以降で言及する。

表 2 事業継続のための初動後活動.

Table 2 Business continuity responses after the initial responses.

<p><b>【自社の事業継続に対して求められている事項の確認・調整】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■重要な製品・サービスの供給先や関係当局との連絡，WEB サイトによる通達や告示の閲覧等により情報収集</li> <li>■自社の事業継続に対して，求められている事項の確認，必要に応じて相手方と調整</li> </ul> <p><b>【現拠点・代替拠点での事業継続の能力・可能性の確認】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■自社の経営資源の被災状況，調達先やサプライチェーンの状況等，必要資源の確保可能性の確認 (L)</li> <li>■情報のバックアップ，バックアップシステムの保存，稼働の状況の確認</li> <li>■復旧資材の必要性・入手可能性の把握</li> <li>■必要なら，被災拠点に先遣隊や調査隊の派遣 (M)</li> <li>■現拠点での復旧可能性や復旧可能時間の見積もり (N)</li> <li>■代替拠点や OEM その他の提携先の状況確認</li> <li>■必要なら，代替拠点での業務立ち上げ時間等の見積もり</li> <li>■自社で活用できる ICT ツール (SNS 等) やテレワーク等の活用を，従業員の安心安全で健康的な執務環境に配慮した上で検討</li> </ul> <p><b>【実施する戦略や対策の決定】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■実施する復旧，代替等の戦略を決定 (現地復旧，代替拠点活用，OEM 等の提携先活用等) (O)</li> <li>■基本方針，目標，対策の優先順位を決定 (P)</li> <li>■戦略に基づき実施する主要な対策の決定</li> </ul> <p><b>【業務の継続・再開】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■業務の継続・再開に向けた各対策を実施 (現拠点の復旧手順，代替拠点の立ち上げ手順，バックアップシステム立ち上げ手順等を活用) (※必要に応じて従業員・顧客の安全確保が前提であることの認識の徹底)</li> <li>■重要業務に関係する主体との連絡調整</li> <li>■対策実施状況の進捗管理及び追加指示 (Q)</li> <li>■臨時予算の確保</li> <li>■業務の継続・再開・復旧の状況把握 (R)</li> </ul> <p><b>【自社の状況についての情報発信】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■対外的に発信すべき情報の集約・判断 (S)</li> <li>■取引先等の利害関係者，地域住民，地方公共団体などに対して，自社の事業継続の状況について情報発信 (T)</li> </ul> <p><b>【平常時体制への復帰】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■臨時あるいは当面の業務実施の方法・体制を平常時の方法・体制に復帰 (U)</li> </ul> <p><b>【対応の記録】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■実施した対応や発生した問題点等を記録</li> </ul>
---

注) 内閣府防災担当 (2023) 『事業継続ガイドライン—あらゆる危機的事象を乗り越えるための戦略と対応— (令和 5 年 3 月)』, 23-24, 表 5.1.1.2-2 を改変. アルファベットを付している事項については, 第三章以降で言及する.

策の決定として、実施する復旧・代替等の戦略を決定（現地復旧，代替拠点活用，OEM等の提携先活用等）(O)，基本方針・目標・対策の優先順位を決定（P），戦略に基づき実施する主要対策の決定が記されている。業務の継続・再開については，業務の継続・再開に向けた各対策の実施，重要業務に係る主体との連絡調整，対策実施状況の進捗管理及び追加指示（Q），臨時予算の確保，業務の継続・再開・復旧の状況把握（R）が指摘されている。自社の状況に関する情報発信については，対外的に発信すべき情報の集約・判断（S），取引先等の利害関係者・地域住民・地方公共団体等に対する自社の事業継続の状況に関する情報発信（T）が示されている。平常時体制への復帰については，臨時ないし当面の業務実施の方法・体制の平時方法・体制への復帰（U）である。最後に，対応の記録で，これは実施した対応や発生した問題点等を記録と記されている。

#### 4) 事業継続スキームとテレワーク

本章第2節で整理したように，内閣府は災害時に事業を継続するための基本的な考え方，事業継続戦略として「代替」と「分散」を掲げ，代替拠点やサテライトオフィスの活用，在宅勤務，テレワーク等を有効としている。また本章第3節で述べた事業継続計画（事前対策）に関しても，在宅勤務用パソコンやリモートアクセスといったテレワーク環境の整備を推奨している。

先行研究でも，重症急性呼吸器症候群（SARS）や新型コロナウイルス感染症の蔓延を契機に，BCSの具体的な施策として特にテレワークが重視され，またその有効性が指摘されてきた。たとえば2010年において，「新型インフルエンザ対応BCPにおけるテレワークの位置づけ，BCPへの組み込み方，管理・運営方法など，BCPとしてのテレワークに関するマネジメント面の研究が必要になる」（眞崎，2010）とする見解があった。また「パンデミック時の事業継続という点で，テレワークは一定の効果をもたらすと考えられる。特に『ユビキタスなネットワーク環境の整備』により，（中略）非常時における業務継続は実現しやすくなるだろう」（吉澤，2010）としている先行研究もある。小豆川(2020)においては，テレワークの効果として「BCP（事業継続性）の確保：地震，

台風などの自然災害，パンデミック等への対応」が示され，2020年以降のコロナ禍と緊急事態宣言下で「あらためてテレワークの事業継続性確保の有効性を実感した人も多かったのではないだろうか」と述べられている（（ ）内の補足は原文による）。

これらとは別に丸谷（2010）は，「BCPの具体的な対策の一つとして，テレワークが注目を集めている」とし，地震・津波，風水害等におけるBCPとしてのテレワークの有効性を「テレワークを導入した小規模拠点を用意できれば，災害発生後の初動の緊急連絡拠点とすることに加え，平常時の当該拠点の活用の幅も広がるであろう」，また「通勤の困難が生じる時期においては，テレワークの実施が明らかに事業継続上，有効である」と主張している。

このようなテレワークは，首都圏のホワイトカラー層に，転居・移住という選択肢の存在を認識させ，またその動機を与えた。その背景と原因を藤（2022）は「テレワークが可能になったことで，居住地選択における柔軟性が高くなり，居住状況を向上させるため，移住意識が生じたと考えられる」と説明している。

### Ⅲ. 2024年能登半島地震におけるサンケン電気の対応

#### 1) 石川サンケンの企業概要と立地特性

2024年能登半島地震で特に揺れが大きく，人的被害と住家被害が甚大だった能登地方に工場を置いている企業に，サンケン電気株式会社の子会社である石川サンケン株式会社がある。以下では，サンケン電気株式会社をサンケン電気，石川サンケン株式会社を石川サンケンと記す<sup>9)</sup>。

サンケン電気は埼玉県新座市北野3丁目6番3号に本社を置く1946年に設立された車載向けパワーモジュール等，エレクトロニクス関連の企業である。資本金は208億9,678万円，連結売上高は2,532億21百万円（2024年3月期）である。自動車車載，産業機器，家電等向けの電子部品，デバイス，電子回路の製造および販売が主要事業で，代表的製品に電源制御システム，モーター制御システムがある。

石川サンケンが経営する工場の立地と震度について述べると，志賀工場と堀松工場は震度6弱を記録した志賀町に<sup>10)</sup>，能登工場が震度6弱を記録した能登町にそれぞれ所在する。3工場の合計従業員数は

約1,100名である。

このほかに、サンケン電気には本社所在地（埼玉県新座市）に技術センター、ものづくり開発センターがあり、また山形県、福島県に工場がある。つまり同社は2011年の東日本大震災も経験している。そして開発・設計は技術センター、量産体制構築はものづくり開発センター、チップ製造は山形、ウェーハ検査は福島、アセンブリ（組立て）は石川の3工場というように、拠点間の分業が行われている。

翻ってみるに、「過疎地域持続的発展の支援に関する特別措置法」、いわゆる「過疎地域特別措置法」（過疎法）の第一条では、「過疎地域」とは「人口の著しい減少に伴って地域社会における活力が低下し、生産機能及び生活環境の整備等が他の地域に比較して低位にある地域」と定義されている。つまり過疎は人口が少ないといったある時点の状態をさしているのではなく、長期的に人口が減少している等の現象ないし変化、長年にわたる当該傾向を意味している。

石川サンケンが工場を置いている志賀町と能登町は典型的な過疎地である。志賀町については、「本町の人口は、昭和50年国勢調査時に30,921人だったものが、平成27年では、20,422人と大幅に減少している。年齢階層別では、15歳から29歳までの若年者人口は、6,011人から1,810人と、4,201人、約70%減少」（志賀町、2021）と若年者の流出が顕著になっている。能登町については次のような状況にある。「本町の人口は、昭和25年の約4万人をピークに年々減少の一途をたどり、特に昭和30年代後半から40年代にかけて、高度経済成長下における都市部への急激な人口流出が続き過疎化が起こった。その後、都市部への過度な人口集中や、社会基盤の整備、産業振興等による雇用の場の創出など、過疎対策の行政措置が講じられたこと、また移住・定住施策の推進により社会減少は鈍化の傾向をみせているが、出生率の減少などによる人口減少は著しく、過疎化を食い止めるには至っていない」（能登町、2023）。端的に言えば、同町はこのように過疎対策は講じてはいるものの、人口流出（社会減）圧力と人口自然減傾向に歯止めがかからず、過疎化の流れから脱せずにいる。

サンケン電気において、事業継続に向けた戦略（リスクマネジメント）は以下のように述べられている。「緊急時の体制は、危機の重大性に依りて、当社代

表取締役社長を本部長とした災害対策本部を設置します。災害対策本部では基本方針に基づき、①安全確保・人命救助、②情報収集・二次災害防止、③早期事業再開・BCP、④地域社会への貢献・支援について、サンケングループ全体で横断的な情報の収集および伝達を迅速に行うとともに、速やかに意思決定をし、実行する事としています」（サンケン電気HP、2024.7.10）<sup>11)</sup>。第Ⅱ章で紹介したように、一般的なBCSの事業継続戦略と事前対策では拠点の分散化と代替拠点の確保が重要とされているが、ここにはこれらに関する言及はない。つまり現地復旧と被災拠点での事業再開を前提にしており、災害現地からの撤退は想定されていない。事業継続戦略には地域復興（DCP）との関係を盛り込む必要があると第Ⅱ章で述べたが、これについては地域社会への貢献・支援に、他の事柄と同様、グループ全体で横断的に取り組むことが表明されている。

平時における事前対策としてホームページ上で紹介されているのは、避難訓練の実施と安否確認システムの導入である。具体的には次の記載がある。「災害避難訓練についてはフリーアドレス化やフレックスタイム制度が導入され、従来の方法では対応が難しかったため、新たに避難時の点呼方法をシステム構築して対応するなど、重大災害への対応力をさらに高めるべく、継続的に取り組んでいます。また、全社員を対象とした安否確認システム（ECS）を導入し、危機発生時には迅速に社員の安否を確認し、速やかな支援につなげる体制を整えています」（サンケン電気HP、2024.7.10、（ ）内の補足は原文による）。また非常用備蓄と訓練方法等に関する以下の記載も見られる。「非常用備蓄など万が一への備えの拡充、災害対応実績や効果的な訓練方法などを共有することでグループ全体の災害対応力を底上げするなど、様々な施策に取り組んでいます」（サンケン電気、2019）。ここでも、先にあった「グループ全体」ということばが使われ、災害に対する組織としての対応能力の強化、防災・減災に関する組織能力の向上が図られていると言える。

## 2) 石川サンケンにおける発災後の報告分析

石川サンケンは、2024年能登半島地震発生後、被害状況や事業継続に向けた復旧活動およびその進捗状況についてインターネット上で情報発信を行い、

毎日のようにアップロードした。以下では、これを元に同社における災害後事業継続のあり方を分析する。

地震発生翌日の1月2日においては、「令和6年能登半島地震（2024年1月1日）の影響について」として人的被害を含めた各拠点の被害状況、調達・物流面の影響に関する確認作業の実施について報告がなされている。具体的には以下の通りである。「現在、本地震による人的被害を含め各拠点の被害状況の確認を進めております。特に震源に近い石川サンケン株式会社の生産拠点（堀松工場、志賀工場、能登工場）においては生活インフラ等への影響が大きく、調査に一定の時間が必要な状況となっております。また、各拠点の被害状況と並行して調達・物流面の影響につきましても確認を進めております。これら状況につきましては判明次第、速やかにお知らせします」（サンケン電気、2024.1.2）と記されている（（ ）内の補足は原文による）。第Ⅱ章で整理した事業継続のための被災後活動、特に初動段階で一般的に実施することが求められる取り組みとの関連で言えば、ここに記されているのは、建物・構築物・設備・作業現場等の被害確認（C）、従業員等の安否確認と結果の集約（D）である<sup>12)</sup>。またこれらの活動と前述の情報発信は、全体としては、社内の被害状況等の情報集約（H）、社内外の必要な相手先に対する自社状況についての情報発信（I）が行われていると見なせる。

1月4日に発信された第2報では、「1月1日夜に災害対策本部を設置」と対策本部の立ち上げ（B）がなされたことが告知されている。また緊急事態対応の役員を派遣し、従業員等の安否確認（D）を最優先しながら現地の情報収集に努めているが、余震が続き、また道路網と通信網が途絶状態にある中で、当該作業が難航していることが報告されている。さらに避難中従業員の安全確保（E）への言及がある。すなわち「特に大きな被害があった石川地区に担当役員を派遣し、情報収集」（サンケン電気、2024.1.4）とある一方、「震源に近い石川サンケン株式会社の生産拠点（堀松工場、志賀工場、能登工場）について、本地震による人的被害を含め各拠点の被害状況の確認を進めていますが、現地では余震が継続する状況および道路網の寸断や通信インフラ障害がある中、確認作業には時間がかかる状況に

あります。このような状況下、従業員等の安否確認を進めていますが、まだ全員の確認ができていないため、最優先事項として対応しています。また避難生活を余儀なくされる従業員もいるため、この安全確保を進めてまいります」（サンケン電気、2024.1.4）と述べられている（（ ）内の補足は原文による）。加えて、建物・構築物・設備・作業現場等の被害確認（C）については、「石川サンケン株式会社の各工場においては、工場建物および生産設備の一部に被害が確認されていますが、その詳細については、引き続き確認を進めてまいります」（サンケン電気、2024.1.4）と記されている。

1月5日に発信された第3報において、従業員等の安否確認（D）を最優先で続行していることについては第2報と同様であるが、必要物資の配給（F）を行っている旨の記載が加わっている。また報告が事項別になされ、卑見では第2報よりも秩序立ったもの、形式的に整ったものとなっている。具体的には次の通りである。「1. 人的被害について、①従業員等の安否確認を進めていますが、まだ全員の安全が確認できていません。通信インフラが改善していない地区があるため、引き続き最優先で確認を行っています。②自宅の損壊等により避難している従業員も多数いるため生活物資の支援を行っています」（サンケン電気、2024.1.5）。工場の被害については、次のように建物、生産設備、電気系統に分けて行われており、第2報よりも具体的になっている。「2. 工場被害について、①建物の倒壊はありませんが、被害状況については継続して調査を進めています。ただし、地震の規模が大きかったことを勘案し、一部の建物に対し専門家による安全確認を行います。②生産設備について、地震による影響の有無を確認している状況です。一部設備においては修復が必要な箇所も判明しており、引き続き確認を進めていきます。③電気の供給について、堀松工場・能登工場は問題ありませんが、志賀工場は停電状態にあり、電力会社と復旧に向けて協議しています。この状況から、志賀工場の被害確認には一定の時間を要する見込みです」（サンケン電気、2024.1.5）。加えて、『ガイドライン』では初動後に行われると想定されている他拠点からの人員派遣（M）がここでなされている。すなわち、「3. 復旧活動について、サンケン電気本社及び他地域の拠点から復旧支援チームを派遣し活動

しています。また、1月6日より更に支援チームの増員を行って被害確認を進め、早期復旧に向け対応してまいります」(サンケン電気, 2024.1.5) とある。

1月8日の第4報における人的被害の報告は、「1. 人的被害について、①従業員等の安否未確認者は数名となりましたが、全員の安全が確認できるまで継続していきます。②自宅の損壊等により避難されている従業員もおりますが、出勤可能者による復旧活動が3工場とも始まっています。また、サンケン電気本社及びグループ各社から応援を実施しています。今後も復旧活動のスピードアップに向けて増員を行ってまいります」(サンケン電気, 2024.1.8) というものである。

ここで「出勤可能者による復旧活動」とあることから、参集可能者の参集(A)が始まっていることがわかる。発災から7日経った時点で参集可能者の参集が行われたことが早いとみるか、遅いとみるかは見解の分かれるところであろう。また何よりもまず自分の身の安全確保(K)を徹底しなければならぬから、参集が早い程良いとは必ずしも言えない。とはいえ卑見では地震が1月1日(元日)、すなわち年始の休業中に発生し、1月6日が土曜日、7日が日曜日だったことを考えると、休業期間が明けた日となる1月8日の復旧活動の開始は、比較的早期に参集が始まっていると見せる。

工場被害については以下のようにある。「2. 工場被害について、①建物については、専門家による一次診断では大きな問題はありませんでした。一部の建物に対して更なる安全確認も引き続き進めてまいります。また、工業用水の確保に向けた確認を各自治体と行っています。②堀松工場・能登工場の生産設備については、地震による影響の有無を引き続き確認するとともに、確認の終わった設備は順次、生産再開に向けた準備を始めています。③志賀工場については、第三報に記載のとおり停電が続いているため、非常用電源を確保して被害確認を開始しました。これにより3工場とも復旧に向けた活動段階に移行しました。ただし、全容の把握には一定の時間を要する見込みです」(サンケン電気, 2024.1.8)。この段階では、工業用水と非常用電源の確保が図られ、生産再開に向けた準備が始まっている。これを受けて3工場とも復旧の本格化に向けた段階の活動に移行した旨が記されており、狭義のBCP発動の判

断(J)がなされ、事業継続対応が初動段階から初動後段階に移ったことがわかる。

対外的に発信すべき情報の集約・判断(S)について言えば、これまでの人的被害と安否確認状況、工場・設備の被害状況に加え、生産再開の準備と進捗が発信情報の重要なテーマになっている。これ以降の情報発信では、基本的な傾向としてこの生産再開に関する事柄に報告の重点が徐々に移っていく。

1月9日の第5報では、従業員の安否確認(D)が終了したことが報告されている。すなわち「このたびの地震による石川サンケン株式会社の従業員の安否確認が完了しました。安否確認にご協力を頂いた皆様に厚くお礼申し上げます」(サンケン電気, 2024.1.9) とある。

1月12日の第6報で、人的被害については「1. 人的被害について、第五報でお知らせのとおり従業員の安否確認は完了しましたが、避難を余儀なくされている従業員もおり、震災の二次災害回避に向けた情報提供や生活支援に関する相談を行う専用の窓口を石川サンケン内に設置し、対応しています」(サンケン電気, 2024.1.12) と報告されている。このように初動段階でなされるべきとされている二次災害の防止(G)への言及がここでなされており、また『ガイドライン』にはない生活支援に関する相談が行われている点が目を引く。

工場被害に対しては第4報以降の活動が継続しており、安全確認、出社可能な社員の出勤、本社とグループ各社からの応援がなされている。これに加えて、設備メーカーによる修理対応がなされ、また外部関係機関との「連携」への言及もある。加えて述べると、第5報までと比べて、ここでは全体として「確認」ということばが高頻度で登場する。ただし志賀工場は依然として停電が続いており、電源確保の努力が行われている。具体的には以下の通りである。「2. 工場被害について、①工場については、一部建物に対する安全確認を引き続き行っています。②3工場の生産設備については、出勤可能な従業員に加え、サンケン電気本社並びにグループ各社からの応援人員による確認作業を続けています。また、各設備メーカーから技術者を派遣頂き、より専門的な確認や修理対応も始まっています。③工業用水確保については、水インフラの復旧に向け各自治体との連携を引き続き行っています。④志賀工場につい

ては停電が継続していますが、電力インフラの復旧に向け電力会社との連携を行うと共に、外部からの電源供給の検討も進めています」(サンケン電気, 2024.1.12)。

その後にある文章の内容から推定すると、ここでの「確認」は初動段階の安全確認、従業員の安否確認ではなく、万全とは言えないまでも生産活動再開に向けて必要な最低限の経営資源が保持されているかどうかを確認する作業(L)としての性格がある。以下に当該文章を示す。「3. 復旧活動について、生産再開に向けた復旧活動については、上記のとおり進捗しています。また、製品在庫の確認作業も併行して進めており、品質確認が終了したのから順次出荷を行う予定です。今後、水インフラや電力インフラが復旧次第、生産再開を速やかに行えるよう準備を進めてまいります」(サンケン電気, 2024.1.12)。

そして1月17日の第7報では、こうした生産再開前の確認作業を踏まえて、現拠点での復旧可能性や復旧可能時間の見積もり(N)が、水と電源という必要資源の確保可能性(L)とともに示されている。具体的には次の通りである。「2. 工場被害について、①一部の建物に対する専門的な安全確認は、一週間以内に完了する予定です。②生産設備については、各装置の確認作業が進んでおり、一部の生産ラインは立ち上げの調整段階に入っています。③工業用水については、水インフラの復旧エリアが順次拡大しており、当社工場所在地への安定的な供給再開に向けた協議を各自治体と行っています。また、工場内の貯水槽等を活用するため給水車による補給も検討しています。④志賀工場における電力確保については、電力会社との連携・協議を行うと共に、外部からの電源供給に向けた設備の設置も引き続き検討しています。3. 生産再開について、上記2項の状況を踏まえ、石川サンケン(堀松工場、能登工場)における一部の生産工程については、2月上旬の再開を目指してまいります」(サンケン電気, 2024.1.17, ( )内の補足は原文による)。

ただし1月22日の第8報では、志賀工場の生産再開に遅れが生じつつあることが報告されている。また同工場の製品を堀松工場で代替生産されることが記されている。「第七報にて、堀松工場・能登工場の一部の生産工程については2月上旬の再開予定とお

知らせしましたが、志賀工場は電力の復旧遅れのため、今しばらくの時間が必要な状況です。生産再開に向け、今後復旧を加速させてまいります。志賀工場の生産品の一部を堀松工場にて代替生産することも新たに決定しました。これにより、石川サンケン製品の早期生産再開を目指してまいります」(サンケン電気, 2024.1.22)。ここでは、対策実施状況の進捗管理(Q)、業務の継続・再開・復旧の状況把握(R)が行われている。また電力の復旧が生産再開の進捗を左右する重要な要因になっていることがわかる。

1月30日の第9報では、このような生産再開の予定告知が「再開した」旨の報告に変わる。具体的には次のようにある。「堀松工場・能登工場の一部の生産工程については2月上旬の再開を予定していましたが、生産準備が整い、両工場とも本日より一部生産を再開いたしました。引き続き、生産ラインの復旧活動をすすめ全ラインの生産再開に向け対応してまいります。また、復旧が遅れている志賀工場の一部生産品を、堀松工場で代替生産する旨を第八報にてお知らせしましたが、その生産準備がまもなく完了する予定です。よって、一部製品の代替生産は2月上旬の開始を目指してまいります。なお、志賀工場は電力の復旧により各設備の確認作業を引き続き進めています。上記の通り、石川サンケン・全3工場における生産再開に向けた活動を更に加速してまいります」(サンケン電気, 2024.1.30)。このように、地震発生後1か月の時点で生産活動の部分的再開に到り、事業継続の状況に関する情報発信(T)が行われている。

1月31日時点で堀松工場と志賀工場における従業員の動員可能性は、2月7日に開催された外部向け臨時説明会資料によれば「ほぼ全社員の出勤可能」というものであり、能登工場は「約30%が出勤に課題あり」という状況であった(サンケン電気, 2024.2.7)。ここで出勤に関する「課題」として示されているのは「通勤手段」が無いということ、また「避難中」であるということである(サンケン電気, 2024.2.7)。これを踏まえて、同資料では「出勤困難者のため、工場周辺に70名分の宿舍確保(今後も継続予定)」(サンケン電気, 2024.2.7)という報告がなされている(( )内の補足は原文による)。

次に示す2月5日の第10報には、生産の再開と平常

時体制への復帰に向けた作業が加速していることが見て取れる。「<志賀工場の生産再開について> 志賀工場は電力の復旧後、各設備の確認作業を加速しており、一部の生産工程について2月中旬の生産再開を目指してまいります。既に生産再開をしている堀松工場、能登工場に加え、志賀工場においても生産再開の見通しが立ちました。引き続き、石川サンケン・全3工場の復旧活動を進めてまいります」(サンケン電気, 2024.2.5)。

ここにある志賀工場に関する「生産再開を目指して」という文言は、2月15日の第11報では「再開いたしました」という報告に変わり、事業継続が軌道に乗りつつあることがうかがえる。「<志賀工場の生産再開について> 志賀工場の一部の生産工程について2月中旬の再開予定と第10報にてお知らせしましたが、生産準備が整い、本日より一部生産を再開いたしました。なお、堀松工場における志賀工場の一部生産品の代替生産は2月6日に開始済です。既に生産再開をしている堀松工場、能登工場に加え、上記のとおり、復旧が遅れていた志賀工場の生産再開により、石川サンケン・全3工場の稼働ができました。引き続き、復旧活動を進めてまいります」(サンケン電気, 2024.2.15)。ここにおける「稼働ができました」という表現に同社の安堵感が垣間見える。

こうした生産再開の動きはさらに加速し、2月21日の第12報ではそれまでの一部再開等の表現が「全面的な再開」という言葉に変わる。また「復旧活動を進めてまいりましたが」という振り返りの文言もある。後に記すように、関係者に対する謝意を述べる余裕も生まれている。そうした文面から、平常時体制への復帰(U)に目処が立ったことがうかがえる。また実際、次のように「目途が立ちましたことをご報告いたします」という文言も見られる。「堀松工場、能登工場については、3月中旬に全面的な生産再開を予定しています。志賀工場については、3月下旬に全面的な生産再開(堀松工場での代替生産を含む)を予定しています。今回、地震により被害を受けた石川サンケンにおける復旧活動を進めてまいりましたが、上記のとおり3工場とも全面的な生産再開の目途が立ちましたことをご報告いたします」(サンケン電気, 2024.2.21, ( )内の補足は原文による)。この後で、関係者に対する謝意が次のように表明されている。先にも触れたように、これ

は謝意を述べる余裕が生まれている、あるいは謝意を述べる段階に到っていると解釈することができる。「復旧活動に対しご協力、ご支援を頂きました、関係省庁や各自治体の皆様・お取引先様・株主様等には、厚く御礼を申しあげます。引き続きグループ全社一丸となって取り組んで参りますので、何卒ご愛顧のほどよろしくお願い申し上げます」(サンケン電気, 2024.2.21)。こうした挨拶文からも、今回の危機対応、すなわち2024年能登半島地震直後の事業継続に向けた一連の取り組み、被災後の緊急時行動が一応、終わったことがわかる。

同社においては、震災の影響が業績と中期経営計画に現れるとされている。前者については「2025年3月期通期業績への影響可能性」として、「震災前に想定していた投資計画の変化、および復旧計画による費用増・生産の全面再開時期および規模の変動による売上と利益の変化」(サンケン電気, 2024.2.7)を見極めなければならないとしている。後者については、2024年中期経営計画の骨子(中計骨子)の公表を延期する旨が表明されている。具体的には、「震災復旧活動を優先するため、24中計策定活動を停止」「策定してきた24中計各施策に対する震災影響を考慮の上、再策定が必須と判断」(サンケン電気, 2024.2.7)とある。また「次期中計は、利益改善を軸とした当初計画に加え、震災による種々の変化点をリカバリーするための施策が必要」「24中計の再構築を進め、24年5月に新方針の公表を目指す」(サンケン電気, 2024.2.7)としていた。

そしてこの新方針については、2024年5月10日発表の決算短信に以下の言及が見られる。「下期に向けては、市況回復及び震災により一時的に減少した需要が回復することを見込んでおります。こうした状況の下、当社グループでは『2024年中期経営計画』(以下、『24中計』)をスタートさせましたが、従来の3ヶ年ではなく、震災影響が色濃く残る2025年3月期を立て直し期間と位置づけ、2024年4月から2028年3月までの4ヶ年計画と定めております。24中計期間中にサンケンコアとして最優先に取り組むべき課題を収益性改善と定め、そのために、新製品売上高比率向上の継続や既存製品の適正売価条件の獲得に加え、徹底した原価改善に取り組むことで実現してまいり所存です」(サンケン電気, 2024.5.10, ( )内の補足は原文による)。端的に言えば、2024

年能登半島地震の影響が1年間に残ると見込み、当初の3年間にこれを加えた4年間で新たな中期計画期間とするという措置が取られている。

#### IV. 一般的なBCSの限界

##### 1) 過疎地と代替拠点

『ガイドライン』に記されているBCSでは「代替」がキーワードの一つになっていたが、サンケン電気の場合、『ガイドライン』に書かれている意味での代替は行われていない。志賀工場の製品が堀松工場で作成されているものの、『ガイドライン』における代替生産とはかなり性格が異なる。すなわちこれは被災地域内の代替生産(域内代替)であり、『ガイドライン』で想定されている代替生産、被災地以外への生産移管、遠方にある代替拠点の活用ではない。『ガイドライン』における代替拠点の活用は、「同時に被災しない拠点」(p.17)を確保しておき、これに業務を移管するというもので、第II章でも述べたように、たとえば東京と北海道というように距離的に離れた場所同士で行われることを想定しているのである。

大阪府によれば、実際には多数の企業が東京にある本社や情報処理センターの代替拠点を大阪府に設けているという。たとえば日本たばこ産業は、物流管理や資金決済を平時より東京と大阪で分担し、そういうデュアルオペレーション体制を維持・継続することにより、どちらかが被災した場合の緊急事態に備えている。りそなホールディングスは、システムセンターとコンピュータシステムを首都圏と近畿圏に併設することにより、大地震発生時における同時被災リスクを軽減し、危機発生時における東西相互バックアップ体制を整備している。日本放送協会(NHK)は、被災により東京の放送センターから放送を提供できない場合、大阪放送局でこれを行うバックアップ体制を構築している。言い換えれば、東京本部の代替機能を担うことが大阪放送局のミッションの一部となっている。近年、NHKは大阪発の全国放送番組を大幅に増やしており、これは地域発の情報発信を充実させるだけでなく、緊急時の放送対応を強化することにつながっている(大阪府HP, 2024年8月9日)<sup>13)</sup>。『ガイドライン』で有効とされている事前の代替拠点設置は実際、このよう

に現実組織のBCSでは一般的に行われている。しかし対象となっている業務・機能のほとんどすべてがホワイトカラー業務(本社業務)である。

サンケン電気では第III章の冒頭で述べたように、拠点間で機能の垂直的分担が行われているため、同一の機能・業務に関する拠点の分散化は難しい。すなわち開発・設計は埼玉県にある技術センター、量産体制構築は同じ埼玉県にあるものづくり開発センター、チップ製造は山形県の拠点、ウェーハ検査は福島県の拠点、アSEMBリ(組立て)は石川県の3工場で行われている。そういう拠点間分業体制の下では、たとえば開発・設計を担っている拠点に最終製品のアSEMBリを任せることは事実上不可能である。

また生産において『ガイドライン』にある代替やOEMが行われうるのは、特殊性の低い汎用品であるが、石川サンケンで生産されているパワーモジュール等は、先端的な技術を活用した独自性の高い差別化された製品であるからどの企業でも生産できるというものではない。

言い換えれば、サンケン電気では最初から被災した能登の拠点での事業継続を前提にして、現地復旧が進められている。そこに選択の要素はなく、内閣府のBCS中にある現地復旧を進めるか代替拠点に移管するか等の戦略決定(O)は実質的には行われていない。

さらに詳しくこの戦略決定(O)について見ると、『ガイドライン』の一般的BCSでは代替拠点の活用形態として、「被害が軽微な場合は現地復旧、甚大な場合には現地に帰ることを前提とした代替拠点での対応、壊滅の場合は現地復旧を考えない代替拠点での対応」(p.16)という三つのパターンが示されている。つまり現地復旧、復帰を前提にした現地からの一時的な撤退と移管、完全な撤退と永久的な移管が選択肢として挙げられている。

しかし過疎地にある生産拠点が被災した場合、このうちの「現地に帰ることを前提とした代替拠点での対応」という選択肢は現実的には極めて困難である。一度解雇した従業員またはこれに代わる従業員を数か月後または数年後に再雇用することは極めて難しいからである。だからと言って従業員ごと業務を遠方の拠点に移転するのは困難であるし、仮に従業員の納得を得た上でそれを行ったとしても、数か

月後、数年後に従業員が元の自治体に戻るとは限らない。東日本大震災で帰還困難区域に指定された地域に、当該指定が解除された後も住民がなかなか戻らないのと同じである。引っ越し先での生活に慣れてしまえば、そこに落ち着いてしまう住民・従業員が多くなるのはある意味で当然である。したがって一度、担っている機能を遠方の代替拠点に移せば、それは過疎地（被災地）にある拠点の永久閉鎖につながる。つまり過疎地にある生産拠点の場合、一時的撤退など極めて困難で、代替拠点への業務移管は被災地にある当該拠点からの永久撤退と被災した自治体における雇用の中止を意味するのである。

## 2) 復旧活動の順序と優先順位

サンケン電気における復旧行動では、『ガイドライン』において初動段階で行われるべきとされていることと、初動後に行われるべきとされていることの順序が一部で入れ替わっていた。たとえば『ガイドライン』では、先遣隊・調査隊等の派遣（M）は初動後になされることになっているが、サンケン電気の場合は初動段階で早期にこれが行われていた。

インフラが壊滅状態にある被災地では、先遣隊・調査隊も自力および自己責任で食糧と水、寝泊りする場所等を確保する必要があるから、一般的にはその派遣には準備の時間を要する。したがって『ガイドライン』で先遣隊・調査隊の派遣（M）が初動後に行われると想定されているのは適切である。サンケン電気でこれが初動段階で行われているのは東日本大震災を経験している企業ならではの迅速な対応、また第三章で言及した災害対応に関して強化が図られている組織としての能力の表出、同社の言う「グループ全体の災害対応力」（サンケン電気、2019）の具体的現れであると言える。

なお『ガイドライン』では、他拠点からの人員派遣について「必要なら、被災拠点に先遣隊や調査隊の派遣」と記されているが、人員が限られている過疎地の被災拠点で調査や応援の人員派遣が「必要ない」ということは卑見ではあり得ない<sup>14)</sup>。つまり「必要なら」という仮定条件は過疎地の拠点ではほとんど意味をなさない。またサンケン電気のプレスリリースに「生産設備については、出勤可能な従業員に加え、サンケン電気本社並びにグループ各社からの応援人員による確認作業を続けています」（サ

ンケン電気、2024.1.12）とあったように、派遣が必要であるのは現場で復旧活動を実質的に担いするスタッフ、復旧を強力ないし堅実にサポートできる人材である。

しかもサンケン電気の場合、「1月6日より更に支援チームの増員を行って被害確認を進め、早期復旧に向け対応してまいります」（サンケン電気、2024.1.5）、「サンケン電気本社及びグループ各社から応援を実施しています。今後も復旧活動のスピードアップに向けて増員を行ってまいります」（サンケン電気、2024.1.8）とあったように、応援人員は一度派遣したら終わりというのではなく、増員・増派を行い、それによって復旧の加速を図っている。

一方、初動段階で行われるべきとされている二次災害の防止（G）は、同社では初動後に行われている。二次災害の防止を暗闇の中で行うのは困難であるから、電力が復旧してからこれに取り掛かったというのは致し方なかったであろう。つまりここで言う二次災害の防止は、落下防止、ガス栓の遮断・確認等による火災の防止、薬液漏洩防止、危険区域の立入禁止など安全対策の実施、住民への危険周知や避難要請、行政当局への連絡などをさす。激甚災害の場合、電力等のインフラが壊滅状態にあり、こうした二次災害の防止さえ初動段階では安全に行えないということがわかる。

もっとも、このような活動順序の前後に関する本論文の指摘は『ガイドライン』を批判するものではない。『ガイドライン』はモデル的なものであるから、実際の順序がこれと異なるのはなかば当然である。またすべての地域、あらゆる企業に有効な万能のBCSを示すことは実際上不可能である。『ガイドライン』も、事業継続戦略について「各企業・組織は、自社に適した事項を取捨選択し取り組むとよい。また、企業・組織の独自の工夫も重要である」（p.1）としている。

ただし敢えて誤解を恐れずに言うならば、内閣府の示しているBCSは社会インフラが充実しており、従業員の雇用が容易な都市部に立地する生産拠点ないし事業者では有効に機能しうるが、過疎地の拠点・事業者にとっては必ずしも現実的ではない対策が含まれている。そういう意味で『ガイドライン』には限界がある。過疎地の事業者自身もこれを万能として鵜呑みにするのではなく、立地する地域特有の事

情を念頭に、独自の戦略と計画を策定する必要がある。

そのような特有の事情として過疎地に共通する代表的で、最も本質的な事柄は、従業員雇用の困難性である。次節でこれについて詳述する。

### 3) 過疎地と雇用の維持

過疎地に立地する生産拠点の場合、域内の労働力人口が少ないために、限られた人員で生産業務を遂行しているのが一般的である。端的に言えば、組織的に無駄も余裕もない。つまり過疎地には、「生産年齢人口の減少が顕在化しているなか、地場企業をはじめ伝統工芸品産業など全業種的に人手不足が深刻化し、人材確保が困難となっている」（仙北市、2021）という状況がある。加えて、過疎地には第Ⅲ章第1節で述べたように人口流出圧力が働いているため、何らかの転居・移住要因が新たに生まれて、一度従業員の離職が始まると、これが加速的に進行し当該生産拠点の維持が困難となる。

すなわち過疎地における従業員の雇用には、人数確保の難しさがある。在籍している従業員が多数離職した場合、それを人数的に充当することは困難を極める。加えて、生産に現在従事している従業員は単なる人員、人数ではない。研修や訓練に多大な時間と労力を費やして形成された人的資本、人材ないし人財、敢えて誤解を恐れずに言うならば戦力である。石川サンケンの従業員1,100名についてもこれは当てはまる。その離職は人的資本ないし人財の棄損、人材の流出ないし戦力の喪失を意味する。また、これまでに投じた訓練コストを十分に回収することができなくなるという事態を招く。

このようなことから、被災後の事業継続に関する基本方針・目標・対策の優先順位決定（P）では、現在の従業員の雇用維持が高く設定される必要がある。石川サンケンでも実態として、電力供給（電源）の確保とともに、従業員の雇用維持と生活支援が優先されている。繰り返して述べているように、過疎地の場合、生産拠点を維持し事業を継続するためには、何よりも現在の従業員の雇用維持が重要であるから、これは極めて自然であり合理的である。このため同社では第Ⅲ章第2節で見たように、『ガイドライン』にはない従業員に対する生活相談、工場敷地内への仮設住宅設置等も行われている。

行政は少なくとも当初、能登以外の加賀地域等への広域避難（二次避難）を選択肢として提示したし、また住民の安全を考えると、そうした行政の対応方針には致し方なかったという側面もある。さらに首都圏については「『広域避難』を念頭に置いた仕組みを平時から整える必要がある」（日本経済新聞、2024.4.16）という指摘もある。

しかし交通インフラの充実度、鉄道等の公共交通網の整備状況が過疎地と首都圏では大きく異なる。このため埼玉県の住民が千葉県に避難するのと、奥能登の住民が富山県に避難するのでは事情が全く異なる。たとえば首都圏において東京都内の企業に通勤している埼玉県の住民は県外の千葉県にある仮設住宅に転居しても、都内の企業に通勤し続けることは可能であろう。しかし奥能登の住民が富山県に転居した場合、富山県から奥能登への日常的な通勤は困難である。県内の金沢市に移り住んだ場合であっても、奥能登に毎日通勤することは難しい。

実際のところ、地震発生後5か月以上経過した後も遠方の避難先に留まっている能登の住民はどれ位いたのだろうか。2024年6月11日時点で金沢市以南の石川県内や石川県外へ広域避難中の住民は9,595人、「この中には親戚や知人宅などに身を寄せるケースは含まれておらず、実際の避難人数はさらに多いとみられる」（北國新聞、2024.6.18）とされている。また同年6月27日時点で、輪島市・珠洲市・七尾市・能登町・志賀町・穴水町の能登半島6市町における仮設住宅の建築数（完成分）は計5,006戸、石川・富山・福井・新潟4県で借り上げたみなし仮設住宅（民間アパート）は計3,798戸であった（北國新聞、2024.7.2）。みなし仮設住宅は地元仮設住宅の7割以上に相当し、その戸数は決して少なくない。

みなし仮設住宅としての民間アパート借上げは基本的には2年間であるものの、奥能登の住民で金沢市や石川県外に転居している人のうちどれ位の人がいずれ再び奥能登に戻るのだろうか。2024年7月に県外避難者を対象として石川県が実施したアンケートでは、「全体の約4割が石川に『戻らない』と回答している」（北國新聞、2024.8.29）<sup>15)</sup>。

事例研究の対象である石川サンケンの岩田誠社長も、「金沢や県外に移り住み、通勤できなくなった社員の離職」（北國新聞、2024.5.28）に対する懸念を表明している。また七尾市に本社を置く水産練り

製品メーカーである株式会社スギヨの杉野哲也社長も、「能登から県外に出て、そこに良い賃金で働く場があれば、もう戻ってこないかもしれない」と不安を吐露し、「どうやって従業員を離さないようにするかが課題だ」（北國新聞、2024.2.15）と語っている。

実態として、こういう懸念は既に現実化しつつある。すなわち2024年能登半島地震以降、能登における人口の減少に拍車がかかっていることは公的データでも裏付けられている。具体的には「輪島市が公表している人口集計に基づき、同市では昨年4月からの1年間で、29歳以下の住民が10%以上減った」「若年層ほど人口流出が進んでいる」という報告がなされている（北國新聞、2024.5.9）。また「奥能登4市町の人口が、能登半島地震前に国が公表した推計より2年速いペースで減少している」「多くの住まいやなりわいが失われたことで流出に拍車が掛かり、1～4月の減少幅は計2,600人と前年の同じ時期と比べて3.2倍に拡大」と報告されている（北國新聞、2024.6.18）。

2024年8月1日には、7月1日時点における県内の推計人口が石川県により発表されている。そこでも奥能登からの人口流出が顕著となっている。具体的には以下の通りである。「能登半島地震の被害が大きかった七尾以北の6市町の人口は、1月1日時点から4,877人減の11万4,773人となった。減少数は前年同期の2.6倍となり、能登からの人口流出が続いていることが明らかになった。穴水町は341人減の6,971人となり、1995年の県の統計開始以来初めて7千人を下回った」（北國新聞、2024.8.1夕）。

このようなことから、工場従業員を含めて自宅が使用不可能となった人向けの仮設住宅は、自治体が保有する公有地、体育館・公民館の駐車場や公立学校のグラウンドに限定して建設するのではなく、必要に応じて工場の敷地や各人の職場付近に建設した方がよい。これは「生業近接型仮設住宅」と呼ばれるものである。

参議院の予算委員会における審議の中でこれとの関連で注目されるやり取りがあった。しかし新聞とテレビ等のマスコミにはほとんど取り上げられず、卑見では、人々の間で大した話題にもならなかった。また国会審議の中でも再び本格的に議論されることもなく、いつの間にか忘れ去られてしまった感があ

る。しかし能登のような過疎地域では、実はそういう生業近接型仮設住宅が必要なのではないか。

筆者が注目した参議院予算委員会におけるそのやり取りとは、第一次産業事業者を支援するために当該タイプの仮設住宅建設を進めてほしいという山本太郎議員と高橋謙司政府参考人（内閣府政策統括官）との間で行われた質疑応答である（表3）。これは2024年3月8日になされた<sup>16)</sup>。

2024年能登半島地震後に新聞やテレビで報じられたのは仮設住宅の構造や面積、間取りである。しかしこういったことよりも、過疎地で本当に重要であるのは仮設住宅の設置場所、いかに各人の職場に近い場所にそれを建設するかという立地なのではないだろうか。

この予算委員会における質疑応答で取り上げられた生業近接型仮設住宅は、山本太郎議員の「港の近くに住む場所もない、このまま漁業に携わる人が離れる」という発言、高橋謙司政府参考人の「家畜の体調管理や餌やりなど昼夜を問わず家畜の見守りが必要となる方向けに、酪農家の敷地内にトレーラーハウスがリース方式で設置された例がある」という答弁からもわかるように、農林漁業者を想定したものであると考えられる。しかし能登の製造業も、雇用が基本的にその土地の住民に限定され、土地等に関する自治体の誘致策により成り立っていることを考えると、その運営は地域密着型であり、現在の立地場所から離れての事業継続は難しい。

特に雇用については、三大都市圏の企業と異なり奥能登等過疎地の製造業は隣県から多くの労働者を呼び寄せるといことは実際上不可能であり、立地する市町村からの雇用を維持しなければ、存続できない。したがってその土地での生業維持をサポートするような仮設住宅設置が不可欠である。すなわち前述したように、公共交通機関の整備が不十分である過疎地では、職住近接の仮設住宅でないと従業員の離職と域外への半永久的な流出を招いてしまう。平時ならば、職場と住居がある程度離れている方が生活しやすい人がいるかもしれないが、所有している車が車庫ごと押しつぶされ、道路が至る所で陥没し、崖崩れ等で交通網が寸断されている状況では、職場から徒歩圏内に仮設住宅を設けないと被災住民の生業を支えることは難しい。

このように職場の近くに仮設住宅が設置され、職

表3 生業近接型仮設住宅をめぐる参議院予算委員会審議（抜粋）

Table 3 An extract from deliberations on the temporary dwelling near workplace at the budget committee of the house of councillors.

- 山本太郎議員：奥能登地域では地震前から離農が進んでおり、担い手の更なる減少が懸念される。珠洲市の水産会社社長は、港の近くに住む場所もない、このまま漁業に携わる人が離れるんじゃないか、不安になる。過去の災害では、集合型、集落型ではなくて、個別に仮設住宅を設置した例があります。内閣府、北海道の事例のみ説明を。
- 高橋謙司政府参考人：お答えいたします。仮設住宅は、石川県及び市町において協議の上、その上、建設場所が選定されるものと承知しておまして、過去の災害では、個別の特殊事情に鑑み、なりわい現場に近接して仮設住宅が建設された例があると承知をしております。今委員御指摘のとおり、平成30年北海道胆振東部地震では、家畜の体調管理や餌やりなど昼夜を問わず家畜の見守りが必要となる方向けに、酪農家の敷地内にトレーラーハウスがリース方式で設置された例があると承知しております。
- 山本太郎議員：熊本の地震のときから始まったんですね、取組は。そのときには、トイレなし、お風呂なし、ただのプレハブを設置するだけだった。2年後の胆振地震、今御紹介があったものに関して、グレードアップされているんですね。立派なトレーラーハウスを個別に設置、すばらしい取組です。内閣府、自宅付近、なりわい現場付近に個別に仮設住宅を建てる計画、今ありますか。
- 高橋謙司政府参考人：お答えをいたします。現在、71か所で仮設住宅の建設が進められているところでございますが、その中には農地や漁港の近くに立地しているものもあるものと承知をしております。一方で、委員御指摘のなりわい現場付近に個別にという意味での、個別に仮設住宅を建てる計画ということにつきましては、石川県に確認しましたところ、現時点では具体的な計画はないとお聞きをしております。内閣府としては、被災自治体と連携しながら、被災者の方々の意向にできる限り寄り添った形で住まいが提供されるよう適切に取り組んでいきたいと考えております。
- 山本太郎議員：今のをまとめるとこういうことになります。なりわいの現場に個別で建設する話はありません。基本は自治体で決めていくことで、国は先回りしていないという回答なんですね。仮設住宅を畑などなりわい現場の近くに個別に建ててほしいという声は被災自治体から要望として届いていますか。
- 高橋謙司政府参考人：お答えをいたします。これも石川県に確認いたしましたところ、委員御指摘の個人の畑などのなりわいの現場の近くにおける仮設住宅の建設について、現時点では具体的な御意見としてお聞きしていないとのことでございますが、御指摘のように過去の災害でそうした地域の実情を踏まえて対応した例もございますので、これは引き続き丁寧にニーズを酌み取りながら対応していきたいと、石川県と連携して対応していきたいと考えております。
- 山本太郎議員：言葉ではそうおっしゃるんですけど、実際は動きがないということなんですね。で、これ、住民の声というのが必ず自治体や首長に届くとは限らないんですよ。（中略）個別の仮設住宅、なりわい近接型の仮設住宅を設置するよう先回りしていただけないですか。いかがでしょう。
- 岸田文雄内閣総理大臣：先ほど答弁の中にもありましたように、トレーラーハウス型の仮設住宅、なりわい近接型の仮設住宅、これは選択肢の一つであると思います。委員の御指摘は、そのニーズをどう酌み取るのか、国としてもその誤解をしてはならない、しっかりニーズを酌み取れということでもあります。ニーズの酌み取り方については、やはり国としても引き続き具体的に、アンテナを広げてニーズを酌み取る努力、これは広げていきたいと考えます。

注) NHK 国会中継録画および山本太郎参議院議員オフィシャルサイトに依拠して作成。

住近接での生活が確保されないと、大規模製造業が被災地で事業を継続することは困難である。山本太郎議員の「奥能登地域では地震前から離農が進んでおり、担い手の更なる減少が懸念される」「このまま漁業に携わる人が離れるんじゃないか、不安になる」という心配は、能登の場合、工業にも当てはまると言える。

2024年7月に行われた輪島市役所における懇談会では「若いもんが避難先で正社員になるという話を聞く」という報告があり、また同年同月に開催された珠洲市産業センターにおける懇談会では「10年後、20年後にどれだけ人が残っているのか」という懸念が能登で暮らし続けている住民により表明されている（北國新聞、2024.7.12）。

これとの関連でさらに注目される動きがあった。それは第Ⅲ章の事例研究でも触れたように、石川サケンが自社の負担で自社の工場敷地内に職場近接型の仮設住宅を建設したことである。すなわち同社は能登工場敷地内の空きスペース、工場建屋の向かいに80人分（当初70人分）の仮設住宅と寮を設置した。この費用負担について同社の担当者は、「従業員あつての会社であり、短期的な資金は痛手にならない」（北國新聞、2024.2.15）と語っている。

#### 4) 過疎地大規模製造業のBCS

第Ⅲ章第1節でも述べたように、能登も含めて過疎地の本質は人口の減少傾向により地域社会における活力が低下しているということである。そういう過疎の地域では、災害時の事業継続スキーム、BCSは当該地域の人口流出に拍車をかけたり、その活力を低下させたりするものであってはならない。

一方で、インフラ整備や商業集積の面で遅れを取

る過疎地の工場だからと言って、旧態依然の古い生産体制が敷かれ、生産の形態やシステムも遅れを取っているというわけではない。当該過疎地の工場がその企業の中核的工場で、そこに最新鋭の生産ラインが設置されているということもある。この点は海外現地生産とは事情が異なる。つまり人件費が安いからという理由で海外の工場で生産を行っている状況とは目的と実態がかなり違う。

このようなことを考えると、一般的BCSに含まれる施策のいくつかは過疎地の大規模製造業に有効でなく、これと異なる施策が必要となる。これについて整理すると以下ようになる（表4）。

まず企業各々のBCSと地域の継続計画（DCP）の関係について言えば、両者には矛盾・対立する要素もある。第Ⅱ章で見たように、このことは先行研究においても指摘されている。しかし過疎地では、地域の復興を置き去りにした企業の事業継続はあり得ない。コミュニティを存続させ、そこで安心して生活できるという住環境を確保しなければ、多数の従業員が域外に転出し離職するという事態を招き、その土地での事業継続が困難となる一方、過疎地では工場の従業員自身がそうした地域復興の担い手とならなければならないからである。たとえば緊急物資の搬入や炊き出し一つを取っても、過疎地では誰かがやってくれるだろうという期待は持てず、従業員自身がコミュニティの一員として担当する必要がある。つまり過疎地における大規模製造業の事業継続は、従業員自らによる当該地域の復興、当該コミュニティの維持が大前提となる。そのように過疎地域ではDCPを最優先し、従業員の地域復興活動への従事を容認せざるを得ない。

輪島塗や珠洲焼のように、地方にはその土地特有

表4 一般的BCSと過疎地大規模製造業BCSの相違点。

Table 4 Differences between the general BCS and BCS of large manufactures in depopulated areas.

	一般的BCS	過疎地大規模製造業のBCS
DCPとの関係	矛盾がありうる	DCP実施が最優先で土台的に先行
他社との提携	OEM, アウトソーシングもありうる	外部委託は期待できない
代替人材	育成と雇用が有効	育成と雇用は極めて困難
拠点事前分散	リスク分散上有効	機能的専門性により困難
勤務体制	テレワークの環境整備と円滑移行	現地居住と出社の継続を確保
人員派遣	必要ならば調査隊を派遣	速やかに応援人員を相当人数派遣
拠点事後代替	事業活動の断絶防止に有効	地域密着性により現地復旧が基本

の伝統産業があることが多い。また石川サンケンがそうであるように、高度の技術による差別性と付加価値の高い生産活動がそこで行われていると、他社がこれを請け負うことは技術的に不可能であるため、外部に受託生産を依頼することができない。つまりこういった「そこでしかできない生産活動」は、たとえ災害時であっても他社に委託することができない。このため地方の大規模製造業が被災後に事業を継続する上で他の会社と協力・提携するというのは、緊急物資を融通し合うといったことを除き、生産活動そのものについては実際上困難である。

加えて、一般的BCSにおける基本的な考え方である『代替』と『分散』を過疎地に適用することには限界がある。過疎地の製造業は人員的に余裕のない体制、いわばぎりぎりの人数で生産機能を担っている一方、そこで生産されている製品、そこで担われている業務はその拠点固有のもので、他の拠点に移管することは困難であるということも多い。その専門性と人口減少傾向にあるという地域特性を考えると、代替要員を育成したり確保したりすることも実際上困難である。

すなわち人口が減少傾向にある過疎地に立地し、またそういった高度の技能・技術を土台にして生産活動を行っているという場合、代替的な人材、バックアップ要員を事前に訓練・育成するということが難しい。そういう人材・要員がもし平時に確保できたとしたら、当該業務を行う正社員として既に採用され生産ラインに組み入れられたり、所定の部署に配属されたりしているはずである。

サンケン電気がそうであるように、地方ごとに工程の分担が行われていると、ある拠点の本質的な活動を他の場所でも行えるようにしておくということも難しい。本章の第1節で見たように、確かに東京の拠点が担っている業務遂行や機能を平時より大阪の拠点でも行い、東西相互バックアップ体制を構築している大企業もある。しかしそのほとんどすべてがホワイトカラー業務（本社業務）である。本社業務と設計・開発は埼玉県、チップ製造は山形県、ウェーハ検査は福島県、完成品への組み立ては石川県という機能分担がなされているサンケン電気のような場合、ある拠点の本質的な機能を事前に他の拠点でも担えるようにしておくことは極めて困難であ

る。

すなわち拠点の分散化についても、同じ機能や業務の遂行を複数の拠点に担当させるとするのは特別な技術を用いる高度の生産機能の場合、難しい。事例研究対象としたサンケン電気がそうであるように、国内の大規模製造業企業では機能的分担がなされていることが多い。そういう形での分散なのである。

勤務体制、勤務場所の分散について言えば、一般的には平時よりテレワーク環境を整備し、大規模災害発生時には円滑にこれに移行することが求められる。しかし能登地方で生産されているものが主として水産加工品や電子部品、漆器等であるように、過疎地の製造業におけるアウトプットは有形物であることが多く、その事業活動をテレワークで遂行することは難しい。また過疎地では通信回線が不十分であるため、これが実施上の障害となる。加えて、テレワークの大々的導入は移住意識を刺激し、域外への転居者を増やしかねない。これが過疎地にとっては脅威となる。このようなことから、過疎地大規模製造業のBCSでは当該自治体における従業員の継続的居住可能性を担保した上でその出社を維持することが不可欠となる。

被災後における他拠点からの人員派遣に関して述べれば、『ガイドライン』では「必要なら、被災拠点に先遣隊や調査隊の派遣」を行うとあるが、本章の第2節でも述べたように過疎地にある被災拠点において他拠点からの人員派遣が「必要でない」ということはあり得ない。また前述したように拠点間で垂直的分業が行われ、かつ過疎地にあるという生産拠点の場合、後に述べるように現地復旧が原則であり、他の拠点への業務移管は非現実的である。したがって垂直的分業体制下に置かれている生産拠点が被災した場合には、現地復旧を前提にして、他の拠点からサポートスタッフ、応援チームを速やかに相当人数派遣する必要がある。しかもサンケン電気で他拠点からの応援人員が現場で生産設備の確認作業を行っていたように、実質的に復旧活動を担当し、これを強力に支援して着実に前進させる人材が派遣されなければならない。また同社が増援、すなわち応援人員の増員を行って復旧を加速させたように、この派遣は小規模ではなく相当程度の規模をもって行われなければならない。先に記した相当人

数、ここで使った相当程度の規模という表現には多少曖昧さもあるが、これは被災拠点の復旧を有効に後押しするのに十分な人数・規模ということであり、少なくともそれは一人二人ではない。

地方の製造業は従業員の雇用が地元限定されているという意味でも、また自治体の誘致策や支援を受けながら事業を行っているという意味でも地域密着型であるので、当該地方で行われている業務を他の地方に事後的に移管するというのも難しい。過疎地にある生産拠点の場合、BCP発動時における当該企業の意識が仮に一時的撤退であっても、永久的撤退となってしまう可能性が高いからである。立地する自治体およびコミュニティとの信頼関係があり、またその理解があるからこそ、そこで事業を続けられているという側面があるので、そこでの雇用を切り捨てることにつながる行動は基本的に取れない。このため災害時には現地での復旧と事業継続が基本となるし、サンケン電気の場合もそうであった。また長年の熟練・経験を積んだその土地の従業員がいるからこそ、そこで行っている事業活動を継続的に維持できるので、その土地の従業員が流出しないようにしなければならない。

このようなことから仮設住宅も職場近くに設置する必要がある。農林漁業だけでなく、大規模製造業についても、仮設住宅は生業近接で設置されなければならない。通勤が困難となる災害時には、そのようにしなければ多数の離職者、域外への転出者を生じさせ、ひいては当該自治体の衰退にもつながりかねない。

石川サンケンは自社負担により工場敷地内に仮設住宅を設置した。このことは、過疎地における大規模製造業の災害時事業継続では立地する土地での雇用維持とそのための手厚い従業員サポートが本質的に重要であるということを示している。またこの措置には従業員を重視する同社の価値観や考え方が表れている。最後に付け加えるならば、こういうことは本来、自治体の財政負担で、あるいは行政が責任をもって行うべきではないかという見方もあろう。すなわち前節で紹介したように、この費用負担について石川サンケンの担当者は「従業員あつての会社であり、短期的な資金は痛手にならない」と述べているが、これは「住民あつての自治体であり、財政負担は痛手にならない（税金の使途として合理性が

ある）」というように、地元自治体、またはそれ以外の行政担当者に言って欲しいことばであるという考え方もあろう。

## V. 結び

本論文では第Ⅱ章で、BCSの一般的なフレームワークと具体的対策を整理した。すなわち『ガイドライン』に示されている生産拠点復旧と事業継続の基本的なあり方と考え方、具体的な事業継続計画の骨子を確認した。『ガイドライン』で重要とされているのは「代替」と「分散」であり、具体的な対策の骨子でも両者がキーワードになっていた。被災地外の拠点、遠方の工場代替生産を行う可能性をあらかじめ担保したり、被災した従業員の代わりに生産を担う代替要員を平常時に育成・確保したりすることが対策として推奨されている。また、同じ工程や業務を担う拠点の分散化がリスクの分散につながると考えられている。

第Ⅲ章では、2024年能登半島地震直後におけるサンケン電気株式会社の事業継続に向けた活動に関して事例研究を行った。『ガイドライン』では初動段階の施策、災害時緊急行動として示されていることが石川サンケンでは後の段階で実施されていたり、その逆もあつたりし、両者における活動の順序は必ずしも一致していない。しかし同社で実施された施策の中には、第Ⅱ章で示した施策が少なからずあり、一般的BCSは能登地方においても相当程度有効であったことがわかる。

一方では、一般的BCSには過疎地の実情を考えると困難であるという施策、過疎地の大規模製造業では有効に機能しない対策もある。端的に言えば、過疎地では、災害時の事業継続スキーム、BCSは当該地域の人口流出に拍車をかけたり、その活力を低下させたりするものであってはならない。すなわち拠点の分散化、被災後の業務移管と代替、テレワークは過疎地大規模製造業のBCSでは現実的選択肢にはなりにくく、当該BCSでは他拠点からの応援等による現地復旧、従業員の勤務継続確保が重視される必要がある。

謝辞：本論文の査読において多数の有意義な示唆とご指摘を頂戴し、内容の大幅な改善につながった。

この場を借りて心よりの謝意を表したい。

## 注

- 1) 本論文で事例研究として取り上げる石川サンケン株式会社における事業継続に向けた取り組みは2024年1月1日の地震を受けて行われている。2024年1月1日の当該地震を本論文では「2024年能登半島地震」と記す。
- 2) 本論文では災害時事業継続スキームの「災害時」に相当する英単語は付さずに、その英訳をBusiness Continuity Scheme (BCS) とする。
- 3) 工場の立地と震度は第三章で改めて紹介する。なお石川サンケンが運営する3工場のうち志賀工場は2026年4月末をもって閉鎖予定であることが発表されている(サンケン電気, 2024.10.18)。本研究は同発表以前にまとめたものである。
- 4) この部分において、「観点」というのは意識すべき、または目を向けるべき課題を意味すると解釈される。「目的」は何かに関し防災・減災を図る、すなわち災害時の被害をなるべく少なくするという内容をなし、そのための方針や行動のあり方が「戦略」であると理解される。
- 5) 他社との提携のうち、自社ブランドでの委託生産(OEM)、他の業務に関する外部委託(アウトソーシング)も捉えようによっては生産等業務の代替拠点確保であると見なしう。
- 6) 代替人材の確保・トレーニングについては、いわゆるパートタイマーやアルバイトスタッフ、または平時において当該業務とは異なる業務を担当している社員、定年や育児・介護等を理由に退職した元社員等が現実的な対象者となろう。
- 7) ここでアルファベットを付した事柄については、第三章以降で再度取り上げる。
- 8) ここで言う「次表」は初動後の活動リストをさし、本論文では表2として掲載している。
- 9) サンケン電気株式会社については、本文中の典拠表示にはサンケン電気と記し、末尾の文献リストにはサンケン電気株式会社と記載してある。
- 10) 本論文の冒頭で紹介した気象庁地震火山部の報道発表第1報にあるように、志賀町内には震度7を観測した地点もあった。
- 11) 典拠表示にあるHPはホームページを意味し、記載している年月日は最終閲覧日である。

- 12) ( ) 内のアルファベットは、表1, 表2にあるそれと対応している。
- 13) 大阪府ホームページ中の「副首都推進本部」を参照した。同様のコンテンツは大阪市のホームページにも掲載されている。なお、副首都推進本部には大阪府および大阪市以外に堺市が参画している。
- 14) 『ガイドライン』にある「先遣隊」という用語は、その後他の部隊を派遣するという意味にも解釈できるが、『ガイドライン』ではいつどのようにこれを派遣するのかに関する説明はなされていない。
- 15) 石川県以外の35都道府県避難者555人のうち116人が回答し、石川県への再居住希望に関して「石川に『戻りたい(または戻りたいが戻れない)』が全体の51.7%で、『戻らない予定』は37.9%であった(北國新聞, 2024.8.29, ( ) 内の補足は原文による)。前者の51.7%には「戻りたいが戻れない」という人も含まれており、「戻らない予定」という意思表示をした人(37.9%)とは別に、自分の意思とは関係なく石川県に戻れないという可能性を示している人もいることがわかる。
- 16) 当該審議にも問題点と思われることが無かったわけではない。すなわち質疑応答の前半でどこにどういう前例があるかに焦点が当てられているが、2011年の東日本大震災や2024年能登半島地震のような未曾有の災害の場合、前例にとらわれずに住民支援策が検討されるべきだろう。

## 文献

<書籍・論文等>

- 赤間健一, 2010: DCPによるBCP導入方策に関する研究. 日本テレワーク学会誌, 8, 42-46.
- 磯打千雅子・白木 渡・岩原廣彦・井面仁志・高橋亨輔, 2013: 大規模災害時における地域の機能支障に対する社会的許容限界と地域継続計画(DCP)策定指針. 土木学会論文集F6(安全問題), 69, 31-36.
- サンケン電気株式会社, 2019: サンケンレポート2019. 埼玉, 59p.
- 志賀町, 2021: 志賀町過疎地域持続的発展計画(令和3年度~令和7年度). 石川, 39p.
- 小豆川裕子, 2020: BCPとテレワーク: 業務を継続するための環境整備. 情報の科学と技術, 70, 447-451.
- 仙北市, 2021: 過疎地域持続的発展市町村計画(令和3年度~令和7年度). 秋田, 65p.

藤 媛媛, 2022: コロナ禍が東京都に居住する若年層の移住意識に与える影響. 季刊地理学, 73, 250-263.

内閣府防災担当, 2023: 事業継続ガイドライン—あらゆる危機的事象を乗り越えるための戦略と対応—(令和5年3月). 東京, 42p.

能登町, 2023: 能登町過疎地域持続的発展計画(令和3年度~令和7年度) 令和5年12月改訂. 石川, 78p.

眞崎昭彦, 2010: パンデミック時におけるテレワークの研究: 2003年SARS発生時のテレワーク事例の検討. 日本テレワーク学会誌, 8, 11-16.

丸谷浩明, 2010: テレワークと事業継続計画(BCP). 日本テレワーク学会誌, 9, 4-10.

吉澤康代, 2010: BCP(Business Continuity Plan: 事業継続計画)としてのテレワーク—新型インフルエンザ対策のテレワーク事例—. 日本テレワーク学会誌, 8, 17-23.

#### <新聞記事>

※末尾の数字は掲載されているのが第何面かを示す。

日本経済新聞, 2024.4.16: 能登被災, 足りぬ仮設住宅, 37.

北國新聞, 2024.2.15: 能登に拠点の企業, 従業員つなぎ留め, 3.

北國新聞, 2024.5.9: 若年層ほど流出激しく, 輪島市の集計基に分析, 29歳以下10%超減少, 3.

北國新聞, 2024.5.28: 令和の人は石垣, トップに聞く, 石川サンケン岩田誠社長, 地震の試練忘れず成長(経済部・若村俊), 4.

北國新聞, 2024.6.18: 人口減, 国予想上回る, 奥能登, 現時点で2年早く, 27.

北國新聞, 2024.7.2: 仮設住宅完成は74%, 能登6市町中心に6810戸必要, 来月中に全希望者入居目指す, 7.

北國新聞, 2024.7.12: 進まぬ復旧, 必死の訴え, 3.

北國新聞, 2024.8.1夕: 七尾以北, 6カ月で4,877人減, 6市町人口11万4,773人, 穴水7,000人下回る, 1.

北國新聞, 2024.8.29: 県外公営住宅の避難者, 県アンケート, 石川「戻らない」4割, 2.

#### <プレスリリース等>

気象庁地震火山部, 2024.1.1a: 令和6年1月1日16時10分頃の石川県能登地方の地震について.

気象庁地震火山部, 2024.1.1b: 令和6年1月1日16時10分頃の石川県能登地方の地震について(第2報).

サンケン電気株式会社, 2024.1.2: 令和6年能登半島地震(2024年1月1日)の影響について.

サンケン電気株式会社, 2024.1.4: 令和6年能登半島地震(2024年1月1日)の影響について(第二報).

サンケン電気株式会社, 2024.1.5: 令和6年能登半島地震(2024年1月1日)の影響について(第三報).

サンケン電気株式会社, 2024.1.8: 令和6年能登半島地震(2024年1月1日)の影響について(第四報).

サンケン電気株式会社, 2024.1.9: 令和6年能登半島地震(2024年1月1日)の影響について(第五報).

サンケン電気株式会社, 2024.1.12: 令和6年能登半島地震(2024年1月1日)の影響について(第六報).

サンケン電気株式会社, 2024.1.17: 令和6年能登半島地震(2024年1月1日)の影響について(第七報).

サンケン電気株式会社, 2024.1.22: 令和6年能登半島地震(2024年1月1日)の影響について(第八報).

サンケン電気株式会社, 2024.1.30: 令和6年能登半島地震(2024年1月1日)の影響について(第九報).

サンケン電気株式会社, 2024.2.5: 令和6年能登半島地震(2024年1月1日)の影響について(第十報).

サンケン電気株式会社, 2024.2.7: 2024年3月期第3四半期臨時説明会資料.

サンケン電気株式会社, 2024.2.15: 令和6年能登半島地震(2024年1月1日)の影響について(第11報).

サンケン電気株式会社, 2024.2.21: 令和6年能登半島地震(2024年1月1日)の影響について(第12報).

サンケン電気株式会社, 2024.5.10: 2024年3月期決算短信〔日本基準〕(連結).

サンケン電気株式会社, 2024.10.18: 石川サンケン株式会社の志賀工場閉鎖及び特別損失の計上見込みに関するお知らせ.

#### <ホームページ>

大阪府ホームページ「副首都推進本部会議」, <https://www.pref.osaka.lg.jp/o010010/renkeichosei/fukusyutosuishin/backup6.html>, 最終閲覧: 2024年8月9日.

サンケン電気株式会社ホームページ「リスクマネジメント」, [https://www.sanken-ele.co.jp/corp/csr/confidence/risk\\_management.htm](https://www.sanken-ele.co.jp/corp/csr/confidence/risk_management.htm), 最終閲覧: 2024年7月10日.

山本太郎参議院議員オフィシャルサイト, <https://www.taro-yamamoto.jp/national-diet/14325>, 最終閲覧: 2024年7月10日.



## Preliminary Identification of Atmospheric Microplastic in Kanazawa, Japan

Yan WANG<sup>1</sup>, Pengchu BAI<sup>1</sup>, Xuan ZHANG<sup>2</sup>, Lulu ZHANG<sup>3, 4\*</sup>, Kohei ONO<sup>5</sup>,  
Atsushi MATSUKI<sup>4</sup>, Shinji TSUKAWAKI<sup>4</sup> and Ning TANG<sup>4, 6, 7\*</sup>

Received 27 September 2024

Accepted 26 November 2024

### Abstract

Microplastics (MPs) are rapidly emerging anthropogenic pollutants that potentially pose a threat due to their exposure to ecosystems and public health. In recent years, these MPs have raised much concern. In this study, deposition rates, morphological characteristics, polymer types, and the impact of meteorological factors related to atmospheric microplastics (AMPs) were studied in the urban areas of Kanazawa, Japan from July to November 2022. The AMP deposition rate in Kanazawa ranged from 0.68 to 2.70 n/m<sup>2</sup>/d. The morphological characteristics of atmospheric deposition samples from Kanazawa include fragments and fibers. Nine types of AMPs polymers have been detected in atmospheric deposition in Kanazawa, namely: polyvinyl alcohol (PVA), isotactic polypropylene (i-PP), polycarbonate (PC), polyethylene (PE), polyvinyl chloride (PVC), polybutylene succinate (PBS), polyamide (PA), poly(ethylene-vinyl acetate) (PEVA), and acrylonitrile-butadiene-styrene resin (ABS). In this study, the proportion of polycarbonate (PC) was the highest, indicating that construction materials, data storage media related polymers, and automobile parts were major sources of AMPs in Kanazawa. Based on the morphological characteristics and polymer type of AMPs, we speculated that the deposition of AMPs in Kanazawa consisted of secondary MPs. These showed evidence of the UV-related degradation of local and large plastic waste material, as well as the mechanical wear and chemical weathering of vehicle tires. Similar to PM<sub>2.5</sub>, the results of the Spearman correlation analysis of AMPs and meteorological conditions showed that windspeed and precipitation play a negative role in increasing the abundance of AMPs.

**Key Words:** atmospheric microplastics, atmospheric pollution, atmospheric deposition

---

<sup>1</sup> Division of Pharmaceutical Sciences, Graduate School of Medical Sciences, Kanazawa University, Kakuma-machi, Kanazawa, 920-1192 Japan

<sup>2</sup> National Institute of Occupational Safety and Health, Japan Organization of Occupational Health and Safety, 6-21-1 Nagao, Tamaku, Kawasaki, 214-8585 Japan

<sup>3</sup> School of Civil Engineering, Architecture and Environment, Hubei University of Technology, No. 28 Nanli Road, Hongshan District, Wuhan, 430068 China

<sup>4</sup> Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University, Kakuma-machi, Kanazawa, 920-1192 Japan

<sup>5</sup> School of Natural Science and Technology, Kanazawa University, Kakuma-machi, Kanazawa, 920-1192 Japan

<sup>6</sup> Institute of Medical, Pharmaceutical and Health Sciences, Kanazawa University, Kakuma-machi, Kanazawa, 920-1192 Japan

<sup>7</sup> Collage of Energy and Power, Shenyang Institute of Engineering, Shenbei New District, Shenyang, 110136 China

\* Author for correspondence

## I. INTRODUCTION

Plastic products have become ubiquitous in our daily lives over the past 70 years of industrial production due to their low cost and durability (Pilapitiya and Ratnayake, 2024). However, the mass production and improper management of plastic products has led to widespread plastic pollution (Thushari and Senevirathna, 2020; Brahney *et al.*, 2021; Hale *et al.*, 2020). In recent years, microplastics (MPs), defined as plastic particles smaller than 5 mm, have emerged as a significant environmental concern, attracting global attention. MPs in the environment can be categorized into two types based on their main sources: primary MP and secondary MP. Primary MPs refers to plastics, such as polypropylene, that are intentionally manufactured in small sizes to meet human needs (Song *et al.*, 2024). Secondary MPs originates from larger plastic products, like polyethylene, that have undergone mechanical, chemical, and biological degradation processes over time (Corcoran, 2022).

MPs have been found in various ecosystems, including soil, water, and atmospheric environments (Yu *et al.*, 2022; Dai *et al.*, 2022; Roy *et al.*, 2022). The first investigation of atmospheric MPs (AMPs) was the accumulation of fibrous AMPs in atmospheric deposition samples in Paris which sparked extensive research into AMPs (Dris *et al.*, 2015). Recent studies have shown that AMPs are not only present in the atmosphere of urban areas (Torres-Agullo *et al.*, 2021), but also in rural areas (Li *et al.*, 2023) and even background areas far from pollution sources (Roblin *et al.*, 2020). Due to their small size and low density, AMPs can be easily transported over long distances through air masses (Trainic *et al.*, 2020). Additionally, AMPs possess a large specific surface area and strong adsorption capacity, allowing them to attract pollutants and microorganisms, which may subsequently be transferred to humans (Yan *et al.*, 2024).

Research on AMPs exposure in cells and animals indicated that AMPs can induce oxidative stress, inflammation, immune dysfunction, changes in biochemical and energy metabolism, impaired cell

proliferation, disruption of microbial metabolic pathways, abnormal organ development, and even carcinogenic effects (Ali *et al.*, 2024; Zhao *et al.*, 2023). Additionally, AMPs were detected in human lung tissue and sputum samples (Jenner *et al.*, 2022; Porro *et al.*, 2010; Huang *et al.*, 2022). Although the exact mechanisms are not yet entirely understood, there is a consensus that AMPs may pose risks to human health. Therefore, continuous monitoring of AMPs across various locations is essential to understanding their potential health impacts on humans and the mechanisms involved.

However, there is limited information on the presence of AMPs in Japan. In this study, total atmospheric deposition samples were collected in Kanazawa, Japan from July to November 2022. A preliminary analysis was then conducted to determine the concentration of AMPs in Kanazawa, along with their size, shape, and plastic types.

## II. MATERIALS AND METHODS

### 1) Study Area and Sample Collection

AMPs deposition samples were collected at Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University from July to November 2022, as shown in Fig. 1. The sampling site was located in areas devoid of tall buildings (height < 20 m) nearby. A stainless-steel barrel with a 10 L volume, a radius of 12 cm, and a sampling area of 452 cm<sup>2</sup>, was positioned on an open-air balcony on the second floor, approximately three meters above ground level and about 200 meters from a parking lot. The sampler was continuously exposed at the site for one month to collect atmospheric deposition. The bucket was placed on a fixed frame, and 20 mL of ethylene glycol, along with 80 mL of distilled water, was added to the bucket to begin sample collection. Ethylene glycol was used to prevent freezing and inhibit microbial growth, which could potentially interfere with the digestion process and determination of particles. The water-ethylene glycol mixture also helped prevent settled particles from becoming resuspended.

Then, collected AMPs deposition samples in the stainless-steel bucket was filtered on 10  $\mu$ m metal filters

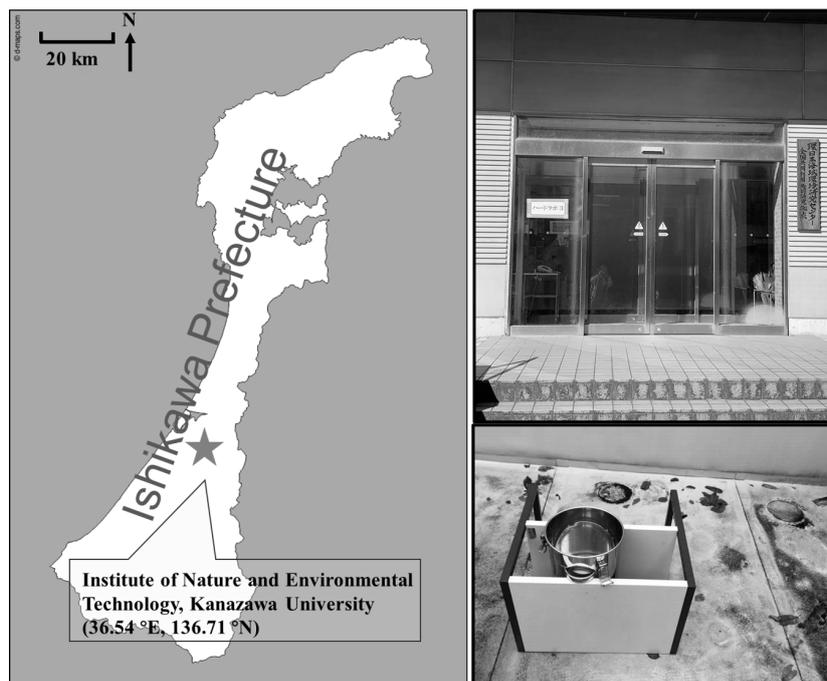


Fig. 1 The location of the sampling site (the original image comes from the open-source website: <https://d-maps.com/index.php?lang=en>, accessed on 27th September 2024).

(NF-06N;  $\phi$  50.5 mm TAKENAKA WIRE CLOTH Co., LTD.). The bucket was rinsed three times with distilled water, and the rinsed liquid was also passed through the metal filter. Finally, the residues on the metal filter were stored in a vacuum drying box until further processing.

## 2) Laboratory Procedures

First, the residues were transferred to a 10 mL glass test tube. These residues were digested for 1 h using Fenton's reagent (1.0 mL 30%  $\text{H}_2\text{O}_2$  and 0.5 mL ferrous sulfate catalyst) at room temperature. After completing the chemical digestion, the residual sample was transferred to a 25 mL separatory funnel. Next, 18 mL of saturated sodium chloride solution was added, and the sample was subjected to density flotation extraction to collect the supernatant from the separatory funnel (Tagg, *et al.*, 2017).

After pretreatment, samples were on 10  $\mu\text{m}$  Metal filter (NF-06N;  $\phi$  50.5 mm TAKENAKA WIRE CLOTH Co., LTD.) and dried at room temperature. The dried samples were transferred onto glass slides for subsequent analysis. A blank control group was established under identical experimental conditions, and

no MPs were detected in this group. During the sampling and collection process, plastic laboratory equipment was avoided, and solvents as well as distilled water were monitored to ensure they were free from plastic contamination. Operators wore cotton clothing and nitrile gloves to prevent contamination during sampling and collecting.

Each sample was visually examined using a microscope at a 20–200  $\times$  magnification (Olympus 203575, Japan). Particles smaller than 5 mm that exhibited unnatural, uniform colors and lacked typical biological features were selected for further analysis. After visual identification, the morphology, dimensions and chemical composition of marked particles were identified using a combined system of an AFM head and a confocal Micro-Raman spectroscopy (Nanofinder<sup>®</sup> HE, Tokyo Instruments, Tokyo, Japan). Imaging scan fluxes of the AFM typically images ranged from 0.2 to 1.0 Hz, with a resolution of 10 nm. The Raman spectra of individual particles were obtained using a Nanofinder HE (Tokyo Instruments, Tokyo, Japan) with a 532 nm excitation laser and the intensity of 4.906 - 16.35 mW. The laser spot size was approximately 5  $\mu\text{m}$  in diameter

using a 20 × objective lens. Typical used integration times ranged from 5 s with 30 accumulations (Ono, *et al.*, 2020; Ono, *et al.*, 2023).

### 3) AMPs Quantification and Data Analysis

The aerodynamic equivalent diameter (D) of fibers (slender, soft strips) and fragment (irregular, small pieces) will be used to classify the particle size, which can be calculated as follow (Wright *et al.*, 2020):

$$D = (dc \times \ln 2\beta)^{\frac{1}{2}} \times Dc$$

where  $dc$  (25 °C, g/cm<sup>3</sup>) is the density,  $\beta$  is the aspect ratio (length/diameter of each AMP),  $Dc$  (μm) was the cylindrical diameter of fiber or the shortest side of the fragment.

Deposition rate is the most used standard units to describe the abundance of AMPs. The specific calculation method is shown in the following equation (Huang *et al.*, 2023).

$$\text{Deposition rate} = \frac{\text{Total number of MPs}}{\text{Sampling duration} \times \text{Sampling area}}$$

The unit of the deposition rate is n/m<sup>2</sup>/d, which means the number of AMPs collected per square meter of sampling

area per day.

### 4) Statistical Analysis

Monthly meteorological data were obtained by the Japan Meteorological Agency (<https://www.data.jma.go.jp>), including temperature, relative humidity, wind speed, total precipitation and insolation duration. Spearman correlation coefficient was used to explore the correlations between AMPs deposition rates and meteorological parameters. The test results were expressed considering a 95% confidence interval. SPSS version 24.0 (IBM Corp., Armonk, NK, U.S.) and R software (version 4.4.1; R Core Team, 2024) were used for statistical analysis.

## III. RESULTS AND DISCUSSION

### 1) Deposition Rates of AMPs

To verify the characteristics of AMPs in Kanazawa, deposition rate of AMPs was calculated as shown in Fig. 2. The AMPs deposition rate in Kanazawa ranged from 0.68 to 2.70 n/m<sup>2</sup>/d, with an average of 2.21 ± 1.04 n/m<sup>2</sup>/d in 2022. The peak concentration occurred in July,

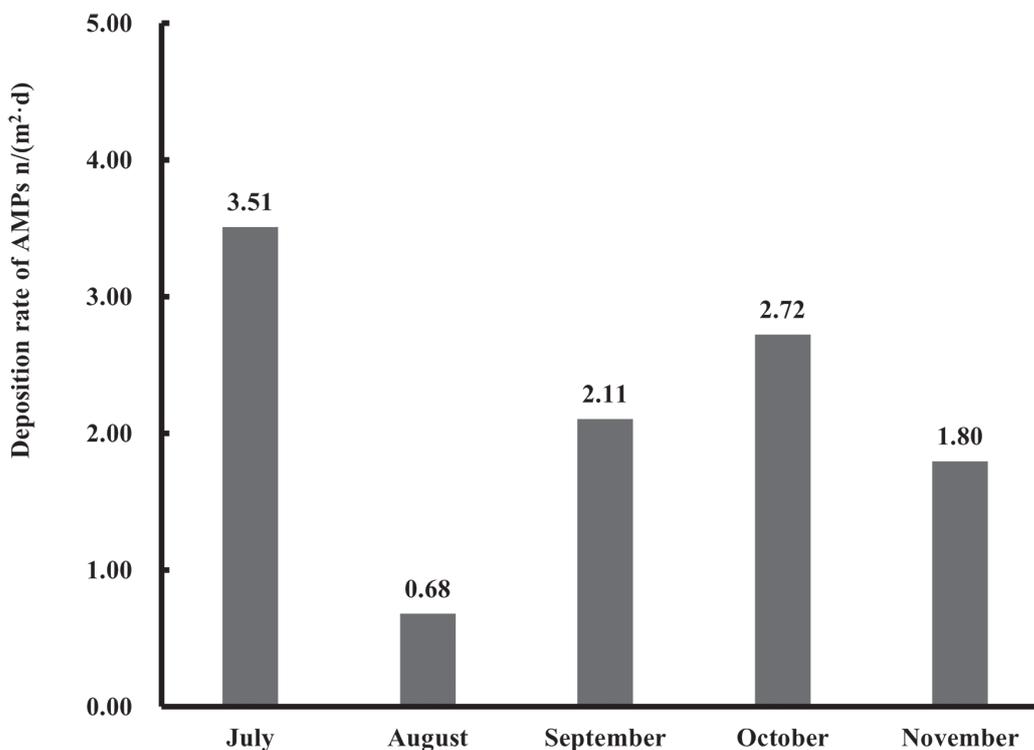


Fig. 2 AMPs monthly deposition rate (n/m<sup>2</sup>/d) in Kanazawa from July to November 2022.

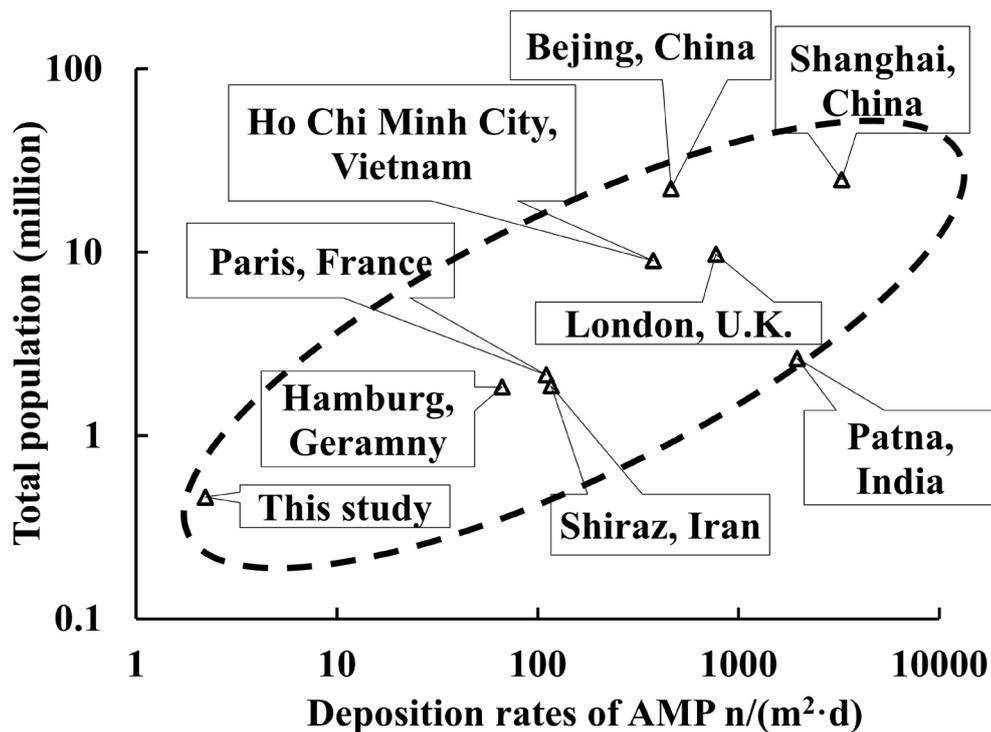


Fig. 3 Relationship between AMPs deposition rates and total population in various cities.

Table 1 The data source of population density in nine cities (link updated on November 22, 2024).

City	Population density (people/km <sup>2</sup> )
London, U.K.	<a href="https://trustforlondon.org.uk/data/geography-population/">https://trustforlondon.org.uk/data/geography-population/</a>
Paris, France	<a href="https://www.statista.com/statistics/1047176/population-density-ile-de-france-paris-region-by-department-france/">https://www.statista.com/statistics/1047176/population-density-ile-de-france-paris-region-by-department-france/</a>
Hamburg, Germany	<a href="https://www.statista.com/statistics/1107073/population-density-hamburg-germany/">https://www.statista.com/statistics/1107073/population-density-hamburg-germany/</a>
Shiraz, Iran	<a href="https://use.metropolis.org/case-studies/shiraz-the-green-city">https://use.metropolis.org/case-studies/shiraz-the-green-city</a>
Shanghai, China	<a href="https://service.shanghai.gov.cn/sheninfo/specialdetail.aspx?Id=6909084b-7630-4469-bc74-2bee56d3a1cc">https://service.shanghai.gov.cn/sheninfo/specialdetail.aspx?Id=6909084b-7630-4469-bc74-2bee56d3a1cc</a>
Ho Chi Minh City, Vietnam	<a href="https://www.statista.com/statistics/1188700/vietnam-ho-chi-minh-city-population-density/">https://www.statista.com/statistics/1188700/vietnam-ho-chi-minh-city-population-density/</a>
This study	<a href="https://artsandculture.google.com/entity/kanazawa/m0gp5ql?hl=en">https://artsandculture.google.com/entity/kanazawa/m0gp5ql?hl=en</a>
Patna, India	<a href="https://worldpopulationreview.com/cities/india/patna">https://worldpopulationreview.com/cities/india/patna</a>
Beijing, China	<a href="https://eros.usgs.gov/earthshots/beijings-growth">https://eros.usgs.gov/earthshots/beijings-growth</a>

while August recorded the lowest flux. Since this study collected both dry and wet deposition samples together, it was not possible to specifically isolate AMPs from rainfall samples. However, studies have shown that the wet deposition of AMPs was generally higher than dry deposition. For example, in Gdynia, wet MP deposition ranged from 1 to 30  $n/m^2/d$  (mean:  $14 \pm 9$   $n/m^2/d$ ), which was statistically significantly higher than dry deposition (range: 2 - 19  $n/m^2/d$ ; mean:  $7 \pm 5$   $n/m^2/d$ ) (Szewc *et al.*,

2021). Similarly, AMP abundance in Guangzhou ranged from 0.01 to 0.44 particles/ $m^3$ , with higher levels during the wet season ( $0.19 \pm 0.01$  particles/ $m^3$ ) than in the dry season ( $0.15 \pm 0.02$  particles/ $m^3$ ) (Yuan *et al.*, 2023).

Among the data presented (Fig. 3 and Table 1), Shanghai, China and Patna, India exhibited the highest average deposition rate of AMPs at 3261  $n/m^2/day$  (Jia *et al.*, 2022) and 1960  $n/m^2/day$  (Parashar *et al.*, 2023), respectively. Other cities with relatively high average

deposition rates of AMPs include London, U.K. (Wright *et al.*, 2020), Beijing, China (Zhang *et al.*, 2023), Ho Chi Minh City, Vietnam (Strady *et al.*, 2021), Shiraz, Iran (Abbasi *et al.*, 2021) and Paris, French (Dris *et al.* 2016). Hamburg, Germany (Klein *et al.*, 2019) fell into the median range, whereas Kanazawa had the lower average deposition rates. These data suggested that AMPs abundance correlated with factors such as population, leading to significant variations among cities.

## 2) Morphology Distribution of AMPs

In this study, limitations in the detection method restricted measurements to AMPs larger than 100  $\mu\text{m}$ . The average aerodynamic equivalent diameter of AMPs was  $215 \pm 82 \mu\text{m}$  in Kanazawa. As illustrated in Fig. 4 (a), AMPs with aerodynamic equivalent diameters ranging from 100-150  $\mu\text{m}$ , accounted for 13%, those between 150 - 200  $\mu\text{m}$  accounted for 47%, 200 -250  $\mu\text{m}$  accounted for 13%, 250 - 300  $\mu\text{m}$  accounted for 7%, 300 - 350  $\mu\text{m}$  accounted for 13%, and 350 - 400  $\mu\text{m}$  accounted for 7%. Overall, AMPs with smaller diameters (100 - 200 $\mu\text{m}$ ) comprised 60% of the total. This distribution was same as findings in other regions, where AMPs are predominantly characterized by particles with small equivalent diameters (Zhang *et al.*, 2020).

It is well known that AMPs were mainly categorized into several shapes: fragments, fibers, films, beads and foams. In this study, fragments and fibers were detected, which were also the most widespread MPs. Fragments and fibers were present in relatively equal amounts, comprising 60% and 40% of the total, respectively. However, the distribution of the diameter of fibers was limited to three specific particle sizes (Fig. 4 (b)), while fragments exhibited a broader range of sizes (Fig. 4 (c)). Fiber mainly originated from synthetic fibers used in clothing and interior decoration (Liu *et al.*, 2019). Fragment AMPs found in street dust were typically produced through the UV degradation of larger plastic

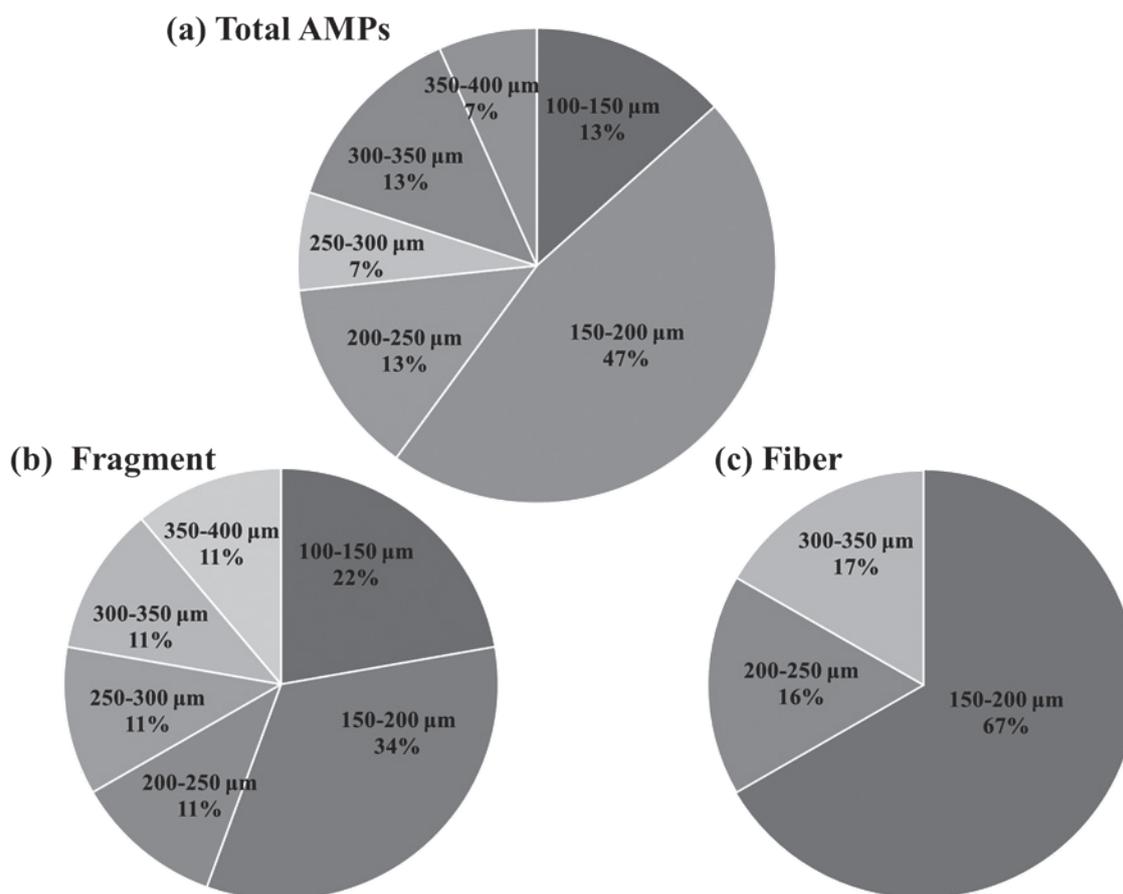


Fig. 4 The equivalent diameter distribution of total AMPs (a), fragment (b) and fiber (c) during entire sampling period.

litter and the wear and tear of vehicle tires due to mechanical wear and chemical weathering (Abbasi *et al.*, 2017; Dehghani *et al.*, 2017). The broader particle size distribution of fragments can be attributed to the variation in their primary sources.

### 3) Polymer Type of AMPs

Figure 5 illustrates the polymer types of AMPs identified by this study. A total of nine polymers were detected (Fig. 6(a)): Polyvinyl alcohol (PVA), Isotactic polypropylene (i-PP), Polycarbonate (PC), Polyethylene (PE), Polyvinyl chloride (PVC), Polybutylene succinate (PBS), Polyamide (PA), Poly (ethylene-vinyl acetate) (PEVA), and Acrylonitrile butadiene styrene (ABS). PC and PVA were the most abundant, accounting for 27% and 20% of the total AMPs, respectively. Specifically, PVA was the main polymer in the fibers, while PC was the most prevalent in the fragments. The corresponding images and Raman spectra were presented in Fig. 6. Additionally, polystyrene and polyethylene terephthalate were also detected in the atmosphere of Kanazawa using a large-volume air sampler, although no quantitative analysis was provided (Nagato *et al.*, 2023). Nagato *et al.* (2023) employed a high-volume air sampler to collect AMP over the course of a week, focusing on the long-

range transportation characteristics of AMP by targeting low-density MPs, such as polystyrene and polyethylene terephthalate. Additionally, the study utilized a passive sampler to gather sedimentation samples over a one-month period for analysis. The choice of sampling methods may influence the types and proportions of polymers detected. Previous research has also highlighted differences in the composition and characteristics of deposited AMPs versus suspended AMPs, which need to further explore (Xu *et al.*, 2023).

The types and uses of polymers further confirm that the shapes of AMPs are closely related to their inferred sources (primary and secondary). PVA is mainly used in textile pulp and vinyl fibers generally (Tan *et al.*, 2015), whereas PC is commonly used in traffic lights, building materials, and other outdoor products, which means its presence on roads highly probability (Kyriacos, 2017; Jung and Choi, 2022; Morioka *et al.*, 2023). Additionally, PE and i-PP were detected, both of which are widely used in package products such as plastic bags, straws, containers, and pipes (Ugoeze *et al.*, 2021). PVC is often found in outdoor environments, including water pipes, drainage ditches, and agricultural greenhouses (Briassoulis, 2023). PBS and PEVA are used in biodegradable packaging (food bags, bottles, lunch

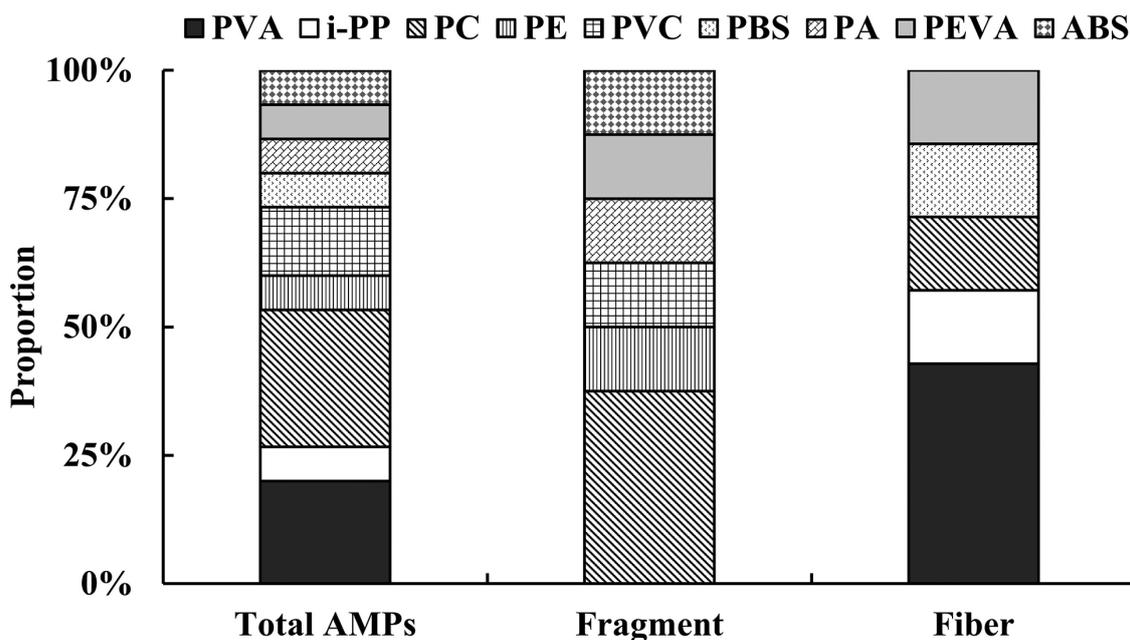


Fig. 5 The polymer type of total amounts of AMPs size, and polymer type of fiber and fragment.

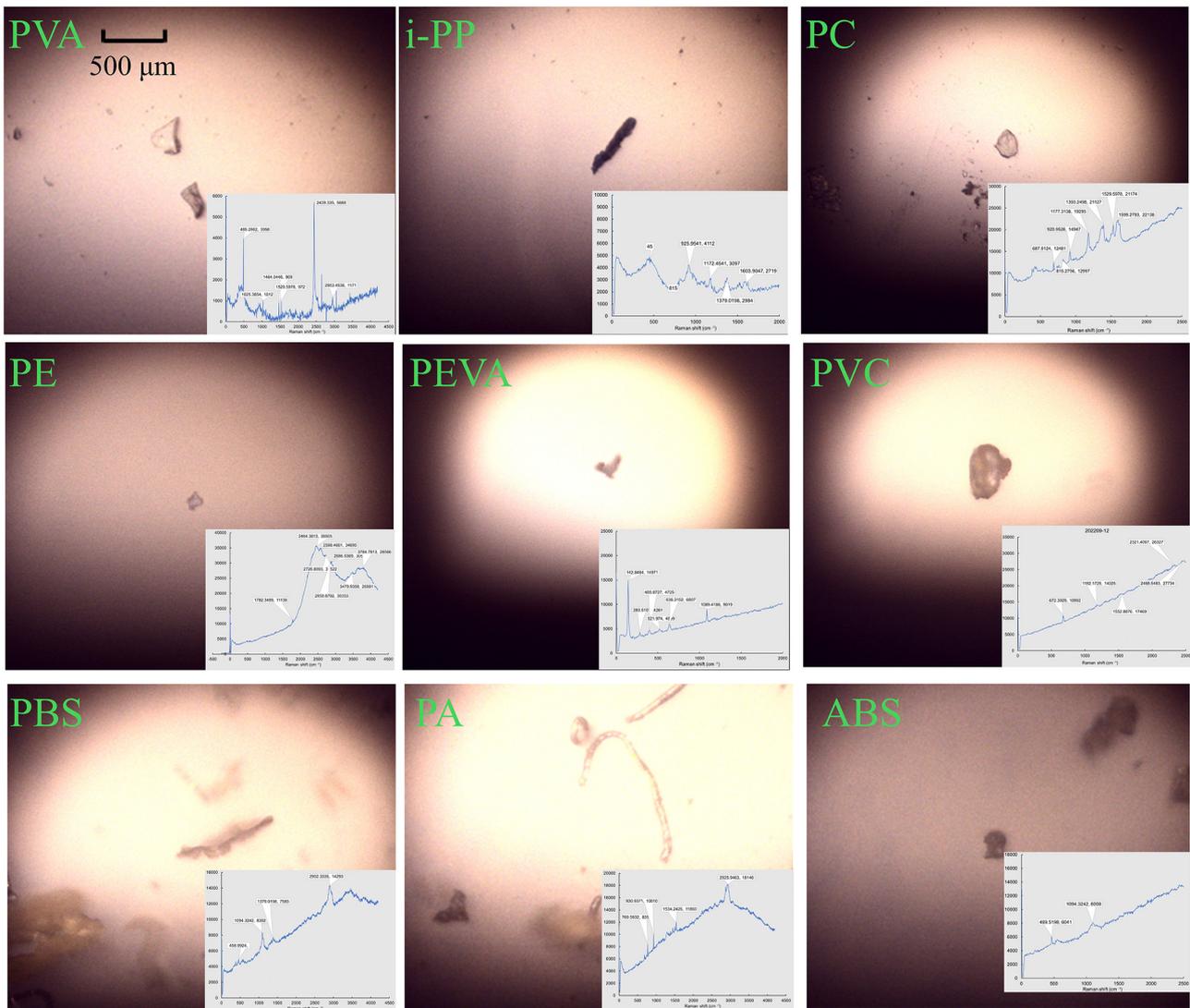


Fig. 6 The morphology and Raman spectra of various AMPs polymers in Kanazawa.

boxes, and tableware) and agricultural fields (agricultural films, fertilizer slow-release materials) (Stark and Matuana, 2021). ABS and PA plastics are predominantly used in automobiles, electrical appliances, and building materials (Sehanobish, 2009). These results highlight the diverse sources of AMPs in Kanazawa's atmosphere, including contributions from industry, textiles, transportation, packaging materials, and agriculture.

#### 4) Relationship between Meteorological Factors and AMPs Abundance

It is well known, meteorological conditions are key factors influencing the spatial distribution of aerosols. This study also performed a correlation analysis between meteorological conditions and AMPs. Figure 7 illustrates

the correlation between sunshine duration, wind speed, total precipitation, and AMPs deposition using Spearman correlation coefficient. This study found no significant correlation between sunshine duration, wind speed, total precipitation, and AMPs deposition rate. However, the correlation coefficient between wind speed and AMPs deposition was  $-0.63$  ( $p = 0.252$ ) indicating a negative correlation trend. This suggested that AMPs deposition concentrations tend to decrease as wind speed increases. It can be explained that stronger wind speeds accelerated the diffusion of AMPs, leading to reduced deposition in specific areas. Similarly, the correlation coefficient between total precipitation and AMPs deposition was  $-0.5$  ( $p = 0.391$ ) indicating a moderate negative correlation. Previous studies have observed that

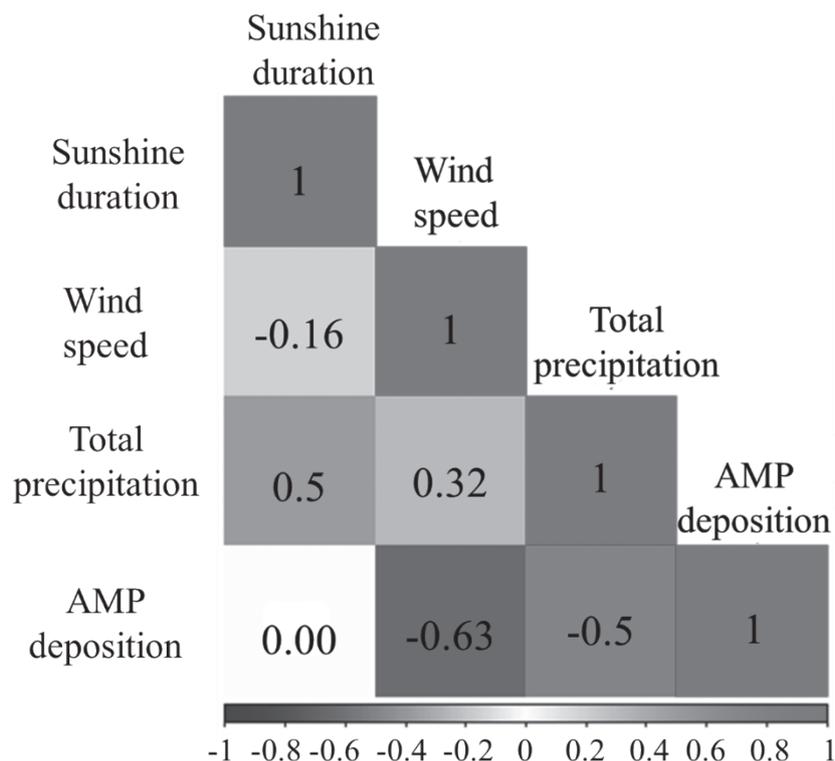


Fig. 7 The heatmap of Spearman correlation coefficients between meteorological factors and monthly AMPs deposition rate.

a significant number of AMPs was washed away during the initial stages of rainfall, with its abundance gradually decreasing as the rainfall continues and total precipitation (Kyriakoudes and Turner, 2023). It has been previously reported that polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and nitro-PAHs associated with on atmospheric  $PM_{2.5}$  also exhibited negative correlations with wind speed and total precipitation (Yang *et al.*, 2021). These findings suggested that AMPs and  $PM_{2.5}$  may behave similarly in the atmosphere.

#### IV. CONCLUSION

This study primarily investigated the deposition rate and conducted a detailed analysis of the presence and types of AMPs in Kanazawa, Japan. Our preliminary study revealed that the average deposition rate of AMPs in Kanazawa was  $2.21 \pm 1.04 \text{ n/m}^2/\text{d}$ , with an average particle size of  $215 \pm 82 \mu\text{m}$ . Compared to other cities, Kanazawa's AMPs pollution level was relatively low. This study found that the proportions of fragments and fibers were similar, the compound composition of the

fragments was more diverse than that of the fibers. PC and PVA were the most abundant. Additionally, an important finding of this study was that the effects of AMPs and PM on meteorological conditions appear to be similar, despite AMPs having higher density and stronger hydrophobicity. However, the limitations of the detection method (for example, not all AMPs can be detected) brought inevitable uncertainties to this study. However, this study monitored AMPs in the urban area of Kanazawa and made a valuable contribution to understanding of the circulation process of AMPs in Japan.

**Funding:** This work was supported by the Sasakawa Scientific Research Grant (2024-3012) from The Japan Science Society; Kanazawa University “SANTO” project (2023) and the cooperative research programs of Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University, Japan (21001, 22002, 23016) for promotion of research.

## References

- Abbasi, S., Keshavarzi, B., Moore, F., Delshab, H., Soltani, N. and Sorooshian, A., 2017: Investigation of microrubbers, microplastics and heavy metals in street dust: a study in Bushehr city, Iran. *Environmental Earth Sciences*, **76**, 1-19.
- Abbasi, S., and Turner, A., 2021: Dry and wet deposition of microplastics in a semi-arid region (Shiraz, Iran). *Science of the Total Environment*, **786**, 147358.
- Ali, N., Katsouli, J., Marczylo, E. L., McGavin, S. and Chowdhury, R., 2024: The potential impacts of micro-and-nano plastics on various organ systems in humans. *EBioMedicine*, **99**, 104901.
- Brahney, J., Mahowald, N., Prank, M., Cornwell, G., Klimont, Z., Matsui, H. and Prather, K. A., 2021: Constraining the atmospheric limb of the plastic cycle. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **118**, e2020719118.
- Briassoulis, D., 2023: Agricultural plastics as a potential threat to food security, health, and environment through soil pollution by microplastics: problem definition. *Science of the Total Environment*, **892**, 164533.
- Corcoran, P. L., 2022: *Degradation of microplastics in the environment. Handbook of Microplastics in the Environment*. Springer, Cham, 1397p.
- Cabernard, L., Roscher, L., Lorenz, C., Gerdt, G. and Primpke, S., 2018: Comparison of Raman and Fourier transform infrared spectroscopy for the quantification of microplastics in the aquatic environment. *Environmental Science & Technology*, **52**, 13279-13288.
- Cai, H., Chen, M., Chen, Q., Du, F., Liu, J. and Shi, H., 2020: Microplastic quantification affected by structure and pore size of filters. *Chemosphere*, **257**, 127198.
- Dris, R., Gasperi, J., Rocher, V., Saad, M. and Tassin, B., 2015: Microplastic contamination in an urban area: a case study in Greater Paris. *Environmental Chemistry*, **12**, 592-599.
- Dris, R., Gasperi, J., Saad, M., Mirande, C. and Tassin, B., 2016: Synthetic fibers in atmospheric fallout: a source of microplastics in the environment? *Marine Pollution Bulletin*, **104**, 290-293.
- Dehghani, S., Moore, F. and Akhbarizadeh, R., 2017: Microplastic pollution in deposited urban dust, Tehran metropolis, Iran. *Environmental Science and Pollution Research*, **24**, 20360-20371.
- Dai, Y., Shi, J., Zhang, N., Li, L. and Wang, Z., 2022: Current research trends on microplastics pollution and impacts on agroecosystems: a short review. *Separation Science and Technology*, **57**, 656-669.
- Hale, R. C., Seeley, M. E., La Guardia, M. J., Mai, L., Zeng, E. Y. and Su, N. Z., 2020: A global perspective on microplastics. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, **125**, e2018JC014719.
- Huang, S., Huang, X., Bi, R., Wang, J., Liu, X. and Zhao, Y., 2022: Detection and analysis of microplastics in human sputum. *Environmental Science & Technology*, **56**, 2476-2486.
- Huang, X., Chen, Y., Meng, Y., Li, Y. and Xu, M., 2023: Mitigating airborne microplastics pollution from perspectives of precipitation and underlying surface types. *Water Research*, **243**, 120385.
- Jung, U. and Choi, S. S., 2022: Classification and characterization of tire-road wear particles in road dust by density. *Polymers*, **14**, 1005.
- Jia, Q., Duan, Y., Han, X., Sun, X., Munyaneza, J., Ma, J. and Xiu, G., 2022: Atmospheric deposition of microplastics in the megalopolis (Shanghai) during rainy season: Characteristics, influence factors, and source. *Science of the Total Environment*, **847**, 157609.
- Jenner, L. C., Rotchell, J. M., Bennett, R. T., Cowen, M., Tentzeris, V. and Sadofsky, L. R., 2022: Detection of microplastics in human lung tissue using  $\mu$ FTIR spectroscopy. *Science of the Total Environment*, **831**, 154907.
- Kyriacos, D., 2017: *Brydson's Plastics Materials*. Butterworth-Heinemann, Oxford, 837p.
- Klein, M. and Fischer, E. K., 2019: Microplastic abundance in atmospheric deposition within the Metropolitan area of Hamburg, Germany. *Science of the Total Environment*, **685**, 96-103.
- Kyriakoude, G. and Turner, A., 2023: Suspended and deposited microplastics in the coastal atmosphere of southwest England. *Chemosphere*, **343**, 140258.
- Lithner, D., Larsson, Å. and Dave, G., 2011: Environmental and health hazard ranking and assessment of plastic polymers based on chemical composition. *Science of the Total Environment*, **409**, 3309-3324.
- Liu, K., Wu, T., Wang, X., Wang, J. and Gao, S., 2019:

- Consistent transport of terrestrial microplastics to the ocean through atmosphere. *Environmental Science & Technology*, **53**, 10612-10619.
- Li, J., Zhang, J., Ren, S., Wang, H. and Zhao, Y., 2023: Atmospheric deposition of microplastics in a rural region of North China Plain. *Science of the Total Environment*, **877**, 162947.
- Morioka, T., Tanaka, S., Yamada, Y., Mizuguchi, T. and Hashimoto, K., 2023: Quantification of microplastic by particle size down to 1.1  $\mu\text{m}$  in surface road dust in an urban city, Japan. *Environmental Pollution*, **334**, 122198.
- Nagato, E. G., Noothalapati, H., Kogumasaka, C., Miyazawa, K. and Oba, Y., 2023: Differences in microplastic degradation in the atmosphere and coastal water environment from two island nations: Japan and New Zealand. *Environmental Pollution*, **333**, 122011.
- Ono, K., Mizushima, Y., Furuya, M., Kunihisa, R., Tsuchiya, N., Fukuma, T., Iwata, A. and Matsuki, A., 2020: Direct measurement of adhesion force of individual aerosol particles by atomic force microscopy. *Atmosphere*, **11**, 489.
- Ono, K., Iwata, A., Fukuma, T., Iwamoto, Y., Hamasaki, K. and Matsuki, A., 2023: Characterization of adhesivity of organic enriched sea spray aerosols by atomic force microscopy. *Atmospheric Environment*, **294**, 119468.
- Porro, C., Lepore, S., Trotta, T., Leone, A., Di Stefano, C. and Cipriani, M., 2010: Isolation and characterization of microparticles in sputum from cystic fibrosis patients. *Respiratory Research*, **11**, 1-8.
- Pilapitiya, P. and Ratnayake, A. S., 2024: The world of plastic waste: a review. *Cleaner Materials*, **11**, 100220.
- Parashar, N. and Hait, S., 2023: Plastic rain - Atmospheric microplastics deposition in urban and peri-urban areas of Patna City, Bihar, India: Distribution, characteristics, transport, and source analysis. *Journal of Hazardous Materials*, **458**, 131883.
- Roblin, B., Ryan, M., Vreugdenhil, A., Handy, R. D. and Garvey, J. F., 2020: Ambient atmospheric deposition of anthropogenic microfibers and microplastics on the western periphery of Europe (Ireland). *Environmental Science & Technology*, **54**, 11100-11108.
- Roy, P., Mohanty, A. K. and Misra, M., 2022: Microplastics in ecosystems: their implications and mitigation pathways. *Environmental Science: Advances*, **1**, 9-29.
- Sehanobish, K., 2009: Engineering plastics and plastic composites in automotive applications. *SAE International*, **122**, 65-89.
- Stark, N. M. and Matuana, L. M., 2021: Trends in sustainable biobased packaging materials: a mini review. *Materials Today Sustainability*, **15**, 100084.
- Song, J., Wang, C. and Li, G., 2024: Defining primary and secondary microplastics: a connotation analysis. *ACS ES&T Water*, **4**, 2330-2332.
- Szewc, K., Graca, B. and Dołęga, A., 2021: Atmospheric deposition of microplastics in the coastal zone: Characteristics and relationship with meteorological factors. *Science of the Total Environment*, **761**, 143272.
- Strady, E., Kieu-Le, T. C., Tran, Q. V. and Thuong, Q. T., 2021: Microplastic in atmospheric fallouts of a developing Southeast Asian megacity under tropical climate. *Chemosphere*, **272**, 129874.
- Thushari, G. G. N. and Senevirathna, J. D. M. 2020: Plastic pollution in the marine environment. *Heliyon*, **6**, e04709.
- Tan, B. K., Ching, Y. C., Poh, S. C., Abdullah, L. C., Gan, S. N. and Rahman, N. A., 2015: A review of natural fiber reinforced poly (vinyl alcohol) based composites: application and opportunity. *Polymers*, **7**, 2205-2222.
- Tagg, A. S., Harrison, J. P., Ju-Nam, Y., Sapp, M., Bradley, E. L., Sinclair, C. J. and Ojeda, J. J., 2017: Fenton's reagent for the rapid and efficient isolation of microplastics from wastewater. *Chemical Communications*, **53**, 372-375.
- Torres-Agullo, A., Karanasiou, A., Moreno, T. and Lacorte, S., 2021: Overview on the occurrence of microplastics in air and implications from the use of face masks during the COVID-19 pandemic. *Science of the Total Environment*, **800**, 149555.
- Trainic M, Flores J M, Pinkas I, Pedrotti, M. L., Lombard, F., Bourdin, G., Gorsky, G., Boss, E., Rudich, Y., Vardi, A. and Koren, I., 2020: Airborne microplastic particles detected in the remote marine atmosphere. *Communications Earth & Environment*, **1**, 64.
- Ugoeze, K. C., Amogu, E. O., Oluigbo, K. E., Nwokedi, I. A. and Okoye, C. O. B., 2021: Environmental and public health impacts of plastic wastes due to healthcare and food products packages: a review. *Journal of Environmental Science and Public Health*, **5**, 1-31.
- Wright, S. L., Ulke, J., Font, A., Chan, K. L. A. and Kelly, F.

- J., 2020: Atmospheric microplastic deposition in an urban environment and an evaluation of transport. *Environment International*, **136**, 105411.
- Xu, J. L., Thomas, K. V., Luo, Z. and Gowen, A. A., 2019: FTIR and Raman imaging for microplastics analysis: State of the art, challenges and prospects. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, **119**, 115629.
- Xu, A., Shi, M., Xing, X., Su, Y., Li, X., Liu, W., Mao, Y., Hu, T. and Qi, S., 2022: Status and prospects of atmospheric microplastics: A review of methods, occurrence, composition, source and health risks. *Environmental Pollution*, **303**, 119173.
- Yu, H., Zhang, Y., Tan, W., Wang, J., Liu, S. and Chen, D., 2022: Microplastics as an emerging environmental pollutant in agricultural soils: effects on ecosystems and human health. *Frontiers in Environmental Science*, **10**, 855292.
- Yan, X., Chio, C., Li, H., Zhang, Y. and Wu, J., 2024: Colonization characteristics and surface effects of microplastic biofilms: implications for environmental behavior of typical pollutants. *Science of the Total Environment*, **937**, 173141.
- Yuan, Z., Pei, C., Li, H., Lin, L., Liu, S., Hou, R., Liao, R. and Xu, X., 2023: Atmospheric microplastics at a southern China metropolis: occurrence, deposition flux, exposure risk and washout effect of rainfall. *Science of the Total Environment*, **869**, 161839.
- Yang, L., Zhang, X., Xing, W. L., Zhou, Q. Y., Zhang, L. L., Wu, Q., Zhou, Z. J., Chen, R. J., Toriba, A., Hayakawa, K. and Tang, N., 2021: Yearly variation of characteristics and health risk of PM-bound polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and nitro-PAHs (NPAHs) in urban Shanghai, China. *Journal of Environmental Sciences*, **99**, 72-79.
- Zhao, B., Rehati, P., Yang, Z., Xie, L., Li, X. and Liu, Y., 2023: The potential toxicity of microplastics on human health. *Science of the Total Environment*, **912**, 168946.
- Zhang, Y., Kang, S., Allen, S., Allen, D., Gao, T. and Sillanpää, M., 2020: Atmospheric microplastics: A review on current status and perspectives. *Earth-Science Reviews*, **203**, 103118.
- Zhang, R., Jia, X., Wang, K., Lu, L., Li, F., Li, J. and Xu, L., 2023: Characteristics, sources and influencing factors of atmospheric deposition of microplastics in three different ecosystems of Beijing, China. *Science of the Total Environment*, **88**

# 金沢市の大気中におけるマイクロプラスチックの検出

王 琰<sup>1</sup>・白 芄楚<sup>1</sup>・張 璇<sup>2</sup>・張 露露<sup>3,4\*</sup>・大野耕平<sup>5</sup>  
松木 篤<sup>4</sup>・塚脇真二<sup>4</sup>・唐 寧<sup>4,6,7\*</sup>

2024年9月27日受付  
2024年11月26日受理

## 要 旨

マイクロプラスチック (MPs) は、近年になって注目されるようになった人為的汚染物質で、生態系や公衆衛生への影響の可能性が指摘されている。この研究では、MPsの沈積速度、形態学的特性、ポリマータイプ、および大気マイクロプラスチック (AMP) の気象因子の影響を、2022年7月から11月まで金沢市で調べた。金沢でのAMPの沈積速度は0.68から2.70 n/m<sup>2</sup>/dであった。また、金沢では大気沈積試料の形態学的特性には断片と繊維とが含まれることが判明した。さらに、9種類のAMPsポリマー、ポリビニルアルコール (PVA)、アイソタクチックポリプロピレン (i-PP)、ポリカーボネート (PC)、ポリエチレン (PE)、ポリ塩化ビニル (PVC)、ポリブチレンサクシネート (PBS)、ポリアミド (PA)、ポリ (エチレン-コ-酢酸ビニル) (PEVA)、アクリロニトリル-ブタジエン-スチレン樹脂 (ABS) が検出された。PCの割合が最も高かったことから、PCを主成分とする建築材料、データ保管媒体や自動車部品などは主な発生源であることがわかった。AMPsの形態学的特性とポリマータイプにもとづき、金沢市におけるAMPsの沈積は、局所的で大きなプラスチック廃棄物の一連のUV分解ならびにタイヤの機械的摩耗と化学風化をとまなう二次MPsであると推測される。また、PM<sub>2.5</sub>と同様に、AMPsと気象条件のスピアマン相関分析の結果は、風速と降水量がAMPsの卓越を促進する上で否定的な役割を果たすことを示した。

キーワード：大気マイクロプラスチック、大気汚染、大気沈着

<sup>1</sup> 金沢大学大学院医薬保健学総合研究科 〒920-1192 石川県金沢市角間町

<sup>2</sup> 独立行政法人労働者健康安全機構労働安全衛生総合研究所 〒214-8585 神奈川県川崎市多摩区長尾6-21-1

<sup>3</sup> 湖北工業大学土木建築与環境学院 〒430068 湖北省武漢市洪山区南里路28号

<sup>4</sup> 金沢大学 環日本海域環境研究センター 〒920-1192 石川県金沢市角間町

<sup>5</sup> 金沢大学大学院自然科学研究科 〒920-1192 石川県金沢市角間町

<sup>6</sup> 金沢大学医薬保健研究域 〒920-1192 石川県金沢市角間町

<sup>7</sup> 瀋陽工程学院 〒110136 遼寧省瀋陽市瀋北新区

\* 連絡著者



## 石川県小松市観音下町産の凝灰岩石材 「観音下石」に観察された表面析出物

平澤 聡<sup>1\*</sup>・塚脇真二<sup>2</sup>・福士圭介<sup>2</sup>・榎田 誠<sup>3</sup>・岡田隆司<sup>4</sup>・作本達也<sup>5</sup>

2024年9月29日受理, Received 29 September 2024  
2025年1月8日受理, Accepted 8 January 2025

### Surface Precipitates Observed on the “Kanagaso-ishi” Stone Material Tuff from the Kanagaso Stone Quarry, in Komatsu City, Ishikawa Prefecture

Satoshi HIRASAWA<sup>1\*</sup>, Shinji TSUKAWAKI<sup>2</sup>, Keisuke FUKUSHI<sup>2</sup>,  
Makoto KASHIDA<sup>3</sup>, Takashi OKADA<sup>4</sup> and Tatsuya SAKUMOTO<sup>5</sup>

#### Abstract

This article describes the surface precipitates generated on the surface of the “Kanagaso-ishi” Tuff, a pumice lapilli tuff of the Lower Miocene Akahotani Formation exposed at the site of the Kanagaso Stone Quarry in Komatsu City, in Ishikawa prefecture in central Japan. The precipitates, white frost column-like, fibrous and granular crystals on dry surfaces of the tuff, are mainly composed of sulfate minerals such as epsomite, gypsum and thernadite. These minerals precipitate extensively and in large quantities during winter. On the other hand, they reduce considerably in terms of both mass and the range of precipitation in summer. Dominant crystal morphologies of the precipitates depend on the seasons and the precipitation sites. The crystal precipitation causes salt weathering of the old quarry walls. However, the degradation of the quarry walls due to this weathering is insignificant. This research found that studying the precipitation pattern, mineral composition, and salt weathering is crucial, not only for understanding weathering processes in tuffaceous rocks of the Akahotani Formation but also for assessing the degradation of the Kanagaso Stone Quarry and other old tuff quarries in Komatsu City. It also helps to better understand how to preserve these features.

**Key Words:** surface precipitates, sulfate minerals, salt weathering, pumice lapilli tuff, Kanagaso Stone Quarry, Komatsu City

キーワード: 表面析出物, 硫酸塩鉱物, 塩類風化, 軽石火山礫凝灰岩, 観音下石切り場跡, 小松市

<sup>1</sup> 中部地質株式会社 〒921-8061 石川県金沢市森戸1-228 (Chubu Civil Technology Service, Co. Ltd., 1-228 Morito, Kanazawa, 921-8061 Japan)

<sup>2</sup> 金沢大学環日本海域環境研究センター 〒920-1192 石川県金沢市角間町 (Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University, Kakuma-machi, Kanazawa, 920-1192 Japan)

<sup>3</sup> 小松市埋蔵文化財センター 〒923-0075 石川県小松市原町ト77-8 (Komatsu City Archaeological Research Center, To 77-8 Hara-machi, Komatsu, 923-0075 Japan)

<sup>4</sup> 中部地質株式会社富山支店 〒939-8261 富山県富山市萩原549-2 (Chubu Civil Technology Service, Co. Ltd., Toyama Branch, 549-2 Hagiwara, Toyama, 939-8261 Japan)

<sup>5</sup> 株式会社ホクコク地水 〒921-8021 石川県金沢市御影町25-1 (Hokkoku Chisui, Co. Ltd., 25-1 Mikage-machi, Kanazawa, 921-8021 Japan)

\* 連絡著者 (Author for correspondence)

## I. はじめに

石川県小松市東部の<sup>かながそ</sup>観音下石切り場跡（図1, 2）において、軽石火山礫凝灰岩の表面に認められた析出物について報告する。本稿では、観察された表面析出物の特徴を明らかにした上で、今後検討を要する研究課題にも言及する。

凝灰岩など黄鉄鉱を含む岩石に雨水や地下水が浸透して蒸発すると、その表面に硫酸塩鉱物を析出させる（例えばGoudie and Viles, 1997）。この析出現象は、浸透水と岩石の構成物質の化学反応である、水-岩石相互作用（water-rock interaction）に起因する（Goudie and Viles, 1997など）。まず、岩石に浸透し

た水 $H_2O$ が黄鉄鉱（pyrite） $FeS_2$ と酸化反応すると、硫酸イオン $SO_4^{2-}$ を生成し硫酸酸性水となる（千木良, 1988；大山ほか, 1999；Beaulieu *et al.*, 2011；相川ほか, 2021）。この硫酸酸性水は、火山ガラスや長石類などの岩石構成物と反応して $Al^{3+}$ 、 $Ca^{2+}$ 、 $Na^+$ や $Mg^{2+}$ といった金属イオンを溶出させる（神山・下田, 1971；千葉ほか, 1975；関・酒井, 1987；関ほか, 1987；堀口ほか, 2000；川野・小坂, 2002；Fernández-Caliani *et al.*, 2004；相川ほか, 2021；川村・伊藤, 2021）。そして、金属イオンを含んだ硫酸酸性水が蒸発する際に、溶解度の減少とそれに伴うイオンの濃集により硫酸塩鉱物の結晶を岩石表面に生成する（神山・下田, 1971；千葉ほか, 1975；関・

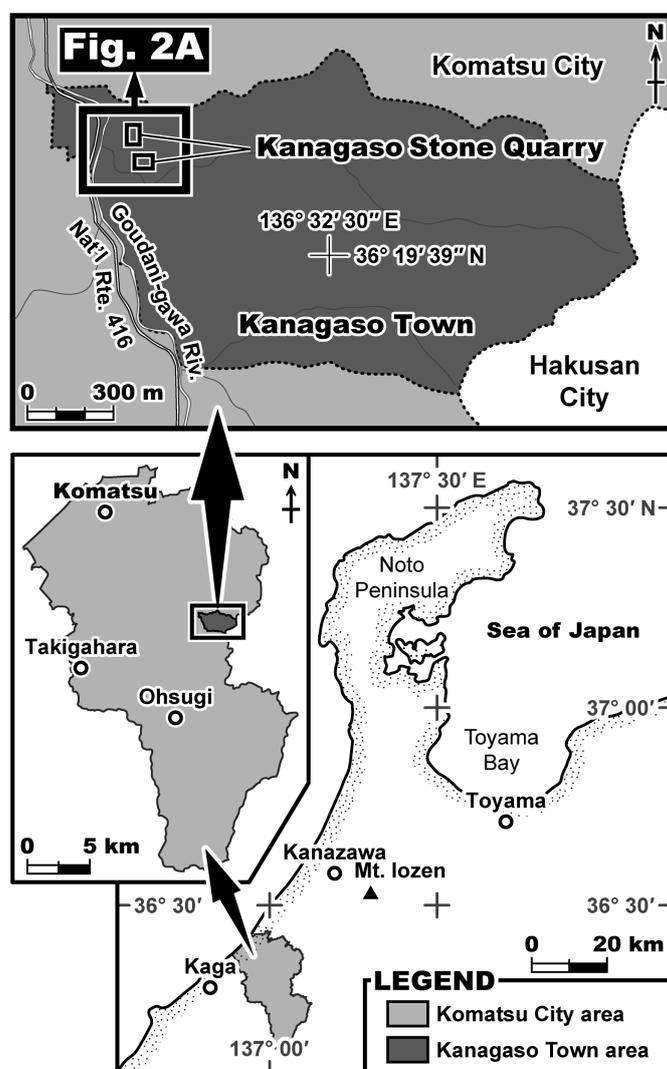
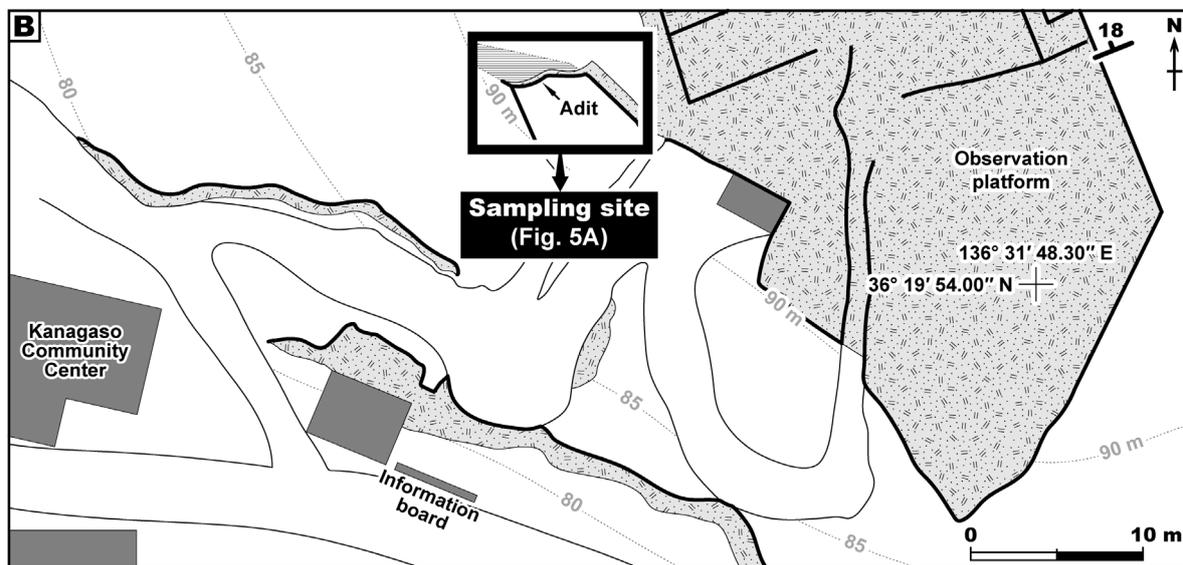
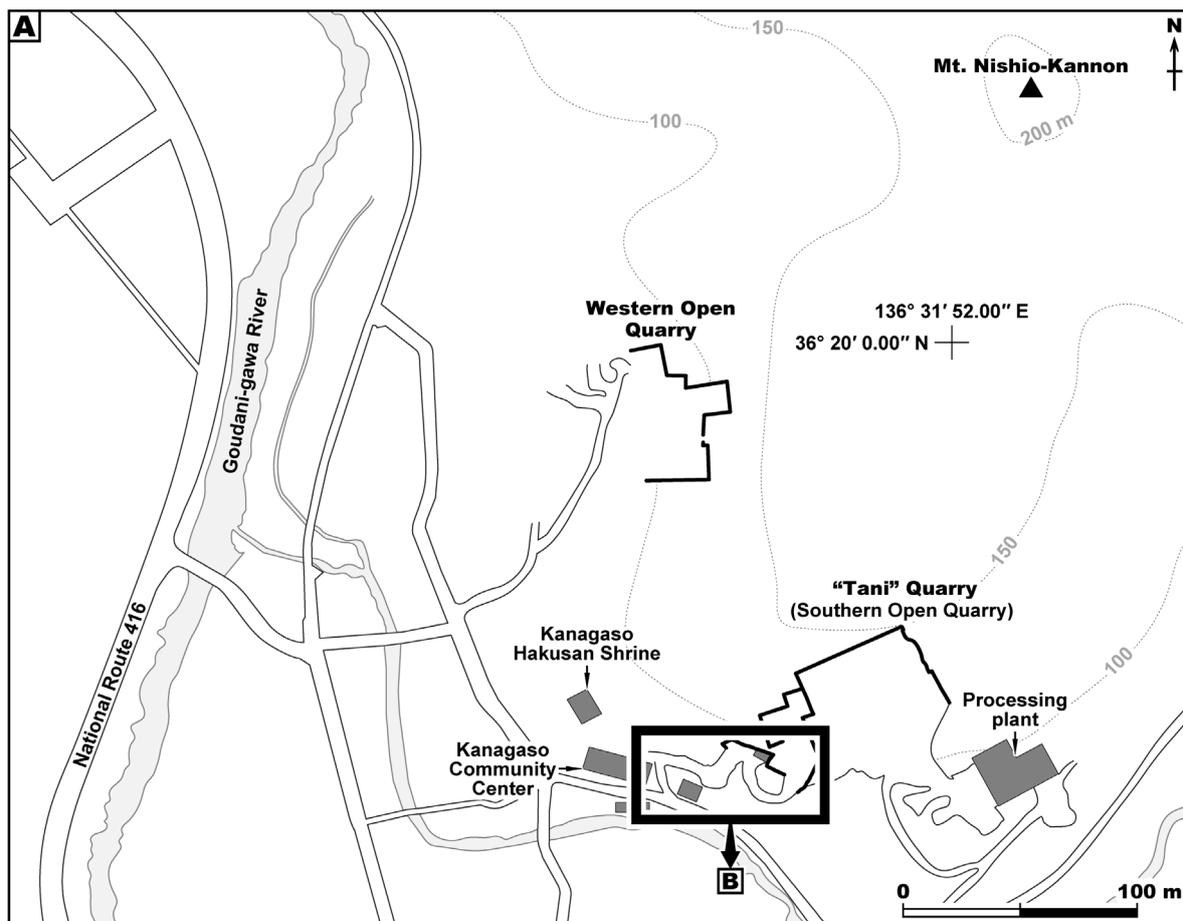


図1 観音下石切り場跡の位置（小松市東部、観音下町）。

Fig. 1 Index maps showing the locality of the Kanagaso Stone Quarry in the eastern part of Komatsu, central Japan.



**LEGEND**

- Akahotani Formation (mainly altered, light-yellowish pumice lapilli tuff characterized by porous and joint-developed lithofacies)
- Apparent strike and dip of bedding
- Contour line
- Quarry wall
- Inside area of the adit
- Building

図2 観音下石切り場跡の概略図および試料採取地のルートマップ。(A) 観音下石切り場跡の概略図。(B) 「タニ丁場」(南側露天坑)における試料採取地(図5Aも参照)。

Fig. 2 Schematics of Kanagaso Stone Quarry and route map in and around the sampling site. (A) Index map of the quarry. (B) Map of the sampling sites in “Tani Quarry” (southern open quarry). Pumice lapilli tuff of the Lower Miocene Akahotani Formation is widely cropped out.

表1 図の説明に用いた略号一覧 (図3～6).

Table 1 Abbreviations used in the Figs. 3 - 6.

略号 (Abbreviation)	説明 (Explanation)	使用した図 (Used figure)
ACG	横坑の天井 adit ceiling	図4 (Fig. 4)
ADE	横坑の坑口 adit entrance	図5 (Fig. 5)
AFC	弓状に湾曲した霜柱状結晶 arcuate frost columns-like crystals	図6 (Fig. 6)
AFF	針状の繊維状結晶 acicular form of fibrous crystal	図6 (Fig. 6)
AGC	粒状結晶の集合体 aggregate of granular crystals	図6 (Fig. 6)
AWL	横坑の坑壁 adit wall	図4 (Fig. 4)
AWS	乾燥した坑壁 arid wall surface	図3 (Fig. 3)
BFC	束状の霜柱状結晶 bundled frost columns-like crystals	図6 (Fig. 6)
BFI	束状の繊維状結晶 banded fibrous crystal	図6 (Fig. 6)
BFS	埋め戻しの土砂 backfilling sediment	図3, 5 (Figs. 3, 5)
BPT	コケ植物 bryophyte	図3 (Fig. 3)
CAF	繊維状結晶の殻状集合体 crust-like aggregation of fibrous crystals	図6 (Fig. 6)
CGL	立方体状の粒状結晶 cubic granular crystal	図6 (Fig. 6)
CRK	亀裂 crack	図3, 4, 6 (Figs. 3, 4, 6)
CSA	同心球状をなす析出物 concentric spherical aggregate of precipitates	図6 (Fig. 6)
DAF	粒状結晶の樹枝状集合体 dendritic aggregates of fibrous crystals	図6 (Fig. 6)
FAF	繊維状結晶の綿埃状集合体 fluff-like aggregate of fibrous crystals	図6 (Fig. 6)
FCC	霜柱状結晶 frost columns-like crystals	図6 (Fig. 6)
FCL	繊維状結晶 fibrous crystal	図6 (Fig. 6)
FEA	切羽の凝灰岩による吸水 flow end resulting from water absorption by tuff wall	図3 (Fig. 3)
FFT	珩長質細粒凝灰岩 felsic fine tuff	図3 (Fig. 3)
FHF	縮毛状の繊維状結晶 frizzled hair-like fibrous crystal	図6 (Fig. 6)
FOL	地衣類の断片 fragment of lichens	図4, 6 (Figs. 4, 6)
FTL	風化した凝灰岩や地衣類からなる被膜 film of weathered tuff and lichens	図6 (Fig. 6)
GCL	立方体状の粒状結晶 granular crystal	図6 (Fig. 6)
GCS	礫混じり粘土質土 gravelly clay soil	図3 (Fig. 3)
HAI	高角節理 high-angle joint	図3 (Fig. 3)
ISA	横坑の内部 inside of the adit	図3 (Fig. 3)
KHS	観音下白山神社 Kanagaso Hakusan Shrine	図3 (Fig. 3)
KTC	観音下町公民館 Kanagaso Town Community Center	図3 (Fig. 3)
LCG	地衣類の被覆 lichen covering	図3, 4, 6 (Figs. 3, 4, 6)
LCN	地衣類 lichens	図3 (Fig. 3)
LFT	岩片 lithic fragment	図3, 4, 6 (Figs. 3, 4, 6)
LP1-to-5	露天切羽面における広範な析出物生成域1～5 large precipitated areas 1-to-5 in the open pit wall	図4 (Fig. 4)
NAF	繊維状結晶のネットワーク状集合体 network-like aggregation of fibrous crystals	図6 (Fig. 6)
OCM	黄褐色の粘土状物質 ocher clayey material	図3 (Fig. 3)
OHV	オーバーハングした坑壁 overhanging wall	図3, 5 (Figs. 3, 5)
OPM	展望台 observation platform	図3 (Fig. 3)
OSA	横坑の外側 outside of adit	図3 (Fig. 3)
PA1-to-7	析出域1～7(図5参照) precipitated areas 1-to-7 (see figure 5)	図3, 4, 6 (Figs. 3, 4, 6)
PLP	軽石の溶脱による空隙(溶脱痕) pore of leached pumice	図3 (Fig. 3)
PLT	植物(シダ類など) plants (such as ferns)	図3 (Fig. 3)
PPT	石材加工場 processing plant	図3 (Fig. 3)
PTS	析出物 precipitates	図3, 6 (Figs. 3, 6)
PUM	軽石 pumice	図3 (Fig. 3)
THD	手掘り痕 trace of hand digging	図3 (Fig. 3)
TRC	細粒凝灰岩の偽礫 fine tuff rip-up clast	図3 (Fig. 3)
TWF	流水の痕跡(枯死した藻類により暗色化した部分) trace of water flowing (wall surface darkly stained by withered algae)	図3, 4 (Figs. 3, 4)
UWD	層序学的上位 upward direction	図3 (Fig. 3)
WDC	クモの巣網に付着した水滴 water droplet on cobwebs	図3 (Fig. 3)
WEG	亀裂や節理からの湧水 water exuding from cracks or joints	図3～5 (Figs. 3-to-5)
WIS	水の浸透した坑壁 water infiltrating wall surface	図3 (Fig. 3)
WPT	灰色の凝灰岩風化生成物 gray weathering product of tuff	図3 (Fig. 3)

酒井, 1987; 朽津・尾崎, 1999; 大山ほか, 1999; 高屋ほか, 2011)。また, 硫酸塩の析出現象は結晶生成時の膨張圧などによって岩石を脆化して表面から徐々に崩壊させる, 塩類風化salt weatheringという物理的風化作用を惹起する (Goudie, 1986; Winkler, 1994; Goudie and Viles, 1997)。降水や地下水の浸透に起因する析出現象の特性上, 塩類風化は石造文化財を継続的に劣化させるため, その保護や修復を行う上での大きな課題となっている (Winkler, 1994; 朽津・尾崎, 1999; 川野・小坂, 2002; 高屋ほか, 2011)。

本邦の凝灰質岩における硫酸塩析出現象とそれに伴う石造文化財の被害は, 関東地方の中～上部新生界, 例えば三浦層群や上総層群の分布域で数多く報告されている (千葉ほか, 1975など)。しかし, 凝灰質岩の表面に生じた塩類や塩類風化の事例は, 小松市を含む日本海側ではこれまでほとんど知られていなかった。

小松市の観音下石切り場跡は, かつて全国的に流通した凝灰岩石材「観音下石」の旧採石現場であり, 2016年に文化庁から認定された日本遺産『珠玉と歩む物語』小松～時の流れの中で磨き上げた石の文化～を構成する産業遺産にも含まれている (檜田, 2016, 2019; 日本遺産プロジェクト編, 2017; 小松市埋蔵文化財センター, 2021)。著者らは, この石切り場跡で岩石表面に析出した塩類の結晶を2019年12月10日に初めて確認した。それ以後, 不定期であるが計6回 (2020年8月11日, 2021年12月17・20日, 2024年1月13日・2月3日・6月29日) にわたって石切り場跡の現地調査を実施した。現地では析出物の消長パターン, 産状, 結晶形態および塩類風化状況のほか, 石切り場内にみられる岩相や湧水状況などの生成環境にも注目して調査を行った。さらに, 粉末X線回折装置による析出物の結晶構造解析を行い, 構成鉱物種を同定した。表1に図の説明に用いた略号を示す。

## II. 地質概説

小松市域には, 前期中新世のグリーンタフ変動期に形成された火山岩類や火山砕屑岩類が広く分布する (藪部, 1939; 鮎野, 1993; 鹿野ほか, 1999; 小松市埋蔵文化財センター, 2021)。これらの下部中

新統は, 下位より, 安山岩溶岩やその火山砕屑岩類からなる岩稲層) および医王山層に対比される流紋岩溶岩とその火山砕屑岩類からなり, 基盤岩類である中生界の飛騨花崗岩類や手取層群を不整合に被覆する (鮎野, 1993; 鹿野ほか, 1999; 中嶋ほか, 2019; 小松市埋蔵文化財センター, 2021)。

調査した観音下町北西部を含む小松市の丘陵地域には, 医王山層相当層の下部中新統赤穂谷層 (富井ほか, 2002) が広範に分布する (塚脇ほか, 2021; 小松市埋蔵文化財センター, 2021)。赤穂谷層は流紋岩質の火山礫凝灰岩を主岩相とし, 流紋岩の溶岩や貫入岩をともなう (富井ほか, 2002; 塚脇・陰地, 2008; 塚脇ほか, 2021; 小松市埋蔵文化財センター, 2021)。

観音下石切り場跡は, 赤穂谷層の下部をなす凝灰岩類の分布域内にあり, 2000年代初頭まで「観音下石」と呼称される凝灰岩石材を採掘していた (小松市埋蔵文化財センター, 2021)。「観音下石」は, 淘汰不良かつ塊状の軽石火山礫凝灰岩を主体とし, 細粒凝灰岩を頻繁に挟む珪長質火山砕屑岩である (小松市埋蔵文化財センター, 2021; 平澤ほか, 2023)。また, 一般に淡緑～灰白色を示す赤穂谷層の火山砕屑岩とは異なり, 「観音下石」は特徴的な淡黄褐～黄色を呈する (檜田, 2016, 2019; 小松市埋蔵文化財センター, 2021)。

「観音下石」の主体をなす軽石火山礫凝灰岩は, 軽石 (最大径40 mm程度) や火山ガラスおよびこれらの変質した粘土鉱物に富むほか, 石英, 斜長石, 角閃石, 不透明鉱物といった粒径1 mm未満の造岩鉱物をごくわずかに包含する (小松市埋蔵文化財センター, 2021; 表2)。さらに, 澤崎ほか (1993, p. 154) は観音下石切り場産の「淡黄～淡黄褐色を呈する流紋岩質凝灰岩」から熱水変質作用を示唆する, モルデン沸石と斜プチロル沸石を報告している。

強く風化した軽石火山礫凝灰岩では, 変質した軽石の溶脱により多数の空隙が形成される (小松市埋蔵文化財センター, 2021; 平澤ほか, 2023)。空隙は孔径3.75 mm以下の微小なものでも, 二次生成鉱物などで充填されていない (小松市埋蔵文化財センター, 2021)。このため, 風化の進んだ軽石火山礫凝灰岩はきわめて多孔質 (空隙率約46%) であり, 吸水性 (吸水率約30%) を有する (澤崎ほか, 1993; 小松市埋蔵文化財センター, 2021; 表2)。

表2 「観音下石」の記載岩石学的特徴（小松市埋蔵文化財センター，2021を編集）。

Table 2 Petrographic character of "Kanagaso-ishi" Tuff (altered felsic lapilli tuff). Modified after the Komatsu City Archaeological Research Center (2021).

Rock-forming minerals		
quartz	particle size ≤ 0.41 mm, anhedral or fragmented crystals, with embayments.	VR
plagioclase	particle size ≤ 0.90 mm, subhedral to anhedral or fragmented crystals, polysynthetic twins developed.	VR
amphibole	particle size ≤ 0.95 mm, subhedral or elongated columnar euhedral.	VR
opaque minerals	particle size ≤ 0.39 mm, anhedral, granular to indeterminate forms.	VR
Matrix		
clay minerals	particle size ≤ 0.003 mm, replacing pumice and volcanic glass.	A
Pyroclastic fragments		
pumice	particle size ≤ 4.25 mm, altered, subangular, fibrous texture with pores.	C
volcanic glass	particle size: 0.04-1.00 mm, altered, bubble wall fragments or indeterminate form.	A
Others		
pore	size ≤ 3.75 mm, indeterminate form, filled with no minerals.	C

A, abundant (>50 %); C, common (20-50 %); VR, very rare (<1 %).

### Ⅲ. 観音下石切り場跡および試料採取地

#### 1) 観音下石切り場跡

観音下石切り場跡は、小松市観音下町の西端部にある西尾観音山（標高210 m）の南稜に位置し、その南端部および西側山腹を掘削した2箇所の主要な露天坑から構成される（図1, 2A）。いずれも掘削幅70 m以上、露天切羽（採掘跡残壁）高さ40 mを越える規模であり、小松市における大規模かつ代表的な石切り場跡の1つである（小松市埋蔵文化財センター，2021）。この石切り場では、1910年代初期から2018年まで凝灰岩類が石材として採掘されていた（樫田，2016，2019；小松市埋蔵文化財センター，2021）。閉山後も山稜南端部の露天坑（樫田，2016，2019の「タニ丁場」：図2B, 3A）では、案内板や展望台が設置されるなど見学場所として整備され、教育や観光のために再活用されている（日本遺産プロジェクト編，2017；小松市埋蔵文化財センター，2021）。

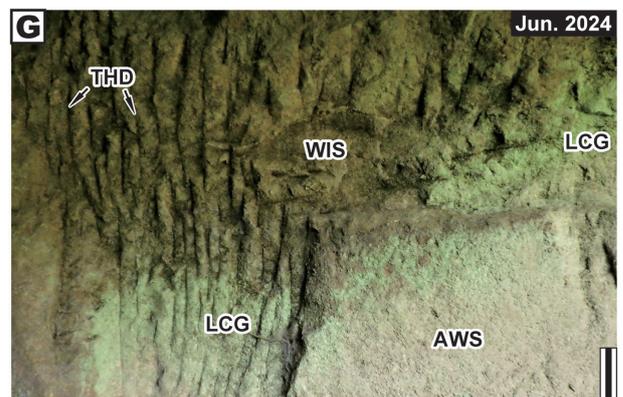
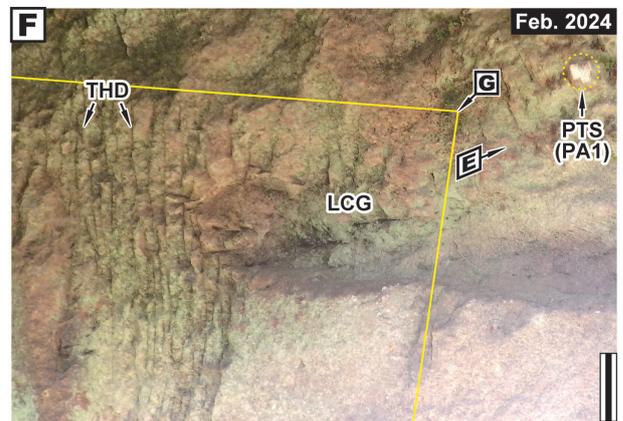
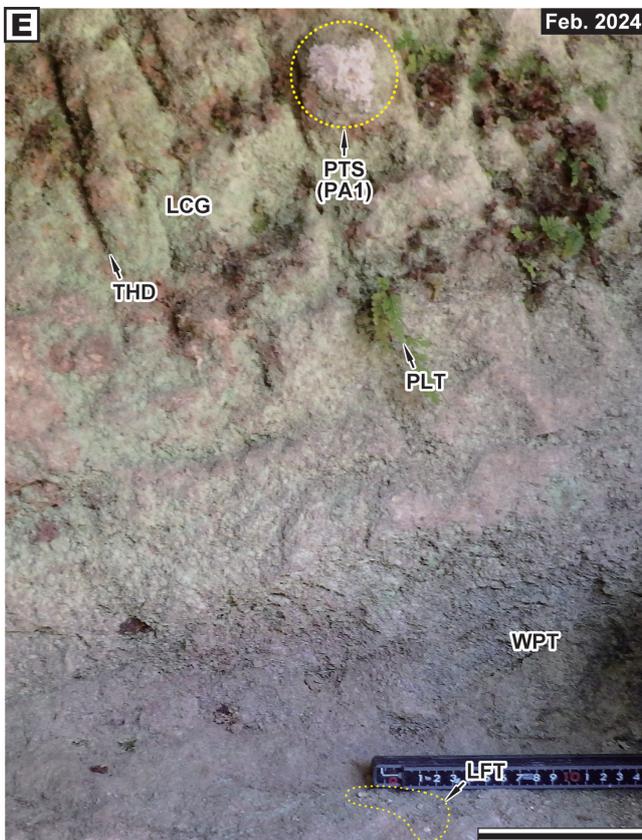
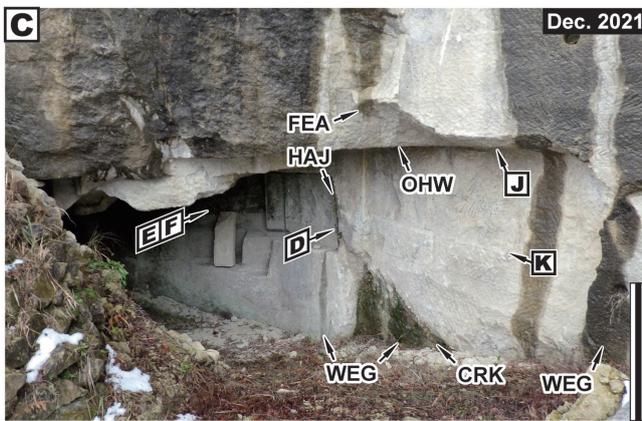
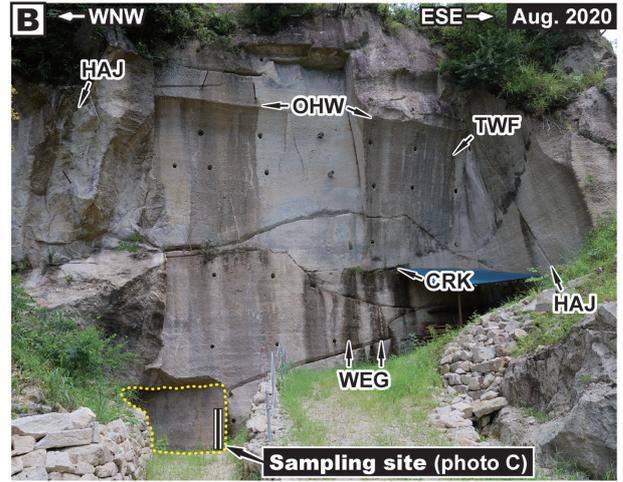
採掘された凝灰岩類は、建材や装飾用の石材「観音下石」（別名「日華石」または「千歳石K号」と呼ばれ大正期から昭和期にかけて全国的に流通した（樫田，2016，2019）。「観音下石」は淡黄褐～黄色の独特な色調と変化に富んだ外見を呈し、耐火性や耐湿性にも優れるとされたことから、一般住宅のみならず国会議事堂といった近代建築物のほか、復原された平城京第二次大極殿にも利用された（近藤，1926；樫田，2016，2019；日本遺産プロジェクト編，2017；小松市埋蔵文化財センター，2021）。

#### 2) 析出物の生成場所

析出物の生成場所は、「タニ丁場」の西側にある小規模な露天坑とその切羽下部に掘られた横坑（水平坑道）である（図2B, 3～5）。観音下町により設置された案内版には、これらの露天坑と横坑はそれぞれ「古丁場跡」および「横堀丁場」と表記されている（2023年8月確認；なお「横堀丁場」は立ち入り禁止区域である）。析出物の生成場所とその周辺では、採掘により赤穂谷層の軽石火山礫凝灰岩が広範囲に露出している（図2B, 3A）。

「古丁場跡」の露天切羽は北西－南東走向で南に面しており、上部で緩やかにオーバーハングする（図3B）。露天切羽には、ほぼ水平から垂直に近い傾斜の節理や亀裂が多く認められる（図3B～D）。これらの不連続面から浸透水が通年にわたって滲出しており、切羽面を流下している（図3B, C）。また、降雨や降雪により山腹表層から浸透した水が間欠的に露天切羽を流れ下る（図3C）。降水時に流路となる箇所には、垂直な帯状に分布した暗褐色の藻類ないしバクテリアマットが認められる（図3B）。切羽を流れる水は、壁面の途中で岩石に吸収されて地表まで到達しないこともある（図3C）。「横堀丁場」坑口直前の切羽は庇状にオーバーハングしているため、降水時でも乾燥状態を保つ（図3C）。乾燥した坑口直前の切羽には、植物や地衣類などの着生がほとんど認められない（図3D）。

「横堀丁場」は「古丁場跡」北西側の切羽下部から西北西方向に掘削された高さ3.0 m未満、最大幅4.0 m程度の手掘りの横坑である（図2B, 3B, C）。坑奥側を土砂で埋め戻されているため、現存する坑道は



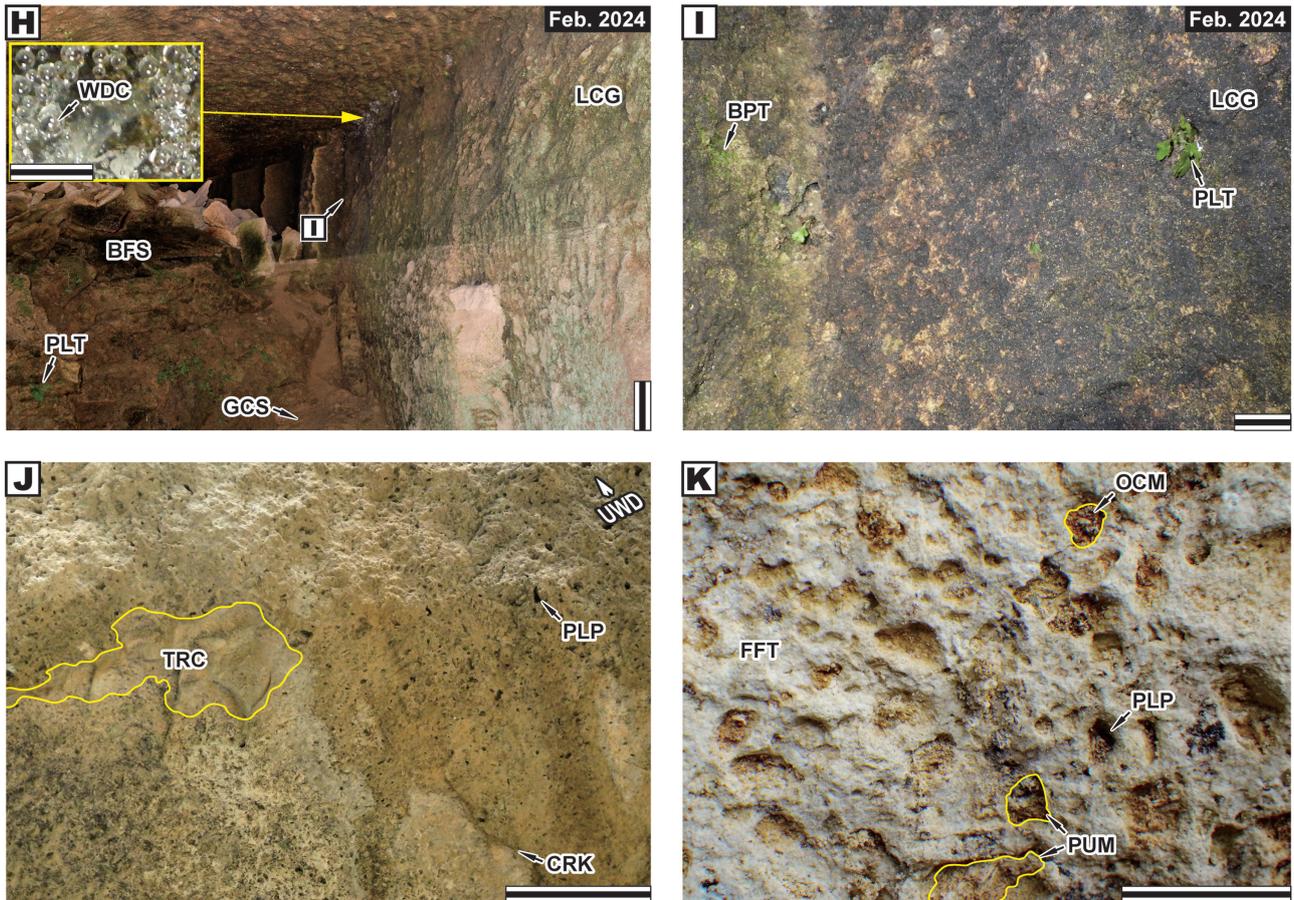


図3 「タニ丁場」西部の試料採取地の概況。(A)「タニ丁場」の全景。(B) 試料採取地における露天掘り切羽。湧水をともなう不連続面が認められる。(C) 試料を採取した横坑の坑口周辺の状況。(D) 横坑の坑口前後の坑壁表面。坑壁表面は乾燥している。(E～G) 横坑坑壁の状態。凝灰岩の風化生成物と地衣類に覆われており、明瞭な手掘り痕も認められる。(E, F) 析出物の生じた冬の乾燥した坑壁。析出箇所直下には崩落物がほとんど堆積していない。(G) 夏期における坑壁。表面が広範囲にわたって湿っている。(H, I) 横坑坑奥部の状態。地衣類やコケ植物で広く覆われており結露した箇所もみられる。(J, K)「観音下石」の岩相。表面にみられる空隙は軽石の溶脱痕である。(J) 多孔質の軽石火山礫凝灰岩。典型的な「観音下石」の特徴を示す。(K) 軽石火山礫凝灰岩を構成する軽石および珪長質細粒凝灰岩。スケールバーの長さはそれぞれ2 m (B, C), 50 cm (D), 10 cm (E～H, J) および 1 cm (Hの黄線枠内, I, K) である。

Fig. 3 Overview of the sampling site in the western part of "Tani Quarry". (A) Panorama view of "Tani Quarry". (B) Open-pit wall at the sampling site. Water from cracks or high-angle joints is recognized at the overhanging wall. (C) Walls of the open-pit and adit precipitates were sampled. (D) The surface condition of the wall in and outside the adit. The wall surfaces are dry. (E-G) Adit wall thinly covered with a weathered product of tuff and lichens. Traces of hand digging are preserved on the wall. (E, F) Dry adit wall with the precipitates in the winter season. No significant accumulation of lithic fragments just below the precipitated area. (G) Wet condition of the adit wall in the summer season. (H, I) Deep inside of the adit. Lichens, bryophytes and dewing are recognized on the wall. (J, K) Lithofacies of "Kanagaso-ishi Tuff". Pores observed on the rock surfaces due to leaching out of pumice clasts. (J) Porous pumice lapilli tuff displaying typical lithofacies of "Kanagaso-ishi Tuff". (K) Pumice clasts and matrix of felsic fine tuff consisting of the lapilli tuff. Scale bars equal 2 m (B, C), 50 cm (D), 10 cm (E-H, J) and 1 cm (within the rectangle of H, I, K).

坑口から奥行6 mほどの区間までとなっている(図2B)。湧水の発生しうる不連続面付近を除くと、坑口から約2.5 mまでの横坑坑壁面は通年にわたり乾燥しており、冬期に析出物を生じる(図3C~F)。析出物生成域より坑奥側の坑壁面は、冬期に乾燥しているが夏期になると湿潤状態となる(図3F, G)。坑道最奥部では、冬期でも坑壁面が湿っており乾燥することはない(図3H, I)。坑壁面は灰色粉状を呈する岩石の風化生成物や、淡緑色あるいは暗紫~黒色の地衣類およびコケ植物で薄く覆われている(図3E~I)。また、節理の間隙や手掘り痕など坑壁面の凹部には、シダ類などの植物が着生している(図3D, E, I)。横坑の天井は、坑口直後では乾燥しているが、坑奥側ほど湿潤となり着生生物に被覆される(図3H)。横坑の床面は、水を含んだ礫混じりの粘土質土で覆われている(図3H)。

「古丁場跡」および「横掘り場」の坑壁には、塊状の軽石火山礫凝灰岩が露出している(図3J, K)。軽石火山礫凝灰岩は、淡黄灰~灰白色を呈する珪長質細粒凝灰岩の基質と、これに支持された淘汰不良の軽石(粒径数mm~3cm程度)からなり(図3K)、稀に基質と同じ細粒凝灰岩の偽礫(最大長20cmほど)を包含する(図3J)。また、軽石火山礫凝灰岩には本質礫や異質礫のほか大型化石も認められない。軽石は繊維状に発泡した組織を残すものもあるが、ほとんどの場合、変質と強風化により黄褐色の粘土状物質に変化しているか、あるいは溶脱して空隙を形成している(図3K)。軽石の溶脱が著しい場合、ほぼ細粒凝灰岩の基質のみから構成された多孔質凝灰岩となる(図3J)。基質をなす細粒凝灰岩は粘土鉱物に富んでおり、淘汰不良の無色鉱物粒子や珪長質火山岩片など散在的に含む。

#### IV. 析出物の産状および結晶形態

観音下石切り場跡で観察される析出物は、生成する場所や季節ごとにそれぞれ特有の産状と結晶形態を示す(図4~6)。析出物は「古丁場跡」の露天切羽と「横掘り場」の坑壁面に生成する(図3B, 5A)。ただし、横坑内における析出は坑口付近に限られており、坑奥側では確認されない(図5B, C)。析出物の生成範囲や生成量は、季節によって大きく異なることに加えて経年的にも変化する(図4)。ま

た、析出物は多様な形態の結晶集合体として生成するが、基本的に霜柱状、繊維状および粒子状をなす3種類の結晶から構成される(図6)。

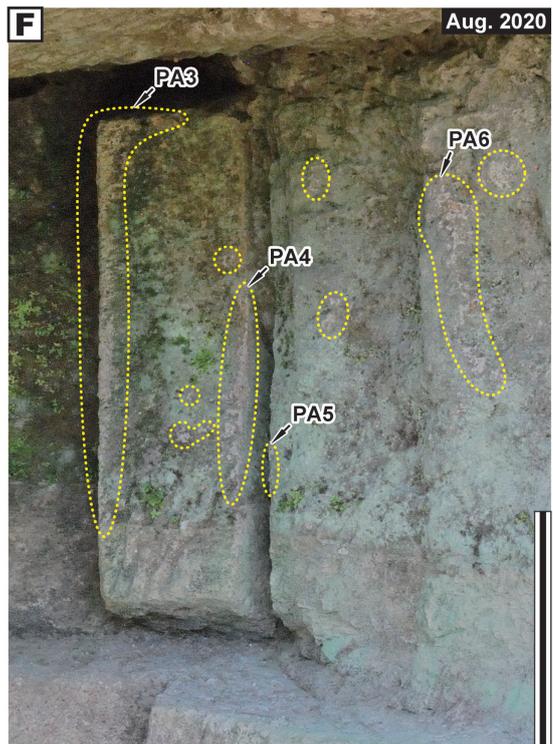
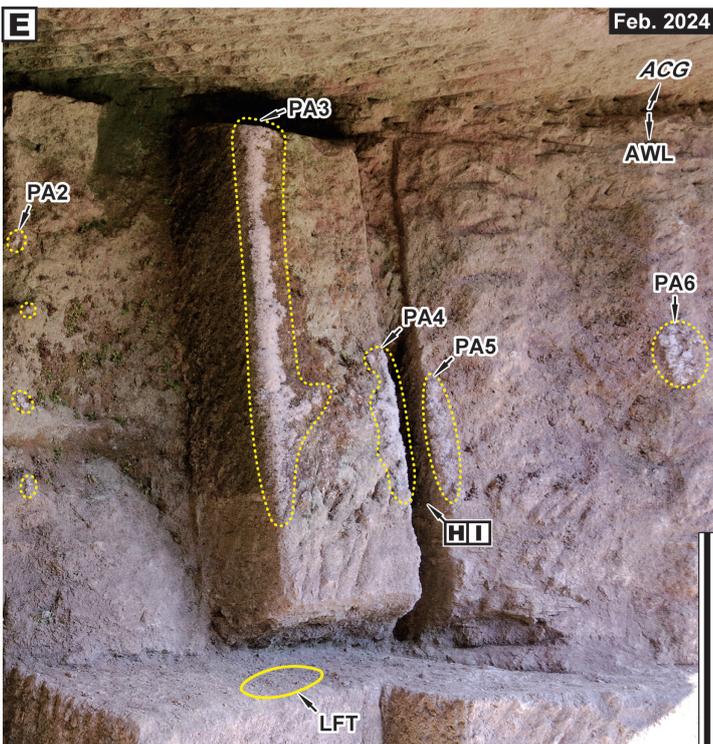
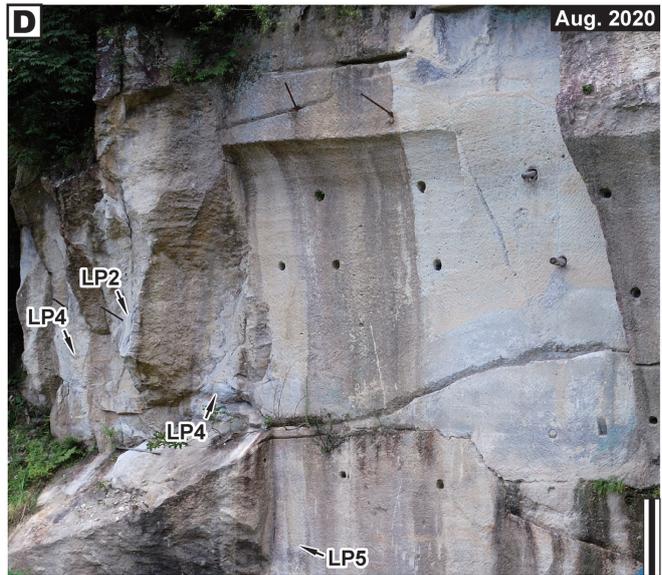
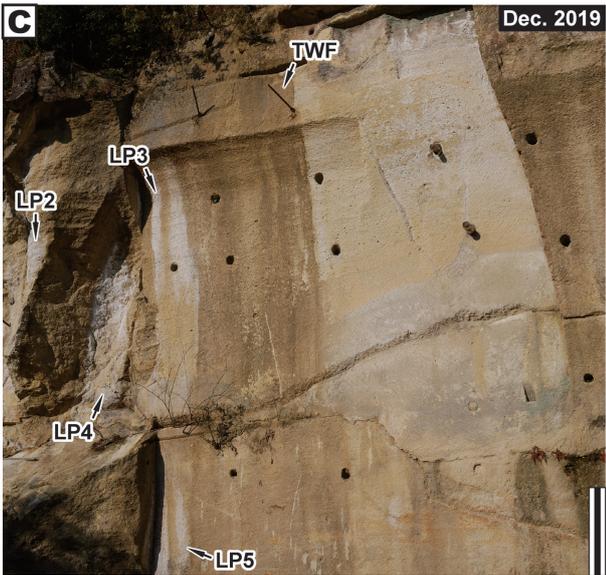
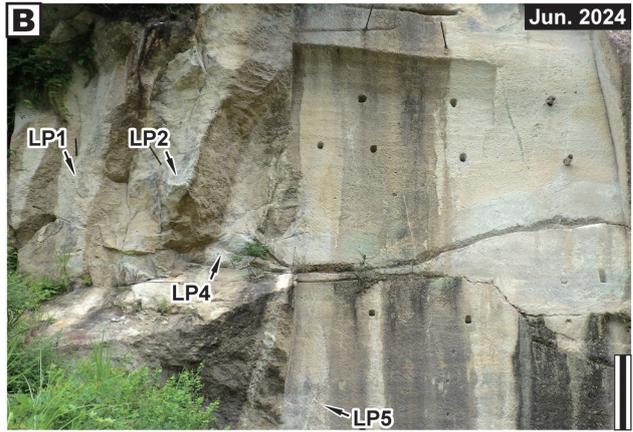
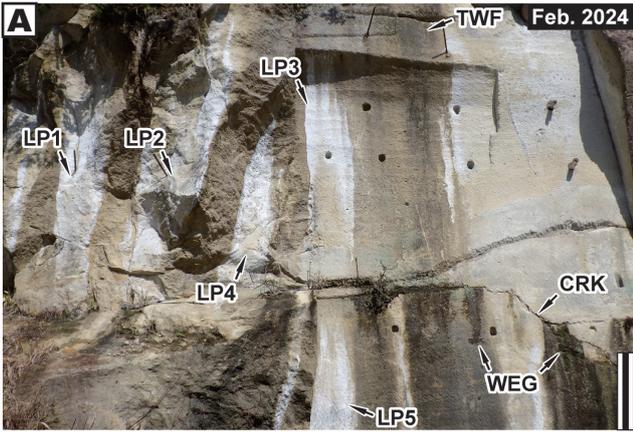
本章では、析出物の生成箇所、生成時期、結晶集合体およびその構成結晶の形態について詳述する。なお、露天切羽に生成する析出物に関しては、接近して観察できた地表付近の結晶のみを対象とする。

##### 1) 析出物の生成域

析出物は露天切羽および横坑坑壁において、高さ1.5 m以上かつ恒常的に乾燥した部分に肉眼で認識可能な規模の結晶集合体として生成する(図5B, C)。露天切羽の析出物は、一般に1 m<sup>2</sup>以上の広範囲に生成する(図4A)。ただし、同一生成域内でも結晶の析出は一様ではなく不均一である(図4A~D)。析出物は露天切羽の流水している箇所と、降水時に水の流れる部分(帯状の暗褐色部)には析出しない(図4A~D)。地面付近に析出することもあるが、切羽高さ1.5 m以上の箇所にみられるものほど明瞭な結晶集合体は形成されない。

横坑内の析出物は、1箇所当たり数cm<sup>2</sup>~数10cm<sup>2</sup>程度と露天切羽に比べて非常に狭隘な範囲にしか生成しない(図4E~J)。しかし、露天切羽と異なり1つの生成域では比較的均一に析出する(図4G~J)。結晶の析出は、坑口から坑内側約2.5 mまでの区間において坑壁面の特定箇所に限られている(図4E, F, 5)。この区間では軽石火山礫凝灰岩の露出部だけではなく、地衣類に被覆された箇所にも結晶が生成する(図4G~J)。横坑の天井や湿った粘土質土の堆積した床面付近の坑壁では、坑口直後の乾燥箇所にも析出物は認められない(図4E, F, 5B)。年間を通じて湿潤状態の保たれた坑奥部(坑口から2.5 m以遠)では、坑壁面の乾湿状態に関わらず析出物が認められない(図3F, H, I, 5C)。

析出物を構成する結晶の種類も生成域によって異なる。霜柱状と粒子状結晶は横坑内だけにみられる(図5A, 6H~K, M, N)。しかし、繊維状結晶は横坑内外ともに観察される(図5A, 6H~L)。つまり、横坑内では3種類すべての結晶を含む析出物を生じうるが、露天切羽では繊維状結晶のみから構成された析出物となる。



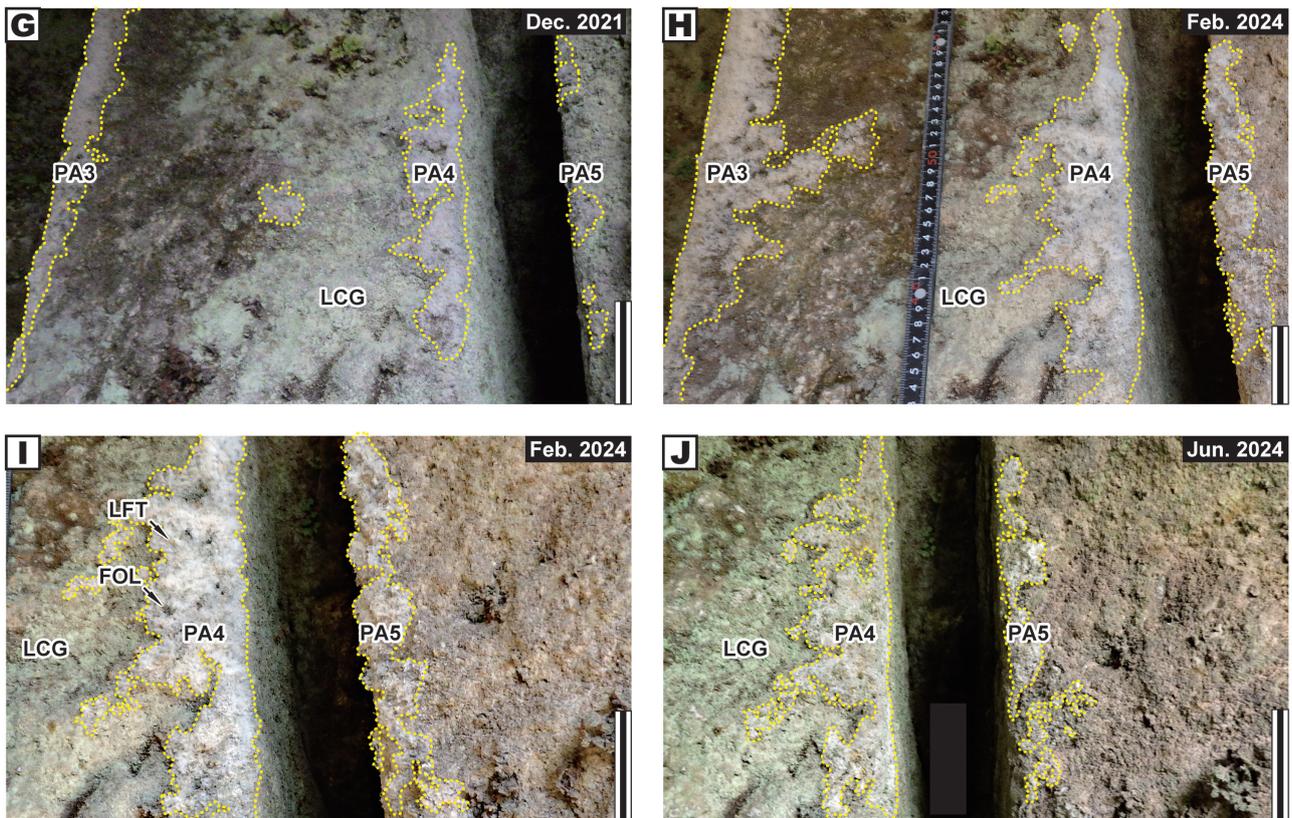


図4 季節的・周年的な変化を示す析出物の産状。(A～D) 露天切羽における析出状況。(A) 2024年冬期の析出状況。析出物は広範囲に生成している。(B) 2024年夏期の析出状況。生成域は同年冬期に比べ非常に狭い。(C) 2019年冬期の析出状況。(D) 2020年夏期の析出状況。(E, F) 横坑の坑壁面における析出物の産状。析出物は不定形状、点状あるいは線状に生成する。(G～J) 横坑の同一箇所における析出物の生成範囲(破線で囲んだ部分)。(G, H) 2021年および2024年の冬期の産状。2024年の析出範囲は2021年よりも拡大している。(I, J) 2024年の冬期および夏期に観察された産状。夏期の析出範囲は冬期に比べ縮小している。スケールバーの長さはそれぞれ2 m (A～D)、50 cm (E, F) および5 cm (G～J) である。

Fig. 4 Annual and seasonal changes observed in the occurrence of the precipitates. (A-D) Precipitate conditions in the open-pit wall. (A) Precipitation in winter 2024. The precipitates formed in large areas. (B) Precipitation in summer 2024. Precipitated areas were narrower than those in winter 2024. (C) Precipitation in winter 2019. (D) Precipitation in summer 2020. (E, F) Occurrence of the precipitates on the adit wall. They are indeterminate, spot-and narrow band-like aggregates on particular areas of the wall. (G-J) Comparison of the precipitation ranges (within the yellow dashed lines) at the same area in the adit. (G, H) Occurrence observed in the winter of 2021 and 2024. The precipitation range in 2024 is larger than that in 2021. (I, J) Occurrence was observed in the winter and summer of 2024. Scale bars equal 2 m (A-D), 50 cm (E, F) and 5 cm (G-J).

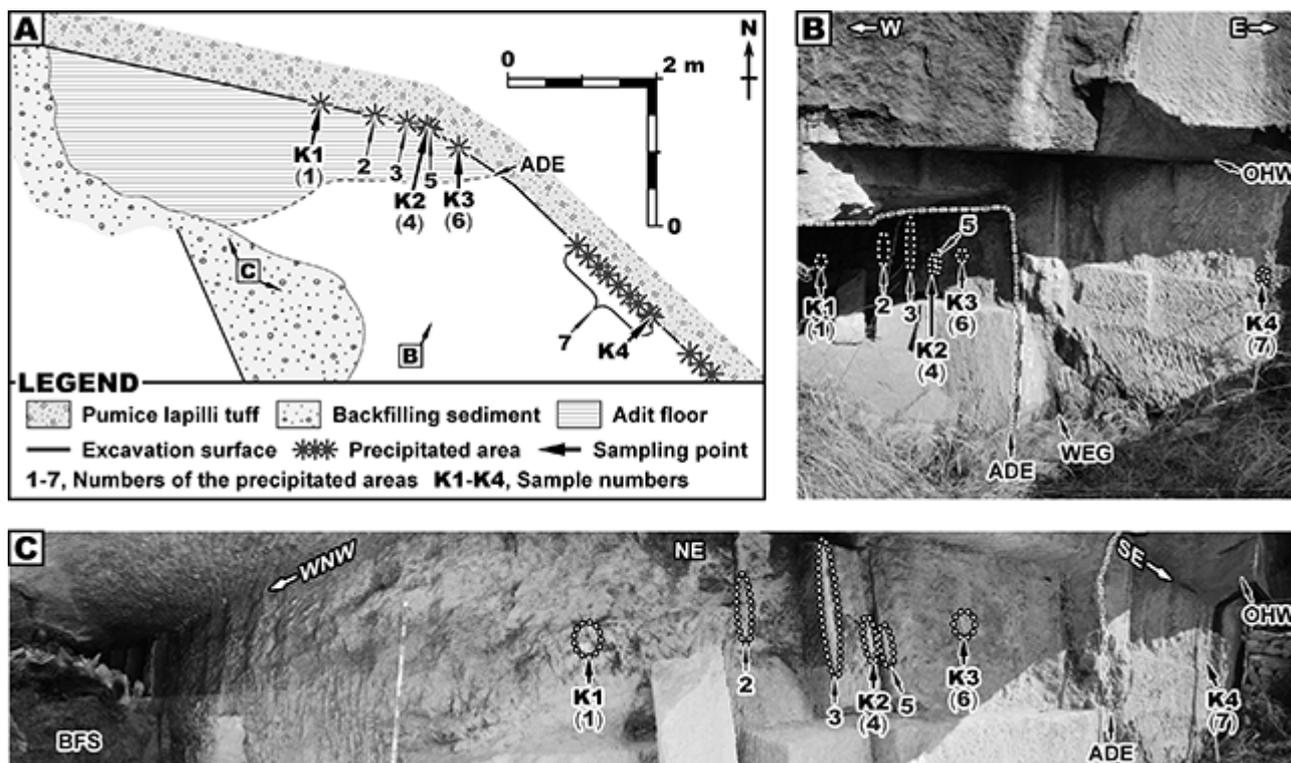


図5 析出物の生成域および試料採取箇所（2024年2月3日）。（A）析出物の生成域と採取箇所を示す横坑平面図。（B, C）横坑の外側（B）および内側（C）の採取箇所。

Fig. 5 Precipitated areas and sampling points in the adit (February 3, 2024). (A) Schematic map of the adit indicating the precipitated areas and sampling points. (B, C) Inside (B) and outside (C) of the adit.

## 2) 析出物の分布形状

析出物は露天切羽と横坑内でそれぞれ特徴的な分布形状を呈する（図4）。

露天切羽の析出物は面的な産状を示すが、流水箇所や流路部分には生成しないため、水平方向への拡大を制限された帯状の分布域を形成しやすい（図4A）。

横坑内の析出物は点状、線状あるいは不定形状の分布をなすが、垂直方向に連続的あるいは不連続的に配列して生成する傾向をもつ（図4E, F）。横坑内での結晶析出は局所的であり、露天切羽のように坑壁を覆う面的な産状は認められない（図4E~J）。

## 3) 析出現象にみられる季節性および周年変化

観音下石切り場跡の析出物における生成量、生成範囲、構成結晶の種類および生成量比は、それぞれ季節的あるいは周年的に変化する。

横坑の内外に関わらず、析出物は同年内の同一箇所において夏期よりも冬期に広範囲かつ多量に生成する（図4A, B, I, J）。夏期には析出物を全く確

認できなかった箇所であっても、その年の冬期になると結晶が析出する箇所もある。これが生成量にみられる季節性であり、周年的に変化せず毎年同じ増減傾向を繰り返す。

析出物の生成範囲は年によって変化し、同じ季節や析出箇所であっても周年的に拡大・縮小する。例えば、2024年冬期における露天切羽の析出物は、2019年冬期と同一箇所に生成したが全体としてより広範な分布を示した（図4A, C）。また、2024年夏期に露天切羽にみられた析出物の生成域は、2020年夏期の同一箇所で観察された範囲よりもやや縮小していた（図4B, D）。横坑内では、2021年の冬期と比較すると、2024年冬期の生成域は明らかに拡大していた（図4G, H）。

析出した結晶集合体は、冬期と夏期では異なった形態の結晶から構成される。霜柱状および繊維状の結晶は冬期に限り観察される（図6H~L）。一方、粒子状結晶は冬期・夏期ともに認められる（図6H~K, M, N）。したがって、冬期には3種類の結晶が1箇所の析出物に共産しうる（図6H~K）。構成結

晶の形態と季節との関係も、生成量の季節性と同様に周期的に変化しない。

析出物を構成する各結晶の割合は、同一箇所でも季節や年ごとに変化する。例えば、生成域4（図5）で観察された析出物は、2024年の冬期では霜柱状および繊維状結晶を主体としていたが、同年夏期には粒子状結晶のみで構成されていた（図6K, M）。さらに、同生成域の析出物に関しては、2021年の冬期では霜柱状結晶に富んでいたが、2024年冬期ではむしろ繊維状結晶を主構成要素としていた（図6J, K）。また、一般傾向として冬期の析出物に含まれる粒子状結晶は、霜柱状あるいは繊維状の結晶に比してきわめて少量である（図6H~K）。すなわち、冬期に粒子状結晶を主構成要素とする析出物は生成しない。

#### 4) 結晶集合体の形態

結晶集合体は、季節および析出する箇所ごとに多様な形態を示す（図6）。

冬期に析出する結晶集合体の形態は、露天切羽と横坑でそれぞれ異なる。露天切羽の析出物は、壁面を不均一に覆う皮膜状あるいは皮殻状といった平面的な結晶集合体を形成する（図6E）。一方、横坑内の析出物は房状や綿毛状など、立体的な形態の結晶集合体として生成する（図6A~D）。

夏期の横坑内で観察される結晶集合体は、疎らに析出した結晶からなる不均一な薄膜状や薄い皮殻状の単純な形態であり、冬期の露天坑に析出するものに類似する（図6F, G）。

#### 5) 析出物を構成する結晶

析出物は様々な形態をなすが、基本的に白色~半透明でガラス光沢をもつ霜柱状、繊維状および粒子状の結晶を構成要素とする結晶集合体である（図6H~N）。析出物の形態にみられる多様性は、これらの大きさや含まれている割合および同じ形態の結晶からなる小集合体の有無に起因する。例えば、房状（図6C）と冬期にみられる皮膜状ないし皮殻状（図6E, L）の析出物はともに繊維状結晶を主体とするが、それぞれ結晶の密集度と長さが異なる。すなわち、房状の析出物は皮膜状や皮殻状のそれらに比べて長大で疎生した繊維状結晶から構成される（図6C, L）。綿毛状の析出物では、霜柱状と繊維状の

結晶が卓越する（図6D, H~K）。皮殻状の析出物は、露天切羽において繊維状結晶の密集した結晶集合体であるが、横坑内のもものでは粒子状結晶とその小集合体から形成される（図6L, N）。

##### 5-1) 霜柱状結晶

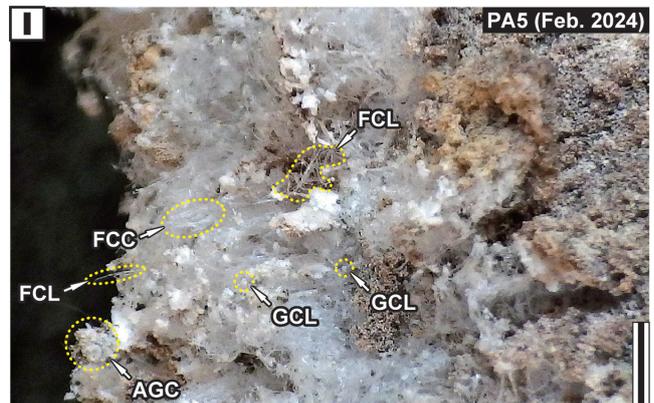
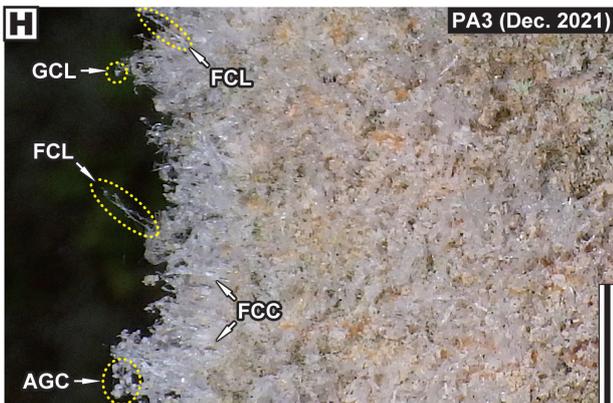
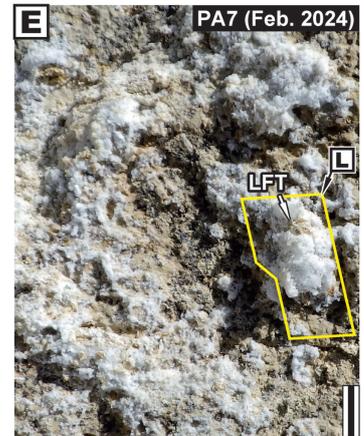
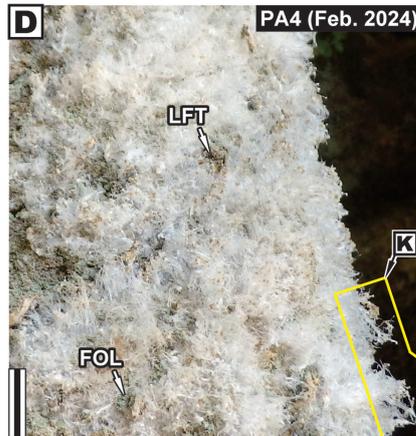
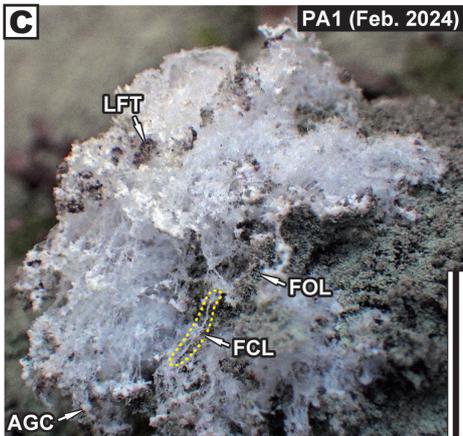
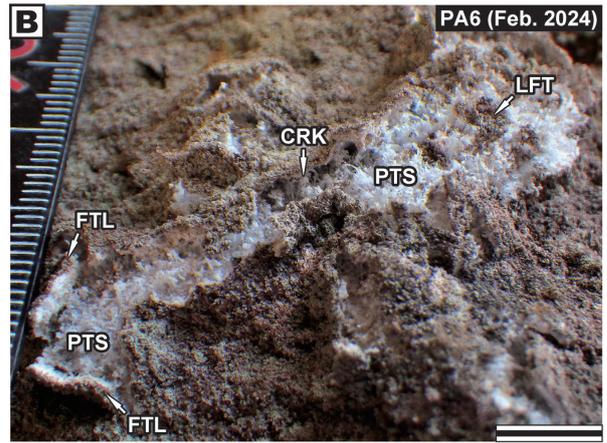
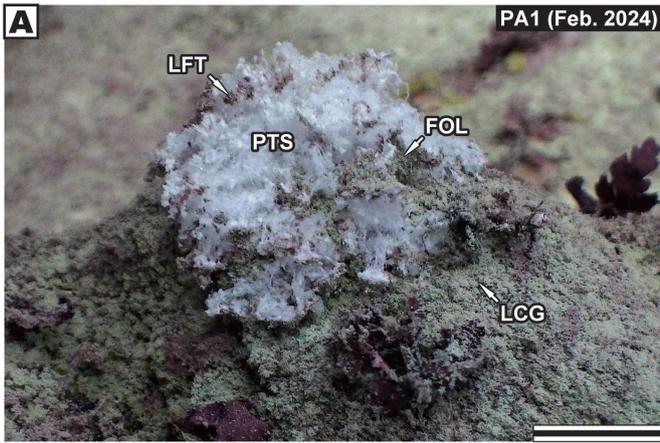
霜柱状結晶は最大長2 mm程度の単純な長柱形をなした結晶であり、一定幅の柱面をもつ（図6H~J）。稀に柱面幅は一定であるが、弓状や縮毛状に湾曲することもある（図6J）。一般に霜柱状結晶は単独結晶として析出せず、互いに平行した状態で密生するか、あるいは柱面同士の接合した束状の小集合体を形成する（図6H~J）。霜柱状結晶は坑壁面に対してほぼ垂直に生成するが、坑壁面の上下方に傾斜して生じている場合や、やや放射状に広がった析出形態も観察される（図6H, J, K）。

##### 5-2) 繊維状結晶

繊維状結晶は、きわめて微細であるがほぼ一定した幅をもつ結晶である（図6H~L）。結晶の長さ是一般に1 mm未満であるが、稀に霜柱状結晶よりも長大となり長さ2.0 mmを超える（図6C, H）。このため、結晶の長さによって長毛状（図6C）や短針状（図6K）などの結晶形態を呈す。析出形態も様々であり、岩石表面から直接生成するほか、霜柱状結晶の先端部に付着あるいは群生した霜柱状結晶間の間隙を疎らに充填する（図6C, H, I, K, L）。繊維状結晶の成長方向は一定しておらず、坑壁面に対し高角（霜柱状結晶とほぼ平行）に析出していることもあれば、坑壁面と平行（霜柱状結晶と高角に斜交）する場合もみられる（図6H, I, K）。ただし、霜柱状結晶と平行して生成する傾向が強い（図6H, I）。

横坑内で析出する繊維状結晶は、しばしば霜柱状結晶と同様に束状の小集合体をなすほか、さらにその先端部に綿埃状ないし毛玉状の小集合体を形成する（図6K）。繊維状結晶の束状小集合体は、ある規模以上になると霜柱状結晶に酷似し、識別困難となる。綿埃状や毛玉状の小集合体を形成する繊維状結晶は、岩石表面から直接析出したものよりもはるかに微細である（図6I, K）。

露天切羽に生じる繊維状結晶の析出形態は横坑内と全く異なり、岩石表面から直接生成した間隙の多いネットワーク状小集合体、あるいはきわめて密に集合した皮膜~皮殻状小集合体を形成する（図6E, L）。ネットワーク状小集合体と皮膜~皮殻状小集



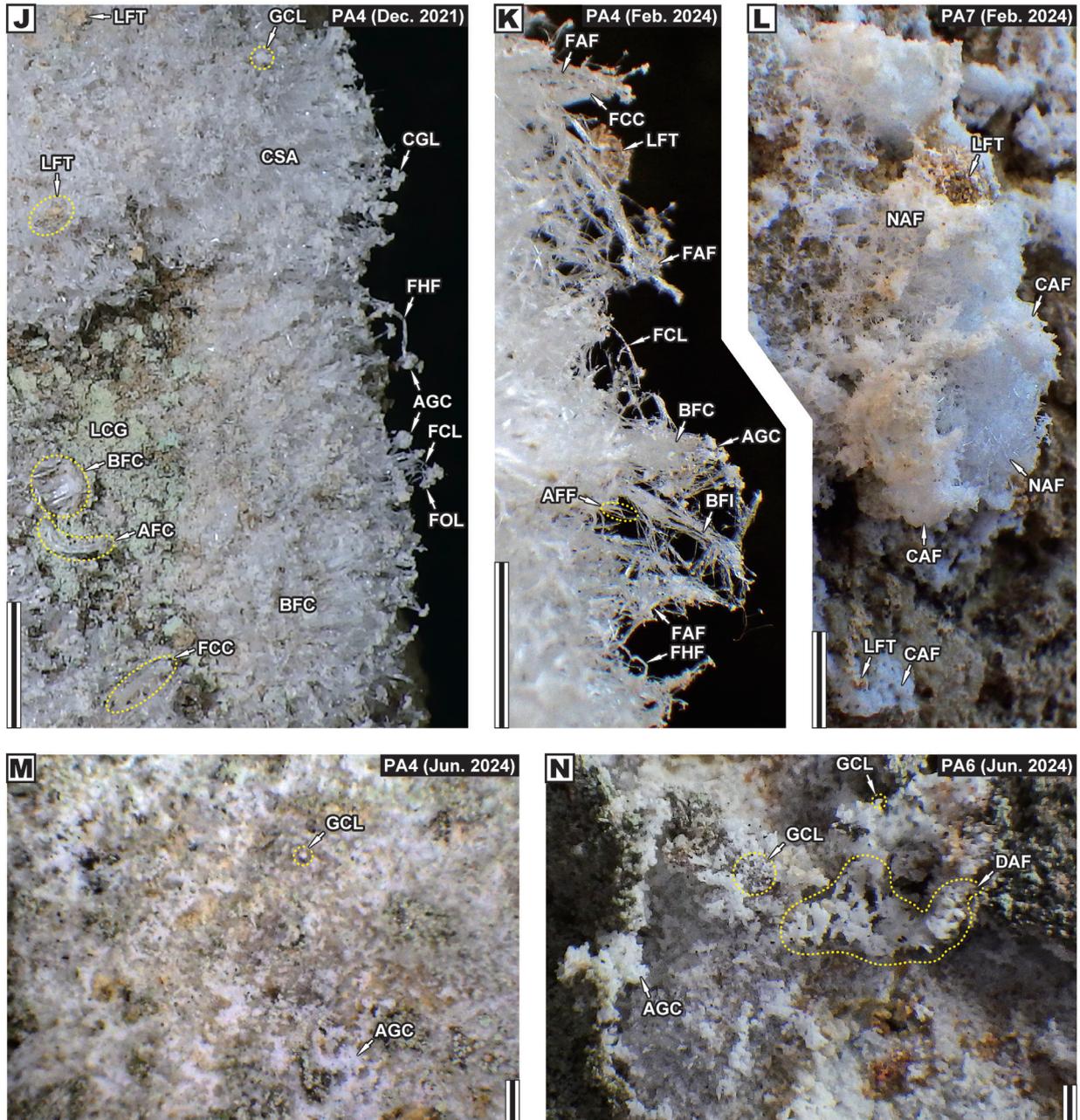


図6 析出物の形態と析出物を構成する結晶 (A～EおよびH～L, 冬期の析出物: F, G, MおよびN, 夏期の析出物). (A, B) 横坑内における結晶集合体の産状. 岩片などが付着している. (C) 房状をなす横坑内析出物. 繊維状の結晶が卓越する. (D) 綿毛状の横坑内析出物. 霜柱状および繊維状の結晶を主体とする. (E) 皮膜～皮殻状の露天坑析出物. (F, G) 夏期にみられる薄膜状～薄い皮殻状の横坑内析出物. (H～K) 冬期の横坑内析出物を構成する霜柱状, 繊維状および粒子状の結晶. 小集合体を形成することもある. (L) 繊維状結晶のみからなる露天坑析出物. 皮膜～皮殻状やネットワーク状の小集合体を形成する. (M, N) 夏期の横坑内析出物. 粒子状結晶のみからなる. (M) 疎らに生じた単独結晶を主体とした薄膜状析出物. (N) 小集合体の卓越した薄い皮殻状析出物. 写真C, DおよびEの析出物は, それぞれ石膏-テナルダイト-モルデン沸石?とエプソマイト-テナルダイト-石膏-モルデン沸石の結晶集合体である. スケールバーの長さはそれぞれ1 cm (A～E), 0.5 cm (F～L) および0.1 cm (M, N) である.

Fig. 6 Morphologies and component crystals of the precipitates observed in winter (A-E, H-L) and summer (F, G, M, N). (A, B) Occurrence of the precipitates with lithic fragments on the adit wall. (C, D) Precipitates inside the adit. (C) Tufted precipitates are dominated by fibrous crystals. (D) Fluff-like precipitates are composed of frost columns-like and fibrous crystals. (E) Film- and crust-like precipitates on the open-pit wall. (F, G) Thin film-like or crust-like precipitates inside adit in summer. (H-K) Frost columns-like, fibrous and granular crystals consisting of precipitates inside the adit. Occasionally forming small aggregates. (L) Precipitates on the open-pit wall exhibiting film-, crust-, and network-like small aggregates of the fibrous crystals. (M, N) Precipitates inside the adit in summer are only composed of granular crystals. (M) Thin film-like precipitates are mainly composed of single crystals. (N) Precipitates are dominated by small aggregates. The precipitates photographed in C, D and E are gypsum-thenardite-mordenite? and epsomite-thenardite- gypsum-mordenite aggregates, respectively. Scale bars equal 1 cm (A-E), 0.5 cm (F-L) and 0.1 cm (M, N).

合体は漸移関係にあり、前者を構成する繊維状結晶が密集するにつれて次第に後者へと変化する。また、皮膜～皮殻状小集合体の直下から、それらを突き破るように生成した立体的で間隙の多いネットワーク状小集合体も観察される（図6L）。

### 5-3) 粒子状結晶

粒子状結晶はシルト～極細粒砂ほどの大きさの微小な結晶であり、少なくとも極細粒砂大のものでは立方体形をなす（図6C, H～K, M, N）。単独結晶同士が結合して、球状や不定形塊状あるいは樹枝状の小集合体を形成することも多い（図6H, J, K, N）。また、霜柱状や繊維状の結晶よりもガラス光沢に乏しい（図6K, M, N）。

冬期の横坑において、粒子状結晶は霜柱状および繊維状結晶の先端部分に単独結晶や小集合体として付着する付随的な析出形態を示す（図6H～K）。また、冬期では岩石表面から直接析出した粒子状結晶は認められない（図6I, J）。

冬期とは対照的に、夏期の横坑内析出物は岩石表面から直接析出した粒子状結晶のみから構成される（図6F, G, M, N）。夏期における粒子状結晶の析出形態は、坑壁面に粉末をまぶしたような不均一な薄膜状（図6F, M）、あるいは坑壁面に張り付いた薄い皮殻状（図6G, N）である。薄膜状の析出物は主として単独結晶からなる（図6M）。一方、薄い皮殻状の析出物では、樹枝状や不定形塊状の小集合体が卓越する（図6N）。

## 6) 塩類風化

冬期になると、結晶の析出に伴う塩類風化が横坑内外の坑壁面に発生する。露天切羽には、淡黄～灰白色を呈する軽石火山礫凝灰岩が露出しており、冬期に皮殻状の析出物を生じる（図3J, K, 6E, L）。その表面には、最大で長さ5 mm程度の母岩と同色の岩片がしばしば付着している（図6L）。ただし、軽石の溶脱痕を除けば切羽表面は比較的滑らかであり、塩類析出による岩片の剥落で形成される明瞭な陥凹部は認められない（図3K）。

冬期の横坑では、霜柱状や繊維状の結晶が坑壁表面の被覆物（軽石火山礫凝灰岩の風化生成物、地衣類およびそれらの混合した薄膜状の物質）を直下から突き破るようにして析出する（図6A, B）。このため、露天切羽と同様に横坑内析出物の表面には細

粒砂大～細礫大の被覆物断片や母岩と同色の岩片が頻繁に付着している（図4I, 6A～D, H～K）。しかし、析出箇所直下には坑壁から剥落した被覆物や軽石火山礫凝灰岩の細片はほとんど堆積していない（図3E, 4E）。また、坑壁面には採掘痕や不連続面以外の陥凹部も形成されていない（図4E～J）。

夏期の横坑坑壁には、粒子状結晶からなる薄膜～皮殻状の析出物が観察される（図6F, G）。しかし、夏期の析出物表面に肉眼で確認可能な大きさの岩片や被覆物の断片は付着していない（図6F, G, M, N）。

このように、冬期に生成する析出物には表面に付着した「観音下石」や被覆物の断片が認められる。したがって、横坑の内外とも明らかに結晶の析出によって壁面が細片状に破壊されている。しかし、壁面に陥凹部を形成する規模の壁面崩壊は、いずれの析出箇所にも生じていない。

## V. 粉末X線回折（XRD）法による析出物の構成鉱物分析

### 1) 材料と方法

析出物の構成鉱物を同定するため、粉末X線回折（XRD）法により結晶構造の分析を行った。試料は、2024年2月3日に露天切羽および横坑坑壁から採取した析出物を用いた。析出物は露天切羽から横坑坑口直後の坑壁面にかけて断続的に分布していたため、横坑における析出箇所の最奥部と坑口付近、および露天切羽から任意に4試料（横坑奥側試料K1；横坑坑口試料K2, K3；露天切羽試料K4）を採取した（図5A, 6C～E）。試料はいずれも採取に容易な大きさの結晶集合体をなしていた地面から高さ2 m程度の位置に析出物していたものを対象とした（図5B, C）。

季節的に生成・消失する表面析出物の場合、水に易溶ないし潮解性をもつ鉱物を含むことが多い（千葉ほか, 1975；堀口ほか, 2000）。このため試料は、乾燥させた金属製のへらを用いて、析出物を坑壁面から直接気密性の樹脂製サンプル瓶内に掻き落としながら採取した。さらに、試料を封入したサンプル瓶を乾燥剤シリカゲルとともに食品保存用のチャック付きポリ袋に入れることで防湿を徹底した。図6H～Kに示したとおり、析出物を構成する個々の結晶は微小で小集合体を形成していることもあるた

め、結晶形態ごとに分離して採取できなかった。したがって、各試料とも結晶集合体の状態で採取した。

X線回折装置は、金沢大学環日本海域環境研究センターのリガク製Ultima IVを使用した。測定条件は、X線管球：CuK $\alpha$ 、電圧：40 kV、電流：30 mA、走査範囲：2°~65°およびスキャンスピード：1°/minである。

## 2) 分析結果

析出物試料の分析結果を図7に示す。全ての試料に石膏 (gypsum) CaSO $_4$ ·2H $_2$ Oおよびテナルダイト (テナルド石：thenardite) Na $_2$ SO $_4$ が検出されたほか、モルデン沸石 (mordenite) (Ca, Na $_2$ , K $_2$ ) [AlSi $_5$ O $_{12}$ ] 7H $_2$ Oに同定されうる鉱物も認められた。また、露天坑採取試料ではこれらに加えてエプソマイト (瀉

利塩：epsomite) MgSO $_4$ ·7H $_2$ Oが確認された。すなわち、析出物は横坑採取試料で3種類、露天坑採取試料では4種類の鉱物から構成されている。珪酸塩鉱物であるモルデン沸石以外はいずれも硫酸塩鉱物であり、潮解性をもつエプソマイトおよびテナルダイトを含む。析出物を結晶形態ごとに分離せず採取したため、横坑試料に関しては結晶形態と鉱物種との関係は不明である。図6Lの析出物を形成する結晶から明らかのように、露天坑試料の構成鉱物は4種類とも繊維状の結晶である。なお、坑壁面から直接掻き落として採取した試料であるが、「観音下石」に含まれる造岩鉱物 (表2) は検出されなかった。

横坑採取の3試料 (K1~K3) は石膏の強いピークを示し、特に坑口に最も近いK3で顕著である (図7)。テナルダイトは石膏に次ぐ強度で検出される。しか

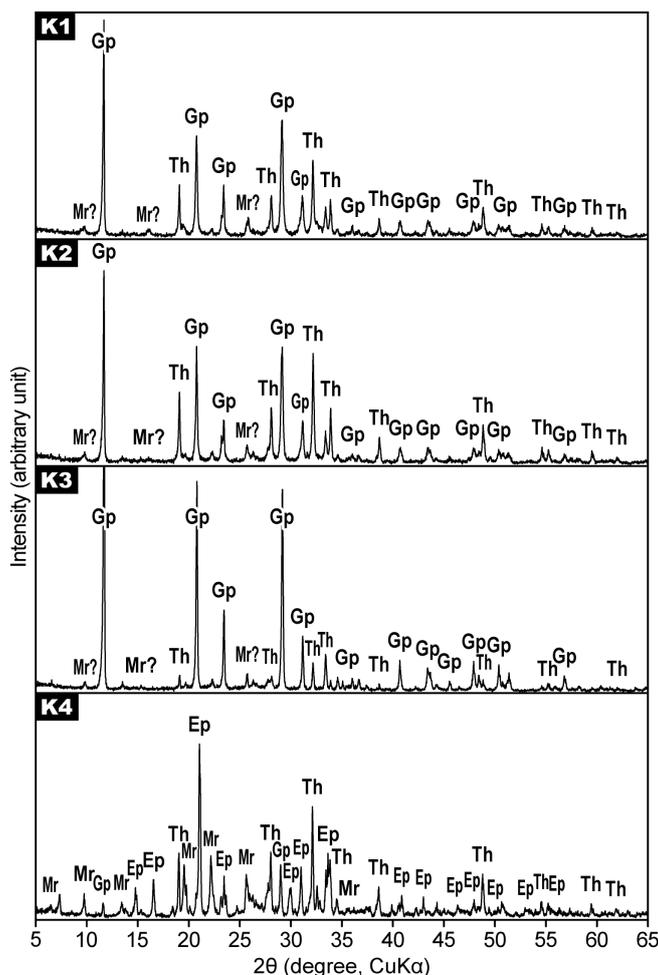


図7 坑壁表面に生成した析出物の粉末X線回折パターン (K1~K3, 横坑内試料; K4, 露天切羽試料)。鉱物名の略号: Ep, エプソマイト; Gp, 石膏; Mr, モルデン沸石; Th, テナルダイト。

Fig. 7 Powder XRD patterns of the precipitates found on the surfaces of the quarry walls (Ep = epsomite; Gp = gypsum; Mr = mordenite; Th = thenardite). Sample K4 is collected from the open-pit wall and the others from inside the adit.

し横坑試料では、いずれもモルデン沸石とみられる鉱物のピークはきわめて弱く、実際に存在しているか断定できない。露天切羽に最も近いK3よりも坑奥側で採取した2試料では、各鉱物のピーク形状および相対的なピーク強度がほぼ一致する(図7)。

露天切羽で採取した試料K4にはエプソマイトが特徴的に含まれており、とくに低角側で顕著なピークを示す(図7)。また、石膏の検出強度がテナルダイトよりも低いことや、横坑試料とは対照的にモルデン沸石の明瞭なピークのみみられることも特徴である。このため、露天試料のピーク形状と相対的なピーク強度は横坑試料とかなり異なっている(図7)。

## VI. 既存研究との比較および考察

観音下石切り場跡で確認された析出物を既存研究の事例と比較し、その特徴や成因について考察する。また、本研究で明らかとなった検証すべき課題についても述べる。

### 1) 凝灰岩および凝灰質岩に生成する析出物の事例

凝灰岩を採掘する石切り場や、凝灰質岩を建材とした石造文化財に生じた表面析出物の事例は世界各地から知られている(Winkler, 1994; Çelik and Sert, 2020; Germinario and Török, 2020)。本邦でも、表面析出物の発生はとくに関東地方に分布する中～上部新生界の凝灰岩や凝灰質岩から多数報告されている。例えば、栃木県大谷地域から産し、石材の「大谷石」として知られる中部中新統大谷層の流紋岩質軽石火山礫凝灰岩(江本, 1966; 神山・下田, 1971)、埼玉県吉見丘陵に造られた古墳時代末期の横穴墓「吉見百穴」の地山をなす中新統福田層の酸性凝灰岩(千葉ほか, 1975; 朽津・尾崎, 1999; 堀口ほか, 2000; Germinario and Oguchi, 2021)、神奈川県鎌倉-逗子地域に点在する中世の墓所・祭祀場「やぐら」の掘られた三浦層群および上総層群の凝灰質砂質シルト岩火砕岩互層や凝灰質砂岩(川野・小坂, 2002; 星野, 2014)などである。

しかし、日本海側の地域では岩石表面に生じた析出物はほとんど報告されておらず、小松市に関しては本研究以前に行われた石切り場の地質調査(小松市埋蔵文化財センター, 2021)でも発見されなかった。すなわち、本研究により小松市域の凝灰岩

において表面析出物が初めて確認された。

### 2) 析出物を生じる凝灰質岩の岩石学的特徴

析出物を生成する凝灰質岩の岩石学的な特徴は、構成物質として火山ガラス、長石類およびそれらの変質で生じた粘土鉱物を含むことである(千葉ほか, 1975; 関・酒井, 1987; 関ほか, 1987; 朽津・尾崎, 1999; 大山ほか, 1999; 堀口ほか, 2000; Çelik and Güven, 2024)。このほか、黄鉄鉱も析出物の母岩に包含されている場合が多い(関・酒井, 1987; 関ほか, 1987; 大山ほか, 1999; Oyama and Chigira, 1999; Rybnikova and Rybnikov, 2017)。

「観音下石」は表面析出物を生じる岩石と同様な岩石学的特徴をもつ。軽石火山礫凝灰岩である「観音下石」は、火山ガラスおよび火山ガラスや軽石を交代した粘土鉱物を主体とし、斜長石を伴う(小松市埋蔵文化財センター, 2021: 表2)。また、小松市埋蔵文化財センター(2021)では「観音下石」中に微量ながら不透明鉱物を確認しており、黄鉄鉱が含まれている可能性もある。

### 3) 析出物の産状、構成鉱物および結晶形態

析出物は地質時代や岩相の異なる様々な凝灰岩や凝灰質岩の表面に生成するが、産状、構成鉱物およびその結晶形態に関して共通した特徴を示す。すなわち、析出物は1) 乾燥した岩石表面に皮殻状や綿状の結晶集合体として析出する、2) 無色、白色半透明または白～灰白色でガラス光沢や絹糸光沢を呈する、3) 一般に大きさ0.5～数mm程度の霜柱状、柱状、繊維状、短針状、毛状あるいは粉末状の結晶からなる、そして5) 水に可溶ないし易溶でCa, Mg, NaおよびAlを含む硫酸塩鉱物(エプソマイト、石膏、テナルダイトのほか、アルノーゲン(alunogen)  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 17H_2O$ 、苦土六水石(hexahydrate)  $MgSO_4 \cdot 6H_2O$ 、苦土明礬(pickeringite)  $MgAl_2(SO_4)_4 \cdot 22H_2O$ 、ミラビライト(ミラビル石: mirabilite)  $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$ やタマルガル石(tamarugite)  $NaAl(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ など)を主体とする(江本, 1966; 神山・下田, 1971; 千葉ほか, 1975; 朽津・尾崎, 1999; 堀口ほか, 2000; 川野・小坂, 2002; 青柳, 2011; 直井ほか, 2017; 相川ほか, 2021; 川村・伊藤, 2021)。

観音下で観察される析出物にも、このような一般

的特徴が多く認められる。析出物は坑壁面の乾燥箇所には皮膜～皮殻状、房状あるいは綿状の結晶集合体として析出し、白色～半透明でガラス光沢をもつ霜柱状や繊維状（最大長数 mmほど）の結晶から構成される（図6）。卓越する鉱物種は硫酸塩鉱物のエプソマイト、石膏およびテナルダイトである（図7）。ただし、観音下産析出物では、露天切羽と横坑坑で硫酸塩鉱物の組成が異なる特徴的な産状を示す。露天切羽の析出物ではエプソマイト-石膏-テナルダイトという鉱物組成であるが、横坑内には石膏およびテナルダイトの結晶集合体が析出する。

類似の事例が栃木県の国指定重要文化財旧下野煉瓦窯から知られている（Matsukura *et al.*, 2004）。煉瓦窯は上下2層構造の建築物であり、第1層、第2層ともにエプソマイト、石膏およびテナルダイトを含む塩類が煉瓦壁の表面に析出する。各層において同時期に生成した硫酸塩鉱物の組み合わせは、それぞれ石膏-テナルダイト（第1層）、およびエプソマイト-石膏-テナルダイト（第2層）である（Matsukura *et al.*, 2004）。ある時期に隣接した2箇所では異なる硫酸塩鉱物組成の析出物を生じるという点で、旧下野煉瓦窯の事例は観音下石切り場における冬期析出物（露天切羽のエプソマイト-石膏-テナルダイト、および横坑内の石膏-テナルダイト）に比較される。Matsukura *et al.* (2004) で報告された鉱物組み合わせの違いは、鉱物種ごとの水に対する溶解度の差に起因すると考えられている。第1層の煉瓦壁には毛細管現象により地下水が浸透しているが、第2層までは到達していない。このため、第2層の煉瓦壁は第1層よりも含水量に乏しい。つまり、石膏やテナルダイトよりも溶解度の高いエプソマイトは含水量の多い第1層の壁面には析出しないが、相対的に乾燥した第2層の壁面では結晶化できるため、階層ごとに鉱物組み合わせの異なる析出物を生じると解釈される（Matsukura *et al.*, 2004）。

観音下石切り場跡でも、露天切羽と横坑坑壁における含水量の違いが析出物の鉱物組成に影響していると考えられる。横坑の坑壁にはシダ植物や地衣類が繁茂しているが、露天切羽ではこれらを欠いている（図3C～E）。ゆえに、横坑坑壁面の含水量は露天切羽に比べて相対的に高いとみられる。また、坑奥側を土砂で埋積された小規模な坑道であるため、横坑内は露天切羽よりも通気性と日射量に乏しいこ

とも明らかである（図3C, H, 5B）。したがって、水を多く含む坑壁面および蒸発速度の低下する高湿度の坑内環境によって、溶解度の高いエプソマイトの析出が阻害されたと考えられる。しかし、相対的に溶解度の低い石膏とテナルダイトでは横坑内の環境でも析出可能であった。その結果、母岩を同じくする隣接箇所でありながら、露天切羽と横坑内では異なる鉱物組成の析出物となったと推定される。しかし、本研究では坑壁面をなす岩石の含水量の測定や横坑内外での比較を行っていないため、今後の検証を要する。

観音下産の析出物の特徴としては、硫酸塩以外の鉱物としてモルデン沸石を含むという鉱物組成も挙げられる。モルデン沸石は、析出物の母岩である凝灰岩からも検出されている（澤崎ほか, 1993）。澤崎ほか（1993）で指摘されているように、モルデン沸石は凝灰岩の熱水変質により生成する（Keith and Muffler, 1978; Kitsopoulos, 1997）。また、モルデン沸石などの天然ゼオライトは、凝灰岩に浸透した雨水と火山ガラスとの反応によっても生じる（Hay and Iijima, 1968; 飯島, 1986; 荻原, 2020）。火山ガラスの化学組成は天然ゼオライトと類似する（飯島, 1986）。このため、火山ガラスを溶解して過飽和水溶液となった浸透水は、岩石表面から蒸発する際に溶液の成分を天然ゼオライトとして析出させる（飯島, 1986; 荻原, 2020）。表2に示したように、火山ガラスは「観音下石」の主要構成物の1つである。ゆえに、採取時の混入によるものでなければ、析出物中のモルデン沸石は「観音下石」の風化生成物であると考えられる。ただし、水-岩石相互作用による天然ゼオライトの析出現象は、発生条件として高アルカリ環境を必要とする（飯島, 1986; Prajaputra *et al.*, 2019; Quanlin and Naiqian, 2005）。しかし、高アルカリ環境は硫酸塩鉱物の析出条件である硫酸酸性環境（Chou *et al.*, 2013; 相川ほか, 2021）と矛盾する。したがって、モルデン沸石と硫酸塩鉱物の共存する観音下産の析出物は、生成過程の観点から注目される。もし試料中のモルデン沸石が採取時に坑壁面から混入したものであれば、「観音下石」の造岩鉱物（表2）も検出されてよいように思われる。しかし、実際にはいずれの試料からも造岩鉱物は認められない。また、モルデン沸石を明らかに含む析出物は、エプソマイトの検出された露天切羽試料の

みである（図7のK4）。石膏とテナルダイトを主体とした横坑内試料では、ごく微量のモルデン沸石しか含まれていない可能性がある（図7のK1～3）。このように、観音下産の析出物に認められるモルデン沸石と硫酸塩鉱物の共産関係は、「観音下石」の風化過程および塩類の析出現象を解明する上で重要な事実といえる。

#### 4) 析出物を構成する元素の供給源

凝灰質岩の表面析出物を構成する元素は、主として岩石中の火山ガラス、長石類および黄鉄鉱から供給される。これらの岩石構成物質と岩石に浸透した水による水-岩石相互作用の結果、硫酸イオンおよび金属イオンを含む硫酸酸性地下水が発生し、岩石表面から蒸発する際に硫酸塩鉱物を析出させる（関・酒井, 1987; 堀口ほか, 2000; Chou *et al.*, 2013; 相沢ほか, 2021; Germinario and Oguchi, 2021）。とくに黄鉄鉱は硫酸イオン源として重要であり、火山ガラスや長石類から金属元素を溶出させる硫酸酸性地下水の起源物質となる（大山ほか, 1999; Oyama and Chigira, 1999; 相沢ほか, 2021）。

「観音下石」は火山ガラスと粘土鉱物に富む軽石火山礫凝灰岩であるが、不透明鉱物の含有も確認されている（小松市埋蔵文化財センター, 2021）。この不透明鉱物の種類は不明であるが、もし黄鉄鉱などの硫化鉱物であれば「観音下石」における硫酸の発生源となりうる。「観音下石」に含まれる不透明鉱物はきわめて微量である（表2）。しかし、大山ほか（1999）によると、黄鉄鉱をわずか0.30 wt%程度しか含まない凝灰岩の場合でも、黄鉄鉱由来の硫酸によって岩石構成物質は溶解される。一方で、硫酸イオンは地山の岩石起源ではなく、天水にもともと含まれていた可能性も指摘されている（千葉ほか, 1975; 朽津, 1992; Yamamoto and Zhu, 1997）。ゆえに、現段階では軽石火山礫凝灰岩由来ではなく、浸透水中に存在していた外来性の硫酸イオンにより観音下の硫酸塩鉱物が生じていることも想定される。したがって、観音下石切り場における硫酸塩鉱物の生成機構を明らかにするために、「観音下石」に含まれる不透明鉱物の同定および地山に浸透した水の化学分析が不可欠である。

一方で観音下産の硫酸塩鉱物に含まれる金属元素（Na, MgおよびCa）は、表2の火山ガラスや斜

長石に加えて、澤崎ほか（1993）で報告された斜プロロ沸石( $\text{Na,K}_6[\text{Al}_6\text{Si}_{30}\text{O}_{72}]\cdot 20\text{H}_2\text{O}$ （一般式はArmbruster and Gunter, 2001による）と本研究でも確認されたモルデン沸石( $\text{Na}_2\text{K}_2\text{Ca}_4[\text{Al}_8\text{Si}_{40}\text{O}_{96}]\cdot 28\text{H}_2\text{O}$ （一般式はArmbruster and Gunter, 2001による）から供給されたと考えられる。採取時の混入物でなければ、析出物に含まれるモルデン沸石の構成元素は前節の通り火山ガラスに由来すると推定される。

#### 5) 析出物の生成量および生成域

水に易溶あるいは潮解する硫酸塩鉱物の析出現象は、岩石周辺の湿度に強く影響される。このため、硫酸塩鉱物からなる析出物の生成量および生成域（範囲）は季節によって変化する（堀口ほか, 2000; Kuchitsu *et al.*, 2000; 川野・小坂, 2002; Matsukura *et al.*, 2004; Germinario and Oguchi, 2021）。本邦において硫酸塩の析出物は、一般に湿度の低い晩秋から春期（11月～翌年の5月）にかけて多量かつ広範囲に発生するが、湿度の高い夏期になると激減あるいは消失する（江本, 1966; 千葉ほか, 1975; 朽津・尾崎, 1999; 堀口ほか, 2000; 川野・小坂, 2002; 川村・伊藤, 2021）。

観音下石切り場跡にみられる析出物も同様な生成・消長傾向を示し、少なくとも冬期（12月～翌年の2月）に多量かつ広範囲に生成する（図4A, F）が、初夏～夏期（6月～8月）には、きわめて少量かつごく狭い範囲にのみ存在する（図4B, G）。ただし、本研究では析出物の生成と減衰の開始時期（恐らく春期と秋期）を特定できていない。ここで問題となるのが、夏期の横坑内で観察される粒子状結晶（図4G, 6G-J）の生成開始時期と鉱物種である。現状では、夏期の粒子状結晶が冬期の残存物か、あるいは夏期に析出する結晶であるのか不明である。晩秋から春期にかけて析出することの多い硫酸塩鉱物であるが、夏期になってから冬期とは別種の鉱物が生成する事例も知られている（例えばMatsukura *et al.*, 2004）。また、夏期の粒子状結晶が冬期の残存物であるならば、水に難溶で高湿度環境下でも存在可能な石膏（Matsukura *et al.*, 2004）と想定される。「観音下石」の風化過程という観点からも、夏期の粒子状結晶の析出時期と鉱物種を明らかにする必要がある。

## 6) 析出物の生成場

硫酸塩鉱物を主体とした析出物の生成する場合は、岩石に浸透した水の供給状態と岩石表面の乾湿状態に大きく影響される(堀口ほか, 2000; 川野・小坂, 2002; Oguchi and Yu, 2021)。これは、硫酸イオンおよび金属イオンを含む浸透水の発生と岩石表面からの蒸発という析出機構によるものである。

析出物の構成元素は、水-岩石相互作用によって岩石からイオンとして溶出する(例えばOguchi and Yu, 2021)。とくに垂直節理の発達した多孔質凝灰岩では、透水性やイオンの拡散性が高く水-岩石相互作用を促進する(関ほか, 1987; 喜多ほか, 1989; Oguchi *et al.*, 1999; Oguchi and Yu, 2021; 松尾ほか, 2023)。

硫酸イオンと金属イオンを含んだ浸透水が岩石表面から蒸発する際、硫酸塩鉱物を析出する(堀口ほか, 2000; Jambor *et al.*, 2000; 川野・小坂, 2002)。それらは、水に易溶あるいは潮解する鉱物種も多い(堀口ほか, 2000; 川野・小坂, 2002; Kilian *et al.*, 2023)。このため坑道や岩窟といった環境では、奥部よりも低湿度で乾燥しやすい入り口付近において、硫酸塩鉱物が多量に析出する(関・酒井, 1987; 朽津・尾崎, 1999; 大山ほか, 1999; 堀口ほか, 2000; 川野・小坂, 2002; 高屋ほか, 2011; Germinario *et al.*, 2020; Germinario and Oguchi, 2021)。一方、流水にさらされる岩石表面や通気不良のため高湿度環境となっている坑道奥部では、析出物は溶解ないし潮解するか、あるいはイオンを含んだ浸透水の希釈や蒸発速度の低下により生成しない(関・酒井, 1987; 堀口ほか, 2000; 高屋ほか, 2011)。

観音下石切り場跡では、「観音下石」の岩相と露天切羽から横坑坑口にわたる坑壁の状態が硫酸塩を析出する好条件を備えている。「観音下石」は多孔質であり、岩石試験の結果から吸水性を有することも判明している(澤崎ほか, 1993; 小松市埋蔵文化財センター, 2021)。その吸水性は、露天切羽の途中で岩石に吸収されて消失する流下水(図3C)からも示されている。また、露天切羽には高角な不連続面が多数形成されており、恒常的な湧水も観察される(図3B~D, 4A, B)。さらに、横坑内の析出箇所では冬期にも着生した植物が認められる(図3E)。したがって、通年にわたりイオンを溶出した

水が軽石火山礫凝灰岩に浸透しており、坑壁面直下まで到達した状態を維持していると考えられる。露天切羽から横坑坑口直後までの坑壁面はいずれも南に面しており、年間を通じて乾燥している(図3B~D, 4A~D)。このため、イオンを含んだ浸透水が蒸発して析出物を生じやすい環境を保っている。一方、坑壁面の流水箇所および横坑の坑奥部には、析出物が認められない(図3F~I, 4A, 5C)。坑奥部の坑壁表面は坑口付近と異なり、冬期においても湿潤状態であり全体的に地衣類やコケ植物で被覆されている(図3H, I)。このように、観音下石切り場跡にみられる析出箇所と非析出箇所は、既存報告の環境とほぼ一致する。

## 7) 析出物による塩類風化

岩石表面における塩類の析出は、水和による体積膨張や結晶成長時に生じる応力などで岩石を脆化し崩壊させる塩類風化(salt weathering)という物理的風化を引き起こす(Goudie, 1986; Winkler, 1994; Goudie and Viles, 1997)。硫酸塩の析出物は年周期で生成・消失を繰り返すことから、塩類風化も経年的に発生し続ける(関・酒井, 1987; 関ほか, 1987; 堀口ほか, 2000)。このため、塩類風化は石造文化財劣化の主要因となっており、その保護や修復を困難にしている(Winkler, 1994; 朽津・尾崎, 1999; 川野・小坂, 2002; 高屋ほか, 2011; 星野, 2014)。

観音下石切り場跡は、日本遺産「『珠玉と歩む物語』小松」の構成要素の1つである(樫田, 2016, 2019)ことから、塩類風化による坑壁面の劣化が懸念される。とくに「横堀丁場」では、現在までのところ手掘りによる採掘痕が坑壁や天井に良好に保存されており、機械掘削以前の採石技術を知る手がかりとなっている(図3E~G, 4E, F)。そこで「横堀丁場」の坑壁面で発生する塩類風化の影響について検証した。

「横堀丁場」の析出物は、表面に「観音下石」の岩片を頻繁に付着させており(図4E, F, H, I, 6A~F)、坑壁面の被覆物を突き破りつつ生成した産状も観察される(図6A, B)。このような壁面の崩壊様式は、鎌倉の「やぐら」で発生している塩類風化にも認められており(星野, 2014の図12b参照)、川野・小坂(2002)の報告した「粉状崩壊」に比較される。粉状崩壊は結晶の析出および成長に伴って

岩石を表面から細片化して剥落させる塩類風化の様式であり、多くの細粒岩片を伴った析出物を特徴とする（川野・小坂，2002）。また、析出物の消失後も脆化した岩石の表面が徐々に剥落していくことも特徴である（川野・小坂，2002）。このため粉状崩壊の進行した箇所では、直下に剥落した岩片からなる小丘状の堆積物が形成される（朽津ほか，2013の図5参照）。しかし、「横掘り場」の析出箇所直下には、小丘をなすほど大量の崩落粒子は堆積していない（図3E，4E）。ゆえに、「横掘り場」の坑壁面における塩類風化はごく軽微であり、短期間で手掘り痕を消失させるような著しい粉状崩壊ではないと判断される。ただし、川野・小坂(2002)や星野(2014)で指摘されているように、1回の結晶析出で破碎さ

れる岩石は微量であるが、年周期の生成サイクルによって岩石の表面は漸進的に崩壊していく。「観音下石」の細片を付着させた析出物は、冬期ごとに「横掘り場」の坑壁面で確認される（図6D，E）。したがって、粉状崩壊は軽微ながらも毎年発生し続けていることに留意すべきである。

### 8) 今後の検討課題と展望

本研究により、観音下石切り場跡において硫酸塩鉱物を主体とする析出物およびそれによる塩類風化が確認された。さらに、析出物の鉱物学的特徴や生成場の環境、推定される析出機構は、既存報告と多くの点で一致ないし比較可能であることも判明した。しかし、本研究における未解明の課題として、1)

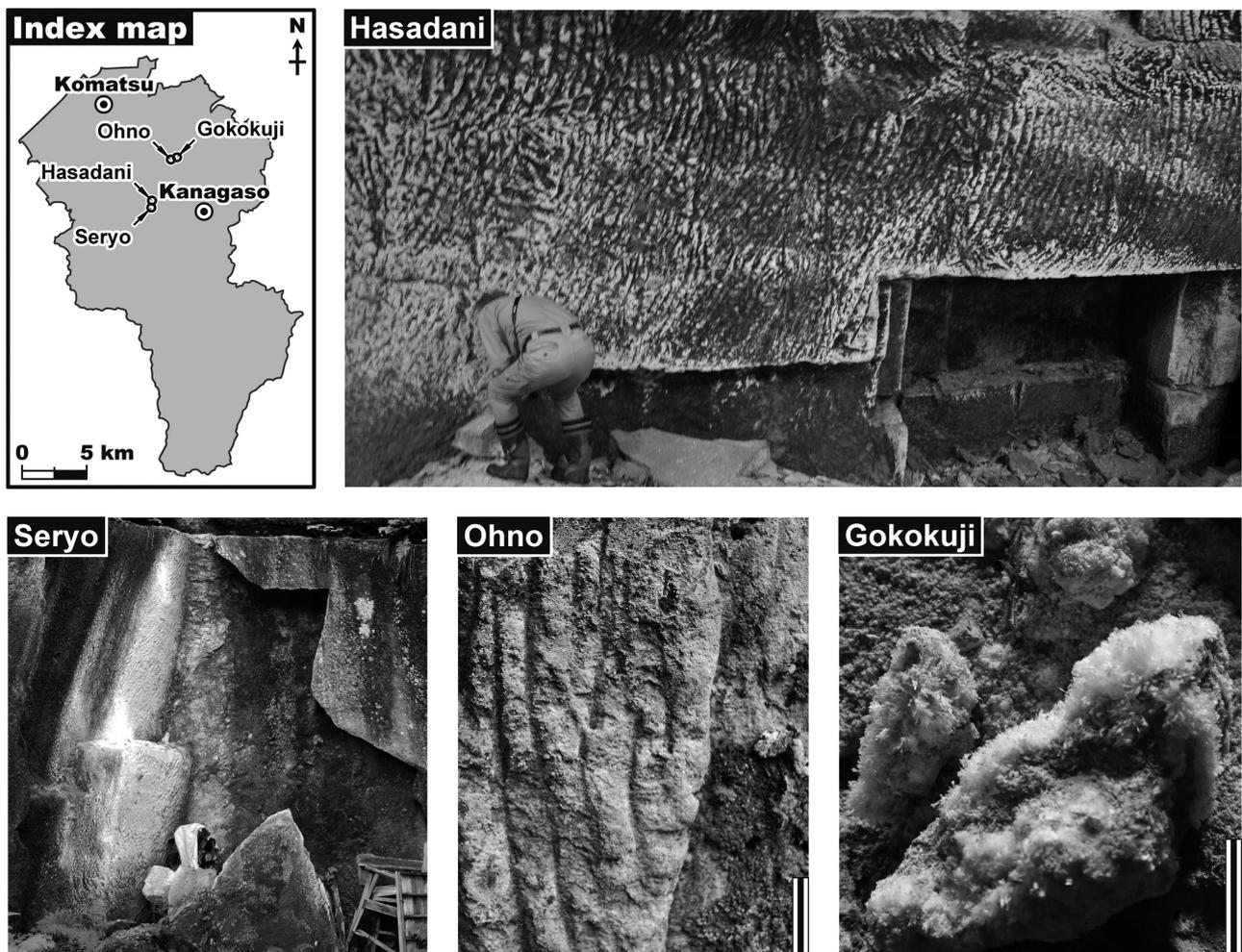


図8 小松市内に分布する赤穂谷層凝灰岩類の石切り場跡で確認された析出物（岩石表面の白色部分）。写真はいずれも2019年12月に撮影した。写真DおよびEのスケールバーの長さはともに10cmである。地名のローマ字表記：Gokokuji, 五国寺；Hasadani, 波佐谷；Ohno, 大野；Seryo, 瀬領。

Fig. 8 White precipitates observed in old tuff quarries within the distribution of the lower Miocene Akahotani Formation of Komatsu City. All photographs were taken in December 2019. Scale bars indicate 10 cm (D, E).

「観音下石」の鉱物組成（とくに不透明鉱物の種類）と浸透水の化学組成，2) 析出物に含まれる硫酸イオンの由来およびモルデン沸石の成因，3) 横坑内外の坑壁をなす岩石の含水量，4) 析出現象と気温や湿度との関係，および5) 析出物の発生および消失時期が挙げられる。いずれも観音下石切り場跡で発生する析出現象の本質に関わる研究課題である。

また，著者らは観音下以外にも赤穂谷層の凝灰岩類を採掘していた4箇所（石切り場跡）で冬期に析出物の生成を確認している（図8）。このことから，本層の凝灰岩類において塩類の析出は必ずしも稀有な現象ではないといえる。

赤穂谷層にみられる析出物の鉱物組成と生成機構を解明することは，小松市域という同一気候下における岩相変化に富んだ流紋岩質火山砕屑岩の風化過程を理解するにとどまらず，塩類風化という観点から小松市の石材産業史を記録する石切り場跡の保全活用を考えるにあたっての指針となることも期待される。

## Ⅶ. まとめ

石川県小松市東部の観音下石切り場跡において，石材として利用されてきた「観音下石」（下部中新統赤穂谷層の軽石火山礫凝灰岩）に生成した表面析出物を初めて報告した。析出物は南に面した露天坑と，それに連続する横坑坑口直後の壁面に認められた。観音下石切り場跡に発生する，析出現象および表面析出物の主な特徴は次の7点である。

- (1) 析出現象は，露天坑および横坑の常時乾燥した坑壁の特定箇所限定されている。
- (2) 析出物の生成範囲と生成量は周年変化を示し，冬期に広範かつ多量に生成するが，夏期では狭い範囲に少量のみ認められる。
- (3) 析出物の形態は多様であり，房状・綿毛状（冬期の横坑内）や皮膜～皮殻状（冬期の露天坑および夏期の横坑）など生成箇所や季節によって異なる。
- (4) 多様な形態を呈する析出物であるが，白色～半透明でガラス光沢をもつ霜柱状，繊維状および粒子状という3種類の結晶を構成要素としている。析出物を構成する結晶の種類や割合は，生成箇所

や季節に応じて変化する。

- (5) 析出物の構成鉱物は，3種類の硫酸塩鉱物（エプソマイト，石膏およびテナルダイト）と1種類の珪酸塩鉱物（モルデン沸石）である。一般に析出物は石膏およびテナルダイトを主体とし，モルデン沸石をわずかに伴う。ただし，エプソマイトは露天坑試料にのみ含まれ，横坑試料には認められない。
- (6) 露天坑・横坑ともに結晶の析出による塩類風化（粉状崩壊）を被っており，軽微ながらも坑壁表面が冬期ごとに細片状に破壊されている。

また，今後の主な研究課題として，1) 「観音下石」とその浸透水の鉱物・化学組成，2) 硫酸イオンやモルデン沸石の由来，3) 析出現象と温湿度あるいは岩石の含水量との関係，そして4) 析出物の発生・消失時期の特定が挙げられる。

謝 辞：匿名の査読者のご指摘により，本稿の内容は大きく改善された。観音下石の保存会の橋本康容氏（観音下町）には，石切り場内での現地調査に際して入坑許可など便宜を図っていただいた。以上の方々に深謝申し上げます。

## 文 献

- 相川充弘・中田正隆・小室光世，2021：長野県長野市裾花ダム近傍の凝灰質岩表面における表面析出物の生成。地質学雑誌，**127**，253-267。
- 青柳宏一，2011：塩水起源の鉱物と金属資源。堆積学研究，**70**，15-24。
- Armbruster, T. and Gunter, M. E., 2001: Crystal structures of natural zeolites. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, **45**, 1-67.
- Çelik, M. Y. and Güven, Ö., 2024: An assessment of the durability of untreated and water repellent-treated cultural heritage stone (Döğler tuff-Turkey) by salt mist and salt crystallization tests. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, **83**, 183.
- Çelik, M. Y. and Sert, M., 2020: The role of different salt solutions and their concentration ratios in salt crystallization test on the durability of the Döğler tuff (Afyonkarahisar, Turkey) used as building stones of cultural heritages. *Bulletin*

- of Engineering Geology and the Environment*, **79**, 5553-5568.
- 千葉とき子・斎藤靖二・松原 聡, 1975: 埼玉県吉見丘陵の酸性凝灰岩. 国立科学博物館研究報告, C類, 地学, **1**, 111-117.
- 千木良雅弘, 1988: 泥岩の化学的風化－新潟県更新統灰爪層の例. 地質学雑誌, **94**, 419-431.
- Chou, I.-M., Seal II, R. R. and Wang, A., 2013: The stability of sulfate and hydrated sulfate minerals near ambient conditions and their significance in environmental and planetary sciences. *Journal of Asian Earth Sciences*, **62**, 734-758.
- 江本義理, 1966: 大谷寺磨崖仏に発生する「いわしお」について. 保存科学, **2**, 39-43.
- Fernández-Caliani, J. C., Crespo, E., Rodas, M., Barrenechea, J. F. and Luque, F. J., 2004: Formation of nontronite from oxidative dissolution of pyrite disseminated in Precambrian felsic metavolcanics of the Southern Iberian Massif (Spain). *Clays and Clay Minerals*, **52**, 106-114.
- Germinario, L. and Oguchi, C. T., 2021: Underground salt weathering of heritage stone: Lithological and environmental constraints on the formation of sulfate efflorescences and crusts. *Journal of Cultural Heritage*, **49**, 85-93.
- Germinario, L., Oguchi, C. T., Tamura, Y., Ahn, S. and Ogawa, M., 2020: Taya Caves, a Buddhist marvel hidden in underground Japan: Stone properties, deterioration, and environmental setting. *Heritage Science*, **8**, 87.
- Germinario, L. and Török, Á., 2020: Surface weathering of tuffs: Compositional and microstructural changes in the building stones of the Medieval Castles of Hungary. *Minerals*, **10**, 376.
- Goudie, A. S., 1985: Salt weathering. *School of Geography, University of Oxford, Research Paper*, **33**, 31p.
- Goudie, A. S. and Viles, H., 1997: *Salt Weathering Hazards*. John Wiley and Sons, Chichester, 241p.
- Hay, R. L. and Iijima, A., 1968: Nature and origin of palagonite tuffs of the Honolulu Group on Oahu, Hawaii. *Geological Society of America Memoir*, **116**, 331-376.
- 平澤 聡・塚脇真二・樫田 誠・作本達也・岡田隆司, 2023: 石川県小松市東部の観音下石切り場における下部中新統赤穂谷層「観音下石」の岩相. 日本海域研究, **54**, 1-31.
- 星野玲子, 2014: 塩類風化と岩盤に含まれる塩化ナトリウム量の測定方法に関する研究. 鶴見大学紀要, 第4部, 人文・社会・自然科学編, **51**, 47-55.
- 堀口隆士・中田正隆・鹿園直建・本間久英, 2000: 凝灰岩表面での塩類集積現象に見られるアルノーゲンの産状および生成過程: 埼玉県吉見丘陵を例として. 鉱物学雑誌, **29**, 3-16.
- 飯島 東, 1986: 天然ゼオライトの産状. 粘土科学, **26**, 90-103.
- Jambor, J. L., Nordstrom, D. K. and Alpers, C. N., 2000: Metal-sulfate salts from sulfide mineral oxidation. In Alpers, C. N., Jambor, J. L. and Nordstrom, D. K., eds., *Sulfate Minerals: Crystallography, Geochemistry, and Environmental Significance. Short Course*, **40**, Mineralogical Society of America, Washington, D. C. and The Geochemical Society, St. Louis, 303-350.
- 鹿野和彦・原山 智・山本博文・竹内 誠・宇都浩三・駒澤正夫・広島俊夫・須藤定久, 1999: 20万分の1地質図幅「金沢」および解説. 地質調査所.
- 樫田 誠, 2016: 石川県小松市域の凝灰岩石切場. 遺跡学研究, **13**, 100-105.
- 樫田 誠, 2019: 石川県小松市域の凝灰岩石切場. 高田祐一編, 産業発展と石切場－全国の採石遺構を文化資産へ. 戎光祥近代史論集, **2**, 116-127.
- 川野辰康・小坂和夫, 2002: 中世石窟遺構の塩類風化－鎌倉のやぐらの例. 応用地質, **43**, 124-133.
- 神山宣彦・下田 右, 1971: 栃木県大谷産のミラビル石について. 鉱物学雑誌, **10**, 259-266.
- Keith, T. E. and Muffler, L. J. P., 1978: Minerals produced during cooling and hydrothermal alteration of ash flow tuff from Yellowstone drill hole Y-5. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, **3**, 373-402.
- 喜多治之・岩井孝幸・中嶋 悟, 1989: 花崗岩および凝灰岩間隙水中のイオンの拡散係数の測定. 応用地質, **30**, 26-32.
- Kilian, R., Borgatta, L. and Wendler, E., 2023: Investigation of the deterioration mechanisms induced by moisture and soluble salts in the necropolis of Porta Nocera, Pompeii (Italy). *Heritage Science*, **11**, 72.
- Kitsopoulos, K. P., 1997: The genesis of a mordenite deposit by hydrothermal alteration of pyroclastics on Polyegos Island, Greece. *Clays and Clay Minerals*, **45**, 632-648.
- 小松市埋蔵文化財センター, 2021: 滝ヶ原碧玉原産地周辺地質解析業務報告書. 小松市, 229p.
- 近藤鐵郎, 1926: 再び本邦産建築石材の耐火性に就いて(其

- 二). 地学雑誌, **38**, 654-663.
- 朽津信明, 1992: 博物館明治村で観察された蒸発岩. 岩鉱, **87**, 388-391.
- Kuchitsu, N., Ishizaki, T. and Nishiura, T., 2000: Salt weathering of the brick monuments in Ayutthaya, Thailand. *Engineering Geology*, **55**, 91-99.
- 朽津信明・津村宏臣・森井順之, 2013: 凝灰岩製石造文化財における劣化現象認識のための注意点: 京都市個人所蔵石殿の一事例を通して. 保存科学, **52**, 217-226.
- Matsukura, Y., Oguchi, C. T. and Kuchitsu, N., 2004: Salt damage to brick kiln walls in Japan: Spatial and seasonal distribution of efflorescence and moisture content. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, **63**, 167-176.
- 松尾達也・西塚 大・榊田 卓, 2023: 地質体における土质地質調査の要点 (7) ダム編 (その3) 火山岩. 応用地質, **64**, 70-80.
- 中嶋 健・岩野英樹・檀原 徹・山下 透・柳沢幸夫・谷村好洋・渡辺真人・佐脇貴幸・中西 敏・三石裕之・山科起行・今堀誠一, 2019: 富山県八尾地域の新生界年代層序の再検討とテクトニクス. 地質学雑誌, **125**, 483-516.
- 直井良太・中田正隆・小室光世, 2017: 埼玉県吉見丘陵の凝灰質岩表面における胆礬の形成. 資源地質, **67**, 103-110.
- 日本遺産プロジェクト編, 2017: 日本遺産 2: 時をつなぐ歴史旅. 東京法令出版, 東京, 143p.
- Oguchi, C. T., Hatta, T. and Matsukura, Y., 1999: Weathering rates over 40,000 years based on changes in rock properties of porous rhyolite. *Physics and Chemistry of the Earth*, **24**, 861-870.
- Oguchi, C. T. and Yu, S., 2021: A review of theoretical salt weathering studies for stone heritage. *Progress in Earth and Planetary Science*, **8**, 32.
- Oyama, T. and Chigira, M., 1999: Weathering rate of mudstone and tuff on old unlined tunnel walls. *Engineering Geology*, **55**, 15-27.
- 大山隆弘・佐々木和裕・千木良雅弘, 1999: 素掘りトンネル坑壁の堆積性軟岩の風化 (その2) - 凝灰岩の風化速度と微生物の影響. 電力中央研究所研究報告, **U98046**, 1-23.
- 萩原成騎, 2020: 天然ゼオライトの産状と成因. 資源地質, **70**, 89-99.
- Prajaputra, V., Abidin, Z., Suryaningtyas, D. T. and Rizal, H., 2019: Characterization of Na-P1 zeolite synthesized from pumice as low-cost materials and its ability for methylene blue adsorption. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, **399**, 012014.
- Quanlin, N. and Naiqian, F., 2005: Effect of modified zeolite on the expansion of alkaline silica reaction. *Cement and Concrete Research*, **35**, 1784-1788.
- 澤崎雅之・国元 猛・日下部吉彦, 1993: 観音下産凝灰岩 (日華石) の強度特性に関する研究. 福井工業大学研究紀要, **23**, 153-160.
- 関 陽太郎・酒井 均, 1987: 千葉県館山市船形磨崖仏十一面観音像の劣化と水・岩石相互作用. 岩石鉱物鉱床学会誌, **82**, 230-238.
- 関 陽太郎・平野富雄・渡辺邦夫, 1987: 福島県小高町薬師堂石仏群の劣化と水・岩石相互作用. 岩石鉱物鉱床学会誌, **82**, 269-279.
- 藪部龍一, 1939: 7万5千分の1地質図幅「大聖寺」および同説明書. 地質調査所, 65p.
- Rybnikova, L. S. and Rybnikov, P. A., 2017: Hydrogeochemistry of the abandoned sulfide mines of the Middle Urals (Russia). *Procedia Earth and Planetary Science*, **17**, 849-852.
- 高屋康彦・小口千明・山崎麻衣・大西亮平, 2011: 史跡・吉見百穴の坑道壁面における凝灰質岩の塩類風化とその影響要因. 地形, **32**, 279-292.
- 富井康博・前田崇志・塚脇真二, 2002: 石川県辰口町～小松市北部地域における地質学的研究. 日本海域研究, **33**, 1-21.
- 塚脇真二・陰地章仁, 2008: 石川県金沢市ならびにその周辺の上部新生界層序. 日本海域研究, **39**, 17-30.
- 塚脇真二・岡田隆司・田知清英・作本達也・樫田 誠, 2021: 石川県小松市滝ヶ原碧玉原産地遺跡周辺地域の地質. 日本海域研究, **52**, 1-11.
- Winkler, E. M., 1994: *Stone in Architecture*. Springer-Verlag, Berlin, 313p.
- Yamamoto, S. and Zhu, Y., 1997: Thenardite and gypsum precipitated in wall of brick building in campus of University of the Ryukyus, Okinawa. *Journal of the Sedimentological Society of Japan*, **46**, 15-21.



# 日本海域研究投稿規定（2009年7月16日施行）

（2013年4月9日改定）

## 総 則

### 1. 原稿内容

投稿原稿は一般公開刊行物に未公開のもので、その内容は日本海および日本海周辺地域（以下「日本海域」）の自然、人文、社会科学的研究に関するものとする。

### 2. 投稿資格

金沢大学教職員、環日本海域環境研究センター外来研究員、同連携研究員、同博士研究員を原則とする。複数の著者による投稿の場合には、著者のうち少なくとも一人がこれらのいずれかに該当すること。ただし、編集委員会がその内容を適当と認めた場合にはこれ以外の投稿も受け付ける。

### 3. 掲載の決定

編集委員会は、委員会が指名した査読者の査読結果にもとづいて投稿原稿の掲載の可否を決定する。

### 4. 著作権

掲載された論文などの著作権は金沢大学環日本海域環境研究センターが所有する。

### 2. 原稿の種類

投稿された原稿はすべて以下のいずれかに類別される。著者は投稿時、所定書式の「原稿送り状」に原稿の種類を明記する。編集委員会で内容を検討し種類を変更する場合もある。

(1) 論文：日本海域における独自の研究成果をまとめたもの。

(2) 総説：日本海域に関する研究成果を分析・検討し、研究史や研究の現状、将来の展望などについてまとめたもの。

(3) 短報（要約・抄訳を含む）

(A) 論文の内容となりうる情報を含む調査研究成果の速報。

(B) 総説の内容となりうる情報を含む研究動向・研究展望の紹介や報告。

(C) 新しい研究手法の提案など。

(4) 資料：日本海域に関係のある調査、記録、統計などにもとづいて、資料的に価値のある情報をまとめたもの。

(5) 報告：補助金による事業の結果と経過、イベントなどの報告。

(6) 翻訳：日本海域にかかる外国語論文、総説、短報などの日本語訳。

## 細 則

### 1. 著者が負担する費用

投稿は無料である。ただし、以下の場合には著者の負担とする。

(1) ページの超過：投稿要領で定めた原稿の上限ページを超えた場合。

(2) 特殊印刷料金：カラーページや折り込み図面など。

(3) 別途作業料金：図面の清書、電子ファイルの作成などを編集委員会に依頼した場合。

(4) 別刷り超過分の印刷料金：別刷りが1編につき25部を超えた場合。

### 3. 原稿の言語

投稿原稿は原則として日本語あるいは英語とする。ただし、編集委員会が認める場合にはこれ以外の言語も受け付ける。

### 4. 投稿

投稿の方法は、電子媒体による投稿のみとする。なお、1人あたりの投稿原稿数は、単著で1人2編、共著で1人3編（単著を含む）までとする。

### 5. 受付

投稿原稿には受付日が付される。ただし、原稿に不備があると判断された原稿などは著者に差し戻される。差

し戻された原稿の受付日は再投稿後となる。また、再投稿が原稿受付メ切り以後であった場合は次号送りとなる。

## 投 稿 要 領

### 6. 査読

論文、総説、短報、資料、翻訳は、編集委員会が定める査読者による査読結果にもとづいて掲載の可否が編集委員会により決定される。報告は掲載の可否が編集委員会により決定される。

### 7. 入稿用原稿

編集委員会によって掲載可とされた投稿原稿は、著者が入稿用原稿（電子ファイル）を作成し、必要に応じてレイアウト見本（PDFファイル）とともに編集委員会へ完成原稿として提出する。図表・写真などは高精度の電子ファイルを提出する。

### 8. 校正

原則として編集委員会が校正を行う。

### 9. 発行後の投稿原稿の処理

原稿が印刷・発行された後は、環日本海域環境研究センターの責任で外部へ流出することがないように投稿原稿は処分される。図表・写真などで著者で返却を希望するものがあれば、投稿時の「原稿送り状」にその旨を明記する。

### 10. 別刷

1編につき25部を環日本海域環境研究センターの費用で作成するがそれを超える場合は著者負担とする。

### 11. 著作権

図表などを他の文献から転載する場合は、著者の責任において、受理までに転載許可を得なければならない。また、その場合は必ず出典を明記する。翻訳についても著者の責任において、受理までに該当論文などの著作権所有者から許可を得ることとする。

### 12. 投稿要領

細則の具体的運用法、原稿の形式および作成時の注意事項は、投稿要領に記す。

### 1. 原稿送付先および投稿に関する相談窓口

住所：〒920-1192 石川県金沢市角間町  
金沢大学理工系事務部総務課総務係  
環日本海域環境研究センター  
「日本海域研究」編集委員会  
電話：076-234-6821, FAX：076-234-6844  
Email：s-somu@adm.kanazawa-u.ac.jp

### 2. 刷り上がり時のページ数

各種原稿は以下に示すページ数を上限とし、ページ超過時の料金は著者の負担とする。

(1) 論文、総説、資料、翻訳：16ページ

(2) 短報：8ページ

(3) 報告：4ページ

※刷り上がり時の文字数は、日本語で約2100字/ページ、英語で約4500文字（スペースを含む）/ページ（あるいは約700単語/ページ）であるので、これをもとに換算する。

### 3. 各種原稿が含むべき項目

(1) 本文：投稿原稿は原則として日本語または英語とする（細則3）。

(2) 本文以外に必要な項目

(A) 表題：日本語と英語で併記する。英題は、単語の先頭は大文字とし、冠詞（ただし表題の先頭にくる場合を除く）と接続詞は小文字とする。

(B) 著者名：日本語と英語とをフルネームで併記する。英語では、姓はすべて大文字、名は最初のみが大文字で以下は小文字とし、姓名の順で記載する（例：YAMAGUCHI Masaaki）。また、連絡著者（Author for correspondence）を必ず指定する。

(C) 所属：日本語と英語で住所とともに併記する。所属がない場合には自宅住所とする。連絡著者については電子メールアドレスと電話番号を必ず記入する。

(D) キーワード（5個程度）：日本語と英語で併記する。キーワードとキーワードの間はカンマ「,」で分ける。

(E) 要旨：本文が日本語の場合には200～300語程度の英文要旨を付ける。英文要旨は「Abstract」であり「Summary」とはしない。英語原稿の場合には、英語要旨に加えて日本語（200～600字程度）の要旨を付ける。日本語の場合には「要旨」であり「梗概」や「摘

要」とはしない。

(F) 図表・写真：制限なし。

(G) キャプション：日本語原稿の場合は日本語および英語で併記する。英語原稿の場合は英語のみとする。

#### 4. 原稿の提出について

##### (1) 提出時の基本確認事項

(A) 投稿者や1人あたりの投稿数は総則2ならびに細則4のとおりとする。

(B) 図表等を他の文献から転載する場合は細則11のとおりとする。

(C) 連名の場合、著者全員が原稿の投稿および内容を理解し、連名となった著者が投稿原稿への貢献と責任に関し必要十分な構成であることを確認する。

##### (2) 投稿方法

用紙に印刷された「原稿送り状（PDFファイルでも可）」と電子ファイル（原則としてPDFファイル）を編集委員会宛に送付する。電子ファイルの送付にあたっては、(2) 添付ファイルとして編集委員会に電子メールで提出する、(2) CD-ROMなどの電子媒体にコピーして編集委員会宛に封書で送付する、あるいは(3) 金沢大学総合メディア基盤センターの「ファイル送信サービス」などを利用する。本文、図表、写真などは、ひとつの電子ファイルにして提出する。ファイルサイズには制限を設けないが、標準的な処理能力のパーソナルコンピューターで支障なく閲覧できるサイズしておく。これを超えるような大容量ファイルとなる場合には編集委員会に相談する（細則4）。

#### 5. 原稿の書式

##### (1) 原稿のサイズとフォント

原稿はA4サイズの用紙に1ページあたり35字/行×30行を目安とし、上下左右の余白（それぞれ30mm以上）と行間とを十分にとる。フォントは日本語ではMS明朝、欧文はTimes系あるいはCenturyを原則とし、読みやすいポイント数（おおよそ11ポイント以上）とする。

##### (2) 先頭ページ

投稿原稿の先頭ページには、日本語の表題、著者名、所属機関・部局名と住所をそれぞれ英文表記とともに以上の順番で記入する。連絡著者についてはこれに加えて電子メールアドレスと電話番号を記入する。改ページ後、英文要旨およびキーワードを記入する。キーワードはまず日本語で1行に収め、改行後に英語で一行に収める。

##### (3) ページ番号

本文にはページ番号を必ず記入する。先頭ページならびに続く英文要旨などのページにはページ番号をふらない。

##### (4) 文字方向

すべて横書きとする。

##### (5) 見出し

見出しとして、ローマ数字 I, II, III, IV がついた章を最上位に置く。章の下には節が置かれ、右括弧の数字 1), 2), 3), 4) を付す。さらに小節 1-1), 1-2), 1-3), 1-4), 小小節 1-1, 1), 1-1, 2), 1-1, 3), 1-1, 4) とする。それ以下の階層ではアルファベットの小文字を用いてもよい。英語原稿の場合にはこれらはすべて半角にする。

##### (6) 箇条書き

箇条書きには半角の番号を付す。たとえば, 1.2., (1) (2), など。

##### (7) 句読点

本文では句点は「。」、読点は「,」とする。「？」は必要に応じ句点として使用してもよい。キャプションでは句点を「.」とする。英語原稿の場合にはピリオド「.」とカンマ「,」を用いる。

##### (8) 日本語以外の言語および記号

日本語以外の文字の挿入は、原則としてギリシャ文字を含む西欧文字書体による表記法を用いる。ロシア語書体、中国語の簡字体やハングル語、アラビア語書体等の挿入は、技術的制約もあるため入稿までに編集委員会と協議する。

##### (9) カラー文字、下線の使用

本文では黒以外の色文字は使用できない。下線は原則として使用しない。

##### (10) 数式

数式は原則として改行後上下に0.5行程度の行間をとって配置し、右端に括弧付きの数式番号を付す。引用は「式(1)」などとする。 $\sigma$ ,  $\phi$  のように数式中の記号を本文中で引用する場合は、数式中のものと同じでなければならない。量を表す記号はイタリックとし、ベクトルはイタリックまたはローマンのボールドとする。下付・上付文字は原則として、変数に対応するものはイタリック、属性を示すものはローマンとする。関数記号はローマンとする。

##### (11) 脚注と文末注

本文、キャプションでの注はすべて末尾（文献リストの直前）とし、脚注は使用しない。注は番号を付けて列記し、本文中の番号と対照できるようにする。文末注に文献を記述してはならない。文献はすべて文献リストとしてまとめる。

## (12) 文献の引用

本文中での文献の引用は以下のように記述する。

[単独著者] 日本語・英語ともに「姓(年号)」とする。同姓別人で同年号の文献がある場合には、名も記入する。

鈴木(2005)によると・・・

Suzuki(2003)は・・・

鈴木一郎(2002)に対して鈴木二郎(2002)は・・・

[複数著者(2名)] 日本語の場合には「姓・姓(年号)」とする。英語の場合には「and」を用いる。同姓別人の場合は単独著者の例に準じる。

鈴木・中村(2002)は・・・

Suzuki and Nakamura(2002)では・・・

[複数著者(3名以上)] 日本語の場合は筆頭著者以外は「ほか」で表す。英語の場合は「et al.」を用いる。

山口ほか(1996)では・・・

Yamaguchi et al.(1998)によると・・・

[括弧付き引用] 単一の文献を括弧付きで引用する場合は以下のとおりとする。

・・・と報告されている(鈴木, 1992)。

・・・とすでに明らかにされている(鈴木・山口, 2001)。

・・・と結論づけられている(Suzuki and Yamaguchi, 2008)。

・・・である(Suzuki et al., 2009)。

[括弧付き複数引用] 複数の文献を括弧付きで引用する場合は以下のとおりとする。

・・・と結論づけられている(山口, 2000; 中村・鈴木, 2002)。※単著・複数著者にかかわらず年代順にする。

・・・と報告されている(Suzuki and Yamaguchi, 2002; 中村, 2002)。※同年代の文献のときは著者数にかかわらず筆頭著者の姓のアルファベット順にする。

・・・とすでに明らかにされている(山口, 1996, 1997)。※同著者の異なる年代の文献の引用は、年代のみをカンマで区切って並べる。

・・・との報告がある(中村, 2004a, b)。※同著者の同じ年代の文献の引用は、アルファベット小文字で区別し、文献リストの年代にも対応するアルファベットを記入する。

[未公表資料の引用] 卒業論文や修士論文のような未公表論文・資料の引用はできるだけ避ける。どうしても引用が必要な場合には著者姓のあとに「未公表」を付す。

・・・との報告がある(高橋, 1998, 未公表)。

これについて高橋(1998, 未公表)は・・・

## (13) 文献リスト

文献リストは次の順に配列する。

和文欧文を問わず、筆頭著者の姓(Last Name)に対応した英語式アルファベット順とする。外国人の名前で姓名の区別が明確でないものや姓名の区別がないものについては慣用的に用いられている方法をとる。同一筆頭著者が複数のときは以下の順とする。

① 単著論文は年代順。

② 2名連名の場合は、第二著者の姓のアルファベット順とそれらの年代順。

③ 3名以上連名の場合は、年代順。

※URLによる引用は、それ以外に情報にアクセスする手段のないかぎり行わない。

## (14) 文献の書き方

### ① 日本語論文

著者名(姓名, 複数著者の場合には「・」で分ける。著者が多数にわたる場合でも略さない), 発行年: 論文名, 掲載誌名(原則として略さない), 巻(号)数(ボールド), 最初と最後のページ。

望月勝海, 1930: 金沢付近の地史. 地質学雑誌, 37, 278-280.

清水 徹・西川政弘・塚脇真二, 1998: 石川県金沢市卯辰山~上涌波地域の地質-とくに下部更新統大桑層の岩相層序について-. 金沢大学日本海域研究所報告, 29, 91-114.

### ② 日本語単行本

著者名(姓名, 複数著者の場合には「・」で分ける。著者が多数にわたる場合でも原則として略さない), 発行年: 単行本名, 出版社名, 発行地, 総ページ数。

藤山家徳・浜田隆士・山際延夫, 1982: 学生版日本古生物図鑑. 北隆館, 東京, 574p.

### ③ 欧文論文

著者名(苗字, イニシャル, 2名の場合は「and」で分ける。3名以上の場合は「,」で分けるが、最後の著者の直前のみは「and」で分ける。著者が多数にわたる場合でも原則として略さない。著者が複数でかつ同姓を含むときは名も書く), 発行年: 論文名, 掲載誌名(イタリック, 常識的な簡略化(たとえば“Journal”を“J.”など)は可), 巻(号)数(ボールド), 最初と最後のページ。

Hasegawa, S., 1979: Foraminifera of the Himi Group, Hokuriku Province, central Japan. *J. Geography*, 49, 89-163.

Kaseno, Y. and Matsuura, N., 1965: Pliocene shells from the Omma Formation around Kanazawa City, Japan. *Sci. Rep., Kanazawa Univ.*, 10, 27-62.

Yoshioka, T., Ly, V., Maeda, T. and Tomii, Y., 2000: Geology of Kakuma area, Kanazawa City, central Japan. *Geological Magazine*, **25**, 49-62.

④ 欧文単行本

著者名 (欧文論文の場合に準じる), 発行年: 単行本名 (イタリック). 出版社名, 発行地, 総ページ数.

Ager, D. V., 1980: *The Geology of Europe*. McGraw-Hill Book Co., Maidenhead, 535p.

Closs, H., Roeder, D. and Schmidt, K., 1978: *Geologic History and Palaeogeography of Eastern Europe during Alpine Geosynclinal Evolution*. Editions Technip Co., Paris, 164p.

⑤ 未公表論文・資料 (日本語・欧文とも)

著者名, 年, 未公表: 論文・資料名. 論文・資料の種類・区分等, 総ページ数.

清水 智, 1983, 未公表: K-Ar年代測定結果からみた中部日本における鮮新-更新世の火山活動史. 金沢大学理学部地学科修士論文, 64p.

なお, 巻号のある雑誌 (たとえば“第6巻第2号”など) で巻ごとに通しページのある場合は号数を省略する。号数のみのものは巻数に準ずる。巻号のある雑誌で号ごとにのみ通しページのある場合は巻番号のあとに号番号を括弧付きで記述する。

地学雑誌, 第64巻第2号, 331-364 (巻ごと通しページ) →地学雑誌, 64, 331-364

土木学会誌, 第25巻第4号, 21-25 (号ごと通しページ) →土木学会誌, 25 (4), 21-24

(15) 付録

本文の流れをさまたげる可能性のあるもの, たとえば, 用いたデータの詳細, 分析法・解析手法の詳細, 数式の導出, 調査地点の説明, などは付録として本文のあと (文献リストの直後) に置くことができる。

(16) 図表・写真

電子ファイルとして作成し, 図表中の文字, 記号, 模様などは印刷時のサイズで明瞭に読めるものとする。まぎらわしい色や形を避ける。とくに印刷時にグレースケールあるいは白黒印刷となるものは判別可能となるように配慮する。写真は図として扱うが, 本文の最後 (文献リストあるいは付録の直後) に図版としてまとめてよい。

(17) 図表挿入位置

本文の左右いずれかの余白あるいは本文中に図表の挿入位置と希望する縮小率を指定する。

(18) 図表・付録の引用

図は「図1」, 「図2」のように順に番号を付す。順番は本文中に引用される順とする。写真も図として扱う

ため「写真1」などとはしない。表も順に番号を付し「表1」, 「表2」のように記述する。図版写真の引用は図版番号に合わせ「図版1-写真1」, 「図版1-写真2」と記述する。付録は「付録1」, 「付録2」と記述する。英語論文の場合には, これらはそれぞれ「Figure 1」, 「Table 1」, 「Plate 1 - Photo 1」, 「Appendix 1」となる。なお, 「Figure」については文頭にこない場合に限って「Fig.」と略することができる。

(19) 図表のキャプション

番号順に別紙にまとめ, 日本語・英語を併記する。ただし, 英語原稿の場合は英語のみとする。

(20) 原稿の順番

- ① 表題, 著者名, 所属機関・部局
- ② 英文要旨, キーワード (英語原稿の場合はこれに加えて日本語要旨)
- ③ 本文 (文末注, 文献リスト, 付録を含む)
- ④ 図表のキャプション
- ⑤ 表
- ⑥ 図および図版

5-2. 英語の原稿

英語の原稿の書き方は上にとくに断りがない場合は日本語原稿の規定に準ずる。英語として完成されたものであること。

6. 受付

投稿原稿には受付日が付される。ただし, 原稿に不備があるもの, 日本海域研究の発刊目的に整合しない内容の原稿, 完成度が低く査読不可能と判断された原稿などは著者に差し戻される。差し戻された原稿の受付日は再投稿後となる。再投稿が原稿受付メ切り以後であった場合は次号送りとなる。(細則5)

7. 原稿の査読とその修正

論文, 総説, 短報, 資料, 翻訳は, 編集委員会が定める査読者による査読結果にもとづき掲載の可否が編集委員会により決定される。報告は掲載の可否が編集委員会により決定される。投稿原稿は査読終了後修正を求められることがある。査読意見に対する反論がある場合は原稿とは別の用紙に記載し, 編集委員会に修正原稿とともに送付する (印刷物あるいは電子的方法による)。修正にあたっては, 修正原稿内あるいは別紙で修正箇所を明示する。

## 8. 受理と入稿

原稿受理後は著者側で速やかに入稿用原稿（電子ファイル）を準備する。原稿のテキスト部分とイメージ部分は以下のように作成する。

- (1) テキスト部分（表題, 著者・所属, キーワード, 要旨, 本文, キャプション, 文献, 付録, など）

編集委員会が指定する書式に従って、Microsoft-Wordで入稿用ファイルを作成する。これら以外のソフトウェアを使用する場合あるいはテキストファイルで入稿する場合には編集委員会と協議する。表はMicrosoft-Excelで作成し、Microsoft Wordに貼り込まない。ファイルは電子メールあるいはCD-ROMなどにコピーして編集委員会に提出する。論文、総説、短報、資料では、これとともに著者が希望する刷り上がりレイアウトを印刷物あるいはPDFファイル形式で提出することが望ましい。

- (2) イメージ部分（図, 写真, 図版, 複雑な表など）

イメージ部分は、ポストスクリプト形式（.eps, .ps）、アドビ・イラストレーター形式（.ai）、TIF形式（.tif, .tiff）、PDF形式（.pdf）、JPEG形式（.jpg, .jpeg）のファイル形式でテキスト部分とは別に提出する。イメージ部分はイメージごとに個々のファイルとすることが望ましい。Microsoft Powerpoint形式のファイルは認めない。図・写真をスキャナーで電子化する場合は600dpi以上の解像度とし、白黒の鮮明な線画はTIF形式ファイルが望ましい。写真は高解像度のオリジナルファイルを提出する。

# 「日本海域研究」第56号

## 編集委員会

(2024年4月1日～2025年3月31日)

委員長 長尾誠也 (環日本海域環境研究センター長)

編集主幹 塚脇真二 (環日本海域環境研究センター)

井上睦夫 (環日本海域環境研究センター)

小林信介 (人間社会研究域経済学経営学系)

古泉達矢 (人間社会研究域国際学系)

松木 篤 (環日本海域環境研究センター)

関口俊男 (環日本海域環境研究センター)

上田長生 (人間社会研究域人文学系)

宇根義己 (人間社会研究域人文学系)

## *Japan Sea Research vol. 56*

### Editorial Board

(1 April 2024 to 31 March 2025)

Editor in Chief: Seiya NAGAO

Managing Editor: Shinji TSUKAWAKI

Editors: Mutsuo INOUE

Shinsuke KOBAYASHI

Tatsuya KOIZUMI

Atsushi MATSUKI

Toshio SEKIGUCHI

Hisao UEDA

Yoshimi UNE

発行所 金沢大学 環日本海域環境研究センター

〒920-1192 石川県金沢市角間町

TEL (076) 234-6861

FAX (076) 234-6843

印刷 令和7年3月12日

発行 令和7年3月17日

印刷所 前田印刷株式会社

TEL (076) 274-2225

FAX (076) 274-5223

