

季刊

消防防災の科学

夏
2023

特集

地震災害と防災・減災（その1）

■ トピックス

無人航空機による消火活動支援の期待と課題

東京大学未来ビジョン研究センター 特任准教授 佐々木 一

東京大学未来ビジョン研究センター 特任教授 鈴木 真二

変わりゆく海洋環境：黒潮大蛇行と温暖化

国立研究開発法人 海洋研究開発機構

付加価値情報創生部門

アプリケーションラボ主任研究員

美山 透

行政職員向けの様々な防災図上訓練について

一般財団法人消防防災科学センター 上席主任研究員 小松 幸夫

■ 連載講座

連載（第58回）

広聴が正しく公聴は古い後藤新平（6）…………… 作家 童門冬二

知っておきたい気象用語の豆知識（第1回）

線状降水帯 …………… 気象予報士（元気象庁） 饒村 曜

153

一般財団法人 消防防災科学センター

この季刊誌は、宝くじの社会貢献広報事業として助成を受け作成されたものです。



宝くじは、みんなの暮らしに役立っています。



移動採血車

全国各地で運行している
献血バスを寄贈



ベンチ

全国の公園緑地等に
ベンチを設置



フラワープランター

観光地の環境美化活動の
推進を目的として寄贈



宝くじ桜

日本全国に
さくら若木を寄贈



車いす

博物館利用者のために
車いす等を寄贈



一輪車

体力づくり実践校等に
一輪車を寄贈



バス停留所施設

バス停上屋と
風防施設を設置



すこやか広場

こどもの国(神奈川県)に
健康器具や遊具を設置



検診車

胃部・胸部X線撮影車
として寄贈

宝くじは、少子高齢化対策、災害対策、公園整備、
教育及び社会福祉施設の建設改修などに使われています。



一般財団法人日本宝くじ協会は、宝くじに関する調査研究や
公益法人等が行う社会に貢献する事業への助成を行っています。

一般財団法人
日本宝くじ協会
<https://jla-takarakuji.or.jp/>

防災図上訓練の様子



「災害図上訓練DIG」の様子（2022年9月30日撮影）



「災害対策本部運営訓練」の様子（2018年2月9日撮影）

消防防災の科学

No.153 2023. 夏

巻頭随想

防災・危機管理における困難への対応

福島学院大学副学長・マネジメント学部長・教授
政策研究大学院大学客員教授・防災政策研究会代表 武田 文男 2

特集 地震災害と防災・減災（その1）

- 1 日本列島形成の営みと我が国の巨大地震
名古屋大学環境学研究科教授 山岡 耕春 7
- 2 GNSS を用いた地殻変動の観測と海溝型大地震
京都大学防災研究所地震災害研究センター教授 西村 卓也 13
- 3 海域観測データを活用した沈み込みプレート固着状況モニタリング：海溝型巨大地震に備える
国立研究開発法人 海洋研究開発機構 有吉 慶介 20
- 4 『被服廠跡』が伝える関東大震災の震災死亡者調査
立命館大学歴史都市防災研究所客員研究員 北原 糸子 26

■トピックス

無人航空機による消火活動支援の期待と課題

東京大学未来ビジョン研究センター 特任准教授 佐々木 一
東京大学未来ビジョン研究センター 特任教授 鈴木 真二 34

変わりゆく海洋環境：黒潮大蛇行と温暖化

国立研究開発法人 海洋研究開発機構
付加価値情報創生部門
アプリケーションラボ主任研究員 美山 透 40

行政職員向けの様々な防災図上訓練について

一般財団法人消防防災科学センター 上席主任研究員 小松 幸夫 45

■地域防災実践ノウハウ（116）

ーコールセンター・シンドロームー

Blog 防災・危機管理トレーニング 日野 宗門 52

火災原因調査シリーズ（109）

高温環境下（100℃以下）におけるリチウムイオン電池の内部短絡による出火について

福岡市消防局予防部予防課調査係 58

■連載講座

連載（58回）

広聴が正しく公聴は古い後藤新平（6）…………… 作家 童門 冬二 68

知っておきたい気象用語の豆知識（第1回）

線状降水帯…………… 気象予報士（元気象庁） 饒村 曜 70

■防災・減災への取り組み事例

震災の経験と教訓から、共に学び共に考える「防災学習研修施設」として

おぢや震災ミュージアム「そなえ館」施設長 日岡 求 72

編集後記

カラーグラビア

防災図上訓練の様子

バックナンバー

消防防災の科学バックナンバーは、右記のQRコードからご覧いただけます。



防災・危機管理における困難への対応

福島学院大学副学長・マネジメント学部長・教授
政策研究大学院大学客員教授・防災政策研究会代表

武田文男

これまで、自治省、総務省、消防庁、国土庁、内閣府、福岡県、京都大学、政策研究大学院大学等において防災・危機管理に関する行政や教育研究に携わってきた。現在は、福島学院大学において、福島の復興を支え、未来を担う人材の育成に従事するとともに、政策研究大学院大学において、防災・危機管理コースで学び、修士（防災政策）の学位を取得するエキスパートの養成に努めている。我が国は、多くの災害や危機を経験し、小生もいろいろな立場から関与してきた。このような中で、今後の防災・危機管理において対応すべき困難な課題が山積していると考えており、本稿では、そのうちのいくつかについて述べてみたい。

1. 関連死への対応

災害関連死とは、「当該災害による負傷の悪化又は避難生活等における身体的負担による疾病により死亡し、災害弔慰金の支給等に関する法律（昭和48年法律第82号）に基づき災害が原因で死亡したものと認められたもの」とであるとされている。

例えば、東日本大震災による福島県の死者数は、直接死1,605人、関連死2,337人となっている（令和5年6月12日福島県災害対策本部）。また、熊本地震による死者数は、直接死50人、関連死223人となっている（令和4年11月11日熊本県危機

管理防災課）。

すなわち、東日本大震災（福島県）では直接死者の約1.5倍の関連死者が出ており、熊本地震では直接死者の4倍超の関連死者が出ていることになる。

災害で生き延びた命が、災害関連で失われることは、極めて残念である。災害に際し、直接死者を出さないように努めることは重要である。同時に、せっかく生き延びた命が、その後、災害が原因で死亡する、という関連死を防ぐように努めることも重要である。この場合、狭い意味での防災・危機管理にとどまらず、医療、衛生、福祉、環境、雇用、経済、財政、コミュニティ、情報など幅広い分野での対応が求められる。これら各分野の連携を図り、関連死を防ぐのも、防災・危機管理の大きな役割であると考えられる。また、行政のみならず、自助・共助の力も、関連死を防ぐために必要である。直接死のみならず関連死を出さないために、自助・共助・公助の連携が求められる。

2. 避難の困難への対応

○要援護者の避難への対応

東日本大震災を踏まえて平成25年の災害対策基本法改正で作成が義務付けられた避難行動要支援者名簿は、全国的に作成が進んだものの、いまだ多くの高齢者等が災害の犠牲者となるなど、避難

の実効性の確保に課題を抱えている。

令和3年の災害対策基本法改正により、避難行動要支援者（高齢者、障がい者等）ごとに、避難支援を行う者や避難先等の情報を記載した計画である「個別避難計画」の作成について、市町村の努力義務とされた。

現在、多くの市町村において、個別避難計画作成の取組みがなされているが、実効性を上げるには、住民の多大な協力が不可欠である。難しいことが多いと思われるが、個別避難計画が、形式的なものではなく、実際に避難行動要支援者をサポートできるように作成されることが必要であり、市町村と住民が大いに議論を重ね、困難を乗り越えていただけることを願うものである。

○広域・長期避難への対応

平成23年3月11日に発生した東日本大震災から既に12年が経過した。被災地においては、甚大な被害を克服すべく懸命に取り組んでおり、多くの地域で復旧・復興が進みつつあるのを感じる。しかし、『福島』については、現在もお東日本大震災（原子力発電所事故を含む。以下同じ。）は継続しており、多くの課題に対応しながら、災害

応急対策とともに復興に取り組むことが求められている。

避難者は平成24年5月の164,865人（県内102,827人、県外62,038人）をピークに減少しているが、令和5年3月現在で27,399人（県内6,293人、県外21,101人、避難先不明者5人）という多くの人々がいまだ避難を続けておられる。

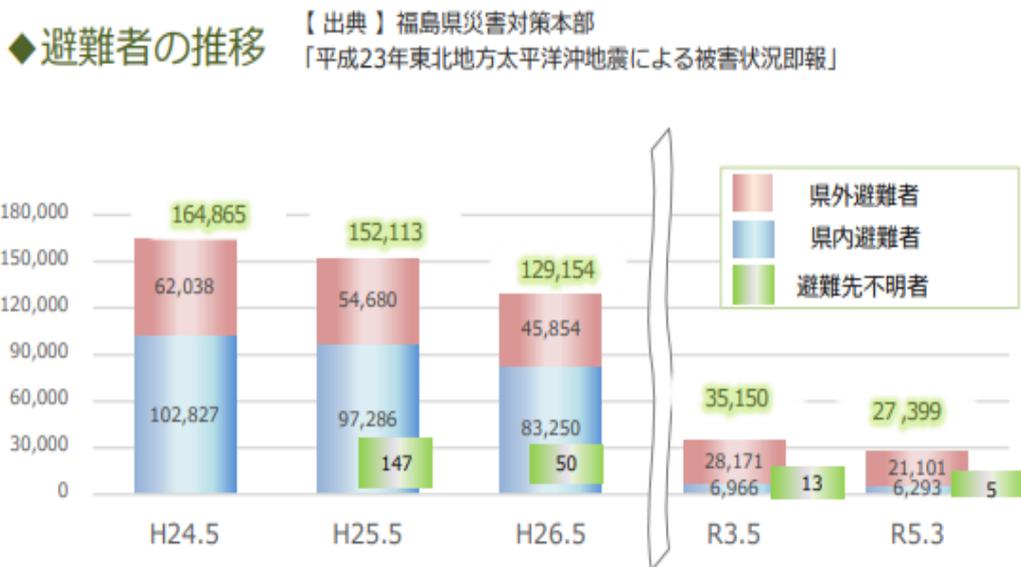
このように、長期にわたり、広域に避難する場合、避難先の新しいコミュニティが形成されることが考えられ、一定期間後に、帰還できる状況になった際に、はたして元のコミュニティに戻るのかどうか、判断が難しいケースがみられる。避難されていた方々の仕事や学校、医療、生活環境等によって一概に言えないだろうが、生まれ育った元々の故郷、慣れてきた新たな第2の故郷、どちらを選択するのか、広域・長期の避難の困難への対応に迫られる方々が大勢おられると思われる。

○国民保護における具体的避難への対応

国民保護法（武力攻撃事態等における国民の保護のための措置に関する法律）においては、

（避難施設の指定）

第百四十八条 都道府県知事は、住民を避難



（福島県「復興・再生の歩み（第10版）」P 2より）

させ、又は避難住民等の救援を行うため、あらかじめ、～ 避難施設として指定しなければならぬ。

と規定され、「国民の保護に関する基本指針」（閣議決定）においては、第4章 国民の保護のための措置に関する事項 第1節 住民の避難に関する措置 2 避難措置の指示 (4) 避難に当たって配慮すべき事項 ② 事態の類型等に応じた留意事項 として、

弾道ミサイル攻撃の場合には、次の点に留意する。

- ・～ 弾道ミサイルが発射された場合には、対策本部長は、当初は屋内避難を指示するものとし、～
- ・屋内避難を行わせる際には、関係機関は、できるだけ、近傍のコンクリート造り等の堅ろうな施設や建築物の地階、地下街、地下駅舎等の地下施設に避難させるものとする。

としている。また、内閣官房の「緊急一時避難施設の指定推進（重点的取組）」においては、

ミサイル攻撃等の際に爆風等からの直接の被害を軽減するための一時的な避難先として有効なコンクリート造り等の堅ろうな建築物や地下施設（地下駅舎、地下街、地下道等）について、令和3年度から令和7年度末までを集中的な取組期間として、緊急一時避難施設への指定を推進。

との取組みを示している。

国際情勢の緊迫化の下で、全国瞬時警報システム（J-ALERT）発出時の行動に現実的な不安を感じる国民が多いのではないか。弾道ミサイル落下時には、これまでの避難施設の状況では安全確保が困難ではないかと懸念しており、国・自治体は抜本的な具体策を早急に講じることが求められている。

3. 本部機能維持の困難への対応

○トップ代替

大災害や危機に際し、トップ機能が喪失されないう、「政府継続」を確保することが重要である。これは、国のみならず、自治体や各組織、企業等にも当てはまる。

国における例を見ると、内閣総理大臣臨時代理という制度が存在し、内閣法において

第九条 内閣総理大臣に事故のあるとき、又は内閣総理大臣が欠けたときは、その予め指定する国务大臣が、臨時に、内閣総理大臣の職務を行う。

と規定されている。

具体的には、閣議で首相代理の順位が決められており、首相代理の現在の順位は、

- 1位 松野 博一 官房長官
- 2位 高市早苗 経済安全保障担当相
- 3位 林 芳正 外相
- 4位 鈴木 俊一 財務相
- 5位 河野太郎 デジタル相

となっている。

わずか5名の閣僚が指定されているが、これらの代理者は、閣議や国会等で同席することも多く、大災害や国難危機に際し、確実なトップ代替者として政府継続を確保できるか、懸念を持つ。

米国においては、副大統領（兼上院議長）、下院議長、上院仮議長、全大臣で資格を有する者が多数指名されており、また、全員が同席することのないよう行動していると聞く。

国際環境の緊迫化や大規模災害の切迫等に常に緊張感をもって、トップ代替の拡充、リスク回避など危機管理の観点から徹底した備えが必要と考える。

これは、国のみならず、都道府県や市町村、各企業、組織においても、同様の課題であり、危機に際しトップ代替機能の確保により一層備えることが求められている。

	関東大震災	阪神・淡路大震災	東日本大震災 
発生日月	1923年（大正12年）9月1日 土曜日 午前11時58分	1995年（平成7年）1月17日 火曜日 午前5時46分	2011年（平成23年）3月11日 金曜日 午後2時46分
地震規模	マグニチュード M7.9	マグニチュード M7.3	モーメントマグニチュード Mw9.0
直接死・行方不明	約10万5千人 （うち焼死 約9割）	約5,500人 （うち窒息・圧死 約7割）	約1万8千人 （うち溺死 約9割）
災害関連死	—	約900人	約3,800人
全壊・全焼住家	約29万棟	約11万棟	約12万棟
経済被害	約55億円	約9兆6千億円	約16兆9千億円
当時のGDP	約149億円	約522兆円	約497兆円
GDP比	約37%	約2%	約3%
当時の国家予算	約14億円	約73兆円	約92兆円

（内閣府防災「関東大震災100年」特設ページより）

○本部代替

大災害や国難危機に際しては、トップ代替機能とともに、司令塔となる本部機能の確保が必要である。

例えば、首都直下地震や富士山噴火等の国難・危機が発生しても、我が国の司令塔本部が維持存続し、機能する必要がある。

現在、我が国の災害対策本部は、「官邸」→「内閣府（中央合同庁舎8号館）」→「防衛省（市ヶ谷）」→「立川広域防災基地」の順で代替することとされている。

しかし、いずれも、東京都内しか想定されておらず、大きな被害が出たときに対応が困難ではないかと懸念される。首都圏外の広域防災バックアップ拠点を首都近郊のみならず全国レベルで準備しておく必要があるのではないかと考える。

4. 復興の困難への対応

防災・危機管理において、災害や危機が去った後、どのように復興を図るかが重要である。

時間も手間も経費も掛かる、忍耐を要する作業である。しかし、復興ができなければ、被災者・被災地にとって、災害や危機を克服したことになるのである。

しかも、厄介なのは、時間が経過すれば、災害や危機は昔のこととして忘れられたりする「風化」現象が起きてくる。一方で、マイナスイメージは、根強く残っており、「風評」被害はなかなか消えないことが多い。特に、東日本大震災・原子力発電所事故の被災地である福島にとっては、「風化」と「風評」と闘いながら、災害応急対策とともに復興に取り組みなければならない状況が続いている。

このような中で、福島の復興を支え、未来を担う人材を育成することは極めて重要であるとの観点に立ち、福島学院大学においては、今年4月から、新たにマネジメント学部・地域マネジメント学科を開設し、人材を育てる努力を重ねている。

また、復興に取り組むに際しては、「災害の伝承」の視点も重要であり、東日本大震災・原子力災害伝承館をはじめとする取組みも進められている。

現代を生きる我々にとって最大の被害をもたらした東日本大震災の風化と風評を乗り越え、復興への困難の克服を目指してまいりたい。

上の表は、我が国で発生した大規模災害である関東大震災、阪神・淡路大震災、東日本大震災の被害を比較したものである。

東日本大震災が、いかに大きな被害をもたらした

たか、科学技術や情報ツールが進歩した現代においてこのような甚大な被害が生じた、という状況から、我々が学ぶべき教訓を次世代、他の地域にどのように伝承していくのかは、大切な課題である。

と同時に、東日本大震災の特徴は、地震・津波のみならず、原子力発電所事故との複合災害であり、福島県の避難者は、いまだに27,000名を超える避難者がおられ、帰還困難区域が存在するなど、

災害対策は、現在進行形で継続中である。災害応急対策とともに復興に取り組まなければならない、という現状を抱えている。

このような困難の中で、災害伝承にも取り組み、風化・風評を克服しつつ、将来にわたって復興を進めていくためには、福島の復興を支え、未来を担う人材の育成が急務であると考えており、筆者としても可能な限りの努力を傾注してまいり所存である。

□日本列島形成の営みと我が国の巨大地震

名古屋大学環境学研究科教授 山岡 耕 春

1. はじめに

日本列島は地震が多い。このことは日本に住むほとんどの人が知っている事実だろう。それが日本列島の下に沈み込むプレートによって引き起こされていることもほとんどの人が知っている。テレビの解説などでも、海底の岩盤（プレート）が日本列島の下に沈み込み、陸側のプレートが反発するときに地震が起きると説明している。ところがそのプレートの沈み込みが日本列島の形成に主要な役割を果たしていることは必ずしもよく知られていない。ここでは、プレートの沈み込みを日

本列島の形成と関係づけ、日本列島で発生する巨大地震について解説する。

深い海と浅い海

まず、日本とその周辺の地形を見てみよう。図1は、日本列島とその周辺の海底地形を表した地図である。この図は、米国大気海洋局（NOAA）がインターネットに公開しているデジタルデータをもとに、筆者がコンピュータで描いた地形図である。起伏の感じがわかりやすいように日本列島を斜め南西方向から眺めて、高さや深さを15倍に拡大してある。こうしてみると海はどこも同じ深



図1

さではないことがわかる。大雑把に言って、「浅い」海と「深い」海に分かれていることが理解できると思う。日本の西方にある東シナ海は「浅い海」であり、海水に覆われた陸地で、地殻の構造は大陸と同じである。このような地殻を**大陸地殻**と呼び、大陸地殻をのせたプレートは大陸プレートと呼ばれる。それに対し、太平洋や日本海は「深い海」である。「深い海」は、地球の表面が割れて広がり、地下からマグマが湧き出してきて形成された。このような地殻を**海洋地殻**と呼んでいて、海洋地殻を乗せたプレートは海洋プレートと呼ばれる。日本列島の東側の海底は、太平洋プレートと呼ばれ、日本からはるか1万 km も離れた場所にある「海嶺」と呼ばれる海底の裂け目で生まれ、約1億年かけて移動し、千島海溝・日本海溝・伊豆小笠原海溝から地球内部に沈み込んでいる。日本列島の南側の海底は、フィリピン海プレートとよばれ、南海トラフと南西諸島海溝から地球内部に沈み込んでいる。フィリピン海プレート東縁の伊豆小笠原海溝沿いには浅い海底が南北に連なっている。これは太平洋プレートの沈み込みによって形成された火山列であり、これもフィリピン海プレートの移動によって日本列島の方向に移動している。しかし、この火山列は海洋プレートよりも軽いため、地球内部に沈み込むことはできず、

日本列島に衝突している。その衝突している場所が伊豆半島である。伊豆半島の衝突は、日本列島を大きく変形させ、地震の発生様式にも大きな影響を与えている。

日本列島と大陸との間にある日本海は、約2千万年前に大陸に裂け目ができて広がってできた「深い海」である。原因は未だ謎であるが、大陸の地殻がズタズタに裂けて広がり、その間に地下からマグマが上昇してできた海底である。当時の裂け目の一部は、現在も東北から北陸にかけての日本海側に古傷として残り、いまでも時々ずれ動いて地震を発生させている。

すでに拡大を停止した日本海に対し、今まさに裂け目が拡大しているのが沖縄トラフである。沖縄トラフが拡大しているのは、フィリピン海プレートが南西諸島海溝に沈み込みながら海溝を後退させているためである。

2. プレートの沈み込みと自然災害

プレートの沈み込みと地震・火山

日本列島のようにプレートの沈み込みによって形成された地殻を**島弧地殻**と呼んでいる。島弧地殻の下にプレートが沈み込む様子を模式的に断面図で示す(図2)。まず、この沈み込み自体が地

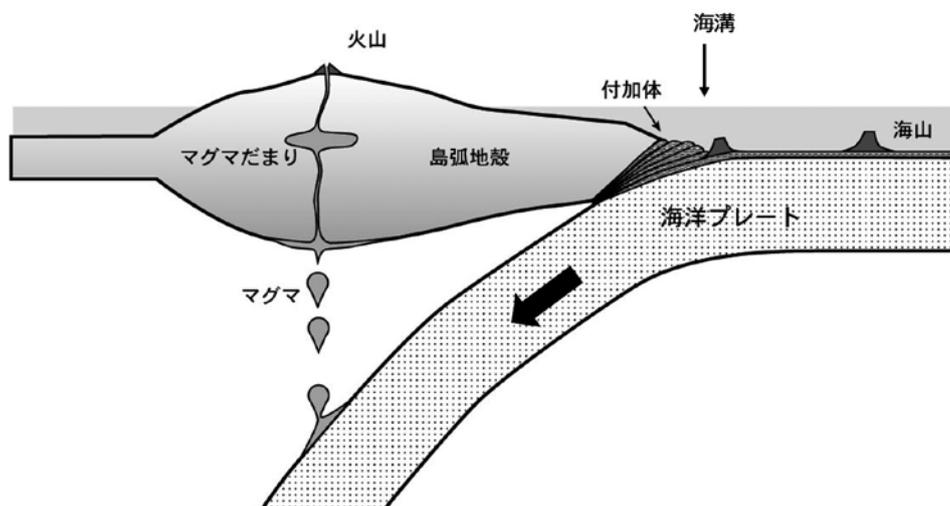


図2

震を発生させる。その地震には、大きく分けて**海溝型の地震**と**内陸活断層型の地震**がある。海溝型の地震とは、プレートの沈み込みに伴って発生する地震の総称である。沈み込むプレートと陸側地殻との境界面が突然ずれ動くことで発生する地震がある。これを特にプレート境界の地震と呼んでいる。プレートの境界面は海洋プレートの沈み込みによって滑っている場所なので、ずれ動きやすい場所となり、繰り返し地震を発生する。また沈み込むプレートは下に向けて大きく曲げられるためプレート内部の岩盤も破壊されて地震が発生する。これらを特に**スラブ内**(あるいはプレート内)**地震**と呼んでいる。内陸活断層型の地震は、内陸の地殻が沈み込むプレートの力に耐えかねて突然破壊することで発生するものである。破壊によって断層がずれ動き、一度ずれ動いてできた断層は地殻内の弱面となって繰り返しずれ動く。

プレートがマントルに沈み込むと、深さ100kmを越えたあたりでマグマを発生させる。これは、海底で水を取り込んだ海洋プレートがマントル内に沈み込み、その水を深部でマントルに供給するためである。水は海底で岩石中の鉱物に取り込まれ、深部の高温高压によって分解して水を放出する。マントルに水が供給されるとマントルの融点が下がり、マントルが溶けてマグマができる。マグマは周囲のマントルよりも軽いため上昇して島弧地殻に入り込み、さらに上昇して地表に達する。これが火山の噴火である。このように、日本列島で発生する自然災害のうち、地震や火山噴火はプレートの沈み込みが原因であることはよく知られている。

島弧地殻の成長

プレートの沈み込みが地震や火山噴火を引き起こすことを説明した。しかし、それらは私達が住む島弧地殻が成長することと裏表の関係にある。火山活動が山を作ることはわかりやすい。我が国最大の火山である富士山は標高3776mで、約

1000km²の大地を溶岩で覆っている。火山が大地を作る働きは実に大きいことを実感する。しかし、実は地下で生成されたマグマのうち、地表に達するのはほんの一部(5%程度)である。地表に噴出したマグマの実に20倍に及ぶ大量のマグマが地表に噴出しないまま地下で固まってしまうのである。マグマは島弧地殻を成長させる大きな要因となっている。

マグマだけでなく、プレートの沈み込みそのものも島弧地殻を成長させる。海溝ではプレート表面の一部が削り取られて陸側に付加する。これを付加体と呼んでいる。ひとことで付加体といっても、島弧地殻に付加される物質にはいろいろある。プレートが海底を動いている間にたまった堆積物、ハワイのように、海の中にそびえ立つ火山島、さらに火山島の周囲に発達した珊瑚礁など様々な物質が島弧地殻に付加される。付加されたものは、ゆっくり固化して岩となり一部は隆起して地表に現れる。細かい泥は泥岩や頁岩に、SiO₂の固い殻を持った珪質プランクトンの死骸はチャートに、珊瑚礁は石灰岩になる。これらの岩石は日本列島のあちこちに分布しており、プレート沈み込みによる付加作用を目の当たりにすることができる。また意外に目立たないものの、石灰岩の周辺にはしばしば火山島を形作っていた玄武岩が見られる。このように横からあるいは下から物質が付加されて日本列島は成長していくのであるが、さらにプレートの沈み込みによって水平に押す力が働き、島弧地殻が変形し上と下に膨らんでいく。このように島弧地殻の成長はプレートの沈み込みが大きな役割を果たしている。

島弧地殻の成長がもたらす大雨

雨は雲から降る。その雲は上昇気流によって成長する。例えば夏の暑い日には日射によって暖められた地表付近の空気が上昇して積乱雲が発達して強い雨が降る。上昇気流の中では断熱膨張によって温度が下がり、それに伴って空気中に含ま

れている水蒸気が凝縮して水滴となり雲を作る。凝縮によって熱を発生するのでさらに上昇気流が促進されて雲が発達し、強い雨が降る。

このような自発的な上昇気流以外にも、山に当たった風が地形に沿って上昇するときにも雲ができる。つまり島弧地殻の成長によって高くなった山地に海からの湿った風が当たると斜面に沿って空気が上昇して雲ができ、雨が降る。日本列島に山脈がなかったら湿った空気は日本の上を素通りして、今よりもずっと雨が少なかったはずである。日本列島に山があるため、太平洋側に雨をもたらす。季節風の風も、台風の風も、山に当たって雨が降らせる。降った雨は山を浸食し、土砂が川に流れ込む。土砂は下流に運ばれ、緩やかな流れとなった河口付近に堆積して平野を作る。このようにできた平地を利用して人々が生活をしている。日本の地形はプレートの沈み込みによる地殻変動と、地殻変動によって引き起こされる降雨によって形作られていると言えるだろう。

プレートの沈み込みと自然災害

ここまでは、自然現象としてプレートの沈み込みが島弧地殻に与える作用を見てきた。地震、火山噴火だけでなく、雨水による土砂移動も、元をたどるとプレートが沈み込むことによって引き起こされることがわかったと思う。この様に、世界の中で日本列島に自然災害が多いのは、プレートの沈み込みがあつて陸地が作られている場所であることが大きな要因である。日本列島に住む我々は、つねに自然災害と向き合つて生きる必要がある。

3. 海溝型巨大地震

このように、プレートの沈み込みは、日本のような変動帯で自然災害を引き起こす主役となっている。その中でも、海溝型の巨大地震は広い範囲で強い揺れをもたらすだけでなく、規模の大きな

津波災害を引き起こすことで、島弧地殻の上に住む人々にとって大きな脅威となっている。しかし、その地震の起き方は、日本列島においてさえ場所によって異なっている。ここでは、政府の地震調査研究推進本部の資料をもとに、日本における海溝毎の地震発生様式の違いを見ていくことにする。

千島海溝

北海道の太平洋沿岸のプレート境界ではマグニチュード8クラスの地震が多く発生してきた。明治以降に発生したM7.8以上の地震としては1894年根室半島沖地震(M7.9)、1918年択捉島沖地震(M8.0)、1952年十勝沖地震(M8.0)、1963年択捉島沖地震(M8.1)、1969年色丹島沖地震(M7.8)、1994年北海道東方沖地震(M8.2)、2003年十勝沖地震(M8.0)が知られている。それだけではなく、千島海溝沿いでは、これらの地震を越えるマグニチュード9クラスの超巨大地震が起きることが、陸上の津波堆積物の証拠から指摘されている。直近の超巨大地震は17世紀前半に発生したと考えられており、それ以前は平均すると約400年間隔で発生していたことも明らかになってきた。最後の地震からすでに400年程度経過していることから次の超巨大地震への備えが急務である。

日本海溝沿い

東北地方から関東地方の日本海溝沿いも、千島海溝沿いと同様に巨大地震がしばしば発生している。M7.8以上の地震としては、1896年明治三陸地震(M8.2)、1933年昭和三陸地震(M8.1)、1968年十勝沖地震(M7.9)が知られている。このうち1896年の明治三陸地震は地震の揺れが比較的小さかったのに対し津波規模が大きい津波地震であった。これ以外にも1938年福島県東方沖地震(M7.5)、1953年房総沖地震(M7.4)、1978年宮城沖地震(M7.4)のようなマグニチュード7クラスの地震も多く発生している。2011年東北地方太平洋沖地震(M9.0)はこの地域で発生した超巨

大地震である。三陸沖から茨城県沖までの広い範囲のプレート境界がずれ動いたため津波による大きな被害を発生させた。この地域の超巨大地震は、869年に発生した貞観地震のほか、15世紀後半から17世紀前半に1回、4～5世紀に1回、紀元前4～3世紀に1回発生していたと考えられており、500～600年間隔で発生していることがわかっている。また少し古いが、房総半島の東方沖では1677年に延宝地震（M8程度）が発生し、津波による被害が発生している。この地震も津波地震と考えられている。

伊豆小笠原海溝

伊豆小笠原海溝沿いでは、プレート境界の巨大地震発生は知られていない。この海溝から沈み込む太平洋プレートは、日本海溝や千島海溝とは異なり、深い角度で沈み込んでいる。そのため、プレート間の固着が弱くなり、巨大地震が発生しにくいと考えられる。

相模トラフ

伊豆半島の東側から房総沖にかけて、フィリピン海プレートの沈み込み口である相模トラフが伸びている。この相模トラフでは、1923年に関東地震（M7.9）が発生し、神奈川県や東京都を中心に大きな被害をもたらした。同じプレート境界の巨大地震としては、1703年に元禄地震（M8程度）が発生している。関東地震の震源域が神奈川県から房総半島であるのに対し、元禄地震はさらに房総半島の南東沖にまで震源域が広がったと考えられている。今年（2023年）は関東地震からちょうど100年目にあたる。過去の地震発生周期から見ると次の地震までにはもうしばらく時間があるが、次の関東地震を意識したまちづくり計画をそろそろたて始めておいても良いだろう。

南海トラフ

伊豆半島の西側から四国沖にまで延びる南海

トラフもフィリピン海プレートの沈み込み口である。このトラフ沿いでは、過去におよそ100～200年間隔で巨大地震が発生してきた。直近の地震は、1944年東南海地震（M7.9）と1946年南海地震（M8.0）である。南海トラフでは、紀伊半島を挟んだ両側で時間的に近接して地震が発生しやすいことが知られている。南海トラフで発生した過去最大級の地震は1707年の宝永地震（M8.6）であり、紀伊半島両側のプレート境界が連動してずれ動き、静岡県沖から四国沖までの広い範囲が震源域となった。南海トラフ沿いにおける地震活動はこのような巨大地震の発生を除けば、日本海溝沿いや千島海溝沿いにくらべて非常に静かである。しかしながら、プレート境界がゆっくりとずれ動くスロースリップは頻繁に観測されており、巨大地震発生に向けて確実にエネルギーの蓄積が行われている。

日向灘

南海トラフの西側の延長である日向灘は、南海トラフとは異なり、普段からプレート境界で大小の地震が発生している。日向灘ではM8クラスの地震の発生は知られていないが、比較的大きな地震としては1662年にM7.6の地震が発生している。近年では1941年（M7.2）、1968年（M7.5）、などが発生し、揺れや津波による被害が生じている。なお、過去に例は知られていないものの、南海トラフで超巨大地震が発生した場合には、日向灘まで震源域が広がる可能性も指摘されている。

南西諸島海溝

九州南方から沖縄の太平洋側を通して台湾付近まで伸びる南西諸島海溝については、歴史の資料によって知られる被害地震は少ない。比較的大きな地震としては、1911年に九州に近い喜界島沖地震（M8.0）が知られている。プレート境界に限らなければ、被害をもたらす地震が発生している。特に沖縄県西部の先島諸島付近ではM7クラスの

地震がしばしば発生している。1771年の八重山地震（M7.4）による津波は、12000人が溺死したという記録がある。ただしこの津波は地震の揺れによって誘発された海底地滑りによって発生したという説もあり、はっきりしない。これ以外にも1966年台湾東方沖の地震（M7.8）や、1938年の宮古島北方沖の地震（M7.2）、1947年与那国島近海の地震（M7.4）、1958年石垣島近海の地震（M7.2）が知られている。沖縄の大陸側には沖縄トラフという地殻の割れ目があり、現在も拡大を続けている。それに合わせて、南西諸島海溝の特に西側では海溝が後退を続けており、この事が原因でプレート境界の巨大地震が発生しにくいものと考えられる。

4. おわりに

日本のように地球上で地殻が成長している場所

は変動帯と呼ばれている。図3の地図で濃く塗った場所が変動帯であり、中生代以降（2億5千万年前以降）にできた、地球の陸地の中では比較的若い地域である。これらの変動帯は、日本と同様にプレートが地球内部に沈み込んでいる場所である。それと同時に変動帯は、今まさに陸地ができつつある場所である。海洋プレートが地球内部に沈み込んで終焉を迎える海溝で新しい陸地が生まれることは、地球の不思議を感じてしまう。変動帯に住む私達にとって、自然災害は宿命とも言えるものである。世界には変動帯ではない安定した大陸にある国々も多い。変動帯に住む国々では、自然災害を乗り越えて、変動帯にない国々とも経済的に競争をしていかなければならない。我々は、自然災害と向き合い、克服し、時にいなしながら、また自然災害の結果を利用しながら、生活を営んでいるのである。

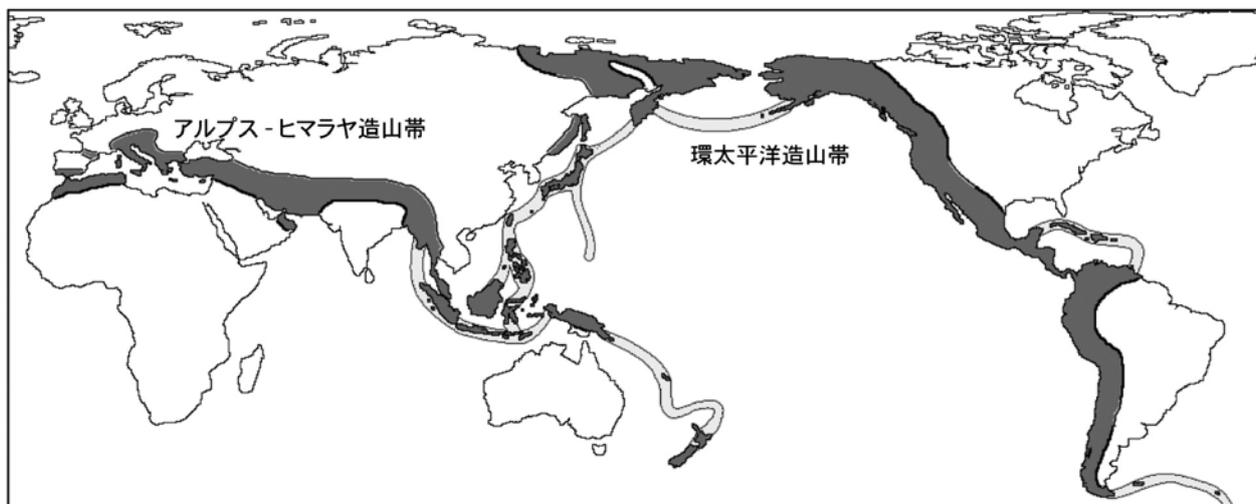


図3

□ GNSS を用いた地殻変動の観測と海溝型大地震

京都大学防災研究所地震災害研究センター教授 西村卓也

1. 地殻変動の観測と GNSS 観測網

日本列島は、地震の発生や火山が多い環太平洋造山帯に位置する。起伏が多く平野部の少ない日本列島の形は、激しい地殻変動の結果生じたものであり、今後も地殻変動により、日本列島の形は絶えず変わっていくであろう。現在進行している地殻変動を実測するためには、精密な測量が必要で、我が国では1880（明治13）年の全国の測地測量（三角測量、水準測量）の開始によって、地殻変動の観測が始まった。ただ、当時の測地測量は、実施に要する労力や費用の面から、観測ができるのは数十年～十年に一度であり、観測精度の問題から、進行している地殻変動の時空間変化を詳細に把握することは難しかった。

1990年代に入ると人工衛星を用いた測位システムである米国の GPS（Global Positioning System）が実用化され、民間利用に開放されたことで、測量の観測精度や時間分解能が大幅に向上した。現在では米国だけでなく、ロシア、欧州連合（EU）、中国により、世界中で使える人工衛星を用いた測位システムが運用されており、このような衛星を用いた測位システムを総称して GNSS（Global Navigation Satellite System）と呼ぶ。一般には GNSS と GPS が混同されて使われることもあるが、本稿ではより適切な用語である GNSS を用いる。

1990年代半ばから2000年代前半にかけて、国土交通省国土地理院では、日本全国約1,300か所の

GNSS 連続観測点からなる GEONET（GNSS Earth Observation Network System）を構築した。これにより、日々の日本列島の地殻変動が詳細に観測できるようになった。地殻変動の観測結果は、地震や火山活動のモニタリングための資料として、毎月国土地理院から発表されるとともに、大地震の発生時には、リアルタイムのデータ解析による震源断層モデルの即時推定^[1]により、緊急防災情報としての活用も行われている。また、世界的に見ても GNSS を用いた高精度の位置情報は、ユビキタス情報通信時代の自動車等の自動運転や機械の自動制御に必要な不可欠なものとなっており、多くの国で GNSS 観測網の設置が進められた。そのため現在では、環太平洋などの地殻変動の激しい地域のみならず、ヨーロッパなどの安定大陸でも多数の GNSS 連続観測点が設置され（図1）、地殻変動の観測が行われている。さらに、日本国内では国土地理院や大学等の公的機関による観測点に加えて、民間企業による独自の GNSS 観測網の設置も進められている。ソフトバンク株式会社では、全国約3,300か所に独自の GNSS 基準点を設置しており、これらの観測点のデータを用いた地殻変動観測研究も進められている。

本稿では、観測開始から30年が経過しようとしている GEONET のデータから日本列島の地殻変動の特徴を示すと同時に、観測された地殻変動のメカニズムを海溝型大地震の発生と関連付けながら述べる。

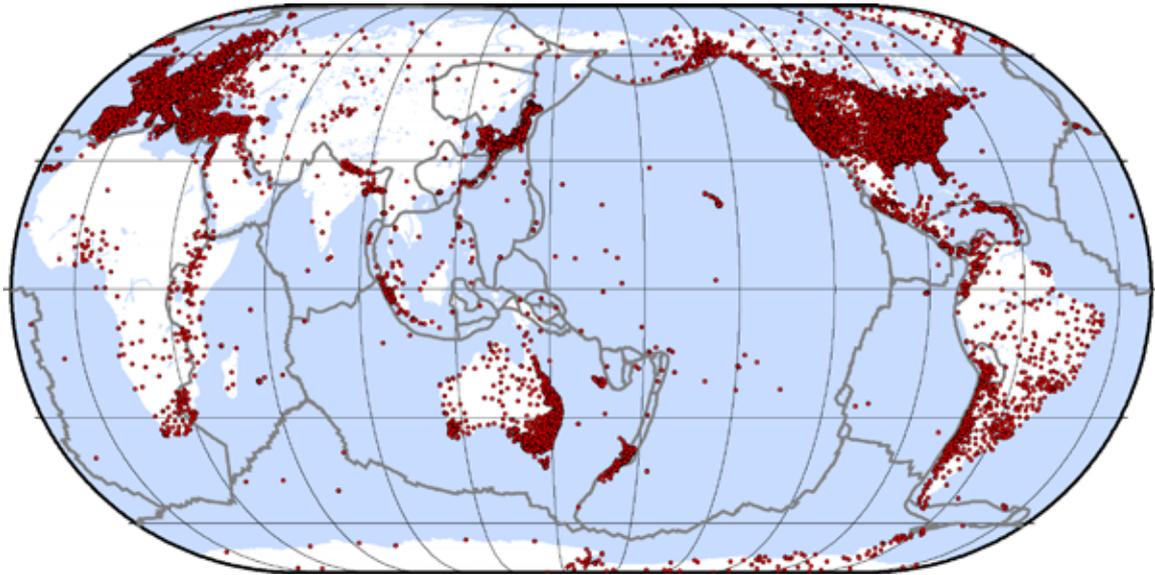


図1 米国ネバダ大学測地学研究室によって解析・公開されているGNSS観測点の分布図（2023年6月現在）。丸はGNSS観測点（20,840点）、灰色の線はプレート境界^[3]を表す。

2. 日本列島の地殻変動

GNSSを用いて丸一日観測すると、測定される位置の精度は、水平方向で約2mm、上下方向では1cm弱となる。地球の表面を覆っているプレートの運動速度が年間数cmであるから、1年間GNSS観測を続けるとプレートの運動に伴う地殻変動は十分な精度で観測できることになる。日本

列島の周辺には4つのプレートがあることが知られている（図2）が、これらのプレートの運動もGEONETによって詳細に明らかになった。

2022年1年間にGEONETによって観測された日本列島の水平方向の地殻変動を図3に示す。この図は、長崎県五島列島の福江観測点に対して相対的な水平地殻変動を表示したもので、福江観測点は朝鮮半島や中国大陸北部から構成される大陸

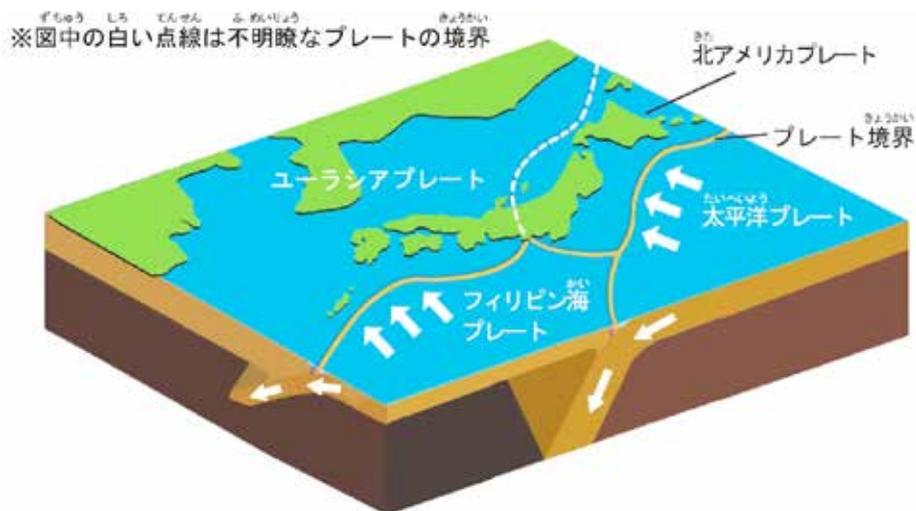


図2 日本列島周辺のプレート

（出典：地震調査研究推進本部）

プレート（ユーラシアプレート）に位置しているため、伊豆・小笠原諸島に見られる北西方向に3～6 cm 程度の動きは、ユーラシアプレートに対する西日本の海洋プレート（フィリピン海プレート）の動きを表している。図の範囲外であるが、日本の国土で唯一、東日本の海洋プレート（太平洋プレート）に位置している南鳥島では、西北西方向に10cmの動きが観測されている。

一方、日本列島の大半は、大陸プレートに位置しており、北海道と本州の東半分は北アメリカプレート、本州の西半分と四国、九州はユーラシアプレート（アムールプレートという説もある）に属している。北アメリカプレートはユーラシアプレートに対して1-2 cm/年で西向きに移動していることが知られており、北海道北部などに見ら

れる北西向きの変動の大部分は、北アメリカプレートの運動を表している。

2つの大陸プレートに属する地域でも、北海道や関東から東海、近畿、四国及び九州地方の太平洋側は、概ね北西方向に年間3～5 cm 程度で動いている。プレートテクトニクス基本概念では、プレートは硬くてほとんど変形しないものだと考えられていたが、実際は二つのプレートが接している地域では、二つのプレートの相互作用により、プレートが変形することが知られている。太平洋側の北西方向の動きは、東日本では、千島海溝や日本海溝から日本列島の下に沈み込む太平洋プレート、西日本では南海トラフや南西諸島海溝から沈み込むフィリピン海プレートによって、陸側のプレートが押されて変形していることを表し

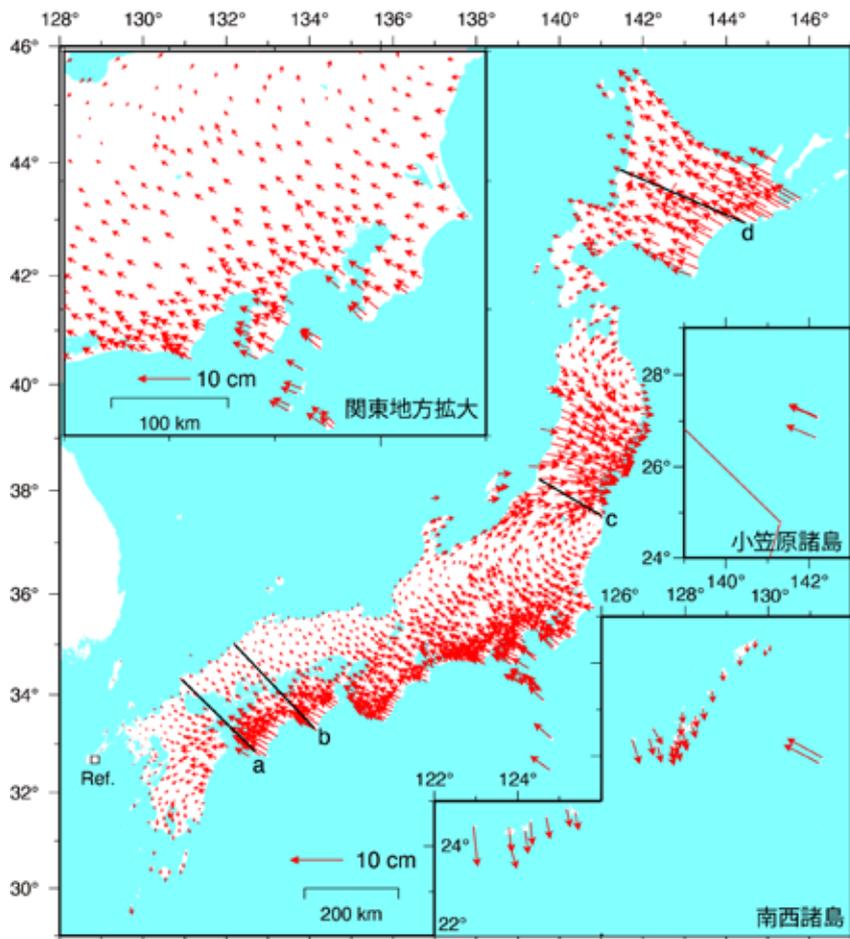


図3 GEONETによって観測された日本全国の地殻変動。矢印は、長崎県福江観測点（図中のRef.）に対する2022年1年間の各GNSS観測点の水平移動量を表す。a-dは、図4に時系列を示す基線の位置を示す。

ている。一方、東北地方の中部だけは、日本海側から太平洋側まで東方向に移動している。これは、2011年の東北地方太平洋沖地震（マグニチュード9.0）の後から見られるようになった特徴で、この地震より前は、東北中部の太平洋側も西向きに移動していた。大地震後に観測される地震前と傾向の異なる地殻変動は余効変動と呼ばれており、東向きの変動は地震から12年経過した今でも余効変動が継続していることを表す。

図3で最大の変動量は、矢印がスケールアウトしてしまっているが、小笠原諸島の硫黄島で観測されており、南南西に52cmもの水平変動が観測されている。硫黄島のもう一つの観測点でも北西方向に34cmの水平変動を観測しており、島内で非常に大きな地殻変動が進行していることを示している。硫黄島は活発な活火山であるため、観測された地殻変動も火山活動が原因であると考えられる。

次に過去30年にわたる地殻変動の時間変化を見よう。図4は、図3に位置を示した太平洋側

と日本海側の観測点を結ぶ4つの基線における基線長変化の時間変化を示したものである。四国の室戸岬と日本海側の観測点の基線（図4b）では、過去30年間にわたって、距離が一定の速度で短縮しており、短縮量は112cmに達している。北海道の釧路と日本海側の観測点の基線（図4d）では、複数の地震による瞬間的な数cmの伸びと地震後の余効変動の期間を除くと、概ね一定の速度で短縮している。一方、福島県の太平洋側と日本海側を結ぶ基線（図4c）では、2008年の福島県沖の地震などを除けば、2011年東北地方太平洋沖地震の発生前まで短縮していたが、地震時には一気に175cmも伸び、その後も数年間にわたって伸び続けた。2017年以降は、再び短縮傾向にあるが、1990年代の短縮速度に比べると、短縮速度は小さいままである。四国の足摺岬と日本海側を結ぶ基線（図4a）では、特徴的な時間変化が見られている。全体的な短縮傾向は、他の基線と同様であるが、1997年、2003年、2010年、2018-2019年頃に伸長している時期がある。地震による伸長であ

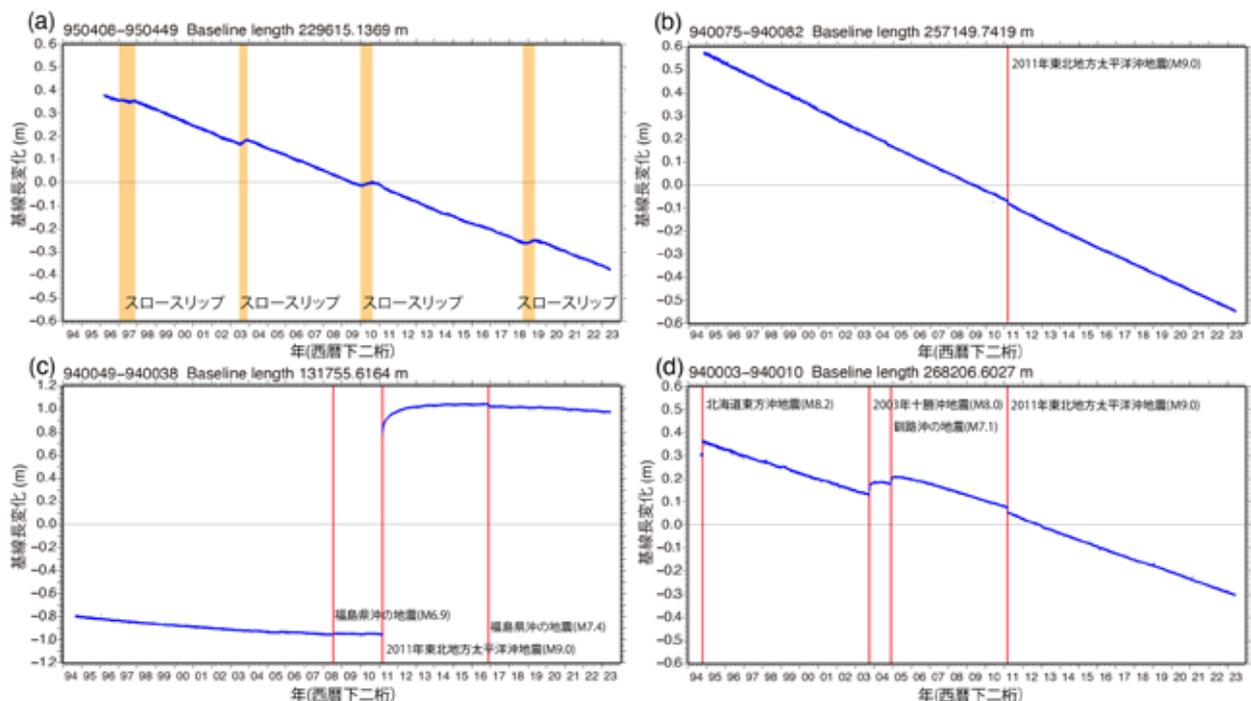


図4 GNSS観測による30年間の基線長変化。各基線の位置を図3に示す。(c)のみ縦軸のスケールが異なることに注意。

れば、一瞬の変化なのであるが、ここで見られる伸長は数ヶ月～1年程度の期間にゆっくりと伸びている。このような現象はスロースリップ（ゆっくりすべりやSSEと呼ばれることもある）と呼ばれ、GNSS観測によって世界中の様々な地域で発生していることが発見された。

3. 海溝型地震とスロースリップのメカニズム

大陸プレートと海洋プレートがぶつかると、密度の重い海洋プレートが大陸プレートの下に潜り込む形となる。この大陸プレートの海洋プレートが接している境界で発生する地震を海溝型地震と呼び、2011年東北地方太平洋沖地震や将来発生が懸念されている南海トラフ地震が例としてあげられる。海溝型地震が発生するメカニズムは、海洋プレートがプレート運動により移動すると、プレート境界に働く摩擦力により、大陸プレートを引きずり込む（図5）。このように二つのプレートが一緒になって沈み込んでいる状態を、プレート境界が固着しているといい、海洋プレートの運動速度に対して、大陸プレートが引きずり込まれ

る速度の割合を固着率と呼ぶ。海洋プレートの沈み込みが続き、大陸プレートのひずみが大きくなって反発する力が強くなると、固着が外れて断層が急激にずれる。このような現象が海溝型地震である。一方、数日から数年間かけてゆっくりと断層がずれる現象がスロースリップである。

スロースリップが発生すると、発生した場所ではひずみが解放されることになるので将来の地震の発生可能性は低くなる。しかし、今までに観測されたスロースリップは、巨大地震と比べると規模が小さく、図5に示した大地震のようにプレート境界全体がすべり、大陸プレート全体がはね上がることはなく、一部のみがすべる場合が多い。その場合、スロースリップが発生した場所の周囲では、ひずみが高まり地震が起りやすくなると考えられる。実際、2011年東北地方太平洋沖地震や中南米で発生した複数の海溝型地震の前に、地震の震源域の近傍でスロースリップが発生していたことが知られており、スロースリップが大地震発生最後の引き金を引いたと指摘する研究^[2]もある。

海溝型大地震にむけてひずみが蓄積している期間（図5左）の地殻変動データを用いると、大陸

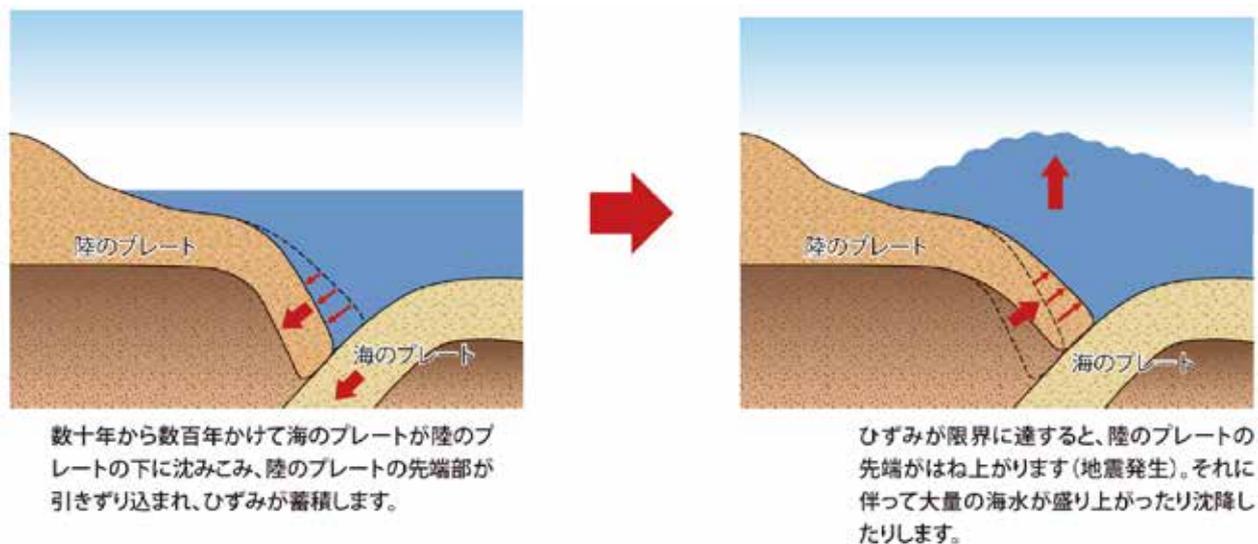


図5 海溝型地震の発生メカニズム（出典：地震調査研究推進本部）。図では陸のプレートが変形しているのは海底部分だけであるが、実際は陸域も含めて広い範囲が変形することが知られている。

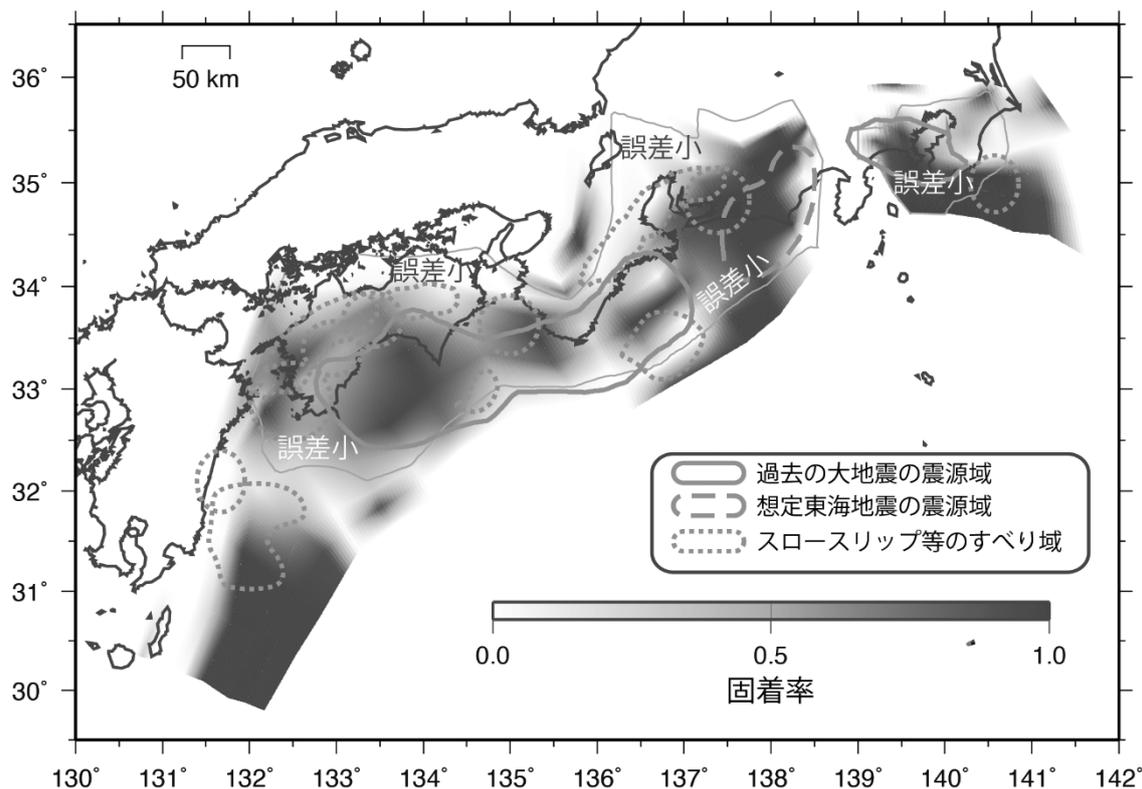


図6 南海トラフと相模トラフ沿いのプレート間固着率分布^[4]。2005-2009年の地殻変動データから推定したもの。誤差小と書いた細線の領域の外側では、固着率の推定誤差が大きいことに注意。

プレートが海洋プレートからどれだけ引きずり込まれているか、すなわち固着域が推定できる。この固着域は、将来の大地震の震源域となりうる領域を示すため、地震の長期予測において重要な情報である。GNSSと海底地殻変動データを用いて、南海トラフと相模トラフの固着率分布を推定した結果(図6)を見ると、海岸線付近から沖合にかけて、固着率が大きな場所が分布している。三浦半島や房総半島先端部、静岡県から愛知県東部、高知県では、陸域でも固着率が高く、将来の大地震の震源域となる可能性が高いため、これらの地域では津波だけでなく、強い地震動に対する備えを強化する必要がある。固着率が高い領域は、過去の大地震の震源域と概ね重なっており、過去の大地震の震源域で現在はひずみが蓄積中であると言える。一方、過去の大地震の震源域周辺では、さまざまな継続時間を持つスロースリップが発生しており、これらの領域では、スロースリップによ

て蓄積されたひずみの一部が解消していると考えられる。

固着率が比較的高い場所でも、図中では過去の大地震やスロースリップの発生領域と重なっていない場所がある。そのような場所でも時代をよりさかのぼると大地震が発生していた場所もある。例えば、房総沖では1707年の元禄関東地震(マグニチュード8.2)が発生したし、日向灘では、1662年に日向灘地震(マグニチュード7.3~8.0)が発生している。これらの領域で推定された固着域は、再来間隔の長い大地震の震源域でのひずみ蓄積を表している可能性もあるが、地殻変動観測点から離れているため推定誤差が大きく、確定的なことを言うことは難しい。ただ、誤差が大きいため、これらの地域での大地震の発生可能性を排除することがあってはならない。東北地方太平洋沖地震の発生前に、GNSS観測から宮城県沖を中心とする東北地方太平洋沖に固着域があること

は推定されていたが、その知見がこの地域での大地震の想定に十分生かすことができなかつたことを教訓とし、不確かな情報でも防災に役立てていく必要がある。

4. おわりに

1990年代半ばに構築された GNSS 観測網により、日本列島の地殻変動に関する理解は劇的に深まり、海洋プレートと大陸プレートの境界での固着により周辺にひずみが蓄積し、海溝型地震の発生に至る過程が高精度に観測できるようになった。また、断層がゆっくりすべることによりひずみを解消するスロースリップが、多数発生していることも明らかになったが、スロースリップと大地震との関連性については、未解明の課題も多い。これらの GNSS 観測網を用いた技術や地殻変動に関する知見を、防災に活かす取り組みはまだ端緒にすぎたばかりであり、筆者も微力ながら取り組んでいきたい。

<謝辞>

本稿では、国土地理院 GEONET のデータを利用しました。ここに記して、観測網の維持管理を行っている関係者に感謝いたします。

【文献】

- [1] 川元智司・他, (2016), 電子基準点リアルタイム解析システム (REGARD) プロトタイプの開発, 国土地理院時報, 128, 55-66, <https://www.gsi.go.jp/common/000137236.pdf>
- [2] Ito, Y., et al. (2013), Episodic slow slip events in the Japan subduction zone before the 2011 Tohoku-Oki earthquake, *Tectonophysics*, 600, 14-26, doi:10.1016/j.tecto.2012.08.022.
- [3] Bird, P. (2003), An updated digital model of plate boundaries, *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 4(3), doi:10.1029/2001gc000252.
- [4] Nishimura, T., Y. Yokota, K. Tadokoro, and T. Ochi (2018), Strain partitioning and interplate coupling along the northern margin of the Philippine Sea plate, estimated from Global Navigation Satellite System and Global Positioning System-Acoustic data, *Geosphere*, 14(2), 535-551, doi:10.1130/ges01529.1.

□海域観測データを活用した沈み込みプレート 固着状況モニタリング：海溝型巨大地震に備える

国立研究開発法人 海洋研究開発機構 有吉慶介

1. はじめに

近年、地震や地殻変動を高感度かつ広域にわたる観測技術の進展によって、通常の地震に比べて時間をかけて断層が滑るために人間では揺れを感じない「ゆっくり地震」の発生が、日本周辺や世界中のプレート沈み込み帯で知られるようになってきました^[1]。この「ゆっくり地震」は、通常の地震に比べて小さい外力によって活動が変化することが知られており^[2]、海溝型巨大地震の震源域近傍に分布していることから、南海トラフ沿いの固着状況を把握する上で、重要な監視ツールの一つとなっています。

「ゆっくり地震」は、規模の大きなものからスロースリップイベント（※地震計では揺れないので、地震ではなく「イベント」と呼びます）・超低周波地震・低周波微動などに大別されており、規模の大きなスロースリップイベントは超低周波地震および低周波微動を活性化させる場合があることが知られています^[3]。スロースリップイベントは歪計^[4,5]、超低周波地震・低周波微動は広帯域地震計でそれぞれ捉えられています^[6]。

南海トラフについて着目すると、東南海地震・南海地震の震源域をカバーするかたちで DONET と呼ばれる海底観測網が設置されています（図1）。DONET は、海域で発生する地震・津波を

常時観測監視し、緊急地震速報への活用などを目的としたもので、文部科学省の委託事業として JAMSTEC が開発し、南海トラフ周辺の深海底に設置したデータをリアルタイムで伝送するシステムです。紀伊半島沖熊野灘の水深1,900～4,400m の海底に設置された DONET1 および、潮岬沖から室戸岬沖の水深1,100～3,600m の海底に設置された DONET2 から構成されています^[7]。各観測点には強震計、広帯域地震計、水晶水圧計（海底水圧計）、微差圧計、ハイドロフォン、精密温度計が設置されています。DONET は、DONET2 の完成をもって2016年4月に国立研究開発法人防災科学技術研究所へ移管され、その後の運用も行われています。DONET で取得したデータは、気象庁等にリアルタイムで配信され、津波警報にも活用されています^[8]。

孔内観測装置は、海底下の地震・地殻変動の高感度な観測等を目的として、JAMSTEC 他によって開発された掘削孔内の観測システムです。DONET へ接続することによって、長期連続リアルタイム観測が可能となりました^[9]。

本稿では、それらの観測事例を通じて、近い将来に発生すると指摘されている南海トラフ沿いの海溝型巨大地震に向けての現状と課題を紹介します。

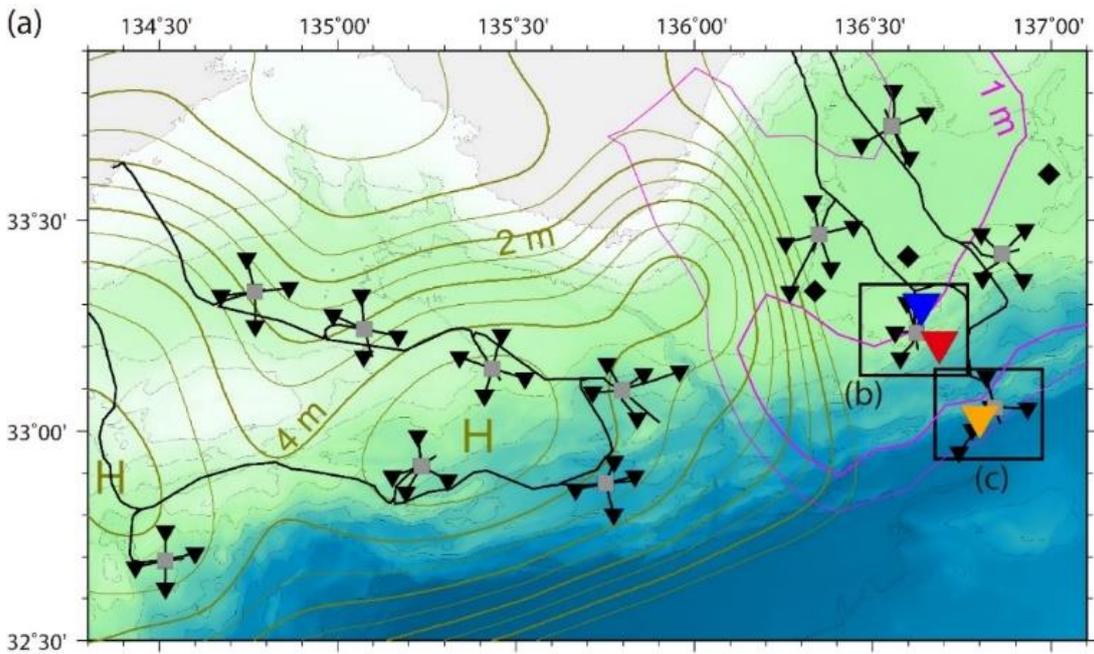
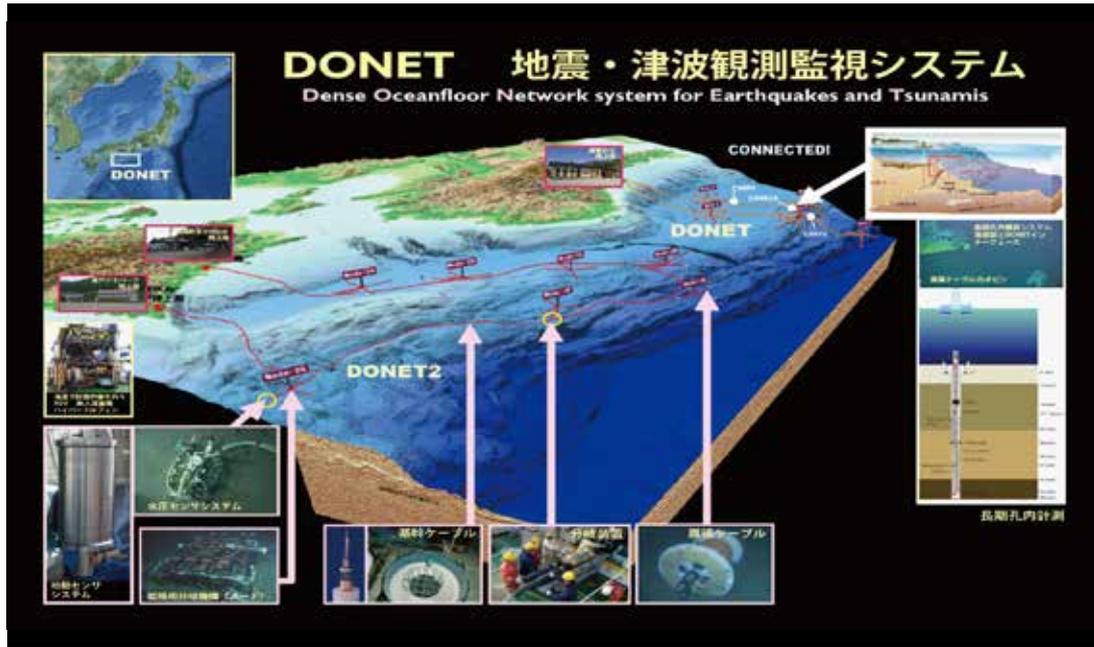


図1. DONET (地震・津波観測監視システム) の概要 (上) と DONET (▼)・孔内 (▼▲▽) 観測点。コンターは1944年東南海地震・1946年南海地震のすべり量分布^[10]。

2. スロースリップの活動履歴から紐解く南海トラフにおけるプレート間すべり過程

スロースリップイベントは、陸と海のプレート間で固着していたものが一部剥がれた過程をみていると考えられています^[11]。一方で、海溝型

巨大地震が発生する直前には、周辺で固着が剥がれ始めることが予想されています^[3]。私たちが知りたいのは、南海トラフにおいてスロースリップがどこでどれくらいの量で起きたのか、ということに帰着します。そこで、間隙水圧を体積歪に換算することで、各孔内観測点における収縮・膨張の変化量に基づいて、断層モデル (位置・面の形

状・すべり量など)の絞り込みを行いました。その結果、Mw(モーメントマグニチュード)5程度で数cm程度のすべりが1年に1回程度で繰り返し起きていることが分かりました。この領域周辺では、プレート運動速度が6cm/year程度であるため、そのうちの30-50%程度の歪がスロースリップイベントによって解放されていると考えられています^[12]。

一方で、超低周波地震は、DONET観測点の広帯域地震計記録にバンドパスフィルタを適用し、整合するように断層メカニズム解を推定することができます。その結果、プレートの沈み込み方向に沿った低角逆断層すべりとして、スロースリップイベントの断層モデル上で起きていることが分かりました(図2)。これらの結果より、スロースリップイベントが超低周波地震を誘発するかどうかは、スロースリップイベントの断層すべり域が超低周波地震の震源域を通過するかどうかで決まることになります。

2020年3月および2023年3月のスロースリップイベントでは、この手法を用いて発生開始から2020年3月では数日、2023年3月では1日後に間隙圧のデータ自動解析システムから検知し、その変化のパターンから断層すべり域が超低周波地震の震源域と重なる条件だったことから、超低周波

地震が起きる見通しを立てました。そしてその数日後、実際に超低周波地震が発生したことをDONET広帯域地震計から検知しました。これら一連の結果は、海底下の地殻変動および地震活動に関する推移予測に向けた、小さいながらも着実に前進してきた成果であったといえるでしょう。

3. 間隙圧とDONET海底圧力計を併用した体積歪変化の超精密観測

しかしながら、間隙水圧を計測する孔内観測機器および海底に設置されたDONETの海底水圧計では、気象・海象擾乱によって影響を受けたりすると、その圧力変化がスロースリップイベントの発生を示すものかどうかを短時間で正しく判断するのが困難な状況となる、という問題を抱えていました。

現状では、「ゆっくり地震」が発生したと客観的に判断できる根拠として、複数の間隙水圧計で同時に変化した場合や、スロースリップイベント発生期間中に超低周波地震・低周波微動が複合的に起きた場合などに限られていました。一方で、スロースリップイベントが発生しても超低周波地震を伴わない場合や、観測点配置の関係で間隙水圧計や地震計で捉え切れない場合もあります。そ

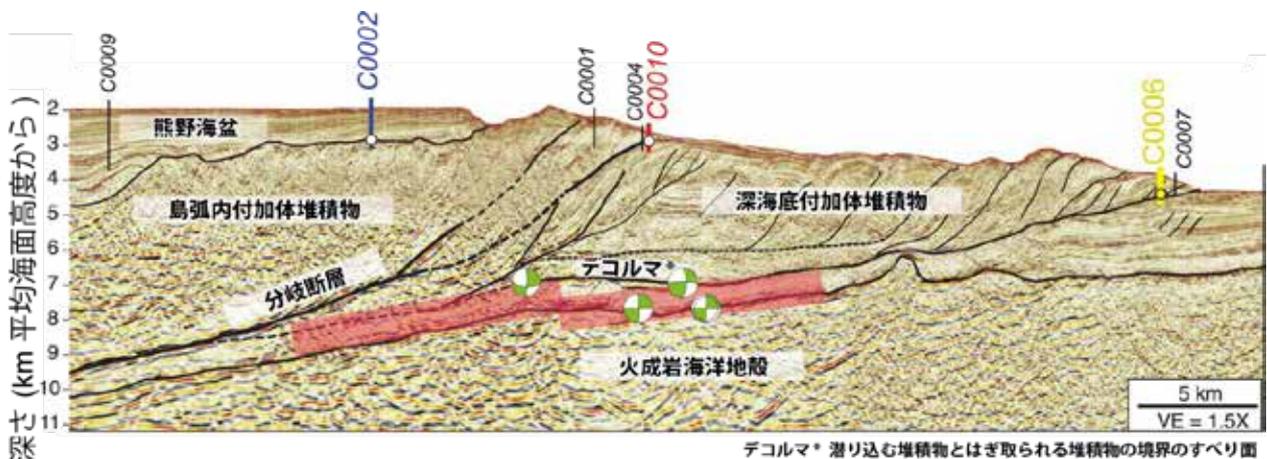


図2. 2020年3月に発生したスロースリップイベントの断層モデル(赤色)と超低周波地震の断層メカニズム解(ビーチボール)

のため、南海トラフ沿いのプレート間固着の状況についてモニタリング検知能力をさらに向上させる解析手法の開発が求められていました。

海底地殻変動成分の抽出手法として、これまでには孔内の間隙水圧記録に含まれる潮汐成分を除去するために孔口に設置された海底水圧計の記録を用いてきました。近年、その手法を改良し、孔口の海底水圧計だけでなく、周辺の DONET 海底水圧計も活用することで、これまでの手法と比較して潮汐によるノイズを1/4~1/2以下に軽減させることに成功しました(図3)。これにより、2020年3月のスロースリップイベント発生に伴う、ナノスケール(10の9乗分の1)の体積歪変化を検出することにも成功しました。ここまで微小な体積歪変化を南海トラフ沿いで検知できたのは、今回の事例が初めてです。これらの結果は、検知したスロースリップイベントは、南海トラフ近傍までは達していないこと、収縮の体積歪が僅かに増加したことが確かめられたことを意味します。

4. 黒潮蛇行とスロースリップとの関連性

上記のスロースリップイベントについて、体積歪変化に基づく海底地殻変動の時空空間スケール

を見積もると、1~2週間の継続時間と C0002~C0006(約50km)程度のもとなります。これらのスケールは海洋変動では中規模渦に相当すると考えられます。中規模渦は黒潮蛇行によって励起される現象であることから、ここでは、中規模渦が再現可能な海洋モデル(海中天気予報)の適用を試みました^[14]。

所属機関である海洋研究開発機構では、独自に海洋モデル(JCOPE)を開発しています^[15]。現在ではそのうち、最新版である JCOPE-T DA を活用して、気象・海象擾乱による海底圧力変化を解析しています。スロースリップイベントが起きた期間において、黒潮蛇行に起因する海底圧力変化を計算した結果、陸側では増加し、海溝側では減少する傾向が続いていたことがわかりました。海底圧力が減少すると摩擦力が低下するため断層面は滑りやすくなると考えられます。

2020年3月のスロースリップイベントは、海溝付近まですべりが到達していることが超低周波地震の活動などから確かめられており、スロースリップイベントの発生領域の拡大を黒潮蛇行が誘発した可能性を示唆します。また、5日程度の短い周期で変動する海洋擾乱成分について調べると、スロースリップイベントが終息したタイミングで

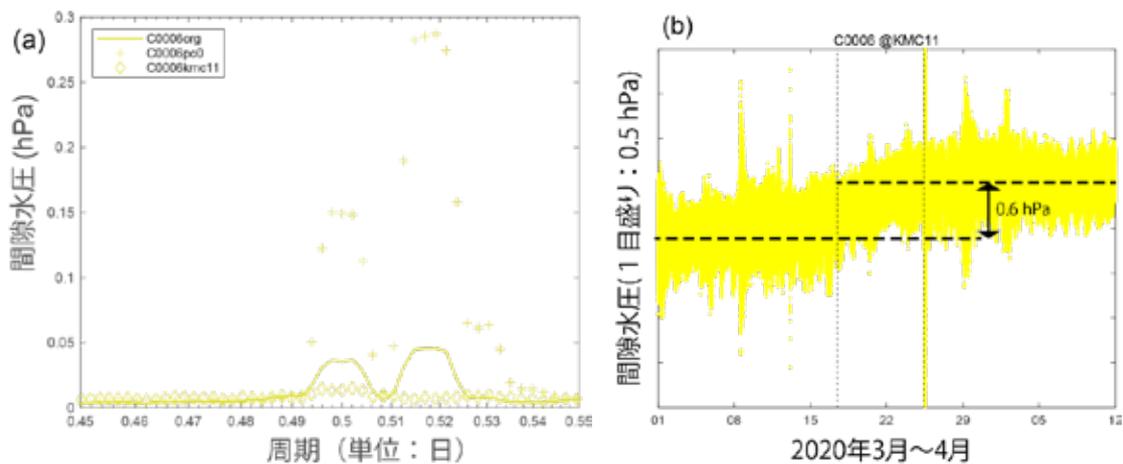


図3. (a) 間隙水圧の振幅スペクトラムの比較。実線はこれまでの手法、◇は今回の手法の結果。0.5日、0.52日付近の主要な潮汐成分によるノイズが大きく軽減されている。(b) 今回の手法で検知に成功した間隙水圧変化。0.6hPaは、10ナノ・ストレインに相当^[13]。

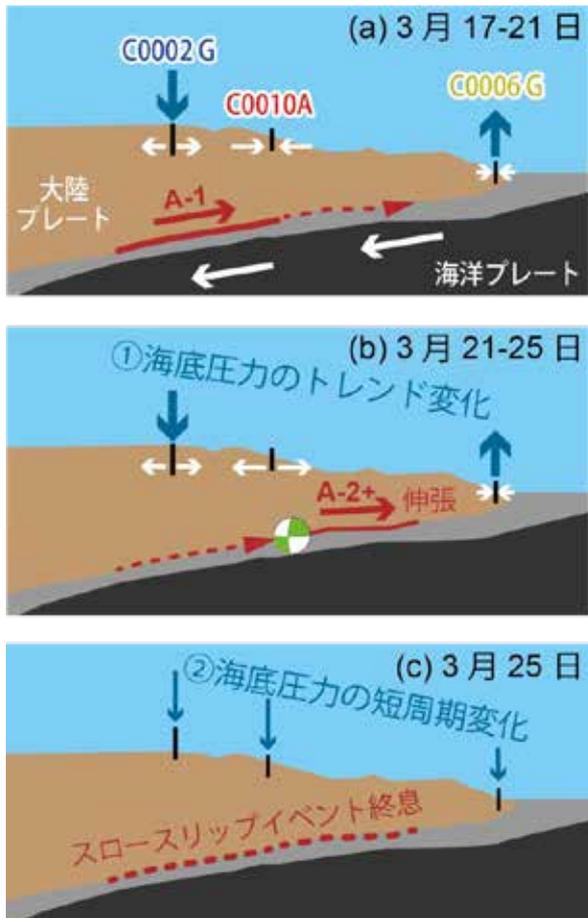


図4. 2020年3月のスロースリップイベントの発生～終息過程

海底圧力が増加していました（図4）。

同程度の大きさの圧力変化を伴う海洋変動とスロースリップイベントが終息するタイミングとに相関があることは、ニュージーランド北島沖のヒ克蘭ギ沈み込み帯でも統計的に確かめられており、これらの結果は、黒潮がスロースリップイベントの領域拡大および終息に影響を及ぼしている可能性を示唆します。

5. 今後の課題

間隙水圧を用いた海底地殻変動のモニタリングは、陸域観測網では検知することが困難な南海トラフ近傍での「ゆっくり地震」を捉える上で、有力な観測手段となっています。そのため、間隙水

圧の時系列データは、政府の地震調査委員会^[16]・気象庁の「南海トラフ沿いの地震に関する評価検討会」^[17]において月例資料としてJAMSTECから報告されており、南海トラフ沿いのプレート間固着の状況を把握するための参考資料として活用されています。

一方で、陸域および海底下の体積歪変化は「ゆっくり地震」の他にも、台風や爆弾低気圧などの気象擾乱などにも影響を受けます。また、黒潮蛇行の発生による潮流変化が海底圧力をはじめとする海底地殻変動に及ぼす影響についても調査を進める必要がありました。今回紹介した研究事例は、最新の海中天気予報モデルに基づき気象・海象擾乱の定量的評価を行うことにより、気象・海象擾乱の起源のシグナルをプレート境界でのすべり現象によるものと誤認するリスクを軽減するとともに、「ゆっくり地震」の終息時期の推定精度向上などにもつながるものと期待されます。

対象領域について考察してみますと、海洋モデルJCOPEは日本近海全域をカバーしている一方で、DONETは東南海・南海地震震源域、孔内観測点はDONET-1の中の熊野灘に限られています（図1）。近い将来に南海トラフで発生する海溝型巨大地震の発生前に、東海・東南海・南海のどこから固着が剥がれ始めるのかを予測するのが難しい現状を鑑みますと、本解析手法の適用によるモニタリングの範囲を拡張するために、DONETをはじめとする海底ケーブル式観測網や孔内観測点が南海トラフの広域でカバーされることが望ましいと考えられます。海底ケーブル式観測網については、日向灘をカバーするN-netへの拡張が進められています^[18]。孔内観測もそれに応じて、DONET-1に接続されている熊野灘と同様に、今後はDONET-2、N-netへの拡張接続が期待されます。

これらの観測展開を今後のスロースリップイベントのモニタリングに活用し、南海トラフで半割れ・一部割れが起きた場合において体積歪変化を

スロースリップイベントと比較することで、リスク評価の参考指標となることが期待されます。そのためにも、過去のスロースリップイベントについても本研究手法の適用によるデータ再解析を行い、南海トラフに沿った広域に渡って体積歪の蓄積過程を時系列として長期間の推移を把握することで、科学的な観点から海溝型巨大地震に対する防災の貢献を果たしていきたいと考えております。

【参考文献】

- [1] 小原 一成 (2009) フィリピン海プレート沈み込みに伴う西南日本のスロー地震群の発見, 地震 第2輯, 第61巻特集号, S315-S327.
- [2] 井出 哲 (2009) 地震発生過程のスケール依存性, 地震 第2輯, 第61巻特集号, S329-S338.
- [3] 有吉 慶介・永野 憲・松本 浩幸・長谷川 拓也 (2015) 巨大地震震源域の特定に向けた海底観測網の新たな活用, 海洋理工学会誌 21(1) 7-15
- [4] 小林 昭夫・山本 剛靖・中村 浩二・木村 一洋 (2006) 歪計により観測された東海地域の短期的スロースリップ (1984~2005年), 地震 第2輯, 第59巻, 19-27
- [5] 宮岡 一樹・横田 崇 (2012) 地殻変動検出のためのスタッキング手法の開発 -東海地域のひずみ計データによるプレート境界すべり早期検知への適用- 地震 第2輯, 第65巻, 205-218
- [6] 汐見 勝彦・小原 一成・針生 義勝・松村 稔 (2009) 地震 第2輯, 第61巻特集号, S1-S7
- [7] 金田 義行 (2010) 海溝型巨大地震のリアルタイムモニタリング, 日本船舶海洋工学会誌 KANRIN (咸臨), 33巻, 37-40.
- [8] 石橋 正信・馬場 敏孝・高橋 成実・今井 健太郎 (2019) DONET 観測情報を活用した津波予測システムの社会実装 -和歌山県の事例-, 自然災害科学, 37巻1号, 125-142.
- [9] 難波 康広・許 正憲 (2018) 「ちきゅう」南海掘削における長期孔内システム設置状況, 日本船舶海洋工学会講演会論文集, 第23号, 101-102
- [10] Ariyoshi, K., Iinuma, T., Nakano, M., Kimura, T., Araki, E., Machida, Y., et al. (2021). Characteristics of Slow Slip Event in March 2020 Revealed from Borehole and DONET Observatories. *Front. Earth Sci.* 8, 600793. doi:10.3389/feart.2020.600793
- [11] 木村 学・木下 正高・金川 久一・金松 敏也・芦寿一郎・斎藤 実篤・廣瀬 丈洋・山田 泰広・荒木 栄一郎・江口 暢久・Sean Toczko (2018) 南海トラフ地震発生帯掘削がもたらした沈み込み帯の新しい描像, 地質学雑誌, 第124巻第1号, 47-65
- [12] 海洋研究開発機構・東京大学地震研究所 (2017) 南海トラフ巨大地震発生帯の海溝軸近傍で誘発・繰り返す「ゆっくり滑り」を観測 -地球深部探査船「ちきゅう」によるIODP 第365次研究航海の成果より-, 海洋研究開発機構プレスリリース・謎解き解説 https://www.jamstec.go.jp/j/about/press_release/quest/20170616/
- [13] Ariyoshi K, Kimura T, Miyazawa Y, Varlamov S, Iinuma T, Nagano A, Gomberg J, Araki E, Miyama T, Sueki K, Yada S, Hori T, Takahashi N and Kodaira S (2021) Precise Monitoring of Pore Pressure at Boreholes Around Nankai Trough Toward Early Detecting Crustal Deformation. *Front. Earth Sci.* 9:717696. doi: 10.3389/feart.2021.717696
- [13] 藤井 陽介・他 (2017) 日本の海洋データ同化研究 -20年間の功績と今後の展望-, 海の研究, 26(2), 15-43
- [14] 宮澤 泰正・美山 透・郭 新宇・Sergey M. Varlamov (2015) 外洋から沿岸に向けたモデリングの取り組み, 沿岸海洋研究 第52巻, 第2号, 131-137
- [15] 地震調査研究推進本部 https://www.jishin.go.jp/evaluation/seismicity_monthly/
- [16] 気象庁 <https://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/nteq/assessment.html>
- [17] 防災科学技術研究所 (2020) 南海トラフ海底地震津波観測網 (N-net) の開発・整備, 防災科研ニュース, 第4期209号, <https://www.bosai.go.jp/information/news/list4.html>

□ 『被服廠跡』が伝える関東大震災の震災死亡者調査

立命館大学歴史都市防災研究所客員研究員 北原糸子

はじめに

今年2023年はいうまでもなく、関東大震災から100周年を迎える。100年前のこの災害では、死者は10万5千人にもものぼる。そのうち、当時の東京市と横浜市の死者は9万人以上にもものぼり、圧倒的多数の人々がこの両市の火災によって命を失った。大正デモクラシーと呼ばれるこの時代は、第一次大戦後の好況によって工業化が進みつつあり、新しい時代の空気を受けた若者に限らず、多くの人々が田舎から都市に出てくる、いわば都市化が急激に進んだ時代であった。しかしながら、彼らは夢を抱いて上京してきたにも拘わらず、不幸にもそれまでは経験したことのない大災害に遭い、命を落とした者も少なくなかった。

もちろん、火災の中を生き延びた人々も多くいた。しかし、彼らは生き延びたとしても、被災地の東京市の中心部の43%を焼失、230万人の人口の約7割160万人が被災、横浜は45万人人口の約9割、41万人が被災したとされている状態では、被災地に留まっていたは救済も得られない状況となる。政府は、被災者の鉄道や船の無賃乗車を認め、東京や横浜の被災地を離れ、田舎の実家などへの一時的避難をする方策を進めた。このことが被災者の地方への避難を一気に促進したのである。しかしながら、当初は誰がいつどこへ逃れたのかについて全く調査も手付かずであった。漸く地震

発生から2カ月半を過ぎた11月15日、多少震災の当初の混乱が落ち着き、戒厳令の解除が公布される時期に、全国へ逃れた被災者の人口調査を実施して、地震の人的被害の全貌を掴む調査が実施された。

しかし、震災当日すでに大量に発生した焼死者や川中へ逃れた溺死者などについては、遺体の腐敗などの問題もあり、死者の名前の確認もされずに焼却処置となった。生存者の調査に併せ、家族の死亡の有無は調査されたものの、統計的な調査では個々の死亡者の名前などの詳細に至るまでの調査には及ばなかった。生存者についても、死亡者についても、統計的な集計結果はまとめられたものの、個々の被災者、特に死亡者について、東京市において震災記念堂が建立され、収めるべき霊名簿の問題が浮上するまで手付かずの状態だったのである。ここでは、特に個々の死亡者についての調査がどのように行われたのか、残された資料から考えてみようと思う。

ここに『被服廠跡』という書籍がある。これは、昭和7年（1932）3月に、財団法人東京震災記念事業協会清算事務所が刊行、序文に清算人として東京市長永田秀次郎の謝意を掲げる全436頁の冊子である。関東大震災で死亡した人々の慰霊のために、多数の焼死者が出た被服廠跡地に震災記念堂（現東京都慰霊堂）を建立した経緯及びそこに奉納すべき霊名簿の作成、さらに震災記念の関係

資料の展示をするための復興記念館の竣工など一連の作業が、多くの人々の弔意に基づく寄付金によったものであったことから、多数の寄付者へ謝意を表わす事業報告とするものであった。非売品であり、一般の人々が簡単に手にするものではなかったと思われるが、現在は東京都慰霊堂（震災記念堂及び復興記念館）の URL からダウンロードできる。

本書に基づいて、すでに震災記念堂あるいは復興記念館がどういう経緯で建立されたかについては、いくつかの論文が発表されている（高野、2010；森田、2021）。

そこで、わたしは今まであまり論じられたことのない震災死亡者はどのようにして調べられたのかを本書を手がかりとしつつ、その他の関係資料などに基づいて検証してみることにしたい。

わたしたちは東日本大震災を同時代の大災害として経験した。この災害での大量の溺死者や流死者の遺体検証のひとつの手立ては、DNA によるものであったことが知られている。100年前の大量死の災害では DNA などは勿論考えられない時代であったから、関東大震災の死者10万5千人の約90%近い大量死が出た東京市や横浜市では、震災犠牲者個人がどのようにして特定されたのかと想うことしばしばであった。

1. 『被服廠跡』に記された震災遺体処理

1-1. 遺体収容と火葬

ここにあげた『被服廠跡』は、すでに述べたように、震災記念堂の建立に際して、核となる東京府・市の震災死亡者の霊名簿を奉納すべく調査をした経緯が簡単に述べられている（第十章第1節、144～162頁）。

それによれば、各所に散在した焼死体、圧死体、溺死体の処置は最も緊急を要したので、東京市、警視庁、各区が全力で遺体処分に没頭したという。その作業は、陸上の遺体4万8131体の収容に自動

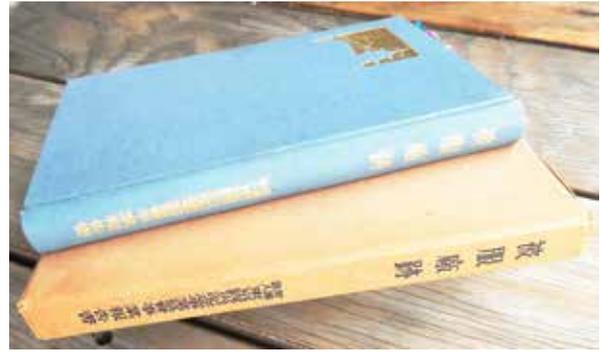


図1 被服廠跡

車237台、労働者8300人余、河川の遺体1万525体の収容に船舶146艘、労働者1500人を要し、総計5万8656体の遺体を9月末までに総経費10万8734円を以て収容した。さらに引き上げられた約6万弱の遺体は、既設の日暮里火葬場のほか、仮の火葬場12カ所で火葬した。そのうち最も多数の遺体を火葬したのは本所被服廠跡の4万9821体であったとする。この火葬骨となった遺体は、遺体の集積した場所ごとに分け、納骨甕及び納骨箱126に納められてそれぞれの仮納骨堂に保管されたが、遺骨引渡しを希望する遺族への分骨作業を済ませた後に、震災記念堂竣工に際して再火葬されて特注の磁器箱260個に納められ、現在に至っている。

1-2. 遺体の特定作業

これまでの説明では、収容された個々の遺体について特定はなされていないことがわかる。当時の東京市長永田秀次郎は大量の震災遺体に相当に苦慮した。彼は9月3日に、被服所跡を含め市内で最も多くの焼死体が出た本所区に対しては、9月5日迄は所定の場所に保管し、引き取り人がいない段階に至り火葬に付すことを区長に命じたとされる。本所区では収容遺体4万8821体のうち1566人から届け出があり、その後9月5日～20日までに焼却して仮納骨堂に納めたという（『東京震災録』別輯103頁）。

永田は震災発生の1923年から1924年までと、震災記念堂竣工の1930年から1933年まで、いわば震

災発生時と東京が復興なった時期の二度に亘って東京市長を務めた震災に因縁深い方である。市長として彼がもっとも気がかりであった点は、名前も判らないままに震災の遺体を火葬に付すことを命じざるを得なかったことであった。

しかしながら、震災記念堂に納めるべき霊名簿は個々の霊名が明らかにされなければならない。そこで、震災記念堂竣工が迫る時期の1927年2月、霊名簿の作成作業を始めた。この作業は個人の機微に触れるところでもあり、一種公的な作業としての位置づけが必要であったから、財団法人震災記念事業協会を立ち上げ、震災死亡者の調査を始めた。その基礎作業として、「震災死亡者調査表」を作成することにし、その調査方針が以下のように定められた（第十章第二節、156～162頁）。

霊名調査方針として掲げられた項目は以下のようであった。

1. 調査範囲 大正十二年大震火災に因り東京府下に於て遭難死亡したる者に付調査すること。
2. 調査事項 死亡者氏名、男女の別、生年月日、本籍地、死亡場所。
3. 調査方法
 - イ、当該区、町村保管埋葬認可証下付申請書に依り調査すること。
 - ロ、当該区、町村保管御下賜金下付申請書に依

り調査すること。

ハ、東京市役所保管死亡者遺骨引渡控簿に依り調査すること。

ニ、新聞広告に依り遺族、知己等より直接申告を求め調査すること。

ホ、前四項を照合し認定し難きものは本籍地に紹介等の手続きを経決定すること。

以上の調査方針の許に、1927年2月28日、調査カードを付して各区長、府下市町村長に調査方を依頼したと記されている。

1-3. 調査カード「震災死亡者調査票」について

さて、以上の調査事項、調査方法などを勘案すると、以下に示すカードがまさにこの調査票であることは明らかであり、この調査票は東京都慰霊堂に保管されている。現在公開されていないが、わたしは10年ほど前にカードの一部の撮影許可を受け、ある程度の集計を試みたことがある。その結果、3点の論文を発表した（北原、2012a; 2012 b; 2012c)。当時の論文で使用した死亡者カードの原票については既発表ということもあり、公開してもよいとされているので、ここにカード原票を写真掲載する。そこで、関東震災死亡者の実態については、すべての「震災死亡者調査表」の集計整理が済めば、今後明らかになるだろうと思



図2 震災死亡者調査表（表）
東京都復興記念館蔵

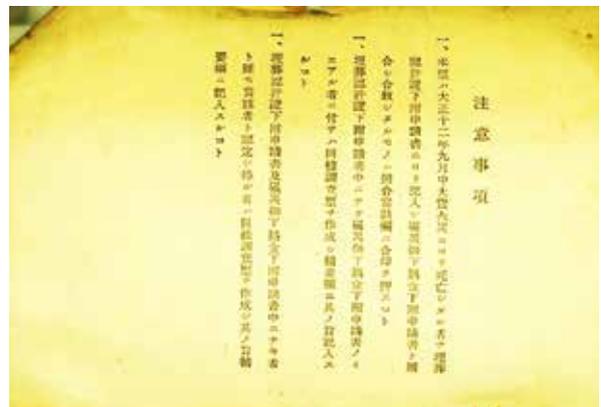


図3 震災死亡者調査票（裏）
東京都復興記念館蔵

われる事柄について予め考えておきたいと思う。

図2(表)の項目には、以下の項目が記されている

小石川区

佐野**男 生年月日明治二七年**月**日

本籍 本郷区妻恋町*

住所 北豊島郡西巢鴨町向原***

死亡場所 東京工廠内

摘要 御下賜金申請 済⑩

照合(御下賜金下付申請書)「レ」点のチェック

例外 府

申告(空欄)

図3(裏)

注 意 事 項 (要点のみを摘記)

1. 埋葬認許証下付申請書+罹災御下賜金申請書
下付
2. 罹災御下賜金申請書のみ
3. 埋葬認許証下付申請書、罹災御下賜金下付申請書のいずれもナシ
 - ・3の場合については震災死亡の当該者と認められた者

このカードの記載事項を、先の1章2節に示した「調査方法」と照合してみよう。すると、見事に照応する。埋葬認許証及び罹災御下賜金に関する申請書の有無を手掛かりに死亡者が判明したものは上記の「注意事項」の1,2に該当する。さらに上記3項の埋葬許可申請書も御下賜金下付申請書もない場合については、新聞広告によって遺族が申請した場合や本籍地に問い合わせるとされた条件に対応することは明らかだからである。つまり、この「震災死亡者調査表」こそ、まさに東京府・市で震災死亡者の霊名簿を作成するために調査した原票であることがわかる。このカードは、現状ではすべてが解読、整理されているわけではなく、現在保管されている東京都慰霊堂の三階倉

庫内に木製(桐材)の五段、四列の特製筆筒に死亡者の苗字のイロハ順にまとめて収められている。筆筒の一箱分にはほぼ2500枚の「震災死亡者調査表」(10cm×15cm)があると推定されることから、全体では約5万枚ほどのカードが蔵されていると考えられる。

1-4. 死亡者確定の条件—御下賜金について

調査に際しての以上の「注意事項」のうち、1の埋葬認許証下付申請書は、遺体を埋葬するために居住する市町村の役所に埋葬許可を得なければならない。これは震災死亡者に限ったことではないから、一般的に理解はできる。「罹災御下賜金申請書」については多少の説明が必要だろう。文字通り、震災被災者が御下賜金(恩賜金)を受けるための申請書の有無が必須の条件とされたということである。

1923年9月3日、摂政宮(後の昭和天皇)は、病氣療養中の大正天皇に代わり、震災に際して天皇の内帑金(天皇が自己裁量できる手元金)から1千万円を下賜する「御沙汰書」(国民への通知)を言明した。この御下賜金について、内務大臣後藤新平は9月16日にその処分方法を閣議に請議し、4日後の20日に閣議決定されている。その内容は震災の被災者(死亡者、全焼・全壊、半焼・半壊、負傷)には内外を問わず現金で与えるというものであった。ただし、9月半ばの段階では震災の被災者全体が把握されていないから、例えば、死亡者1に対してと全焼・全壊は戸主1に対して10の割合、半焼・半壊と負傷の5の割合というように率で示された。震災から2カ月半後の11月15日に、社会局が国勢調査並の震災被災者を全国的に調査して被災の実態と被災者全体の数値を把握した。それを踏まえ、死亡者は一名16円(現在の金額に換算すれば、恐らく3000倍として約5万円程度)、全焼・全壊は該当戸の戸主に12円(3万6千円程度)などと定められ、死亡者についてはその遺族に御下賜金が与えられることに

表1 死亡場所別霊名数

区、他	霊名確定数
麴町区	209
神田	749
日本橋	720
京橋	278
芝	252
麻布	35
赤坂	91
四谷	7
牛込	46
小石川	95
本郷	124
下谷	278
浅草	2,239
本所	28,677
深川	3,478
府下	1,197
不明	351

『被服廠跡』160頁

内外人ヲ問ハス総テ之ヲ下付ス」とされた。「拝受資格ノ有無ハ市（区）町村長之ヲ決定ス」として、申告期限は告示日より2ケ年間とする詳細な規程が告示された（『警視庁・東京府広報』号外、大正12年11月16日）。東京府の公文書では、御下賜金と表現せず恩賜金としている。

さて、話を死亡者調査の結果に戻そう。注意事項三項の認定条件に基づいて、東京市各区および郡部各市町村に「震災死亡者表」を配布し、三項の条件に沿う死亡者を記入して戻されたカードが今問題としている「震災死亡者調査表」である。

そして戻されたカードの集計結果から、3万8826名の霊名が確定されたのである。『被服廠跡』に掲載された集計結果を、表1に示した。

1-5. 調査項目からわかる震災死亡者の実態

「震災死亡者調査表」の各項については1章2節に示した通りだが、この項目に基づいて、いくつかを集計すると、興味深い事実が浮かび上がる。図2（表）の佐野某氏を含む一箱分のカード数は2013枚（女性1064枚、男性949枚）だが、項

なったのである。

このことについて、東京府広報は、恩賜金（御下賜金）授与規程を詳しく定めている。例えば、「住宅全潰」は、家屋全部を新しく再建しなければ住めない場合であり、震災地に世帯を構えた者に限るが、死亡者、負傷者および行方不明者については、世帯を構えていたかどうかは問わず、震災時に被災地に居住か滞在した者であること、また、「恩賜金ハ

目「死亡場所」欄を検索すると、次のような結果が確認できた。

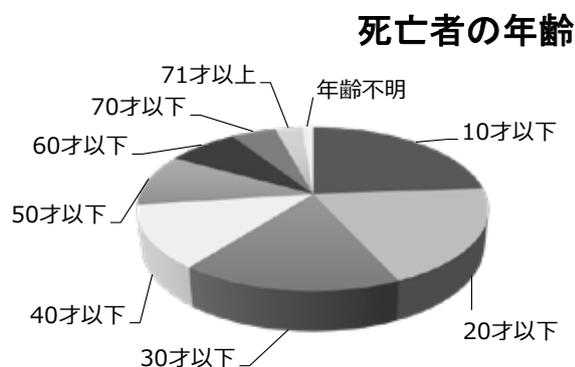
死亡場所：

- * 橋下・橋際など 26件（鎧河岸川中17件、江戸橋川中1、小網河岸1、橋下8）
- * 王子町東洋紡績（女性11—年齢10代3名、20代6名、30代1名、不明1名）
- * 新吉原 25件（女性18、男性7；新吉原遊郭を含む）
- * 田中町 10件（田中小学校を含む）
- * 神田駅 8件（男性5、女性3）

項目「死亡場所」のような結果は、すでに証言などで川の中に多くの遺体があったことが記録されていることと照合する事実が確認できる。ここにあげた検索結果から、恐らく河岸などの近く、あるいは橋から転落した場合なども含まれていることが想像できる。多くの死亡者が出た田中小学校の例を証明するかのようには、このカード箱では全体の25分の1に過ぎないとはいえ、ある程度のまとまった死亡者が出た場所であったことがわかる。神田駅では男性5人、女性3人の死亡が検索されたが、神田駅焼失の様子が9月4日撮影の陸軍航空学校による航空写真が残されている。それによれば、神田駅周辺はほとんど焼失し、高架上の駅舎も焼失した様子がうかがえるから、死亡者は周辺からの火焰に巻き込まれ、逃げ場をうしなったのではないだろうか（『写真集 関東大震災』神田駅周辺、42頁）。新吉原は遊郭を含む場所だが、女性18名の死亡が検出されている。年齢的にはばらつきがあり、必ずしも若い女性ばかりではない。しかし、王子町東洋紡績会社の死亡者の例では10代、20代、30代が多数を占める。彼女らの本籍地は新潟県3名、栃木県2名、宮城県2名、茨城県、秋田県、東京府下小岩村が各1名であるから、この検出例では地方からまともに出稼ぎに来た若い女工たちというわけではないが、他のカード箱の分析が進めばそうした点も明らか

になるのではないかとと思われる。

このカード箱2013件全体の年齢構成は、以下のようなグラフで表示できる。



一箱分の年齢構成	
年齢	人数
0～10	480
11～20	391
21～30	346
31～40	250
41～50	207
51～60	156
61～70	99
71以上	60
不明	24
合計	2,013

この年齢構成からは、30才以下が60%を占め、40才以下では全体の70%を占めるから、相対的に死亡者は若い層が多かったといえる。しかし、当時の東京市の年齢構成全体がそもそも若年層が多かったことが考えられるから、それらのデータを踏まえなければ、死亡者に若い層が多かったとは断言はできない。しかしながら、このカードから震災死亡者の実態が一定度の蓋然性をもって把握できることは間違いない。

まとめに換えて

* 遺体数の差について

さて、もう一つ重要な事実を書き加える必要がある。これまで、「震災死亡者調査表」作成の目

的は竣工する震災記念堂に納めるべき霊名簿の調査のための作業であった。しかし、それ以前に、各地に放置されていた遺体を火葬し、総計5万8656体の遺体を1923年9月末まで仮納骨堂に納めた事実について述べた（第1章1節）。したがって、この段階で東京市の震災死亡者の遺体5万8656体がすでに確認されていたが、その後、分骨希望者からの遺骨分与希望が1万7384件あり、1924年8月末までに引き渡しを終了したという。すると、残る遺骨4万1272件となる。この段階ではまだ死亡者の名前がすべて確定しているわけではなかった。震災死亡者調査の作業に基づいて霊名簿が確定し、震災記念堂に奉納された霊名は3万8826名、霊名未確定は2446件となる。この未確定分については諸霊として震災記念堂に納めたとされている。

震災記念堂は東京府・市の震災死亡者の霊を供養するための施設であり、霊名簿は当時の東京府の行政区に限られたが、統計上の死者の数はそれを上回る。1923年11月15日の国勢調査に準じた震災被害調査の集計結果は、東京府全体で7万497人、東京市のみでは6万8660人とされた（社会局、1926）。1923年9月末の市内各所の火葬遺体総数5万8656体であるから、東京市での統計上と火葬遺体実数との差は、1万0004件となる。この1万余件の遺体の差をどう考えるかという問題が残る。国勢調査並の震災調査によって得られた東京市の死亡者は統計上の数値であり、1923年9月末の火葬遺体の実態数である。津波による流死が圧倒的に多かった東日本大震災の例と火災による焼死が圧倒的に多い関東大震災の死亡者数を単純に比較することが妥当かどうかは問題だが、大災害においてはすべての遺体が確認できるとは限らない。したがって、これらの統計上の数値と火葬の現場の遺体実数など、それぞれの場での確認遺体数に差が出ることは当然在り得ることとしなければならぬだろう。統計書類が整っているとされている関東大震災の場合においてさえ、こうした事態

だったのである。

さらにもう一つ、震災死亡者の霊名簿に関わる事柄がある。それは、当時の東京市長永田秀次郎が個人として建立した震災死亡者の霊牌堂建立に納めた霊名簿である。

* 高野山関東大震災霊牌堂の霊名 5万4700人

高野山奥の院には当時二度目の東京市長職にあった永田秀次郎(1876～1941)が1930年11月9日に個人で建立した「震災霊牌堂」がある。その建立願文には、

茲に我が多年の心願を遂げて、高野山奥の院のほとりに関東震災霊牌堂の建立を見た事は、さながら我が身の重荷を卸せし心地せらる。・・・殊に数万の屍を集めて、格別の法要をも営まず、夜中一週間に亘り之を焼き盡したるは、洵に止むを得ざる処置なりしとは云えど、心中実に痛苦に堪えざり所なり

と当時の胸の内を吐露し、続く願文で

- ・この霊牌堂の地下に一万年保存を願って、震災死亡者の邦人5万4500人、外国人200人の霊名を永田の出身地淡路島の淡陶社製のタイルに焼き付け、また保存に堪え得る特製の和紙に霊名を記し地下に納めた。
- ・霊名の調査は、各府県知事、各国大使館公使館に依頼し、府県知事は各町村戸籍吏からの報告を得るのに三年余を要した。としている。



このタイルはすでに坂口英伸氏によって発掘・整理され、報告もなされている(坂口, 2014a, 2015b, 2015b)。坂口氏がそもそもこの発掘を思いついた理由は、このタイルを霊牌堂に納めた永田の意図は一万年の霊名簿の保存を記して埋納したとされていることから、タイムカプセルに強い関心を持つ坂口氏は、高野山にタイルの見聞を願った。その結果、ここに1930年埋納されてから75年を経た2015年に、カビなどを洗い流して、高野山が指定する保存場所に別置して現在に至っているという。タイル(18mm×240mm×10mm)の表裏に1面75名、表裏2面に150名の霊名が焼き付けられ、蓮華唐草文の装飾で縁取られているという。震災で死亡した皇族三名、高野山霊牌堂建立と霊名簿埋納の由来、願文などが焼き付けられたタイルも含まれているというが、タイル全体の霊名数は調査されていない。坂口氏のタイムカプセルの関心から、この一万年保存を期したタイルと特製和紙による霊名簿埋納は、近代日本の最初のタイムカプセルとして位置付けられるという。したがって、関東大震災はこの面から特筆されるべき事柄だとするのである。

残念ながら、わたし自身はまだそのタイルそのものを閲覧が叶えられていないから、詳細をここで紹介することはできないが、いずれ閲覧する機会が得られると期待している。

以上、震災死亡者の霊名簿をめぐる事実を追って、高野山の霊牌堂に行き着いた。ここまでの経過を見てくると、公人としての永田市長と私人としての永田秀次郎が交差する想いのなかで成し遂げられた霊名簿作成であったことはわかる。とはいえ、関東大震災による大量死は、永田個人の想いを超え、今に引き継がれるべき多くの問題を残している。たとえば、永田の公私の区別なき感覚、宗教上の故人の遺志への配慮、今後発生が確実に予測されている大災害時の死亡者への対応など、いずれも深刻な議論を引き起こす問題群であ

る。100年前の大震災から学ぶべき事柄は多いが、100年後の現代社会はそのまま当時の処置が適用されるほど単純ではない。100年前の大災害への対応の実態は、今こそ、わたしたちに真摯な議論を構える覚悟が必要なことを迫る。

【参考・引用文献】

- 社会局, 1924, 震災調査報告書, pp.162、統計表 pp.141
- 東京市, 1926, 東京震災録・別輯, pp.1010.
- 内務省社会局、1926、大正震災志・上巻、pp.1236.
- 財団法人東京震災記念事業協会清算事務所, 1932, 被服廠跡, pp.436.
- 永田秀次郎, 1942, 永田秀次郎選集, 潮文閣.
- 高野宏康, 2010, 「震災の記憶」の変遷と展示—復興記念館および東京都慰霊堂所蔵・関東大震災関係資料を中心に—, 年報非文字資料研究(6) 神奈川大学非文字資料研究センター, 46—50.
- 北原糸子(編), 写真集関東大震災, 2010, 吉川弘文館, pp.420
- 北原糸子, 2011, 関東大震災の社会史, 朝日新聞出版, pp.370
- 北原糸子, 2012a, 関東大震災における避難者の動向, —『震災死亡者調査票』の分析を通して, 災害復興研究, 4号.
- 北原糸子, 2012b, 関東大震災の被災者の動向, 日本史研究, 598号.
- 北原糸子 2012c, 関東大震災における下賜金について, 関東大震災 記憶の継承—歴史・地域・運動から現在を問う. 日本経済評論社.
- 坂口英伸, 2014a, 東京美術学校と関東大震災, 東京芸術大学美術学部紀要, 52号.
- 坂口英伸, 2015a, 「大正十二年関東大震災歿死者名簿」について, タイル, 85号.
- 坂口英伸, 2015b, モニュメントの20世紀, 吉川弘文館.
- 森田祐介, 2021, 1931年から2019年にいたる復興記念館の展示の変遷, 歴史地震, 36号, 57—73.

無人航空機による消火活動支援の期待と課題

東京大学未来ビジョン研究センター 特任准教授 佐々木 一
東京大学未来ビジョン研究センター 特任教授 鈴木 真 二

消火活動におけるドローンへの期待

無人航空機（以下、ドローン）は、近年のロボティクス、センシング、XR、ネットワークとAIなどの要素技術の統合によって人間能力の飛躍的拡張を支える技術群のひとつとしてより広い目的を達成させることに寄与している^[1]。防災を含む保全活動においてドローンを用いることの意義は世界中で広く認識されており、特に消防活動においては市民による高い社会的需要が確認できる。北米市民を対象とした調査によれば、ドローンの保全利用のなかでも消防及び救助活動のために用いる用途は最も高い支持を得ているとしている^[2]。最近の連邦山火事管理技術法（The Federal Wildfire Management Technology Act）の改正も背景にしつつ、特にオレゴン州、カリフォルニア州、コロラド州での消防活動におけるドローンの使用が進んでいる^[3]。中には、自動的に火災現場に急行し初期対応を支援するシステムが実用化されている^[4]。

我が国においてもすでに消防職員の98%がドローンの初期火災対応の有効性を認めた報告があり、ドローンに対する高い期待が寄せられている^[5]。ここ数年の例では、2020年に静岡県焼津市で初めてのドローン部隊が設立された^[6]。また、2023年1月には山口県岩国市で、山火事の状態を把握するために赤外線カメラとスピーカーを装備したドローンが展開された。2021年の静岡県熱海

市での土砂災害では、ドローンが有効に利用された確認例もある^[7]。現在、全国の消防署の59.4%（429署）がドローンを導入している^[8]。これらの例は、災害が増加する背景において、災害時のドローン対応に対する期待が高まっていることを示している。さらに、国土交通省は、大規模自然災害の初期対応において、無人航空機による現場の可視化とリアルタイム情報伝送の必要性を指摘している^[9]。2022年以降、日本では有人地帯での目視外飛行（BVLOS, Level 4）が可能となったことから、災害時のドローン利用がさらに広がることが期待されている。

ユーザヒアリングを通じた期待と課題の抽出

ドローン技術が提供するこのような消火活動に対して、より具体的な期待と課題を抽出するべく消防関係者に対してヒアリングを行った。専門家ヒアリング対象者は表1に示すとおりビル火災の専門家ならびに災害の専門家を選定した。ヒアリングのテーマとしてドローンリモートの活用におけるニーズ/課題、必要要件に関するものについてヒアリングを行った。前者のニーズ/課題に関するヒアリングの結果について～の結果について表2に示す。

表2より、ドローンに対する期待として、隊員より素早く現地に到着し情報収集ができること、

表1 専門家ヒアリング概要

ヒアリング対象	消防庁広域応援室	消防庁消防研究センター
ヒアリング日時	2022年8月5日	2022年7月15日
ドローンリモート技術の活用におけるニーズと課題に関するヒアリング質問項目	<ul style="list-style-type: none"> ・ 隊員の出動前にドローンで先行把握できると有効な情報 ・ 火災現場および経路でのドローン飛行において考慮すべき環境条件 ・ 火災現場特有の環境(煙、熱等)において有用なセンシング技術 ・ 火災現場におけるドローンを用いた活用に対する現場の意識 ・ ドローン活用の課題 ・ 音についての弊害 ・ 消防以外の他組織との連携について 	
ドローンリモート技術の活用における要求についてのヒアリング質問項目	<ul style="list-style-type: none"> ・ 要求される飛行時間 ・ ドローンで分かるとよい情報。 ・ デジタルツイン上であらゆる観点から見ること。 ・ 現場での指揮系統の中での本技術の有効性。 ・ 消防拠点からの距離。 ・ 消防トレーニングでのドローンリモート技術の活用。 ・ デジタルツインによって得られる有用な情報。 ・ 他のシステム (SIP4D: 基盤的防災情報流通ネットワーク) などとの連携 	

表2 ヒアリング結果 (ドローン技術の活用におけるニーズ / 課題について)

隊員の出動前に、ドローンでどのような情報が先行把握できると有用か。	ドローンで得られると考えられる情報としては、火災の場所 (何階建て建物の何階で延焼中)、火災の有無、煙の状況、色、周辺建物との距離、周辺住民等の避難状況、周辺の道路状況。 消防車より先に到着して情報把握できると良い。(要救助者など)。その際の問題は、部隊にその情報をどう伝えるかだが、現場にデジタル端末持たせるのは難しい。手軽、書き込めるなどの理由から現場は紙が良いという実情もある。
火災現場及びその経路でのドローン飛行において考慮すべき環境条件や想定課題。	環境条件は、火災による輻射熱。風速、風向。気象状況 (降雨) 等。課題としては、ドローンを飛行させる位置が上空の場合、それらの情報を得ることが難しいこと。 ビル群で/人がいる中、安全を担保できるのかが課題。消防が事故を起こすことはNG。最近ドローンが複数台飛ぶことが多い (報道、学会、個人等) ことに加えて有人機も飛ぶ。それらとの衝突のリスクあり。航空管制必要。また、どこが音頭とするのかも課題。 大規模火災では、どこから煙が来ているか、水をどこから入れるか、要救助者がいるかどうかなどが把握できると良い。 現状は映像、画像での目視確認。山岳救助時に遭難者を探すためサーマル使っている様子だが、サーマルでのセンシングは火災現場では難しい。周囲の延焼をサーマルで探すことをしたいという相談があったことはある。
火災現場特有の環境 (煙、熱等) において有用なセンシング技術にはどのようなものがあるか。	遠赤外線カメラによる熱画像。危険物火災現場における、有毒ガスの発生状況。 土砂災害では映像、画像を元に、災害前後の地図作成をやっている。地震計を活用している例は見たことある。
火災現場におけるドローンを用いた活用に関してどのように受け止められているか。	過去におこなった消防大学の訓練生 (隊長クラス) を主に対象とした調査では、火災現場におけるドローンの活用は好意的な結果が得られている ^[5] 。大規模なら理解が得られやすいが、1軒の火災においては「まずは消火を優先すべき」と市民から見られることもある。
ドローン活用の課題はどのような点があるか。	現場ではドローン飛ばすための人が足りない (2~3人) というのが一番の課題。規模が大きい消防本部だとドローン部隊もちらほら現れてきているが、小さいところだとまだまだ少ない。大規模災害の際には、消防庁がドローン活用をしようとしており、政令指定都市であればドローン活用が始まりだしている。また、予算の9割は人件費と設備の維持費でありドローン運用の予算は課題。
音についての弊害はあるか。	小型ドローンで問題になったことはない。要救助者探索時におけるサイレントタイムを避ければ大丈夫だと思う。
消防以外の他組織 (警察、自衛隊等) との連携は。	土砂災害の際は、1日1回意識合わせの会議をしていたが、地域に詳しい地元消防が音頭取ることが多い。その際、紙の地図を囲んで協議をする。デジタルも使えるが最終的には紙にした。 また、「現場に解釈させるな」とよく講演では言っている。現場ではどう解釈すべき情報なのかを明確にした情報でないと受け入れにくいかもしれない。 一方で、粗い状態でも有用なデジタル情報はある。熱海の土砂災害だと、家がどこまで流れたか、そこに人がいる可能性あるか (安全確認できているか)、それを踏まえどこをどのくらい掘るべきか、の判断が必要だった。

地上からでは把握できない情報を取得することができることに高い期待が寄せられていることがわかる。一方で、天候などの環境条件では安定した飛行が困難であることが挙げられており、機体としてこの課題がクリアできたとしても、操縦者のスキルを向上させるための教育システムが整っていないといった制度上の課題が挙げられる。また、現場においてはデジタルデータの活用について制度的にも技術的にも過渡期にあるがゆえ、現場としては期待あるものの、実際に運用に至るには乗り越えるべき課題が少なくない。

ユーザヒアリングを通じた要件の抽出

我々はNEDOの委託事業により、具体的なドローンシステムの社会実装に向けた研究開発「AI・XR活用による空のアバターを実現する『革新的ドローンリモート技術』の研究開発」を行っている。図1に概念図を示す。具体的には、360度カメラおよびLiDAR（レーザーによる画像検出・測距：Light Detection And Ranging）を搭載し

た3機のマルチローター型ドローンを用い、高層ビルにおける火災状況をニアリアルタイムに3次元モデルとして構築するものである。フォーメーションフライトによる運用を想定しており、自律分散制御によるスケーラブルなシステムを構築している。このようなシステムが実用化することで、消防はもとより警備や点検といった広い用途においてドローンを通じたデジタルトランスフォーメーションが実現できる^[10]。

革新的ドローンリモート技術のシステムの実運用に際してどのような要件が必要となるかを検討するため、同様に表1に示す対象者に、ヒアリングを行った。その結果を表3に示す。

表3によって、革新的ドローンリモートシステムの運用には、適切な飛行時間と広範な情報収集能力、そしてデジタルツインを通じた情報共有と解釈の能力について必要な要件を明らかにした。

令和3年度において、消防・救急の現場到着所要時間は全国平均で約9.4分とされている^[11]。実際に7分以内に現場に到着し、情報を収集するドローンシステムの実現が可能となれば、より多く

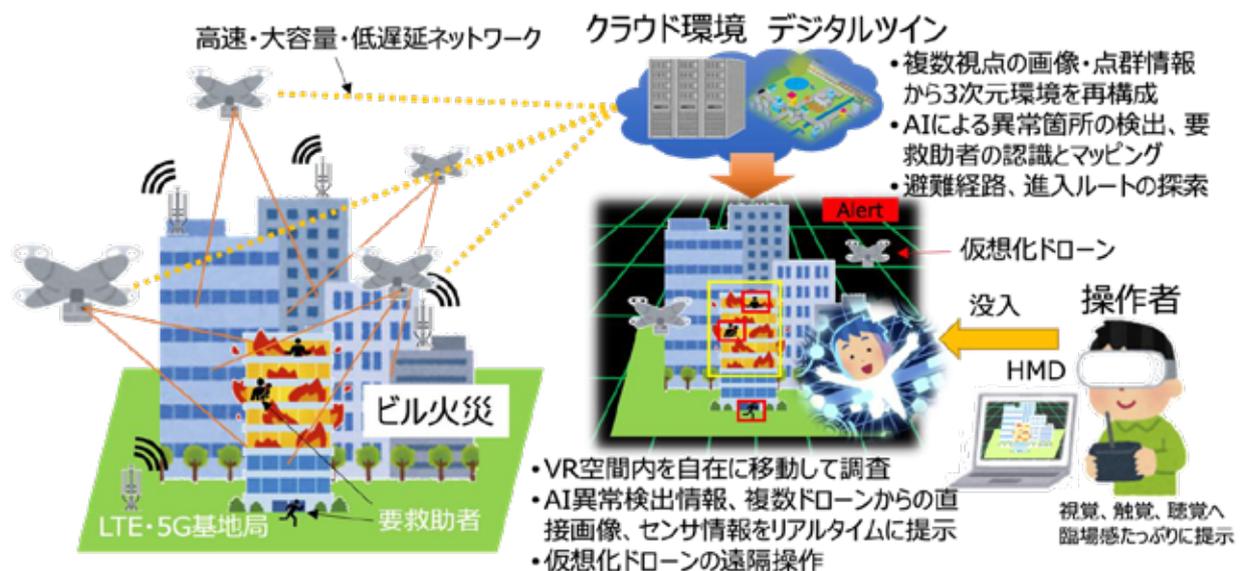


図1 革新的ドローンリモート技術の概念図

¹ 東京大学、産業技術総合研究所、EAMS ロボティクス、NTT ドコモ

表3 ドローン技術の活用における要求について

固定翼飛行の想定時間、マルチコプターの飛行時間はどの程度のものが必要か。	消防署から火災現場までの距離に依存するが一般的には7分程度。現場到着から消火活動の流れが区切れるわけではなく、通報があった時点から作戦を考え始める。したがって消防車両の中ですべての火災現場情報を把握しておく必要がある（火災、煙、要救助者の有無など）。同時に車両内で酸素マスクなど装備の準備、情報収集、作戦検討を行う。7分後に情報が整った、では遅い。7分後までに消火活動の準備を整えすぐに開始できる必要がある。
どういう情報がドローンで分かるとよいか。上空からの画像情報など。	火災現場によるが土砂災害だと上空からの情報は有効。大規模火災の場合に欲しいのは建物の中の情報。煙が出ている場所がわかれば火災の位置は分かる。ビル火災だと建物内の情報が必要。タブレットやHMDなどで映像や画像は有効とは思いますが、実現可能性と再現時間がポイント。3D再現はほぼリアルタイム可能。7分後の到着時点で確認は可能な見込み。建物内の情報把握は消防でもこれまでいろいろ検討されてきているが難しいというのが現時点の結論。
現場指揮官が見える場所は限られるため、デジタルツイン上であらゆる観点から見ることは有効と考えるか。	有効と考えられる。
現場での指揮系統の中での本技術の有効性は、刻一刻と変化する状況を、デジタルツイン上で指揮官が把握して、隊員に伝えることは有効か。	有効だろう。現場最先着がやるべきは3大危険情報の把握。人命危険（要救助者有無、要救助者に関する情報（人数、特徴、状況））、延焼危険（火炎噴出状況、隣接建物との距離、風向/風速（ex 糸魚川火災））、活動危険（隊員に危害が及ぼしうる可燃性液体（タンク）、LPGボンベ、獐猛な犬等）を把握すること。そのために現場一巡する。一巡できない環境の場合ドローンが有効。ビル火災の場合、手振り要求がある場合、部隊配置の検討が必要。ハシゴ車をどこに置くか等。要救助者がどこにいるのかわかると有効。
消防拠点からの距離は4～5km くらいの想定で大丈夫か。	5分以内であればOK。固定翼機だと厳しいが、マルチコプターの離着陸も想定すると5分なので、成立する。
消防トレーニングでのドローンリモート技術の活用はできないか？（デジタル空間上で現場再現して訓練に活用）	大変有効。現場速報の訓練など（google マップ上の黒煙情報を見せて建物面積、延焼危険を推測する訓練等）。HMD等でバーチャル上で再現し、判断・伝達を行う有効なトレーニングが期待できる。
ドローン+デジタルツインによって災害現場のどのような情報が把握できると有用か。災害現場や作戦会議の場でどのような活用の仕方が考えられるか。想定される課題。	被害状況の全容、建物の平面図や、立面図が考えられる。土砂災害、浸水災害の場合は地図画像などが挙げられる。
SIP4D（基盤的防災情報流通ネットワーク）との連携の可能性はありえるか。	大規模火災では、消火、救助は消防機関のみで対応することが通常であるため、考えにくいのではないかと。

の人命救助に資することが想定される。一方で、連続航続距離においては技術的な課題もある。現在我が国で流通している市販のドローンでは30分や40分などの飛行時間が可能となるが、パイロットや厳しい耐環境水準が求められる火災現場での

ドローンにおいては、最適な機体システムを構成する必要がある。革新的ドローンリモート技術では、LiDARカメラや360°カメラだけでなく環境センサーの搭載を想定しており、その要件を満たすことは更なる技術開発が求められる。

また、人命危険、延焼危険、活動危険の3大危険のうち、特に革新的ドローンリモート技術では前者2つの早期発見にその強みを発揮する。現場到着直後の火点一巡はもとより、特に高層ビルの上層階での火災は上空からの要救助者発見に大きな期待が寄せられている。

また、こういったシステムの用途のなかで特に多くの期待が寄せられているのがトレーニング目的の活用である。ドローンの操縦スキルの向上はもちろんのこと、今回のドローンリモートシステムは現場の3次元データを収集しデジタルツインを構築する。活動時以外でも、実際のデータを使うことであたかも現場にいるようなシミュレーションを行うことができるという点は大いに期待されていることがわかる。

最後に

ドローンの活用や社会実装を行うにあたっては、我が国では依然として制度的な課題が少なくなく、安全や騒音、プライバシー侵害などの社会受容性の課題も残る。防災・消火活動においても新しい技術を導入することには二次災害を避けるために慎重であるべきである。しかしながら本質的なその背景は、生じる社会的リスクや技術的リスクの双方を評価 (assessment) する整備がまだまだ不十分であることにあろう。欧州では、EASA (欧州航空安全機関) がSORA (Specific Operation Risk Assessment)^[12] とよばれるリスクアセスメント手法を採用しているが、これは Specific カテゴリとよばれる特定飛行を前提とした際の運用時に想定される、システム全体のリスクを定性定量的に評価しようという試みである。防災領域においても、制度面における国際的なハーモナイゼーションが期待される。

- [1] NEDO 人工知能活用による革新的リモート技術開発, https://www.nedo.go.jp/activities/ZZJP_100194.html (accessed on 12 July 2023)
- [2] Markowitz, E. M., Nisbet, M. C., Danylchuk, A. J., & Engelbourg, S. I. . (2017). What's that buzzing noise? Public opinion on the use of drones for conservation science. *BioScience*, 67(4), 382-385.
- [3] Hevarg. D (2020) Fireball-dropping drones and the new technology helping fight fires. *National Geographic* 19 OCT 2020
- [4] Reagan, P.B.J. Fotokite Launches Tethered Drone System for Firefighters. 2019. Available online: <https://dronelife.com/2019/04/17/fotokite-launches-tethered-drone-system-for-firefighters/> (accessed on 20 January 2023)
- [5] 清水幸平, 新井場公徳, 土志田正二, 藤井皓介. (2020). 火災現場における無人航空機を用いた情報収集方策に関する調査. 消防研究所報告 = Report of National Research Institute of Fire and Disaster, (128), 図巻頭-1p.
- [6] 経済産業省 (2022). 自治体のドローン・自動配送ロボット等の利活用促進に向けた調査報告ドローンモデル自治体 https://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/mono/robot/pdf/drone_report2.pdf (accessed on 20 January 2023)
- [7] 土志田正二, & 清水幸平. (2020). 土砂災害時の消防救助活動におけるドローンの活用とニーズ. 計測と制御, 59(7), 465-470.
- [8] 消防庁 (2022). 消防防災分野におけるドローン活用の手引き https://www.fdma.go.jp/laws/tutatsu/items/040331_drone.pdf (accessed on 20 January 2023)
- [9] 国土交通省 (2009). 大規模自然災害時の初動対応における装備・システムのあり方 (提言).
- [10] 佐々木一, 榎野尊, 寺村良寛, 鈴木真二 (2023). 消防におけるドローンリモート技術の概念構想 (ConOps) の構築と社会実装課題の抽出. 次世代移動体技術誌, 4(4), 20-38.
- [11] 消防庁 (2022) 報道資料「令和3年版 救急・救助の現況」の公表, https://www.fdma.go.jp/pressrelease/houdou/items/211224_kyuuki_1.pdf (accessed on 12 July 2023)
- [12] JURAS, JARUS guidelines on Specific Operations Risk Assessment (SORA), Joint Authorities for Rulemaking of Unmanned Systems, JAR-DEL-WG6-D.04, JURAS, 2019, URL: http://jarus-rpas.org/sites/jarus-rpas.org/files/jar_doc_06_jarus_sora_v2.0.pdf (accessed on 21 July 2023)

謝辞

この成果は国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の委託業務（JPNP21004）の結果得られたものである。ConOpsの検討は株式会社アイティアイディ（ITID）、株式会社電通国際情報サービス（ISID）、イームズロボティクス株式会社、株式会社NTTドコモ、産業技術総合研究所とともに行われた議論に基づくものである。またヒアリングに応じていただいた、消防庁消防研究センター技術研究部地震等災害研究室の土志田正二様、消防庁国民保

護・防災部防災課広域応援室の成田正樹様、山本勝巳様、他皆様への感謝の意を表す。

注) 本稿の一部は下記原著論文を再編したものである。より詳細の情報は原著を確認いただきたい。佐々木一，榎野尊，寺村良寛，秋本修，鈴木真二 (2023). 消防におけるドローンリモート技術の概念構想（ConOps）の構築と社会実装課題の抽出．次世代移動体技術誌，4(4)，20-38.

変わりゆく海洋環境：黒潮大蛇行と温暖化

国立研究開発法人 海洋研究開発機構
付加価値情報創生部門

アプリケーションラボ主任研究員 美山 透

1. 日本周辺の海流と恵み

海が日本を囲み、日本の環境を形作っている。漁業、海運を通して我々に恵みをもたらす。セイリング、ダイビング、釣りなどのマリレジャーの舞台でもある。

海はじっと動かない水たまりではなく、海流という流れがあり、ダイナミックに動いている。図1は日本周辺の主な海流である。暖かい黒潮と対馬暖流、そして冷たい親潮がある。

黒潮（くろしお）は、太平洋の赤道海域から日本列島に沿って北上する暖流である。透明度が高

く栄養分が少ないため、海面から見ると吸い込まれるような黒っぽい色に見えることからその名がある。カツオ、ウナギなどの魚は黒潮に運ばれて日本にたどり着く。また、黒潮は大気に多くの熱と水蒸気を提供し、日本に湿潤で雨が豊富な環境をもたらしている。黒潮は流速が速いところで毎秒2.5m以上に達する世界最強の海流の一つである。これは自由形競泳世界記録保持者でも逆らっては泳げない速さだ。流れは幅100km、深さは1000mにも及び、輸送する水の量は季節や場所によって変化するが約毎秒2000～5000万トンといわれ、世界最大の河川アマゾン川の100倍以上の

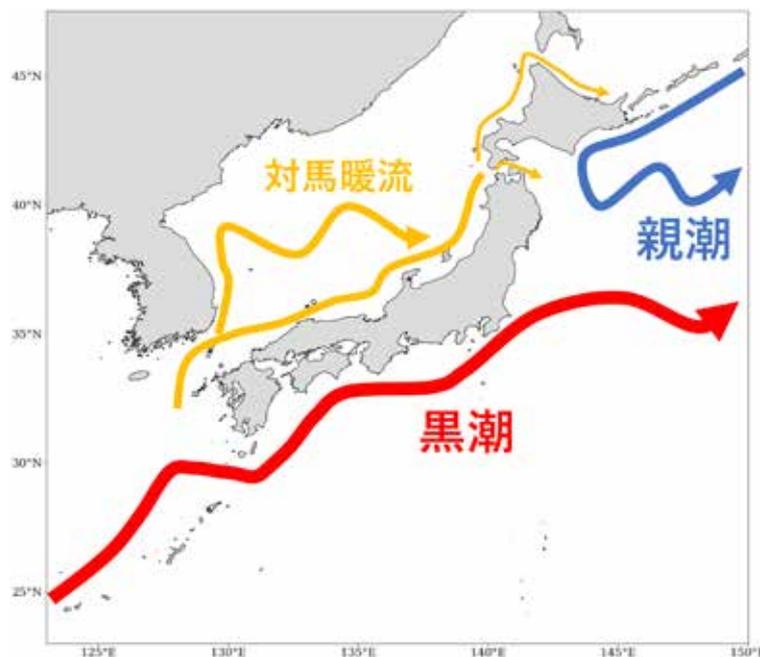


図1：日本周辺の主な下流。

流量である。

親潮（おやしお）は栄養塩が豊富で、魚や海藻を育てる“親”となっているのが名前の由来である。成長したサンマやサケは親潮に乗って日本にやってくる。親潮の冷たい海水温のために、北海道東部や東北太平洋岸では夏にあまり気温が上がり、霧が発生することが多い。日本の太平洋側では、栄養豊富な親潮と温暖な黒潮がぶつかることで、世界でも有数の漁場が形成されている。

対馬暖流（つしまだんりゅう）は対馬海峡を通して日本海に暖水を運び込む。対馬暖流のおかげで、日本の日本海に面した沿岸は同緯度の対岸にある朝鮮半島と比べて温暖な気候になっている。対馬暖流の高い水温から多くの水蒸気が蒸発することが冬に日本海側で雪が多く降る原因ともなっている。

これらの海流は、日本周辺の海水温に強いコントラストを作り出し、亜寒帯から亜熱帯までの幅広い生物相が存在する海環境を形成している。黒潮、対馬暖流、親潮のそれぞれの特徴が組み合わさることで、日本の独特な海洋環境と気候が生まれている。

2. 黒潮大蛇行

黒潮は、いつも同じ場所を流れているわけではなく、日本周辺の独特な海岸・海底地形を受けて、世界でもまれにみるほど大きな変化をしている（図2）。川のような強い流れで江戸時代は黒瀬川（くろせがわ）と呼ばれ恐れられていた時代から現在まで、黒潮の強い流れは海難事故の元であり、黒潮がどこを流れているかというのは海事関係者の関心事である。海上保安庁が黒潮の位置の推定値を毎日発表していることは、その証左である¹。黒潮の位置によって魚の位置が変わるために、漁業者にとっても黒潮の位置は重要である。黒潮によって水の透明度が変わるため、ダイビングなどのマリトレジャーにとっても関心事である。

図2に日本南岸の海底地形をしめしている。黒潮の流れる先には伊豆海嶺と呼ばれる海底山脈が南北にのびている。1000メートル以上の深さに及ぶ流れである黒潮は、海嶺の切れ目で深くなっている所をなんとか通り抜けようとする。その通り抜ける道によって接岸流路や離岸流路という異なる流路が生じる（図2）。

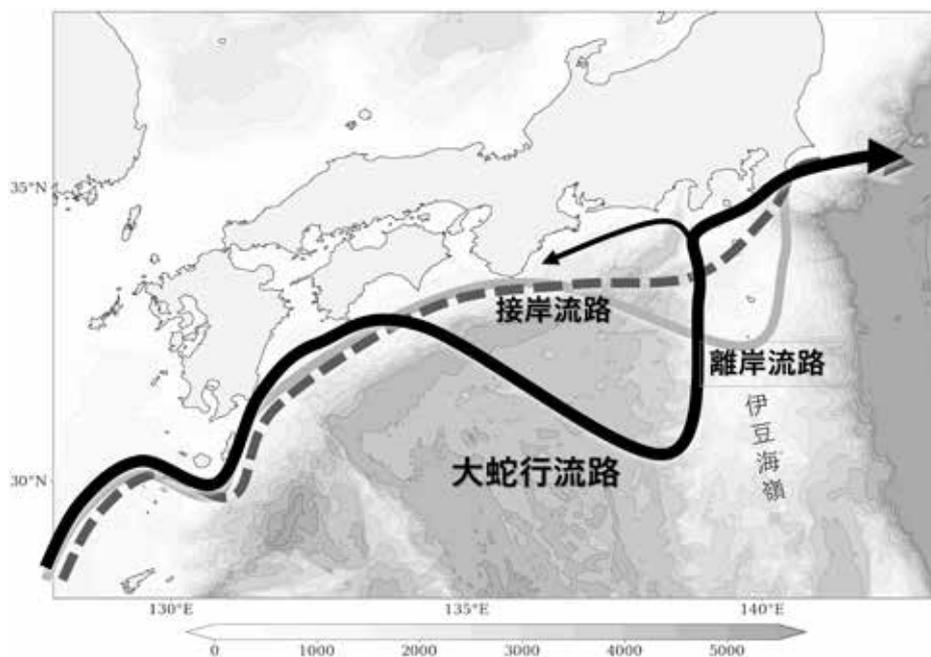


図2: 海底水深と黒潮の主な流路。

大きな黒潮流路の変動の中でも、黒潮大蛇行とは黒潮が紀伊半島から東海沖で極端に南まで蛇行する特異な流路であり（図2）、黒潮だけに見られる現象である²。黒潮大蛇行は一度始まってしまうと1年以上継続し、影響が長期化するという特徴がある。中でも2017年8月末に始まった黒潮大蛇行は2023年7月の段階で約6年たってもまだ続いており、観測史上最長になっている。

黒潮大蛇行の時とそうでない時では図3のように温度分布が大きく変わり、海洋生態系や気候に変化があらわれる。黒潮が本周辺の自然環境に与える影響は大きい、黒潮が大きく変化して初めてその大きさを実感することになる。

黒潮大蛇行時には、黒潮が離れる紀伊半島南沖では水温が低くなる（図3）。そのためにカツオなどが不漁になったりする。2018年冬期のサンゴ大量死の一因になったと考えられている。

一方、関東・東海沿岸では水温が高くなる（図3）。南からの魚が増えたり、海藻の生育が不良になったりするなど、海の生態系に大きな影響がある。シラスの不漁や東京湾でしばしばクジラが見られるなどのことにも黒潮大蛇行の影響が指摘されている。

黒潮が直撃する東海沿岸では、潮位を最大で20～30センチほど押し上げ高潮が起りやすいといわれている。実際、2017年台風21号による東海地方での高潮・高波の一因になった。

また、黒潮大蛇行時には南岸低気圧により東京

で雪が降りやすくなるという研究があり、それを裏付けるように、2018年1月22日から23日未明にかけて東京に20cmを超える積雪があり、交通に混乱が生じた。

近年の研究により、黒潮大蛇行に伴う東海沿岸の昇温により蒸発が盛んになり、関東に流れ込む水蒸気が増加するため、温室効果（温室効果気体である水蒸気が増えたことによる地表面への下向き放射の増加）で気温が上昇することが分かってきた³。さらに黒潮大蛇行の影響で高くなった湿度により、関東周辺では不快指数が80以上の不快日が統計的に6割程度増える可能性がある。2020年8月17日に静岡県浜松市の気温は41.1度を記録し、日本国内の観測史上最高気温に並んでいる。このときも黒潮は大蛇行しており、浜松沖の海水温は例年より3度も高い状態だった。これらのことから、この記録的猛暑の黒潮大蛇行が要因になった可能性がある。さらに、水蒸気の増加により大雨になりやすくなったり、対流が活発になることで雷が増えたりする可能性も指摘されている。

3. 温暖化する海

地球温暖化の進行とともに日本周囲の海の温度も上昇している。日本近海における平均の海水面の温度上昇率は100年当たり+1.24℃である⁴。この上昇率は、世界全体で平均した海面水温の上昇率（+0.60℃）よりも大きい。100年で1度強の温

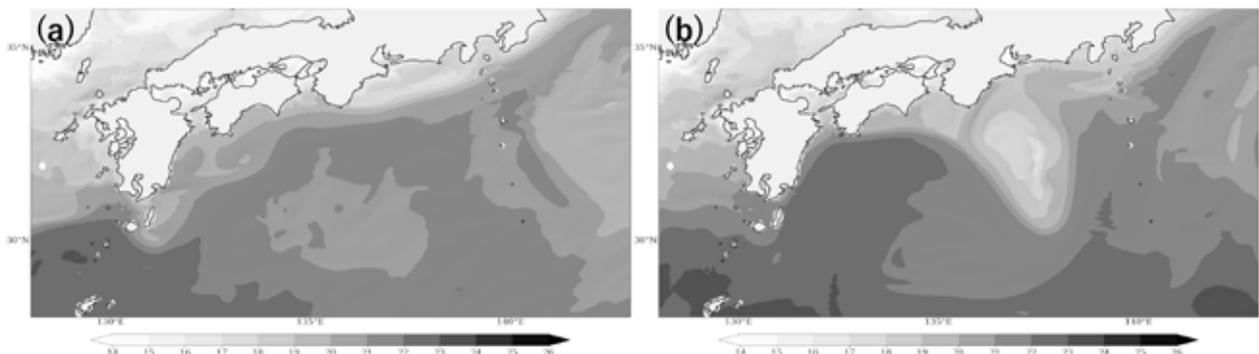


図3: 海面水温の比較。(a) 2012年1月1日黒潮接岸流路の時。(b) 2019年1月1日黒潮大蛇行の時。

度上昇は大きな温度上昇には感じられないかもしれないが、海の熱容量は大気のそれの約 1000 倍以上もあり、水温が変化しにくい海にとってこれは大きな変化である。

平均だけでは海の変化は語りきれない。それを概念的にしめしたのが図 4 である。自然はもともと時間的に変動している (図 4 (a)の太線)。ある年には記録的な猛暑などの原因によってまれに平年より数度以上の異常な水温上昇をしめすことがある。ある閾値を超えた異常な水温上昇を海洋熱波と呼ぶ⁵。海洋熱波が発生した時はサンゴが白化するなど海洋生態系に大きなダメージがある。

このような自然の水温変動に加えて、地球温暖化による水温上昇が加わったらどうなるであろうか。それを示したのが図 4 (b)である。地球温暖化自体は100年に1度程度のゆっくりとした温度上昇だったとしても (図 4 (b)点線)、温度変動 (太線) はかさ上げされ、自然変動によって数度ほど気候値より水温が高くなり異常な閾値を超える海洋熱波が頻発することになる。実際、過去30年間で海洋熱波の発生日数、頻度は2倍に増加している。今後も地球温暖化とともにさらに海洋熱波が増えていくと予測されている。

海洋熱波は猛暑のような大気の影響だけでなく、黒潮大蛇行のような黒潮の変化や、親潮の変化に

よっても発生する。地球温暖化と海洋熱波の増加によって、日本周辺の生物相が変わってきており、それは漁業にも影響が出ている。例として、2010以降親潮が弱まることによって、北海道・東北沖で海洋熱波が毎年夏に発生するようになっている (図 5)⁶。以前は年に水温が上がったり下がったりであったが、2010年以降は毎年のように高い水温になっている。それによって2010年以降に北海道太平洋側における南方の魚のブリの漁獲量が急増している (図 5)。一方で北方の魚であるサンマやサケは不漁になっている。

海洋熱波と温暖化の影響は海にとどまるものではない。黒潮の高い水温からは大量の水蒸気が蒸発しており日本に湿潤な気候をもたらしている。この黒潮が温暖化することによって水蒸気の蒸発が増え、雨が降りやすくなる。これによって近年は毎年のように以前には見られなかったような豪雨が発生している⁷。今後の温暖化によってさらに豪雨が激しくなってくると考えられる。水温が高く保たれるとで、台風も勢力維持したまま日本に近づき影響を与えるようになる。対馬暖流の温暖さは、冬に日本海側で大雪をもたらしているが、これも温暖化によってドカ雪が増える可能性が指摘されている⁸。

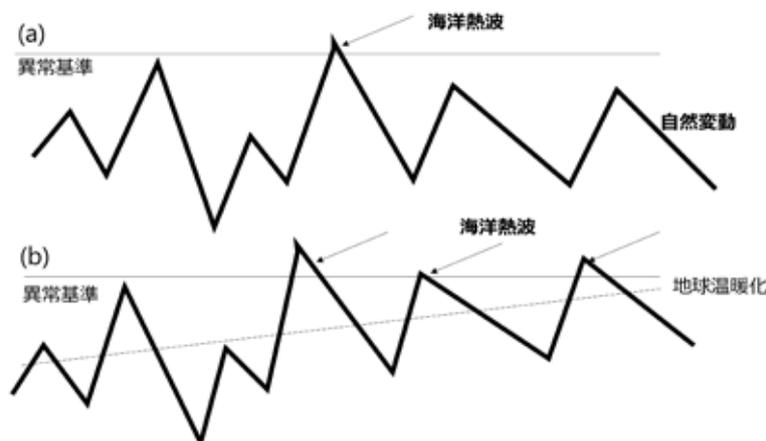


図 4: 海洋熱波の概念図。

(a) 自然変動のみの場合の水温変化。(b) 自然変動に地球温暖化が加わった場合の水温変化。温度上昇がある異常の閾値を超えたときに、海洋熱波と呼ばれる。

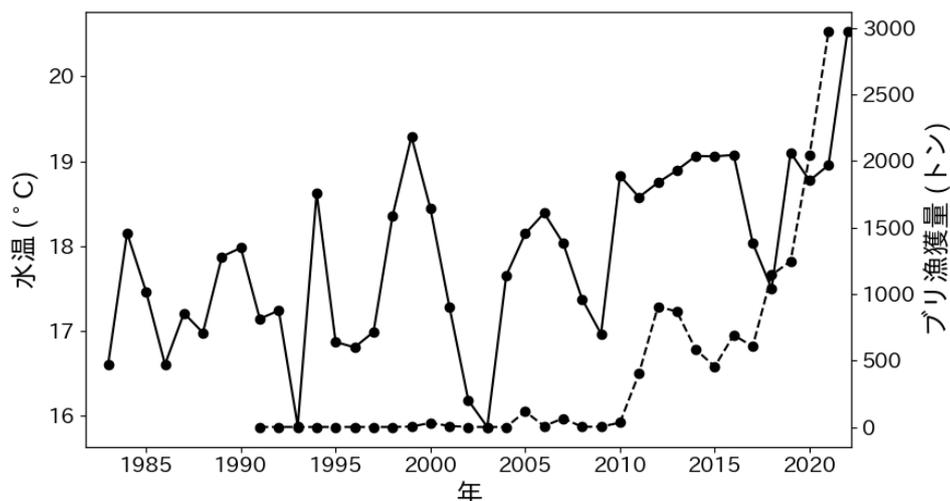


図5: 夏期(7~9月平均)海面水温の親潮域の海面水温の時系列(黒線;左縦軸の°C)と北海道南東部(日高・十勝・釧路)のブリ漁獲量の時系列(破線;右縦軸のトン)。漁獲量データは「北海道水産現勢」(<http://www.pref.hokkaido.lg.jp/sr/sum/03kanrig/sui-toukei/suitoukei.htm>)より入手した。

4. おわりに

日本周辺の海洋は黒潮大蛇行のような変化に富む海でダイナミックに変化している。海洋の変化は海の生態系の変化により漁業に影響を与えるだけでなく、雨などを通して陸上の生活にも影響を与える。今後の地球の温暖化の進行と共にさらに複雑に海洋は変化していき、我々の生活に大きな影響を与えていくだろう。海の大きな影響を考えると、大気の変化が天気予報によって情報が伝えられているように、海の情報も重要となってくる。そのために筆者が執筆している「黒潮親潮ウォッチ」⁹のように、ますます海洋予測情報が提供されるようになるだろう。今後は豪雨のような防災情報を理解するためにも、海洋の情報が重要になっていくと考えられる。

【引用文献】

- (1) 海上保安庁「海洋速報&海流推測図」<https://www1.kaiho.mlit.go.jp/KANKYO/KAIYO/qboc/>
- (2) 平田 英隆・西川 はつみ「黒潮大蛇行」https://www.jamstec.go.jp/apl/hotspot2/terms/kuroshio_large_meander.html

www.jamstec.go.jp/apl/hotspot2/terms/kuroshio_large_meander.html

- (3) 杉本周作「黒潮大蛇行で夏の関東蒸し暑く」
https://www.jamstec.go.jp/apl/hotspot2/articles/articles_Sugimoto-2021.html
- (4) 気象庁「海面水温の長期変化傾向(日本近海)」
https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/data/shindan/a_1/japan_warm/japan_warm.html
- (5) 西平楽「海洋熱波」<https://www.jamstec.go.jp/apl/hotspot2/terms/mhw.html>
- (6) 美山透「北海道・東北沖で海洋熱波が頻発していることが明らかに—海洋熱波とブリの漁獲量にも関連性—」https://www.jamstec.go.jp/j/about/press_release/20210114/
- (7) 万田敦昌「中緯度海洋が梅雨前線と梅雨期豪雨に及ぼす影響」https://www.jamstec.go.jp/apl/hotspot2/articles/articles_Manda-Moteki-2021.html
- (8) 川瀬, 宏明「地球温暖化が日本の雪に及ぼす影響」農業および園芸, 94巻4号, p. 296-304, <https://agriknowledge.affrc.go.jp/RN/2010927090.pdf>
- (9) JAMSTEC「黒潮親潮ウォッチ」<https://www.jamstec.go.jp/aplinfo/kowatch/>

行政職員向けの様々な防災図上訓練について

一般財団法人消防防災科学センター
上席主任研究員 小松 幸夫

1. はじめに

当センターが実施している市町村防災研修事業等の研修において、市町村防災担当職員の意見をお聞きする機会が多々ありますが、多くの自治体で、防災担当職員以外の庁内職員の防災意識が低いという課題をよく耳にします。大規模災害を経験すると意識も変わるように感じますが、そうでもなければ、なかなかこの課題を解消することは難しいのが実状です。

一方、近年では多くの自治体で防災図上訓練が行われるようになってきました。防災図上訓練を行った後のアンケートでは、「防災担当以外の部署でも、自分の部署で必要となる災害対応業務があることに気づかされた」等の意見を聞くことがよくあります。防災図上訓練には「気づき」をもたらす効果があり、防災担当職員以外の職員も災害対応を我が事としてとらえることができることから、防災の意識付けを行うのに非常に有効です。

当センターでも、幾つかの自治体で防災図上訓練のお手伝いに関する連絡を受けることがあります。予算や対象者等によって、その手法は様々です。そこで、本稿では、行政職員向

けの防災図上訓練の手法について整理し、その効果についてまとめます。

2. 災害対策本部の体制と業務

自治体から問い合わせをいただく際に実施を希望される防災図上訓練は、災害対策本部の運営に関するものが多くを占めます。そこで、防災図上訓練の手法を整理する前に、自治体が設置する災害対策本部に関する体制や行うべき業務についてまとめます。

(1) 災害対策本部の体制

多くの自治体では、災害対策本部というと図1にあるような、本部長・副本部長・本部員か

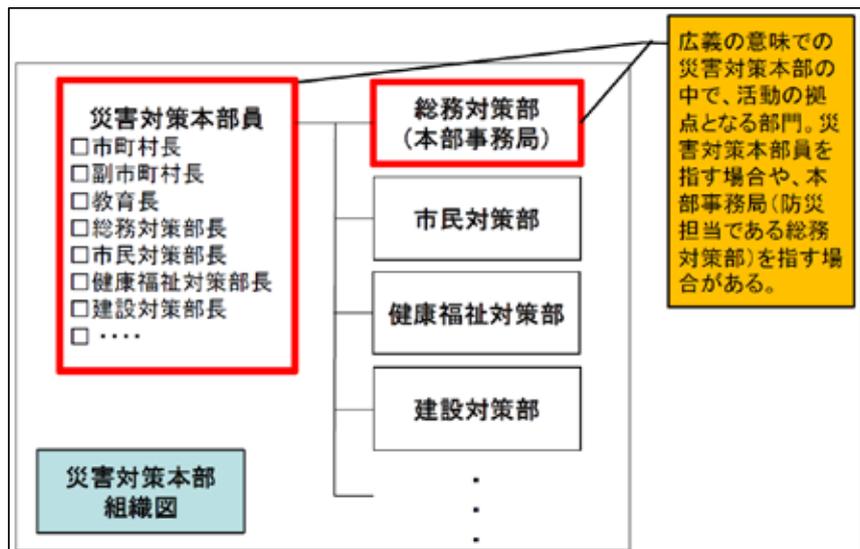


図1 狭義の意味での災害対策本部体制

らなる災害対策本部会議メンバーと本部事務局を担当する防災担当部署から構成されるものが一般的かもしれません。

一方、地域防災計画等で災害対策本部の体制図が示されていることと思いますが、災害対応業務は庁内全体で実施することを鑑み、図2にあるように、災害対策本部は全庁体制で位置づけるとい

う考え方もあります。図1は狭義の意味での災害対策本部、図2は広義の意味での災害対策本部と言えますが、本来、理想的な災害対策本部体制は、図2に示す広義の意味での災害対策本部、つまり災害対策本部は全庁体制として位置づけるべきと思われ

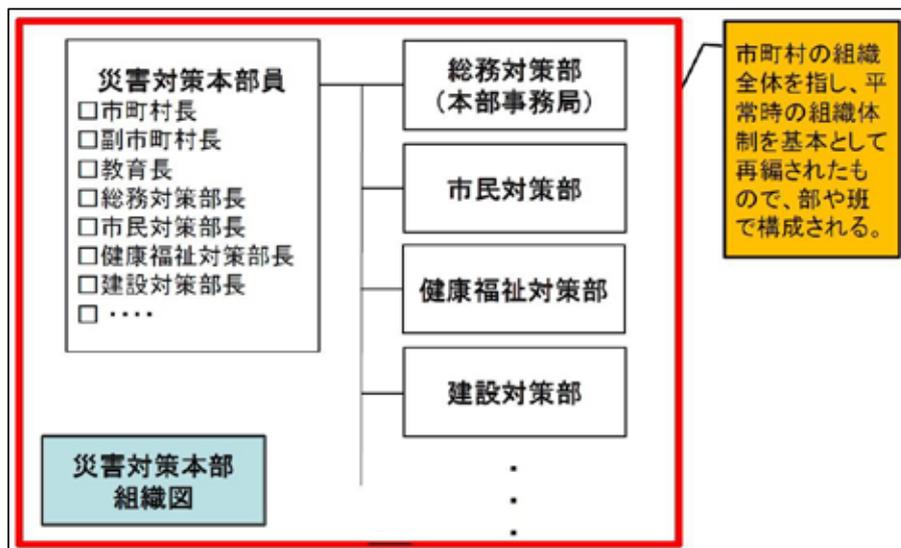


図2 広義の意味での災害対策本部体制

ます。

(2) 災害対応業務（一例）

庁内各部署が行うべき災害時の業務について、一般的なものを表1に示します。多くの自治体

表1 各対策部の災害対応業務一覧（一例）

組 織		業務内容
本部長（市長） 副本部長（副市長）		○重要事項の決定
各 対 策 部	総務対策部	○配備体制の切替 ○災害警戒本部・災害対策本部の設置 ○避難勧告等の発令 ○気象・河川情報等の収集・伝達、被害状況等の把握 ○警察や県などの関係機関との連絡・報告 ○応援要請 ○市民に対する情報伝達及び災害広報 ○被害状況等の報道機関への情報提供 ○その他災害対策本部運営に関すること
	福祉対策部	○避難所の開設・運営（開設については、総務対策部と検討） ○要配慮者支援
	建設対策部	○水害・土砂災害の防止 ○住宅の応急修理
	企画対策部	○住家被害認定調査
	市民対策部	○医療救護 ○防疫・保健衛生
	環境対策部	○給水 ○し尿処理・災害廃棄物処理
	教育対策部	○小中学校における児童・生徒の安全確保
	消防対策部	○消火、救出・救助

では、表1をさらに充実させた形で、地域防災計画の事務分掌が整理されていることでしょう。

発災初期においては、各部署で必要となる情報を収集するところから始まりますが、それが落ち着くと、各部署が行うべき対応に移ります。それらは地域防災計画に記載されていますが、防災担当以外の多くの職員は把握されていないのが実状です。

多くの職員は、日頃の業務が手一杯でそこまで手が回らないことをよく聞きますが、いざ災害が起きて、各部署が行うべき災害対応業務を行う際、日頃から実施手順等を考えているかどうかで、その後の対応がスムーズにいくかが決まります。

そのため、その業務を知っていただき、また実施手順を習熟してもらうためにも、防災図上訓練の実施が不可欠となります。そこで、次の項では、行政職員が行う防災図上訓練にはどのようなものがあるかについてお示しします。

3. 防災図上訓練の種類と内容

行政職員に限らず、一般的な防災図上訓練は主に表2のような分類に分けることができます。その中でも、特に行政職員を対象にしたもので、当センターによく問い合わせがある(1)「災害対策本部運営訓練」及び(2)「防災グループワーク」を中心に紹介します。また、住民等を対象にしたものも含めて、その他の防災図上訓練については(3)にまとめて整理します。

(1) 災害対策本部運営訓練（対応型：図上シミュレーション方式）

訓練を統制するコントローラーと訓練に参加するプレーヤーにわかれ、プレーヤーは部署ごとに島形式に配置されます。災害時を想定したシナリオを事前に作成し、シナリオに基づき、コントローラーから住民や関係機関等の問い合わせや報告等に関する情報を電話や紙などで付

表2 防災図上訓練の分類（例）

大分類	小分類	訓練例	下記該当 NO
イメージトレーニング型 災害や危機が発生したとき、どこでどのような被害が発生し、人々や組織がどのような対応行動をとるのかについて、一定のイメージを描けるようになることを目的とするもの。	自習型	状況予測型訓練	(3)①ア
		タイムライン作成（マイタイムライン）	(3)②ア
	集団 討議型	状況予測型訓練（グループ討論有）	(3)①イ
		タイムライン作成（コミュニティタイムライン等）	(3)②イ
		災害図上訓練DIG	(3)③
対応型：図上シミュレーション方式 （ロールプレイング方式などとも呼ばれる。） 実際の災害や危機のときと同じような時間的制約の下で具体的な対応行動を取り、対応計画やマニュアルを体（頭）に覚え込ませると同時に、情報収集や意思決定のツボを習得することを主な目的とするもの。	単一 領域	避難所HUG	(3)⑤
	複合 領域	災害対策本部運営訓練	(1)

（注）吉井博明他「図上演習入門」平成23年7月（内外出版）より作成

与し、プレーヤーはその付与内容をもとに情報整理・共有等の情報処理や対策の検討・実施などを行います。災害対策本部の状況を再現するため、コントローラーからの情報は間髪入れずに付与されます。また、この訓練では下記ア～オを考慮することで、多くのバリエーションに対応することが可能です。

なお、本訓練は、警戒・初動段階における重要事項の意思決定能力、情報処理能力、部署間の情報共有による状況認識能力等が養成できるとともに、災害対策本部運営の状況、特に発災初期の情報収集・整理に関する混乱状況を体験できることが大きな特徴です。

<訓練のバリエーション>

- ア. 問い合わせや報告等の付与について、電話を使用するか、紙を使用するか。
- イ. 災害対策本部会議を行うか、各部署の情報処理のみとするか。(災害対策本部会議を実施する場合、市町村長、副市長村長等の参加があるとよい)
- ウ. 警戒・初動期、特に多忙となる部署のみ(総務系、土木系、福祉系)参加してもらうか、全庁的に参加してもらうか。(1つの部署だけで行う方法もあり)
- エ. 日頃の執務場所で訓練を行うか、大きな会議室に参加者を集め、部署毎、島形式にテーブルを配置して行うか。
- オ. 支所について、本庁の大きな会議室等に参加者を集めるか、現地でリモートにより参加するか。

(2) 防災グループワーク：イメージトレーニング型

庁内の大きな会議室に参加者を集めて、部署毎、島形式にテーブルを配置し、あるテーマをもとに、対応方法や課題・解決方法等をじっくり考える訓練です。訓練手法については、表3

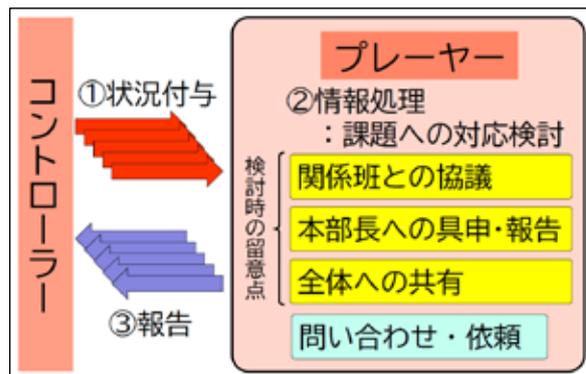


図3 災害対策本部運営訓練の流れ



写真1 災害対策本部運営訓練の様子

のようなものが考えられます。

なお、本訓練は、各部署の災害対応イメージの醸成などができるとともに、各部署で行うべき災害対応の内容の確認、具体的な業務手順や課題・懸案事項、解決策等の検討ができることが大きな特徴です。

(3) その他

防災図上訓練について、その他考えられるものは次の①～⑤のとおりです。もちろん、①～⑤の内容以外においても、いろいろな防災図上訓練の手法がありますが、ここでは代表的なものを紹介します。

① 状況予測型訓練

災害発生時に自らが直面する状況や役割をイメージし、どのように対応すべきかを考え

表3 防災グループワークの実施例

	幹部職員向け (市町村長、副市長村長含む)	一般職員向け
災害対策本部会議の運営方法の検討	災害対策本部会議での意思決定事項や手順等を確認し、スムーズな運営方法を検討。	災害対策本部事務局（防災担当）を中心に、会議の進め方等を確認・検討。
各部署の災害時における対応内容・手順等の習熟	各部署の対応内容・手順等について、被災自治体の災害対応検証報告書の該当部分等を熟読し、イメージをもつ。	各部署の対応内容・手順、課題、解決策等について、被災自治体の災害対応検証報告書の該当部分等を熟読し、イメージをもつ。
過去の災害における災害対応に関する課題の検討	次の課題（例）に対する対応や事前対策等を検討。 a. 災害対策本部に移行するのはいつか b. 災害が起きそうなのに、職員みんなが集まらない c. 忙しい部課もあれば、暇そうな部課もある	次の課題（例）に対する対応や事前対策等を検討。 a. 情報が山のように来ているが、どれが重要な情報かがわからない b. 電話対応ばかりで、災害対策本部における重要な業務に対応できない c. 今、何が起きているかわからない、情報共有をどうすればよいか d. 防災行政無線の音が聞こえない
計画やマニュアルの確認、修正点の洗い出し	—	次の計画書等について、各部署の該当箇所を熟読し、課題や修正点を洗い出す。（事前に災害対応検証報告書等で対応イメージを把握するのもよい。） a. 地域防災計画 b. 災害対応マニュアル c. 業務別タイムライン d. 業務継続計画 e. 災害時受援計画

る訓練です。1人で考える方法（ア）が基本ですが、1人で考えたものをグループで討論し、意見を共有する方法（イ）もあります。

② タイムライン作成

タイムラインとは、災害の発生を前提に、防災関係機関が連携して災害時に発生する状況を予め想定し共有した上で、「いつ」、「誰が」、「何をするか」に着目して、防災行動とその実施主体を時系列で整理した計画で、防災行動計画とも言います。

ご自身の対応行動について作成する「マイタイムライン」（ア）の他、自主防災会役員、消防団員、民生委員など地域の防災関係者が集まって議論しながら作成する「コミュニティタイムライン」（イ）があります。そ

の他、庁内各課や関係機関等が一堂に会して、時系列毎に行うべき業務を整理・共有するタイムラインなどもあります。

③ 災害図上訓練DIG

Disaster(災害)、Imagination(想像力)、Game(ゲーム)の頭文字を取って名付けられたものです。大きな地図をみんなで囲み、経験したことのない災害をイメージして地域の課題を発見し、災害対応や事前の対策などを検討するために行います。

④ 防災クロスロード

災害対応にあたった神戸市職員へのインタビューをもとに作成されたカードゲーム形式の防災教材です。災害時には、どちらを選んでも何らかの犠牲を払わなければならないよ

うな「ジレンマ」が多数ありますが、プレイヤーは、自分なりの理由を考え、苦心の末に「Yes」か「No」か、一つだけを選び、それについてみんなで議論します。

<参考>内閣府：クロスロード紹介ページ
URL：<https://www.bousai.go.jp/kyoiku/keigen/torikumi/kth19005.html>

⑤ 避難所HUG

Hinanzyo（避難所）、Unei（運営）、Game（ゲーム）の頭文字を取って名付けられたものです。避難所運営をみんなで考えるためのアプローチとして、静岡県が開発した図上訓練になります。具体的で実践的な避難所運営を疑似体験することができます。

<参考>HUGのわ：HUGを開発した元静岡県職員の倉野氏が運営しているサイト
URL：<https://www.hugnowa.com/>

4. おわりに

本稿では行政職員を対象とした防災図上訓練について紹介しました。防災図上訓練を実施すると、参加者は災害時における対応手順や課題を把握できるとともに、事前にその準備を図ることができるため、災害時によりスムーズな対応が期待できます。また、防災図上訓練を行うことで、一般的には次のような効果が得られると考えられます。

(1) コントローラー（企画者）：訓練の企画・準備を行うことで災害対応業務全般を習熟することができる

災害対策本部運営訓練のシナリオ作成など訓練の企画・準備は非常に時間がかかる作業ですが、その分、災害対応業務についてより多くのことを勉強することができます。特に対応型の災害対策本部運営訓練のシナリオを作るには、当該市町村域の防災上弱点となる場所を把握し、そこに被害を設け、またどのように対処すべき

かを考えることとなるため、災害時の当該市町村の被害状況や対応状況をイメージすることが可能です。

なお、シナリオ作成については、防災担当部署のみで作成するのではなく、関係各課から選抜し、一緒に作成することも考えられます。それによって、関係各課の災害対応力を養成することもできます。

(2) プレーヤー（参加者）：全庁的に災害対応することの重要性が認識できる

大規模災害時では、全庁職員での災害対応が不可欠です。そのため、日頃から一般職員にも災害対応の重要性を認識してもらう必要があります。

しかし、通常の座学による研修だけでは我が事として捉えてもらえず、なかなか重要性を認識してもらうことが難しいと考えられます。そこで、防災図上訓練のように、自らが「気づき」を得るような訓練・研修が効果的です。「気づき」を得ることで、防災担当でなくても、自分も災害対応を行わなければならないと気づいてもらうことが期待されます。

(3) プレーヤー（参加者）：各部署の災害対応業務のイメージが持てる

一般職員に災害対応の重要性を認識してもらった後は、各部署の災害対応業務をどのように進めるか理解してもらうことが重要になります。それを理解してもらうためには、災害対応業務のイメージを持ってもらうことが一番重要です。そうでなければ、災害対応時に何をすべきか、防災担当部署にその都度聞かないと動けないようになってしまいます。しかし、防災担当部署は発災当初、業務多忙となるため、それどころではありません。そのため、日頃から一般職員に災害対応業務のイメージを持ってもらい、自らが何をすべきかを理解してもらうこと

が重要となりますが、防災図上訓練を行うことでイメージを持ってもらうことが可能となります。

災害対応のイメージをより深く認識してもらうためには、過去の災害を経験した自治体が出している検証報告書が参考になります。検証報告書には当時の災害対応業務の内容や課題、解決策などがまとめられていますので、イメージトレーニング型の防災グループワークでは是非活用してみてください。

特に災害対応業務のイメージを持っておく必要がある業務として、通常業務では体験しない災害対応業務（避難所運営、物資調達・管理等）を行う部署があげられます。下記サイトでは、東日本大震災を経験した当時の陸前高田市長のインタビュー映像を見ることができますが、関連することを述べていますので、是非参考に

してください。

<参考>戸羽太前陸前高田市長インタビュー映像

URL : <https://www.isad.or.jp/video/video08/>

(3分40秒付近「職員に求める心構え」)

これらの内容を踏まえて、是非、防災図上訓練に取り組んでみてください。また、それぞれの自治体が防災図上訓練の実施を検討する際、本稿がその一助となれば幸いです。

【出典】

吉井博明他，図上演習入門 防災・危機管理の基本を学ぶ，内外出版，2011.7

国土交通省 HP，タイムライン，<https://www.mlit.go.jp/river/bousai/timeline/>，（参照2023-05-09）

国立研究開発法人土木研究所 水災害・リスクマネジメント国際センター，水害対応ヒヤリ・ハット事例集（地方自治体編），2021.6

地域防災実戦ノウハウ (116)

— コールセンター・シンドローム —

Blog 防災・危機管理トレーニング
(<http://bousai-navi.air-nifty.com/training/>)

主 宰 日 野 宗 門

(消防大学校 客員教授)

「コールセンター・シンドローム」については、本連載で何度か言及してきました（たとえば、連載94回、95回、96回、98回、110回）が、補足的説明にとどまっております。そこで本稿ではテーマとして取り上げ詳述することとしました。

1. コールセンター・シンドロームの定義

風水害や地震災害の初動期においては、災害対策本部事務局に殺到する「問い合わせ」電話等により本部事務局が機能不全に近い状態に陥る事態が過去にたびたび発生しています。

本部事務局で次から次に鳴る電話を本部事務局員が取り上げ対応するさまは、まるで「コールセンター」のようです。おそらく「情報収集」のつもりで対応しているのですが、ほとんどの時間と要員をその対応に奪われる結果、災害対策本部（事務局）機能の低下や麻痺を余儀なくされます。この現象を「コールセンター・シンドローム」といいます。

災害対策本部（事務局）は本来、以下の機能等を果たさなければなりません。しかし、コールセンター・シンドロームに陥るとその機能遂行はきわめて困難となります。

- 災害の全体像の把握及び災害発生・拡大危険の高い地域の絞り込み

- 避難指示等の重要な意思決定と危険地域住民等への伝達
- 救助・救援ニーズの把握と優先順位付け及び的確なタイミングでの人的・物的資源の投入
- 前述の活動に伴う、活動体制強化・活動調整、資源調達
- 本部長や本部員会議に対する（事務局の）参謀機能

2. 住民からの問い合わせの実態

災害時の住民からの問い合わせ電話はコールセンター・シンドロームの主要な原因となりますが、その内容が生の形で明らかにされることはほとんどありません。しかし、その様子を垣間見ることのできる資料があります。台風時に行政の災害情報掲示板に残された記録がそれです。

2005年（平成17年）、大型で強い台風14号は広い暴風域を維持したまま九州の西岸に沿ってゆっくり北上しました。その影響により宮崎県内で9月4日（日）から降り始めた雨は、5日（月）～6日（火）昼過ぎまで本格的な降水となりました（表1）。

表1 9月4日～6日の雨量（単位：mm）（宮崎地方気象台）

日(曜日)	総雨量	最大1時間雨量(毎正時)	備考
4日(日)	133.5	25.5	
5日(月)	310.0	22.0	
6日(火)	163.0	24.0	15時以降は無降水

この台風時、宮崎市では災害情報掲示板を開設し市民への情報提供等に活用しました。この掲示板には住民からの生の声が記されています。それを読めば、災害時に住民の関心がどこにあり、どのような情報等を欲しているか、状況の推移とともにそれらはどのように推移したのかといったことが臨場感を伴って理解できます。

表2に示したのは、掲示板開設時（5日13：51）から6日08：39までの間の市民等の書き込みの抜粋（抽出率は約1/6）です^(※)。掲示板には宮崎市災害対策本部等の書き込みも多数ありますが一部（下線箇所）のみ掲載しました。なお、書き込みには誤字等が見られますが原文どおり掲載します。

※ この間の書き込みは全体で943件。そのうち宮崎

市災害警戒本部・災害対策本部の書き込みは193件、市民の書き込みは750件（県外から数件あり）です。

住民の書き込みは災害対策本部等への質問が中心であり、それが相当数にのぼる事態になったことから、災害対策本部から住民へ善処を呼びかける状況も生じました（5日20:18、同21：51、6日01：58）。住民側からも「ここは情報掲示板で、なんでも質問掲示板ではない」と安易な質問をたしなめる書き込みも見られました（ここでは割愛）。

なお、当時、この災害情報掲示板はマスコミ等から有効に機能したと高く評価されました（ちなみに宮崎市では台風14号による死者は0人でした）。また、宮崎市ではコールセンター・シンドロームは発生していません。

表2 2005年台風14号時の宮崎市災害情報掲示板の書き込み内容（抜粋）

<p>9月5日(月)</p> <p>(13:51) <u>【宮崎市災害警戒本部】</u> 13：00 宮崎市災害警戒本部を設置しました。</p> <p>(15:33) 【浮田】 浦田地区は通れますか。(農免道路)</p> <p>(15:35) 【ミホ】 10号線、高岡町まで通れますか？</p> <p>(15:37) 【小戸一】 小戸橋は通れますでしょうか？</p> <p>(15:42) 【エイ】 一ツ葉有料道路南線は通れるのでしょうか？</p> <p>(15:46) 【上北方住民】 県道西環状線(旧道)の五十鈴川付近(柏田)は通れますでしょうか？</p> <p>(15:49) 【昼】 最寄の避難所はどこで参照できますか？また車でいっても大丈夫なんでしょうか？</p> <p>(15:54) 【くろびょん】 大谷川の水位を教えてください。</p> <p>(15:59) 【浮田】 蠣原地区の田んぼの道あたりは通れるのでしょうか？</p> <p>(16:08) 【浮田】 花ヶ島から木脇へはどのルートがいいですか？</p> <p>(16:13) 【みち】 明日、小中学校は臨時休校になるのでしょうか？</p> <p>(16:15) 【波島町の住人】 現在の停電区域って分かるんですか？分かれば教えて下さい。</p> <p>(16:16) 【姉ちゃん】 宮崎市木花の県道中村木崎線付近は、冠水などしていませんか？</p>
--

- (16:30) **[豊]** 冠水予測地図か何かは掲示されていませんか？
- (16:46) **[J]** 小戸橋はまだ通行可能でしょうか？
- (16:50) **[NT]** 宮崎市内から都城まで帰るのですがどのルートで帰ればいいでしょうか？
- (16:53) **[Yです。]** 大工3丁目に住んでますが、避難勧告は出ていないでしょうか？
- (16:57) **[M]** 市内中心部から佐土原方面で通行止めはありますか？
- (17:10) **[みち]** 大淀大橋を渡って城ヶ崎方面に行く途中の陸橋の下はまだ通行できますか？
- (17:17) **[通勤]** バスはまだ走ってますか？
- (17:27) **[河川敷沿い]** 独居高齢者で、非難場所が遠すぎて勧告が出てても協力者不在の方の場合、どの機関が移送等の協力をしてくださいますか？
- (17:33) **[ガオ]** 新八重川橋の近くに住んでいます。大丈夫でしょうか。
- (17:49) **[もんや]** 日南から宮崎市に帰るルートはありますか。
- (17:53) **[ジャイアン]** 田吉の南九州短大の前は通れますか？
- (18:12) **[源藤町]** 今、源藤町を消防車が警報？を鳴らしながら、回ってますが、何なんでしょうか？
- (18:18) **[恒久5丁目住民]** 避難勧告は出ていますか？
- (18:35) **[かず]** 源藤町に住んでいますが、避難場所はどこでしょうか？
- (18:41) **[浮田]** 浮田地区には、避難勧告などは出てませんよね？
- (18:52) **[もっち]** 一ツ葉有料（南）は、まだ通行できますか？
- (18:55) **[クニトミ]** 瓜生野地区付近の冠水や通行止めはどうでしょうか？
- (19:00) **[高洲町住民]** 高洲・塩見町付近は避難勧告が出ているのでしょうか？
- (19:13) **[谷川2丁目]** 谷川2丁目は避難勧告は出ていますか？
- (19:26) **[S]** 避難所というのは、いつでも開いてるのでしょうか？
- (19:32) **[I]** 霧島四丁目はどこに避難すればいいのですか？
- (20:04) **[mk]** 大淀川の水位はどれくらいなのでしょう？
- (20:18) **[宮崎市災害対策本部]** この掲示板は、災害関連の情報の提供の場として開設しております。出来る限りの情報を提供して行くつもりです。市民の皆様のご協力をお願いいたします。
- (20:54) **[浮田]** 大谷川が、氾濫する恐れはあるのでしょうか？
- (21:05) **[まる]** 糸原の浸水状況を教えてください
- (21:05) **[大橋住人]** 小松川が氾濫しそうです。監視はどうなっているのですか？
- (21:42) **[鶴島住人]** 鶴島付近は、川の氾濫は大丈夫でしょうか。返答お願いします。
- (21:43) **[別府町住人]** 大淀川下流の宮崎観測所の水位が危険水位5.4mに達したら、家族（高齢者二人）を近くの裁判所合同庁舎に避難させようと思っておりますが、毛布・飲料水・食料等の心配はしなくても良いのでしょうか？1人は身体障害者です。
- (21:51) **[大塚住民]** ヒロセの近くの住民です。避難勧告は出ていますか。それと避難場所は中区自治公民館でいいですか。
- (21:51) **[宮崎市災害対策本部]** このままでは、掲示板を閉鎖せざる終えなくなります。市民の皆さんご協力をお願いいたします。
- (22:59) **[大工町]** 小松川がかなり危なそうです。どのような措置を取っておられるのでしょうか？
- (23:00) **[大塚人]** 大塚の弥堂窪付近は大丈夫ですか？大淀川が近いもので
- (23:05) **[宮崎市M]** 通行止めの情報はどこでわかりますか？
- (23:57) **[谷川]** 大淀川下流が洪水警報とありますが、どの辺りからが下流となるのでしょうか。

9月6日(火)

- (00:03) [飛江田] 宮崎マリーナのすぐ近くです。大丈夫でしょうか？
- (00:05) [小倉] 宮崎市鶴島付近の大淀川の堤防は大丈夫ですか？
- (00:36) [田代町住民] 避難勧告がでしたが、乳幼児が2人いてこの状況では避難できそうにありませんが何か良い方法はありますか？
- (00:52) [日ノ出町住民] アパートの2階に住んでいますが、避難は必要ですか？
- (01:05) [吾妻町住民] 吾妻町堤防添いのマンション四階に住んでいます。非難所に行くのが危ないので、部屋での待機で大丈夫でしょうか？
- (01:07) [新別府町の住民] 近くの新別府川の水位があがってきてますが、避難は必要ですか？
- (01:09) [吉村町住民] 避難勧告の出ている地区の隣なんですが避難したほうがよいのでしょうか…。すぐそばに下水溝があるのでとても不安です。
- (01:27) [山口] 田代町にいる身内を非難させたいのですが、小戸橋は通行できますか？
- (01:36) [田代住民] アパート3階に住んでいます。避難の必要がありますか？
- (01:37) [小松台住民] 川が近いんですが大丈夫でしょうか。
- (01:38) [TAKASU] 車で宮崎学園に避難したいのですが駐車場は十分ありますか？
- (01:41) [やま] 河川情報を見たのですが、計画水位の意味がわからないのですが・・・？
- (01:44) [大塚] 大塚町住民。地蔵田はハザードマップではどの程度の浸水が予想されますか。
- (01:58) [市民主婦] 明日はごみの収集に来るのでしょうか？
- (01:58) [宮崎市災害対策本部] この掲示板は、災害関連の情報の提供の場として開設しております。市民の皆様のご協力をお願いいたします。
- (02:02) [ゆうき] 県体育館はまだ駐車場に余裕はあるのでしょうか？
- (02:04) [宮崎市民] 千草町の住民は避難しないとヤバイですか？
- (02:16) [大塚台] 今現在全ての非難場所が開いているのでしょうか？
- (02:38) [エレガント] 吉村町北中甲に住んでますが、アパート2階です。大丈夫でしょうか？
- (02:44) [恒久在住] 八重川があふれることはないのでしょうか？
- (02:45) [川沿い] 大塚方面への橋は通行できますか？
- (02:49) [江南ハイツ] 江南ハイツは、非難勧告出ていますか？
- (02:49) [心配] 宮脇町も避難したほうが良いですか？マンション3階です
- (02:51) [鶴島住人] 鶴島3丁目のマンション1Fの住人ですが、非難した方がいいのでしょうか？
- (02:54) [吉村住民] 水がきている所がもうあるのですか？警戒水位を超えそうなんですか？
- (02:57) [かず] コープ花山手のそばに住んでいます。避難勧告は、出ていますか。？教えてください。
- (03:18) [阿波ヶ原町] 阿波ヶ原町ですが、避難勧告は出てないのですが大丈夫でしょうか？
- (03:21) [避難] イオンの立体駐車場は安全でしょうか？
- (03:21) [P] 鶴島ですが、いまから移動するのは危険でしょうか
- (03:25) [瀬頭] 瀬頭は、避難しなくてもいいんですか？
- (03:52) [霧島町住民] 霧島町あたりってどうなるんでしょう。不安です。
- (04:00) [宮崎市民] 曾師町に住んでるんですが避難した方がいいですか？
- (04:04) [まま] 生目台東3丁目にかなり傾斜のある人口崖があるのですが、土砂崩れの危険はありますか。
- (04:12) [連絡先は] 玄関まで水が押し寄せて来ました。自分たちでは、避難することができません。どこに連絡すれば良いのでしょうか。
- (04:23) [大塚町] 高松橋付近は避難しなくても大丈夫なんですか？
- (04:26) [吾妻] 市内であいてるガソリンスタンドありますか？

- (04:37) **【佐土原町民】** 一ツ瀬川流域は大丈夫ですか？
- (04:40) **【高千穂】** 高千穂通りは冠水したりしませんか？
- (04:41) **【避難】** 避難場所にスペースのある場所の情報をおねがいます。
- (04:41) **【大淀小学校】** 大淀小学校の近くに大阪から引っ越してきたばかりです。この辺は大丈夫ですか。？
- (04:46) **【T】** 小松の記念病院近くの住民なんですが、どこに避難したらよろしいのでしょうか？
- (04:54) **【宮崎市民です】** 市内中心部で開けてくれている立体駐車場ないですか？イオン、オーバス以外で。
- (04:55) **【ゆみ】** 足がないので歩きでは到底いけません 引っ越して間もないので知り合いもいませんし
- (05:10) **【一市民】** ペットについてはどうすればよいのでしょうか？
- (05:22) **【徹夜組み】** 大塚町窪田付近は、浸水、停電等の情報は入っていないのでしょうか？
- (05:28) **【名無し】** 各川の水位について知ることのできるサイトがあったと思うのですが、ご存じないのでしょうか>災害対策本部
- (05:31) **【情報】** どーすればいいんですか？いまいち情報が半端すぎで身動きとれませんよ！ 吉村町全般避難場所が周りに設置されてる地区わ自主避難になるの？
- (05:38) **【清水】** 宮崎市姥が島地区とは現在の町名ではどの範囲でしょうか。教えてください。
- (06:47) **【N】** 昭和町から清武まで7時半頃出勤するのは可能でしょうか？どのルートが一番良いのでしょうか？
- (06:52) **【あや】** 今あいているガソリンスタンドを教えてください。
- (06:55) **【かず】** 大淀川は渡れるんですか？
- (07:25) **【柳丸】** 橘橋付近どんな感じなのでしょう？
- (07:26) **【住吉市民】** タクシー動いている会社を教えてください
- (07:35) **【花山手住人】** 赤江のコープ辺りは、浸水していませんか？
- (07:43) **【淀川住人】** マンション1階部分は多分膝まで冠水、エレベーターも動きません。車を天満のほうへ昨夜移動しましたが、天満付近の宮崎西環状線は大丈夫ですか？
- (07:44) **【まなび野人】** まなび野に住んでいるんですが、まだこっちは大丈夫でしょうか??
- (08:08) **【佐野】** 新別府あたり冠水しませんか
- (08:11) **【江南住民】** 浄水場について情報はないでしょうか。
- (08:12) **【上小松】** 大谷川ついさっき決壊しました
- (08:14) **【A】** 飛江田地区は避難しなくていいんですか？
- (08:21) **【東京より】** 実家が木花なんですが、清武川は大丈夫でしょうか？
- (08:22) **【旭代】** 波島のあたりはどんな状況ですか??
- (08:22) **【浮田】** 浮田は、大谷川大丈夫ですか？
- (08:24) **【吾妻町住人】** 宮崎中学校は避難所となっていないのでしょうか？
- (08:24) **【県外より】** 実家が中村町。冠水の程度はどのくらいでしょうか？
- (08:29) **【A】** 飛江田地区は避難しなくていいんですか？>対策本部応答願います
- (08:29) **【宮崎市太田】** 大淀川は大丈夫なんですか？家の近くで心配なんですけど...
- (08:29) **【山口】** 富吉の妹からの携帯電話での連絡では、1階の屋根まで浸水で2階に避難しており大変深刻な状況とのこと。妹の家には赤ちゃんもいるのですがボートでの救援は進んでいますか？
- (08:33) **【オバタ】** 吉村町曾師前に両親が住んでいます。避難勧告が出ていますか？
- (08:38) **【末広】** 末広あたりは避難しなくても大丈夫でしょうか？避難指示がでていませんが。
- (08:39) **【宮崎市災害対策本部】** 飛江田地区は避難勧告はでておりませんが、状況を判断のうえ自主避難をお願いします。

3. 掲示板の書き込み内容に見られる傾向と対策の考え方

表2に示した書き込み内容の大雑把な傾向としては、5日（月）夕方頃までは車の通行可否を問う書き込みが多く、その後夜間に入り風雨が一段と激しくなるにつれ、河川水位、避難勧告・指示の発令状況、自分の地域は危険か否か（避難の要否）を質問する書き込みが急増しています。

このような傾向は風水害時には広く見られるものであり特別珍しいものではありません。重要なことはこの種の問い合わせに適切に対応できるかどうかです。以下、対策の考え方を述べます。

通行可否の問合せは、ウィークデーの帰宅時に豪雨に見舞われた場合はしばしば生じます。余裕があれば対応も可ですが、余裕のない場合は関連サイトの紹介にとどめ、「命に関わる問合せを優先しています」と断ることが重要です。

河川水位の問い合わせについても同様の対応が良いでしょう。

避難指示の発令は、現在では広く普及している

スマートフォンに緊急速報メールで伝達されることからこれに関する問い合わせは大きく抑制できるはずです。ただし、スマートフォンを持たない方々への対応は別途考慮する必要があります。

自分の地域は危険か否か（避難の要否）については、「ハザードマップ」と「キキクル」の普及啓発を徹底することで問い合わせを劇的に減らせるでしょう。これについては、本連載107回の「高解像度の危険度、スマホ、ハザードマップによる「我がこと」化時代の本格的幕開け」を参照願います。

本稿は、「防災・危機管理トレーニング」(<http://bousai-navi.air-nifty.com/training/>)に掲載した「コールセンター・シンドローム」関連の記事を再構成・加筆して作成したものです。

コールセンター・シンドロームの発生事例や包括的対策について知りたい場合、あるいは宮崎市の災害情報掲示板の内容の詳細を知りたい場合はぜひ参照してください。

高温環境下（100℃以下）における リチウムイオン電池の内部短絡による出火について

福岡市消防局予防部予防課調査係

1 はじめに

リチウムイオン電池は、小型で高電圧・高容量を得られるエネルギー効率の高い電池として、携帯電話、デジタルカメラ、ノートパソコン、また最近では、タブレット端末や電気自動車にも使用されており、IoT化や脱炭素化が進む現代社会において広く普及し、必要不可欠なものとなっている。

その反面、そのエネルギー密度の高さから、短絡や異常発熱に至った場合は激しい反応が生じる危険性の高い電池としても知られており、リチウムイオン電池の発火事故は近年頻繁に発生している状況にある。

リチウムイオン電池が発火に至る原因は様々であるが、今回、高温環境下におけるリチウムイオン電池の内部短絡が原因と考えられる火災が発生したため、当該原因による出火可能性および出火

に至るメカニズムについて検証し、その結果を紹介するものである。

2 火災事例

(1) 出火日時

令和3年8月某日 1時30分頃

(2) 鎮火日時

令和3年8月某日 3時35分

(3) 出火場所

福岡市内

(4) 損害状況

- ① 人的被害 なし
- ② 物的被害 建物外壁（約2㎡）及び農機具2台



【写真1 外壁の焼損状況】

【写真2 刈払機及びポールソーの配置状況】

(5) 火災概要

本火災は、木造2階建て一般住宅の外壁及び農機具2台を焼損した建物火災であり、焼損程度は「部分焼」である。

(6) 調査概要

① 現場の状況

焼損しているのは、建物北東側外壁とその下部の犬走り上に置かれたエンジン式刈払機（以下、「刈払機」という。）及びリチウムイオンバッテリー式ポールソー（以下、「ポールソー」という。）であった。

② 出火原因

現場状況及び関係者からの聴取内容から、たばこ、放火及び漏電の可能性は否定したため、刈払機及びポールソーの出火可能性について考察した。

ア 刈払機について

関係者の供述によると、刈払機を最後に使用したのは約1か月前であり、出火当時エンジンは停止状態であったため、通電による電気系統からの出火及び使用による機器本体の発熱からの出火などは考えられず、刈払機からの出火は否定した。

イ ポールソーについて

ポールソーのリチウムイオンバッテリー（以下、「バッテリー」という。）周辺部分は、円筒形電池セル20本を残し全て焼失しており、残存した電池セルのうち1本に内部の電極体の激しい焼損が認められたことから、当該焼損部分にて内部短絡が生じていた可能性が高いと考えられた。また、犬走り上に置かれたポールソーの位置から出火したと仮定すると、外壁の焼け上がりの状況とも一致するため、本火災の原因は、



【写真3 刈払機の焼損状況】



【写真5 バッテリーの焼損状況（同等品との比較）】



【写真4 ポールソーの焼損状況】



【写真6 焼損した電池セル】

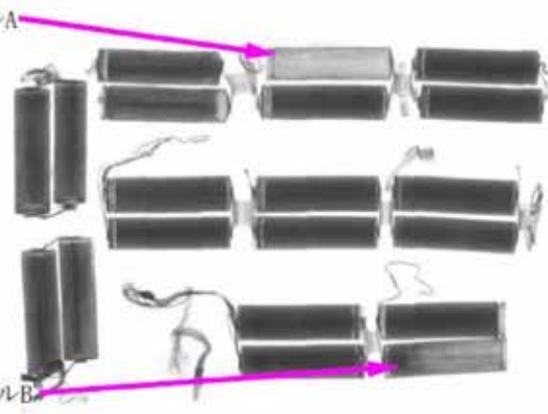
ポールソーに接続していたバッテリーの電池セルが内部短絡を起こし出火、建物外壁へ延焼したものと推定した。

3 バッテリーの電池セルの状況

- 電池セルをX線透過観察した結果、電池セルの2本（電池セルA・B）は内部の電極体が著しく損傷して殆ど残っていなかった。



【写真7 焼損した電池セル】



【写真8 写真7のX線写真】

- X線透過観察により損傷が認められた電池セルの電極体を展開した結果、電池セルAの電極体は、正極アルミ箔及びセパレーターが焼失し、負極銅箔も大半が欠損しており、内部短絡が発

生した痕跡が認められた。また、電池セルBの電極体は、正極アルミ箔及びセパレーターが焼失し、負極銅箔も電極体の中心側の多くが欠損していた。



【写真9 電池セルAの電極体の展開状況】



【写真10 電池セルBの電極体の展開状況】

4 考察

(1) 出火に至る経過

リチウムイオン電池が内部短絡に至る主な原

因は、過充電、過放電、外的衝撃及び非純正品の使用などが考えられるが、関係者の供述によると、バッテリーは純正品であり、数日前に充電した後にポールソーに装着して存置していた

状況であったため、これらの原因は否定できる。

当該ポールソーが夏季にバッテリーを装着したまま屋外に存置されていたことを鑑みると、日中の気温上昇及びそれに伴う犬走りの温度上昇等の影響により、バッテリー内部が高温となり、それが内部短絡の要因となった可能性が考えられる。また、関係者が雨水の侵入を防ぐため、バッテリー部分をビニール袋で覆っていた旨の供述をしていることから、バッテリー内部で蓄熱状態が継続していたことも十分考えられる。

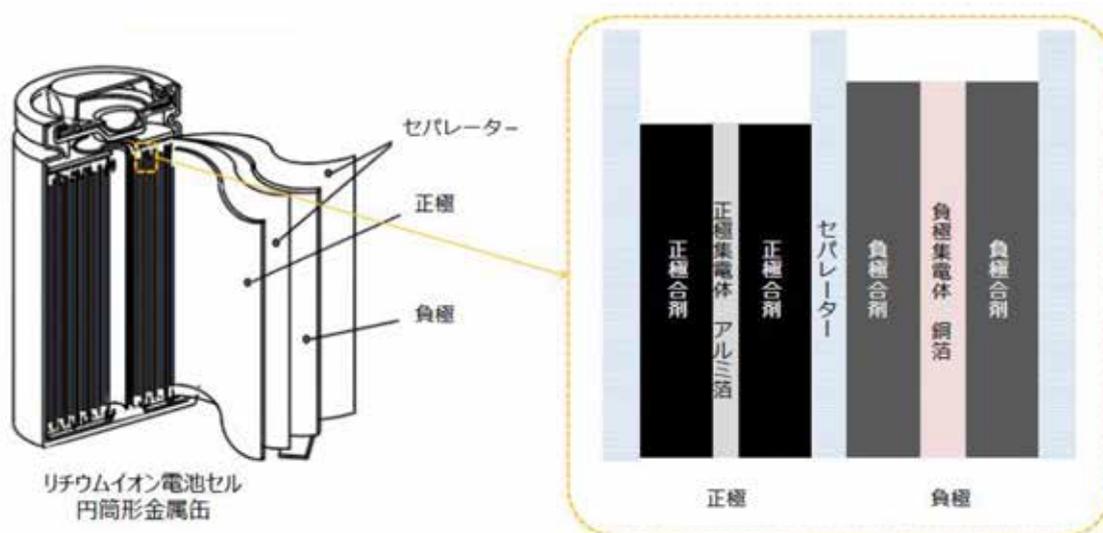
リチウムイオン電池については、炎による直接加熱など、著しい高温に曝された場合に出火する可能性は過去の実験などにより実証されているものの、外気温の上昇など、一般的な自然環境下で想定されうる高温環境（概ね100℃以下）においてリチウムイオン電池が加熱された

結果、内部短絡を起こし出火したとされる事例や検証はあまり報告されていない。よって、その可能性について検証を行うため、リチウムイオン電池の加熱実験を行うこととする。

実験に先立ち、リチウムイオン電池の一般的な構造を紹介したうえで、推測される出火メカニズムについて記述する。

(2) リチウムイオン電池の構造

一般的なりチウムイオン電池のセル内部は、コバルト酸リチウムなどが塗布されたアルミ箔を用いた正極、炭素などが塗布された銅箔を用いた負極、両極の絶縁のためのセパレーターからなる電極体の層が渦巻き状に巻かれた構造となっており、その周囲には両極の電子をやり取りするための電解質として可燃性の有機溶媒が満たされている。

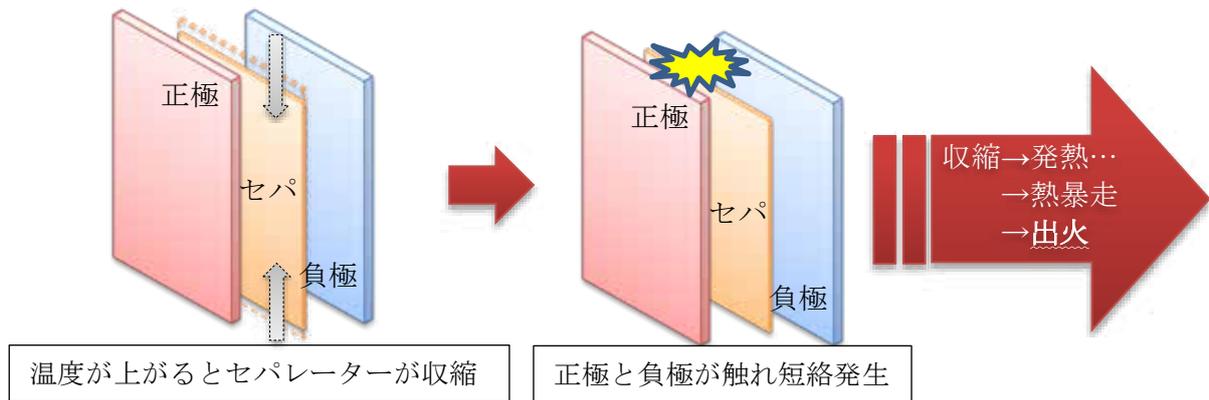


(3) 推測される出火メカニズム

セパレーターには一般的にポリオレフィン系樹脂が使用されているが、周囲温度が通常の使用温度範囲を超える温度となると徐々に収縮し始めるとされている。

正極及び負極を隔てているセパレーターが収

縮すると両極が直接接触の状態となり、微小な短絡が生じ発熱が生じる。その発熱により連鎖的に収縮及び微小短絡が継続し、最終的には発熱が止まらなくなる「熱暴走」状態に至り、出火に至るほどの大きな短絡に繋がると考えられる。



5 実験

(1) 実験の目的

高温環境下（100℃以下）におけるリチウムイオン電池の内部短絡による出火可能性について検証し、そのメカニズムを観察するものである。

(2) 実験日時

令和3年10月中旬から11月上旬 計3回（1回あたり約20時間程度）

(3) 実験の内容と方法

満充電したリチウムイオン電池をホットプレート上で加熱し、熱電対温度記録計を用いて表面温度の測定を実施する。なお、ホットプレートの設定温度は約80℃から100℃とする。また、周囲温度を高温に保つため、ホットプレート周囲を水槽で覆う。また、電池の個体差等を考慮し、使用するリチウムイオン電池は以下の3種類を準備し、それぞれ同条件にて実験を実施する。

① 実験1

メーカーから提供を受けた出火品と同等品のリチウムイオンバッテリー

出力電圧：36V 容量：5.2Ah

生産国：スウェーデン

種類・本数：円筒形セル17本



【写真11 バッテリー分解後】



【写真12 実験中】

② 実験 2

ハンドライト用リチウムイオンバッテリー

出力電圧：14.4V 容量：4.4Ah

生産国：台湾

種類・本数：円筒形セル 3本



【写真13 バッテリー分解後】



【写真14 実験中】

③ 実験 3

携帯電話用リチウムイオンモバイルバッテリー

出力電圧：5V 容量：4Ah

生産国：中国

種類：角型



【写真15 バッテリー分解後】

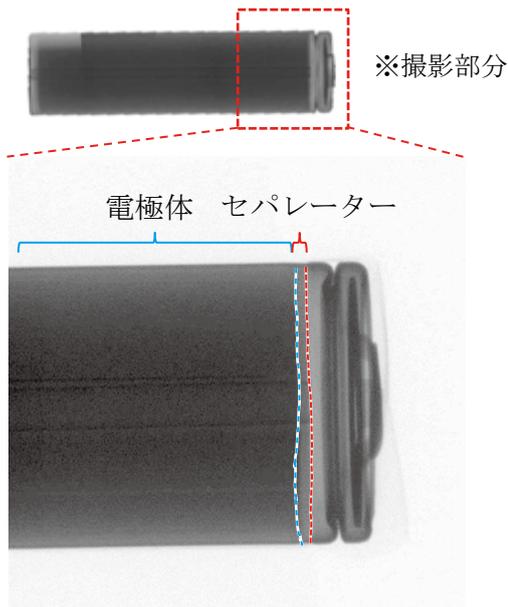


【写真16 実験中】

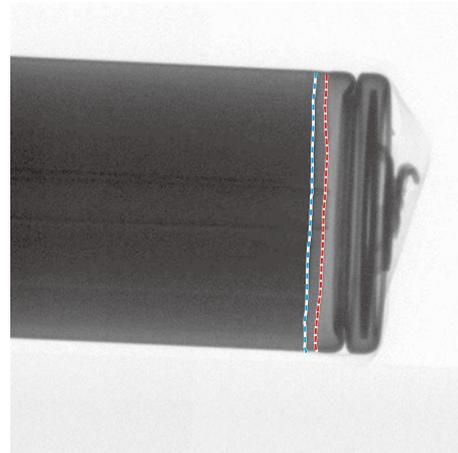
6 実験結果

実験 1～3 のいずれも、実験開始から約20時間経過しても破裂や出火は確認できなかった。電池の表面温度についてもホットプレートの設定温度(80℃～100℃) 付近を推移し、熱暴走に至ることはなかった。

そこで、加熱による電池内部の電極体への影響を確認するため、実験にて加熱した電池セル及び同種類の加熱していない電池セルについて、NITE の協力を得て X線透過観察及び展開したセパレーターの比較観察を実施する。



【写真17 加熱後の電池】



【写真18 未加熱の電池】

(1) X線透過観察

X線透過撮影により電極体の収縮の有無や巻き状態の観察を行う。

① 実験1の電池

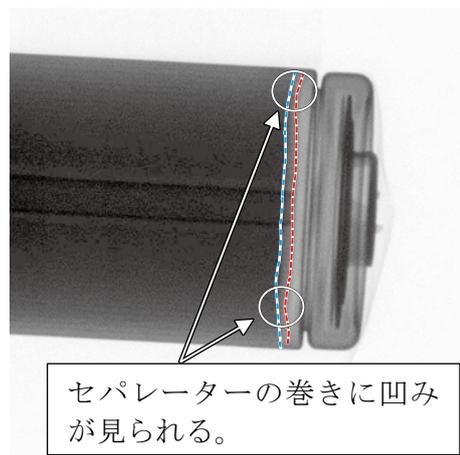
加熱後と未加熱の電池について、内部の電極体の状態に大きな差異はなく、セパレーターの明らかな収縮などは見られなかった。

② 実験2の電池

未加熱の電池と比較し、加熱後の電池のセパレーターには正極側の巻き両端付近に凹みが見られる。

③ 実験3の電池

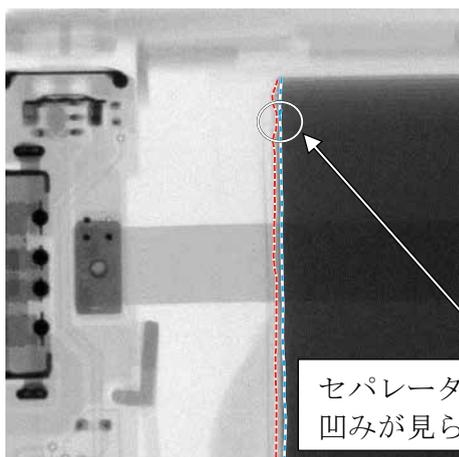
未加熱の電池と比較し、加熱後の電池のセパレーターには回路基板側の巻き両端付近に凹みが見られる。



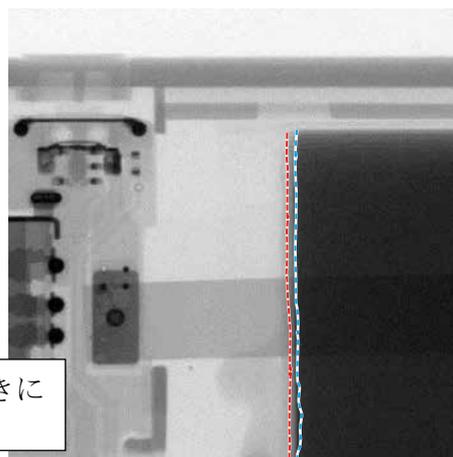
【写真19 加熱後の電池】



【写真20 未加熱の電池】

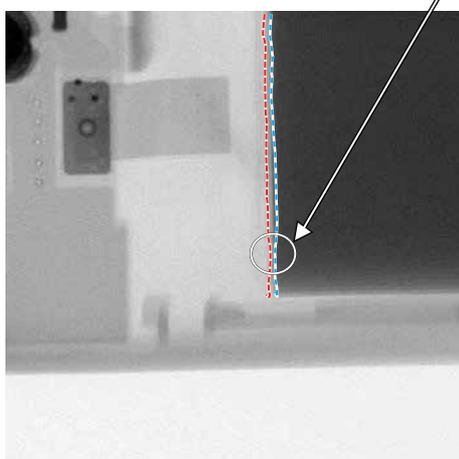


【写真21 加熱後の電池（上端）】

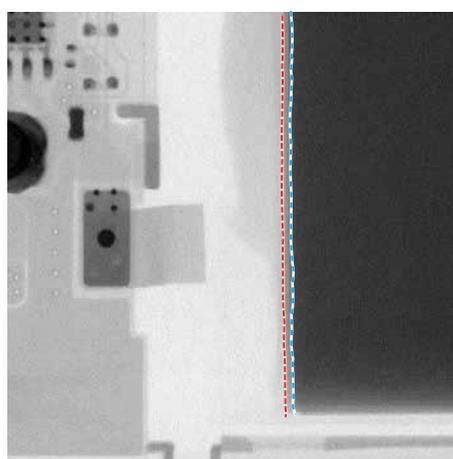


【写真22 未加熱の電池（上端）】

セパレーターの巻きに
凹みが見られる。



【写真23 加熱後の電池（下端）】



【写真24 未加熱の電池（下端）】

以上のことから、実験②及び実験③で使用した加熱後の電池について、セパレーターの巻きに凹みが確認できた。これを加熱による収縮の影響と断定することはできないが、加熱後の電池にのみ確認できたことを踏まえると、加熱がセパレーターに何らかの影響を与えていることは大いに考えられる。

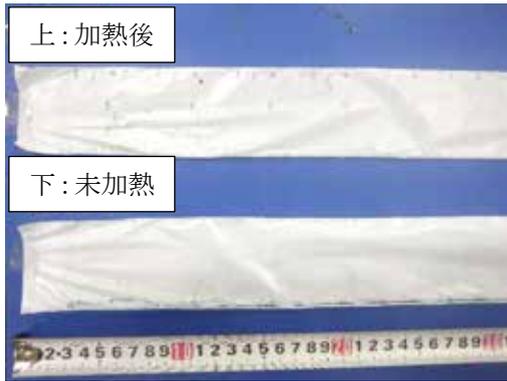
(2) 展開したセパレーターの観察

電池セルを展開し、セパレーターについて収縮などの異常がないか観察する。

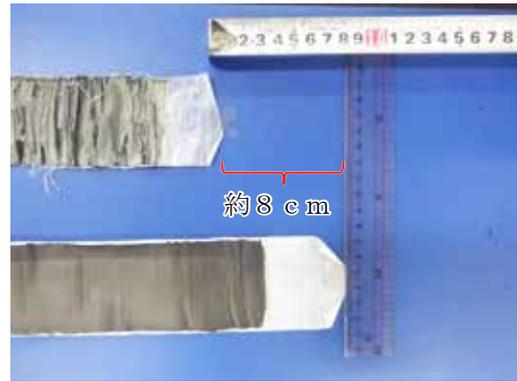
① 実験1の電池

実験1の電池の電極体については、外側から順に負極、セパレーター、正極、セパレーターの4層に巻かれていた。2枚のセパレーターのうち、外側のセパレーターについて比較観察する。

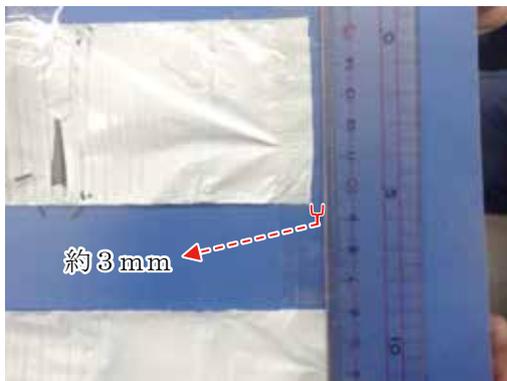
加熱後と未加熱の電池それぞれのセパレーターについて、外観上は明らかな差異は認められない。全長を比較すると、加熱後の電池が未加熱の電池よりも約3mm短いことが確認できる。



【写真25 セパレーターの比較】



【写真28 全長の比較】



【写真26 全長の比較】

② 実験2の電池

電極体は実験1の電池と同様の順番で巻かれていた。外側のセパレーターについて比較観察する。

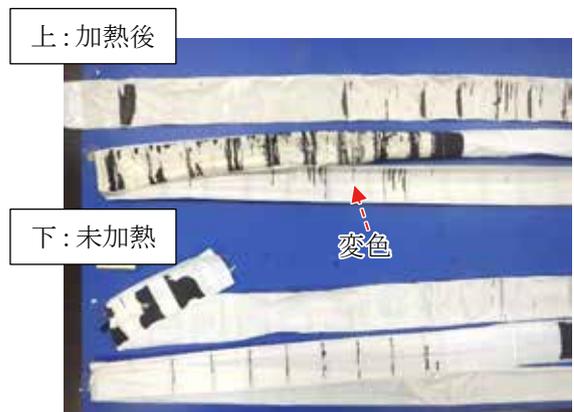
未加熱の電池と比較し、加熱後の電池のセパレーターには明らかな変色及び縮れが確認できる。また、全長を比較すると、加熱後の電池が未加熱の電池よりも約8cm短いこと

が確認できる。

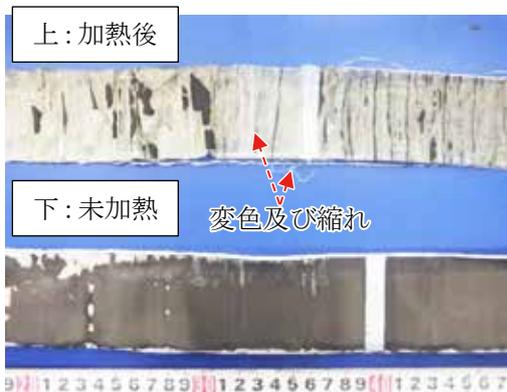
③ 実験3の電池

電極体は実験1及び実験2の電池と同様の順番で4層に巻かれているが、セパレーターについては1枚を折り返した形で巻かれていた。

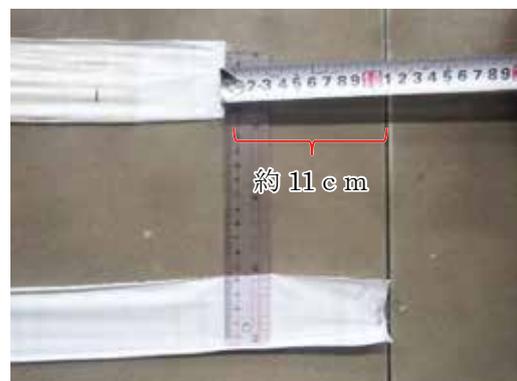
未加熱の電池と比較し、加熱後の電池のセパレーターには若干の変色が確認できる。ま



【写真29 セパレーターの比較】



【写真27 セパレーターの比較】



【写真30 全長の比較】

た、全長を比較すると、加熱後の電池が未加熱の電池よりも約11cm 短いことが確認できる。

以上のことから、全ての実験で使用した加熱後の電池について、未加熱の電池と比較しセパレーターの全長が短いことが確認された。特に実験②及び実験③で使用した加熱後の電池のセパレーターは未加熱の物と比較し顕著に短く、変色も確認できたことから、加熱によりセパレーターが収縮、劣化したことが推察される。

7 考 察

加熱実験の結果、破裂や出火には至らなかったものの、加熱した電池と未加熱の電池のセパレーターの比較の結果から、長時間高温環境下に置かれることで、セパレーターの収縮や劣化が見られる電池があることが確認できた。

また、その収縮及び劣化の有無や程度には電池自体の個体差があることも推察された。

8 今後の教訓と課題

今回の研究により、夏季の屋外や高温となりやすい車内など、通常の使用温度範囲を超えるような高温環境下でのリチウムイオン電池の保管や使用は、その危険性を増加させる因子となることが明らかとなった。一たびセパレーターの収縮が起こった電池は、継続的に使用や充電を繰り返した

場合、熱暴走を起こし出火してしまう危険性が高まるといえる。

なお、リチウムイオン電池を使用している製品の取扱説明書には、通常適切な使用温度範囲及び高温環境下で使用しない旨の注意書きが記載されている。また、耐熱性のあるセパレーターの研究や、電解液に可燃性の溶媒ではなく水などを用いた新たなリチウムイオン電池の開発など、メーカー側の企業努力により、リチウムイオン電池の危険性の周知や低減が進められていることは言うまでもないところである。

しかし、今般のリチウムイオン電池の普及とそれに伴う使用形態の広範化は急激なスピードで進んでおり、その危険性の周知が個々の消費者まで行き届いているかどうかには疑問が残る。また、セパレーターの技術革新や新たなリチウムイオン電池の開発についても、実用化及び普及に至るまでには暫く時間を要すものと思われる。そのため、消防組織としても、リチウムイオン電池の管理方法や使用方法について、今後とも継続的な火災予防広報や啓発を行っていく必要があると考える。

9 参考資料等

「リチウムイオン電池の熱暴走メカニズムと高安全性技術」(表面技術、2019)

「リチウムイオン電池関連製品の製造と安全性」(NITE 公表資料)

広聴が正しく公聴は古い
後藤新平(6)

作家 童門冬二

後藤新平(ごとう・しんぺい)の名を一躍有名にしたのは、もちろん岐阜で難に合った政治家板垣退助の治療をしたことにある。多くの医者が、治療後にふりかかる影響を恐れて二の足を踏んだこの仕事を、後藤新平はそういう考えを捨てて引きうけた。

それはその時のかれのおかれた立場がそうさせた。まだ20代の若さだったが、かれは名古屋に在る愛知病院の院長だった。

「オレは公立病院の院長だ、普通の町医者とは違う」と考えていた。普通の町医者とは違うというのは、

「傷ついた人はどんな立場の人間であろうと治療する。それが公的医療機関に身をおく医師の義務である」

という考えだった。

医師たちが嫌がったのは、板垣退助が、当時“自由民権運動の闘士”だったからだ。あきらかに反政府運動の先頭に立っていた。そしてこの風潮はかなり国民の支持を得ていた。だから板垣を治療する後藤の行動は、必ずしも非難する者ばかりではなかった。

そして当時の後藤には強力なパトロンがいた。岩手県、福島県令そして愛知県令と地方行政の長をつとめる安場一平(やすば・いっぺい、保和)である。明治政府の高官たちが“維新の精神的指導者”として敬受する横井小楠(よこい・しょうなん)の高弟でもあったので、政界でも一目おか

れていた。

熊本の出身だ。横井小楠はグローバルに政治を考える人物で、世界を“道のある国と道のない国”に分け、

- ・欧米列強はすべて道がない
- ・日本だけが“道のある国”になれるが、なろうとしない

と唱えていた。キリスト教を導入しようとしている、とみられて明治2年に暗殺されてしまった。しかしその影響を受けた者は沢山いる。安場はその代表でしかも政府最高の実力者大久保利通の絶大の信頼をうけていた。その安場の後藤に対する信頼が、また格別なものだったのだ。

日本の社会では、

「何をやったか」という「仕事による評価」と「誰がやったか」というヒトによる評価がある。そしてどちらかといえば、前者よりも後者が重くみられる。日常の業務でも、「なにをいったか」という内容よりも、「だれがいったか」という“いい手”が重くみられる。後藤の生きた時代はまさに、「なにをいったか」よりも「だれがいったか」のほうが重くみられる時代だったのだ。

その意味では安場→大久保というつながりを持つ後藤の人間関係の絆(きずな)は、求めずして得られる強力なパワーを持っていた。そして後藤自身もパトロンたちに“即戦力”を提供できる能力を持っていた。

その能力も、この時代には早すぎる
「行政広報の能力」である。

単なる広報能力ではない。「行政」と付記する
価値のある能力なのだ。即ち後藤新平がおこなっ
たのは、

「日本国家がいまなにをおこなっているのか」

ということとを日本国民に知らせ、同時に政府
職員にも知らせ（出力・発信）、その反応を求め
（公聴）、納得できる反応はその事業の進行中でも
こちら側の発信を中止し是正する。これは大変な
ことなのだ。しかし後藤はこの大変なことをあえ
ておこなった。この発信の是正が現在電子工学で
いう“フィード・バック”で、コミュニケーション
で欠くべからざる要素なのだが、多くはイヤが
る。

イヤがって避ける時に「何をやるか」よりも
「誰がいったか」を利用する。実力者に頼んで発
信中の内容をそのまま押し通す。

おこもり生活（新ウイルスとの共生ぐらし）は、
時間だけはかなり多くもらえるので、国会の論議
中継は克明に視聴できる。問題の進展によっては、
動機は複雑でしかし事実は「公務員法違反（守秘
義務に背く）ではないのか？」

と思うことも、オールド・パシフィック・サー
バント（古い公僕）としてしばしばある。しかし
そういう現象に至る過程も理解できる。

後藤新平もおそらくそういう現象を避けたかつ
たのだろう、そのためにかれは新任地（職場）に
赴くたびに「職員研修」を熱心におこなっている。

かれにとっては「職員研修」も「行政広報」の
一環なのであって、

「事業の執行者がその事業内容を誰よりもよく理
解してくれなければ困る」のだ。困るどころでは
なく話にならない。

だからこそこの研修にはかれが自ら講師になっ
た。単なる発信者でなく、聴き手の反応を即時に

受け止めるためだ。フィードバックをすぐにおこ
なったかどうか、負けおしみの強いかれのことだ
から例証はできないが、やっていることの姿勢は
あきらかに、広報だけでなく、それへの反応をと
り入れる。

「広報・公聴」の二要素をそなえていたことはた
しかだ。公聴も初期は「公聴」と書いた。

「お上（かみ）がおききあそばされる」とい
う“高い所からの姿勢”がうかがわれる。これが
「公聴」になるのは、職員の民主化がそれだけ進
んだということになるのだが、そこまで至るのに
かなり時間がかかった。実際にはまだ「公聴」の
看板をかかげている役所もある。

「公聴のどこがワルイのだ？」

とサカネジを食いそうだが別にワルイのではな
い。ただ公聴よりも公聴のほうが“ひらかれた役
所”の印象がつよい、という感じの問題である。

後藤新平の場合は、たとえば大正12年の「関東
大震災」後の始末にしても、

「東京を復興するのではない、創造するのだ」
と告げている。

いまでは、

「復興の中には必ず創造が含まれている」

のが普通になってしまったが、当時（大正12
年）のころは、東京市役所の職員でも、

「ナンのこと？」

と首をヒネる職員がいたことはまちがいない。
行政広報とはそれほどむずかしいのだ。

フーテンの寅さんがトーマス・マンの“ベニス
に死す”の主人公になって、美しい少年に自分の
気持が伝わらず、

「コミュニケーションでムズカシイなあ」

とボヤクCMの傑作があったが、そのとおりで、
これは行政広報を軽んじてきた明治以来の“フテ
エ（太い）シクジリ（失敗）”なのである。

連載
講座

線状降水帯

気象予報士（元気象庁） 饒 村 曜

線状降水帯は、次々と発生する発達した複数の積乱雲が一行に並ぶことで形成されます。厳密な定義はありませんが、気象庁では「次々と発生する発達した雨雲（積乱雲）が列をなした、組織化した積乱雲群によって、数時間にわたってほぼ同じ場所を通過または停滞することで作り出される、線状に伸びる長さ50～300km程度、幅20～50km程度の強い降水をとまなう雨域」と説明しています（図1）。毎年のように、線状降水帯による大雨が発生し、数多くの甚大な災害が生じていますが、線状降水帯という言葉が頻繁に用いられるようになったのは、観測網が充実してきた平成26年8月豪雨による広島市の土砂災害以降です。

気象庁では、平成30年8月の交通政策審議会（国土交通省の審議会）の気象分科会提言「令和12年の科学技術を見据えた気象業務の在り方」を受けて、様々な技術開発に10年計画で取り組んでいます。この中にある「線状降水帯の発生を含めた集中豪雨の予測精度向上」は技術的に難しいとはいえ、喫緊の課題であることから、令和12年まで待つことなく、完成した技術を用いた情報の発表を計画しています。

その第一弾が、令和3年より始まった「顕著な大雨に関する情報」です。非常に激しい雨が同じ場所で降り続けている状況を、「線状降水帯」というキーワードを使って解説する情報で、警戒レ

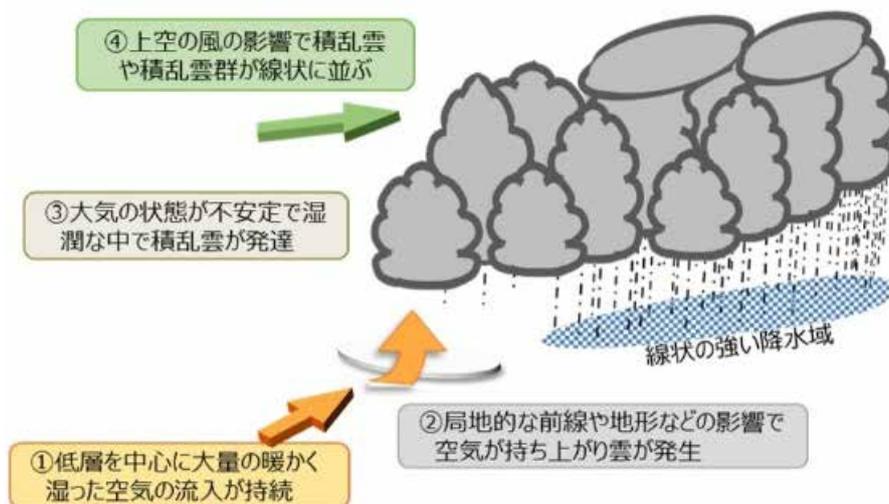


図1 線状降水帯の代表的な発生メカニズムの模式図

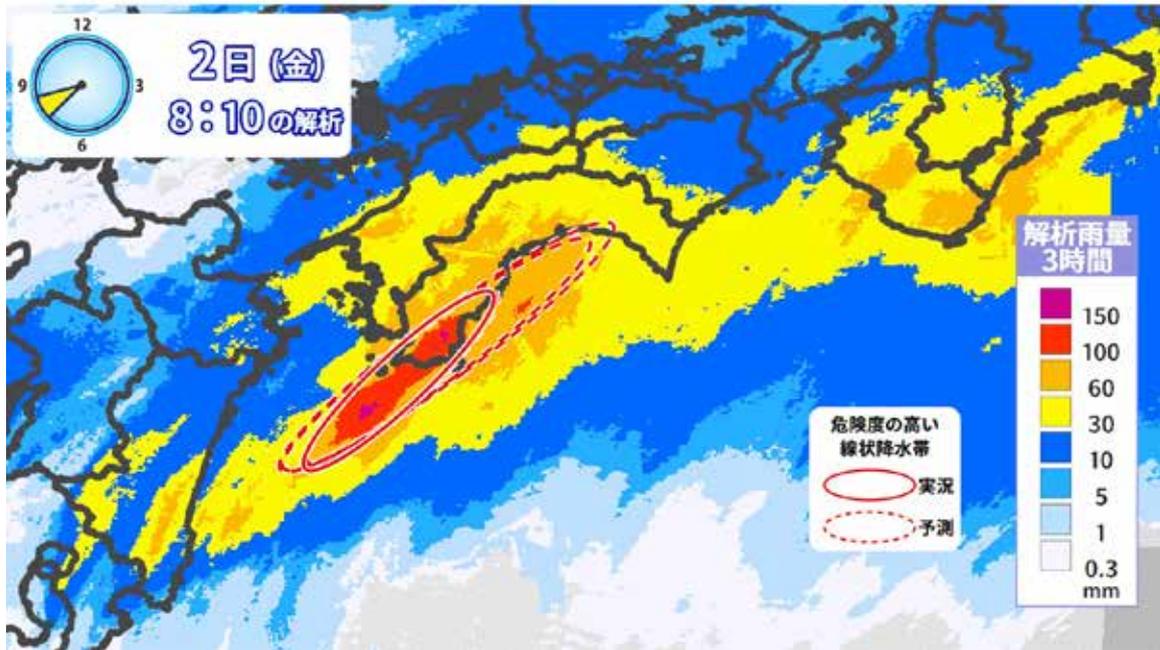


図2 2023年6月2日8時10分の3時間解析雨量

ベル4相当（自治体が避難指示を発令する目安）以上の状況を示しています。令和5年6月2日には、日本の南海上を東進した台風2号によって梅雨前線が刺激され、連続6県（高知・和歌山・奈良・三重・愛知・静岡）で線状降水帯が発生しました。このとき、気象庁では6月2日8時10分に高知県西部に対して「顕著な大雨に関する情報」を発表したのを皮切りに、8回の「顕著な大雨に関する情報」を発表しました（図2）。令和4年までは実況値のみの発表でしたが、令和5年からは30分程度早く発表するため予測も含めての発表となっており、図2の点線が予測です。

線状降水帯に関する情報の第2弾が、令和4年から始まった「線状降水帯の半日前予報」で、令和5年6月は、1日16時0分に中国、16時1分に

四国、2日午前中に近畿・東海・関東甲信で発表となりました。実際には四国・近畿・東海で線状降水帯が発生しましたので適中率は60パーセントとなります。当面の線状降水帯に関する情報は、国内を11の地域に分けての発表ですが、令和6年には都道府県単位、令和11年には市町村単位での発表が予定されています。

令和12年までは、線状降水帯の予測精度が大幅には上がらないと考えられますが、ある程度の予測ができます。令和5年6月2日に線状降水帯予測情報が発表となった関東甲信では、実際には線状降水帯は発生しませんでした。これからの大雨が降っています。これからも、線状降水帯の情報が発表となったときは、十分に警戒してください。

震災の経験と教訓から、共に学び共に考える 「防災学習研修施設」として

おぢや震災ミュージアム「そなえ館」

施設長 日 岡 求

1 はじめに

平成16年（2004）10月23日17:56に発生した新潟県中越地震は地震計で初めて最大震度7を計測した内陸活断層型の地震だった。

その特徴は、発災後短時間のうちに何度も強い地震が発生したこと、中山間地で発生したためがけ崩れが多発し、鉄道・道路の分断が激しく21地区もの孤立箇所があったこと、ほぼ全ての家屋が被害を受けた（小千谷市の99.96%）こと、長期間にわたりライフラインがストップしたことなどがあげられる。また、発災時期や地域の特性から車中避難者が最も多く、そのため、全国的にもクローズアップされたエコノミークラス症候群や災害関連死が課題として浮かび上がってきたことなどである。しかし、火災の発生は1件と少なかった。それは、平成7年（1995）に発生した阪神淡路大震災の教訓が生かされ、ガス関係設備が改善・



【そなえ館】外観

普及していたことがあげられる。

災害の状況を把握・分析し、今後に生かす・つなぐことの重要性を踏まえ、その役割の一端を担っていきたいと考えている。

2 そなえ館の紹介と果たす役割

おぢや震災ミュージアム「そなえ館」は、中越メモリアル回廊の施設として平成23年（2011）にオープンした。その後、施設運営が小千谷市に任されたことに伴い、市と連携した運営を行っている。

新潟県中越地震の被災状況と復興の様子、経験と教訓を蓄積・伝承し、地域を担う防災人材の育成支援や次世代へ継承していくための「そなえ」を共に学び共に考える「防災学習研修施設」としての役割を果たしている。

そのために、地震動を体験できる施設設備を最大限に生かしながら、様々なニーズに対応できるプログラム（地域・組織の防災力強化対応、学校関係の防災学習対応）を提供している。

また、自主防災会組織が開催するイベントでの出前講座や小中高等学校の防災学習や避難訓練時の出前授業にも対応している。

その他、新たな伝承事例や資料の開発・デジタル化、各種イベント事業を実施している。

3 多様な防災力強化プログラム

当館では、基本的なプログラム（館内案内・地震動体験）をベースにしながら、語り部講話・グループワーク・防災工作・オリジナルコース等の多様な防災力強化プログラムを実施している。

また、学校関係では新潟県が策定している防災教育プログラムに基づき、校種・学年・各校の防災教育の学習内容や要望を事前に相談した上で、各学校に応じたプログラムを提供している。

【防災体験プログラム紹介】

■ Aコース 語り部講話コース

地震動体験並びに館内案内と発災時に要職を担っていた地元語り部（自主防災会長、民生委員・児童委員、市役所職員、消防関係、学校関係等）による講話。



【充実した講師陣】



【消防団関係語り部コース】

■ Bコース 防災グループワーク体験コース

地震動体験並びに館内案内と防災をテーマにしたグループワーク。



【自主防災会グループワーク】



【中学校グループワーク】

■ Cコース オリジナルコース

・地震動体験並びに館内案内と来館団体の要望に応じた内容・プログラムを構成。

■ 防災工作体験コース

身近なものを使用した災害時に役立つ新聞紙スリッパ、ポリ袋防寒具・雨具、風呂敷ヘルメット・リュックなどの防災グッズづくり。



【雨具づくり（中学校）】

■ 出前講座・出前授業

学校や公民館等に赴き、そなえ館職員による講話・防災クイズ・防災工作などの講座を実施。

内容は事前に相談の上、ニーズに沿ったプログラムを編成。



[中学校出前授業：救急体験]

4 明日にそなえて未来へつなぐ館内施設

当館の特性は、実際の地震波をもとに再現した揺れの体験ができる2つのシステムを備えているところにある。一つは4Dシアターにおける3D映像と前後上下の揺れ体験である。もう一方は、地震動シミュレーターによる映像と横揺れ体験である。大地震が発生していない地域や若い世代が体験することで、いつ発生するかわからない地震に備えてほしいと願っている。

この2種類の地震動体験システムをベースに、館内展示は6つのゾーンで構成している。

① 発災ゾーン

4Dシアターによる地震動体験と被害状況の写真を展示している。揺れの怖さを体験しておくことは、今後の震災への備えとして大切なことである。実際、当時の体験談からは吹き飛ばされるほどの強い揺れの怖さとともに、気が動転して何もできなかったという証言が多数みられる。



[地震動体験システム：MX4D]

② 避難ゾーン

震災後にとった被災者アンケートによる避難先ベスト3（1位：車中避難、2位：地域ごとの避難、3位：指定避難所）を写真とコメント、立体模型による展示で構成している。



[避難先ベスト3 写真並びに立体展示]

③ 復旧復興ゾーン

応急仮設住宅での不自由な暮らしと台所の様子、19年ぶりの豪雪とその対応を展示している。

④ おちやのそなえゾーン

震災の経験を生かして災害へのそなえはどのように進化したのか？震災前後の変容を比較し、パネルで展示している。

⑤ 復興の軌跡ゾーン

発災から現在に至るまでの出来事を、写真と年表で振り返ることができるように展示している。

⑥ 防災学習体験ゾーン

横揺れ体験ができる地震動シミュレーターの他、災害時に役立つ身近なものを使った防災グッズ作り、風呂敷を使ったヘルメット作りや応急処置のやり方、昭和39年に発生した新潟地震で明らかに



[地震の揺れをリアルに体験]

なり、中越地震でも大きな被害が発生した液状化現象の簡易実験、非常持ち出し袋や段ボールベッドなどを展示し、自由に体験できるように展示している。

5 各種事業・イベントの開催

この他にも、定期的にイベント等を開催し、多くの来館を促しながら、震災を中心とした災害への意識向上、日々のそなえの実践化を促進している。

【各種事業・イベント紹介】

■ 防災ジャングル

小学生向けの防災イベント。館内で5つのミッションをクリアすることで、楽しみながら防災の知識を学び、防災への意識を高めていく。

■ 防災キャンドル作り

災害が発生したとき役に立つキャンドルを楽しみながら作る講座を開催している。

そして、作成したキャンドルの一つは、震災を振り返り防災意識を高めるために取り組むべきことを考えるきっかけの日として毎年開催している10.23「中越大震災の日」追悼のつどいにおいて、復興の灯りをイメージしたキャンドルイルミネーションで点火している。



[キャンドル作りと追悼のつどい]

■ 防災リーダー研修

震災を経験していない世代から震災の恐ろしさや教訓を学んでもらい、災害時にリーダー的存在として活躍してもらうことを目的に、中学生を対象に大震災が起こった地域で現地研修を行っている。



[令和4年度 阪神淡路大震災現地研修]

■ 防災キャンプ

いつ起こるかわからない災害に対して、地震の模擬体験やゲーム形式で防災を学び、食事は全て非常食とし非日常を体験しながら、防災意識を高めてもらう「体験型防災キャンプ」を開催している。



[ゲーム形式で防災学習]

6 おわりに

中越地震から19年が経過し、当館がオープンして12年目を迎えている。被災地のほとんどはほぼ復興が進んだが、日常の生活場面で震災を想起することが少なくなっている。また、震災を覚えていない、経験していない若い世代が成人を迎えるくらいの年月の経過は、いくつかの課題を投げかけている。

中心となって震災対応にあたった当事者の高齢化、震災の記憶は鮮明だが、日常場面における防災意識は…、多感な時代（小中高校生）に震災を体験した世代が働き盛りで多忙であり、次世代へつなげる場面が取りにくいなど。

これらの課題を少しでも打破できるように、被

災状況と復興の様子、経験と教訓を蓄積・伝承し、地域を担う防災人材の育成支援や、次世代へ継承していくための「そなえ」を共に学び共に考える「防災学習研修施設」としての役割を果たしていきたいと考えている。

そのために、コロナ禍で制限されてきた町内会や自主防災会等の研修やイベントには、積極的に支援していきたい。また、学校関係の防災教育へ

の支援は次世代への継承という重要な役割がある。

児童・生徒が防災について学び、その学びが家庭内で話題となることで、当時の体験や教訓が引き継がれたり、家庭全体で防災意識を醸成していったりしてほしいとの願いがある。

次年度は震災20年という年を迎えるが、多くの関連機関や他施設との連携を再構築して、その役割を果たしていきたい。

編集後記

近年、我が国では、特に 1995 年に発生した阪神淡路大震災以降、2000 年鳥取県西部地震、2004 年新潟中越地震、2007 年能登半島地震、新潟県中越沖地震、2008 年岩手・宮城内陸地震、2011 年東日本大震災、2016 年熊本地震、2018 年北海道胆振東部地震など、震度 6 強から震度 7 を記録するような大きな地震が、比較的短い期間に数多く発生しています。

また、本年は 1923 年（大正 12 年）に発生した関東大震災（死者 105 千余、全壊全焼流失家屋 293 千余に上り、道路、鉄道、電気、水道等のライフラインにも甚大な被害が発生するなど、近代化した首都圏を襲った唯一の巨大地震）

から 100 年後にあたります。

こうした時期、状況等を踏まえまして、今回から、「地震発生メカニズムをはじめ、首都直下地震や南海トラフ地震等近い将来発生への切迫性が指摘されている大規模地震の地震像や被害想定、対策、そして地震に関する最新の研究」等をテーマに特集を組むこととし、数回にわたり連載することといたしました。

この特集が、消防・防災機関はもとより一般の方々におきましても、大規模地震災害への備え・対策等を考える上において、少しでもお役に立てば幸いです。

お知らせ

本誌前号「消防防災の科学 152 号（2023 年春号）」の 5 頁中段に掲載しました「惨害前の本所被服廠跡に集まった避難民」の写真（絵葉書 1）は、「地震発生後、皇居前広場に集まった人々」の写真でありましたので、訂正させていただきます。なお、本誌「消防防災の科学」のバックナンバーにつきましても、訂正させていただきました。（https://www.isad.or.jp/wp/wp-content/uploads/2023/06/No.152_2p.pdf）

[本誌から転載される場合にはご連絡願います。]

季刊「消防防災の科学」 No. 153 2023. 夏季号

発行 令和 5 年 8 月 25 日

発行人 荒川 敦

発行所 一般財団法人 消防防災科学センター

〒181-0005 東京都三鷹市中原三丁目14番1号

電話 0422 (49) 1113 代表

ホームページ URL <https://www.isad.or.jp>

