

日本財団「海の地図 PROJECT」 —プロジェクトの概要と能登半島における調査—

日本水路協会 調査研究部長

楠 勝浩

1. はじめに

日本財団「海の地図 PROJECT」は、日本全国の約 90%の海岸に沿った浅海域の海底地形情報を主に航空レーザ測深（ALB）により 10 年計画で整備しようとする、日本で初めての野心的なプロジェクトである。本プロジェクトは日本財団が企画立案し、一般財団法人日本水路協会が日本財団の 100%の支援を受けて具体的な計画策定および事業の推進を行っている。本プロジェクトは 2022 年 10 月に着手され、今年で 4 年目を迎える。そのような中で、昨年 1 月に能登半島地震が発生し、甚大な被害が生じた。能登半島北部沿岸部では、地形が大きく隆起し、地震前は海底だった場所のかなりの領域が陸域化した。能登半島北部では、2022 年に既に調査を終えていたが、このような大規模な隆起の影響で、水深も当然大きく変化していると予想されたため、昨年（2024 年）4 月から 5 月にかけて改めて能登半島北部で緊急調査を実施した。さらに、昨年 9 月には能登半島で豪雨災害が発生し、海底地形に重ねて大きな影響を与えたと予想された。このため、10 月に一部

の海域で追加調査を実施した。これらの調査により、地震後および豪雨後の海底地形の変化を捉えることに成功した。特に、これほど大規模な隆起を伴う地震の前後で浅海域での地形の変化を捉えたことは、（一財）日本水路協会では有識者に確認するなどにより調べた限りでは、世界でも初めての事例であった。

このようにして得られた能登半島北部沿岸海域での調査成果については、本年 1 月 31 日に赤坂の日本財団ビルにおいて記者発表を行った（写真 1）。記者発表では、（一財）日本水路協会の加藤理事長のあいさつに続き、日本財団の海野常務理事が成果の説明を行った（写真 2）。会場には 30 を超える多くの報道機関が集まり、関心の高さが感じられた。

本稿では、当該記者発表で広報した内容を中心に、これまでの「海の地図 PROJECT」の進捗状況および能登半島沿岸部での調査成果について説明する。



写真1 記者発表（2025 年 1 月 31 日）の様子



写真2 記者発表で挨拶する日本水路協会 加藤理事長（左）と成果について説明する日本財団 海野常務理事（右）

2. プロジェクトの概要

本プロジェクトでは主に航空レーザ測深（ALB：Airborne LiDAR Bathymetry）により、日本の総海岸線延長約 35,000 kmのうち約 90%の範囲の詳細な海底地形図である「海の地図」の整備を目指している。海水の濁りや部分的に水深が深いためデータが取れなかった一部の海域ではナローマルチビーム測深機を用いた船舶による調査も実施している。

ここで、航空レーザ測深（ALB）の原理を図1に示す。ALBでは基本的に近赤外と緑の二種類のレーザを用い、近赤外レーザでは陸上面からの反

射、緑レーザでは海底面からの反射の往復時間を計測することにより、それぞれ陸の標高と海底の深さを計測できる。このように ALB では二種類のレーザを用いることにより、従来のナローマルチビーム測深機を用いた船舶による調査では調査ができない極浅海域も含め、陸から海底までのシームレスな地形データを整備することができる。

また、航空機は移動速度が大きいため、移動速度の小さい船舶に比べてはるかにスピーディーに効率よく広大な面積の調査が可能となる。

また、緑レーザは大口径と小口径に分類できる。大口径緑レーザは小口径ほど分解能が高くないものの、出力が大きいため、より深くまでの測深が可能となる。沖縄周辺のような海水の透明度が高い海域では、場所によっては水深約 50m までの測深も可能となる。本プロジェクトでは、近赤外に加え、大口径・小口径緑レーザの 3 種のレーザを可能な限り同時に使用して調査を進めることで、陸から海にかけて詳細かつ広い範囲でのデー

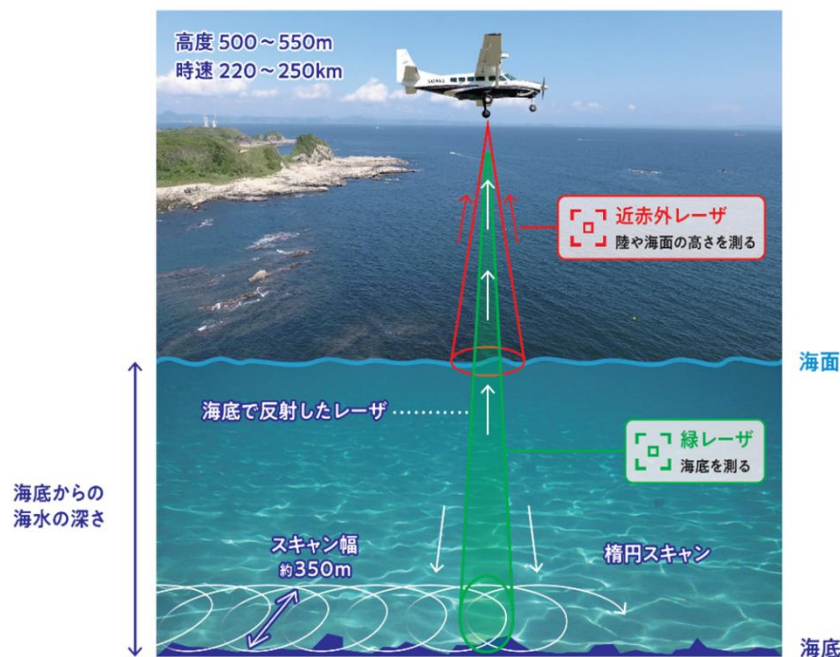


図1 航空レーザ測深（ALB）の原理

タを取得している。

また、本プロジェクトでは浅海域の詳細な海底地形図の整備を目指していると述べたが、ここでの浅海域としては水深 20m までを目途としている。ただし、瀬戸内海等の閉鎖性海域では、海水の透明度が比較的悪いため、レーザが海底まで届きにくくなり、水深 20m までの海底地形図の整備は困難となる。一方、沖縄周辺のように海水の透明度が極めて高い海域では測量できる水深が 40m 以上あり、そのような海域ではできる限り深くまでのデータ取得を目指している。

なお、本プロジェクトでは（一財）日本水路協会自体は海洋調査能力を有していないため、調査およびデータ解析については毎年入札により民間企業に発注している。入札に当たっては、入札価格のみならず、企業の有する調査・解析能力も評価した結果、これまではアジア航測株式会社（以降、「AAS 社」と呼ぶ）が請け負っている。

3. 進捗状況

先に総海岸線延長の約 90% の範囲での「海の地図」の整備を目指すとして述べたが、ここで除外される約 10% の海岸とは、米軍基地や原発周辺など、民間航空機が上空を飛行することに制限のある区域や、小笠原諸島などの測量に用いる小型航空機では到達できない場所である。これらの調査ができない海域の海岸線長を足し合わせると全体の 10% 程度になり、本プロジェクトの調査対象海域はこれらの海岸を除いた日本の沿岸の約 90% となる。

本プロジェクトは 2022 年度に着手し、2024 年で 3 年が経過した。2024 年度末現在での進捗率は図 2 に示すように約 35% である。全体としては 10 年の計画の中で、3 年が過ぎた段階としては、調査は順調に進んでいると言える。これまで、瀬戸内海、東海から四国にかけての太平洋側、および北陸を中心に調査を行ってきた。今後は、東北、北海道、および南西諸島方面の調査を進めていく予定である。北海道周辺海域は、気象・海象などの条件から調査に適した時期が短く、一部では海

水の透明度も悪いいため調査にはかなりの困難が伴うと予想される。一方、沖縄周辺を含む南西諸島海域は、透明度が高く、マリンレジャーが活発で「海の地図」の需要が高いと予想されるが、米軍基地が多く存在するために飛行できない空域も広く、かなりの制約があることが予測される。したがって、今後の調査については予断を許さない状況であるともいえる。

また、本プロジェクトにより得られた情報・データの提供・利活用の促進についても本プロジェクトのスコープに入っている。現在はまだデータ利活用の実績はないが、漁業での活用、津波シミュレーションなどの防災分野での利用、離岸流や潮流予測などによる水難事故対策、詳細な海底地形図に基づく岩礁地帯の分布を把握することによる海洋生態系調査への利用、釣りなどのマリンレジャーへの利用などさまざまな利活用の方法が見込まれる。今後、どのような人にどのように情報を提供していくのか、ニーズを考慮しつつ具体的な提供方法について検討を進める予定である。



図2 プロジェクト進捗状況

4. 能登半島地震後の緊急調査と成果

能登半島北部沿岸においては、プロジェクト開始直後の 2022 年に調査を行った。その海域が図 3 の青で示した部分である。また、図 3 では、昨年（2024 年）1 月に発生した地震（震央は☆印）とその余震の震源分布（赤丸）を示している。この 2024 年 1 月の地震では、余震域である能登半

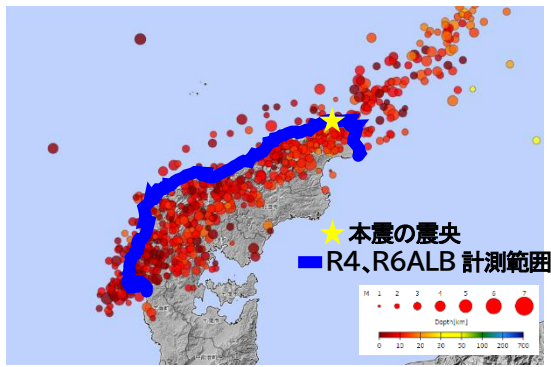


図3 緊急調査海域
(震源情報は気象庁震度データベースによる)

島北部で大規模な隆起が確認された。図3を見て分かるように、2022年の調査範囲は余震域および大規模な隆起が見られた場所とほぼ一致する。地盤の大規模な隆起により、沿岸部の水深も大きく変化したと予想されたことから、2022年調査により得られた水深データはもはや現状を正しく表

していないと考えられた。このため、能登半島北部海域については、2024年に改めて緊急調査を実施することとなった。地震直後には住民救助のために上空の飛行制限区域が設けられたため、すぐには調査を実施できなかったが、制限が解除されるのを待ち、同年5月、6月に調査を実施した。

調査によって得られた地形図の事例を図4に示す。図4は珠洲市狼煙(のろし)漁港周辺である。陸から海底にかけてシームレスにデータが得られており、海底のケスタ地形(洗濯板状の地形)もよく捉えられている。また、地震後の隆起により海岸線が少し沖に移動して陸化した場所(茶色の領域)が広がっていることも分かる。

次に、2022年と2024年のそれぞれの調査により得られたデータと比較する。この比較により、地震前後で海底地形がどのように変化したかを見ることができる。

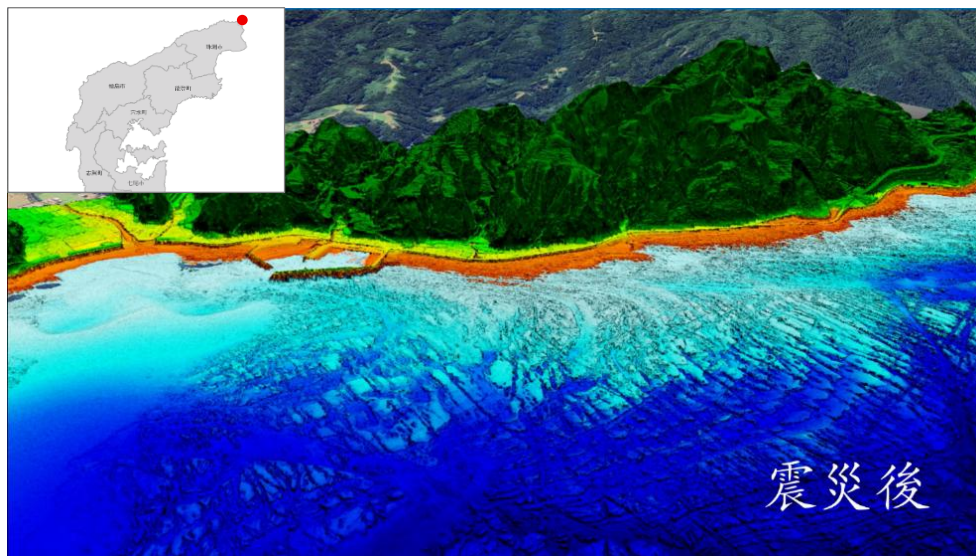


図4 沿岸地形鳥観図 珠洲市狼煙(のろし)漁港周辺

図5は地震前後の2022年調査時と2024年調査時の沿岸部の隆起量を表したものである。この隆起量の計算に当たっては、単に同じ経緯度の地点を比較したのではなく、水平移動も考慮するため、沿岸部の海底地形の点群を比較し、特定の地形が3次的にどのように移動したのかについて計算した上で、同じ地形に対応する場所の隆起量を求めている。その結果、隆起量としては珠洲市

北部と猿山岬付近が顕著であることが分かる。この結果は陸上で計測された隆起の状況と調和的である。特に猿山岬付近では最大5.2mの隆起が確認されており、この隆起量は陸部で確認された最大隆起量4.1mを上回るものであった。次に水平方向の移動について同様に計算した結果を図6に示す。水平移動の方向は概ね西から北西向きであり、隆起の大きかった場所と同様に珠洲市北部

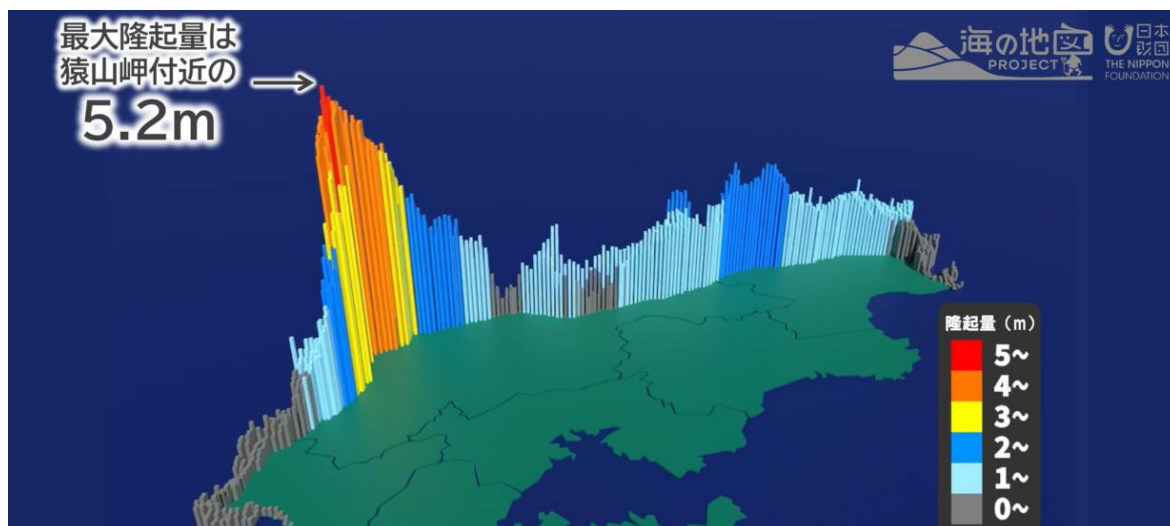


図5 能登地震における隆起量（上下方向の変化）

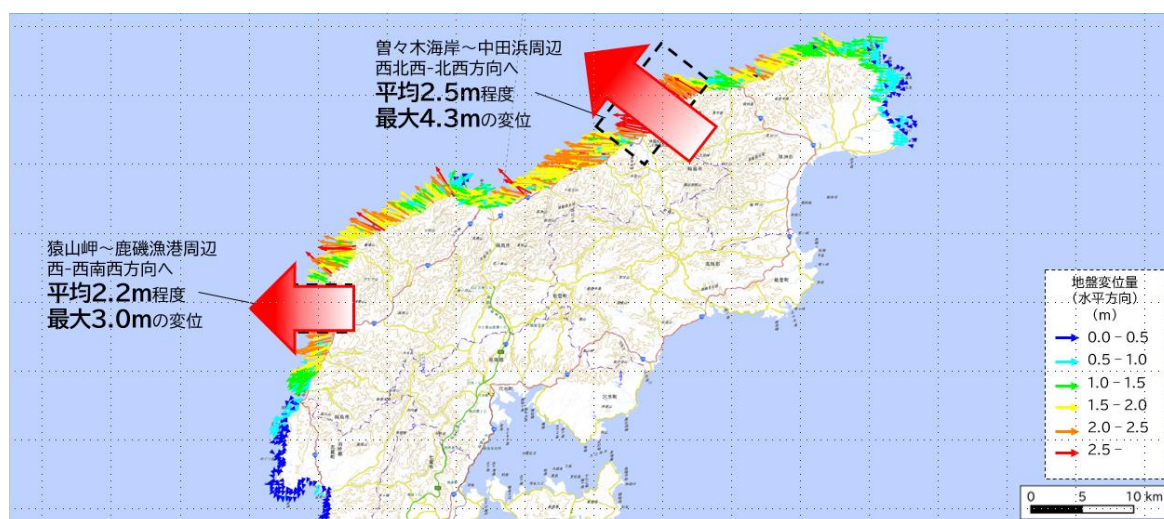


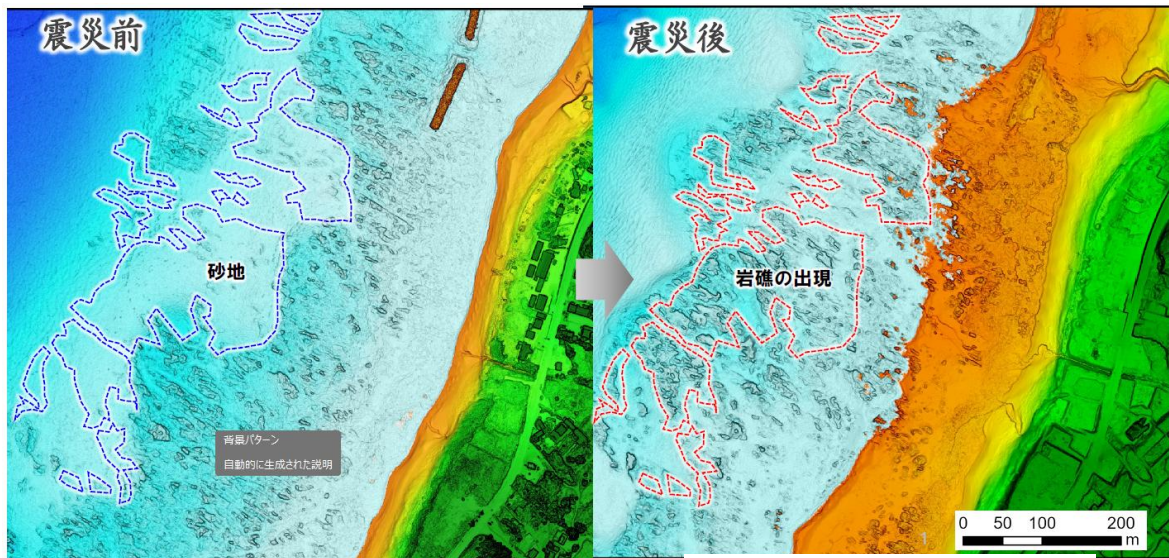
図6 地震による水平緯度の状況

と猿山岬付近が大きくなっている。具体的には輪島市の曾々木海岸から珠洲市中田浜周辺にかけて、西北西～北西方向へ最大 4.3m 移動していた。また、輪島市の猿山岬から鹿磯漁港周辺では、西～西南西方向へ最大 3.0m 移動していた。水平移動の量および方向も陸部で観測されたものと調和的であった。

さらに、もう少し局所的な海底地形の変化をしてみる。図7は能登半島北部西岸の輪島市門前町黒島町沿岸の地震前後の海底地形を比較したものである。地震後には海岸線は大きく沖側（西側）に後退し、地震前は 30m 程度であった浜の幅が地震後には隆起により 150m 程まで広がっている。

また、海底地形に目を向けると、海底が地震による地殻変動で一様に隆起しただけではなく、局所的に変化している領域のあることが分かる。具体的には地震前は堆積物（砂または泥）で覆われていた一部の海底が、地震後には堆積物が移動したことにより岩場になっていた。図7で砂地だった海底が地震後には岩場になっていた範囲を破線で示す。

堆積物の移動についてさらに詳細に見てみる。図8は堆積物の移動を詳細に示した図である。地震後の地形が一様に隆起したと仮定して、実際の地形がそれよりも低くなっている場所を寒色系の色で、高くなっている場所を暖色系の色で示し



能登半島地震前 (2022 年 9 月)

能登半島地震後 (2024 年 5 月)

図7 地震前後の海底地形変化 (石川県輪島市門前町黒島町付近の海岸)

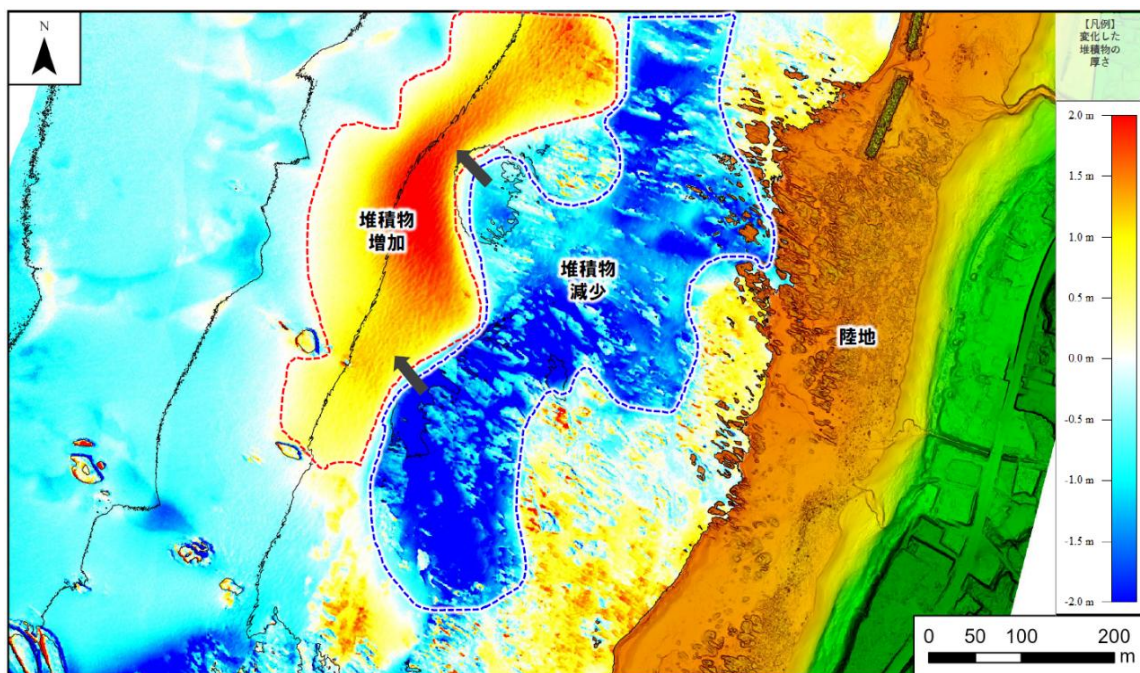


図8 輪島市門前町黒島町付近の海底の堆積物の移動

ている。この図から分かることは、もともと寒色系の色の場所にあった堆積物が暖色系の場所へ移動したということである。このような堆積物の移動がどのような原因で発生したかは不明であるが、海底が浅くなったことにより、波浪または

潮汐・潮流の影響を受けやすくなったことで堆積物が移動した可能性がある。

このような堆積物の移動は図7、図8で示す門前町黒島町ほどの規模ではないが、名舟海岸などの他の海域でも確認された。

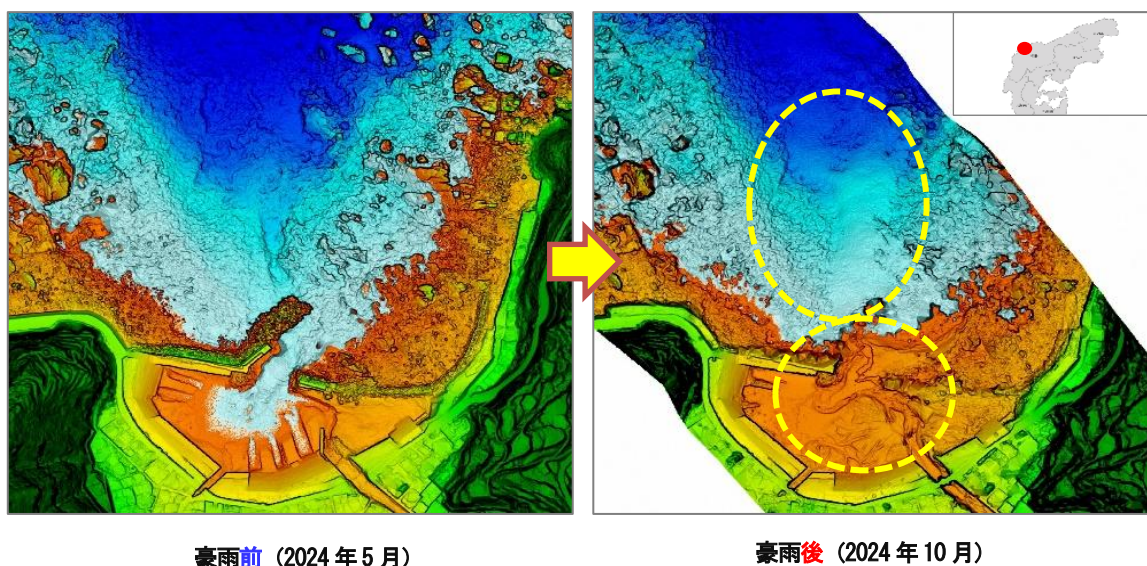


図9 豪雨前後の地形変化（大沢港）

5. 能登半島豪雨の影響

能登半島地震による地盤の隆起で変化した地形の調査は2024年5～6月に実施したが、その後の2024年9月に能登半島北部を集中豪雨が襲った。この豪雨により多くの河川が氾濫し、地震からの復興を進めていた能登半島北部にさらに甚大な被害をもたらしたことは記憶に新しい。この河川の氾濫により大量の土砂が海域に流れ込み、海底にも大きな影響を与えたことは想像に難くなかった。このため、再度ALBにより調査を行うことを試みた。その予備調査として、能登半島北部沿岸で10ヶ所の海域を選定し、同年10月に部分的な調査を行った。しかし、残念なことに、河川からは継続して土砂が流出しており、さらに流出した土砂にはかなり細粒の泥が含まれているためか、海域では広い範囲で混濁が見られ、数日好天が続いても混濁が収まる気配はなかった。海水が濁っているとレーザ光を散乱して通さないため、ALBによる調査は極めて困難になる。実際に予備調査での結果では、予想どおり一部の海域を除いてほとんどデータを得ることができなかった。このような悪条件の中で、輪島市中心部から西へ5kmほどのところにある大沢港では比較的良好なデータを得ることができた。流れ込む河川の規模が小さく、数日の好天の後で泥の流出が

ほぼ止まっていたことが幸いした。

図9が大沢港の豪雨前後の地形変化を比較したものである。豪雨前（2024年5月）では、地震による隆起の影響で漁港内の海底の8割ほどが陸化していたが、豪雨後（2024年10月）には、漁港内が河川から流出した土砂により埋没し、完全に陸化していた。さらにその先にある海底の谷も流出した土砂で埋没していた。この地形の変化から豪雨により流出した土砂の量がいかに大量であったか推測できるであろう。

さらに、海底に流出した土砂の影響を探るため、名舟港沖と輪島港沖において2024年10月下旬に海底堆積物の調査を実施した。具体的な調査の方法は、スミスマッキンタイヤ採泥器による採泥調査および遠隔操作型無人潜水機（ROV）を用いた海底の動画撮影調査を実施した。

写真3は輪島港の東側の水深約7mの海底から採取した泥である。採泥時には、海水中の泥が細粒であるためか、なかなか沈殿せず、海水はまだ濁っていた。海底から採取された泥はこれを裏付けるように極めて粒子の細かいものであった。

このような泥が海底を覆っていれば海藻や貝類などの漁業資源にも悪影響が出ることが予想される。そこで写真3の泥を採取した地点とほぼ同じ場所でROVにより海底撮影調査を実施した。



写真3 輪島港付近での採泥試料

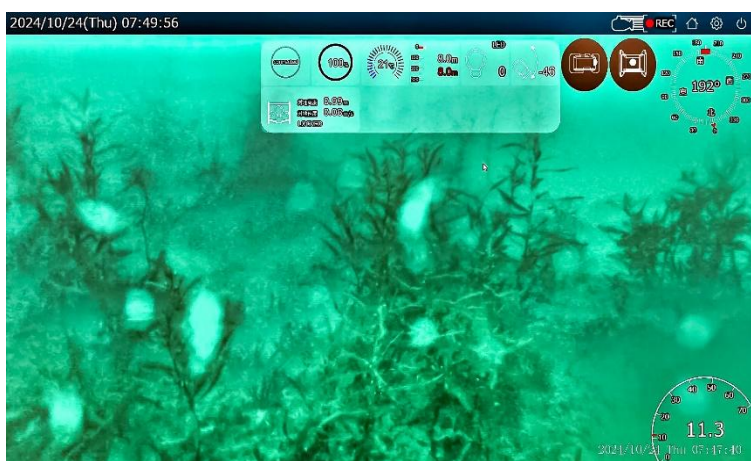


写真4 ROVにより確認された藻類（輪島港付近）

結果として得られた動画のキャプチャー画像を写真4に示す。結果としては海水に濁りはあったものの、海底の映像が取れないほどではなかった。しかし、ROVのスクリーンが時折海底土を巻き上げ、海底が見えなくなることもあった。かろうじて確認できた海底の様子は、予想されたようになんかなり微粒の泥で覆われていた。しかし、そのような状況でも多くの海藻が生き残っていることが確認された。



写真5 名舟港沖での採泥試料

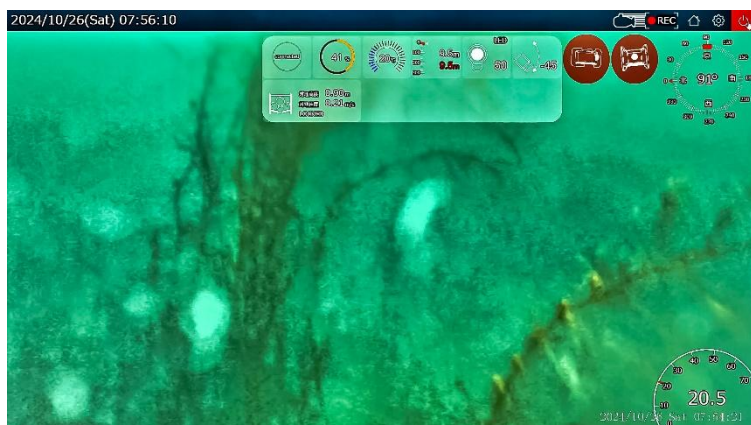


写真6 ROVにより確認された藻類 (名舟漁港沖)

また、同様の採泥および ROV による調査を名舟港付近においても実施した。場所は、名舟港沖の水深約10m 付近である。ここで採取した試料(写真5)は泥と砂が混ざったものであった。付近には河川はあるものの、輪島市街を流れる河原田川ほどの大きな河川がなかったため、輪島港周辺ほど大量の土砂が流れ込まなかったこと、および周辺の河川が短くかつ急流であったため、流れ込んだ土砂の粒子が少し粗かったことが理由ではないかと思われる。

また、輪島港と同様に ROV による海底動画の撮影も行った。海底の状況は輪島港と同じくやや濁っており、時折スクリューで泥が舞い上がる状態であった。このように海底は広く泥または砂で覆われていたが、その中でも時々岩場があり、そこでは海藻が生き残っていることが確認できた(写真6)。

以上のように輪島港周辺も名舟港沖も、いずれも海底は泥または砂で覆われていたが、土砂で埋まり切っていない岩場においては海藻が生き残っていることが確認できた。このことは、たとえ豪雨災害による大量土砂の流出で、海藻や貝類が埋まることにより甚大な被害が出ようとも、土砂からの埋没を免れた岩場では海藻が生き残っており、そこに新たな生態系が形成され、漁業資源の回復が期待できることを意味する。

6. 成果の利活用

「海の地図」プロジェクトは 2025 年度で 4 年目に入り、データもようやく蓄積してきた。これまでの 3 年間、調査やデータ解析が決してスムーズに進

んできたわけではない。最初に調査に着手した瀬戸内海は、海水が濁っている海域が多く、その濁りの程度は天候や季節などに左右されるため、適切な調査時期を選ぶための考え方の整理が必要であった。その努力が結実したものが AAS 社の開発した「計測判断フロー」である(季刊水路第 212 号、および本号の「水路技術奨励賞(第 39 回)業績紹介」参照)。この「計測判断フロー」の開発により、調査を効率的に進めることができるようになって

きた。また、データ処理についても陸上の航空レーザ測量とは異なる苦労があった。陸上では、森林や家屋は不要なデータとして取り除かれるが、海では漁礁やサンゴなどが航行する船舶に衝突すれば甚大な被害を及ぼしかねないことから、重要なデータとして残すことになる。また、データに含まれるノイズも波浪や海洋生物などによる濁りの影響があり、陸上のデータとは質が異なる。このような困難を少しずつ克服し、創意・工夫を重ねて技術力の向上を図ってきた。その結果、ようやくデータの利活用を進めるためのデータセットができつつある段階まで来た。

データの提供については、まだ一般的にどのようにデータを提供していくかそのルールが決まっていないため、今のところ提供の実績はない。今後、そのルールをなるべく早く決めて本プロジェクトで得たデータを漁業、海洋開発、海洋レジャー、防災、関連する研究の分野での利活用を進めていく予定である。

7. 能登の復興に向けた協力

能登半島北部では、地震・豪雨による隆起や土砂の流入により、多くの港が使えなくなった。さらに沿岸の漁業については、隆起により干上がって陸になった場所のサザエ・アワビなどの水産資源は死滅し、浅海域の海底も水深の変化、堆積物の移動、土砂の流入により、生態系が壊滅的なダメージを受けた。しかし、現地では復興に向けて港湾などの土木工事が進み、インフラは急速に復旧しつつある。また、浅

海域では、本プロジェクトの調査により藻場の一部が生き残っていることが確認された。能登半島では地震とこれに続く豪雨により甚大な被害を受けたが、今、復興に向けて着々と歩みを進めている。この「海の地図 PROJECT」により得られた成果もこの復興の一助になればと考えている。このため、本稿で説明した能登のデータについては、地元の復興のために、現在検討を進めている一般的なデータ提供ルールとは別に、積極的に地元提供していく方針としている。具体的には、地元の海女漁業・磯漁業への活用、護岸堤などの土木工事への利用などについて検討を進めている。

今回の能登半島北部で作成された「海の地図」からは、堆積物の移動により新たな岩場が出現したことが確認されている。このような新たな岩場には、今後新たな藻場が形成されるかもしれない。また、元からあった岩場であっても漁師からは今まで認識されていなかった藻場としての岩場があるかもしれない。「海の地図」は、このように新たな漁場となり得る岩場に関する情報を提供するポテンシャルがある。

また、船舶の安全航行の観点では、海底の隆起により沿岸付近を航行する漁船等は安全を考えてかなり沖合を航行せざるを得なくなっている。しかし、「海の地図」があれば、より海岸に近い海域でも安全な航行が可能となるかもしれない。地震後に地元の海女さんたちによる藻場の調査が行われているが、海女さんたちを運ぶ船は前述の理由で沿岸に近づくことができず、結果として船から調査現場までの長い距離を泳がざるを得ない。もし、漁船がもう少し海岸線の近くまで寄ることができればこのような調査の効率を上げるとともに、海女さんたちの体力の消耗も抑えることができるだろう。また、豪雨災害では崖崩れにより道路が寸断されたため、復興に向けた工事が進んでいる。5月に珠洲と輪島をつなぐ海岸沿いの国道249号線が一時的に開通したが、道路の一部は陸化した元海底だった場所を通っており、今後は護岸の整備も必要になるだろう。護岸整備には、波浪高の最大値の見積もりが必要となるため、「海の地図」があれば、このような工事の効率化

につながるかもしれない。また、漁港の復旧には、漁港だけでなく、その先の漁船が通る水路の確保も必要である。このような漁港の復旧工事にも「海の地図」は貢献できるのではないかと期待している。さらには、今後の長期的な津波防災対策に向けても「海の地図」は貢献できると思っている。能登半島地震は能登半島北部の断層がずれたことにより発生した。今後、この地震をもたらしした断層の近くで同様の地震が発生する可能性もある。そのような地震に対する津波シミュレーションを詳細な海底地形情報を用いて高精度に行えば、効果的な津波防災対策に貢献できるかもしれない。

「海の地図 PROJECT」によって明らかとなった最新の海底地形情報が、沿岸漁業、土木工事、防災対策等、今後の能登地域の復興に寄与することを期待したい。



海の地図
PROJECT

日本 THE NIPPON
財団 FOUNDATION