2021年福島県沖・宮城県沖の地震のスラブ内 地震の強震動特性と法面崩壊の状況

大角 恒雄1・森川 信之2・鈴木 比奈子3・水井 良暢4・池田 真幸5・ 藤原 広行5・松原 仁6

¹フェロー会員 国立研究開発法人防災科学技術研究所 (〒305-0006 茨城県つくば市天王台3-1) E-mail: t ohsumi@bosai.go.jp

²非会員 国立研究開発法人防災科学技術研究所(〒305-0006 茨城県つくば市天王台3-1) E-mail: morikawa@bosai.go.jp

³非会員 国立研究開発法人防災科学技術研究所(〒305-0006 茨城県つくば市天王台3-1) E-mail: hinasuzuki@bosai.go.jp

⁴非会員 国立研究開発法人防災科学技術研究所 (〒305-0006 茨城県つくば市天王台3-1) E-mail: mizui@bosai.go.jp

5非会員 国立研究開発法人防災科学技術研究所 (〒305-0006 茨城県つくば市天王台3-1)

E-mail: m-ikeda@bosai.go.jp

⁶非会員 国立研究開発法人防災科学技術研究所(〒305-0006 茨城県つくば市天王台3-1) E-mail: fujiwara@bosai.go.jp

⁷正会員 国立大学法人 琉球大学准教授 工学部工学科 (〒903-0213沖縄県中頭郡西原町字千原1番地) E-mail: matsbara@tec.u-ryukyu.ac.jp

福島県沖の地震(2021年2月13日,マグニチュードM 7.3)が発生し,連続して,宮城県沖の地震(3月20日, M6.9)が発生した.福島県沖の地震は,スラブ内の地震活動と推定され,プレート間地震や内陸地震に比べ大き な震度が観測された.本稿では,防災科学技術研究所(防災科研)の地震メカニズムを参考に,過去に発生した 地震からスラブ内地震の発生機構の特性を先行研究の成果をまとめた.この福島県沖の地震にて松川浦大橋東側 では,道路法面が崩壊し,筆者らは,当該崩壊面が褐色に変色していることに着目し,層理面には多くの微生物 が蔓延っている状態で,法面崩壊が生じたと考え,サンプリングを行い,この地震で,住宅被害と法面の状況と の関係を調査した.さらに,調査中に宮城県沖の地震に遭遇したので塩釜崩壊地点調査も併せて報告する.

Key Words : the 2021 Fukushima Offshore Earthquake, the 2021 Miyagi Offshore Earthquake, intra-slab, slope damage, Matsukawaura, Shinmachi, Shiogama

1. 緒言

福島県沖の地震(2021年2月13日,マグニチュードM 73)において,松川浦大橋東側の法面にて落石が発生 し,新地町で住宅が被害が発生した.連続して,宮城県 沖の地震(3月20日,M6.9)が発生した.福島県沖の地 震では,沈み込むプレート(スラブ)内の地震活動と推 定され,プレート間地震や内陸地震に比べ大きな震度が 観測された.1993年釧路沖地震,1994年北海道東方沖地 震,2001年芸予地震,2003年宮城県沖地震など大規模な 地震がスラブ内でしばしば発生して大きな被害を及ぼす ことが言われている.本稿では,防災科学技術研究所 (防災科研)運用の広帯域地震観測網(K-NET・KiKnet)³⁴⁾で観測された強震動について概要を報告し,ス ラブ内地震の特異性と被害との関連性を過去の地震との 比較を通じて今回の地震の特徴概要を明らかにするため, 過去に東北及び北海道地方で発生した地震からスラブ内 地震の発生機構の特性を先行研究の成果をまとめた.な お、この福島県沖地震にて松川浦大橋東側では、海岸段 丘を利用した道路法面が崩壊した.この地点は2011年東 北地方太平洋沖地震においても松川浦大橋西側で崩壊が 生じている.筆者らは、当該崩壊面が褐色に変色してい ることに着目し、層理面には多くの微生物が蔓延ってい る状態で、今回の地震をきっかけに法面崩壊が生じたと 考え、サンプリングを行った.この地震で、住宅被害の 発生した新地町においても、住宅被害と法面の状況との 関係を調査した.また、3月20日の宮城県沖地震に遭遇 したので、塩釜崩壊地点調査の成果をまとめ、併せて報 告する.

2. 福島県沖の地震と宮城県沖の地震の概要

(1) 観測された福島県沖の地震の概要

2021年02月13日23時08分頃に福島県沖を震源(深さ 55km, M 7.3,気象庁)とする地震が発生し,宮城県蔵 王町,福島県国見町,相馬市,新地町で最大震度6強を 観測した(気象庁発表).この地震のメカニズムは西北 西-東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型で,2月13~14日 の地震活動分布が概ね深部に位置し,沈み込む太平洋プ レート内部(スラブ内)の地震であった¹⁾.防災科研の 強震観測網であるK-NET・KiK-netでは,それぞれ544点, 383点,合計927点の強震記録をインターネット上で公開



2021/02/13-23:08 37.728N *41.698E 55km M7.3

図1強震観測網(△:K-NET,□:KiK-net)により観測された 福島県沖の地震の地表における最大加速度の分布³



図3 KiK-net 山元 (MYGH10) の福島県沖の地震の加速度波形³⁾

している. これらの観測データから明らかになった強震動分布(最大加速度,最大速度)を図1,2に示す. なお, K-NET・KiK-netで記録された最大加速度は福島県との境 に近い宮城県の観測点MYGH10(KiK-net山元)で1,432 gal (三成分合成値)が観測された(図3). PGAの最大を記録し たKiK-net山元では,短周期成分0.2-0.3 秒付近が卓越し, 神戸波の特性を上回っている. K-NETの最大を記録した 相馬では,0.75秒が卓越し,0.7 秒以下の周波数帯では, 神戸波の特性を下回っている. 1秒以上の長周期帯では, KiK-net山元、K-NET相馬とも,神戸波の特性を下回っている.



2021/02/13-23:08 37.728N 141.698E 55km M7.3

図2強震観測網(△:K-NET,□:KiK-net)により観測された 福島県沖の地震の地表における最大速度の分布³⁾



図 4 KiK-net 山元 MYGH10 と K-NET 相馬 FKS001 の福 島県沖の地震の地表面加速度の応答スペクトル (h=5%)のJMA 神戸 (NS) との比較

(2) 観測された宮城県沖の地震の概要

3月20日18時09分頃に宮城県沖を震源(深さ59km, M6.9, 気象庁)とする地震が発生し,宮城県で最大震度5強を 観測した.この地震のメカニズムは西北西-東南東方向 に圧力軸を持つ低角逆断層型であること,多数の余震が 日本海溝に沈み込む太平洋プレートの上面で発生してい ることから,太平洋プレートと北米プレートの境界で発 生したプレート間地震であった³.この地震により,宮 城県仙台市,石巻市,岩沼市,登米市,東松島市,大崎 市,蔵王町,松島町,涌谷町,美里町で最大震度5強を 観測した(気象庁発表).

K-NET・KiK-netの観測データから得られた強震動分布 (最大加速度,最大速度)を図5,6に示す.なお,K-NET・KiK-netで記録された最大加速度はMYGH13(KiKnet南三陸)観測点で748 gal (三成分合成値)が観測された (図7). 図8にKiK-net南三陸MYGH13 (NS赤線、EW赤破 線)とK-NET仙台MYG013 (NS青線、EW青破線)の宮 城県沖の地震の地表面加速度のスペクトル (h=5 %)の 気象庁 (JMA神戸NS:黒線)との比較を示す.

PGAの最大を記録したKiK-net南三陸では、短周期成分 0.3 秒付近が卓越している以外は、K-NET仙台も含め、 神戸波の特性を全体的に下回っている.







図8 KiK-net 南三陸 MYGH13 と K-NET 仙台 MYG013 の宮城 県沖の地震の地表面加速度のスペクトル(h=5%)の JMS 神戸(NS) との比較





図5強震観測網(△:K-NET,□:KiK-net)により観測さ れた宮城県沖の地震の地表における最大加速度の分布⁴ Peak Ground Velocity



2021/03/20-18:09 38.4N 141.7E 60.0km M7.2

図6強震観測網(△:K-NET,□:KiK-net)により観測された地表における宮城県沖の地震の最大加速度の分布⁴)

3. 福島県沖の地震と宮城県沖地震の地震動の概要

(1) 過去に生じたプレート間地震,内陸地殻内地震のに 対してスラブ内地震の発生要因など基礎的研究紹介

2021年2月13日の福島県沖の地震(M7.3)⁵,3月20日の宮 城県沖の地震(M6.9)⁶と被害地震が東北地方に続けて発 生した.海洋プレートが沈み込む領域で起こる地震には、 プレート間地震、スラブ内地震、内陸地殻内地震の三 つのタイプが存在し、福島県沖の地震はスラブ内地震、 宮城県沖の地震はプレート間地震とされている.このよ うな連続する地震は、過去に2003年5月26日の宮城県沖 の地震(M7.0),7月26日の宮城県北部の地震(M6.2)が存在 し、2003年の地震では前者はスラブ内地震、後者は内 陸地殻内地震に分類される.さらにさかのぼると、1978 年2月20日宮城県沖の地震 (M6.7)のスラブ内地震が発生 し、同年6月12日宮城県沖の地震(M7.4)のプレート間地震 が発生している.

スラブ内地震に関しての詳細は、以下に紹介する論文 に譲るとして、スラブ内地震の発生要因など基礎的な先 行研究の紹介をここにまとめる. スラブ内地震もスラブ 自体の重量による沈み込みでスラブの曲げ伸ばし応力が 生じ, 1978年2月20日宮城県沖の地震及び200年5月26日 の宮城県沖の地震のようにスラブの上部で発生する圧縮 による逆断層型と100 km程度のやや深部でスラブ下部で は引き延ばしにより、正断層型が存在する. 結果として 震源分布は、スラブ上層と下層の2重の面となることが、 スラブ上面の伸縮と下面の圧縮に対応すると応力的要因 と考えられる説がある⁷. この特徴は図9に示す福島県沖 の地震の震央分布図(1997年10月1日~2021年2月13日23 時08分, 深さ0~150km、M3.0以上) でもみられる. こ のスラブ内の地震生成の特徴は、この要因のみならず、 スラブ内の玄武岩とかんらん岩の化学的要因が応力的要 因に寄与することも言われ, Kita and Ferrand (2018)⁸は, スラブ内のマントル物質の含水化の地域変化がスラブマ ントル地震の発生機構に水が関係する可能性を室内実験 で示し、さらに日本の地震観測結果から、地震の発生機 構と水との関わりに関し、スラブ上面地震帯の発生する 地震のMの頻度分布を表す指標である b 値について,水 を含むことで摩擦抵抗(有効法線力×摩擦抵抗)が低下 することによって地震の頻度分布が増加することを理論 的に示している.

スラブ内大規模地震の発生予測に向けたスラブ内地震 の発生機構の理解は急務であるといえる.また、スラブ 内の含水鉱物の脱水反応により生じた水などの流体は、 脱水不安定説に見られるようにスラブ内地震の発生原因 として重要であるとともに、マントルウェッジ内の二次 対流として陸域下に達し、内陸地震の発生機構と深く関 わること、また、プレート境界地震とスラブ内地震との 相互作用が指摘されていることなどからも、スラブ内地 震の発生機構の理解は重要な課題とされている⁹

(2) 東北及び北海道地方のスラブ内地震の特徴

スラブ内地震である1993年釧路沖地震と1994年北海道東 方沖地震で観測された地表最大加速度(PGA)は、スラブ 内地震の震源特性の特徴として、当時の距離減衰式から 予測されるよりも大きな値を示している.その要因とし て、応力降下量が大きく高振動数の地震動が卓越するこ とが以下の理由から挙げられている.

浅野・他(2004)¹⁰では,経験的グリーン関数法による 強震動シミュレーションを2003年5月26日宮城県沖の地 震の震源のモデル化に適用し,スラブ内地震では,同規 模の内陸地殻内地震と比べてアスペリティの面積が小さ めになることで,アスペリティでの応力降下量△σが比 較的大きくなることを示している.

さらに、笹谷・他(2006)¹¹は、スラブ内地震におけ るアスペリティの全面積Saと地震モーメントMoとの関 係をまとめており(表1)、アスペリティの全面積は内 陸地殻内地震と同じ傾向で、Moとともに増大するスケ ーリング則を示しているが、その値は内陸地殻内地震 (Somerville, et al, 1999)¹²の約1/4であることを示し、スラブ 内地震のアスペリティでの応力降下量△σが内陸地殻内 地震よりも大きいことに関係し、結果として短周期レベ ルが内陸地殻内地震の約4倍大きくなるとしている(表1 参照).この特徴が、内陸地殻地震及びプレート間地震 よりもスラブ内地震で強い強震動の成因の一つであると 考えられている.図10に二地震のK-NET, KiK-net観測点 でのPGAと距離減衰特性(司・翠川,1999)¹³を示す.宮城 県沖のプレート間地震に比べ、福島県沖のスラブ内地震 におけるPGAがやや大きいことがわかる.

なお、図11には2001年芸予地震(M6.7)などのフィリ ピン海プレートのスラブ内地震も含まれているが、太平 洋プレートの地震と比べて短周期レベルが小さめである との指摘もある¹⁴.

スラブ内地震におけるPGA分布が地震の規模の割には 広範囲に及ぶ理由として、上述の震源特性に加えて、減 衰を表すQ値(図12)¹⁵が大きいスラブの中を伝播する ことにより、特に高振動数成分が減衰せずに遠くまで伝 わることも挙げられる.また、震源が深い場合には、異 常震域と呼ばれる現象が現れる場合がある.





発生日時	地震名	地震モーメントMo (Nm)	応力降下量⊿σ(MPa)	短周期レベルA (Nm/s/s)
1993年1月15日	釧路沖地震	2.7 - 3.3 ×10 ²⁰ Harvard, Takeo <i>et al.</i> (1993)	109,381,163 82,190,109 Morikawa& Sasatani (2004)	2.0 - 4.2 ×10 ²⁰ 池田 • 他 (2002), Morikawa& Sasatani (2004)
1994年10月4日	北海道東方沖地震	2.6 - 3.0 ×10 ²¹ Kikuchi & Kanamori (1995), Harvard	82,82,382,300,137 Morikawa& Sasatani (2004)	1.7 ×10 ²¹ Morikawa& Sasatani (2004)
1999年5月13日	釧路支庁中南部地震	2.4×10 ¹⁸ -2.3×10 ¹⁹ Harvard, 池田・他 (2002)	73,73 笹谷・他 (2006)	2.8 ×10 ¹⁹ 笹谷・他 (2006)
2000年1月28日	北海道東方沖地震	2.0 ×1019 Harvard	261 浅野・他 (2004) 62.4 笹谷・他 (2006)	5.2×10 ¹⁹ 笹谷・他 (2006)
2001年12月2日	岩手県内陸南部地震	$5.3 - 5.6 \times 10^{18}$ F.net, Harvard	87,116,116 森川(・藤原 (2002)	3.9 ×10 ¹⁹ 森川[・藤原(2002)
2003年5月26日	三陸南部地震	3.5 – 3.9 ×10 ¹⁹ F.net, Harvard	105,105,105 浅野・他 (2004)	1.1 – 1.4 ×10 ²⁰ 佐藤 (2004), 笹谷•他 (2006)

表1	東北及び北海道地方で	で過去に発生したス	、ラブ内地震の	震源特性(笹谷・	他,	200611)に基づく)
----	------------	-----------	---------	----------	----	-------------	---



図11スラブ内地震のアスペリティの全面積 Saと地震モーメント Moとの関係 (笹谷・他, 2006¹¹に基づく)



理論的評価法を用いる場合の伝播経路のモデル(VsとVpの単位はkm/s、pの単位はg/cm³)

図 12 上部マントルから地震基盤までの大構造 宮城県沖地震を想定した強震動評価(一部修正版), 地震調査研究推進本部, H17.12.14¹⁵⁾

4.東北及び北海道地方で発生したスラブ内地震の被害状況

(1) 1990年以降のスラブ内地震の被害概要

1990年以降に東北及び北海道地方で被害をもたらした スラブ内地震の規模を表2に、被害状況の概要を表3に示 した. 1993年から2021年2月の地震まで、8回のスラブ内 地震が認められた.発生時期は、1993年から1994年(① ~2)、1999年から2003年(3~6)、2011年(7)、 2021年 (⑧) であった①, ②, ⑥, ⑧の地震は, 100名 以上の負傷者や斜面崩壊など,生活インフラに被害が発 生した地震であった。(7)2011年4月の地震は東北地方太 平洋沖地震の余震である. ③1999年釧路支庁中南部, ④ 2000年根室半島南東沖, ⑤2001年岩手県内陸南部の地震 は震度4程度で、被害の程度は数名の負傷者や建物の一 部損壊,棚から物が落下するといった被害であった.以 下に,各地震の被害について述べる.被害の出典は宇佐 美ほか(2013)²³⁾,内閣府防災の被害報^{24,25,26)},地震の 諸元情報は気象庁震度データベースのに拠る. 各地震の 震度と震央は図14に示した.

(2) 2021年福島県沖の地震

2021年2月13日23時7分に発生した地震で、マグニチュ ード7.3、震源の深さは55 km,最大震度は宮城県蔵王町, 福島県相馬市,国見町,新地町で6強だった.宮城県沿 岸から内陸部,福島県の浜通りから中通りの間に位置す る市町村において広く震度6強から6弱を観測した²⁰.ま た震源から比較的遠距離の神奈川でも軽傷被害が出た. 重傷12名,軽傷は173名に上る.建物被害は、全半壊被 害と比較して一部損壊が3059棟であった.新幹線では電 化柱の折損20本、ひび割れ・傾斜約40本、新幹線施設被 害940箇所を生じた²⁰.この影響で、東北新幹線は2月23 日まで10日間,一部区間で運転見合わせとなった.宮城 県東松島市と福島県いわき市ではがけ崩れが発生し、鳥 海山付近では雪崩1件が発生した.また、防災科研の雪 氷調査³³によれば,猪苗代湖周辺地域で積雪クラック, 屋根雪の崩落,斜面の雪の崩落が発生した.

(3) 過去の地震被害の特徴と今回の地震との比較

1990年以降の東北・北海道地方周辺のスラブ内地震の 被害の特徴は、建物倒壊は少なく、一部損壊と負傷者の 多さが特徴的であった.また、件数は少ないものの、必 ずしも急傾斜ではない斜面の崩壊や液状化被害が発生し ていた.なお、津波が発生した地震の場合は、震害によ る被害状況は不明である.

平成15年宮城県沖の地震(⑥)を除いて,地震の発生 時刻が22時以降の日没後の就寝時間帯に発生しており, 家庭内負傷などの人的被害の一因を示唆している. 災害が発生する季節と被害の関係は,冬季特有の被害と して,灯油を用いた暖房器具の停止や熱湯による熱傷被 害(①),雪崩の発生(⑧)が挙げられる.暖房器具の 転倒等による人的被害については,転倒防止や熱傷被害 を受けにくい器具の導入などが防止策として考えられる. 雪崩やがけ崩れなどの斜面災害に関しては,通常の太平 洋沖の海溝型地震の場合は,太平洋沿岸地域は多雪地域 ではないため,雪崩や落雪等は,発生しない可能性が高 いが,東北地方太平洋沿岸のスラブ内地震の場合,強い 揺れの範囲が内陸部まで及ぶため,多雪地域においても 強震を及ぼす可能性が高いことも留意する必要がある.

過去の事例では、冬季から春季にかけて、災害が発生 していた.①、②、⑥、⑧では斜面崩壊が発生している が、いずれも降水量の多い時期に発生していないため、 梅雨期や台風の季節の斜面災害は、従来の被害以上の現 象が発生する可能性がある.

過去の災害の中で特に類似の事例は、平成15年宮城県 沖の地震(⑥)であった.M7クラスの地震で、深さ50-70km程度で、建物倒壊は少なく、一部損壊と負傷者の 多さが特徴的で、新幹線の橋脚の破損、液状化、斜面崩 壊が発生していた.このようなことから、短周期の地震 波によって発生する被害の様相があると考えられる.

番号	地震名称	発生年月日	時間	規模 (Mj)	深さ (km)	最大 震度	震央	災害事例 DB収録数
1	平成5年(1993年)釧路沖地震	1993年1月15日	0:06	7.5	101	6	42.920N,144.35E	62レコード
2	平成6年(1994年)北海道東方沖地震	1994年10月4日	22:22	8.2	28	6	43.375N,147.67E	51レコード
3	平成11年釧路支庁中南部の地震	1999年5月13日	2:59	6.3	106	4	42.97N,143.87E	5レコード
4	平成12年根室半島南東沖の地震	2000年1月28日	23:21	7.0	59	4	43.01N,146.75E	4レコード
5	岩手県内陸南部地震	2001年12月2日	22:01	6.4	122	5弱	39.40N, 141.27E	0レコード
6	平成15年宮城県沖の地震	2003年5月26日	18:24	7.1	72	6弱	38.82N, 141.65E	41レコード
7	宮城県沖の地震	2011年4月7日	23:32	7.2	66	6強	38.20N, 141.92E	_
8	福島県沖の地震	2021年2月13日	23:07	7.3	55	6強	37.73N, 141.70E	_

表2 1993年から2021年までに東北および北海道地方で発生したスラブ内地震の諸元情報23)



図14 1993年から2021年までに東北および北海道地方で発生したスラブ内地震の震度分布

地	震名称	 ①平成5年(1993年) 釧路沖地震 	②平成6年(1994年) 北海道東方沖地震	③平成11年釧路支庁 中南部の地震	④平成12年根室半島 南東沖の地震	
発生年	F月日時刻	1993年1月15日0時6分	1994年10月4日22時22分	1999年5月13日2時59分	2000年1月28日23時21分	
	死者	2				
12.14	重傷	117	31			
貝傷	軽傷	850	405	2	2	
	全壞	53	39			
住家	半壊	255	382			
	一部破損	5,313	5,313 7,154			
公共·	文教施設	483				
	断水	19,765	31,462			
	停電	57,200	46,411			
	ガス	9,355				
	火災	9	1			
	道路	1,591	1,762			
	河川	184	110			
斜	面災害	地すべり16, 崖崩れ14				
Ą	その他	鉄道不通4,液状化等	津波発生,床上浸水119, 床下浸水70			
	出典	宇佐美・他(2013)	宇佐美・他(2013)	宇佐美・他(2013)	宇佐美・他(2013)	
地	震名称	⑤岩手県内陸南部の地震	⑥平成15年宮城県沖の地震	⑦宮城県沖の地震	⑧福島県沖の地震	
発生年	F月日時刻	2001年12月2日22時01分	2003年5月26日18時24分	2011年4月7日23時32分	2021年2月13日23時07分	
	死者			4		
An 16-	重傷		25	296	12	
貝傷	軽傷		149		173	
	全壊		2	Zita Alma bath cited at the	21	
住家	半壞		21	建物放告のリ	32	
	一部破損		2,404	東口平入辰火との彼古報	3,059	
公共·	·文教施設	1	1,217	区別できり	1,439	
	断水		4,792		26,562	
	停電		35,837		95万	
	ガス		3,100		なし	
	火災		4			
	道路		31		13	
	河川		143			
斜	面災害		地すべり1, 崖崩れ5		崖崩れ4, 雪崩1	
7	その他	窓ガラス16枚破損小学校 あり。大半は棚からもの が落下する程度	床下浸水1,エレベーター の閉じ込め5件,新幹線橋 脚破損23本	東日本大震災の損傷建造 物へのさらなる被害	新幹線電化柱折損20本,ひ び割れ・傾斜約40本等新幹 線施設被害940箇所	
	出典	宇佐美・他(2013)	宇佐美・他(2013), 内閣府(2004)	宇佐美・他(2013), 緊急災害対策本部 (2021)	内閣府(2021), 東日本旅客鉄道(2021)	

表3 1993 年から 2021 年までに東北および北海道地方で発生したスラブ内地震の被害状況

5.福島県沖の地震の法面

(1) 松川浦法面崩壊

福島県沖の地震(2021年2月13日, M7.3)において, 松川浦大橋東側の法面にて落石が発生し,臨港道路で乗 用車が被害を受けた.図15,写真1,2,3に松川浦大橋周辺の 崩落位置を示す.松川浦大橋東側で乗用車が巻き込まれ, 報道された地点であるが,2011年東北地方太平洋沖地震 においても松川浦大橋西側で崩壊が生じ,今回も同様な 崩壊が生じている(写真4,5).

写真6に野田利弘教授(名古屋大学)提供の2011年東 北地方太平洋沖地震時の崩壊を示す.崩壊の上部と崩壊 面には変色しており,崩壊の上部から水が崩壊面のクラ ックに流れ込み、酸化し褐色となり,地震動か津波の引 き波で崩落したことが類推される.写真7に2021年3月20 日時点の状況を示す.褐色部分は10年を経て流出してい る.

図16に松川浦周辺今昔マップと平成23年東北地方太平 洋沖地震後斉射画像(a) 1/50000「中村」:明治41年測 図・明治45.4.30発行,(b) 今昔マップ1/50000「相馬中 村」(昭和27年応修・昭和28.3.30発行), (c) 今昔マ ップ1/50000「相馬中村」(平成4年修正・平成5.10.1発 行))を(d)地理院地図(平成23年東北地方太平洋沖 地震後斉射画像:2011年3~4月撮影)とともに示す.

松川浦大橋の架かる潮口部は人工開削(1910年施工) で、それ以前の地形図を見ると海食崖は現在と同じ形状 である.潮口部開削は、砂州の堆積が進み何度も閉塞す るので漁港としての機能を維持するために1910年に実施 し、その後護岸化したと思われる。港湾接続道路の開削 は、昭和62(1987)年までに北側の新港が埋立造成され たのち、松川浦大橋(1992年開通)等周辺の臨港道路整 備と合わせて実施されたものと思われる.よって、当該 臨港道路は、海食崖を活用した道路であり、崩壊地点は、 部分的な切土はあるものの、自然の海食崖が崩壊したも のと思われる.



図15 松川浦大橋周辺の崩落位置

① 松川浦大橋東側:2021 年福島県沖の地震の崩壊地点

② 松川浦大橋西側:2011年東北地方太平洋沖地震の崩壊地点



 写真1
 松川浦大橋周辺の崩落位置
 (大橋東側からの臨海道路;2021年3月20日撮影)

 ①
 松川浦大橋東側:2021年福島県沖の地震の崩壊地点

 ②
 松川浦大橋西側:2011年東北地方太平洋沖地震の崩壊地点



写真2 松川浦橋東側(福島沖地震で崩壊地点)



写真6 2011年東北地方太平洋沖地震の崩壊 野田利弘教授(名古屋大学)提供(2011年撮影)

写真4 松川浦橋西側(福島沖地震で崩壊地点)



写真7 2021年の状況 褐色部分は10年を経て消出



図16 松川浦周辺今昔マップと平成23年東北地方太平洋沖地震後斉射画像 出典:

- (a) 今昔マップより 1/50000「中村」(明治 41 年測図・明治 45.4.30 発行)
- (b) 今昔マップより 1/50000「相馬中村」(昭和 27 年応修・昭和 28.3.30 発行)
- (c) 今昔マップより 1/50000「相馬中村」 (平成4年修正・平成5.10.1発行)
- (d) 地理院地図「平成 23 年東北地方太平洋沖地震後斉射画像」 (2011 年 3-4 月撮影)

地質図Navi²³⁾によると砂岩泥岩互層が大橋の両側に海 食崖に分布している. 崩壊面は褐色に変化しており 真2~5),雨水の浸透によって酸化が進行していた.ま た、層理面の状態観察から多くの微生物が蔓延っている ことが示唆され、地震が発生する以前より微生物による 風化や鉱化現象が進行していたと考えられた. すなわち, 今回の落石事象によって、法面における微生物風化の作 用と危険性が顕になった可能性が示唆される. そこで本 研究では、雑菌の混入に十分注意し、変色面を持つ箇所 とそれ以外の箇所からそれぞれ5つずつサンプリングし た(写真8).また、今回の地震では、東日本太平洋沖 地震(2011年3月11日, Mw9.0)の直後に調査した松川浦 大橋西側の法面においても東側同様に崩壊が生じていた ことから、西側法面においても同じ条件でサンプリング した. 採取したサンプルは、雑菌の繁殖を抑えるために 冷蔵保管し、冷蔵状態を保ったまま研究室に運搬した. 走査型電子顕微鏡 (scanning electron microscopy; SEM) に よるサンプルの微細構造観察の結果、褐色の有無に関わ らず、すべてのサンプルにおいて**写真9**に示すような珪 藻の痕跡が多く観察された. 珪藻は、水が存在する露 頭であれば、岩石の種類に関係なく生息していることが 知られており24,25)、本露頭においてもその全域が珪藻の 生息の場であることが確認された.

一方,褐色部では、**写真10**及び**写真11**で示すように、 緑藻等のバイオフィルムと見られる炭素のネットワーク 構造や鉄酸化物,硫黄化合物の存在が確認された.なお、 これらの構造は褐色部以外では確認されなかった.バイ オフィルムの存在は、細胞外高分子基質(Extracellular polymeric substances: EPS)の存在を肯定し、その場所に多 くの原核生物等の微生物が生息していることを意味する. したがって、本露頭全体が藻類の良好な生息環境となっ ており、特に、褐色部は緑藻等の多様な種類の微生物が 生息していると考えられる.一般に、藻類に共生するシ アノバクテリアは砂岩を劣化させ、露頭地形をも変化さ せていることが知られており^{20,27}、本露頭においても、 EPS周辺にいる微生物が、岩塊崩壊に何らかの影響を与 えている可能性が示唆された.

図17に粉末X線回折法によって得られた各サンプルの

X線回折パターンを示す. 同図より, 褐色の有無に関わ らず, すべてのサンプルにおいて, 灰長石(Anorthite), 正長石(Orthoclase), 微斜長石(Microcline), 石膏(Gypsum)が 同定された. 灰長石, 正長石, 微斜長石はいずれも風化 しやすい鉱物として知られており28,29,本露頭全体が風 化環境にあることがわかる.また、石膏が同定されたこ とから、写真11で観察された硫黄化合物の結晶は硫酸カ ルシウムであったと推定される.一般に、シアノバクテ リア等の光合成微生物は、代謝の過程で地盤中のカルシ ウムイオンを細胞表面に吸着させ、硫酸カルシウムや炭 酸カルシウムの析出を誘発することが知られている30. ここで、写真11の硫酸カルシウムの微結晶(若齢の結 晶)は、**写真10**の緑藻類が存在する場所でのみ確認され たことから、この微結晶の析出もまた微生物の存在によ って誘発されたと考えることができる.加えて、鉄成分 の酸化もまた、微生物による酸化作用によって誘発する ことが知られている³¹⁾. したがって, 鉄酸化物の生成に 関しても、微生物の代謝反応によって誘発されている可 能性は十分に考えられる.

一方,岩石サンプルのpH試験の結果,褐色部では3.55 ~3.91,非褐色部では3.61~3.87であった.このことから, 砂岩のバイオアルカリ化に伴う風化現象は否定される. したがって,褐色部では微生物風化は発生せず,反りて, 微生物の代謝反応によって鉄酸化物や硫黄の析出が誘発 され,バイオフィルムを含んだ褐色の不連続面が形成さ れたと考えられた.微生物細胞周辺における鉱化メカニ ズムを図18に示す.

以上のことから、本崩壊と微生物との関連については、 以下のように考えられる.

- (1) 砂岩にき裂面が形成される
- (2) き裂面に雨水等が入り込み,珪藻や緑藻等が繁茂 する
- (3) 微生物の代謝に伴い、石膏の生成が誘発されるとともに岩石中の鉄分が酸化される
- (4) (3)が進行し、ひとつの不連続面が形成される
- (5) 地震や津波の外力が作用し、不連続面を境に崩落



褐色面 (崩壊面) 福島県沖の地震地点 (地点①)

褐色していない箇所 東北地方太平洋沖地震地点(地点2) 写真8 サンプリング例



写真9 褐色部の SEM 画像 (珪藻)



図18崩壊面における微生物の鉄酸化及び鉱物化メカニズム

(2) 新地町における法面と住宅被害

内閣府の人的・物的被害の状況(消防庁情報:2月22日)では、都道府県別の住宅被害は3,112棟のうち、宮城県は295棟、福島県は2,811棟で両県に被害が集中している.新地町では、1,300棟にも及んだことにより、住宅被害の調査地点は、福島県相馬郡新地町とした.

3月20日時点では、被災箇所と思われる箇所にブル ーシートで覆われ詳細はわからないが、屋根の棟部分の 損傷例が新地町に集中している(**写真 12a**b).

写真 13 に道路を挟んで損傷が多数発生した地域を示 す.愛宕団地を背に右側に家屋の被害が集中し.地形上, 切土上の盛土の影響も考えられる.左側の地域は殆ど被 害がない.被害家屋は屋根の材質も右側が日本瓦に対し, セメントに繊維素材を混ぜて薄い板状に加工した化粧ス レートと異なり,外見上無被害は見られない.また,周 辺は液状化痕跡はない.

写真 14 に低い位置の墓地と斜面頂上の墓地の被害の 比較を示す.低い位置の墓地は墓石の転倒,移動がほと んど見られないのに対し,斜面頂上の墓地の墓石の転倒, 移動は激しい.

図 19 に新地町愛宕団地今昔マップを(a) 今昔マップ (左上) 1/50000「角田」(明治 41 年測図・明治 45.5.30 発行),(b) 今昔マップ 1/50000「角田」(昭和 27 年応 修・昭和 27.12.28 発行),(c) 今昔マップ 1/50000 「角 田」(昭和 52 年修正・昭和 53.11.30 発行),(d) 地理院 地図(2021 年 4 月 1 日アクセス)とともに示す.**写真** 15 に新地町愛宕団地今昔マップ(空中写真)を(a)地 理院地図空中写真(1963-05-30 撮影),(b)地理院地 図空中写真(1976-01-16 撮影),(c)地理院地図東日本 大震災後正射画像(2011-5-24 撮影),(d)地理院地図 空中写真(2017-06-20 撮影)とともに示す。

図 19(d)と写真 15(d)に住宅の棟部分に損傷が多数発生 した地域,転倒・移動の少なかった低い位置の墓地と転 倒・移動の多数発生した斜面頂上の墓地の被害の位置を 示した.

写真 13 の道路を挟んで損傷が軽微な地域と住宅損傷 が多数発生した地域の住宅は写真 14 からともに東北地 方太平洋沖地震前後建設されたものと思われる.特に多 数発生した地域の住宅は震災後の住宅と思われる.当該 地域は,図 19 の今昔マップから昭和 50 年(1975 年)代以 降から,造成が行われている.

写真 15から斜面頂上の墓地の被害は,1963年以前から存在し,低い位置の墓地は1976-2011年の間に設置されたものである.昭和50年(1975年)代以降の道路建設に伴い,設置されたものと思われる.



写真12a福島県相馬郡新地町:屋根の棟部分の損傷例





写真12b福島県相馬郡新地町:屋根の棟部分の損傷例



家屋の棟部分の損傷地域



写真13 福島県相馬郡新地町:道路を挟んで損傷が軽微な地域(左)と住宅損傷が多数発生 した地域(右)



斜面頂上の墓地 Slope top area's graveyards.

写真14低い位置の墓地と斜面頂上の墓地の被害の比較



図19 新地町愛宕団地今昔マップ 出典: (a) 今昔マップ (左上) 1/50000「角田」(明治 41 年測図・明治 45.5.30 発行), (b) 今昔マップ 1/50000「角田」(昭和 27 年応修・昭和 27.12.28 発行),(c) 今昔マップ 1/50000「角田」(昭和 52 年修正・昭和 53.11.30 発行),(d) 地理院地図(2021 年 7 月 1 日アクセス)



写真 15 新地町愛宕団地今昔マップ(空中写真)出典: (a) 地理院地図 空中写真(1963-05-30 撮影), (b) 地理院地図 空中写 真(1976-01-16 撮影), (c) 地理院地図 東日本大震災後正射画像(2011-5-24 撮影) (d) 地理院地図 空中写真(2017-06-20 撮影)

6. 宮城県沖の地震の塩竈市芦畔町法面崩壊

上記調査後, 岩手県大船渡市に移動中, 3 月 20 日 18:09 頃宮城県沖の地震発生に遭遇, 三陸道の石巻市内 を移動していたが高速道路上で全く地震を感じなかった. 急遽, 予定を変更し, 宮城県塩釜市崩壊地点の調査を計 画し, 3 月 22 日に塩竈市芦畔町の法面崩壊現地に到着 した.

地質図 Navi²⁰によると当該地域は第四紀完新世の埋立 て地砂礫及び砂で,崩壊現場は宮城県塩竈市芦畔町で土 砂災害警戒区域等指定箇所(塩竈市)³¹⁾の10番に相当 する(図 20).法尻周辺住民へのヒアリングによると 「45年ほど前に造成工事が行われ,斜面は緩勾配とせ ず,モルタル処理で行われた.3月20日の地震前にモル タル面が膨れている変状あった.崩壊は地震発生直後に 生じた(写真 16)」.2月14日福島沖地震後, 亀裂 が いっていたとの報道もあるが、未確認である.

法面上部の住宅は土砂災害警戒区域等指定箇所が H22 (2010) 調査には法面上部家屋が存在せず,2013 年の Google ストリートビューにも法面上部の家屋が存在しな いので,2013 年以降建設されたものと考えられる(図 20).

剥離面には、水抜き孔と一回り小さいアンカー孔が存在し、アンカー孔の間隔は2m程である(写真 17,18). 剥離面の北側(向かって右手)のモルタル切断面(10 cm)と背後地盤との間に5cm程の空隙がみられる.剥離面の南側(向かって左手)のモルタル切断面と背後地盤との間の空隙と雑草の根が伸びている.法面上部は住宅建設時と思われるコンクリートでの補強が施されている(写真 19).



図20 土砂災害警戒区域指定告示資料:塩竈市(左)と地理院地図:2013, 2019(右)



写真16 崩壊状況 3月20日18:21 近隣住民が撮影



写真18左・右側モルタル切断面と背後地盤との間の状況



写真17アンカー孔痕と水抜き孔痕



写真19法面上部:コンクリートでの補強あり

7. まとめ

今回の調査結果と先行研究から、以下のことがまとめられる.

7.1 強震動の特性

1)2月の福島県沖の地震はスラブ内地震,3月の宮城県 沖の地震はプレート間地震と推定される.

2) スラブ上面地震帯の発生する地震のMの頻度分布を 表す指標であるb値について,水を含むことで摩擦抵抗

(有効法線力×摩擦抵抗)が低下することによって地震の頻度分布が増加する.

3) スラブ内地震の福島県沖の地震の強震動観測波の特性としては、高振動数が卓越している.

4) 減衰特性Q値が大きいスラブの中を伝播するので、

スラブ内地震は、広い範囲で揺れが観測されることが特徴の1つとして挙げられる.

5) スラブ内地震のアスペリティでの応力降下量⊿σは、 内陸地殻内地震よりも大きい.スラブ内地震では、同規 模の内陸地殻内地震と比べて平均応力降下量が大きくな るためであり、結果として短周期レベルが内陸地殻内地 震の約4倍大きくなる.

6)その結果,内陸地殻地震及びプレート間地震よりも スラブ内地震では高振動数が卓越する強震動発生するが と考えられている.

7) スラブ内地震ではQ値が大きいスラブの中を伝播することにより、特に高振動数成分が減衰せずに遠くまで 伝わる.また、震源が深い場合には、異常震域と呼ばれる現象が現れる場合がある.

8) 1990年以降の東北・北海道地方周辺のスラブ内地震 の被害の特徴は、建物倒壊は少なく、一部損壊と負傷者 の多さが特徴的であった.また、件数は少ないものの、 必ずしも急傾斜ではない斜面の崩壊や液状化被害が発生 していた.短周期の地震波によって発生する被害の様相 がある.

7.2 福島県松川浦法面崩壊

- 切土法面における微生物の作用の可能性と危険性 が顕になった可能性が示唆される.そこで本研究で は、雑菌の混入に十分注意し、変色面を持つ箇所と それ以外の箇所からサンプリングを実施した.
- 2) 今回の地震では、東日本太平洋沖地震(2011)の直 後に調査した松川浦大橋西側の切土法面においても 東側同様に崩壊が生じていたことから、西側切土法 面においても同じ条件でサンプリングを実施し、す べてのサンプルで珪藻が数多く観察された.

- 4) 褐色部にはバイオフィルムと見られる炭素のネットワーク構造や針状の硫黄化合物の存在が観察された.なお、これらの構造は褐色部以外では確認されなかった.
- 5) バイオフィルムの存在は、その場所に多くの原核 生物が生息していることを意味する.したがって、 微生物が岩の崩落に関わっている可能性は高い.
- 6)本崩壊と微生物との関連については、砂岩にき裂 面が形成され、雨水等が入り込み、珪藻や緑藻等が 繁茂する、岩石中の鉄分の酸化が進行し、不連続面 を境に崩落が発生する。

7.3 福島県相馬郡新地町被害

- 1)新地町では、切土上の盛土の造成地点での被害で あることも推測される.
- 2) 道路を挟んで損傷が多かった地域は瓦に対し,自 然地盤を切土したと思われるスレート屋根の地域は 殆ど被害はない. 液状化痕跡は見られなかった.
- 3) 斜面頂上の墓地は低い位置の墓地に比べ被害が大 きい.

7.4 宮城県塩竈市芦畔町法面崩壊

- 崩壊現場は宮城県塩竈市芦畔町で土砂災害警戒区 域等指定箇所(塩竈市)の10番目付近に相当する.
- 2)法尻周辺住民へのヒアリングによると「45年ほど前に行われ、斜面は緩勾配とせず、モルタル処理で行われ、法面上部の住宅は、2013年以降建設されたものと考えられる.
- 3) 宮城県沖の地震発生前にモルタル面が膨れている 変状ありとの周辺住民からの情報.
- 4) 崩壊は地震発生直後に発生した.
- 5) 剥離面には、アンカーの孔があり、間隔は2m程度 で、剥離面のモルタル切断面と背後地盤との間の空 隙と雑草の根が伸びている状態であった.
- 参考文献
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会(2021a), 2021年2月13日福島県沖の地震の評価(令和3年3 月11日公表), https://www.static.jishin.go.jp/resource/monthly/2021/202 10213_fukushima_2.pdf.
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会(2021b), 2021年3月20日宮城県沖の地震の評価(令和3年4 月9日公表), https://www.static.jishin.go.jp/resource/monthly/2021/202 10320_miyagi_2.pdf
- 3) 防災科学技術研究所 強震観測網(K-NET,KiK-net) 2021

年02月13日 福島県沖の地震による強震動 https://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/topics/html20210 213230748/main 20210213230748.html

- 防災科学技術研究所 強震観測網(K-NET, KiK-net) 2021年03月20日 宮城県沖の地震による強震動 https://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/topics/html20210 320180939/main_20210320180939.html
- 5) 気象庁報道発表(令和3年2月14日01時10分:地 震火山部)令和3年2月13日23時08分頃の福島県 沖の地震について「平成23年(2011年)東北地方太 平洋沖地震」について(第89報)
- 6) 気象庁報道発表(令和3年3月20日20時20分:地 震火山部)令和3年3月20日18時09分頃の宮城県 沖の地震について「平成23年(2011年)東北地方太 平洋沖地震」について(第91報)
- 例えば 瀬野徹三(2009), スラブ内地震活動とその発 生メカニズム,地震 2,61, 357-364.
- 8) Kita, S. and T. P. Ferrand (2018) Physical mechanisms of oceanic mantle earthquakes: Comparison of natural and experimental events, *Scientific Reports, Nature Publishing Group*

https://www.researchgate.net/publication/329042382

- 9) 海野徳仁・趙大鵬・松澤暢・岡田知己・中島一・ 内田直希・他(2008), スラブ内地震の発生機構の解明, 文部科学省「地震予知のための新たな観測研究計画 (第2次)」平成20年度年次報告
 https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu6/so nota/attach/1287459.htm
- 10) 浅野公之・岩田知孝(2004), 2003 年 5 月 26 日に宮城 県沖で発生したスラブ内地震の震源モデルと強震動 シミュレーション,地震2,57,171-185.
- 11) 笹谷努・森川信之・前田宜浩(2006), スラブ内地震震 源特性,北海道大学地球物理学研究報告, 69, 123-134.
- 12) Somerville, P. G., K. Irikura, R. Graves, S. Sawada, D.Wald, N. Abrahamson, Y. Iwasaki, T. Kagawa, N.Smith and A. Kowada, 1999, Characterizing crustal earthquake slip models for the prediction of strongground motion, *Seism. Res. Lett.*, 70, 59-80.
- 13) 司宏俊・翠川三郎(1999), 断層タイフ及び地盤条件を 考慮した最大加速度・最大速度の距離減衰式,日本 建築学会構造系論文集,523,63-70.
- 14) 新井健介・壇一男・石井透・花村正樹・藤原広行・ 森川信之(2015), 強震動予測のためのスラブ内地震の 断層パラメータ設定方法の提案,日本建築学会構造 系論文集,716,1537-1547.
- 15) 地震調査研究推進本部地震調査委員会(2005), 宮城県 沖地震を想定した強震動評価(一部修正版)について https://www.jishin.go.jp/main/kyoshindo/05dec_miyagi/in dex.htm
- 宇佐美龍夫・石井寿・今村隆正・武村雅之・松浦律 子(2013),日本被害地震総覧 599-2012,東大出版会, 694 pp.
- 17) 内閣府(2004) 平成 15 年宮城県沖を震源とする地震 について(平成 16 年 3 月 12 日現在) http://www.bousai.go.jp/updates/pdf/2004_03_12Jishin100 0.pdf

 18) 緊急災害対策本部(2021)緊急災害対策本部とりまとめ報「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)について」(令和3年3月9日 8:00現在)

http://www.bousai.go.jp/2011daishinsai/index.html

- 19) 内閣府(2021) 福島県沖を震源とする地震に係る被 害状況等について(令和3年2月22日15:00現在)
- 20) 気象庁 (2021) 震度データベース検索 https://www.data.jma.go.jp/svd/eqdb/data/shindo/
- 21) 東日本旅客鉄道株式会社(2021) 福島県沖地震に伴う東北新幹線の被害と復旧状況等について(2021 年 2月26日)

https://www.jreast.co.jp/press/2020/20210226_ho05.pdf

- 22) 防災科学技術研究所 雪氷防災研究センター (2021)災害調査 2021年2月14日福島県沖地震に よる積雪への影響調査(速報) https://www.bosai.go.jp/seppyo/kenkyu_naiyou/seppyousa igai/2021/report_20210214_Aizu.pdf
- 23) 地質図 Navi (gsj.jp)
- 24) Rimet, F., Ector, L., Cauchie, H. M., and Hoffmann, L. 2004. Regional distribution of diatom assemblages in the headwater streams of Luxembourg. Hydrobiologia, 520(1), 105-117.
- Matsubara, H. 2021. Stabilisation of weathered limestone surfaces using microbially enhanced calcium carbonate deposition. Engineering Geology, 284, 106044.
- Konhauser, K. O. 2006. Introduction to geomicrobiology. John Wiley & Sons.
- 27) Sakiyama, H., and Matsubara, H. 2018. Physical, chemical, and biological investigation of an unconformity between limestone and sandstone in a coastal area: Iriomote Island case study. Catena, 171, 136-144.
- 28) Büdel, B., Weber, B., Kühl, M., Pfanz, H., Sültemeyer, D., and Wessels, D. 2004. Reshaping of sandstone surfaces by cryptoendolithic cyanobacteria: bioalkalization causes chemical weathering in arid landscapes. Geobiology, 2(4), 261-268.
- 29) Thompson, J. B., and Ferris, F. G. 1990. Cyanobacterial precipitation of gypsum, calcite, and magnesite from natural alkaline lake water. Geology, 18(10), 995-998.
- 30) Zhang, G., Dong, H., Jiang, H., Kukkadapu, R. K., Kim, J., Eberl, D., and Xu, Z. 2009. Biomineralization associated with microbial reduction of Fe³⁺ and oxidation of Fe²⁺ in solid minerals. American Mineralogist, 94(7), 1049-1058.
- 31) 崩壊現場は宮城県塩竈市芦畔町で土砂災害警戒区域 等指定箇所

https://www.pref.miyagi.jp/soshiki/sabomizusi/kasyo-shiogama.html

DAMAGE INVESTIGATIONS RELATED TO THE 2021 FEBRUARY FUKUSHIMA OFFSHORE EARTHQUAKE AND THE 2021 MARCH MIYGI OFFSHORE EARTHQUAKE

Tsuneo OHSUMI, Nobuyuki MORIKAWA, Hinako SUZUKI, Yoshinobu MIZUI, Masaki IKEDA, Hiroyuki FUJIWARA and Hitoshi MATSUBARA

The 2021 Fukushima Offshore Earthquake (February 13, 2021, magnitude M 7.3) caused slope failures and damaged housings, and the 2021 Miyagi Offshore Earthquake (March 20, M6.9) occurred. The Fukushima Offshore Earthquake is characterized the intra-slab earthquakes. In this paper, we reported the outline of the strong motions observed K-NET / KiK-net systems, which operated by the National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention (NIED), and summarize the previous studies on the intra-slab earthquakes in the Tohoku and Hokkaido regions. The road slope on a coastal terrace on the east side of Matsukawaura-Ohhashi collapsed during the 2021 Fukushima Offshore Earthquake where the west side also collapsed in the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake. Many microorganisms were found to be habitable due to the color change from light brown to dark brown on the collapsed surface. In this study, some rocks were sampled from the collapsed surface and other surfaces and investigated their microstructures and element maps. The existence of the sulfur compound was observed in brown parts of collapsed surface. This means that many prokaryotes inhabit the place. Therefore, we obtained a standpoint that a microbe was more likely to affect collapse. Additionally, we investigated the relationship between damage to housing and slope conditions in Shinchi Town, where housing was damaged during the earthquake. Coincidentally, we encountered the 2021 Miyagi Offshore Earthquake during the field investigations, so that we also investigated the state of damage at Shiogama. We report the findings of the additional field survey.