# 間隙水圧の上昇が海底地すべり距離に及ぼす影響

Influence of increasing in pore water pressure on submarine landslide length

安井俊平1,岩井裕正2,木村真郷3,張鋒4

1	名古屋工業大学 ·	工学部社会工学科 ·	E-mail address	31415095@stn.nitech.ac.jp
---	-----------	------------	----------------	---------------------------

2 名古屋工業大学・工学部社会工学科・E-mail address iwai.hiromasa@nitech.ac.jp

3 名古屋工業大学・工学部社会工学科・E-mail address 30415035@stn.nitech.ac.jp

4 名古屋工業大学・工学部社会工学科・E-mail address cho.ho@nitech.ac.jp

#### 概 要

海底地すべりの発生は、海底ケーブルの破断や地震動を伴わない津波を引き起こす可能性がある。海底地 すべりの特徴として、陸上地すべりと比較してすべり規模が大きいことや、水中安息角を大きく下回る非 常に緩い角度でもすべりが発生しうることが知られている。主な海底地すべりの発生原因として間隙圧の 上昇が挙げられているが、地盤工学の観点から力学的な考察を行っている例は極めて少ない。そこで本研 究では、海底斜面を模擬した土槽を使用し模型実験を行った。水中に斜面を形成し、定水位昇降装置を用 いて過剰間隙水圧を疑似的に発生させ、その大きさおよび発生させる範囲、地盤内の不透水層の有無、上 部層厚の変化が海底地すべりの挙動に与える影響について観察した。その結果、地すべり距離は間隙水圧 の値の大きさだけではなく、間隙水圧を与える範囲の影響を受け、不透水層下に均一に過剰間隙水圧が分 布することですべりが大規模化する傾向が得られた。

キーワード:海底地すべり,間隙水圧,模型実験

## 1. はじめに

近年の海底地形に関する調査研究<sup>112</sup>によって,海底地 すべりの痕跡が多数見つかり,その規模や形態が明らかに なってきている。また,海底地すべりの発生により海底に 設置された通信インフラなどに損傷を与えることや,海底 地形の大規模な変化による地震動を伴わない津波を発生 させる危険性が指摘されている<sup>3)</sup>。

2018 年にインドネシア・スラウェシ島で発生した海底 地すべりは津波が発生しにくい横ずれ断層型地震だった にも関わらず,海底地すべりを含む流動すべりによるもの だと考えられる津波が発生した<sup>4)</sup>。また,2011年の東北地 方太平洋沖地震で大きな被害をもたらした津波は,地震と 連動して発生した海底地すべりによって規模が増大した と考えられている。この津波自体は地震によるプレート変 動が原因で発生したものであるが,観測された津波を解析 で再現しようと試みたところ,プレート変動のみに起因す る津波より大きな規模で発生したという結果が出ている<sup>5)</sup>。 この解析結果によると,地震動により発生した波と震源か ら離れた海底で発生した海底地すべりが要因となって発 生した波とが複合し,大規模化したと考察されている。

海底地すべりの特徴を陸上地すべりと比較して表1に 示す。

	表  陸工地9159と海底地915900比較			
	陸上地すべり	海底地すべり		
移動距離	数 m~数十 m	数百 m~数万 m		
土砂容量	数十 km3程度	数万 km <sup>3</sup> 程度		
斜面勾配	主に 10°以上	1°未満でも発生		
土質状態	不飽和	飽和		
発生原因	地下水・降雨・地震	地震・波浪・ガスハイド		
		レート分解など		

#### 表1 陸上地すべりと海底地すべりの比較

海底地すべりと陸上地すべりの大きな違いはその発生規 模と発生原因の多様性にある。陸上地すべりにおける地す べり移動体の体積は、大きいものでも数十 km<sup>3</sup>程度である のに対して、海底地すべりの場合、数万 km<sup>3</sup>以上の規模に 達するものもある。また、陸上地すべりが発生する一般的 な要因は、斜面を形成する地質の風化、降雨による斜面地 盤の飽和度上昇および間隙水圧の上昇、地震慣性力あるい は地震動による液状化によって弱面が形成されることな どが挙げられる。これに対して海底地すべりの場合、海底 地盤内は通常海水によって完全飽和の状態にあり飽和度 の大きな変化は生じない。従って、海底地すべりの誘発原 因としては地盤内の間隙流体圧の変化が大きな要因であ るが、この間隙圧力を上昇させる事象が地震による液状 化・波浪・海底火山活動・ガスハイドレートの分解など多 岐にわたっており,海底地すべり発生原因を特定すること は難しいのが現状である。

加えて、海底地すべりの発生規模が陸上地すべりと比較 して大きいだけでなく,斜面勾配が1°に満たない緩傾斜で も発生しうることが知られている。このことを間隙流体 圧の上昇に伴う有効応力低下およびせん断抵抗の減少の みで説明することは難しい。このことについて國生 (2000)<sup>7)</sup>は、海底地すべりは有効応力およびせん断抵抗の 低下だけでなく,間隙水圧により地盤内の不透水層下に水 膜が形成されることにより地すべりが大規模化すると指 摘している. つまり, 海底地盤の互層構造にシルト層や粘 性土層のような不透水あるいは低透水性の層が存在し,液 状化などによって発生した過剰間隙水圧が消散されず,不 透水層の直下に水だけの層「水膜」が形成され、上部土塊 がウォータースライダーのように滑動するというメカニ ズムである.しかし,海底地すべり発生メカニズムおよび 規模について地盤工学的観点から検討した事例は極めて 少ない。そこで本研究では、海底斜面を模擬した模型実験 により海底地すべりの発生およびすべり規模に対する過 剰間隙水圧の影響の把握に取り組む。

#### 2. 実験装置概要および実験条件

本実験では、海底斜面を模擬した模型土槽を用いる。模型土槽内に設置した斜面模型上に砂を堆積させ、斜面底部から定水位昇降装置を用いて水位差により水圧を与えることで、海底地すべり発生時の過剰間隙水圧および移動体の挙動を観察することを目的とした実験を行う。本研究では、特に以下の3つの項目に着目する。

- [1] 海底斜面内において過剰間隙水圧が発生したこと を想定し、間隙水圧の大きさと与える範囲を変え た時の地盤変動。
- [2] 不透水層の有無が地すべり発生に及ぼす影響。
- [3] 不透水層上部の層厚の変動が地すべりの発生やその規模に及ぼす影響。

#### 2.1 実験装置の概要

実験土槽は図1に示すアクリル製の土槽を用いた。また, 図2に実験装置全体の平面図を示す。模型土槽の寸法は内 寸で幅1500mm,高さ600mm,奥行400mmであり,土槽 内に斜面角度10°,水平距離1000mmの斜面模型と,幅 300mm,高さ100mm,奥行400mmの水平地盤を設置した。 斜面模型の中央には幅200mmでポーラスフィルターが設 置されており,所定の範囲に水圧を分散させて与えること ができる。また,図3に示すように法尻・斜面中腹・法肩 においてそれぞれの地盤変動を観測するために、3台の水 中カメラを用いて撮影した。図4には斜面模型上面の概要 図を示す。図中に1~5で示した番号は図1に示すコックと 連結したスリットの番号であり、コックの開閉によって水 圧を与える位置を変えることができる。また、それぞれ異 なる色とシンボルで示した 1~3 の数字は水圧計の位置を 示しており,後述する過剰間隙水圧の時刻歴グラフと対応 している。



図1 実験土槽





図3 水中カメラ設置位置



図4 斜面模型上面概要図

### 2.2 実験条件

本実験では、豊浦砂を用いて、水中落下法で斜面を形成 した。目標相対密度は40%とし、目標全層厚は不透水層を 設置しないケースでは41mmとし、設置するケースでは 41mmと51mmの2種類を設定した。不透水層を設置した ケースでは図5に示すように斜面底面から30mmまで砂を 堆積させた上に不透水層を設置し、さらにその上から 10mmあるいは20mmの砂を堆積させた。不透水層は長さ 920mm,幅390mm,厚さ1mmのビニールシートを用いた。

定水位昇降装置で水位差を調節することにより水圧を 与えた。初期の水位差は限界動水勾配の値を基準として 35mmとし、その次に100mmとした.それ以降は100mm ずつ1300mmまで上昇させて計14の水位差について測定 した。水圧を与える継続時間は全ての水位差で150秒とし、 各水位差の間に、地盤内の水圧を消散させるため、1分程 度のインターバルを設けた。

実験ケースを表2に示す。ケース名のpは浸透性を表す permeable, i は不透水を表す impermeable のそれぞれの頭 文字をとったものであり、それぞれ不透水層を設置してい ないケースと設置したケースを示している。不透水層を設 置したケースにおいて、A は全層厚が 41mm、B は全層厚 が 51mm のケースを示している。末尾の数字は開けたコッ クの番号を示している。



図5 不透水層設置時の斜面拡大図

表2 実験ケース					
ケース名	不透水層	層厚	水圧位置		
Case-p1	なし	41mm	1)		
Case-p2	なし	41mm	12		
Case-p3	なし	41mm	123		
Case-p4	なし	41mm	1234		
Case-p5	なし	41mm	12345		
Case-iA1	あり	41mm	1)		
Case-iA2	あり	41mm	12		
Case-iA3	あり	41mm	123		
Case-iA4	あり	41mm	1234		
Case-iA5	あり	41mm	12345		
Case-iB1	あり	51mm	1		
Case-iB3	あり	51mm	123		
Case-iB5	あり	51mm	12345		

### 3. 実験結果および考察

### 3.1 すべりの形態

本実験では、不透水層を設置した全8ケース中、Case-iB1 を除く7ケースですべりが確認された。そのすべりの形態 は、不透水層と上部砂層が一体となって斜面に対して剛体 的に並行移動するものであった。模型実験によって海底地 すべりの特徴を再現できているかを検討するため、本実験 結果の形態的特徴を過去の海底地盤調査によって明らか となっている海底地すべりの痕跡と比較した。

川村ら(2017)<sup>8</sup>)は海底地すべりが一般的に滑落ドメイン (headwall domain),移動ドメイン(translational domain),先 端ドメイン(toe domain)の3つの領域に分かれるとしてい る。図6に各ドメインが示された海底地すべりの形態図を 示す。滑落ドメインは自然斜面が海底地すべりによって浸 食された領域であり,窪地を有し,滑落崖と呼ばれる浸食 により自然斜面より急傾斜になった斜面である。移動ドメ インは,滑落ドメインから移動してきた堆積物を有するこ とが特徴である。先端ドメインは圧縮変形による凸型地形 によって特徴づけられる。凸型地形は地すべり移動体が周 囲の地形によって移動を遮られるか,すべり面が局所的に 起伏変化するかのいずれかに起因して生じる。これらの特 徴と模型実験で発生した地すべりの比較検討を行う。



図6 海底地すべりの形態図<sup>8)</sup>

図 7 にすべりの概略図および比較検討を行った斜面の 該当箇所を示す。上部層が平行移動し、法尻に砂が堆積し た様子を表している。また、図中には図 8~図 10 に示し た各ドメインを撮影した位置を表記した。



図8はすべり発生前後の法肩部の様子である.法肩部で は、上部層がすべって移動したため、斜面が浸食された領 域が見られる。また、斜面上端には、すべりが発生する前 の10°よりも急傾斜の斜面が存在し、実地盤における滑落 崖に該当する部分だと考えられる。



図8 滑落ドメイン(左:すべり発生前,右:すべり発生後)

図9はすべり発生前後の斜面中腹の様子である。斜面中腹では撮影範囲全面で砂が法肩から法尻へ向かって流動しており,移動ドメインの特徴を有しているといえる。



図9 移動ドメイン(左:すべり発生前,右:すべり発生後)

図 10 はすべり発生前後の法尻部の様子である。斜面上 方より流下してきた砂が斜面部分の端部まで到達し,水平 基礎地盤との境界付近に砂が堆積することで凸型地形と なり,先端ドメインの特徴を有しているといえる。以上, 本実験で発生したすべりでは海底地すべりの形態的特徴 が見られ,実地盤で考えられる波浪や潮位変動などの影響 は考慮していないものの,模型実験により海底地すべりの 発生を概ね再現できていると考えられる。



図 10 先端ドメイン(左:すべり発生前,右:すべり発生後)

### 3.2 不透水層なしのケースの実験結果

不透水層を設置しないケースでは、5ケース全てですべりが発生しなかった。図 11 に不透水層を設置していない 5 つのケースの水位差 400mm~700mm の過剰間隙水圧の 150 秒間の時刻歴データを連続して示す。また、Case-pl を除く4ケースでは表3に示す水位差の時に法尻でパイピ ングが発生した。水位差 1000mm 付近でパイピングが発生 することが多かったが、明確な傾向は見られなかった。



A CONTROL NEE		
ケース名	パイピング発生水位差	
Case-p1	—	
Case-p2	600mm	
Case-p3	1200mm	
Case-p4	900mm	
Case-p5	1000mm	

表3 パイピング発生水位差

図 11(i)~(iii)に示した Case-p1~Case-p3 においては,間 隙水圧計1の値が最も高く,間隙水圧計2,3の順に過剰 間隙水圧の値は小さくなる.水圧を与える範囲が法尻から 斜面中腹にかけての3カ所であるため,局所的に過剰間隙 水圧が上昇したと考えられる. 図 11(iv), (v)に示した Case-p4 および Case-p5 のグラフより,水圧を与える範囲 が広くなるほど,各水圧計の値が同程度となり,水圧が斜 面全体に広がっていると考えられる。法尻付近のコック2 箇所から水圧を与えた Case-p2 では,図11(ii)に示したよ うに水位差 400mm から法尻の水圧を示す水圧計1の値が 卓越しており、水位差 600mm の時法尻でパイピングが発 生した後,水位差 700mm では法尻の水圧計1の値が減少 しており、パイピングによって過剰間隙水圧が消散してい ると考えられる。過剰間隙水圧の大きさは水圧を与える範 囲を大きくするほど上昇するわけではなく、パイピングが 発生すると、その後、過剰間隙水圧がパイピング発生時点 の値を上回ることは少ないと考えられる。

### 3.3 不透水層ありのケースの実験結果

#### 3.3.1 すべり距離の検討

前述の通り,不透水層を設置した全8ケース中 Case-iB1 を除く7ケースですべりが確認された。不透水層を設置し ていないケースではすべりが発生しなかったため,不透水 層が海底地すべりの発生に大きく寄与しているといえる。 また,8ケース全てでパイピングが発生した。表4に各ケ ースにおけるすべりが発生した水位差と最終的なすべり 距離を,図12にはすべり距離と与えた水位差の関係のグ ラフを示す。層厚41mmの Case-iA については再現性が確 認できたと考えられるケースを,層厚51mmの Case-iB に ついては、すべりが発生しなかった Case-iB1 については 1 つのみ示し、すべりが発生した Case-iB3 と Case-iB5 の結 果については再現性確認のために実施した各3ケース(a, b, c)の結果を全て示した。

図12(i)よりCase-iAでは水圧を与える範囲が広いほど, より小さい水位差で初期すべりが発生し,最終的なすべり 距離は大きくなる傾向が見られた。斜面内に流入した水が 不透水層下に分布し,下部層と不透水層の間に働く摩擦力 を低減することでせん断抵抗が減少しすべりが発生する という仮定のもとでは,水圧を広範囲で与えたため,均一 に水が分布したと考えられる。しかし,図12(ii)に示し たように Case-iB では法尻から 3 つのコックを開けた Case-iB3 が,全てのコックを開き斜面全体に水圧を与えた Case-iB5 よりも距離は増大した.これはCase-iB5 において, すべりが発生する前に不透水層端部と土槽壁面との間に パイピングが発生したため不透水層下に水が貯留されず に抜けてしまったことが原因だと考えられる。また,**表4** に示したようにすべり発生水位差に関して, Case-iB3 と Case-iB5 の間で大きな差は見られなかった。なお, Case-iB3 の最終すべり距離である 400mm 付近の値は, すべりの先 端が図1 に示した水平地盤の端まで到達している状態で あり,実験装置の構造上の限界まですべりが進行したこと を意味している。

ケーフタ	オベル惑生水位美	是数すべり SF離
7 八日	9159先生不位左	取形すてリロー
Case-iA1	1000mm	10.1mm
Case-iA2	300mm	23.8mm
Case-iA3	200mm	87.6mm
Case-iA4	200mm	87.6mm
Case-iA5	100mm	237.2mm
Case-iB1	—	—
Case-iB3-a	300mm	412.3mm
Case-iB3-b	800mm	407.8mm
Case-iB3-c	300mm	404.0mm
Case-iB5-a	300mm	79.5mm
Case-iB5-b	300mm	42.0mm
Case-iB5-c	700mm	67.2mm

表4 すべり発生水位差と最終すべり距離



図 12(i)の破線円部分に示したように Case-iA3, Case-iA4, Case-iA5 では、すべり距離増分の勾配が緩やか になる点が見られる。このことは、法尻に堆積した土砂, すなわち先端ドメインによってすべりの進行が阻害され たことが原因だと考えられる。水平基礎地盤上で斜面の勾 配が緩くなるため、地すべり移動体の先端が水平基礎地盤 に差し掛かると,移動体に働く斜面下方向の滑動力が小さ くなる。そのため、すべりの進行に伴って移動体先端に圧 縮力が発生し、先端ドメインが生じたと考えられる。 Case-iB3 ではすべり増分が最大の時に、平均すべり速度が Case-iA5 の 2.2~3.7 倍程度であった。ここで、「平均すべり 速度」とは、与えた水位差に対してすべり距離を、すべり 発生から静止するまでのすべり継続時間で除した値であ る. それに加えて移動体の質量も大きいため Case-iA5 と 比較して大きな運動エネルギーを有し、先端ドメインによ る阻害を受けても大きなすべりになったと考えられる。図 13 に Case-iA3 と Case-iB3-a の法尻の堆積状況を示す。 Case-iA3 では、不透水層端部は先端ドメイン内部に位置し ており観察することはできないが、 Case-iB3-a では不透 水層の端部が露出していることが確認できる。

上部層厚を10mmから20mmに厚くしたことによるすべ り距離の影響は、コックを3つ開けたケースでは層厚が厚 いほどすべり距離が大きくなり、コックを1つ開けたケー スと5つ開けたケースではむしろすべり距離が小さくな り、明瞭な相関関係は見られなかった.先述のように、5 つ全てのコックを開けたケースでは、不透水層下に流入す る水量が増加する一方で、不透水層の切れ目からパイピン グが発生しやすくなることで、すべり距離が小さくなった と考えられる.基本的には斜面全体に過剰間隙水圧が発生 することですべり距離は増大する傾向にあるが、単に間隙 水圧が上昇する範囲だけでなく、不透水層下にある程度の 水が貯留されることで大規模なすべりにつながる可能性 があるといえる。



図 13 法尻部の比較(左:Case-iA3, 右:Case-iB3-a)

### 3.3.2 過剰間隙水圧の検討

図14には層厚41mmのケースの水位差300~600mmの過 剰間隙水圧の変動を示し、同様に図15には層厚51mmの ケースでの水位差300~600mmにおける過剰間隙水圧の変 動データを一つずつ示した。

まず,不透水層の有無について比較を行う。図 11(iii) に示したように Case-p3 では各水圧計の値に差があったが, 図 14(iii)に示した Case-iA3 では全ての水圧計がほぼ同じ





値を示している。このことから,不透水層のある斜面内で は斜面底部から流入した水は不透水層に沿って斜面全体 に広がっていくことが示唆される。

層厚41mmのCase-iAにおいて,図14(i)に示すCaseiA1 では,法尻の水圧計1の値は,水圧を与える範囲が大きい 他のケース,例えば図14(ii)に示すCase-iA3と比較して も大きな差はない。しかし,表4に示したようにCase-iA1 はすべりが水位差1000mmまで発生しなかった。このこと から,不透水層下で局所的に過剰間隙水圧が増加するとす べりが発生するのではなく,斜面全体に一定以上の過剰間 隙水圧が発生することですべりが発生すると考えられる。 ところが,図12(i)から読み取れるようにCase-iA5では 水位差400mmの時にすべりが100mm以上進行しているが, 図14(iii),(iv),(v)に示したように過剰間隙水圧の値 はCase-iA4やCase-iA3と比較しても明確な差が見られな い。このことから,すべり距離は過剰間隙水圧の大きさだ けではなく,斜面内に流入する水量の影響も受けていると 示唆される。



図 15 不透水層ありの 3 つのケースにおける水位差 300mm~ 600mmの過剰間隙水圧の変動(Case-iB)

すべりの発生しなかった Case-iB1 は水位差 700mm の時 に斜面中腹の壁際でパイピングが発生した。図 15(i)に 示したように水位差を 300mm~600mm まで大きくしてい く過程で,法尻や中腹の水圧が徐々に消散していく様子が 確認できる。パイピングが発生する前段階として不透水層 下部で過剰間隙水圧が分散していることが予測される。 Case-iB3-a では,図 12(ii)に示したように水位差 600mm の時にすべり距離が 400mm を超えるまですべりが進行し, 図 15(ii)中に矢印で示したように、すべりの進行と同時 に法肩の過剰間隙水圧が急激に低下した。水圧計3の上部 にあった土塊が大きな速度ですべったことにより該当部 の過剰間隙水圧が急速に消散し、大幅に低下したと考えら れる。また、同じく図 15(ii)の Case-iB3-a では水位差 300mm, 400mm の時は, 各水圧計の値に差がある。法尻 からパイピングが発生したり、 すべりの進行に伴って法肩 の不透水層の切れ目から水が排出されたりしたことが原 因であると考えられる。しかし、大規模なすべりが発生す る前の水位差 500mm では、各水圧計の値がほぼ同じ値を 示しており, さらに図 14 に示した Case-iA のどのケース と比べても過剰間隙水圧が高くなっていることが分かる。 上部層厚を 10mm から 20mm に変化させたことで, 上部層 の重量も増加しており,下部層との摩擦を低減させる水膜 が生成されるには、より高い過剰間隙水圧が斜面全体に均 一に分布することが必要となるため,妥当な結果が得られ たと考えられる。逆に Case-iB5-a では,表4 に示したよう に水位差 300mm ですべりが発生したが、その後は図 15(iii)に示したように斜面全体に均一に水が分布してい るものの,図14(v)に示した層厚が41mmのCase-iA5の 時と近い値までしか過剰間隙水圧が上昇しなかった。層厚 51mm のケースでは, 層厚 41mm のケースとは異なり, 斜 面内に流入する水量が多いほど、すなわち多くのコックを 開けるほどすべりが大規模化するのではなく,パイピング が進展しにくい流量を与えることで地すべり移動体と下 部層の摩擦が低減されやすくなるという結果が得られた。

以上の結果をまとめると、水圧を与える範囲を増加させ ると、不透水層下での過剰間隙水圧は広い範囲に分布する と考えられる。その中でも、斜面内に不透水層が存在する 場合、水圧を与える箇所が局所的であっても、水圧が不透 水層に沿って広がることが観測された。このことから実際 の海底地盤においても、不透水・低透水層が存在すると局 所的な流体圧の増加が海底地すべり発生につながる可能 性があると考えられる。また、過剰間隙水圧の大きさのみ がすべり距離に影響するのではなく、不透水層下に均一に 過剰間隙水圧が分布することとパイピングが過度に進展 しないことがすべりの発生およびすべり距離を決定する 上で重要だと考えられる。

#### 4. 結論および今後の課題

本研究では,間隙圧上昇による海底地すべりのすべり距 離および地すべり移動体の挙動を把握することを目的と した模型実験を行った。特に間隙水圧を与える大きさ・範 囲,不透水層の有無および不透水層上部の層厚に着目した。 得られた主な知見を以下に示す。

- [1] 水圧を与える範囲が大きいと斜面に流入する水量 が増加し、斜面全体に均一な過剰間隙水圧が生じ るが、特に不透水層があるケースでは水圧を与え る範囲が小さくても、広範囲で過剰間隙水圧が上 昇する。
- [2] 不透水層の存在する地盤に過剰間隙水圧が発生す ると、不透水層と上部層が剛体的に平行移動する すべりが発生する。
- [3] 層厚が 41mm のケースでは、過剰間隙水圧の値が 同程度でも水圧を与える範囲が大きいほど、すべ り距離が長くなる結果が得られた。このことから、 すべり距離は過剰間隙水圧の大きさだけではなく、 不透水層下への水の流入量の影響も受けると考え られる。
- [4] 不透水層上部地盤の層厚を変えて実験を行った結果,上部層厚が大きい場合において,すべり距離が長くなった結果もあれば,すべりがあまり進展しない結果もあり,明確な相関関係は見られなかった。これにはパイピングの発生の有無が関わっていると考えられる。
- [5] 最終的なすべり距離は先端ドメインが発達しているほど短くなった。これは地すべり移動体の先端で土砂が堆積することによりすべりの進行が妨げられることが原因の一つだと考えられる。

今後の検討課題としては、徐々に与える水圧を大きくす るのではなく、地震時を想定して急激に高い水圧を与える ことで、実際の海底地すべりの発生メカニズムの解明に繋 げていくことが挙げられる。また、水膜を観測するには至 っていないため、不透水層下の水の挙動を把握することも 必要である。

### 参考文献

- Shimamura, K., 2008. Revised chart of the submarine canyon and valley systems around the Japanese Islands -on their topographic features and their unsettled questions. Jour. Geol. Soc. Japan, 114, 11, 560-576.
- 2) Sassa, K., He, B., Miyagi, T., Strasser, M., Konagai, K., Ostric, M., Setiawan, H., Takara, K., Nagai, O., Yamashiki, Y. and Tutumi, S., 2012. A hypothesis of the Senoumi submarine megaslide in Suruga Bay in Japan-based on the undrained dynamic-loading ring-shear tests and computer simulation. Landslides, 9, 4, 439-455.
- Nisbet, E.G. and Piper, D.J.W., 1998. Giant submarine landslides. Nature. 392, 329–330.
- Sassa, S. and Takagawa, T., 2019. Liquefied gravity flow-induced tsunami: first evidence and comparison from the 2018 Indonesia Sulawesi earthquake and tsunami disasters. Landslides, 16, 195-200.
- Tappin, D.R., Grilli, S.T., Harris, J.C., Geller, R.J., Masterlark, T., Kirby, J.T., Shi, F., Ma, G., Thingbaijam, K.K.S. and Mai, P.M.,

2014. Did a submarine landslide contribute to the 2011 Tohoku tsunami? Mar. Geol. 357, 344–361.

- 6) Ikehara, K., Satoh, M. and Yamamoto, H., 1990. Sedimentation in the Oki Trough, southern Japan Sea, as revealed by high resolution seismic records (3.5 kHz echograms). Jour. Geol. Soc. Japan, 96, 1, 37-49.
- Kokusho, T., 2000. Emergence of water film in layered sand due to seismic liquefaction and its effect on soil stability. Japan Soc. Eng. Geol. 41, 77–86.
- Kawamura, K., Kanamatsu, T. and Yamada, Y., 2017. Submarine slides and marine geohazards: the study results so far and current problems. Jour. Geol. Soc. Japan, 123, 12, 999-1014.