



# 山陰防災フォーラム

2010 年秋の講演会

**「災害軽減に向けた地域の歴史と地質プロセスの理解」**

**横田修一郎（島根大学・総合理工学部）**

**「松江平野の微地形と 2006 年 7 月水害」**

**林 正久（島根大学・教育学部）**

**「三瓶山・大山における山体崩壊と岩屑なだれ」**

**澤田順弘（島根大学名誉教授）**

**「S.P.C ウォール工法を用いた落石対策事例の紹介」**

**藤井俊逸（（株）藤井基礎設計事務所 技術部長）**

時間：平成 22 年 12 月 4 日（土）14：00 - 17：00

場所：島根大学総合理工学部 3 号館 301 室

## 自然災害軽減に向けた地域の歴史と地質プロセスの理解

横田修一郎（島根大学・総合理工学部）

### 1. はじめにー自然災害の地域性に注目すること

わが国では様々な自然災害が日常的に発生しているが、災害の種類や発生の頻度は地域的に見て一様ではない。また、現実に災害が発生した箇所や地域をみると、地域固有の地形・地質特性や建物との位置関係から、起こるべくして起こったと思われる場合が少なくない。

自然災害の地域的偏りは地形・地質条件や気象条件の地域的違いとともに、人口分布や社会的資本の分布の偏在を反映したものである。このため、過去の自然災害に関する“地域性”を詳しく分析し、相互に比較することで個々の災害発生の要因に迫ることができるし、その中で災害の少ない地域、相対的に安全な地域を見いだすこともできる。

さらに、多発地域では、類似した自然災害が繰り返し発生する傾向にあることから、過去の事例に基づいて地域特有の災害発生過程と要因を明確にできれば、それを将来の発生予測や災害軽減に役立てることができる。

このように考えると、自然災害に関する過去の記録を発掘し、災害の“地域性”に注目することはその軽減のための1ステップであることがわかる。とりわけ、古くからの記録が残る島根県のような地域では有効であろう（横田, 2008）。以下では、このような視点から歴史を通じて自然災害の地域性を見だし、災害軽減に活用することの意味を考えてみる。

### 2. 地域社会の発展と自然災害の発生

#### (1) 自然ハザードの地域性と自然災害の地域性

災害発生の地域性とは、「日本列島で××災害の最も少ないのはどこか?」といった質問に呼応すべき情報であり、都市計画や構造物立地の適性評価には不可欠である。しかしながら、この場合、自然現象（自然ハザード）発生の地域性と、災害発生の地域性とを分けて考える必要がある。前者は地形・地質条件や気象条件に依存した自然の要素であるのに対し、後者には人口密度や建物・道路の密集程度等の社会的要素が関与する。

地震動、火山噴火、斜面崩壊等の自然現象は自然ハザード（natural hazard）または地質ハザード（geologic hazard）とよばれており、これに対して、それらが原因で被害が生じたとき、具体的には生命への危害、構造物等の財産損失や経済的損失等が発生したとき、それを自然災害とよぶのが一般的である。そのため、地域性に関しても自然要素と社会要素に分けて考えていく必要がある。

自然要素の地域性は地震動、火山噴火、斜面崩壊といったハザードの種類・タイプごとに異なるし、社会的要素の地域性も人口分布、建物分布、構造物のタイプ等によって様々であろう。2つに分けて、それぞれの地域性を分析してゆけば、災害発生の要因や機構をより明確にすることができる。

## (2) わが国社会の変遷

このような視点でわが国の社会的変遷をみると、農耕を主体とした古代では、建物や集落は経験的に洪水や崖崩れの及ばない地域、自然ハザード発生が少ない地域に選定された。しかし、中世になると、社会活動のしやすさや戦略上の適地が優先された上、規模も大きくなったため、自然災害に逢う機会が増加した。丘陵上の小規模な集落では大きな災害とならないが、平野の大規模な都市となれば災害を被りやすくなる。

島根県内でも律令時代の出雲の国府（現在の東出雲町）や石見の国府（浜田市）はなだらかな丘陵上であり、地形的にみても洪水や土石流による災害を被る確率は低い。これに対して、戦国時代の月山富田城の城下町（安来市広瀬町）は花崗岩山地の出口に相当し、飯梨川の氾濫にたびたび見舞われてきた。また、石見銀山の仙ノ山（大田市）でも、鉱山開発が本格化した16世紀始めに1,000名以上亡くなった土砂災害発生記録がある（横田，2007）。いずれも、戦略上の適性や経済活動が優先された結果である。

脆弱な古代集落には、とかく自然ハザード発生が少ない地域が経験的ながら選定されてきたが、農業に加えて商工業が発達してからは、自然ハザード発生域と居住域や社会活動域が重なり合うようになったとみることができる。自然災害の発生は、このようにハザード発生の多少だけでなく、居住区域や社会活動域との重なりが重要な要素であるといえる。ただし、古代でも避ける対象はせいぜい洪水や土石流、斜面崩壊等であり、広域の火山活動や地震動は考慮されていないようである。

## (3) 重なりを避ける努力とハード対策

中世～近代の延長で現在の社会をみると、居住域や社会活動域は著しく広がり、道路・鉄道等のライフラインが国土の隅々まで張りめぐらされている。このため、自然ハザード多発地域を避けて社会を維持することは困難な状態である。このような認識から、「自然ハザードが発生しても大きな災害にならないように」という立場での努力がなされてきた。地震動に対して建物の耐震性を高めたり、小規模な斜面崩壊に対して種々の抑止工を設置するといったハード面の対策がこれに該当し、今日の災害対策の中心になっている。

しかしながら、現実にはハザードの種類によっては技術面や経費面から対応の困難なこともあるが、その場合には、ハード面の対策だけでなく、“自然ハザードとの重なりを避ける”努力も必要であろう。ハザードマップや警報に基づく一時的避難もこうした方法の延長とみることができる。

ハザード発生の多少や地域による違いはそれぞれの地形・地質条件の違いを反映している。火山体の周辺以外では火山ハザードは発生しないであろうし、急斜面から離れた地域では斜面ハザードの発生は少ない。また、地盤条件がよければ、地震で発生でも地震動は小さくなる場合がある。さらに詳細な地域性も含めて、地域の歴史は重要な情報をもたらすことがある。自然ハザード発生域と社会活動域との“重なりを避ける”ためには、自然要素の面からこうした地域特性をより詳細に知る必要がある。

## 3. 地質プロセスの中での自然ハザードの発生

### (1) 地質プロセスと自然ハザード

地球上では、降雨や河川水の流下、地盤の隆起等の現象が緩慢なものも含めて日常的に進行

しているが、それらが突発的になったとき、あるいは動きが許容範囲を超えたとき、自然ハザードの発生となる。“自然ハザード”というとき、突如襲ってくるようなものをイメージしがちであるが、実際にはこうした様々な外的および内的営力下で長期間にわたって進行する諸プロセス(地質プロセス, geologic process)の一環であり、その中の突発的な現象とみることができる。

地域固有の自然ハザードがあるとすれば、特有の原因が思い浮かぶ場合が少なくない。地域ごとの地形・地質条件、気象条件などの違いが地質プロセスの違いをもたらし、自然ハザード発生の違いをもたらしている。このため、過去の資料の活用の際には、自然ハザードの発生頻度を漠然と認識するだけでなく、それを通してその背景となる諸プロセス・営力の特徴とそれらの地域的違いを見極めることが重要であろう。

## (2) 地質プロセスの理解にたった自然ハザードの予測

自然災害の歴史の活用として、今日、歴史地震の記録や降灰・火砕流発生の記録はそれぞれの地域内での地震や火山活動の予測に広く活用されているが、これには背景としてのテクトニクスや火山活動等の地質プロセスが認識されている。規模の小さい地すべりや斜面崩壊などでは、こういった活用は少ないが、これらに関しても地域内での単なる発生の頻度だけでなく、上記と同様にそれをもたらした地質プロセスを理解してゆけば、プロセスに裏付けられたかたちで個々のハザード発生の機構が解明できる。

地質プロセスには長期間にわたる構造運動や風化の進行なども含まれるが、地域特有のプロセスの具体的な内容とその規模、進行速度を見いだせば、その延長として自然ハザード発生を確率的予測につなげられる。得られる期間が長いほど、情報量は豊富となり、ハザード予測に資するところが大きい。過去の自然ハザード発生の有無で経験的、帰納的にとらえるだけでなく、物理現象の面からもとらえることで、そうした歴史資料の利用価値は高まることになる。

## 4. ハード対策と重なりを避けることのバランス

現在、自然災害の軽減方法については、ハード面の対策以外にそれとは違った多面的な方法が模索されている(日本学術会議, 2007など)。そのような中で、一般に自然災害が少ない地域を考えてみると、①自然ハザード自体の発生が少ない地域、あるいは②自然ハザードが発生しても大きな災害にいたらない地域といえる。前者は“重なりを避けた”地域であり、後者は十分なハード対策が進んだ地域である。災害の軽減とは、多くの情報を用いて①、②のバランスをとりながら、そうした地域につくりあげることであろう。

地域の情報としては、自然ハザード発生の地域性の中で、その強さや規模、性格を知ることが必要であるし、一方、社会要素としてもハザードに対する弱さ、強さを知る必要がある。後者は個々の建物に対するだけでなく、集落、都市、社会基盤としての強さである。これに関しては vulnerability (こわれやすさ) という概念がある。一定的範囲・時間内において特定のハザード被害による潜在的な最大損失の大きさである。ハード対策と“重なりを避けること”のバランスを考えるには、経費面の他に、こうした面からの議論を進めていく必要がある。

いずれもハザード発生の地域性や過去の歴史・集落や都市の成り立ち等の情報が参考になる。“重なりを避ける”ためのハザードマップや警報に関しても、地域における過去の歴史(島根県土木部砂防課編, 2000等)を活用するとともに、さらに新たな資料を発掘していくべきであろう。一方的に災害軽減するのみを考えるだけでなく、活動できる場の中での災害軽減が必要で

ある。

## 5. まとめ

- (1) 自然災害の地域性は都市計画や構造物立地の適性評価には不可欠であるが、それらは自然的要素としての自然ハザード発生の地域性と社会的要素にも依存した災害発生の地域性とに分けられる。それぞれを要素ごとに分析してゆけば、災害発生の要因や機構をより明確にできる。
- (2) この視点でみると、自然ハザードの発生域と居住区域や社会活動域との重なりが災害発生の重要な要素となる。かつては“重なりを避けること”にウエイトが置かれていたが、この意識は時代とともにしだいに希薄になってきた。
- (3) 現代社会では上記の延長として、“重なりを避けること”よりも、“自然ハザードが発生しても大きな災害にならないように”との立場でハード対策に努力が払われてきた。しかし、常に両者を考慮する体制が必要である。
- (4) 自然ハザードは様々な地質プロセス中での突発的な現象と見なせることから、地域内での単なる発生頻度だけでなく、背景となる地質プロセスの理解が自然ハザードの機構と発生予測には重要である。
- (5) 自然災害の軽減には、地質プロセスに基づいた自然ハザードの客観的な評価と社会的要素も含めた弱さ（vulnerability）を踏まえて、“重なりを避けること”とハード対策を進めることをバランスよく進めていく必要がある。これには「地域の歴史に学ぶこと」が不可欠である。

## 文 献

- 日本学術会議 地球規模の自然災害に対して安全・安心な社会基盤の構築委員会，2007：地球規模の自然災害の増帯に対する安全・安心社会の構築，日本学術会議対外報告，119p.
- 島根県土木部砂防課，2000：島根県砂防史，220p.
- 横田修一郎，2007：応用地質学的にみた石見銀山遺跡，（社）日本応用地質学会中国四国支部 HP，会員広場，6p.
- 横田修一郎，2008：災害軽減に向けた地域の歴史と地質プロセスの理解，技術士会講演会資料，2p.

## 松江平野の微地形と2006年7月水害

島根大学教育学部 林 正久

### 1. はじめに

平野における水害について検討する上で、微地形分類が非常に重要で、伊勢湾台風（1959年9月）の際、大きな被害は「埋立・干拓地」や「旧河道」、「新しい三角州」に集中しており、扇状地や自然堤防等では被害が小さかったことが改めて実証された。国土地理院や国土庁からは「土地条件図」や「水害地形分類図」、「土地保全図」などが作成されている。筆者はかなり以前に松江平野の微地形について報告した（林、1991）。ここでは2006年7月の松江水害を取り上げ、平野の微地形と被災地域の関係を考察していく。

地形分類の手法は以下のように様々な観点から分析する。

- ①文献資料・古地図の判読：風土記／町村市誌（市史）／城下町絵図／地形図
  - ②空中写真の実体視による地形分類：特に米軍撮影（1947年）の1/4万空中写真が有効
  - ③ボーリング試料の分析：堆積物の特徴や地下構造から形成過程を分析
- 松江平野の地形 / 平野の形成過程：古地理（環境変遷） / 城下町の立地条件

### 2. 松江平野の微地形

松江平野の地形分類図を図1に示す。平野の微地形は、三角州Ⅰ面、三角州Ⅱ面、微高地、旧河道、低湿地、埋立地・干拓地に分けられる。他に山地・丘陵の谷から伸びる谷底平野・扇状地・崖錐地形もみられる。

- ①三角州Ⅰ面：標高2.5m以上で、朝酌川などの谷底平野の出口付近に分布し、三角州Ⅱ面とより50cm程高く、三角州Ⅱ面との境界には小崖が見られることもある。三角州Ⅱ面より古い三角州である。
- ②三角州Ⅱ面：標高2.5m以下で大橋川をはさんで全域に広く分布する。一部には江戸時代の新田開発の部分も含まれる。新しい三角州である。
- ③微高地：宍道湖の南北に分布する砂州（末次砂州・白潟砂州）と自然堤防に区分される。末次や白潟の砂州は三角州Ⅱ面より1～1.5m高い位置にある。松江城下町の形成・拡大に伴って、人工的盛土によって従来の砂州の部分が大幅に延長されているようで、正確な砂州の境界は図示した範囲より狭いと考えられる。自然堤防は大橋川や天神川などの河川の氾濫によって形成されたもので、東津田の北付近に顕著に見られる。三角州Ⅱ面との比高は数10cmである。
- ④旧河道：かつての川の跡で、洪水時には河道になりやすい。朝酌川沿いや大橋川中洲に明瞭に識別できる。
- ⑤低湿地：排水の悪い低平な地形で、松江城の西、黒田町付近に顕著なものが見られる。平野への出口付近にも小規模なものが点在する。
- ⑥埋立地・干拓地：明治以降に造成された土地で、宍道湖岸に見られる。埋立前の湖底地形はかなり浅い部分である。

### 3. 松江平野の形成過程（古地理）

平野の微地形と地下の構成物、古地図、文献などによって復元した平野の形成過程は以下のようになる。

#### ①最終氷期（数万年前～3万年前）の松江平野

海面は現在より80～120m低く、松江平野周辺はすべて陸地であった。古朝酌川や忌部川は西へ流れ、

大津付近で古斐伊川に合流し、稲佐の海岸より約10\*。西方で海に注いでいた。深い河谷が形成され、谷底などに基底礫層が堆積した。

## ②縄文前期（6000年前頃）の松江平野

後氷期になると海水準が上昇し、6000年前頃に現在より3～5m?高くなる（縄文海進）。この時期には大社湾＝宍道湖＝中海＝美保湾と続く島根水道が形成され、島根半島山地は分離して島となる。水道の最狭部は「矢田の渡し」付近と考えられる。現在の三角州Ⅰ・Ⅱ面の地域はすべて海面（比較的浅い海）であった。海底には少しずつシルト・粘土が堆積し、同時に海の幅が狭くなり始める部分には、白濁・末次の砂州・砂堆が形成されていった。そのため、砂州の東側、津田～川津にかけては小さな湾入部、「松江湖」の状態となる。海岸に近い丘陵や段丘面上が主な居住地であった。

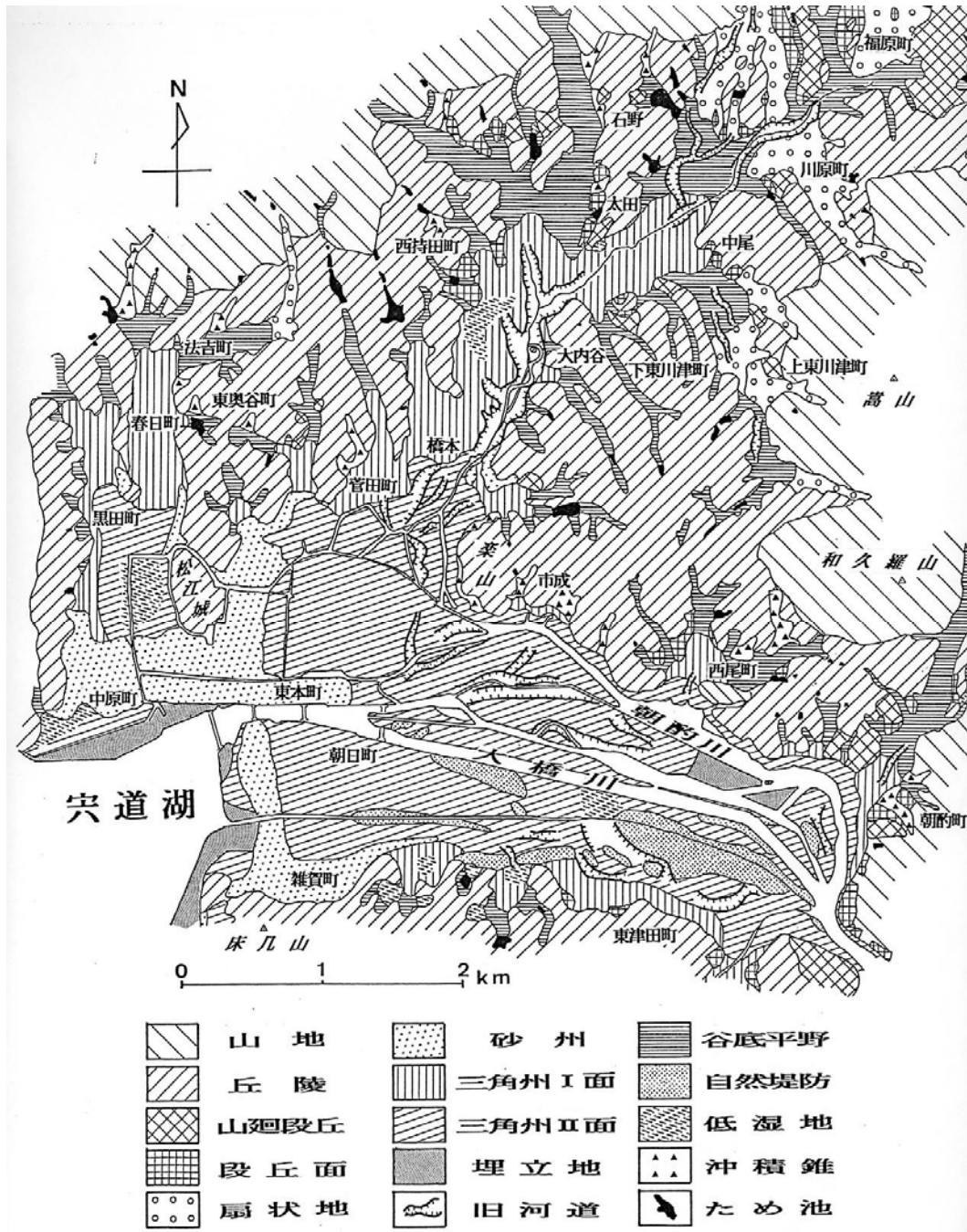


図1 松江平野の微地形

### ③縄文末期～弥生時代（3000～2000年前）の松江平野

高頂期の海水準は低下し始め、3000～2000年前に現在より1～2m低くなる（弥生の小海退）\*。縄文末期に三瓶太平山火砕流の流下によって神戸川の三角州が急激に前進し、島根半島山地が出雲平野と繋が（2700年前頃）、島根水道は西の内湾（神門水海）と東の入海（宍道湖・中海）に分離する。「松江湖」も埋積が進み、水深は浅くなって、三角州I面の陸地化が始まる。入海側は西から順に[宍道湖—末次・白潟砂州—松江湖—矢田の狭窄部—中海—（夜見島）—美保湾]と続く。居住地は丘陵や段丘面上に加え、三角州I面の丘陵に近い地域に広がる。

\*日本の他の地域では縄文中期の小海退（5000～4000年前）の存在も指摘されている。

### ④風土記時代〔天平5年（733）頃〕の松江平野

この時期は三角州II面の形成途上で三角州I面や谷底平野には農地が展開可能。出雲大川（斐伊川）は西流し、入海（宍道湖=中海）の存在が記載されている。

『出雲国風土記』の記載に見る松江周辺の様子と古地理が読み取れる事項としては

入海の北：「嶋根郡」「法吉郷」「法吉郷」「朝酌郷」「山口郷」「生馬郷、

入海の南：「意宇郡」「山代郷」「大草郷、

朝酌渡\*（矢田渡し）：幅80歩（143m）--現在は約120m、\*大橋川に相当する河川名がない。

法吉坡：黒田から中原に位置する低湿地。周囲2.7<sup>キ</sup>、深さ2m程。

佐太水海（現潟の内）：周囲3.7<sup>キ</sup>、宍道湖とは270m隔てている

蚊嶋（嫁ヶ島）：ミルが生育しており、現在より塩分が高濃度である。

塩楯嶋

### ⑤風土記時代から近世までの松江平野

中世の松江平野についてはデータが少なく、詳細は不明であるが前代より海面が上昇した可能性がある。三角州I面は農地や集落に利用され、三角州II面も拡大していく。

条里制遺構：意宇川下流（大草、山代、竹矢、東出雲町出雲郷）、朝酌川中・上流部（持田、川津地区）、西生馬、下佐陀 古曾志、西浜佐陀、本庄、長海に存在。

12世紀の荘園：揖屋荘、佐陀荘、末次荘、持田荘

尼子時代の松江：斐伊川は西流し、松江水道の渡し場は浅く、瀬には竹橋（=からから橋）が架設。

### ⑥近世以降の松江平野

(i) 堀尾氏による松江築城：慶長12年（1607）～16年（1611）

松江城は元の末次城の位置に築く。風水思想に基づいて城郭を建設した。

松江築城時、北側の赤山の掘の掘り土で田町の泥沢を埋め立てる。

西側（中原方面）の内堀・四十間堀付近はふけ田\*（湿田）・芹田【法吉坡の名残】が広がる。末次砂州は荒隈の土手として、末次=大社を結ぶ湖北街道の起点。

東側（川津方面）には沢\*\*やふけ田\*が広がる。入海の名残や沼地・浅瀬【松江湖の名残】+朝酌川が注ぐ。  
ふけ田\*：深田、湿田      沢\*\*：浅い池、湿地、草地

南側（末次・白潟方面）には末次砂州が伸び、荒隈～瓢箪町（現東本町三丁目）までが陸地でその東は遠浅。松江渡り（末次の舟渡り）が存在したが、水路（現大橋川）の河川名は記載されていない。灘あるいは松江水道と呼ぶべき状態。

橋南の白潟の砂州地域は人家なく白砂の土地、寛永17年（1640）頃まで、洞光寺から大橋詰まで大土手があった。白潟渡りが存在したが、水路（現天神川）の名称なし。

(ii) 江戸時代後期の松江城下

荒和井の土橋はなく、砂州の地域は西側で地続きとなっていたが、元禄年間に砂州を切って宍道湖へ通ずる堀が掘削され、それに伴って土橋が設置された。

石橋縄手は1700年代までは「桁内」という田地で住宅地が広がったのはそれより後になる。

天神川：延宝2年（1674）の洪水で松江が水没した後、その対策として、白潟渡りから幅250間の水路が開削され、新川（天神川）と名付けられた。運河としても利用された。



天保（1830-1844）の絵図によると橋北では石橋～北堀～北田町～南田町～向島町までが居住地。それ以東は田。向島の東に派川「新川筋」が存在した。北田町の田町川に筋違橋（現松原橋付近）が敷設されており、それより東は一面の田（川津村分）が広がり、伊豆屋新田・大橋葭嶋などの地名が見られる。葭嶋川・上追子川など小さな水路が走る。黒田町付近は一面に田が広がる。

橋南には天神川と大橋川を結ぶ堀（和多見川・式番川など）が掘削されている。和多見川以東はすべて田が分布する。

#### 4. 2006年7月水害と微地形

2006年7月19日に、斐伊川上流域に集中豪雨があり、宍道湖の水位が上昇、松江地区は各所で冠水し、甚大な被害を受けた。特に、大橋川にかかる5本の橋のうち松江大橋、新大橋、くにびき大橋が通行止めとなり、公共交通機関をはじめ市内の交通網が寸断され大混乱となった。洪水・氾濫による道路の冠水や家屋への浸水地域は、

橋南地域：大橋右岸沿い、駅前付近、駅南地区、灘町の宍道湖岸、天神川沿い

橋北地域：田町付近、北堀南東、松江しんじ湖温泉、県立図書館付近、黒田付近

全体としては、浸水は三角州Ⅱ面や低湿地に集中しており、三角州Ⅰ面や砂州地域では被害が少なかった。微地形分類と被害地域はよく対応している。もちろん、低湿な地域でも盛土地など土台が高くなっている部分は冠水していない。

昭和47年7月豪雨災害以来の大水害として、大きな社会問題となった。被害にあった住民への復興援助をはじめ、被災家屋などから搬出された廃棄物の処理などが問題となった。とりわけ、情報周知対応に不手際が目立ち、深夜まで交通混乱が続いた。

#### 5. 防災から免災 避災へ

河川や湖水は氾濫する宿命でそれが本来の姿である。豪雨や台風時に溢れることによって、自身のシステムを制御してきた。“100年に一度の災害”は不確実で想定することは難しい。それに“備える”となると、かなり大規模な事業（投資）が必要となる。また、築堤や堰が建設された結果、堤外地の河床上昇や内水氾濫の危険性も高くなる。あまり長期の防災は非効率である。1世代30年単位の防災システムを考えるべきであろう。

「君子危うきに近寄らず」の諺がしめすように、危険地域には住まないというのが原則である（『防災より避災へ、逃災へ』）。したがって、自分の住んでいる場所がどのような立地条件にあるかを知ることが重要である。そのためには「ハザードマップ（水害危険度、火山災害危険度、地震災害危険度、津波被害危険度など）」、逆にいえば「安全度マップ」の利用、情報周知が必要である。当然、避難体制・施設の整備も伴わなければならない。また、被災後の復興への補助・援助体制も重要で、「100年に一度の災害」を防ぐための投資の一部を基金として積み立てておくなどの手立ても考えておくべきであろう。

#### 文 献

林 正久（1991）「松江周辺の沖積平野の地形発達」 地理科学, 46, 1-20

建設省中国地方建設局・出雲工事事務所編（1995）『斐伊川誌』Ps.679.

松江市誌編さん委員会（1962）『新修松江市誌』松江市, Ps. 1837.

松江市誌編纂委員会（1988）『松江市誌』松江市, Ps. 1737.

加藤義成（1981）『修訂出雲国風土記参究』今井書店, Ps. 545.

## 三瓶山・大山における山体崩壊と岩屑なだれ

澤田順弘（島根大学名誉教授）

**【火山災害は最悪の自然災害である】** 火山災害の脅威に直接さらされている人々は全世界に5億人いると言われている。火山活動に起因する大規模な津波，地球的規模でおこる環境変化とその結果としての飢饉など間接的な影響も含めると，火山災害はもっとも甚大な人的・物的被害を及ぼす最悪の自然災害である。火山災害の中でもとりわけ火砕流，火山泥流，山体崩壊は瞬時に数千～数万人の生命を奪う恐るべき災害である。20世紀だけをとっても1902年西インド諸島サンマルチニク島のモンプレー火山の火砕流で約29,000人死亡，1985年コロンビアのネバドデルルイス火山の火山泥流によって少なくとも23,000人が死亡したことを筆頭に，数千人を超える人々が亡くなる被害がインドネシアやパプアニューギニアでも起こっている。

近年の大規模な山体崩壊や岩屑なだれの例としては57名の犠牲者を出した北米セント・ヘレンズ火山1980年の噴火があげられる。日本においては，1792年の雲仙眉山の崩壊がある。1791年末に前兆現象としての群発地震が発生。翌1792年2月雲仙普賢岳の北側山腹から（新焼）溶岩流出。同年5月，普賢岳の東方約4kmの眉山が大崩壊。この山体崩壊は火山性群発地震によるものだが，眉山からはマグマや水蒸気は噴出しなかったため，マグマが直接関与していたかどうかは不明である。山体崩壊による多数の死者もさることながら，有明海に流出した岩屑なだれによって引き起こされた波高10mに達する大津波は対岸の熊本をおそって1万人に及ぶ死者を出した。このことからこの災害は「島原大變肥後迷惑」と言われた。明治時代の1888年には会津磐梯山で水蒸気爆発が引き金となった大規模な山体崩壊と岩屑なだれが発生し，死者477人を出す大惨事となった。

ここで紹介した山体崩壊と岩屑なだれはいずれの山体もデイサイトや安山岩など高粘性の岩石からなる急峻な火山で起こっている。山体崩壊は軟弱となった円弧すべり面を伴うものの，崩壊の直接のトリガーとなるのはセント・ヘレンズ火山におけるようにマグマが直接関与するもの，磐梯山のような加熱された熱水によるもの，雲仙眉山のように群発地震など多様である。そもそも高粘性の溶岩からなる溶岩円頂丘や火山岩尖（溶岩塔）は傾斜が急峻であり，また，比較的low粘性の溶岩や火山砕屑物（岩）も厚さ数cm～数mの層をなすことから，火山岩体は本質的に不安定であり，火山活動がない場合でも崩落する宿命をおびていると言える。日本列島は言うまでもなく火山国であり，現在，北方4島も含めて活火山（1万年前以降噴火記録をもつ火山）は108座に及ぶ。日本列島の火山はデイサイト（雲仙岳や有珠山など）や安山岩（桜島や浅間山など）からなる火山も多く，常に山体崩壊や岩屑なだれが起こる潜在的な危険性をもっているのである。

**【三瓶山と大山の地質概説】** 中国地方には幸い現在噴煙を上げている火山はないが，島根県の三瓶山と山口県の阿武単成火山群は2003年の気象庁（火山噴火予知連絡会）による定義に

従って活動が不活発なランクCの活火山として認定されている。三瓶山は島根県中央に位置し、北西－南東方向に長軸をもつ楕円形のカルデラとそれを被覆する種々の火砕物、および中央の溶岩円頂丘群と火砕丘から構成されている（第1図）。三瓶山中央部には、室ノ内と呼ばれる直径約1kmの火口があり、それを囲んで火砕丘の太平山(860m)、デイサイト溶岩円頂丘の女三瓶(957m)、男三瓶(1126.2m)、孫三瓶(907m)、子三瓶(961m)が環状に配列し、これらの南東に上記溶岩円頂丘より時代が古い日影山デイサイト溶岩がある。三瓶山は約10万年ほど前から噴火を開始し、最後の大噴火は約3,500年前にあった。

一方、大山は鳥取県西部に位置し、東西約35km、南北約30km、総体積約120km<sup>3</sup>をこえる大型の第四紀複成火山で、日本列島におけるデイサイト火山の中でも最大級の規模を有する。大山本体は中国地方の最高峰である標高1729mの剣ヶ峰を主峰とし、弥山(1711m)、天狗ヶ峰、槍ヶ峰からなり、デイサイト溶岩や山体崩壊物からなる。広大な裾野をもつ山麓にはデイサイト溶岩円頂丘、寄生火山、火砕流や土石流堆積物、山体崩壊物・崖錐などの粗粒堆積物、降下火山灰などが分布する。活動時期は100万年頃（津久井ほか、1985）から1.7万年頃（三位・赤木、1967；赤木、1973）まで及ぶ。

本フォーラムでは三瓶山男三瓶北方で3,500年前に発生した立石岩屑なだれの要因と大山溶岩円頂丘周辺における山体崩壊の可能性について、地質学・記載岩石学を基礎として、古地磁気的手法を用いて検討した結果を報告する。

**【三瓶山立石岩屑なだれ】** 立石岩屑なだれは福岡・松井（2004）によれば三瓶山における活動最末期の第Ⅶ期に属し（第1図）、炭化木片の14C年代は3,450±150～3,740±30y. B. P. で、同時期に三瓶円頂丘溶岩、太平山火砕流・降下火山灰などの活動がある。男三瓶と女三瓶の溶岩円頂丘の形成年代は、地磁気の永年変化から3700-3800y. B. P. と推定されている（沢田ほか、1999）。

男三瓶溶岩円頂丘の北麓から北西方向の谷沿いに分布する堆積物は、松井・井上(1971)では長者原火砕流堆積物、服部ほか(1983)では多根火砕流堆積物と北の原溶岩流の一部、林・三浦(1987)では三瓶多根火砕流堆積物と三瓶円頂丘溶岩の一部とされた地域である。服部ほか(1983)は上面に比高の大きなしわ模様と末端に最大比高60mに達する急崖が存在することから、表層部に厚い流動角礫を伴った高粘性の塊状溶岩であると解した。福岡・松井(2001)はこれらの粗粒堆積物が岩屑なだれ堆積物の特徴を持つことを見出し、立石岩屑なだれ堆積物と改称した。

沢田ほか(2002)は男三瓶山の頂上(1126m)から北に800m下ったくびれ地形を示す台地(730m)で採取された深度50mのボーリング地点（第1図地点1）におけるコア試料、この地点から北方へ約2.5km、さらに、そこから西北西へ約2kmにわたって分布する岩屑なだれ・土石流堆積物について、地質記載と岩石の段階加熱熱消磁実験と地磁気方位測定を行った。第2図の地点1におけるボーリングコアは地表から12.4mまでは泥、灰色や赤褐色の砂や角礫からなるが、それより地下50mまでは著しく破砕され3～5cm前後の角礫となっている。基質は少なく、デイサイトの破砕物からなる。古地磁気方位は1成分で、590℃または650℃以上で定置したと推定される。ボーリング地点から北方へ1.5km地点までの堆積物は、岩片、基質ともに淘汰が悪く、赤褐色、灰色～青灰色のデイサイトの粗粒岩片と細粒碎屑物からなる。1kmまでの間（地点2）の岩片には冷却節理面やジグソークラックが発達するものもあり、また、ほとんどの試料が当時の地磁気方位を示す1成分からなり、590℃以上で定置したと推定される。さらに流れ山地

形も認められる。1.5km 地点（地点 3）までの堆積物中の岩片は低温成分が類似し、当時の地磁気方位に近い方向を示すもの（定置温度は 300-350°C, 400-450°C, 450-500°C）と方位がそろわないもの（250°C 以下）とがある。ボーリング地点から北方へ 2.5km の地点 4 では間に厚さ 3cm 前後の細粒火山灰層や不規則に変形したシルト層が挟まれる。4.5km の地点 5 では、不淘汰な基質支持の堆積物で、岩片は主にデイサイトで、青灰色や赤褐色の垂角礫、一部で大礫を含むが、径約 20cm 前後の基盤由来の花崗岩もみられる。1.5km より離れた地域の堆積物中の岩片は当時の地磁気方位を示す成分はみられず、すべてバラバラな方向を向いていることから定置温度は 250°C 以下と推定される。以上の結果から、以下のような結論が導かれる。男三瓶北方の台地の少なくとも地下 50m 以上には著しく破碎されたデイサイトが存在し、しかも定置温度は 590°C 以上の高温である。この地点から離れるほど、堆積物は岩片支持から基質支持になり、基質は岩片の破碎物で構成されることから、これらは一連の火砕活動による岩屑なだれ堆積物であると言える。ボーリング地点から 1.5km 離れた地点 3 までには定置時に 300°C を超す岩片が含まれている。また含まれる岩塊は未発泡で、岩石磁気特性が溶岩ドームを構成するデイサイトと類似することから、岩片の給源は溶岩ドームと考えられる。これらから考えて立石岩屑なだれの発生原因は男三瓶におけるデイサイト溶岩のせり上がりによるもので、くびれ地形を示す台地は、高温の溶岩ドームの崩壊によってできた地形であると推測される（第 3 図）。

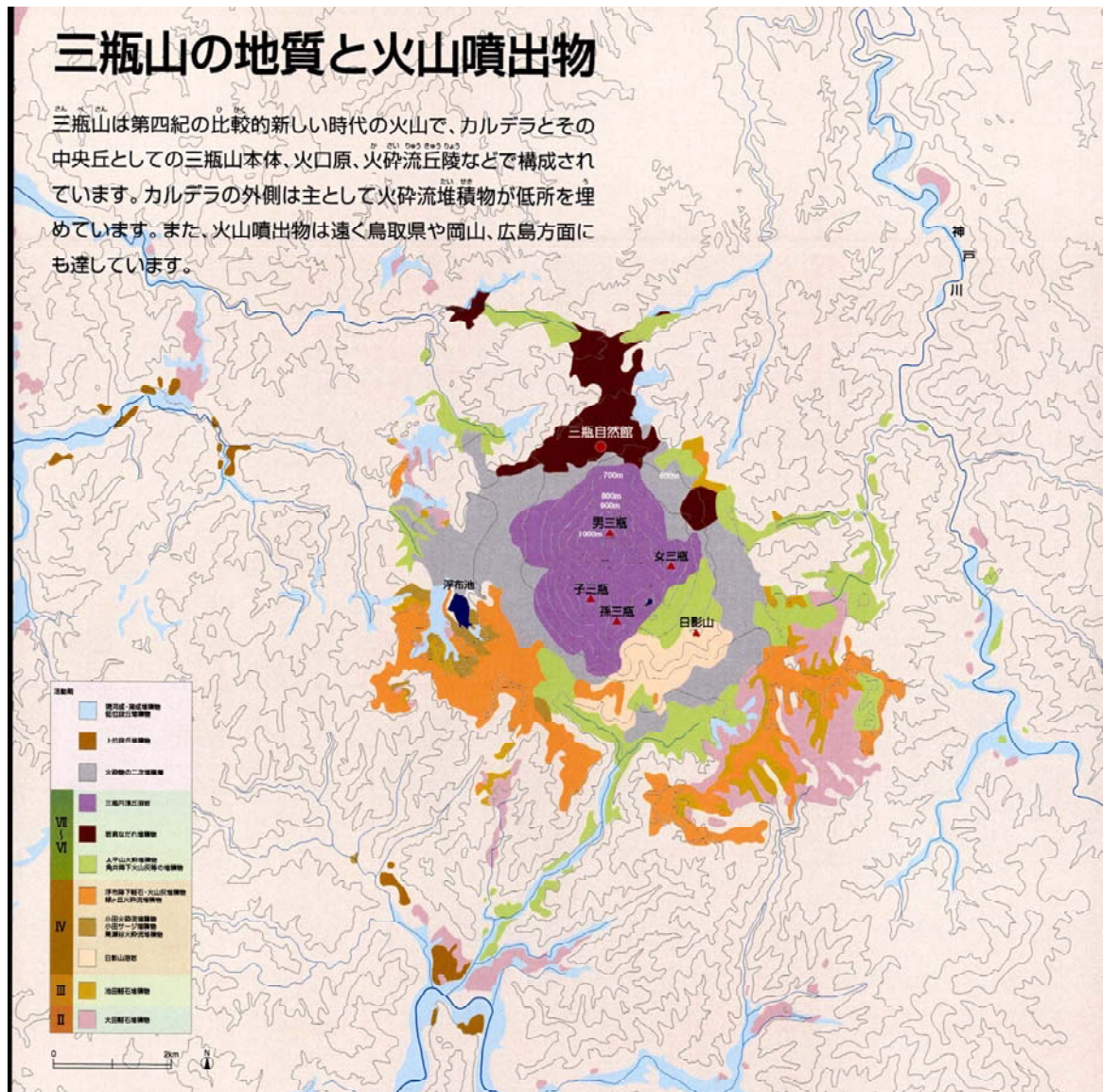
ちなみに、小豆原埋没林は立石岩屑なだれ堆積物の末端に位置する。ここでは火砕流、土石流、河川による堆積物が縄文時代の森林を埋積している。

**【大山における山体崩壊の可能性と火砕流・崩落堆積物】** 弥山、天狗ヶ峰北東方の尾根、三鉢峰、元谷東側の著しく剪断をうけた岩塊、大山寺近傍の金門の岩体（岩塊）、上宝珠から下宝珠にかけての粗粒堆積物、南側斜面（一の沢、二の沢、三の沢奥）の粗粒堆積物を対象として、地質学・記載岩石学を基礎に、岩塊や堆積物中の岩片の古地磁気方位から、それらの成因と大山火山発達史における意義について検討した（藤代，2006MS；松原，2008MS；沢田ほか，2009）。その成果の概要は以下のようにまとめられる。

- (1) 弥山、槍ヶ峰北方、三鉢峰の溶岩円頂丘はほぼ現在と同じ磁化方位を示しており、固結後（ブロッキング温度以下になって以降）、大きな変動を受けていない。
- (2) 弥山-剣ヶ峰から三鉢峰にかけての北側はすり鉢状の凹地となっており（第 4 図）、これが山体崩壊によるものかどうかの検討を行ったが、結論的に言えば、現時点では大規模な山体崩壊を示す決定的な証拠は得られなかった。しかし、次の諸点が明らかとなった。
  - 2-1) 元谷の東側、宝珠山南端のデイサイトは比高数 10m、長さ数 100m 以上に及ぶ岩塊からなっているが、それは強いせん断を受けており、クラックが発達し、上部は粗く、下部ほど細くなる。部分的に脈状に粘土化しているところもある。スリッケンサイドがみられ、面構造は N38° E25° W、線構造は N86° W19° NW で、三鉢峰から北西ないし西方向を示す。宝珠山から三鉢峰にぬける尾根道沿いの露頭でもスリッケンサイドが確認され、その面構造は N27° E23° W、線構造は N63° W23° NW で、上記の元谷の東側の岩塊と類似した方向を示す。岩塊の古地磁気方位はデイサイト溶岩円頂丘と比べ有意な差がないことから、転動を伴わない移動であった。（第 7 図）
  - 2-2) 金門は高さ約 30m のゴルジで、300m 以上にわたって岩盤が露出しているが、この岩

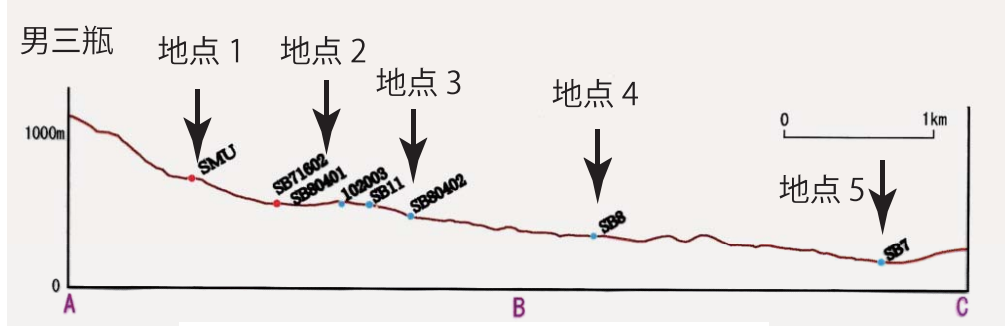
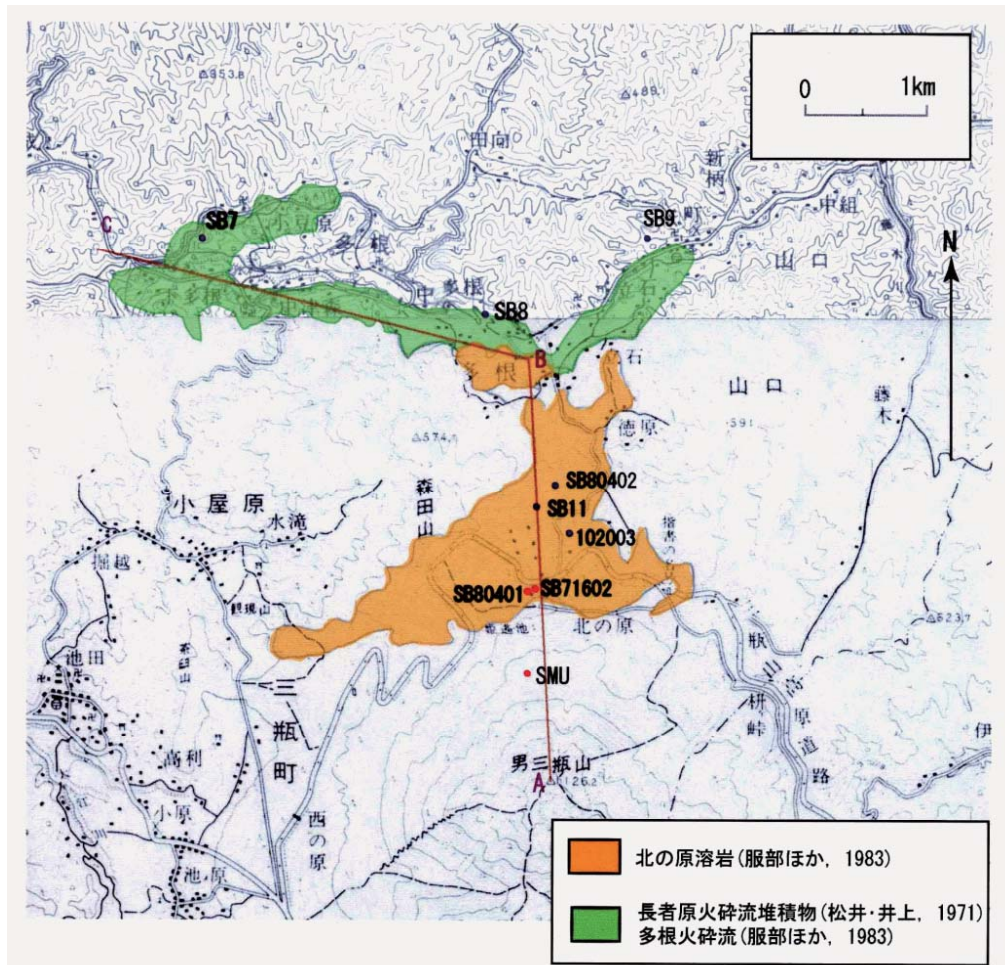
体の伏角は 70-79 度である。金門の北北東延長にあたる大山寺北西のホテル裏にもデイサイト岩体が存在するが、伏角は 75 度で、これらのデイサイト岩体は一連のものとして推定される。一方、槍ヶ峰や三鉢峰の伏角は 45-47 度であるので、誤差や永年変化を考え合わせても、金門や大山寺北西のデイサイト岩体は明らかにブロッキング温度以上で定置後、東西方向の軸をもって、より深い方向に回転している。この変動の解釈として、1) 貫入時のもの、2) 弥山側のドームアップによるもの、あるいは 3) 山体の崩壊によるかのいずれかである。(第 4, 7 図)

- (3) 標高 1100~1200m の宝珠山の尾根付近には岩塊を含む粗粒堆積物が分布する。これらの堆積物には古地磁気方位が槍ヶ峰や三鉢峰のものと類似するものが含まれ、定置時に高温 (590°C 以上) であったことから、火砕流堆積物と判断される。火砕流堆積物は元谷底から比高 200m の尾根筋まで分布しており、現在は元谷によって著しく浸食されているが、火砕流発生当時は標高 1300m 付近まで火砕流堆積物によって覆われていた可能性が高い。
- (4) 大山南側斜面、一の沢において標高 1300-1350m 付近には淘汰が悪い塊状の粗粒堆積物が分布するが、その中の岩片には冷却クラックの発達するものもあることから火砕流堆積物が含まれている。二の沢の標高 1350m 付近にも岩片の古地磁気方位が単一成分で、現在とほぼ同じ方向を示す粗粒堆積物があり、これらも火砕流堆積物である。(第 5, 6 図)
- (5) 三の沢の標高 1350m~1400m あたりに分布する粗粒堆積物は、一般に著しく剪断を受けており、基質は粗粒~細粒のデイサイトの破砕物や粘土からなる。中には径数 m に達する大きな岩塊も含まれている。岩片の高温成分の古地磁気方位は弥山や槍ヶ峰北方とほぼ同じような方向を示すものと、それからは大きく異なった方位を示すものがあり、崩落から定置時に高温であったもの、すなわち噴火時のものと、デイサイト岩塊が冷却後に転動したもの、すなわち噴火後のものの両者がある。(第 5, 6 図)
- (6) 大山に見られる比高差 700-800m の溶岩円頂丘は削剥された結果、現れたもので、噴火時には溶岩円頂丘の比高差は 300-400m 程度であったと推定される。

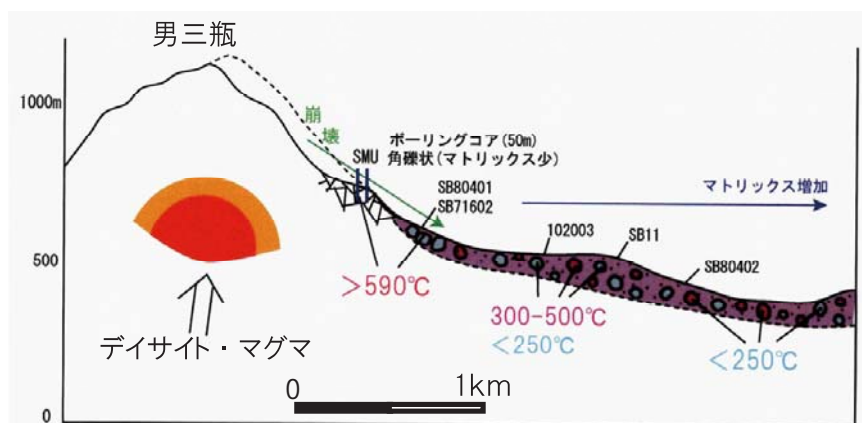


第1図 三瓶山の地質図。  
島根県立三瓶自然館「三瓶火山・松井資試料データベース」(2010)より引用。





第2図 立石岩屑なだれ堆積物の分布，地形断面図と試料採取地点



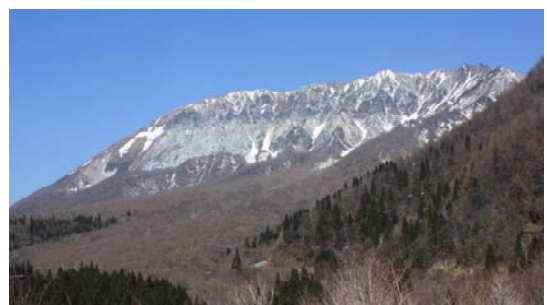
第3図 段階加熱実験から推定される立石岩屑なだれ堆積物の定置温度見積もりと岩屑なだれの形成モデル。



第4図 空から見た大山北側。写真は山と溪谷社発行，新版・空撮ガイド12「北陸・近畿・中国の山々」（撮影：瀬尾 央氏）から引用。宝珠尾根と金門を加筆。

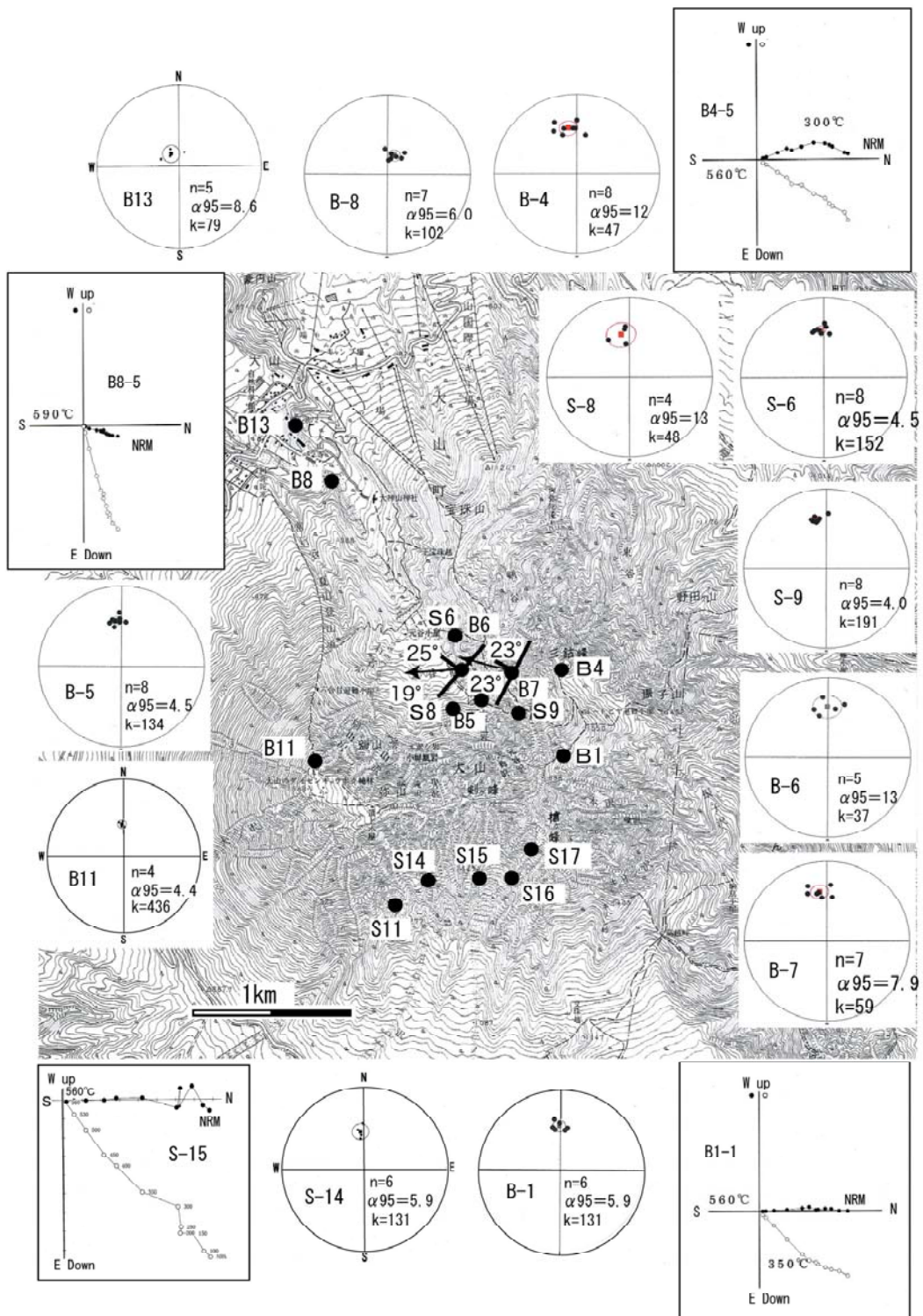


第5図 空から見た大山南側。山麓まで深く切れ込んだ沢は左（西）側から一の沢，二の沢，三の沢。



第6図 鍵掛峠から見た大山南壁。中腹より下方帯状に見える明灰色部は火砕流，土石流，及び崩壊 - 崖錐堆積物。





第7図 大山におけるデイサイト岩体と粗粒堆積物中の岩片の古地磁気方位を示すシュミットネット図及びザイダーベルト図。2成分以上の場合には高温成分のみを扱った。nは分析個数,  $\alpha 95$ は95%の信頼限界円, kは集中度パラメータ。解析は Kirschvink(1980)に従い主成分分析を行った。スリッケン・サイドの面構造と線構造の方向も示した。沢田ほか(2009)より引用。

## S. P. C ウォール工法を用いた落石対策事例の紹介

(株) 藤井基礎設計事務所 藤井俊逸

### 1 概要

SPC 工法とは、道路などを落石から守るための落石対策工法である。島根県で最初に SPC 工法の設計に携わったことから、それ以降、多くの設計に携わってきた。

ここでは、島根県に最初に SPC 工法を取り入れた「松江木次線の事例」と、平成 19 年に豪雨災害で発生した斜面岩盤崩壊の対策として SPC 工法を取り入れた「隠岐の災害復旧工事事例」について紹介する。

### 2 SPC 工法の概要

#### ① 材料構成と施工手順

図-1 に標準断面図を示す。施工手順に従い説明する。

- a) 先ず基礎を施工。
- b) 基礎に、パネル 1 段を PC 鋼棒で固定。
- c) 地山にせん断ボルトを打設し、エアーミルクを打設する。  
これにより、地山とエアーミルクは一体化される。エアーミルクは流動性が高いためパネルに大きな水平力が作用するが、PC 鋼棒で固定しているため安全となる。
- d) 打設 1 日後に、次のパネルを上部へ載せ、PC 鋼棒で連結。
- e) その後、エアーミルク打設。
- f) この作業を繰り返し、SPC 擁壁を構築する。
- g) 最後に、上面にサンドクッションを設ける。

#### ② 特徴

SPC 工法の特徴を整理すると以下となる。

- a) エネルギー吸収効果が高い。
- b) その結果、経済的になる。
- c) 落石があった場合は、道路から落石岩塊を取り除くことで対応できる。
- d) 衝撃力が大きい場合でも、落石岩塊取り除き後、サンドクッションを部分的に除去し、衝突部のエアーミルクを補修するだけでよい。

### 3 松江木次線の事例

松江木次線の海潮温泉付近で、H12 年 11 月に 1.5m\*2m\*2m の落石が発生した (図-3)。鳥取西部地震が H12/10/6 に発生しており、その余震によるものと想定された。

ここでの落石対策を、SPC ウォール工法で行った。島根県内では初めての採用となったため、熊本県の施工事例の視察や、現場実証実験 (H13 年 12 月) を行った。

現場実証実験では、完成後の SPC 工法に、3 t の重錘を 15m の高さから落下させた。その際、エアーミルク内の衝撃圧力を土圧計で測定し、地山とエアーミルクのせん断ズレをせん断ボルトに設置した歪みゲージで測定した。また、壁面パネルを接続する PC 鋼棒にも歪ゲージを設置し壁面変位を捉えた。その結果、重錘の衝撃力に対して、非常に安定していることを確認した。このときのデータは、SPC 工法の落石に対する有効な検証データとなり、「SPC ウォール工法」(理工図書) という本にも掲載されている。

調査は地表踏査とボーリング調査を中心に行った。ボーリング孔内では、ボアホールスタンプで亀裂の状態と走向傾斜を確認し、解析に役立てた。設計は、「SPC ウォール工法」の本に従って、設計を行っていったが、エアーミルクの破壊に対する考え方は、離散化極限解析を行い行って安全性を確認した。

#### 4 隠岐の災害復旧工事事例

平成 19 年に隠岐の島では、時間雨量 131mm という豪雨があった。そのとき、隠岐の島の各所で災害が発生しているが、検討地は急崖斜面が岩盤崩壊した箇所である。

斜面崩壊後、斜面中に大きな岩塊があり、それが落石源となることが予想された。その落石対策工として、SPC 工法を用いた。

ここでは、崩壊地に入ることが危険であったので、3D 測量を用いて地形形状や、落石源の大きさを把握した。また、危険斜面の下側で工事作業をすることになるため、安全管理方法を工夫した。

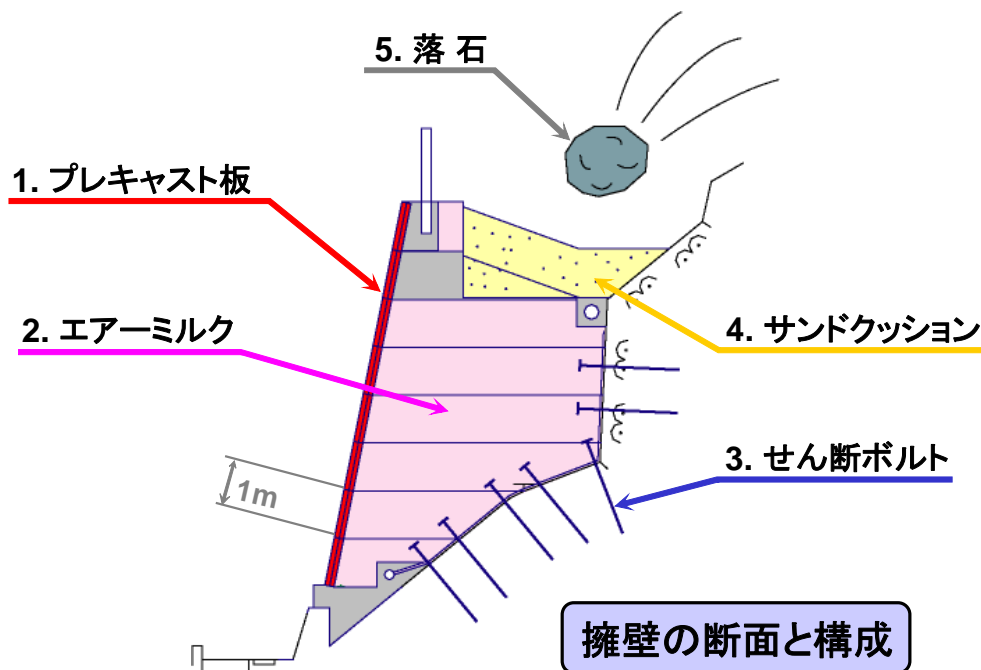


図-1 SPC 工法標準断面図

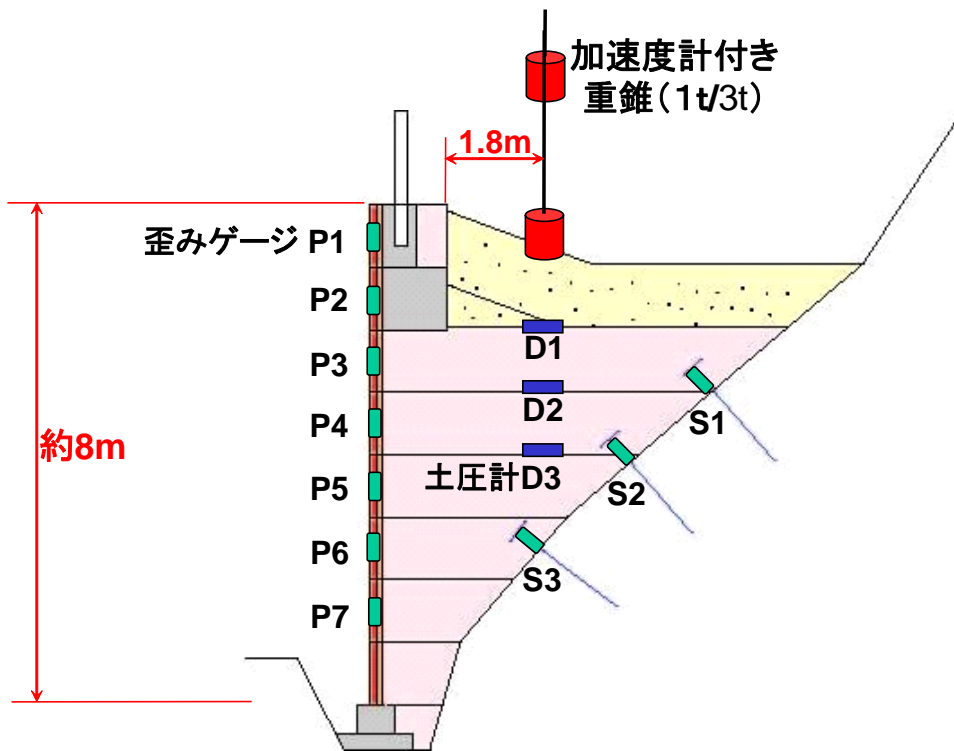


図-2 SPC 工法計測説明図

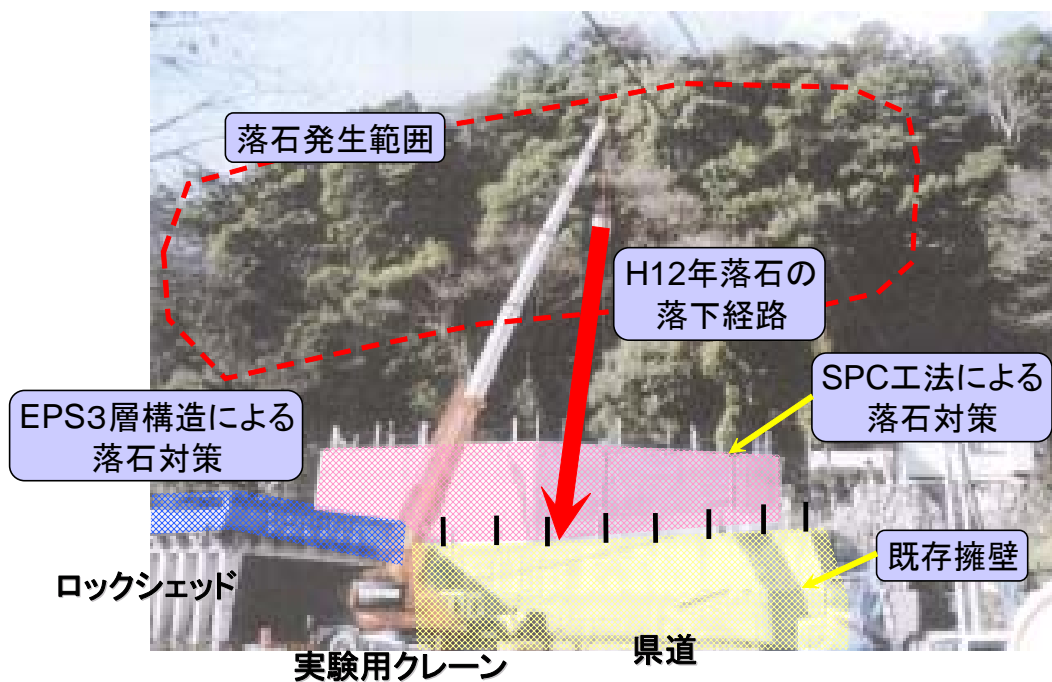


図-3 松江木次線の全景

1.5m\*2m\*2mの落石があった。写真中のクレーンで3tの重錘を吊り上げて、落下実験をしている。



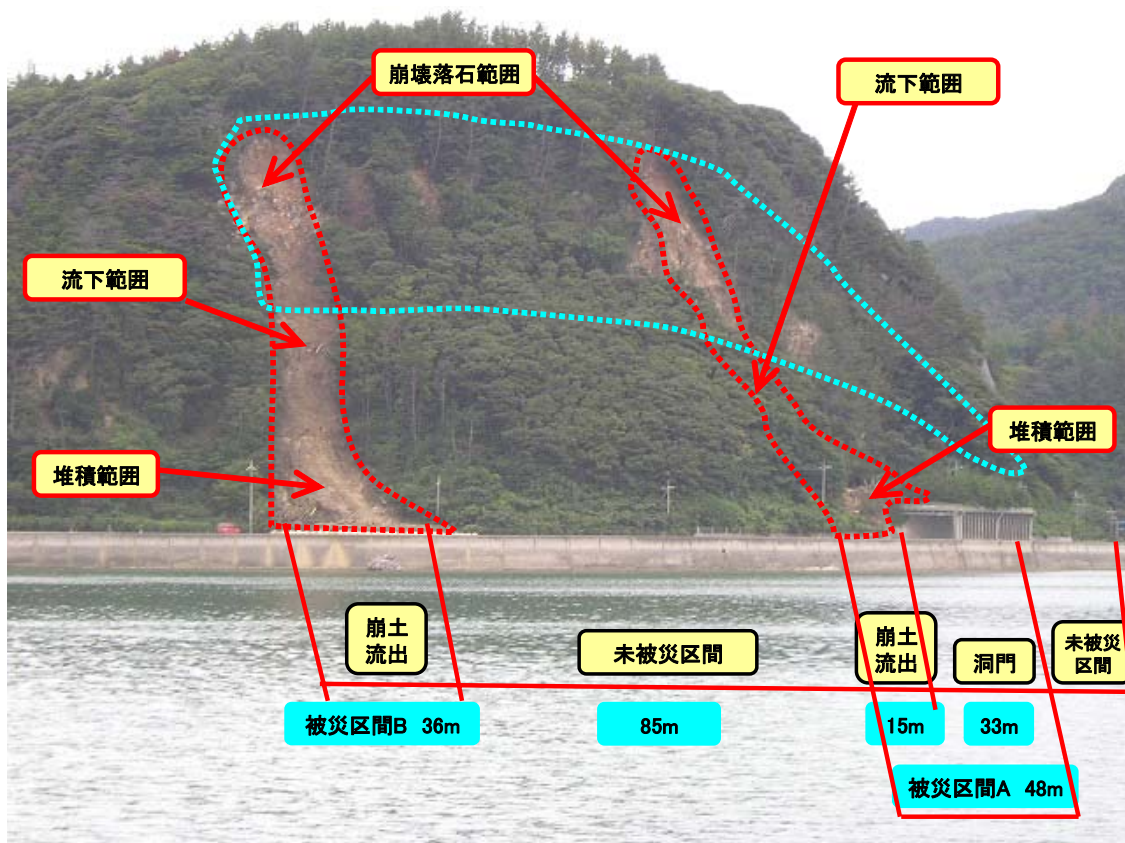


図-4 隠岐災害復旧工事の全景



図-5 隠岐災害復旧の工事中写真

## 資料-1 山陰防災フォーラム設立の趣旨

山陰地域は平地が少なく，山地・丘陵を主体とした地形と脆弱な地質構成，山陰特有の気象条件等を反映して，地すべりや土石流，洪水等が頻繁に発生するとともに，日本海に震央をもつ地震とそれによる津波等が様々な自然災害をもたらしてきた。そうした自然災害が地域の住民と社会に多大な損失を与えてきたことは，山陰の長い歴史が物語っている。

山陰地域においても，自然災害の軽減には，これまで国や地方の行政機関とともに，大学，民間企業，技術士会等の団体組織や住民等が様々な努力を続けてきた。それらは，災害情報の発信や防災教育などを通して，住民の防災意識の啓発や自主防災能力の向上に大きく貢献してきたであろう。

しかし，突発的な災害発生頻度や地域が受ける自然災害の危険度は他地域に比較して決して低いものではない。自然災害の発生とその特性には地域性が強いが，山陰地域では地域間における防災情報の交換等がほとんど行われておらず，災害軽減という点では不十分と考えられる。

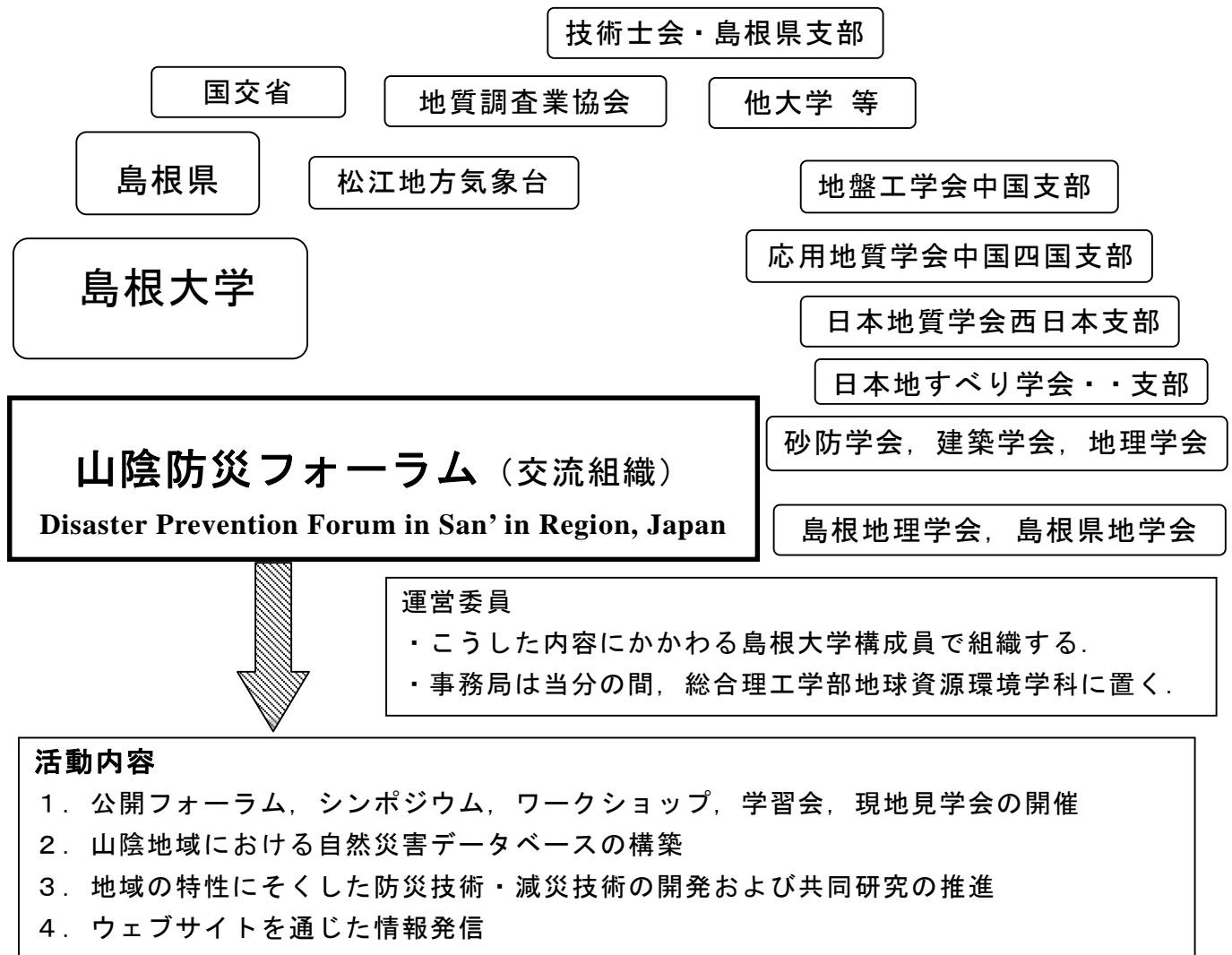
そこで，島根大学が中心となって，山陰地域を対象とした自然災害の防止及び軽減のためのプラットフォームを地域社会に提供するため，「山陰防災フォーラム」というネットワークを組織する。

### 予定している活動内容

- 1) 公開フォーラム，シンポジウム，ワークショップ，学習会，現地見学会を通じて，自然災害の理解とその防止に関する経験の交流と研究の推進，地域内外の専門家を要請し，最新の防災関連知識の更新や啓発活動を実施する。また，災害発生する可能性の高い地域や災害発生場所での災害に対する検証活動を行うことによって，地域防災力を高める。
- 2) 山陰地方における自然災害データベースを構築する。過去の災害事例から地域における災害発生の種類，頻度，強度，そして有効な防災対策など情報を抽出可能なので，自然災害データベースを構築することは重要である。また，地域の情報発信の一環としても，社会全体における防災情報への貢献ができる。
- 3) 地域の特性に適した防災技術の開発や共同研究を実施する。山陰地方の地質，地震，地形，気象，開発歴史（製鉄や銀山など）を考慮した上でも防災技術の開発や共同研究によって，より効果的に地域住民を自然災害から守る。
- 4) ウェブサイトによる情報発信を行う。ウェブサイトを設定し，フォーラムの活動内容，地域における災害情報，フォーラム参加団体・個人へのリンクをし，情報発信に努める。また，メーリングリストを作って，横断的に構成員のネットワークを形成し，情報交換の場を設ける。

## 山陰防災フォーラムのイメージ図

- ・フォーラム = 機関・個人の交流組織，情報交換組織である。
- ・したがって，島根大学が主体となり，多岐にわたる機関・学会支部等が参加して全体を構成する。事務局はフォーラムの運営を担当する。基本的に島根大学内のメンバー



## 資料-2 山陰防災フォーラム運営委員のメンバー（2010.7.29 現在）

田坂 郁夫	教授	法文学部	社会文化学科	自然地理学, 気象災害
林 正久	教授	教育学部	共生社会教育講座	自然地理学, 地域環境
丸田 誠	教授	総合理工学部	材料プロセス工学科	建築学
横田 修一郎	教授	総合理工学部	地球資源環境学科	応用地質学
増本 清	准教授	総合理工学部	地球資源環境学科	地下水学
汪 発武	准教授	総合理工学部	地球資源環境学科	地すべり学
赤坂 正秀	教授	総合理工学部	地球資源環境学科	鉱物学
酒井 哲弥	准教授	総合理工学部	地球資源環境学科	堆積学
林 広樹	准教授	総合理工学部	地球資源環境学科	古生物学



### 資料-3 第1回～5回の準備会の内容

2010.6-7月に関連する分野の以下の学外者に講演をしてもらった。

第1回 6月8日

田中賢治（国土防災技術株式会社・緑環境事業部長）

**緑化工を取り巻く現状と課題**

第2回 6月14日

竹内篤雄（自然地下水調査研究所・所長）

**減災のための災害地下水調査法の必要性**

第3回 6月22日

藤井俊逸（藤井基礎設計事務所 取締役技術部長）

**災害のメカニズムをわかりやすく伝えるための「模型実験」**

第4回 6月28日

宮島昌克（金沢大学理工研究域環境デザイン学系・教授）

**地震工学研究の最前線 ～最近の国内外の地震被害調査から～**

第5回 7月14日

福岡 浩（京都大学防災研究所・斜面災害研究センター・准教授）

**斜面災害研究の最前線 ～国内外の地すべり調査とメカニズム研究～**