

六甲山の災害履歴とこれからの安心・安全に向けて

The Safe and Secure Social Systems learned from the Past Debris Disasters appeared at the Rokko Mountains in Kobe

沖 村 孝

Takashi Okimura

1. はじめに

昨年、2017年7月は昭和42（1967）年の豪雨災害から50年の記念すべき年に当たり、国土交通省近畿地方整備局六甲砂防事務所、兵庫県農政環境部農林水産局治山課、県土整備部砂防課、神戸市土木局防災部および同市みなと総局技術部、更に芦屋市、西宮市、宝塚市等が主催する3回にわたる記念シンポジウム^{1)~3)}、新聞紙上メッセージ⁴⁾、神戸市による市政だより号外の各戸配布⁵⁾、人と防災未来センターで開催された六甲山災害展のほか、芦屋市、西宮市や宝塚市で主催された市民参加型イベント等、延べ10回の行事で約13,400人が参加した多数のイベントが実施された⁶⁾。参加者の約90%近くは、昭和42年災害を殆ど知らない市民で、改めて六甲山の土砂災害のリスクを再確認する機会となった。加えて、この災害をDVDの記録として残し、神戸市立の中学校および神戸市内の防災福祉コミュニティへ配布することにより、今後の防災活動に資する試みも行われ⁷⁾、災害リスクの再確認のみならず、将来の災害に対する備えの大切さを再確認する機会となった。神戸市以外の表六甲山麓の各市では、芦屋市では防災総合訓練、山まつり、クリーンハイキング等が、西宮市では北部地域自主防災リーダー研修会、クリーンハイキングが、宝塚市では土砂災害防止パネル展がそれぞれ開催され、延べ約3,000人の市民が、防災意識の再確認を確認する機会となった。

本報では、これらの行事を通して明らかになったこれまでの六甲山の土砂災害の概要を紹介するとともに、これからの災害に対して安心・安全なまちづくりの在り方について考えてみる。

2. 六甲山系の過去の崩壊事例

2.1 はげ山だった六甲山

六甲山系は神戸市街地の背山を形成する長さ約30km、幅約7km、最大標高934mの山地で、地質は花崗岩よりなっている。この山地は、約50万年～約30万年前に東西方向の圧縮力によりせん断破壊を受けて隆起する一方、大阪湾は沈降する六甲変動と呼ばれる変化を受け、その境界は顕著な断層に境されている。図-1⁸⁾は1995年の阪神・淡路大震災後に実施された反射法地震探査による南北方向の地質断面の結果の一部を示したものである。六甲山は標高934mであるため、大阪湾の花崗岩のまでの比高はおおよそ2,000mにも及んでいることが明らかになった。この比高は活断層により生じたものであるため、六甲山系は化学的風化作用のみならず、大きな機械的風化作用も受けたため風化作用が激しく、地表付近は風化生成物であるマサ土と呼ばれる砂質土に覆われている。このマサ土は水に対する抵抗力が小さく、しばしば豪雨により土砂災害が発生してきた。六甲山系における土砂災害の背景としては花崗岩の風化のみならず、石材や木材の採取、さらには牛の飼料や屋根に使用する萱の採取、燃料としての薪や松根採取による荒廃、加えて山火事による植生の消失等による影響の大きいと言われている⁹⁾。

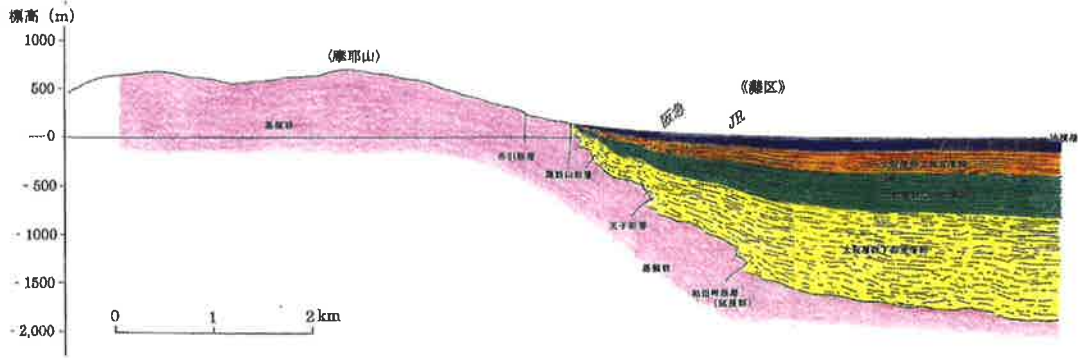


図-1 反射法地震探査による一断面図⁹⁾

1889年当時の六甲山系は、このような様々な人間活動の結果、図-2¹⁰⁾に示されるように、山麓の一部を除いて、ほとんどはげ山の状態であったことが伺える。この当時（1881年）の六甲山系を船上から見た眺めた牧野富太郎博士は、「はじめは雪が積もっているのかと思った」とその印象を述べている¹¹⁾。

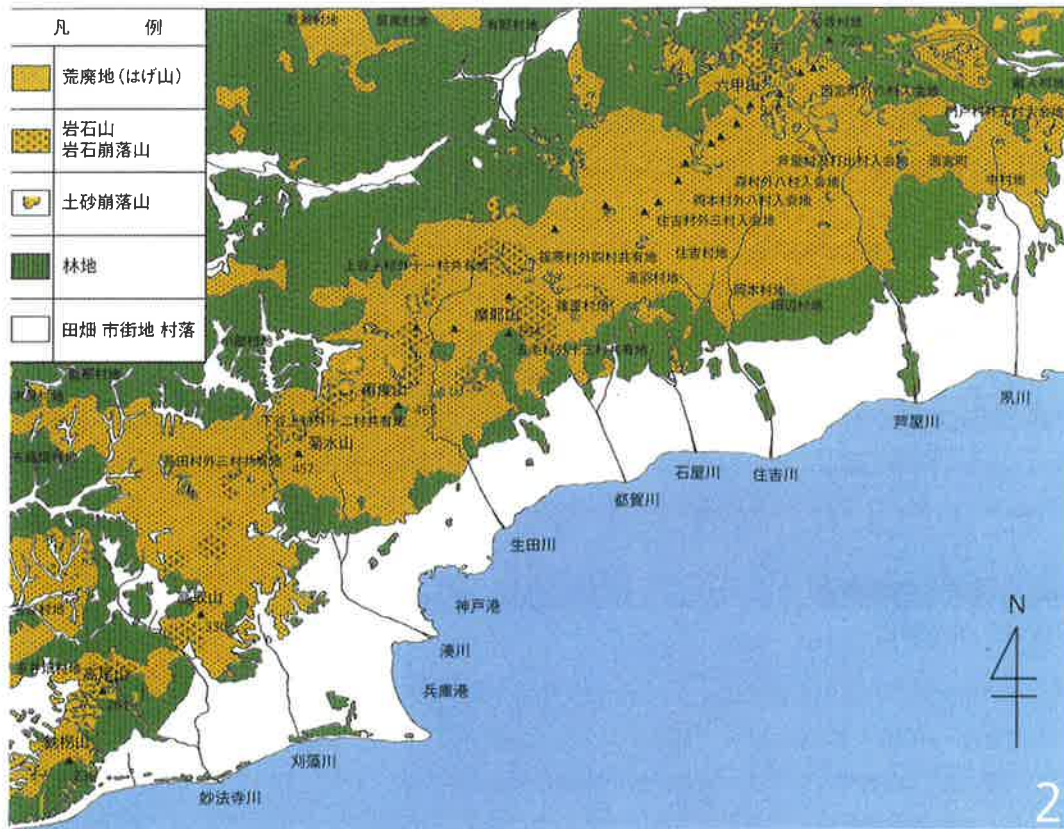


図-2 1889年当時の六甲山系のはげ山¹⁰⁾

2.2 砂防工事・治山工事や水源地対策としての植林の開始

一方、神戸の人口は1868年の開港の影響を受けてこの当時には開港時の6倍にも達する13万4千人にも達しており、コレラの流行等、公衆衛生の改善が必須となっていた。このため生活用水の量と質の確保が緊急の課題となり、1893年に公営水道の敷設が決定された。しかし、六甲山麓では水源地に適した場所はなく、水源地の確保が課題となり、1900年、生田川に五本松堰堤（今の布引貯水池）が完成した¹²⁾。

この当時、わが国においては六甲山系のみならず全国的に国土の荒廃が著しく、国土の治水、治山を積極的に進めるため、1896年に河川法が、翌1897年には森林法、砂防法が施行され、いわゆる「治水三法」が成立し、国土の安全を目指すことになった。兵庫県は砂防法が制定される2年前の1895年に、武庫川および夢前川で砂防工事に着手していた¹²⁾。宝塚市では逆瀬川・太多田川の砂防工事にほぼ同じ時期に着手し¹²⁾、現在でも砂防機能を発揮している。さらに、神戸市は砂防法の施行を受けて1900年に六甲山系の砂防指定地の申請を行い、1903年に1,100ヘクタールが砂防指定地に認定された¹²⁾。この指定地に対して土砂流出対策として13か年の植林計画が策定され1ヘクタール当たり1万本のマツやヤシャブシが植栽された¹²⁾。加えて、上述した水源地の水源容量確保のための造林も積極的に進められ、1902年に再度山の45ヘクタールのマツやヤシャブシの造林が行われた。写真-1は、再度山の植林の経年変化を記録した写真である¹²⁾。10年後の1913年には緑の量が大きくなり、はげ山の印象が少なくなっていることがわかる。

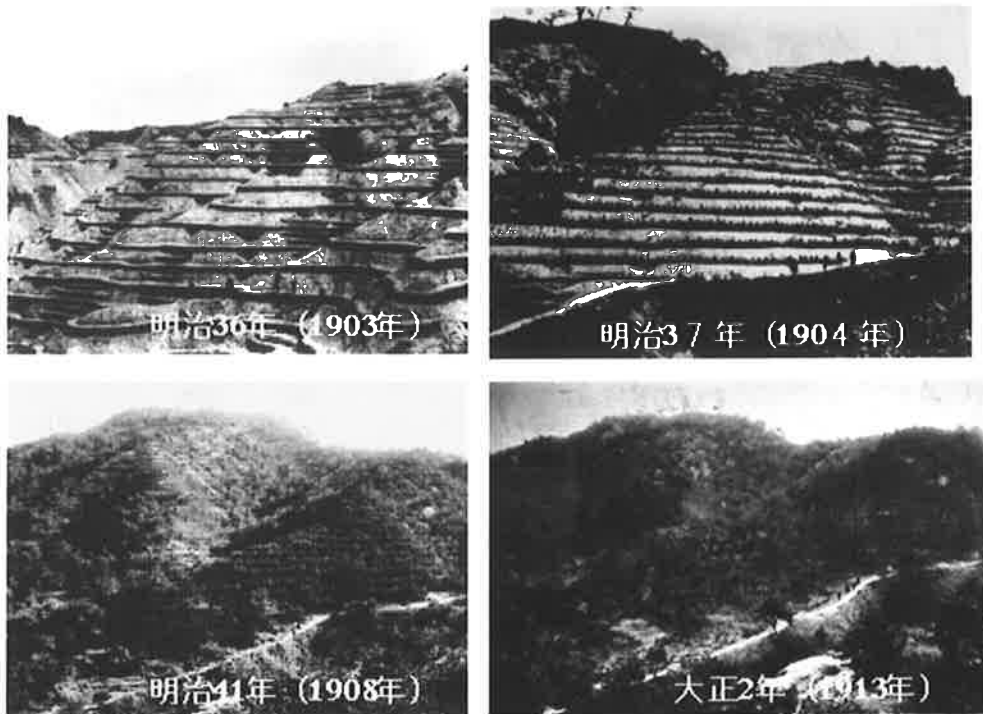


写真-1 再度山における植林の例¹²⁾

1903～1909年には表六甲山系の約600ヘクタールに対して植林が行われた。このうち約540ヘクタールでは、住民が林産物を得るためにクロマツ、ハゼノキ、クスノキなど20数種類の樹木が植林された¹²⁾。このように1900年代初期に実施された植林により緑は回復しつつあったが、度重なる山火事も頻発し、1937～1938年には共有林1,520ヘクタールが神戸市に移譲され、土砂災害対策としての植林が進行した¹²⁾。

しかし、1925～1935年は緑が回復しつつあった六甲山を観光資源として活用するためケーブル、ドライブウェイ、ロープウェイ等が開発された。当時のドライブウェイの様子を写真-2¹²⁾に示す。路面に舗装はなく、雨水の排水路は建設されておらず、斜面もはげ山がまだ残っている状況が読み取れる。このような状況下の1938年に大きな集中豪雨が出現し、いわゆる「阪神大水害」が発生した。



写真-2 昭和初期の六甲ドライブウェイ

2.3 1938年阪神大水害とその復旧・復興

阪神大水害の原因となった1938年7月の等雨量線図とハイトグラフを図-3、図-4に示す。7月3日から5日までの総降雨量は約500ミリ強、最大時間雨量は約61ミリで、一連の降雨の終わりに強い雨が集中していることが特徴である。この豪雨により六甲山系は多くの山腹崩壊が発生し、2,727か所の崩壊、0.3ヘクタール以上の崩壊は約680か所で崩壊面積は約323万ヘクタールにも達したといわれている¹³⁾。崩壊土砂は土石流となって市街地に流入した。市街地に流入した土砂量は約500万m³と報告されている¹⁴⁾。図-5¹⁵⁾はこの時の死者の分布を当時の新聞記事から示したものであるが、市街地内で多くの死者が出現していることは土石流が市街地まで流入したためと思われる。

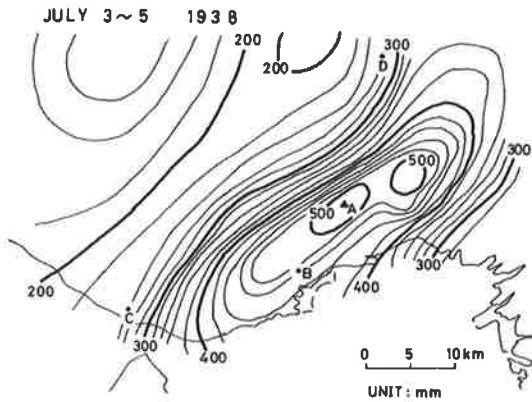


図 - 3 1938年豪雨の六甲山系の等雨量線図

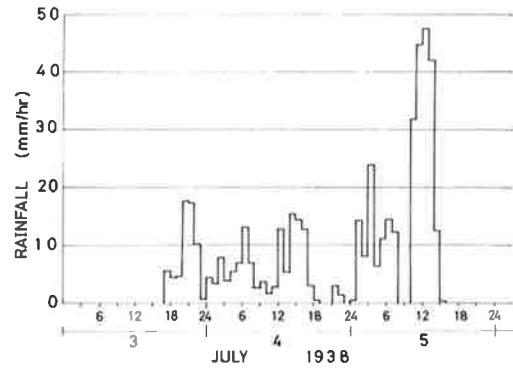


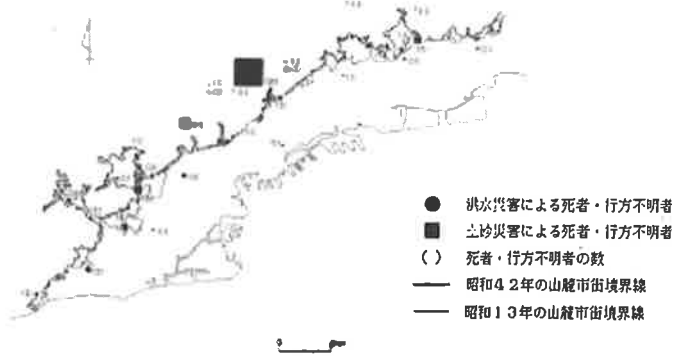
図 - 4 1938年豪雨のハイトグラフ
(神戸海洋気象台)

図 - 5 1938年豪雨災害と1967年豪雨災害の死者の分布¹⁾

昭和13年当時の人的被害の分布



× 死者の分布
(×が大きいほど死者の数が多)
— 昭和13年の山麓市街境界線



● 洪水災害による死者・行方不明者
■ 土砂災害による死者・行方不明者
() 死者・行方不明者の数
— 昭和42年の山麓市街境界線
— 昭和13年の山麓市街境界線

昭和42年の人的被害の分布

この災害を受けて、神戸市は勝田市長を会長とする 83 人の委員からなる「神戸市復興委員会」を 1938 年 7 月に立ちあげた。そこではメインテーマとして「神戸市 100 年の大計」を掲げ、山地、河川、道路、暗渠、都市計画の各分野で 10 年の復興計画を 1938 年 9 月に制定した¹⁶⁾。砂防関係では、溪流工事は谷の開口部に砂防堰堤を内務省が構築、それ以外の溪流や山腹工事は農林省の施工を要請した。これを受けて、1938 年内務省神戸土木出張所内に六甲砂防事務所が新設され、翌 1939 年から六甲山系の 25 水系で復旧の直轄砂防工事が進められることになった。一方、河川関係では、溪流を緊急度に応じて甲河川、乙河川、準用河川、普通河川に区分して甲河川から復旧が図られた。表-1、図-6 は表六甲河川の区分である¹⁶⁾。また、河川の暗渠化が被害の拡大を招いたとして、新生田川、再度谷川、楠谷川、石井川、天王川等では、暗渠から再び開渠への工事が進められた。しかし、乙河川では、依然として開渠や暗渠が混合している状態であった。

表-1 表六甲河川の甲乙区分¹⁶⁾

甲 河 川		乙 河 川	
河 川 名	流域面積(km ²)	河 川 名	流域面積(km ²)
東 川	22.58	洗 戒 川	1.77
夙 川	10.44	高 橋 川	3.17
宮 川	3.12	要 玄 寺 川	1.59
芦 屋 川	9.29	西 獵 川	0.65
天 上 川	4.32	天 神 川	2.71
住 吉 川	18.59	高 羽 川	2.43
石 屋 川	5.44	観 音 寺 川	1.39
都 賀 川	11.16	西 谷 川	0.89
西 郷 川	3.02	狐 川	2.70
新 生 田 川	17.97	北 野 川	2.04
宇 治 川	6.18	鯉 川	1.71
新 湊 川	38.43		
妙 法 寺 川	13.49		
千 森 川	1.79		

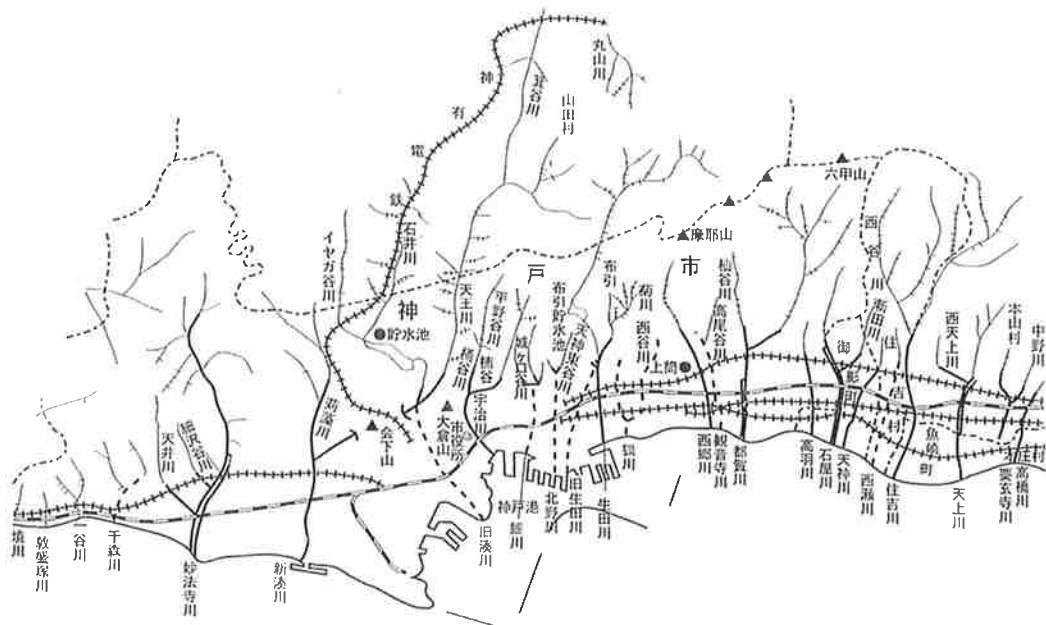


図-6 表六甲の河川位置図¹⁶⁾

2.4 1961 年災害と新たに登場した対策

昭和 30 年代になるとわが国では高度経済成長政策がすすめられ、都市域は人口の集中が激しくなり、都市周辺では多くの住宅開発事業が進行することになった。六甲山系では表六甲山系の山麓が住宅開発の対象となり、急斜面にまで宅地開発が進行し、階段状に宅地が造成されることになった。図-7¹⁷⁾ は神戸市街地東部における市街地の変遷を示したものである。図-7 の六甲山麓に着目すると、昭和 24 年 (1949 年) 以降に帯状に市街地となった地域が分布し、宅地が山麓で多く造成されたことがわかる。これを受けて神戸市では、1960 年に山麓の開発を規制する条例 (「傾斜地における土木工事の規制に関する条例」) を策定し、安全な都市の建設を目指した。しかし、その翌年、1961 年の 6 月にわが

国は梅雨前線と台風 6 号による豪雨に見舞われ、その結果、四国、近畿、東海、関東甲信、北陸と広域にわたって土砂災害が発生した。

神戸や横浜では主として山麓や段丘崖に近接した宅地が大きな被害を受けた。この時の等雨量線図とハイトグラフを図-8、図-9 に示す。6 月 24 日から 29 日までの総降雨量は 1938 年とほぼ同じ約 500 ミリ強、最大時間雨量は約 43 ミリであったが、この時の降雨はピークが二つに分かれていることが特徴である。このためか、六甲山系には多くの山腹崩壊は出現しなかったが、山麓では造成された宅地や造成中の斜面が多く崩壊し、死者行方不明者が 41 名にも達した(写真-3、4 参照)。この災害を契機として、翌 1962 年に宅地造成等規制法が制定され、宅地の安全が図られることになった。

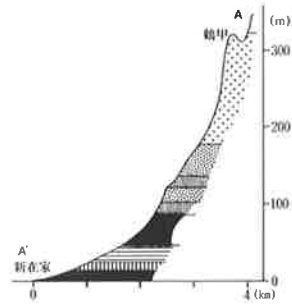


図-7 東神戸の都市化の進展¹⁷⁾

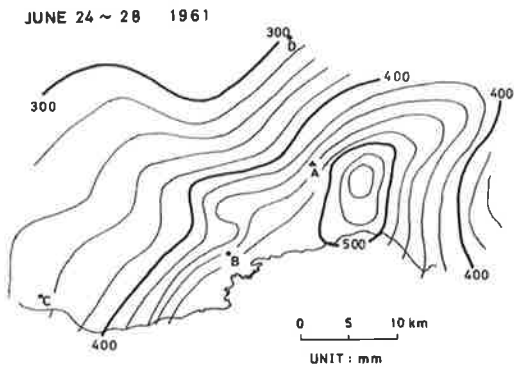


図-8 1961年六甲山系豪雨の等雨量線図

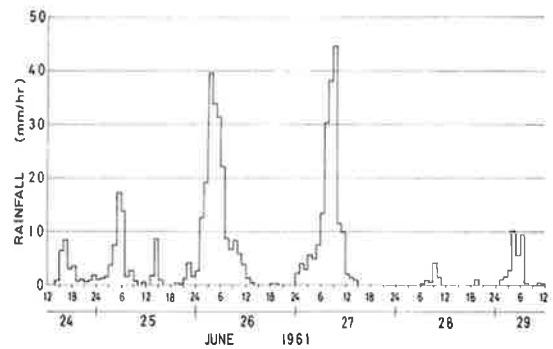


図-9 1961年六甲山系豪雨のハイトグラフ
(神戸海洋気象台)



©神戸新聞社

写真-3 灘区六甲ハイツ跡での災害（神戸新聞社提供）



©神戸新聞社

写真-4 宅地の崩壊による家屋の倒壊
（神戸新聞社提供）

2.5 1967年災害の特徴と復旧への取り組み

この災害から6年後の1967年7月に、六甲山系は三度目の大きな豪雨に見舞われた。この時の等雨量線図とハイトグラフを図-10、図-11に示す。7月7日から9日までの総降雨量は前二例に比して少なく約320ミリ程度であったが、最大時間雨量は約76ミリと大きく、一連の降雨の終わりに集中したことが特徴である。このように一連の降雨末期に大きな強度の降雨が出現する降雨パターンの場合には多くの山腹崩壊が発生するが、この時の六甲山系でも数多くの山腹崩壊が発生し（写真-5（市ガ原）参照）、崩壊面積は約225万ヘクタール¹⁴⁾と1938年豪雨に次いで大きな値となった。しかし、市街地への土砂流入は1938年の時と異なり約230万 m^3 と少なく¹⁴⁾、市街地での土石流による被災は少なかった（図-5¹⁵⁾）。これは1938年災害後に六甲山系では数多くの砂防ダムが構築（当時で174基）されていたためと思われる。しかし、写真-4に示した市ガ原地区では、大きな崩壊発生のため1か所で21の方が亡くなる惨事が発生した。この時の死者の分布は図-5¹⁵⁾からも読み取ることができる。

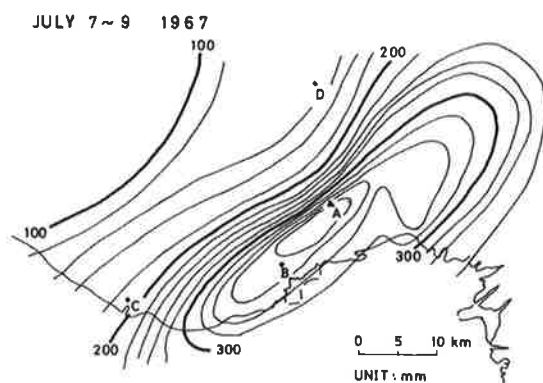


図-10 1967年六甲山系豪雨の等雨量線図

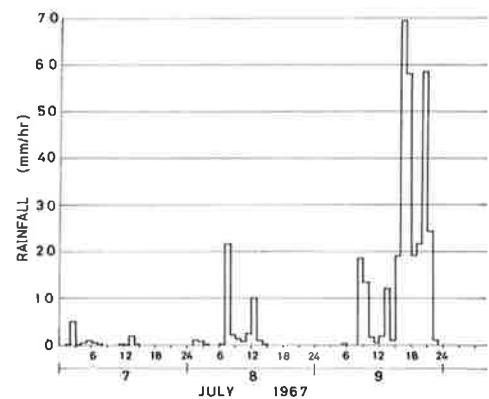
図-11 1967年六甲山系豪雨のハイトグラフ
（神戸海洋気象台）



写真-5 市ガ原の災害

この豪雨による災害の特徴を昭和13年の阪神大水害と比較すると、以下ようになる。

- 1) 六甲山系の山腹崩壊面積は阪神大水害の約323万ヘクタール¹³⁾から約225万ヘクタール¹⁴⁾へと大きく減少した。崩壊個数は、1938年災害は現地踏査のため定かではないが、ほぼ同程度(昭和13年災害:2,727か所¹³⁾、昭和42年災害:3,755か所¹⁸⁾)とみなせるため、崩壊規模が縮小したことが伺える。これは植生が豊かになったこと、山腹工や砂防ダムの施工により崩壊土砂が土石流化することが防止できたことが大きかったと思われる。
- 2) 砂防ダムの構築により市街地への土砂の流入は約500万m³から、約59万m³と、1938年災害の約10%程度に縮小した¹⁵⁾。これも溪流の開口部に建設された砂防ダムの効果が大きかったと思われる。
- 3) 1938年災害以降、特に復旧対策に緊急を要するとされた甲河川の、芦屋川、住吉川、都賀川、新生田川、妙法寺川等では河川沿いの災害は減少したが、未対策であった中小河川からの土砂流出や流木によるせき止めが原因となった氾濫災害が顕著であった(写真-6、写真-7参照)。
- 4) 氾濫した水は、神戸市街地の天井川や扇状地等の地形特徴によって海岸に向かう前に、東西方向の道路上を流下した。結果的に、河川と河川の中の川から離れた低地で湛水した。また、このため、氾濫水により舗装が剥がれることにより、交通に支障が生じた。
- 5) 市街地と境を接する急斜面(三角末端面等)からの崩壊により山麓に分布する家屋が倒壊する被害が多かった。



写真-6 1967年豪雨後の住吉川
(大きな流出砂は見られない)



写真-7 青谷川からの土砂流出

これらを受けて、復旧対策としては、市街地に分布する急傾斜地の防災対策を推進するため、昭和44年7月に「急傾斜地の崩壊による災害の防止に関する法律」が策定されるとともに、都市内の中小河川の災害対策を推進するため「都市小河川対策事業」（現在の都市基盤河川対策事業）が昭和45年から進められることになった。

昭和42年当時も高度経済成長政策が進行中であり、都市では増加する人口に対する対策として、神戸市の西北神地区では、大規模な造成計画が進行中であり、六甲山系における造成計画はなくなっていたが、都市基盤を充実させるためにも六甲山の防災は必要であり、災害直後に設立された神戸市六甲山系水害対策審議会でも「都市防災」を積極的に推進する必要性が強調された¹⁹⁾。

表-2 はこれら三大豪雨による被害の一覧を示したものである。このように六甲山系では多くの被害を生じてきたが、1967年以降は、大きな降雨に見舞われなかったこともあり、また砂防・治山工事が積極的に進められてきたため大きな災害は発生していない。しかし、1995年に阪神・淡路大震災に見舞われ、6,435人の死者を出したことが記憶に新しい。しかし、これは地震災害であり本報の豪雨災害とは異なるため、また豪雨災害でも大きな被災は起きていないため、1967年以降の六甲山での災害に関する記述はここで終える。

表-2 六甲山系の三大豪雨災害

	昭和13年7月	昭和36年6月	昭和42年7月
死者 行方不明者	671 人	28 人	90 人
家屋被害	流失 1410 戸 埋没 854 戸 倒壊 2213 戸 半壊 6440 戸	流失 11 戸 全半壊 388 戸	全壊流失 363 戸 半壊 361 戸
全壊	2658 戸	140 戸	367 戸
家屋浸水	床上 22940 戸 床下 56712 戸	床上 2989 戸 床下 16380 戸	床上 7819 戸 床下 29762 戸

注) 昭和13年7月、昭和42年7月の被害は六甲三十年史から。昭和36年6月の被害は昭和36年梅雨前線豪雨による災害概況から抜粋

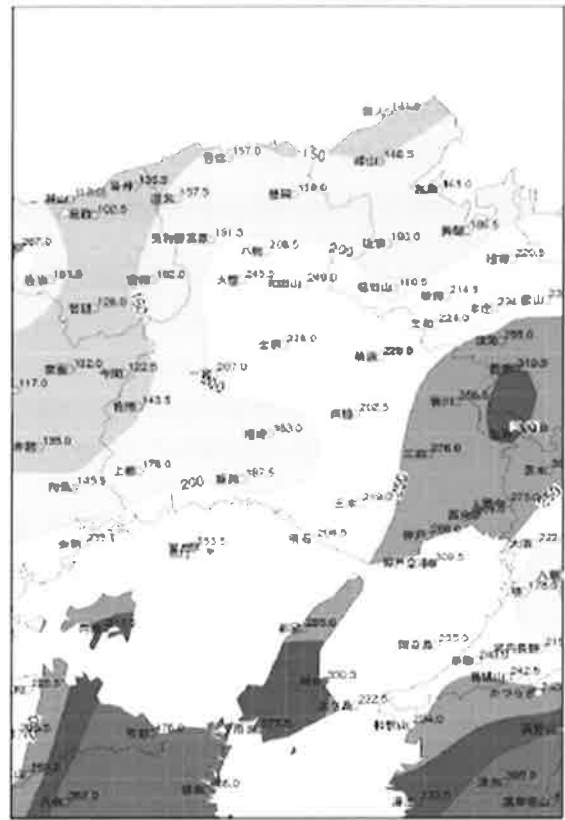
3. 近年の土六甲山の砂災害とその時の降雨特性

1967年の災害以降、六甲山では大きな土砂災害は発生していない。これは、大きな降雨が発生していないことと、1967年災害の復旧事業やそれ以降、将来に向けた土砂災害予防のための事業が進捗してきているためと思われる。しかし、わが国では近年、特に2010年以降、従来とは異なり今まで経験してきていなかった時間雨量100ミリ前後の強雨が各地で頻繁に出現してきており、この強雨のために土砂災害、特に土石流を伴った災害が頻発してきている。これらに関しては、別報（建設工学報告²⁰⁾）で詳しく紹介しているため、ここでは省略するが、近年の豪雨の特徴は、1) 非常に大きな降雨強度が、2) 短時間に、3) 空間的には局所的に出現することである。このような降雨は、六甲山系に大きな災害をもたらしてきた1938年豪雨、1961年豪雨や1967年豪雨には見られない特徴である。

六甲山でも2014年8月10日に台風11号の影響を受けて、淡路島南部と六甲山系北部で集中豪雨があった。気象台で観測されたこの時の雨量分布を図-12²¹⁾に、ハイトグラフを図-13²¹⁾に示す。

図-12²¹⁾からこの時の降雨は淡路島南部と北六甲地域に大きな降雨があったことがわかり、局所的な豪雨であったことがわかる。図-13²¹⁾は気象所管の観測所で観測された記録である。この豪雨では神戸空港で最大 64.5 ミリ/時が観測されたが、この程度の降雨は 1967 年豪雨でも経験した降雨である。ところが六甲山系の東北部に位置する六甲砂防事務所管の神戸市北区有馬町に位置する有馬川観測では、図-14 に示すように、8 月 8 日～12 日で総降雨量 531 ミリ、8 月 10 日 10:00～11:00 80 ミリ、11:00～12:00 に 88 ミリの時間雨量を記録した²²⁾。これより、この降雨は地域的に大きく異なる局所的な豪雨であったことがわかる。六甲山系における従来の気象庁所管の時間最大雨量は 1939 年 8 月 1 日の 87.7 ミリ、第 2 位が 1967 年 7 月 9 日の 75.8 ミリであったため、図-14 に示した降雨は、これらの記録を更新する豪雨であった。しかし、その継続時間は 2 時間と短かった。

一方総降雨量は、526 ミリを記録し、1967 年 7 月豪雨災害時に記録した 319.4 ミリを超える豪雨であった。この豪雨により六甲山系では空中写真判読により 20m²以上の崩壊面積を有する崩壊が 269 か所で発生した。この崩壊分布を図-15 に示す²³⁾。



8 月 8 日 11 時～11 日 02 時までのアメダス期間降水量

図-12 2014 年北六甲豪雨の総降雨量図²¹⁾

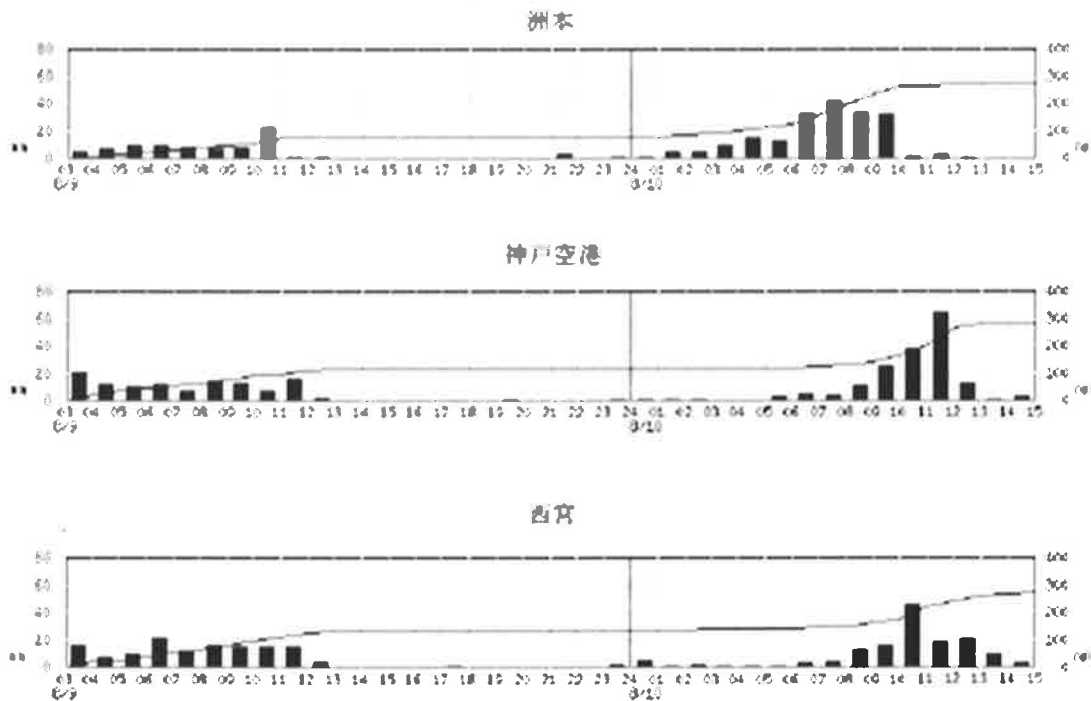


図-13 2014 年北六甲豪雨のアメダスハイトグラフ
8 月 9 日 03 時～8 月 10 日 15 時 (気象庁観測)

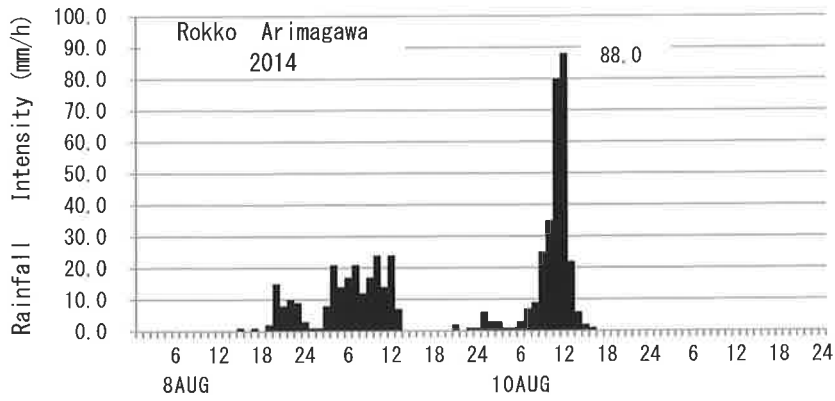


図-14 2014年北六甲豪雨有馬川の記録（国土交通省観測）²²⁾

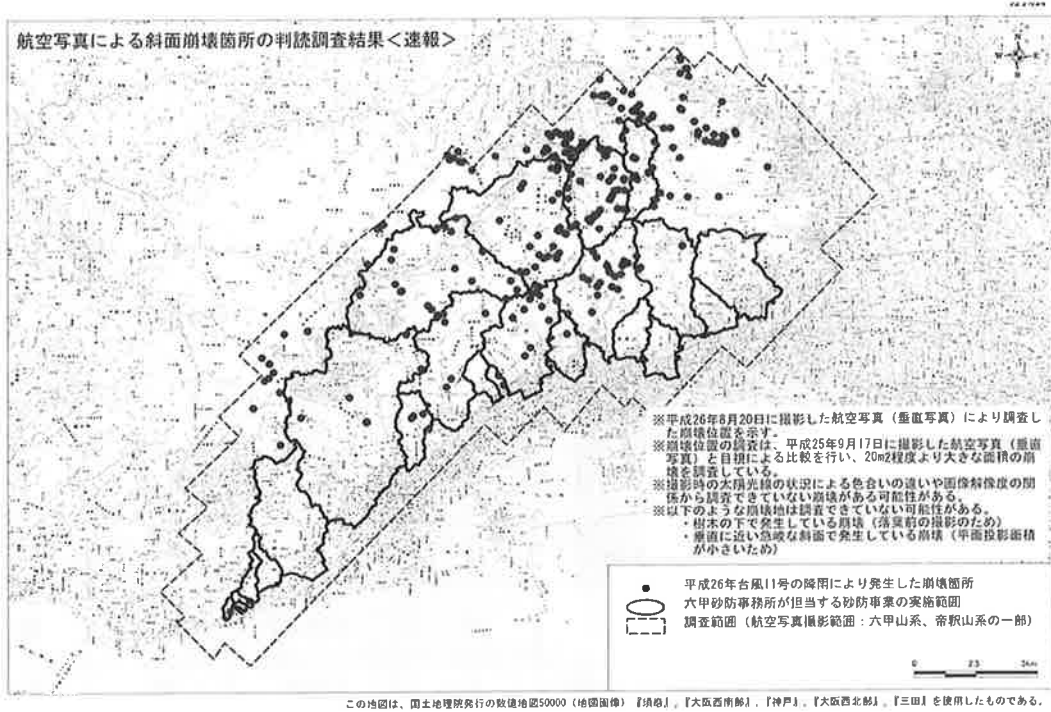


図-15 2014年北六甲豪雨による六甲山系の崩壊²³⁾

これらの崩壊のうち崩壊面積1,000m²以上の崩壊は42か所で発生した²¹⁾。この図から、崩壊は裏六甲と呼ばれる六甲山系の北東側の有馬川や有野川流域に多く見られるが、一部、表六甲の住吉川流域や都賀川流域の上流（山頂部付近）に見られ、過去に大きな災害が発生した表六甲地域には少なかったことがわかる。しかし頂上付近から発生した崩壊土砂が土石流化したことが特徴であったが、写真-8²³⁾に示すように、そのほとんどが既に建設されていた砂防ダムにより抑止できたことは、今までの対策、特に予防砂防工事が効果を発揮した事例と思われる。しかし、砂防ダム等が建設されていない小渓流からの流出土砂が宅地へ流出、民間駐車場擁壁の崩壊、民間宅地斜面の崩壊等が発生し、神戸市内では全壊2棟、半壊1棟の被害がでた。



写真-8 2014年北六甲豪雨による崩壊抑止例²³⁾

また、六甲山系内に建設されていた道路からの表面排水による崩壊の発生等、道路被災も数か所で見られた。これらは、短時間に大きな降雨強度での雨であったため、排水機能が十分でなかった場所での被災が特徴的であった。

4. 近年の降雨タイプの違い

表-3 は 2. で紹介した六甲山系における 1938 年と 1967 年の災害発生時の降雨に加えて、別報（建設工学報告²⁰⁾で紹介した近年の降雨の特徴をまとめたものである²⁴⁾。この表では時間雨量 70 ミリ以上があった降雨を、ここでは仮に「強雨タイプ」と分類し、時間雨量 30～70 ミリの降雨があった場合を「長雨（弱雨）タイプ」と称することとした。

表-3 強雨タイプの降雨と長雨（弱雨）タイプの豪雨の違い²⁴⁾

降雨タイプ	発生年	観測場所	継続時間 (時間)	本格的降 雨の降水 量 (ミリ)	本格的降 雨の最大 時間雨量 (ミリ/時)	本格的降 雨の平均 時間雨量 (ミリ/時)
強雨	2010	奄美大島(住用)	5	498.5	128	99.7
(70ミリ/時 以上)	2012	阿蘇(乙姫)	4	383.5	106	95.8
	2013	山口(須佐)	4	386.5	142	96.6
	2013	伊豆大島(大島)	5	497	122	99.4
	2014	神戸(有馬川)	2	168	88	84
	2014	丹波(北岡本)	1	91	91	91
	2014	広島(三入)	2	182	101	91
	2014	九州北部(朝倉)	4	308.5	106	77.1
長雨	1938	神戸(气象台)	4	132.9	47.5	33.2
(30ミリ/時 以上)	1967	神戸(气象台)	4	184.5	69	46.1
	2011	紀伊半島(上北山)	53	1,448	46	27.3

注)本格的降雨とは、基準雨量(70ミリ/時および30ミリ/時)の最初の出現時刻から最後の出現時刻までの雨量を指す

時間雨量 70 ミリを採択した背景は、六甲山系において 2014 年までは経験したことがなかった災害発生にかかる時間雨量であったためである。ここで「本格的降雨」とは一連の降雨のなかで、強雨の場合は 70 ミリが最初に出現した時刻から最後に出現した時刻までの間の降雨を言い、その間の総降雨量を「本格的降雨の降水量」とし、この間の最大時間雨量を「本格的降雨の最大時間雨量」とした。「本格的降雨の平均時間雨量」は、「本格的降雨の降水量」をその「継続時間」で除した値とした。

この表からは、「本格的降雨の継続時間」は 1～5 時間が多いが、例外は紀伊半島豪雨で 53 時間であった。この時の降雨は、継続時間が長い特徴を持った長雨のタイプであったがわかる。その結果、この時の豪雨は本格的降雨量も大きかった。このため雨水が地中深くに浸透し、その結果、深層崩壊が発生したものと推察できる。一方、強雨タイプの「本格的降雨の最大時間雨量」は、88 ミリから 142 ミリまで多様であるが、いずれも 2014 年まで六甲山系では経験したことがなかった大きな時間雨量を示している。一方、長雨タイプの最大時間雨量では、最大で 1967 年の神戸の 69 ミリであり、本格的降雨に比して弱い雨であったことがわかる。強雨で、大きな降雨強度が継続するという現象がよく理解できるのは、「本格的降雨の平均時間雨量」である。強雨型では時間雨量 84 ミリの事例を除くと、いずれも 90 ミリ以上

で、やはり「今まで経験したことのない豪雨」であるとか、「遠方の視界が困難な豪雨」と表現されるような豪雨が継続していたことがわかる。このような降雨で継続時間が2時間以上降り続くと、豪雨中に崩壊した土砂が後続の強雨によって洗い流されることが推定され、結果的に土石流型の崩壊が数多く出現することになったのではないかと推察される。このような強雨では、避難により命の安全を確保することが困難であることは容易に想像できる。

5. 土砂災害からの命の安全に向けて

本報告 2. では、1938 年阪神大水害から始まった六甲山系の土砂災害から命の安全を確保するための仕組みについて考察を進めてきた。災害直後に開催された当時の復興委員会では、「百年の大計」として、砂防、治山、河川の視点から復旧を進めることを謳い、砂防では直轄事業として 1938 年に内務省神戸出張所内に六甲砂防事務所が新設され、砂防ダムによる安全の果歩が進められることになった。図-16²⁵⁾ は当時から現在に至るまでに建設された砂防ダムの数を示している。2016 年までに 535 基の砂防ダムが建設された。また山腹斜面の安定を図る山腹工は、704 ヘクタールで工事が行われた。これらの工事により、1967 年豪雨では写真-9²⁶⁾ にみられるように、流下してきた土砂を抑止し、市街地の安全が確保された。近年でも、2014 年の北六甲豪雨の際でも、写真-8²³⁾ に見られたように、強雨により出現した土石流を抑止し下流の安全が図られ、命が守られる仕組みができています。一方、保安林による土砂流出抑止を目指す治山関係や砂防関係でも、植林が進められてきた。その内容は、図-17²⁷⁾ に示すように、1939 年～1955 年頃までの約 20 年間は山腹工が積極的に進められてきた。その後、工種では谷留め工が増加し、溪流対策も進行するようになってきた。兵庫県による 1938 年以降 2016 年までの治山工事は、溪流工が 1,579 基、山腹工は 2,662 ヘクタールに達している²⁸⁾。

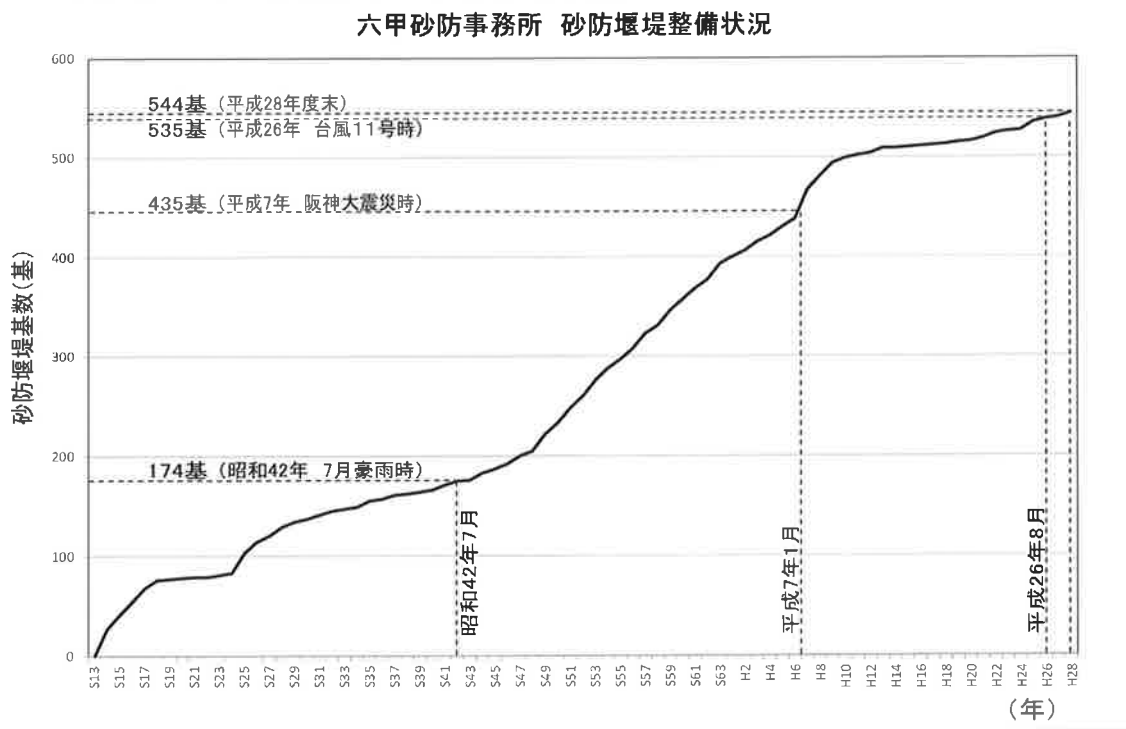


図-16 六甲山系における砂防ダム構築の変遷²⁵⁾

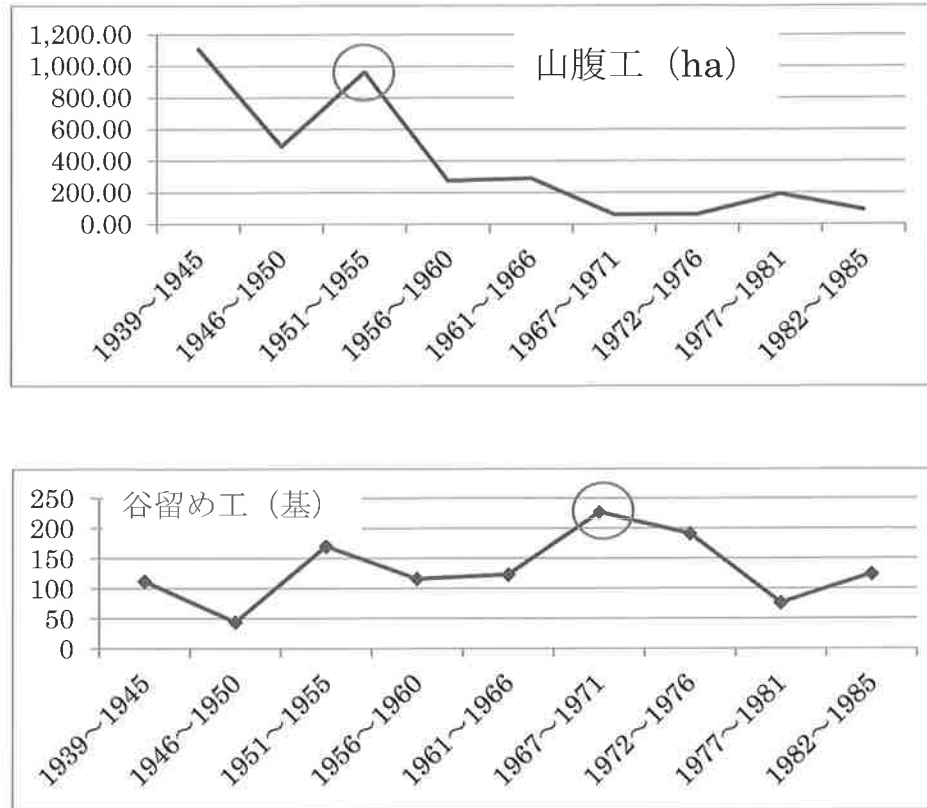


図-17 六甲山系における山腹工と谷留め工下の変遷²⁷⁾

この間、1995年に発生した兵庫県南部地震による阪神・淡路大震災では、都市域の災害のみならず、六甲山系にも大きな被害を及ぼし、地震直後の調査では六甲山系で747か所で崩壊が出現した²⁹⁾。これらの崩壊は、山頂に近い9合目付近の遷急点付近から、岩塊状で崩壊もしくは剥離していた。この特徴は、山麓の遷緩点付近から、土砂状で滑る、もしくは浸食により発生した過去に豪雨時の崩壊の特徴とは全く異なっていた。この事実は、豪雨時の崩防止対策として山腹や山麓を中心として備えていた山腹工の施工場所が、地震時の崩壊に対してはこれらとは異なる場所での施工が必要であることを意味している。換言すれば、地震時の崩壊に対する新たな防災対策の必要性を痛感させられる出来事であった。この事実に対する新しい対策として提案された対策は、六甲山系の山麓にグリーンベルトを構築し、そこで新たに植林を行うことにより崩壊から市街地を守ろうとする方策である。このグリーンベルト構築により、1) 六甲山系で崩壊が発生しても崩壊土砂はグリーンベルトで抑止し、市街地に及ばないようにすること、2)



写真-9 1967年豪雨直後の五助堰堤の状況²⁶⁾

グリーンベルト内では、砂防ダムを引き続き構築するとともに山腹工を施工し、山腹崩壊の防止を図ること、3) グリーンベルト内に登山道や遊歩道を建設し、市民が日常接することにより市民に親しまれる防災空間を建設すること、4) グリーンベルト内にさまざまな植樹を行うことにより、市街地からの緑地景観を創造すること、5) 六甲山の乱開発をこのグリーンベルトで抑止すること等の効果が期待された。

この手法は、従来、危険箇所を対象として、その場所に対策を講じる拠点防止手法に加えて、地震時防災の場合、危険箇所の特定が無数にある可能性に対して、面に対応しようとする新しい手法である。

しかし、このグリーンベルトがその機能を発揮するためには植生の成長に期待しなければならず、この間の防災対策は、やはり拠点整備型で進めなければならないが、その数が多く予算に限りがあるため早急な安全確保が困難な現状にあることも、また事実である。加えて、前節 4. で紹介したように、近年わが国では、局所的に激しい降雨が短時間に集中して降る特徴があり、拠点整備型で命の安全を 100% 確保することが困難な状況になってきている。

これに対応する手段として、1999 年の広島災害を契機として、砂防ダムのような拠点整備型に加えて、「避難行動」により命の安全を守る全く新しい手法が 2001 年に登場した³⁰⁾。避難行動は火山や液状化、洪水による災害に対しては従来から採用されてきていたが、土砂災害に対しては、災害の原因が洪水災害や地震災害に比して局所的であること、崩壊やそれに伴う被災の空間的、時間的予測が困難であること等のため、避難行動が提案されてこず、被災地の復旧が重点的に行われてきた。

しかし、近年の技術の向上により、崩壊発生の空間的な場である地形条件の把握がレーザー測量技術により急速に進展してきたこと、また、土砂災害の原因となる降雨が局所的に、かつ時間的にも高精度で可能となってきたこと、および実績降雨のみならず予測降雨に関しても降水短時間予報や降雨ナウキャスト手法により数時間の予報が可能となってきた。また、土砂災害にとっての過去に降った総降雨量の評価には、単に地表で観測された降雨量ではなく、土中に浸透した雨量が崩壊発生に寄与することを踏まえて、気象庁が「土壌雨量指数」を提案するなど新しい情報が多くなってきた。これらを受けて、土砂災害でも避難行動を目的として、空間的に危険な場所をあらかじめ知るための「土砂災害警戒区域」の設定が各都道府県で積極的に進められるとともに、時間的にいつ避難するかに関しては、気象台と各都道府県が合同して発表する「土砂災害危険情報」が、2008 年から全国各都道府県で発表されるようになってきた。

6. 土砂災害から命の安全を守るために必要な 3 本の柱 —おわりに—

砂防ダムや治山ダムの構築に加えて、斜面安全対策を目指した山腹工の施工に加えて、2008 年から全国的に採用された避難行動避難行動を加えた 3 本の柱で命の安全を確保するために構築されたにもかかわらず、2014 年には上述したように、広島では豪雨により 74 名の命が失われる大災害が発生した。六甲山系を抱える神戸市では、この広島災害を教訓として、広島と同様の降雨が六甲山系に降った場合でも被害を少なくするための方策を検討するために、「土砂災害対策に関する有識者会議」を 2014 年 9 月に開催し、2015 年 3 月まで 4 回にわたって開催している。その第 2 回会議で筆者が提言した、土砂災害から命を守る仕組みの図を図-18 に示す。そこでは、砂防ダムや治山ダムの構築、山腹工の施工、加えて、阪神・淡路大震災以降に導入されたグリーンベルトによる命の安全を「ハードウェア」による施策と定義した。2008 年以降に全国的に導入された避難行動に移行するための土砂災害危険情報や土砂災害危険警戒情報等のリスク情報の発表を「ソフトウェア」による施策と定義した。これらはいずれも行政が担当してきた安心・安全の仕組みである。今後とも多くのハードウェアの建設や、信頼できる情報の発信など、行政に期待することが多い。しかし、換言すれば、住民はハード、ソフトには直接関与しておらず、常に受け身の立場であった。このため情報が持つ緊急性や逼迫度を住民が共有できず、避難行動に移行できなかった可能性がある。今後は、住民に信頼される情報の発信が重要で、これは行政のみならず、研究者も更なる努力を続ける必要がある。

しかし、第三の施策である「避難行動」は住民が、行政からの情報を直接的に、あるいは

は住民が自発的にリスクを認知し、避難の行動に移ることが要求される。本提案ではこれを「ヒューマンウェア」と名付けた。換言すれば「住民の防災力」である。第三の避難行動がない限り、住民の命を守る施策は完結できない。行政では力の及ばない住民の行動であり、まさに住民の防災力である。この避難行動は、頭の中でリスクの認知として理解できても、具体的な避難行動に移行できなければ役に立たない。このリスクの認知と避難行動に移行するための仕掛けがこれから重要になると思われる。この仕掛けは、例えば最近の被災事例とその被災の原因となった近年の降雨の特徴を理解する「知識の習得」と、日常時に行われる防災訓練や家族や近所の人たちと相談・実践して作る「我が家の避難マップ」づくりなど、具体的な行動を体験で覚える「体験の習得」の二つが是非必要である。これらは行政の力のみでは完結できず、住民の主体力が是非必要なためここでは「ヒューマンウェア」による施策と名付けた。

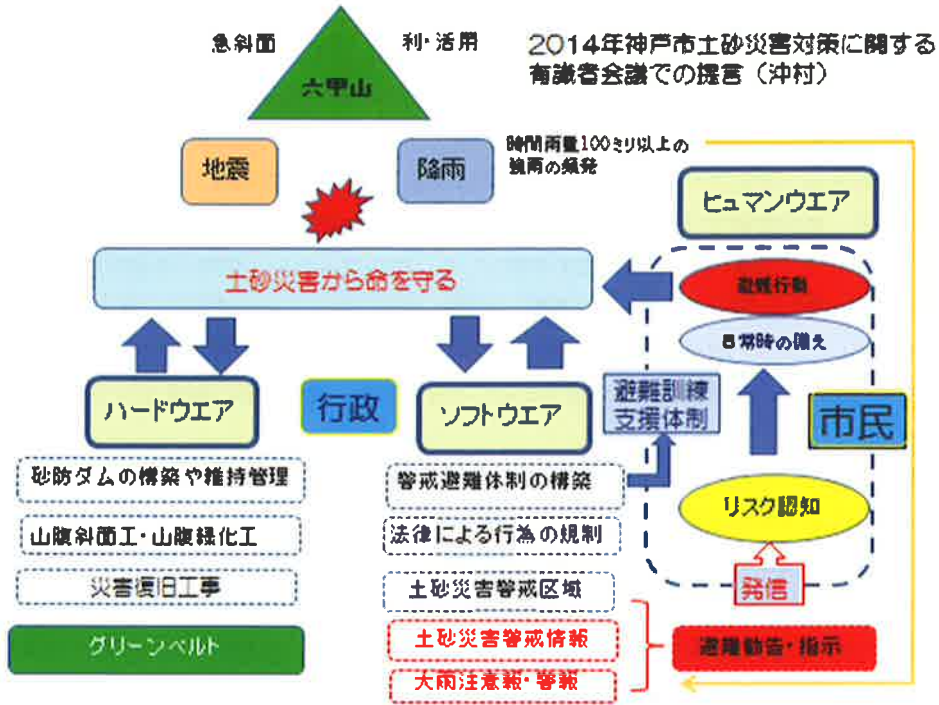


図-18 土砂災害から命を守る三本の柱

住民が具体的に何を行うかについては、地域によりさまざまな方法があると思われるが、その一部を図-19 に示した。ここで「緊急時」は緊急時のリスク把握手法である。これを受けて避難行動に移行できるか否かは、「日常時」に行う様々な知識の習得や訓練である。津波の場合は緊急を要するため「津波でんでんこ」と呼ばれるように、個人の行動が主体となるが、豪雨の場合は、津波に比して時間的なゆとりがわずかではあるがあるため、多くの人の目と知識を共有することが大切で、近所の人たちと一緒にした避難行動が望まれる。そもそも避難行動とは、指定された避難場所に行く行動ではなく、緊急時に一時的に命の豪雨による土砂災害に対する避難行動は「共助」である。近所の人たちと一緒に、安全が確保できる空間を見つけ出し、そこに近所の人たちと一緒に避難することである。斜面や溪流から離れた高台が一番安全であり、近所でそのような命の安全が一時的に確保できる「ライフスポット」を「我が家の避難マップ」に入れておくことも一案であろう。指定避難所には、雨が小康状態になってからでも十分である。

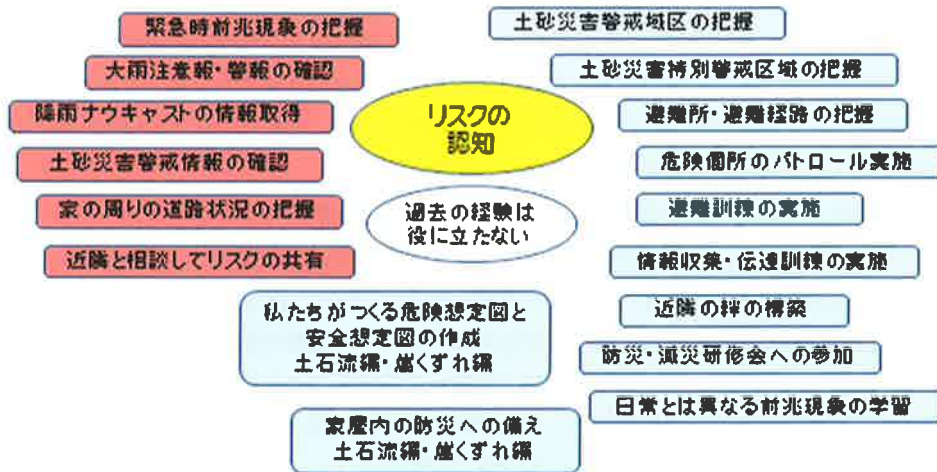


図-19 市民の様々なリスクの把握手法

避難ができなかった場合は、我が家で最も危険な場所からの避難である。最も危険な空間は、山に面した1階の部屋である。崩れた土砂が流入しやすいこの部屋は、往々にして日常では家族の寝室になっている場合がある。豪雨中に家の外に避難できなかった場合は、普段寝室としている部屋ではなく、斜面から離れた部屋、もしくは二階の斜面から離れた部屋が、避難できなかった場合の我が家の最終的なライフスポットであることを普段から知っておくことに加えて、生活の知恵として家族のなかで語り継ぐことも必要であろう。これはまさに「自助」である。これらの準備が普段からできておれば、大雨警報や土砂災害警戒情報などのリスク情報や、避難勧告、避難指示などの情報に接してもすぐに避難行動に移行できることを改めて認知することが必要である。緊急時には、行政の力は限りがあるので、住民や地域の防災力が命を守る最終的な手段になることを、われわれ研究者は積極的に提案したり、語り継ぐことも責務の一つであろう。

参 考 文 献

- 1) 兵庫県農政環境部農林水産局：昭和42年六甲山系豪雨災害50年記念行事「六甲山の治山・森づくりシンポジウム」、2017年5月13日
- 2) 神戸大学都市安全研究センター・神戸市：昭和42年7月豪雨災害から50年学術シンポジウム—神戸の減災を考える～過去・現在・未来—、報告書、2017.11
- 3) 国土交通省近畿地方整備局六甲砂防事務所：昭和42年六甲山系豪雨災害から50年講演会～忘れない！土砂災害の恐ろしさ、守りたい！私たちのくらし～。2017.7.29
- 4) 神戸新聞：土砂災害の教訓次代へ、2017年4月28日
- 5) 神戸市：あれから50年—昭和42年六甲山系降雨土砂災害、市政だより号外、2017.6
- 6) 第3回昭和42年六甲山系豪雨災害50年行事実行委員会資料、2017.11.29
- 7) 六甲砂防事務所・神戸市土木局防災部：昭和42年六甲山系豪雨から50年～語り継ぐ教訓～、DVD作成、市立中学校・市防災福祉コミュニティへ配布
- 8) 神戸市・財団法人建設工学研究所編：阪神・淡路大震災と神戸の活断層、55p.1999
- 9) 沖村孝：都市化の進行と土砂災害—神戸六甲山系の歴史—、新砂防、63(4)、51-58、2010.
- 10) 松下まり子：六甲山の緑の変遷、財団法人日本地図センター「地図中心」、418、8-13、2007.
- 11) 牧野富太郎：牧野富太郎選集、1、東京美術、1970
- 12) 神戸市：六甲山緑化100周年記念「六甲山の100年—そしてこれからの100年」、63、2003.
- 13) 兵庫県立工業高等学校調べ
- 14) 六甲砂防工事事務所：六甲山の地理、神戸新聞出版センター、276-289、1988.
- 15) 沖村孝・杉本剛康：神戸市街地における過去の豪雨災害(洪水・人的災害)の分布とその変化、建設工学研究所報告、33、227-244、1991.
- 16) 神戸市役所：神戸市水害誌、1368、1939.
- 17) 野村亮太郎：神戸の住宅地—一家、山に登る、神戸の地理(田中眞吾編)、神戸新聞出版センター、117-121、1984.
- 18) 沖村孝：水系網分布と崩壊発生の研究—崩壊地形立地解析I—、建設工学研究所報告、21、37-60、1979.
- 19) 神戸市六甲山系水害対策審議会：六甲山系水害対策に関する答申書、72p.、1967
- 20) 沖村孝・植田允教・鏡原聖史・笠原拓造・根本信行：土砂災害の原因となった近年の降雨特性と豪雨による崩壊・土石流発生メカニズムについて、建設工学研究所論文報告集、60、61-91、2018.
- 21) 神戸地方気象台：気象速報8月11日
- 22) 国土交通省六甲砂防事務所HP
- 23) 六甲砂防事務所：斜面の崩壊が約270か所で発生～台風11号通過後の航空写真による判読状況～、2014.10.9
- 24) 沖村孝：六甲山の砂防事業、都市政策、142、12-22、2011(一部追加).
- 25) 六甲砂防事務所提供資料

- 26) 六甲砂防事務所提供資料
- 27) 西吉辰男：六甲の治山事業について、新砂防、39 (1)、24-29、1986.
- 28) 兵庫県治山課提供
- 29) 沖村孝・鳥居宣之・永井久徳：地震後の降雨により発生した斜面崩壊メカニズムの一考察、建設工学研究所論文報告集、40、97-114、1998.
- 30) 土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律、2001.

著 者

沖村 孝 所員，理学博士，地盤工学