

土砂災害と防備

-T0421号に関連する旧宮川村災害を中心として-

SEDIMENT DISASTERS AND DEFENSE

-DISASTERS CAUSED BY T0421 IN OLD MIYAGAWA VILLAGE -

林 拙郎¹・沼本 晋也²

Setsuo HAYASHI and Shinya NUMAMOTO

¹元三重大学大学院生物資源学研究科 (〒514-8507 津市栗真町屋町 1577)

E-mail: hayashi-s@zvtv.ne.jp

²三重大学大学院生物資源学研究科 (〒514-8507 津市栗真町屋町 1577)

E-mail: numamoto@bio.mie-u.ac.jp

Key Words: typhoon meari, heavy rainfall, slope failure, debris flow, geology

1. はじめに

2004年9月29日, 台風21号に関連して三重県内の旧宮川村(以下, 宮川村)は大変な被害を受けた。被害の多くは土砂災害であった。三重県土砂災害情報提供システムの降雨データによれば, 検討区域以外の尾鷲では29日6時から12時までに478mmとなり, 尾根を越えた宮川村の明豆では5時~11時までに318mmに達した。このため, 村内を流れる宮川の各支溪は至る所土石流が発生し, 裏山に接近した斜面下部の家屋が斜面崩壊によって被害を受けた。日界を挟んだ20時間の連続雨量は, 尾根を南に越えた検討区域外で1200mmに達し, 流域内の宮川ダムにて, 951mm, 時間雨量で114mmであった。

2. 気象関係と被害の概要

今回の宮川村における災害の位置付けは, 図-1の通りであり, 一言でいえば伊勢湾台風以来の災害であった。伊勢湾台風災害において死者0名, 家屋全壊38戸であったのに対し, 今回の台風T0421号の関連災害において, 宮川村の死者(行方不明者を含む)は7名であり, 全壊家屋は11戸であった。これは,

T0421号, 旧宮川村災害の位置付け

- ・伊勢湾台風以来の災害, 「土砂災害」
- ・T0421号災害: 死者7名(含む行方不明), 全壊家屋11戸
- ・伊勢湾台風災害時:
 - 死者0名, 全壊家屋38戸
- ・日雨量: 過去最大(宮川ダム767mm/d), 90年に一度の超過確率
- ・崩壊面積率: $S_a=0.29\%$

図-1 平成16年旧宮川村災害の位置づけ

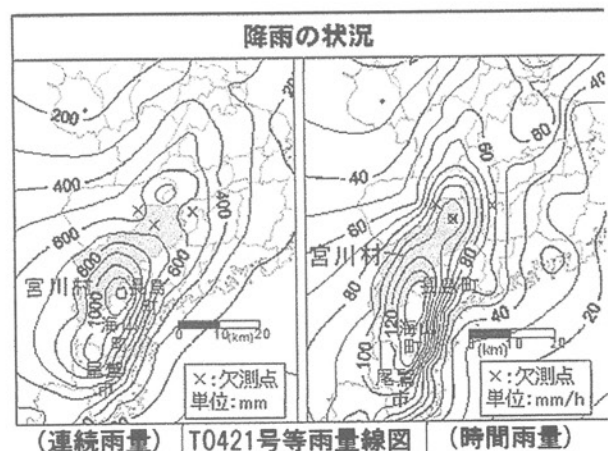


図-2 連続雨量と最大時間雨量の等雨量曲線



図-3 一時的に堰止湖を造った崩壊

伊勢湾台風が風台風(最大瞬間風速 55.3m/s)とも呼ばれているように、降雨量(日雨量 328mm(気象庁宮川, 1959年9月26日))より強風の影響が大きかったためである。ちなみに、今回の日雨量は、三重県宮川ダムにて767mm(9月29日)であった。

先の数時間集中雨量, 連続雨量(実質 20 時間程度)や日雨量から今回の豪雨がいかに短時間に集中したかが理解できる。

図-2 は今回の台風 21 号に関する連続雨量と時間雨量の等雨量線図であり、図中の×印は、欠測点を表している。時間雨量が最大値を示した後欠測になったとみられ、連続雨量には欠測分の降雨データを含まないために、図-2 には連続雨量としては一部不正確なデータ(明豆他)も含まれている。図-2 から、豪雨域が尾鷲市北方から北東に向かって伸びていることがわかる。図-3 に堰止湖を形成した崩壊(約 200×200m)の一連の写真と地形図を示す。

3. 豪雨と崩壊予測の考え方

一般に、災害の予測は、図-4 に示すような3つの事項に関係する。つまり、予測事項としては、①災害の規模・程度、②災害(崩壊等)発生域の場所、③災害発生までの時間があり¹⁾、事項①、②に対しては豪雨量と雨域が対応し、③に対しては降雨時間分布が対応する。

(1) 災害の規模・程度

現在考えられている災害と豪雨の関係を地震に例えていけば、

マグニチュード → 雨域と連続雨量
震度 → 日雨量
加速度 → 時間雨量

の対応が考えられる²⁾。このことから、災害の全体

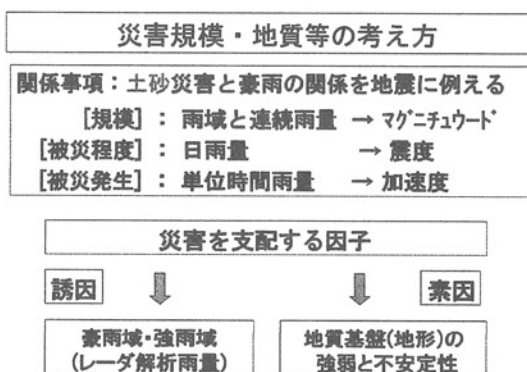


図-4 災害規模と関連因子

的規模は一般にはある区域に対応する雨域とそこにおける連続雨量が対応し、具体的な被害の程度は日雨量、破壊の状態は時間雨量が対応すると考えられる。ここで、地震災害を豪雨災害に当てはめると、崩壊等については、地震の場合の震度に対応する災害の具体的な被害の程度と考えられ、我々が対象とする崩壊の場合、崩壊の程度あるいは崩壊の頻度が日雨量に対応すると考えることができる。崩壊の頻度・程度に対応する雨量として日雨量を取り上げると日雨量は、超過確率の議論が可能となる。地震加速度に対応するのが単位時間雨量であろうが、時間(h)が対応するか、10分が対応するかは議論のあるところである。

(2) 災害区域

ここでいう災害(崩壊等)場所の予測とは、ある区域内(雨域内)における個別斜面の素因(地形・地質的特性に基づく斜面の脆弱性)としての強弱を見極めることが対応する。

ところで、一般に豪雨の雨域には範囲があり、豪雨の激しい区域とそうでない区域が存在する。災害や崩壊は当然ながら雨域の激しい区域の中の脆弱な斜面に発生する。豪雨であっても、崩壊直前には脆弱斜面の変形は拡大するのであろうが、豪雨中に斜面変形の調査を行うことは難しい。したがって、一般的な豪雨性崩壊の場合、崩壊場所は、従来通り雨域と脆弱な斜面に支配されると考える方が実際的である。雨域の調査となると、レーダエコー等による雨量予測や斜面の地盤調査が今後の課題となる。

(3) 崩壊と降雨量・地質強度との関連

崩壊発生の程度は、図-5 に示すように同一雨量であっても地質等による地質強度によって崩壊発生の多寡は異なる。これは斜面安定問題から考えても、地質強度(土の粘着力 c 、土の内部摩擦角 ϕ)に安

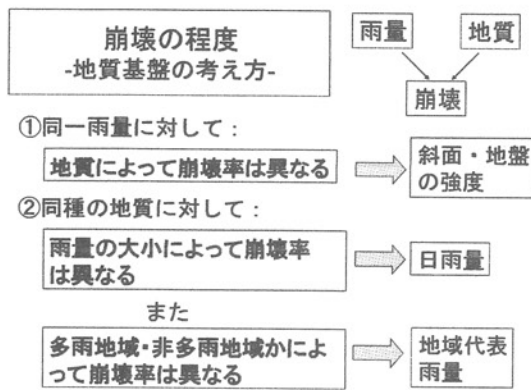


図-5 崩壊と地質、雨量の因子

定性が支配されるのであるから、ある山地に降雨があり、間隙水圧が高まるか、基盤の重量が上がることによって安全率は下がり、崩壊の危険性は高まる。この意味で同一雨量であっても、崩壊抵抗力、つまり地質強度の大小が崩壊発生の多寡を決定付けることになる(図-5参照)。

さて、地形・地質条件が同一で地質基盤が同一であるならば、同一降雨量に対し、同一の安全率となり、崩壊の可能性は同一となるはずである。地質強度等の条件が同一の人工基盤であれば、同一降雨量に対して同一安全率が明確に成り立つが、現実の自然斜面では、地形・地質が間隙水圧の発生等に複雑に効くことがあり、崩壊の可能性が同一となることは少ない。しかし、崩壊面積を地質毎に大ざっぱに解析する場合、崩壊発生の大小は降雨量によって異なり、降雨量が多くなる程崩壊面積率は増加する。さらに、日本全体のように気候区の異なる広大な地域を地質別に比較する場合、多雨地帯と非多雨地帯の区別も必要となり、単に雨量の大小だけで問題を議論することが出来ない。

(4)雨量指数による崩壊面積率 Sa

以上のように、気候区の異なる広大な地域を対象として崩壊を考える場合、図-6に示すように、降雨量の多寡は雨量指数 X として知られており、次式で表される^{2), 3)}。

$$X = R / R_{1/2} \quad (1)$$

ここに、 X :雨量指数、 R :災害当日の日雨量、 $R_{1/2}$:当該地域の代表雨量であり、超過確率2年に一度の日雨量を用いる。ここで連続雨量を用いず日雨量を基本としたのは、日雨量で議論すると超過確率に対応する日雨量が求められるためである。この(1)式により、いわゆる多雨地帯、非多雨地帯を区別することなく表現することが可能となる。この雨量指数 X を用いると、崩壊面積率 Sa と降雨量、地質の関係

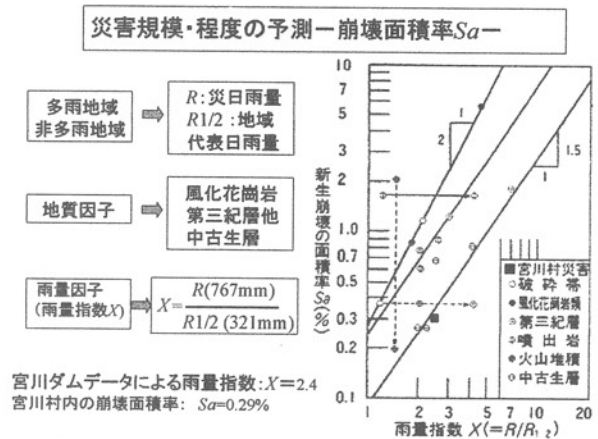


図-6 崩壊規模・程度に対する地質・雨量の影響

は次式で表されている^{2), 3)}。

$$Sa = k \cdot X^n = k(R/R_{1/2})^n \quad (2)$$

ここに、 k , n :地質に関係する定数である。風化花崗岩地帯での n , k の値は、2, 1/3.7 であり、中古生層や第三紀層地帯では、 n が 3/2, k が 1/11, 1/4.2 である。したがって、予測しようとする地域の地域代表雨量をまず超過確率2年に一度の日雨量より求め、次に想定される日雨量を設定すれば、(1)式より雨量指数 X が算出されるので、(2)式に代入すれば地質毎に崩壊面積率 Sa が求められる。2004年9月29日の宮川村災害における日雨量 R は、図-6に示すように、767mm(宮川ダム)、 $R_{1/2}$ は 321mm である。結果的に、宮川村の雨量指数 X は、 $X=2.4$, $Sa=0.29\%$ であり、図-6に示す従来の中・古生層の崩壊面積率の線にのっている。なお、今回、中世層の地質区分における三波川帯と秩父帯との差はほとんどみられない。

4. 降雨と土砂災害の発生状況

(1)降雨の発生状況

豪雨の原因は、本州日本海側に停滞する前線に向かって南から流れ込む暖かく湿った空気と日本の東海上にある高気圧からの東風が合流し、三重県南部で非常に活発な雷雲が次々と発生・発達し、県内を南から北に進んだことによる⁴⁾。

最大時間雨量の発生時刻を調べると、尾鷲市海岸部の紀北建設部では、7時~8時に140mmとなり、海山町北側山地部の中里で7時~8時に151mm、8時~9時に126mm、紀伊長島町北側山地部の三戸で7時~8時に147mm、8時~9時に150mmに達した。北東側に山を越えた宮川村、宮川ダム・明豆では、29日午前9時~10時に時間雨量の最大値114mm、125mmを記録した(図-7)。これらの時間雨量の記録

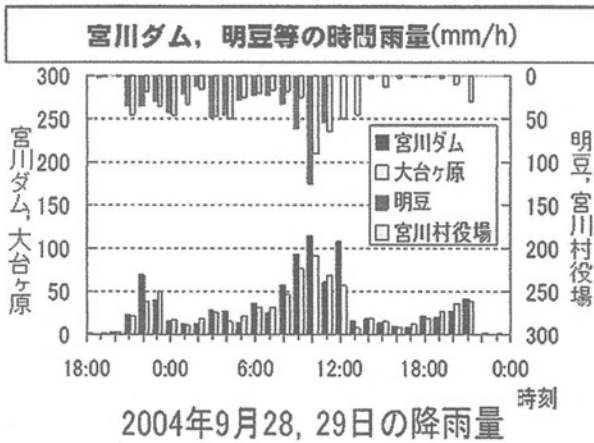


図-7 前日からの時間雨量の経過

をみると、宮川村の南に位置する山地部（尾鷲市、海山町、紀伊長島町の北側山地部）において7時～8時に最大時間雨量に達し、北東側に山を越えた宮川村宮川ダム、同明豆においては9時～10時に最大時間雨量に達している。

図-8を参照すると、宮川ダムより少し東側の（久豆、桧原）において、9時過ぎから土砂流出や崩壊等が始まり、同図中央より少し東（下流側）に位置する幾つかの被災地（小滝、滝谷等）で10時過ぎに崩壊や土石流が発生したという住民の話は、南側から北に向かって豪雨域が移動していった可能性を示している。これは、図-9に示すレーダ解析雨量分布をみると、8時10分のレーダエコーでは宮川村中央部より下流（図の北東方向）ではそれほどレーダエコーが強くないのに対して10時20分には宮川村と北側全域に拡大し、その南側の紀伊長島町にはエコーがみられなく、徐々に雨域が北側に移動した様子が認められる。

(2) 主な被害状況

ここで取り上げる宮川村における主な災害箇所と土砂災害の発生状況は、先の図-8に示すように5箇所であり、以下に概要を述べる⁵⁾。

①久豆地区：北側の山から久豆の集落を宮川本川に抜ける宮川の左支川宮ノ谷から土石流あるいは土砂流が流出した。集落の背後には砂防えん堤が施工され、宮川本川まで流路工（下幅約2.0m、高さ約1.5m）が整備されていた。流出土砂は、集落周辺で一気に拡散・堆積し、家屋の上流面では2階まで2m程度土砂が堆積した。堆積勾配は4°程度で、堆積土砂の最大粒径は50cm程度、平均粒径は10cm～15cm程度である。地元住民の証言によると、9月29日の午前8時から12時まで上流の砂防えん堤を乗り越えた土石流が集落直上流で流向を変えながら土砂の氾濫・

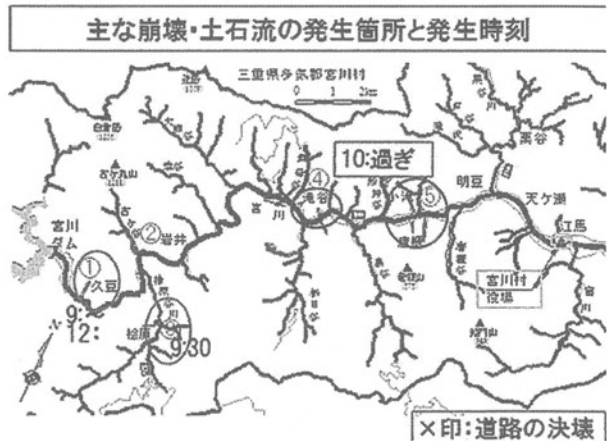


図-8 主な被害箇所と発生時刻

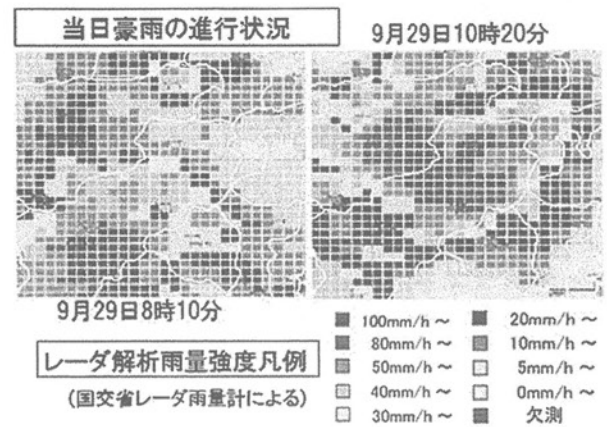


図-9 レーダ解析雨量の時間経過

堆積を5回繰り返して流下した。午前9時頃が最も激しかった。住民は経験者の働きかけで、避難し、人的被害は無かった。

②岩井地区：宮川との合流部に架かる国道422号の古ヶ谷橋より上流の河川（川幅約15m）の蛇行部において、土砂流が河床からの比高差約2mの堤内地側（無堤）に流入し、家屋2戸が全壊した。住人は避難し、人的被害は無かった。

③桧原地区：桧原地区では、宮川合流点から右支川桧原谷川の谷沿いの上流約1.5kmの三軒屋地内で斜面崩壊、土石流が発生し、さらに1km程度上流の野又地内で土砂流により家屋等への被害が発生した。住民は崩壊を察知し人的被害は無かった。

④滝谷地区：滝谷地区の被害は、宮川沿いを走る国道422号に沿った裏山の崩壊によるものであり、滝谷Aと滝谷Bとがある。滝谷Aでは南東向き凸状斜面の比較的深い円弧状崩壊により、死者4名、行方不明者1名、家屋全壊3戸の被害が発生した。凸状斜面から少し離れて谷川があったが、湧水無しで崩壊が発生した。三波川帯と秩父帯との境界付近に位置し、崩壊物質は泥土状の状態であった。

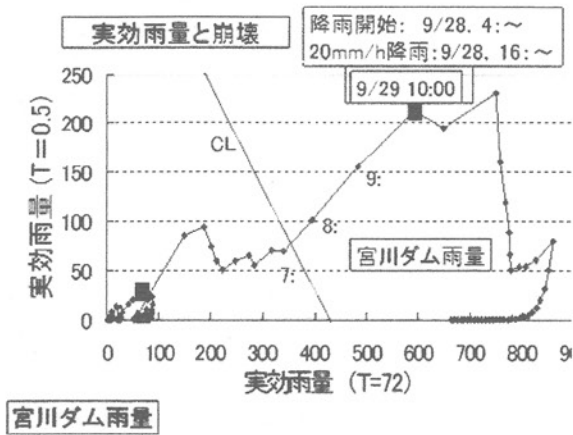


図-10 実行雨量と被害発生

滝谷Bは、同じ国道422号の南向凹状斜面で裏山からの小規模な崩壊が発生し、家屋に流入して1名が死亡した。どちらも宮川本川まで崩壊土砂が流出した。

⑤小滝地区：小滝地区としては、小滝の崩壊と対岸唐櫃A、Bの崩壊がある。小滝地区では、国道422号に沿って山側の斜面上部からの崩壊により、斜面下道路ぎわの家屋1戸が全壊し1名が死亡した。尾根から下部に広がる三角末端面状のほぼ平衡で少し窪んだ斜面の上部に湧水があり、この周辺で最初の崩壊が発生した。その後の崩壊拡大と流下部を含めると、細長い崩壊となった。流下した土砂は、大部分宮川本川に流下した。

唐櫃AとBにおいては、新領内橋の直上流と下流約250mで宮川右岸に流入する支溪において土石流が発生した。橋を挟んで下流側の唐櫃Aで家屋1戸、唐櫃Bで家屋2戸を全壊させた。唐櫃Bでは土石流によって重傷者1名が発生した。

(3) 災害発生時間－実効雨量法の結果

豪雨時において実質的に崩壊を支配する機構は、間隙水圧の発生による抵抗力の低下機構にあり、その発生形態が重要である。山地における間隙水圧の発生は、湧水のみられる場合とない場合があり、湧水がある場合には多くの場合、湧水を導くパイプがみられる^{2), 3)}。湧水のない場合は、崩壊に関する地形として集水域がある場合とない場合がある。集水域があれば、ない場合に比して間隙水圧はより小降雨で発生しやすくなる。湧水点はいわゆるパイプの出口であり、他のところを通して湧出する水圧を受けて被圧地下水を発生させると、これは強力な間隙水圧となる。降雨のみでも降雨量が大きければ、間隙水圧が発生するが、急激な崩壊が発生するような大きな間隙水圧を発生させようとすると、地質基

被害発生状況	
[久豆地区] 8時頃～：雷雨激化 9時頃～12時頃：土石流5回発生	[桧原地区] 9時30分：崩壊発生
[滝谷－小滝地区、役場] [9時頃]役場周辺で強雨発生 [09:30]床下浸水、冠水通報、役場停電 [10:02]滝谷にて崩壊発生 [10:10]小滝にて崩壊発生 [10:30]村内に避難勧告を発表	

図-11 災害当日の被害発生状況と対応

盤の特別な構造とかなりの強雨を伴う豪雨が必要となる。

実効雨量との関係を宮川ダムの降雨記録から調べると、図-10のようになっている。三重県宮川では横軸に半減期72時間の実効雨量、縦軸に0.5時間半減期の実効雨量が採用されており、CLラインは同図-10のように設けられている。今回、スネーク曲線は7時過ぎにCLラインを越えており、以後図上で右上方向に上昇し、12時から急降下している。宮川ダム周辺は、9時にはかなり危険な状況にあったものと考えられる。

(4) 被害時刻と村の対応

平成16年9月29日、南側の山を越えた海側3市町(海山町・紀伊長島町・尾鷲市)に前夜から引き続き、豪雨が7時頃から発生しているのに対して、先の図-8に示した久豆においては海側3市町より1時間遅れて8時頃から雷雨性の強雨となっている。上で述べた被害発生時刻とそのときの宮川村における状況を図-11にまとめて示す。久豆の土石流は、9時頃～12頃にかけて土石流(土砂流を含む)は5回発生した(住民の話)。また、近くの桧原地区の崩壊・土石流は9時30分頃発生した(住民の話)。

これに対し、宮川村下流の滝谷－小滝－役場(領内地区)の状況と発生時刻は以下の通りである。

9時頃から役場周辺で強雨が発生し、9時30分頃床下浸水や冠水の通報が役場にあり、その頃、役場は停電となった。10時過ぎに滝谷で崩壊が発生し、続いて小滝にも崩壊が発生した。この豪雨による被害を受けて宮川村は、村内下流域の小滝、栗谷地内に避難勧告を通知し、続く10時30分に村内全域に避難勧告を発表した。三重県内全体では18市町村で避難勧告が発表された⁵⁾。

5. 「警戒情報」の教訓と防備

(1) 「警戒情報」の伝達と教訓

9月29日朝方、上のような豪雨と被害の通報を受け、村役場は朝方から大変な状況にあった。村役場がこのような状況の中、三重県から宮川村へ当時の「警戒情報」のFAXが送られたが、県からの「警戒情報」は、村役場では認知されなかった。1系統のみの伝達であったため認知が難しかったものとみられる。

最終的には、災害情報も通常の伝達情報に組み入れることが必要で、現在、大雨による土砂災害発生の危険度が高まったとき、「土砂災害警戒情報」を気象庁が報道機関を通じて発表、県も連動して通報するシステムとなった。この情報は、市町村長が避難勧告等を発表する際の判断や住民の自主避難の参考となるよう、県等と気象庁が共同で発表する防災情報であり、現在各地で行われている。

(2) 被害者とライフラインの復旧等

宮川村は、多雨地域に属するものの、昭和34年の伊勢湾台風以後目立った台風・豪雨災害はみられなかった。当時をはるかに上回る連続雨量や時間雨量の増加は、宮川本川や支川の水位を増大させ、村内上流部の各地で溪岸崩壊や隣接する道路決壊を引き起こした。図-12は雲母谷より少し本川上流に位置する滝水橋直上流の溪岸崩壊（図-8参照）であり、国道422号線を不通にさせた。この点より上流の道路は、宮川本川左岸側のみに1本あっただけであり、この道路決壊により、上流の久豆・桧原地区は孤立し、9月29日～10月4日まで食糧・水等のライフラインの確保にも大きな支障が生じた。さらに上流の桧原地区は桧原谷川左岸の道路決壊も生じ、2重に問題が発生した。

村内の人は、「宮川村は災害に強い」という印象をもっていたようであり、死者・行方不明者7名のうち、6名が65歳以上の高齢者であった。被害者は、重傷者1人を除いて何れも斜面崩壊によるものであり⁵⁾。

6. 結語

以上、平成16年9月に発生した旧宮川村における土砂災害に関し、崩壊の規模・程度に対する豪雨と地質の関連や個々の災害発生箇所を説明し、災害発生と防備に関わる点を考察した。従来の結果とこれらを要約すると次のようにまとめられる。



図-12 道路決壊とライフラインの欠如

- ①日雨量(宮川ダム)は過去最大で、連続雨量としても短時間(実質20h; 28日16時～29日12時)の降雨であった。
- ②規模の大きい場合、多量の湧水が、すべり面上にたまる条件と、強降雨があつて崩壊が発生した。
- ③崩壊面積率から、花崗岩地域は中古生層地域より脆弱な傾向がみられる。
- ④災害への防備と当日の情報伝達において、災害当日の混乱への対応の事前把握は重要である。
- ⑤災害後の対応としてライフラインの確保、道路の復旧が挙げられる。

この他、一般的な災害と防備の視点として次の点が挙げられる。

・検知・通知体制の強化の他に、多人数の施設では、裏山、上流への防災センサー等の配置も可能なことを考慮する。

・通常災害は、異常気象もあるが、同一地点では一過性であり、次の発生は当分起こらず、「災害は忘れたころにやってくる(寺田寅彦)」ことになる。一方、この逆の再発型土石流は、火山関連地域や三重県藤原を除くとあまりみられない。

参考文献

- 1) 茂木清夫：日本の地震予知，p.357，1987
- 2) 林 拙郎：保全砂防学入門，電気書院，p.293，2008
- 3) 林 拙郎・本多潔：崩壊面積率と水文データとの二、三の関係，日本林学会誌，67巻，6号，209-217，1985
- 4) 津地方気象台：平成16年9月28日から29日にかけての三重県内の大雨に関する気象速報(平成16年10月8日)，津地方気象台，1-7，2004
- 5) 林・土屋・近藤・芝野・沼本・小杉・山越・池田：2004年9月29日、台風21号に伴って発生した三重県宮川村の土砂災害(速報)，砂防学会誌，57巻，4号，48-55，2004 (2010.5.14 受付)