

## 5 地形・地質素因に基づく土砂災害発生確率マップ（案）の検討

先の検討において、素因の組合せにより過去 24 年程度の降雨による土砂災害事例との適中率・捕捉率等を把握した。その結果、地形・地質の素因を組み合わせることで、災害履歴との適中率を高めることができる。つまり、素因を考慮することで災害の可能性の高いエリアを絞り込むことができるといえる。

そこで、災害の適中率や捕捉率等の条件から地形・地質の素因に基づく土砂災害発生確率マップ（案）を検討した。

### 5.1 地形・地質素因に基づく土砂災害発生確率マップ（案）の基本的方針

本研究は、国土交通省の砂防部が保有する過去 24 年の土砂災害のデータに対して、地形・地質の素因の組合せにより適中率・捕捉率等を求めたものである。つまり、素因およびその素因の組合せによる災害の適中率は、その組合せで抽出されるメッシュにおいて、過去 24 年間に於いて 1 回以上の災害が発生したメッシュの割合である。抽出されるメッシュの特性が同一と仮定すると、そのエリアにおける災害発生率と読み替えることが可能である。

本研究の結果、24 年間の平均的な災害確率（＝素因等の考慮をしない場合の災害適中率）で 2.79%（災害メッシュ数/全国メッシュ数）であるのに対して、素因の組合せを考慮すると最大で 8.22%（ $W_R \cap S$ ：土砂災害特別警戒区域に該当し、かつ、地すべり地形にも該当する組合せ）となり、素因を考慮することで災害確率が高いエリア（最大で 3 倍程度）を絞り込むことが可能であることがわかった。一方、災害捕捉率は、素因による絞り込み条件を厳しくするにしたがい、除外される災害が増加し、低下しやすくなる。そのため、適中率・捕捉率がともに高い素因の組合せに着目していくことが必要である。

本研究では地形・地質素因に基づく土砂災害の発生確率マップ（案）として以下の方針に基づいて試算した。

#### 【基本方針】

- ・素因の組合せによる適中率と捕捉率の組合せから災害との関係性の高い組合せ（適中率を重要視しながらも災害捕捉率も比較的高い組合せ）を区分し、素因に基づくマップとする。
- ・深層崩壊における災害発生確率の高いエリアを最も上の区分に位置付ける。
- ・1km メッシュ単位で区分を算出し、色付けしたマップを作成（重複の場合は上の区分を採用）
- ・100 年間での災害確率を換算し、発生確率マップとして表現する。

## 5.2 素因の組合せの適中率と捕捉率に基づく発生確率区分の設定

素因の組合せに基づく適中率と捕捉率を表に整理すると表 5.1 のとおりである。ここで、降雨による土砂災害の平均的な発生率（素因考慮なしの適中率）は 2.79%、顕著な大規模崩壊の発生率は 0.05% である。

表 5.1 素因の組合せによる適中率と捕捉率

単独指標	$W_Y$	$W_R$	$D_A$	$D_{AB}$	S	条件なし平均
土砂災害(適中率)	7.41%	7.94%	1.63%	2.67%	2.74%	2.79%
土砂災害(捕捉率)	89.06%	76.12%	4.91%	21.24%	36.76%	-
大規模崩壊(適中率)	0.07%	0.07%	0.26%	0.19%	0.12%	0.05%
大規模崩壊(捕捉率)	41.75%	35.92%	41.26%	78.64%	84.95%	-

的中率高く(2位)  
捕捉率も高い

$D_A$ との組合せ	$W_Y \cap D_A$	$W_R \cap D_A$	$D_A \cap S$	$W_Y \cap D_A \cap S$	$W_R \cap D_A \cap S$
土砂災害(適中率)	5.55%	5.83%	1.76%	5.65%	5.93%
土砂災害(捕捉率)	3.93%	3.50%	3.27%	2.58%	2.21%
大規模崩壊(適中率)	0.34%	0.30%	0.36%	0.47%	0.40%
大規模崩壊(捕捉率)	12.62%	9.22%	34.47%	11.17%	7.77%

大規模土砂災害での中率  
と捕捉率がともに高い  
(発生確率区分3候補)

$D_A$ との組合せ	$W_Y \cup D_A$	$W_R \cup D_A$	$D_A \cup S$	$W_Y \cup D_A \cup S$	$W_R \cup D_A \cup S$
土砂災害(適中率)	6.28%	6.46%	2.63%	4.24%	4.13%
土砂災害(捕捉率)	90.03%	77.53%	38.40%	93.13%	84.58%
大規模崩壊(適中率)	0.09%	0.11%	0.12%	0.09%	0.09%
大規模崩壊(捕捉率)	70.39%	67.96%	91.75%	97.09%	97.09%

$D_{AB}$ との組合せ	$W_Y \cap D_{AB}$	$W_Y \cap S$	$W_R \cap D_{AB}$	$W_R \cap S$	$D_{AB} \cap S$	$W_Y \cap D_{AB} \cap S$	$W_R \cap D_{AB} \cap S$
土砂災害(適中率)	6.72%	7.45%	7.07%	8.22%	2.35%	6.33%	6.77%
土砂災害(捕捉率)	18.24%	32.97%	15.35%	28.66%	9.31%	7.92%	6.73%
大規模崩壊(適中率)	0.21%	0.15%	0.23%	0.16%	0.32%	0.39%	0.40%
大規模崩壊(捕捉率)	30.10%	34.95%	25.73%	29.13%	66.02%	25.24%	20.87%

大規模土砂災害  
での中率最大。  
だが捕捉率低い

$D_{AB}$ との組合せ	$W_Y \cup D_{AB}$	$W_Y \cup S$	$W_R \cup D_{AB}$	$W_R \cup S$	$D_{AB} \cup S$	$W_Y \cup D_{AB} \cup S$	$W_R \cup D_{AB} \cup S$
土砂災害(適中率)	5.33%	4.41%	5.33%	4.31%	2.79%	4.01%	3.91%
土砂災害(捕捉率)	92.06%	92.85%	82.01%	84.23%	48.70%	94.46%	87.53%
大規模崩壊(適中率)	0.10%	0.08%	0.11%	0.09%	0.11%	0.08%	0.09%
大規模崩壊(捕捉率)	90.29%	91.75%	88.83%	91.75%	97.57%	99.51%	99.51%

最大の補足率  
(発生確率  
区分1候補)

※土砂災害：土石流・がけ崩れ・地すべりの合計

土石流・がけ崩れ・地すべりを合わせた土砂災害全体では、最大の適中率となる組合せは  $W_R \cap S$ （土砂災害特別警戒区域かつ地すべり地形分布図に該当）で 8.22% であった。ただし、この組合せの捕捉率は、28.66% と低く、この組合せでは災害の 7 割以上を見逃す結果となるため、災害発生率を示す評価には適切でないと判断できる。

このように、適中率と捕捉率はトレードオフの関係になっていることが多く、全体を 3 つの区分となるよう以下の方針に基づき区分した。

## 発生確率区分の基本的な考え方

### 【発生確率区分 1】

エリアの概要：比較的広域が該当し、土砂災害に注意すべきエリア。

選定基準：・土砂災害全体に対して、捕捉率が最大

(ただし、適中率は素因を考慮しない場合よりも高い)

・複数の素因で構成され、どれかに該当すればリスクが高いと評価できる  
組合せ (or の組合せ) が望ましい。

### 【発生確率区分 2】

エリアの概要：災害との関係性が特に高く、土砂災害の発生確率が高いエリア

選定基準：・適中率が高くかつ捕捉率も高い

・捕捉率よりも適中率を重視する

### 【発生確率区分 3】

エリアの概要：顕著な大規模崩壊の発生確率が高いエリア

選定基準：・大規模崩壊事例における適中率と捕捉率ともに高い

上記の方針に従い表 5.1 より発生確率を区分する条件となる組合せを検討した。

#### ■ 発生確率区分 1

土砂災害全体の捕捉率のうち、最も高い組合せは  $W_Y \cup D_{AB} \cup S$  で 94.46%である。その際の適中率は 4.01%と素因を考慮しない場合の条件に比べて、約 1.4 倍高い値であり、条件を満たす。そこで、発生確率区分 1 の条件は  $W_Y \cup D_{AB} \cup S$  の組合せ、すなわち、土砂災害警戒区域 ( $W_Y$ )・深層崩壊推定頻度マップ (「特に高い+高い」： $D_{AB}$ )・地すべり地形分布図 ( $S$ ) のいずれかに該当するメッシュとした。

#### ■ 発生確率区分 2

当該確率区分は、土砂災害全体の適中率と捕捉率のうち、適中率を重視しながら、捕捉率も十分高い組合せを抽出するものである。土砂災害全体の捕捉率が最も高い組合せは、 $W_R \cap S$  で適中率が 8.22%である。しかし、捕捉率は 28.66%と低い値を示し、災害の 7 割を見逃してしまう結果となりうるため候補から除外した。次いで適中率の高い組合せは、 $W_R$  (単体) で 7.94%であり、捕捉率も 76.12%と十分高いことから条件を満たす。そこで、当該区分の条件は  $W_R$  (単体) に該当するメッシュとした。

#### ■ 発生確率区分 3

当該確率区分は、他の区分と異なり、大規模崩壊の発生確率の高いエリアを示すものである。そのため、大規模崩壊における適中率と捕捉率に着目し、適中率と捕捉率がともに高い組合せを条件とした。大規模崩壊に対する素因の組み合わせのうち、最大とな

る適中率は  $W_R \cap D_{AB} \cap S$  の 0.40% であるが、捕捉率は 20.87% と低いため候補から除外した。次いで高い適中率となる組み合わせは、 $W_Y \cap D_{AB} \cap S$  (適中率: 0.39%) であるが、捕捉率が 25.24% と低い。3 番目に高い適中率の組合せは  $D_{AB} \cap S$  (適中率: 0.32%) であり、捕捉率は 66.02% と比較的高い値を示す。そこで当該確率区分の条件は、深層崩壊推定頻度マップ (「特に高い+高い」:  $D_{AB}$ )・地すべり地形分布図 ( $S$ ) とともに該当するメッシュとした。

発生確率区分の設定結果を表 5.2 に示す。

表 5.2 発生確率区分の設定結果一覧表

設定区分	組合せ条件	適中率	捕捉率
発生確率区分 1	$W_Y \cup D_{AB} \cup S$	4.01%	94.46%
発生確率区分 2	$W_R$ (単独)	7.94%	76.12%
発生確率区分 3 (大規模崩壊の発生確率を対象)	$D_{AB} \cap S$	0.32%	66.02%

【設定された区分に該当するエリア】

■ 発生確率区分 1

土砂災害警戒区域 ( $W_Y$ )・深層崩壊推定頻度マップ ( $D_{AB}$ )・地すべり地形分布図 ( $S$ ) の 3 種類の地形・地質の素因のいずれかに該当するエリアが対象となる。この区分による災害捕捉率は約 94.5% と非常に高く、災害を網羅的に捕捉できるものである。なお、適中率は約 4% で素因を考慮しない場合の 1.4 倍程度高い確率をもつエリアでもある。

■ 発生確率区分 2

$W_R$  の単独指標となり、土砂災害警戒区域よりも危険度の高い土砂災害特別警戒区域に該当し、土砂災害により直接被害が生じる可能性の高いエリアを含むメッシュが該当する結果となった。なお、適中率は 7.94%、捕捉率は 76.12% で発生確率区分 1 の 2 倍程度の災害確率を持つエリアであり、降雨による災害の 7 割以上を網羅できるエリアである。

■ 発生確率区分 3

大規模崩壊の発生確率が高く、かつ災害捕捉率も比較的高いエリアである。当該区分は、深層崩壊推定頻度マップと地すべり地形分布図がともに該当し、適中率は 0.32% (素因を考慮しない場合の 6.4 倍程度高い確率) で、捕捉率は 66% (約 7 割) の大規模崩壊を網羅するエリアである。

### 5.3 地形・地質素因に基づく発生確率マップ（案）の作成

得られた地形・地質の素因とその組合せに基づき土砂災害発生確率マップ（案）の作成を行った。

ここで、ある素因条件で抽出されたメッシュ集合では、素因特性および誘因特性が一樣であるほか、各メッシュにおいて各年の災害発生履歴が独立で、翌年以降に影響しない（1km メッシュの範囲における斜面の免疫性等の影響は極めて小さい）と仮定する。つまり、ある条件で抽出されたメッシュ集合では、災害発生確率（災害が1回以上発生する確率）は同一であると仮定する。

本研究の災害適中率は、素因の組合せにより抽出されるメッシュ集合のうち、土砂災害発生メッシュの占める割合として算出され、そのメッシュ集合における災害発生率（災害が1回以上発生した確率）と考えることができる。

本研究では24年間の災害データを用いていることから、上記の仮定の下、24年間で1回以上の土砂災害が発生した確率と考えられる。

但し、実際には、各メッシュにおいて発生ポテンシャルを持つ斜面や溪流の数にはばらつきがあり、さらに拡大崩壊や土砂の再移動も生じる。ある年の災害が翌年以降にどのように影響するかは別途確認が必要である。

本研究で得られた発生確率については、国土交通省土砂災害データベースを使用した試算であり、他の自然災害事象との比較できることが望ましい。そこで、形式的な試算であるが、一般的に用いられる100年間の確率値として、下記の手法により1回以上の災害が発生する確率を機械的に換算し、マップとして表現した。

ここで、N年間で1回以上の災害が発生する確率  $P_N$  とすると、各確率は以下のように表すことができる。

N年間一度も災害が発生しない確率： $1 - P_N$

T年間で一度も災害が発生しない確率： $(1 - P_N)^{(T/N)}$

例えば、24年間のデータより、100年間で1回以上災害が発生する確率（ $P_{100}$ ）は以下の式で求められる。

$$P_{100} = 1 - (1 - P_{24})^{(100/24)}$$

同様に、大規模崩壊における災害事例は、134年間のデータであることから、100年間における確率を換算した。

なお、本業務で災害事例は、当該期間において砂防部で把握したものであるため、山地災害などは含まれていない。また、深層崩壊事例も既存資料から得られたものだけで

ある。したがって、得られた資料から求めた災害確率であり、実際の発生確率よりも小さい可能性があることに留意が必要である。さらに、地形や地質などの違いによる災害発生確率の地域的な差については十分な検討がされていないため、今後の更なる分析が必要である。

また、発生確率区分の基本方針に従い決定した設定条件から、各発生確率区分の意味づけを整理する。

#### ■ 発生確率区分 1

当該確率区分は、土砂災害警戒区域 ( $W_Y$ )・深層崩壊推定頻度マップ ( $D_{AB}$ )・地すべり地形分布図 ( $S$ ) のいずれかに該当するエリアで、地形・地質の素因を有し、土砂災害に留意が必要なエリアである。各メッシュにおいて、100年間で1回以上の災害が発生する確率は約15%と考えられる。

#### ■ 発生確率区分 2

当該確率区分は、土砂災害特別警戒区域 ( $W_R$ ) に該当し、降雨による土砂災害が発生した場合、木造家屋の倒壊等の被害が生じる可能性が高いエリアである。各メッシュにおいて、100年間で1回以上の災害が発生する確率は約30%と考えられる。

#### ■ 発生確率区分 3

当該確率区分は、深層崩壊推定頻度マップ ( $D_{AB}$ ) と地すべり地形分布図 ( $S$ ) とともに該当し、深層崩壊等の大規模崩壊の発生確率の高いエリアである。各メッシュにおいて、100年間で1回以上の大規模崩壊が発生する確率は約0.24%と考えられる。

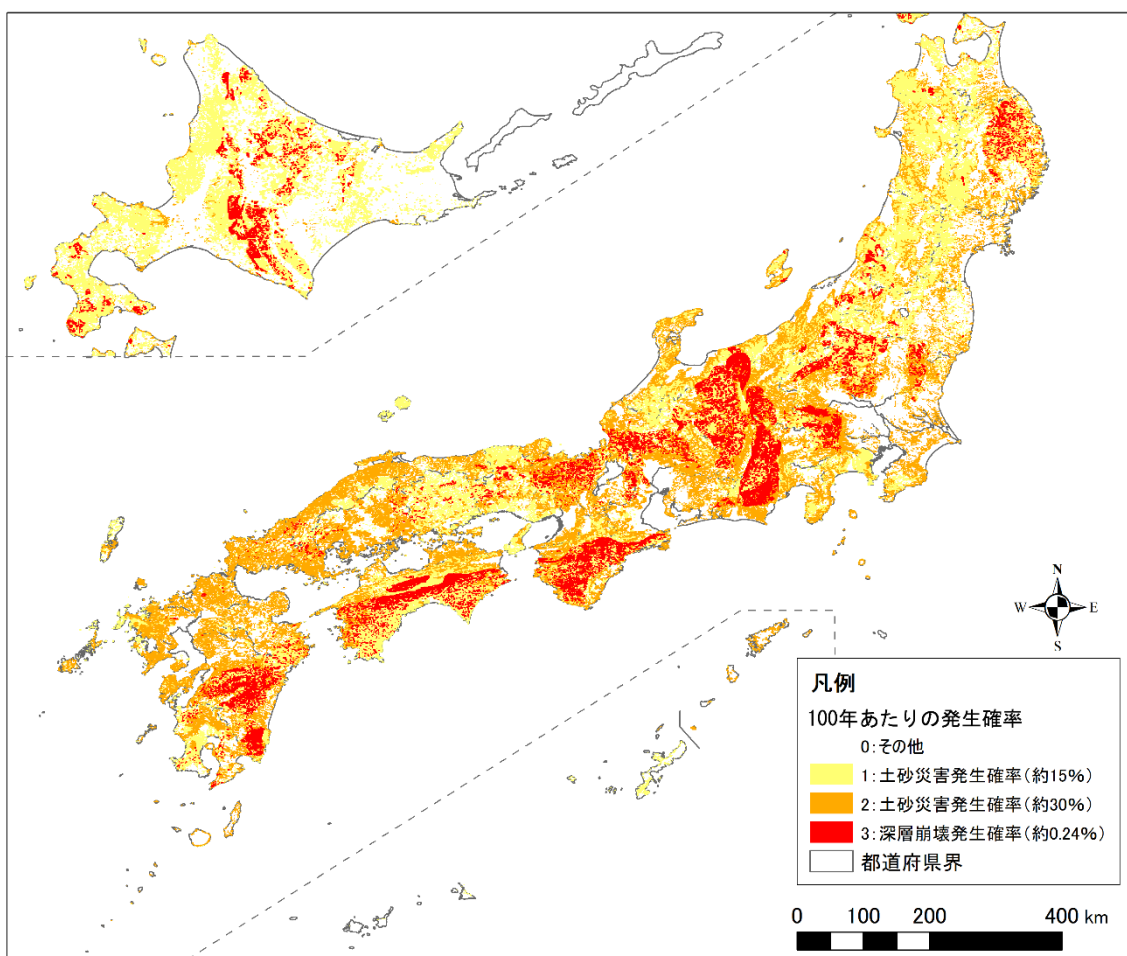


図 5.1 地形・地質素因に基づく土砂災害発生確率マップ（案）

なお、地形・地質素因に基づく土砂災害発生確率マップ（案）に対する検証として、過去の土砂災害履歴との一致度の検証、令和元年の台風第19号災害における災害結果との検証、土砂災害発生確率分布の地域差の検証結果を巻末資料として示す。