

降雨情報を活用した 災害発生危険度予測技術（土砂災害）

平成25年 5月24日
気象庁予報部予報課 気象防災推進室

1

平成25.05.24 予報業務許可事業者を対象に実施した講習会

1. はじめに

2. 災害発生の危険度を測る「ものさし」
～ タンクモデルと土壌雨量指数 ～
3. 災害発生の「目印」
～ 土砂災害発生の判別手法 ～
4. 土砂災害警戒判定メッシュ情報の提供

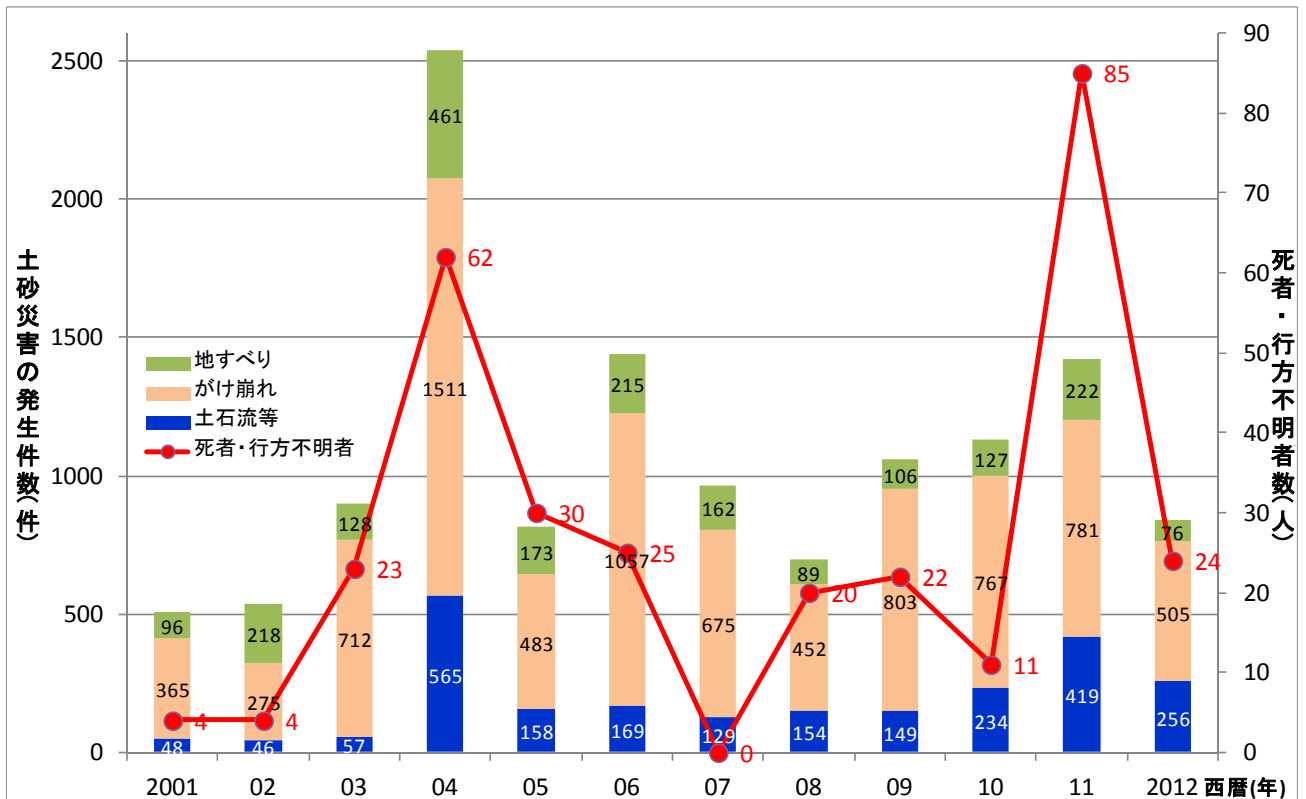
2

平成24年 全国の土砂災害発生件数 (2013.01.08時点)



「平成24年 全国の土砂災害発生件数(平成25年1月8日時点)」(国土交通省砂防部 報道発表資料)

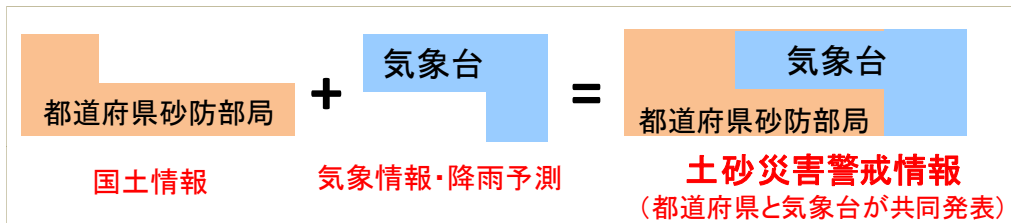
2001～2012年 土砂災害発生件数、死者・行方不明者数



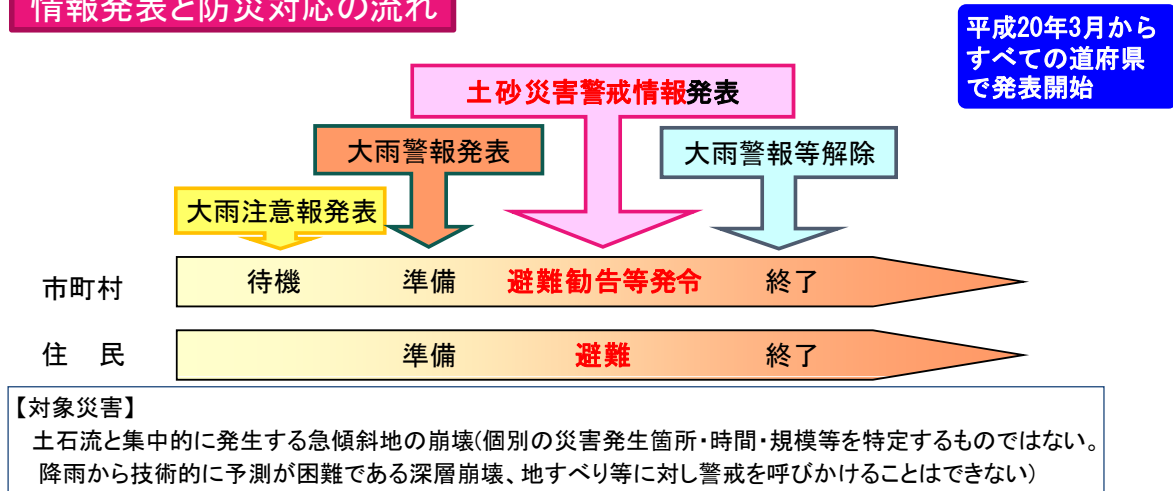
注：データ出典は、国土交通省砂防部調べを基に作成された「平成23年 土砂災害の実態」(平成24年5月 一般財団法人 砂防・地すべり技術センター)による。2012年(平成24年)は、国土交通省砂防部の「平成24年の全国の土砂災害発生件数 (2013.01.08時点)」の報道発表資料に基づき作成した。

土砂災害警戒情報 ～国交省砂防部と気象庁による連携施策～

土砂災害警戒情報は、大雨による土砂災害発生の危険度が高まったとき、市町村長が避難勧告等を発令する際の判断や住民の自主避難の参考となるよう、都道府県と気象庁が共同で発表する防災情報である。



情報発表と防災対応の流れ



5

平成25.05.24 予報業務許可事業者を対象に実施した講習会

1. はじめに

2. 災害発生の危険度を測る「ものさし」 ～ タンクモデルと土壌雨量指数 ～

3. 災害発生の「目印」 ～ 土砂災害発生の判別手法 ～

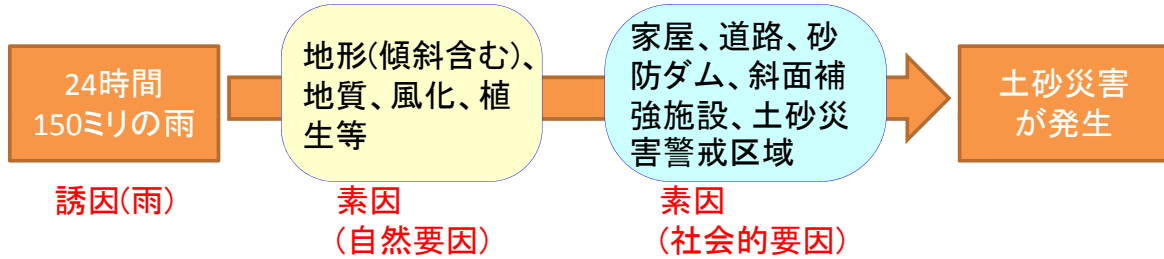
4. 土砂災害警戒判定メッシュ情報の提供

6

土砂災害発生の素因と誘因

(質問)

東京都奥多摩町で、24時間に150ミリの雨が降りました。土砂災害は発生するでしょうか？



災害は、誘因と素因の組み合わせにより発生

誘因: 直接災害を引き起こす動的な発生要因

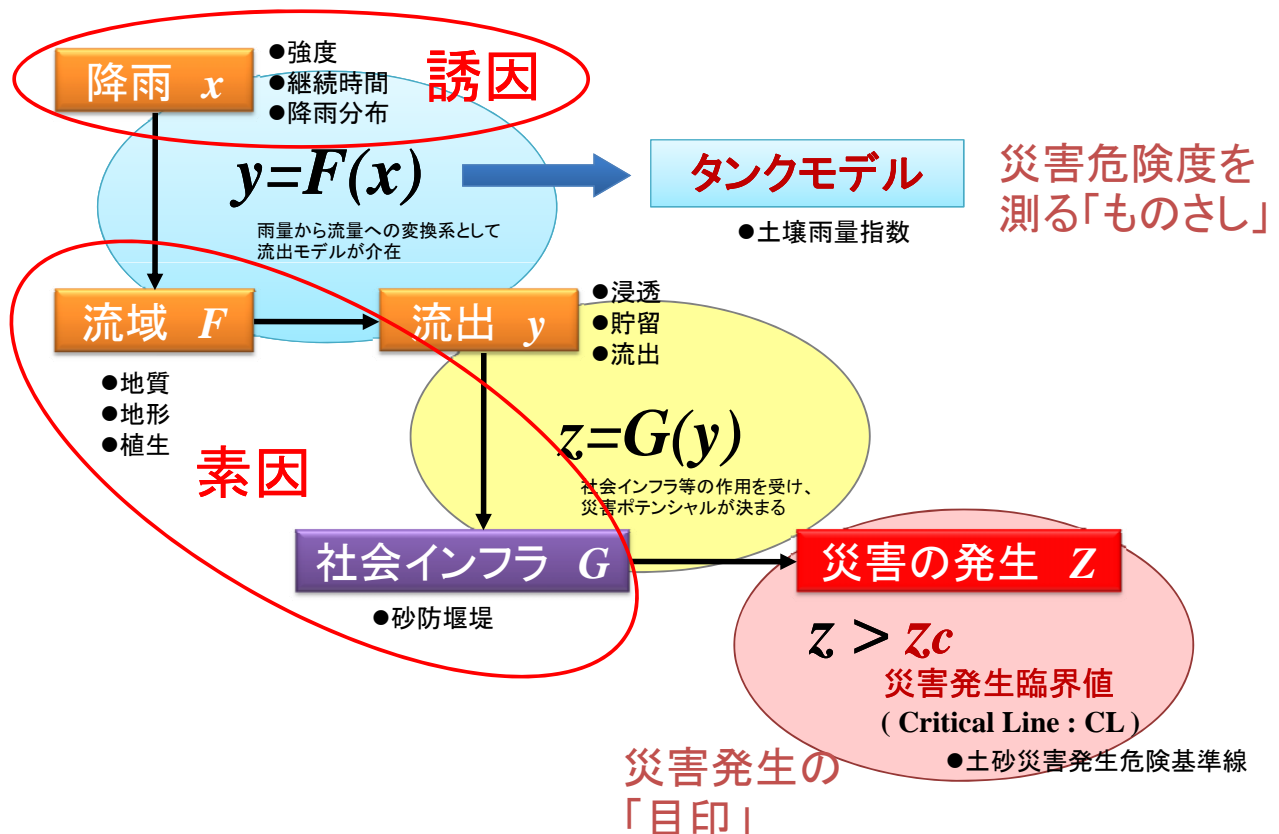
素因: 災害の発生・拡大に関する潜在的な環境要因

降った雨が、様々な素因の影響を受け、最終的にどれだけの水が「地表面に残るか」「地中にたまるか」「河川に流れ出るか」

災害の危険度を測る「ものさし」が必要

7

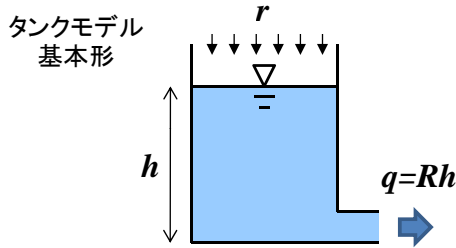
降雨から災害発生に至るまでのプロセス



8

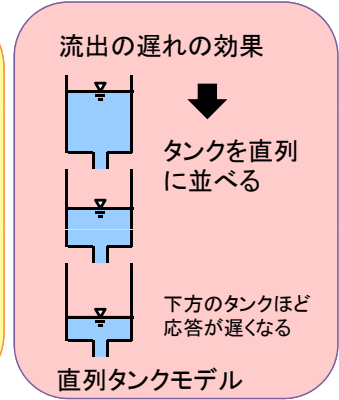
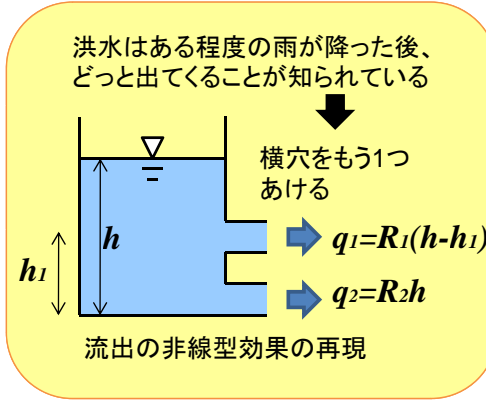
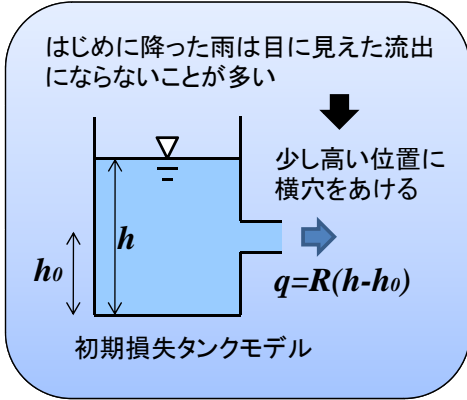
タンクモデルの原理

流域を幾段か(3段や4段の例が多い)のタンクにおきかえ、タンクに1~2個の横穴と1個の底穴を設けて、「横穴からの流出→河川流出」「底穴からの流出→より深層への浸透」になぞらえたモデル

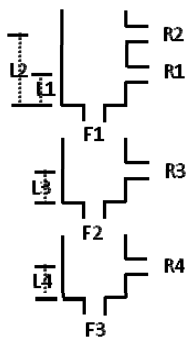


タンク流出 $q = Rh$
 連続の式 $r - q = dh/dt$

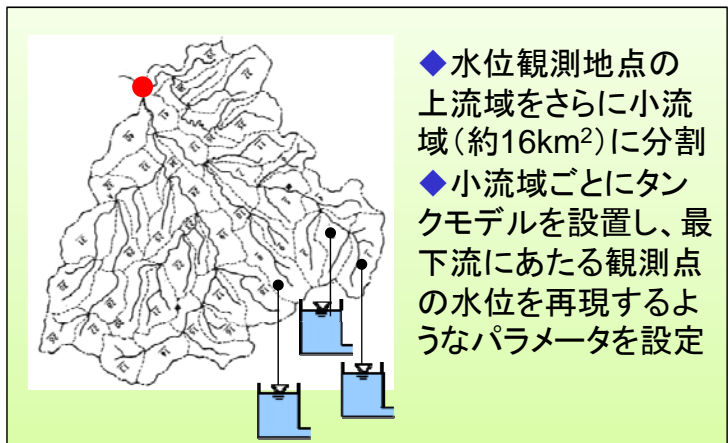
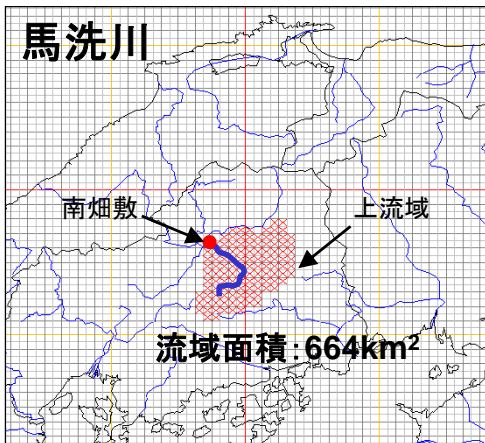
R : 穴の比例定数
 h : タンク水位
 r : 降雨



石原・小葉竹のタンクモデル

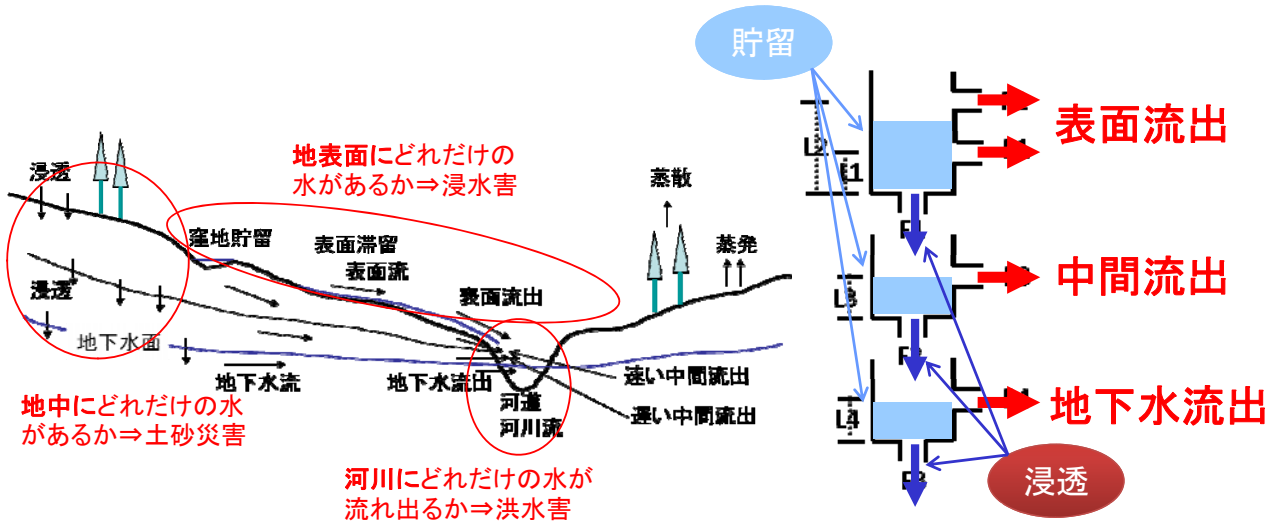


No.	河川名(地域)	地質(特性)	L1 (mm)	L2 (mm)	L3 (mm)	L4 (mm)	F1 (hr ⁻¹)	F2 (hr ⁻¹)	F3 (hr ⁻¹)	R1 (hr ⁻¹)	R2 (hr ⁻¹)	R3 (hr ⁻¹)	R4 (hr ⁻¹)
1	筑後川(小平)	安山岩・凝灰岩(透水性大)	40	75	15	15	0.12	0.08	0.01	0.10	0.15	0.05	0.01
2	馬洗川(南畑敷)		30	60	15	15	0.12	0.08	0.01	0.10	0.15	0.05	0.01
3	木津川(月ヶ瀬)	花崗岩	15	60	15	15	0.12	0.05	0.01	0.10	0.15	0.05	0.01
4	長良川(美濃)		30	75	5	15	0.12	0.04	0.01	0.10	0.15	0.05	0.01
5	夕張川(清幌橋)	第三紀層(透水性小)	15	40	5	15	0.12	0.04	0.01	0.10	0.15	0.05	0.01

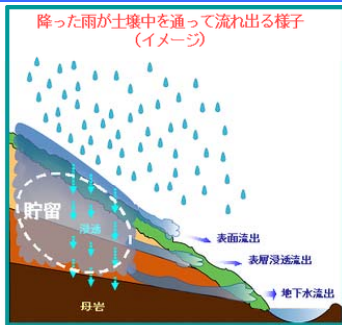


いずれのパラメータを用いても履歴順位自体に大きな変動は見られないが(図略)、気象庁では、最も崩れやすいとされる花崗岩のパラメータを用いて指数を求めている。

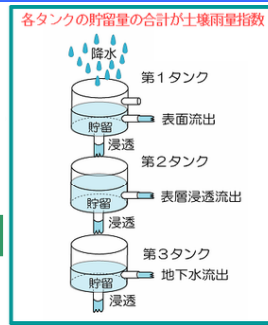
タンクモデルと流出現象の関連



土壌雨量指数とは

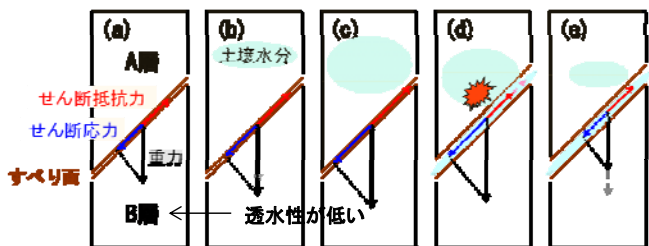


モデル化



大雨による斜面崩壊は、降った雨が土壌中の水分として貯まっている量(貯留量)が多いほど、発生危険性が高い。直列3段タンクモデルを土中の水分の消長を表す指標として捉え、各タンクの貯留量の合計を土壌雨量指数とした。解析雨量を基に地表面を5km格子毎に算出。

斜面崩壊発生メカニズムとタンク貯留高(土壌雨量指数)との関係



斜面崩壊発生メカニズム

- ◆ 斜面崩壊は、せん断応力とせん断抵抗力のバランス問題
- ◆ 土壌水分が増えるとせん断応力が増大する
- ◆ 土壌水分がすべり面に達すると次第に飽和に近づく
- ◆ 飽和した土壌水分が水圧となってせん断抵抗力を減少させる
- ◆ せん断抵抗力 < せん断応力となった時、斜面崩壊が発生

斜面崩壊と土壌雨量指数の関係(イメージ)

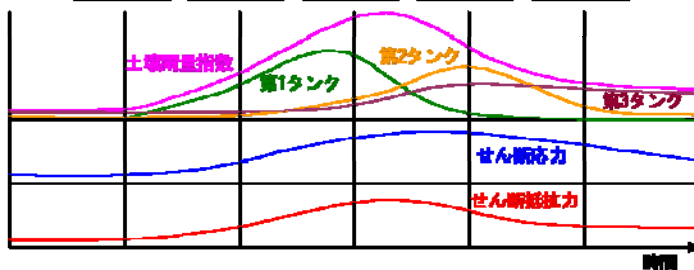
土壌雨量指数(3つのタンクの合計)

⇕

崩壊するA層にしみこんでいる水分量

↓

この水分量の重さがせん断応力を増大させる



◆災害発生を精度良く推定するためには、降水現象だけではなく、地下への浸透や河川への流出などの「降水の二次的な振る舞い」をみる必要がある。

◆「降水から河川水への変換過程」を模式化したものがタンクモデルである。タンクモデルをベースにし、素因なども考慮した土壌雨量指数は、災害発生の危険度を測る有効な「ものさし」である。

◆その特徴は「先行降雨」のように土砂災害において着目すべき点が考慮されることであり、これにより災害発生の危険度を定量的に表現できる（これは降雨指標だけは難しい）。

土壌雨量指数 利用にあたっての留意点

- ① 土壌雨量指数は、土砂災害の危険性の把握を目的とした指数であり、地中に貯まった雨水量を正確に計算して求めるものではない。このため、利用や解説にあたっては、そのような誤解を招かないよう留意する必要がある。
- ② 土壌雨量指数は、5km四方ごとに全国一律のパラメータを用いて算出しており、地盤の緩みに関連する地中に貯まった雨水の量を模式的に計算したものである。**土砂災害の危険性は植生や地質、風化の程度等により地域ごとに異なるため、土壌雨量指数の値のみにより判断することはできない。**そのため利用や解説にあたっては、**過去に発生した土砂災害との関係に基づき作成されている大雨警報・注意報の発表基準などと比較することにより、危険性の程度を判断する必要がある。**
- ③ 土壌雨量指数は、**個々の傾斜地(崖)の危険度ではなく、5km四方のメッシュの周辺を含む広い範囲の危険度を示している。**値が高くなることは、メッシュの周辺を含む広い地域に存在するそれぞれの傾斜地の危険性が全体的に高くなっていることを意味する。
- ④ 同じ地点では、土壌雨量指数が大きくなるほど土砂災害のポテンシャルは高いといえるが、異なる地点の土壌雨量指数を比較して、どちらの地点が土砂災害の危険性が高いかということを述べることはできない。
- ⑤ 土壌雨量指数は比較的表層の地中を対象にモデル化したものであり、深層崩壊や大規模な地滑りなど地中深い部分を要因とする災害と関連付けることはできない。
- ⑥ 平坦地が広がっている等、土砂災害の恐れのない地域では、大雨警報・注意報に土壌雨量指数の基準のないメッシュがある。
- ⑦ 気象台では、予測精度や気象状況等を総合的に判断して警報・注意報を発表している。このため、土壌雨量指数を基準と比較した結果と大雨警報・注意報の発表状況とは必ずしも一致しない場合がある。

1. はじめに
2. 災害発生の危険度を測る「ものさし」
～ タンクモデルと土壌雨量指数 ～
3. 災害発生の「目印」
～ 土砂災害発生の判別手法 ～
4. 土砂災害警戒判定メッシュ情報の提供

15

土砂災害発生の目印(基準)

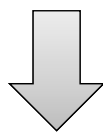
(質問)

土壌雨量指数が300に達しました(通常は20程度)。土砂災害は発生するでしょうか？

いつもとはかなり
状況が違うようだ

何らかの被害は発生
しそうな気がするけど・・・

災害発生の危険度をあらわす「ものさし」で測っても、相対的な危険度は分かるが、「どの段階で災害が発生するか」は分からない



目印(基準)が必要！

16

土砂災害警戒情報の基準設定

◆土砂災害警戒情報

対象とする災害	用いる指標	設定手法
土石流(注①) 集中的に発生するがけ崩れ(注②)	土壌雨量指数 60分間積算雨量	RBFネットワーク

注①: 土石流はすべて対象。

注②: がけ崩れは、5km四方格子で2箇所以上、あるいは気象予報区(市町村をまとめた地域で5箇所以上)など、都道府県の災害状況によって、対象とする災害抽出条件に差異がある。

◆災害の発生・非発生を分離する基準を求める際には、災害発生事例よりも、むしろ**非発生事例に着目する**ことが重要

○非発生事例から降雨特性を数値化し、それを基準設定候補とすることで、災害発生有無や、基準設定者の経験等によらず、一定のルールの下で客観的に効率よく基準を設定することが可能。

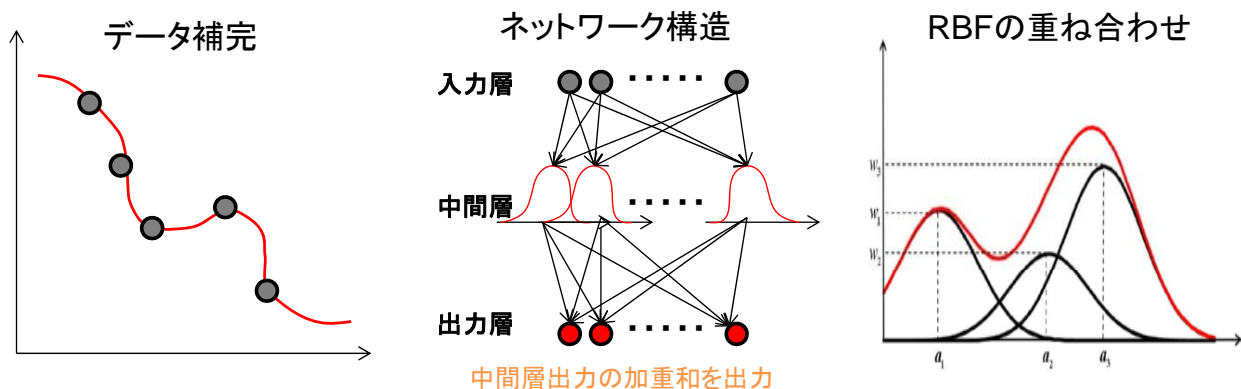
○発生頻度(空振り)の程度についての定量的な検討が可能

17

RBFネットワークを用いた土砂災害 判別手法 (1)

RBFネットワークとは

- ◆データ補完手法の1つ(有限個のデータから近似関数を導く)
- ◆3層から構成されるニューラルネットワークで学習機能を持つ
- ◆非線形関数の近似(ごちゃ混ぜのデータの判別)が得意
- ◆RBFはRadial Basis Functionの略で「放射基底関数」のこと。ガウス関数がよく使われる

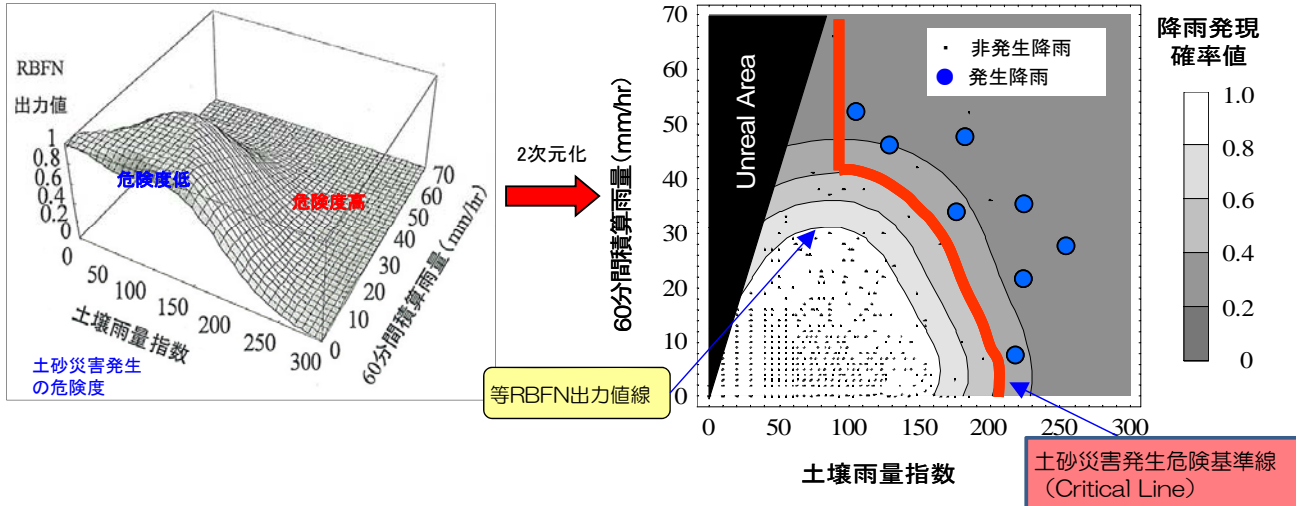


土砂災害が発生していない降雨事例のデータを入力として、RBFNにより「非発生降雨の発現確率」を求める

18

RBFネットワークを用いた土砂災害 判別手法 (2)

降雨発現確率の応答曲面



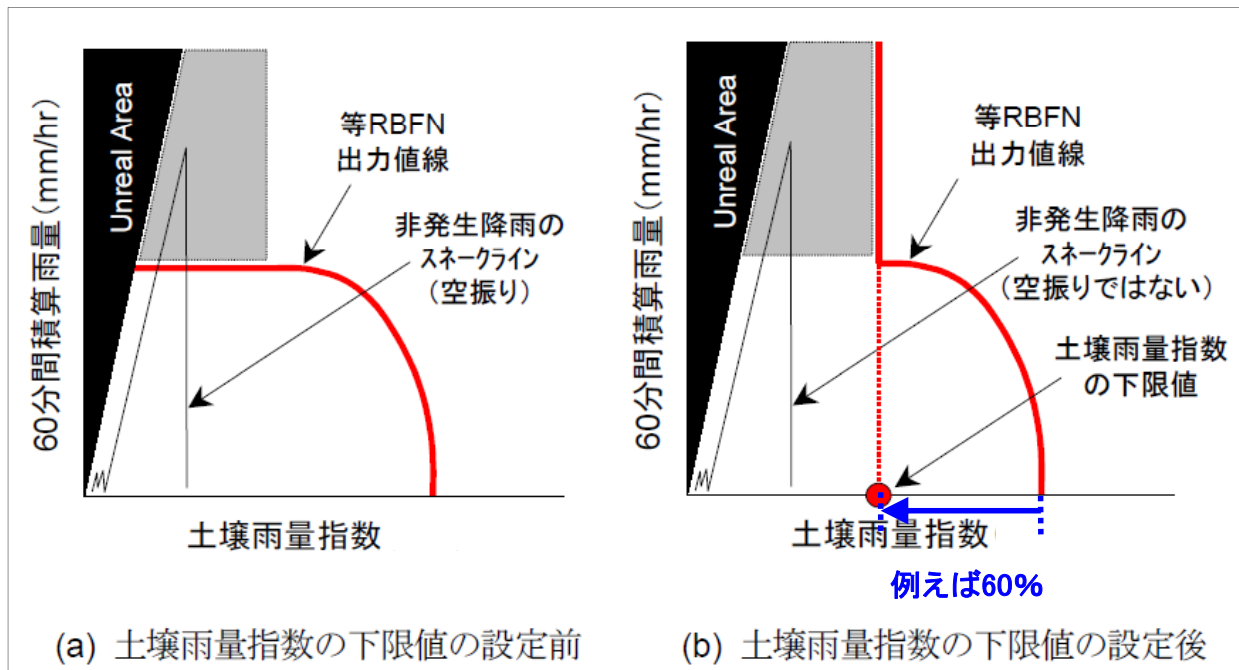
平面上において、非発生降雨データが密にプロットされる領域では、RBFN出力値が高く、また非発生降雨データが疎の領域では、RBFN出力値が低くなる

- ◆災害発生に対して目印をつけるのではなく、災害が発生していない降雨事例に基づいて基準を決める。これは「**災害が発生しない降雨を何度も経験したから、ここまでは安全**」という発想。
- ◆土砂災害警戒情報の基準(CL)は、対象となる土砂災害が発生しない条件の上限の付近で設定
- ◆この手法により、①発生降雨データが少ない地域でも境界線を引くことができる、②境界線の決め方に合理性と再現性がある、③非線形であるため降雨プロットの分布状況に応じた境界設定が可能など、より適切なCL設定とすることができる。

19

土壌雨量指数下限値の設定

- (1) 土壌雨量指数下限値は、X軸切片値に対する土壌雨量指数の割合を指す。
- (2) 土壌雨量指数下限値は、図(a)の斜線で示す領域(先行降雨のほとんどない夕立等)での空振りを回避するために、対象とする災害がない場合、土砂災害が発生しない安全領域として土壌雨量指数の下限値を設定することができる。



20

1. はじめに

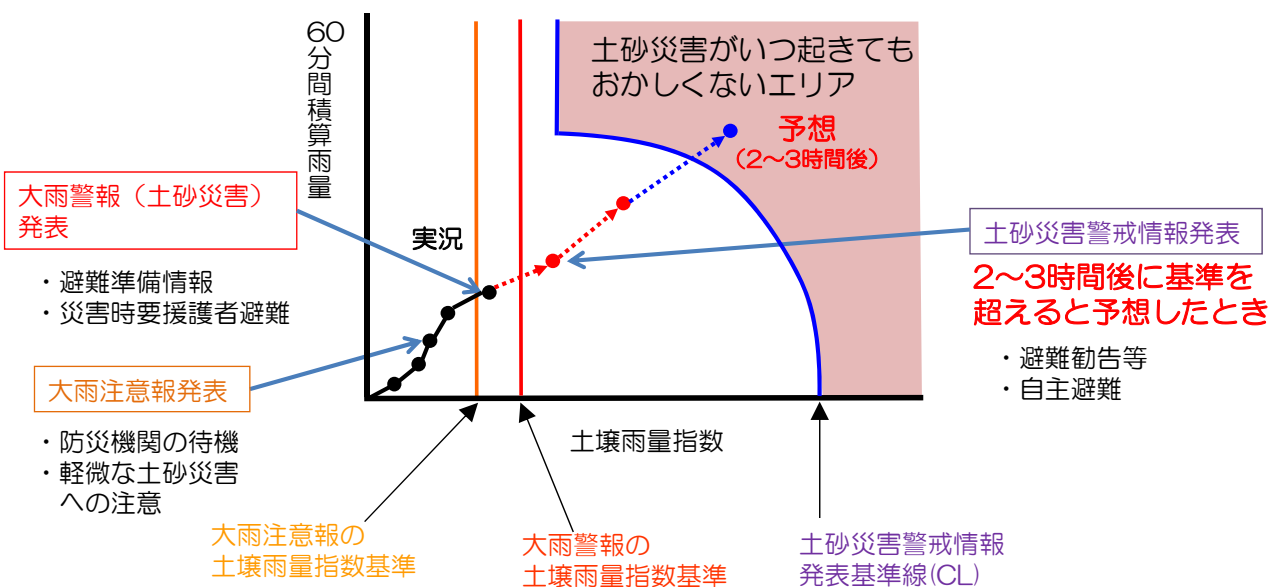
2. 災害発生危険度を測る「ものさし」 ～ タンクモデルと土壌雨量指数 ～

3. 災害発生「目印」 ～ 土砂災害発生判別手法 ～

4. 土砂災害警戒判定メッシュ情報の提供

21

土砂災害の警戒を呼びかける段階的な情報発表



● 大雨注意報：

統計的に、大雨警報の土壌雨量指数基準の概ね1時間程度前に出現する土壌雨量指数の値を、大雨注意報の土壌雨量指数基準に設定し、その基準を超える2～6時間前に発表する。

● 大雨警報 (土砂災害)：

要援護者の避難に必要な時間を考慮し、統計的に、土砂災害警戒情報発表基準の概ね1時間程度前に出現する土壌雨量指数の値を、大雨警報の土壌雨量指数基準に設定し、その基準を超える2～6時間前に発表する。

● 土砂災害警戒情報：

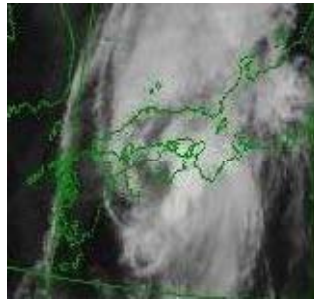
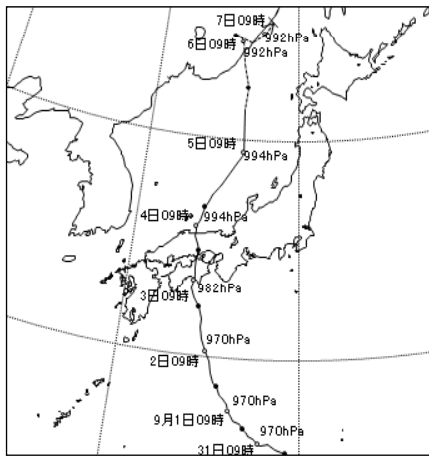
避難に必要な時間を考慮し、土砂災害発生を目安となる基準に達する概ね2時間*以上前に発表する。
(*時間は県毎に決めている)

22

平成23年 台風第12号による土砂災害(事例紹介)

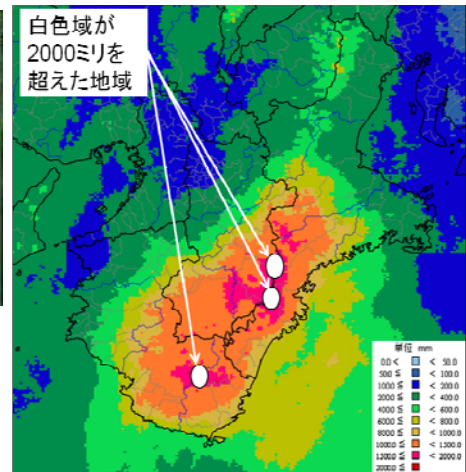
- 台風接近中の9月2日夜から近畿地方では強い雨が降り始め、4日にかけて継続
- 広い範囲で総降水量が1,000ミリを超える記録的な大雨
- 土砂災害については、表層崩壊だけでなく、大規模な深層崩壊も多発
- 規模の大きな土砂災害、河川の氾濫、洗掘、河道閉塞など複合的な災害が発生
- 和歌山県、奈良県、三重県などで死者82名、行方不明者16名となった
(平成24年9月28日現在:消防庁資料より)

台風第12号の経路(左)と3日09時の衛星赤外画像(右)

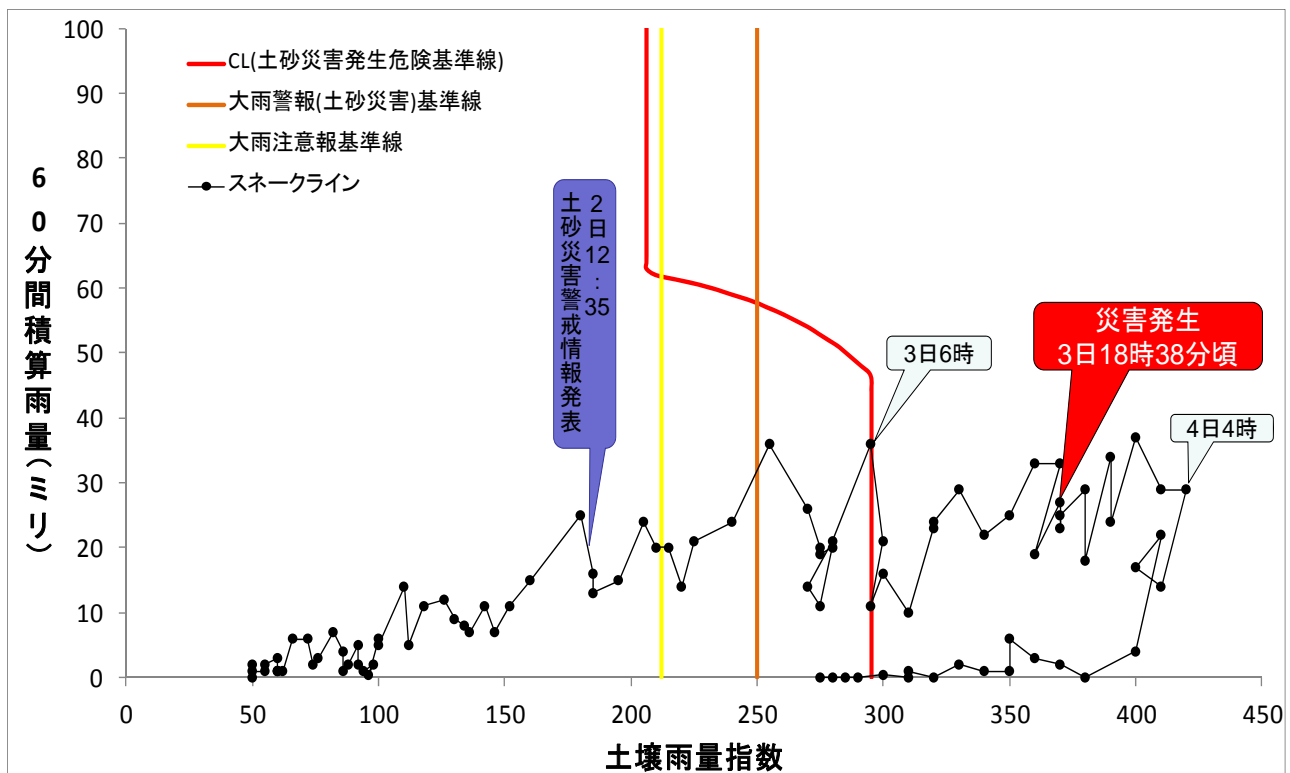


奈良県上北山村上北山では72時間降水量の最大値が1652.5mmと、1976年の統計開始以来の国内の観測記録を更新。

解析雨量による総降水量分布図
(平成23年8月30日～9月5日)



奈良県十津川村野尻付近のスネークライン図



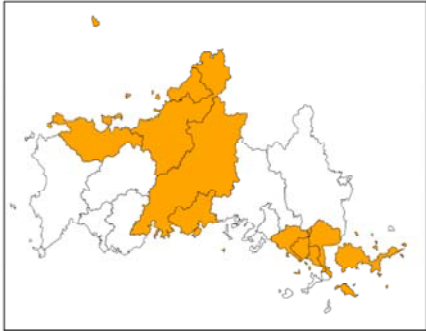
注:スネークライン図は、刻々と変化する60分間積算雨量と土壌雨量指数の状態を一定時間毎につないだ線で、スネークラインがCL(土砂災害発生危険基準線)を超えると土砂災害の危険性が非常に高まっていることを示す。

現在 山口県土砂災害警戒情報 第1号
 平成21年7月28日 10時00分
 山口県 下関地方気象台 共同発表

【警戒対象地域】
 山口市* 萩市* 防府市* 光市* 長門市* 柳井市* 周防大島町* 田布施町* 平生町* 阿武町*

*印は、新たに警戒対象となった市町村を示します。

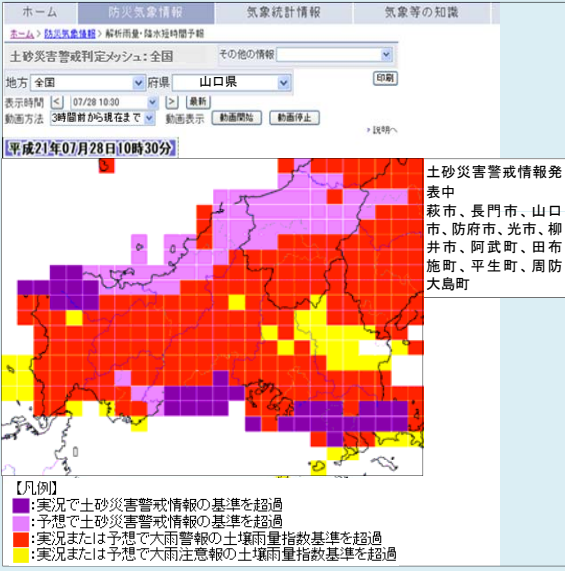
【警戒文】
 <概況>
 降り続く大雨のため、警戒対象地域では土砂災害の危険度が高まっています。
 <とるべき措置>
 崖の近くなど土砂災害の発生しやすい地区にお住まいの方は、早めの避難を心がけるとともに、市町から発表される避難勧告などの情報の注意してください。



問い合わせ先
 083-933-3754 (山口県土木建築部砂防課)
 083-234-4006 (下関地方気象台技術課)

【現在】
 ○図形式の情報として発表。
 ○警戒対象となる市町村を明記。
 ○情報を受けとった住民等のとるべき措置を明記。

さらに5kmメッシュ情報の提供 (平成25年6月27日開始)



【土砂災害警戒判定メッシュ情報とは】
 実況及び予測に基づいて、解析時刻から2時間先までの土砂災害の危険度を5kmメッシュ毎に階級表示した分布図です。
 この分布図により、土砂災害発生の危険度の高い地域をおおよそ把握することができます。

【凡例】
 ■: 実況で土砂災害警戒情報の基準を超過
 ■: 予測で土砂災害警戒情報の基準を超過
 ■: 実況または予測で大雨警報の土壌雨量指数基準を超過
 ■: 実況または予測で大雨注意報の土壌雨量指数基準を超過

土砂災害警戒判定メッシュ情報 利用にあたっての留意点

- 土砂災害警戒判定メッシュ情報は、土砂災害警戒情報と同様に降雨から予測可能な土砂災害のうち、避難勧告等の災害応急対応が必要な土石流や集中的に発生する急傾斜地の崩壊を対象としている。
- 土砂災害警戒情報、大雨警報(土砂災害)、大雨注意報は、気象状況等を総合的に判断して発表している。このため、これらの発表状況と土砂災害警戒判定メッシュ情報とは、整合しない場合がある。
- 避難勧告等の判断に際しては、土砂災害警戒判定メッシュ情報だけではなく、土砂災害警戒区域や土砂災害危険箇所なども合わせて総合的に判断する必要がある。

土砂災害に対する避難 総合的に判断

・大雨警報(土砂災害)
 ・土砂災害警戒情報



土砂災害危険度
 ・メッシュ情報
 ・スネークライン図



・土砂災害危険箇所
 ・土砂災害警戒区域
 ・土砂災害特別警戒区域

気象庁は

防災気象情報が正しく理解され防災対策に的確に利用されるため、関係機関との幅広い連携のもと、防災知識の普及・啓発活動をより一層推進します。



おわり