

土砂災害警戒情報検証手法

平成 20 年 3 月

国土交通省砂防部

気象庁予報部

国土交通省国土技術政策総合研究所砂防研究室

目 次

1	はじめに	1
2	目的・方法	2
3	資料収集	3
3.1	検証対象事例の検討	3
3.2	検証データの収集	5
4	データ整理	7
4.1	土砂災害警戒情報とCL対象災害発生状況の整理	7
4.2	実況雨量によるCL超過時のCL対象災害発生状況の整理	9
4.3	予測雨量のCL超過時のCL対象災害発生状況の整理	11
4.4	ハイトグラフ、スネーク曲線等の作成	13
5	土砂災害警戒情報の検証と改善の方針	15
5.1	CLの調整等	15
5.2	発表単位の検討	16
5.3	補足的な指標の検討等	16

1. はじめに

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に、市町村長が防災活動や住民等への避難勧告等の災害応急対応を適時適切に行えるよう支援することを目的として発表する情報である。

平成 17 年 6 月 2 日付け国河砂第 21 号・気業第 54 号「都道府県と気象庁が共同して土砂災害警戒情報を作成・発表するための手引き」について」において、その発表する基準について都道府県及び地方気象台等が継続的な見直しに努める、としているところである。

この情報を適切に運用していくためには、都道府県、地方気象台等が相互の役割のもと、協力して土砂災害警戒情報と災害発生の関係等を調査し、土砂災害警戒情報の発表基準である土砂災害発生危険基準線（Critical Line：以下、「CL」という。）等の有効性や運用方法等を継続的に検証し、精度の向上等を図りつつ、提供にあたっての課題や問題点を抽出し、その改善を適宜行うことが必要である。

本資料は、上記手引きの補足として、各都道府県で得られた検証結果を全国で共有・還元できるように統一的な検証方法を示し、得られた検証結果から基準等を改善するための方針を示したものである。なお、「国土交通省河川局砂防部と気象庁予報部の連携による土砂災害警戒避難の設定手法」を適用した場合を対象に記述しているが、他の方式による場合は判定に用いる地上雨量計の適用範囲等を考慮して同様の検証を実施することが必要である。

検証の実施にあたって、国土技術政策総合研究所砂防研究室および気象庁予報部予報課は、必要に応じて技術的な助言を行うものとする。

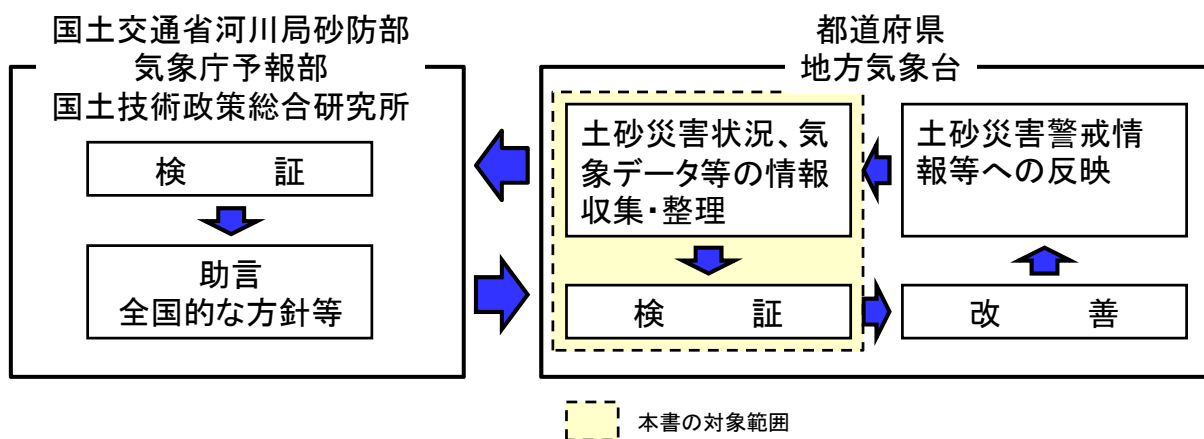


図-1 都道府県、地方気象台等の役割

2. 目的・方法

本資料の目的は、各都道府県で得られた土砂災害警戒情報の検証結果を全国で共有・還元できるように統一的な検証方法を示し、得られた検証結果から基準を改善するための方針を示すものである。

なお、本資料に記載されていない検証項目であっても、運用上、重要視される事項については、積極的に追加の検証を行うことが望ましい。

図-2 に土砂災害警戒情報の検証の流れを示す。

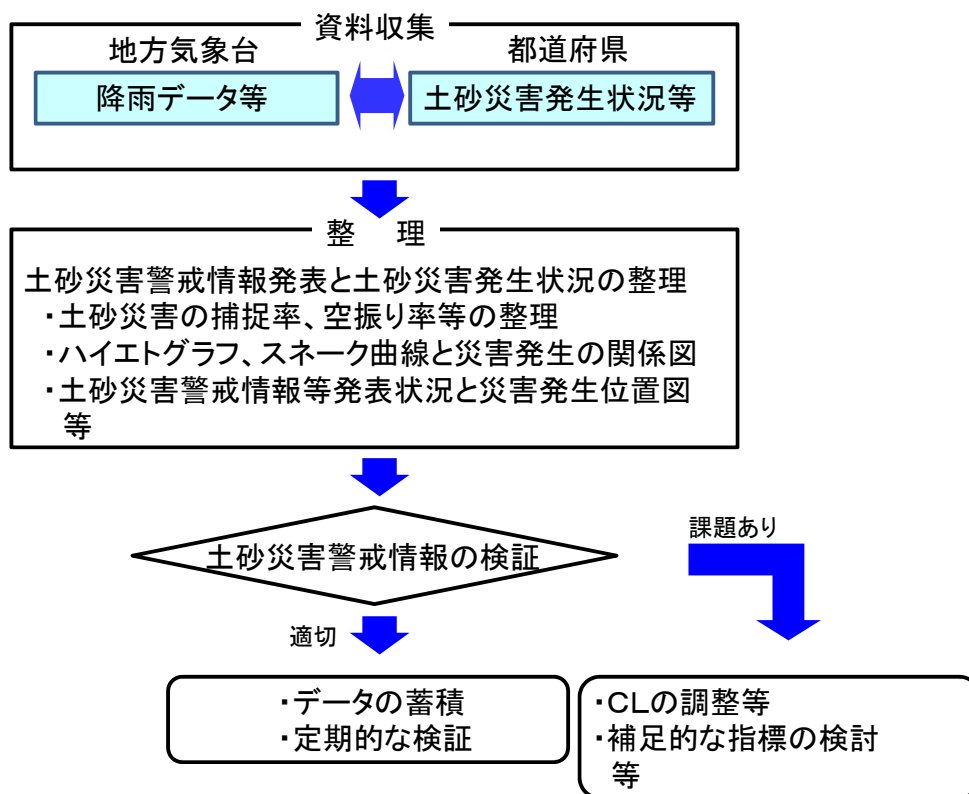


図-2 土砂災害警戒情報検証のフロー

3. 資料収集

資料収集は、都道府県と地方気象台が共同で行う。

図-3 にデータ収集のフローを示す。

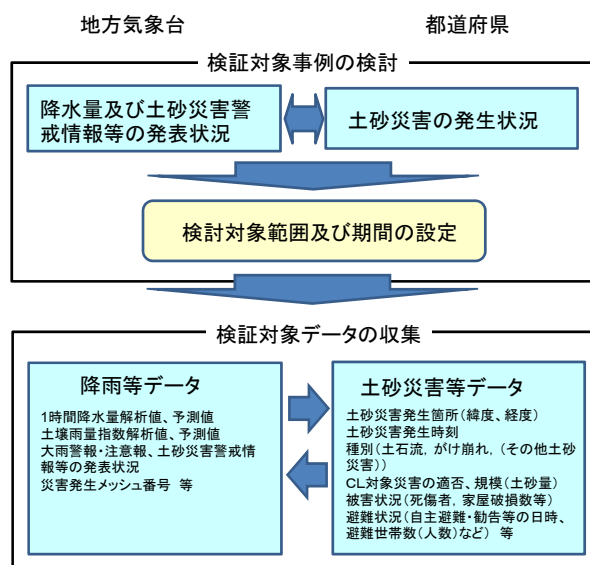


図-3 土砂災害警戒情報検証のフロー

3. 1 検証対象事例の検討（検討対象範囲及び期間の設定）

都道府県が所有する土砂災害の発生状況（発生位置（市町村名、地区名、緯度・経度）、発生日時）、地方気象台が所有する降水量、土砂災害警戒判定メッシュデータ、土砂災害警戒情報の発表状況等をもとに、検証対象とする範囲及び期間を検討する。

検証の対象は、以下のいずれかに該当する市町村とし、当該市町村にかかる 5km メッシュについて検証を行うことを基本とする。なお、検証の結果、より詳細な検証が必要となった場合には、必要に応じて 1km メッシュでの検証を行うこととする。

なお、調査対象とする土砂災害は、CL対象となる土石流及び集中的に発生するがけ崩れ（以下「CL対象災害」という。）とし、調査対象事例が多くなる場合は、CL対象災害の発生状況や土砂災害警戒情報の発表状況等を考慮のうえ、本検証の目的を達成するのに十分ないくつかの代表的な降雨に絞り込んでもよい。

- ① 土砂災害警戒情報が発表された市町村（図-4①参照）
- ② 土砂災害の発生が確認された市町村（図-4②参照）
- ③ CL超過（予測雨量によるCL超過を含む）市町村（図-4③参照）

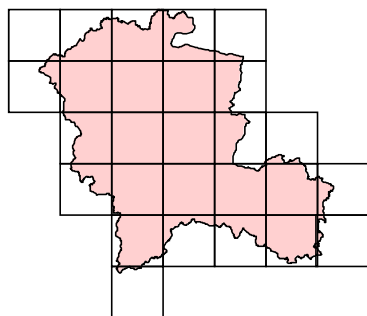
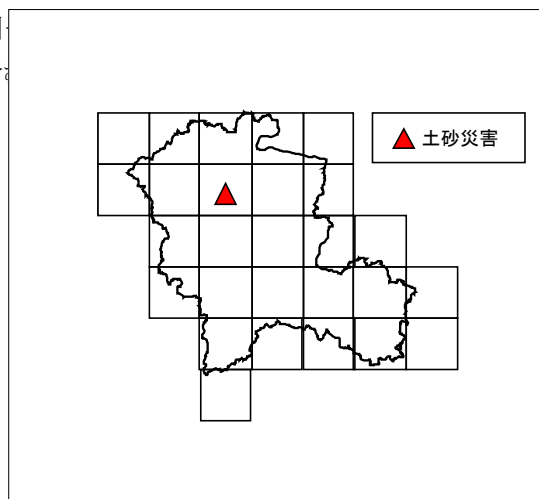
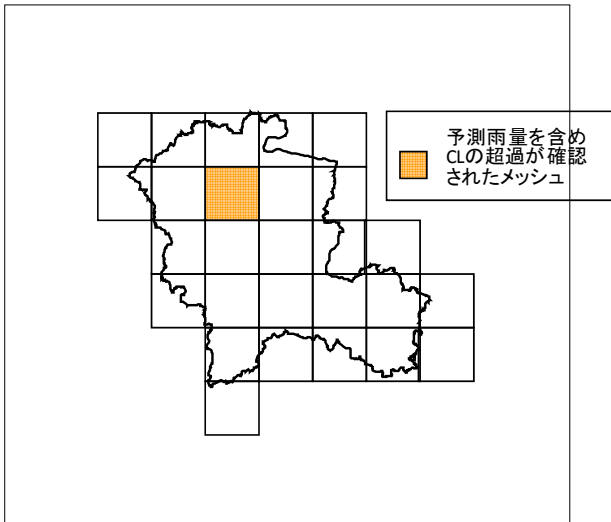


図-4① 土砂災害警戒情報が発表された市町村



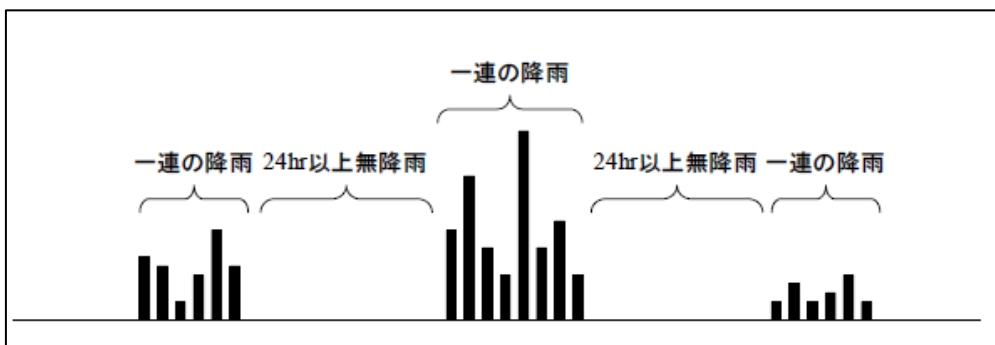


また、データ収集の対象期間は、対象とする市町村に係るすべてのメッシュの中で一連降雨の開始が最も早い時刻から一連降雨の終了が最も遅い時刻までとする（図－5 参照）。

ここで、一連降雨とは、一例として、前後に 24 時間以上の無降雨期間があるひとまとまりの降雨と定義する（図－6 参照）。

日時	一連の降雨								調査対象降雨
	メッシュ1	メッシュ2	メッシュ3	メッシュ4	メッシュ5	メッシュ6	メッシュ7	メッシュ8	
7/1 6:00									
7/1 6:30			●				●		●
7/1 7:00		●	●			●	●		●
7/1 7:30									
7/1 8:00									
7/1 8:30									
7/1 9:00	●			●	●			●	
7/1 9:30									
⋮									
7/3 20:30									
7/3 21:00	●		●						
7/3 21:30									
7/3 22:00								●	
7/3 22:30					●		●		
7/3 23:00		●		●					
7/3 23:30						●			●
7/4 0:00									

図－5 データ収集対象の期間の考え方



図－6 一連の降雨の概念図

3. 2 検証データの収集

収集するデータは、以下の通りとする。

1) 都道府県

表-1 土砂災害データ

収集データ	収集内容
土砂災害発生箇所	位置（市町村名、地区名等）、緯度経度 ^{※1}
土砂災害発生日時	年月日時分 ^{※2}
種別	土石流、がけ崩れ、（その他土砂災害 ^{※3} ） CL対象災害の適否
規模 ^{※4}	流出土砂量又は崩壊土砂量
被害状況 ^{※4}	死者数（行方不明を含む）、負傷者数 家屋破損数（全壊、半壊、一部破損）等
避難状況 ^{※4}	自主避難、避難勧告等の日時、避難世帯数（人数）、避難完了時間等

※1：緯度経度は、該当するメッシュ等を特定するために必要である。

※2：土砂災害の発生日時は、検証をおこなう上で非常に重要な情報であり出来るだけ詳細に把握する。

※3：必要に応じて「その他土砂災害」の種別をつくり、地すべり、深層崩壊、山体の崩壊等に対応させる。

なお、散発的ながけ崩れ、その他土砂災害はCL対象災害ではないが、CLの調整等の参考資料となるため可能な限りデータを収集する。

※4：規模、被害状況、避難状況は、土砂災害警戒情報の運用体制を改善する時の基礎資料となるので収集する。

表-2 土砂災害危険箇所データ

収集データ	収集内容
土砂災害危険箇所数 ^{※5}	市町村毎の土石流危険渓流箇所数 市町村毎の急傾斜地崩壊危険箇所数 市町村毎の地すべり危険箇所数

※5：土砂災害危険箇所数が少ない場合、土砂災害捕捉率が非常に小さくなる可能性があるため、土砂災害危険箇所数を把握しておく必要がある。

2) 地方気象台

表-3 大雨注警報、土砂災害警戒情報等の発表データ

収集データ	収集内容
大雨警報・注意報発表状況	発表日時、対象範囲
土砂災害警戒情報発表状況	発表日時、対象市町村

表-4 降雨データ

降雨データ	提供時間間隔	格子間隔	備考
警戒判定メッシュデータ	30分ごと	5kmメッシュ	5km格子内最大値
1時間降水量解析値	30分ごと	5kmメッシュ	5km格子内最大値
1時間降水量予測値	30分ごと	5kmメッシュ	予測時間1~3時間先、 5km格子内最大値
土壌雨量指数解析値	30分ごと	5kmメッシュ	
土壌雨量指数予測値	30分ごと	5kmメッシュ	予測時間1~3時間先

※なお、検証の結果、より詳細な検証が必要となった場合には、検証の目的に応じて以下のデータ等を収集する。

- ・1kmメッシュ単位の警戒判定メッシュデータ、1時間降水量解析値、1時間降水量予測値
- ・10分間隔の警戒判定メッシュデータ、1時間降水量予測値
- ・地上雨量計データ（都道府県の観測データについては、都道府県でデータを収集する。）

表-5 災害発生メッシュ

収集データ	収集内容
災害発生メッシュ番号 ^{※6}	災害発生メッシュ番号

※6：災害発生メッシュ番号は、土砂災害発生箇所の緯度経度から決定

以後、説明の便宜上、「1時間降水量解析値」を「実況雨量」、「1時間降水量予測値」を「予測雨量」と記載する。

4. データの整理

土砂災害警戒情報の有効性等を検証するため、土砂災害警戒情報の発表時、実況雨量又は予測雨量によりCLを超過した時を対象に土砂災害の捕捉率や空振り率、土砂災害発生までの時間等を整理する。また、必要に応じてハイエトグラフ、スネーク曲線を作成する。

整理対象とする土砂災害は、CL対象災害とし、土砂災害の種別毎に整理する。なお、CL対象災害以外の土砂災害についても、あわせて整理することが望ましい。

4. 1 土砂災害警戒情報発表時のCL対象災害発生状況の整理

土砂災害警戒情報の有効性を検証する資料とするため、土砂災害警戒情報等の発表・解除の状況や土砂災害の発生状況を整理し、土砂災害警戒情報発表時の土砂災害捕捉率、発表頻度等を算出する。

図-7に土砂災害警戒情報の発表時における土砂災害の捕捉の判定例を示す。

CASE	CL超過と災害発生の状況	災害捕捉判定
土砂災害警戒情報による捕捉	<p>情報発表 災害発生</p> <p>災害発生前に土砂災害警戒情報発表</p>	○
	<p>情報発表 災害発生</p> <p>災害発生と同時に土砂災害警戒情報発表</p>	○
	<p>災害発生 情報発表</p> <p>災害発生後に土砂災害警戒情報発表</p>	×

図-7 土砂災害の捕捉の判定例（土砂災害警戒情報）

各指標の算出方法

①土砂災害警戒情報の災害捕捉率

CL対象災害の発生状況（降雨数及び件数）及び土砂災害警戒情報中のCL対象災害発生状況（降雨数及び件数）をある一定の領域（土砂災害警戒情報の発表単位や、複数の発表単位をまとめた領域等）で整理し、以下の定義にしたがい災害捕捉率（%）を算出する。

$$\text{災害捕捉率【降雨数】（\%）} = \frac{\text{土砂災害警戒情報発表中にCL対象災害が発生した一連の降雨数}}{\text{CL対象災害の発生した一連の降雨数}} \times 100$$

注）同一領域内で複数件のCL対象災害が確認されている場合には、最初に発生したCL対象災害について評価する。

$$\text{災害捕捉率【件数】（\%）} = \frac{\text{土砂災害警戒情報発表中に発生したCL対象災害発生件数}}{\text{CL対象災害の発生件数}} \times 100$$

②土砂災害警戒情報のリードタイム

土砂災害警戒情報の発表時刻及びCL対象災害の発生時刻をある一定の領域（土砂災害警戒情報の発表単位や、複数の発表単位をまとめた領域等）で整理し、以下の定義に従いリードタイム（hr時間）を算出する。

$$\text{リードタイム（時間）} = \text{土砂災害警戒情報発表時刻} - \text{CL対象災害発生時刻}$$

注）同一領域内で複数件のCL対象災害が確認されている場合は、最初に発生したCL対象災害までの時間を整理する。

③土砂災害警戒情報の発表頻度

土砂災害警戒情報を発表した一連の降雨数をある一定の領域（土砂災害警戒情報の発表単位や、複数の発表単位をまとめた領域等）で整理し、以下の定義にしたがい年間の発表頻度を算出する。

$$\text{発表頻度（回／年）} = \frac{\text{土砂災害警戒情報を発表した一連の降雨数}}{\text{対象期間（年）}}$$

4. 2 実況雨量によるCL超過時のCL対象災害発生状況の整理

CLの有効性を検証する資料とするため、実況雨量によるCL超過後の土砂災害の発生状況等を整理し、災害捕捉率、実況雨量によるCL超過頻度等を求める。図-8に土砂災害の捕捉の判定例を示す。

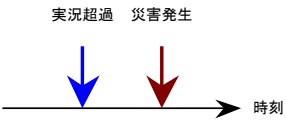
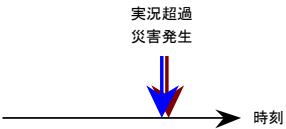
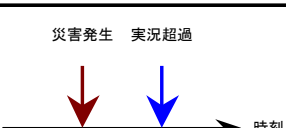
CASE	CL超過と災害発生状況	災害捕捉判定
実況雨量による捕捉	災害発生前に実況雨量によるCL超過 	○
	災害発生と同時に実況雨量によるCL超過 	○
	災害発生後に実況雨量によるCL超過 	×

図-8 土砂災害の捕捉例（実況雨量）

各指標の算出方法

①実況雨量による災害捕捉率

CL対象災害の発生状況（降雨数及び件数）及び実況雨量によるCL超過後のCL対象災害の発生状況（降雨数及び件数）をある一定の領域（5kmメッシュ単位、土砂災害警戒情報の発表単位や複数の発表単位をまとめた領域等）で整理し、以下の定義にしたがい土砂災害捕捉率（%）を算出する。

災害捕捉率【降雨数】（%）

$$= \frac{\text{実況雨量によるCL超過後にCL対象災害が発生した一連の降雨数}}{\text{CL対象災害が発生した一連の降雨数}} \times 100$$

注）同一領域内で複数件のCL対象災害が確認されている場合には、最初に発生したCL対象災害について評価する。

災害捕捉率【件数】（%） = $\frac{\text{実況雨量によるCL超過後のCL対象災害発生件数}}{\text{CL対象災害の発生件数}} \times 100$

②実況雨量による災害空振り率

$$\text{災害空振り率（%）} = \frac{\text{実況雨量によりCL超過した一連の降雨におけるCL対象災害非発生降雨数}}{\text{実況雨量によりCL超過した一連の降雨数}} \times 100$$

注）同一領域内で複数件のCL対象災害が確認されている場合には、最初に発生したCL対象災害について評価する。

③実況雨量によるリードタイム

実況雨量によるCL超過時刻及びCL対象災害の発生時刻をある一定の領域（5km メッシュ単位、土砂災害警戒情報の発表単位や複数の発表単位をまとめた領域等）で整理し、以下の定義に従い整理する。

リードタイム(時間) = 実況雨量によるCL超過時刻 - CL対象災害発生時刻

注) 同一メッシュで複数件のCL対象災害が確認されている場合は、最初に発生したCL対象災害までの時間を整理する。

④実況雨量によるCL超過頻度

実況雨量によりCLを超過した一連の降雨数をある一定の領域（土砂災害警戒情報の発表単位や、複数の発表単位をまとめた領域等）で整理し、以下の定義にしたがい年間のCL超過頻度を算出する。

$$\text{CL超過頻度 (回/年)} = \frac{\text{実況雨量によりCLを超過した一連の降雨数}}{\text{対象期間 (年)}}$$

4. 3 予測雨量によるCL超過時の土砂災害発生状況の整理

土砂災害警戒情報の発表のタイミングやCLの有効性を検証する資料とするため、予測雨量によるCL超過時の土砂災害の発生状況等を整理し、予測雨量による災害捕捉率や発表頻度等を整理する。

なお、ある時刻においてN時間先（N=1～3）までの予測雨量が土砂災害発生前又は同時にCLを超過している場合は、予測雨量により災害を捕捉したと判定する。

また、実況雨量より前に、予測雨量でCL超過を予測できた場合は、予測雨量は適中したと判定する。

CASE	CL超過と災害発生の状況	災害捕捉判定
予測雨量による捕捉	<p>災害発生前に予測雨量によるCL超過</p>	○
	<p>災害発生と同時に予測雨量によるCL超過</p>	○
	<p>災害発生後に予測雨量によるCL超過</p>	×

※予測超過；ある時刻においてN時間先（N=1～3）までの予測雨量でCLを超過

図-9 土砂災害の捕捉例（予測雨量）

CASE	予測雨量と実況雨量のCL超過の関係	災害捕捉判定
予測雨量の適中	<p>予測雨量によるCL超過後に実況雨量によるCL超過</p>	○
	<p>予測雨量によるCL超過と同時に実況雨量によるCL超過</p>	×

※予測超過；ある時刻においてN時間先（N=1～3）までの予測雨量でCLを超過

図-10 予測雨量適中時の土砂災害の捕捉例

各指標の算出方法

① 予測雨量による災害捕捉率

土砂災害の発生状況（降雨数及び件数）及び予測雨量によるCL超過後のCL対象災害の発生状況（降雨数及び件数）をある一定の領域（5km メッシュ単位、土砂災害警戒情報の発表単位を基準として、土砂災害警戒情報の発表単位や複数の発表単位をまとめた領域等）で整理し、以下の定義にしたがい災害捕捉率（%）を算出する。

$$\text{災害捕捉率【降雨数】（\%）} = \frac{\text{予測雨量によるCL超過後にCL対象災害が発生した一連の降雨数}}{\text{CL対象災害が発生した一連の降雨数}} \times 100$$

注）同一領域内で複数件のCL対象災害が確認されている場合には、最初に発生したCL対象災害について評価する。

$$\text{災害捕捉率【件数】（\%）} = \frac{\text{予測雨量によるCL超過後のCL対象災害発生件数}}{\text{CL対象災害の発生件数}} \times 100$$

② 予測雨量による災害空振り率

災害空振り率（%）

$$= \frac{\text{予測雨量によりCL超過した一連の降雨におけるCL対象災害非発生降雨数}}{\text{予測雨量によりCL超過した一連の降雨数}} \times 100$$

注）同一領域内で複数件のCL対象災害が確認されている場合には、最初に発生したCL対象災害について評価する

③ 予測適中率

予測雨量によるCL超過メッシュ（予測超過メッシュ）数及び予測適中メッシュ数をある一定の領域（土砂災害警戒情報の発表単位や複数の発表単位をまとめた領域等）で整理し、以下の定義にしたがい予測適中率（%）を算出する。

$$\text{予測適中率（\%）} = \frac{\text{予測適中メッシュ数}}{\text{予測超過メッシュ数}} \times 100$$

注）予測適中とは、予測雨量によるCL超過の後に、実況雨量によりCL超過したものである。なお、同時刻にCL超過の場合は、予測適中とカウントしない。

④ 予測雨量によるリードタイム（時間）

予測雨量によるCL超過からCL対象災害発生までの時間をある一定の領域（5km メッシュ単位、土砂災害警戒情報の発表単位や複数の発表単位をまとめた領域等）で整理し、以下の定義に従い整理する。

$$\text{リードタイム（時間）} = \text{予測雨量によるCL超過時刻} - \text{CL対象災害発生時刻}$$

注）同一領域内で複数件のCL対象災害が確認されている場合は、最初に発生したCL対象災害までの時間を整理する。

⑤ 予測雨量によるCL超過頻度

予測雨量によりCLを超過した一連の降雨数をある一定の領域（土砂災害警戒情報の発表単位や、複数の発表単位をまとめた領域等）で整理し、以下の定義にしたがい年間のCL超過頻度を算出する。

$$\text{CL超過頻度（回／年）} = \frac{\text{予測雨量によりCLを超過した一連の降雨数}}{\text{対象期間（年）}}$$

4. 4 ハイエットグラフ、スネーク曲線等の作成

土砂災害警戒情報や警戒判定状況と土砂災害の発生状況を時系列的にわかりやすく把握するため、必要に応じてハイエットグラフやスネーク曲線等を作成する。なお、グラフを作成するための降雨データは、原則として土砂災害が発生したメッシュ又は近傍のメッシュの内、実況雨量によりCLの超過が認められたメッシュの実況雨量データを用いることとする。また、必要に応じて近傍の地上雨量計のデータを用いることとする。以下に各グラフの作成例を示す。

①ハイエットグラフ

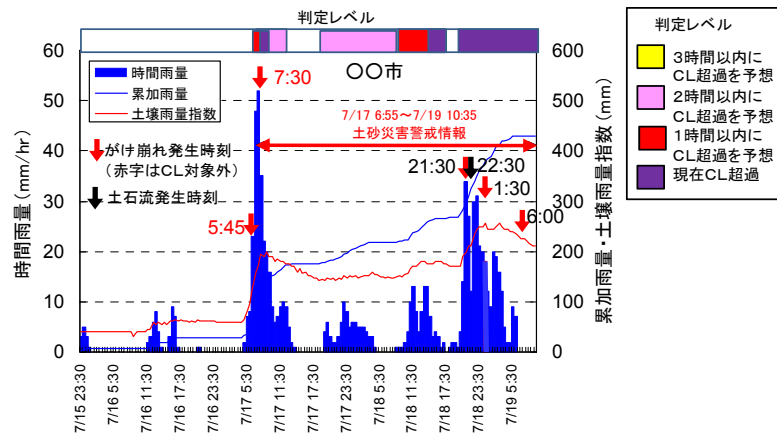


図-11 降雨量と土砂災害警戒情報、土砂災害発生の関係 (イメージ)

雨量データ、土砂災害の発生状況等と土砂災害警戒情報の発表状況が時系列的に整理されるため、降雨の特徴や土砂災害警戒情報等と土砂災害の発生状況の関係が把握でき、土砂災害警戒情報の有効性等を検討しやすくする。

②スネーク曲線

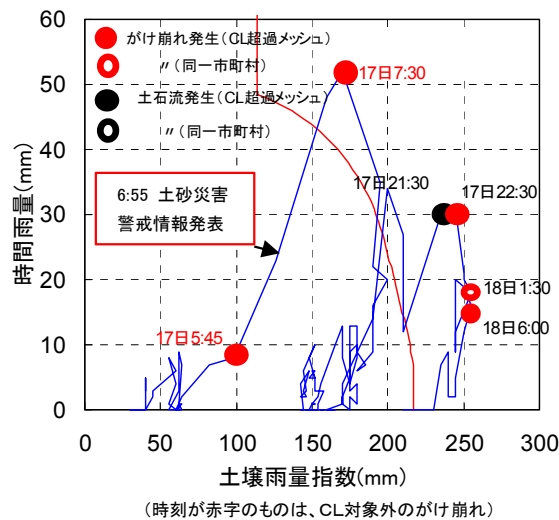


図-12 スネーク曲線と土砂災害発生の関係 (イメージ)

降雨データの変化状況、土砂災害発生時のCLとの関係がわかりやすく把握できる。

③土砂災害警戒情報の発表範囲や警戒判定状況と土砂災害発生位置の関係図

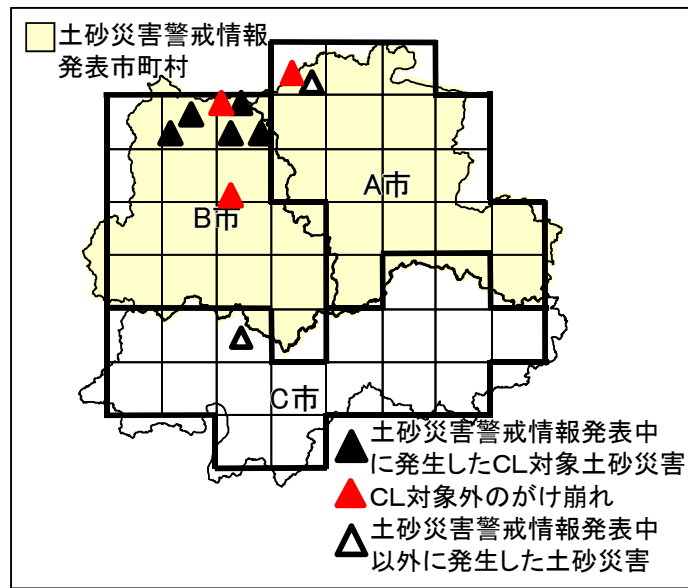


図-13 土砂災害警戒情報発表市町村と土砂災害発生位置

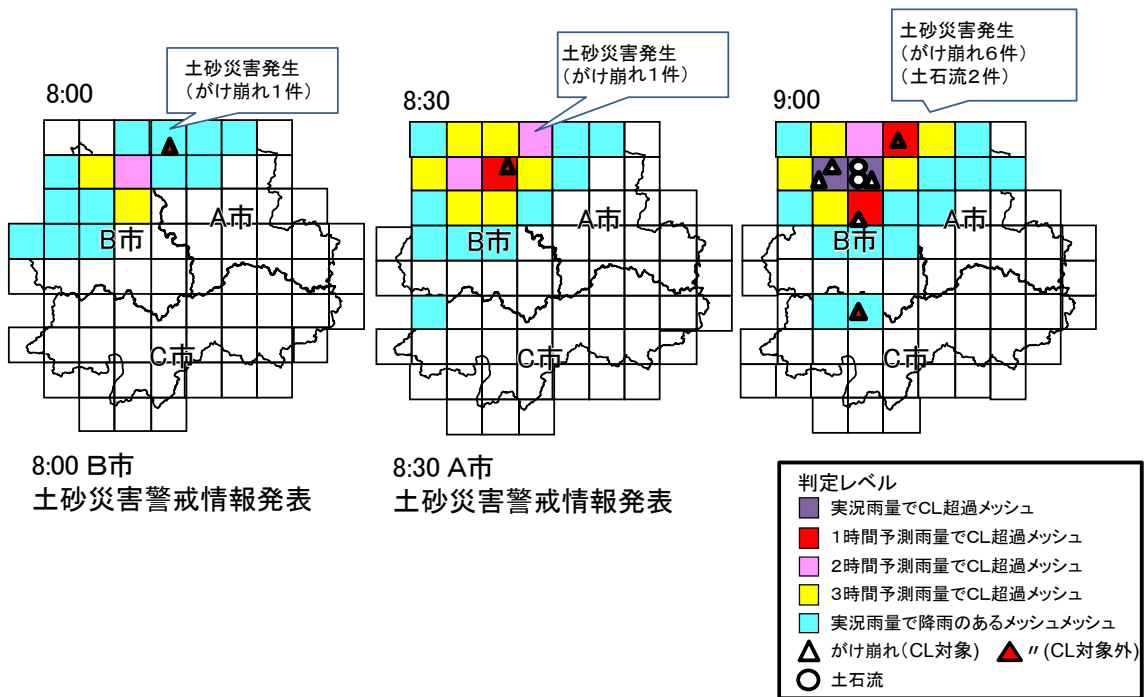


図-14 警戒判定メッシュ状況と土砂災害発生位置

土砂災害警戒情報発表市町村と土砂災害の状況、警戒判定メッシュの時系列変化状況と土砂災害の発生状況が、土砂災害警戒情報の発表が無かった市町村やCL超過が予想されなかったメッシュと比較して把握出来るため、土砂災害警戒情報等の有効性を空間的に把握できる。

5. 土砂災害警戒情報の検証と改善の方針

土砂災害警戒情報等の整理結果は、土砂災害警戒情報の有効性の検証及び改善の検討に用いる。

土砂災害警戒情報による災害捕捉率や発表頻度等を整理し、課題があると判断される場合には、必要に応じてCLの調整等を考える。また、CLの調整等を必要としない場合であっても、さらにデータを蓄積することで、土砂災害警戒情報の課題等の抽出に努めるものとする。

5. 1 CLの調整等

1) 実況雨量によるCLの調整

実況雨量によるCL超過時の災害捕捉率（降雨数及び件数）がきわめて劣る場合や、空振り率が極めて高い場合、発表頻度が過度に多い場合には、CL対象災害の発生状況等を考慮の上、CLの調整を考える。

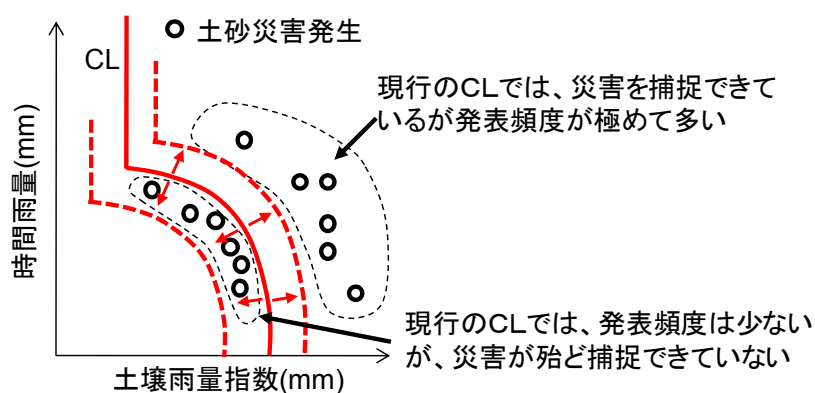


図-15 土砂災害発生状況とCLの関係

2) 予測雨量の有効性の検討

実況雨量による災害捕捉率（降雨数及び件数）や空振り率、CL超過頻度は妥当であるが、予測雨量による災害捕捉率が極めて劣る場合やCL超過頻度が過度に多い場合、予測雨量によるCL超過から土砂災害発生までのリードタイムが極めて短い場合には、実況雨量と予測雨量による災害捕捉率（降雨数及び件数）や空振り率、リードタイム、CL超過頻度の関係を考慮の上、CLの調整や運用方法の変更等を考える。

5. 2 発表単位の検討

効率的な警戒避難の実施のためには、土砂災害警戒情報の特性を把握し、適切な発表単位を検討することが望ましい。土砂災害警戒情報発表単位や発表単位を細分化した単位等での実況雨量や予測雨量による災害捕捉率（降雨数及び件数）や災害空振り率、リードタイム、CL超過頻度を比較し、発表単位を検討するための基礎資料とする。

5. 3 補足的な指標の検討

予測適中率が極めて低い場合は、実況雨量によるCL超過前に予測雨量によるCL超過が予想されていないことを示す。土砂災害警戒情報では、予測雨量によりCLを超過するか否かを判定するものである。このため、判定レベルが急激にたちあがる場合には、避難のためのリードタイムを十分に確保できないことがある。

そこで、実況雨量超過に至るまでのRBFN値の変化等の調査を行い、必要に応じて土砂災害発生の危険度が上昇してきていることを表す補助的な指標の活用等を検討することが考えられる。

(RBFN値や補足的な指標(NIGeDaS値)の整理については、【参考-1】を参照)

【参考-1】

○実況雨量による RBFN 値や NIGeDaS 値の算出方法（参考）

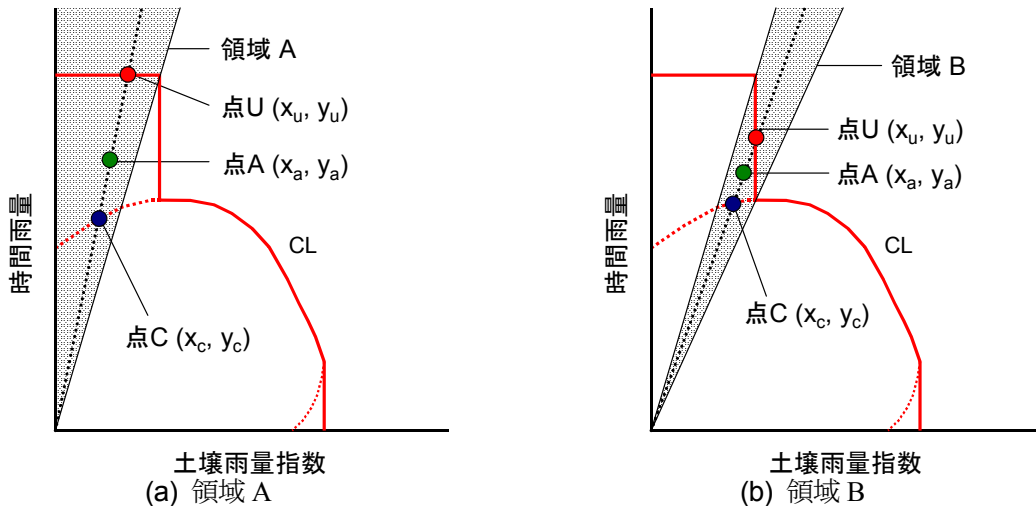
1) 実況雨量による RBFN 出力値の計算方法

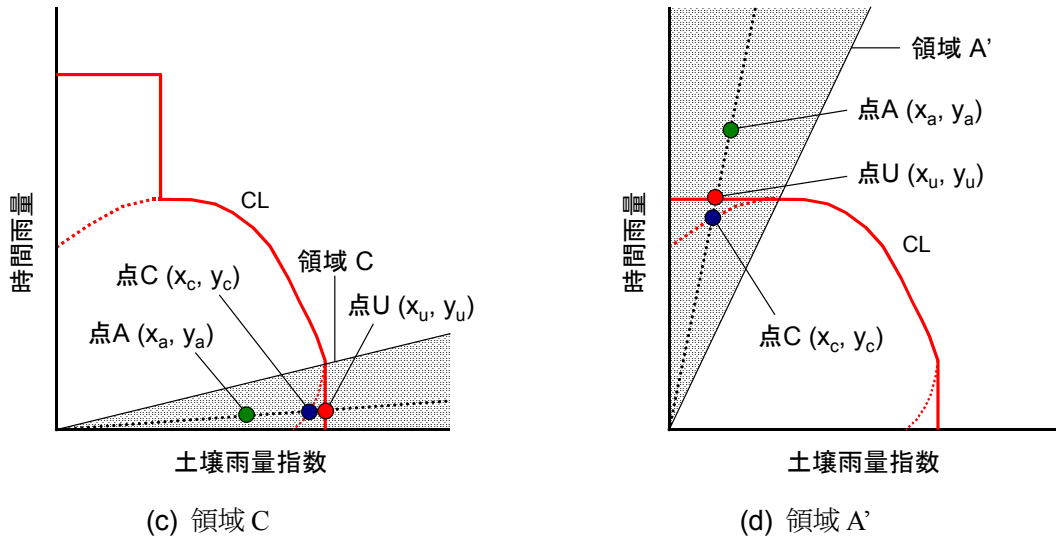
実況雨量による RBFN 出力値は、スネークラインが到達した地点の RBFN 出力値であり、その値は CL 設定時に作成した応答曲面データ (surface-xxxxxxx-yyyy-zzzz.csv : xxxxxxxx : メッシュコード, yyyy : 対象期間 (開始年), zzzz : 対象期間 (終了年)) を用いて算出する。例えば、参図-1 において、時間雨量 15mm, 土壤雨量指数 30mm の場合、RBFN 出力値は 0.920 (小数点 4 桁目を四捨五入) となる。

	A	B	C	E	F	G	H	
1		0	5	10	15	20	25	30
2	0	0.92665	0.940256	0.949414	0.954695	0.956787	0.958454	0.959479
3	1	0.938484	0.95323	0.963557	0.970022	0.973304	0.974152	0.973338
4	2	0.944593	0.960583	0.972219	0.980043	0.984711	0.986952	0.987513
5	3	0.945208	0.962546	0.975636	0.984994	0.991246	0.995089	0.997238
6	4	0.940689	0.959482	0.97417	0.985233	0.993262	0.998911	1.00285
7	5	0.931512	0.951864	0.968287	0.98122	0.991207	0.998852	1.00478
8	6	0.918235	0.940246	0.958531	0.973484	0.985595	0.995409	1.00349
9	7	0.901477	0.925234	0.945494	0.962599	0.976976	0.989108	0.999486
10	8	0.881884	0.907459	0.929787	0.949151	0.965912	0.980481	0.993277
11	9	0.860098	0.887545	0.912009	0.933711	0.952942	0.970036	0.985334
12	10	0.836734	0.866084	0.892725	0.916811	0.938562	0.958231	0.976079
13	11	0.812356	0.843612	0.872437	0.89892	0.923204	0.94546	0.965866
14	12	0.787455	0.820593	0.851578	0.880431	0.907219	0.932034	0.954966
15	13	0.762441	0.797405	0.830489	0.861648	0.890874	0.918176	0.943564
16	14	0.737634	0.774336	0.809423	0.842785	0.874341	0.904021	0.931754
17	15	0.713261	0.751583	0.788542	0.823967	0.857706	0.889615	0.919546
18	16	0.689463	0.729255	0.767922	0.805236	0.840977	0.874932	0.907677

参図-1 応答曲面データの内容

ただし、参図-2 (a)~(c) に示す領域 A~C の中でスネークラインが任意の点 A に到達した場合、実況 RBFN 出力値は下記の方法により算出する。なお、図は土壤雨量指数の下限値、時間雨量の上限値を設定した場合の例であるが、それらを設定していない場合であっても同様の方法により実況 RBFN 出力値を算出することができる (参図-2 (d) 参照)。





参図-2 実況 RBFN 出力値を計算により算出する領域

- ① (1)式を用いて、スネークラインが到達した点 A (x_a, y_a) の座標を変換する。変換した座標は (x_r, y_r) とする。

$$x_r = x_a \times \frac{x_c}{x_u}, \quad y_r = y_a \times \frac{y_c}{y_u} \quad (1)$$

- ② 応答曲面データ (参図-2) から、変換した座標 (x_r, y_r) の RBFN 出力値を算出する。算出した RBFN 出力値を実況 RBFN 出力値とする。

2) NIGeDaS 値 (Notifiable Index for Geohazard Danger by Snakeline-method) の計算方法

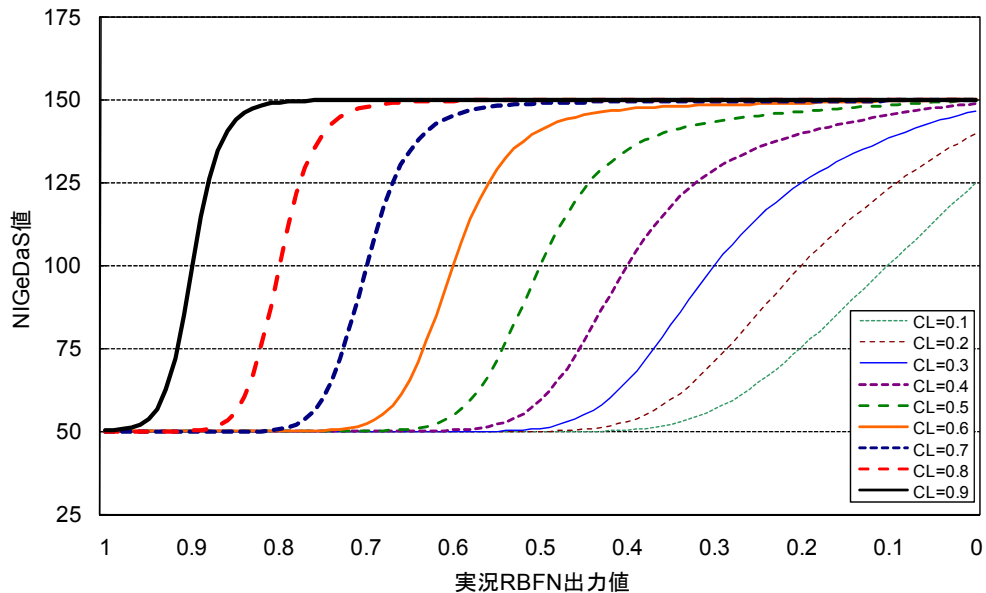
NIGeDaS 値は、実況 RBFN 出力値および CL (CL 設定時に選定した RBFN 出力値) を変数とする式 (2)により算出されるものであり、その値は、以下の要件を満たしている。CL と NIGeDaS 値の関係は、参表-1, 参図-3に示すとおりである。

- ① NIGeDaS 値は、危険度が高まるにつれて増加し、スネークラインが CL 到達時に 100 になる。
- ② 実況 RBFN 出力値が 1 に近づくにつれて、NIGeDaS 値は 50 に近づく。(安全側)
- ③ 実況 RBFN 出力値が小さくなるにつれて、NIGeDaS 値は 150 に近づく。(危険側)

$$\text{NIGeDaS}(\text{RBFN}, \text{CL}) = \frac{100}{1 + \exp[100\{0.8(\text{RBFN} - 0.1)^2 + 0.1\} \times (\text{RBFN} - \text{CL})]} + 50 \quad (2)$$

参表-1 CL と NIGeDaS 値の関係

RBFN \ CL	1	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0
0.1	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.6	56.7	75.4	100.0	124.6
0.2	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.1	53.1	71.1	100.0	123.1	139.7
0.3	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	51.0	65.2	100.0	124.6	138.1	146.2
0.4	50.0	50.0	50.0	50.0	50.2	59.3	100.0	128.9	139.7	145.3	148.7
0.5	50.0	50.0	50.0	50.0	54.7	100.0	134.8	143.3	146.2	148.2	149.6
0.6	50.0	50.0	50.0	52.0	100.0	140.7	146.9	148.1	148.7	149.3	149.8
0.7	50.0	50.0	50.7	100.0	145.3	149.0	149.4	149.5	149.6	149.8	149.9
0.8	50.0	50.2	100.0	148.0	149.8	149.9	149.9	149.9	149.8	149.9	150.0
0.9	50.1	100.0	149.3	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	149.9	150.0	150.0



参図-3 CL と NIGeDaS 値の関係

NIGeDaS 値は、CL がどのような値であっても 100 の時に CL を超過する。このため、CL の異なるメッシュ間においても、土砂災害の危険度を同一の指標で表すことが出来る。