

# 土砂災害警戒情報の基準の見直しについて

佐藤 太紀<sup>1</sup>・北林 紘文<sup>2</sup>

<sup>1</sup>土木交通部 砂防課

<sup>2</sup>東近江土木事務所 河川砂防課

土砂災害警戒情報は、降雨により土砂災害発生の危険度が高まった時に、市町が避難勧告等の発令を適時的確に行えるよう支援することを目的とし、滋賀県砂防課と彦根地方気象台が連携し発表する情報である。運用開始から10年が経過し、全国的に空振り率が高いことが問題となっていたことから、2017年（平成29年）に国から同基準の見直しに関わる技術的観点を示した事務連絡が発出された。これを受け、本県においても最新の降雨データや土砂災害データを用いて土砂災害警戒情報の基準の見直しを実施した。見直した内容および見直し後の土砂災害警戒情報の精度評価について、本稿のとおり発表する。

キーワード 砂防, 土砂災害警戒情報, 警戒避難, 土壌雨量指数

## 1. はじめに

土砂災害警戒情報とは、降雨により土砂災害発生の危険度が高まったときに市町長が避難勧告等を発令する際の判断や、自主避難の参考となるよう、県と気象台が共同で発表している防災情報である。

滋賀県における土砂災害警戒情報は2007年（平成19年）6月より運用が開始され、2014年（平成26年）5月には、土砂災害発生危険基準線（Critical Line：以下、CL）の土壌雨量指数下限値の見直し、土砂災害警戒情報の対象除外格子の追加の2つの改良を適用した。

## 2. 土砂災害警戒情報の基準の見直しについて

土砂災害警戒情報は2007年（平成19年）より全国で本格的に運用が開始された。運用開始から10年が経過し、全国的に空振り率が非常に高いことから、市町長の適時的確な避難勧告等の発令に結び付いていないことが問題となっている。高い空振り率の原因として、CL対象災害の選び方に問題があることがわかっている。土砂災害警戒情報は降雨に起因する「土石流」と「集中的に発生するがけ崩れ」を捕捉対象としているが、それ以外現象等を捕捉対象とすることで、CL基準が必要以上に安全側に設定されている事例がある。このような課題に対処し、空振りを減らすという考え方の下、2017年（平成29年）11

月6日に国から事務連絡「土砂災害警戒情報の発表の判断に用いる基準の見直しについて」（以下、事務連絡）が発出された。これを受け、本県においても当初のデータを含めた最新の降雨データや土砂災害データを反映させたCL基準の見直しを実施した。

見直しを行うにあたり、委員会を設置し、学識者等の意見を基準の見直しに反映させた。

### (1) 土砂災害警戒情報発表基準見直しの技術的観点

事務連絡において、掲げられた土砂災害警戒情報の基準の見直しの技術的観点を示す。

- 新たな降雨データや土砂災害データを基いたCLの見直し。特に、CL対象災害の適否の検証。
- 土砂災害の危険性が認められない降雨メッシュのCL適用対象からの除外。
- 夕立等で空振りが頻発することを回避するための土壌雨量指数の下限値の設定。
- 災害捕捉率、発表頻度を考慮したCL基準の見直し。
- 地域特性や気象特性、警戒避難体制の状況等を踏まえた発表単位の細分化に関する検討。

### (2) CL対象災害の見直し

土砂災害に関連する資料、情報を追加収集した上で、現象、発生時刻に着目して、土砂災害情報を精査した。

#### a) CL対象災害の定義

「土砂災害警戒避難基準雨量の設定手法」および事務連絡に従い、CLで対象とする土砂災害の定義を示す。対象とする現象は、「土石流」および「集中的に発生す

るがけ崩れ」としている。

「集中的に発生するがけ崩れ」とは、土壌雨量指数が一定以上となった場合に、一連の降雨のピーク付近で、ある一定の範囲で発生する崩壊として定義されるものであり、時空間的に集中して発生するものを指す。参考として図-1および図-2に「集中的に発生するがけ崩れ」の選定例を示す。滋賀県の災害発生の傾向を踏まえ、3×3 降雨メッシュ内（約15km 四方）で5 件以上発生するがけ崩れ、同一メッシュ内で複数件発生するがけ崩れを対象とした。

また、災害の種別に関わらず、災害発生時の土壌雨量指数および60分間積算雨量が一連の降雨のピーク付近と大きく異なる場合、降雨との関係性を評価することが難しいため、対象としない。

**b) 土砂災害の現象に着目した整理**

県内土木事務所、各市町に対するヒアリングならびに災害報告や過年度成果の再確認を行ったうえで、「土石流」と「がけ崩れ」のそれぞれの現象に着目して表-1のとおり整理を行った。「土石流」に関しては、土石流、土砂流または護岸崩壊の3種類に分類し、土石流のみをCL対象災害とした。「がけ崩れ」に関しては、がけ崩れ、がけ崩れ（人口）、がけ崩れ（倒木）または地すべりの4種類に分類し、がけ崩れのみをCL対象災害とした。限られた資料をもとに、現象の分類を行うことに苦労した。収集した写真等により、現象の分類を行ったが、例えば土砂が堆積した場所だけではなく、崩れた斜面側も調べておくことで、CLの対象とするような現象か判断することができるため、今後災害の分類を念頭において、資料を記録する必要がある。

**c) 災害発生時刻に着目した整理**

災害発生時刻に関して、県内土木事務所、各市町を対象にヒアリングを行った。一連の降雨のピーク付近で発生していない災害について、記録された時刻が発見時刻か発生時刻かを確認した。なお、土砂災害警戒情報の運用開始当初の土砂災害発生危険基準線（旧CL）を検討するにあたり、災害発生時刻を考慮せず、CL超過するか否かのみで捕捉判定を行っている。今回の見直しにおいては、発生時刻が不明の災害、記録されている日時が発見時刻と確認された災害については60分間積算雨量のピークで発生したと仮定して補正することで、対象災害として扱っている。

**d) CL対象災害の選定結果**

新しいCL対象災害の定義等に従い、土砂災害警戒情報の対象とする土砂災害の選定結果を以下に示す。CL設定当初に対象とした昭和28年（1953年）～平成17年（2005年）の災害として、土石流16件、集中的に発生するがけ崩れ6件、合計22件（10降雨）をCL対象災害とした。また、CLを運用開始した平成19年（2007年）以降のCL対象災害として、土石流7件、集中的に発生するがけ崩れ7件、合計14件（4降雨）を選定した。全期間で土石流23件、集中的に発生

するがけ崩れ13件、合計36件（14降雨）をCL対象災害として選定した。

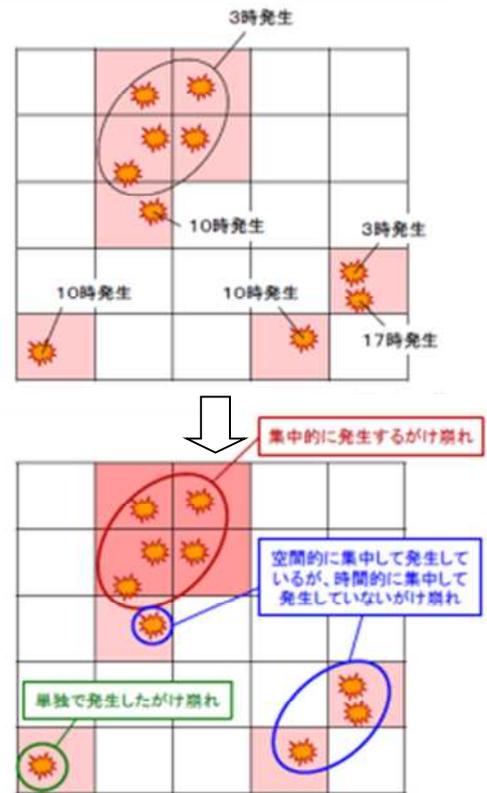


図-1 集中的に発生するがけ崩れの選定例1

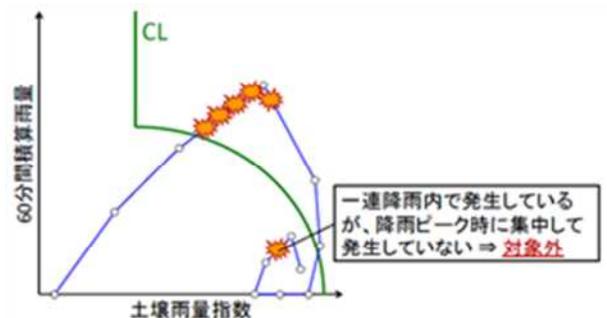


図-2 集中的に発生するがけ崩れの選定例2

表-1 各現象の分類

【土石流】		
土石流	○	降雨を誘因とする土石流
土砂流		流末の未整備や道路暗渠の閉塞等に起因する溢水・氾濫・土砂流出
護岸崩壊		流路内の崩壊、護岸の破損・崩壊
【がけ崩れ】		
がけ崩れ	○	自然斜面において降雨を誘因として発生したがけ崩れ
がけ崩れ（人工）		人工的な切土・盛土斜面、排水不良によって発生したがけ崩れ
がけ崩れ（倒木）		倒木に伴うがけ崩れ
地すべり		地すべり性崩壊

○CL対象災害

### (3) 土砂災害警戒情報の対象除外格子の検討

土砂災害の恐れのない平地や、警戒避難の必要のない山間部での、CL超過による土砂災害警戒情報発表を抑止するため、土砂災害警戒情報の対象除外格子設定の見直しを行った。現在の設定は平成25年時点の土砂災害危険箇所および土砂災害警戒区域等の指定状況に基づいている。今回の見直しでは、最新データの土砂災害警戒区域等のGISデータを重ね合わせ、格子内に土砂災害危険箇所および土砂災害警戒区域等が存在しない格子を抽出し、除外格子の見直しの要否を検討をした。

### (4) 土砂災害特性と地形・地質との関係

ここでは、土砂災害の地域特性を把握することを目的に、土砂災害発生箇所と地形・地質区分との位置関係を整理した。CL対象災害を抽出して災害発生位置と地形・地質との関係を示す。CL対象災害は、サンプル数は少ないものの、山地/丹波-美濃帯（中生代堆積岩）において土石流、丘陵地/古琵琶湖層群（新古生代堆積岩）においてがけ崩れが分布し、低地/沖積層他ではCL対象災害が分布していないという傾向を示す。

以上より、本県における土砂災害の地域特性を考慮し、RBFN出力値を選定する区域（CL設定ブロック）は、①山地/丹波-美濃帯（中生代堆積岩）、②山地/花崗岩類、③丘陵地/古琵琶湖層群（新古生代堆積岩）、④低地/沖積層他の4つに区分する案を基本とする。なお、④低地/沖積層他では、CL対象災害の発生事例がないが、低地に囲まれた属性として表れていない丘陵地や山地で土砂災害が発生しているので、周辺域の③丘陵地/古琵琶湖層群における土砂災害事例も参考にCL設定を行う。CL設定ブロックごとの地形・地質区分を図-3に示す。

### (5) 応答曲面の設定及びRBFN出力値の選定

気象庁解析雨量の降雨データに基づいて、滋賀県全域の各5kmメッシュに対して放射基底関数（Radial Basis Function Network:以下RBFN）プログラムをもちいて応答曲面を設定した。

#### a) 応答曲面の設定

応答曲面の設定について、RBFNプログラムのパラメータは、事務連絡記載の推奨値を使用し、過去の土砂災害の発生の有無にかかわらず、全降雨データを用いて作成する。（旧CLは災害非発生降雨のみで設定している。）

#### b) RBFN出力値の選定

災害が発生した降雨メッシュでは、災害発生降雨の60分間積算雨量のピークを捕捉できるもっとも外側（値の小さい）のRBFN出力値を選定する。市町へのヒアリングにより発生時刻を確認できた災害の発生メッシュでは、その時点の土壌雨量指数と60分間積算雨量を捕捉できるRBFN出力値を選定する。発見時刻を確認できた災害は、発見時刻の直前の60分間積算雨量のピークを捕捉

できるRBFN出力値を選定する。災害発生時刻が不明の災害は、災害発生降雨の60分間積算雨量のピークで発生したと仮定する。気候特性と地形地質特性を考慮し、同質と考えられる区域ごとにブロック分けを行い、同ブロック内においては、選定したRBFN出力値のうち最も安全側となる値を統一的に適用する。応答曲面の設定およびRBFN出力値の選定事例を図-4に示す。

#### c) CL設定ブロック分割によるRBFN値の選定

同一性があると考えられる気候（日本海側気候と太平洋側気候に分割）や地形地質区分でブロック分割を行い、ブロック毎にRBFN値を選定した。CL設定ブロックごとのRBFN出力値選定根拠となる災害を表-2に、RBFN出力値設定値を図-3に示す。

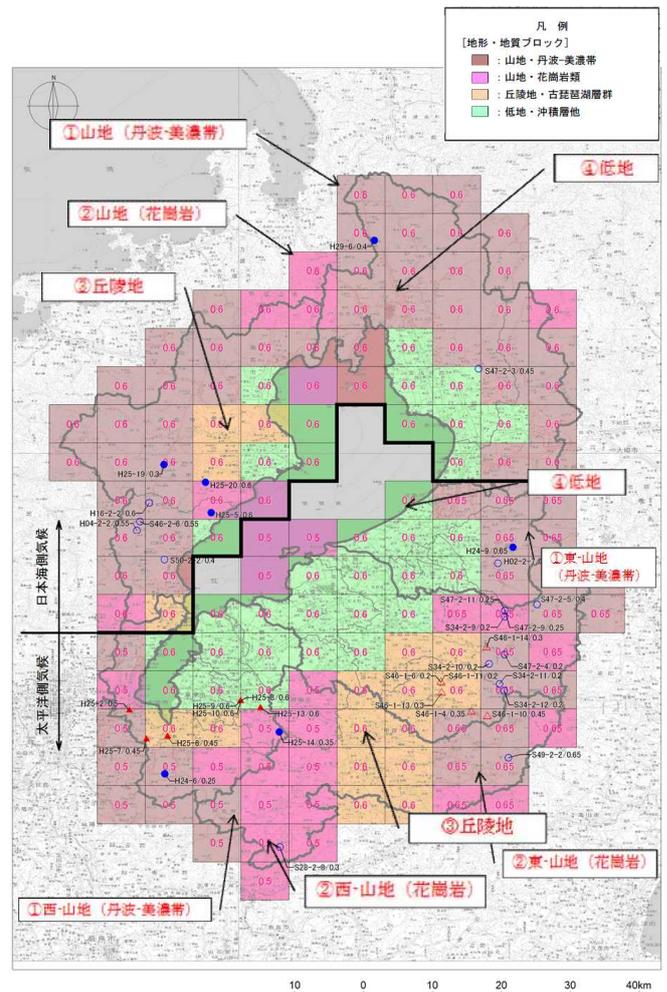


図-3 CL設定ブロックごとの地形・地質区分,RBFN出力値

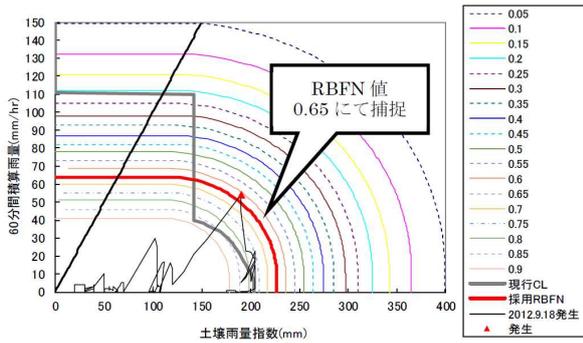


図-4 応答曲面の設定およびRBFN出力値の選定事例

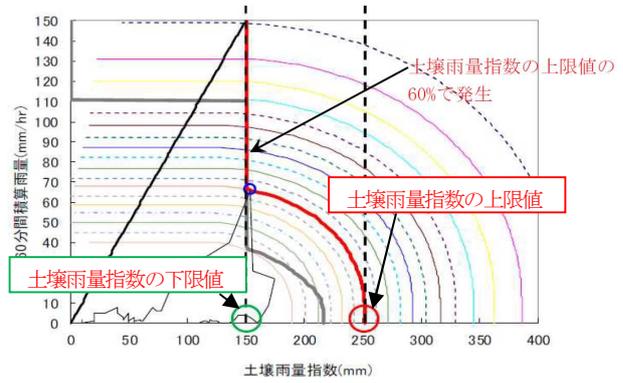


図-5 土壌雨量指数下限値の設定の考え方

表-2 CL設定ブロックごとのRBFN出力値設定根拠となる災害

CLブロック区分	5kmメッシュ番号	整理番号	災害発生時刻			市町	気象要因	種別	捕捉RBFN
			年	月	日				
①北部・山地/ 丹波-美濃帯	35350514	H16-2-2	2004	10	20	大津市	台風23号	土石流	0.6
	35350515	H25-20	2013	9	16	高島市	台風18号	土石流	0.6
②北部・山地/ 花崗岩類区域	35350515	H25-5	2013	9	16	大津市	台風18号	土石流	0.6
	34361805	S49-2-2	1974	7	25	甲賀市		土石流	0.65
①南東部・山地/ 丹波-美濃帯	35360405	H24-9	2012	9	18	多賀町	台風	土石流	0.65
	35360205	S47-2-9	1972	9	16	東近江市	台風20号	土石流	0.25 (0.65)
②南東部・山地/ 花崗岩類区域 (隣接する①南西部・山地/ 丹波-美濃帯)	35360205	S47-2-11	1972	9	16	東近江市	台風20号	土石流	0.25 (0.65)
	34351913	H25-2	2013	9	16	大津市	台風18号	がけ崩れ	0.5
②南西部・山地/ 花崗岩類区域 (隣接する①南西部・山地/ 丹波-美濃帯を適用)	34361600	S28-2-8	1953	8	15	甲賀市	南山城の豪雨	土石流	0.3 (0.5)
	35360000	H25-13	2013	9	16	栗東市	台風18号	がけ崩れ	0.6
③丘陵地	35350015	H25-8	2013	9	16	栗東市	台風18号	がけ崩れ	0.6
	35350015	H25-9	2013	9	16	栗東市	台風18号	がけ崩れ	0.6
	35350015	H25-10	2013	9	16	栗東市	台風18号	がけ崩れ	0.6
	35360000	H25-13	2013	9	16	栗東市	台風18号	がけ崩れ	0.6
④低地 (周辺の③丘陵地を適用)	35350015	H25-8	2013	9	16	栗東市	台風18号	がけ崩れ	0.6
	35350015	H25-9	2013	9	16	栗東市	台風18号	がけ崩れ	0.6
	35350015	H25-10	2013	9	16	栗東市	台風18号	がけ崩れ	0.6

( ) はより安全側となる隣接ブロックより採用したRBFN値

### (6) 土壌雨量指数下限値の設定

旧CLでは、突発的な短期集中降雨によって、土壌雨量指数が低い状態でCLを超過する空振りを抑制することを目的に、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した。今回の見直しにおいても、旧CLの考え方に従い、新しく選定したRBFN値の土壌雨量指数最大値に基づいて下限値を設定した。下限値を設定するにあたってはCL対象災害の見逃しが生じないことについて確認を行った。全対象災害について、各CLの土壌雨量指数の上限値に対する災害発生時の土壌雨量指数を確認すると、最も安全側のもので、最大値60%の状態が発生している。発生降雨が少ないため、ブロックごとに下限値を変えることは行わず、県全域において、土壌雨量指数の上限値60%で設定する。土壌雨量指数下限値の設定の考え方を図-5に示す。

### (7) 60分間積算雨量上限値の設定

一方で、旧CLでは短時間強雨があると、土石流性の災害が発生する恐れがあることから、60分間積算雨量の上限値を設定している。ほぼ先行降雨のない状態で、予測雨量で110mmを記録すると、上限値超過により土砂災害警戒情報を発表した。上限値の設定については明確な基準がなく、各都道府県の判断に任せることとされており、2018年9月時点で11/47都道府県で設定されている。発表の順番として、大雨注意報→大雨警報の発表後、県と気象台が協議の上、土砂災害警戒情報を発表しており、発表時には既に降雨が収束している事例が多い。発表後、市町は避難場所の開設→避難勧告発令の流れをとるので、避難勧告発令時には、避難すべき時機を逸している。このような短時間強雨は、土砂災害警戒情報により注意喚起を行うのは難しく、気象台が発表する「記録的短時間大雨情報」により注意するよう啓発を行っていくことが望ましいと考え、有識者委員会での検討を経て、60分間積算雨量の上限値は設定しないこととした。60分間積算雨量の上限値の考え方を図-6に示す。

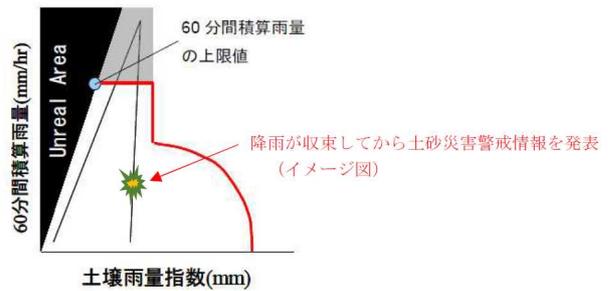


図-6 60分間積算雨量の上限値の考え方

### 3. CLの精度評価と旧CLとの比較

CL見直しによってCL超過回数や土砂災害警戒情報の発表回数が旧CLと比較して、精度向上したか検証を行った。また、旧CLとの土砂災害警戒情報発表回数の比較を行った。

#### (1) 実況雨量による新CLの精度検証

##### a) 検証指標について

CL見直し後の精度を検証するため、「土砂災害警戒情報検証手法（平成20年3月）」に従い、検証指標を算出する。まず、検証指標として、実況雨量によるCL超過時の災害捕捉率、空振り率、CL超過頻度を整理する。

##### b) 検証指標の結果と考察

新CLの実況雨量によるCL超過回数・頻度については、実況雨量による新CLのCL超過回数は、11年間の全県の合計で94回であり、CL超過頻度は0.47回/年/市町である。全県でのCL超過頻度は8.5回/年であり旧CLの10.7回/年よりも2.2回減少している。CL超過回数は旧CLにて比較的超過回数が多かった多賀町や高島市で、旧CLと比較して減少数が多くなっている。一方で、旧CLにてCL超過回数が少なかった、草津市や竜王町ではCL超過回数が増加している。

災害捕捉率については、新CLの実況雨量による災害捕捉率は100%(=7/7降雨)である。旧CLでも災害の見逃しが発生していないことから、CLの見直しによる安全性の低下はない。

空振り率については、CL超過回数に対する空振り降雨数は87回と89.5%程度が災害非発生降雨となっている。旧CLでは実況雨量でCLを超過した場合の災害非発生率は111/118降雨=94.06%であったため、空振り率は改善している。

#### (2) 旧CLとの比較

土砂災害警戒情報は実況、予測1時間あるいは予測2時間のいずれかがCL基準を超過した場合に発表している。旧CLによる土砂災害警戒情報発表回数の実績と新CLによる実況、予測雨量のCL超過回数の最大値を図-7のとおり比較した。

##### a) 市町毎の比較

湖北の長浜市や米原市、湖東の彦根市、愛荘町で土砂災害警戒情報の発表実績の半分程度のCL超過回数になり、南部の東近江市や甲賀市でも2/3程度のCL超過回数となる。これらの市町は土砂災害警戒情報による空振りは減少すると考えられる。

一方で近江南部の草津市、栗東市および野洲市では土砂災害警戒情報の発表数よりも新CLのCL超過数の方が多くなっているため、旧CLよりは土砂災害警戒情報の発表頻度が高まると考えられる。

##### b) 全県の比較

土砂災害警戒情報運用後の2007年（平成19年）～

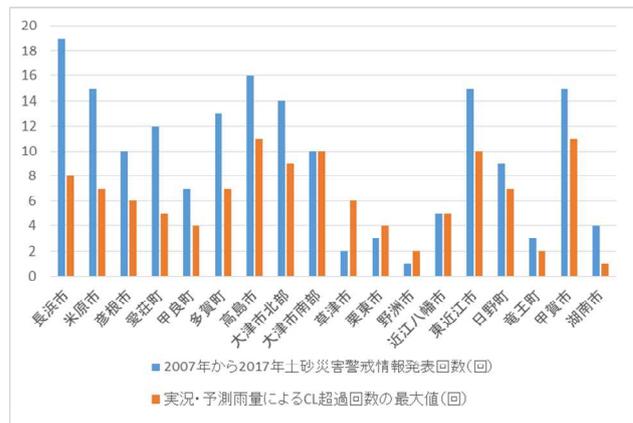


図-7 旧CLによる土砂災害警戒情報発表回数の実績と新CLによる実況、予測雨量のCL超過回数の最大値

2017年（平成29年）の間の土砂災害警戒情報発表回数は173回であった。新CLによる市町毎のCL超過数の最大値の合計は115回であるため、旧CLと比較して全県では2/3程度の土砂災害警戒情報発表数になると考えられる。

全県での土砂災害警戒情報の発表頻度は、15.7回/年から10.5回/年に減少する。

### 4. 2019年中間結果と今後に向けて

2019年（令和元年）5月29日より、新たなCL基準により土砂災害警戒情報の運用を行っている。基準の見直し後、2019年（令和元年）11月時点では、土砂災害警戒情報の発表の実績はなく、基準の見直しが一定の効果を発揮していると考えられる。

また、2019年（令和元年）6月28日より、従来の5kmメッシュの土壌雨量指数から、1kmメッシュの土壌雨量指数（補正あり）の利用を開始しており今後、1kmメッシュの土壌雨量指数（補正なし）の利用を行う予定である。土砂災害の危険度が高まっている領域をより絞り込むことが可能となり、よりきめ細やかな避難勧告等の発令につながることを期待している。

土砂災害は水害と比べて危険度の高まりの予測が難しいという特徴がある。その中で、今回のCL基準の見直しでは、空振り率は改善され、徐々に情報の精度が高まっている。今後、土砂災害警戒情報の精度を向上させていくために、降雨量等の気象データだけでなく、土砂災害のデータについても、規模、発生原因、発生時刻および発見時刻等の情報を正確に把握し、それらのデータを適切に蓄積していくことがより精度の高い情報の構築につながる。今後も情報の精度向上に努めていきたい。

