

## IV-9-1 道路防災マップを用いた道路斜面の評価技術の開発①

研究予算：運営費交付金（道路整備勘定）

研究期間：平 14～平 17

担当チーム：材料地盤研究グループ（土質）

研究担当者：小橋秀俊、加藤俊二、榎谷有吾

### 【要旨】

本研究は、防災管理に必要な情報を系統的に収集・評価し「道路防災マップ」としてとりまとめる技術および防災マップ等をもとに防災対策の効果を評価する技術を開発することを目的として、地質チームと合同で実施している。この中で、土質チームはまた、道路防災分野の研究の今後の方向性を探るための基礎的調査を実施するとともに、対策の意志決定支援をするマネジメント手法の検討を行った。

キーワード：道路斜面災害、防災管理、道路防災マップ、リスクマネジメント

### 1. はじめに

本研究は、防災管理に必要な情報を系統的に収集・評価し「道路防災マップ」としてとりまとめる技術、また防災マップ等をもとに防災対策の効果を評価する技術の開発を行うもので、地質チームと合同で実施している。その中で、土質チームは、道路防災分野の研究の今後の方向性を探るための基礎調査を実施するとともに、平成 15 年度に提案しているリスクマネジメント手法を簡易化し、防災対策効果を評価する手法の検討を行った。

### 2. 研究方法

#### 2.1 基礎調査

##### (1) 道路災害分析

発災時に道路管理者から国土交通省本省へ報告された資料を収集・整理するとともに不足する情報を各地方整備局から追加収集し道路災害データベースを作成した。

また、このデータベースを用いて災害発生状況の分析を行った。

##### (2) 事前通行規制基準の分析

各直轄国道事前通行規制区間について、連続雨量値と再現年数の関係をもとめ、これから現行の規制基準雨量値の再現年数を求めた。また、災害と降雨の関係を分析し、その地域の災害がどのような降雨によって発生しているか分析した。

##### (3) 道路管理瑕疵調査

道路管理瑕疵に係る裁判事例等の収集・整理、司法判断等の分析、弁護士等へのヒアリング調査等を実施し、道路管理者に求められる課題等を整理した。

#### 2.2 対策効果の評価手法の検討

道路災害分析結果を踏まえて、防災事業を実施するにあたって、対策工を実施した際のリスクの低減効果を簡易に評価する方法の検討を行った。

### 3. 研究結果

#### 3.1 基礎調査

##### (1) 道路災害分析

##### ①災害発生件数

表-1 に直轄国道の年間災害件数の推移を示す。1990～2004 年までの災害の発生状況を見ると、全体的には各地域での災害発生件数は数件程度と少ない。しかしながら、局所的に災害が集中している地域があり、その地域は年度によって異なっている。これは、その年の気象状況の特徴を表しているもので、台風や前線等の影響でその地域で集中豪雨が発生したため災害が多発している。

このため、ハザード評価を行って災害発生危険箇所を把握し、大規模な災害になる可能性のある斜面に対して、集中豪雨に備えた事前の対応の実施が必要である。

##### ②防災点検の精度と管理

道路防災管理においては、防災点検により想定される災害ごとに「要対策」、「カルテ対応」、「対策不要」、「点検対象外」にカテゴリ分けを行い、順次対策を進めている。表-2 に平成 8 年度に実施した防災点検のカテゴリ一種別の災害発生状況を示す。

まず、ほとんどが落石・崩壊であり、また災害の約 6 割は対策不要および点検対象外から発生しており、落石・崩壊への評価と対応の重要性が伺える。単純な件数ベースでみた場合には、点検の精度が悪いように思われるが、図-1 に示すように管理延長当たりの災害発生件数

表-1 直轄国道の年間災害件数の推移（沖縄は九州に含む）

	北海道		東北		関東		北陸		中部		近畿		中国		四国		九州		全国	
	発生	累計	発生	累計	発生	累計	発生	累計	発生	累計	発生	累計	発生	累計	発生	累計	発生	累計	発生	累計
1990	16	16	8	8	2	2	2	2	10	10	7	7	1	1	6	6	146	146	198	198
1991	4	20	5	13	9	11	10	12	2	12	1	8	1	2	4	10	34	180	70	268
1992	9	29	0	13	1	12	1	13	0	12	1	9	1	3	4	14	134	314	151	419
1993	11	40	5	18	3	15	3	16	2	14	3	12	24	27	6	20	221	535	278	697
1994	20	60	1	19	1	16	1	17	1	15	0	12	0	27	0	20	33	568	57	754
1995	30	90	4	23	1	17	3	20	2	17	3	15	0	27	2	22	15	583	60	814
1996	15	105	0	23	0	17	0	20	0	17	0	15	0	27	1	23	9	592	25	839
1997	15	120	0	23	1	18	2	22	2	19	4	19	1	28	1	24	14	606	40	879
1998	24	144	3	26	6	24	5	27	14	33	11	30	0	28	8	32	14	620	85	964
1999	18	162	7	33	0	24	1	28	22	55	10	40	1	29	7	39	6	626	72	1036
2000	19	181	1	34	7	31	3	31	30	85	0	40	0	29	5	44	4	630	69	1105
2001	1	182	6	40	1	32	3	34	4	89	10	50	1	30	3	47	8	638	37	1142
2002	3	185	2	42	2	34	3	37	1	90	0	50	0	30	2	49	4	642	17	1159
2003	6	191	0	42	2	36	1	38	2	92	4	54	1	31	29	78	7	649	52	1211
2004	7	198	1	43	21	57	2	40	9	101	5	59	4	35	28	106	10	659	87	1298

表-2 H8道路防災点検評価結果別の災害発生件数

	A:落石・崩壊				B:岩石崩壊				C:地滑り				E:土石流				F:盛土				G:擁壁			
	0 要 対 策	1 カ ル テ	2 対 策 不 要	3 対 象 外	0 要 対 策	1 カ ル テ	2 対 策 不 要	3 対 象 外	0 要 対 策	1 カ ル テ	2 対 策 不 要	3 対 象 外	0 要 対 策	1 カ ル テ	2 対 策 不 要	3 対 象 外	0 要 対 策	1 カ ル テ	2 対 策 不 要	3 対 象 外	0 要 対 策	1 カ ル テ	2 対 策 不 要	3 対 象 外
北海道	15	14	7	48	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	6	0	1	5	8	0	0	0	0
東北	2	5	2	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0
関東	5	7	4	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	2	0	0	0	0	0
北陸	1	4	3	10	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0
中部	12	14	6	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	2	3	7	0	0	0	0	0
近畿	6	5	1	13	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	3	1	0	1	6	2	0	0	1
中国	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1
四国	14	26	3	17	4	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	2	1	0	11	0	2	0	0	0
九州	7	10	6	35	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	0	1	0	0	0
(計)	63	86	32	185	7	0	0	4	0	2	0	4	1	1	0	19	4	6	11	44	2	3	1	2

[件/km・年]

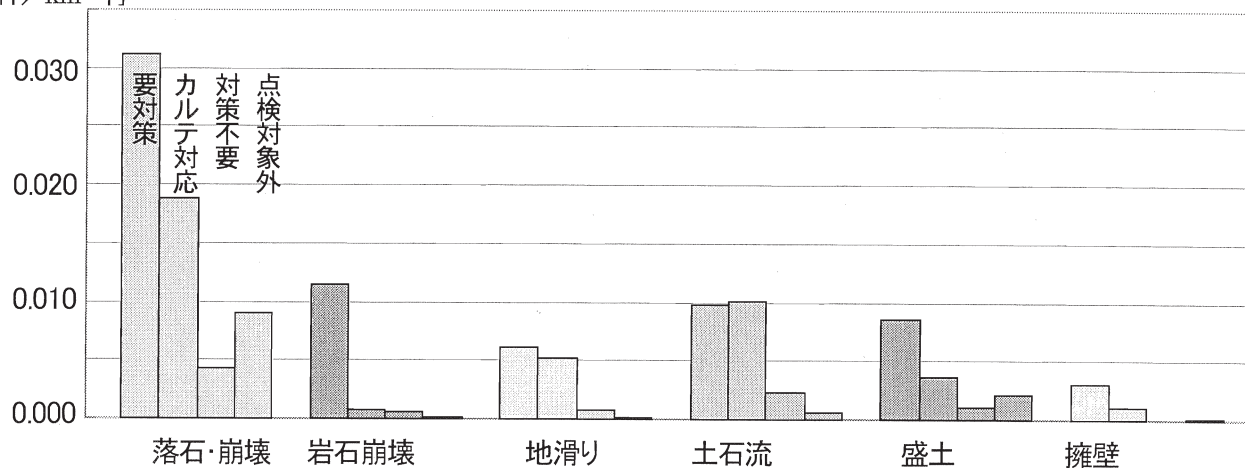


図-1 H8道路防災点検評価結果別延長あたり年間災害件数 [件/km・年]

すなわち災害発生密度で整理して見ると、要対策およびカルテ対応で大半の災害は起こっており、防災点検の精度としては、高いものと判断される。

### ③災害と降雨の関係

道路斜面災害の誘因として、降雨の他に地震や強風などの誘因がある。また、降雨災害についても、連続雨量型や時間降雨型や先行降雨型などの降雨パターンがある。

表-3に、1990～2004に直轄国道で発生した通行規制を伴う、落石・崩壊・地すべり・土石流・道路欠陥（陥没）1321件について、誘因分析を行った結果を示す。災害の約90%は降雨に起因する災害であるが、現在事前通行規制基準として用いられている連続雨量型災害については、全体の約30%である。また、局地の集中豪雨型を含めた時間雨量型も約30%占めている。

図-2は、県単位で連続雨量災害と時間雨量災害の比率を整理したものであるが、東日本は連続雨量型災害の比率が多いが、北海道や西日本では連続雨量型災害の比率が半分以下であった。

このように災害の降雨特性が地域によって異なることから、降雨による事前通行規制については、

先行降雨を考慮した実効雨量法や時間雨量併用型など地域の災害の降雨特性を考慮した手法の導入が必要である。

#### (2) 事前通行規制基準の分析結果

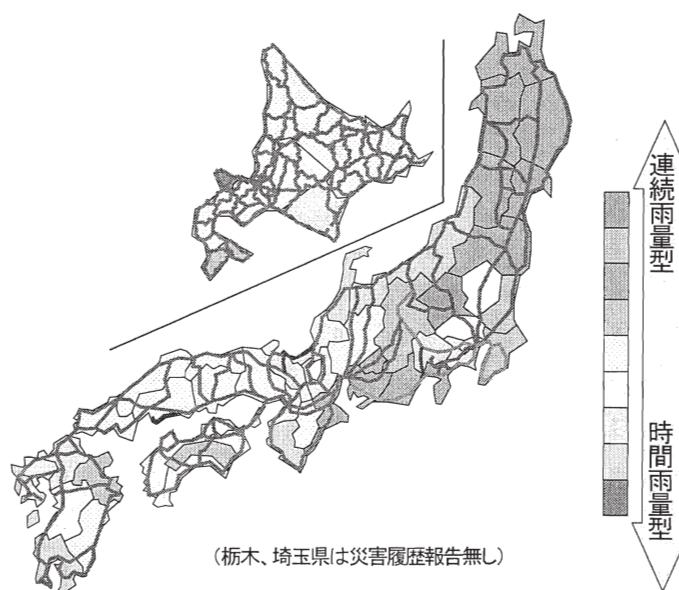
各直轄国道事前通行規制区間について、そこで発生した連続雨量値の再現年数を調査し、現行の規制基準雨量値の再現年数を求めた。図-3にその結果を示す。規制基準の再現年数が、2～3年程度の比較的短期間に規制を経験する区間と20年以上の長期間規制を経験しないもの二極化しているのがわかる。

現在、事前通行規制区間解除の条件として、規制区間内の危険箇所を対策した上で規制基準雨量値を超える雨量を経験することが求められているが、規制基準雨量値を超える雨量を経験するのが、現実的には不可能に近いと言える様な区間は全国で十数カ所見られる。規制基準の再現年数が大きい場合、規制基準以下での見逃し災害が発生し、事前通行規制が機能しないことも考えられる。このため、災害の発生状況に

表-3 災害の誘因分類

		条件(上段優先)	誘因分類	
地震災害		地震と同時に発生した災害	23	2%
降雨災害	連続雨量型	連続雨量 > R(1)	442	33%
	先行降雨型	災害発生前72時間の最大連続雨量 Or 48時間雨量 > R(1)	145	11%
	時間雨量型	時間雨量 > R(1) ÷ 10	99	8%
	局地降雨型	局地的時間雨量型と判定可能	268	20%
	少量降雨型	48時間雨量 > R(1) ÷ 10	226	17%
強風型		日最大風速	118	9%
融雪型		豪雪地域の融雪期の気温		
誘因不明型		上記に該当しないもの		

R(1) : 再現年数1年の連続雨量



(栃木、埼玉県は災害履歴報告無し)

図-2 地域の災害の降雨特性

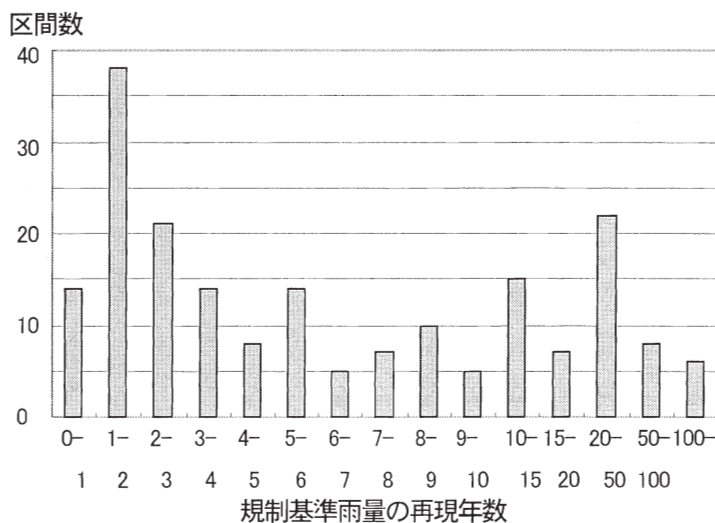


図-3 事前通行規制基準雨量の再現年数



表-4 国家賠償責任と刑事責任の違い

	国家賠償責任	刑事責任
適用法令	民事訴訟法：国家賠償法	刑事訴訟法：刑法第 211 条（業務上過失致死傷等）
主な目的	損害賠償（被害者救済）	加害行為者個人への刑罰（加害行為の抑制）
処罰	賠償金など（被災者に支払われる）	懲役罰や罰金刑（罰金は国庫に入る）
責任の主体	組織（国または公共団体）：加害者としての公務員個人の特定は絶対ではない	個人：加害行為を行った個人および加害行為の特定は欠かせない
問題事実の立証責任	基本的に原告（被害者）が立証するとされるが、原告の専門的知識を踏まえ「一応の推定」が適用	検察官が全面的に立証
予見可能性（予見義務違反）	事故発生時の社会通念上、科学技術の最高水準とされる水準にしたがって判断される（予算的制約は責任を逃れる理由にならない）	単なる危惧感や不安感ではなく、一定の科学的裏付けが必要
回避可能性（結果回避義務違反）		科学的最高水準ではなく、加害行為を行ったとされる公務員個人の権限、能力を踏まえ、当該者が結果を回避することができたかで判断される
過失相殺	被害者の行為に落ち度があった場合でも賠償責任自体は認め、過失相殺により責任度合いを調整する傾向がある	過失相殺という概念はないが、被害者の過失部分は、量刑決定時に考慮されることもある

よっては規制強化など基準の適正化を図ることも検討する必要がある。また、再現年数の短い区間については一律なサービス水準の提供を目指した防災対策の重点化などの対応を実施することが考えられる。

(3) 道路管理瑕疵調査結果

道路管理者に求められる課題として、国家賠償責任と刑事責任の違いの理解・周知、適切な対策優先順位に基づく計画的な防災対策工の実施、道路通行の危険性を周知するための努力、法的な裏づけのある設計基準・管理基準等の整備と社会通念上必要とされる時点における適切な改定等があげられた。

表-4 に国家賠償責任と刑事責任の違いについて整理するとともに、以下に有識者より得たコメントの代表的なものを示す。

○刑事責任：個人の瑕疵

・個人責任（刑事責任）を問われないためには、法的根拠を明らかにし、最低でもマニュアル等の内規を定めて、それに則った行為であることが必要である。

○国家賠償責任：国としての管理瑕疵

・司法判断は結果だけでなく、その結果に至った過程での取り組みも含めて判断される。日常点検などの実施状況を記録として残すことが重要である（防災カルテ、災害カルテの的確な運用）。

・設計基準、管理基準を規定する部署は、国内外における最高最新の技術水準を追跡し、適切な基準を適用することが求められている。

・どの対応策をどの水準まで実施するかを、科学的なプロセスのもとで判断する必要がある。

・道路管理者の行政行為が的確に評価判断されるためにも、管理者として知っておくべき情報は収集整理が必要。

・周辺の住民、通行者に異常災害時の道路通行の危険性を周知するための努力が必要である。不備が露見することを恐れて、なすべきことをしないことの方が、瑕疵を厳しく問われる。計測観測を行わなければ予見不可能といった考えは間違いで、科学的に対応できることは必ず実行するが基本である。

・知りえた情報をもとに、予測や回避手段を確実に実行できる体制の整備と、的確な運用を担保することが必要である。

3.2 対策効果の評価手法の検討

(1) 災害潜在性による残存リスク減少評価手法の検討

3.1 の(1)で整理した防災点検のカテゴリー別の災害発生密度は、そのカテゴリーの災害発生の潜在性を示すものである。図-1では、全国ベースで算出したものであるが、地域内（例えば地整管内）で発生した災害履歴

を整理し、年間・単位延長あたりの災害発生件数を求めれば、その地域における各カテゴリーの災害潜在性が求められる。

評価を行う区間内の点検結果に基づき災害潜在性を累積していき、その区間全体の災害潜在性を算出する。図-4の $\beta$ がその区間のもつ災害潜在性、区間の平均勾配( $\gamma$ )が単位延長あたりの災害潜在性(以下、災害潜在原単位という)を示す。

ただし、災害潜在性原単位は、基本的に災害履歴がなければ設定することができないため、災害履歴を蓄積することが必要である。

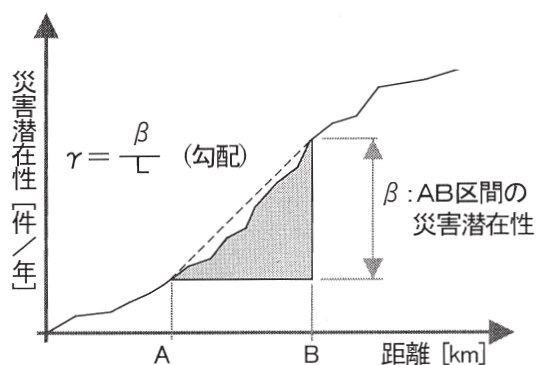


図-4 災害潜在性の概念

一方で、災害と降雨の関係を整理すると、降雨には再現年数があることから、連続雨量の年間の発生回数と災害発生件数の関係で表すことができることから、図-5に示すように、災害潜在性と降雨との相関曲線を作成できる。この曲線のY切片は、防災対策工が進捗するに従い低下していくこととなる。

現時点における規制区間の曲線が、目標水準と交差する箇所のX軸の読み取り値が提案する規制雨量値となる

目標水準については、通行規制基準の緩和であれば規制基準の再現年数を想定して連続雨量の年間回数から設定したり、規制区間の解除であれば規制指定をしていない山地部の一般区間の災害潜在性などから設定する。

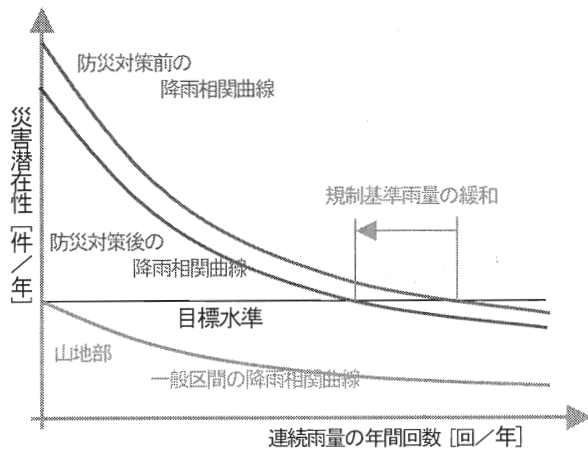


図-5 降雨相関曲線による評価の考え方

## (2) 検討事例

四国地方整備局管内の事前通行規制区間をモデルに検討を行った事例を示す。

事例では、事前通行規制の解除・緩和を目的とした検討を行うことと単純化の点から、四国地整管内の一般区間で発生した災害件数 44 件を、山地部の延長 196.6km で割り算出した災害潜在原単位 0.0223 [件/km・年] を目標水準として検討した。

### <事例1>

対象区間は、延長 20.3km、規制基準雨量 250mm の事前通行規制区間とした。3.2(1)の考え方に基づいて図-6に示すような降雨相関曲線を作成した。

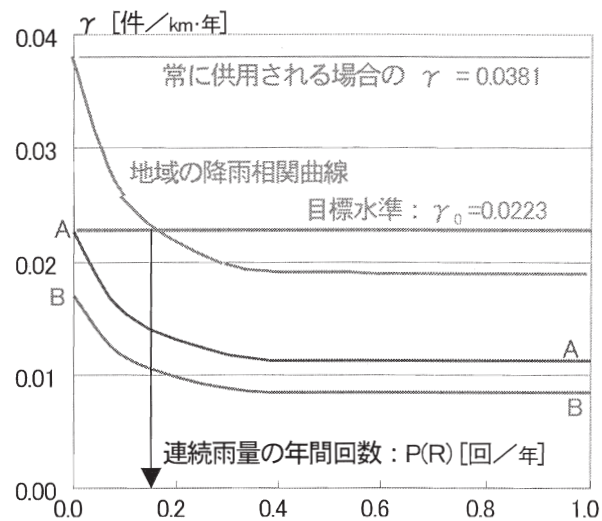


図-6 対象規制区間の降雨相関曲線

### ①対策効果

この区間では2箇所対策工が行われており、これが完成したときの状況を地域の降雨相関曲線として示した。この区間の災害潜在性を求めると、 $\beta = 0.77350$  [件/年]であった。したがって単位延長あたり災害潜在性は、 $\beta \div$  区間延長 =  $0.77350 \div 20.3 = 0.0381$  [件/km・年]である。この値は、当所に設定した目標水準： $\gamma_0 = 0.0223$  [件/km・年]には達していないので、事前通行規制を継続する必要があるものと判断される。

### ②現時点の適正な基準雨量の検討

地域の降雨相関曲線を用いて、目標水準： $\gamma_0$  [件/km・年] と、単位延長あたり災害潜在性： $\gamma(P)$  との交点から、連続雨量の再現年数を求めると、連続雨量年間回数が 0.1696 [回/年]であった。連続雨量の再現年数は年間回数の逆数であり、 $P^{-1} = 5.895$  [年]となる。対象区間のテレメータにおける、再現年数 5.895 年の降雨を求めたところ 478 [mm]であった。

なお、この区間の「要対策」箇所の対応を継続し、全て

の「要対策」の対応が完了した時点で、図-7 A-A の降雨  
 相関曲線に移行し、規制基準雨量は 929 [mm] (再現年  
 数：303 年) となる。さらに、全ての「カルテ対応」箇  
 所の安定が確認されれば 図-7 B-B が得られ、 $\gamma(P=0)=0.0171$  [件/km・年] ( $< 0.0223 = \gamma_0$ : 目標水準)  
 となり指定区間を解除できる段階に到達する。

<事例 2>

この事例は、既に規制解除が行われた、一般国道 56  
 号線の久礼坂地区を例に災害潜在性の評価を行ったもの  
 である。久礼坂地区は四国の太平洋側にあたり、この地  
 域の降雨相関曲線を用いて図-7 を作成した。

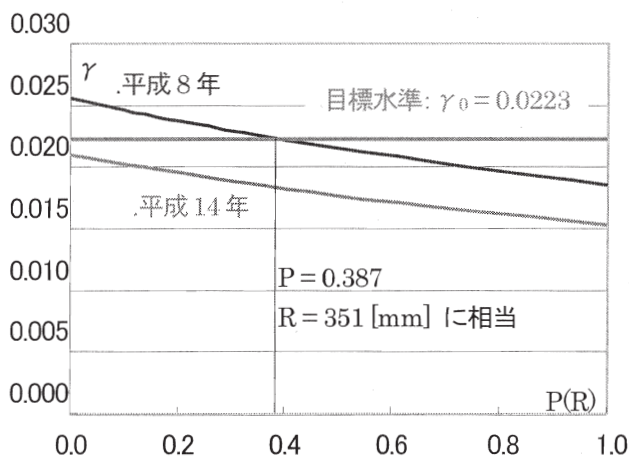


図-7 久礼坂地区の降雨相関曲線の変化

この図によると平成 8 年度の段階で、規制雨量値は  
 350mm 程度まで許容できるレベルにあったと想定される。  
 その後、対策工が進捗して平成 14 年度には目標水準以下  
 となったことが確認される。つまり、対策の効果により  
 解除レベルに到達したことを意味している。これは、実  
 際の解除提案時期と一致しており、本手法の妥当性が示  
 されたものである。

4. まとめ

防災点検のカテゴリーごとに得られる災害潜在原単位  
 を用いることで、防災対策の効果を簡易に評価できるこ  
 とがわかった。また、管理瑕疵の観点から道路防災を適  
 切に行っていくためには、科学的根拠に基づいて、目標  
 を明確にした管理体制の構築と防災対策の実施が必要で  
 あることがわかった。道路防災の目標は、道路ネットワ  
 ークを確保することであり、事前通行規制の適正化や効  
 率的な対策工の実施により通行止め時間の減少を進める  
 ことである。このためには、災害履歴を蓄積・分析を実  
 施し、防災マップを活用した管理やハザード評価、防災  
 事業の評価を活用して適切に防災事業を進めていくこと  
 が重要である。リスク評価においては、災害規模と通行  
 止め時間に着目して、リスクマネジメント手法の改善を  
 行い、災害潜在性原単位と組み合わせた評価手法の検討  
 を進める予定である。