

第 108 回

降雨時運転規制の変遷

はじめに

鉄道では、大雨や強風、豪雪などにより災害発生のおそれのあるときに、あるいは地震が発生したときに、列車の運転を抑止したり徐行することで列車の安全輸送を確保しています。この仕組みが運転規制とよばれるものです。現在の運転規制は、鉄道技術者たちの自然現象による事故や災害との闘いの

教訓の積み重ねとして構築されたもので、長い実績があります。ここでは、自然災害の中でもとくに降雨に対する運転規制に関して、明治時代から最近までの変遷について述べます。

降雨に対する運転規制

表1に、降雨に対する運転規制の変遷の概要を年表形式で示します。表中

の年代区分における主な内容を以下に述べます。

【1971年以前】

1909(明治42)年6月の「保線従事員心得(通達478号)」、鉄道院¹⁾、1914(大正3)年2月の「暴風雨雪警戒心得(通達140号)」、鉄道院²⁾には、保線従事員の服務規程(仕事をする人が守るべきルールなどをまとめた規則)とし

表1 運転規制の変遷

区分	1971年以前		1972~1984年	1985年	1986年以降				
和暦	明治	大正	昭和		平成	令和			
鉄道行政	国鉄時代				JR発足以降				
運転規制の考え方	<ul style="list-style-type: none"> 気象台発表の情報を基に運転規制を実施 鉄道局ごとに異なる規制値が設けられていた 		規制値の考え方が全国的に統一、現在も基本的な考え方は踏襲している			各社独自の運転規制の基準が採用			
	<ul style="list-style-type: none"> 1950年代から気象観測体制が強化 斜面災害と降雨との関係の分析事例が蓄積 		<ul style="list-style-type: none"> 時間雨量の連続雨量の組み合わせで規制を行う 運転規制区間は駅間を基本とする 	<ul style="list-style-type: none"> 累積雨量を用いた規制基準の導入 	<ul style="list-style-type: none"> 「5日間の積算雨量」「実効雨量」「土壌雨量指数」「外部気象情報の活用」 				
参考文献など	1909	1937	1958	1972	1985	1994	2003	2020	
	保線従事員心得	防災保線読本	防災保線	運転規制基準作成要領	能登線脱線事故	垣尾ら・降雨に対する運転規制の見直しについて(文献7)	島村誠・実効雨量を用いた降雨警報の有効性の検証(文献9)	河原吉秀・自然災害と鉄道における新たな防災・減災対策「計画運休」について(文献12)	河原吉秀・自然災害と鉄道における新たな防災・減災対策「計画運休」について(文献12)

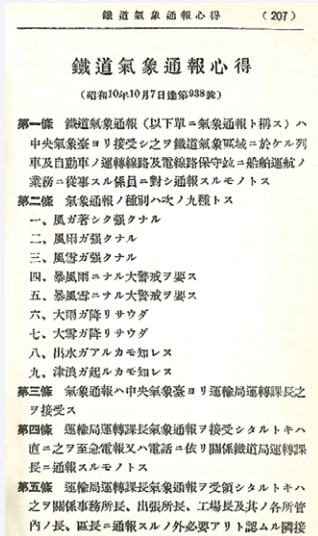


図1 鉄道気象通報心得(通達938号), 抜粋³⁾

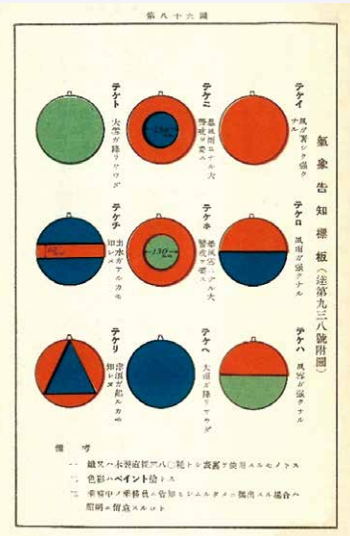


図2 気象告知板の例

(風:5種類, 雨:1種類, 雪:4種類, その他:5種類が用いられていた。)

てつどうきししょうほうこころえ
 図1 鉄道気象通報心得(通達938号), 抜粋³⁾

てつどうきししょうほうこころえ
 図2 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図3 防災保線読本における雨量計の記載例⁴⁾

てつどうきししょうほうこころえ
 図4 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図5 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図6 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図7 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図8 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図9 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図10 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図11 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図12 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図13 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図14 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図15 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図16 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図17 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図18 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図19 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図20 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図21 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図22 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図23 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図24 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図25 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図26 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図27 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図28 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図29 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図30 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図31 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図32 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図33 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図34 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図35 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図36 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図37 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図38 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図39 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図40 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図41 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図42 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図43 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図44 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図45 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図46 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図47 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図48 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図49 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図50 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図51 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図52 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図53 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図54 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図55 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図56 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図57 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図58 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図59 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図60 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図61 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図62 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図63 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図64 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図65 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図66 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図67 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図68 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図69 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図70 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図71 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図72 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図73 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図74 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図75 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図76 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図77 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図78 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図79 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図80 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図81 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図82 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図83 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図84 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図85 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図86 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図87 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図88 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図89 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図90 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図91 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図92 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図93 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図94 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図95 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図96 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図97 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図98 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図99 気象告知板の例

てつどうきししょうほうこころえ
 図100 気象告知板の例

のです。一目で分かるように色分けな
 どのパターンが定められていました。
 1950年代には、さらに細分化された
 ものが利用されていました(図2)。
 1937(昭和12)年12月には、当時の
 鉄道省工務局が「防災保線読本」⁴⁾と
 取りまとめています。ここには、災害を
 防ぐための注意点として、土木構造物
 ごとの保守や警戒時の着眼点とともに、
 雨量計の値に関して、朝10時に観測
 された一昼夜の雨量を前日の雨量とす
 る、と記載されていました。これは、「あ
 る一定の時間に降った降雨量を運転規
 制の根拠にする」という考え方に基
 づくものであり、後述する運転規制の作
 成の基礎となる雨量観測に対し、当時
 から一定のルールが設けられていたこ
 とがうかがえます(図3)。

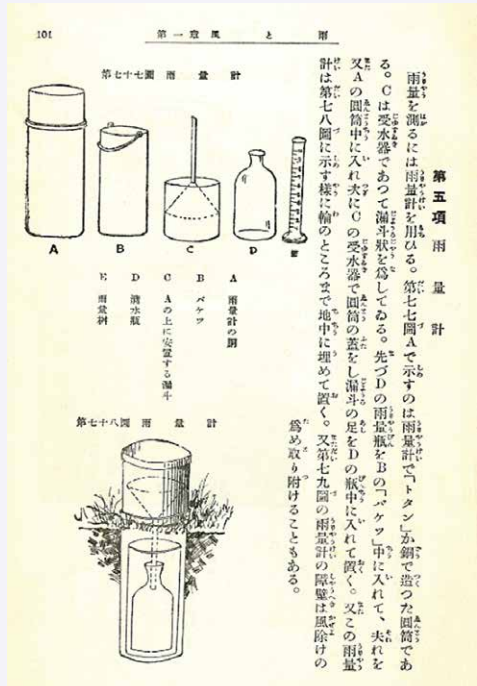


図3 防災保線読本における雨量計の記載例⁴⁾

しかし、この読本には、運転規制値
 に関する具体的な記載はみられず、当
 時の運転規制の具体的な規制値はまだ
 統一したのではなく、鉄道局ごとに
 独自に設定し運用していたものと考え
 られます。

一方で、1958(昭和33)年発行の
 「防災保線」⁵⁾では、災害の発生時の雨
 量を基に、連続降雨量および連続降雨
 時間と、災害発生割合との関係の分析
 結果が述べられています。この頃から、
 気象観測体制の整備が全国的に進めら
 れるとともに、斜面災害と降雨との関
 係の分析事例が徐々に蓄積されていき
 ました。

なお、気象告知板については、気象
 観測体制とともに発達した無線通信技
 術の普及にともない、今ではほとんど
 見られなくなりました。

【1972年~1984年】

1972(昭和47)年には、「降雨に対
 する運転規制基準作成要領」⁶⁾が作成されま
 した。この要領により、これまで鉄道

管理局ごとに定められていた規制値の考え方が、斜面災害と降雨との関係の分析事例の蓄積や、当時の最新の気象観測から明らかになった豪雨の集中域の具体的な範囲などにに基づき、はじめで全国的に統一されることとなりました。主な内容は次のとおりです。

- ①規制の発令は鉄道の沿線に設置した雨量計(図4)による測定雨量に基づいて行うこととし、その判断基準となる雨量は区間ごとに斜面・のり面などの過去の耐降雨実績などに基づいてあらかじめ定めておくこと。
 - ②警報種別は、警備と運転規制とし、運転規制に速度規定(徐行)と運転中止(停止)の二段階を設けること。
 - ③雨量の計量は、時間雨量および連続雨量とし、これらの組み合わせによって運転規制発令の基準値を定めること。なお、時間雨量とは任意の時刻に対して1時間前からその時刻までの降雨量の合計を指し、連続雨量とは降りをはじめから降りやみまで(ただし、12時間以上(旧国鉄九州総局管内は24時間)の中断がある場合にはゼロにリセットする)の累積値を指す。
 - ④運転規制区間は、一つの駅間または数駅間を単位として設けること。
- 以上に基づいて、各鉄道管理局は線区における降雨に対する耐力や降雨履歴、災害履歴などを考慮して運転規制

値を定めました。

時間雨量と連続雨量の二つの指標が用いられることとなったのは、短時間の強雨によって斜面・のり面が侵食されることにより崩壊に至る事例や、長時間の降雨により斜面・のり面内の地下水位が上昇して比較的規模の大きな崩壊に至る事例など、さまざまな被災事例の引きがねとなる降雨パターンが異なることが明らかとなっていたためです。

上記2つの指標を組み合わせる具体的な方法は、縦軸に時間雨量、横軸に連続雨量をとり、観測された雨量を時間経過とともにプロットし、このプロットをつないだ曲線が「徐行」や「運転中止」などの閾値しきいを超えると、その閾値に相当する対応がとられることとなります(図5)。その後、防災対策の拡充により耐降雨性が向上した箇所については、規制値となる各雨量を緩和するなど規制値の最適化が図られてきました。

【1985年】

1985(昭和60)年7月、旧国鉄能登線において、当時の運転規制基準にしたがって列車を運行していたにもかかわらず、盛土崩壊が原因となって旅客列車が脱線転覆し、乗客7名が死亡するという事故が発生しました。調査の結果、盛土の崩壊時刻における雨量は運転規制の発令基準値に達していませんでしたが、崩壊発生前の12日間に累計

で537mmに達する記録的な降雨があったにもかかわらず、この間に12時間を超える降雨中断があったために、連続雨量としてはいったんゼロとなり、運転規制が解除されていたことが判明しました。

この事故を契機として、これまでの時間雨量と連続雨量に基づく方法では、危険が予知できないような長雨に対する運転規制のあり方が議論されました。その結果、能登線脱線事故時の長雨と同様の降雨に対する危険箇所(長雨に対して、その危険性が高まる箇所、例えば軟弱地盤状の粘性土の盛土で、地形的に盛土背後の地盤から降雨の後に遅れて水が供給されやすい箇所など)を長雨重点警備箇所とし、従来の規制基準に加えて降雨中断時間を48時間以上とする「累積雨量」を用いた運転規制基準が新たに設けられました⁸⁾。

【1986年以降】

国鉄の分割民営化にともなって、1987(昭和62)年にJR各社が発足し、「時間雨量」、「連続雨量」、「累積雨量」に基づく規制基準の基本的な考え方はほぼ踏襲されましたが、各社の災害の実態などを踏まえて、各社で独自の方法が採用されました。例えば、長い時間の降雨が原因となった土砂災害の実態を踏まえて「5日間の積算雨量」を導入して、この雨量が基準値を超えた場合は、

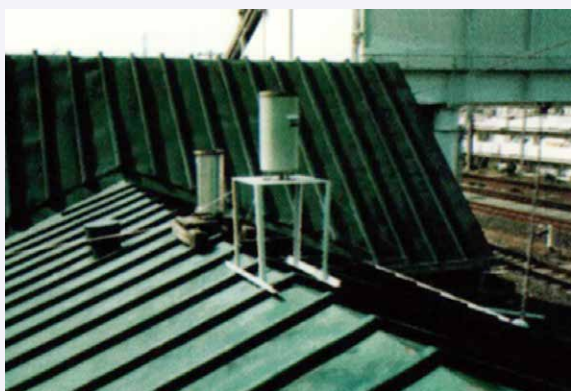


図4 沿線に設置された雨量計の例

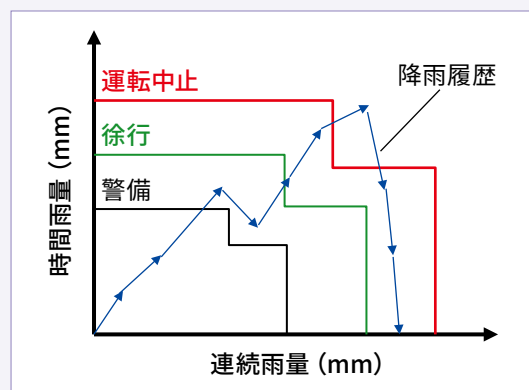


図5 降雨時運転規制方法の例

通常よりも早めに徐行発令ができるようにした例があります⁷⁾。これは、過去の盛土崩壊事例において、降雨後に降雨前の安全性に復帰するのに約5日間を要するという結果が得られたことを受けたものです。また、断続的な長い期間にわたる降雨（梅雨前線の停滞や、連続した台風の上陸など）を規制基準に取り込み、雨の降り始めから過去1週間までさかのぼって、その期間の雨量を反映させる方法も導入されました⁸⁾。

また、近年では、上記の「時間雨量」、**「連続雨量」**の組み合わせ以外の考え方が導入されるようになってきています。この背景には、斜面・のり面内の水分量の変化をより実態に近い形で反映できる雨量指標の検討が進んできたことにあります。例としては、「実効雨量」を用いた手法⁹⁾と「土壌雨量指数」を用いた手法¹⁰⁾があります。これらの雨量指標は、過去に降った雨量を単純に累積する連続雨量と異なり、降雨により地盤内に浸透する水の量と、時間の経過とともに地盤内から流出する水の量を考慮した指標となっています（**図6**）。

一方、降雨の観測技術として、気象レーダーを用いた雨量観測技術が日々進歩しています。気象庁からは、「レーダーアメダス解析雨量」をはじめ「降水短時間予報」、「降水ナウキャスト」などが配信されています。鉄道では、沿線雨量計での観測雨量に基づく運転規制が基本となっていますが、とくにゲリラ豪雨とよばれる局地的な大雨に対しては、このような情報の活用が有効です。近年ではこうした外部機関が配信する雨量情報を運転規制の一部として活用するようになってきていることから¹⁰⁾¹¹⁾、今後、こうした動きが進むものと思われます。

その他の新たな取り組み

上記の運転規制のほかにも災害から

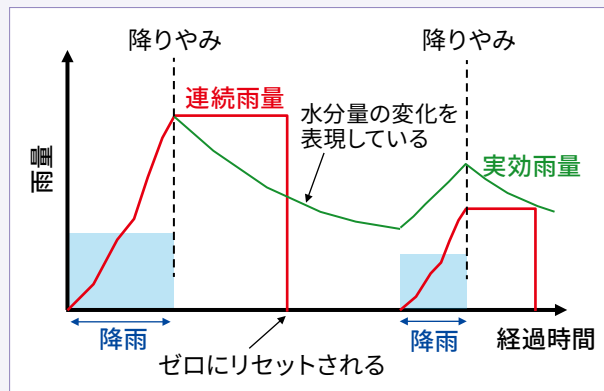


図6 連続雨量と実効雨量の違い

列車や駅旅客の安全を図るため、近年では「計画運休」という新たな取り組みも実施されています¹²⁾。これは、大型の台風の接近・上陸により、大規模かつ広域的な災害の発生や、長時間にわたる運転取りやめなどの発生が懸念される場合に、降雨量が運転規制に達する前に列車を運休することを事前に計画し、情報提供のうえで運休するものです。

国内ではじめて計画運休が実施されたのは2014年ですが、その後の社会的理解も進み2020年までの計画運休の実績は7事例となっています。今後、地球規模の環境変化により台風の大型

化など激甚化する災害が懸念されるなかで、さらに実施例が増えると考えられます。

おわりに

降雨の運転規制は古くからある普遍的なものです。同時に、近年の科学技術の向上や社会的なニーズの変化によって絶えずアップデートされています。鉄道総研では、今後も運転規制をはじめ鉄道の安全性向上のための技術開発に継続的に取り組んでいきます。

(渡邊諭/防災技術研究部
地盤防災研究室)

文献

- 1) 鉄道院北海道鉄道管理局：保線従事員心得，1915
- 2) 鉄道院：暴風雨雪警戒心得（達第140号），1914
- 3) 鉄道省：鉄道気象通報心得（達第938号），1935
- 4) 鉄道省工務局：防災保線読本—風水災編一，1937
- 5) 鴨原吉之祐：防災保線，鉄道現業社，1958
- 6) 日本国有鉄道施設局・運転局：降雨に対する運転規制基準作成要領，1972
- 7) 垣尾徹，神野嘉希，香川清治，吉村隆一：降雨に対する運転規制の見直しについて，土木学会第49回年次学術講演会講演概要集，IV-114，pp.228-229，1994
- 8) 浜崎明：豪雨災害に対するJR九州の新しい試み，日本鉄道施設協会誌，Vol.32，No.9，pp.31-32，1994
- 9) 島村誠：実効雨量を用いた降雨警報の有効性の検証，JR EAST Technical Review，No.3，pp.45-48，2003
- 10) 東海旅客鉄道：在来線の新しい降雨運転規制の導入について，2020年5月15日付ニュースリリース，https://jr-central.co.jp/news/release/_pdf/000040472.pdf（入手日：2021年3月1日）
- 11) 西日本旅客鉄道：局地的な大雨に対するさらなる安全性向上，2020年9月24日付ニュースリリース，https://www.westjr.co.jp/press/article/items/200924_00_anzenseikoujyou.pdf（入手日：2021年3月1日）
- 12) 河原吉秀：自然災害と鉄道—鉄道における新たな防災・減災対策「計画運休」について—，国際交通安全学会誌，Vol.45，No.2，pp.6-17，2020