

激甚化する豪雨災害に備える



布川 修
Osamu Nunokawa
防災技術研究部長

はじめに

今回の特集は「夏の気象に備える」です。皆様はこの言葉を聞いて、どのようなことをイメージするでしょうか。筆者は、降雨による斜面災害(図1¹⁾)や河川橋りょうの洗掘災害の研究開発に長年携わっていますので、どうしてもゲリラ豪雨や集中豪雨、大型台風への備えをイメージします。鉄道では降雨による災害に対して、さまざまな対策を実施しています。ただし、鉄道の延長は長く、その周辺の斜面数も多いた

め、豪雨によって発生する斜面崩壊などをすべて防ぐ対策を実施することは、コスト面から現実的ではありません。このため、斜面崩壊などから列車の安全を守るために、豪雨時には列車の徐行や運行中止といった措置を行う、運転規制が行われています。そこでここでは、日本の降雨と雨による被害の現状について述べた後、運転規制に関連する雨量指標や降雨分析の例について紹介します。

図1 降雨による斜面災害の例¹⁾

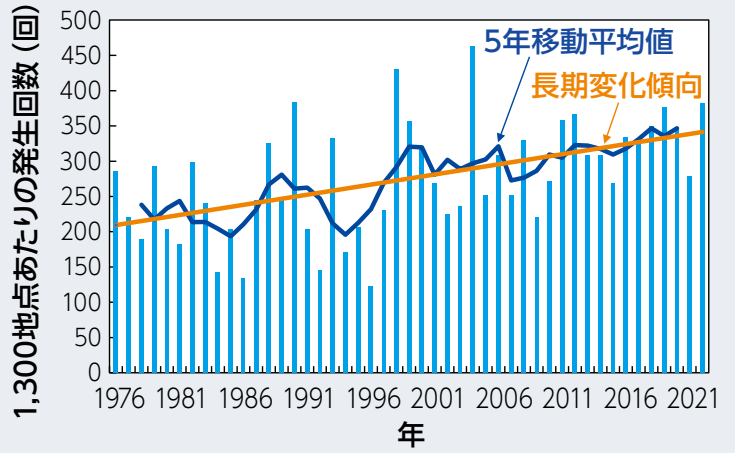


日本の降雨と雨による被害

日本の降雨の現状および将来については、気象庁などで整理されています²⁾。図2は気象庁ホームページからダウンロードしたデータ³⁾で作成したもので、上図は全国の1時間降水量50mm以上、下図は日降水量300mm以上の年間発生回数の年推移です。これらの図には5年移動平均値と長期変化傾向（線形の近似）を示していますが、どちらも右肩あがりになっていることがわかります。つまり、日本で発生する短期的な降雨、長期的な降雨とも、発生回数が増加していることがアメダスによる観測結果から証明されています。

日本で発生した雨による被害は、水害統計調査⁴⁾として国土交通省から毎年発表されています。図3は、2020年（令和2年）水害統計調査のデータをダウンロード⁵⁾して作成したもので、水害被害額の合計の年推移です。この図に示すとおり、台風の上陸回数が多かったり、西日本豪雨や令和元年東日本台風のように広域に豪雨が観測されると水害被害額が大きくなります。なお、国土交通白書⁶⁾によると、令和元年東日本台風のあった2019年は統計開始以降の最大を更新したと記載されています。また、図には変化傾向（線形の近似）を示していますが、2001年から2020年にかけて

全国の1時間降水量50mm以上の年間発生回数の経時変化



全国の日降水量300mm以上の年間日数の経時変化

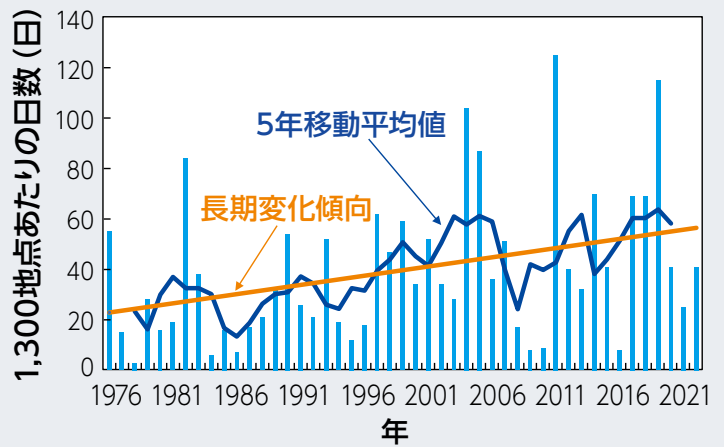
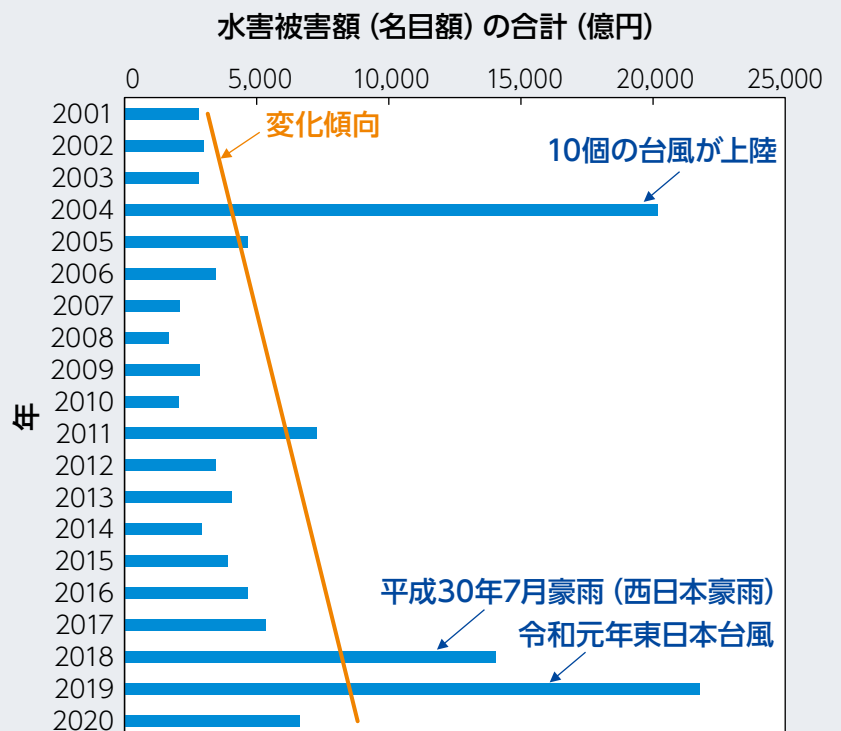


図2 全国の降雨の年間発生回数の年推移
(全国のアメダスによる観測値を1,300地点あたりに換算した値)

図3 日本の水害被害額の合計の年推移



水害関連の被害額の合計 (億円)

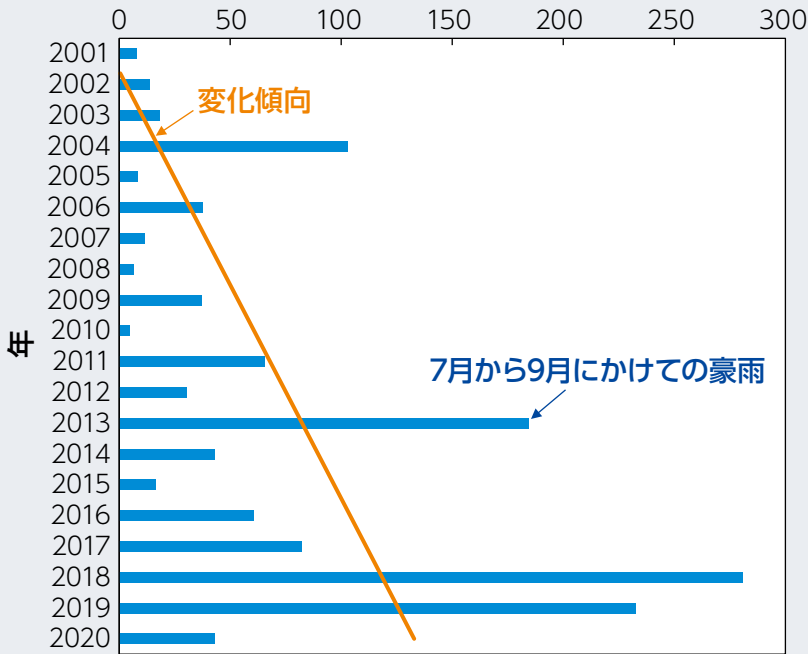
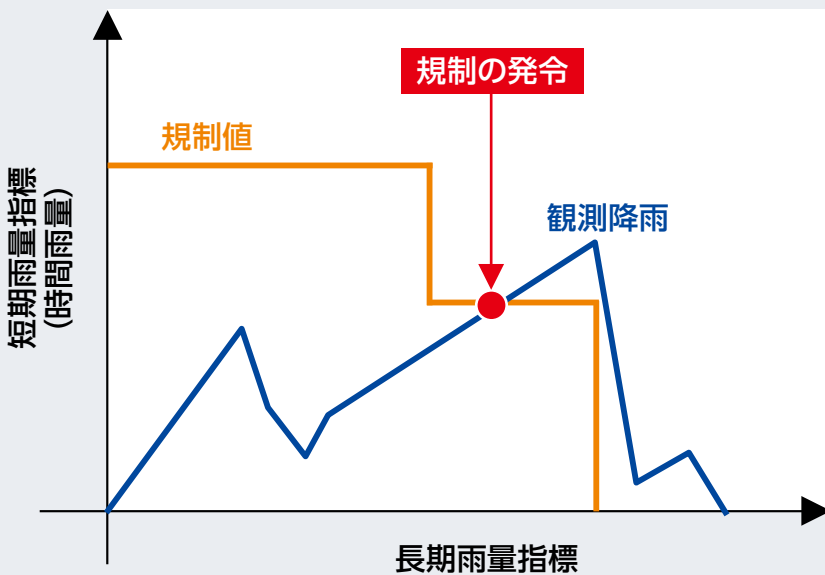


図4 鉄道の水害関連被害額の合計の年推移

図5 運転規制の方法の例



て増加傾向にあることがわかります。

鉄道における水害関連の被害額の合計の年推移を図4に示します。この図は弊所の鉄道技術推進センターが提供している「鉄道安全データベース」の災害報告書のデータ(2001年4月から2020年12月まで)から作成し、対象は被害額が1,000万円以上の災害です。また、元のデータには地震による被害など水害以外も含まれるため、図3と比較するために水害関連のみを抽出しています。図3と比較して細かくみると2013年のように異なる点があり、かつ被害額自体は大きく違いますが、傾向としてはほぼ同様で、2001年から2020年にかけて増加傾向にあることがわかります。

以上のことから、近年では降雨の発生回数が増加し、これにともなう被害も鉄道も含めて増加していると判断できます。

運転規制と雨量指標

鉄道で採用されている降雨時の運転規制は、国鉄時代に作成された「降雨に対する運転規制基準作成要領」⁷⁾が基本となっています。なお、降雨時運転規制の変遷に関しては、文献8をご参照ください。多くの鉄道で採用されている運転規制の方法を図5に示します。図に示すように、縦軸に時間雨量などの短い期間の雨量(短期雨量指標)、

表1 運転規制で用いられている主な長期雨量指標

雨量指標	算出方法
12 時間連続雨量	<ul style="list-style-type: none"> 降り始めからの雨量を累積した値 12時間降りやみ(降雨量が0)を観測した場合に累積値をリセットする
24 時間連続雨量	<ul style="list-style-type: none"> 降り始めからの雨量を累積した値 24時間降りやみ(降雨量が0)を観測した場合に累積値をリセットする
24 時間雨量	<ul style="list-style-type: none"> 現時点から 24 時間前までの雨量を累積した値
実効雨量 (半減期24時間)	<ul style="list-style-type: none"> 地盤内に蓄積されている水の量を表す雨量指標 現時点の雨量が半減期の時間後には半分になるという考えの計算式で求められる
土壌雨量指数	<ul style="list-style-type: none"> 地盤内に蓄積されている水の量を表す雨量指標 計算式は文献 9 のとおり

横軸に長い期間の雨量（長期雨量指標）をとり、観測された降雨をこの図にプロットして、ある規制値を超えたときに運転を規制(徐行や中止)しています。降雨による災害はゲリラ豪雨のような短時間の集中豪雨あるいは梅雨の時期の長雨のようにさまざまな降雨により発生するため、運転規制において短期雨量指標と長期雨量指標を組み合わせている点が重要です。

上記で述べた短期雨量指標としては時間雨量が用いられることが多いです。ただし、長期雨量指標はさまざまなものが用いられています。表1に鉄道で用いられている代表的な長期雨量指標を、図6には時間雨量10mmの降雨が10時間観測された後、15時間降りやみ、その後さらに時間雨量40mmの降雨が5時間観測された時の長期雨量指標の経時変化を示していま

図6 長期雨量指標の経時変化例

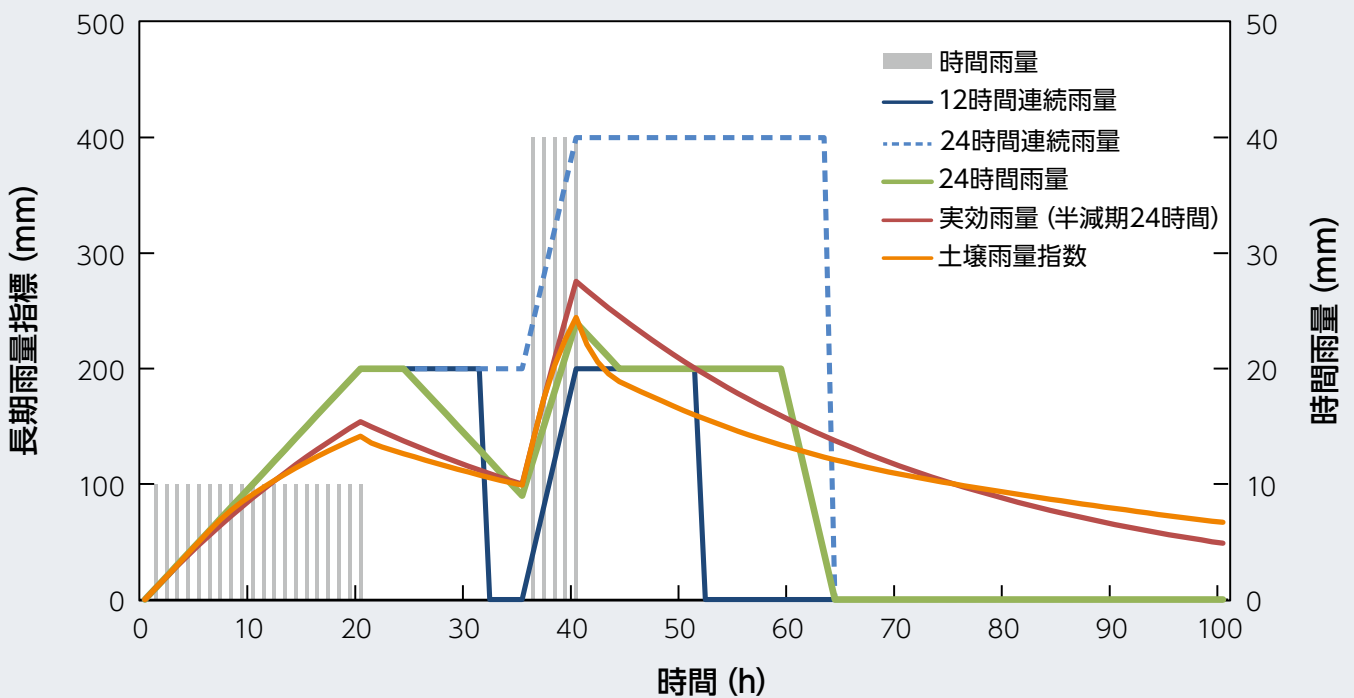


表2 確率降水量の計算例

再現期間 (年)	時間雨量 (mm)	12時間 連続雨量 (mm)	24時間 連続雨量 (mm)	24時間 雨量 (mm)	半減期24時間 実効雨量 (mm)	土壌雨量 指数 (mm)
2	34	192	202	158	137	135
5	43	270	283	221	188	173
10	49	321	336	263	222	198
50	62	434	454	356	298	253
100	67	482	504	395	329	276

す。なお、土壌雨量指数⁹⁾は気象庁が提案している指標で、図6では気象庁の方法で値を算出しています。この図より長期雨量指標ごとに異なる経時変化となっていることがわかりますが、どの指標も一長一短があるため、こうした経時変化の特性を理解しておく必要があります。

降雨分析の例

北海道と九州では雨の降り方が異なりますので、降雨量の値自体がその地域でまれな観測値なのかどうかはすぐには判断できません。このため、気象庁や報道機関などでは、例えば「100年に一回の大雨」のように表現していますが、こうした極端な大雨や頻度を表すために「確率降水量¹⁰⁾(確率雨量)」が用いられています。なお、ある現象が平均的に1回起こりうる期間を「再現期間」、この再現期間に1回起こりうる雨量を「確率降水量」とよんでいます。確率降水量の値は、過去の降雨データから統計的な手法に基づいて算出されます。気象庁で用いている算出方法の詳細は、文献11をご参照ください。

表2に、あるアメダス観測点のデータから文献11に記載されているグンベル分布を用いて算出した確率降水量の算出例を示します。こうした確率降水量と降雨時の運転規制値とを比較

することで、規制値を超える降雨がどの程度の期間内に起こる可能性があるのかを概略的に把握することができます。ただし、確率降水量はある一つの指標ごとに求められるものです。このため、図5に示す短期雨量指標と長期雨量指標との組み合わせで行われている降雨時の運転規制の規制値を検討する場合においては、災害発生時の降雨量の分析、確率降水量の算出に加えて、過去の降雨データから実際に規制値を超える回数を確認するなどの分析結果も重要な情報となります。

図7は、規制値を超える回数を分析した例です。横軸を半減期24時間実効雨量 R 、縦軸を時間雨量 r として、図7の右のポンチ絵で示すように、 R または r を超える範囲に観測された降雨の年間当たりの回数(回/年)を平面分布として示しています。なお、表2と同じアメダス観測点のデータを用い、半減期24時間実効雨量がほぼ0から増加したあとに0付近に収束するまでを1回の降雨としています。

表2から、再現期間5年の時間雨量は40mm程度、24時間実効雨量は200mm程度であることがわかります。再現期間5年ですが、この逆数から0.2回/年で起こりうることを示すことができます。一方で、図7から、時間雨量40mm、

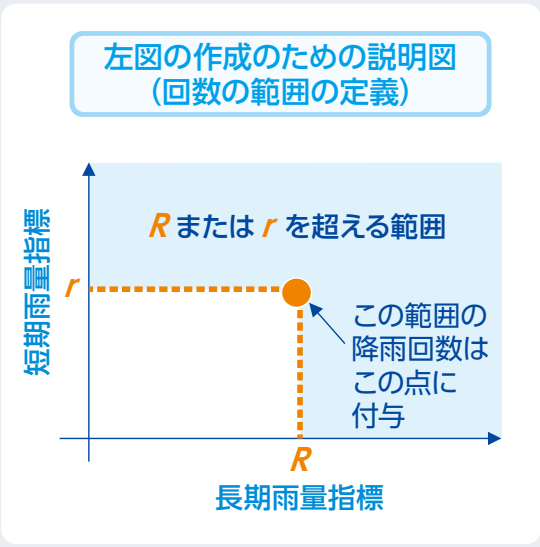
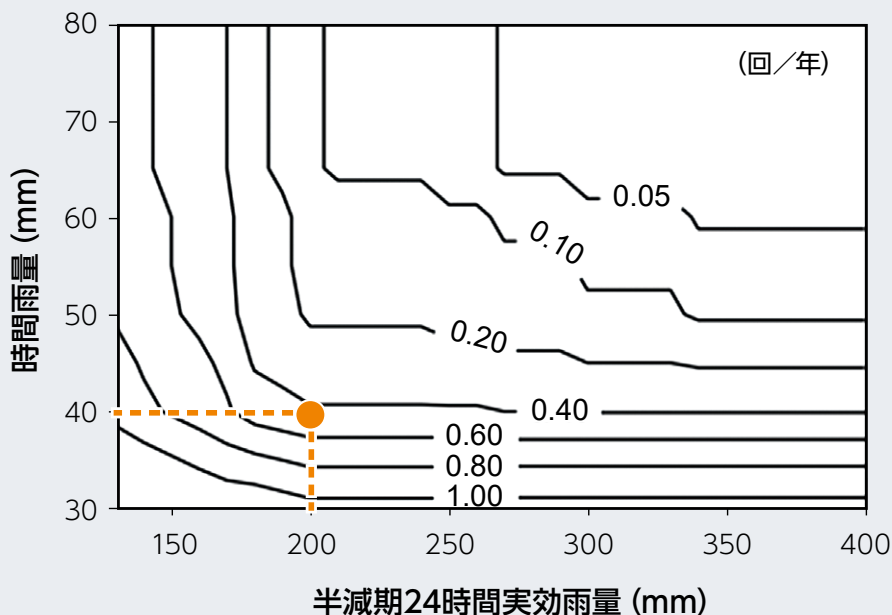


図7 降雨の年間当たり回数の平面分布算出例

または半減期24時間実効雨量200mmを超える降雨の回数は0.5回/年程度であることがわかります。すなわち、短期雨量指標と長期雨量指標とを組み合わせた規制値を超える降雨の回数の方が、それぞれの雨量指標を単独で超えると想定される回数よりも多くなっています。降雨時の運転規制を検討する場合には、こうした違いが起こりうることを認識しておくことが重要です。

おわりに

ここでは、日本の降雨と雨による被害の現状、および運転規制に関連する雨量指標や降雨分析の例について紹介しました。前述したとおり降雨による被害が増加していますので、現状実施している運転規制の重要性もますます高まってくると考えています。このため、運転規制の方法や基準値の見直しなどを検討する機会があるかもしれません。この際には、ここで紹介した内容が参考となれば幸いです。RRR

文献

- 1) 鉄道総合技術研究所 鉄道技術推進センター：事故に学ぶ鉄道技術（災害編），p.16，2012
- 2) 文部科学省，気象庁：日本の気候変動2020 大気と陸・海洋に関する観測・予測評価報告書，2020
- 3) 気象庁：大雨や猛暑日など（極端現象）のこれまでの変化，https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/extreme/extreme_p.html（入手日：2023/2/22）
- 4) 国土交通省：水害統計調査概要，https://www.mlit.go.jp/toukeijouhou/chojou/gaiyo_b5t1.html（入手日：2023/2/22）
- 5) 統計センター：政府統計の総合窓口e-Stat，<https://www.e-stat.go.jp/>（入手日：2023/2/22）
- 6) 国土交通省：国土交通白書2021，p.20，2021
- 7) 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
- 8) 渡邊諭：降雨時運転規制の変遷，RRR，Vol.78，No.6，pp.28-31，2021
- 9) 気象庁：土壌雨量指数，<https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/bosai/dojoshisu.html>（入手日：2023/2/28）
- 10) 気象庁：異常気象リスクマップ 確率降水量とは，https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/riskmap/exp_qt.html（入手日：2023/2/28）
- 11) 気象庁：異常気象リスクマップ 確率降水量の推定方法，https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/riskmap/cal_qt.html（入手日：2023/2/28）