

各論 新潟県中越地震前の降水状況

二瓶 泰雄*

1. はじめに

平成16年は、新潟県中越地震が生じただけでなく、史上最多10個の台風上陸に伴い全国各地で大水害が発生し、近年まれに見る災害が多発した年であったといえる。新潟県中越地震が発生する前には、台風21号、22号、23号が立て続けに本州に上陸し、新潟県においても多量の降水が観測されており、特に地震発生直前に来襲した台風23号により100mmを超える豪雨が観測されている。このため、地震発生前には土壤水分量が通常よりも大きく、また地下水位が上昇し、それが地震被害を増幅させた一因であることが指摘されている¹⁾。このことより、新潟県中越地震による災害は単なる「地震」災害というよりは、「地震」と「豪雨」がほぼ同時期に生じた「複合災害」の様相を呈しているものといえる。

これらの「地震」と「豪雨」災害が同時発生する「複合災害」に対する対策を立案するうえでは、今回の新潟県中越地震前の降水状況を把握し、どの程度の規模や頻度の降水現象が生じたのかを明らかにする必要がある。そこで本稿では、29年間の降水量データが蓄積されている気象庁・アメダスデータを解析して、地震直前に観測された降水状況やその発生頻度を明らかにすることを試みる。また、土壤水分量や地下水位は降水の履歴の影響を強く受けることから、降水履歴を表す指標である先行降水指標API (Antecedent Precipitation Index)²⁾を日降水量データから算出する。その結果に基づいて、新潟県中越地震の発生日における先行降水指標APIが、どの程度の大きさであるか過去29年間のデータと比較する。

2. 解析対象データの概要

気象庁・アメダスデータの解析対象地点は、新潟県中越地方における長岡、栃尾、小出の3地点とする。各観測地点の位置および新潟県中越地震の震源は、図-1に示すとおりである。各地点における降水量の解析対象期間は、3地点の雨量データが存在する1976年から2004年の計29年間とする。これらの地点では、1時間ごとに降水量を計測している。本稿では、1時間ごとの降水量データより、河川計画で用いられる日降水量（1日の降

水量の総和）、2日降水量（2日間の降水量の総和）を算出して統計処理を行う。

3. 地震発生直前の降水状況

3.1 日降水量の時間変化

新潟県中越地震が発生した平成16年10月23日前後ににおける降水状況を見るために、平成16年7月から11月における日降水量の時間変化を図-2に示す。ここでは、長岡、栃尾、小出における観測結果が表示されている。これらの図を見ると、まず地震発生直前の10月20日において、日降水量で約100mmに達する降水イベントが生じていることがわかる。これは、前述したように、台風23号が本州に上陸した影響によるものである。このときの日降水量（10月20日）と2日降水量（10月20、21日）としては、表-1に示すように、日降水量は79~102mm、2日降水量は96~115mmとなっている。

また、ここで示されていない観測地点における降水量データについても調べた。その結果、台風23号来襲時における新潟県中越地方では、日降水量・2日降水量ともに、表-1と同程度の降水量が観測されており、このときには新潟県中越地方における降水量は、空間的におおむね一様であったと見なされる。

なお、地震発生約3ヶ月前（平成16年7月）には、上述した台風23号に伴う豪雨をはるかに上回る降水量が観測されている。この豪雨は、新潟県や福島県、福井県

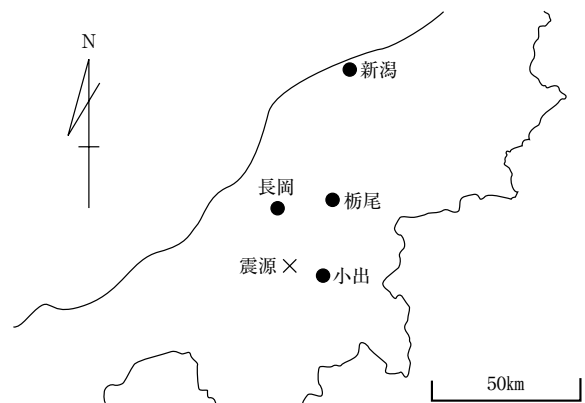
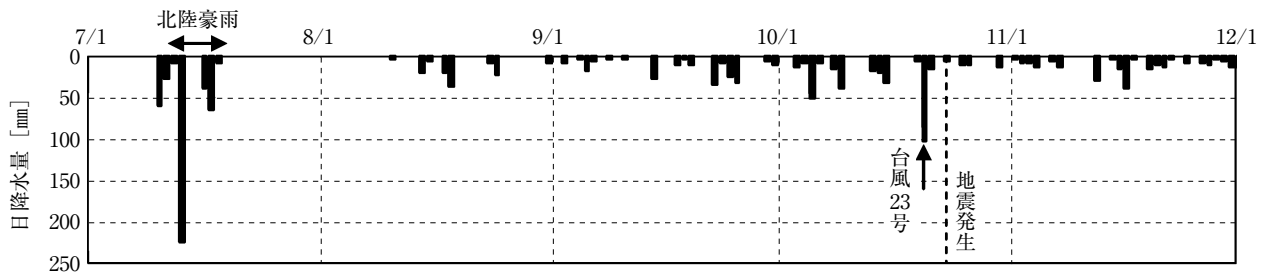
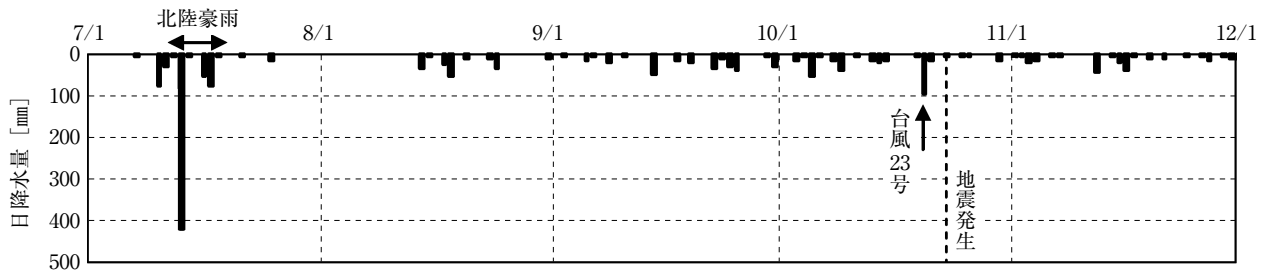


図-1 アメダス観測地点および震源位置

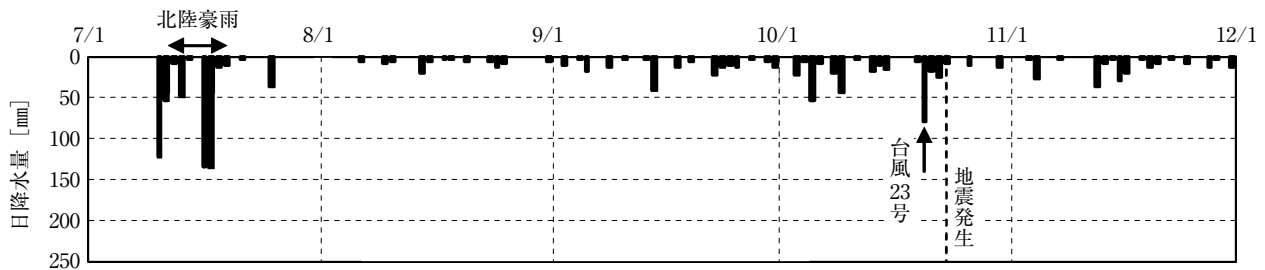
* **NIHEI Yasuo 東京理科大学 理工学部 土木工学科 | 野田市山崎2641



(a) 長岡



(b) 栃尾



(c) 小出

図-2 平成16年7月から11月における日降水量の時間変化

表-1 地震発生直前の降水状況

		降水量 [mm]	順位A	発生確率B [年/回]
日降水量	長岡	102	第7位	4.1
	栃尾	92	第29位	2.4
	小出	79	第27位	1.1
2日降水量	長岡	115	第17位	1.7
	栃尾	106	第29位	1.0
	小出	96	第40位	1.1

発生確率 $B = A/N$, N : 解析対象年数 (=29年)

において大きな水害をもたらした「平成16年7月北陸豪雨」³⁾によるものである。特に、平成16年7月13日における日降水量は、栃尾で421mm、長岡で225mmとなり、これまでの日降水量の最大値を更新している。

3.2 発生頻度

次に、地震発生直前の降水イベント（平成16年10月20日、21日）における降水量が、どの程度の発生頻度のイベントであるかについて検討した結果を述べる。まず、全観測期間（ $N = 29$ 年）における日降水量、2日降水量データを抽出し、地震発生直前の降水イベントにおける日降水量と2日降水量の順位Aを求めた結果を表-1に示す。これを見ると、日降水量では長岡、小出、栃尾の

順で第7、27、29位となり、一方、2日降水量では長岡、栃尾、小出の順で第17、29、40位となっている。これより、相対的には日降水量の方が2日降水量よりも大きな順位となっており、短い時間に降水が集中していることがわかる。ここで得られた順位Aを解析対象年数 $N (= 29$ 年)で除したものを発生確率 $B (= A/N)$ と定義して求めたところ（表-1）、地震直前の降水イベントにおける発生確率は、日降水量としては1.1~4.1年に1回起こる程度、2日降水量としては1.0~1.7年に1回起こる程度となっている。

降水量の発生頻度を詳細に見るために、長岡を例として日降水量と2日降水量の頻度分布を図-3に表示する。ここでは、日降水量が50mmを超える降水イベントを対象としている。図中では、発生頻度を降水量10mm間隔でカウントして表示しており、200mm以上の降水量に関してはその総和を示している。これを見ると、日降水量では主として50~80mmに集中しているのに対して、2日降水量では50~120mmにわたり幅広く分布している。新潟県中越地震直前に生じた台風23号来襲時における結果に着目すると、表-1に示しているとおり、日降水量と2日降水量ともに上位に位置しており、日降水量の方がより上位になっている。なお、平成16年7月北陸豪雨のときには、日降水量と2日降水量は225mm、233mmであり、順

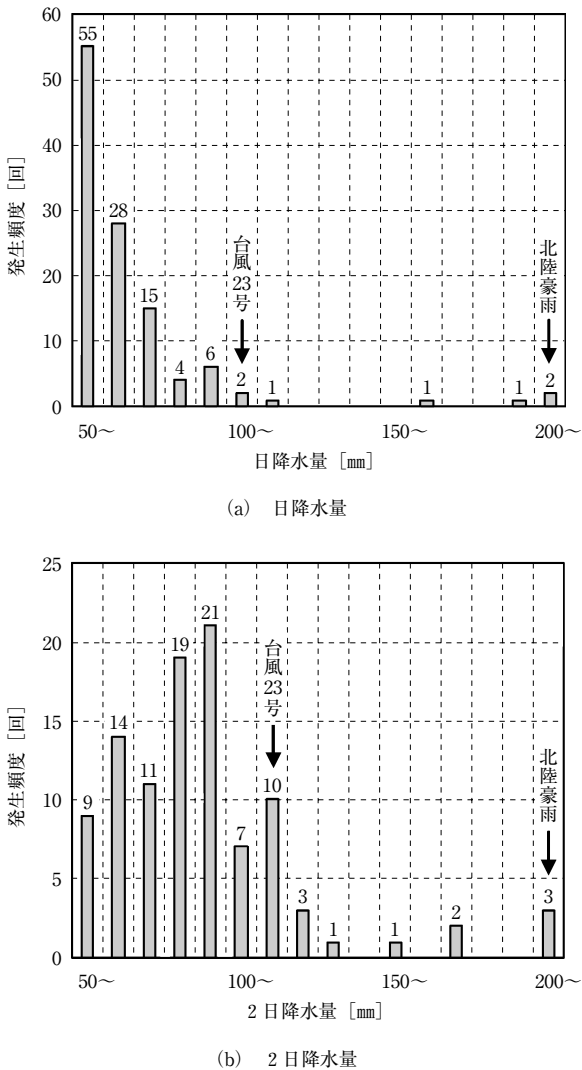


図-3 長岡の日降水量・2日降水量の頻度分布(50mm以上の日降水量を対象)

位はそれぞれ第1位と第3位である。

以上の結果をまとめると、新潟県中越地震直前の降水イベントは、日降水量で1～4年に1回、2日降水量で約1年に1回程度の頻度で発生する規模であった。数十年から百年に1回の確率で生じる洪水イベントを対象とする河川計画の観点から考えると、今回の降水イベントは決して規模の大きいものとはいえないが、1年に何回も起こるような頻度の高い降水イベントではないことがわかる。

4. 降水履歴に関する定量的検討

4.1 先行降水指標APIの定義

地震災害と密接に関連していると考えられる土壌水分量や地下水位は、以前の降水量に大きく左右される。このような降水の履歴を定量的に評価するために、先行降水状況を示す指標の1つであるAPIを算出する²⁾。このAPIは次式のように定義される。

$$API = b_0P_0 + b_1P_1 + \dots + b_T P_T + \dots + b_{T_{max}} P_{T_{max}} \dots\dots\dots(1)$$

ここで、 P_0 は現在の日降水量、 P_1 は1日前の日降水量、

P_T はT日前の日降水量を表しており、上式では、 T_{max} 日前までの降水量を考慮している。また、 b_0, b_1, \dots, b_T は係数であり、以下のように与えられる。

$$b_T = K^T \dots\dots\dots(2)$$

ここで、 K は減水係数と呼ばれる経験定数で、0.85～0.98の範囲で設定されている。この減水係数 K を1未満としているので、APIを求める対象日に近い降水ほどその影響が強く反映され、直前の降水量が大きいほどAPIは大きくなる。なお、このAPIは通常、土壌の乾燥状況や洪水発生指標などとして用いられており、洪水時の初期流量と良好な相関関係があることが知られている²⁾。

4.2 結果と考察

日降水量データから式(1)、(2)のように定義されるAPIを算出した結果を以下に示す。図-4は、長岡におけるAPIと日降水量の経日変化を示している。ここでは、減水係数 K を0.95とし、また式(1)中の解析対象日数 T_{max} を30日と設定している。図中には、目安として新潟県中越地震発生日におけるAPI(=222mm)を太線で図示している。まず、地震発生日とそれ以外の日におけるAPIを比較すると、地震発生日のAPIは、全期間の平均値(=106mm)を大幅に上回る高い値となっている。これは、3.で述べたように、地震発生日前の台風来襲の影響を反映している結果である。一方、この地震発生日のAPIを上回る日も多く見られ、いったん地震発生日のAPIを上回ると、その状態が数日から数十日間継続している。また、季節変動に着目すると、夏よりも冬の方が高いAPIとなることが多い。これは、冬季の豪雪に起因しているものと考えられる。このようなAPIの変動パターンは、栃尾や小出においても確認されている。

より定量的に議論するために、地震発生日におけるAPIを超過する日数を解析対象年数(=29年間)にわたりカウントし、その値を解析対象年数で除して1年間当りの超過日数に換算したものを表-2に示す。ここでも、図-4と同じ減水係数 K (=0.95)と解析対象日数 T_{max} (=30日)を採用しており、全3地点における結果を表示している。これを見ると、地震発生日のAPIを上回る日数は、1年間当りに換算すると長岡、小出、栃尾の順で約24日、27日、38日となる。これらの値を割合(=超過日数/年間の日数)に直すと、6.5～10.5%となる。

これらの日数や割合は、日降水量の発生頻度が1年から数年程度であったことを考慮すると、かなり大きな数字である。このような結果となる主な要因としては、まず大きな降水イベントの後にはその履歴効果が残る、結果としてAPIの高い状態が数日から数十日間継続するためである。他の要因としては、冬季には豪雪により連日多量の降水が観測されて高いAPIが継続するためであると考えられる。なお、表-2における超過日数は、減水係数 K の設定により変化するものの、 K を0.85から0.98まで変化させても、表-2の結果とは数日程度しか差が生じないことが確認されている。

これらの結果をまとめると、今回の新潟県中越地震直前における降水の発生頻度は年1回起こるかどうかの

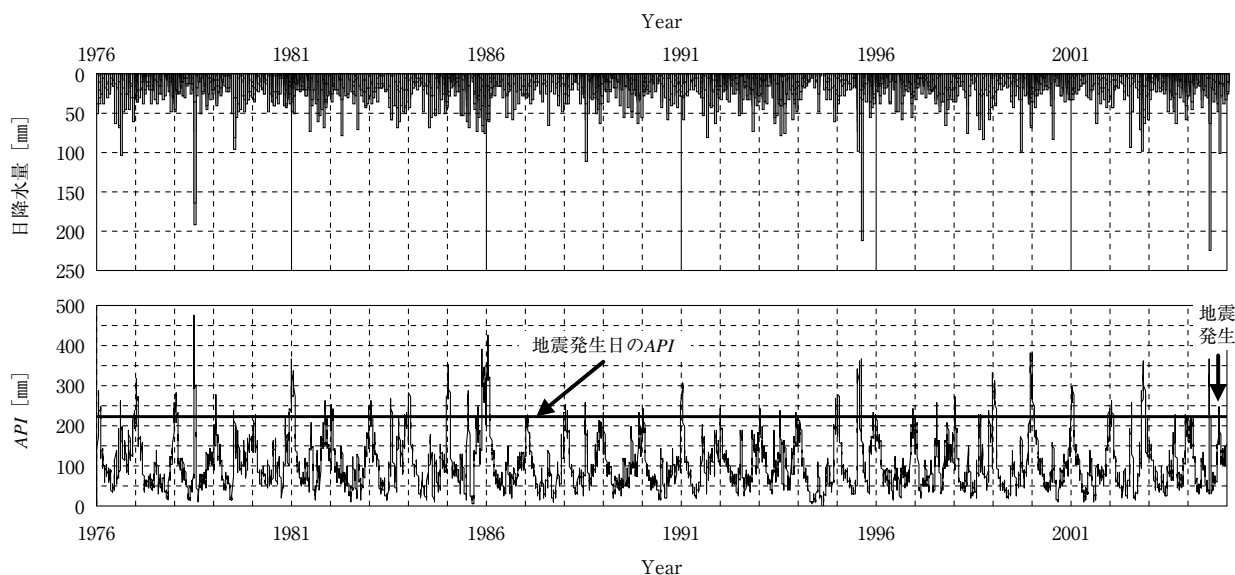


図-4 長岡におけるAPIと日降水量の経日変化 ($K=0.95$, $T_{max}=30$ 日として計算)

表-2 地震発生日におけるAPIの超過日数

	1年間当りの超過日数 [日/年]
長岡	23.6
栃尾	38.3
小出	26.5

1年間当りの日数に換算して表記

“少ない”頻度であるものの、地震発生日における先行降水指標APIと同程度もしくはそれを上回る状況は年間25~40日程度生じており、決して“珍しい”状況とはいえない。

地震災害と関連の深い土壌水分量が降水の履歴効果の影響を強く受けることを鑑みると、新潟県中越地震発生日における土壌水分量や地下水位の状況の出現頻度は低いものと推察される。以上のことから、今回の新潟県中越地震のように、「地震」と「豪雨」災害を合わせた「複合災害」の発生の可能性が十分考えられ、この複合災害は今後憂慮すべき課題であるといえる。したがって将来的には、このような複合災害防止の取組みや社会資本整備を早急を実施することが望まれる。

5. まとめ

新潟県中越地震前における降水状況について整理して、本稿で報告した。主な結論は以下のとおりである。

- ① 新潟県中越地震直前には、100mmを越える降水イベントが発生した。その降水イベントの発生頻度は日降水量で1~4年に1回程度、2日降水量で1.0~1.7年に1回程度のものであった。
- ② 降水の履歴効果を定量的に検討するために、先行降水指標APIを算出したところ、地震発生日のAPIを超過する日数は1年間当たり25~40日程度という大きな値となった。このように、地震発生日における先行降水状況は特異ではなく、6.5~10.5%の割合で出現することが示された。
- ③ 地震災害と密接に関係している土壌水分量や地下水位が、先行降水状況の影響を強く受けることを考慮すると、「地震」と「豪雨」がほぼ同時期に発生する「複合災害」の発生の可能性は十分考えられ、今後、このような複合災害防止対策の立案や取組みを早急に実施することが必要である。

[参考文献]

- 1) 例えば、龍岡文夫、塚本良道：新潟県中越地震災害 第二次調査団速報 地盤土構造物の被害，土木学会誌，Vol. 90，pp. 11~14，2005.
- 2) 水村和正：水圏水文学，山海堂，pp. 82~88，1998.
- 3) 土木学会・平成16年7月北陸豪雨緊急災害調査団：平成16年7月北陸豪雨災害調査報告書，pp. 1~153，2005.