

豪雨と無降雨期間が河川水質に与える影響

東北大学 学生会員 ○菊地 裕
東北大学 学生会員 川越 清樹
東北大学 正会員 風間 聡
東北大学 フェロー 沢本 正樹

1. はじめに

近年、温室効果ガスの増加に伴う地球温暖化および異常降水(豪雨頻度の増加、無降雨期間の長期化)の出現が指摘されており¹⁾、将来の地球環境変化による被害が危惧されている。流域を対象にすると水資源の減少、水質悪化の影響が懸念されており、将来の量的かつ質的な水資源の影響を事前に明らかにすることが必要とされている。量的な水資源に関しては、将来気候予測モデル GCM(General Circulation Model)等を利用し全球規模で水収支を予測して水資源不足指標を導く²⁾等、将来気候に対する研究が多数取り組まれている。一方、質的な水資源に関しては、個別流域を対象にしたものが多数であり、列島全域を対象にした研究も存在する³⁾ものの物理過程を考慮していない問題がある。物理過程に利用できるパラメータを考慮した研究は、地域的な特徴を明らかにすることができる、環境変化に応じた発展的な影響を理解できる等の利点をもつ。

以上の背景を考慮し、本研究では日本列島全域を対象に物理過程を考慮した水質汚濁推定モデルを利用して気候変動に応じた水質への影響を明らかにすることに取り組む。なお、研究に対して以下に留意する。

- 1) 気候変動として豪雨頻度の増加、無降雨期間の長期化に着目し、豪雨に対しては L-Q 式から、無降雨期間の長期化は和田らによる濁質成分堆積式⁴⁾から水質の影響を導く。
- 2) 濁質成分堆積式に用いられる土地利用のパラメータ、無降雨日数の再現期間から地域特性を導き、列島全域の水質影響変化のマップを作成する。

2. 対象領域とデータセット

流域人口の多い日本列島各地の 10 河川を対象とした。Fig.1 に解析対象となる河川の分布図を示す。解析に 1993 から 2003 年の期間の水文関連のデータを用いる。流量データに国土交通省発行の流量年表、降水量データに AMeDAS データ、水質成分(BOD,SS,濁度)データに国土交通省の水文水質データベースを利用する。ただし荒川では大久保浄水場の水質の日データを利用し、より高頻度で濁質の影響を解析した。

3. 豪雨現象の影響

豪雨による水質への影響を定量化するため、豪雨に伴い敏感に変化する流量と濁質負荷量の関係を L-Q 式



Fig.1 解析対象分布

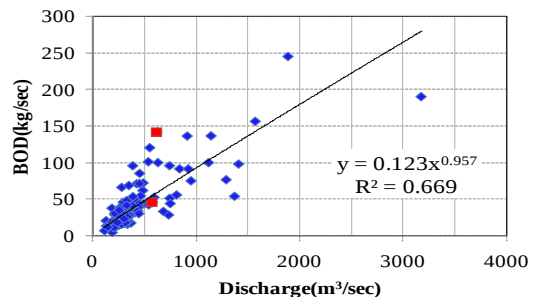


Fig.2 BOD-流量関係図(Ishikari)

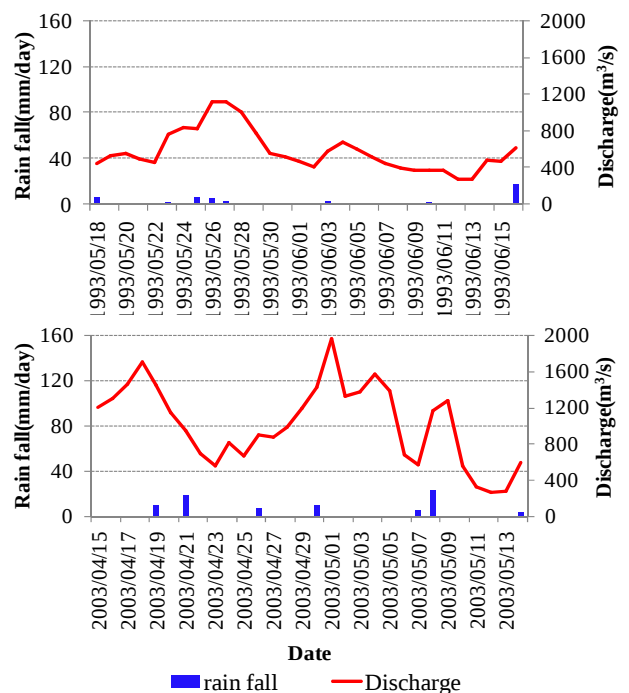


Fig.3 降雨状況

上(1993.5.18~6.16)、下(2003.4.15~5.14)で導出した。Fig.2 は BOD 負荷量と流量の関係を示したものである。概ね流量増加に伴い BOD 負荷量が増加する結果が示されており、豪雨増加に対する濁質負荷量の影響は L-Q 式で説明できることを示唆している。

しかし、同程度の流量に関わらず、濁質値が異常上昇した結果も確認されたため、観測日から前 30 日間の気象状況を比較し検討を行った (Fig.3 に石狩川の事例を示す)。検討の結果、異常値が発生した観測日の前には無降雨期間が続いていること、および流量が小さい状態にあったことが判明した。無降雨の先行日数による濁質増加の現象に対して、流域内への濁質成分の堆積の過程が予測される。

4. 無降雨期間長期化の影響

1) 濁質成分堆積式

無降雨期間の影響を考慮するため、濁質成分堆積式⁴⁾から濁質成分堆積量と降雨時の濁質流出量を推定する。下記の式(1)から(3)が濁質成分堆積式⁴⁾である。

$$Pg_{(n)} = Pg_0 e^{-Kgn} + \frac{a_g(1 - e^{-Kgn})}{1 - e^{-Kg}} \tag{1}$$

$$Qp_{(n)} = c_R (Pg_{(n)} \cdot A)^{mR} r_{(n)} \tag{2}$$

$$Pg_{(n+1)} = Pg_{(n)} - Qp_{(n)} / A \tag{3}$$

ここで、Pg:堆積負荷量(kg/km²)、Pg₀:初期堆積負荷量(kg/km²)、Kg:減衰定数、n:先行晴天日数(日)、a_g:一日当たりの堆積負荷量(kg/km²)、Qp:流出負荷量(kg)、c_R:流出係数、A:面積(km²)、mR:運動式の係数、r:降雨強度(mm/day)である。一日当たりの堆積負荷量を土地利用に応じて設定しており、水質観測地点上流の土地利用を荷重平均することで各河川の一日当たりの堆積負荷量が導かれている⁵⁾。なお、この式の適用により無降雨から濁質成分がする過程を良好に再現することができた。Fig.4 に荒川での解析結果を示す。

2) 無降雨日数の将来予測と水質への影響

各流域で各年の最長無降雨期間を求め、頻度解析により再現期間 10、20、30、50、100 年の無降雨日数を算出した。確率分布型として GEV(Generalized Extreme Value)分布、母数推定法として PWM(Probability Weight Moment)法を用いた。Fig.5 に無降雨日数の分布図を示す。関東地方以北の流域で無降雨の長期化する傾向が認められる。これらの無降雨期間を式(1)から(3)の先行晴天日数に代入することで堆積負荷量を導き、その平年比を Fig.6 に示す。解析結果を Table.1 に示す。信濃川、天竜川、淀川は比較的に濁質堆積量増加が著しいことがわかる。また、日本列島が総じて微量ながらも濁質堆積することも理解できる。無降雨期間と平年比の濁質増加を比較すると、必ずしも無降雨期間の長期化に伴い、濁質堆積が比例して増加するのではないことも示されている。

5. まとめ

本研究で得られた結果を以下にまとめる。

1) 豪雨による濁質成分への影響は L-Q 式を用いて概

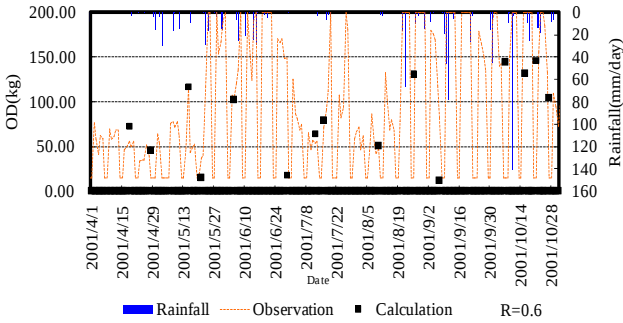


Fig.4 計算結果 (2001 年春季から秋季)



Fig.5 無降雨日数分布



Fig.6 濁質堆積の平年比分布

Table.1 再現期間 30 年の解析結果

	無降雨日数(日)	濁質増加の平年比
石狩川	53.5	1.0281
名取川	47.6	1.0156
荒川	46.5	1.0249
信濃川	36.5	1.0522
天竜川	38.3	1.0445
木曽川	46.5	1.0213
淀川	46.8	1.0354
太田川	46.0	1.0232
吉野川	45.5	1.0252
筑後川	44.9	1.0321

ね推定することができる。

- 2) 無降雨長期化の影響で濁質堆積量は全国的に増加する。特に信濃川、天竜川、淀川の増加が著しい。
- 3) 無降雨により反応する濁質増加は無降雨の長期化よりも土地利用による影響が大きいことを示している。

謝辞

本研究の一部は「環境省の地球環境研究総合推進費 (S-4): 温暖化の危険な水準及び温室効果ガス安定化レベル検討のための温暖化影響の総合評価に関する研究」から援助を受けました。

参考文献

1) IPCC 第四次報告書, IPCC,2007.
2) Oki et al:Global hydrological cycles and world water resource, Science, Vol.313, No.5790, p.1068-1072, 2006.
3) 尾崎則篤, 小野美由紀, 福島武彦, 原沢英夫:気象変動の河川水質に及ぼす影響に関する統計的研究,土木学会論文集, -12,No.629,p97-109,1999.
4) 和田安彦・三浦浩之:都市域ノンポイント汚染源負荷の堆積・流出挙動モデルと流出制御に関する研究,土木学会論文集, -2,No.559,p61-71,1997.
5) 二瓶泰雄, 服部裕司, 小久保武, 大竹野歩:GISを用いた手賀沼流入河川の汚濁負荷解析,水工学論文集 Vol48,p1459-1464,2004.