

気候変動による河川水質の影響評価

東北大学大学院工学研究科 学生会員 菊地 裕
 東北大学大学院環境科学研究科 正会員 川越 清樹
 東北大学大学院環境科学研究科 正会員 風間 聡

1. はじめに

将来気候予測から極端な降水(豪雨頻度の増加, 無降雨期間の長期化)の出現が指摘され, 環境変化に伴う被害が危惧されている¹⁾. 水資源の面では量と質の変化が予測されており, 事前に気候変動の影響を定量かつ分布的に示し危険地域を抽出する必要がある. 量的な水資源問題に関しては, General Circulation Model(GCM)による将来気候予測データを利用し水不足の生ずる地域を抽出するなどの研究が数多く取り組まれている²⁾. 一方, 質的な水資源問題に関しては, 個別流域を対象にしたものが多数で広範領域を対象にした研究事例は稀である.

本研究では, 日本列島全体の流域を対象に気候変動に伴う水質汚濁評価を試みた. 列島全域の対象は濁質負荷, 浄化の対策を整備すべき地域の抽出に有用であり, 気候変動に対する適応策への貢献が期待できる. 極端な降水を考慮し以下の評価に取り組む.

- 1) 豪雨頻度の増加に対し, 流域毎の濁質負荷量と河川流量の関係式(L - Q 式)を用い評価する
- 2) 無降雨期間の長期化に対し, 土地利用パラメータ, 無降雨日数等を考慮した濁質堆積による負荷量推定式を用い評価する

2. 対象領域とデータセット

気候変動による甚大な被害の予測される流域人口の多い日本列島各地の河川を評価の対象とした.

評価には, 1993年から2003年の水文関連データと国土数値情報 L03-09M-01 の土地利用データを用いる. 水文関連のデータは, 流量データ(流量年表: 国土交通省監修), 水質成分データ(水文水質データベース: 国土交通省, 荒川大久保浄水場), 降水量データ(AMeDAS: 気象庁)である. なお, 水質成分として BOD, SS を評価した.

3. 豪雨による影響評価

豪雨による水質への影響を評価するため, 降雨に伴い敏感に反応する河川流量と濁質負荷量の関

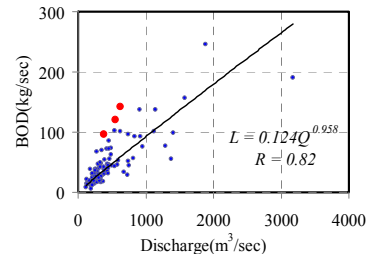
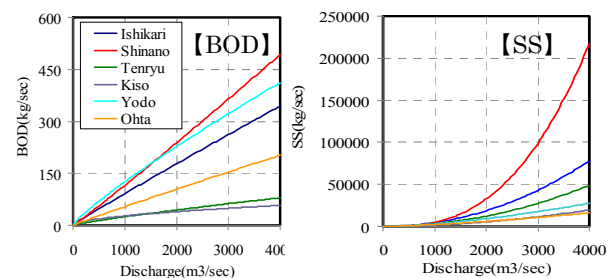


図-1 BOD 負荷量—流量関係図(石狩川)

表-1 各流域の濁質負荷量—流量関係要素

流域名	BOD			SS		
	相関係数R	係数 α	係数 β	相関係数R	係数 α	係数 β
石狩川	0.82	0.124	0.958	0.90	0.003	2.058
信濃川	0.79	0.082	1.049	0.88	0.001	2.737
天竜川	0.76	0.068	0.851	0.91	0.003	2.002
木曽川	0.81	0.612	0.547	0.94	0.004	1.856
淀川	0.77	0.334	0.858	0.86	0.049	1.596
大田川	0.89	0.071	0.959	0.90	0.098	1.448
吉野川	0.88	0.067	1.027	0.84	0.035	1.402

図-2 各流域の L - Q 式関係図

係を経験式である L - Q 式(累乗式 式(1))で導出した.

$$L = \alpha Q^{\beta} \quad (1)$$

ここで L : 水質負荷量(kg/sec), Q : 流量(m^3 /sec), α , β : 係数である. この例として, 図-1 に石狩川の河川流量と BOD 負荷量の関係図を示す. また, 各流域の河川流量と濁質負荷量の関係は表-1 に示すとおりである. これらの検討より L - Q 式は強い相関をもち, 降雨から流量への流出過程を流出モデルで精読することにより豪雨の影響を評価できる.

図-2 に L - Q 式による各流域の河川流量と濁質負荷量の関係を示す. 信濃川, 石狩川は流量増加に従い SS, BOD とともに著しい増加を示す. 淀川は流量増加に伴い著しく BOD 増加するものの, SS 増加が乏しい結果を示した. また, 天竜川は淀川と逆の傾向を示す. SS 増加の著しい信濃川, 石狩川, 天竜川は, 降雨による土砂生産に伴う濁質進行しやすい流域であ

キーワード L - Q 式, 濁質成分堆積式, 無降雨期間, 再現期間

連絡先 〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06 (E-mail) kawagoe@kaigan.civil.tohoku.ac.jp (TEL) 022-795-7460

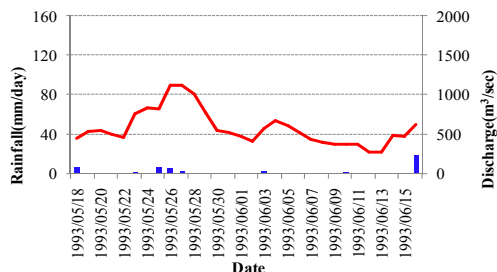


図-3 異常濁質発生前の降水・流量状況(図-1 (A) 1993/6/16)

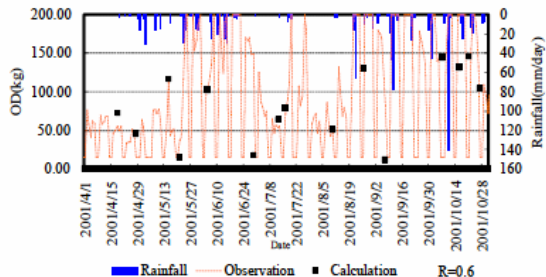


図-4 荒川流域再現計算結果

る。一方、BOD 増加の著しい淀川等は土地利用に起因した濁質の進行する流域である。今後、土地利用も考慮して各流域の特徴を検討する意向である。

なお、河川流量と濁質負荷量の関係から流量増加と無関係に濁質が異常増加した現象も明らかにされた(図-1 の赤ポイント参照)。図-3 に濁質が異常増加した前の降雨、および流量の状況図を示す。図に示すとおり異常増加前には無降雨期間が連続すること、流量が少ない状態にあったことが認められた。この結果は、無降雨および流量の少ない状態期間の流域内における濁質成分の堆積と、その後の降雨により堆積した成分が流出したと考えられる。

4. 無降雨期間長期化の影響評価

1) 濁質成分堆積式

無降雨期間長期化の影響として、濁質成分堆積式³⁾を用い無降雨による濁質成分増加の過程を示した。濁質成分堆積式を(2)から(4)に示す。

$$Pg_{(n)} = Pg_0 e^{-Kg_n} + \frac{a_g (1 - e^{-Kg_n})}{1 - e^{-Kg}} \quad (2)$$

$$Qp_{(n)} = c_R (Pg_{(n)} \cdot A)^{mR} r_{(n)} \quad (3)$$

$$Pg_{(n+1)} = Pg_{(n)} - Qp_{(n)} / A \quad (4)$$

ここで Pg : 堆積負荷量(kg/km²), Pg_0 : 初期堆積負荷量(kg/km²), Kg : 減衰定数, n : 先行晴天日数(day), 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 : 流域面積(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することで河川の堆積負荷量が導かれている。荒川大久保浄水場の日毎の水質計測結果を再現計算し、式の係数

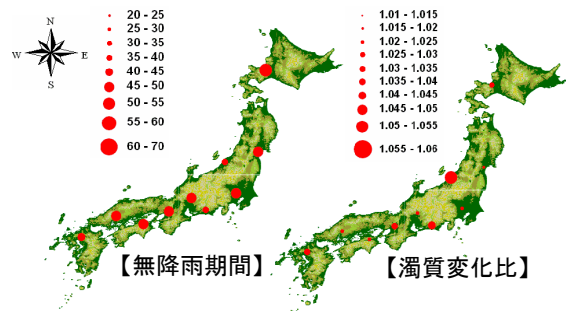


図-5 無降雨期間による濁質変化予測(再現期間 30 年)

設定を行った(図-4 参照)。この係数を用いて他流域の計算を行ったところ、無降雨による濁質の異常増加の出現を着実に再現することができた。

2) 無降雨期間による濁質変化予測

各流域の再現期間の無降雨期間を、頻度解析(確率分布型: GEV 分布, 母数推定法: PWM 法)から求め、無降雨期間の長期化による濁質変化を解析した。図-5 に再現期間 30 年の無降雨日数, SS 堆積の平年比の分布図を示す。列島全体的に微量ながらも濁質堆積が増加すること、信濃川, 天竜川, 淀川は比較的に濁質堆積の多い流域であることが明らかにされた。また、必ずしも濁質堆積が無降雨の長期化に比例して増加しているわけではないことが示されている。

5. まとめ

本研究より得られた結果を以下に列挙する。

- 1) 豪雨による濁質成分の影響は $L-Q$ 式より概ね推定することができる
- 2) 無降雨期間の長期化により濁質成分の堆積量は全国的に増加し、特に、信濃川, 天竜川, 淀川の増加が著しいことが明らかとなった
- 3) 濁質増加は豪雨, 無降雨期間の長期化だけでなく土地利用等の影響も考慮する必要がある
今後、土地利用にも言及して解析を進める。

謝 辞

本研究の一部は「環境省の地球研究総合推進費(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。謝意を示します。

参考文献

- 1) 風間聡, 沖大幹: 温暖化による水資源への影響, 地球環境, Vol.11, p59-65, 2006.
- 2) Oki et al: Global hydrological cycles and world water resource, Science, Vol.313, p.1068-1072, 2006.
- 3) 和田安彦, 三浦浩之: 都市域ノンポイント汚染負荷堆積・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, VII-2, No.559, p61-71, 1997