数値フィルターと水質データを用いた阿武隈川の降雨流出解析に関する研究

○福島大学共生システム理工学類　学生会員　芳賀　友洋
福島大学共生システム理工学類　正 会 員　横尾　善之

1　はじめに

降雨流出過程の解析においては，タンクモデルや貯留関数モデルなどの降雨流出モデルが数多く用いられているが，これらの降雨流出モデルはモデル構造やモデルパラメータの値に関して不確実性がある．一方，数値フィルターや水質の時系列データを用いると，降雨流出の応答時間に応じて各流出成分への分離と特定ができることが知られている．これらの方法を用いると，モデルの構造やパラメータに関する不確実性を減らすことができると考えられる．

そこで本研究は，阿武隈川流域を対象流域として数値フィルターと水質データを併用して降雨流出過程の成分分離を行い，成分別に降雨流出モデルを構築する手法の可能性を検討した．

2　方法

2.1　数値フィルターによる成分分離

数値フィルターから成分分離する方法として，コヒーレンス法を用いる．降雨量と流量についてのコヒーレンスを調べ，大きなギャップ(谷間)がある周波数を分離周波数 f_c とし，その周波数を $f_c=\delta/2\pi T_c$ の式に代入し(ここで δ=2.5)，時定数 T_c を求め成分分離を行う．なお，ギャップの選定の際は移動平均法を用いる．特に遅い成分(地下水成分)に関しては，周波数の値の小さいところ($0 \le f \le 0.01$)から移動平均法を用いてギャップを選定する．

2.2　End-Members Mixing Analysis (EMMA)による成分分離

濁度と導電率のトレーサー濃度を軸に取り，トレーサー濃度をプロットした Mixing diagram を用いて End-Member を決定し，解析を行う．ハイドログラフの成分分離を行う際に用いる式は以下のような質量保存則に基づいた連立方程式である．

$$f_1 + f_2 + f_3 = 1 \tag{1}$$

$$C[A]_1 f_1 + C[A]_2 f_2 + C[A]_3 f_3 = C[A]_{st} \tag{2}$$

$$C[B]_1 f_1 + C[B]_2 f_2 + C[B]_3 f_3 = C[B]_{st} \tag{3}$$

ここで，*C[A]* と *C[B]* は 2 種の溶存物質 *A*，*B* の濃度を，添字の 1，2，3 は 3 つの End-Member を，*st* は時系列でのそれぞれの濃度を，*f* は時系列での流量に寄与する各成分の寄与率を表す．

3　結果

3.1　数値フィルターによる解析結果

図-1 は，郡山雨量観測所および近接する阿久津流量観測所の観測データを数値フィルターで成分分離した結果である．応答の速い成分は 180 時間の移動平均を計算し，そのギャップから分離周波数を決定した．その結果，応答の速い周波数帯では分離周波数 f_c = 0.455，0.279，0.0871 cycle/h の計 3 点見つかった．応答の遅い基底流出成分に関しては周波数の値の範囲を 0.01 cycle/h までの範囲に絞り，25 時間の移動平均を計算して分離周波数を決定した．その結果，分離周波数 f_c = 0.007 cycle/h が得られた．得られた 4 つの分離周波数について分離時定数を求めると順に 2.20，3.58，11.5，143 h となった．この分離時定数と $T_c = \delta / 2\pi f_c$ (δ = 2.5)を用いて成分分離を行った．その結果，阿久津観測所の流量データは，図-1 に示す通り，「表面流出成分」，「速い中間流出成分」，「遅い中間流出成分」，「基底流出成分」の 4 成分に分離された．

3.2　End-Members Mixing Analysis による解析結果

キーワード：阿武隈川，数値フィルター，水質，EMMA，成分分離
連絡先：〒960-1296 福島県福島市金谷川 1，電話・FAX 024-548-8296

阿久津観測所の毎時の濁度および導電率のデータを用いて横軸に導電率，縦軸に濁度をとって Mixing diagram を描き，3 点の End Member を EM1，EM2，EM3 とし，座標を求めると EM1=(2,260)，EM2=(6,3)，EM3=(27,0)となった．EMMA では降雨に対する応答の遅い基底流出成分が分離できなかったため，数値フィルターで求めた基底流出成分を分離した上で EMMA によってさらに成分分離を行った．成分分離を行った結果が図-2 である．

3.3　数値フィルターと End-Members Mixing Analysis による成分分離結果の比較

数値フィルターおよび EMMA の両手法で分離した成分同士の関係を調べた結果，数値フィルターで分離した表面流出成分と EMMA で分離した 3 成分のうち成分 1(EM1)と成分 2(EM2)を組み合わせたものが非常に似通っていることが分かった (図-3)．また，数値フィルターによって分離した「速い中間流出成分＋遅い中間流出成分」と EMMA における成分 3(EM3)についても似通っていることが分かった (図-4)．以上より，濁度と導電率のデータを用いると，降雨に対する応答が速い表面流出成分と中間流出成分が分離できることがわかった．ただし，基底流出成分を分離する毎時の水質データが見つからなかったため．これを見つけることが今後の課題である．

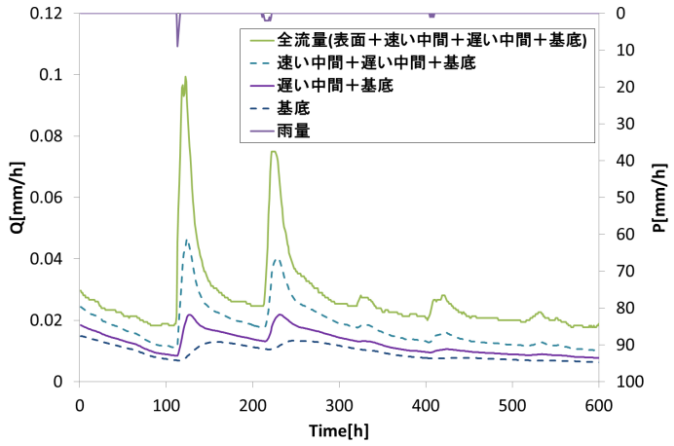

図-1　数値フィルターによる成分分離

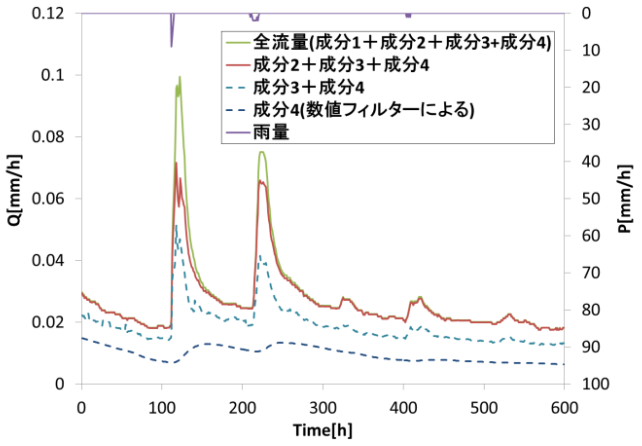

図-2　End-Members Mixing Analysis による成分分離

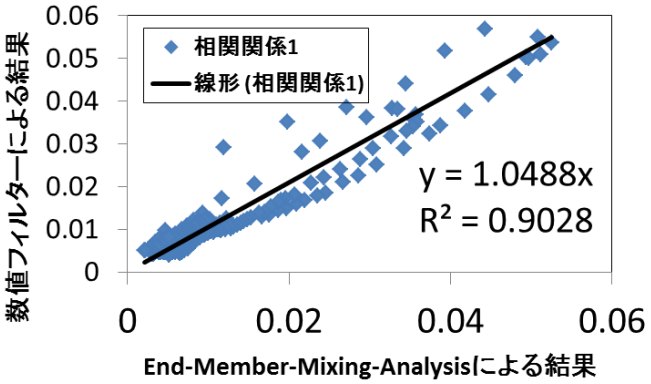

図-3　表面流出成分と EMMA の（成分 1＋成分 2）の関係

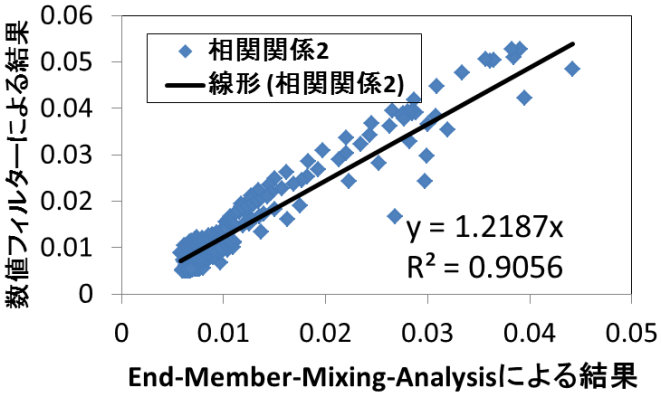

図-4　中間流出成分と EMMA の成分 3 の関係

謝辞

東京大学総括プロジェクト機構「水の知」（サントリー）総括寄付講座，科学研究費補助金（若手研究 B，21760381），環境省環境研究総合推進費 S-8-1(4)，科学研究費補助金（基盤研究 B，22360192，代表：風間聡），福島大学自然共生再生プロジェクト「阿武隈川流域水循環系の健全化に関する研究」・「裏磐梯の人間－自然環境系に関する研究」の成果の一部である．本研究は国土交通省所管の水文水質データベースを活用した．ここに謝意を記す．