

農地圃場整備が河川の流出機構に与える影響について
(Runoff characteristics due to Agricultural Refinement)

宇都宮大学 正会員 長谷部 正彦
" " 田 中 仁
" " 須 賀 堯三
" 学生員 荻 田 利一
" " 田 辺 睦

1 要 旨

本論文は、流域内で年々進んできている農地圃場整備が、河川の流出機構（本研究では、降雨－流出系の応答特性すなわち単位図に注目する）に及ぼす影響を検討し、農地圃場整備により流域特性の示標である応答特性がいかに変化するかを明らかにすることを目的とする。

2 対象河川の水文特性の時系列変化

対象流域は、流域面積 A=587.7km²をもつK河川であり、この流域内の水文観測所は、4ヵ所の雨量観測所と1ヵ所の水位観測所である。本研究に用いた水文資料は、水位を流出量に変換した流量と4ヵ所の観測所の時間降雨からの平均雨量を降雨量として用いる。

2. 1 流出量と総降雨量及び降雨強度の時系列変化

解析対象年は昭和33年から昭和57までの洪水データで、合計10資料である。これらの水文資料から流出率を下記式で求め、流出率と総降雨量及び降雨強度の時系列変化を図-1,2 に示す。

$$f = \frac{\Sigma Q}{\Sigma R} \text{----- (1)}$$

ここに、f；流出率、ΣQ；総流出量、ΣR；総降水量

図-1,2 から総降水量、降雨強度が減少傾向にあるにもかかわらず、流出率は増加する傾向にあることがわかる。流出率の増加は、農地圃場整備がその原因であると考えられる。

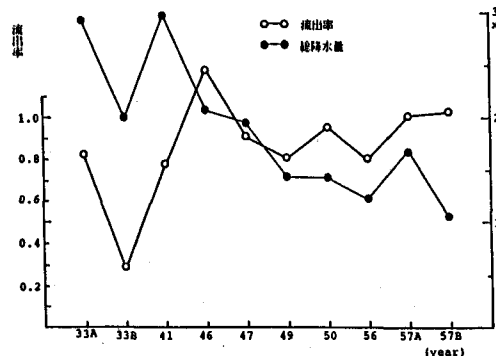


図-1 流出率と総降水量の経年変化

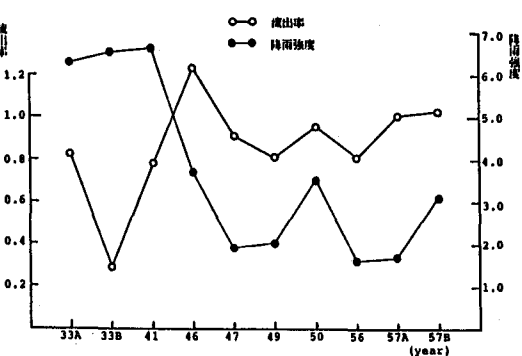


図-2 流出率と降雨強度の経年変化

2.2 農地圃場整備

図-3に農地圃場整備の時系列を示す。この図から用水の整備が約5000ha(50km²)、排水路整備が、用水整備の半分の約2500ha(25km²)である。

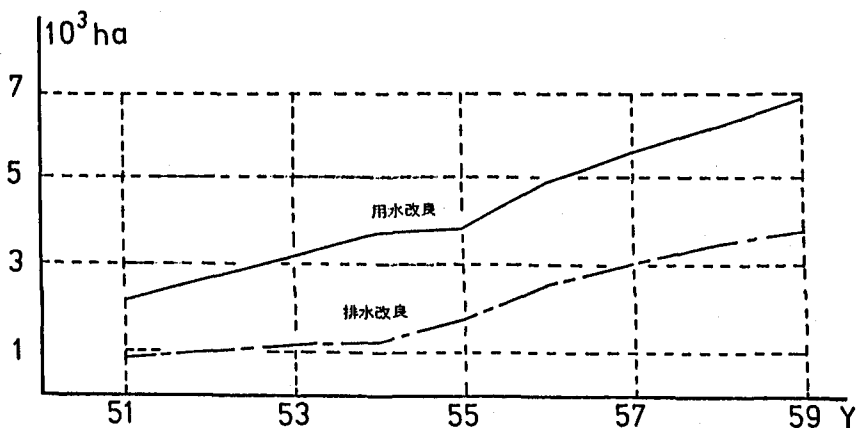


図-3 農地圃場整備の推移

3 生資料による応答特性

既存の降雨と流量資料から単位図を求めるのにコリンズ(Collins)の方法を用いた。この方法で求めた応答特性(単位図)を図-4に示す。

この図から判断

すると、農地圃

場整備の影響が

この河川の応答

特性(ピーク流

量の増加、洪水

到達時間の縮少

)から直接読み

とれない。また

、単位図も生資

料のままで一応

、計算結果がで

てきているが、

これらの単位図

と降雨データと

を用いて逆に流

出量を求めて再

現性の検証を行

ったが、良好な

結果を得ること

はできなかった。

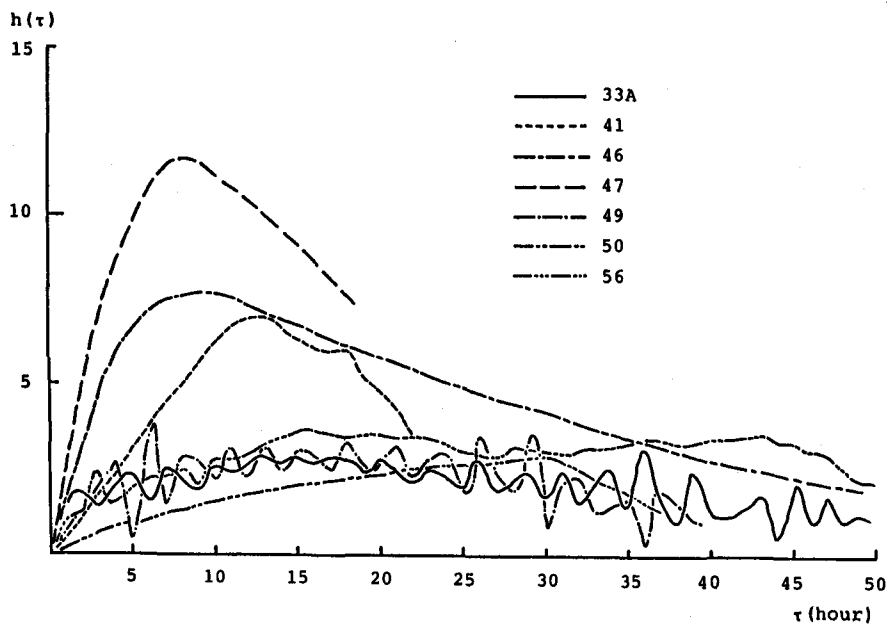


図-4 生資料の応答関数

4 流出成分の分離

次に、水文資料の流出量をそのまま解析するのではなく、流出量を地下水流出成分と農地圃場整備の排水改良の影響が大きいと考えられる中間流出成分とに流出分離をして各流出成分について流域特性の検討を行う。流出成分分離は以下の方法による。

- 1 基底流量（初期流量）を流出量のハイドログラフから差し引く。
- 2 洪水ハイドログラフの通減部から時定数つまりカットオフ周波数を求める（図-5）。
- 3 上記で求められた時定数を用いて数値フィルター、

$$y^{(1)}(t) = \alpha \sum W_{\tau} y(t-\tau) \quad \text{-----} \quad (2)$$

ここに、

$$W_{\tau} \begin{cases} = c_0 \exp(-\frac{c_1}{2} \tau) \cdot \sinh(A \cdot \tau) / A & (\tau \geq 0) \\ = 0 & (\tau < 0) \end{cases}$$

$$A = (c_1^2 / 4 - c_0)^{\frac{1}{2}}$$

$$c_0 = (\delta / T_c)^2$$

$$c_1 = \delta^2 / T_c$$

α ；重み係数、 δ ；減衰係数、 T_c ；時定数 により、地下水流出成分（ $y^{(1)}$ ）と中間流出成分（ $y^{(2)}$ ）に流出分離する。本研究の例は、昭和 56 年度の洪水例で、 $T_c=19.23$ である。流出分離図を図-6に示す。

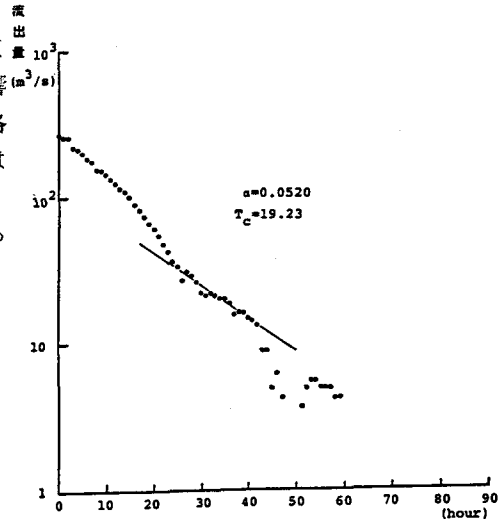


図-5 ハイドログラフの通減係数

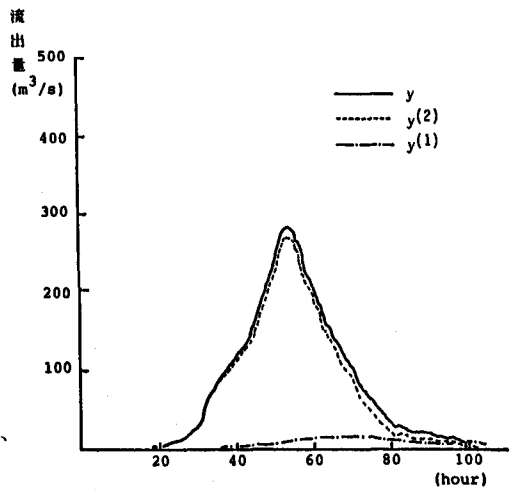


図-6 流出分離図

5 応答特性

5.1 地下水流出成分

流出分離した成分の通減部に自己回帰係数（ARモデル）をあてはめて、このAR係数から応答特性を表わす単位図（地下水流出成分）を求めた。地下水流出成分系の応答特性は、各洪水ごとにあまり変化がないことが分かる。

5.2 中間流出成分

4で地下水流出成分時系列が推定されたので中間流出成分の流量時系列 $y^{(2)}$ は、次式で与えられる。

$$y^{(2)}(t) = y(t) - y^{(1)}(t) \quad \text{-----} \quad (3)$$

この中間流出成分は、農地圃場整備事業による排水改良による影響を強く受けている成分と考えられる。

上記の成分に地下水流出系と同じようにARモデルを適用して、AR係数を求め、このAR係数から単位図を次式で求める。

$$\left. \begin{aligned} h_0^{(i)} &= 0 \\ h_1^{(i)} &= b^{(i)} \\ h_2^{(i)} &= a_1^{(i)} \cdot b^{(i)} \\ &\vdots \\ h_m^{(i)} &= \sum_{j=1}^m h_{m-j} a_j \quad (m > 2) \end{aligned} \right\} \text{----- (4)}$$

ここに、 $b^{(i)}$ ：単位換算係数、 a_j ：AR係数
本研究でのARモデルの次数は、3次である。

図-7に中間流出成分の応答特性を表わす応答関数を示す。これらの単位図から年とともに応答関数の形が鋭角な形に変化してきていることがわかる。特に、昭和50年以降でこの特徴が出てきている。このように降雨量および降雨強度が減少傾向にあるにもかかわらず応答関数の形が変化する原因としては、一概にはいえないが農地圃場整備が一つの原因とも考えられる。

次に、求められた応答関数から、もう少し具体的に応答特性を検討するために以下の二点、

- (1) 中間流出成分の単位図のピーク流出量
- (2) 中間流出成分の単位図の洪水到達時間

について調べる。

(a) 中間流出成分の単位図のピーク流出量

図-8に単位図のピーク流出量の経年変化を示す。この図の結果から判断すると明らかに昭和50年度を除いては増加傾向にある。また、データ数は少ないが、昭和56年以降のピーク流出量の増加の傾向が大きいことが理解される。また、図-3の農地圃場整備の推移をみると、昭和55年以降から農地圃場整備の改良、排水改良の整備率が増加し、これが単位図のピーク流出量の増加とほぼ一致していることが注目される。

(b) 中間流出成分の単位図の洪水到達時間

図-9に単位図の洪水到達時間の経年変化を示す。

この図からもピーク流量までの洪水到達時間が早くなってきていることがわかる。特に昭和56年以降では昭和56年を基準と考えると約8時間位も到達時間が早くなっている。以上、単位図から二つの点つまりピーク流出量、洪水到達時間に注目して、この河川の流域特性を検討してきたが、この河川流域の応答特性は、年が進むにつれて降雨に対する応答が早くなってきていることがわかる。この原因として、農地圃場整備事業が原因の一部とも考えられる。

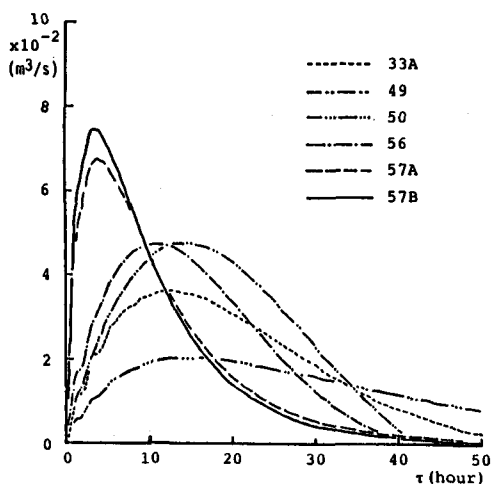


図-7 中間流出成分の応答関数

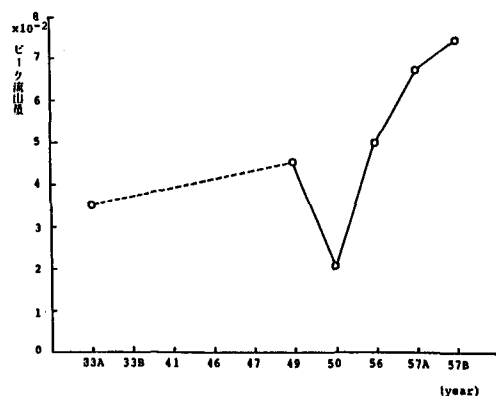


図-8 ピーク流出量の経年変化

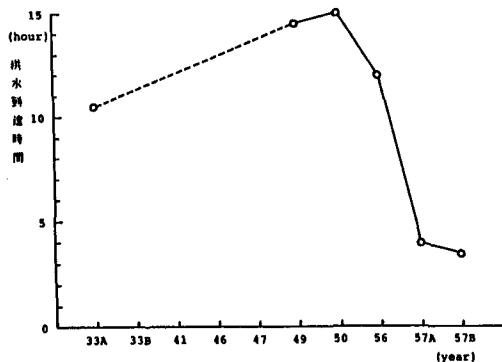


図-9 洪水到達時間の経年変化

6 結 論

本報告では、農地圃場整備が進んでいる河川の流出機構を流域特性を表わす単位図により検討した。この結果の結論を以下に示す。

- (1) 解析年の洪水の総降雨量、降雨強度および流出率の経年変化をみると総降雨量、降雨強度が減少傾向にあるにもかかわらず、流出率が逆に増加傾向にある。このことより、流域の浸透効果あるいは貯留効果が弱まってきていると考えられる。
- (2) 降雨資料及び流出資料により直接流域の応答特性を表わす単位図を求めて、ピーク流出量、洪水到達時間を調べてみると顕著な増加あるいは減少傾向はみられなかった。また、単位図の精度もよくなく、これらの単位図から得られる流量の再現性が悪い。
- (3) 流出量を洪水のハイドログラフの逓減部の減衰定数を用いて流出分離して、農地圃場整備の影響の大と思われる中間流出成分の応答特性を表わす単位図を推定した。この結果、応答関数の形が、年々鋭角な形となってきたことがわかった。
- (4) 単位図のピーク流出量と洪水到達時間が年ごとにそれぞれ増加および減少し河川の流出機構が変化してきているように思われる。特に、昭和56年以降では急速に流出形態が変化している。これと並行して農地圃場整備率が伸びていることに注目される。このことは、直接的にはデータ数の少ないこともあって判断しかねるが、農地圃場整備が河川の流出機構の変化に影響しているように考えられる。
- (5) 昭和56年度の農地圃場整備率は、用水の整備が約5000ha、排水路整備が約2500haで合計でも7500haである。この年以降に圃場整備率が増加しているが、これに比べると河川の水文特性の変化の増加の割合のほうが大きい。このことは、この解析データだけにより判断すると圃場整備の影響が大ということが理解できる。

最後に、本報告では、農地圃場整備をなされている河川の水文資料から主に河川の流出機構の流域特性の示標である応答特性に注目して農地圃場整備の影響の度合を検討してきた。今後の検討としては、この流域の農地圃場整備の具体的な資料、例えば、農地圃場整備の面積、河道への排水量等を知り、これらの結果と水文特性を結びつけて農地圃場整備の河川への影響を検討していきたい。

この研究は、自然災害特別研究(2)「農地圃場整備による流出特性の変化に関する研究」(代表、宇都宮大学、長谷部正彦)の補助を受けました。

参 考 文 献

- (1) 須賀堯三、中尾忠彦、長谷部正彦、田中 仁：農地圃場整備による河川の流出形態について、第29回水理講演会論文集、1985, 2, pp.31 - 35.
- (2) 日野幹雄、長谷部正彦：フィルター分離AR法による非線形流出系の同定と予測、土木学会論文報告集、第234号、1982, 8, pp.83 - 94.
- (3) 圃場流出モデル、第38回建設省技術研究会、昭和59年11月、pp23-pp28