

表面流モデルによる農地造成域の流出解析

福島 辰・田中礼次郎*

Akira FUKUSHIMA and Reijiro TANAKA
Runoff Analysis in the Area of Land Reclamation
by Overland Flow Model

1. まえがき

近年、各種の水工計画策定上、環境アセスメントの問題が重要な課題として認識されている。本研究は改良山成工などにみられる自然丘陵林地における大規模な農用地開発事業によって、どのような水文環境の変化がもたらされるかを事前に予測する手法を検討するため着手されたものである。

自然丘陵林地における農用地開発は現況地形の大幅な自然改造であり、これについて農業水文学的立場からの環境アセスメント手法は未だ体系づけられるに至っていない。すなわち、一般に森林、原野などの植生地帯は主要な水資源のかん養地であり、かつ洪水流出に対して制御機能をもつという効果は十分に認識されながらも、治水対策に応用しうる水文環境の計量評価については角屋¹⁾の研究に指摘されているように多くの検討課題が残されている。むしろ、森林水文学分野の研究結果および最近の都市近郊におけるいわゆる都市化現象に対する水文学的な定量評価と水災害要因と関連つけた数多くの研究成果が一つの指針となり、また自然流域の流出特性を吟味するための流出解析法についてはほぼ実用的レベルで満足すべき流出モデルが確立されているといえる。しかし、農地造成など流域内の部分的開発に伴って、流出モデルのパラメータがどのように変化するかについての実用的な評価法は未開拓であり、それだけに実流域における農用地開発前後の水文観測による基礎データの蓄積、および実測データにもとづく定量的な分析が急務といえる。

これまで、自然丘陵山地流域を対象にした流域地形の

定量評価法、ならびに流域モデル構成と流出モデル定数に関する研究を進めてきているので、本研究ではこれらの研究成果を踏まえつつ、農地造成域における洪水到達時間、ピーク洪水量、流出係数、洪水波形が自然丘陵地帯に比較してどのように変化するかを明らかにすることを基本目的とし、若干の水文観測資料を用いて表面流モデルにより分析した結果を報告する。

2. 試験流域と水文観測資料

一般に雨水流出機構の観測研究の目的で試験流域を設定する場合、i) 流域内で生起する水文事象を的確に把握すること、ii) この観測資料にもとづき流出モデルの作成および物理性を失うことなくその流出モデルのパラメーターの同定、さらに、iii) 試験流域で得られた結果が試験流域を含む流域、あるいは他水系の流域に対してどのような代表性を有しているかを議論することになる。²⁾

本研究では、昭和49年度より国営総合農地開発事業が遂行されている島根県益田市の内田地区に設定された試験流域における水文観測資料にもとづいて解析を進める。本流域は前述 i)~iii) の検討に加えて、中山間地ないし丘陵地帯において農地造成による流域内の部分的開発に伴い、水文環境にどのような変化がもたらされるかの実用的な評価法を得ることを目的に設定された試験流域である。内田試験流域は図1に示すように現在、上流域約 $\frac{1}{3}$ が牧草地として開発済で残りの下流域は赤松林を含む自然丘陵林地となっており流域面積 $A=10.71\text{ha}$ である。また、本流域は都野津層相当の洪積層でおおわれ、土性は強粘質土壌が主体をなしている。なお、上流域が牧草地に開発されたことによって、流域界が変わり

* 農業水利工学研究室

開発前の流域面積 12.16ha より 1.45ha 集水面積が減少している。

また本流域で得られている観測流量は上流域が牧草地として開発され、採草可能となった以降のデータであり、流域下流端に設けられた直角三角堰による計量値である。雨量は本流域の西方 3km 地点で観測されている自記雨量計による観測値を解析に用いる。

3. 表面流モデルによる流出解析

3.1 表面流モデル

流域の土地利用形態が変化する場合に豪雨時の出水形態の変化特性を定量的に吟味するのに容易な流出解析手法として雨水流法がある。ここでは斜面流を全て表面流とする表面流モデルを採用し、中間流成分を考慮した解析については別途考察することにする。

表面流モデルの基礎式は次のとおりである。

$$\text{斜面流： } h=kq^p, \quad \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial q}{\partial x} = r_e \dots\dots\dots(1)$$

$$\text{河道流： } W=KQ^P, \quad \frac{\partial W}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q_I \dots\dots\dots(2)$$

ここに、 h ：水深、 q ：斜面単位幅流量、 r_e ：有効降雨強度、 W ：河道流積、 Q ：流量、 q_I ：河道単位長流入量、 t ：時間、 x ：距離、 k, p ：斜面流定数、 K, P ：河

道流定数。

斜面流に Manning 型の抵抗則を適用した場合、

$$k = \left(\frac{N}{\sqrt{s}} \right)^p, \quad p = \frac{3}{5} \dots\dots\dots(3)$$

ここに、 N ：斜面の等価粗度、 s ：斜面勾配。

また、河道流定数 K, P は径深と流積 W との間に、

$$R = K_1 W^z \dots\dots\dots(4)$$

の関係を仮定すると、次式で与えられる。

$$K = \left(\frac{n}{K_1^{2/3} S^{1/2}} \right)^P, \quad P = \frac{3}{3+2z} \dots\dots\dots(5)$$

ここに、 n ：Manning の粗度係数、 S ：河道勾配。

これらのモデル定数のうち、斜面勾配は地形図上で算定される谷線法による値を、河道流定数は現地踏査にもとづく推定値を用いることにすると、表面流モデルによる流出解析は等価粗度 N 、ないし斜面流定数 k の合理的な推定に帰着される。すなわち、流域最下流端の観測流出量ハイドログラフが得られている場合、この観測流出量ハイドログラフの再現性が最も良好なモデル定数 N 、ないし k を探索評価することになる。

3.2 流域モデルの設定

雨水流の流路としての河道をどのように評価するかについては定説はないが、少なくとも国土地理院発行の 1/5 万、1/2.5 万地形図上には洪水時に流路としての役割を果している水源部の細流は十分記載されていない。

そこで、等高線が 1m 間隔で記載されている縮尺 1/1000 地形図において、等高線の幅 w と奥行き l の比 $w/l=1$ および 2 の地点までを河道とみなして得られる 2 種の河道網を設定した。これら河道網の 1 次流域を単位ブロックとして分割して得られる流域モデルをそれぞれ流域モデル I、II とし、さらに全流域を単一ブロックにしたものを流域モデル III とし、各流域モデルについて表面流モデルを適用することにする。図 1 には $w/l=1$ の地点までを河道とみなした場合の河道が実線で記載されている。なお、図 1 で点線で示す部分を追加した場合が、 $w/l=2$ の地点までを河道とみなしたときの河道網となる。表 1、2、3 に、各流域モデルの水文地形量を示す。また表 4 には現地踏査により推定した流域モデル II の河道流定数を示す。

3.3 表面流モデル定数の評価法

前述 3.1 の表面流モデルの基礎式にもとづいて、観測流出量ハイドログラフの再現性が最も良好なモデル定数 N ないし k の評価基準として次式を採用する。

$$E_* = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{|Q_{oi} - Q_{ci}|}{\sqrt{Q_{oi}}} \dots\dots\dots(6)$$

ここに、 Q_{oi} ：観測流量、 Q_{ci} ：計算流量、 m ：誤差評価の対象とする $Q_{oi} > Q_*$ の Δt ごとの値の個数、 Q_* ：誤差評価の基準流量。

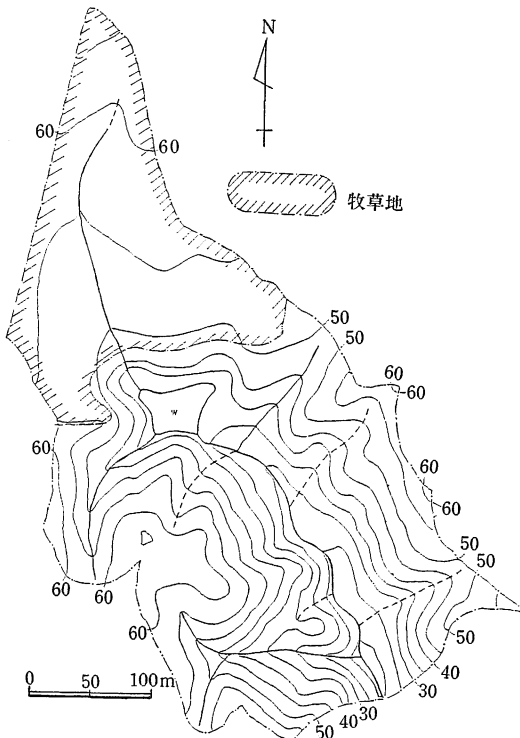


図1 内田流域の概要

上式の評価基準を最小にする流出モデル定数を最適同定値として評価することになる。また洪水を解析対象とするので、本流域では一応 $Q_* = 0.05 \text{ m}^3/\text{sec}$ とすることにする。

自然丘陵山地流域における表面流モデル定数は通常、流域一様の値として最適値を探索するが、本流域は前述のように上流域約 $\frac{1}{3}$ が牧草地として開発されているので、ここでは次のケースについてモデル定数の最適同定を行うことにする。

i) 流域一様とする最適等価粗度 N_{opt} 、または最適斜面流定数 k_{opt} の探索

ii) 牧草地のモデル定数を既知として、丘陵林地の最適等価粗度 N_{opt} または最適斜面流定数 k_{opt} の探索

なお、計算ケース ii) で既知とする牧草地の等価粗度は角屋の研究により、 $0.3 \sim 0.5 (\text{m}^{-1/3} \cdot \text{sec})$ と評価されているので、 $N=0.3$ または $N=0.5$ とした。斜面流定数 k は(3)式で与えられるから、 $N=0.3$ 、 $s=0.085$ とすると $k=1.0$ が得られこの値を用いることにする。

また表面流モデルによる雨水流追跡は、観測ハイトグラフ、観測流出量ハイドログラフを吟味して、有効降雨単位時間 $\Delta t_r = 600 \text{ sec}$ 、斜面流追跡単位時間 $\Delta t_s = 300 \text{ sec}$ 、河道流追跡単位時間 $\Delta t_c = 60 \text{ sec}$ の計算条件で行った。なお、電子計算機による流出計算には、河道配

表1 流域モデル I ($w/l=1, U_*=1$) の水文地形量

ブロック番号	集水面積 $A_i \times 10^{-1} (\text{km}^2)$	河道長 $L_i (\text{km})$	斜面長 $B_i (\text{km})$	斜面勾配 s_i	河道勾配 S_i
1 R	0.045	0.137	0.038	0.327	0.040
L	0.052		0.038	0.345	
2 R	0.149	0.286	0.052	0.086	0.054
L	0.169		0.059	0.084	
3 R	0.031	0.115	0.027	0.481	0.001
L	0.056		0.049	0.375	
4 R	0.033	0.033	0.100	0.172	0.040
L	0.004		0.012	0.074	
5 R	0.032	0.105	0.030	0.283	0.040
L	0.026		0.025	0.318	
6 R	0.099	0.214	0.046	0.512	0.040
L	0.205		0.096	0.339	
7 R	0.010	0.064	0.016	0.282	0.040
L	0.011		0.017	0.262	
8 R	0.022	0.056	0.039	0.241	0.040
L	0.021		0.038	0.241	
9 R	0.046	0.103	0.045	0.450	0.040
L	0.031		0.030	0.485	
10R	0.011	0.038	0.029	0.633	0.034
L	0.018		0.047	0.527	

列パターンの指標を導入した手法を適用した。

3. 4 解析対象出水と有効降雨の推定

本流域における観測資料より表5に示す3出水を選び、昭和55年8月30~31日の Flood C を解析主対象と

表2 流域モデル II ($w/l=2, U_*=1$) の水文地形量

ブロック番号	集水面積 $A_i \times 10^{-1} (\text{km}^2)$	河道長 $L_i (\text{km})$	斜面長 $B_i (\text{km})$	斜面勾配 s_i	河道勾配 S_i
1 R	0.045	0.137	0.038	0.327	0.040
L	0.052		0.038	0.345	
2 R	0.149	0.286	0.052	0.086	0.054
L	0.169		0.059	0.084	
3 R	0.031	0.115	0.027	0.481	0.001
L	0.056		0.049	0.375	
4 R	0.006	0.033	0.018	0.573	0.040
L	0.004		0.012	0.074	
5 R	0.014	0.082	0.017	0.353	0.040
L	0.013		0.016	0.345	
6 R	0.032	0.105	0.030	0.283	0.040
L	0.026		0.025	0.318	
7 R	0.024	0.066	0.036	0.444	0.040
L	0.014		0.021	0.369	
8 R	0.023	0.099	0.023	0.330	0.040
L	0.021		0.021	0.323	
9 R	0.051	0.093	0.055	0.510	0.040
L	0.080		0.086	0.330	
10R	0.003	0.034	0.009	0.333	0.040
L	0.012		0.035	0.467	
11R	0.005	0.032	0.016	0.635	0.040
L	0.011		0.034	0.410	
12R	0.019	0.093	0.020	0.416	0.040
L	0.029		0.031	0.394	
13R	0.004	0.023	0.017	0.562	0.040
L	0.008		0.035	0.419	
14R	0.010	0.064	0.016	0.282	0.040
L	0.011		0.017	0.262	
15R	0.022	0.078	0.028	0.229	0.040
L	0.021		0.027	0.231	
16R	0.046	0.103	0.045	0.450	0.040
L	0.031		0.030	0.485	
17R	0.011	0.038	0.029	0.633	0.034
L	0.018		0.047	0.527	

表3 流域モデル III (単一ブロック) の水文地形量

ブロック番号	集水面積 $A_i \times 10^{-1} (\text{km}^2)$	河道長 $L_i (\text{km})$	斜面長 $B_i (\text{km})$	斜面勾配 s_i	河道勾配 S_i
1 R	0.561	0.285	0.197	0.341	0.040
L	0.510		0.179	0.295	

する。有効降雨の推定は、雨水保留量曲線を利用して行った。ただし、その際、流出量ピーク近傍の有効降雨の推定精度を向上するため提案された角屋の改善法を適用した。なお、本法を適用する場合にも、保留量曲線の設定に個人誤差が介入することは避け難く、図2にはFlood C に対して算定した a, b 2本の保留量曲線が描かれている。また、直接流出成分の推定は半対数方眼紙にプロットしたハイドログラフ低減部の地下水流出成分を指数型減水で近似し、これを降雨終了時刻まで逆挿し、ハイドログラフ立ち上り点と直線で結ぶ方法をとった。

3.5 表面流モデル定数の推定

(1) 流域一様と仮定した場合の流出モデル定数の推定

ピーク比流量 $11.59 \text{ m}^3/\text{sec}/\text{km}^2$ を記録しているFlood C を対象に前述の流域モデル I, II, IIIにそれぞれ表面流モデルを適用し、(6)式に示す評価基準によって得られた最適表面流モデル定数を再現誤差 E_* とともに表6に示す。同表に示す値は流域一様と仮定した場合でかつ図2の保留量曲線 a による有効降雨に対して得られた最適等価粗度ないし最適斜面流定数である。またこれら最適モデル定数を用いた流出解析の一例を図3に示す。ハイドログラフの立ち上り部で計算値が観測値より過小評価され、またハイドログラフのてい減部の途中で計算値が過大値となっているがハイドログラフのピーク部の再現性は良好な結果となっている。

(2) 地目別流出モデル定数の推定

前述3.3の計算ケース ii) について流出解析を行い、最適モデル定数を探索した結果を表7に示す。牧草地斜面域の等価粗度を既知 ($N=0.3$ あるいは 0.5) としたとき、丘陵林地斜面域の最適等価粗度の評価値は $N=5.5, 5.6$ となり、この場合の計算流出量ハイドログラフを図4に示す。観測流出量ハイドログラフの再現性は図3の結果とほとんど同じであるといえる。

自然丘陵山地流域の等価粗度 N については次式で表わされる角屋らの推定式がある⁴⁾

$$N = 530 B_c^{-1.08} \dots\dots(6)$$

ここに、 B_c は流域モデルの

代表集中斜面長で、これは河道から斜面沿いにある長さ b_c をとったとき、そこに含まれる斜面面積の流域面積に対する比率が50%となるような b_c の値と定義したものである。

流域モデル I, IIの代表集中斜面長 B_c はそれぞれ

表4 流域モデルIIの河道流定数

ブロック番号	K_1	P	Manning の n	河道勾配 S_i
1	0.359	0.718	0.160	0.040
2	0.313	0.760	0.015	0.054
3	0.313	0.760	0.160	0.001
4	0.477	0.685	0.100	0.040
5	0.359	0.718	0.160	0.040
6	0.359	0.718	0.160	0.040
7	0.477	0.685	0.075	0.040
8	0.359	0.718	0.160	0.040
9	0.418	0.701	0.075	0.040
10	0.359	0.718	0.160	0.040
11	0.418	0.701	0.075	0.040
12	0.443	0.694	0.160	0.040
13	0.418	0.701	0.060	0.040
14	0.301	0.734	0.160	0.040
15	0.301	0.734	0.160	0.040
16	0.391	0.708	0.100	0.040
17	0.418	0.701	0.060	0.034

表5 解析対象出水

出水	日時	総雨量 (mm)	ピーク流量 (m^3/s)	ピーク流出係数	特徴
Flood A	昭55.8.18~8.19	64.0	0.1584	0.334	単峰小出水
Flood B	昭55.8.26~8.27	58.5	0.2208	0.365	単峰小出水
Flood C	昭55.8.30~8.31	189.5	1.2410	0.799	複峰大出水

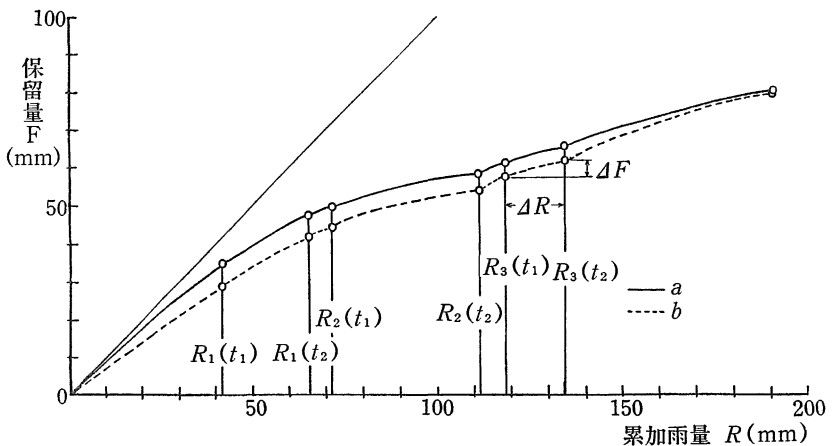


図2 雨水保留量曲線 (Flood C)

22m, 16m であるから, (6)式より算定される N の値はそれぞれ 18.8, 26.5 となる。

なお, Flood C の観測流出量ハイドログラフは短時間降雨波形を鋭敏に反映した3峰のハイドログラフであるが図3に $N=18.8(m^{-1/3} \cdot sec)$ の値を用いた解析結果が・印で併示してある。この場合, 計算ピーク流量 $0.54(m^3/sec)$ のゆるやかな単峰のハイドログラフとなっている。この計算流出量ハイドログラフは, 本流域の上流部が牧草地に開発される以前の, 全流域が自然丘陵林地のときの流出波形に近似しうると推定される。

図5は流域モデル I について, Flood C の最適値 $N=2.6(m^{-1/3} \cdot sec)$ の値をそのままピーク比流量 $1.48 m^3/sec/km^2$ の Flood A に適用した例である。Flood A の観測ピーク流量 $Q_P=0.158m^3/sec$ に対し, 計算ピーク流量は $0.18m^3/sec$ となっており, かつその発生時刻が約25分早く計算されている。また Flood B に適用した場合も同様な傾向であった。やはり, 大出水に対して得た表面流モデル定数をそのまま小出水の流出解析に用いることに限界があると思われる, 中間流モデルの併用など, 今後残された課題といえる。

ついで, 図2に示す保留量曲線 b を用いて有効雨量を評価し, 前述のケースについて流出解析を行った。この場合の最適モデル定数を表8, 9に示す。図6は流域モデル I についての解析結果のうち, 全流域一様な等価粗度 $N_{opt}=3.0$ とした場合の計算結果である。また図7は牧草地の等価粗度を $N=0.3$, 丘陵林地斜面域の等価粗度を $N_{opt}=6.8$ として得た解析例である。いずれの場合も, 前述の保留量曲線 a によって得た有効降雨にもとづく流出解析結果に比較して, 観測流出量ハイドログラフの再現性は向上している。

この結果より, 有効降雨の推定に角屋の提案による保留量曲線の改善法を適用することにより, ピーク部分の再現性はほぼ満足すべき結果が得られるといえるが, ハイドログラフ立ち上り部, および減部については保留量曲線の描き方により, ハイドログラフの再現性, 流出モデル定数の評価値に差異を生ずる原因となることが指摘できる。また Flood C に対する有効降雨は図2の保留量曲線 a

より b による算定値の方がより妥当な推定値を与えているといえるが, 保留量曲線の設定法ないし有効降雨の推定法についてはなお検討すべき課題といえる。

なお, 丘陵林地の等価粗度を(6)式で推定し, 牧草地の等価粗度を探索した解析結果による観測流出量ハイドログラフの再現性は十分でなかった。この点に関しては, 今後さらに流域地形の計量評価, 流域モデル構成の面から再検討し, 流域内の地文条件の分布, 差異をも考慮した等価粗度の実用推定式を確立することが必要と思われる。

また計算ケース ii) について同定された流出モデル定数による流出解析はほぼ満足すべき観測流出量ハイドログラフの再現性を得ているが, この場合, 有効降雨は流域一様としての解析結果である。したがって, 地目別の保留量曲線の作成ないし土地利用形態に応じた有効降雨の推定法を今後検討しなければならない。なお, 本流域

表6 最適等価粗度, 最適斜面流動定数および再現誤差

流域モデル	N_{opt}	E_*	k_{opt}	E_*
I	2.6	0.0817	2.8	0.0830
II	3.4	0.0805	3.2	0.0825
III	0.9	0.0835	1.3	0.0842

表7 牧草地, 丘陵林地の N, k および再現誤差

流域モデル	丘陵林地の N_{opt}		E_*	牧草地の k		E_*
	牧草地の N	丘陵林地の N_{opt}		牧草地の k	丘陵林地の k_{opt}	
I	0.3	5.5	0.0819	1.0	3.8	0.0822
	0.5	5.6	0.0845			

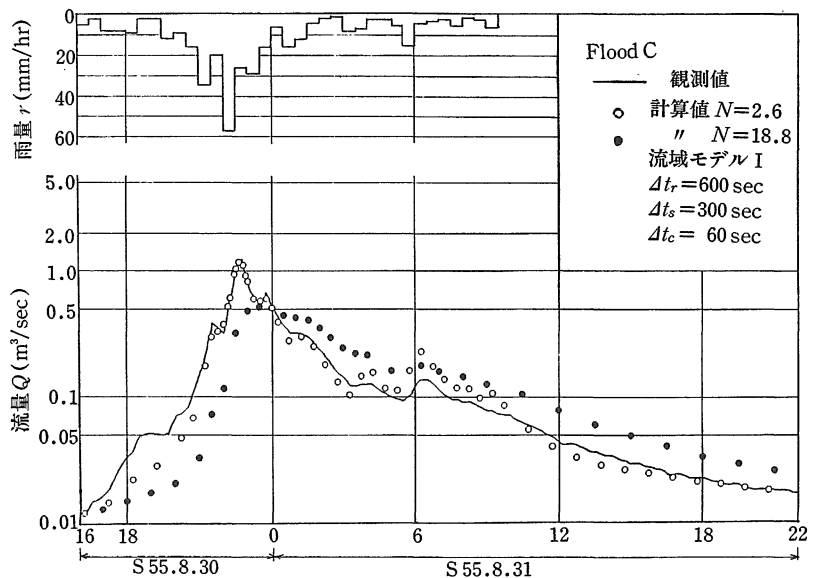


図3 Flood C の解析例 (流域一様な N)

の牧草地と丘陵林地との雨水保留特性に極端な差異がなければ、図4、7に示す Flood C の解析結果より、牧草地の等価粗度は $N=0.3\sim 0.5(m^{-1/3}\cdot sec)$ 、斜面流定数 $k=1.0(m^{-1/5}\cdot sec^{-3/5})$ 、丘陵林地の等価粗度は $N=5.5\sim 6.8$ 、 $k=3.8\sim 4.4$ 程度と考えてよさそうである。ただし、これらの値は流域モデル I によるもので、同一流域でも流域分割数によって左右され、一般に流域モデルを単純化するに伴い N, k の値は小さくなる傾向にある。

非線形性、さらには開発農地の土壌侵蝕過程にどのように関与しているか、iii) 流出形態の変化についての実用的予測法を明らかにした上で、沈砂池、防災ダムなどの規模、適正配置の決定法などが検討すべき課題といえる。

表8 最適等価粗度、最適斜面流定数および再現誤差

流域モデル	N_{opt}	E_*	k_{opt}	E_*
I	3.0	0.0678	3.1	0.0704
II	3.7	0.0672	3.4	0.0706

4. 残された問題

大規模な農用地開発が丘陵地帯で施工された場合、現状の丘陵地帯表層部の地文条件が大幅に改変され、高水および低水の流出形態の変化、ならびに経年的な雨水流出過程の変遷が予想される。したがって、こうした流域の部分的ないし全面的開発に伴う水文環境の変化はある意味で都市近郊の都市化現象にみられる水文事象の変化に類似しているとはいえ、農用地開発の影響評価については新たな視点から農業水文学的研究の必要性が指摘できる。

本報告では内田流域の若干の水文観測資料にもとづいて、表面流モデルによる流出解析を行い、流出解析上のいくつかの問題点を指摘した。

本流域の上流域が牧草地として開発されたことにより、洪水時の流出形態は大きく変化していることが表面流モデルによる流出解析によって明らかになったが、今後 i) 表面流モデル定数最適値の探索には土地利用形態別の保留量曲線の吟味による有効降雨の実用的推定法、ii) 農地造成などにより自然丘陵地域の土地利用形態が変化した場合、短時間降雨特性が流出現象の

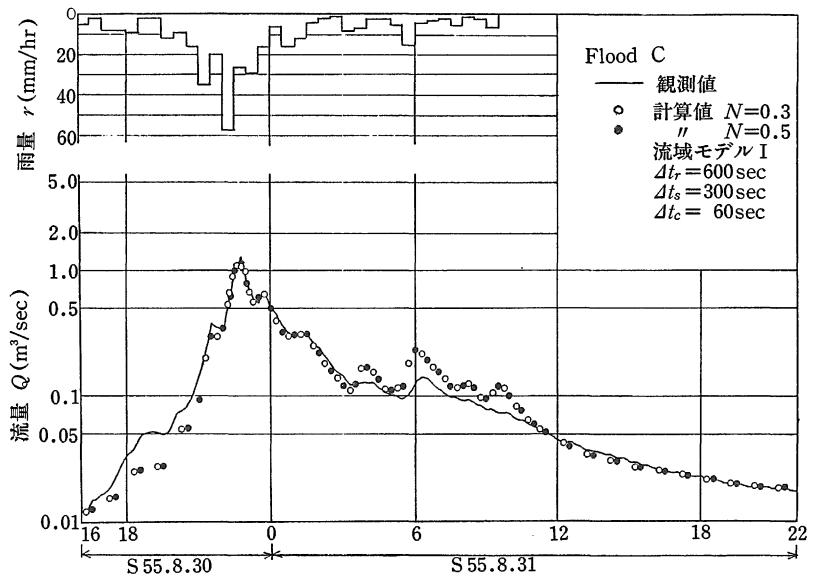


図4 Flood C の解析例 (牧草地 $N=0.3, 0.5$, 丘陵林地 $N=5.5, 5.6$)

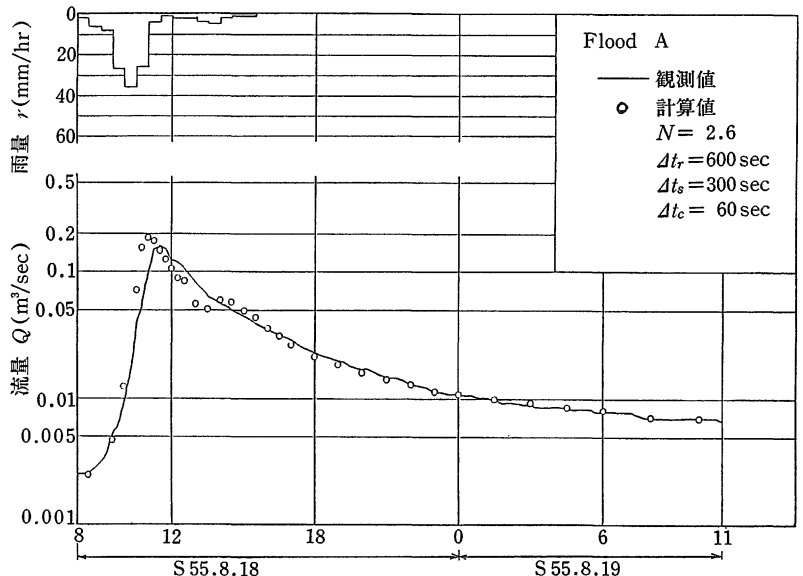


図5 Flood A の解析例 (流域モデル I, 流域一様の N)

表9 牧草地, 丘陵林地の N, k および再現誤差

流域モデル	牧草地の最適値	丘陵林地の最適値	E_*
I	$N=0.3$	$N_{opt}=6.8$	0.0688
I	$k=1.0$	$k_{opt}=4.4$	0.0692

5. あとがき

ここで研究対象流域とした内田流域の水文資料は農林水産省中国四国農政局益田開拓建設事業所で観測されたものである。こうした研究ならびに上述の課題についての研究を進めていくうえにおいて、丘陵中山間地におけ

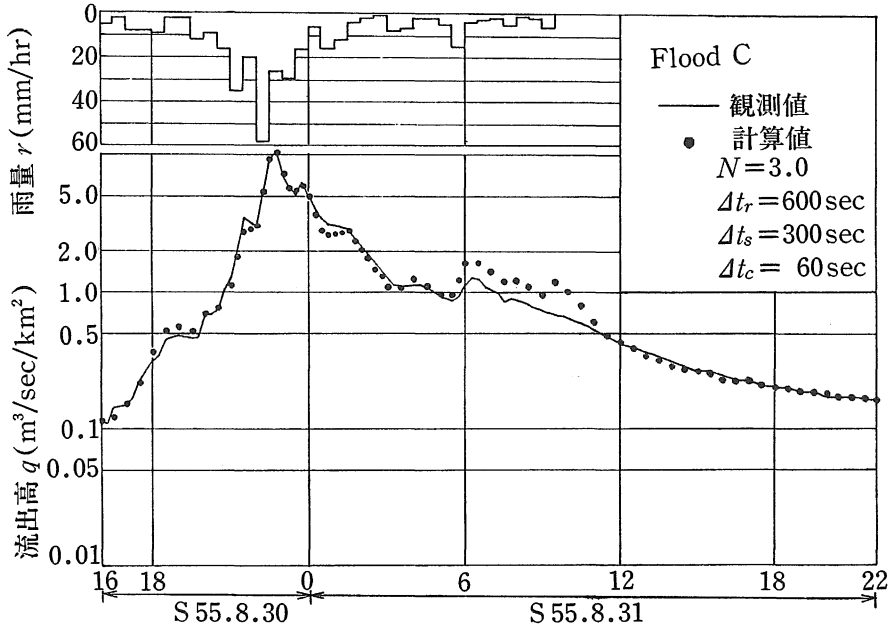


図6 Flood C の解析例 (流域モデル I, 流域一様の N)

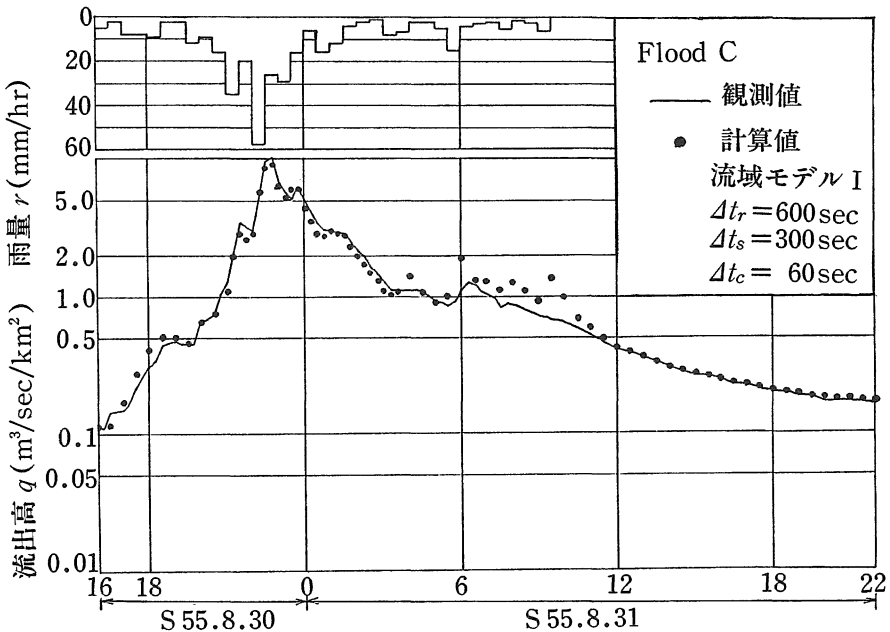


図7 Flood C の解析例 (牧草地 $N=0.3$, 丘陵林地 $N=6.8$)

る農用地開発前後の長期にわたる系統的な信頼すべき水文観測資料の蓄積が非常に重要な意味をもっていると思われる。またこうした水文観測資料にもとづく基礎的検討により、地域性の強い農用地開発事業のより合理的な設計への指針が得られ、さらには農用地開発に伴う水文環境の影響評価法をより厳密に議論することが可能となろう。

なお本研究を進めるにあたり、多大の御好意、御協力を頂いた農林水産省中国四国農政局益田開拓建設事業所山根磯真所長ならびに当事業所の関係各位に深謝の意を表する次第である。また本報告のとりまとめに際し、計算、資料整理に協力を頂いた昭和56年度研究生前田祐一君、ならびに農業水利工学専攻生岡靖俊君に謝意を表す。

なお、本研究は昭和57年度文部省科学研究費による研究成果の一部であること、およびここに示した計算には島根大学電子計算センター FACOM 140-F を利用したことを付記する。

参 考 文 献

1. 角屋 睦：農土学会誌49(6)：59-64, 1981.
2. ISHIHARA, Y. and KOBATAKE, S. : Bull. DPRI, Kyoto Univ. 26(2) : 83-100, 1976.
3. 福島 晨・角屋 睦：農土中四国支部講, 80-82, 1978.
4. 角屋 睦・福島 晨・佐合純造：京大防災研年報, 21(B-2) : 219-233, 1978.

Summary

This study discusses the basic problems for estimating the change of the hydrological characteristics through the transform of land use caused by the land reclamation in a hilly watershed.

First, a detail watershed model for applying the kinematic runoff model such as overland flow type is constructed in the Uchida hilly watershed of 0.107 km², the 30% of which is developed to the grazing area by land reclamation. Second, the effective rainfall is calculated by Kadoya's new method using the relation between cumulated and reserved rainfall curves. Third, the equivalent roughness N or slope flow constant k which are parameters of overland flow model are estimated as the uniform value for a watershed model or each value for a hilly and grazing watershed model. Fourth, the applicability of overland flow model is examined by applying their optimum model parameters in the Uchida basin model. And it is found that the calculated hydrographs using the values of optimum model parameters are a fairly good approximation to the observed hydrograph in a large flood runoff. However, the practical method for the estimation of effective rainfall in the each block of land use is the subject for a future study. Moreover, it is pointed out that the practical method of evaluation for the relation between the nonlinear runoff phenomena and the sequence characteristics of short time rainfall is to be investigated in the basin through the transform of land use by the land reclamation in a hilly watershed.