

足尾治山事業所 中田 耕

1. はじめに

砂防工学が対象とする、荒廃面積率が高く、土砂移動の激しい流域の流出特性の定量的理解は、流域管理の観点からも、治山・砂防施設設計上からも興味のあるところである。しかし、このような流域では、量水堰への土砂の混入・流路の偏流・荷砂状態における水位データの流量変換過程の問題などにより、信頼できる精度の観測事例・解析事例とも限られており、荒廃山地の流出特性に関する一般的かつ定量的理解には至っていない。

ここでは、洪水到達時間の概念を中心に足尾ダム流域における短期流出解析を行ったので、「一部録水工を沖工した重慶荒廃山地流域の短期流出特性についての一解析事例」として、その結果を報告し、考察を加える。

2. 流域の概況

2.1 位置

足尾ダム流域(56.3km²)は、栃木県の最西端、足尾町の北部に位置している。(図1)

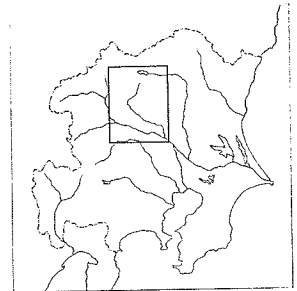


図1 位置図

2.2 水系分布

利根川支流後良瀬川の最上流地帯にあり、流域内の水系は、松木川(31.2km²)・久蔵川(17.8km²)・仁田元川(7.3km²)に分かれ、足尾ダム直上流で合流している。(図2)

2.3 地形

標高は700m~2143m(最高峰皇海山)で、全般的にけわしい山岳地形をなし、特に河川の両岸は基岩が露出し断崖状となり、崖錯状を呈しているところも多い。

2.4 地質²⁾

代表的なものは、頁岩を主とする古生層(砂岩・粘板岩等)で、この地帯一帯に分布している。また、火山活動による、花崗岩類・石英斑岩が貫入し、さらにこれらの基岩類を覆って流紋岩・火山砕屑類(関東ローム等)が松木川・仁田元川流域に広く分布している。

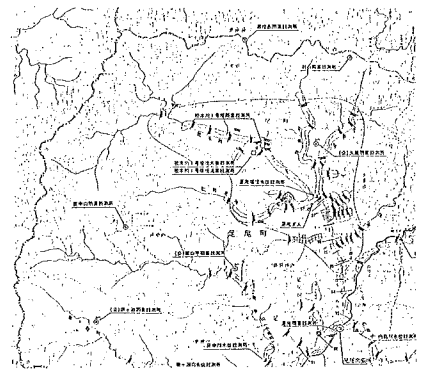


図2 対象流域概要図

2.5 気候・気象²⁾

冷涼な内陸性気候を示している。(最高気温: 34℃ 最低気温: -15℃ 年平均降雨量1647mm)。

2.6 植生・地被状態

煙害・山火事等により、一時はほとんど全山植生・表土を失った。その後、昭和25年より復旧治山事業で緑化工を中心とした山腹工帯を施工している。昭和51年現在、荒廃面積率は18.3%とされているが、荒廃面積に数えられていない緑化工既施工地でも、まだ植生は伸長生長の段階であり、土壌も未発達な段階にあると言えるのではないかと思われる。植生は、木本（クロマツ・リョウグ・ヤシャブシなど）と草本（ススキなど）の共生である。

2.7 観測施設

建設省渡良瀬川工事事務所により、1時間ごとの降雨量（4ヶ所）・水位（足尾ダム地点）観測が無降雪期について行なわれている。（図2）

なお、水位観測を行なっている足尾ダムは砂防ダムであり、現在着研状態にある。

3. 解析対象出水

2.7で述べたデータのうち、精度的に信頼性の高いと思われる昭和49年以降のもので、ピーク水位がおおむね0.50mを越えるものについて解析を行なった。また、ハイエトグラフがほぼ単峰型のもののみを対象とした。

4. 解析結果と考察

4.1 雨水保留特性

解析対象降雨も含むいくつかの出水について、各出水毎の累加雨量 R に対する累加保留量 R_e を算定した。但し、

$$R_e = R - Q_{direct} / A \quad \text{--- ①}$$

Q_{direct} : 当該出水の直接流出総量

A : 流域面積

とした。なお、流域内平均雨量強度は、4観測地点における値の算術平均値とした。ダム地点における水位データの流量への変換はWexの白形瀑式・物部³⁾の式により行なった。

図3で足尾ダム流域の保留量曲線を他流域と比較してみると、類似の地質（古生層・花崗岩風化山地）の流域よりも保水能力が低いことがわかる。これは、土壌が未発達であるためと思われる。しかし、ポイントの点数があまり多くないので、今後さらにデータの蓄積が望まれる。

4.2 求水到達時間

角屋・福島⁵⁾は、中小河川において、河道地形制の成立を仮定し、半理論的に②式を誘導し、豊富な事例によりその有効性を立証している。

$$t_p = C \cdot A^{0.22} \cdot r_e^{-0.35} \quad \text{--- ②}$$

t_p : 求水到達時間 (min.) r_e : t_p 内の平均有効雨量強度 (mm/hr.)

A : 流域面積 (km²) C : 土地利用状態に応じて異なる係数(表1)

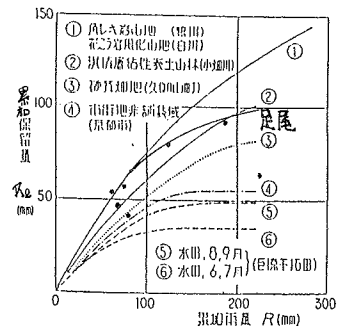


図3 累加保留量曲線

| 土地利用状態 | C 値 |
|----------|---------|
| 丘陵山林地流域 | 290 |
| 放牧地・ゴルフ場 | 190~210 |
| 市街地地域 | 60~90 |

表1 土地利用状態とC値 (角屋・福島)

この流域において②式が成立するやを検討したのが図4である。但し、 tp ・ f_e の推定には石原・高橋(1959)⁶⁾・角屋⁷⁾の提案している方法を採用した。

図4によると、 $C=200$ 付近において②式がこの流域にも成立するこがわかる。但し、 f_e の小さい部分でいくらか tp が $C=200$ の線より小さくなっているのは次の2つの理由によるものではないかと推測される。

- (1) 角屋⁷⁾は $Q_p < 1 \text{ m}^3/\text{sec.}/\text{km}^2$ では、 tp を過小評価する危険性があるとしているが(Q_p : ピーク流量)、本流域では $f_e < 3.6 \text{ mm/hr.}$ が乞雨に相当するため。
- (2) $C=200$ の線より tp が小さい雨は、昭和53年以前のものであり、線工の進展により C の値が大きくなりつつあるため。

4.3 ピーク流出係数 f_p

f_p と洪水到達時間内平均雨量強度 r との関係を示したのが図5である。 f_p は0.13~0.92とバラツキが大きい。この傾向は他流域でも認められている。^{8),9)}

4.4 最終浸透能 f_e

各雨ごとに $f_e = r - f_p$ と定義して f_e と r の関係を示したのが図6であるが、バラツキがかなりあり、 f_e の最終値と言えるものは読みとれない。

5. まとめと今後の課題

本研究においては、 f_p ・ f_e について既述の研究結果と類似の傾向が得られた。雨水保留特性・②式の C 値についても、おおむその傾向が見いだされた。しかし、たとえば荒廃山地の C 値について、解析過程に疑問が多いものの $C=80\sim90$ ⁹⁾(明らかに C を過小評価しているが)という報告もある。今回の報告も限定されたデータでの議論であるから、4に述べた内容で荒廃山地流域の短期流出特性を一般論に語ることはできない。今後、数多くの事例が信頼できる精度で報告されることを期待する。その際、②式の C 値の精度のカギをにぎる tp の精度向上のため、10分ピッチの降雨量・水位観測の実施が望まれる。当流域においては、水位と流量変換過程の精度向上のため、流量観測を実施したいと考える。

6. おわりに

貴重な観測資料を御提供下さった建設省後良瀬川工事事務所に謝意を表します。

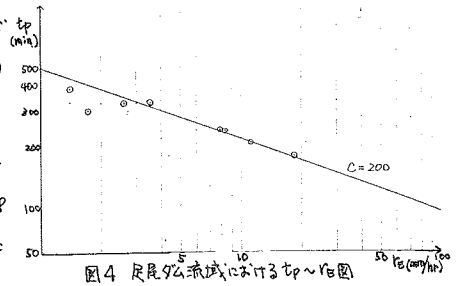


図4 尾尾谷流域における $tp \sim f_p$ 図

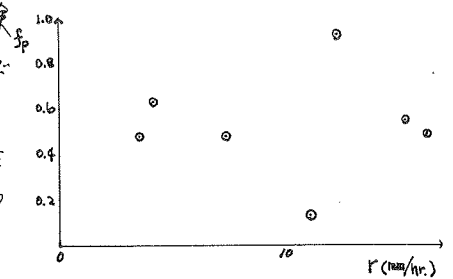


図5 $f_p \sim r$ 図

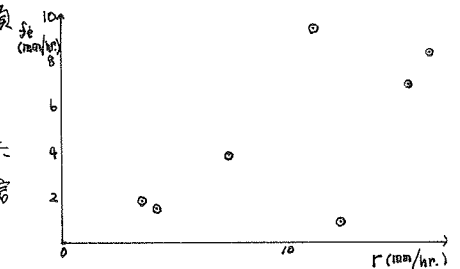


図6 $f_e \sim r$ 図

< 引用文献 >

- 1) 建設省狭良瀬川工事事務所 : 足尾銅防ダム
- 2) 大間々管林署足尾治山事業所 : 足尾の治山
- 3) 矢野義男 : 山地防災工学 , 山海堂 , p129 (1973)
- 4) 角屋睦 : 流出解析手法(その15) , 農業土木学会誌講座 , p.p. 517 ~ 522 (1981)
- 5) 角屋睦・福島豊 : 中小河川の洪水到達時間 , 京大防災研年報 , p.p. 143 ~ 152 (1976)
- 6) 石原藤次郎・高橋琢馬 : 単位図法とその適用に関する基礎的研究 , 土木学会論文集, p.p. 8~9 (1959)
- 7) 角屋睦 : 流出解析手法(その8) , 農業土木学会誌講座 , p.p. 589 ~ 592 (1980)
- 8) 杉山博信・後藤真宏・田中宏宜 : 運動場・ゴルフ場における流出特性 , 農業土木学会全国大会講義集 (1984)
- 9) 建設省研防課・土木研究所 : 研防河川の土砂動態に関する研究 , 第35回建設省技術研究会報告 , p568 (1981)