

4 自然河川流域における降雨損失

建設省土木研究所 会員 木村俊晃

まえがき

自然河川流域における降雨損失量を定量的に評価することは、水文学上の重要な課題であり、各方面で数多くの研究がなされているが、その成果はいまだ充分ではない。

アメリカでは、Horton, R.E. [1933] 以来、降雨損失に関連して地表の浸透現象が注目され、これを基礎として α -index, W -index などの経験的方法が提案され、自然河川流域における流域平均浸透能という考え方が行なわれており、このような考え方がわが国でも広く支持されているけれども、雨量が多く、かつ、地質構造や表土層の状態が複雑なわが国の流域についても、同様に取り扱ってよいかどうかは大いに問題のあるところであると考えられる。

筆者は、わが国の河川流域における降雨損失の特徴を明らかにし、かつ、この問題を解明する手がかりを見出すために、降雨の純損失について一つの研究を行なった。以下、その基本的な考え方とえられた主要な結果の二・三についてのべる。

1. 降雨損失

自然河川流域における水量の連続関係は、流域面積 A 、流域平均降雨強度 T_{ave} 、流域平均凝結強度 C_{ave} 、流出量 Q 、流域平均蒸発・蒸散強度 E_{ave*} 、伏流などの地下流出 Q_L 、流域内の総貯留量 S 、時間 t とし、見かけの流域平均蒸発・蒸散強度 E_{ave} として、

$$E_{ave} = E_{ave*} - C_{ave} \quad (1)$$

を採用することにすれば、つぎの式で表わされる。

$$A \cdot T_{ave} - Q - A \cdot E_{ave} - Q_L = \frac{dS}{dt} \quad (2)$$

こゝで、流域の貯留量 S を、重力の支配的影響下にあつて流出量との間に函数関係のある貯留量と分子力の支配的影響下にあつて流出量との間に函数関係のない貯留量に分けて考える。すなわち、前者は流出地点に向つて流下しつゝある水からなる貯留量で、これを逕滞貯留量 S_0 、後者は物体への附着水・管水または凹地の貯留水などからなる貯留量で、これを遮断貯留量 S_I とすれば、(2) 式は

$$A \cdot T_{ave} - Q - A \cdot E_{ave} - Q_L = \frac{dS_0(Q)}{dt} + \frac{dS_I}{dt} \quad (3)$$

したがつて、期間 $t_1 \sim t_2$ については、

$$A \int_{t_1}^{t_2} T_{ave} dt - \int_{t_1}^{t_2} Q dt - A \int_{t_1}^{t_2} E_{ave} dt - \int_{t_1}^{t_2} Q_L dt = \int_{t_1}^{t_2} dS_0(Q) + \int_{t_1}^{t_2} dS_I \quad (4)$$

こゝで、筆者は、この期間 $t_1 \sim t_2$ における流域平均損失量 L_{ave} をつぎのように定義する。

$$L_{ave} = \int_{t_1}^{t_2} E_{ave} dt + (1/A) \int_{t_1}^{t_2} Q_L dt + (1/A) \int_{t_1}^{t_2} dS_I \quad (5)$$

これは(4)式の関係によつて、

$$L_{ave} = \int_{t_1}^{t_2} r_{ave} dt - (1/A) \int_{t_1}^{t_2} Q dt - (1/A) \int_{t_1}^{t_2} dS_p(Q) \quad (6)$$

すなわち、筆者の取扱う損失は、(5)式のように、みかけの総蒸発・蒸散量、総地下流出量および遮断貯留量の変化分の和である。このように、遮断貯留量を損失としたのは、これがいづれは蒸発・蒸散によつて純損失となり、将来とも流出しない貯留量であると考えたからである。

2. 年間における降雨損失

期間が1年というように長期間で、時刻 t_1 と t_2 が同季節の同日であり、その流量が低水状態で比較的小さく、両者の間にあまり差がない場合には、(6)式の右辺の第3項は他の2項および左辺に比べて無視できるであろう。よつて、この場合には、降雨損失 L_{ave} は、近似的に、つぎの式で与えられる。

$$L_{ave} = \int_{t_1}^{t_2} r_{ave} dt - (1/A) \int_{t_1}^{t_2} Q dt \quad (7)$$

年間の降雨量と流出量については、古くから、各方面で観測結果が発表されているので、(7)式によつて容易に年損失量を計算できる。

図-1は、日本およびアメリカの河川試験地およびライシメーターにおける流域平均年損失量と流域平均年雨量の関係を示したもので、この図から認められる顕著な事実はずぎのとおりである。

- i. 年雨量の最大はアメリカでは約2,000 mm であるのに対して、日本では約4,000 mm では2倍である。
- ii. 流域平均年損失量は1,200 mm 以下であり、年雨量1,500~2,000 mm 附近に最大値がある。これは晴天日数の減少に關係するものとして理解できるが、このような傾向

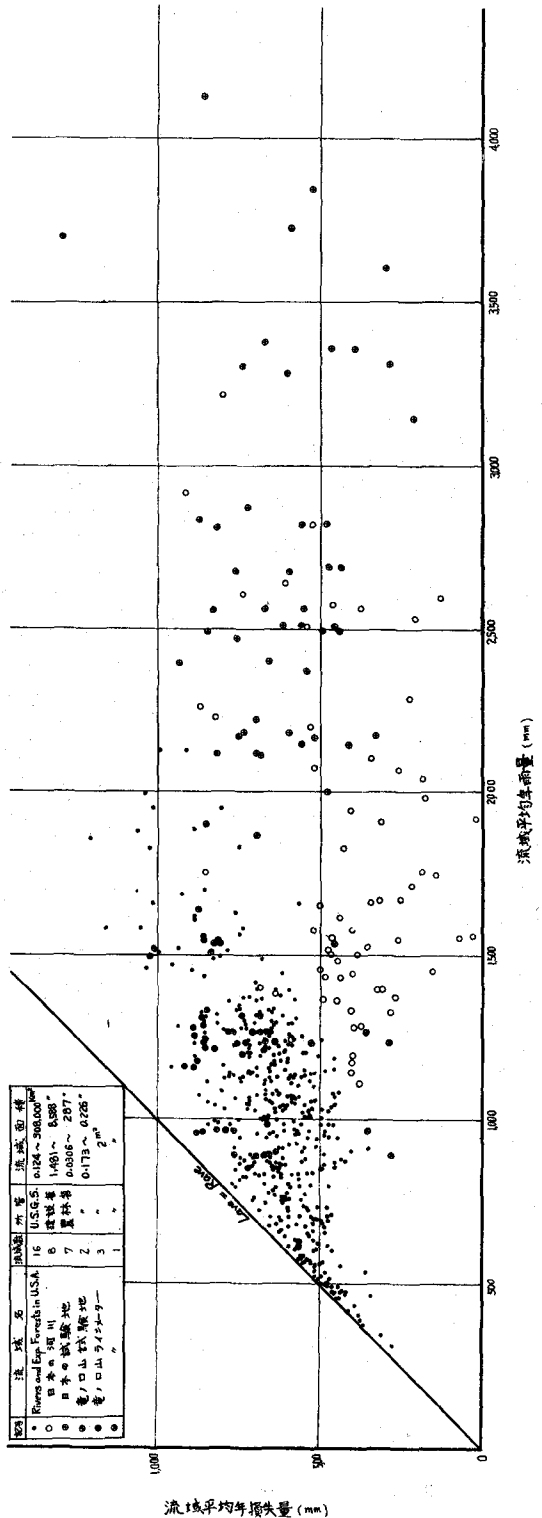


図-1 流域平均年雨量と流域平均年損失量の関係

のため、年雨量1,500~2,000mm以下では、降雨量中に占める損失の割合がとくに大きい。

iii. 日本の小面積の試験地における流域平均年損失量は、アメリカの河川流域におけるそれとほぼ同等である。

iv. これに対して、日本の大部分の河川流域では、流域平均年損失量は500mm以下で、アメリカのそれの約半分程度となっている。基礎資料の精度および損失が負となるものは1つも現われなかった事実などから考えて、このことはわが国の河川流域の特殊性を示唆しているものと考えるのが適当であろう。

v. 竜ノ口山ライシメーター(土)における年損失量は竜ノ口山試験地におけるそれと同等であるのみでなく、アメリカの河川および日本の他の試験地ともほぼ一致しており、自然河川流域における損失の研究に対するライシメーターの有効性を示唆する。

vi. 竜ノ口山ライシメーター(砂)における年損失量は、土の場合の約半分程度であり、損失量に対する土質の影響は相当大きいと推定される。

vii. ライシメーター(土)、日本の試験地、アメリカの河川における年損失が同等である事実は、全流域が比較的一様な場合には、流域面積の大小、地理位置などが損失量にあまり影響しないであろうことを示唆する。この事実は降雨損失の問題に普遍性を与える可能性を示すものである。

3. 洪水期間における降雨損失

洪水期間のような短期間については、(6)式の右辺第3項を無視することはできない。しかし、降雨後数日を経た低水期間にあつては、滞溜貯留量 S_b と流出量 Q とは一価の関数関係にあると考えることが充分許されるであろうから、一連の降雨の前後の低水期間において、流量 Q が等しくなるように時刻 t および t_2 を採れば、近似的に(6)式は(7)式となり、洪水期間における降雨損失はその期間中の流域平均総雨量と総流出高の差で計算される。

図-2は日本およびアメリカの河川・試験地およびライシメーターにおける洪水毎の流域平均総雨量と総流出高との関係を示したもので、図中の直線は両者の等しい線であるから、それ以上の縦距が洪水期間の降雨損失 L_{ave} を表わしている。また、図-3は、このようにして求めた洪水期間の降雨損失 L_{ave} と水文要素との関係のうち、季節との関係を示したもので、これらの図から認められる顕著な事実はつき

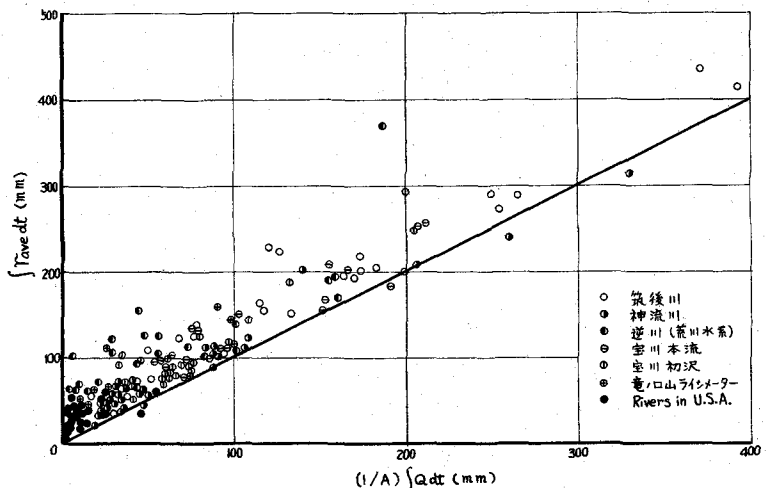
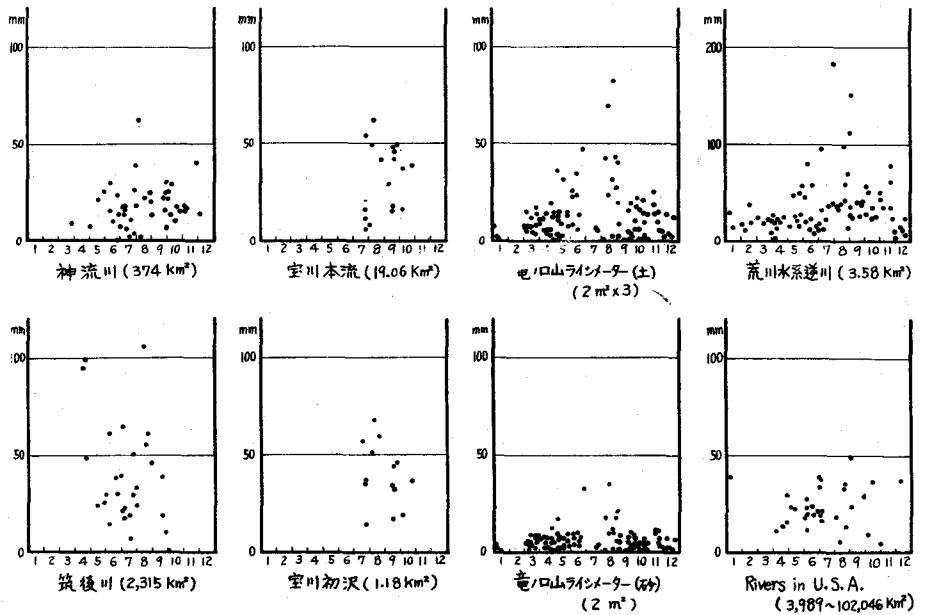


図-2 洪水期間中の流出高と流域平均総雨量の関係

のとおりである。

i. アメリカおよび日本のいづれの河川流域においても、洪水期間の降雨損失の流域平均値は0~数10mm程度であって、大差はない。



ii. これに対して、流域平

図-3 洪水期間中の流域平均損失量と季節の関係

均総雨量は日本では数100mmに達するのには、アメリカでは数10mmで、損失の最大値と同程度である。

iii. 日本およびアメリカの河川・試験地およびライシメーターのいづれにおいても、洪水期間の降雨損失は季節との間に密接な関係があり、夏期においてその最大値が現われる。このことは、このような損失が主に蒸発・蒸散と関係しており、損失の現象は流域面積の大小にかかわらず本質的な相異がないことを示唆する。

iv. ライシメーター(砂)における損失が(土)のそれの約半分であることは、年損失の場合と同様である。

4. 結論

こゝに示した事実から明らかになった主要点を要約すると、つぎのとおりである。

- i. 従来、自然河川流域における降雨損失の問題を普遍的に取扱うことは非常に困難であると考えられてきたが、その可能性を充分期待しうることが明らかになった。
- ii. 降雨損失は、流出率のような型で取扱うよりも、こゝでのべたような純損失をその絶対値で取扱うのが適当である。
- iii. ライシメーターもしくはその他の方法による表土層の含水量の直接測定によって、自然河川流域の降雨損失を推定しうることが明らかになり、水文観測における重要な測定項目として、表土層の含水量を追加することが有効であると考えられる。
- iv. 日本とアメリカの河川流域では、降雨損失の問題を取扱うに当って、相当に異った立場が必要なようであり、雨量の少ないアメリカで経験的に重視されてきた浸透能という考え方の、流出問題、とくに洪水流出問題における重要度は再検討する必要があると考えられる。