しては京都大学の石原博士，岩垣助教授，その他の諸氏の研究がある。乱流領域において生ずるこの種の雨水波列は毛細波などの水面の動揺をつねにともなつており，波速もかなり大きく，週期も短かいので，観測が非常に困難になる。また Robert F. Dressler 氏が衝撃波の理論を応用してこの波列を数学的に解析したもの及びその他数氏の研究があるが，なお未開発のままに残されている面も少なくない。そこで著者等は両面ガラス張りの粗面水路を用いて数多くの急勾配を与えて 1 cm 内外の薄い水深で水を流し，主として乱流領域で発生する雨水波列の特性を調べてみた。なお，流水が層流領域より乱流領域に移行してゆく際には層流領域において発生していた雨水波列が層流と乱流の遷移領域附近において一旦消失して毛細波のみが観察せられ，乱流領域に入るとふたたび波列の発生がみられる。そして流量従つて流速が増加するにつれて波列も発達するが，一方，毛細波が大きくなり波列の識別は次第に困難さを増す。

2. 実験 実験に用いた水路は杉製鉋削りで，巾 20 cm，深さ 15 cm，全長約 3.6 m で，両側はガラス張りである。底面はガラス板に白ペンキを塗つた上に相馬標準砂を厚さ約 1 mm になるように撒布してコテでならして乾燥させたものを水路底に敷いた。勾配は 1/20 より 1/2 までの間で 8 通り変化させ，流量は 100 m³/sec 以下の適当な値（層流領域で波列が最もよくあらわれる流量），100，200，300，500，800，1 200，1 600，2 000 m³/sec の 9 種類とした。小型 pitot 管や point gauge を用いて波頂間の平坦部の流速測定や波頂，波底の水路床よりの高さを求め，さらに，16 mm 高速度撮影機やカメラを用いて波列の profile を側面ガラス越しに撮影した。

実験結果のうちのおもなものを摘記すると次のようである。

a. 雨水波列の発生限界については H. Jeffrey 氏の条件式を満足しているようである。

b. 波列の profile はおよそ **図—1** のようである。

c. 波速と平均流速との関係は放物線的に平均流速が大きくなれば波速も大きくなるようである。

d. 波速と Froude 数とは **図—2** のように一定勾配では直線的関係にあり，急より緩になるにつれて同じ Froude 数のもとでは波速は大きくなる。

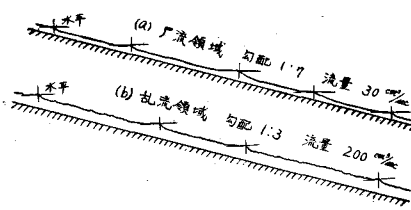
e. 波長と Froude 数との間並びに波長と径深との間には逆比例的な曲線関係が存在する。

f. 波高と平均流速，波高と波速，波高と Reynolds 数，などの諸関係はそれぞれ放物線的関係をもつている。

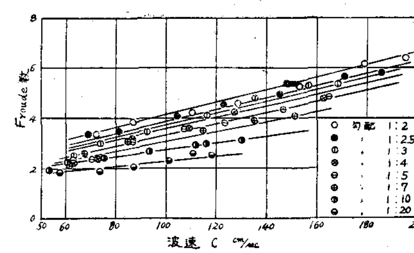
g. 波高と Froude 数とは直線的関係にある。

その他なお多くの重要な特徴を明らかになし得たが，これらについては講演のときにゆずる。

図—1



図—2



なお，この実験は昭和 28 年度文部省科学研究費の補助を受けたものの一部である。

(4—20) 横から一様な流入のある場合の流出現象について

——雨水の流出機構に関する研究（第 1 報）——

正員 京都大学工学部 岩 垣 雄 一
准員 同 ○末 石 富 太 郎

雨量と流出量との関係を知ることは，水文学，河川工学上の重量な課題となつており，その一方法としての単位図法は米国で広く用いられているが，最近わが国の河川に対しても次第に適用されるようになつてきた。しかしこの単位図法の水理学的根拠は明確でなく，実際上その適用が疑問視される場合も少なくないようである。この研究は単位図法の水理学的妥当性を検討し，さらに降水が河川に出て湖海に至るまでの流出機構を究明しようとする研究の一部である。

河川の流域に降つた雨は大小の支川その他により，漸次本流に集まり流下するが，上流山地の 1 本の流れをとりあげると，それは横から流入のある場合の流れと考えることができる。本研究においてはこのような流れを単

純化して，まず一様な矩形断面水路において，横から時間的，距離的にも一様な流入があるという最も簡単な場合の流出現象を水理学的に解明し，この結果をもととして unit hydrograph の性格を明らかにしようとしたものである。

まずこのような場合の不定流の運動方程式は，鉛直加速度を無視すれば，

$$\frac{\partial u}{\partial t}+\alpha u\frac{\partial u}{\partial x}+g\cos\theta\frac{\partial h}{\partial x}+(1-\alpha)\frac{u}{h}\frac{\partial h}{\partial t}=g\sin\theta-\frac{\tau_0}{\rho R}-\frac{\alpha u}{h}q \quad\cdots\cdots(1)$$

連続方程式は

$$\frac{\partial h}{\partial t}+\frac{\partial Q}{\partial x}=q \quad\cdots\cdots(2)$$

ここに，q：単位長，単位巾当りの横からの流入量，Q：単位巾流量，u：平均流速，h：水深，R：径深，α：流速分布による補正係数，θ：水路の傾斜角，τ_0：底面摩擦応力，ρ：水の密度，g：重力加速度，x：距離，t：時間，

となるが，この（1）及び（2）式より出発し，比較的勾配の急な場合において，i）横からの流入量が0から急に $q=$ 一定になる場合，ii）流入量が $q=$ 一定から急に 0 になる場合の，特性曲線を用いた近似計算法を提案した。

つぎに数値計算例として，$q=1/12$ 及び 1/16.2 cm/sec，水路巾 19.6 cm，水路長 24 m，水路勾配 $\sin\theta=0.015$，Manning の粗度係数 $n=0.009$(m-sec)，水の動粘性係数 $\nu=0.01\,\mathrm{cm^2/sec}$ として，上の i)，ii) の場合及び横からの流入量を 10，20，30 sec だけ供給する場合に対する水深，流量の変化を求め，さらに同じ条件のもとに実験を行い，各点の水位及び下流端の流量の変化を電気的自記水位計を用いて求め，計算結果と比較した。

以上よりつぎのような結論を得た。

1）実験結果は計算結果とかなりよく一致する，2）従つて水路勾配が比較的急な場合には本研究で提案する程度の近似計算法で十分である，3）流入量が0から急に一定値 q になる場合，水深は $h=qt$ となつて，時間に対して直線的に増加する，4）流入量を q から急に0にした場合は，すでに定常に達している場所の水深，流量はただちに減少しはじめるが，いまだ定常になつていないところではただちに減少せず，流量はかえつて一旦増加する，5）横からの流入継続時間が長くなれば，同じ場所では出水継続時間もそれだけ長くなる，6）横からの流入量 q の値が異なる場合，同一点，同時刻における linearity は，水深の増加時，定常状態の流量のみには成立するが，他の場合は一概にはいえない。

なおこの研究は文部省科学試験研究費の補助により行われた研究の一部であり，またたえず石原教授の御指導を賜わり，感謝の意を表する。

図—1　実験結果と計算結果の比較の一例
（$x=10$mにおける時間に対する水深の変化）