天竜川・川路付近の氾濫堆積物について*

井 口 正 男**

摘要 昭和36年6月末の天竜川出水によって飯田市川路付近では甚だしい氾濫とそれに伴う堆積をみた。氾濫は第2章で述べるように27日深夜から半日間にわたってほぼ stable な水位を保つたものと思われ、堆積物は第3章で述べるように多量の砂質物質、シルト質物質からなっており、非常に分級がよいという目立つた特徴をもっていた。

そこで約50箇の試料を採取し、第4章で述べるように、各試料について粒度分布曲線の折れ点を図式方法から求め、細粒の方の折れ点に相当する粒径を限界粒径と呼び、その大きさを d_0 であらわす。 d_0 の静水中での沈降速度 (w_0) は乱流の鉛直方向の変動速度 (w')、ひいては流速と対応していると考え、 w_0 の分布図 (第5図) を画いた。

以上のようにして川路付近の氾濫堆積物には、(1) 砂質、シルト質物質が大部分を占めること、(2) w_0 の値が特異な分布を示している、などの特徴が認められた。このような特徴を説明するには、上流から多量の細粒物質が供給され、一旦溜つた水が天竜峡から吸引されるような状態で流出したと考えるのが好都合であることがわかった。

I. ま え が き

昭和36年6月23日～30日梅雨前線に基づく豪雨があり、長野県南部で800～600mmに達した。このため伊那盆地の各地では山崩れ、地すべり、土石流、氾濫による湛水、埋没がおこり、大きい被害が生じた。山崩れと地すべりは伊那盆地の東側とくに小渋川流域の斜面に、土石流は木曽山地に発して段丘を刻み天竜川に注ぐ小河川に、氾濫による湛水と埋没は伊那盆地の中央を南北に貫流する天竜川沿いの冲積平野、とくにその南部にそれぞれ顕著であつた。

気候事変に基づいたこの現象を、地形形成営力の顕著な発動であるとみた場合、侵蝕、運搬、堆積の著しい事象がそこに展開しているのであつて、従来、地理学関係研究者によつて、このような現象を総合的に把握しようとする試みがなされてきた¹⁾。地形形成営力研究の立場からも、その側面からの総合的把握を必要とするが、同時に局面におけるメカニズムの解明も忘れてはならないのである。この小論は、上記の現象中の一局面である、飯田市川路付近の氾

濫堆積物の沈積について考察したものである。

飯田市川路は伊那盆地を貫流した天竜川が、盆地を去つて峡谷に入ろうとするところに位置しており、その付近は上流側が時又峡、下流側が天竜峡と呼ばれる峡谷によつて限られた袋状に開いた地形を呈している。そして、その地理的位置のせいか、川路は古来からしばしば洪水の被害を受けてきたが、昭和10年に天竜峡から約9km下流に泰阜ダムが設けられるに及んで一層その被害が激しくなつたと言われている²⁾。これは泰阜ダムの背水とそれに伴う河床上昇に負うところが大きいとして、社会各般から注目されてきた。昭和36年6月の氾濫は、その水位の高さ、堆積土砂の著るしさ、それらに伴う被害の大きさにおいて、それまでに経験したものをはるかに凌駕し、その責任の所在を巡つて社会的な問題が醸されている。

II. 出 水 状 況

梅雨前線の停滞に伴つて6月23日から始つた断続的な降雨は、27日に入つて次第にその強さを増し、

* この小論を還暦を迎えられた多田文男先生へ献呈いたします。

** 駒沢大学地理学教室

- 1) 地理学評論 33(3) (1960) の狩野川台風による水害に関する諸論文。
- 2) 吉岡金市 (1959) : 天竜川上流の水害に関する研究。水利科学, 2～5。

第1図 泰阜ダム放流量と
姑射橋水位との相関

28日午前3～4時まで時間雨量5～35mmの強雨が伊那盆地の各地で続き、その後も時間雨量2～10mm程度の降雨が30日早朝まで続いた。このため川路では、天竜川の水位が27日午前から上昇をはじめて28日午前にわたって異常な高さに達し、国鉄飯田線川路駅付近の家屋はそのほとんどが浸水した。川路付近にある天竜川の水位観測所は決して少なくはないが、異常出水であつたためか、この時の水位の記録が完全に採られたところは1つもなかつた。その中で、もつともよく記録されたのは天竜峽姑射橋にある中部電力の量水標で、27日19時までの毎時水位と最高水位が記録されている(第1図)。しかし、この記録からは最高水位時前後の水位の状況を知ることはできない。泰阜ダムではいうまでもなく出水の全期間を通してゲートからの放流量が毎時記録されているから、この記録を援用して川路付近の水位の状況を推察することを試みた。

27日1時から19時までの毎時の姑

射橋水位と泰阜ダムの放流量との関係は第1図のようである。泰阜貯水池は現在土砂によつてそのほとんどが埋没していて、流量の調整能力の小さい水路のようなものであること、姑射橋から下流泰阜ダムまでの間に阿知川などの支流が流入するが、これらの流量は本流にくらべてはるかに少ないこと、姑射橋付近は両岸が切り立つた峡谷で矩形に近い横断形をしていることなどを考慮すれば、第1図の相関が非常によいこと、その傾向線が直線に近いことがよく理解されよう³⁾。

泰阜ダムの放流量と姑射橋の水位との相関が大きいことが解つたので、前者の推移から姑射橋——川路付近の水位の変化の状態を推察することにしよう。第2図は泰阜ダムの放流量を示すもので、27日23時に3400m³/sに達し28日11時に3300m³/sとなり以後減少に向つている。最大放流量は28日6時の3622.8m³/sで、姑射橋の最高水位と時間的によく一致している。放流量が27日23時以後約12時間にわたつてほぼ一様に推移したことから、川路付近の湛水位も同じ時間にわたつてほぼ最高水位に近い水位を維持したものと考える。

Ⅲ. 氾 濫 堆 積 物⁴⁾

氾濫による冠水区域には、2, 3の例外を除いて、

第2図 泰阜ダム放流量

3) 第1図で、最高水位の点が傾向線からはずれているが、これについては、その時には既に姑射橋付近に土砂が堆積をし、河床が高まつていたとの解釈も可能である。

4) 筆者が調査したのは昭和36年11月で、出水後既に4カ月を経ていた。しかし、川路駅付近の家屋の周囲や、水田の1部で氾濫堆積物が人為的に除去されたところもあつたが、大部はそのまま放置されている。

第3図 川路付近の氾濫堆積物

冠水区域は、縮尺 1/2500、等高線間隔は 1m の地図を基図とし、出水直後の痕跡調査から求めた中部電力の資料による。

礫、砂、シルトおよび粘土が一面に堆積した (第3図)。久米川、新川による支流堆積物は岩質、粒径、礫の形などから天竜川本流のそれと明瞭に区別することができ、これを除くと、礫は時又峡からの入口近くの日竜川の流路に沿う小部分に分布するだけで、他の大部分は砂質堆積物とシルト質堆積物に二分することができる。この両堆積物の一見した特徴は、両者とも、とくに砂質堆積物でそうであるが分級が非常によいこと、両者の分布上の境界が一線を画して明瞭なことである。

分布上の境界線の位置は微地形に左右されたとと思われるところがある。例えば第3図でみると、相沢川、留沢川のところでシルト質堆積物が天竜川の流路の方へ突出しているが、これはこれらの小川が小規模ながら天井川になっているために氾濫水の流れが阻害されたためと思われる。また左岸側の砂質堆

積物とシルト質堆積物との境界線は平坦な沖積低地と山麓に続く緩傾斜地との傾斜変換線に相当している。堆積物の分級のよいことについては後でふれる。

堆積物の厚さは厚いところで約 3 m に達している。もとの地形の凹凸を埋めていて、しかも堆積物の表面は平らたくなっている。堆積物の厚さは局部的にまちまちであり、これを系統的に追跡することは困難であつた。しかし、大雑把には天竜川の流路に沿う部分で厚く、それから離れるに従つて薄くなっているように思われた。

堆積物の相は、砂質堆積物とシルト質堆積物の部分では全般的に一樣であつて、これに関して述べるべきことは出口の日竜峡に近いところで 2~3 cm の厚さのラミナの発達がよくらいのものである。そしていずれの地点でも上層から下層へ通して粒径が一樣で途中で著しく変るようなところはほとんどない。

天竜川のこの部分の低水敷には、平素は粒径の中央値が 2cm くらいで 5~6cm 以下の礫が堆積している⁵⁾ のであるが、このたびの出水に伴う氾濫堆積物が上述のような様相を呈していることは、出水にあつて大量の流出水と同時に多量の細粒物質が上流から供給されたことを物語るものであろう⁶⁾。

IV. 堆積物の粒径分布とその意義

砂質・シルト質堆積物の分級がよいことは前に述べたが、このことに関連してさらに考察を進めよう。

分級がよいことの意味 堆積物がもとの地形の凹凸を埋め、その表面が平らたくなつていたことを考慮の上、分級が非常によいことから、堆積物が沈積するときの状態を次のように考える。一時沈積した堆積物も次の瞬間には水流の乱流にもとづく揚力を受けて持ち上げられ、Saltation または Suspension

5) 1959 年に行つた筆者の Sampling による。

6) この出水にあつて、泰阜ダムを溢流した細砂がその下流にある平岡貯水池にも多量に沈積した。

第4図 粒度加積曲線

として運動した後再び沈積する。これを何回か繰返した後に最終的な沈積を行う。

このようにして沈積した分級のない堆積物からある量の試料を採取して粒径別に篩分け粒度加積曲線を描くと、この曲線に堆積物の分級に応じて粒径の大きい方と小さい方とに2つの折れ点があられる(第4図)。粗粒の方の折れ点より粗粒のものは上流から供給されなかつたのであり、細粒の方の折れ点より細粒のものはその地点から下流へ流し去られたものと考えられる。

限界粒径 砂質堆積物とシルト質堆積物の部分の表面約50地点から1地点につき30～150gの試料を採取して篩分けを行った。第4図はその中の1つを図示したものである。

この図の加積曲線では粒径1.0mm(0φ)と0.5mm(1φ)の間、0.25mm(2φ)と0.125mm(3φ)の間に折れ点が認められる。このうち細粒の方の折れ点の位置が0.25mmと0.125mmの間のどの大きさの粒径に相当するかを知りたいが、そのためには第4図に示したような篩分では篩の目の大きさの間隔が大き

すぎる。そこで次のような方法でこれを決めた。第4図の加積曲線で0.5mm(1φ)から0.25mm(2φ)までは直線と考える。つまり0.5mmから0.25mmまでの間の粒径をさらに細分し、各粒径ごとの重量百分率を加積してゆくと、その加積値はある割合で増加してゆく。0.25mmよりも細粒の方へも同じ割合で加積値が増加してゆくと考えると、この加積値は第4図のa— d_0 の直線となる。この直線が重量百分率100の線と交る点の粒径が求めようとする折れ線であると考え、これを便宜上限界粒径と呼び d_0 であらわす。

採取試料約50について上のような操作を行うと、シルト質堆積物の部分の幾つかを除き、いずれも折れ点のはつきりしており、 d_0 よりも細粒な物質は少量しか含まれていない。このことは上流から供給された多量の細粒物質が、前述した沈積——持ち上げ——沈積の運動をかなり十分繰返したことを物語るものであり、ひいては最高水位時に水位が長時間にわたつてかなり stable であつたことにも関連していると考えられる。

限界粒径と流速の対応 d_0 の大きさはその場所の水流の乱流の強さに関係していると思われるが、直接的には d_0 の大きさの粒子の静水中での沈降速度——これを w_0 とする——と乱流による鉛直方向の変動速度——これを w' とする——とが密接な関係にあり⁹⁾、 w' は流向方向の流速⁹⁾の函数とみなされるから、 w_0 と流速とが対応していると考えることが出来る。

d_0 と w_0 とは簡単な函数関係ではないが、ここでは次の式¹⁰⁾

7) これと同じような考え方は次の論文にも述べられている。

EINSTEIN, H. A., ANDERSON, A. G., JOHNSON, T. W. (1940): A distinction between bed-load and suspended load in natural streams, *Trans. Amer. Geoph. U.* 21.

8) 永井莊七郎 (1957): 水理学, コロナ社。

9) 精確には流向方向の流速の鉛直方向の傾度とすべきであるが、大まかな流速の状態を握もうとしているので詳細な議論は略する。

10) 石原藤次郎, 本間 仁 (1958): 応用水理学 I。

第5図 w_0 (cm/s) の分布

$$R_* = \left\{ (\sigma/\rho) - 1 \right\}^{\frac{1}{2}} g^{\frac{1}{2}} d^{\frac{3}{2}} / \nu$$

$$R_{w*} = R_*^2 / 54 \sqrt{2}$$

$$w_0 = R_{w*}^{\frac{2}{3}} \left[\{ (\sigma/\rho) - 1 \} g \nu \right]^{\frac{1}{3}}$$

ただし, σ : 砂粒の密度, ρ : 水の密度, g : 重力の加速度, d : 粒径, ν : μ/ρ で動粘性係数.

によつて各試料の d_0 から w_0 を求め, その分布状態

を図示すると第5図となる.

V. 考 察

第5図から次の諸点が指摘できよう. (1) 時又峽からの入口付近で大きい値を示す w_0 は一旦1.5~1.0 (cm/s) くらいに減少する. (2) 一旦値が減じた後の氾濫域 (支流堆積物の部分を除く) では中央部に w_0 の値が大きく, 縁辺部に向つて急激に減少する. (3) 中央部 w_0 の値の大きい部分は, ゆるやかな蛇行を画きながら天竜峽へ続いている.

(1)の点は時又峽から流入した流水が一旦全面的に流速を減じたことを指示するものであろう. (2)の点は一旦流速が減少したものの氾濫域の中央部で流速が大で, 縁辺部で小さかつたことを示している. 縁辺部で流速が小さいのは, 水深が小さく, 地形地物の影響があらわれたものと考えられる. (3)の点は中央部の流速の大きい部分が蛇行しながら天竜峽へ続いていることを示すものであるが, 試料採取が堆積物の表面に限られているから, 堆積物沈積中のある時期には, 第5図に示されたものと違つた形をしていたかも知れない. しかしいずれにしても w_0 の値の大きい部分が蛇行をしていたとすれば, 氾濫域に溜つた水が天竜峽から吸引されながら流出したと考えるのに好都合である.

この研究は文部省科学研究費によるもので, 1962年春季大会 (日大) で発表をした現地調査にあつて飯田風越高校沢柳先生, 駒沢大学地理学科学学生諸君に御援助をいただき, 資料等については中部電力飯田支店の御好意を得た. 記して感謝の意を表する.

FLOOD DEPOSITS OF THE TENRYU RIVER IN THE VICINITY OF KAWAJI, NAGANO PREFECTURE

Masao INOKUCHI

On June 28, 1961, a disastrous flood took place at various parts of the Tenryu River course caused by heavy rainfall accompanied by the Baiu front.

In the district of Kawaji, that is situated at the southern end of Ina Basin occupying the upper part of the Tenryu River drainage, a violent inundation occurred and the deposits brought by the flood water covered the inundation area thickly.

Except those of branches, the flood deposits are divided into three categories, that is, gravelly, sandy and silty materials. In the cases of the sandy and silty materials, it is recognized that the deposits are well sorted. Namely, grain size distribution of most samples from these two is limited between the two sizes as is shown in Fig. 4. Then, the writer determined graphically the finer limit of the sizes of a sample and presumed that the particles of sediments smaller than this size moved in the form of suspended load and flowed out with flowing water.

If we represent the value of this critical size by " d_0 ", and the value of settling velocity of d_0 in standing water by " w_0 ", w_0 may be proportional to values of the vertical component of the turbulent flow which are functions of the velocity of the main flow.

The distribution of w_0 is shown in Fig. 5. Considering the foregoing aspects and Fig. 5, it may be interpreted that the flood-flows reduced abruptly its velocity near the entrance of the studied reach, and its high velocity zone forms a meander in the middle part of the flooded area while the flood deposits were being settled.