

台風7617号による鏡川下流部の流量，水位と潮位との関係

中 村 重 久

AN ESTIMATE OF FLOODING DISCHARGE AT THE DOWN REACH OF THE RIVER KAGAMI CAUSED BY HEAVY RAIN FALL ACCOMPANIED WITH 7617 TYPHOON, SEPTEMBER, 1976

By *Shigehisa* NAKAMURA

Synosis

Kochi City had suffered from a flood caused by the heavy rain fall accompanied with 7617 typhoon, September, 1976. The River Kagami is one of the important rivers in Kochi City which includes Kochi Harbour and Urado Bay in Shikoku District, west Japan.

This paper reports an estimate of the flooding discharge at the down reach of the River Kagami to relate the flooding vestiges on the bank of the River Kagami with the the estimated discharges of the other rivers and of the estimated tidal currents in Urado Bay. The effect of the flooding discharge is also evaluated to separate the predicted astronomical tide level at Katsurahama in the mareograms which are obtained in Urado Bay.

1. 緒 言

一般に，湾内にいくつかの河川が流入している場合，豪雨出水時の湾内水位は外海水位より高くなり，また，河川の水位，流量も湾内水位の影響を受けるという相互作用があるが，それを定量的に明確にすることができれば，災害現象の解明と対策に有用な手段を提供することになる。

昭和51年9月，台風17号により大災害を蒙った高知市の場合，浦戸湾に鏡川，国分川などいくつかの河川が流入しているが，それぞれの河川の当時の洪水流量は明確ではない。ここでは，浦戸湾内および外海桂浜の検潮記録および河川周辺の出水時の痕跡にもとづき，洪水時の流量推定を試みた結果について述べる。

2. 浦戸湾および鏡川下流の地形と資料

ここで対象とする領域は Fig. 1 に示すような，浦戸湾と鏡川とを含む地域である。浦戸湾には鏡川のほかに流入河川があり，それぞれについて計画高水流量が定められている。昭和51年9月9日から13日までの間の浦戸湾および鏡川下流にある桂浜，横浜，港町および若松町 (Fig. 1 参照) の4検潮所については，台風17号による出水の影響のあらわれた検潮記録が得られている。この検潮記録は Fig. 2 のようになっている，とくに，若松町では9月12日20時前後の満潮時頃，潮位が顕著に高くなっていることがわかる。この時刻の前後1～2時間，鏡川から高知市内への越水が顕しかったといわれている。当時の状況を推測するに，港町の潮位には，鏡川からの越水による水をポンプで汲み出したための影響はほとんどないものと考えられ，港町の潮位は鏡川の河道を流下した流量と国分川など鏡川以外の河川からの出水とによる影響があらわ

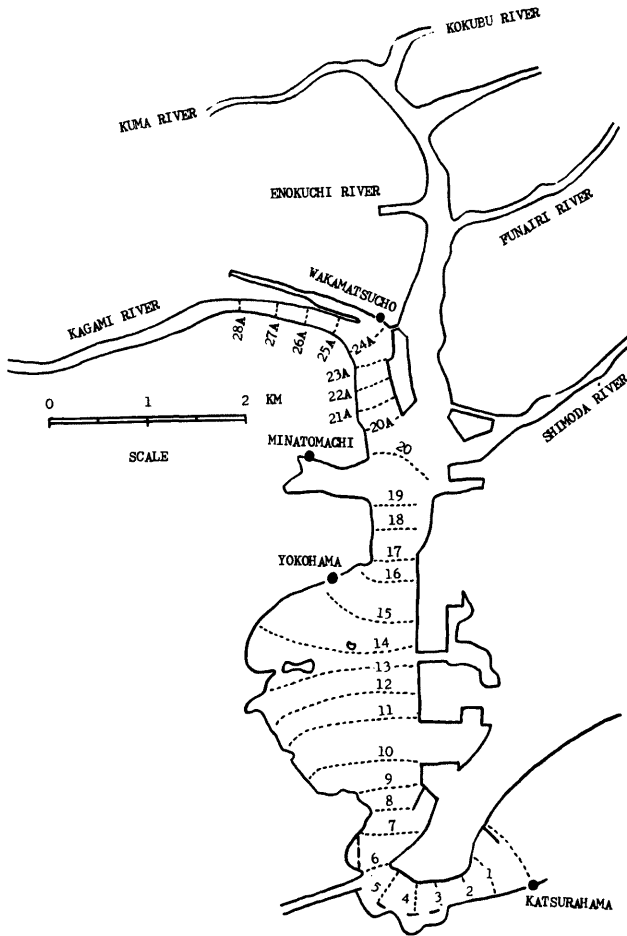


Fig. 1. Estuarine area of Urado Bay.

れているものと考えられる。このような影響は横浜および桂浜ではあまり顕著ではないがやはり認められる。

桂浜における気象庁の推算潮位を Fig. 2 に示される実測潮位と比較してみると、各検潮所とも実測潮位の方がやや高くなっている。この実測潮位と推算潮位との差をもとめて図示すると Fig. 3 のようになる。当時の気象学的条件を考慮しても、この差が台風による気圧低下による効果とは考え難い。この差は、天文

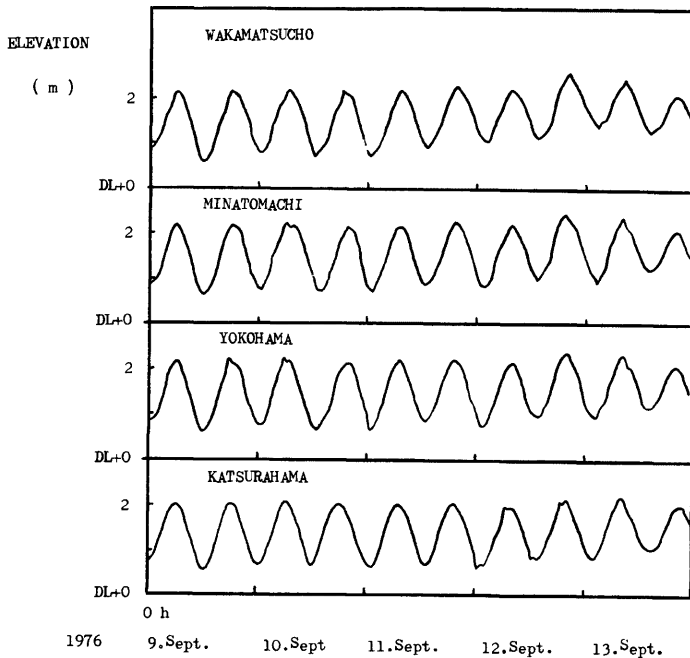


Fig. 2. Mareograms in estuary of Urado Bay.

潮以外の、主として出水によるものと予想される。

このような台風 17 号による出水については、鏡川流域についての京都大学および高知大学の調査¹⁾があり、また、それらの調査結果を解析した岡らの研究²⁾がある。本研究では、岡らの研究に接続して、鏡川下流で河道を通過して浦戸湾に流入した流量の推定と鏡川下流の水位に対する他の河川からの出水の影響および潮汐の影響を検討することにした。

著者は、かつて、浦戸湾を中心とした高知港の津波に関する模型実験を行ない、その研究において、津波防波堤の効果を検討すると同時に、浦戸湾に流入している河川の流量の影響についても検討したことがある^{3), 4), 5), 6)}。台風 17 号による出水は、幸か不幸か、この実験的研究の結果を現地で検証することにも役立つことになったようである。

3. 鏡川下流のピーク流量の推定

鏡川下流では、潮流と鏡川ダムからの放流および支川からの流出による流れとが考えられる。ここで、鏡川流域の越水氾濫は若松町の潮位がピークの時に最大であったとし、また、鏡川の流量に準定常とみなせるものとすれば、さきに行なったと同様に⁴⁾、開水路漸変流に対する Escoffier 法⁷⁾を適用して、鏡川の水面追跡を行なうことができる。なお、浦戸湾については、各河川の計画高水流量に対する背水効果を検討した例があるので、これらの資料を参考にした、Escoffier 法の適用にあたっては、外海からの潮汐によって生じ

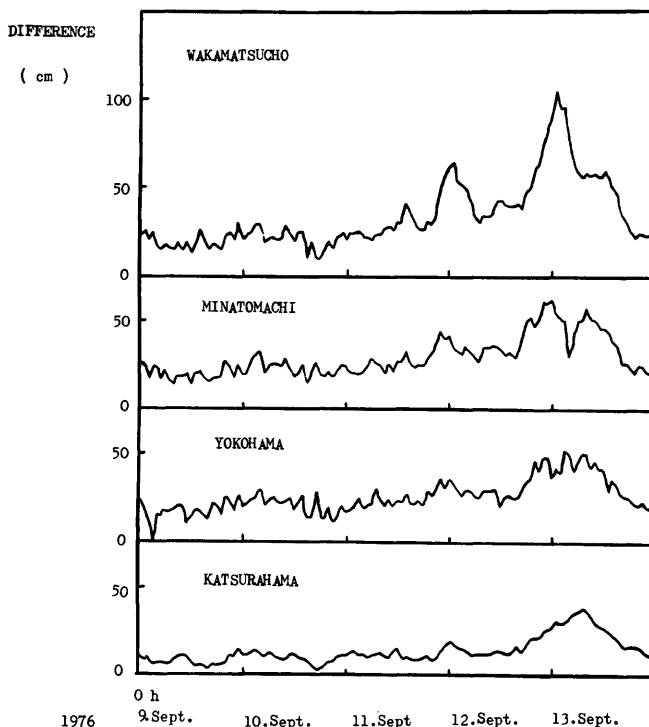


Fig. 3. Difference of the water levels between the mareograms at the stations in Urado Bay and the predicted astronomical tides at Katsurahama.

る潮流の流線を浦戸湾内感潮域について予想し、また、出水時の河川水流下時の流線を想定して、両者を考慮にいれて計算のための断面をとることとした。湾内の海底地形も考慮にいれて、Fig. 1 の点線のような断面をとることとし、断面間の距離は湾内航路に近い湾軸および鏡川の流軸をとるようにした。

ここでは、まづ、若松町で潮位最高時の9月12日20時10分頃について考える。若松町の当時の潮位 D. L. +2.55 m を通るような水面形のうち、鏡川下流の九反田橋、雑喉場橋および潮江橋の最高水位痕跡記録を説明できる流量を見出すために、流量をパラメーターとして、若松町から九反田橋までについて水面形をもとめた。Fig. 4 にはその結果を示す。Fig. 4 では、鏡川下流の最高水位を示す痕跡記録として、九反田橋の D.L.+4.28m (=T.P.+3.18m)、雑喉場橋の D.L.+4.34m (=T.P.+3.24m)、潮江橋の D.L.+4.71m (=T.P.+3.61m) をあわせて示した。これからみると、計算によって得られた水面形と現地の痕跡記録とがうまく対応する場合の鏡川下流の流量としては、 $1700\text{m}^3/\text{s}$ と $2000\text{m}^3/\text{s}$ との丁度中間、 $1850\text{m}^3/\text{s}$ 程度であろうと推定される。岡ら²⁾ は鏡川上流の資料を用いた解析によって鏡川下流でのピーク流量の計算値として著者の推定値とほぼ同じ程度の値を得た。解析の手法が異なるにもかかわらず流量として類似の値が得られたことは、相互に用いた基礎方程式の近似の程度がほぼ同じであったことによるのかもしれない。かな

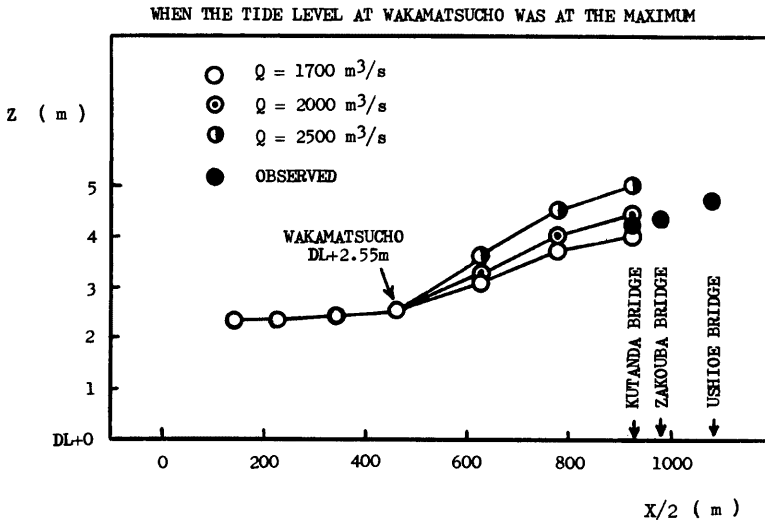


Fig. 4. Flow profile at the down reach of the River Kagami to fit to the flooding vestiges and to estimate the flooding discharge.

りあらっば手法と考えられた Escoffier 法の適用も、鏡川下流の流量の概略の傾向を知るには有用と考えてもよさそうである。

4. 国分川などのピーク流量の推定

浦戸湾への流入河川のピーク流量は、正確には鏡川のみでは定まらない。鏡川以外に、久万川、国分川、舟入川、下田川などからの出水も考慮しなくてはならないと考えられるが、これらの河川についての流量に関する当時の資料は得られていない。また、浦戸湾内では潮汐にともなう流れの影響もあるものと予想される。浦戸湾内の水面形の計算にあたって、Fig. 1 に示すような断面をとることにしたけれども、実際の流れはさらに複雑なものと考えられ、局部的には渦が形成されたりすることもあるであろう。ここでは、Fig. 1 に示された断面に対して Escoffier 法を適用した。流量をパラメーターとして与え、若干の試行錯誤を繰返した後、浦戸湾口での流量を $6000\text{m}^3/\text{s}$ 、桂浜の潮位を D.L. +2.00m とすると、9月12日20時40分における若松町の潮位のみならず、浦戸湾内の横浜および港町の潮位がうまく説明できることがわかった。この結果を Fig. 5 に示す。Fig. 5 が得られるための浦戸湾口の流量 $6000\text{m}^3/\text{s}$ には、鏡川からの $1850\text{m}^3/\text{s}$ 以外に、鏡川以外の河川からの流量と潮流によるものが含まれていることに注意しなくてはならない。

浦戸湾口で湾口幅を約 170m、水深を約 7m とすると、断面面積は約 $1,190\text{m}^2$ となる。この湾口での潮流の最大流速が約 1.8m/s とすると、湾口を通過して潮流の最大流量は約 $2,142\text{m}^3/\text{s}$ となる。若松町の潮位が D.L. +2.55m の時には桂浜でもほぼ満潮時に近い状態であり、当時の湾口での流量のうち潮流の成分はこの $2,142\text{m}^3/\text{s}$ に比べて小さいものであったろうと考えられる。Fig. 5 の例は、桂浜の潮流が D.L. +2.00m、若松町の潮位が D.L. +2.45m である 9月12日20時40分頃のものである。

また、Fig. 3 の若松町と港町との例について、差のピークのあらわれた時刻をみると、港町がやや若松町

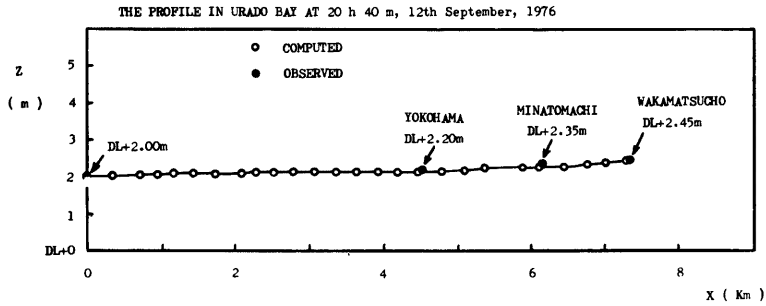


Fig. 5. Flow profile in Urado Bay to estimate the net out-flow at the bay mouth.

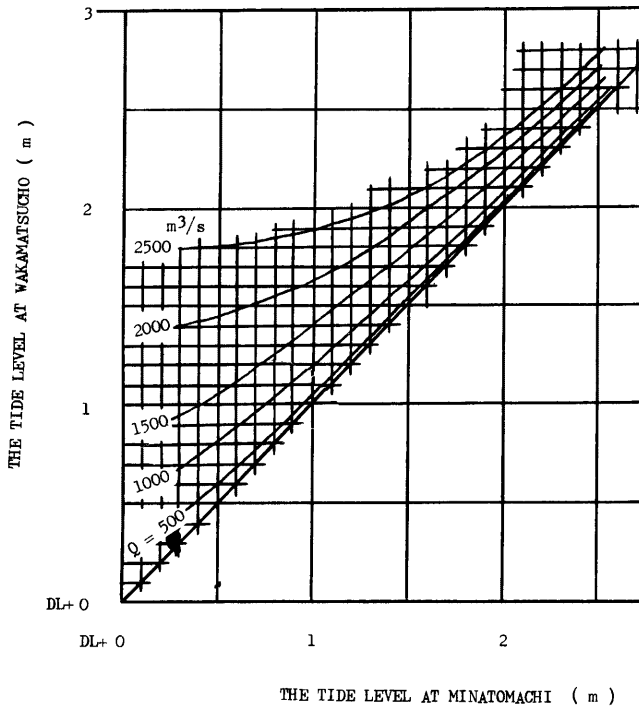


Fig. 6. A diagram for estimating the discharge by the tide levels of Wakamatsuho and Minatomachi.

よりも早くピークがあらわれているようである。これは鏡川からの出水のピークよりも国分川などからの出水のピークがさきにあられたことを示唆している。そして、上に考えたような推定から、鏡川以外の浦戸湾流入河川の当時の流量は $4,150\text{m}^3/\text{s}$ 以下、そして、少くとも $2,008\text{m}^3/\text{s}$ 以上でなくてはならない。

5. 鏡川下流の流量の時間変化の推定

港町と若松町の水位の関連は、鏡川以外の河川からの流入量によっても微妙に変化するが、ここでは、単純に鏡川の流量が支配的であるとすると、港町と若松町の水位の変化から鏡川の流量の時間的変化が近似的に推定できることになる。いま、鏡川の流量をいくつか想定したときの両地点の水位の関係をもとめてみると、Fig.6 が得られる。この図を利用して、9月11日7時から9月13日23時までの鏡川下流の流量の時間的変化を推定すると、Fig.7 の下側の実線のようにになる。この流量推定の妥当性を検討するため、若松町の潮位（上側の実線）および若松町の実測潮位と桂浜の推算潮位との差（点線）を Fig.7 にあわせて示した。この点線と下側の実線とは、ピークのみならず、全体的変化の傾向がよく対応しており、実用上ほぼ満足できる程度の精度で鏡川の流量が推定できたとみてよさそうである。

以上に得られた結果にもとづいて、鏡川下流の流量変動を若松町の潮位と対比しながら検討する。Fig.7 によれば、若松町の最高潮位は9月12日20時10分、D. L. +2.55m となっているが、港町および若松町の実測潮位と桂浜の推算潮位との差のピークはそれよりもおくれで9月13日0時頃となっている。Fig.5 によって推定した流量は潮位が下がりはじめた頃のものであり、また、Fig.7 に示された推定流量のピーク時には潮後の位相としては低下げ潮時に相当している。したがって、Fig.7 の場合には、湾口での流量のうち潮流の成分を約 $2,000\text{m}^3/\text{s}$ とみることは、かなり妥当なのではないかと考えられる。

なお、Fig.2 からわかるように、桂浜の推算潮位に対する若松町の実測潮位の差のピークが9月13日0時頃であるのに対して、港町の潮位の差のピークは9月12日22時から13日0時にかけてみとめられる。これは国分川などからの出水のピークが鏡川下流の出水のピークに先行していたことを示唆するものと考えられ

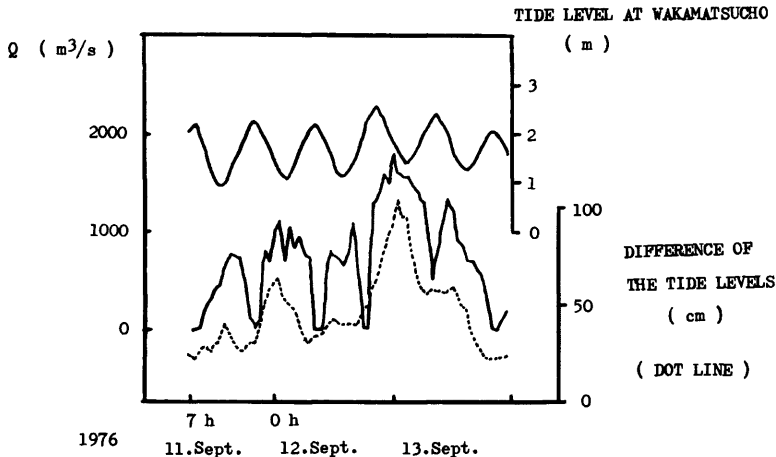


Fig.7. An estimate of the discharge at the down reach of the River Kagami as a function of time.

る。同様なことは、9月12日1時の若松町のピークと9月11日22時の港町のピークについても考えられる。しかし、鏡川以外の浦戸湾流入河川についての資料がないので、その詳細については推測の域を出ることができない。

ここでは、Escoffier 法を適用するため、現象を準定常としたが、外海からの潮汐の影響や鏡川上流などからの出水は、厳密には時間変化項を含めて吟味しなくてはならない。ここに得た結果はその近似解のひとつと考えるべきであろう。

6. 結 言

以上を要するに、湾内に河川が流入している場合の1例として、浦戸湾および鏡川下流部を対象としてとりあげ、潮位のほかに出水による水位の変動を検討した。すなわち、(1) 鏡川下流部の最高水位痕跡記録と若松町の潮位ピークとから、開水路の流れに関する Escoffier 法を利用して、当時の流量は約 $1,850\text{m}^3/\text{s}$ と推定した。(2) 浦戸湾内の潮位のピークを説明できるためには、鏡川以外の河川流および湾口の潮流を考慮しなくてはならない。(3) 鏡川下流で河道を通して浦戸湾に流入した流量の時間的变化を、若松町と港町との潮位を利用して推定し、ピーク流量は若松町の潮位がピークの時刻よりも2~4時間おくれてあらわれていると考えた。(4) 鏡川下流の推定流量が、若松町の実測潮位と桂浜の推算潮位との差に対応して変動していることを明らかにした。

本文では、現象を準定常として検討したが、厳密には時間変化項を考慮にいれなくてはならない。そのほか残された問題については、別の機会に詳細な検討を加えたいと考えている。

本研究をとりまとめるにあたり、有益な御意見と御討議をいただいた京都大学防災研究所角屋睦教授ならびに御激励をいただいた土屋義人教授（現在西オーストラリア大学客員教授）に心から感謝の意を表す。本研究は、昭和51年台風17号による災害調査の成果の一部であり、現地調査には、京都大学防災研究所角屋睦教授、岡太郎助教授、永井明博助手と同行し、また、高知大学農学部上森千秋教授、近森邦英助教授、その他多数の方々に御世話になった。また、建設省高知工事事務所および高知県土木部からは本研究の遂行に必要な、そして、貴重な資料をいただいた。ここに記して感謝の意を表す。

参 考 文 献

- 1) 中島暢太郎：昭和51年台風17号による災害調査報告，自然灾害特別研究 (1)，1977，pp. 68-87.
- 2) 岡太郎・角屋睦・永井明博：昭和51年台風17号による鏡川洪水災害と考察，京都大学防災研究所年報，No. 20B2, 1977，pp. 201-215
- 3) 防災研究協会：浦戸湾流入河川の背水効果に関する研究，1968，pp. 1-9.
- 4) 中村重久・岩垣雄一・土屋義人：高知港の津波に関する模型実験 (2) 一津波防波堤の効果と河川流量の影響について一，京都大学防災研究所年報，No. 14B, 1971，pp. 407-413.
- 5) Nakamura, S.: On an effect of river discharge to tsunami in a model of Urado Bay, Proc. Symposium on River Mechanics, 1973, pp. 183-194.
- 6) Nakamura, S.: Transformation of tsunami by river discharge in Kochi Harbour, Preprints of the 2nd International Ocean Development Conference, Vol. 2, C-2-2, 1972, pp. 1303-1314.
- 7) 本間仁：一般水理学（応用水理学上），1956，pp. 94-113.