

戦後の風水害の復元(1)

— 枕崎台風 —

河田 恵昭・御前 雅嗣・岡 太郎・土屋 義人

RECREATION OF TYPHOON DISASTERS IN POSTWAR JAPAN (1)

— MAKURAZAKI TYPHOON —

By *Yoshiaki KAWATA, Masatsugu ONMAE, Taro OKA and Yoshito TSUCHIYA*

Synopsis

Just after the second world war, typhoon 4516 which landed on Makurazaki, Kyusyu island in 17 September 1945 with the atmospheric pressure of 916.4mb generated severe damages in Hiroshima. The nationwide loss of lives due to the typhoon was 3128 and a two thirds of the dead was counted in Hiroshima. The factors which enlarged the damages in Hiroshima are 1) a lack of proper meteorological observation systems, 2) delay of debris and flood control works and 3) A-bombed wide area. They were all influenced by the war which declined disaster prevention potential. Due to the war, the government cut down the budget of land development and draft of civil engineers made the public works discontinuous and discontent.

1. 緒 言

台風、梅雨前線や秋雨前線、あるいは台風とそれら前線の組合せによる豪雨が引き起こす風水害は、わが国の置かれた地理的、地形的条件と深く関係して発生し、現在においても被害を皆無とすることがきわめて困難な災害である。私達の祖先は、手の施しようのない大きな災害を「天災」と恐れた。と言って、彼らは手をこまねいて見ていたわけではない。悲惨な経験を繰り返しながら、たとえば水防の知恵が育まれ、それが災害文化となって伝承されてきたわけである。戦後、気象観測体制、災害情報、治山・治水対策やその他の防災施策が充実し、四半世紀以上も大型台風がわが国を直撃しなかったことと相まって、死者が千人を越すような風水害は幻の災害になろうとしていると言っても過言ではないだろう。しかし、この間の自然災害による被害の減少は、人びとのもっていた災害文化の衰退を伴い、それが台風9119による100余人の死者の発生という形で顕在化しているように思われる。水防という言葉が死語にし、行政の治水のみを頼りとした“おまかせ防災”がますます一般的風潮となりつつある中で、災害先進国として新たな問題に手こずる前触れのような気がする。

このような自然災害、とくに風水害による外力と住民との関係が戦後50年弱を経て、新たな局面を迎えようとしている現在、古典となりつつある戦後続発した大風水害の歴史的な位置づけを、災害科学の知識を用いて行う意義はきわめて大きいことではないだろうか。いずれの風水害もその直後に当時の知識を用いて調査研究され、その成果をして風水害研究の出発点になったことは広く認められている。いまその成果を再度検討して、自然・社会環境の変化との関わりの中で、なぜ大災害になったのかをできるだけ客

観的に評価したい。

さて、戦後の風水害の幕開けとなった枕崎台風は、その被害の大きさに比べて資料が少なく、いわばまぼろしの災害といわれている。しかし、戦後この台風につづく大型台風の襲来と風水害の集中は、ほかの時代と違うこの時代の何かを特徴づけており、この意味で枕崎台風の実態を明らかにすることは重要であると考えられる。

この台風は1945年9月17日に鹿児島島の枕崎付近に上陸した。枕崎測候所における実測最低気圧値は916.4 mbであり、これは1934年の室戸台風時の室戸岬における上陸時の最低気圧の世界記録911.7 mbに匹敵し、戦後最大級の台風であった。その上陸後の経路は観測体制の不備もあって詳細にはトレースされていないが、枕崎に上陸後、九州の大分から瀬戸内海に入り、北東に進み、広島付近から米子付近を通過して日本海に出た後、さらに東北地方を横断し太平洋に進んだことが判っている。そのため、ほとんど全国各地に20 m/s以上の暴風と雨をもたらし、死者2081人、行方不明者1047人、負傷者2330人という、大規模な被害を発生させた。とくに、広島の死者・行方不明者は2千人近くとなり、枕崎台風における全死者・行方不明者数の約60%も占める非常に大規模な被害が起こっている。これほどの災害がなぜ広島に集中して起こったのだろうか。

枕崎台風による風水害の復元をする際に忘れてはならないのが、その時代的背景であろう。それは、1945年8月15日に終戦となり、その約1カ月後に枕崎台風が来襲したが、全国的に通信網が空襲によってすでに不完全であり、台風の予警報体制もほとんど機能せず、不意打の災害であるということである。そのため、台風の勢力が強かった九州、四国、中国地方は、大被害を受けた。とくに広島は、8月6日に世界最初の原爆の被害を受けたという非常に特殊で悲惨な状況に置かれており、その被害の要因には、気象予報に関係する通信網が不完全であるほかに別の被害拡大要因があるように思われる。すなわち、被爆を含む戦争の影響がこの災害の規模に大きく現れていると推定される。そこで、本研究では、広島の中でもとくに被害の大きかった、呉、大野町丸石川流域における土石流災害及び太田川の洪水氾濫災害の実態とその拡大要因について、資料に基づく解析を行うことにした。

これらの災害の概略は、次の通りである。呉における死者は1154人で、そのほとんどが土石流災害で亡くなっている。また、大野村には、当時、土石流を発生した丸石川が敷地の中央を貫流する大野陸軍病院があったが、土石流のために180人近くの人々が亡くなっている。その中には、京都大学原爆災害総合研究調査班の11名をはじめ被爆者約100名が含まれていた。太田川の洪水氾濫災害では、可部から広島に至る堤防が随所で欠潰し、20以上の橋梁は流失して、可部町より広島市に至る間は一面海原のようになったと伝えられている。

広島では、被爆、枕崎台風来襲という最悪の事態が立て続けに発生し、非常な混乱に陥ったことは想像に難くない。戦後の大風水害の幕開けとなった特徴的なこの台風災害について、これまでの資料の少なさから、その実態はあまり明らかにされてこなかった。そこで本研究では、できるだけ多くの資料を収集して再整理し、従来の資料と合わせて解析して、枕崎台風による災害の実態を復元し、このような大規模な人的被害がどうして発生したかについて考察する。

2. 枕崎台風の気象特性と被害概況

2.1 枕崎台風の気象特性

(1) 台風の発生及び経過

『わが国の災害誌』¹⁾に従って、気象概況を示す。1945年9月12日10時頃、北緯13°、東経148°付近で台風が確認された。12日22時頃サイパン、グアム島間を通過してから中心示度は1002 mbと分かり、その位置も正確に捕捉されるようになった。その後は、次第に発達しながら Fig. 1 に示した経路を通り、

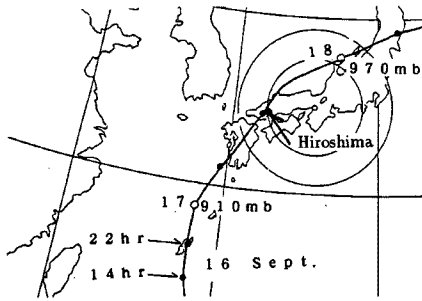


Fig. 1. Track of typhoon 4516.

九州南部から東部にかけて 35 m/s 以上、さらに細島では 51.3 m/s、瞬間最大風速は 75.5 m/s であったという。

大分付近で約 946 mb 程度を示した主台風は 19 時 30 分頃より伊予灘を通過して広島に進んだ。このために四国及び中国では 20 ~ 25 m/s の暴風となった。途中適当な資料はないが、台風の原因は徳山、柳井間を通ったと考えられている。佐田岬では副台風が付近を通過し、940 mb 以下で最大風速も 50 m/s であったという。

広島における気象資料は Fig. 2 に示すようであり、最低気圧 961.2 mb は 17 日 22 時 43 分に観測されていて、この頃一時風が衰えている。また風向は順転している。中心は広島管区気象台の報告によれば広島西方 15 km を通ったという。中心付近の気圧変化は甚だ緩慢な変化である。興味をひくことは最低気圧を示した後 3 時間位して 30 m/s の北風となっていること、最低気圧時を示した頃、急に強くなり又弱まっている点である。被害の状況については別に述べるが、この台風では、風速が九州程強くないのに広島における被害は実に大きかった。

広島付近通過後北北東に進み、中国地方に 20 ~ 30 m/s の暴風雨を伴いながら中国山脈を横断して米子、松江付近を 18 日の 0 時 40 分過ぎに通過して日本海に出た。その後、18 日 6 時頃、能登半島西側を経て北東進し、11 時頃、新潟と酒田との中間地点で東北地方に上陸、横断して、14 時過ぎに宮古、釜石間より太平洋に出て東北東に去った。その頃は 986 mb の熱帯性低気圧程度に弱まっていた。しかし、暴風は、ほとんど全国的に最大風速 20 m/s を記録した。

(2) 降雨状況

9 月 16 日より 18 日までの 3 日間の各地の日雨量分布は Fig. 3 に示す通りである。降雨量の多い地域は風上側に見られ、室戸台風の場合と同じである。

この台風の上陸地点の枕崎付近は、雨量は 130 mm 程度であって、最多総雨量は四国山脈の両側のこの山脈をはさむ南北地域で記録されている。北側の中心は愛媛県千足山付近で 886 mm、南の中心は、高知県津郡大野見付近で 680 mm である。そのほかに、局地的に多雨域がある。地域別にみると、九州地方は、宮崎県神門の 550 mm で最高を示しており、300 mm 以上の多雨域は、宮崎県市房山の東麓、大分県の南部、由布岳付近及び、背振山脈西側である。一般に、九州山脈の東側、北九州はほかの地域よりも雨が多く 200

16 日ラサ島南西に到着した頃は 960 mb 以下と推定された。その後、16 日夜半沖繩本島付近で転向し、速度を次第に早めながら平均速度 35.7 km/h で北東に進み、17 日 14 時過ぎ九州南端に到着し、14 時 35 分頃枕崎付近に上陸した。

台風の中心示度は上陸当時最も低く、枕崎測候所の後日提出された報告書によると、枕崎の実測最低気圧は 916.4 mb であることが明らかになった。15 時頃には枕崎付近に中心があり、鹿児島付近まで 42 km/h で進行し、都城付近まで 75 km/h とかなり速くなり、東岸に沿って経路が曲折している。しかも、この台風は主副混合の台風であると見られており、九州各地はこの台風のために暴風雨となり、最大風速は

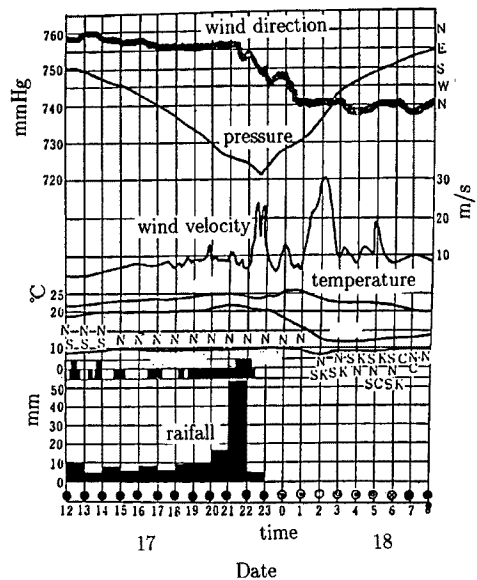


Fig. 2. Meteorological conditions in Hiroshima.

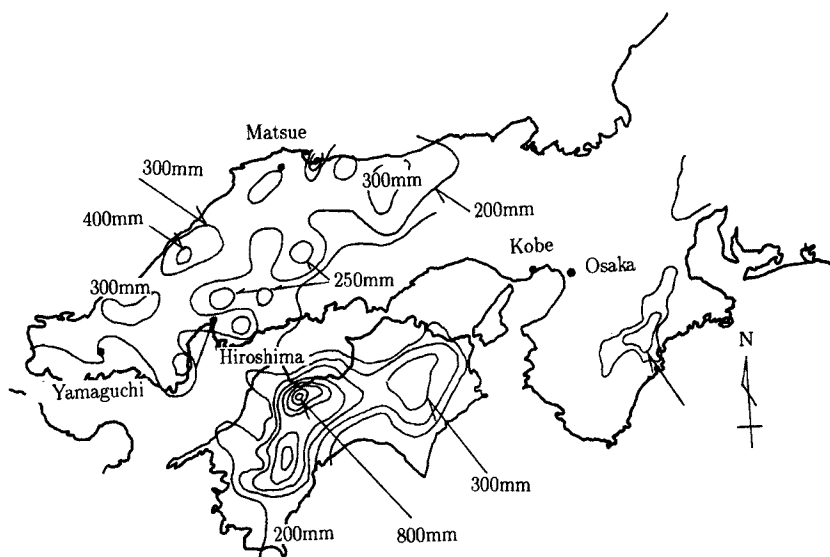


Fig. 3. Total rainfall in 16 to 18 September 1945.

mm以上となっている。

中国地方は、島根と広島県境の阿佐山北麓及び、出雲、三国山、津山を中心とする、島根、岡山県境地方等が300mm以上であったが、ほか、山陰地方に多く、瀬戸内海地方は少ない。

近畿地方は、大台が原付近に、300mm以上の多雨域がある以外は、各地とも雨が少ない。中部地方以東も局部的に200mm以上の多雨域があるのみで、いずれもほとんど100mm以下である。

要約すれば、本台風による降雨は、近畿以西に多く、降雨量の多いのは地形性によるものが多いといえる。しかし、被害面からみると、広島では総雨量が200mm程度であり、必ずしも多雨域とは言えないが、土石流・洪水により、甚大な被害が出たことから、何らかの被害拡大要因があったことを思わせる。

2.2 広島における気象状況

前節で示したことに加えて広島における特徴的なこととして、最大風速は18日2時10分に30.2 m/s(北風)、最大瞬間風速は18日2時5分の45.3 m/sである。広島地方では、8月末からまるで梅雨のように、降り続いていた雨に加えて、今度の台風の雨で被害は大規模になった。台風による雨は、16日4時42分から降り始め17日23時15分に降り止むまでの総降水量は218.7mmで、17日の日雨量は195.5mmである。雨が最も強かったのは17日21時7分から22時7分までで57.1mmにも達する。西条町付近では15日10時から16日10時まで407mm、16日10時から17日10時まで100mmを突破してそれ以後は、露場浸水のため測定できなかった。広島県各地の2時間雨量をFig. 4に示す。この他に府中、波木においては17日10時から18日10時の日雨量は、それぞれ111.0mm、110.8mmであった。

2.3 広島における被害概況

被害の最もひどかったのは、広島、呉市及びその周辺で、死者1199人、行方不明者897人、負傷者1048人を数えた。とくに被害のひどかった太田川の洪水災害と呉及び大野の土石流災害の概況を示す。

(1) 太田川流域: 今回の枕崎台風がもたらした豪雨により、1943年9月の西原地点での既往最大洪水流量6000 m³/sとほとんど同程度の約5800 m³/sとなり、太田川水系全体で、死者13人の被害が起こったといわれる。可部町付近では、17日の夜半頃、太田川の堤防が屈曲部で欠潰したのに続き、堤防は至るところで欠潰し、橋梁は流失して可部町から広島市まで大洪水となった。

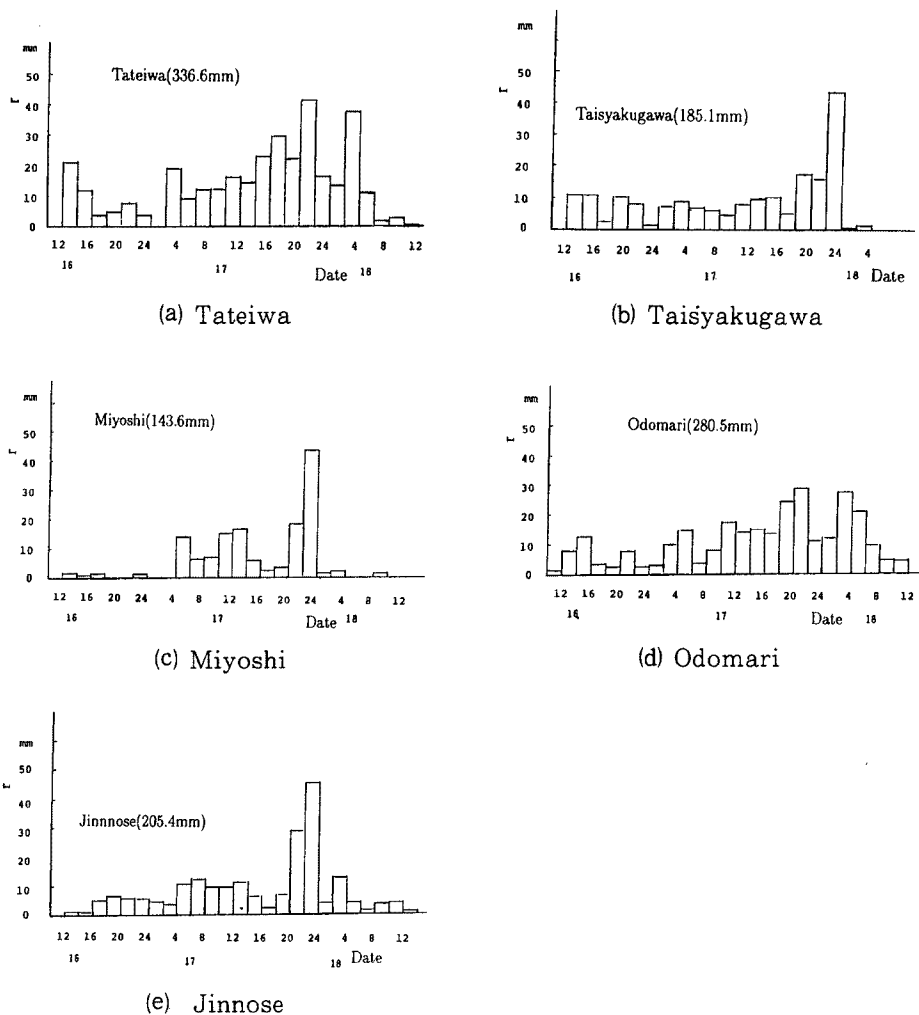


Fig. 4. Rainfalls in every two hour.

(2) 呉市：ここは元来降雨の少ない地域で1894年（明治27年）より1944年までの最大日雨量は1910年（明治43年）9月6日の162.5mmであったが、今回の17日の日雨量は185.1mmとなり4時間に113.3mmとなっている。そのため、呉市のほとんどの地区において溪流河川が氾濫し、土石流が市街地を襲い、死者1154人の大惨事が発生した。

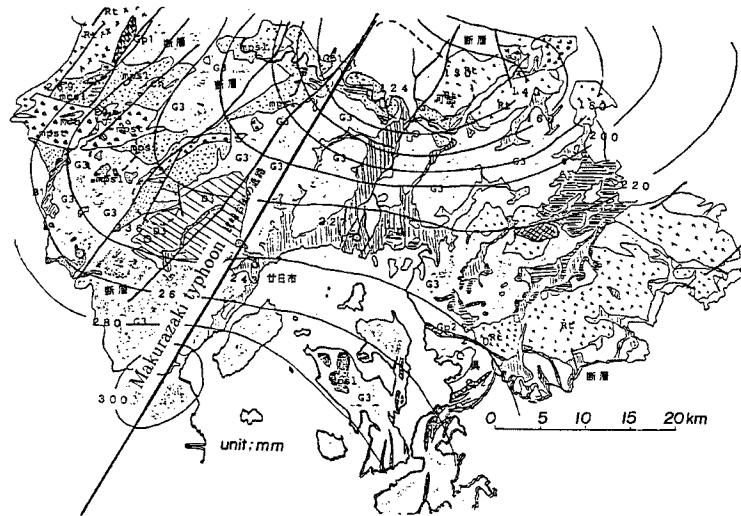
(3) 広島西部：この地域は、山が海にかなり迫っており平地が少ない。そして、山も後述するような理由から荒れていたと言われる。8月下旬に降り続いた雨と枕崎台風による暴風雨のために、厳島、玖波及び大野地区で、巨大な岩石と共に土石流が一挙に下流を襲い、大規模な被害となった。とくに大野では、原爆被爆者を収容している大野陸軍病院が土石流に襲われ、京都大学関係者11名を含む約180人が亡くなった。

3. 広島における土石流災害の実態

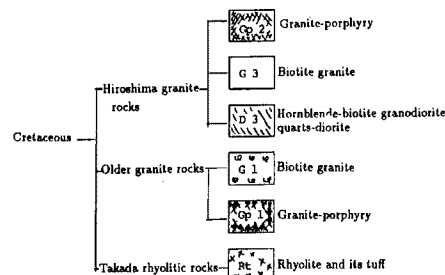
すでに、2.3で指摘したことからもわかるように、枕崎台風による広島での死者数のおよその割合は、土石流を含む土砂災害が2/3、洪水災害が1/3となっている。このように、土砂災害の犠牲者が多かったことが枕崎台風災害の1つの特徴といえる。そこで、ここでは1つの土石流で多くの犠牲者を出した大野と、多くの土石流が面的に発生した呉を対象として、その実態を明らかにする。

3.1 地形・地質特性

Fig. 5は「広島県地質図」²⁾から、とくに太田川流域と大野及び呉付近のものを取り出して描いたものである。この図には総雨量の分布も重ねて示してある。これから、本台風時に大規模な土石流が発生した大野の丸石川、呉の諸河川、厳島の紅葉谷川（これによって厳島神社が被災した）、江田島の切串に流入する長谷川のいずれの流域も白亜紀広島花崗岩類の黒雲母花崗岩からなっている。通称マサ土と呼ばれる非粘着性の土となる風化花崗岩であって、広島県の花崗岩の分布面積は、全国一であることはよく知られている。このため、植林が容易でなく、その効果が発揮されるまでに長年月を要することから、一度伐採すると林相の回復は極めて困難であると言われている。これら花崗岩には網目状の節理が発達しやすく、



(a) distribution of geology



(b) classification

Fig. 5. Geology in Hiroshima.

経年変化、いわゆるマサ化と呼ばれる変形を経て砂状になる一方、節理がないところは直径数mの岩塊として残ると指摘されている。これらの岩塊の崩落は小さな砂防堰堤を破壊するエネルギーをもっているといわれている。

マサ土のもう1つの特徴は、透水係数が大きいことであって、そのため風化が花崗岩層の深部まで達し、一度移動を開始すると移動層の厚さが大きい、すなわち大量の土砂の流出につながることである。降雨毎に裸地斜面などから侵食された土砂が溪流に堆積し、豪雨によって山崩れが引金となり、これらが一気に下流に流出するのが典型的なマサ土地帯の土石流のパターンといわれている。

3.2 大野における土石流災害

枕崎台風時に丸石川で大規模な土石流が発生して、下流部の大野陸軍病院を直撃した。その結果、病院の職員と患者156名が死亡し、そのほかに京大関係は11名を含む約20名の犠牲者が発生した。被災前後のいきさつについては、柳田邦男著の『空白の天気図』³⁾に詳しいが、ここではまず丸石川の土石流災害の歴史を述べ、つぎに、被災に至る過程を時系列的に記述して、この土石流災害の復元を試みる。

(1) 丸石川の流域特性と土石流災害の歴史

丸石川は、北部の経小屋山（596.6 m）に源を発する流域面積0.618 km²の典型的な小河川である。現在でも、丸石川は河道幅約1 mの平水量がわずかに認められる溪流河川であり、上流部では水無し川となっている。そしてその周辺にはマサ土からなる裸地斜面が点在し、降雨時に活発な土砂の排出を示すようなガリが発達している。

Fig. 6は丸石川の縦断勾配を示したものであって、およそ3つの勾配の異なる河道から構成されており、上流部では0.461、中流部では0.212、下流部では0.133の河床勾配となっている。このように、上流部では平均的な傾斜角が24.7°であって、角度から見るかぎりほかの土石流危険地帯の河川の場合に比べてむしろ小さく、それほど特記すべき河川とは言えない。

さて、丸石川における災害の歴史であるが、大野町誌⁴⁾に、つぎのような記録が認められる。

1) 1804年（文化元年）8月19日：大風大洪水、毛保川、小田の口川、水口川、中山川の4箇所の大橋が落ち、四十八坂、丸石から鴨川まで山崩れ12箇所（松原丹宮扣書）。

2) 1886年（明治19年）9月17日：暴風雨、丸石山崩れ、流失4戸、死者12人。これら以外に丸石川と特定できる記載はないので、両記事から判断されるところでは、いずれも台風の暴風時に土石流が起こり、その発生間隔は80年程度となっている。枕崎台風の来襲は1945年であるから、前回から約60年後に再び土石流が発生したことになる。この事実は災害の履歴性を示すものであって、丸石川はこれまでも土石流災害を繰り返し発生してきたといえる。溪流や上流域にマサ土が堆積し、それが台風時の豪雨で一気に土石流となるのにこのように数十年を要しているわけである。「丸石」という地名の由来は明かではないが、山から石が落ちてきやすいところと解釈できないこともなく、相当古くからこのような災害を繰り返していたのかも知れない。

(2) 大野陸軍病院の概要と枕崎台風時の被害発生の時系列

菊池⁵⁾と山岸⁶⁾による報告書などに基づいて、土石流被害を受けた大野軍病院とその被害の経緯の概略を示す。大野陸軍病院は、太平洋戦争に入る前は広島赤十字病院の結核療養所であって約800床を有していたといわれている。辺地にあるにもかかわらず設備が大変良く、背後の山上に貯水池を設けて水道の施

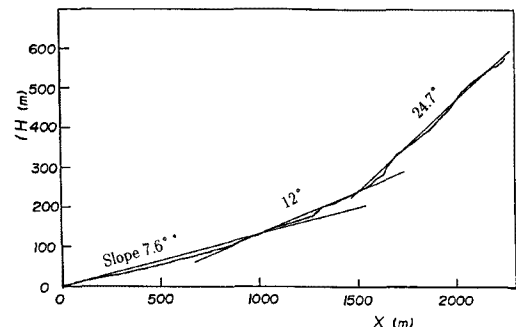


Fig. 6. Longitudinal slope of the Maruishi river.



Photo 1. Oono Army Hospital.

設があり、病理試験室や解剖台を2台備えた病理解剖室も備わっていた。その位置は瀬戸内海の宮島と向かい合っており、景勝の地であって、いつから陸軍に移管されたかは明かではないが、移管はこのような理由によるところが大きいと述べられている。病院の建物の配置は、Photo. 1からわかるように、中央と左右の翼の三流れになっている。中央には木造本館（2階建て）に続いて山手へ連なる2病棟と病理検査室などが並んでいる。東西の両翼には数棟の病舎が並列して建てられており、これには結核患者が収容されていた。中央の病棟には枕崎台風来襲時に原爆の被爆者を約100名収容していた。

京都大学原子爆弾災害総合研究班の設立の経緯や調査内容などについては、すでに柳田らによって詳しく記されているので、ここでは被災当時のことに重点をおいて紹介する。当総合研究班は原爆投下直後の広島環境と医療活動などの重労働を勘案して、長期の滞在は無理であると考えられ、総勢40数名からなる3班構成で、順次交代しながら赴任することを基本としていた。したがって、被災した9月17日には、大野陸軍病院に10数名滞在中、前日の16日に到着した物理教室の6名を加えて20名前後の京大関係者が調査に従事していたことになる。

さて、大野に雨量計がないので、東西に位置する広島と岩国の雨量記録と菊池の日記などから大野における降雨状態を推定すると、つぎのようである。雨は16日の正午頃から降り出し、夜半から豪雨になり風も吹き出したと言う。17日も朝から雨であった。その雨も夜に向かって徐々に強くなり、夕方には時間降雨も10mmを超える豪雨になっていた。午後5時頃に本館2階に入院中の中国軍管区参謀長だった松村秀逸少将の診察を真下俊一教授が行っている。この頃には枕崎台風は瀬戸内海に入っており、一段と風雨が強くなっていたはずである。京大研究班はいつも本館2階の西端の大食堂で食事しており、この日も夕食後に前日到着した物理教室の6人を含め、15人を超える関係者が集まっていたと考えられる。真下教授は宿舎である臨海荘（Fig. 7の番号25の建物）に2度も帰ろうと試みたが風雨のために引き返し、結局病院で泊まることに決めたのが午後10時頃と記されている。9時過ぎに土砂降りになったことは対

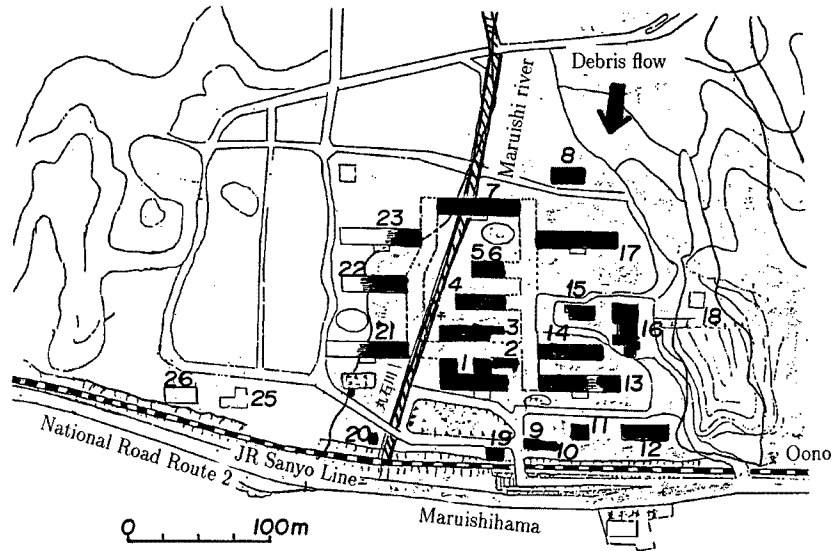


Fig. 7. Debris flow and damaged buildings (black ones).

岸の厳島神社の岡田の証言によっても確認されている（柳田³⁾）。そして、その頃停電し全館真っ暗になったという。土石流が襲った瞬間のことを菊池は、つぎのようにまとめている。『10時20分頃汽車のばく進するような轟音を聞くと共に木の折れる如き音が聞こえ、これに石の打ち合う様な音が混じって聞こえたと思った瞬間、中央の2つの病棟と本館の西半分が壊滅してふっとんでしまった。山津波の襲来であったのである。山頂から濁流が逆落しに落ち来って巨岩、大石が礫の様に流れ落ち、流れ道にあたる家も樹木もうちひしがれて流されてしまった。そして其の濁流は30分程で一過して去ってしまった。実は一瞬の悪夢とも言うべきものであった。班員の居た大食堂は押しつぶされ押し流されて山陽線路を越えて海中に突き落とされて砂に埋もれてしまった。』

そこで、当時の建物の特定は、土石流による被災前後の建物などの写真や、1947年撮影の米軍の航空写真などを参照して行った。死亡した京大関係者11名のうち、9名は本館2階の大食堂、2名は病理試験室にいて被災している。また、それ以外の死亡者のうち約100名は本館で、残りは仮病室になっていた娯楽室での犠牲者が多かったと報告されている。亡くなった被災者は約100名だったといわれる。なお、当時の助役の証言によれば、大野では玉石川流域以外でも大きな山崩れが50箇所程度有り、土石流による全壊・流失家屋は62戸、死者は44名に達したということである。

(3) 土石流災害の復元

まず、丸石川流域の降雨による流量の計算結果を Fig. 8 に示す。計算方法は次章の太田川の洪水流量の推定で用いたものと同じ kinematic wave 法である。ハイトグラフは広島を観測結果を適用した。なお、計算で用いた係数は、すでに1983年の太田川の加計付近におけるマサ土地帯の流出解析で岡⁷⁾が適用性を確認している。この図から、最大流量の6.321 ton/sは午後10時頃に発生しており、前述の証言

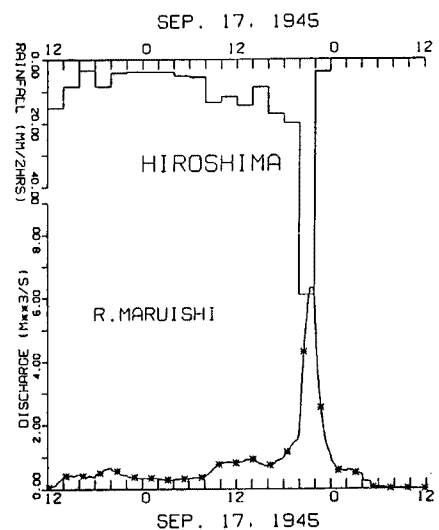


Fig. 8. Discharge in the Maruishi river.

とよく符合している。広島気圧記録から、最低気圧が午後10時40分頃観測されており、そのわずか前に大野に最接近していたと判断される。したがって、午後10時20分頃は風雨とも最強であったと言える。

Fig. 9は1947年9月12日撮影の米軍の航空写真から判読した土石流の痕跡である。枕崎台風当時からほぼ2年を経過しているが、大野陸軍病院の残された病棟などがはっきり確認できる。土石流の痕跡は0.255 km²の面積に及んでいる。一方、当時の災害写真から土砂の平均堆積厚はおよそ1 mと推定されるので、この土石流による流出土量はおよそ 2.6×10^4 m³に達したと考えられる。丸石川の流域面積が0.604 km²であるから、比流出土砂量は 4.3×10^5 m³/km²となる。Fig. 10は水山⁸⁾がまとめた土石流などによる比流出土砂量の関係図であって、これから枕崎台風当時の土石流の規模はこの流域の大きさでは最大級であったといえる。

この土石流は下流の緩勾配の地域(土石流扇状地)で東西に広がったわけであるが、巨礫を含む土石流の主流は丸石川の河道沿いに流下したようであって、そのためにFig. 7に示した土石流の来襲を受けた地域のうち、中央部に位置した中央病棟(番号7)、病理試験室(同3)、本館(同1)が巨礫の直撃を受けて壊滅し、京大関係者や被爆患者の多くの犠牲者を出したと言える。

さて、この土石流は山陽本線と国道2号線を越えて海岸まで達しているが、そのような流動特性を現在の知識で検証してみよう。芦田⁹⁾は崩壊発生地点から停止点までの斜面縦断形をFig. 11のようにモデル化し、土石流の流出距離を次式のように与えている。

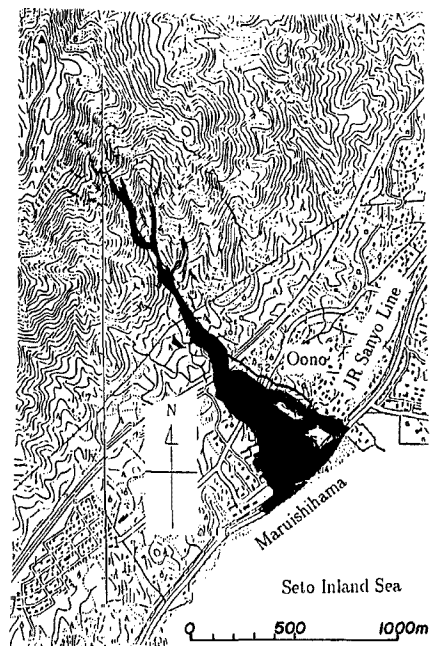


Fig. 9. Tracks of debris flow.

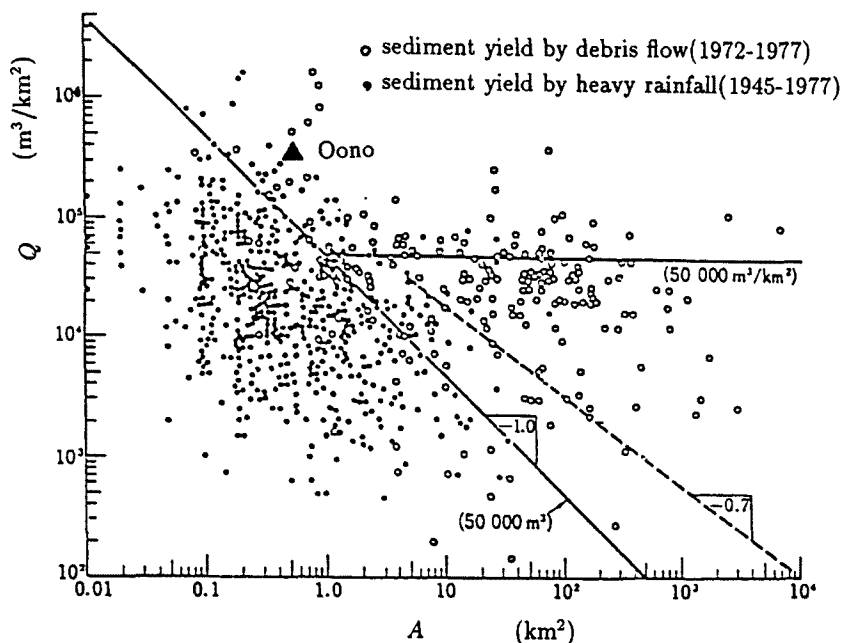


Fig. 10. Sediment yield by debris flow in Oono.

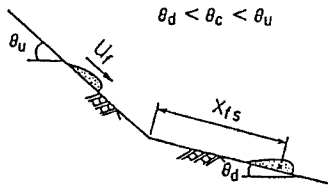


Fig. 11. Modeling of debris flow.

$$\frac{x_{fs}}{h} = \frac{1}{2a} \ln \left(1 - \frac{b_u}{b_a} \right) \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 h は崩土の平均移動深、 x_{fs} は斜面勾配の変曲点から停止点までの距離であり、係数 a, b, f はそれぞれ次式で与えられる。

$$a = \frac{2}{(\sigma/\rho - 1)C + 1} f \dots\dots\dots (2)$$

$$b = \cos \theta \left\{ \tan \theta - \mu_k \frac{(\sigma/\rho - 1)C}{(\sigma/\rho - 1)C + 1} \right\} \dots\dots\dots (3)$$

$$f = \frac{25}{4} \left(\frac{k_v}{k_p} \right)^{-2/3} \left\{ \frac{1-C}{C} \right\}^{-2/3} \left(\frac{h}{d} \right)^{-2} \dots\dots\dots (4)$$

ここに、 C は土粒子の体積濃度、 σ 及び ρ はそれぞれ土粒子と水の密度、 f は抵抗係数である。 μ_k は土粒子の動摩擦係数、 d は崩壊土砂の代表粒径である。式(1)中の b_u, b_a は b の定義式に含まれる θ にそれぞれ θ_u, θ_d を代入することによって求められる。いま、移動深を1mとして、流出土砂の粒度分布がわからないので、代表粒径が1cm及び2cmとして式(1)から移動距離を求めると、494mから1980mとなる。実際にはマサ土の代表粒径がもう少し小さいと考えられることや、ここで適用したモデルは崩壊土砂の変形を考慮していないことを勘案すれば、これ以上の精度は期待できないけれども、およその値として評価するならば、丸石川の土石流は海岸まで達したということがある程度説明できる。

さて、本土石流の危険度は現在の知識で予測できたのであろうか。すでに土石流発生の限界降雨条件が芦田ら¹⁰⁾によって提案されている。これは雨量強度と連続雨量（累加雨量）との関係で土石流の発生を議論しようとするものである。これらは、山陰豪雨災害や長崎災害に適用されたものであるが、ここでは丸石川流域と地質がほぼ同じである風化マサ土の小豆島と太田川流域の加計で求められたFig. 12の曲線の関係の妥当性を調べてみる。図中の折れ線は広島での降雨についての関係であって、この曲線を越える午後10時前後で土石流の発生の危険性が予測される。

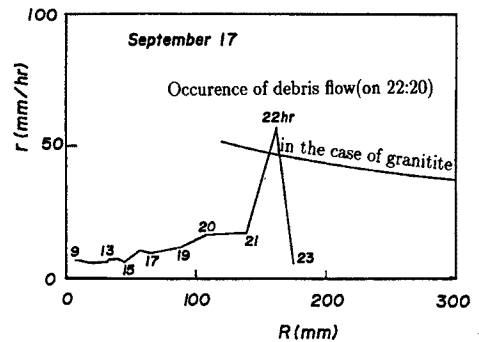


Fig. 12. Prediction of occurrence of debris flow.

これらのことから、枕崎台風時の丸石川で発生した土石流の実態がかなりの程度把握されたと言える。

3.3 呉における土石流災害

呉では、市内に流入するほとんどすべての河川で土石流が発生したと報告されている。ここでは、主として広島県土木部砂防課がまとめた報告書¹¹⁾と米軍が撮影した1947年及び48年の航空写真の解析から、全体的な土石流災害の実態を明らかにする。

(1) 呉の自然・社会環境の変化

呉は、中国山地の端部の安芸山地が瀬戸内海の陥没で生じたいくつかの断層で沈水した沈降海岸に発達した都市である。JR西日本の「呉」駅付近に開けた旧呉市街は、周囲を野呂山(839m)や灰ガ峰(702m)などの山稜に囲まれ、急傾斜で呉湾に迫り、摺鉢状の地形となって平地が極めて乏しい。呉市は1890年(明治23年)に鎮守府が設置されて以来、急激に発達し、1940年の国勢調査では人口28万4千人を数え、終戦間際にはそれが30万人を越えていたと推定され、広島市に次ぐ中国地方第2の都市になった。ところが、本来地形的に平地が乏しいにもかかわらず、軍港に指定されて臨海部に軍需産業が進出してきた結果、住宅は背後の傾斜地に発展せざるを得なかった。そこで、背後の山地の急傾斜地や溪流

の低地を利用したために、排水路の役割をしていた溪流が狭められたり、暗渠に変えられたりしたと言われる。軍港化とともに土石流が早くも1903年(明治36年)に発生し、その後1907年にも襲ったと記録されている。

このように呉では、自然・社会環境の面から大量の降雨があれば潜在的に土石流が広域的に発生する恐れが十分あったと言える。

(2) 被災の実態

呉では土石流が市内各地の溪流で発生し、千名を越える死者が発生したわけであるが、当日の気象を再現してみよう。Fig. 13の破線は9月17日の呉の雨量である。ただし、1967年の梅雨豪雨と比較のために時間軸を合わせてあり、実際の時間はこの数字に4を加えればよい。残念なことに、4時間降雨のデータしかないが、17日の20時から24時までに113.3mmの豪雨となり、それまでにすでに131.3mmの降雨があったので、合計244.6mmとなり、最大日雨量は185.1mmであった。4時間降雨量と最大日雨量は、1894年(明治27年)の呉測候所開設以来の記録であった。ちなみに、前述の1903年のそれらは、それぞれ84.9mmと135.2mmであった。

Fig. 14は浸水域と各溪流での発生死者数を表している。

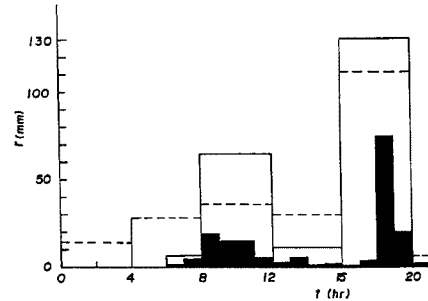


Fig. 13. Comparison of rainfalls in 1945 and in 1967.

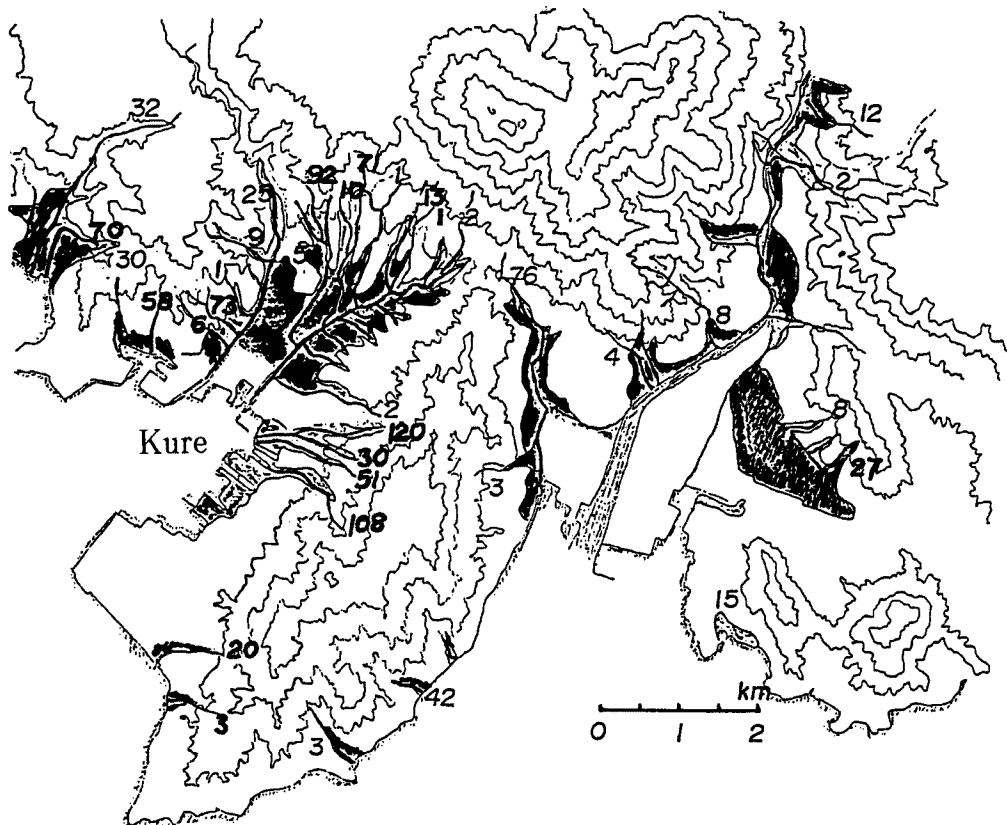


Fig. 14. Flooding area of debris flow and the number of loss of lives.

ここに等高線は50 m間隔である。これから、呉港を望む旧市内で600名の死者を数えており、人口稠密地帯を土石流が襲ったことが裏付けられる。各溪流での土石流発生状況は、被災当時の住民の証言などで明らかにされているが、死者108名を数えた神原川における被災時の模様は、つぎのように要約される。『17日の夕方より豪雨となり、神原川及び支流権暮谷川は洪水となり、濁流は幅1.5 m、深さ1.5 mの水路を溢れ始めた。午後8時には支流の谷にあった家屋が押し流され、本流は水路をあふれ水かさは2 m余りにもなり、水路幅は15 mにもなった。午後10時頃になると雨は益々激しく降り、11時頃に雷のような大音響とともに大土石流が神原川上流で発生し、砂防ダムとプールは土砂で埋まり、支流の権暮谷川の土石流も勢いを増し、プールの下で滝となって落下し、両者合流して下流の谷にあった多数の人家を流失した。水害後の状況から、水深は4 m以上になり、幅50から70 mの土石流が流下したようである。山崩れは権暮谷川の上流（高さ30 m、幅15 m）のほかにもあり、かつ側岸を高さ2 mくらい削り取り、神原川の上流でのいくつかの山崩れが重なって土砂の流出があったという。ただし、神原川の上流による土砂は大部分は下流の砂防ダムと水泳プールで貯留されたので、被害を軽減したと言われる』。呉の土石流では大野の土石流で見られたような巨礫を含むものはわずかに仁方港に流入する錦川の支流の大津江川のみで報告されており、ほとんどのものは土砂中心の土石流であったようである。

呉では、山崩れが土石流の引金にほとんどの場合になっており、そこで米軍の航空写真から、崩壊地を取り出したものが Fig. 15 である。これから標高100 mを越えた山地では無数の崩壊地が認められ、しかも山地にかなり一様に分布していることがわかる。その上、山岳道路に沿って小規模の崩壊が線状につながっており、崩壊の個数のみでは荒廃の程度を必ずしも表し得なくなっている。この崩壊地のどの程度が枕崎台風の豪雨で発生したのかはわからないが、当時594箇所が確認されている。そこで、矢野ら¹²⁾が

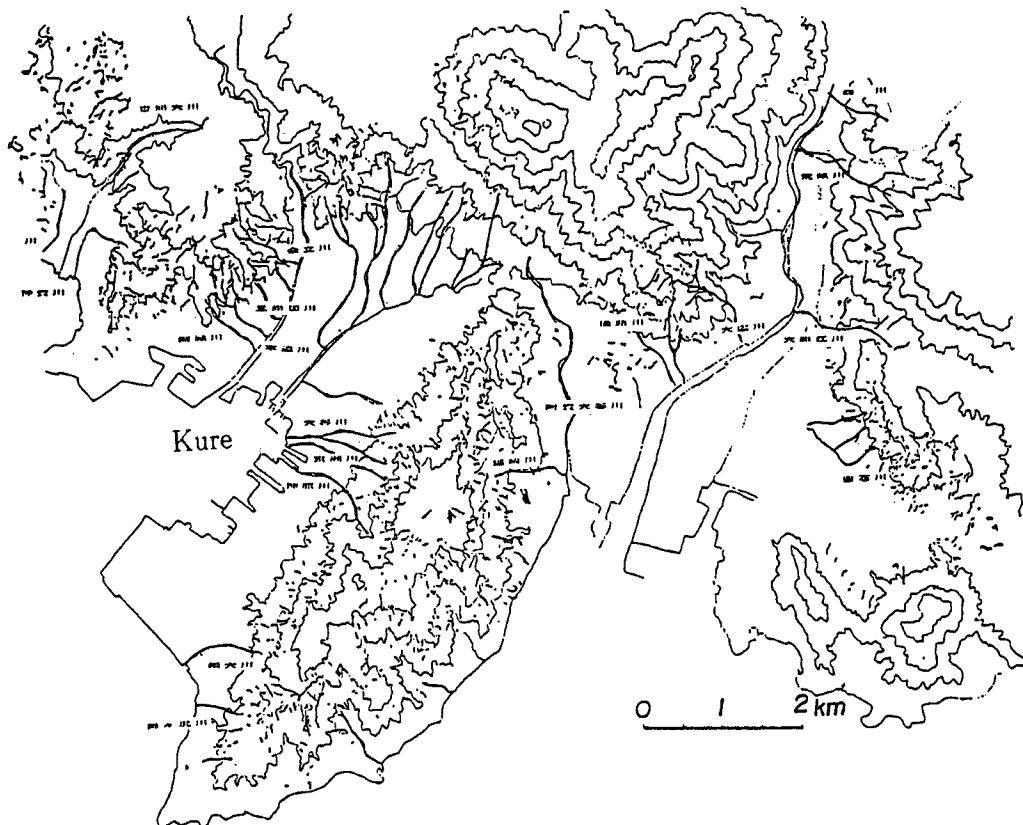


Fig. 15. Distribution of landslides.

1967年の呉の梅雨前線豪雨で求めた山崩れの個数と有効雨量の関係に枕崎台風の場合のデータをプロットしたものがFig. 16である。これから、従来の山崩れのデータから求めた図中の直線の関係に枕崎台風のデータがほぼ適合していることが見いだされる。枕崎台風の場合、残念ながら雨量強度やいつ山崩れが発生したのかについての情報がないので、詳細な関係が議論できないが、1967年の場合と比較するために、4時間降雨に再整理してFig. 13に実線で示した。これから、1967年の場合総雨量は305.5mmで枕崎台風の場合の約1.5倍であり、かつ、雨量の集中度が高いけれども、山崩れの個数が減っていることが見いだされる。

(3) 呉の土石流災害の特徴

呉のように町並みが山肌に沿って広がり、渓流の低地に人家が建てられているような状況では、土石流の発生点と被害を受ける地域が極めて接近しているといえる。山岳部で土石流が発生する場合、中流部は土石流の発達する領域であり、ここで被害を受けることはほとんどなく、下流の土石流扇状地の集落が直撃されるのが通例である。しかし、呉の場合、中流部に当たる部分がすでに市街化しており、しかも流れに対して阻害することになるので、仮に山崩れなどで土石流が発生すると、中流部では人家や都市施設を巻き込みながら高速で流下する現象が生じることになる。したがって、犠牲者は下流部だけでなく中流部でも多く発生する危険性がある。同じように土石流災害を蒙ってきた神戸の場合には呉ほど渓流の中流部に人家が密集するというようなことはなく、土石流の規模の割には呉よりもかなり犠牲者数が少ないのはこのことに原因していると考えられる。

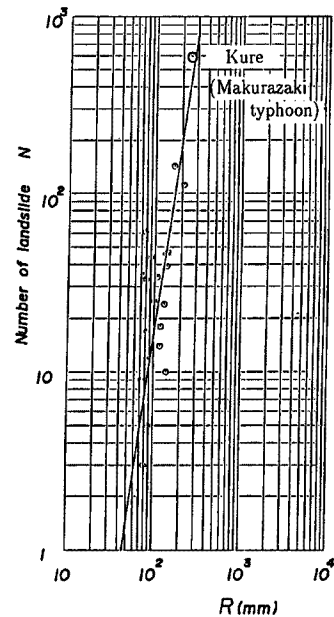


Fig. 16. Relationship between total rainfall and the number of landslides in Kure.

4. 太田川における洪水災害の実態

4.1 太田川の改修・災害略史

太田川は、Fig. 17に示すように、佐伯郡吉和村の標高1339mの冠山に源を発しており、戸河内町、加計町、可部町など、1市6郡を経て広島平野に達し、本川・猿猴川・京橋川・元安川・天満川・福島川・山手川に分流し、瀬戸内海へ注いでいる。全流域において非常に多くの支流を有する為、流域面積は1690km²、幹川の流路延長は104kmにも及び、中国地方最大級の河川である。

太田川によって、形成された広島平野は9000haの広さを持ち、その内、太田川分水堰付近から南側に開く部分は約3600haの面積を占めており、広島三角州と呼ばれている。この面積は、当地が広島として新発足した16世紀末頃には、現在の約3分の1にすぎなかったが、その後江戸時代に入り城下町建設が急速に進められ、それに伴う臨海低平地の干拓工事により、次々に新開地と呼ばれる土地が造成され、江戸時代中期には現在の広さを有するに至った。

太田川は、農業・工業用水、上水道、発電、その他の利水面でも大きな恩恵を与えている反面、上下流域の盆地や広島平野で氾濫すると、後述する理由から流域住民に大きな被害を与えてきた。そのことが、古くから改修工事が行われてきた原因である。そこでまず、どのように改修工事が行われたかを資料(『太田川改修30年史』¹³⁾)に基づいてまとめ、ついで、その災害史を述べる。

(1) 太田川改修略史

1) 1880年頃(明治維新頃)以前

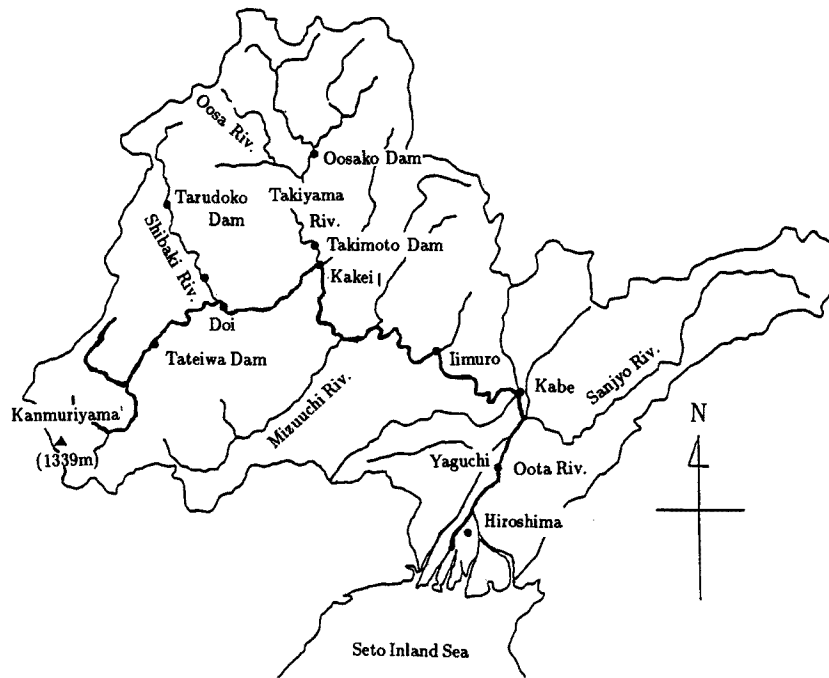


Fig. 17. Basin of the Oota river.

中世において、本川下流部の現在の広島市の付近一帯を「潮干の浜」と呼び、太田川はその砂州の間を流れていたため、その海側に土砂が堆積し「五か村」と呼ばれた村落を形成した。その後、1589年（天正17年）、毛利輝元が、「五か村」のうちでも箱島の南に位置する最も大きい島の北部に築城し、その地を「広島」と名づけた。以後、城下町が形成されるに従い、人工的に築堤されるようになって、急激に新開地が増大した。これは同時に、太田川の水の脅威すなわち、洪水や高潮から城下町を守る為の護岸・築堤工事の始まりでもあった。

最初、治水工事は、ほとんど藩の事業であった。1653年（承応2年）の大洪水の後の復旧工事では、築堤の工事が、城郭を守ることを優先したため、各支川とも城郭側の堤防をその対岸の堤防より高くし、異常出水の場合には対岸の堤防を越水させるという治水対策を採用していた。しかし、後に、藩の財政困難が増すにつれて、治水工事も町民にゆだねられていったといわれる。また、太田川の活発な土砂の堆積作用は、広島城下における町民による新開地を形成拡大する原因となったが、そのことは同時に河床を高くし、天井川の形成に結び付くものとなった。これは、平水時には舟運を害し、出水の時には氾濫の危険を増す原因となったので、河床を低くする浚渫工事も早くから行われていたと推定されている。

河道改修としては、福島正則の時代に行なわれた城北川（西は現在の三篠橋の下手より東流して神田川に合していた）東西口の閉鎖が最初で、これによって、西口に樋門を設けて水流を制限し、東口に堤防を築いて河水をさえぎったので、本川の出水時に城郭に害を及ぼすことがなくなった。次に、1645年（正保2年）には、古川の埋め立てがある。これは、古川の河床が次第に高くなり、天井川として有害無用の存在となっていたため、堤防を築いてそこに流入する神田川の水を遮断し、旧河道を埋め立てたわけである。さらに1842年～1843年（天保13年～14年）には、太田川筋大芝堤防付近に水はねのための一種の堰である石柵が設けられ、太田川の水がそれにより、猿猴川・京橋川に大部分分流することになり、その後、「一本木の鼻」にさらに石柵を作り東派川へ3割、西派川へ7割の水を人為的に制御して流すように工夫したと言われる。

このようにして、16世紀から18世紀頃までは、水害を最小限にいとめるための河口デルタの整齊と浚渫、堤防の補強、越流堤の築堤等と言った治水対策が行われたようである。

2) 明治時代以後

明治時代に入ると、河口デルタの上に市街地が発展し、都市機能が充実するに伴って、水害を防止するという立場から、むしろ洪水をできるだけ早く海に流す方法が採用された。

1889年(明治22年)河川法によって主要河川の改修工事(高水工事)は国が実施することとなったが、1910年(明治43年)10月の臨時治水調査会において太田川は、急を要する第1期計画の対象河川から外されて第2期計画のそれに入られており、1921年(大正10年)6月の第2期治水調査会においても第2期計画の対象河川となっていた。しかし、1874, 1884, 1893, 1900, 1902, 1905, 1916, 1919, 1923, 1928年というように、広島は短ければ4~5年毎に洪水に見舞われ大被害を受けたので、地元民は太田川の改修を熱望し、広島市は内務省に陳情し、結局、1932年に国直轄で工事が始められるようになり、内務省太田川改修事務所が1933年4月に設立された。

当初の治水計画は、山手川の拡幅と福島川の一部を利用して放水路を開削することによって、本川の最大計画洪水流量を4500 m³/s(1919年(大正8年)7月8日の出水について痕跡や流出解析等から決定)とし、従来の旧市内河川に1500 m³/s、新開削の放水路に3000 m³/sを分流することであった。これに伴って、河道の縦横断測量が行われ同時に1/2500の平面図も作成されたが、その測量図は、残念ながら原爆によって焼失した。しかし、1941年に入り太平洋戦争が始まると、こうした公共事業の推進は、予算的にも人材的にも困難となり、緊急を要する軍の施設の拡充、新設に協力しなければならなかったといわれている。このような状況下でも少しずつ工事は進められてきたようであるが、決定的に戦局不利になった1944年6月、工事一時中止を余儀なくされた。それまでに、福島川の左岸で、50 mあるいは30 mと断片的に数カ所築堤されたことが当時の関係者の証言で明らかにされている。そして、1944年から1945年にかけては、同事務所の仕事の大半は市内の防空壕作りに費やされ、河川改修は一切行われなかったと報告されている。その予算も1944年に事務所の維持費のみで、太田川は中止河川となった。そして、1945年8月6日、広島は原爆投下によって一切の記録類が焼失し、同時に内務省職員も45人殉職した。

終戦を迎え、太田川改修計画は新しい問題に直面したといわれる。それは、原爆投下により広島市内が焼け野原となり、被爆者がすでに買収済みであった放水路用地へ住み着いたために放水路の位置の変更問題が生じ、ついには、放水路工事中止が地元民に要望されたことである。この問題を解決するための太田川改修事務所関係者の努力の末、1946年に、改訂案が作成された。それによれば、河道は、1943年、45年の大出水が最大計画洪水流量4500 m³/s以上であったことから、最大計画洪水流量は6000 m³/s(従来の市内派川に2000 m³/s、放水路に4000 m³/sを分流)とするものであった。しかし、前記の事情により放水路工事は遅々として進まず、1948年に至るまで用地買収協議並びに放水路計画の検討が重ねてなされたといわれる。しかしながら、放水路工事は広島百年の大計であり、これなくして広島市を水害から守る方法はないという関係者の強い信念があり、計画実施が着々と進められ、1948年8月28日、広島県知事は、太田川放水路工事の再開を宣言した。

1950年に入って用地買収が軌道にのり、放水路工事も工事中止以来実に6年を経て本格的に再開された。その後、放水路工事に重点を置き、1965年には放水路が竣工し現在に至っている。

このように、太田川改修の歴史は、自然との戦いの歴史であり、原爆被災との戦いの歴史でもあった。つぎに、風水害の歴史をしてみる。

(2) 災害略史

毎年、わが国では台風と梅雨前線によって多量の降雨がもたらされる。これらは、時として甚大な被害を起こす。太田川流域も例外ではなく、むしろその氾濫による水害は、流域面積が大きいだけに規模が大きい。ここではその災害史を略記する。

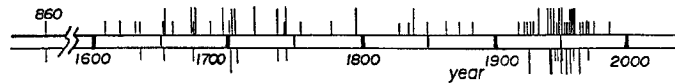


Fig. 18. History of occurrence of flood disasters in the Oota river.

1963年以前の記録に残されている主要な洪水災害は、Fig. 18に示す通りであり、これまでに約80回となっている。その中で、1900年以降の大規模な出水は、1919, 43, 45年（枕崎台風）、戦後では1950年（キジャ台風）、1951年（ルース台風）のときに発生している。この中で、枕崎台風来襲時までの既往最大流量は、1943年に記録されており、西原地点で最大流量は $6700 \text{ m}^3/\text{s}$ と推定されている。なお、図中の長い方の実線は死者が発生した場合に対応している。これを見ると、1950年前後に災害がとくに集中していることが見い出される。

4.2 流域特性

(1) 地質の概況

太田川流域の地質は、すでにFig. 5で示したように、上流部は、大部分、秩父古生層および花崗岩であり、中流部は花崗岩のみ、下流部は洪積層となっている。秩父古生層地帯である佐伯郡水内川や筒賀川流域周辺は、粘板岩が主体となっており、これに角岩、石灰岩、礫岩を伴い、構造が著しくじょう乱して花崗岩の接触変質を受けているといわれている。その他は花崗岩や閃緑岩、花崗斑岩などである。これから流域の上流部に風化花崗岩地帯が圧倒的に多く、降雨によって多量の土砂の流出を可能としている。

(2) 地形特性

太田川的全流域面積は 1690 km^2 である。この周囲を冠山（ 1339 m ）を最高峰とする9座程の 1000 m 内外の山岳が囲み、さらに高低多数の山々がとりまいて多くの溪流を作っている。第三紀の終わり頃、これらの山々は老年期に入り、準平原を形成して至るところに残丘を残している。しかしながら、その後中国地方一帯は隆起に転じ、そのため侵食が再度始まって、幼年期の地形を形成していると指摘されている。このため、広島県山岳部は地塊運動とそれに伴う断層発達の著しい事ではわが国でも有数である。Fig. 5の北東から南西方向への実線は断層を表している。この断層は、東北・西南方向が卓越しており、可部・加計間は山地間を屈曲して穿入蛇行している。このような地勢であるので支川の吉和川、柴木川および滝山川の最上流の地域では、残丘が台地状になり、その斜面勾配も緩く谷間が開けて盆地を形成しているが、その外の上流部では山は高くその斜面勾配もかなり急で平地が少ない。

太田川は水源地帯から北東に向かって流れている。その短い河道区間では河床が砂礫からなっていて、河床勾配も緩く、また比較的谷も浅くて両岸が開け、所どころ耕地がある。佐伯郡吉和村の北端あたりから両岸の山が河岸に迫り、河川の蛇行と勾配も急激に増え、河床の各所では岩肌が見えてくる。そして柴木、筒賀川が合流し加計町に至る。加計町上流付近で、滝山川が合流し、その後南へ大きく方向を変え、すぐに東へと向きを変える。加計町以東の中流部になると河幅が次第に大きくなって、河道幅と砂礫が大きくなり河床勾配も緩くなっていくが、河川の蛇行は依然として激しく、山の斜面勾配もかなり急である所が多い。下流部の可部町に至るまでに水内、西宗川など5河川が合流し可部町に至るが、可部町付近でまた南に向きを変えて、根之谷、三篠川が合流する。それから下流部に向かっては、両岸が急に開けて河幅が増大し、河床勾配は次第に緩やかになり、最下流では、完全に水勢は衰え広島湾に注いでいる。

このように、太田川は全流域で大規模な蛇行が多く、支川としてはかなり大きな流域をもつ河川との合流も多い。とくに可部町付近においては根之谷川（流域面積 86 km^2 ）、三篠川（流域面積 187 km^2 ）といった、大きな流域面積を持つ河川と合流するため洪水時には流量が急増すると考えられる。しかも、合流点付近では大きく蛇行しているために河床勾配が緩くなっており、可部町を含めそれより下流部では氾濫がおこ

りやすい地形になっている。

4.3 流出解析と流出特性

(1) 流出解析法—kinematic wave 法—

流出解析法には大別すると、単位図法、貯留法及び雨水流法がある。それぞれの特徴は別紙にゆずるが、洪水の伝播特性の解析には雨水流法が適切といわれている。そこで、太田川の流出解析には、雨水流法の一部である kinematic wave 法を使うことにする。ここでは、流域における有効雨量による流出過程を山腹斜面の表面流出と河道での流下という2つのものにより構成されていると考えられている。

1) 基礎式

流域における雨水の流れは複雑であるが、取扱いを簡単にするため、ここでは流域を支川の合流点を境にしていくつかのブロックに分割し、Fig. 19のように、各々のブロックを河道とそれに流入する長形状斜面にモデル化する。モデル化した斜面上と河道を流れる雨水流は、kinematic wave 状に伝播するものとする、斜面上の流れと河道の流れの基礎式はつぎようになる。

斜面流の基礎式；

$$h = kq^p, \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial q}{\partial x} = ar_e \dots\dots\dots (5)$$

ここに、 h : 水深、 q : 斜面単位幅流量、 k 及び p : 定数、 t : 時間、 x : 距離、 r_e : 有効雨量強度、 a : 単位換算係数 (r_e を mm/h で、他を m-s 単位で表すときには、 $a = (1/3.6) \times 10$ である。)

河道流の基礎式；

$$A = KQ^P, \frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = I \dots\dots\dots (6)$$

ここに、 A : 流水断面積、 Q : 流量、 K 及び P : 定数、 I : 河道単位幅当りの横流入量で、左右両斜面下流端の斜面流量の和として与えられる。

式(5) 及び (6) において、最初の式は、等流型の運動方程式、2番目の式は、不等流の連続式を表している。ここで、斜面と河道の流れに Manning の抵抗則を用いると、河道については、

$$v = (1/n)R^{2/3}S^{1/2} \dots\dots\dots (7)$$

$$Q = Av \dots\dots\dots (8)$$

ここに、 v : 平均流速、 R : 径深、 S : 河道勾配、 n : Manning の粗度係数である。いま、

$$R = K_1 A \dots\dots\dots (9)$$

とすると、式(8) は

$$Q = A^{1+2z/3} n^{-1} K_1^{2/3} S^{1/2}$$

$$A = \left(\frac{nQ}{K_1^{2/3} S^{1/2}} \right)^{3/(3+2z)} \equiv KQ^P \dots\dots\dots (10)$$

ただし、

$$K = \left(\frac{n}{K_1^{2/3} S^{1/2}} \right)^P, P = \frac{3}{3+2z}$$

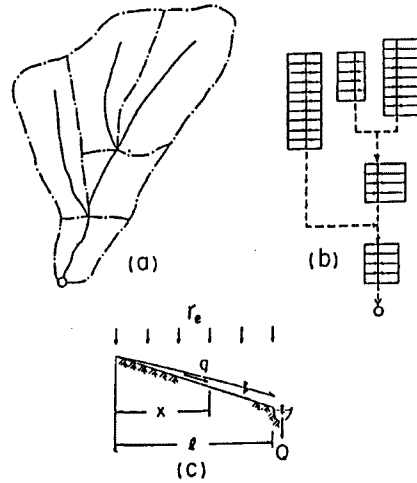


Fig. 19. Modeling of run-off analysis.

となり、河道流定数は式(10)の意味をもつ定数となる。

また斜面については、式(7)の径深 R は、モデル化された斜面幅が非常に大きいと考えると $R=h$ とおけ、河道のManningの粗度係数 n の代わりに、斜面のManningの粗度係数を N と置くと、

$$h = \left(\frac{Nq}{S^{1/2}} \right)^{3/5} \equiv kq^p \dots\dots\dots (11)$$

ただし、

$$k = \left(\frac{N}{S^{1/2}} \right)^{3/5}, p = \frac{3}{5}$$

となり、斜面定数 k 、 p は、Manningの抵抗則を適用するかぎり、式(11)のような関係が成立する定数となる。ここで注意しなければならないのは、式(11)の N はManningの粗度係数に相応する形式を持っているが、流域をFig. 19(c)に表したように、単純化したモデルに置き換えていることから、現実の斜面を流れる雨水流に対する粗度係数とは異なった値であるということである。ここでの N は、現実の斜面で発生するであろう何本かの蛇行細流を、斜面一様の薄層流に置き換えられると考えた場合の粗度に相応しており、実際の流出解析では、下流端の計算ハイドログラフと実測のハイドログラフが等価になるような値を選ぶべきであるから、等価粗度と呼んでいる。

2) 雨水流の追跡法

基礎式(5)及び(6)から雨水流を追跡するには、2, 3の方法があるが、ここでは、特性曲線法を利用する。いま、斜面流に対しての式(5)の特性方程式を求めると次式になる。

$$\frac{dx}{1} = \frac{dt}{dh/dq} \equiv \frac{dt}{pkq^{p-1}} = \frac{dq}{ar_e} \dots\dots\dots (12)$$

したがって、特性曲線で表す微分方程式は

$$\frac{dx}{dt} = \frac{q^{1-p}}{pk} \dots\dots\dots (13)$$

と表され、この上で満たされる式は

$$(ar_e)dt = pkq^{p-1}dq, (ar_e)dx = dq \dots\dots\dots (14)$$

となる。式(13)は雨水流の伝播速度を表すが、 $p=1$ (Darcy型中間流に相当する)、または q が一定でない限り、 q の変化に伴い変化するから、式(13)と式(14)を同時に解くことにより定められる。

河道に対する基礎式(6)も斜面の場合の基礎式と同形であるため、同様にして求めることができる。すなわち特性曲線の微分方程式は

$$\frac{dx}{dt} = \frac{Q^{1-p}}{PK} \dots\dots\dots (15)$$

と表され、この上で満たされる式は

$$I dt = PKQ^{p-1}dQ, I dx = dQ \dots\dots\dots (16)$$

となる。

実際の計算では、時間に伴い変化する有効雨量強度や河道への流入を用いて雨水流追跡を行うことは困難であるため、ある時間内(ここでは、 $dt=10$ min)でこれらを一定の値と見なして計算を進める。

この様な方法で太田川の流出解析を行うことになるが、その前に流域モデル、流域定数および有効雨量をどのように決定したかを述べる。

3) 流域モデルの決定

この流出解析では、上述したように、流域を幾つかのブロックに分割し、各々のブロックが河道とそれに流入する長方形斜面からなるように、流域のモデル化が必要となる。分割方法には一般的な方法がなく、種々の方法が提案されているが、ここでは支川の合流点から尾根をたどっていく方法を取ることにする。

まず、分割された各ブロックを長方形斜面状のモデルに直す場合の斜面長 l は、Fig. 20 のように左右斜面に分けて次式で求める。

$$l = F/L_c \dots\dots\dots (17)$$

ここに、 F : ブロックの流域面積 (㎡), L_c : 河道長 (m)

次に、斜面勾配の計測であるが、これにも幾つかの方法が考えられているが、いずれの方法を用いても、斜面平均勾配としては、10% 程度の誤差しか生じないことがわかっている。したがって、ここでは、実用上最も簡便で、かつ各計測法の結果の平均的な値を示すといわれている、谷線法を使用する。この方法は Fig. 20 で示すように、ブロック内にある河道を等分割し、分割点に近い標高の明確な点を出発点として、谷があれば谷に沿い、谷がなければ等高線に直交する線を引き、尾根に到達すればそこで止める。このようにして求めた谷線の上、下流点の標高差を h_i 、距離を l_i とし平均斜面勾配を s とし次式で求める。

$$s = \frac{\sum h_i}{\sum l_i} \dots\dots\dots (18)$$

4) 斜面、河道流定数の決定

斜面流定数は式(11)にある k, p であるが、ここでは、 $p=3/5$ をそのまま適用し、等価粗度 N に関しては、 $N=1.0$ を採用し、式(10) で表される河道流定数は、1983年7月山陰豪雨による洪水解析で太田川の加計より上流部に適用された岡⁷⁾の用いた値を、本解析でも使用する。

5) 有効降雨の決定

太田川流域の保留量曲線⁷⁾を使い、有効雨量を算出し、その値を枕崎台風時の有効雨量として本解析に使用することにした。

(2) 流出解析

デジタイザーで地形の測定を行った結果、太田川分流域付近(西原)までの全流域に関して流域面積、流域数を各河道毎にまとめた。当時、王泊ダム(1935年7月竣工)、立岩ダム(1939年4月竣工)が存在していた(但し、樽床ダムは1957年10月竣工)。そして、ダムの操作資料が全くないので、8月末から梅雨のように降り続いていた降雨のためにダムは満水に近く貯留効果はほとんどないと判断して、枕崎台風来襲に伴う降雨はそのまま河道に流入したと考えることにした。

この流出解析は、降雨量のデータが解析結果に非常に大きく影響を及ぼす。いま、枕崎台風来襲当時、広島県下で観測された降雨量データは前述のとおり少なく、しかも、太田川流域で分かっている降雨量データは、立岩、王泊及び広島のみである。そのため、各流域でどのような降雨があったかを推定することが大きな問題である。そこで、ここでは、これまでの台風経路と降雨資料との関係についての検討を踏まえて、加計町から上流の太田川、筒賀川、柴木川(これらを上流部域とする)などには立岩のデータを、加計町から可部町までの太田川、滝山川、丁川、水内川、西宗川、小河内川、吉山川、鈴張川、根之谷川(これらを中流部域とする)などは王泊のデータを、それより下流の太田川、三篠川、安川(これらを下流部域とする)などは広島 of データを使うことにした。とくに、中流部域の降雨量データの用い

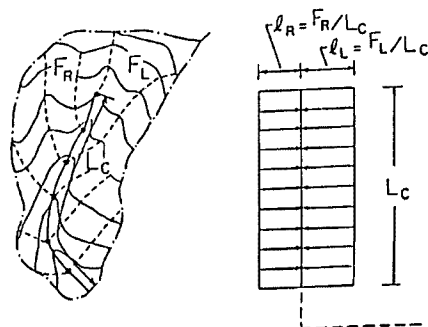


Fig. 20. Definition of slope length.

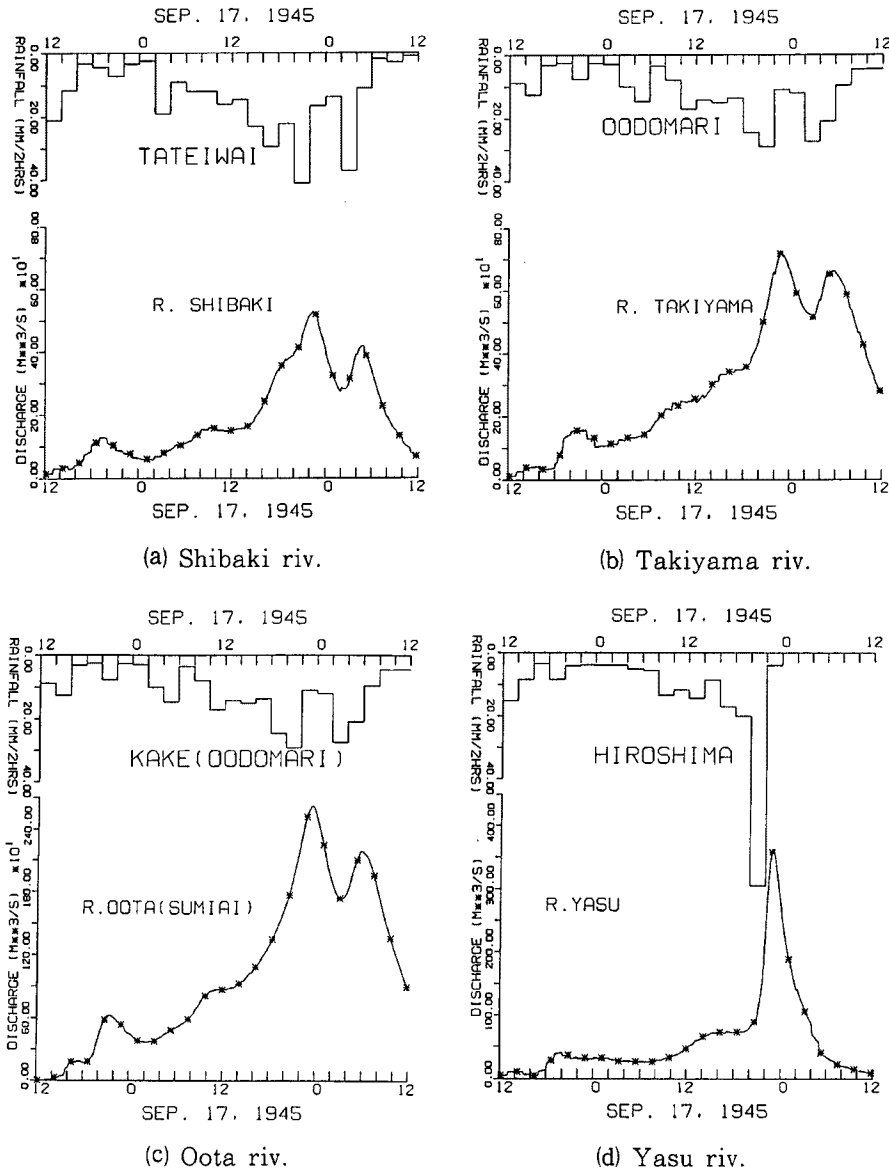


Fig. 21. Hydrograph in the Oota river.

方は次のように考えて行った。王泊の連続総雨量は 285.1 mm，加計のそれは 299.2 mm でほとんど等しいので，加計付近の降雨データを王泊のデータで代用した。また，可部付近においては，可部の連続総雨量は 124.3 mm とかなり少なく，逆に，広島降雨量データを用いるには，広島のピーク時の時間降雨量が 57.1 mm/hr とあまりにも大き過ぎるために，王泊のデータを適用することにした。流域の大きさから考えて，かなり平均的な扱いとなったが，当時の，太田川流域の降雨量データの少なさを考えると妥当であると考えられる。

以上のことを踏まえて，流出解析を行った結果が Fig. 21 である。さらに，Fig. 22 は，加計，中野，西原地点と太田川の支流の中で最も流量の多かった三篠川の流量ハイドログラフである。参考のために広島の高エトグラフも示してある。

(3) 流出特性

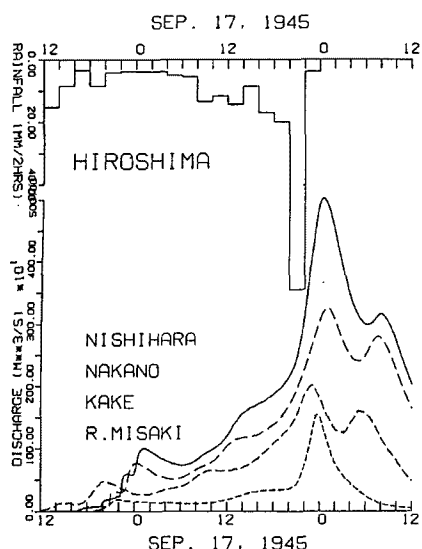


Fig. 22. Hydrograph in the Sanjyo river.

置き換えて考えてみると、仮に、最初のピーク流量の時に堤防が決壊し被害が起きていたならば、再び現れるピーク流量のときに二次災害が発生したのではないかと思われる。

4.4 洪水氾濫特性と実態

(1) 太田川流域の降雨特性からみた流出の特性

今回の枕崎台風による、太田川流域の雨量分布は、太田川上流の山岳地帯に多くなっており、加計では299.2 mm、立岩では337.2 mm、王泊では285.1 mmになっている。また、17日の日雨量も多く、それぞれ212.0 mm、218.0 mm、166.2 mmとなっている。一方、太田川下流にある広島では総雨量は、227.1 mmで日雨量は163.7 mm (17日) となっている。中流の可部町では総雨量124.3 mm、日雨量も62.5 mmと他に比べて少ない。2時間降雨を見てみると、Fig. 4のように立岩、王泊では両方とも、ピークの時間が17日の20時から22時と18日の2時から4時の間の2回起きている。また広島では、17日の20時から22時に起きている。これから見ると、17日の20時から22時までの間に太田川全流域でかなりの降雨量があり、その後、ピークを示す雨量の発生時刻は上流に行くほど遅くなっている。通常、上流域から下流域にピーク雨量の発生時刻が、遅れているときに大規模な洪水が起こりやすいことを考えると、今回の枕崎台風の降雨の特性は、太田川のピーク流量の増大を押さえる傾向となっていると判断される。

(2) 洪水氾濫の実態

ここでは、『枕崎・阿久根台風調査報告書』¹⁴⁾、『わが国の災害誌』¹⁾と『太田川30年史』¹³⁾などによって氾濫の実態を把握することを試みる。太田川の氾濫では水系全体で死者数は13人、負傷者は30人となっている。太田川の洪水氾濫に関する被害をまとめると、つぎのようになる。

1) 可部町付近: 17日夜半頃、太田川中流の本川と三篠川合流点の少し上流の屈曲部で堤防が欠潰したために、可部町付近から下流の古市間の堤内は、浸水深が1 mから2 mの洪水となり、耕地、鉄道線を流失し、多数の家屋に浸水した。また三篠川でも数カ所にわたり橋梁が流失した。

2) 八木付近: 山の方の区域の堤防が、17日23時頃欠潰し、0時30分から3時30分頃浸水深は最高値2.4 mに達したが、18日4時頃から減水し始め、16時頃地面が見えた。河に沿い北風が22時頃から吹き、夜半0時頃風速最大で、瓦が飛び人が立ってられないぐらいで、川面に波が立ちその波高が最高1 m近くもあったと報告されている。

流出解析で得られた資料に基づいて、流出特性を考察してみる。加計地点でのピーク流量時刻は17日23:00、飯室地点では、18日0:10、中野地点では18日1:00、西原地点では18日0:30で、そこでのピーク流量は5024.3 m³/sとなっている。また、中野、加計地点では、ピーク流量に達した後にしばらくたってから、再びピーク流量が現れるが、これは、今回の枕崎台風による上中流部域の降雨パターンに支配されていることを示している。しかし、西原地点では、下流部域の降雨パターンをもつ三篠川や安川の合流によって、その影響がかなり小さくなっているといえる。

三篠川のピーク流量は1537.2 m³/sで、太田川支流の中でもとくに多く、三篠川が太田川に合流する可部町付近からは、前述したように洪水氾濫が起こりやすい地形になっていることも合わせて考えると、十分に治水対策が行われていないと、この地点から下流部で大規模な洪水氾濫が起こる危険性が極めて大きい。また、中野地点は可部よりも少し上流に位置するので中野地点のハイドログラフを可部のハイドログラフに

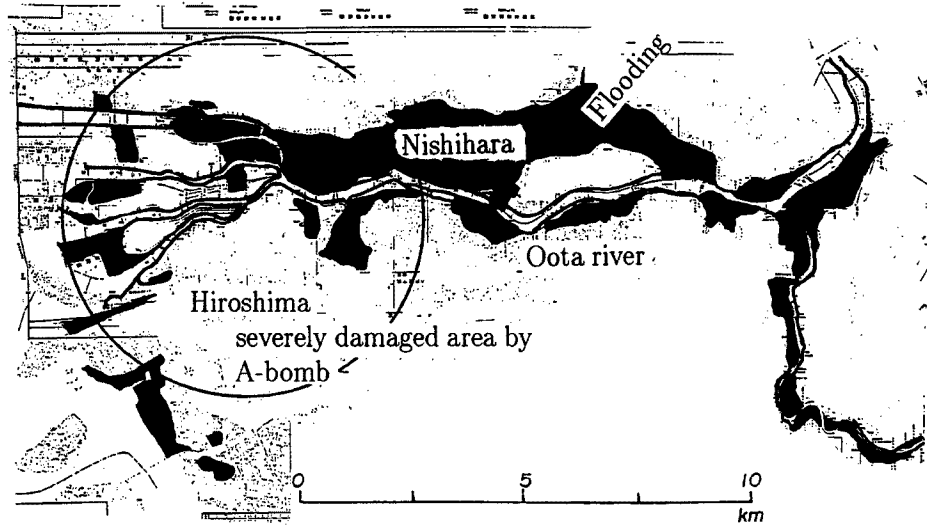


Fig. 23. Inundated area due to flooding in Hiroshima.

3) 古市付近：17日23時過ぎ出水が最高であり，風は夜半に北風最強となった。太田川河口の広島市では多数の橋梁を流失し，全市はほとんど浸水した。

Fig. 23 は，痕跡から求めた太田川の洪水氾濫図である（建設省太田川工事事務所，作成年代不詳）。やはり，前述したとおり可部の屈曲部，三篠川の合流点で氾濫したことが認められる。可部町より下流域で注目すべき事は太田川の右岸側が広範囲にわたって氾濫を起こしており，左岸側はその範囲が非常に狭いということである。これは左岸側の堤内地の斜面勾配が急であり，右岸では古川が八木辺りを通して太田川に平行に流れているうえに，古市辺りでさらに安川とも合流しておりその両河川が氾濫を起こしたためであると思われる。河口付近でも所どころ氾濫が起こっているが，これは高潮によるものかどうかよくわからない。ただし，進路からみる限り広島では高潮が発生してもよいはずで，たとえば厳島神社では神殿が高潮で水没しかけたと報告されている。洪水のピークが中流部に達した時刻は，氾濫解析から得た値を見ると，23時頃から1時頃までであり，これが洪水氾濫の起こった時刻とほぼ同じとみると，上述した説明と符合する。したがって，洪水氾濫が起こったのは，真夜中頃となり，氾濫域に住んでいた住民はもとより，原爆被爆によってこの地域に逃れて来た広島市民には全くの不意打で洪水が来襲したことになり，たとえば，祇園町で後述するように，浸水深が3m近くにも達したと推定されるので，洪水の犠牲者になった人も多かったと思われる。

また，水位は西原量水標で5.8mを観測している。前述した流出解析から求めた西原地点のピーク流量5024.3 m³/sを使ってManningの粗度係数を0.04, 0.045及び0.05に変えて，便宜的に等流として近似して水位を計算してみると，それぞれ4.65, 5.55及び6.50mとなった。通常，自然河川で植生のある河道の粗度係数は，およそ0.04といわれており，太田川の場合，かなり蛇行しているので，この値より若干大きいと判断される。そのことから， $n=0.045$ とすれば5.55mとなり観測値とも適合するようになる。

今回の洪水解析では，雨量のデータ数が流域面積から判断して少なすぎること，降雨強度が求まっていないことから精度的にはここで紹介したものが限度と考えられる。定量的な評価に耐えられるものが欲しいところであるが，幾人かの目撃者の証言もあり，それとの整合性はかなりよいと判断される。

5. 被害拡大要因の検討

広島における枕崎台風被害が極めて大きかったことは、前章までの記述でほぼ明らかになったと考えられる。なぜこのような大被害になったかについて、地域を特定して個別的に言及されたことはあろう。しかし、枕崎台風来襲当時の広島における、被害拡大の背景となった共通的な自然・社会環境の特性についてはそれほど検討されていないと考えられる。とくに、被爆を含む戦争の影響はあまり特定されていないようである。そこで、ここでは被害拡大要因について検討する。

5.1 気象観測体制

わが国の風水害のかなりの部分は台風と、それに刺激された前線性豪雨によってもたらされる事が多く、時として大災害を引き起こす。台風による被害規模は台風の特性や上陸地点などによって異なるが、例えば、1953年～1962年の10年間で発生した気象災害による死者は合計18298人にのぼり、その内訳は台風10369人(56%)、大雨(主として梅雨前線豪雨)5185人(29%)、強風2079人(11%)、大雪665人(4%)である。また台風による被害高は、1915年～1952年の間で、風水害の全被害高の約80%を占めている。このような背景があり台風の予警報の充実は、大きな台風災害を契機に行われてきたといってもよいぐらいである。その台風の予警報がどのように変化してきたかを知ることは重要である。そして、今回の枕崎台風は、終戦直後、広島にとっては被爆直後という特殊でかつ最悪の状況のもとで来襲した台風であり、当時の広島における台風をはじめとする気象観測体制が、この台風災害にどのように影響したかを『気象百年史』¹⁷⁾などを参考にして検討する。

(1) 室戸台風(1934年)以前

1833年(明治16年)、わが国で、天気図が作られ始めそれに伴い中央気象台より暴風警報の発令も始まった。その頃の天気図は、主として日本本土の観測点のデータのみで作られていたため、台風が接近した時に、その円形等圧線の一部が書かれた程度であったらしい。大正の初期までは気象電報は有線通信だけであったので、国外や洋上の台風の情報の発信は海底電信で結ばれている地点に限られており、台風の所在を確認するのは非常に困難であった。このため台風の来襲は不意打になることが多かった。さらに、予報や警報は旗や信号標識によって付近の住民に知らせるだけであったから、台風の予警報が出されているということ自体は余り知られていなかったらしい。1917年(大正6年)9月30日から10月1日にかけて東京を直撃した台風は東京湾に大潮を起し旧東京市の被害者は死者509人、全国の死者、行方不明者は1127人にも及び、ついで1920、21年にも中部、関東、東北に台風災害があった。それを受けて、1921年に第2期治水調査会が開かれ、第2期の治水計画が成立しているが、台風の予警報体制の改善は何もされなかった。

1925年(大正14年)、ラジオによる天風予報が正式に放送され始め、防災気象情報を住民に伝達することが可能になり、これにより気象予警報の潜在的な情報としての価値が顕在化する道が開かれたといえる。しかし、発令される暴風警報は今日の地方海上警報に当たるもので、漁船、汽船や港内の警備などに便宜を図ることがその主な目的であり、風速が10 m/s以上が警報の目安であったために、その発令数が相当多く、かつ、それがそのまま陸上にも適用されていたので、一般の人々の暴風警報に対する注意は日常的に非常に薄くなっていた。

(2) 室戸台風(1934年)から終戦まで

1934年9月21日、室戸台風が来襲し、死者2866人、行方不明者200人、船舶被害27594隻の大災害を起し、大阪などでは高潮災害の他に、暴風によって倒壊した小学校の校舎の下敷になって死んだ学童も多かった。この台風災害を契機にして、気象台の行う台風予報のあり方が各方面で大きな問題となった。台風から1カ月後の10月末、臨時の気象協議会が開かれ、中央気象台は、気象知識の普及、暴風警報の

一層の利用など6項目を諮問した。そして、従来の暴風警報が改善され、新しく暴風警報（非常事態を起こす程悪性のもの）、風雨特報（風雨は強くても、せいぜい塀を倒したり屋根を痛める程度以下）となり、伝達方法を改善し、小学校や軍隊にも警報の普及を図り、暴風警報の内容も多くの具体的用語を選んで発表することとなった。また、洋上における台風の早期発見をはかるためラサ島、南大東島に測候所が作られ、潮岬、室戸岬など台風が接近する場合に最前線となる測候所からの気象電報は、無線通信によって迅速・確実化がはかられるようになり、台風時における臨時観測、臨時気象電報、臨時天気図の作成が行われるようになった。このように室戸台風を契機として、今日の台風の予警報体制の原型が作られたのであった。

この頃から、気象観測事業は軍事上も必要となり軍部の中に取り込まれて行くようになる。地方測候所は相次ぐ戦争のために、所員や予算の確保や計測器の維持が次第に困難になり気象業務が完全に行われることが難しくなってきた。そのため1938年から39年にかけて、従来の府県による気象官署官制が廃止され気象事業の国営化が行われて、戦時下の気象業務の統制が内務省所官の気象観測事業として強められた。さらに軍は、それぞれの必要性から独自の気象機関を持つようになった。1938年4月には、戦時体制に即応するため陸軍気象部が設けられ、1943年4月には、海軍気象部も設立された。その間の1941年11月には、天気図は秘密扱いとなり、12月開戦と同時に気象官制が布かれ、天気予報などの気象事業は国民から一切遮断された。1943年4月、中央気象台において東亜気象協議会が開かれ、そこで、観測法、気象報告、気象用語などについての決定が行われ、英語読みの測器はすべて漢字名に変わった。1944年風船爆弾による攻撃が本格化し、このための高層気象の調査が気象台のみならず、陸海軍でも行われた。このような背景で、1945年8月6日、広島に原爆が投下され、9日、長崎に原爆が投下された。そして15日に終戦を向かえることとなる。

（3） 枕崎台風来襲時の広島の気象観測体制

1) 原爆投下直前

広島において終戦直前は、B-29などの来襲による爆撃で気象専用線、電信局との専用電話とも不通の日が多く、加入電話も時々遮断し電報の送受に支障が多かったといわれる。また、空襲警報には悩まされ、職員が義勇隊として出動することもあり、落ち着いて業務ができない状況であったと記されている。

2) 原爆投下直後

広島市だけでなく県全体において、通信を含めたすべての機能は壊滅状態であったが、測候所では気象測器の損傷は意外に少なく、気象観測は1回も欠測することなく続けることができた。しかし、職員が多く負傷し、少数の職員で昼夜連続して観測を続けていくことは、至難の技であったが、観測を一刻も欠測してはならないという測候精神を堅持し、使命感に徹してそれを行ったといわれている。

以下に、原爆投下直後の広島測候所関係の主たる事項を示す。

8月11日 測候所から管区気象台に昇格。

13日 電灯復旧し、気象電報再開。

14日 「トヨハタ」の受信が再開。

20日 気象官制解除。

22日 気象関係の暗号はすべて廃止される。

25日 台風が室戸岬南方に現れたので暴風警戒の指示書を市役所へ持参する。

26日 大きな被害もなく台風は日本海へ抜ける。

3) 枕崎台風来襲

枕崎台風来襲当時、気象台は1日数回の無線の受信をし、最小限度の天気図を作成して業務の参考にしていた程度で、とても気象予報に使えるものではなかった。また、終戦後の電信線の不完全のため台風の確かな情報もつかめなかった。台風来襲日（9月17日）の朝10時に気象特報と鉄道警報を出し、加入電話などで台風の件を何ヶ所かに通知したと記されているが、停電が続いており、市内の通信機能がほとん

ど作動していなかったことと戦後の混乱のため、全くと言っていいほど広島県の人々には伝わっていません。ちなみに、当時、ラジオの天気予報は、NHK 第1放送で5, 6, 7, 18時50分および21時の5回であった。ただし、放送内容が全国天気概況かローカルなものであったか区別ははっきりしていないといわれている。

このように、広島県の住民にとって17日の夜半から翌朝にかけ、広島市の西15kmを北北東に進行したこの枕崎台風についての情報は、広島管区气象台でも正確に把握しておらず、ほとんど絶望的であった。結局、不意打の台風来襲ということになった。

5.2 治水・砂防計画の遅れ

ここでは、治山・治水計画の遅れを被害拡大要因の1つに取り上げてみる。ただし、これは第一に戦争遂行による財政的・人的な逼迫の結果であり、その意味では戦争の間接的な影響とも考えられる。

(1) 太田川の治水計画

1932年には第2期治水調査会の答申を受けて、内務省の直轄工事が開始された。それに先だって、1924年に内務省から物部、村野両技師が来広して現地踏査し、1927年には改修計画のおよその骨子はできていたと言われる。それに伴って流域の1/2500の地形図と200m間隔の横断図が整備された。直轄工事の開始時期には『太田川改修計画説明図』が作られ、1932年度を初年度とする15カ年計画が開始した。

Fig. 24は改修計画開始の1932年度から1946年までの太田川改修事務所の職員数、竣工高及びその

中の本工事費の経年変化を示したものである。ただし、1943年には広島工業港の整備に伴う宇品工場の臨時の新設と増員があり、この年だけ太田川改修事務所から広島工事事務所と改名されているので、従来の太田川関係の職員数のみを示している。また、竣工高には用地費が大きなウェイトを示しているため、本工事費を別途図示した。これから、改修計画の開始とともに1937年頃まで順調に職員数や竣工高は増加傾向にあったものが、それ以降減少に転じている。これは、1937年に蘆溝橋事件が始まり日華全面戦争に突入したこと、1939年に日米通商条約破棄、日英会談決裂、第2次世界大戦の開始、1941年に太平洋戦争に突入などの一連の軍事対応のために、公共事業費の削減、職員の応召と配置転換が続いたことを表している。1943年に本工事費が増えているのは、この年9月20日に四国西部に上陸し、瀬戸内海を縦断して岡山県から鳥取県に抜けた台風によって大きな被害を受けたからである。すなわち、既往最大洪水が発生し、直轄改修区域内の堤防欠損41箇所、広島市内の橋梁流失22橋など甚大な被害を受け、その復旧事業が行われたためである。ちなみに、この台風による連続雨量は広島で289mm、加計で384mm、大泊で410mmに達し、西原量水地点で6700m³/sの流量となった。これらは枕崎台風による洪水を上回るものであって、その後、戦争の激化で人員と予算そのものが不足し、堤防も連続堤でなく随所で旧堤、新堤、無堤となっていたようである。そして、とうとう1944年には太田川改修工事が正式に中止になった。これは、この洪水災害後、『このような戦争が激しいときに河川事業などやる必要がない』という意見に基づく結論であった。

(2) 砂防計画

明治時代に入ってから砂防事業の推進では、オランダ人お雇い技師デレーケの果たした役割は大きい

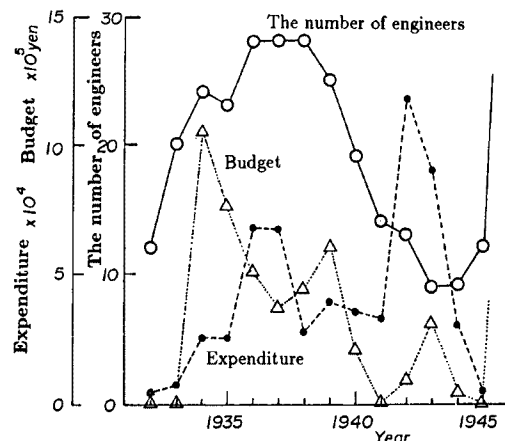


Fig. 24. Changes of the number of civil engineers and budget at Oota Construction Office, Ministry of Home Affairs.

（『日本の土木技術』¹⁵）。ここでは本書にしたがって、太平洋戦争の頃の砂防を取り巻く情勢を概観する。

まず砂防の揺籃期を経て、1897年（明治30年）に砂防法が制定され、砂防事業発展の一步を踏み出した。従来の直轄事業ばかりでなく、各府県に補助をするようになった。明治末期から昭和初期にかけて各種砂防工法が開発されたが、問題点も顕在化してきたので、工法の指針が作られ、近代砂防工事の基礎が固められたという。1934年の室戸台風によって各地に土砂災害が頻発したので、これを契機に1936年に事業費3億円の砂防全体計画が樹立された。さらに、1938年に阪神大風水害があり、神戸をはじめ阪神間の各都市と幹線交通路が土砂災害を蒙り、時あたかも支那事変の最中であり、軍の作戦行動に重大な支障をきたしたことから、砂防予算が増額されたいきさつがある。しかし、太平洋戦争突入と共に、国を挙げて戦争に向い、砂防事業も忘れ去られるに至ったという。

このように、当時の河川の改修計画と同じ様な運命をたどっており、戦争によって大きな空白期間が続くことになった。呉の場合には、ここに海軍の一大工廠が位置し、また対岸に江田島をひかえ、終戦直前には人口が30万人にも達したという。そのため、本来危険な溪床低地に家屋が建てられ、マサ土の傾斜地も切り土されて宅地化していったといわれる。そのときには乱伐が行われ、松根の採取（集落同士の競争があったという）や防空壕の掘削によって山肌は穴だらけになっていたらしい。このようなことが山崩れとその拡大要因として働いたことは十分理解できる。

5.3 戦争の影響

ここでは原爆の影響とそれ以外を分けて扱うことにする。

(1) 原爆の影響

まず、原爆による人的被害について述べる。被爆当時、広島には居住人口と当日市外から種々の用務のため入市していた人々を加えたものが所在人口である。これには軍関係者やその他あらゆる範囲の人びとが含まれている。これが現在35から36万人と推定されている。被爆による直接的影響がもっとも強く作用した大量の死亡は被爆後約2カ月の間に起きたと考えられている。死亡者数の推定は主要なものだけでも、7報告ある。たとえば、被爆翌年の8月10日付で広島市調査課がまとめたものは、広島県下市町村長、市内各町内会長を通じ、「被爆当時広島市内に所帯を持ち、かつ被爆時市内にいた者について、該当者またはその縁故者から、被爆による受傷の状況、死亡者についてはその時期」などについて報告を求め、それを基礎に推計したものである。そして、種々の検討後、軍人を除く広島市民の被爆死亡者数を118661人と推計したのである。この数は被爆後約1年間の死亡者数であるが、そのうち被爆後1カ月以内の死亡者をとると107246人になるとされている。これ以外に軍人・軍属及び勤労奉仕などの被爆死亡者が約2万人とされており、被爆後急性期の総死亡者数は、現在のところ9から12万人と推定されている。このように未だ正確な犠牲者数が特定されていないのが実情である。また、爆心地から4km以内では75%以上の建物が被災している。

さて、枕崎台風による太田川の洪水氾濫では、太田川改修事務所が爆心地に近接していたこともあって、職員をはじめ建物も壊滅状態であった。枕崎台風当時は広島市の北、祇園町の民家に仮事務所が置かれていた。そのようなこともあって、太田川流域での被害についてほとんど記録が残っていない。当時の関係者の証言が唯一の手がかりとなっている。すでに、枕崎台風直撃の約2カ月前の7月10日過ぎに、中国地方に梅雨末期の大雨があったと言われている。このとき太田川の水量が増して上流の方で氾濫したところがあった。広島市内でも堤防の低い所では川の水が市街地にあふれ出て、家屋の浸水被害が出たぐらいである。このことから太田川流域、とくに広島市では洪水に対する抵抗力はかなり低下していたと推察される。それは、1943年の災害復旧工事が完全に行われなかったことにも起因する。枕崎台風による太田川の氾濫では、市役所の当時の吉田配給課長は、同建物の屋上から市中を見渡して、全市が湖になっていたと証言している。暴風によって半壊家屋は倒れ、バラック小屋は潰れ、防空壕は水浸しになって住むに耐えなかったと言われる。その上、被爆直後に広島市の北部の住民は太田川の中流の可部付近まで逃れ

たと言う。太田川流域を含む安芸郡には45000人の住民が広島市から避難したと報告されている。しかも、用地買収済みの太田川放水路予定地では不法占拠のバラック小屋が多く作られていたことがわかっている。

このようなことを勘案すれば、太田川の洪水氾濫でこれらの地域は浸水しており、報告されている死者数は余りにも少なすぎることに気がつく。被爆して病院に収容されている重傷患者のほかに軽傷者は在宅していたと考えれば、原爆被爆者の洪水による犠牲者がいたはずである。そこで、およその犠牲者を推定してみよう。4章で求めた氾濫解析と観測値から、西原量水点で水深が約5.5mとなっている。この付近の河床高は約4.8mであり、合計すると10.3mとなる。一方、太田川工事事務所で作成した枕崎台風による洪水氾濫図では堤内地の祇園町では標高約10mまで浸水したことが判明している。これら両者の値を比較すれば河川の水位が若干高くなっており、河川からの氾濫水の堤内地への流入があって、現象としては説明のつくものとなっていると考えられる。そこで、その付近の堤内地の平均的な標高を求めたところ6.7mとなった。したがって、平均浸水深は3.3mという値になる。中川¹⁶⁾は、木造家屋で浸水深が3.3mのとき、平均流速が2.5mを越えるようになると流失が始まるとしている。しかし、河道部の平均流速が1.7m/sであるから、堤内地では平均してこれよりも小さくならう。そうすると通常の木造家屋は単に浸水されるだけとなる。ただし、被爆直後のバラック小屋が堤内地やとくに放水路予定地点に建てられていると、これだけの水深があれば容易に浮上し、下流に運ばれると考えられる。この様な結果から、枕崎台風当時の行方不明者約500名は洪水氾濫で発生したと考えてもそれほどおかしくはないであろう。しかも、原爆の被爆者で行方不明者数の推定値が最低でも3600名余りあることから、このうちの少なからぬ人達がこの洪水災害で犠牲になったと思われる。

また、広島に隣接した地域では大野や厳島、呉、江田島などを除いて土砂災害による多数の死者発生は報告はない。これらから、原爆被爆の直接の影響は太田川の氾濫災害による被害を大きくしたことに現れていると解釈できよう。

(2) 戦争の影響

戦時中に高射砲陣地が広島各所の山頂に設けられ、それに通ずる軍用道路が建設されたが、その施工が乱暴であったために、ズリの処理がずさんだったり、路肩の崩壊がおびただしく、降雨による土石流が各所に大災害を起こしたとされている。たとえば、呉では枕崎台風時に判明しているだけでも4河川でこれが原因して土石流が発生したと報告されている。とくに1つの河川流域での被災者の多かった安芸郡江田島村切串部落においては、長谷川の土石流で死者145名、負傷者130名という惨事を起こした。流出土砂量は118万 m^3 に及び、この部落を1mあまり埋めつくしてしまったといわれている。この土砂流出は、溪流の流域面積全体が約20cm低下したことに対応することになる。江田島の大須部落やエセキ部落もまた同様であった。もともと水無し川で降雨時に溪流となる程度の河川であったが、山に高射砲陣地を作るための道路が作られ、山肌が掘返されたといわれる。このために巨岩を含む土砂流が一瞬にして部落のみこんだのである。風化花崗岩地帯であるだけにその勢いは大きく、被害も大きかったものと思われる。

この影響は後年まで続き、呉市棚田町における1951年の災害もそれである。梅雨前線性豪雨により、旧高射砲陣地に通ずる道路の路肩より崩壊し、通常水流の見られない溪谷に土石流が発生し、人家3戸を破壊し、13名の人命を奪い下流30戸余りの人家に被害を与えた。

また、戦時中山林は伐採されるのみで植林はほとんど行われなかった。とくに風化花崗岩地帯が佐伯・安芸・加茂・豊田の諸郡沿岸部をおおっており、終戦当時より、山陽本線の車窓からの山の景色は荒廃のみが目立っていたと言われている。これに加えるに、戦時中の松根掘は山の荒廃に一段と拍車を加えた。たとえば、賀茂郡荘野村においては50名の人夫が1ヶ月間毎日松根掘をし、県下第1位の松根油生産を挙げた。そのために加茂川の土石流災害の大きな原因となっていると指摘されている。厳島の原始林における松根は地勢及び地質上、掘りやすく、運搬しやすいために、佐伯郡各地より松根掘に人びとが集まったとのことである。その結果、山肌は著しく荒され、枕崎台風のときには、山崩れにより大土石流が発生し、国宝厳島神社を土砂中に埋没してしまう程であった。

さらに、ため池の土堰堤の破壊による土砂流出も戦争によって助長されたとされる。広島県は瀬戸内式気候に支配されており、少雨のために干害が多い。1929 及び 44 年と大きな干害を生じてきた。そのため溜池が多い。安芸郡江田島町、佐伯郡大柿町大君、双三郡川西村、同川地村などにおける土堰堤の破壊は大きく下流に影響を与え、大災害を引き起こした。これは、戦時中の造成で“はがね（粘土）”のないマサ土のみを積み重ねたり、余水吐の断面の過小などが起こり、災害を引き起こしている。

そのほか、戦争のために治山・治水を怠ったために、土砂が大量に河道に供給されて天井川となったり、降雨から河道流出までの時間が早くなり、洪水流量のピーク値が大きくなって、被害を拡大したとも言われる。これは広島だけでなく全国的な現象であって、その特性がそのまま戦後の風水害の頻発につながって行ったわけである¹⁸⁾。

6. 結 語

本論文では、太平洋戦争の終戦直後にわが国を襲った枕崎台風による広島の被害について、主として資料解析から実態を明らかにすることを試み、被害に及ぼす戦争の間接・直接の影響について検討を加えた。得られた主要な成果を要約すればつぎのようである。

1) 枕崎台風は超大型台風であったが、上陸した南九州地方の各地よりも広島における被害が圧倒的に大きかった。広島では、風並びに総雨量ともこれら各地を凌駕していたわけではなく、したがって外力としては特記すべきものではなかった。しかしながら、死者・行方不明者は 2000 人にも達し、全国の犠牲者総数の 2/3 にも達した。このことから、広島の被害を助長・拡大した要因として、気象観測体制の不備、治水・砂防計画の遅れ、および戦争・戦災とくに原爆被爆をあげて、その影響の大きさを資料解析から評価することを試みた。

2) そのために、まず広島の置かれた自然条件の特異性について考察した。広島は全国一の花崗岩地帯をもっており、これが山岳・丘陵地帯のみならず、沿岸部や島にも広範囲にかつ支配的に分布し、経年的に風化してマサ土に変質していくことによって、土砂災害が繰り返しているという実態を明らかにした。

3) これらの過程は自然的にも進行するものであるが、太平洋戦争の遂行によって人為的に風化や崩壊を加速する複数の要因、すなわち山岳地帯での軍用道路の建設、松根掘りや乱伐、防空壕の掘削、空襲、山腹での耕作地の開墾が加わり、それらの複合と溪流低地や土石流扇状地での住宅・病棟などの建設が重なって、大きな被害に結びついたと考えられる。

4) 一方、太田川の洪水氾濫災害についても、河川改修事業の進捗が、戦争の進行に伴う軍事費の過重な財政負担と応召による技術者不足に起因して阻害され、過去の災害復旧事業さえ行えないような状況下で、既往最大でない洪水によって未曾有の被害を発生させた可能性が挙げられる。

5) とくに、広島は原爆被害を受けており、市内の家屋は全滅状態、そして太田川の氾濫原に立地する家屋の条件はバラック小屋と言われるような劣悪なものであって、洪水氾濫が起これば抵抗する方法がほとんどないほど危険であったと言える。原爆被爆者の大量の行方不明者の中に、さらに洪水による二重の犠牲者が少なからず含まれていると思われる。

6) 大野陸軍病院での土石流による京大関係者 11 名と原爆被爆患者約 100 名の犠牲者は、間接的に原爆による犠牲者とも考えられる。また、気象観測体制の問題は戦争と原爆の影響を直接蒙った結果である。

以上のことを総合すれば、原爆を含む戦争の犠牲の形で広島の枕崎台風被害が格段に増幅されたと結論される。

参 考 文 献

- 1) 全国防災協会：わが国の災害史，1965，1139 pp.

- 2) 建設省国土地理院：広島県地質図，1963.
- 3) 柳田邦男：空白の天気図，新潮文庫，1981，443 pp.
- 4) 大野の災異：大野町中央公民館所蔵，pp.679 - 681.
- 5) 菊池武彦：京都大学原子爆弾災害総合研究調査班の成立と其活動，大野陸軍病院に於ける京大原爆災害総合研究調査班の山津浪による遭難の状況（私の日記から），原爆被爆災害調査の為原爆投下後約1年の昭和21年8月19日より9月10日迄広島市内及近郊へ行きし記録（日記の内から），広島原子爆弾被害研究調査第3回旅行—昭和23年10月9日より10月20日迄—，広島医学，Vol.20, Nos.2, 3, 1967, 63 pp.
- 6) 山岸重夫編：山津波で壊滅した大野陸軍病院（草稿），19 pp.
- 7) 岡 太郎：三隅川・太田川の洪水流出特性，1988年7月島根・広島豪雨災害の調査研究，文部省科学研究費突発災害調査報告書，1989，pp.86 - 102.
- 8) 水山高久：砂防，土木工学ハンドブック，1989，p.2068.
- 9) 芦田和男・江頭進治：崩壊・土石流の発生と土砂災害の危険範囲，1988年7月島根・広島豪雨災害の調査研究，1989，pp.8 - 21.
- 10) 芦田和男ほか：土石流危険度の評価法に関する研究，京大防災研年報，第21号B-2，1978，pp.423 - 439.
- 11) 広島県土木部砂防課：昭和20年9月17日における呉市の水害について，1951，44 pp.
- 12) 矢野勝正ほか：呉市の崩災，昭和42年7月豪雨による災害の総合的実態的研究，昭和42年度文部省科学研究費特定研究成果報告，1968，pp.51 - 56.
- 13) 建設省太田川工事々務所：太田川改修30年史，1963，673 pp.
- 14) 枕崎・阿久根台風調査報告：中央気象台彙報，第33冊，1949，169 pp.
- 15) 日本の土木技術，土木学会編，1964，447 pp.
- 16) 中川 一：洪水および土砂氾濫災害の危険度評価に関する研究，京都大学学位論文，1989，221 pp.
- 17) 気象庁：気象百年史，1975，740 pp.
- 18) 広島県土木部砂防課：砂防的見地よりみたる広島県の環境，1954，67 pp.