

最近における内水被害の分析とその防止対策に関する研究

入 澤 実*

国立防災科学技術センター

Recent Trends in Inland Water Damage and Countermeasure

By

Minoru Irisawa

National Research Center for Disaster Prevention, Japan

Abstract

The ratio of inland water damage to total flood damage is increasing. The inland water here described is defined as inundation at the residential side of an embankment, caused by local heavy rainfall in the residential area, but not induced by rainfall at the upper basin.

The residential side of an embankment can be effectively used for not only housing but also industries and transportation. Inland water consequently has had a great influence upon the national economy. For this reason, ways of reducing inland water damage are urgently required.

In this paper, the author presents important analyses and studies based on past records of flood damage, geomorphological classification maps, etc. for establishment of superior preventive measures against inland water. A summary is as follows:

- (1) Statistics show that inland water damage has increased in recent years.
- (2) The more frequent inundations are observed in more densely-populated areas.
- (3) Areas inundated by inland water increase with the increase in residential areas.
- (4) The land where inland water damage can easily occur can be found by checking the geomorphological classification maps using criteria discussed in other chapters.
- (5) The safety of the land can be confirmed by hydraulic computation.

As a conclusion it is proposed that land use should be regulated by the analyses and studies mentioned above, especially with consideration of frequency of inland water occurrence.

はじめに

水害に対する防止対策は、古代から多くの先人によって考究されまた実施されてきた。しかし、水害そのものも時代によってその様相が著しく変わってきている。故に、その防止対策も時代によって変わってくるはずである。今回の調査は、近年の水害を統計資料によって整理

* 第1 研究部風水害防災研究室（現在、建設省関東地方建設局）

・分析し、現在の水害の現われ方の経年的・地域的な差及び水害の発生と雨量・地形・土地利用形態などとの関係を明らかにし、その結果を今後のより適切な水害防止対策の確立に役立てるために実施したものである。

1. 近年における水害の現れ方

水害と一口でいうが理解のためその形態別に、内水被害・破堤などによる被害に分けられる。そのなかで、一般資産等（“水害統計”による分類）でみた場合には、近年では図1で示されるように内水被害が全水害に占める金額の割合が50%近くにもなっている。そこで、今回の調査では、まず内水被害の近年における現れ方の推移及びその発生原因について調査・分析を行なった。

内水被害といっても幾つかの異なった発生過程が考えられる。すなわち、堤防の破堤などによる大水害が治水工事の進捗によって減少したため内水被害が近年問題とされるようになってきたのか？反対に、築堤などにより堤内地が後背湿地化したのか？あるいは、内水被害を受けやすい場所にまで宅地などが進出したために、同じ程度の降雨量に対して被害をうける資産が増加してきたのか？などが主な過程として考えられる。さらに内水被害の発生は、土地利用形態とも関係があるのではないかと考えられるので、これらの点と内水被害との関係についても調査することにした。

過去において、内水被害に見舞われた経験のあるそれぞれの地域では、被害の発生原因などについての調査・解析が行なわれているところが多い。しかし、それらは多くの場合、特定の地域を対象にした調査であるのに対して、今回の調査では、全国的にみた内水被害の現れ方などを調査・分析した。

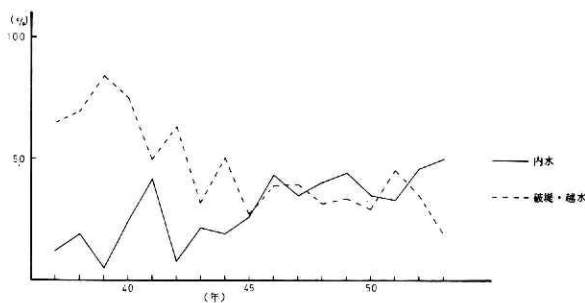


図1 内水被害の全水害に対する割合の経年変化（一般資産等）

2. 近年における内水災害の現れ方

2.1 調査の概要

内水被害の発生原因として、雨量の多寡（あるいは強弱）が影響していることは当然として、それ以外の原因についても調べる必要がある。仮に、雨量の多寡のみが原因で内水被害

が発生しているのだとすれば、その防止対策は雨量についてのみ考慮した対策を行なえばよいことになる。また、雨量以外にも原因があるとすれば、それが何であるかを明らかにし、その原因も含めた防止対策が必要となる。これらのことを調べるために、以下のような調査を実施した。

まず、水害の発生箇所・年月日などを調査する基礎資料としては、建設省発行の“水害統計”昭和42年版（昭和43年12月発行）～52年版（昭和54年3月発行）を使用した。この資料は、全国にわたって水害の資料が収集・整理されているために、水害の資料としては現在最もよくまとまっているもののひとつである。

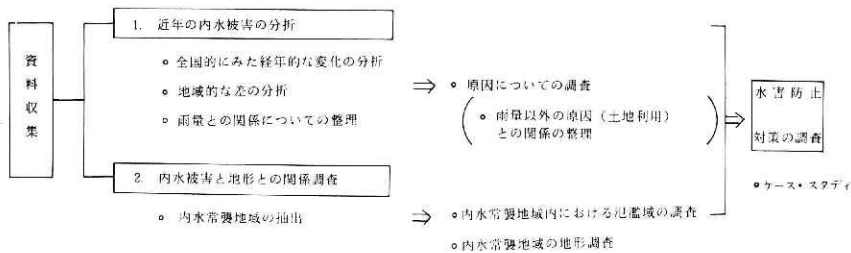


図 2 内水被害防止対策のための調査フロー

内水被害の分析は、図2にみられるような手順によった。このうち、内水被害と地形との関係調査内容は、3章で述べることにし、この章では、内水被害の全国的な傾向を分析し内水被害の原因がどこにあるかを推定するものとした。

全国的な内水被害の傾向の分析は、次のような観点から実施した。①内水の被害の現れ方は、経年的にどのように変化してきたのか？②地域によっては、どのような違いがあるのか？③原因は、雨量の多寡（あるいは、強弱）のみであるのか？

その調査方法と結果を2.2～2.3において述べるものとする。

2.2 調査の方法と結果

内水被害の経年的変化・地域的な変化を調べるための対象期間は、昭和42年～52年までを調査対象とした。調査対象期間を昭和42年からとしたのは、基礎資料において内水被害箇所の整理が比較的詳しく行なわれている年からを選んだためである。

全国的な統計では、沖縄県には昭和46年以前の資料が無いために沖縄県を除き、他の都道府県を対象とした。さらに、地域的な差を調査する方法としては、人口の密集している地域（東京都・埼玉県）と人口の過疎の地域（岩手県・島根県・高知県）を選び両方の地域の差を比較する方法とした。なお、人口過疎地域は、昭和54年の自治省の人口調査から人口密度の低い県を3県選んだ。

雨量に関する整理も含めて、実際に実施した調査内容は以下のとおりである。

(1) 内水被害箇所数の経年変化（全国・東京都・埼玉県・岩手県・島根県・高知県）（図4）。

- (2) 雨量規模別発生頻度（東京都・埼玉県・岩手県・島根県・高知県）（図5）。
- (3) 雨量規模と内水被害箇所数（東京都・埼玉県・岩手県・島根県・高知県）（図6）。
- (4) 雨量規模別の内水被害の発生回数の割合（東京都・埼玉県・岩手県・島根県・高知県）（図7）。
- (5) 雨量規模別の内水被害の発生箇所数の割合（東京都・埼玉県・岩手県・島根県・高知県）（図8）。
- (6) 水系別内水被害発生時最低日雨量（東京都・埼玉県・岩手県・島根県・高知県）（図9）。
- (7) 内水被害時の時間雨量分布（一部）（図10）。

上記の(1)~(7)において()内は、調査を実施した都県名で全国とあるのは全国的な調査を実施したものである。

(1)~(7)までの整理のパラメータとして採用した各項目の定義を述べることにする。

- ・雨量規模：災害時における雨量は、内水被害を受けた場所に最も近い雨量観測所（気象庁）の日雨量を採用した。そして、その雨量を多寡によってランク分けした。このランク分けされた後の雨量の大きさとした。
- ・内水被害の発生回数：調査期間内に調査対象地域で発生した内水被害の回数であり、内水被害をもたらした雨量の発生回数と同じにした。
- ・内水被害の発生箇所数：調査対象期間内に調査対象地域で内水被害を受けた箇所数であり、被害の発生回数との違いは、1回の雨量で複数の場所が被害を受けた場合に、発生回数は1回と数えるのに対して箇所数は複数と数える。

上記の項目において、内水被害の発生箇所数は経年的な変化や地域的な差を表わすのに比較的分かりやすいものである。しかしながら、この項目は被害の規模に関係のないもの（例えば、氾濫面積が1haの被害でも100haの被害でも箇所数としては1カ所として集計される）であることを考慮しておく必要がある。注意を要する例を述べると、ある大きさの雨量が降ると内水被害は小さな面積で点在するので被害箇所数としては比較的に数が多くなる。ところが、雨量がより多くなると氾濫面積が大きくなり、点在していた被害箇所が連続するために被害箇所数としては減少してしまう。特に、著しく大きな雨量がありそのために大災害となったような場合には、当然のことながら被害箇所当たりの氾濫面積は大きくなる。そこで、このことが今回の調査結果に影響するほどの大きな問題かどうかを調べておく必要がある。図3は、経年的・

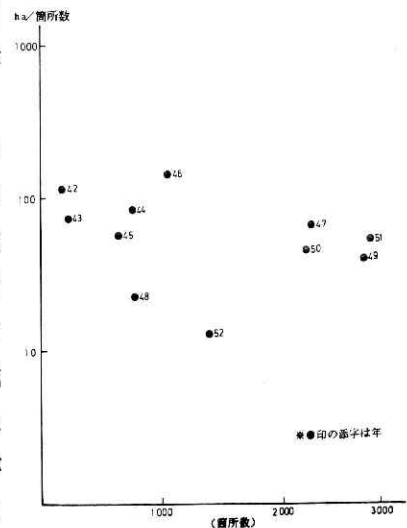


図3 内水被害箇所1カ所当たりの平均氾濫面積

地域的に内水被害1カ所当りの平均氾濫面積を示したものである。仮に、前述のような問題点が今回の調査結果に大きく影響していたとすれば、被害箇所数が多くなると被害箇所1カ所当りの氾濫面積は小さくなり、図3においてプロットされた点が右下りに並ぶはずである。ところが、図3では著しい右下りの傾向を示していない。故に、被害箇所数の増加に対する被害箇所1カ所当りの変化は、今回の調査結果に大きな影響を与えないと考えた。

2.2.1 内水被害発生箇所数の経年的変化

図4は、調査対象期間11年間の被害箇所数の変化を示したものである。図4から次のようなことが分る。全国的な傾向として、昭和46年ごろから内水の被害箇所数が大きく増加の傾向にある。さらに、地域的にみたま経年的な差について調べてみると東京都・埼玉県においても、全国の場合と同様の傾向がみられる。しかしながら、人口

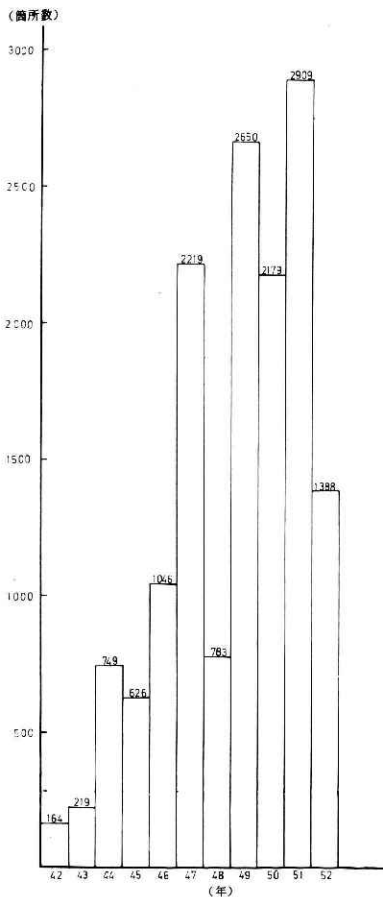


図4(a) 内水被害の発生箇所数の経年変化 (全国)

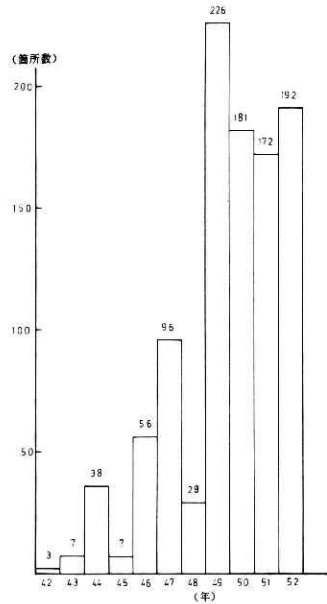


図4(b) (東京都)

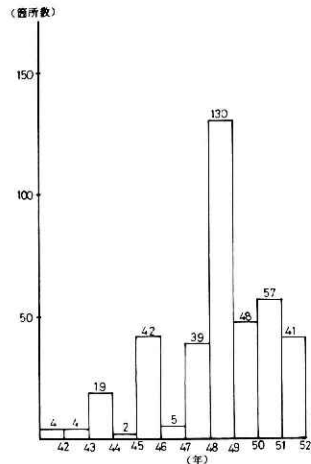
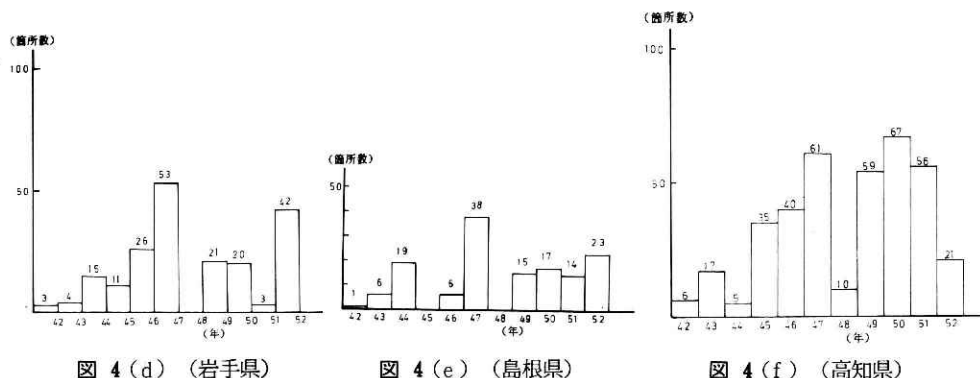


図4(c) (埼玉県)



過疎地域の他の県においては経年的な差はあまりみられない。

図4は、雨量やその他の要因との関係について考えていないために、2.2.2以下の調査結果と合わせて調べる必要がある。

2.2.2 雨量規模別発生頻度

内水被害と雨量との関係について調べるために、雨量に関しては雨量規模別(雨量の多寡)の発生頻度日数を用いることにした。

雨量規模別発生頻度図の作図は、以下の方法によった。

- ① 雨量規模の定義によって述べた方法により、資料収集の対象となる雨量観測所を選出した(表1)。

表1 調査に使用した雨量観測所一覧表

都 県 名	雨 量 観 測 所 名
東 京 都	砂町・東京・村山・八王子・青梅・日野・羽田・府中・新宿・金町・吉祥寺 世田谷・芝浦・町田・新砂・西ヶ原・中新井
埼 玉 県	浦和・入間川・松山・越谷・鴻巣・飯能・川越・浦山・名栗・鶴ヶ島・小鹿 野・槻川・秩父・大宮・神泉・羽生・本庄・久喜・栗橋
岩 手 県	花巻・北上・千厩・一関・花泉・盛岡・紫波・横川目・沢内・遠野・宮古・ 岩泉・普代・西釜石・久慈・大船渡・大迫・矢作
島 根 県	豊田・美都・瑞穂・江津・口羽・矢上・巴智・平田・松江・出雲・安来・大 東・広瀬・横田・三刀屋・仁多・六日市・浜田・大田・佐田・仁摩・福光・旭
高 知 県	高知・大籾・天坪(繁藤)・須崎・伊野・佐川・越知・安芸・宿毛・江川崎 富山・窪川・東津野・檜原・室戸崎・野根・本山・田野

※ 雨量観測所はすべて気象庁所管のものである。

- ② 日雨量をその大きさによって四つのランク(20mm以下, 21mm~50mm, 51mm~100mm, 101mm以上)に分け、調査に使用した全雨量観測所についてランク別の日雨量の発生頻度を調べた。
- ③ ②で調べた日雨量のランク別発生頻度の値を各都県別に合計した。
- ④ 各都県において、使用した雨量観測所の数が異なるので、経年的・地域的なバラツキの

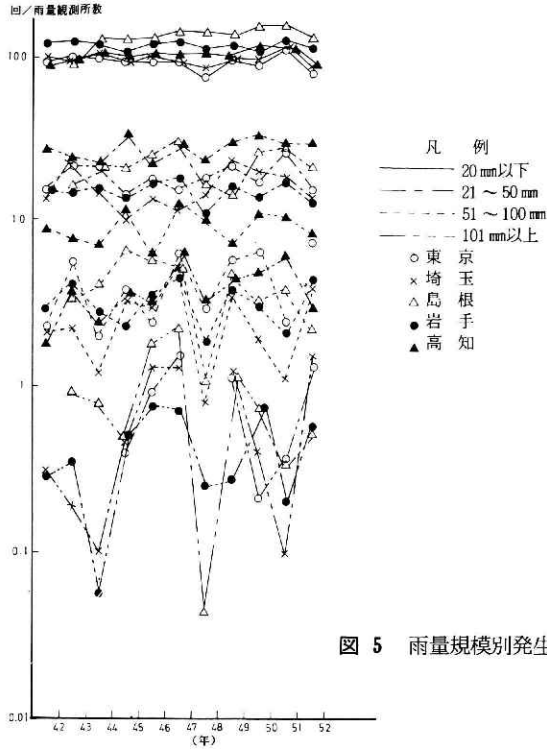


図 5 雨量規模別発生頻度図

程度を各都県別に比較するには、③の値を規準化する必要があるので、③の合計値を各都県別の使用雨量観測所数で割った(図5)。

図5は、調査の対象となる都県において、各都県内では年間に一様の雨量分布であると仮定して、1年間に発生する日雨量を頻度別に示したもので経年的・地域的な雨量のバラツキを表そうとしたものである。図5によると、小さな雨量では経年別・地域別な差はあまりみられないが、雨量が大きくなると差ができて始める。経年別では、昭和48年に大きな雨量が少なく、地域別では、高知県が全体的に雨量が多くなっている。

この結果と2.2.1の図4と合わせて考えてみると、まず経年別の被害箇所数は、昭和46年以降では昭和48年が最も少ないことと、高知県の被害箇所数が人口過疎地域のなかで最も多いこと、などから雨量と内水被害箇所数はある程度のある関係があることがうかがえる。しかしながら、昭和42年~45年まではある程度以上の雨量があつたにもかかわらず比較的数字が少ないこと、高知県の被害箇所数よりも人口密集地域の方が雨量が少ないにもかかわらず被害箇所数が多いこと、などを考えると雨量以外にも原因があることも推察される。

2.2.3 雨量規模と内水被害箇所との関係図

図6は、内水被害発生箇所数との関係をより詳しく示そうとするものであり、雨量が多い年は被害箇所数も多いという仮定が成り立つかどうかを調べてみたものである。

この調査において、雨量はその発生頻度と大きさを組み合わせたもので表現した。その結果

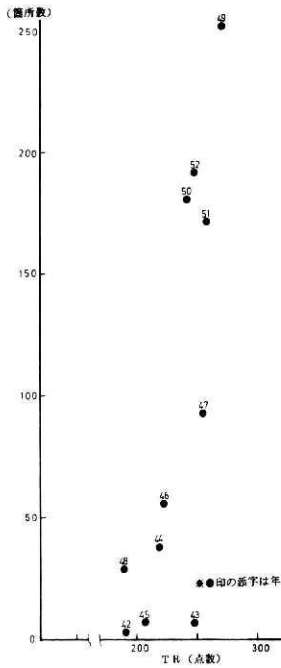


図 6 (a) 雨量規模と内水被害箇所
(点数による) (東京都)
・ (全雨量)

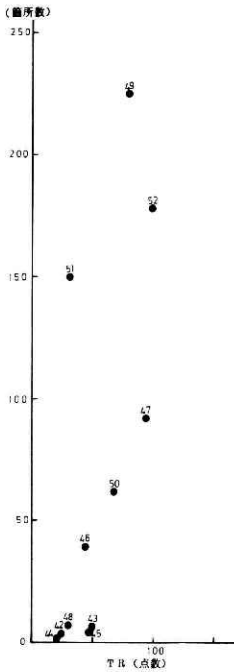


図 6 (b) (東京都)
・ (51 mm 以上)

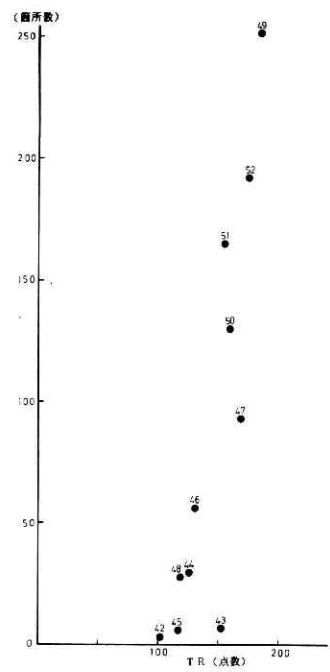


図 6 (c) (東京都)
・ (21 mm 以上)

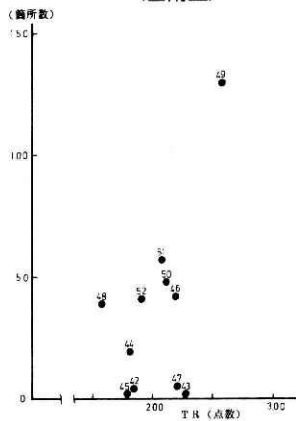


図 6 (d) (埼玉県) ・ (全雨量)

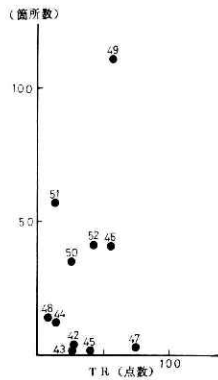


図 6 (e) (埼玉県)
・ (51 mm 以上)

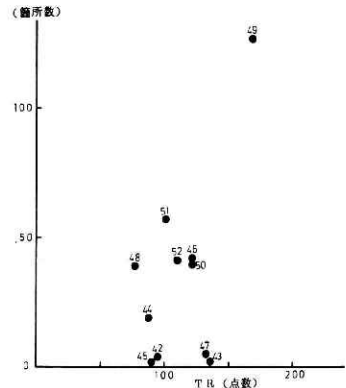


図 6 (f) (埼玉県)
・ (21 mm 以上)

と内水被害の箇所数を対応させることにより雨量と内水被害箇所数との関係を調べた。以下、作図のための手順を述べる。

2.2.2の④で求めた各都県の雨量の値にランク別の係数を掛けた。すなわち、20mm以下の雨量が1回発生したら1点、21mm～50mmなら1回につき5点、51mm～100mmなら1回につき10点、101mm以上なら1回につき20点を各々に掛けて各年毎に合計点を計算す

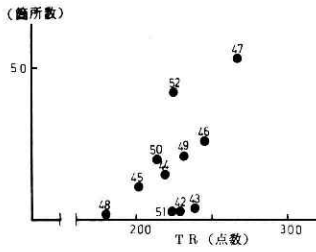


図 6 (g) (岩手県)
・ (全雨量)

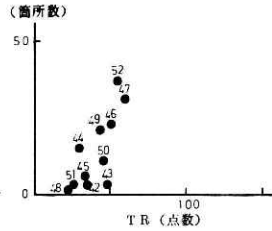


図 6 (h) (岩手県)
・ (51 mm 以上)

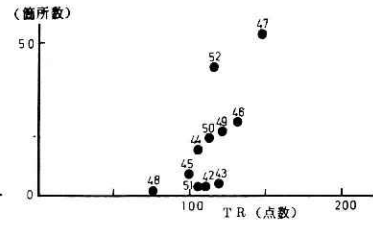


図 6 (i) (岩手県) ・
(21 mm 以上)

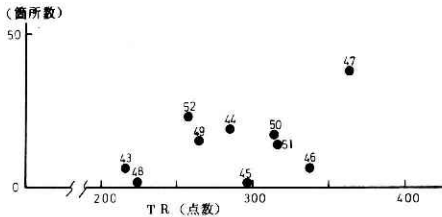


図 6 (j) (島根県) ・ (全雨量)

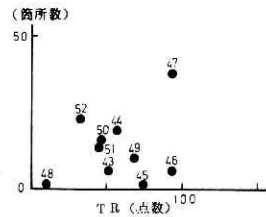


図 6 (k) (島根県) ・ (51 mm 以上)

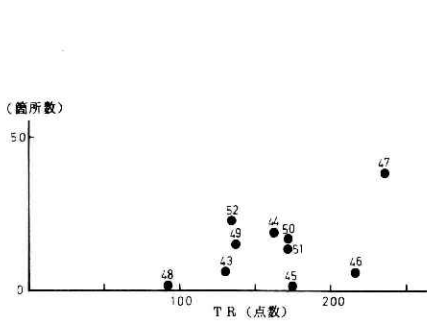


図 6 (l) (島根県) ・ (21 mm 以上)

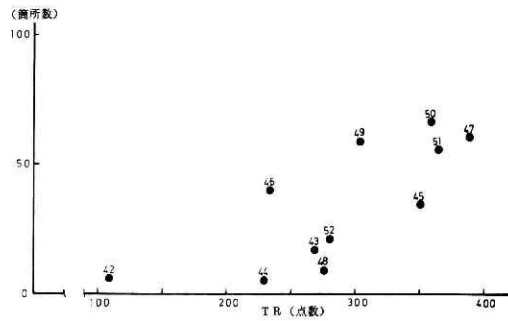


図 6 (m) (高知県) ・ (全雨量)

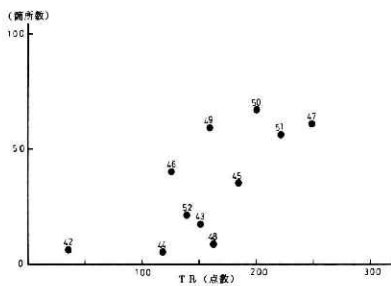


図 6 (n) (高知県) ・ (51 mm 以上)

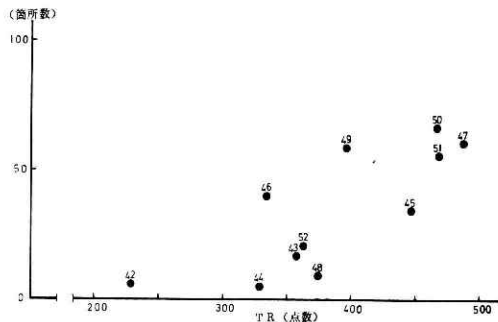


図 6 (o) (高知県) ・ (21 mm 以上)

る。これを式で示すと次のようになる。

$$TR_{ij} = (F_{i, 1\sim20} \times 1 + F_{i, 21\sim50} \times 5 + F_{i, 51\sim100} \times 10 + F_{i, 101\sim200} \times 20)$$

ここで、 $TR_{i,j}$: i 県(都)における j 年の合計点、 $F_{i, 1\sim 20}$: i 県(都)における 20mm 以下の日雨量の発生回数、 $F_{i, 21\sim 50}$: i 県(都)における 21mm~50mm の日雨量の発生回数、 $F_{i, 51\sim 100}$: i 県(都)における 51mm~100mm の日雨量の発生回数、 $F_{i, 101}$: i 県(都)における 101mm 以上の発生回数

これらの合計点の大きさで雨量の程度を表現するものとした。この値を横軸に取り被害箇所数を縦軸にしたのが図6である。仮に、雨量が多くなるにしたがい被害箇所数が多くなる とすると、図6は右上りの傾向を示すはずである。次に考えておかなければならないことは、あまり小さい雨量では内水被害は発生しないことである。この点の影響を調べておくことが必要である。そこで、20mm 以下の雨量を取り除いた図と50mm 以下の雨量を取り除いた図をも示した。すなわち、1mmの雨量が100回あっても内水被害は発生しないが、100mmの雨量が1回発生すると内水被害が起きる可能性がでてくる。ところが、図6で使用した雨量程度の点数では両方とも100点として表現されてくるのでこの点を取り除こうとしたものである。その結果、全雨量を使用した場合・20mm以下の雨量を取り除いた場合・50mm以下の雨量を取り除いた場合とが一定の傾向を示しているかどうかを調査した。以下、その結果について述べてみる。

東京都・埼玉県では、図6(a)~(f)のいずれの図においても被害箇所数と点数の間に相関はみられないが、他の3県では、図6(g)~(o)のいずれの図においても点数と被害箇所との間に右上りの傾向がみられる。すなわち、図6から人口過疎地域では、内水被害箇所数が雨量に大きく影響されているのに対し、人口密集地域では雨量以外の要因も大きいと思われる。すなわち、この項の最初で仮定した雨量が多い年は被害箇所数も多いという仮定は、人口過疎地域ではある程度成り立つが、人口密集地域では必ずしも成り立たない。

2.2.4 雨量頻度別の内水被害発生回数の割合

図7は、調査対象地域内のどこかの雨量観測所(今回の調査では都県単位)で、ある大きさの雨量が何回か発生した場合に、そのうち何回内水被害が発生するかを両者の比で調べたものである。作図は、以下の方法によった。

2.2.2における③の値をAとする。次に、Aのなかから内水被害時のみの日雨量を取り出し、その雨量だけについてAの場合と同様の方法で合計する。その値をBとし、縦軸に B/A の値を取る。次に、10mm 単位で雨量の発生頻度を都県別に求め、その値を横軸に取ってプロットしたのが図7である。

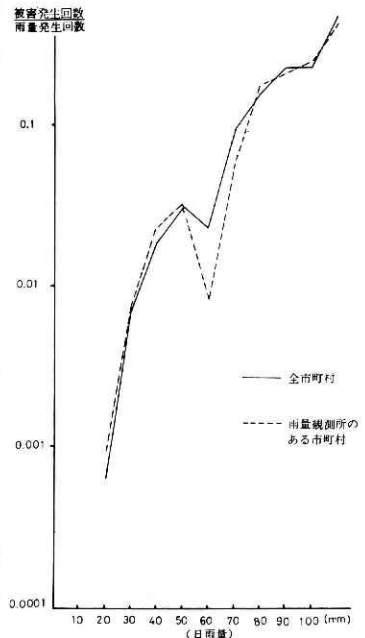


図7(a) 雨量規模と内水被害の発生回数の割合(東京都)

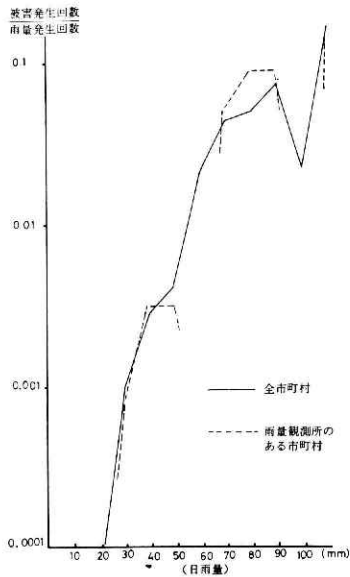


図 7 (b) (埼玉県)

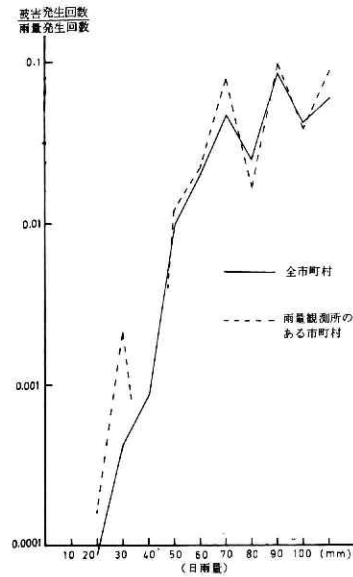


図 7 (c) (岩手県)

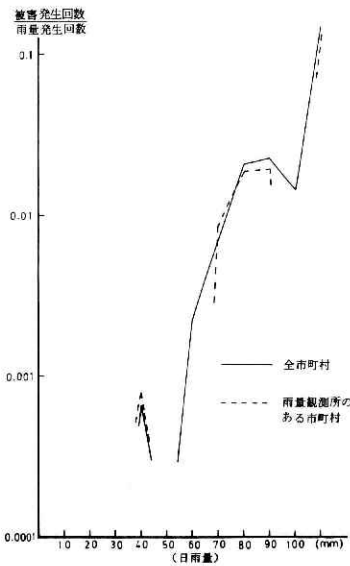


図 7 (d) 島根県

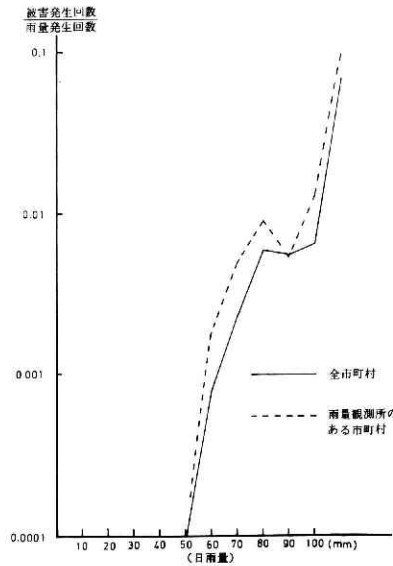


図 7 (e) (高知県)

図7を含む他の図においても、雨量を調査対象にした場合には、雨量資料の妥当性が問題となる。すなわち、被害箇所近くに雨量観測所がなく、比較的離れた場所の雨量観測所の資料を使ったような場合に、被害箇所に実際に降った雨量と調査に使用した雨量との差が問題となる。そこで、被害箇所と雨量観測所とが同一の区・市町村である場合のみを抽出し

た結果を図7に点線で示した。この点線と被害箇所全部を計算した結果（実線）を比較した結果、両方の値がほぼ同様の傾向を示しているので、この調査では全被害箇所について調べるものとした。その結果について述べてみる。

本来なら、図7は少しのバラツキはあっても線型の様相を示すはずであるが、プロットした点は傾向としては右上りであるが若干の凹凸がある。これは、整理した現象（雨量と被害箇所）にこの程度のバラツキがあることを示している。次に述べる2.2.5の結果についても同様であると考える。

図7から、ある雨量観測所で100回に1度内水被害をもたらすような雨量の大きさを調べてみると、東京都：30mm～40mm；埼玉県：50mm～60mm；岩手県：50mm～60mm；島根県：70mm～80mm；高知県：90mm～100mmとなっていて地域による差があり、東京都が最も小さい雨量で内水被害を受けている。傾向としては、人口密集地域の方が小さい雨量で内水被害を生じている。

2.2.5 雨量頻度別の内水被害箇所数の割合

図8は、2.2.4と同様の目的で作図したものであるが、内水被害の発生回数のかわりに被害箇所数で調べてみたものである。作図は、横軸は図7と同様であるが、縦軸は内水被害箇所数を2.2.2の③の値で割った値を取った。すなわち、調査対象地域においてある大きさの雨量が発生した場合何カ所くらい被害が発生するかを両者の比でみたものである。各都県において平均1カ所当りの内水被害をもたらすような雨量の大きさは、東京都：30mm～40mm

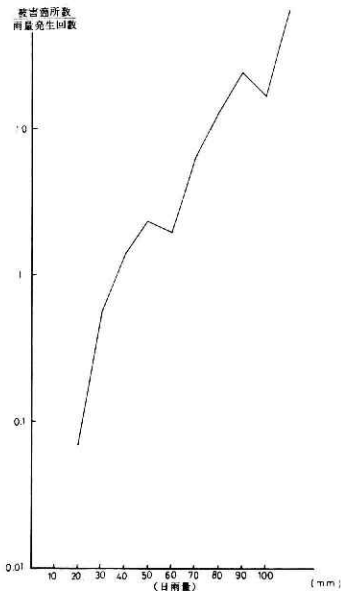


図8(a) 雨量規模と内水被害箇所数の割合
(東京都)

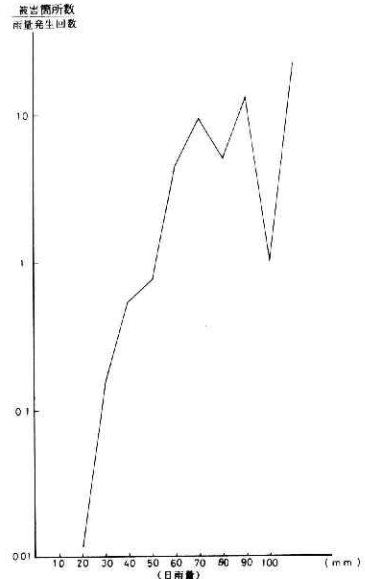


図8(b) (埼玉県)

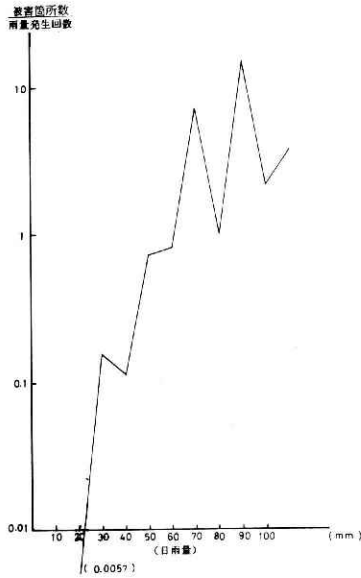


図 8(c) (岩手県)

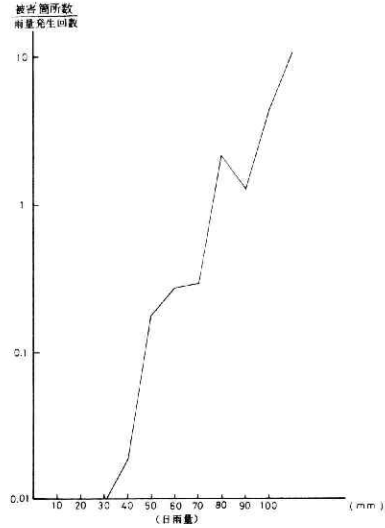


図 8(d) (島根県)

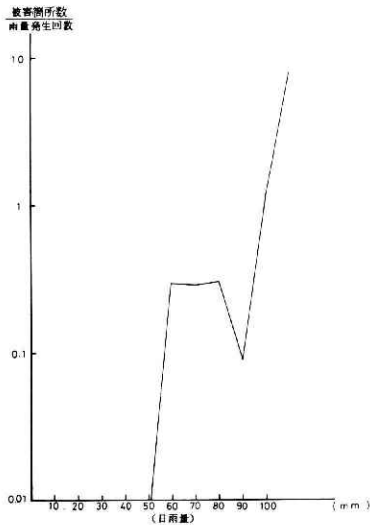


図 8(e) (高知県)

；埼玉県：50mm～60mm；岩手県：60mm～70mm；島根県：70mm～80mm；高知県：100mm以上となっている。すなわち、2.2.4と同様に人口密集地域の方が人口過疎地域よりも小さい雨量で内水被害を受けている。

2.2.6 水系別内水被害時最低日雨量

図9は、雨量の大きさがどの程度になると内水被害が現れてくるようになるのかについて調査するために、被害をもたらした雨量のうちの最低日雨量を各都県別・水系別・経年別に調べたものである。

図9によると、20mm～30mmで内水被害が発生している年数は、11年間（昭和42年～52年）で東京都：10年；埼玉県：6年；岩手県：4年；島根県：なし；高知県：なし、となっていて

経年的な変化は認められないが地域による差が認められる。この場合の調査においても、2.2.4～5と同様に人口密集地域の方が小さな雨量で内水被害を受けている。

2.2.7 内水被害時における時間雨量分布

上記までの結果において、比較的小さな雨量で内水被害を受けている場合が幾つかあった。

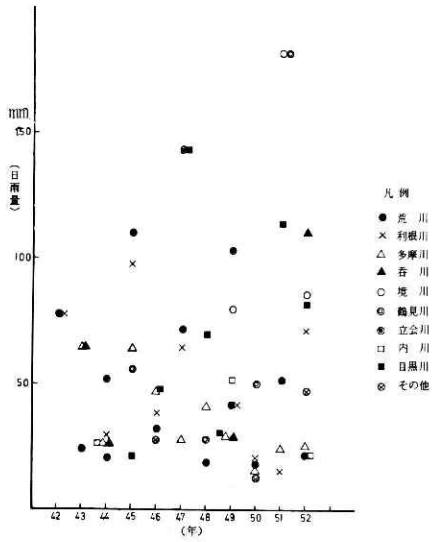


図 9 (a) 水系別内水被害時最低日雨量 (東京都)

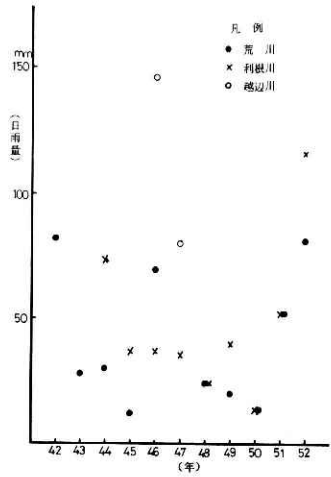


図 9 (b) (埼玉県)

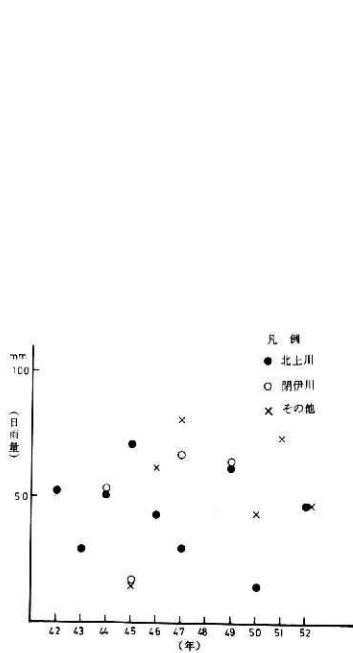


図 9 (c) (岩手県)

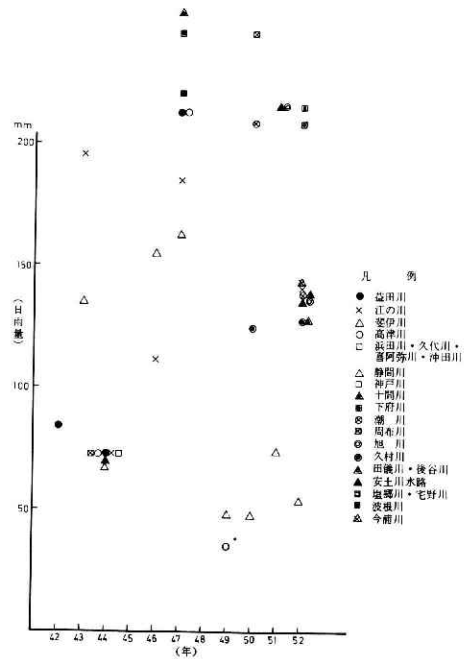


図 9 (d) (島根県)

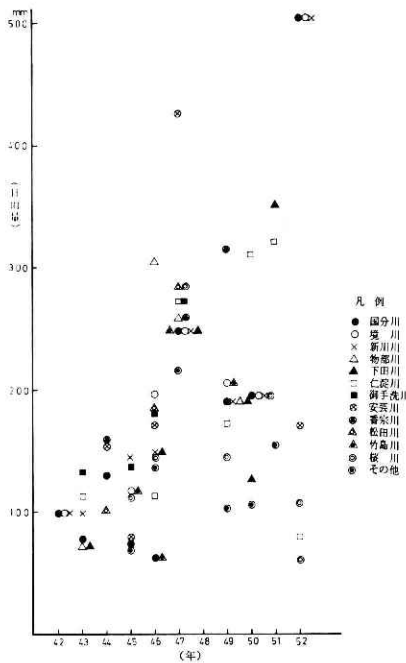


図 9 (e) (高知県)

その原因としては、偶発的な現象（例えば、排水路にゴミが詰まったために内水被害が生じた場合など）・短時間に雨量が集中して降った場合などが考えられる。

現在における内水被害の問題点を明らかにするために、偶発的な現象・降雨の集中の程度などについて詳しい調査を実施することも重要であると考えられる。しかしながら、今回の調査では偶発的な現象について詳しく調べるための資料が入手できなかったため、降雨の集中の程度だけを調べてみた。

簡単に日雨量10mmとか20mmとかいっても、1時間の間にその大部分が降ってしまった場合と24時間に平均して降った場合とでは、被害を受ける可能性に大きな違いがある。そこで、今回の調査において、日雨量が40mm以下で内水被害となっている日雨量について時間雨量分布を調べてみ

た。

日雨量が40mm以下で内水被害が発生した日数が、今回の調査で使用した全雨量観測所の延べ日数で64日であった。そのなかには、時間雨量を観測していない所もあり結果的には表2の21日分の時間雨量分布表を作図した(図10)。以下、その結果について述べてみる。

表 2 日雨量が40mm以下で内水被害となった日数の都・県別合計数

都・県	東京都	埼玉県	岩手県	島根県	高知県
合計の日数	42	14	7	1	0
時間雨量表を作成した延べ日数	10	8	3	0	0

図10において、ほとんどの場合が短時間（1時間～2時間程度）の間で10mm程度以上の雨量である。すなわち、10mm程度の雨量でも短時間に降ると内水被害となる場合があることが分った。ただし、短時間に10mm程度の雨量があっても同一場所で内水被害の発生しなかったことも当然あるはずだから、1時間～2時間に10mm程度の雨量で内水被害となる現象が、ごくまれに起きる現象なのかかなり頻繁に起きる現象なのかは、これだけの調査では分らない。また、表2と図5(2.2.2)を合せて考えると、これまでの調査と同様に人口密集地域の方が小さい雨量で内水被害を受けていることがわかる。

2.2.8 内水被害による氾濫面積の経年変化

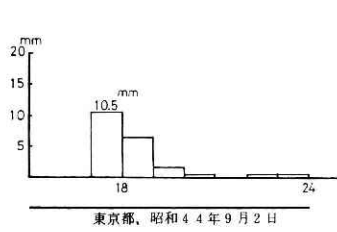


図 10 時間雨量分布 (東京都)
(昭和44年9月)

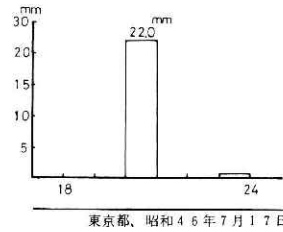


図 10 (東京都) (昭和46年7月)

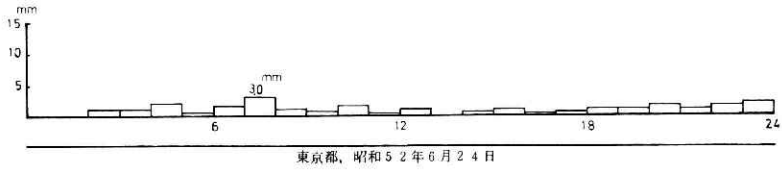


図 10 (東京都) (昭和52年6月)

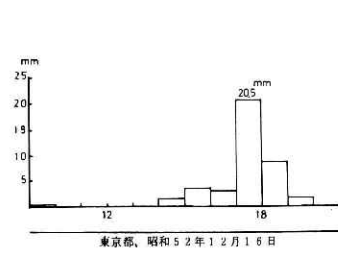
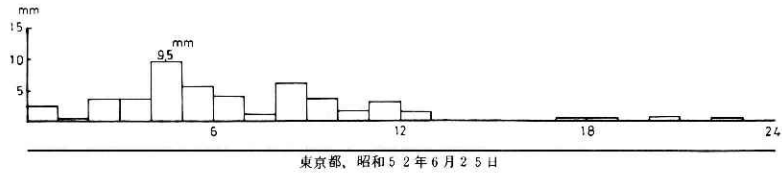


図 10 (東京都) (昭和52年12月)

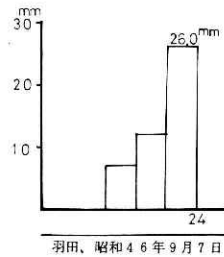


図 10 (羽田) (昭和46年9月)

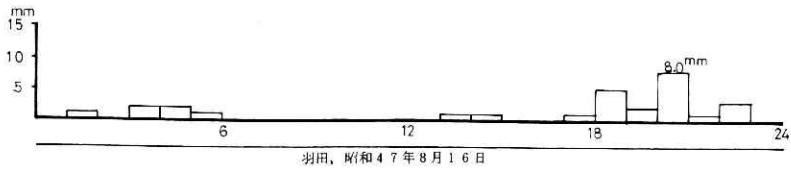


図 10 (羽田) (昭和47年8月)

最近における内水被害の分析とその防止対策に関する研究 - 入澤

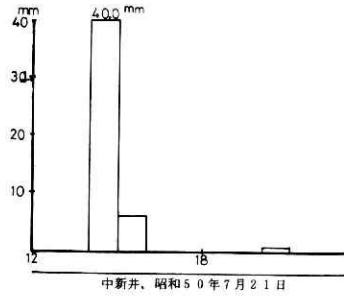


図 10 (中新井) (昭和50年7月)

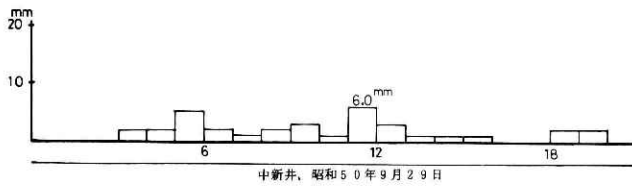


図 10 (中新井) (昭和50年9月)

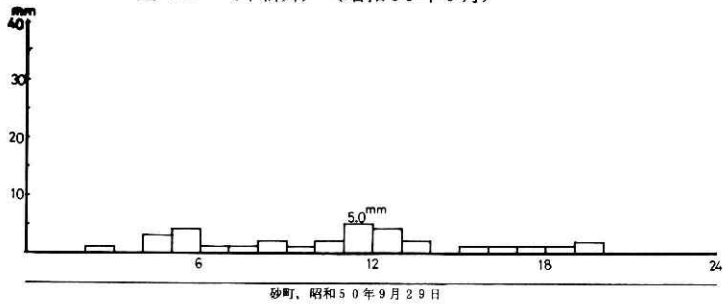


図 10 (砂町) (昭和50年9月)

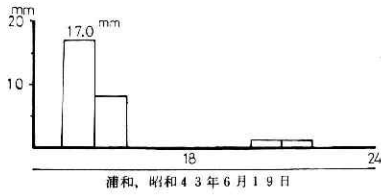


図 10 (浦和) (昭和43年6月)

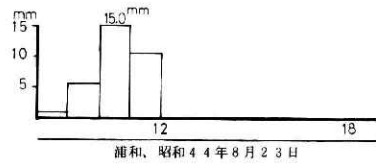


図 10 (浦和) (昭和44年8月)

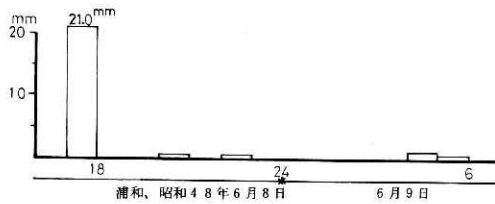


図 10 (浦和) (昭和48年6月)

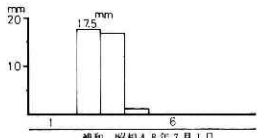


図 10 (浦和) (昭和48年7月)

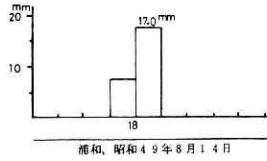


図 10 (浦和) (昭和49年8月)

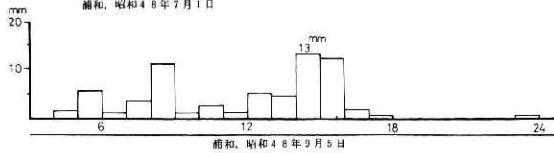


図 10 (浦和) (昭和48年9月)

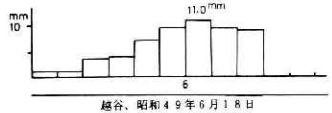


図 10 (越谷) (昭和49年6月)

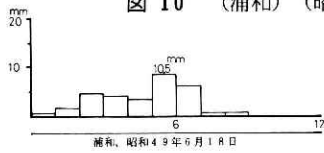


図 10 (浦和) (昭和49年6月)

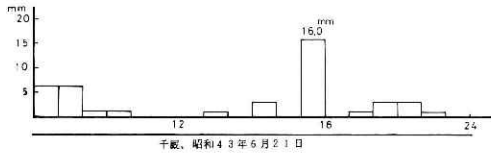


図 10 (千蔵) (昭和43年6月)

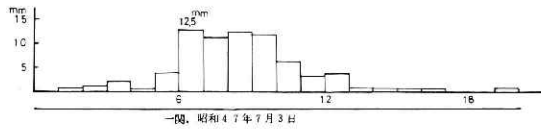


図 10 (一閑) (昭和46年7月)

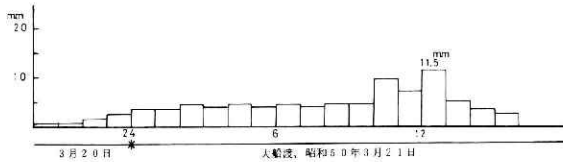


図 10 (大船渡) (昭和50年3月)

2.2.1～7までの調査では、内水被害の規模についての考慮がなされていなかった。そこで、ここでは内水被害の規模を内水被害1カ所当りの氾濫面積で代表して表わすことにした。

図11(a)・(b)は、前記の目的のために作図したものであるが、その結果を以下に述べる。

全国及び各都県において、被害箇所当りの氾濫面積は減少の傾向にある。しかしながら、全国的には被害箇所数が増加傾向(図4)にあるために、全体として氾濫面積は減少していない。また、被害箇所当りの都県別の氾濫面積をみると人口密集地域の方が、人口過疎地域に比べて氾濫面積が小さくなっている。

表 3 被害箇所1カ所当りの氾濫面積(都・県別、対象期間の平均) 単位 ha/箇所

都・県名	東京都	埼玉県	岩手県	島根県	高知県
ha/箇所	7.2	23.0	34.7	92.7	64.9

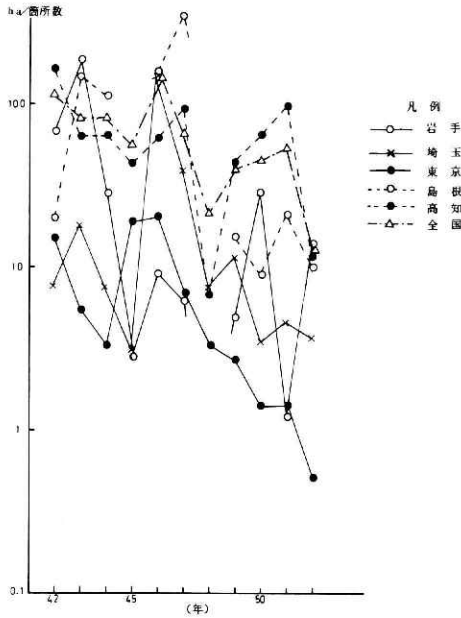


図 11 (a) 内水被害箇所1カ所当りの氾濫面積の経年変化

注・図3を経年的に調べたもの

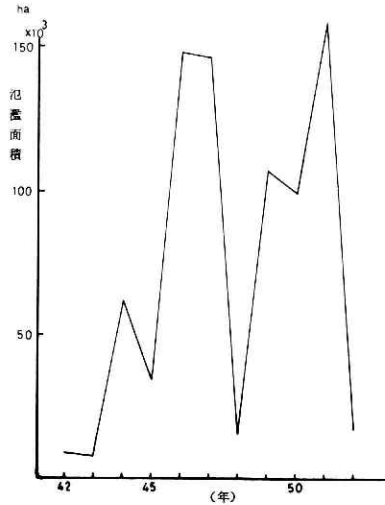


図 11 (b) 内水被害による氾濫面積の経年変化(全国)

2.2.9 調査の結果

2.2.1～8までの結果から幾つかの点が明らかになった。以下、それらの点について述べる。

- ① 内水被害は、全国的にみると昭和46年ごろから増加している。人口密集地域でも同様の傾向がみられるが、人口過疎地域では経年的な変化はあまりみられない。
- ② 内水被害の発生原因として、人口密集地域では雨量だけでなく雨量以外による原因も大きく影響している（人口密集地域における昭和46年ごろからの内水被害箇所数の増加は、雨量のみの影響によるものではない）。
- ③ 内水被害は、日雨量で20 mm～30 mmで発生することもある。また1～2時間の間に10 mm程度以上の雨量が集中して降った場合でも被害を生じる場所がある。
- ④ 人口密集地域の方が人口過疎地域に比べて、小さい雨量で氾濫面積の小さい被害を数多く受けている。

上記の結果から、内水被害の発生は地域による差が大きく、被害の現れ方も必ずしも雨量の多寡・強弱のみの影響によるものではないことが明らかになった。そこで、次に雨量以外に内水被害の現れ方に影響を与えていると思われる要因についての調査を実施した。

2.3 雨量以外の要因についての調査

雨量以外で内水被害の発生と関係があるものとしては、氾濫域における土地利用形態・治水工事の進捗・地形・偶発的な現象などが考えられる。そこで、これらの現象と内水被害発

表 4 氾濫面積内の土地利用 (内水被害のみ)

単位: ha

		昭和42年	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
岩手	全体(A)	203	749	4255	312	2378	3285		1012	5706	36	5887
	宅地等(B)	116		55	156	137	361		22	306	36	909
	B/A	0.57		0.13	0.50	0.06	0.11		0.02	0.54	1.00	0.15
埼玉	全体(A)	308	737	1437	60	62214	1886	2901	15268	1673	2645	150
	宅地等(B)	132	171	817	60	10344	476	2901	9401	865	1771	591
	B/A	0.43	0.23	0.57	1.00	0.17	0.25	1.00	0.62	0.52	0.67	0.39
東京	全体(A)	447	372	1252	1341	11519	6481	955	7233	2522	243	916
	宅地等(B)	447	372	1252	1341	11430	6438	955	7011	2513	240	916
	B/A	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	0.99	1.00	0.97	1.00	0.99	1.00
島根	全体(A)	20	891	21275		9536	129322		2276	1516	2895	2299
	宅地等(B)	20	118	463		8	19165		269	898	889	226
	B/A	1.00	0.13	0.22		0.01	0.15		0.12	0.59	0.31	0.10
高知	全体(A)	978	1089	326	1495.7	2450	57074	672	25445	44115	54271	2433
	宅地等(B)	364	777	182	5402	2266	8369	535	12049	10401	25176	162
	B/A	0.37	0.71	0.56	0.36	0.09	0.15	0.80	0.47	0.24	0.46	0.07
合計	全体(A)	19,020.4	18,063.3	62,672.2	35,111.6	148,404.4	146,822.9	17,291.2	107,605.9	100,672.2	158,938.3	178,479
	宅地等(B)	6,375.2	5,476.3	12,344.4	4,780.6	27,473.7	21,182.9	5,203.4	47,916.6	41,823.2	69,881.2	43,128
	B/A	0.04	0.30	0.20	0.14	0.19	0.14	0.30	0.45	0.42	0.44	0.24

生原因との関係について調査することにした。ただし、このうち治水工事の影響・偶発的な現象については、2.2.6で述べたとおり資料不足から今回の調査では実施できなかった。残りの地形と土地利用のうち、地形との関係については3章で調べるものとして、ここでは土地利用形態と内水被害との関係について調べた。

2.2の調査において、内水被害の発生が地域によって差のあることが示された。また、調査対象の各都県における氾濫地内の土地利用を示した。表4をみると経年的な傾向はみられない反面、地域によって氾濫地内の土地利用に差があることが分る。すなわち、人口過疎地域においては氾濫地内の大部分が農地であるのに対して人口密集地域では農地以外のところが多い。しかしながら、以前に全国の水害(内水・破堤・溢水)について単位氾濫面積当りの被災家屋数(図12)を調べた結果によると、氾濫地内における被害家屋数は経年的にみて

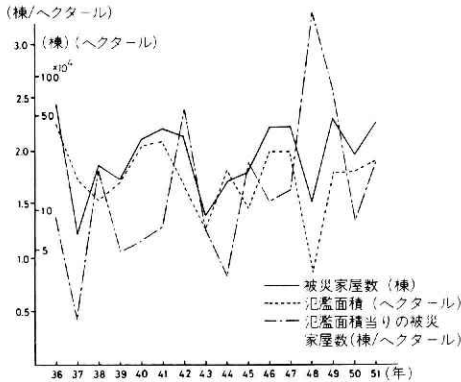


図 12 全国氾濫面積・被災家屋数の経年変化 (本誌No.22, p. 3より)

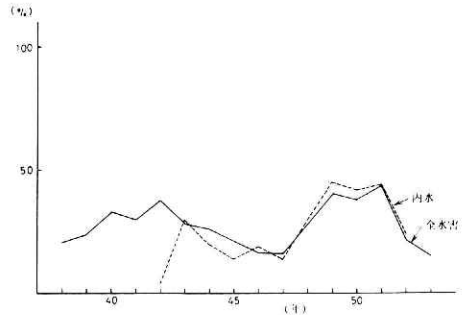


図 13 氾濫面積内において農地以外の占める割合・(全国)

増加の傾向がある。さらに、氾濫面積内の農地以外（宅地・その他）の占める割合を示した結果（図13）にも図12と同様の傾向がみられた。このことから、氾濫地内における宅地等の占める割合が経年的に増加しており内水被害の発生と土地利用形態が無関係でないことが分る。

3. 内水常襲地域における地形調査

内水被害の発生原因は、前章で述べた雨量や土地利用形態以外に地形が大きく影響しているといわれている。そこで、この章では最近において内水被害を受けた地域の地形がどのようになっているかを調査し、内水被害との関係について考えてみようとしたものである。

3.1 調査対象地域の選出

地形調査の調査対象地域としては、最近常襲的に内水被害を受けている地域を選んだ。ここで内水常襲地域の定義は、2章において整理されている内水被害を受けた箇所のうち、調査対象期間（11年）内において同一市町村で5カ所以上（2年に1カ所程度）内水被害を受けている市町村とした。これを表5にかかげる。

表 5 内水常襲地域一覧表

都 県 名	市 町 村 名	都 県 名	市 町 村 名
岩手県	藤 沢 町	千葉県	船 橋 市
秋田県	秋 田 市	愛知県	名 古 屋 市
福島県	福 島 市	"	碧 南 市
"	会 津 市	"	大 治 町
埼玉県	川 若 松 市	"	蟹 江 町
"	日 部 市	三重県	四 日 市
"	春 日 市	和歌山県	新 宮 市
"	浦 和 市	徳 島 県	徳 島 市
東京都	鳩 ヶ 谷 区	"	鳴 川 町
"	練 馬 区	"	山 浦 町
"	新 板 橋 区	"	石 井 町
"	杉 並 区	"	松 茂 町
"	保 谷 市	高知県	高 知 市
"	田 無 市		

表5の内水常襲地域において、最近の水害の氾濫図及び氾濫域に含まれている地形分類図を収集した。ただし、この資料収集作業の結果、資料が収集できなかった市町村及び水害が幾つかあったために、最終的には表6の市町村と水害について調査を行なった。この章での調査対象期間は、資料のある水害はすべて対象にしたので、場所によっては、昭和55年まで調査の対象になっている。その反面、昭和40年代前半の資料はすでに市町村で処分したのも多く、ほとんど入手できなかった。また、資料収集ができたなかでも東京都に関しては、都のほぼ全域について資料が集められた反面、1カ所ごとの氾濫域については他の市町村のように詳しく調べられる資料は入手できなかった。故に、他の地域と東京都では、整理の方法を変えざるを得なかった。

表 6 地形調査を行なった市町村と水害年月日

東	市町村名	洪水年月日																													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28		
		46 9 6	47 7 5	47 9 8	47 9 16	49 6 5	50 5 4	50 6 9	50 7 7	50 7 11	50 7 14	50 7 17	50 8 21	51 7 19	51 8 14	51 8 19	52 2 5	52 5 16	52 9 19	52 6 26	53 8 16	53 9 16	53 6 26	54 7 22	54 6 23	54 7 24	54 8 4	55 4 6	55 6 17	55 8 16	
岩手県	東磐井郡藤沢町																														
秋田県	秋田 市						○			○														○	○	○	○	○	○	○	○
福島県	福島 市							○	○				○	○		○						○									
	会津若松市	○	○	○	○	○					○				○						○	○						○			

東	市町村名	洪水年月日												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
		41 6 28	45 8 13	49 7 20	49 8 31	50 7 4	50 9 5	50 10 5	50 11 6	51 9 7	52 8 17	53 4 6	53 7 7	53 7 11
埼玉県	川口市, 春日部市 浦和市, 鳩ヶ谷市	○	○							○				
東京都	全 域			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

中	市町村名	洪水年月日																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
		46 7 6	46 9 29	47 6 12	47 6 27	47 9 16	48 5 5	48 8 4	49 7 17	49 7 7	49 24 25	50 3 4	51 5 25	51 7 28	51 9 14	53 7 2	53 7 13	54 9 25	54 9 30	54 10 18	54 10 19
愛知県	名古屋 市							○			○	○		○	○			○		○	
	碧南 市					○				○		○								○	
	海部郡大治町									○	○			○	○						
	海部郡蟹江町													○						○	
三重県	四日市 市	○	○	○	○		○		○	○	○									○	

四	市町村名	洪水年月日																				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19		
		45 17 9	45 8 18	45 8 21	47 10 11	47 9 15	49 6 7	49 9 1	49 9 9	49 8 5	50 8 22	50 8 19	51 7 24	51 9 7	52 2 11	53 9 24	53 9 30	54 10 24	54 10 30	55 9 18	55 10 10	55 11 19
徳島県	徳島 市					○	○	○		○				○				○	○	○		
	麻植郡鴨島町									○	○							○	○			
	勝浦郡勝浦町								○	○		○	○					○				
	名西郡石井町																	○	○			
	板野郡松茂町										○	○						○	○			
	麻植郡山川町										○	○						○	○			
高知県	高知 市	○	○	○	○		○	○		○			○	○								

注：○印は資料が収集できた年月日

3.2 内水常襲地域における地形調査の方法と結果

氾濫地の地形調査は、表6の対象水害について氾濫図と地形分類図を重ね合わせるにより行なった。その結果を表7に示した。表7において、東京都以外では、氾濫域内で各地形の占める面積を求め地形ごとに合計して各地形の割合を表したが、東京都では氾濫ごとの詳しい範囲が分らなかったために、氾濫域の大部分を占める地形を氾濫域の地形として各地

表 7 (a) 表 6 の水害の氾濫域内の地形・(東京都を除く)

単位: ha

地形	低地の微高地		低地の一般地				人工地形				合計		
	台地 段丘	浅い谷 凹地	自然堤防 扇状地	砂丘	谷底氾 濫平野	旧河道	後背低地 旧湿地	三角州 海岸平野	干拓地	平坦地		盛土地	埋土地
各地形における 氾濫面積	2,024	48	4,785	755	9,612	503	47	5,841	1,128	144	13,345	9	38,241
地形の種類別 の氾濫面積	2,072		5,540		16,003				14,626				
合計に対する 割合 (%)	5.4		14.5		41.9				38.2				

表 7 (b) 表 6 の水害の氾濫域内の地形・(東京都)

単位: 箇所数

地形	低地の一般地		合計
	台地 段丘	浅い谷 凹地	
各地形の延べ 箇所数	48	197	906
地形の種類別 延べ箇所数	245		661
合計に対する 割合 (%)	27.0		73.0

形の延べ箇所数の割合で表した。

表 7 によると氾濫域の多くは、低地の一般地・人工的な地形・低地の微高地の順であり、次いで台地の凹地や段丘である(この分類は、国土地理院の土地条件調査の分類による)。この点については、今まで多くの人達が述べてきたとおりである。

次に、上記の結果に基づいた水害防止対策を調べる必要がある。そこで、まず表 7 における各地形の特徴を調べ、さらに各地形と水害との関係を明らかにしておくことにする。表 8

表 8 地形の特徴の概要 (この表の記述は国土地理院の土地条件調査報告書を参考にした)

地形分類	地形の特徴の概要
・台地・段丘 ・凹地・浅い谷 ・低地の微高地 (自然堤防) (扇状地) (砂丘)	海拔高度が高く、地盤は比較的良好。 台地・段丘、低地の微高地などの表面にできた凹地で表面よりも 0.5 m ~ 数 m 程度低い。 洪水時に運ばれてきた堆積物によってできた微高地で平地の一般面より 0.5 m ~ 1.0 m 以上高い。 山麓部において主として砂礫質による扇状堆積面で、傾斜は 3° ~ 15° 未満、扇状地では 3° 以下である。 海岸または河岸などに風などによって運ばれてできた小高い丘で比高は 3 ~ 4 m 以上場合によっては 10 m 以上になることがある。
・低地の一般面 (谷底・氾 濫平野) (旧河道) (後背低地) (三角州・ 海岸平野)	谷底平野は、山地・丘陵地、台地を流れる河川の沖積作用の影響範囲で、勾配は場所によって異なる。氾濫平野は、河川の沖積作用によってできた広く開けた平坦地で、谷底平野と成因は似ているが、勾配は緩いところが多い。 過去の河川流路の跡で、一般の低地面より 0.5 ~ 1.0 m 低い。 河川の堆積作用があまり進んでいないところで、過去において沼や沢であった低湿度で地盤の条件は極めて悪い。 三角州は、河川の河口部付近に細粒物質(シルト・粘土など)によって作られた堆積地形で傾斜はきわめて緩やかである。海岸平野は、過去において浅い海であったところが海退により陸地化したところで、傾斜はきわめて緩やかで海拔高も低い。
・人工地形 (干拓地) (平坦地化) (盛土地) (埋土地)	内陸水面を干して陸地化したところで 0 m 以下のところも多い。 山地・台地などの斜面を切り取りなどによって整地した平坦地で宅地造成地・ゴルフ場などに多くみられる。 低地に土を盛って造成された土地で普通 0.5 ~ 2.0 m 以内の盛土地を表わしている。又、低い埋立地も含む。 沼沢地、湖池、河川敷などを一般面までの高さとはほぼ同じに埋土した土地である。

に、各地形の特徴の概略を示した。

各地形ごとに、水害の現れ方にどのような差があるのかを考えてみた。

低地の一般地・人工的な地形（特に、埋立地・干拓地）は、多くの場合勾配がゆるやかであるために周囲から水が集まりやすく排水もあまり良くないので、湛水しやすくその時間も長い。次に、低地の微高地では、場所によって多少の違いはあるが、水害をもたらした水の流れが速く排水も比較的良好であるために湛水の時間が短かく、低地の一般地に比べると水害を受ける割合は少ない。

以上の結果から考えてみると、水害防止対策を考える場合の調査方法は、調査対象となる地域の地形によって違ってくるはずである。例えば、低地の傾斜が急であるような地形においては、氾濫した水の流れが速いために建物などを流失させるような水害が予想され、地表面の傾斜が緩い地形においては、氾濫した水の流れは遅いが排水が悪く、氾濫水深も深くなり湛水時間が長時間におよぶことが予想される。そこで、水害防止対策を考える場合に、傾斜が急な地形では構造物が流失しないような方法、例えば、構造物の基礎を耐水性にすることなどを考える必要があるし、低地の一般地のようなところでは、宅地部における盛土などのようなできるだけ湛水時間を短く氾濫水深を浅くするような方法を考える必要がある。ただし盛土については、大規模に広い範囲に盛土を行なった場合に周囲に排水不良などの悪影響を及ぼすことも考えられるために、建物の敷地のみを盛土するような方法（庭などは低いままにしておく）がより効果的であり、周囲に比べて著しく条件の悪い場所（外水・内水被害に限って言えば、周囲により著しく低い場所など）においては、土地利用規制が効果的であろう。

4. 水害防止対策の確立のための一方法の提案

前章までで、最近における内水被害の状態・発生原因について述べてきた。その結果、地形が水害の発生と密接な関係があることが分った。そこで、その影響を入力としての雨量の確率的な評価と、雨水の流動についての水理学的評価とを基にした水害防止対策の確立の方法の一つをここに提案する次第である。

水害防止対策の調査を行なう場合に、まず諸々の資料収集整理から始めなければならないが、その場合に収集する資料は調査の対象となる地域の地形の違いによって必ずしも同じ精度のものを必要としない。例えば、調査対象地域が低地の一般地や人工地形の干拓地・埋立地などの場合は、特別な場合（傾斜が急な谷底平野など）を除いては、地表面が水平に近いため地形図（ $1/25,000 \sim 1/50,000$ ）・地形分類図・降雨資料などがあればかなり具体的に調べられるはずである。しかしながら、低地の微高地のような地形においては、地表面が傾斜をもっているために少し詳しい資料（例えば、調査対象地域の勾配など）が必要であろう。

現実の問題として、地形は土地利用と密接な関係もあり、水害防止以外の立場（経済的・社会的など）での土地利用もあるため、過去において氾濫被害を受けた場所であるからといって土地を使わせないというわけにはいかない。そこで、水害防止対策としては、万一氾濫被害を受けても大きな損害とならないような土地利用方法を考慮しておく必要がある。その具体的な方法を考えるために、調査対象地域を選んで実施した水害防止対策の調査方法の1例を以下に示した。

4.1 ケース・スタディ

4.1.1 低地の一般地・人工地形（埋立地・干拓地など）におけるケース・スタディ

低地の一般地は、先にも述べたとおり地表面の傾斜がきわめて緩やかであるため、氾濫域に貯まった水は池のような流れのほとんどない状態となる。このような状態についての解析は、あまり多くの資料を使わなくても実施することができる。以下、具体的な計算例について述べる。

対象例としては、最も簡単に計算できる場所である愛知県碧南市の碧南干拓地の一部を選んだ（図14）。この地域は、堤防で周囲を囲まれていて集水域の範囲が明確であり流出口は1カ所であり、過去において幾度か排水不良による氾濫被害を受けている。そのなかから、検証洪水として最も計算結果との対比がしやすい昭和46年8月29日～30日の洪水を採用した。

（調査方法の手順と結果）

まず、手順と方法についてその概略を述べてみると、次のようになる。

- (1) 地形図・地形分類図によって等高線を推定する。
- (2) 対象地域における曲線（H-V曲線）水位・貯留量を作成する。
- (3) 過去の水害の資料から流入量・流出量の概算に必要な条件（流出計算の流出率など）を決定し、検証計算を行なう。
- (4) 対象地域の水害の発生頻度を雨量の大ききで代表させるものとして、代表雨量観測所の資料で確率雨量計算を行なう。次に、各雨量規模別の貯留量を計算する。
- (5) (4)の結果に基づいて、各々の確率雨量別の氾濫水深をH-V曲線より計算する。
- (6) (1)～(5)の結果から、水害を受けても損失が大きくなるような土地利用を調査する。

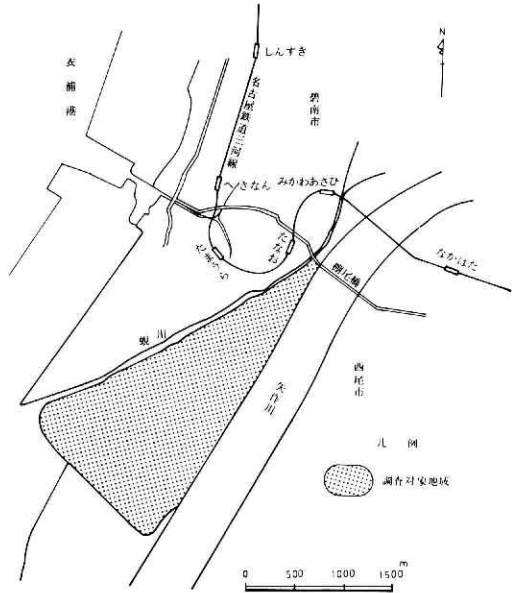


図 14 調査対象地域の位置図

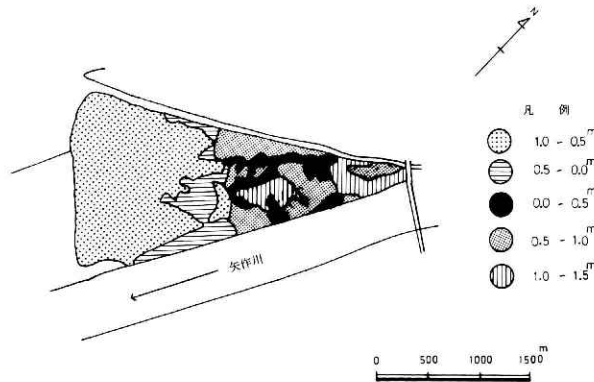


図 15 調査対象地区（碧南市）等高線図

次に、具体的な計算方法について述べる。

調査対象地域の等高線を地形図（1/25,000）と土地条件図（国土地理院発行）により決定した。等高線の決め方は、次のように行なった。

まず、0 mの等高線は地形図から分る。地形分類で自然堤防となっているところは、周囲より0.5 m、盛土地で宅地のあるところは、周囲より1.0 m 各々高いとした（表8）。次に、流量の計算のための条件としては、総雨量が20 mmに達するまでは流出率は0.5，それ以上の雨量では1.0，水門からの流出量はなし（ $Q_0 = 0$ ）・集水域は氾濫域も含めて2.4 km²とした。その結果から計算した氾濫域のH-V 曲線は、図16のようになった。

上記の仮定を基に昭和46年8月の洪水について氾濫域の検証計算を行なった。この時の総雨量は、384 mm（西尾観測所・西尾市・気象庁）を採用した。

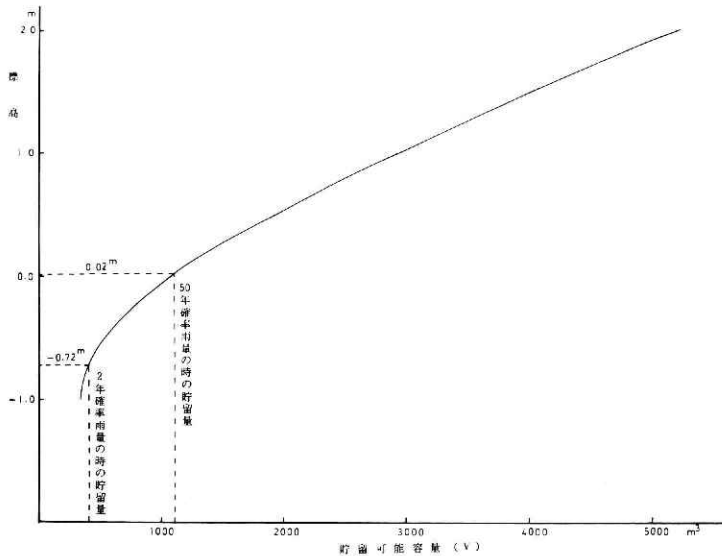


図 16 調査対象地域におけるH-V 曲線

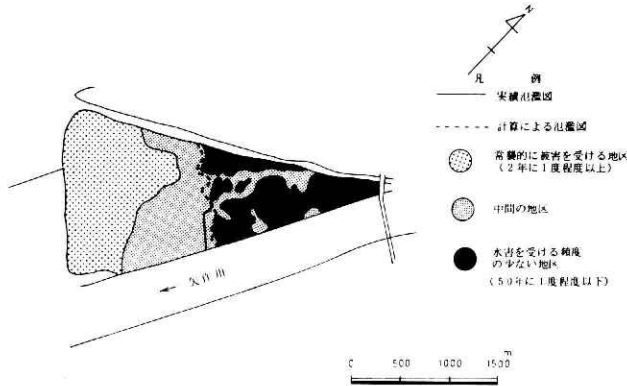


図 17 氾濫域の検証結果と被害の頻度による区域分けの図

この洪水において、実際に氾濫に寄与した雨量は、

$$R = \{ (384 - 20) \times 1 + 20 \times 0.5 \} = 374 \text{ mm}$$

374mmの雨量が調査対象地域に一律に降ったとすると、この時の貯留量は、

$$0.374 \times 2400 \approx 898 \text{ m}^3$$

図16のH-V曲線からこの時の湛水位は-0.15m(標高)となる。この結果を実際の氾濫域と比較すると図17のようになりほぼ合っている。現在、盛土地で宅地となっている区域は、1000mmを越えないと浸水しないことになり、宅地であってもまずは安全であると思われる。ところが、標高-0.5m以下のところでは200mm余りの雨量で浸水となる。これは、西尾雨量観測所での確率雨量計算(図18)(昭和

42年~52年の資料に基づくハーゼン法による計算)によれば、3~4年に1度程度発生すると思われる雨量であり、このような場所においては、宅地のように浸水をほとんど許さないような土地利用方法は好ましくない。確率雨についての詳しい説明は、他の報告(木下武雄, 1980)を参考にされたい。

上記の結果を碧南市の対象地区にあてはめてみると図17のようなことになる。ただし、氾濫しにくい地区と氾濫しやすい地区の区分をどの程度の大きさで行なうかは、各々のケース(例えば、市街化の程度など)で決定すれば良いと思うが、一つの目安として近くに河川がある場合は、その河川の改修規模を参考にする方法がある。このケース・スタディ

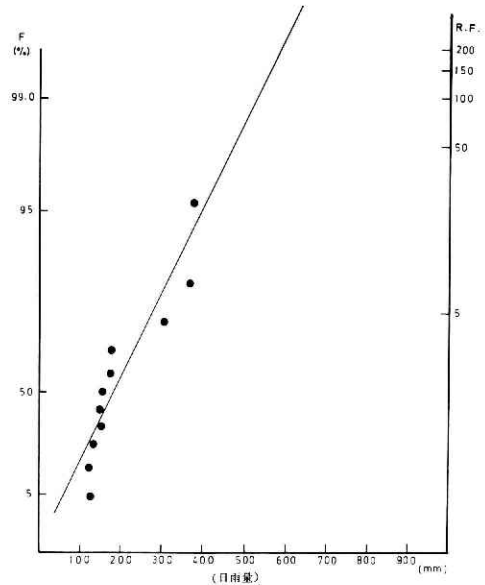


図 18 西尾雨量観測所における確率雨量

では、氾濫しにくい地区は確率雨量50年以上にならないと被害とならない範囲・被害の常襲地区は確率雨量2年以下で被害を受ける範囲・その中間の雨量で被害を受ける範囲とした。

4.1.2 低地の微高地（扇状地）におけるケース・スタディ

水害対策を考える場合に、低地の一般地よりは詳しい情報が必要となる。すなわち、地形がある程度の勾配をもっているために、氾濫した後の水の流れが水平であるとは仮定できないからである。しかし、その反面湛水している時間は短い。このような、勾配をもつ地形における水害対策の具体例について、以下に述べるものである。

対象例としては、静岡県三島市の境川（狩野川右支川）を選んだ。境川は、三島市の市街地から郊外の水田地帯を通り狩野川に、その河口から8.5kmの地点で合流している流域面積4.1km²の小さな河川である。流域の地形の大部分は扇状地であり、その中の台地の下位面を境川が流れている。この場所は、幾度か洪水が発生したがそのうちの昭和46年8月29日～30日・同46年9月6日～7日の洪水を検証洪水として採用した。

（計算方法の手順と結果）

手順と方法について、概略述べると次のようになる。

- (1) 調査対象地域において、河道部・氾濫部の地形状態などを調べる。
- (2) 集水域の範囲及び土地利用状態などについて調べる。
- (3) 過去における実績洪水の結果から、流出計算のための係数・定数を決定し検証計算を行なう。
- (4) 調査対象地域の水害の発生頻度を雨量の大きさを代表させるものとして代表雨量観測所の資料で確率雨量計算を行なう。
- (5) 確率雨量による流出計算を行なう。
- (6) (5)の結果により氾濫地内の各地点の氾濫水深を調べる。
- (7) (5)・(6)の結果から、仮に水害を受けても損害が大きくなならないような土地利用方法の一案を示す。

(1)～(7)までの具体的な方法について、以下に示す。

流出計算の基本式は、今回は下記のような式を用いたが計算方法は必ずしもこの方法によ

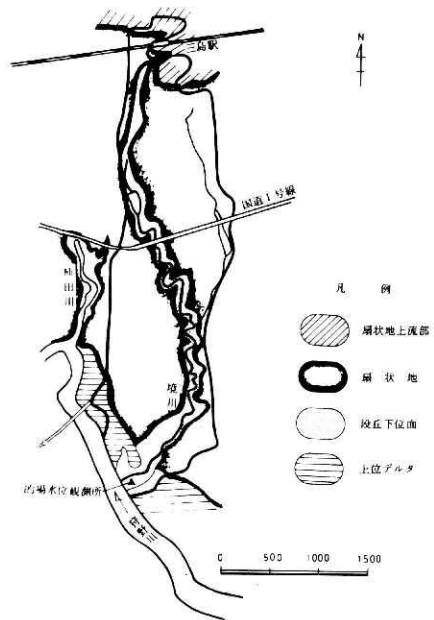


図 19 境川位置図（地形分類を含む）

らなくても、各ケースにおいて適当な方法を採用すればよい。

〔流出計算の基本式〕

河道部

河道部における流出計算の基本式は、次の式を用いた。

$$\frac{\partial H}{\partial x} + \frac{n^2 u^2}{R^4/3} = 0 \quad \text{運動方程式}$$

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q \quad \text{連続式}$$

ここで、 t ：時間、 x ：河道距離、 n ：マンニングの粗度係数、 u ：平均流速、 R ：径深、 A ：断面積、 Q ：流量、 q ：横流入

今回の計算では、 n ：0.03、 Δx ：3秒、 Δx ：200mmを用いた。

・集水域からの流入量

集水域からの流入量の計算は、ラショナル式によった。

$$Q = (1/3.6) \cdot f \cdot r \cdot A$$

ここで、 f ：流出率、 r ：降雨強度 (mm/hr)、 A ：流域面積、 Q ：集水域からの流入量 (m³/s)

今回の計算で使用した流出率の値については、流出モデルのところでも述べる。

・氾濫部

氾濫部における流出量の計算は、等流の式を用いた。

$$Q = 1/n \cdot A \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

ここで、

$n \cdot A \cdot R$ は前述のとおり、 I ：勾配

今回の計算では、氾濫部における粗度係数は0.3とした。

・流出モデル

流出計算のため調査対象地域のモデル化は、次のとおりとした。

1) 流域と氾濫部モデル化は、図20のとおりとした。

2) 氾濫部の土地利用は、昭和45年の地形図(1/25,000)より水田70%、宅地30%とした。

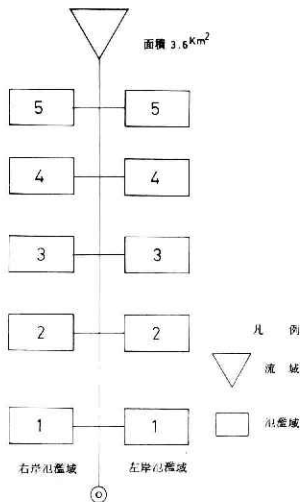


図 20 境川流域の流出モデル図

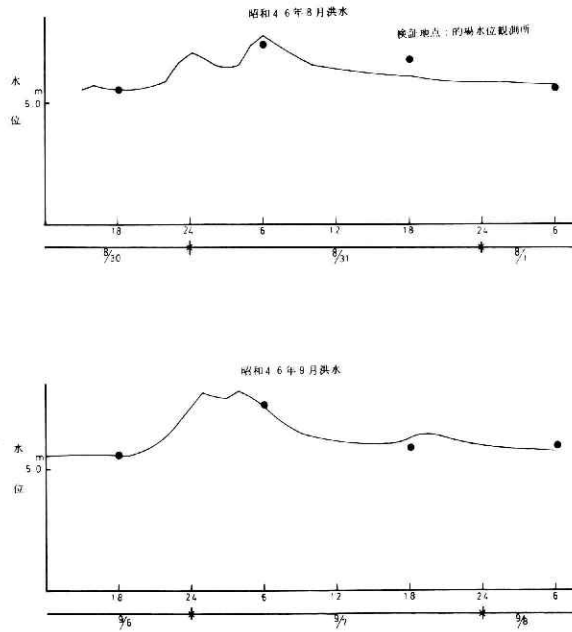


図 21 検証計算結果

- 3) 飽和雨量は、水田20mm・市街部25mmとした。
- 4) 流出係数は、飽和雨量に達するまでは水田0.5，市街部0.9，飽和雨量に達した後は水

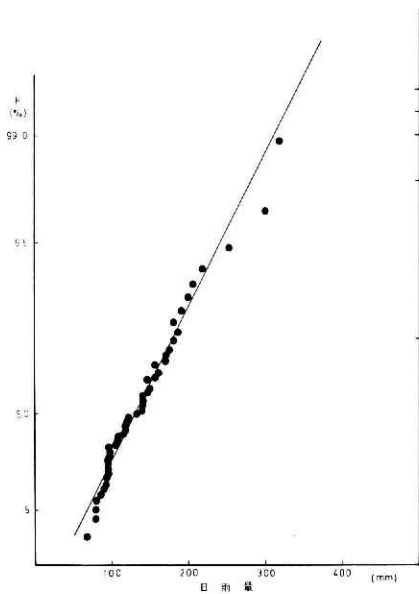


図 22 (a) 三島雨量観測所における確率雨量 (日雨量) 昭和6年~52年

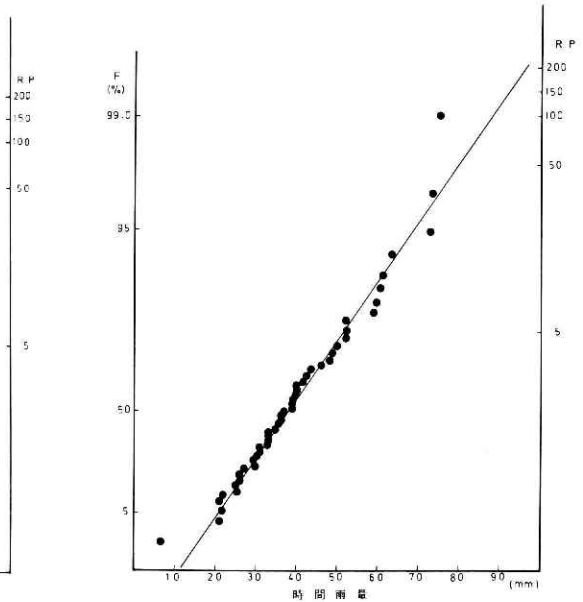


図 22 (b) (時間雨量) 昭和5年~52年

田 0.9, 市街部 0.9 とした。

〔検証計算結果〕

先に述べたように(1)の流出計算方法で昭和46年8月洪水と同46年9月洪水について、検証計算をした結果を図21に示す。

〔確率雨量の計算〕

調査対象地域における雨量の発生頻度を調べるために確率雨量の計算を行なった。雨量観測所は、調査対象地域に最も近い三島雨量観測所(建設省)を使用した。この雨量観測所の雨量資料(昭和6年~同52年の日雨量・昭和5年~同52年の時間雨量)を使用してハーゼン法によって確率雨量の計算を行なった(図22)。図22の結果から、確率雨量50年・100年・150年・200年について、流出計算を行なうのに必要な時間雨量の波形(後方集中型)を計算した。

〔流出計算の結果と土地利用方法〕

上記までの結果に基づき各確率雨量ごとに流出計算を行ない氾濫域の各地点における氾濫水深を計算し、さらに、氾濫域の土地利用方法についても考えてみた。

流出計算結果を基にした氾濫域の土地利用方法について、低地の一般地の場合は氾濫域の範囲で考えたが、ここでは別の考え方として、氾濫水深を含めた方法で行なってみることにした。その理由としては、必ずしも低地の一般地で考えたような方法だけではなく、他の方法もあることを例示したのにすぎない。また、流出計算に使用する確率雨量において確率年を50~200年としたのは、対象地域が三島市の郊外であり市街地が進んでいる場所であるため

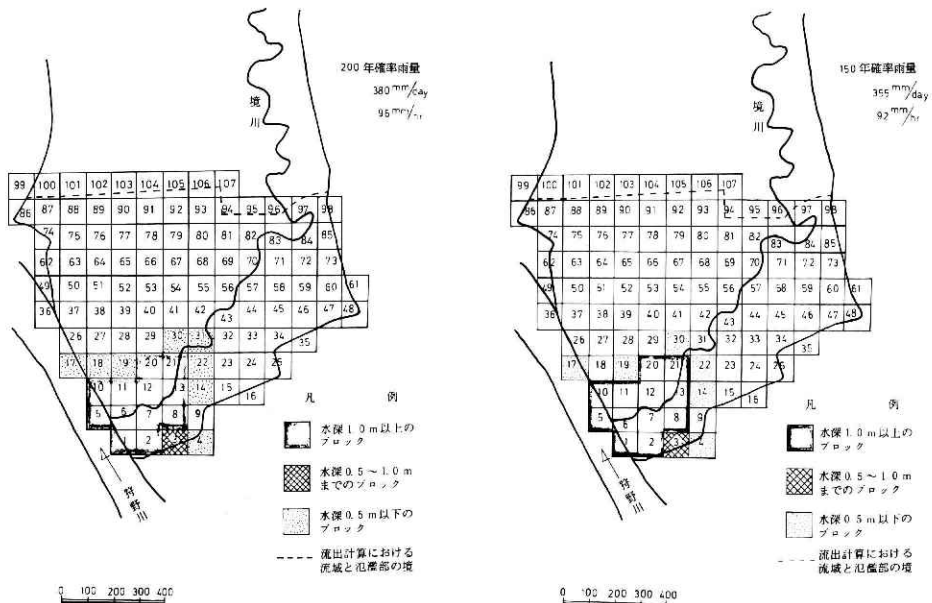


図 23 (a) ブロック分割と計算結果 (200年確率)

図 23 (b) (150年確率)

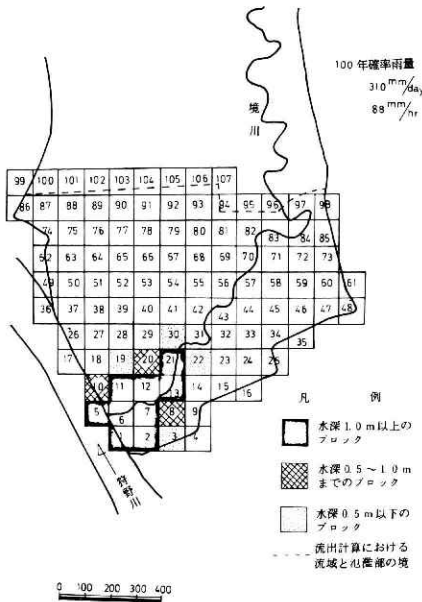


図 23 (c) (100年確率)

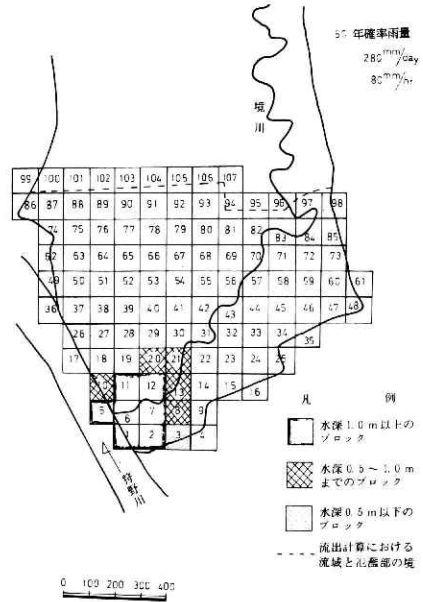


図 23 (d) (50年確率)

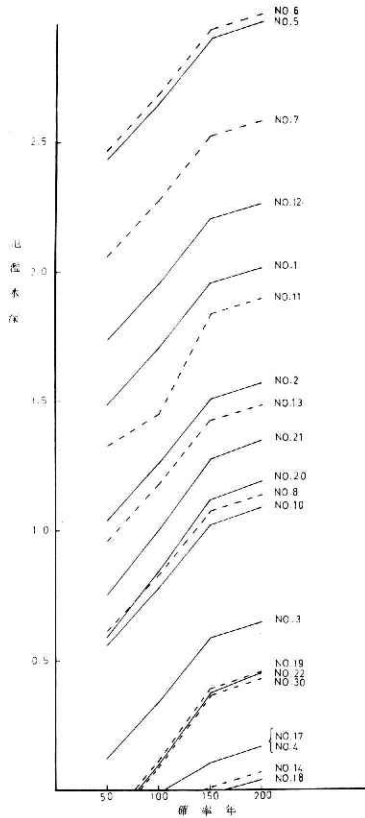


図 24 ブロック別氾濫水深

に、よりきびしい条件を考えたためである。

〔計算結果〕

流出計算結果から求められた氾濫水深と土地利用方法を結びつける方法は、次のように行なった。

氾濫部を100m間隔でブロック分割し、各ブロックにおける平均標高を求めた(図23)。この各ブロックにおける平均標高と氾濫水深との関係を各確率雨量ごとに示したのが図24である。図24の結果から、氾濫域における土地利用方法については、次のようなことがいえる。

確率50年雨量で、氾濫水深が1.0mを越えるような各ブロック(1, 2, 5, 6, 7, 11, 12)においては、宅地とした場合に床上浸水となるような被害を受ける可能性が高いために、洪水の時間が短いとしても宅地への利用はやめるべきである。その他のブロックでも、50年の確率雨量で0.5m以上の氾濫水深となる各ブロック(8, 10, 13, 20, 21)では、宅地とした場合に床上浸水となる可能性があるために、そのままの地盤高では

宅地にすることは望ましくない。

5. まとめ

以上、内水被害の現在の問題点・水害と地形との関係・水害防止対策の考え方の一例などについて述べてきた。それらの詳しい結果は、各々の章のまとめで述べたとおりであるが、概略とりまとめてみると次のようになる。

- (1) 内水被害の発生は、経年的には発生回数（あるいは発生箇所数）が増加の傾向にある。
- (2) 内水被害の規模は、年々小さくなってきている傾向にあり、この傾向は地域的な差もある。すなわち、今回調査の対象とした地域の範囲では、人口密集地域の方が人口過疎地域に比べて小さい雨量で小面積の被害を数多く受けている。
- (3) 内水被害発生時の地域的な差は、地形の違いや土地利用形態の違いなどによるものも影響していると考えられる。また、土地利用形態の違いは、経年的な差にも影響を与えているものと思われる。

以上の結果から、水害防止対策は雨量・地形・土地利用などを考慮しなければならないことがより明らかになった。そのために、これからの水害防止対策を調査する場合に、現在雨量に比べて比較的簡単に取り扱われている地形・土地利用形態などについてもより慎重な調査をすべきである。

以上述べてきたようなことから、水害防止対策としては氾濫域における土地利用規制が効果的な方法と考える。すなわち、調査対象地域において、氾濫の頻度などを調査し、その結果に基づき被害をできるだけ少なくするための土地利用規制を行なうことが効果的である。しかしながら、現在その採択性は社会的にみて低い。土地利用規制の採択性がなぜ低いのかについてのより詳しい調査を実施することも、今後の水害防止対策を考える上で重要な問題のひとつであると考えられる。

今回の調査では、治水工事の効果・内水被害をもたらした偶発的な現象について十分な調査が行えなかったが、一応の結果は得られたと考えている。しかしながら、今回の結果に対してより精度の高いものにするためには、治水工事の効果などを含めたより詳しい調査・分析を実施していくことが必要である。

最後に、今回の調査を実施するのにあたり、御協力をいただいた関係市町村の方々に対して厚く感謝の意を表したい。

参 考 文 献

- 1) 入澤実 (1979)：水害面からみた土地利用状況の問題点。国立防災科学技術センター研究報告。No. 22, 1～26.
- 2) 自治省行政局振興課 (1979)：全国市町村要覧・54年版，第一法規出版。

- 3) 建設省河川局 (1961~1977): 水害統計, 昭和36年~52年.
- 4) 建設省国土地理院 (1980): 土地条件調査報告書 (古河地区), 10~16.
- 5) 建設省沼津工事事務所 (1978): 狩野川水系水文統計資料
- 6) 木下武雄 (1980): 降雨災害における超過確率年の例と問題点, 国立防災科学技術センター研究報告, No. 23, 1~10.
- 7) 熊谷地方気象台 (1967~1977): 埼玉県気象月報・昭和42年~52年.
- 8) 高知地方気象台 (1967~1977): 高知県気象月報・昭和42年~52年.
- 9) 松江地方気象台 (1967~1977): 島根県気象月報・昭和42年~52年.
- 10) 東京管区気象台 (1967~1977): 東京都気象月報・昭和42年~52年.

(1981年6月11日 原稿受理)