

# 自然災害における外力と被害との関係および その関係を変化させる要因について

水谷 武司\*

## 要 約

主として風水害についてマクロな統計値を使用して、外力の規模と被害高との関係、およびその関係を変化させる要因について分析した。降雨が誘因となって生ずる災害では、一般に降雨域の中のごく限られた場所で発生する洪水氾濫や山崩れ、土石流などの二次的現象が直接の加害力として作用するので、外力と被害との対応関係は不明瞭となる。外力と被害との関係を変化させる要因には、大きくみて地域、時刻、時代および二次的現象の種類がある。

年々の降水量と水害死者数との間には明瞭な直線相関が認められ、大規模な災害があった年はより急勾配な回帰直線上にのる。水害発生限界日雨量にはかなりの地域差があり、九州では北海道の約2倍の大きさを示す。作用した加害力の大きさに比較しての人命被害の程度には、明瞭な時刻差および地域差が認められる。これは主として災害時の避難の難易差に起因するものと判断される。深夜に上陸した台風では昼間のそれに比べて人命被害度が1桁大きい。ただし九州、四国に上陸した場合には深夜でも被害度が小さい。土砂災害では、深夜の災害事例はすべて人命被害度が高く、一方人命被害度が低いのは朝から22時までの時間帯に発生した事例である。台風災害の人命被害度は1960年までは変動が大きかったが、それ以降は低い水準でほぼ一定値を示す。一方単位外力あたりの施設被害額は1960年代の半ばから急激な増加を示している。

## 1. はじめに

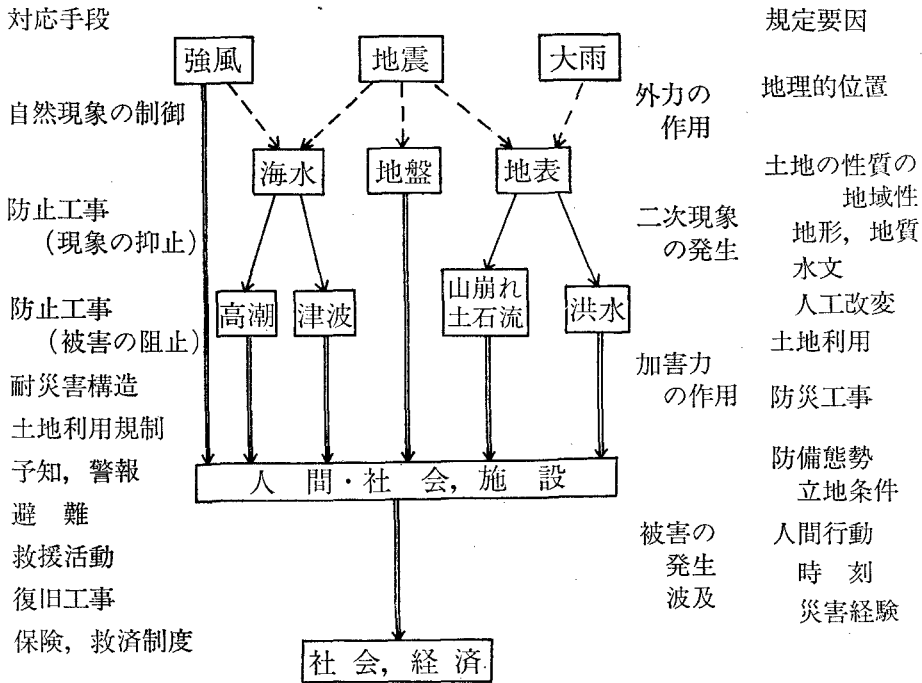
災害をもたらす自然現象の強度とそれによってひき起こされる被害高との関係が明らかにされれば、それに基づいてある条件を与えた場合に想定される被害高の算定を行うことができる。また、その関係に影響を及ぼす要因を分析することによって、外力の作用に対して有効に備えて被害を軽減させるための手段を明らかにすることができる。本稿は、著者がこれまでに行ってきた災害の統計的な実態の分析結果の中から外力と被害との関係にかかわるものを取り出し、また新たな分析結果を加えて、その関係を変化させる要因の評価を中心に再検討を行ったものである。

日本における最も主要な外力は降雨であり、ついで地震である。地震はある一時刻にある一地点（あるいは一断面面上）で発生し、地震波となって地殻内を伝播し地

盤の性質に応じた増幅をうけて、人間・社会に加えられる作用力となる。その大きさはマグニチュードあるいは震度といった簡明な量で表現され、人間・社会に加えられた後の過程は別として、その作用の力学的過程は明快である。一方雨による災害についてみると、降雨という一次的な現象は災害をひき起こす直接の力とはならず、地表を流下、集中し、あるいは地中に浸透した雨水が、一般にきわめて限られた場所において洪水氾濫や山崩れ、土石流などの二次的現象をひき起こし、これが直接の作用力となって災害がひき起こされる。二次的現象の発生を規定する要因はきわめて複雑であり、人為的要因が関係する部分も大きい。したがって降雨災害の場合、一次的な外力と被害との関係を乱す要因は多く、また人間・社会に直接加えられた外力、すなわち加害力の大きさを適切に表す値は求めにくい。

図1は、主要な外力について、外力の作用から被害の発生に至る過程、およびそれぞれの過程に影響を及ぼす

\* 科学技術庁国立防災科学技術センター



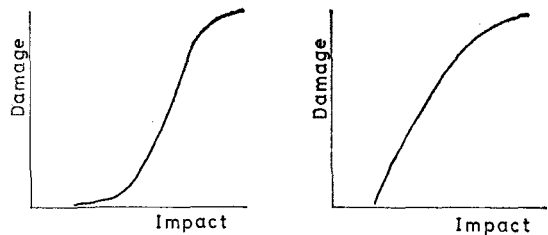
図一 外力の作用から被害の発生に至る過程

要因ならびに対応手段をまとめて示したものである。外力と被害との関係を変化させる要因としては、大きくみて、地域（自然および社会の条件の地域性）、時刻（災害発生時の人間の対応）、時代（社会経済的要因の経年変化）および二次の現象の種類をあげることができる。

一般に、外力の強さがある値にまで達したときに被害が発生する。たとえば、降雨強度が地区の排水能力を越えたときに浸水被害が発生しはじめる。被害をひき起こす外力の下限値は、地域のもつ災害抵抗力の程度を示すものであって、一般に都市域では小さい値を示す。被害は外力の増大につれて増加していくが、それはベキ関数あるいは指数関数的な関係を示すことが多い。被害が大きくなりやすい不利な条件下で外力が作用すると、ベキ指数値はより大きな値をとる。外力がかなりの規模に達すると、一般に被害の増加率は減少を示すと考えられる。このような外力と被害との間に認められる一般的な関係を図2に示した。

### 2. 降水量と被害の関係

降水量あるいは降水強度は、雨という外力の大きさを表す主要な値である。しかし雨による災害では二次的現象が介在することもあって、降水量と被害高との間の量的な対応関係は認められないことが多い。しかし、現象の性質からみて両者の因果関係がかなり直接的であると



図二 外力と被害との関係

判断されるような場合、たとえば、都市域の内水氾濫災害における浸水家屋数と降雨強度との関係などでは、かなり明瞭な対応関係が存在する。

図3は、1965~74の各年の水害による死者数の全国計と総降水量（全国127の観測所の年降水量の合計、島および山岳の観測所を除く）との関係を示したものである。1967年の値を除き明瞭な直線相関が認められる。67年は7月上旬の梅雨前線豪雨により神戸、呉などの都市域を中心に大きな災害が発生した後10月まで記録的な干ばつが続いたため、降水量のわりには死者数が多くて離れた位置にプロットされている。このように年ごとの全国計といったマクロな値を使用すると、個々の災害の個別性などが消去されて、このような単純な関係が現れてくるものであろう。

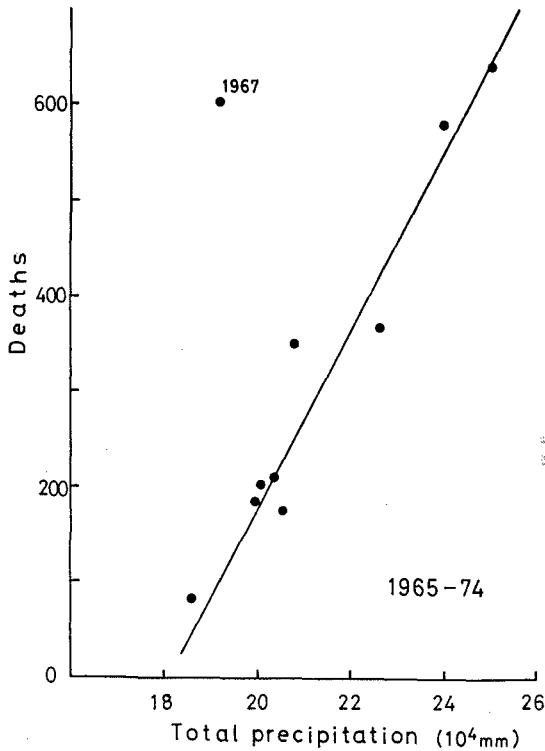


図-3 1965~74の各年の水害死者数と総降水量（全国127観測所の年降水量の合計）との関係

回帰直線を単純に延長すると、降水量が平常の83%に相当するところで死者0の線と交差することになる。また、降水量が平常値（ $21.7 \times 10^4 \text{mm}$ 、127観測所の合計）をとる年の水害死者数は約350人となる。降水量にはかなりの地域差があって、一般に雨が多处では水害抵抗力もそれに応じて高くなっている。したがって、降水の総量ではなくて平常値を越える分の降水量によって外力の大きさを表すのも一方法である。全国127の観測所のそれぞれにおいて平常値を越える降水量を合計した値の対数と水害死者数の間にも直線相関が認められた。死者数の代りに建物被害棟数をとっても相関は認められるが、しかしばらつきは大きい。このようにマクロにみれば、死者数は外力の大きさをかなり反映している値となっている。

図4は、1955~64の各年の水害死者数と平常値を越える降水量の総量（全国120の観測所における超過量の合計）との関係を示したものである。この期間については、2グループに分けそれぞれについて回帰直線をひくことができる。勾配が急な回帰直線で示される年には、多くの死者を出した大災害が発生している。57年の諫早豪雨（死者992）、58年の狩野川台風（同1189）、59年の

伊勢湾台風（同5041）、61年の梅雨前線豪雨（同372）がそれであるが、これらはいずれも夜間に発生して多数の

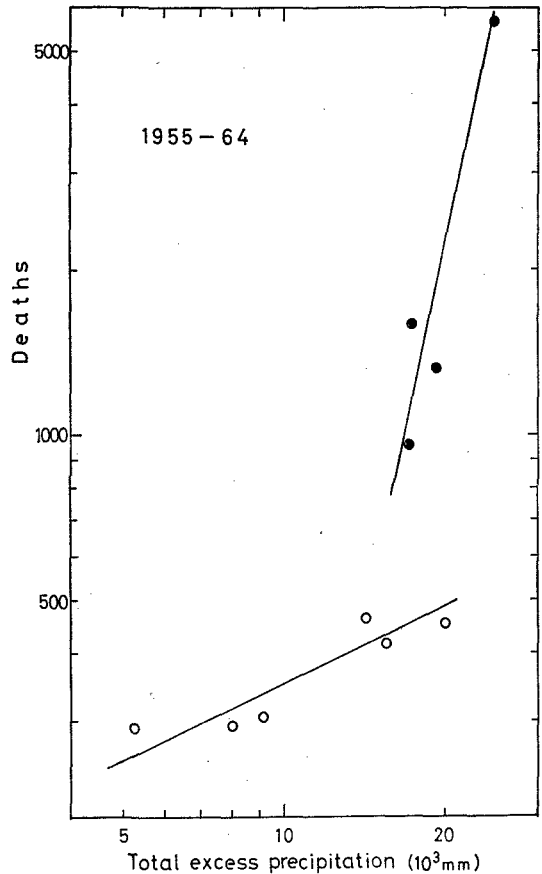


図-4 1955~64の各年の水害死者数と平常値を越える総降水量（全国120の観測所における超過量の合計）との関係

黒丸は大災害があった年

死者を出す大きな災害となっている。大災害に至るような悪い条件が重なったときには、雨量のわずかな増加でも被害が大きく増大することがこれから推定される。

水害が発生しはじめる限界の雨量は、自然条件および社会的要因の違いを反映して、地域によって異なった値をとる。すなわち、外力と被害との関係は地域によって異なる。一般に雨が多处地方では限界雨量が大きい。また都市域では、社会的な素因の弱さを反映して、限界雨量が相対的に小さい。

1955~63年の統計値に基づき、日雨量頻度分布と水害発生回数との対比によって大づかみに地域ごとの水害発生限界日雨量を求めた結果を表1に示す。なお、ここで対象とした水害は死者や建物の全壊が生じたようなかな

表1 水害発生限界日雨量

北海道	50mm	近畿	90mm
東北	65	紀伊	100
信越	65	山陰	90
北陸	90	瀬戸内	80
北関東	90	南四国	100
南関東	85	北九州	100
東海	95	南九州	>100

死者、建物全壊を生じた水害 1955~63のデータによる

りの規模の水害である。九州および西南日本の太平洋沿岸地域で限界雨量が最も大きく、北へ向うに従って小さくなって、北海道で最小の値をとる。また、瀬戸内および中部地方の内陸域でやや小さい値を示す。これは雨量の地域分布の大よその傾向と一致している。最大の南九

州の値は最小である北海道のその約2倍である。

水害発生限界日雨量が小さくても必ずしも水害に対する抵抗力が小さいとはいえないであろう。地域の自然条件に応じた水害抵抗度を知るために、各地域の年平均降水量、階級別降雨日数、単位面積あたり水害発生回数および水害発生限界日雨量を比較・対照して推定した結果、水害抵抗度が小さいのは南関東、東北西部、山陰、大きいのは九州南部、四国南部、紀伊、瀬戸内、北関東の諸地方であった。

降雨が直接ひき起こすのは洪水の氾濫や山崩れなどの二次的現象であり、被害はこれらの二次的現象によってひき起こされる。したがって、降雨要因と二次的現象の間にはある程度対応した地域分布が認められるが、しかし降雨と被害については、社会的要因の地域性によって乱されて、それらの地域分布の対応関係は不明瞭となる。このようなことを示す一例としてあげたのが図5、6である。

図5の山崩れ数は警察庁の集計によるものを使用した

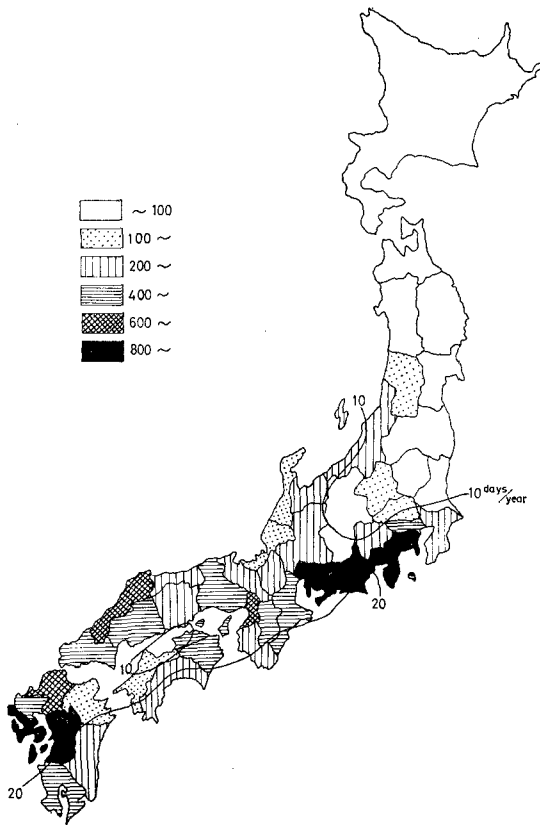


図-5 1965~74における都道府県別山崩れ密度〔総面積-低地および山地内の人口希薄地域〕の1000km<sup>2</sup>あたり箇所数  
等値線は日雨量≥30mmの年平均日数

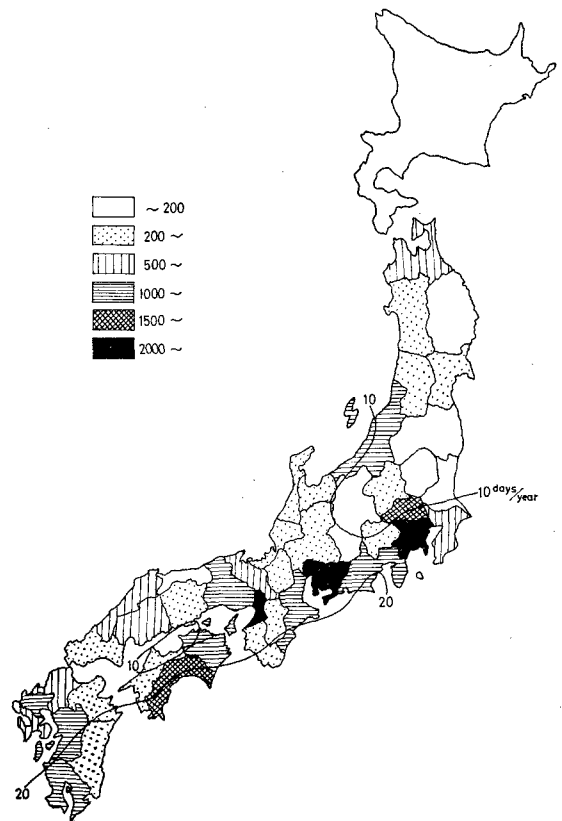


図-6 1965~74における都道府県別建物被害棟数〔総面積-人口希薄域〕の1000km<sup>2</sup>あたり棟数

が、これは「復旧工事を必要とするもの」を対象としていて、集落や交通路から離れた山奥での山崩れは除外されている。このため都道府県の総面積から山地内の人口希薄地域および低地の面積をさしひいた面積1000km<sup>2</sup>あたりの山崩れ数によって山崩れ密度を表した。図中には、豪雨の地域分布を示すものとして、同一期間における日雨量30mm以上の年平均日数の分布を併せて示した。日雨量30mmでは小さすぎるくらいはあるが、豪雨頻度の大きいその地域分布はこれによっても示すことができると考える。雨が少ない北日本で山崩れが少ないのは当然として、北関東から中部内陸にかけての豪雨頻度が小さい地域にも山崩れ密度が小さい範囲が入りこんでいる。また、豪雨頻度が小さい瀬戸内地方にも山崩れ密度が小さい地域が認められる。このように豪雨が少ない地域では山崩れが少ないという対応関係はかなりの程度認められる。ただし豪雨が多い西南日本の太平洋沿岸域で山崩れ密度が大きいという傾向は認められない。

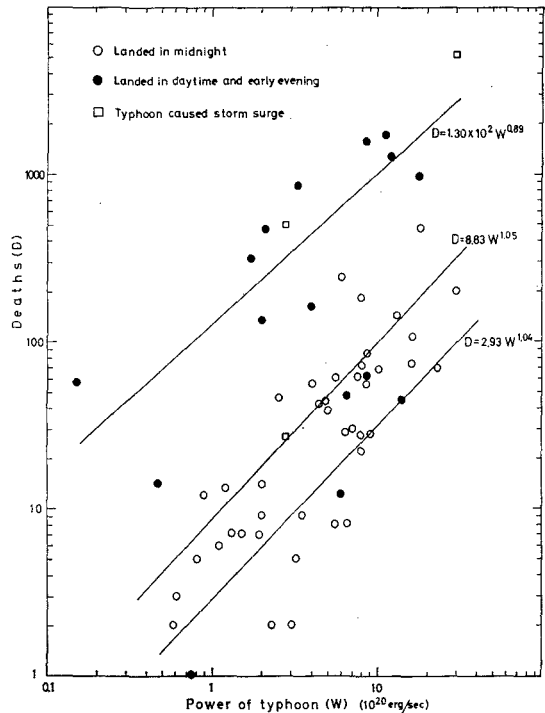
図6には、各都道府県の総面積から山奥など人口分布の希薄な地域の面積を差引いた面積1000km<sup>2</sup>あたりの水害による建物被害棟数の分布を示した。なお、半壊0.5、床上浸水0.15、床下浸水0.02の比率（建設省の基準に基づく）で全壊・流失(1.0)に換算した。このような一次的外力と被害高といったような関係になると対応関係はあまり認められなくなり、代って社会的要因との関係が現われてくるようになる。図中で単位面積あたりの被害高が最も大きい都府県はすべて大都市域である。社会的要因に大きな差がない比較的狭い地域に限定すれば、一次的外力と被害との間には対応関係が認められるようになる。たとえば、東京区部における浸水戸数と降雨強度の間には明らかな相関が認められる。

### 3. 人命被害度の時刻差、地域差

災害の発生時刻は、主として避難の難易に関連して、外力と人命被害との関係を変化させる要因となる。過去の大災害には夜間に起こったものが非常に多く、これが昼間であったなら被害は少なかったであろうといわれている事例が多い。時刻は単に明暗の差という物理的条件としてではなく、人間の1日の生活が時刻に対応して進行しているということにも関係する。一般に、状況を把握し、情報を伝達し、避難を決意、実行するのに昼間は有利であり深夜は不利であることは明らかである。しかし、暗くはなっている夜10時ぐらいまでの頃はまだ多くの人が起きていて、危険を察知し避難を速やかに行うのには有利な時間帯であろう。それにひきかえ早朝は、かなり明るくはなっている、深夜の延長上にある時間帯であって、避難にとっては不利な条件下にある。

避難の難易に関係する種々の条件を含む一般的な要因

として、さらに地域および立地条件があげられる。農山村では過去の災害経験が生かされやすく、住民間の連係は強固であるが、都市域ではこれと逆の状態にあって、危険の予測、警報の伝達、避難の実行等に関して、都市域には不利な条件が存在する。



図一七 1946~74における台風災害の人命被害度 (D/W) の時刻差および時代差  
 回帰直線は上から深夜、朝~22時で1960以前、朝~22時で1961以降

図7は、1946~74の期間に日本に上陸した台風について、台風の上陸時の工率と死者数との関係を示したものである。工率とは台風の中心示度の深さの1.5乗と円形の最大等圧線の半径の2乗の積に比例する値であって、台風が単位時間に摩擦で失う運動のエネルギーを示す。高橋(1954)は、工率と被害高との間により相関があることを示している。なお、円形の最大等圧線の半径の測定にはかなりの不正確さを伴う。

台風の強さに比較しての人命被害の程度は、図の左上方ほど高く右下に至るほど低いという位置関係にあるが、被害度が高いところにプロットされているのはすべて深夜に上陸した台風および大規模な高潮を伴った台風による災害である。深夜であっても人命被害度が低いのは、すべて九州および四国に上陸した台風による災害である。一方朝~22時の時間帯に上陸した台風では、人命

被害度が深夜に比べて一段と低い。なお、台風の接近に伴う前線活動の活発化による被害が大きかった台風災害は除いた。

図中に示した回帰直線は、上から深夜上陸の台風（九州、四国に上陸した被害度小のものを除く）、1960年以前の朝～22時上陸の台風、および1961年以降の朝～22時上陸の台風についてのものである。後に示すように1960年ごろを境にして、被害発生の様相に変化が認められる。回帰式のWの指数値はほぼ1であって、死者数は上陸時の工率にほぼ比例していることがわかる。工率が $5 \times 10^{20}$ erg/secの中型台風（上陸時中心気圧960mb、円形最大等圧線半径600km程度の台風）が上陸した場合に予想される死者数をこれらの回帰式から求めてみると、九州、四国以外の地域に深夜に上陸した場合550人、朝～22時の時間帯に上陸した場合、1960年以前では45人、1961年以降では15人となる。もちろんこれらは避難対応や防災活動の程度によって大きく変りうる数値である。九州、四国は年平均上陸個数が2.5という台風常襲地帯であるために、台風に対する備えが十分になされていることが、被害度のこのような地域差となって現われているものと推測される。台風常襲地帯にあって人命被害度が非常に低い例として宮古島があげられる。宮古島は猛烈な台風にししばしば襲われているが、建物被害の多さのわりには死者数が非常に少ない。一般に風台風では雨台風に比べて人命被害度が低いという傾向が認められる。

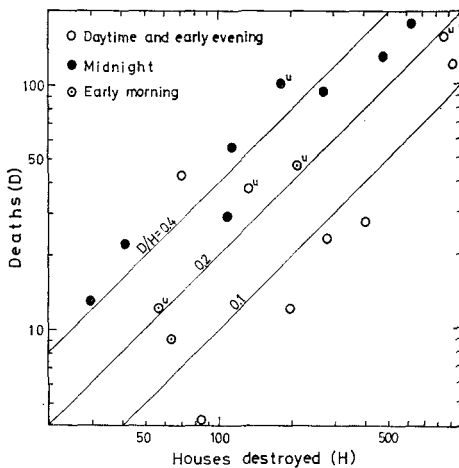


図-8 1965～75における土砂災害の人命被害度 (D/H) の時刻差および地域差  
u : 都市域における災害

図8は、大雨によってひき起こされた土砂災害（山崩れ、崖崩れ、土石流等による災害）の人命被害度の時刻差および地域差を示したものである。土砂災害のウエ

トが目立って大きくなってきた1965年以降を対象とし、洪水による被害が大きかつそれを分離できない事例を除き、主要な土砂災害はすべて含めてある。豪雨時には大部分の人が建物の中に居り、土砂によって建物が倒壊して死者がでるとというのが通常であるから、建物の全壊、半壊および流失棟数をもって人命に対して加えられた加害力の大きさを表すことができるものとし、それと死者行方不明数との比で人命被害度を表した。被害高としては警察庁の集計による値を用い、主要被害地が含まれる都道府県あるいは市の合計被害高を使用して被害度を算定した。

図中に示した直線は左上から順に人命被害度が0.4、0.2および0.1の位置を示すもので、図7と同じように左上ほど被害度が高い。黒丸で示した深夜の災害事例はすべて左上方に位置し、被害度は0.25よりも大きい。それにひきかえ右下方の被害度が小さいところに位置するも

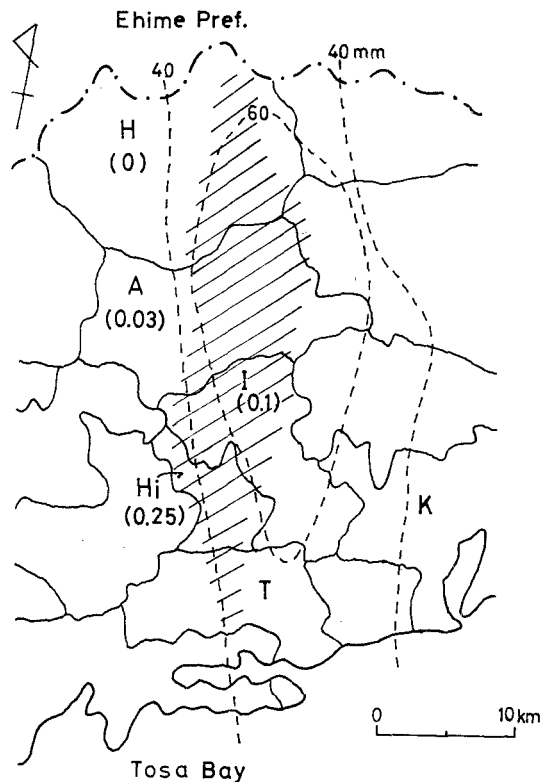


図-9 1975年5号台風により土砂災害が発生した高知県下4町村の位置および人命被害度  
H : 本川村, A : 吾北村, I : 伊野町, Hi : 日高村, K : 高知市, T : 土佐市  
( ) 内は死者数/建物全半壊棟数 斜線は山崩れ多発地域 破線は16～17時の等雨量線 (mm)

表2 都市に大きな高潮をひき起こした台風による災害の人命被害度

		( )の府県についての死者数/建物全半壊流失数	最大気象潮および時刻		工 率
ジェーン台風	1950	1/110 (大阪)	2.4 m	13時	3 × 10 <sup>20</sup> erg/sec
伊勢湾台風	1959	1/24 (愛知, 三重)	3.6 m	21時30分	30 "
第二室戸台風	1961	1/375 (大阪)	2.5 m	13時	30 "
10号台風	1970	1/298 (高知)	2.4 m	8時	2.8 "

のは、すべて朝～22時の時間帯に山村で発生した災害である。早朝の事例はこれらの中間に位置している。昼間ではあっても被害度が深夜の場合と同じように高い災害が2例あるが、これらは71年の尾鷲土石流災害および66年の4号台風による横浜市における崖崩れ災害である。尾鷲は日本で最も雨量が多い地帯にあって、豪雨慣れが避難を遅らせる一因となったものと推測される。横浜市、神戸市、呉市、鹿児島市などの都市域で発生した土砂災害は、いずれもその時間帯中では高い被害度を示す位置にある。山村の住民は、周囲の土地の性質をよく知っていて異常をすばやく察知し集団での避難をうまく成功させている。災害経験をもっていることが避難を迅速に行わしめる最大の効果を示す。山地内での集落でも観光地的なところでは、被害度が高くなる可能性がある。

立地条件の違いが人命被害度の大きさに表れていると推定される災害例として、1975年の台風5号による四国仁淀川流域における土砂災害を示す。8月17日午後、台風5号の通過後も降り続いた豪雨によって、仁淀川上中流域で山崩れ、土石流が多数発生した。図9に示した斜線域は山崩れ多発地帯であり、これはまた被害の主要部分が発生した16～17時における強雨域とほぼ一致している。この斜線域に入っている本川村、吾北村、伊野町、日高村の4町村の死者はすべて山崩れ、土石流によるもので計53名に達している。これら4町村はすべて山地内に位置するが、最北の本川村は北縁が四国の脊梁山脈である石鎚山脈に接する最も山奥の村であり、吾北村、伊野町、日高村と南へ下るに従って平野および都会に近くなるという位置関係にある。この地域における災害時の気象条件および災害発生時の時間経過は同じとみることができる。

死者数と建物全半壊数（高知県の調査による値）との比による人命被害度を4町村それぞれについて求めてみると、図中に示したように最奥の本川村が0、南へ下るに従って大きくなって最南の日高村が最も大きな0.25を示してい

る。人命被害度のこの差は、山奥であればあるほど災害に備える意識が高く、住民間の連係は強く、悪い土地条件下にあるにもかかわらず自らの判断と努力で適切な避難を行った結果の表れとみることができるであろう。本川村では台風通過後も気象情報などから豪雨を予想し、村役場は早目に避難の指示を出し、消防団員や役場の職員が各戸を巡回して避難を徹底させた。この結果、全村480戸のうち57戸が被害をうけたものの、死者数はもとより負傷者も出なかった。

都市域に大きな高潮をひき起こした台風による災害の死者数/建物全半壊流失数の値を表2に示した。夜9時30分に伊勢湾に大きな高潮を発生させ史上最大の高潮災害をひき起こした伊勢湾台風による被害度は、その他の昼間の高潮災害に比べて1桁大きい。ジェーン台風および第二室戸台風は、共に13時に大阪湾に同じ規模の高潮をひき起こし、浸水面積はほぼ同じであったが、第二室戸台風による大阪府全体の人命被害度はジェーン台風のそれに比べ1/3以下であり、しかも高潮による直接の死者はなかった。この違いはジェーン台風後に行われた種々の防災対策の効果によるところもあるだろうが、ジェーン台風による大きな災害の経験とわずか2年前の伊勢湾台風による名古屋市の大高潮災害の記憶が、10万人もの市民をしてすみやかな避難行動をとらせた結果によるところが大きいと思われる。

表3は、外力の種類（災害の原因）ごとの死者数(D)と建物全半壊流失棟数(H)との比の値を示したもので

表3 災害の回数、被害高および人命被害度  
1965～74の10年間の全国計

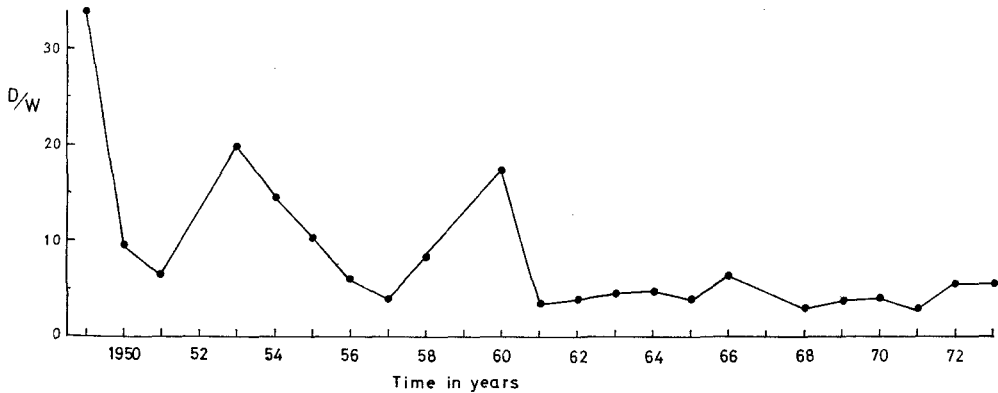
		回 数	死者数(D)	建物全半壊流失棟数(H)	D/H
台 風		48	990人	38,737棟	0.026
大 雨		250	1,900	15,340	0.124
強 風	雨	41	79	792	0.100
雷	雨	78	9	257	0.035
強	風	128	45	876	0.051
たつまき・突風		59	2	263	0.008
地 震		26	90	3,313	0.027
計		630	3,115	59,578	

ある。D/Hの値は大雨災害が最大であり、強風雨、強風、雷雨、地震、台風、たつまきの順に小さくなる。一般に雨による災害では風による災害に比べD/Hの値が大きいという傾向が認められる。台風および地震では建物の被害が多くであるので、D/Hの値はかなり小さくなっている。災害1件あたりの被害高は台風が最大であり、ついで大雨、地震、強風雨、強風、雷雨、たつまきの順に小さくなる。これはそれぞれの気象じょう乱域あるいは強震動域の平均的規模の違いを反映したものであろう。台風1件あたりの被害高は最小であるたつまきに

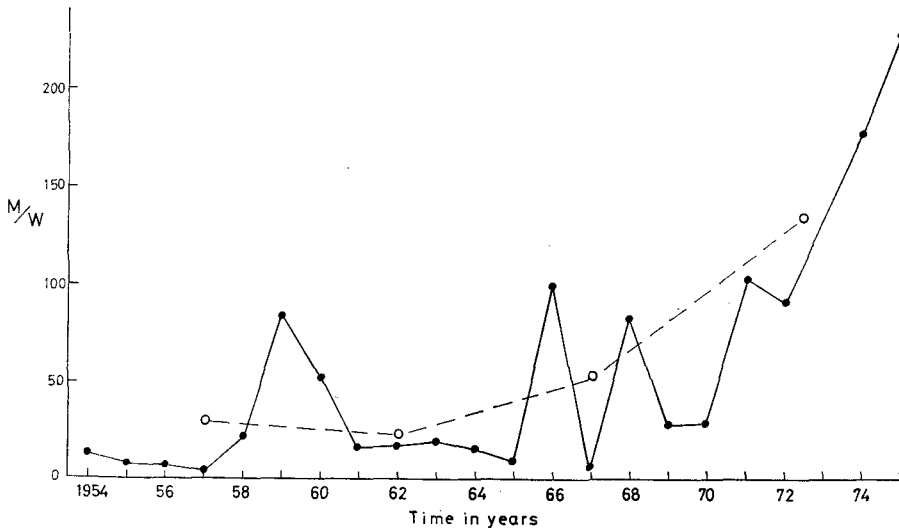
比べて死者数で500倍、建物損壊数で200倍となっている。

#### 4. 被害度の経年変化

外力と被害との関係は、防災対策の進展や社会的素因の変化などによって、時間の経過とともに修正をうけていく。一般に防災対策の進展は災害抵抗力を大きくするが、逆に災害ポテンシャルを高めたり、新たな災害の原因を作り出すこともある。都市化の進展、生活様式の高



図一10 朝～22時に上陸した台風による災害のD/W値の年平均の経年変化  
 D：死者数(人) W：台風の上陸時の工率(10<sup>20</sup>erg/sec)  
 高潮被害大の台風を除く



図一11 台風災害のM/W値の年平均の経年変化  
 M：公共土木施設被害額(億円, 1970年価格換算)  
 W：台風の上陸時の工率(10<sup>20</sup>erg/sec) 白丸は5年平均値



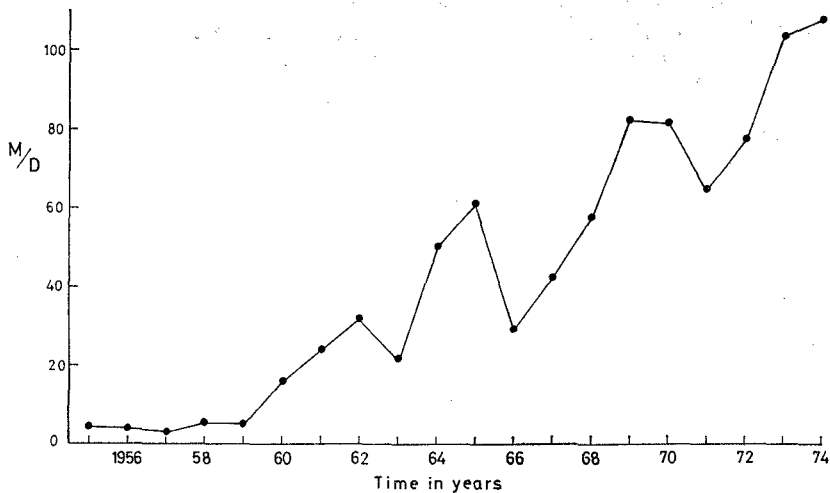


図-12 自然災害のM/D値の経年変化

M：公共施設被害額（百万円，1970年価格換算）D：死者数（人）

度化，国土の自然の改変等は災害抵抗力を弱める要因となる。

朝～22時の時間帯に上陸した台風（高潮台風を除く）について，死者数／上陸時の工率で表した被害度の年ごとの平均値の経年変化を示したのが図10である。1960年までは被害度は高くかつその変動は大きい，61年以降は低い水準ではほぼ一定値を示している。52年には気象業務法が制定され気象庁などの防災関係機関に対して警報のすみやかな伝達が義務づけられた。50年代の終りごろからラジオに加えてテレビが防災情報の一般住民への効果的な伝達に大きな力を果たすようになった。61年には災害対策基本法が制定され，防災に関する体制の整備，統一が大きく進展した。これらのことが61年以降の人命被害度の低下に寄与しているものと思われる。ただし深夜に上陸した台風については人命被害度の経年的な低下は認められない。建物被害についても上陸時の工率との比による被害度の年平均値を求めてみると，明瞭な低下傾向が認められる。

これまでは統計の信頼性が比較的高い人的，物的被害について検討を行ってきた。つぎに被害額について若干の検討を行ってみる。図11は，個々の台風災害についての公共土木施設被害額（1970年価格換算）と台風の上陸時の工率との比を年ごとに平均した値を経年的に示したものである。建設省が毎年作成している「災害統計」中に被害額が個別に表示されている台風について算定した。1959年に1つの高いピークはあるが，しかし65年までは全般に被害度は低く年変動はきわめて小さい。これが66年以降になると年変動が大きくなり，70年代に入ってから急激な上昇傾向を示している。1953年以前につ

いては算定できなかったが，この時期は大きな台風災害が毎年のように起こっており，被害度はかなり高かったものと推定される。

被害度の著しい上昇傾向によって，70年代半ばにおける施設被害額の水準は50年代半ばに比べて10倍以上にも上昇している。景気対策などで種々の役割を担わされている公共投資の著増による国土内の資産の増加，災害復旧の制度上の問題，施設の質的内容の変化（高価化）等々，「被害額」を増大させる要因は多いが，しかし同じ外力が作用しても10年前に比べて10倍以上もの被害額を出すのは異常であって，投資の有効性，経済性が厳しく問われねばならないであろう。

図3に示されているように，マクロにみれば死者数は外力の大きさを反映した値となっている可能性がある。そこで各年の公共土木，農林水産施設被害額（1970年価格換算）と死者数との比を求めてその経年変化を示したのが図12である。1959年まではほぼ一定値を示しているが，それ以降は大きく波動しながら著しい増大傾向を示している。図11の場合と同じように，被害度の増加は10倍以上に達している。死者数に比較しての施設被害額の増大は，外力の作用に抵抗して施設は損傷をうけたが人命の損傷にまで至るのを防いだ結果であるとの解釈は形式的には可能であるが，被害発生の実態や図11の結果などからみて，そのような部分は少ないと判断される。

#### 文献一覧

高橋浩一郎

1954 「日本の風水害について」『予報研究ノート』第5巻，pp. 312—340。

畠山久尚 (編)

1966 「気象災害」共立出版

水谷武司

1968 「日本の自然災害の諸特性—昭和30年代の災害資料から—」『国立防災科学研究センター研究速報』第10号, pp. 1—30。

1976 a 「災害時における避難の難易差の反映としての人命被害度の時刻差および地域差」『国立防災科学技術センター研究報告』第13号,

pp. 1—14。

1976 b 『風水害および震害の規模と頻度との関係について』『国立防災科学研究センター研究報告』第13号, pp. 15—30。

1976 c 「最近における風水害被害の現われ方」『気象』No. 232, pp. 4—7。

1978 「最近の災害事例にみられる避難の阻害および助長要因」『防災科学技術研究資料』第29号, pp. 1—26。

## RELATION OF IMPACT OF NATURAL EVENT TO DAMAGE CAUSED AND ITS MODIFYING FACTORS

Takeshi Mizutani\*

*Comprehensive Urban Studies*, No. 11, 1980, pp. 9—18

The relationship between the intensity of a natural event and the amount of damage caused is analyzed using macroscopic statistical data. A linear relation between the intensity and damage caused does not always exist since there are many general factors which intervene in the processes from the time of impact of the natural event to the occurrence of damage. Such factors are locality (regionality of natural and social characteristics), time (human behavior at the time of impact), period (secular change of socioeconomic factors) and kind of secondary event.

A clear correlation is recognized between the annual number of deaths due to heavy rain and the total amount of annual precipitation. There is a significant regional difference in the critical amount of daily rainfall which causes flood disaster. The degrees of human life loss due to typhoon and landslide differ by time and by locality which affect the execution of emergency evacuation. When disasters strike during late night or early morning hours the degree is high, and when during daytime or early evening the degree is low. The ratio of the number of lives lost in a typhoon landed during daytime or early evening to the power of the typhoon at landing time has remained fairly constant value since 1961. On the other hand, the ratio of the amount of damage of public facilities to the power of typhoon shows a remarkable increasing tendency.

\* National Research Center for Disaster Prevention