

# 治水経済調査の新たな試み

## 一流動性制約に伴う被害と精神的な被害の観点から一

Study on new approach for the flood control economy survey, especially think about the matter in psychological damage and fluidity suffering caused by floods

湧川勝己<sup>1</sup>・小林潔司<sup>2</sup>・幸弘美<sup>3</sup>・矢野定男<sup>4</sup>

Katsumi WAKIGAWA, Kiyoshi KOBAYASHI, Hiromi YUKI, Sadao YANO

<sup>1,4</sup>正会員 (財) 国土技術研究センター調査第一部 (〒105-0001 東京都港区虎ノ門3-12-1)

<sup>2</sup>フェロー会員 工博 京都大学大学院工学研究科都市社会工学専攻 (〒606-8501 京都市左京区吉田本町)

<sup>3</sup>正会員 (株) 東京建設コンサルタント環境防災研究所 (〒171-0014 東京都豊島区池袋2-43-1)

### 1. はじめに

治水事業の経済性についての検討を行う技術的なマニュアルとして、治水経済調査マニュアル(案)(平成17年4月)<sup>1)</sup>が国土交通省河川局より出されている。このマニュアルにおいては、洪水氾濫による直接的・間接的な被害のうち、現段階で経済的に評価可能な被害の防止効果を便益として評価することとなっており、直接被害として一般資産被害、農作物被害及び公共土木施設等被害、間接被害として事業所等の営業停止被害や家計及び事業所における応急対策費用の算定法が示されている。

精神的な被害については、治水事業の間接的な効果として捉えられているものの、算定の具体的な手法については述べられていない。

また、マニュアルにおいては、再調達価格で被害額を評価することとしているため、概念的には水害後直ちにもとの生活・社会経済活動状況に戻れることとしている。しかしながら、水害によって生じる直接的資産被害額は同じであっても、被災者の有する資産や所得、また、被災地域の経済力や都市部や農村部といった地域特性、さらには地域における被災者の割合等によって水害から通常社会経済活動に戻るために要する時間が図-1に示したように大きく異なってくることが予想される。

治水事業による経済的な効果を不足なく把握するためには、精神的な被害や復旧資金の調達状況によって生じる流動性被害を把握する手法を開発し、的確な経済効果の把握を行う必要がある。

本報告においては、今後の治水経済調査マニュアルの改訂に向けた精神的被害及び流動性被害の把握手法と手法の適用性について、平成16年10月台風23号によって大きな浸水被害を受けた円山川流域を対象として検討した結果を述べる。

また、最後に上述したような被害内容を反映した今後の治水経済調査の方向性について提案を行うこととする。

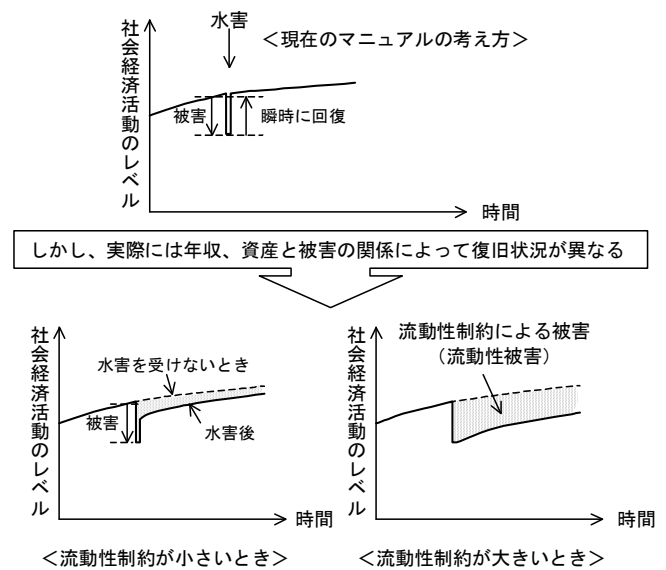


図-1 水害から通常社会経済活動に戻るまでの概念

### 2. 台風23号による豊岡市周辺の被害の概要

平成16年10月の台風23号は、円山川の基準地点立野上流において12、24時間雨量としては戦後最大、2日雨量においても戦後3位となる非常に大きな降雨をもたらした。流量としては過去最大であった伊勢湾台風時の洪水流量を超える最大のものとなった。

この洪水によって、円山川立野大橋付近及び出石川鳥居橋付近において破堤氾濫が生じるとともに、沿川のいたる箇所でも越水氾濫や内水氾濫が生じ、兵庫県但馬地域において死者7名、重傷者23名、軽傷者28名、家屋の損害率が50%以上の全壊家屋333棟、家屋の損害率が40%~50%以上の大規模半壊家屋1,082棟、家屋の損害率が20%~40%以上の半壊家屋2,651棟、一部損壊及び床上浸水837

棟という大きな浸水被害が生じた。

豊岡市周辺の浸水範囲を図-2に示したが、これらの氾濫地域のうち破堤氾濫によって大きな被害が生じた豊岡市庄境地区、鳥居地区及び浸水深が大きかった赤崎地区を対象として、台風23号による浸水被害の実態と大規模な浸水による精神的被害と流動性被害に関する検討を行うため、約1,000の家計にアンケート調査を実施し、約650の家計から回答を得ることができた。

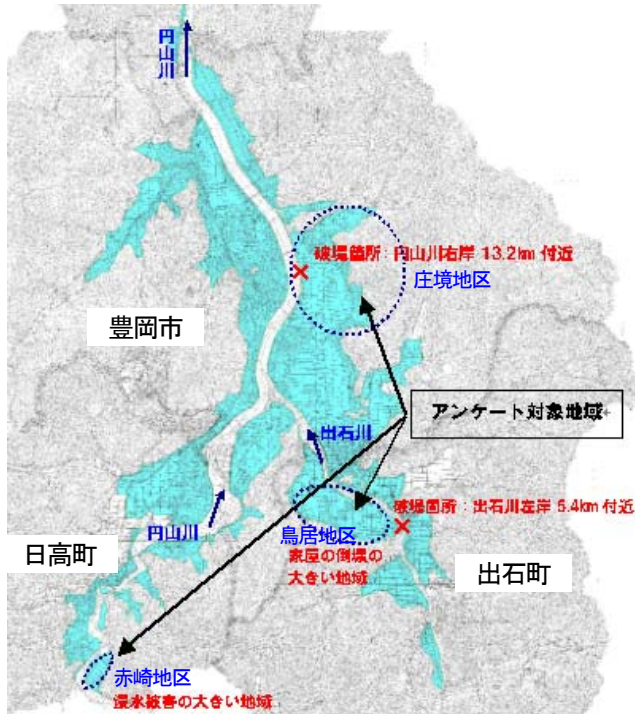


図-2 豊岡市周辺の浸水地域とアンケート調査地域

アンケートでは、台風23号による浸水被害以前の浸水経験の有無、台風23号による浸水で受けた家屋等の資産被害の内容、水害5ヶ月後の復旧状況、浸水被害による身体的な影響、台風23号による浸水被害以前の資産保有状況と損害保険への加入の有無、復旧資金と調達先、浸水によって受けた不安感や精神的苦痛・症状、保険への支払意思額について約50の項目について質問している。

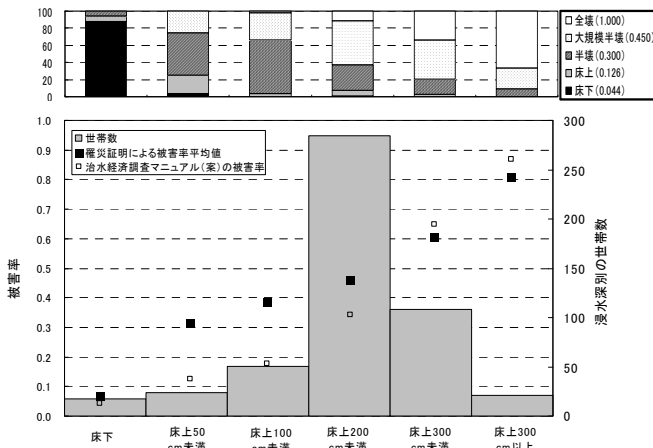


図-3 アンケート回答家屋における浸水深分布と家屋被害率

アンケート回答家計における浸水深と家屋被害率の関係は図-3に示すとおりである。なお、参考のために内閣府における家屋被害判定基準と治水経済調査マニュアルにおいて使用している家屋被害率を示したが、床上浸水50cmと100cmの被害率が治水経済調査マニュアルによる被害率の方が内閣府の被害率よりも小さくなっている以外は概ね一致している。

なお、この浸水によるアンケート調査回答家計の被害額（家屋被害と家財被害の合計値）の平均は、1,826万円であり、浸水深別に示すと図-4のとおりである。

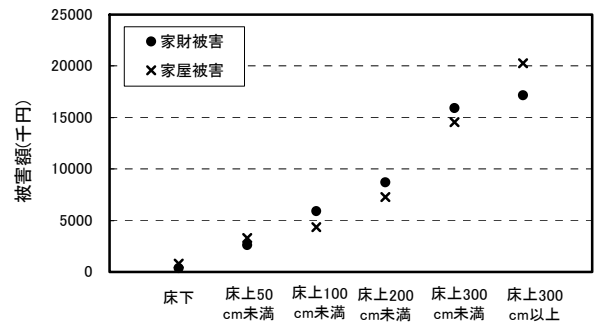


図-4 アンケート調査家計における家屋及び家財の被害額

### 3. 精神的被害の要因と被害額

自然災害による家計の精神的被害評価に関する研究については、栗城ら<sup>2)</sup>、高木ら<sup>3)</sup>が田崎<sup>4)</sup>が提案したFMS(Fuzzy Structural Method)法を用いて、洪水による家計の精神的被害の構造モデルを作成し、被害額の計測モデルを提案している。これらの研究では、精神的影響の調査項目それぞれに対して回答された支払意思額(WTP)を積み上げて作成した構造モデルに基づき、項目間の重複を差し引くという手法をとっている。しかし、このような積み上げアプローチでは、調査項目を増やせば増やすほど支払意思額が増加する傾向が強く、精神的被害が過大に評価される可能性が高い。また、これらの研究においては、既に生じた精神的被害を事後的に取り除くための支払意思額を尋ねており、不確実性下の便益指標として通常用いられているオプション価値を尋ねていないわけではない。

そこで、本研究では、アンケート調査により得られた被害項目を因子分析し、水害による精神的不安・恐怖等の被害要因を分類することによって、水害によってもたらされる世帯の精神的被害構造を分析した。さらに、精神的被害の大きさに深く関係すると考えられる浸水深と精神的被害の大きさ(因子スコア)の関係について検討し、精神的被害額の大きさと浸水深の関係を表す構造モデルを作成している。そのために、世帯の精神的被害を回避するための支払意思額について、浸水深の関数である精神的被害因子を説明変数とする重回帰分析モデルを

作成している。

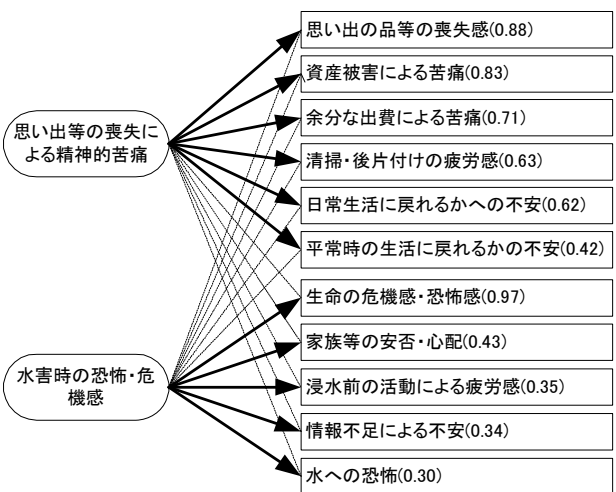
### (1) 精神的被害の構造と浸水深との関係

浸水被害による精神的被害を把握するため、調査対象家計の世帯主に台風23号によって受けた精神被害の内容について、「洪水による生命の危機や負傷に対する恐怖感」、「日ごろ、特に大切にしていたもの（思い出の品や貴重品）を失ったことによるショック」などの22の項目を列挙し、それぞれの項目について、受けた被害の大きさを「非常に強く感じた」「強く感じた」「少し感じた」「あまり感じなかった」「全然感じなかった」の五段階の評価を行ってもらった。

このアンケート結果を基に表-1に示したような基準で因子分析を行い、図-5に示すような因子の解釈および各項目ごとの関連性を示したパス図を得ることができた。

表-1 因子分析手法の概要

内容	手法	備考
変数の選択	質問項目22個	因子抽出で因子への影響が小さい場合は項目を削除
因子抽出法	因子数	固有値1.25以上
	手法	重み付けのない最小2乗法 ・ 因子への寄与が小さい項目については、因子負荷量(Rw)を棄却基準に用いる。 ・ 棄却基準：Rw<0.30、または0.30以上のものが2項目以上にわたっている項目。
	回転方法	プロマックス回転(斜交回転)
因子の解釈	因子に対応する項目等から因子名をつける。	



( )内の数字は因子負荷量

図-5 精神的被害の因子分析のパス図

この精神的被害の因子分析によって、精神的被害の内容として、①思い出などの喪失による精神的苦痛、②水害時の恐怖・危機感の2つがあることが分かった。

この精神的被害を構成する因子項目ごとに、各サンプ

ルの浸水深との関係を整理し、不安・恐怖・苦痛等の大きさが浸水深によりどのように変化するかについて分析した。図-6に浸水深と精神的被害の大きさの関係の1例を示すが、この図からは、1階が水没するところから影響の大きさの分布形が変わっていることが分かる。これは、アルバムや思い出の品等の多くが家族が団欒する1階の居間等に置かれており、1階が水没したことによって、思い出の品の多くが被害を受け、精神的苦痛を「非常に強く感じた」人の割合が大きくなったものと推察される。

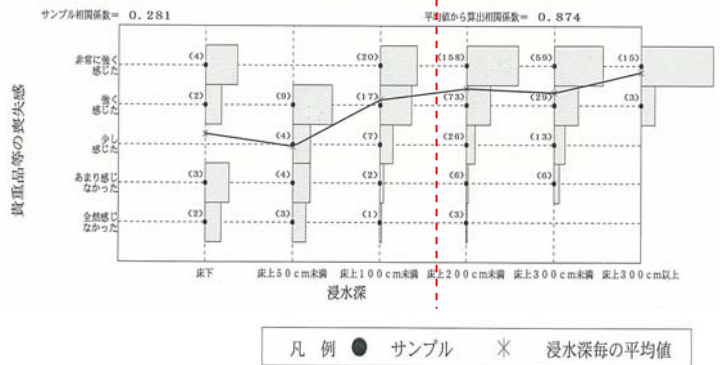


図-6 浸水深と精神的被害の大きさの関係の一例

このような浸水深と精神的被害の大きさについて相関関係が認められたことから、精神的被害内容と浸水深の関係を定式化した。精神的被害の大きさとして因子スコアを用い、その因子スコアと浸水深の関係について回帰式を求めた。この結果、思い出などの喪失による精神的苦痛(因子スコア： $x_1$ )、水害時の恐怖・危機感(因子スコア： $x_2$ )の大きさと浸水深h(cm)の関係は、(1)式及び(2)式に示すように求められた。

$$x_1 = 3.70 \ln(h) \quad (\text{相関係数} : 0.984) \quad (1)$$

$$x_2 = 2.86 \ln(h) \quad (\text{相関係数} : 0.970) \quad (2)$$

### (2) 精神的被害回避の支払い意思額

アンケートによると、物的な被害が保険等によりすべて補償されるとしても、精神的被害が残ると回答した家計は93%であった。この精神的被害から開放される安心感を金で買えるとしたら、毎年いくら支払ってもよいかとする質問に対する支払い意思額(WTP)をダブルバウンド方式で調査した。

そのデータを用いて保険支払意思額に対する賛同曲線を作り、ランダム効用モデルを用いて平均値等の算定を行った。

例えば、図-7はWTPを左右すると考えられる世帯収入別にみた賛同曲線を示したものである。サンプル数に偏在があり、賛同値にばらつきもあるが、これによると

WTPの平均値は収入の多い世帯ほど大きいことが分かる。

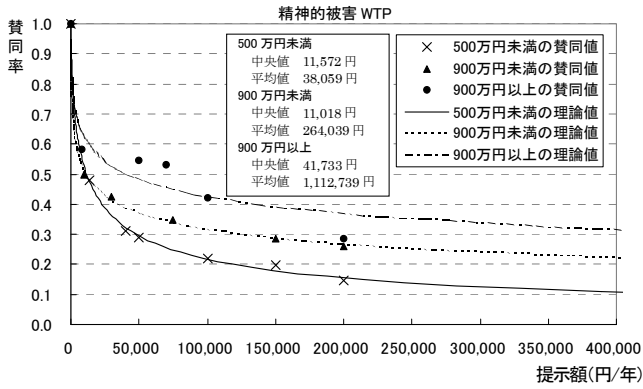


図-7 世帯収入別にみた精神的被害回避のWTP

### (3) 浸水深と精神的被害額の関係

上述のように、WTPは世帯の収入によっても変化しますが、ここでは平均的なものとして取り扱い、因子分析で整理した二つの因子スコアとWTPの重回帰分析を行った。この結果、(3)式に示したように、思い出などの喪失による精神的苦痛について1,080、水害時の恐怖・危機感について1,895という偏回帰係数を得ることができた。

$$WTP(\text{円}) = 1080x_1 + 1895x_2 \quad (3)$$

この(3)式と前述の(1)式及び(2)式から、精神的被害額と浸水深の関係が図-8に示すように求められる。

この関係から、アンケート対象地域である豊岡市の周辺の精神的被害に対する平均的な支払意思額を算定すると、思い出などの喪失による精神的苦痛について約18,000円、水害時の恐怖・危機感について約29,000円となる。水害時の恐怖感に関する支払意思額が思い出の喪失による支払意思額よりも11,000円程度高くなり全体で47,000円程度である。これを被害額換算(年当たりの支払意思額を年率4%で現在価値化する)にすると、1家計当たりで約122万円となり、一般資産被害額(家屋や家財被害の合計値)の約7%程度の被害額となる。

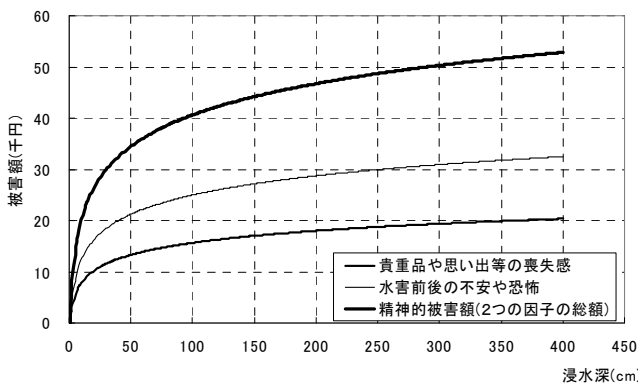


図-8 浸水深と精神的被害額との関係

## 4. 流動性被害の概念と被害額の算定

### (1) 流動性被害の概念

被災者は被災後に資産の復旧・復興のために資金を調達することが必要となる。現行の治水経済調査マニュアル(案)では、被災後に保険金、あるいは借入金等により資産状況が直ちに復旧できるという理想的な状況を想定している。しかし、将来の労働所得を返済原資とする借り入れは、貸し倒れのリスクを調整したあとでも、銀行預金などの貸し出しよりも高い利子率を要求されるこ

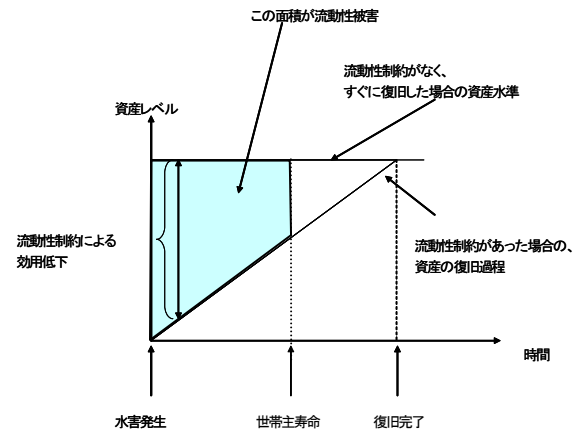


図-9 流動性被害の概念図

とが普通であり、また一定の借り入れ限度が存在する場合はほとんどである。したがって、すべての家計が復旧資金を自由に調達できるという仮定が成立しているとは考えにくい。

実際には多くの家計は金融機関と負債契約(ローン契約)を締結し、住宅・土地の購入資金を調達する。家計は毎期獲得する労働所得のキャッシュフローを原資として、生涯期間の中で長期にわたって負債を返済する。負債契約を締結するにあたり、家計が購入した土地、家屋は負債契約における担保として位置づけられることが多い。しかしながら、水害により、家屋が損壊した場合、家計は不動産資産を喪失することになる。さらに、家屋が負債契約における担保となっていた場合、担保資産も同時に喪失することになる。この場合、被災後に住宅再建のための資金を金融機関から調達しようとした場合、家計は被災前に締結していた未完済の負債契約と、住宅再建のための負債契約という2重負債契約の問題が発生する。家計が獲得できるキャッシュフローに対して、初期負債契約における負債残高が多ければ、家計は住宅再建にかかわる追加的な負債契約を締結することが不可能となり、流動性制約に直面することとなる。このように、家計が流動性制約に直面する場合、従前の生活水準に回復することができないという、生活水準の低下によって評価される流動性被害を受けることとなる。

## (2) 流動性被害の規模

本稿では、アンケート調査によって得られたデータを用いた流動性被害の簡易計算方法を提示し、流動性被害の概算を試みる。以下の概算では、以下のアンケートから得られたデータを用いた。

- ・復旧資金を賄えたか、どうか
- ・家屋資産被害額
- ・家財資産被害額
- ・世帯年収
- ・世帯主年齢

以下、流動性被害のおおよその規模を確認するために、流動性被害の簡単な計測方法を提案する。ここで提案する評価方法は、以下で述べるような仮定の下に成立するものである。より精緻な評価方法については、今後の課題とする。流動性被害が生じた家計は、アンケート調査において調達した復旧資金では被害の復旧を賄えなかったと回答した家計を対象とし、流動性被害の算定にあたっては、以下のような仮定に基づいて行った。

- ・家計は被災前と同一の資産水準に復旧することを目的にする。すなわち水害前に蓄積した資産の水準は、水害以降の人生においても最適な水準であり、さらに被災後の生涯所得は十分にそれらを調達できる大きさであるとする。
- ・よって、流動性制約が存在しない場合には、家計は瞬時に水害前の資産レベルを回復し、物的資産から水害前と同様の効用を享受することができる。
- ・一方、流動性制約が存在する場合には、家計は瞬時に資産を復旧できず、将来、給与所得を得た時点で少しずつ復旧していくものとする。復旧期間中は、消費後に残った所得を貯蓄せず、全て資産の復旧に充てるものとする。

以上のような考え方に基づいて、本研究では、図-9に示したような概念で、流動性制約が存在しない場合を参照点として、その場合との生涯効用（金銭単位）の差によって流動性被害を算出する。被災後に瞬時に水害前の最適な資産水準に戻すことができない場合、図の右上がりの資産復旧過程をたどることになる。このとき、流動性制約による効用低下が時間軸上で継続し、それらを積分した網掛け部分が流動性被害となる。なお、図-9では世帯主が復旧完了を迎えることなく、寿命を迎えるケースを示している。

まず、水害前に家計が物的資産から享受していた効用（水害がなければ今後も享受できた効用）を以下のように計算する。

$$\begin{aligned} & \text{1年あたりの保有資産からの効用 (円/年)} \\ & = \text{被害を受けた全資産額 (円)} \div \text{耐用年数 (22年)} \end{aligned}$$

家屋の耐用年数は、減価償却資産の耐用年数等に関する省令における木造住宅の耐用年数を採用し、22年とした。また、復旧期間中の年あたりの資産復旧額を以下の

ように計算する。

$$\begin{aligned} & \text{資産復旧額 (円/年)} \\ & = \text{世帯年収 (円/年)} \times \text{年収階級別貯蓄率} \end{aligned}$$

ただし、年収階級別貯蓄率はH16全国消費実態調査から得られたデータを用いた。復旧に要する年数は、以下のように算定できる。

$$\begin{aligned} & \text{復旧に必要な年数 (年)} \\ & = \{ \text{資産被害額 (円)} - \text{金融資産額 (保険含) (円)} \} \\ & \quad \div \text{資産復旧額 (円/年)} \end{aligned}$$

また、世帯主の余命を以下のように算定する。

$$\begin{aligned} & \text{世帯主の余命} \\ & = \text{2003年日本人平均寿命 (WHO)} - \text{世帯主年齢} \end{aligned}$$

以上から、流動性被害は次のように求められる。

$$\begin{aligned} & \text{流動性被害} \\ & = \text{1年あたりの保有資産からの効用 (円/年)} \times \text{被害率} \\ & \quad \times \text{復旧に必要な年数} \div 2 \\ & \quad \times \{ 1 - (1 - \text{世帯主余命} \div \text{復旧に必要な年数})^2 \} \end{aligned}$$

以上の方法に基づいて流動性被害額を算出した。アンケート調査において、「調達した資金では被害の復旧を賄えなかった」と回答した家計は139サンプルであった。そのうち、算定に必要なデータに欠損のあるサンプルを除いた結果、流動性被害を算定できたのは31サンプルであった。計算の結果、流動性制約に直面した家計の流動性被害額（家屋の効用損失のみ）は1家計当たりで平均約935万円となり、一般資産被害額（家屋や家財被害の合計値）の約51%の大きさを示した。

## 5. 氾濫による被害額の算定

本稿では、従来の水害統計において考慮されてこなかった精神的被害と流動性被害という2つの被害概念について提案した。また、アンケート調査結果に基づいて両被害の規模の程度を概算した。それらを実務の治水経済調査へ導入するためには、データの入手方法や計算方法に幾つかの技術的な改善を施す必要がある。とりわけ両被害ともに、正確な計算を実施するためには被災者の生活の精神的・物的復興に関する長期的な将来シナリオを必要とする。よって、調査方法と資産復旧モデルの双方が精緻化されない限り、算定結果は概算に止まらざるをえない。しかし、そうであっても、本研究が指摘する精神的被害と流動性被害を今後の被害算定に導入することの意義は小さくない。さらに、前節では、アンケートにおいて、復旧資金を賄えなかったと回答した家計のみを対象を絞り、流動性被害額を検討した。しかし、実際には、どの程度の家計が流動性被害に陥るかを計測する必要がある。そのためには、流動性制約を考慮に入れた家計行動の理論モデルとともに、家計が流動性制約について、世帯の消費に影響を与える要因や、金融資産額、負債額、固定資産額、保険金等の変数を考慮した実証モ

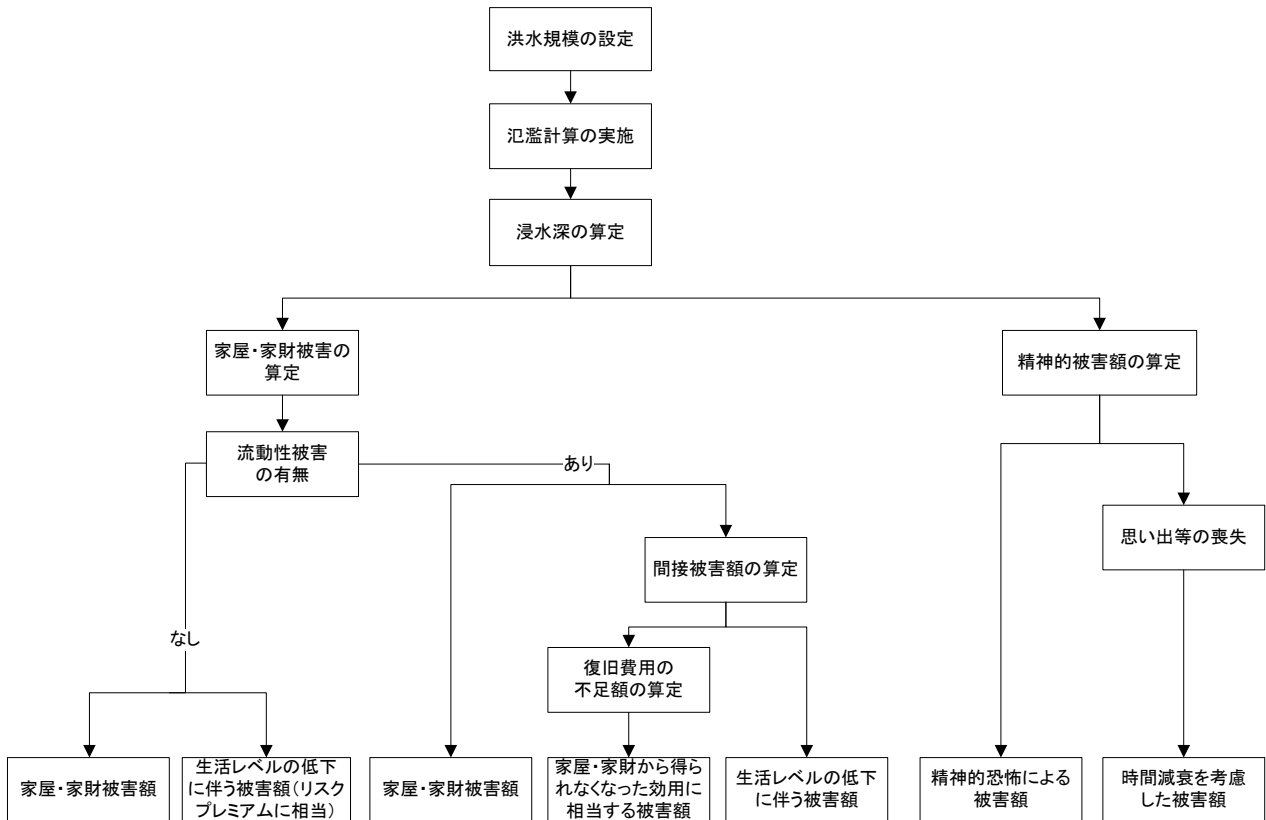


図-10 算定フロー (案)

デルを構築する必要がある。

図-10は精神的被害、流動性被害を考慮した治水経済調査における被害額の算定フロー (案) を示したものである。

流動性被害については、家屋・家財被害額の大きさと貯蓄資産等によって流動性制約を受ける家計と受けない家計を分け、制約を受ける家計について被害額を算定する必要がある。豊岡においては、アンケート調査の結果から23%の家計が流動性被害を受けたことが分かっているので、算定フローに基づいて豊岡における被害額の算定を行うと、全体の平均値で家屋・家財被害額1,826万円、精神的被害額122万円、流動性被害額215万円となり、通常の被害額に対して20%程度の被害額の増になる。

なお、精神的被害額については、浸水深以外の要因を考慮することやWTPの時間経過に伴う減衰等、今後さらに検討すべき事項がある。

## 6. 結論

本稿では、今後の治水経済調査マニュアルの改訂に向けて、新しく精神的被害と流動性被害という2つの被害概念を提案した。これらの被害概念を入れることによって、豊岡市周辺での家計の被害額は従来の被害額よりも2割程度大きくなり、被害額として無視し得ないこ

とが分かった。しかしながら、ここで提案した流動性被害の算定手法は、家屋・家財を失ったことによる効用の低下を評価したもので、負債増大に伴う将来効用の低下まで考慮したのではない。また、提案した算定手法においても、5. で述べたように、両方の被害概念を実務で計算していくためには、計算方法をより精緻にしておく必要があり、以下に示したような課題についての検討が今後必要となる。

第1に、本研究ではアンケートにおいて「復旧資金を賄えなかった」と回答した家計のみを対象として流動性被害額を算出したが、実際には各家計が、「賄う」対象として、復旧の目標となる資産のレベルをどのように想定しているかは正確には把握できていない。残りの人生の長さなどを考慮したときに、被災後には、被災前よりも家屋・家財のレベルを落とすことが合理的である家計も存在するはずである。

第2に、借入れを十分に行わずに、所得の蓄積に応じて復旧していく行動が、実際に貸し手から制約を与えられた結果であるのか、自発的に多額の借入れを自粛した結果であるのかについても、より詳細な検討が必要であろう。

第3に、どの程度の家計が流動性被害に陥るかを実証する必要がある。すなわち負債額、固定資産額、保険金等の変数を考慮し、かつ地域性を反映し得る実証モデルを構築する必要がある。

第4に、実務の立場からは、水害後に毎回、今回のようなアンケート調査を実施することは不可能であるので、今後は当該地域のマクロ経済データなどの既に整備されたデータを用いて推計することが可能な手法を開発する必要がある。

## 7. おわりに

最後に、今後の大きな課題として治水施設の整備効果を計測する物差し（評価指標）について整理を行っておく必要があると考えられる。

治水事業は、国民に安全と安心を提供する事業であるが、これまでは主に堤防やダム等の治水施設の整備を中心に水害頻度の低減、被害額の軽減を目的として実施され、水害による家屋や家財等の資産の被害軽減効果を主な効果として捉え、その評価を行ってきた。しかしながら、このような評価では安全度が向上したことの評価は出来るものの安心感が向上した効果は評価しにくい。また、本論文でも述べたような水害によって生じる生活レベルの低下なども評価することは出来ない。さらに、ソフト対策として実施されているハザードマップの整備などによる安心感の向上等の効果を評価することは出来ない。

治水施設の整備もある程度進み、水害の頻度が減少してくるとともに、それを背景として生活様式も変化してきた現在では、今までに行ってきた資産の直接被害のみによる評価だけでは、治水事業の評価を行うには不

分であり、水害による生活様式やレベルの変化の評価も併せて行うことが重要となる。換言すれば、図-11に示したように、現在までに実施してきた資産の直接被害の評価が変わって、効用関数等を用いて水害による人生の終端効用の低下を治水事業の効果として捉えて評価する必要性が高いということになる。

なお、このように効用によって治水事業の効果を評価する場合には、発生する被害の時点や水害リスクに対する応答特性について十分な整理を行っておく必要がある<sup>5)</sup>が、現段階では、国民のリスク応答特性等に関する知見が十分でないため、事後被害を中心に国民のリスクに対する応答特性は中立であるとした評価を行うことが妥当であると考えられる。

## 参考文献

- 1) 国土交通省河川局：治水経済調査マニュアル（案），平成17年4月。
- 2) 栗城稔，今村能之，小林裕明：水害の精神的影響の経済的評価，自然災害科学，15-3，pp231-240，1997。
- 3) 高木朗義，大國哲，阪井直行：洪水による精神的被害の構造分析とその金銭的評価に関する実証的研究，河川技術に関する論文集，Vol. 6，225-230，2000年。
- 4) 田崎栄一郎：あいまい理論による社会システムの構造化，数理科学，No. 191，pp. 54-66，1997年。
- 5) 横松宗太：カタストロフ性を考慮した災害リスクマネージメントの便益評価に関する方法論的研究，2003年。（2006. 5. 12受付）

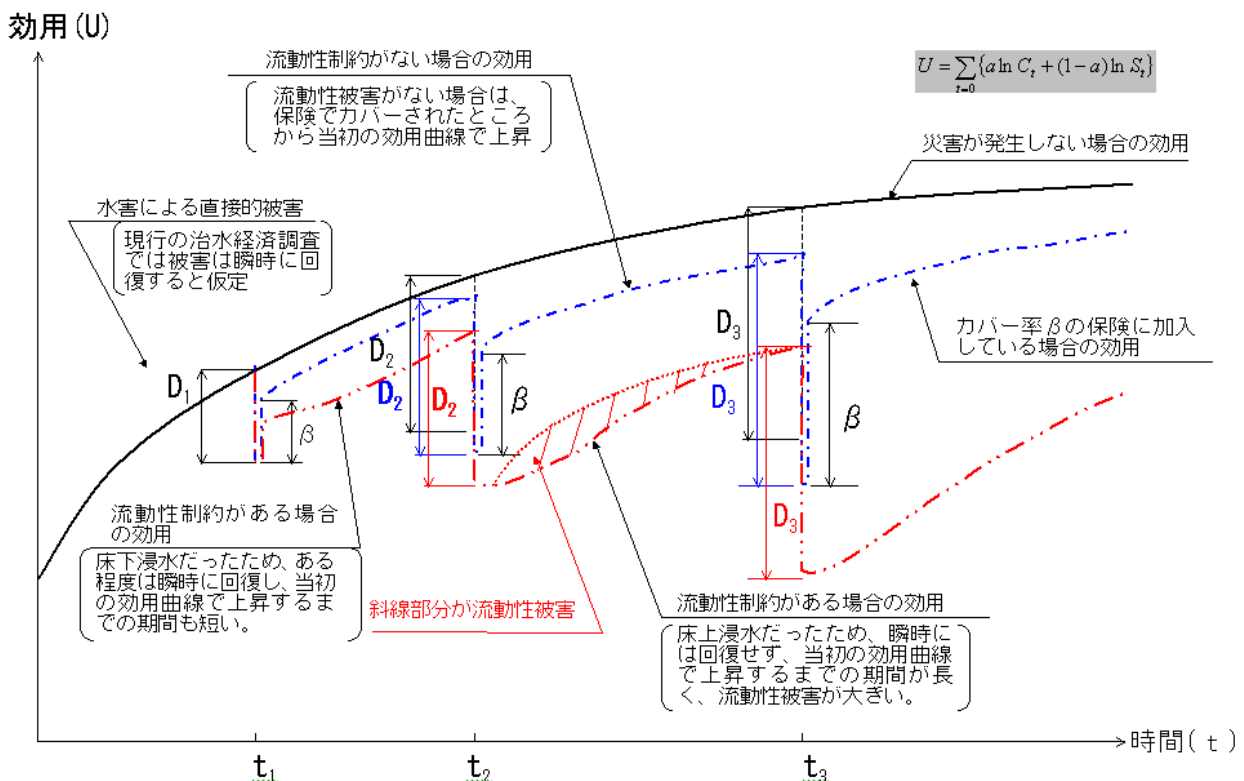


図-11 便益評価のイメージ