

東京大学大学院 学生員 ○藤山朝昭

東京大学工学部 正会員 中村英夫

建設技術研究所 正会員 石井弓夫

1 研究の目的 現在、水害の被害調査は適切な治水施策の立案・実施を目的として行なわれている。しかし、従来の被害調査では主に直接的被害、すなわち資産等が洪水により直接的に受ける被害のみがその調査の対象となっており、そうした直接的被害の結果生じる波及的な被害（間接的被害）については調査がなされていない。

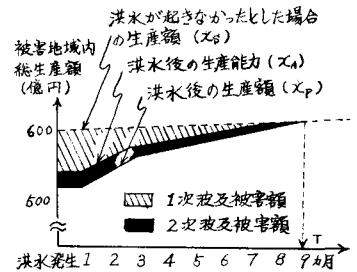
そこで、本研究はこうした間接的被害に対する具体的な計測方法について検討を行なうと共に、間接的被害の規模がほぼどの程度のものであるかを計測しその重要性を確かめることを目的とした。

2 計測の考え方 間接的被害の具体的な内容を考えた場合、それは大きく社会的側面及び経済的側面という2つの側面からとらえることが可能である。前者は、住民の日常生活と密接に関係するものであって、精神的不安はもとより、住民の生活環境に与える種々の影響がその対象となる。しかし、こうした諸影響を同一の尺度（例えば金銭表示）で計測することはきわめて困難である。そこで本研究では、間接的被害計測の第1歩として、後者の経済的側面からとらえた間接的被害の計測を試みることにした。すなわち、洪水後の復旧過程における被害地域内の生産活動に注目し、その地域内総生産が、もし洪水が起きなかったとした場合に比べてどれだけ減少するかを計測しその減少額を被害地域全体の間接的被害額と考えた。そして、こうした間接的被害をとらえる場合に、それを1次波及被害（建物・機械設備等の直接的被害から生じる生産能力の低下）と2次波及被害（低下した生産能力の下で生産活動が行なわれる場合に、産業間の相互依存関係から生じる生産額の減少）の2つに分けて考えることにした。

3 計測の手順（本研究で考案したもの）

i) 1次波及被害の計測 生産能力と関係の深い要因として建物・機械設備等の資産、輸送機能、可働従業員数などを考え、システムダイナミックス（SD）の考え方を利用してこれらの要因と生産能力との関係をテーパー関数の形で求め、さらに洪水後におけるこれらの要因の変動状況から各産業の生産能力の推定を行なう。この結果を用いて洪水後における地域内総生産能力を求め、この値と洪水が起きなかったとした場合の地域内総生産額とを比較して1次波及被害額を算出する。

ii) 2次波及被害の計測 まず、各産業間の相互依存関係を明確にする必要があるが、これについては被害地域における産業連関表を用い、その投入係数によって産業間構造を把握する（産出バランス式）。次に、洪水後における各産業の最終需要変動を求めるため、復旧投資などの需要増加要因、付加価値減少、節約などの需要減少要因を考え、ここでもSDモデルを用いて推定を行なう。こうして洪水後における各産業の生産能力（1次波及被害計測の際推定済）、最終需要及び産業間構造が求められるので、このような条件下で各産業がどのような生産活動を行ない、その結果地域内総生産額がいくらになるかを求めれば、その値と地域内総生産能力（洪水後）との差が2次波及被害額となる。なお、本研究では、2次波及被害の規模を知るという意味から被害として考えられる最小限の値をおさえようと考えた。すなわち、各産業の生産活動は被害地域内の総生産が最大となるように行なわれると仮定し、いわば被害地域にとって最適な条件下での総生産額を線形計画法によって求め、そ



$$\begin{aligned} \text{間接的被害額} &= \text{1次波及被害額} + \text{2次波及被害額} \\ &= \int_0^T (x_g - x_a) dt + \int_0^T (x_a - x_p) dt \end{aligned}$$

[0, T]: 復旧期間

図1 間接的被害額の計測

の値を用いて2次波及被害額の最小値を算出する。

この場合の線形計画問題を定式化すると以下のようになる。

〔制約条件〕

・各産業間の産出バランス式

$$(I - A)X^n + IN^n - F^n - F^n = 0$$

ここに、 X^n : 生産額ベクトル(洪水後 n ヵ月目)

IN^n : 移・輸入額ベクトル(")

F^n : 地域内最終需要ベクトル(")

F^n : 移・輸出額ベクトル(")

A : 投入係数行列

・各産業の生産額に対する制約条件式

$$0 \leq X^n \leq X^n$$

ここに、 X^n : 生産能力ベクトル(洪水後 n ヵ月目)

・各産業の移・輸入額に対する制約条件式

$$IN^n \leq \bar{IN} (F^n + A X^n)$$

ここに、 $\bar{IN}$: 洪水前の移・輸入率

〔目的関数〕

$$\sum_{i=1}^n x_i^n \rightarrow \max$$

(ただし x_i^n は X^n の第 i 成分(i 産業の生産額))

ここで求めた2次波及被害額の最小値と先の1次波及被害額とを加えあわせることにより間接的被害額の最小値が求まる。

4 適用例 上述の計画法を昭和47年7月に起きた秋田県の米代川洪水に適用し、その被害地域の1つである能代市における間接的被害額を求めた結果、その最小値は直接的被害額の2割程度となった。ただし、本計画法の結果は、データ上の制約により、精度上いくつかの問題点を残している。そのため、具体的な数値についてはあくまで間接的被害の規模を推定する際の参考資料と考えておくべきである。

5 結論 間接的被害の規模について厳密な議論をする場合には、より詳細な資料を入手した上で、さらに数多くの洪水への適用結果が必要となるが、少なくとも能代市における計画法結果から間接的被害が無視できるようなものでないことは確認できた。従って、今後の水害調査の中では、こうした間接的被害に対する十分な検討がなされ、その計画法が実施されていくと共に、より適切な治水施策の立案・実施が行われていくべきであると考えらる。

なお、以下に本研究で考案した間接的被害計画法の問題点を指摘し、今後の課題とする。

- ・ 2次波及被害を計画する際、被害地域内の産業間構造を把握するために産業連関表の投入係数を利用したがこうした投入係数は、本来各産業間の静的な均衡状態を表現しているにすぎないため、それが洪水後の短期間の状況を表わすのにどの程度有効であるかは明確でない。
- ・ 2次波及被害の算定法として線形計画法を用いその最小値をおさえたが、この値と現実の被害額との差に関して検討を行ない、より現実の被害額に近い値を推定していくべきである。
- ・ 数量化が困難であるという理由から今回は計划対象としなかった社会的側面からとらえた間接的被害に対する計划方法の検討が必要である。

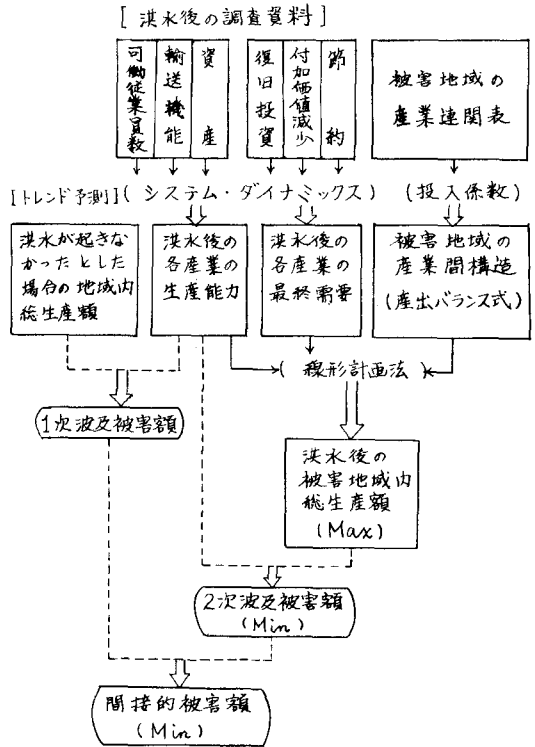


図2 間接的被害額の計划手順