

# 温暖化による洪水被害の経済への影響評価

-東京都を対象としたシミュレーション-

Economic Impact of Flooding due to Global Warming in Tokyo

公共システムプログラム

08M43304 森本広 指導教員 増井利彦

Public Policy Design Program

Koh Morimoto, Advisor Toshihiko Masui

## ABSTRACT

In this study, it is assessed the local economic impact of flooding in Tokyo (this flooding is simulated to hit Tokyo in the 21<sup>st</sup> century as the result of global warming). Behind this study is the fact that the assessments of the flood damage due to global warming have focused on the direct one to properties and its spillover effect on economy has not been assessed enough. A computable general equilibrium model is used to assess the impact by being input the changes of economic entities' activities set with the direct damage to properties in Tokyo (this damage is estimated in other research). The results show that this flooding makes the consumption utility of households in Tokyo decrease by 21.7% for a year while GRP increases by 0.3%.

## 1. 研究の背景と目的

温暖化に関する世界中の知見を集約した気候変動に関する政府間パネル (IPCC) の第 4 次評価報告書では、「気候システムの温暖化には疑う余地がない」と結論付けている。さらに同報告書は、現在既に気候変動の影響を受けている事実を示し、将来についても気候変動の影響が大きくなる可能性が高いこと、現在よりも大規模な適応策が必要であることを指摘している。そのような状況の中、現在世界的に、適応策を行うための温暖化影響の評価、特に適応策実施主体である地域レベルでの影響評価が急務の課題となっている。

日本においては、気象庁・気象研究所の地域気候モデルの研究成果で、100 年後の 100 年確率日降水量が全国的に 20% 増加すると結論付けており、集中豪雨の頻度、量ともに増加することが見込まれる。また、日本は、国土の 1 割に過ぎない河川氾濫区域に資産の 75% が集中していること、急勾配の河川が多いこと等から、気候変動による影響の中でも特に、洪水に伴う河川災害が懸念されている。

一方、我が国は今後少子高齢化の時代を迎え、公共事業に対して、一層の重点化、効率化が問われていくと考えられる。このような状況の中、温暖化による水害対策の効果を明確にするため、洪水の被害額を的確に把握することは、喫緊の課題である。しかしながら、現在評価されている洪水被害の多くは、直接的な資産への被害額のみを評価しているものが多く、

その波及的効果である経済活動への影響にまで領域を拡張して評価している研究は未だ数が少ない。こうした分野において今後の更なる取り組みが必要とされている。

以上の現状を踏まえ、本研究では、温暖化に伴う気候変動によって発生する河川域の洪水氾濫が、地域経済へ及ぼす影響を評価する。

## 2. 既存研究と本研究の位置づけ

水害による経済活動への影響を扱った研究として、水害による消費者及び生産者余剰の変化を推計した平成 14 年度東海水害の経済波及効果に関する調査業務報告書がある。同報告書は、企業の利潤最大化行動から、労働需要関数と供給関数を定義し、家計についても、効用最大化行動から、労働供給関数と商品需要関数を定義し、それらを用いて、洪水前後の余剰の変化を評価している。しかしながら、洪水による被害としては、災害直後の営業停止と、復旧直後の生産増のみを表現しており、生産要素の損失等、他の洪水被害を考慮しておらず、広く洪水の被害を考慮した経済影響推計であるとはいえない。

事前の洪水被害の経済影響の評価を行っている研究としては、長谷川らがある。この研究では、GIS 手法により潜在的浸水リスクのある農地の面積を推計し、その面積を元に農業の直接被害額を算出し、その値を用いて産業連関分析によつ

て間接被害額を推計している。しかし、ここでは農業被害のみを考慮しているため、洪水被害に伴う他の生産部門の生産活動の変化等、洪水発生後の他の経済主体の行動の変化を考慮しておらず、経済活動の間接被害を的確に評価できていない。

以上を踏まえ本研究では、洪水被害による全ての経済主体の行動の変化と相互作用を考慮し、洪水被害発生後の新たな経済状態を推計することが出来る、という特徴から、応用一般均衡モデルを用いて、気候変動に伴う洪水被害が経済活動へ及ぼす影響の評価を行う。

### 3. 分析の枠組み

本研究の目的は、温暖化に伴う気候変動により引き起こされる洪水が地域の経済活動に及ぼす影響を評価することである。この研究を行うには、将来の社会経済活動の推計→温室効果ガスの排出量推計→温室効果ガスの蓄積推計→将来の気温上昇と降雨予測→予測した降雨による浸水シミュレーション→浸水による各種被害推計→浸水被害によるフロー活動への影響設定→影響を経済モデルに反映、の全てを行う必要がある（図1）。しかし、上記の作業全てを行うには、膨大な作業が必要となる。そこで、本研究では、浸水被害によるフロー活動への影響設定・モデルへの反映のみを対象とし、その前の部分までの作業は、他の研究の成果を反映させることとする（図1の破線内）。具体的には、温暖化影響総合予測プロジェクトチームの推計値を使用し、そこで推計されている直接的な被害を入力条件とし、その直接被害がマクロ経済活動に及ぼす影響を、応用一般均衡モデルを用いて分析することとする。

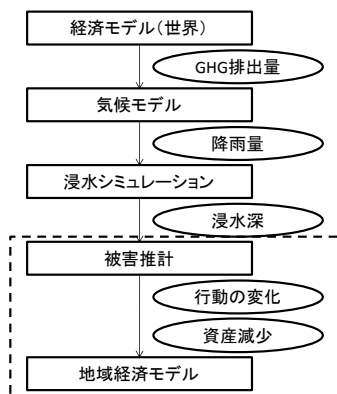


図1. 本来行うべき分析手順と本研究の対象範囲（破線内）

本研究では、対象地として、資産の集中している東京を取り上げた。また、将来のある年に東京を襲う可能性があることと推計されている降雨が東京を襲った際に、2000年の経済状態の東京にどのような影響が出るのかをシミュレーションしている（図2）。本来であれば、将来の経済状態を表現した上で、前述の洪水被害の影響を分析すべきであるが、将来の経済状態の推計は不確実性が高いため、今回は、現在の経済状態を想定している。なお、温暖化影響総合予測プロジェクトチームにおいても、同様の想定が置かれている。



図2. 研究の全体像

温暖化影響総合予測プロジェクトチームは、将来についての経済シナリオとエネルギー経済モデル、簡易気候モデル、そして佐藤らの研究結果等を用いて、2100年までの各年の温暖化による地域別の気候変動被害の推計を行っている。本研究では、この研究の推計結果のうち、東京における洪水の直接的な資産の被害額を用いている。本来であれば、フロー活動への影響を予測するためには、全ての浸水被害（資産のほか人身・精神等）を考慮する必要があるが、今回はデータの制約上、直接的な資産の被害額のみを考慮している。

なお、利用可能な被害額は、資産被害の総額であり、被害の内訳に関するデータはない。そこで、本研究では、東京に集中豪雨の発生した2005年の被害内訳を利用して、総被害額の按分を行っている。按分した各種資産の被害額を元に、経済活動への影響を予測し、それぞれ応用一般均衡モデルに反映させている（図3）。なお、事業所在庫資産被害については、経済活動への影響の予測が困難なことから、考慮しないこととした。

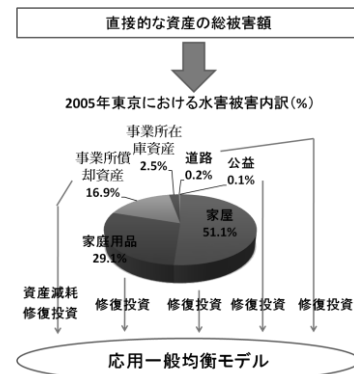


図3. 分析の流れ

### 4. 応用一般均衡モデル

東京都内の経済を表現するモデルとして、応用一般均衡モデルを構築した。応用一般均衡モデルは、全ての財・サービスと生産要素についてワルラス均衡を仮定し、且つ、各経済主体の行動を構造的に捉えたモデルであるため、経済にあるショックが生じた際に、各主体の行動の変化を通じて、新たな均衡をシミュレーションする事が出来る。

本研究では、平成12年東京都産業連関表の基本分類（483部門・財）の投入産出表を、表1の様に統合したうえで、部

門毎に屑や副生産物を考慮し、U表とV表にまとめなおしたものを利用する。

表 1. 部門分類

コード	部門名	コード	部門名
agr	農林水産業	con4	非住宅建築(非木造)
min	鉱業	con5	建設補修
fod	食料品	con6	道路関係公共事業
tex	繊維製品	con7	河川・下水道・その他の公共事業
pulp	パルプ・紙・木製品	con8	農林関係公共事業
che	化学製品	con9	鉄道軌道建設
pet	石油・石炭製品	con10	電力施設建設
cera	窯業・土石製品	con11	電気通信施設建設
ste	鉄鋼	con12	その他の土木建設
nonfer	非鉄金属	uti	電気・ガス・熱供給業・水道・廃棄物処理
met	金属製品	com	商業
mac	一般機械	fin	金融・保険
ele_m	電気機械	est	不動産
tra_m	輸送機械	tra	運輸
pre_m	精密機械	commu	通信・放送
man	その他の製造工業製品	pub	公務
con1	住宅建築(木造)	edu	教育・研究・医療・保健
con2	住宅建築(非木造)	ser	サービス
con3	非住宅建築(木造)		

モデルでは、生産活動を行う生産部門と投資、消費を行う最終需要部門（家計）が存在する。これらの活動は、全て市場を介しており、同時に都外との取引（移出入・輸出入）も同時に行われている（図 4）。

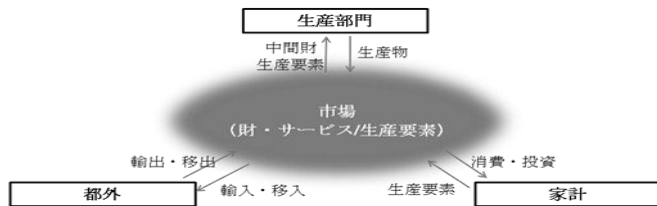


図 4 応用一般均衡モデルの構造

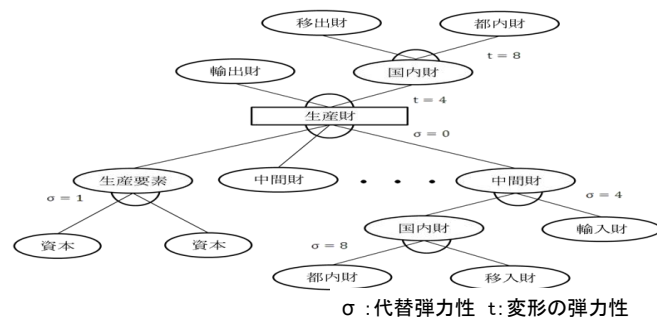


図 5. 生産構造

生産部門は、中間財と生産要素（労働・資本）を投入して生産活動を行う（図 5）。資本と労働の間はコブダグラス型関数によって投入量を決定し、生産要素と中間財の間は代替弾力性 0 を想定している。最終消費部門は生産要素所得に応じて、効用を最大化する様に消費と投資を行う。消費についてはコブダグラス型関数を、投資についてはレオンチェフ型関数をそれぞれ仮定している。移入財と都内財、輸入財と国内財の代替弾力性については、それぞれ 8 と 4 を想定している。移出財と都内財、輸出財と国内財の間の限界変形率についても同様に、8 と 4 を想定している。輸移出入の弾力性値は、武田ら(2008)の値を参考にしている。

## 5. 各種想定

洪水後の各主体は、以下の様な行動を取ると想定している。

### ①家屋・家庭用品・道路・公益施設

家計：家屋と家庭用品について元通りに戻すために、各生産部門に対して、被災年中に全額支出を行う

政府：道路を元通りに戻すために、関係部門に対して、被災年中に全額投資を行う

事業所：被災年中に被災した公益施設を元通りに戻すために、関係部門に全額支出を行う

### ②事業所償却資産

事業所：被災年中に、損傷した資産の 63.9%<sup>1</sup>について、元通りに戻すために投資を行う

被災資産の 36.1%分が損傷した状態の生産資本を用いて、生産活動を行う

なお、洪水により発生する被害と、本研究において考慮されている被害の関係は、以下に示す通りである（図 6）。

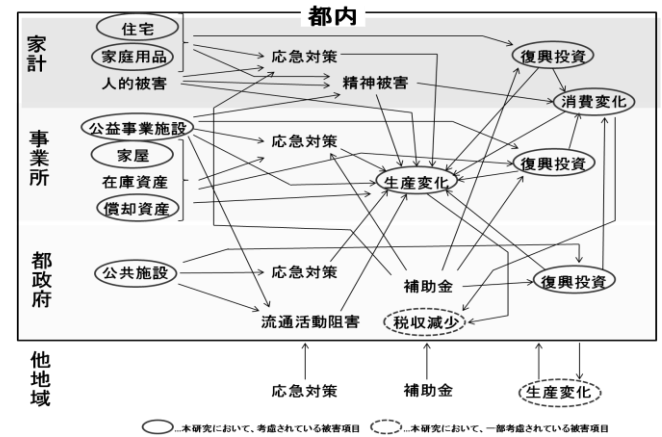


図 6. 洪水後の被害と本研究において考慮している被害

## 6. シミュレーション分析

<洪水前後の比較分析>

分析において、以下 2 つのシナリオを想定する。

- ・ BaU：洪水被害がないシナリオ（基準シナリオ）

- ・ FLD：洪水被害が生じたシナリオ

基準シナリオとは、2000 年の東京の社会・経済状態である。2 つのシナリオの違いは、洪水被害による経済活動への影響表現の有無のみである。以下で、2 つのシナリオの推計結果の比較分析を行う。なお、以下に示す表 7 と表 8 については、CON1～12 を建設業として統合し、表記している。

図 7 に、洪水が生じた場合の各財・サービスの都内需要量が、洪水がなかった場合と比べてどの程度変化したかを示す。この図は、3 つの要因によって、需要の変化が生じていることを示している。1 つは、洪水によって被害を受けた資産の

1 下記の計算式より導出  
事業所の被災直後の生産量を平常期の  $\alpha$  %、復興後の生産量を平常期の  $\beta$  % とする ( $\alpha$  と  $\beta$  はアンケート参照)

$$(\beta - \alpha) / (100 - \alpha) \times 100 \approx 63.9 (\%)$$

修復投資を行うことにより生じる復興需要である。2つ目は、復興需要のある部門の都内生産が増えることによる誘発的な需要の増大である。3つ目は、修復投資を行った結果、家計の最終消費への影響である。

図7からわかる様に、復興需要が生じるのは、農林水産業、製造業（繊維製品、パルプ・紙・木製品、窯業・土石製品、非鉄金属、金属製品、一般機械、電気機械、輸送機械、精密機械、その他の製造工業製品）、建設業、商業、運輸、サービスである。特に、繊維製品製造業（TEX）や建設部門では、大きく重要が伸びている。復興需要による誘発的な需要の増大が生じた部門としては主に、パルプ・紙・木製品、窯業・土石製品、鉄鋼、金属製品がある。上記以外の部門（主に第三次産業）は、復興投資を行ったことで消費に割く資金が減ってしまったために、家計の消費量が減少する結果となっている。

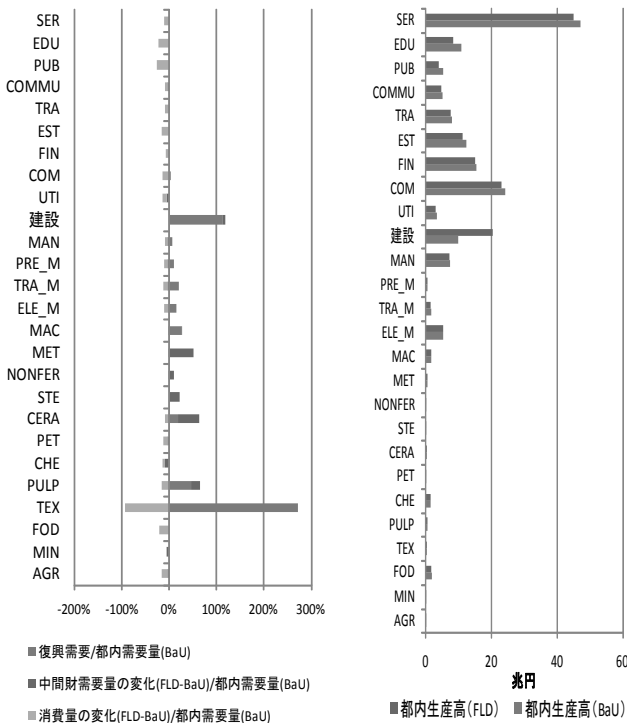


図7 財・サービスの需要量の変化率 ((FLD-BaU)/BaU)

図8に都内生産高の変化を示す。同図より、建設業の生産高が大きく伸びていることが分かる。一方、同様に復興需要の大きかった金属製品や一般機械は、生産高が減少する結果となっている。これは、金属製品や一般機械等の製造業においては、生産資本が損傷し、使用できる生産資本の量が減少してしまったことが原因である。そのため、これらの部門では、需要増を賄うために、対外黒字額の減少（輸移出減少・輸移入増加）が生じている。建設業においても生産資本の損傷が生じているものの、需要増の程度が大きく、価格が大幅に増加したため、都内部門において採算が取れるようになり、結果として生産量が増加している。

図8 都内生産財の変化率



図9. GRPと消費効用の変化率(BaUケースを1とした場合)

図9にGRPと消費効用の変化率を示す。上図から、洪水被害によって被災年のGRPは約0.3%とわずかに上昇するものの、消費効用は約21.7%と大幅に減少することが分かる。GRPが増加した要因としては、復興需要と中間財需要により都内の生産部門の活動量が全体として、BaUシナリオに比べてわずかに上昇したためである。しかしながら、復興投資を行った事で、通常通りの消費活動を行う事が出来なくなった結果、家計の消費効用が減少している。

### <感度分析>

上記結果は、いくつかのアドホックな想定のもとに導出された結果である。したがって、結果の頑健性を検証するために、想定の中でも、不確実性が高く、結果に対して影響力を持つ、以下の項目について、感度分析を行った。

- A) 直接的な資産被害の内訳
- B) 輸移出入の代替弾力性の値
- C) 事業所償却資産に対する復興支出

感度分析の結果、各ケースにおける生産量のBaUからの変化の方向は概ね同じであり、変化の大きさについても大きな違いは見られなかった。消費効用についても、大きな変化は見られなかった。

## 7. 結果のまとめ・結論

本研究の結果、以下のことが明らかとなった。

- ・本研究の想定降雨が東京を襲った際、以下の影響が生じる。
- ・被災年における都民の効用が、約21.7%減少する。
- ・被災年においては、洪水がなかった場合と比べて、復興需要の多い一部の部門（繊維製品や建設業等）のみ生産量が増加し、他の部門の生産量は減少する。

以上の分析結果から、洪水被害がフロー活動に与える影響は、被災年における都民の消費効用を約20%も減少させてしまう程大きなものであることが分かった。今後は、直接的資産被害の推計だけでなく、フロー活動への影響評価にも注力し、より効果的な水害対策の検討・実施を進めることが必要である、と結論付けることが出来る。

### 参考文献

- ・佐藤ら(2008), 「降雨極値データを利用した気候変動に伴う全国浸水被害額評価」, 水工学論文集 第52巻, 433-438ページ

### 謝辞

本研究を進めるに当たり、東北大学の風間聡准教授、国立環境研究所の脇岡靖明主任研究員には、ご多忙の中、データの提供や技術面でアドバイスを頂きました。ここに心から感謝の意を表します。