

地球温暖化、風水害増と治水治水対策

浅 子 和 美

1. はじめに

日本は自然災害大国であり、国土面積の上では全世界の陸地面積の0.25%に過ぎないのにもかかわらず、統計によっては、世界の自然災害総額の約15%を占めると推計されている。もちろん、自然災害はどの期間を対象とするか、発生件数でみるか、被災者数・被災額でみるか等によって具体的な数字が異なるが、ある程度の期間をとり均すと、日本の自然災害では、発生件数別でも死者不明者別でも、おおむね地震が6割前後、台風などの風水害が4割前後を占め、残りのごく僅かを噴火や大火が占めている。この点、世界全体の自然災害では、死者不明者別でみた場合に、乾燥化による干ばつが68%、地震が25%、熱波が7%を占め、残りは桁数が大きく異なるとされるのとは大分様相を異にしている。

近年の日本の自然災害では、2011年3月11日に勃発した東日本大震災が際立っている。すなわち、1,000年に1度レベルといわれるマグニチュード9.0の東北地方太平洋沖地震、および直後に東北・関東太平洋沿岸に広範に押し寄せた大津波によって、判明した死者不明者が2012年8月現在で18,716人（死者15,870人、行方不明者2,846人）の大惨事となり、全電源喪失となった東京電力の福島第1原子力発電所事故によっては、多くの人々が長期に亙る罹災生活を余儀なくされている。

津波による被災は、発生件数は少ないものの、一旦発生すると東日本大震災のように被災規模が甚大となる傾向があるが、自然災害統計では、基本的には地震に伴う災害に分類される。その意味では、津波被害は明らかに「水」が絡んだ自然災害ではあるものの、本稿で考察対象とする風水害とは一線を画す。（ただし、防潮堤や防波堤等の高潮や津波対策としての社会資本整備は、国土保全型の社会資本としては、統計上治水対策としての河川の護岸工事などの社会資本整備と合算されたまま、本稿の数量分析の中では対象内となっている。）換言すると、本稿で対象とする風水害は、地球温暖化との関係が議論されている異常気象、とりわけ大型台風や集中豪雨による風水害に的を絞っており、地震によって惹起される津波被害および津波に対する対策は、原則として射程外である。

さて、東日本大震災はさて置いて、ここ数年、台風や局所的集中豪雨による風水害が際立って増えた印象を受ける。実際、多少古くなるが数字を挙げるならば、2004年度には全国で29の河川で堤防が決壊し、風水害で約230人も犠牲者が出た。なかでも、10月20日に高

知県土佐清水市付近に上陸し大阪府に再上陸した台風 23 号（アジア共通名は TOKAGE）では、四国地方や大分県で降雨量が 500 mm を超えたほか、近畿北部や東海、甲信地方で 300 mm を超えるなど広範囲で大雨となり、兵庫県豊岡市内を流れる円山川が決壊し 1,000 世帯以上が水につかり、京都府舞鶴市の由良川が決壊ではバスの屋根上に 37 人が取り残された。この光景はテレビニュースでも何度となく放映され、国民の間に何故これほどまでの風水害が起こるのか、日本の治山治水体制は不十分なのか、といった疑問と不安を惹起することになった。

もともと日本列島は南北に横たわる狭隘な国土である上、陸地の中央に山脈が連なるために、日本の河川は世界の河川と比べると相当程度急勾配になっている。しかも、日本はその国土利用上、国土面積の約 1 割にすぎない潜在的な洪水氾濫区域に、5 割の人口、4 分の 3 の資産が集中しており、いったん大雨が降り洪水が発生すれば、被害が深刻なものとなる状況下にある。

そんな中で、戦後しばらくの日本の大規模風水害のほとんどは、日本列島を縦断した 1945 年の枕崎台風（死者行方不明者 3,756 人）、利根川が決壊した 1947 年のカスリーン台風（同 1,930 人）、近畿地方を襲った 1950 年のジェーン台風（同 539 人）、青函連絡船洞爺丸を転覆させた 1954 年の洞爺台風（同 1,761 人）、伊豆半島・南関東に大被害を与えた 1958 年の狩野川台風（同 1,269 人）と毎年のように襲来した相当規模の台風によってもたらされたといっても過言ではない。しかし、1959 年の伊勢湾台風で 5,098 名の死者行方不明者を出すといった未曾有の大災害の後には、「構造変化」ないし「環境変化」が生じ、最大でも 300 余名の死者行方不明者数で推移してきている。

「構造変化」の原因としては、治山治水を目的とした社会資本整備や防災体制の取り組みの貢献が指摘される場所であるが、「昭和の三大台風」として括られる 1934 年の室戸台風（死者行方不明者 3,036 人）、枕崎台風、および伊勢湾台風と匹敵する程の大型で強力な台風が 1961 年の第二室戸台風（同 202 人）以降、50 年間ほど日本を襲っていないという幸運な面もあった。しかしながら、そのような気象面での僥倖の連続は、エルニーニョ現象・ラニーニャ現象の頻発やそもそもの地球温暖化もあって、近年終焉を迎えつつあるとの観察がある。頻発している「異常気象」も、気象面での新たな「構造変化」ないし「環境変化」の入り口の現象である可能性が高い。もっとも、この点は、もともと社会科学の立場からは断定することは不可能であり、本稿では、あくまでも状況証拠であると断りつつ議論の前提とする。

気象面での詳細なメカニズムはともあれ、地球温暖化が近年の日本の風水害増をもたらしているとするならば、治山治水といった国土保全型の社会資本整備において、風水害を引き起こす気象条件についての従来の想定がもはや通用しなくなってしまった（あるいは、改定が必要になった）可能性がある。50 年に 1 回、100 年に 1 回、あるいは 150 年に 1 回程度の確率で起こるとの大雨を想定して整備されてきた治山治水目的の社会資本整備は、その頻度

で起こる大雨を超える大雨に対しては風水害の発生を防げないと諦観する立場をとっている。しかし、ほんらい大雨で想定される降雨量がどのくらいの流域にどのくらいの時間内で降るかで、河川に流入する水量も流速も異なり、結果的に洪水氾濫被害も異なったものになると考えられる。

換言するならば、従来の想定ではたかだか100年に1回、しかも広域にわたる大雨の降水量の下ではじめて惹起される洪水氾濫も、それが温暖化等による想定外の集中豪雨でもたらされてしまうものであり、しかもそうした集中豪雨が全国で頻発するとすれば、国民から見れば数年に1度ぐらいの感覚で頻発してしまう風水害と受け止め、治山治水対策に不満が積もることになるであろう。

本稿中間部では、野口・浅子(2005)の「水害と社会資本整備」に関する都道府県単位でのデータを用いた実証分析を紹介しながら、過去においては国土保全型の社会資本整備の進展が水害被害を減じる一定の効果があつたこと、および新規の社会資本整備額が前年度の水害被害額に応じて調整されてきた傾向があることを指摘する。しかしながら、同時に、こうした従来型の社会資本整備が温暖化等による集中豪雨にも有効性を示すか否かは定かではなく、むしろ近年の河川氾濫や風水害の増加傾向からは否定的な側面が浮かび上がってくることを議論する。

従来の日本の治山治水対策は、「河道に水を封じ込め、流域を平等に守る」とのモットーを掲げ、流域の完全防備に腐心してきたといえる。しかし、近年の経験は想定外の集中豪雨に対しては無力さを露呈する結果に終わっている例が多く、治山治水対策の根本的な発想転換が望まれている。公共事業費の総枠の削減などの制約も考慮するならば、上流のダムを増やしたり河岸の堤防の高さを一律高める「従来に増しての力による封じ込め」は実現性もなく、将来のより一層増強される温暖化の影響を想起すれば実効性もないであろう。したがって、地球温暖化そのものの進展を当面防げないとするならば、今後の治山治水対策は、いやが応でも一定の確率での集中豪雨の発生と共存するものが望まれることになる。本稿のまとめと結語部分では、江戸時代やより遠い昔から工夫されてきた先人の知恵を紹介しながら、それらの趣旨を取り入れたハード整備とソフト対策を、どのように現代に合った形で導入するのが適っているかを探る。

本稿の以下の構成は次の通りである。まず第2節では、日本の風水害の長期的・短期的状況について概観し、併せて本稿で用いる主なデータについて説明する。第3節では、国土保全型社会資本を整備することによって、風水害被害が減少しているのか否かを、野口・浅子(2005)の分析を紹介しつつ、いくつかの観点から検証する。すなわち、まず前提として、都道府県別の風水害被害が何らかのシステムティックな要因に規定されているか、それとも純粹にランダムなものなのかをチェックする。次いで、同じく都道府県レベルのデータで、風水害被害と国土保全型社会資本ストックに相関関係があるか否かを、回帰式の推計を通じて

検討する。

第4節では，国土保全型社会資本の限界生産力を求める。そのために，まず労働，民間資本，および社会資本を生産要素とする生産関数を推計する。この際，社会資本として，国土保全型社会資本とそれ以外の社会資本を区別する。この推計結果は興味深い含意のあるものであり，本節の後半はその解釈にあてられる。第5節は，本稿の考察のまとめと結語部分であり，同時に2003年度以降5年単位で改訂されてきた「社会資本整備重点計画」での風水害対策についても議論する。

2. 風水害の長期的・短期的状況

最近の風水害の増加は，異常気象の帰結であり，しかもそれには地球温暖化が関係しているという説がある。その真偽は現段階では簡単には確かめようがないが，その状況証拠には事欠かず，各種統計等を駆使した説得的議論として，たとえば田中（1993）や細田（2009）が参考になろう。本稿の第3節ではもっぱら都道府県単位の風水害について考察するが，まずその前提として，全国レベルでの動向を概観しておく。

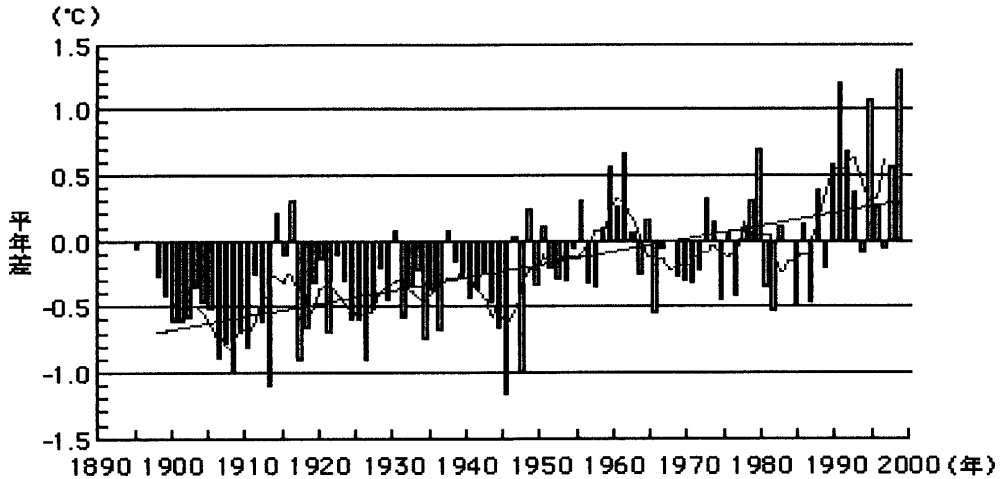
2.1 全国の気象と風水害被害

図1は，19世紀末からの100年間の，日本の年平均気温の経年変化をトレースしたものであるが，これからは確かに100年間で1℃分の上昇トレンドが見られる。これはあくまでも日本全体の平均値であることを踏まえると，地域によってはこれ以上の上昇がみられることも十分ありえることである。

続く図2は，図1の対象になったのとほぼ同じ期間について，日本の年降水量の経年変化を見たものである。この図は印象的であり，100年で100mm程度の減少トレンドが見られるものの，むしろ短期間の多雨少雨の降水量変動が激しいことが一目瞭然である。しかも，この短期間の変動幅がここ30年ほどで拡大している。全国平均の降水量がこれほど短期間の変動を示すのであるから，都道府県レベルなど地域単位での降水量の変動はさらに増幅される傾向にあるはずである。

さて，こうした気象条件のもとでの，日本の水害（以下では水害と風水害をほぼ同義のものとして解釈しており，意図的に使い分けるわけではない）の記録を見てみよう。図3は日米について，国民総生産（GNP）に対する水害被害額比率を見たものであるが，日本のそれは1940年代末や50年代は1%水準を上回りアメリカと比べて際立って高かったが，60年代以降はアメリカ並みに1%を割るようになり，近年ではさらに低下している。しかしながら，この比率の近年の動向はもっぱら分母のGDPの増大によるものであり，分子の一般資産の被害額で見ると，1970年以降変動を繰り返しながらも，絶対額で減少トレンドが認められる

図1 年平均気温の経年変化（1898～1998）



注) 気象庁の地上気象観測地点のうち、都市化などによる環境の変化が比較的少なく、かつ長期間継続して観測が行われている15地点を平均した各年の平均気温を1961年～90年の30年間の平均値からの差で示す(棒グラフ)。変化の様子を見やすくするため、各年とその前年2年ずつの合計5年間の気温を平均した値(5年移動平均)を波動状の実線で示す。さらに参考のため、過去118年間の全般的な気温上昇の様子を示す直線も示す。

出所) 建設省「平成12年 国土建設の現況」

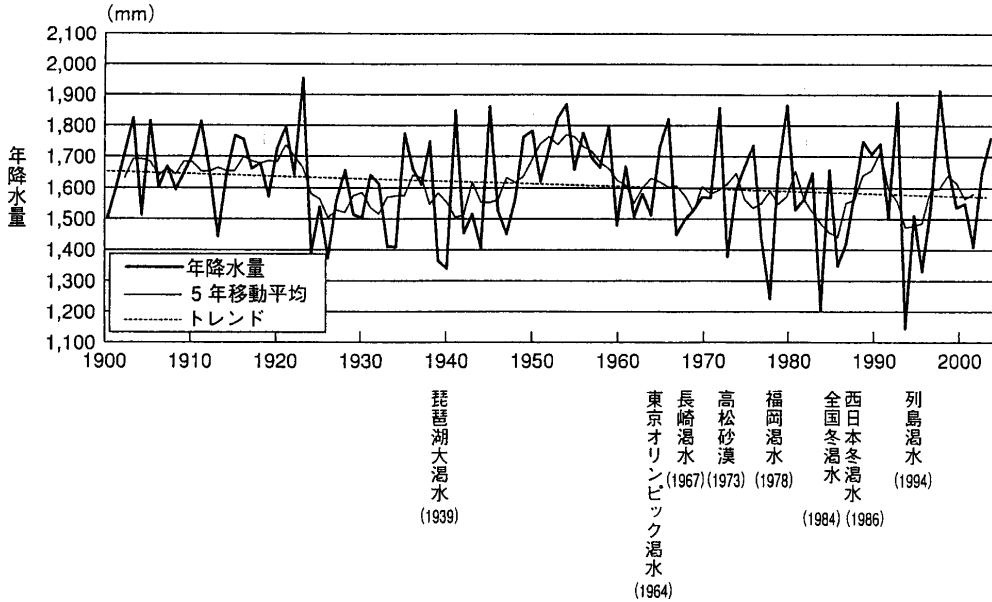
わけではない。

1959年の伊勢湾台風の甚大な被災を受けて、堰堤や堤防などの治水目的の社会資本整備が進み、国が管理する大規模河川の決壊や氾濫は目だって減少した。しかし、近年は、台風や集中豪雨によって都道府県が管理する中小河川の堤防が決壊したり、都市部の河川の容量を超えて住宅街や地下街に浸水し、大きな被害を出すケースが目立っている。都市部では農地や戸建の庭、あるいは未利用地が減っただけではなく、道路や駐車場などの舗装化が進み、河川に流れ込む流量が増加したのも影響している。

こうした近年の傾向は、国土保全型の社会資本整備において、風水害を引き起こす気象条件についての想定が変わってきているのを想起させる。50年、100年、あるいは150年に1回程度の確率で起こるとの大雨による計画高水量(洪水のピーク流量)を想定して整備されてきた治山治水目的の社会資本整備も、大雨で想定される降雨量がどのくらいの流域にどのくらいの時間で降るかで、河川に流入する水量も流速も異なり、結果的に洪水氾濫被害も異なったものになる。もちろん、150年に1回の確率で起こる洪水を想定して整備しているといっても、整備計画の途中であれば、150年に1回の確率の頻度以上に洪水が起こるのは十分あり得ることであり、それが日本の現実でもある。

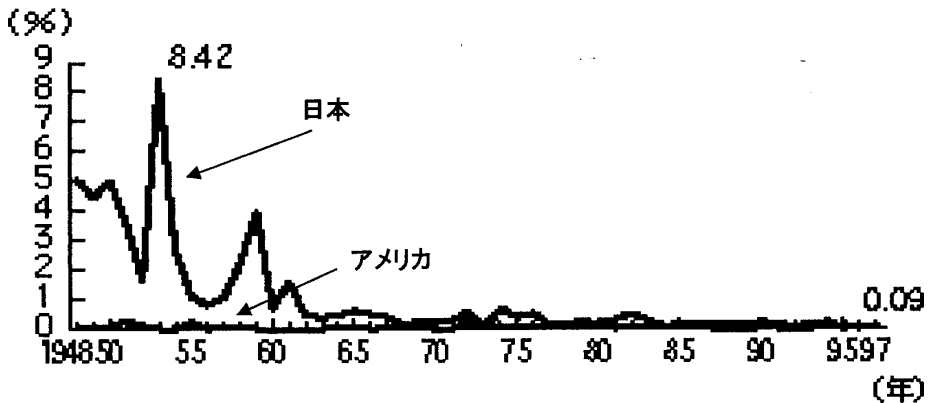
しかし、問題の所在は、整備計画期間中にあるから起こってしまったとの整理で、万事納得がいくところにあるわけではない。従来の想定では150年に1回の大雨に匹敵する降水量

図2 年降水量の経年変化



- 注) 1. 気象庁資料に基づいて国土交通省水資源部で算出。全国 51 地点の算術平均値。
 地点名：旭川、網走、札幌、帯広、根室、寿都、秋田、宮古、山形、石巻、福島、伏木、長野、宇都宮、福井、高山、松本、前橋、熊谷、水戸、敦賀、岐阜、名古屋、飯田、甲府、津、浜松、東京、横浜、境、浜田、京都、彦根、下関、呉、神戸、大阪、和歌山、福岡、大分、長崎、熊本、鹿児島、宮崎、松山、多度津、高知、徳島、名瀬、石垣島、那覇
2. トrendは回帰直線による
3. 各年の観測地点数は欠測等により必ずしも 51 地点ではない。

図3 国民総生産に対する水害被害額比率の推移



- 注) アメリカの水害被害額はFloodsによるもののみである。
- 日本：建設省「水害統計」、経済企画庁「国民所得年報」、国民経済計算年報」
- アメリカ：「Statistical abstract of U. S. (1998)」
- 出所) 建設省「平成 12 年 国土建設の現況」

の下ではじめて惹起される洪水氾濫も、それが異常気象レベルでの集中豪雨や記録的な連続雨量でもたらされたものであるとすれば、事後的な降水量としては数十年ないし数年に1度ぐらいの感覚の降水量の下でも、特定地点での流量が閾値を越えて洪水氾濫が起こりうる可能性がある。

もちろん、河川毎の洪水氾濫に関しては河川工学面からのシミュレーション分析等が行われており（河川工学の基礎の理解には、たとえば本間他（2004）がよい）、流域の社会資本整備計画に役立てられているはずである。また、洪水氾濫については、いわゆる洪水ハザードマップの作成などソフト面での対策も採られており、これらは本来は洪水災害額の減少に結実するはずのものであろう。にもかかわらず、結果的にこれらが期待された効果を発揮していないとするならば、ここには何らかの条件想定面での不具合が関与している可能性が指摘できるであろう。本稿の以下での考察は、必ずしも河川工学の基礎を踏まえたものではないが、社会科学的な計量分析の観点からの因果性の検証等を援用しつつ、風水害の防災に資する考察を展開するものである。

2.2 風水害の構造変化

冒頭で言及した2004年の台風23号等がもたらした被害は河川工学や防災工学等の専門家にとっても想定外の事態であったとして、危機感が醸成されている。例えば、辻本哲郎名古屋大学大学院教授は辻本編（2006）の中で、2002年の東海豪雨も踏まえて、「東海豪雨以前は、台風が来ても、水害があっても、被害はほとんど川の中の構造物、いわゆる公共土木施設の災害であったが、東海豪雨では一般資産災、すなわち市民の資産そのものが被害を受けたということでショックを受けた。」（2頁）と告白している。

また、2006年の風水害では、最も強大な台風23号を始めとして10個の台風が上陸した中で、水害・土砂災害等によって死者行方不明者が続出し、230人にも達する尊い人命が奪われた。既述のように、5,098名の死者行方不明者を出した1959年の伊勢湾台風以降は、風水害としての死者行方不明者の数はトレンドとしても激減した経緯があり、そんな中で230人という数字は関係者にとっては衝撃だったと思われ、辻本編（2006）など土木学会挙げての減災に向けての取組や、後に取り上げる行政サイドの対応を惹起させたのである。

さて、こうした気象面や風水害での「構造変化」ないし「環境変化」は、長期的で確かなものなのであろうか、それとも短期的で偶発的なものに過ぎないのであろうか。いくつかの例を取り上げよう。

まず第1に、玉井（2006）は『土木学会・平成16年7月北陸豪雨災害緊急調査団報告書』を援用する形で、降雨特性が変化したか否かについての福井県の足羽川のデータを用いた分析結果を紹介している。これは、天神橋上流域平均最大6時間連続雨量観測値を1953-2004年の過去51年分のデータを用いた統計的な分布に基づく理論雨量と比較したものであ

り，その検定結果はパラメータ推定法によって結果が異なる微妙なものとなっているが，結論としては「異常値としては棄却できないが，流域平均雨量としてはこれまでに観測されたことが無い異常気象現象と言えそうである。」とし，「評価された再現期間の値は183年であった。」と整理している。つまり，統計的にあり得ない異常値ほどではないが，実際に過去に観測された値と比べると十分上回る雨量となっており，183年に1回の確率でしか起こらない稀な事象だということである。

第2に，中川（2006）が紹介している2004年7月の新潟県栃尾市（現長岡市）と福井県美山町（現福井市）のデータによると，「栃尾市では，40 mmを超えるような雨が6時間以上続き，平成16年7月13日の日降水量が421 mmに達した。従来の最大日降水量169 mmの2.5倍にもなるような，相当量の雨が降った。この時の降雨の再現期間は，土木学会で計算された結果では，500年，530年という，非常に稀な豪雨であった。」および「福井県での降雨で特徴的なのは総降水量としては大して多くない283 mmであったが，50 mmを超える雨が4時間程度続いたことである。五十嵐川，刈谷田川をみると，この流域の計画降雨は2日間雨量で340 mmであり，平成16年の雨が2日雨量で400 mmであり，300年に1回という豪雨であった。」とある。さらに，中川（2006）の図-11.3から伺われる栃尾市での異常記録によると，7月の月降水量平年値が242.6 mmであるのに対し，各時間当たり降水量と土木学会の計算による再現期間（括弧内）は，1時間降水量58 mm（208年），2時間降水量97 mm（279年），6時間降水量267 mm（500年），12時間降水量352 mm（763年），24時間降水量422 mm（530年）であったという。

第3に，近年の風水害絡みの異常気象として，台風についてのデータを整理すると，次のようになる。すなわち，1951年から2000年の50年間の全台風データによる平均値を求めると，年間発生数=26.9個，年間日本接近数=11.4個，年間日本上陸数=2.9個であるのに対して，2001-06年の6年間の平均では，年間発生数=24.7個，年間日本接近数=12.8個，年間日本上陸数=3.7個となっている。ただし，「日本に接近した台風」とは，台風の中心が国内のいずれかの気象官署から300 km以内に入った場合をさし，「日本に上陸した台風」は台風の中心が北海道，本州，四国，九州の海岸線に達した場合をいい，小さい島や半島を横切って短時間で再び海に出る場合は「通過」であって上陸ではないものとしている。

21世紀になってからの6年間平均では，年間発生数は2個ほど減っているものの，年間日本接近数や年間日本上陸数は年間で1個弱増加していることが確かめられる。もっとも，これらの数値は統計的には必ずしも強くは有意ではない。しかし，2004年についての年間発生数=29個，年間日本接近数=19個，年間日本上陸数=10個との記録は，統計的にもかなり異常と断定できるであろう。

こうした近年の風水害の傾向に対して，行政サイドも対応策を講じる姿勢を示しており，東海豪雨災害後は都市型水害対策の検討を進め，2004年の災害の後では，国土交通省の社会

資本整備審議会河川分科会の中に設けられた豪雨災害対策総合政策検討委員会が、2004年11月に緊急提言および2005年4月に政策提言を行っている。新しい河川行政の流れは「ソフトな体制とハード整備の一体化」と「整備計画と管理の総合化」の2本柱からなり、どのように施設を整備すると地域がどのように安全になるかを計画論的に議論するのが治水の本質であるとの理解に立っている。この点は、第5節で再述する。

2.3 使用するデータの説明

続いて本項では、次節で紹介する野口・浅子(2005)で用いる主なデータについて説明する。

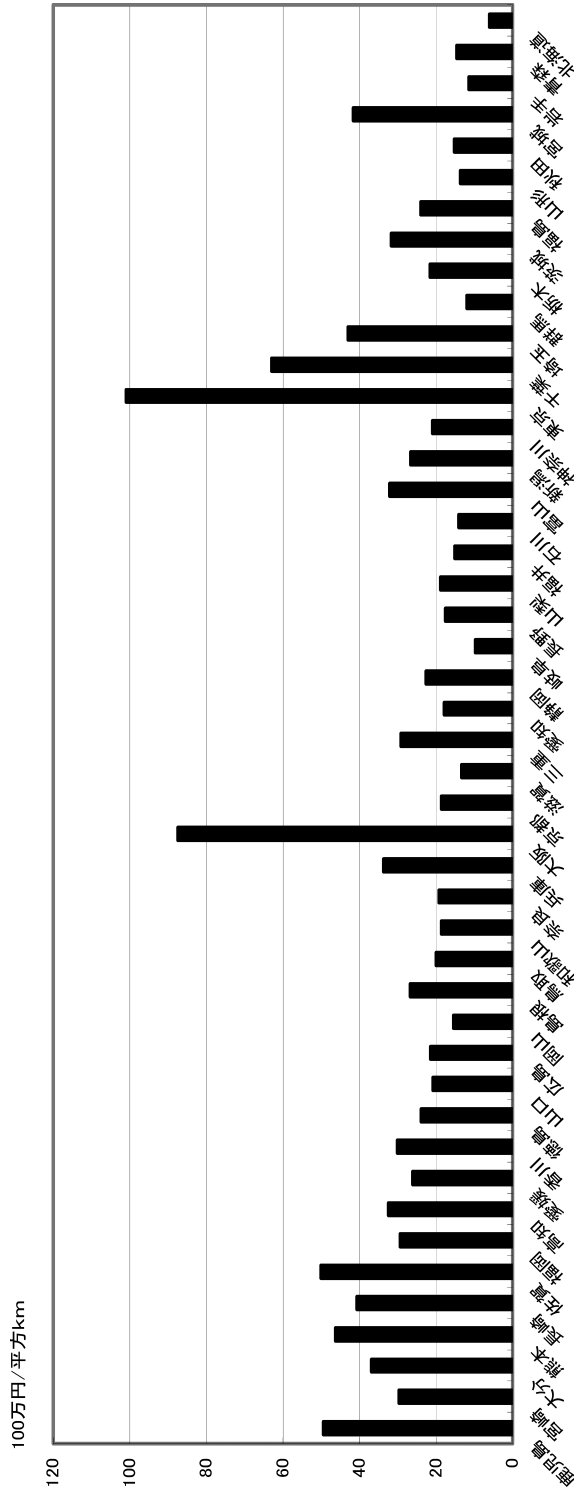
風水害被害額

まず、風水害被害額は『水害統計』(国土交通省)の水害総被害額を用いる。ただし、時系列としての推計や比較を行うため、国民経済計算のGDPデフレーター(1990年暦年価格)により実質化した。注意が必要なのは、この水害総被害額は一般資産等被害(建物、家庭用品、事業所資産、農作物等に係る物的被害及び事業所営業停止損失等)、公共土木施設被害(河川、海岸、砂防設備、道路、港湾、下水道、公園等の施設に係る物的被害)、公益事業等被害(鉄道事業、水道事業、電力会社、電気通信事業者等に係る物的被害及び営業停止損失)のみを単純加算したものであり、被害額には人的損失額や間接的な波及被害等は含まれない。人命など人的損失の金銭評価や間接的な波及被害を算定するのが困難なためであるが、結果として水害総被害額としては過小評価になっている。

さて、図4は実質化した水害総被害額の、1985年から97年まで13年間の平均値を、沖縄県を除く全国46の都道府県別に並べたものである(沖縄県はほとんどの台風が通過することから風水害の観点からは最も興味のある対象ではあるが、データの利用可能性から除外せざるを得なかった)。1990年価格で1年間あたり200億円を上回る水害被害額が発生した都道府県は、北海道、鹿児島県、熊本県、新潟県、福島県、千葉県、宮城県、兵庫県の8道県に上るが、これらにはいずれも国の一級河川が流れているものの、そのほかにも共通な要因があるか否かは必ずしも明らかではない。

図4で、北海道などは単純にその国土に占める面積の広さから被害の絶対額が上位にランキングされている可能性もあることから、図5では『全国市町村要覧』(総務省自治行政局)より1990年の各都道府県の面積を参照し、各都道府県の1平方キロメートル当たりの平均水害被害額を計算したものである。この図からは、1平方キロメートル当たり4千万円を超える被害額を計上したのは、東京都、大阪府、千葉県、佐賀県、鹿児島県、熊本県、埼玉県、宮城県、および長崎県の9都県となっている。東京都、大阪府、千葉県、埼玉県といった首都圏が入ってくるのが、都道府県土面積を考慮しない場合と際立った相違点であり、北海道

図5 都道府県面積1平方kmあたり被害額



出所) 水害統計と全国市町村要覧より作成

表 1 部門別社会資本の内訳

15 部門	6 部門	3 部門	2 部門
道路，航空，港湾，工業用水	産業型社会資本	産業型社会資本	産業型社会資本
公共賃貸住宅，水道	生活型社会資本	生活関連型社会資本	非産業型社会資本
下水道，廃棄物処理	環境型社会資本		
都市公園，文教	文教型社会資本		
治山，治水，海岸	国土保全型社会資本	国土整備型社会資本	
農業，漁業	農漁業型社会資本		

は最下位にランキングされるが，九州の諸県は1平方キロメートル当たりでも上位にランキングされることから，台風の通り道との関連が想起されるものの，これも明確な要因ははっきりしない。

国土保全型社会資本ストック

次に，国土保全型社会資本ストックを見る。社会資本ストックの推計には，多くの候補があげられるが，ここでは『日本の社会資本』（内閣府，2002年）での名目値を，GDPデフレーター（1990年暦年価格）で実質化した。なお，部門別の社会資本ストックの相互関係の詳細は表1の通りであり，ここでの国土保全型社会資本は，6部門分類でのものであり，15部門分類の治山，治水，海岸の3部門を統合したものである。

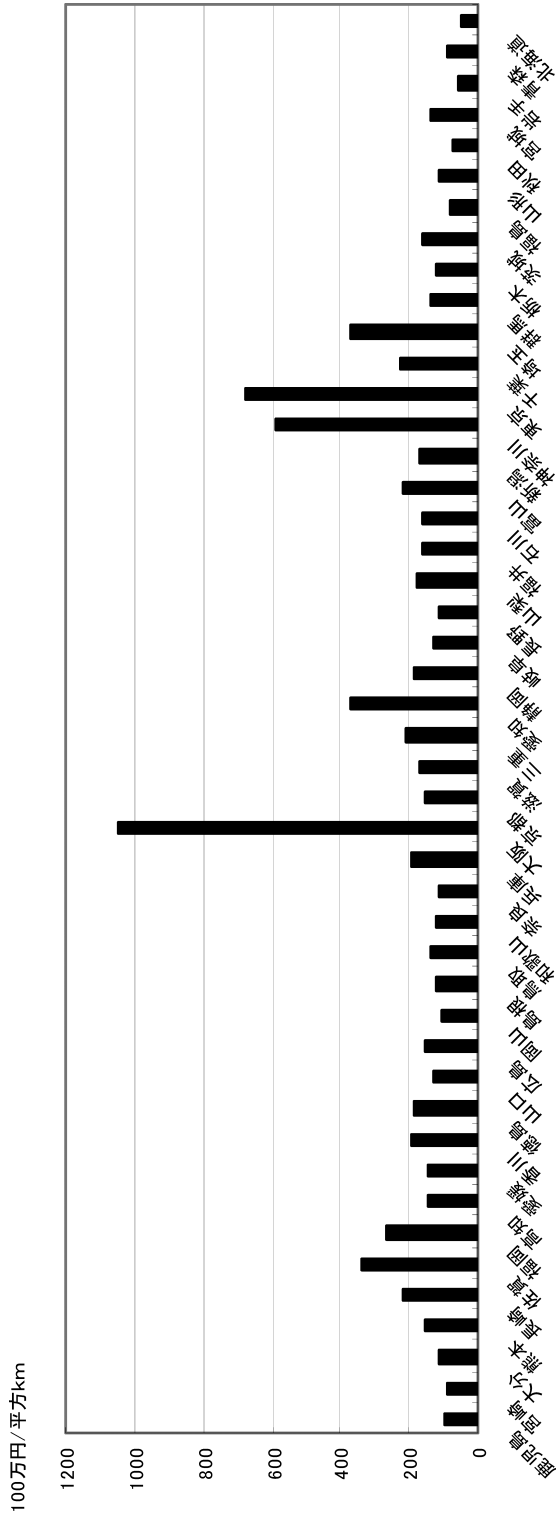
さて，国土保全型社会資本ストックも，水害被害額同様に都道府県の面積の広さにも影響を受けよう。そこで下の図6，図7は水害被害額同様，国土保全型社会資本ストックの実質値の絶対額と，都道府県面積1平方キロメートル当たりの実質値をそれぞれプロットしたものである。

図6より，国土保全型社会資本の絶対額は北海道が群を抜いており，1990年暦年価格で4兆円弱に達する。北海道に続くのは，新潟県，大阪府，愛知県，兵庫県でありそれぞれ2兆円前後の値をとっている。図7からは，都道府県面積1平方キロメートル当たりの国土保全型社会資本ストックは，大阪府が10億円を超えているが，続く東京都と神奈川県は6億円前後，埼玉県と愛知県は4億円弱となっている。

年間降水量

最後に，年間降水量のデータは気象庁のホームページからダウンロード可能であり，各都道府県の県庁所在地（ただし，埼玉県のみは隣接する越谷市）における観測値を当該都道府県の降水量として採用した。図8には，1985年から1997年までの13年間の年間降水量の平

図7 都道府県面積1平方kmあたりの国土保全型社会資本ストック



出所) 日本の社会資本と全国市町村要覧より作成

均値がグラフ化されている。また、1時間に50mm以上の降水量を記録した回数を図9に示してある。ただし、北海道は札幌市ではなく、支庁内に札幌市を含む石狩支庁のデータである。

図8からは、年間降水量が多い地域としては、第1に台風や梅雨の影響が強い高知県、宮崎県や鹿児島県を始めとした九州地方と山口県、および静岡県が上げられ、第2には降雪地帯としての北陸地方や秋田県、および山陰地方が上げられる。なお県域全体としては降雨量が多い和歌山県は、県庁所在地の和歌山市の降水量には反映されないようで、これが本州最南端の潮岬（串本町）のデータとすれば結果はまったく異なったものとなるといった点には注意する必要がある。

図9の集中豪雨の頻度に対応するデータからは、鹿児島県、宮崎県、長崎県、熊本県の九州地方と高知県が多く、三重県、静岡県、徳島県、和歌山県が続いている。これらの都道府県は相対的には図8の年間降水量の分布とも共通するところがあり、全国レベルで見た近年の風水害の状況とも相通ずるものがあるといえよう。

3. 社会資本整備と水害被害

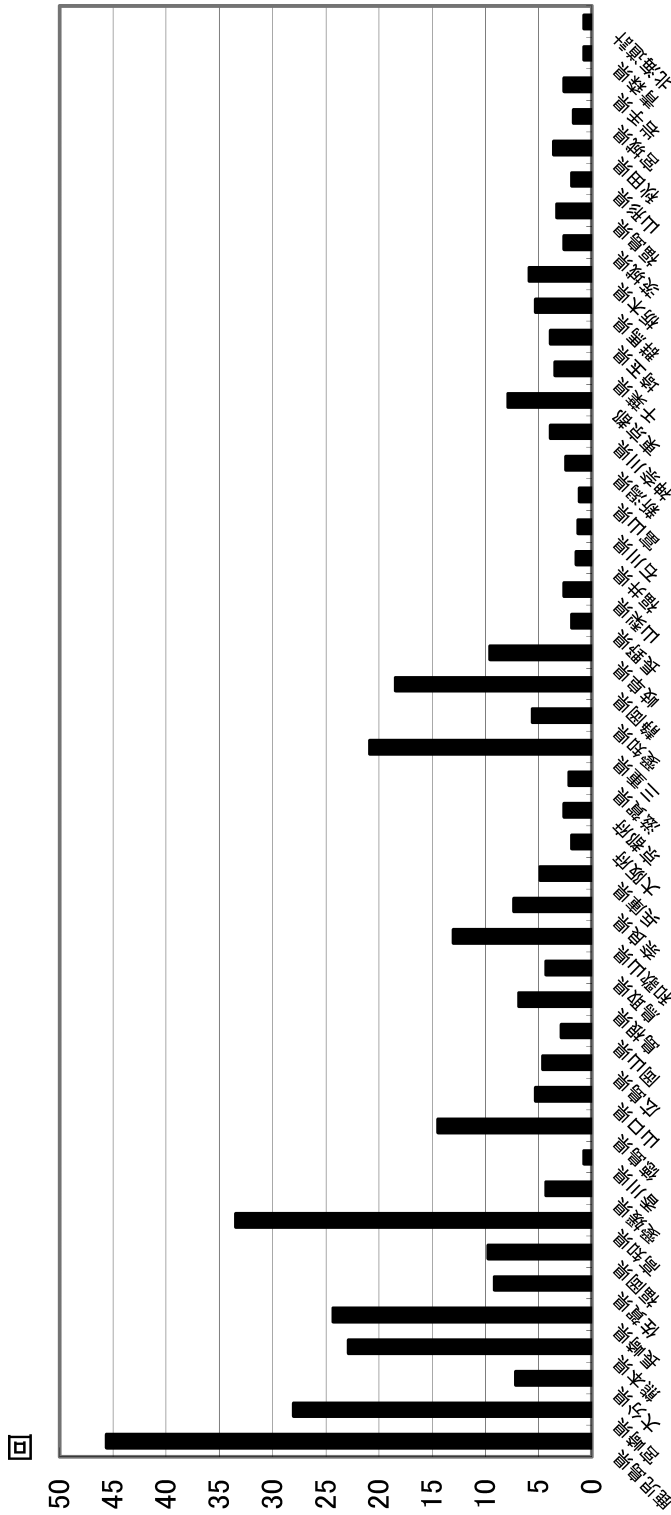
前節においては、都道府県別の水害被害と国土保全型社会資本とに関する大まかなデータの特徴について概観した。第3節と第4節では、これらのデータを使用して、社会資本整備と水害との関係を考察していく。まず本節においては、最初のステップとして、第1に、水害被害額は日本全国で、かつ各都道府県でランダムに分布しているかを検証する。さらに第2には、各データ間の相関はあるのかについて確認する。

3.1 水害被害の分布

まず、都道府県毎の水害被害額が年々ランダムに分布しているか否か、すなわち独立性を調べる。もし、水害被害額がランダムに分布していないとすれば、各都道府県独自の要因が水害被害額に影響を与えていると考えることができる。この都道府県独自の要因を国土保全型の社会資本ストックであるとか、各都道府県の地理的・地勢的な特徴に求めるのが自然であるが、この点は後の第4節で分析する。

ランダムか否かをチェックするクイック・テストとして、正規分布に従っているか否かを調べる。厳密には、正規分布であることはランダムか否かの必要条件でも十分条件でもないが、サンプル数が十分大きく中心極限定理が適応されるならば、ほんらいランダム分布の必要条件となるはずのものである。正規分布に関する具体的な検証の方法は次の通りである。まず、各都道府県について平均 μ と標準偏差 σ を計算し、各県のデータについて、 $\mu-2\sigma$ 以下、 $\mu-2\sigma < x < \mu-\sigma$ 、 $\mu-\sigma < x < \mu$ 、 $\mu < x < \mu+\sigma$ 、 $\mu+\sigma < x < \mu+2\sigma$ 、 $\mu+2\sigma$ 以上、の6グ

図9 1時間に50mm以上の降水量を記録した回数(平均)



出所) 水害統計(建設省, 各年)

表2 正規分布の検定

	Qの値	正規分布		Qの値	正規分布		Qの値	正規分布
北海道	3.364		新潟	21.56	棄却	鳥取	14.45	棄却
青森	14.75	棄却	富山	6.856	棄却	島根	23.49	棄却
岩手	16.30	棄却	石川	8.490	棄却	岡山	21.56	棄却
宮城	13.72	棄却	福井	8.490	棄却	広島	19.97	棄却
秋田	7.522	棄却	山梨	9.876	棄却	山口	17.72	棄却
山形	1.403		長野	10.87	棄却	徳島	5.234	棄却
福島	17.72	棄却	岐阜	14.14	棄却	香川	21.56	棄却
茨城	17.72	棄却	静岡	7.522	棄却	愛媛	1.375	
栃木	21.56	棄却	愛知	26.22	棄却	高知	20.24	棄却
群馬	3.310		三重	5.234	棄却	福岡	17.04	棄却
埼玉	10.89	棄却	滋賀	11.84	棄却	佐賀	17.72	棄却
千葉	14.45	棄却	京都	12.64	棄却	長崎	13.69	棄却
東京	12.11	棄却	大阪	12.11	棄却	熊本	14.14	棄却
神奈川	11.84	棄却	兵庫	19.97	棄却	大分	10.67	棄却
			奈良	14.06	棄却	宮崎	12.95	棄却
			和歌山	2.644		鹿児島	21.64	棄却

ループに分け，それぞれの区間についての頻度を求める。さらに，正規分布を仮定した場合，上の区間に入る確率とそのときの期待頻度を求める。こうして求めた値を基にして，次のQの値を求める。

$$Q = \sum \left[\frac{(\text{実際の頻度}) - (\text{期待頻度})}{\text{期待頻度}} \right]^2$$

このQは，もともとのデータが正規分布に従っているならばカイ2乗分布に従うが，この際の自由度は，頻度の合計がサンプル数となる制約があることと，平均と標準偏差を推定しているために，合計3の自由度が失われる。サンプル期間は1985-97の13年間であるから，自由度は10となり，5%有意水準の上側棄却域は3.94，10%では4.87となる。

検定結果は，表2にまとめてある。正規分布であるのが受容された（棄却されなかった）都道府県は，有意水準が5%でも10%でも，北海道，山形県，群馬県，和歌山県，愛媛県の5道県であり，残りの41都府県は棄却された。特に，1平方キロメートル当たりの被害額が多い上位県はすべて棄却されている結果となった。サンプル数が限られた中にもかかわらず，多くの都道府県で正規分布が棄却されたことは，もちろん一方では，中心極限定理そのものが適応されない可能性を示唆しているとも解釈されるが，他方，もし適応される状況であるならば，ランダムな分布であることを強く否定しているとも解釈される。すなわち，都道府

県にとって特有の要因が水害被害額に影響を与えていると考えることができよう。

3.2 水害被害額と国土保全型社会資本との相関

次に、都道府県別被害額に自己相関があるか否か、あるいは国土保全型社会資本ストックによってコントロールされているか否かを検証する。具体的には t 期における水害被害額を $y(t)$ 、国土整備型の社会資本ストック量を $z(t)$ として以下の 2 つの式を推計する。すなわち、

$$y(t) = a + b_1y(t-1) + b_2z(t-1) \quad (1)$$

$$z(t) = c + b_3y(t) + b_4y(t-1) \quad (2)$$

の 2 式である。

水害被害額の推計式

(1) 式は、今年（当期）の水害被害額が、前年（1 期前）の水害被害額と前年末（当期首）の国土保全型社会資本ストックの量とに関係があるか否かを推計するもので、この (1) 式の推計結果を基にして $b_1=0$ 、 $b_2=0$ の帰無仮説を検証する。実際の推計にあたってはすべての都道府県の 12 年間のデータをプールした最小 2 乗法（Pooled OLS）と固定効果モデル（Fixed Effect Model）の 2 通りの方法で、それぞれ変数の水準と自然対数値に変換した場合とで推計を行った。結果は表 3 にまとめてある。

最小 2 乗法による推計では、前年の水害被害額、国土保全型社会資本ストックともに正の符号となる。このうち、そのままの水準で推計した場合の前年の水害被害額は有意でないが、自然対数に変換した場合には 1% 水準で有意になると、国土保全型社会資本ストックはそのままの水準の場合も対数値の場合も 1% 水準で有意となっている。固定効果モデルの推計では、前年の水害被害額と国土保全型社会資本ストックともに、そのままの水準でも自然対数値の場合でも、逆に負の符号となり、しかもいずれも 1% 水準で統計的に有意となっている。

前年の水害被害額が有意に今年の水害被害額に影響を及ぼすとすれば、それが正の相関であろうと負の相関であろうと、そこにはシステムティックな要因が関与していることになり、何らかの自然の摂理が働いていると解釈される。これに対して、前年末ないし本年期首の国土保全型の社会資本ストックに関しては、自然な解釈は、それが多ければ多いほど災害防止効果が働き、当年中の水害被害額は少なくなるであろうというもので、その意味では負の相関が期待される。

表3 水害被害額の系列相関

被説明変数：今期の水害被害額				
	最小二乗法		固定効果モデル	
	係数	t 値	係数	t 値
定数項	7450.858***	5.49	26756.210***	7.08
前期の被害額	0.002	0.05	-0.146***	-3.45
前期の国土保全型社会資本	0.003***	5.23	-0.005***	-3.23
観測値の数	552		552	
グループの数			46	
R-sq：within			0.039	
between			0.493	
overall	0.050		0.046	

被説明変数：今期の水害被害額の対数値				
	最小二乗法		固定効果モデル	
	係数	t 値	係数	t 値
定数項	1.890	1.08	45.499***	10.07
前期の被害額	0.211***	4.97	-0.134***	-2.95
前期の国土保全型社会資本	0.346***	2.83	-2.466***	-8.16
観測値の数	552		552	
グループの数			46	
R-sq：within			0.117	
between			0.381	
overall	0.064		0.031	

このような理論的推論を前提とすれば、表3の結果のうち、固定効果モデルの方が解釈しやすいことになる。パネルデータにおける固定効果モデルは、各都道府県固有の特徴を考慮した定式化であり、その点において単純な最小2乗法と異なる。固定効果モデルの推計結果の方が自然な解釈が可能ということは、詮ずるところ、水害被害にはその都道府県特有の要因が年によらず関与している可能性が示唆される。おそらく、これが地理的・地勢的要因であろう。

さて、固定効果モデルを詳しく見ると、前年の水害被害は今年の水害被害には負に働き、その弾力性の絶対値は0.13となっている。この負の系列相関（1階の自己相関）は、図2の全国データで見たように、年々の降水量の変動が激しく、降水量が多い年と少ない年が交互に訪れる様相を反映したものである。

国土保全型社会資本ストックの弾力性は絶対値で2.46であり、年単位の短期においても、

表 4 国土保全型社会資本の増加要因

被説明変数：国土保全型社会資本の増分	最小二乗法		固定効果モデル	
	係数	t 値	係数	t 値
定数項	48649.130***	4.23	58253.130***	76.37
今期の被害額	0.302***	5.32	-0.061**	-2.09
前期の被害額	0.369***	25.86	0.014	0.48
観測値の数	552		552	
グループの数			46	
R-sq : within			0.010	
between			0.281	
overall	0.082		0.017	

被説明変数：国土保全型社会資本の増分の対数値	最小二乗法		固定効果モデル	
	係数	t 値	係数	t 値
定数項	10.399	63.22	11.485***	147.86
今期の被害額の対数値	0.023*	1.57	-0.038***	-6.20
前期の被害額の対数値	0.027***	1.79	-0.035***	-5.62
観測値の数	552		552	
グループの数			46	
R-sq : within			0.122	
between			0.150	
overall	0.013		0.013	

水害被害額の減少にかなり有効な様子が検証される。1 階の自己相関を踏まえた長期の定常状態における弾性値は $2.46/(1-0.13)=2.83$ となり、国土保全型社会資本ストックを 1% 蓄積した際には、長期的に 3% 近くの水害被害の減少が見込まれる計算になる。ここでの国土保全型社会資本整備の有効性は、次節で推計される国土保全型社会資本の限界生産力の高さからも確認されることになり、頑健 (robust) な関係ともいえる。

社会資本蓄積式の推計式

(2) 式は、前年から当年にかけての国土保全型社会資本ストックの蓄積が、当年と前年の水害被害額に影響を受けて決まっているか否かを推計するものである。(2) 式の推計も (1) 式の推計と同様に全てのデータをプールして最小 2 乗法で推計した場合と固定効果モデルによって推計した場合の 2 通りの方法によって、なおかつそれぞれ水準と対数値変換の場合の 2 通りについて、合計 4 通りの方法によって推計した。

これらの推計結果は表 4 にまとめてあるが、(1) 式の推計結果同様、プールされたデータ

の最小2乗法と固定効果モデルの推計結果は対照的なものとなった。すなわち，最小2乗法によると，当年と前年の水害被害額が多いと，国土保全型社会資本ストックの整備が有意に進む結果となっているが，固定効果モデルでは，水害被害額と国土保全型社会資本ストックの蓄積の有意な因果関係はむしろ負の関係となっている。

(2) 式の趣旨に戻るならば，本来は，水害被害に応じて国土保全型社会資本ストックを整備する「政策反応関数」を定式化したものであるため，水害被害防止策としての社会資本整備を前提とすれば，理論的には最小2乗法の推計結果の方が解釈しやすい。(1)式に関連して言及したように，固定効果モデルは都道府県別の地理的・地勢的要因を反映している可能性があるため，より自然な推計法であるとも考えられる。しかしながら，(2)式の被説明変数は単純な増加額や成長率（対数変換の場合）となる階差データであることから，地理的・地勢的要因としての固定効果は相殺されて消失している可能性が高く，その意味では固定効果モデルは有効でなくなってしまうといえよう。

以上より，政策反応関数としての理論的な整合性も踏まえて，ここでは最小2乗法による推計結果を採用する。この場合，水害被害額の水準による推計結果からは，当年にしろ前年にしろ，水害被害が発生するとその3割に相当する額の国土保全型社会資本ストックの整備が行われることになる。別の解釈としては，ある年の水害被害に対しては，2年間あわせてその額の6割程の社会資本整備が対応することになる。

対数変換による推計結果からは，国土保全型社会資本ストックの整備に際しては，当年よりも前年の水害被害額により有意に反応している様相がうかがわれるが，これは政策反応に要するタイムラグや社会資本整備に要する工事日数等を踏まえれば自然な結果といえよう。

4. 国土保全型社会資本の限界生産力

本節においては，国土保全型社会資本の限界生産力を求める。そのためには，社会資本を生産要素に含む生産関数を推計する必要がある。この種の実験的推計は，Mera (1975) や Asako and Wakasugi (1984) などのわが国における先駆的研究の後，アメリカのデータでの Aschauer (1989) の分析を契機として，わが国，海外を問わず多くの研究が触発された経緯がある。以下ではこうした一連の先行研究を基礎に分析を行うが，社会資本の中でも国土保全型とそうでない社会資本を区別して，生産関数を推計する。

4.1 生産関数の定式化

社会資本，民間資本の限界生産力を求めるために，生産関数を定式化することから始める。各都道府県は，労働 (L)，民間資本ストック (K)，そして社会資本ストック (G) を生産要素とするコブ・ダグラス型の生産関数を持っていると仮定する。ただし社会資本は国土保全

型 (V) とそれ以外の社会資本 (G) を区別し,

$$Y_i = F_i(L_i, K_i, G_i, V_i) = A_i L_i^{\alpha_L} K_i^{\alpha_K} G_i^{\alpha_G} V_i^{\alpha_V} \quad (3)$$

とする。ここで、 Y_i は i 番目の都道府県の産出量であり、同様に4つの生産要素や技術水準を示す生産関数にも、それぞれの都道府県の添え字を付してある。 A は技術水準を代表する変数であり、その増加が技術進歩となる。

(3) の生産関数は規模に関して収穫一定とし、パラメータに $\alpha_L, \alpha_K, \alpha_G, \alpha_V (\geq 0)$ との非負制約、および

$$\alpha_L + \alpha_K + \alpha_G + \alpha_V = 1$$

の係数間制約を課す。すなわち、社会資本は国土保全型社会資本もそれ以外の社会資本もともに不払い費用型であり、それぞれ生産力効果を持つものの無料で使用できると想定する。このとき、生産関数は4つの生産要素に関して1次同次となり、各変数の小文字で1人あたりの変数を表せば

$$y_i = A_i k_i^{\alpha_K} g_i^{\alpha_G} v_i^{\alpha_V} \quad (4)$$

となる。

推定にあたっては、(4) 式の両辺について自然対数をとり、

$$\log y_i = \log A_i + \alpha_K \log k_i + \alpha_G \log g_i + \alpha_V \log v_i$$

ないし

$$\log Y_i - \log L_i = \log A_i + \alpha_K (\log K_i - \log L_i) + \alpha_G (\log G_i - \log L_i) + \alpha_V (\log V_i - \log L_i) \quad (5)$$

とする。ここでも、パネルデータ分析における固定効果モデルとランダム効果モデルによって推定し、モデルの特定化テストによってモデルを選択する。

4.2 推計結果と限界生産力

推計結果は表5の通りである。この推計によって得られるパラメータ α_V を使用し、各資本ストックの限界生産力を計算する。具体的な計算方法は以下の通りである。生産関数とし

表5 パネル推計

被説明変数：ln（県内総生産）	固定効果モデル		ランダム効果モデル	
	係数	T 統計量	係数	z 統計量
ln（民間資本）	0.157***	4.12	0.313***	14.31
ln（国土保全型社会資本）	0.242**	2.59	-0.193***	-6.18
ln（国土保全以外社会資本）	0.194**	2.09	0.470***	10.82
定数項	0.831***	4.93	-0.001	-0.01
Diagnostic Test				
観測値の数	598		598	
グループ数	46		46	
R-sq：within	0.800		0.788	
between	0.180		0.713	
overall	0.043		0.747	
Hausmantest	chi2(3)=37.76		Prob>chi2=0.0000	
Breusch-Pagantest	chi2(1)=1002.06		Prob>chi2=0.0000	

て (3) 式のコブ・ダグラス型の生産関数を採用した場合，国土保全型の社会資本の限界生産力 MPV は次のようにして求めることができる。

$$MPV = \alpha_v AL^{\alpha_L} K^{\alpha_K} G^{\alpha_G} V^{\alpha_v-1} = \alpha_v \frac{Y}{V} \quad (6)$$

推計は 46 都道府県の 13 年間のデータをプールした上で，固定効果モデルとランダム効果モデルの選択を行った。その結果は，表 5 にあるように，Breusch and Pagan テストと Hausman テストのいずれから，固定効果モデルが選択された。

各生産要素の限界生産力に関するパラメータはいずれも 5% 水準（民間資本は 1% 水準）で有意になっているが，中では民間資本の 0.157，国土保全型以外の社会資本の 0.194，国土保全型社会資本の 0.242 と順に大きくなっている。これらのパラメータ値を基に計算された各資本ストックの限界生産力は表 6 の通りである。

細部では各都道府県で異なる場合もあるが，3 種類の資本ストックの限界生産力を比較した場合，民間資本と国土保全型以外の社会資本の限界生産力に比べて，国土保全型社会資本の限界生産力は明らかに高い傾向が見られる。民間資本と国土保全型以外の社会資本では後者の限界生産力がやや前者の限界生産力を上回る。また，都道府県間の相違を見ると，民間資本の限界生産力の相違は都道府県間で相対的に小さいのに対し，社会資本の限界生産力の都道府県間の相違は大きく，特に国土保全型社会資本の限界生産力の都道府県格差には大きなものがある。

表 6 資本ストック別の限界生産力

	民間資本		国土保全以外の社会資本		国土保全型社会資本	
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
北海道	0.202	0.014	0.128	0.012	1.076	0.125
青森	0.159	0.021	0.151	0.013	1.134	0.076
岩手	0.128	0.012	0.153	0.011	1.158	0.068
宮城	0.105	0.012	0.229	0.021	1.784	0.096
秋田	0.145	0.014	0.153	0.013	0.926	0.102
山形	0.128	0.015	0.165	0.017	0.828	0.091
福島	0.081	0.006	0.209	0.017	1.482	0.085
茨城	0.081	0.007	0.262	0.019	2.414	0.182
栃木	0.082	0.005	0.319	0.024	2.050	0.125
群馬	0.093	0.010	0.290	0.030	1.940	0.204
埼玉	0.098	0.012	0.303	0.026	2.997	0.410
千葉	0.080	0.008	0.252	0.022	3.323	0.403
東京	0.119	0.023	0.522	0.073	12.859	1.240
神奈川	0.106	0.010	0.300	0.030	4.675	0.641
新潟	0.107	0.011	0.166	0.013	0.904	0.053
富山	0.078	0.005	0.204	0.018	1.036	0.095
石川	0.113	0.012	0.201	0.015	1.356	0.071
福井	0.060	0.026	0.245	0.092	1.338	0.488
山梨	0.087	0.012	0.209	0.022	0.853	0.102
長野	0.088	0.009	0.212	0.027	1.145	0.106
岐阜	0.112	0.015	0.236	0.027	1.118	0.118
静岡	0.101	0.013	0.305	0.028	2.248	0.257
愛知	0.072	0.008	0.370	0.033	3.652	0.341
三重	0.111	0.006	0.233	0.023	1.124	0.105
滋賀	0.079	0.006	0.265	0.018	1.714	0.138
京都	0.136	0.019	0.305	0.037	3.048	0.503
大阪	0.119	0.012	0.351	0.027	4.345	0.315
兵庫	0.110	0.012	0.236	0.025	2.650	0.239
奈良	0.105	0.009	0.183	0.015	1.896	0.233
和歌山	0.209	0.024	0.176	0.024	1.200	0.193
鳥取	0.137	0.022	0.154	0.018	0.904	0.085
島根	0.145	0.016	0.129	0.013	0.648	0.085
岡山	0.108	0.010	0.231	0.029	2.090	0.250
広島	0.118	0.013	0.246	0.030	1.842	0.179
山口	0.106	0.009	0.207	0.020	1.572	0.115
徳島	0.140	0.013	0.169	0.019	0.690	0.044
香川	0.107	0.009	0.203	0.013	2.166	0.206
愛媛	0.123	0.012	0.195	0.028	1.297	0.130
高知	0.183	0.020	0.134	0.018	0.498	0.045
福岡	0.123	0.011	0.273	0.019	2.722	0.266
佐賀	0.129	0.014	0.159	0.015	0.698	0.069
長崎	0.117	0.011	0.172	0.016	1.097	0.086
熊本	0.103	0.011	0.199	0.021	1.090	0.157
大分	0.107	0.010	0.202	0.021	1.263	0.130
宮崎	0.099	0.010	0.165	0.016	1.027	0.085
鹿児島	0.137	0.020	0.151	0.020	1.207	0.167

この関係を解釈するならば，資本ストックは固定的な生産要素とはいえ，民間資本は相対的に都道府県間での移動が容易であり，ある程度の時間をかければ限界生産力が均等化する方向で調整されると考えられる。社会資本の場合にも，そのような調整が全くなされないとはいえないであろうが，浅子・野口（2002）などでも確認されているように，民間資本と比べれば都道府県間での移動は容易ではない。中でも，表6からは，国土保全型社会資本の限界生産力には都道府県間の格差が顕著であり，これも地理的・地勢的差違を考慮すれば当然のことでもあるだろう。

表6で推計された国土保全型社会資本の限界生産力で興味深いのは，それが東京都，神奈川県，大阪府，愛知県，千葉県，京都府，埼玉県，福岡県，兵庫県といった都市型地域で高いことである。限界生産力が高いということは，裏返せば，資本蓄積が進んでいないということである。これらの都府県は関東平野，大阪平野，濃尾平野といった大きな平野を抱え経済活動が活発であるものの，国土保全型社会資本，とりわけ都市型水害の防災目的の社会資本整備は遅れており，一朝事あれば潜在的な被害は甚大なものとなる可能性がうかがわれる。

5. まとめと結語

本稿では，地球温暖化の結果として懸念されている風水害増に対して，その防災対策としての治山治水目的の国土保全型社会資本整備について，いくつかの観点から考察してきた。本節は，そのまとめと結語に当てられるが，この際2003年度以降5年単位で改訂されてきた「社会資本整備重点計画」での風水害対策についても議論する。

5.1 まとめ

本稿では，野口・浅子（2005）の「水害と社会資本整備」に関する都道府県単位でのデータを用いた実証分析を紹介しながら，過去においては国土保全型の社会資本整備の進展が水害被害を減じる一定の効果があったこと，および新規の社会資本整備額が前年度の水害被害額に応じて調整されてきた傾向があることを指摘した。また，生産面一般での限界生産力の計測からは，国土保全型の社会資本整備の限界生産力が都道府県レベルで著しく不均等であり，国土保全型以外の社会資本や民間資本の限界生産力とも大きく乖離している。このことは，地理的・地勢的制約を背景として，国土保全型社会資本ストックが県境を越えて移動することがないことから宿命的な面もあるが，新規の社会資本整備を通じた地域間の調整はある程度は可能であり，今後はそうした面からの議論がなされることが期待される。

ただし，こうした国土保全型社会資本整備の効率性の観点とは別に，近年の「異常気象」による日本における風水害の増加が，地球温暖化などに基づく「構造変化」ないし「環境変化」の入り口であるとするならば，治山治水といった国土保全型の社会資本整備が従来の延

長線上で、温暖化による集中豪雨にも有効性を示すか否かは定かではなく、むしろ近年の河川氾濫や風水害の増加傾向からは否定的な側面が浮かび上がってくる。

従来の日本の治山治水対策は、「河道に水を封じ込め、流域を平等に守る」とのモットーの下に流域の完全防備に腐心してきたといえる。しかし、近年の経験は想定外の集中豪雨に対しては無力さを露呈する結果に終わっている例が多く、治山治水対策の根本的な発想転換が望まれているともいえる。公共事業費の総枠の削減などの制約も考慮するならば、上流のダムを増やしたり河岸の堤防の高さを一律高める「従来に増しての力による封じ込め」は実現性もなく、将来のより一層増強される温暖化の影響を想起すれば実効性もないであろう。すると、地球温暖化そのものの進展を当面防げないとするならば、今後の治山治水対策は一定の確率での集中豪雨の発生と共存するものが望まれることになる。

こうした発想で注目されるのは、江戸時代やより遠い昔から工夫されてきた先人の知恵であり、具体的には洪水に対しては輪中堤や霞堤がある。輪中堤は、特定の区域を洪水の氾濫から守るためにその周囲のみを囲んでつくった堤防であり、江戸時代に築かれた木曾三川（木曾川、長良川、揖斐川）の下流の濃尾平野の輪中が有名である。これに対して、堤防のある区間に意図的に開口部を設け、その下流側の堤防を堤内地側に延長させ、開口部の上流の堤防と二重になるようにした不連続な堤防が霞堤である。霞堤としては武田信玄が釜無川に設けたものが有名のように戦国時代から用いられているが、増水時に不連続部に遊水させて流れを緩めると、上流で氾濫した水を霞堤の開口部からすみやかに川に戻し被害の拡大を防ぐ二重の役割を果たす。

もちろん、より新しい仕組みとして洪水氾濫をコントロールする施設としては本来の治水目的のダム・固定堰や可動堰が役立っている場合も多いであろうし、遊水池へ水を導くために意図的に堤防を低くしてある部分である越流堤（洗い堰）や、洪水の流れを受け止めて流速を落とすために河道とほぼ直角に本堤から河川に向かって設けられた堤防である横堤といった工夫もある。石川（2010）によると、治水上の同様の工夫は2,300年前の古代中国から見られ、四川省成都平原を涵養する上で、成都盆地に注ぐ岷江の都江堰が現在でも有効な水利システム施設として、十分機能していると報告している。

より一般的には、大熊（2007）などが提唱する「自然と共存する水害への対応」が望まれ、いたずらに「河道に水を封じ込め、流域を平等に守る」のではなく、場合によっては、霞堤や越流堤の趣旨を取り入れて、増水時にあらかじめ決められた地域での破堤による洪水を誘導し、流域全体のマクロ的観点からの減災をはかることも選択肢となりうる。ただし、この場合、どこで破堤させるかは本来大問題であろう。大熊（2007）によれば、「水防によって守られる地域があれば、その水防によって逆に被害を被る地域が出る……（中略）……そして、この利害の対立は容易に地域間対立へと発展してゆく。たとえば、いまにも破堤しそうな状況下で、右側堤が切れれば、特殊な場合を除いて左岸堤はまず救われる。」（18頁）のであり、

それゆえ歴史的には水防を契機として地域間の対立が頻発したのであった。

第2次世界大戦後は、そうした対立はほぼ途絶えたといえるが、それが戦後の社会資本整備を中心としたハード面の洪水対策の成功の証でもあった。しかし、これからは、賢明な洪水対策としては、仕組まれた破堤によるコントロールされた洪水の誘導もあり得るし、ダム建設に代えて森林の整備等による保水機能に治山治水を委ねる「緑のダム構想」も、豊田編（2006）に代表されるように大雨に対しては無力だとの見解も根強いが、日常的な雨に対する保水効果を評価し、大雨に対しては達観するという考え方もありえるところであろう。

5.2 ハードの社会資本整備とソフト対策

風水害増に対する防災対策として、従来はハードの社会資本整備に偏っていたことから、それを修正し、ソフト面の対策にも予算を回すべしとの動きがある。辻本（2006）によれば、端的には「ハードは施設整備、それに対してソフトは非施設の対応ということである。」（77頁）と整理できるが、敷衍して「ハード、ソフトは本来は施設があるかないかであるが、専門的か一般的か、トップダウンかボトムアップか、あるいは官側からやるのか住民側からやるのか、そのような色彩もある。」（92頁）と拡大解釈の余地もあるとしている。さらに中川（2006）によれば、ハード対策とソフト対策は次のように具体的にまとめることができるという。ハード対策として3項目、ソフト対策として5項目挙げている。

ハード対策の第1は、堤防自体を強化して超過洪水による越水に対しても破堤しにくい構造にする。第2は、河川改修やダム・遊水地等の整備により河道水位を低減させ、越水現象そのものを抑制する。そして第3に、堤防の高さ管理をきめ細かく実施し、高さが確保されていない場合などは盛土と沈下対策を実施する。ソフト対策としては、第1に、万一、超過洪水によって破堤した場合にも被害を最小限に抑えるため、建物の耐水化を徹底する。第2に、治水計画と適合した土地利用への移行を図る。第3に、洪水情報や非難情報の適切な収集・伝達手段を確保する。第4に、ハザードマップを利活用した避難ルート・避難場所を周知徹底する。そして第5に、気象予報や洪水予報の精度向上とこれらの情報を効果的に利用して洪水に対応する。

2003年10月に閣議決定された、警察庁・農林水産省・国土交通省による計画期間が2003-07年度の「社会資本整備重点計画」でも、既に、暮らし、安全、環境、活力の4つの分野の重点目標に関連して、水害の防災に関連しては安全面の重点目標の1つとして「水害等の災害に強い国土づくり」が取り上げられ、具体的には4つの指標とそれらの2002年度の初期値と07年度の目標値（括弧内の変化後）として①洪水による氾濫から守られる区域の割合（約58%から約62%へ）、②床上浸水を緊急に解消すべき戸数（約9万戸から約6万戸へ）、③土砂災害から保全される戸数（約120万戸から約140万戸へ）、④津波・高潮による災害から一定の水準の安全性が確保されていない地域の面積（約15万haから約10万haへ）が設定さ

れた。

これらの重点目標の細部には立ち入らないが、本稿の考察と関連するのは、事業の概要の一部として「水害等の災害を防止する施設の整備に加え、その施設整備の効果を増大させるため、迅速かつ適切な災害対策が可能となるよう、情報通信技術の高度化にも対応しつつ、災害に関する情報をリアルタイムで提供する施設や体制を整備するほか、土砂災害危険箇所の増加抑制のための土砂災害警戒区域等の指定、ハザードマップの作成支援等適切な政策（ソフト）を一体的かつ総合的に実施する。」と明記され、ソフト対策が重視されたことである。なお、「水害等の災害に強い国土づくり」の重点目標に対する2007年6月時点でのフォローアップ評価は、すべて「指標の実績値が目標達成に向けた成果を示しているもの」とされ、とりわけ「施策の改善等の方向性を提示」と満足のいくものとして評価された。

ソフト対策の重要性は2009年3月に閣議決定された、計画期間が2008-12年度の第2期「社会資本整備重点計画」でも継承された。すなわち、新しい重点計画では、重点分野が「暮らし、安全、環境、活力」の4つから「活力、安全、暮らし・環境、ストック型社会の対応」の4つへと全体的な括りの再構成が行われているが、その中の安全分野では、「水害等の災害に強い国土づくり」が継承された上で「ハード対策と一体となったソフト対策による被害の軽減」が盛り込まれ、その趣旨説明として「水害・土砂災害から人命と財産を守るために、（中略）ハード整備が未対策のところやハード整備で対応が困難なところについても、少なくとも人的被害を回避・軽減するため、ハザードマップ、土砂災害警戒情報等の情報提供や河川の水位、浸水状況等のリアルタイム情報の提供等のソフト対策を充実させることにより、可能な限り早期の安全確保に努める。」と謳われた。

この2008-12年度の第2期社会資本整備重点計画でも、多くの具体的な数値目標が設定され、たとえば「ハザードマップを作成・公表し、防災訓練を実施した市町村の割合」を洪水、内水、土砂については2007年度の1割前後の実績（順に7%、6%、16%）から12年度にすべて100%へ、津波・高潮については約6割から約8割にする目標を立てた。また、「河川が本来有する多様性の確保」が謳われたり、災害は未然に防ぐのが鉄則であるが、「洪水氾濫や土石流により甚大な被害が発生した地域については、被災した施設等の原形復旧のみにとどめるのではなく、住民が安心して生活できるよう、被災しにくい土地利用への転換などの手法も活用しつつ、被災状況や上下流、左右岸のバランス等を総合的に勘案し、被害の再防止を徹底する。」との議論も展開されており、従来の「河道に水を封じ込め、流域を平等に守る」との方針が過去のものであることが伝わる内容になっている。

しかしながら、こうした理念や設定された数値目標は東日本大震災の勃発によって空しく崩れ去ることとなった。実は、第2期社会資本整備重点計画そのものは、東日本大震災の勃発よりも早く、2009年8月の政権交代により、民主党のマニフェスト選挙での「コンクリートから人へ」のスローガンの下、計画期間の終期を待たずに見直しが始まり、東日本大震災

を挟んだ後、2012年-16年度を計画期間とする形で、1年度前倒して2012年8月に閣議決定された。第3期の「社会資本整備重点計画」は、第2期の重点計画が分量的にはA4判で60頁に収まっていたのと比較するならば、90頁にも及ぶ大部のものであり、分量のみならず内容的にも大幅に様変わりするものになった。「コンクリートから人へ」は、「公共事業から社会保障へ」と予算の再配分を意味したものと解釈されるのが普通だが、社会資本整備の方向性として敷衍すれば、「ハードからソフトへ」の流れに棹さしたとも解釈されよう。

すなわち、政権交代を強く意識した重点計画では、基本的な考え方として、「①ハード施策事業間の連携や、ハード施策とソフト施策との連携により、社会資本整備の効果を高めること；②国や地方公共団体だけでなく、企業、NPO等多様な主体が協働すること；③厳しい財政状況を踏まえ、戦略的・重点的な事業実施を行うこと」が求められるとし、具体的には第2期の重点計画と比べて、「ソフトも含めた事業・施策間の連携の徹底、中長期的な社会資本整備のあるべき姿の提示、『選択と集中』の基準の提示、指標の見直し」を盛り込んだとしている。

ほんらい政権交代の勢いとしては、第2期の重点計画を即座に停止し、ハッ場ダム（群馬県）や川辺川ダム（熊本県）の建設中止に象徴されるような公共事業の積極的な抑制を謳う目論見だったと思われるが、多くが高度成長期に整備された社会資本全般の老朽化が顕在化する時期である現実を直視せざるを得ないことと、東日本大震災の衝撃による防災意識の高まりがあって、結局、第1期、第2期の重点計画の流れそのものは大きくは変更できないと諦観した上で、「ハードからソフトへ」を修正した「ハードの若返りと効率的なソフトで」ぐらいいのバランス感覚になったと総括されよう。その上で、選択と集中といったキーワードを挙げつつも、総花的に日常生活に至るまでの広範な経済・社会分野、短期・長期、離島も含めた地方の空間的広がり、等々に言及したために、第2期と比べて1.5倍の分量に膨らんだことになる。

この方針については批判もあるところであり、総花的対策は通常は景気対策として作成される総合経済対策・緊急経済対策等との差別化が見られず、中長期を視座とすべき社会資本整備計画としては如何なものかとの疑問も湧く。何よりも、政権交代によって頻繁に朝令暮改される計画は、社会資本整備計画としての外形標準に欠ける。政権交代は国民の意思表示であるから、具体的に実現を目指す政策が変更されるのは当然でもあるが、社会資本整備に関しては、政権交代によっても目標自体の変更ではなく目標達成手段の変更に留まるべきであり、そのくらい頑強な範囲で整備重点計画が作成されているのが条件となろう。第3次の重点計画では「社会資本」の概念が相当広範囲に解釈されており、浅子（1999）でも展開したように、それ自体は必ずしも誤りではないが、社会資本として括られるにはそれなりの条件が課されるべきではある。

さて、一般論はさて置いて、第3期重点計画での風水害対策で目に付くのは、本稿との関

連で特筆すべきは、選択と集中の結果採用した重点目標として、「人口・資産が集中する地域や近年甚大な被害が発生した地域等における治水対策の強化及び大規模土砂災害対策の推進」があり、水害や土砂災害に対する対策が取り上げられているが、その中で「水害に強い地域づくり」として、土地利用規制と組み合わせた水害対策（土地利用状況に応じ、輪中堤の整備や氾濫する地域における災害危険区域の指定等）、浸透ますや防災調整池の整備による河川への流出抑制対策等により、流域の特性を踏まえた水害に強い地域づくりを推進する、とし関連する指標の数値目標も掲げている。また、水害や大規模土砂災害に対する警戒避難体制等の整備も掲げ、ハザードマップの作成・周知や河川水位・雨量等の情報提供体制の充実、土砂災害警戒区域等の指定、大規模土砂移動検地システムの整備等の推進を謳っており、実現への着実な進捗が望まれる。

5.3 結語

風水害の制御は、地球温暖化等による気象条件の変化が顕在化しつつある現在、喫緊の課題として急浮上している感がある。洪水に対する避難のタイミング判断などの人間行動からは、社会資本の整備がかえって“安全性に過信を与え、高を括らせることによって”水害を増加させてしまう逆説的な帰結も考えられなくはない。気象学や河川工学的な知見が重要であるのは言を俟たないが、経済学や社会心理学など人間行動に焦点をあてるアプローチが重要になってきているのも確かであろう。

また、第2期の重点計画で強調された「守るべき地域・機能を明確にした計画的・戦略的な防災・減災対策」との意識や、第3期の重点計画で多用された「選択と集中」の決意を踏まえたとしても、背後で交錯する利害関係者の対立を想起した場合に、一般には対象となる地域・機能をめぐってのコンセンサス形成が必ずしも容易ではないと思われる。しかし、逆にもしコンセンサス形成がスムーズに機能するならば、社会資本整備面での大きなステップになるであろう。この原理・原則を踏まえるならば、たとえばハードの施設整備によって全ての水害からすべての地域住民を守るコストと比べて、稀な集中豪雨等によって引き起こされる水害被害への金銭的保障の方が少ないならば、国民全体にとっての最適政策は施設整備よりも水害保険市場の整備になる、といった政策デザインもあり得ることになるからである。

引用文献

- Asako, K. and R. Wakasugi (1984), "Government Capital, Income Distribution, and Optimal Taxation," *Economia* No. 80, pp. 36-51.
- Aschauer, D. A. (1989). "Is Public Expenditure Productive?" *Journal of Monetary Economics* Vol. 23, pp. 177-200.
- Mera, K. (1975), *Income Distribution and Regional Development*, University of Tokyo Press.
- 浅子和美 (1999) 「変化する社会資本の意義」, 社会資本整備研究会 森地茂・屋井鉄雄 (編) 『社会

地球温暖化，風水害増と治水治水対策

- 資本の未来——新しい哲学と価値観でひらく 21 世紀の展望』（日本経済新聞社），189-206 頁。
- 浅子和美・野口尚洋（2002）「社会資本の資産評価」、『経済研究』第 53 巻第 4 号，351-368 頁。
- 石川幹子（2010）「都江堰と 2300 年の水利—四川省大地震からの復興」，宇沢弘文・大熊孝編『社会的共通資本としての川』東京大学出版会，99-117 頁。
- 大熊孝（2007）『増補・洪水と治水の河川史：水害の制圧から受容へ』平凡社ライブラリー。
- 田中正之（1993）「地球温暖化現象のメカニズム」，宇沢弘文・國則守生編『地球温暖化の経済分析』東京大学出版会，37-72 頁。
- 玉井信行（2006）「減災を目指す河川計画とは」，辻本哲郎編『豪雨・洪水災害の減災に向けて：ソフト対策とハード整備の一体化』技報堂出版，23-50 頁。
- 辻本哲郎（2006）「治水と水防災，ハードとソフトはどうつなぐのか」，辻本哲郎編『豪雨・洪水災害の減災に向けて：ソフト対策とハード整備の一体化』技報堂出版，74-92 頁。
- 辻本哲郎編（2006）『豪雨・洪水災害の減災に向けて：ソフト対策とハード整備の一体化』技報堂出版。
- 豊田高司編（2006）『にっぽんダム物語』山海堂。
- 中川一（2006）「破堤氾濫災害の防止・軽減に向けて」，辻本哲郎編『豪雨・洪水災害の減災に向けて：ソフト対策とハード整備の一体化』技報堂出版，244-274 頁。
- 野口尚洋・浅子和美（2005）「水害と社会資本整備」、『財政政策の効果測定手法に関する調査研究』財政経済協会，99-114 頁。
- 細田裕子（2009）「地球温暖化と異常気象の発生」，宇沢弘文・細田裕子編『地球温暖化と経済発展—持続可能な成長を考える』東京大学出版会，15-52 頁。
- 本間仁・荻原国宏・田中寿美・織田友恵・李美英（2004）『エクセル河川工学入門』山海堂。