

防災減災に資する公共事業についての統計論的一考察 — 現代の脅威は地震かそれとも水害か？ —

Statistical Study of Public Works Conductive to Disaster Prevention and Mitigation:
Which one is more Dangerous, Earthquake or Flood?

森 杉 雅 史*

MORISUGI Masafumi

Recently, public work-related expenditures is large enough to reach nearby 100 billion JPY due to the budget increasing by supplementary one for the Fundamental Plan of National Resilience. Much of them are spent for the major disaster response and preparedness as earthquake or flood. Contrary to fundamental principle the Plan, appropriations to the latter one is larger than the former one in these days as measures to cope with Global Warming issues. With that kind of background, the first purpose of this study is to discuss justification and rationality of such recent financial politics tendency. Specifically, it shows that there is so large different degree of the uncertainty between earthquake and flood when one tries to estimate the investment efficiency to implement the social overhead capital related with each disaster preventing. Taking an example of Nankai megathrust earthquake, one can see easily that there is much difficulty to estimate the expected benefit of disaster preventing with high reliability. On the other hand, the damage reduction effect for the flood and landslide disaster can be evaluated generally in more objective way. These are able to confirm with a few simple statistical thought experiment.

Keywords: Public work-related expenditures, Fundamental Plan for National Resilience, Nankai megathrust earthquake,
Statistical thought experiment

* 名城大学都市情報学部
Faculty of Urban Science, Meijo University

I. 国土強靱化計画と防災・減災関連の公共事業

【公共事業過剰論】が世を席卷して早くも四半世紀程を経るが、最近の【国土強靱化計画】¹⁾のあり方はその議論を再燃し加熱化させているかのようと思われる。

約37兆円の国債が発行され、年度末公債残高は1.026兆円に及ぶと見込まれている令和4年度現在²⁾、政府は過去最大となる一般会計総額の114兆3812億円を23年度予算案として閣議決定した³⁾。22年度当初予算を6兆7848億円で上回り、我が国では史上初めて110兆円を超えることとなった。

内、【公共事業関係費】の当初予算は6兆600億円であり、これはほぼ例年と同じ水準にあたる。一方で、【国土強靱化計画】関連には2%増の3兆9497億が計上されている。また、23年度予算案と一体で編成した総額29兆円弱規模の22年度第2次補正予算においては、国交省関連の【公共事業関係費】に1兆6132億円が配分された。この内、『防災・減災・国土強靱化のための5か年加速化対策』の3年目には1兆358億円を投じられている。

23年度予算案における国土交通省の主な事業としては、【流域治水対策】に5406億円、【インフラ老朽化対策】に7388億円、【防災・安全交付金】に8313億円、などが高額として目立っている。準じて、効率的な物流ネットワークの早期整備・活用に3627億円、地域や拠点の連携を促す道路ネットワークの整備に4199億円、と交通関係への傾斜配分が目立つ。あとは社会資本整備総合交付金に5492億円となっており、【南海トラフ地震】対策など明示的な地震災害への対応は1637億円のみにとどまる。

平成25年12月に公布された『強くしなやかな国民生活の実現を図るための防災・減災等に資する国土強靱化基本法』の下、【国土強靱化計画】は以来毎年3-4兆円ほどの予算規模を保っている。図1は我が国の【公共事業関係費】における近年の推移を示している。当初予算にして例年6兆円程度であり、慣例的に補正予算が組み入れられるために、総じて平均7兆円前後の実支出となっていた。これがごく最近になると、政府は2020年度で期限を迎えた『国土強靱化緊急対策(3か年)』⁵⁾や、5か年の期間延長を認め、かつ、15兆円の予算の積み増しを行う『防災・減災・国土強靱化のための5か年加速化

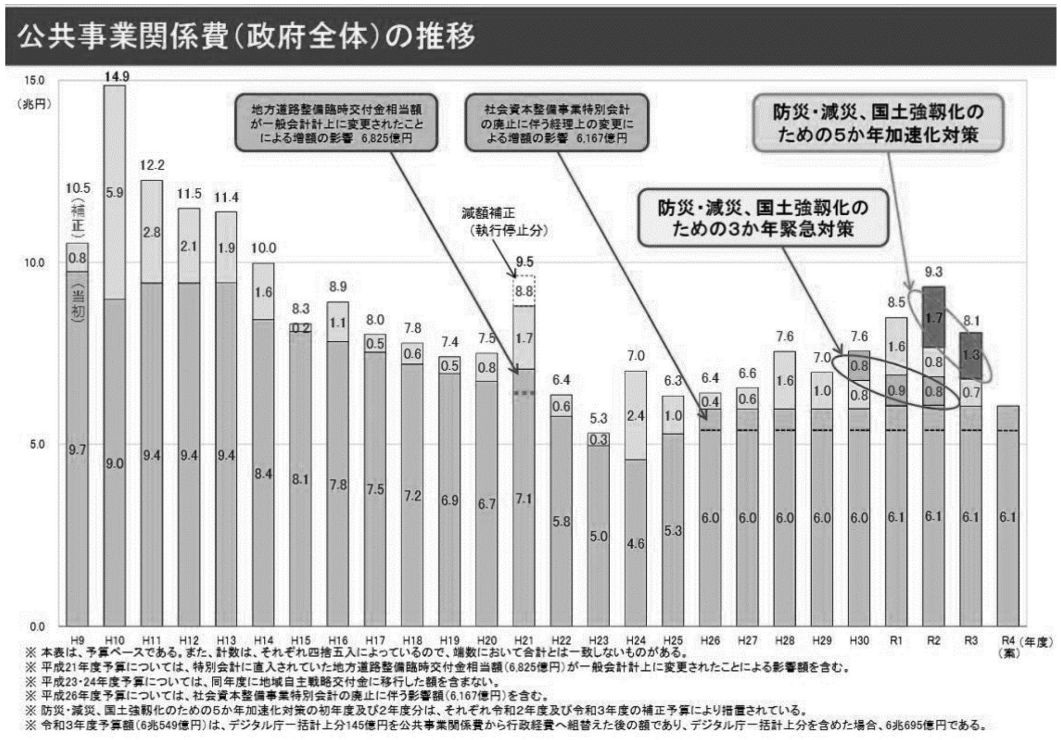


図1 公共事業関係費の推移(国土交通省)⁴⁾

対策⁶⁾の分が加算され、令和2年度には【公共事業関係費】は9.3兆円となり、実に20年ぶりの高水準を示すこととなった。本年度補正分も含め、令和に入ってから毎年8兆円以上の水準となっている。

無論のことであるが、これら【国土強靱化計画】への増しは、いずれも単体の自然災害としては史上最大被害規模を記録した、平成30年7月の西日本豪雨（約1兆2150億円の被害⁷⁾）、並びに令和元年10月の東日本台風（約1兆8800億円の被害⁷⁾の発生とは無関係ではない。図2に示すのは国土交通省による水害統計調査結果の抜粋であり、21世紀に入ってから水害被害額は特に末尾において大きく増加しているように見える。

図1における『5か年加速化対策』は、これまで行われてきた公共建造物の老朽化調査等によって判明した、高度成長期以降に集中的に整備されたインフラへの一斉対応や、【地球温暖化】との関連性が囁かれる風水害や大規模地震等への対応を謳い文句としており、【国土強靱化】に必要な追加的施策への予算的措置とされている。特に治水関係に際しては、12.3兆円：78対策が盛り込まれ、『大項目(1)人命・財産の被害を防止・最小化するための対策』においては、【流域治水対策】（河川、下水道、砂防、海岸、

農業水利施設の整備など）が掲げられている。

【国土強靱化計画】の細目においても、多くの治水事業に関連性が見受けられる。上述の【流域治水】すなわち【気候変動】による水災害リスクの増大に備えるため、これまでの河川、下水道、砂防、海岸などの管理者が主体になって行う治水対策に加え、集水域と河川区域のみならず、氾濫域も含めて一つの流域として捉え、その流域のあらゆる関係者が協働して行う治水対策へ転換することを旨とする。具体的には、①氾濫を防ぐための対策、②被害対象を減少させるための対策、③被害の軽減・早期復旧・復興のための対策を多層的に進めることを目指し、その対策メニューのイメージ例としては、

- ・河川対策：河川堤防整備、河道掘削、ダム再生、遊水地整備
 - ・集水域と氾濫域の流域対策：排水施設・雨水貯留施設の整備
 - ・土地利用規制・誘導、ソフト対策：水位計・監視カメラの設置、マイ・タイムライン
- などが挙げられている。

筆者はこれまで自然環境と社会経済データをハンドルし、【地球温暖化問題】に関するさまざまな対象の被害を金銭的評価し予測する、あるいは対応す

(単位：百万円)

年	一般資産等				公共土木施設			公益	合計	
	一般資産	営業停止 損失額	農作物	計	河川等	その他	計	事業等		
2001年	平成13年	48,487	1,283	5,010	54,780	162,934	59,915	222,849	2,689	280,318
2002年	平成14年	81,415	2,359	3,501	87,274	154,240	53,435	207,675	4,521	299,471
2003年	平成15年	100,177	5,119	3,798	109,095	118,837	47,770	166,607	4,844	280,545
2004年	平成16年	1,294,494	26,314	19,674	1,340,481	453,563	206,161	659,724	18,079	2,018,284
2005年	平成17年	229,293	3,335	3,539	236,168	134,955	85,124	220,079	9,327	465,574
2006年	平成18年	81,769	2,024	2,851	86,644	180,346	73,123	253,469	4,448	344,561
2007年	平成19年	44,853	1,276	8,839	54,968	110,293	40,849	151,141	2,647	208,756
2008年	平成20年	98,797	1,771	1,298	101,866	43,236	17,370	60,606	3,879	166,351
2009年	平成21年	166,710	3,704	5,031	175,445	79,018	26,424	105,443	5,215	286,103
2010年	平成22年	103,477	4,669	2,672	110,818	46,890	45,341	92,231	4,415	207,464
2011年	平成23年	303,584	7,953	11,210	322,747	242,747	129,198	371,945	33,980	728,672
2012年	平成24年	164,138	2,281	2,878	169,297	102,721	67,979	170,699	6,469	346,465
2013年	平成25年	169,260	4,341	26,961	200,562	127,543	63,202	190,745	14,868	406,176
2014年	平成26年	126,482	2,940	2,319	131,741	95,650	56,350	152,000	10,062	293,803
2015年	平成27年	207,731	4,416	8,757	220,905	112,063	48,403	160,466	8,069	389,440
2016年	平成28年	148,407	4,945	10,196	163,548	168,139	112,648	280,787	22,389	466,724
2017年	平成29年	166,045	5,236	7,901	179,181	237,758	94,643	332,401	24,752	536,334
2018年	平成30年	806,734	23,684	9,057	839,475	331,058	200,054	531,112	34,875	1,405,461
2019年	令和元年	1,284,751	53,131	276,396	1,614,278	372,595	161,651	534,246	30,671	2,179,196
2020年	令和2年	297,192	3,109	10,789	311,090	189,110	148,266	337,376	13,421	661,887

注1) 河川等は、河川、海岸、港湾、砂防設備、地すべり防止施設及び急傾斜地崩壊防止施設である。

注2) その他は、道路、橋梁、下水道、公園及び都市施設である。

図2 過去20年間水害被害額（名目額）（国土交通省）⁷⁾

る適応策のあり方を考える、といった研究に携わってきた⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾。この場合、特に大きな項目となるのが台風や豪雨といった水害・土砂災害であり、典型的な適応策とはダムや堤防などの防災インフラ整備事業を意味する。そのような経緯の下で筆者は、甚だ微力ではあるけれど、このような【国土強靱化計画】のあり方について、中間・事後評価という成績表をつけるくらいの資格が少しはあるのでは、と身勝手な矜持を抱くものである。

そこで月並みであろうが、どうしてもこんな疑念が頭をよぎる。GDPの二倍にも及ぶ公債残高を抱え、プライマリバランスすらおぼつかない我が国の財政状況において、このような公共投資の拡張は、はたして効果的であり、持続可能といえるようなシロモノなのであろうか？

筆者は元より財政健全化主義でもないし、長きにおいて土木学会に所属しているため、インフラ整備についても人並み以上にシンパではある。しかし、前述のような治水事業の予算規模を、現在緊急かつ速やかに拡張する必要性においては、いささか首をかきげざるをえない。【地球温暖化問題】といった長期に渡って顕現していく事象に対して、早急の財政的対応を施す必要があるのだろうか？また、さんざん騒がれてきた【南海トラフ地震】への対策熱はどこへいつてしまったのだろうか？

そのような素朴な問題意識の下、本稿では、【国土強靱化計画】への3つの疑問点について考えてみたい。一つ目は、ごく近年における、【南海トラフ地震】など地震対策への急速なトーンダウンの理由である。二つ目は、一つ目の問題と対照的に、最近【地球温暖化問題】対策として治水関係への傾斜配分が目立つ点であり、その妥当性である。三つ目は、治水関係への投資の長期的な効果である。

簡単ではあるが、それぞれの問題点の特性に合わせた確率統計的手法を用いながら、順を追ってこれらの論点における【国土強靱化計画】や公共事業の関わり方を考察していくこととする。

II. 地震対策の施設効果～南海トラフ地震を例として～

実は、2014年自民党が国会に『国土強靱化基本法案』を提出した際に対象となる災害とは、近い将来に高い確率で発生するものとされる首都圏直下型地震や、東海から西日本を直撃する【南海トラフ地震】

といった巨大地震であった。そして、当時の茂木政調会長からは「10年で200兆円の事業費で強靱化対策を図る」と主張され、その公的な財源については【国債発行】を基本として調達する一方、その投資を通して【デフレ脱却】を図ることが検討されていた。

実態としては述べたように、【国土強靱化計画】への財政出動はもう少し穏やかなものとなり、2013年度補正予算から2022年度の当初予算まで累積して53兆円ほどである。この10年ほどの実績が【デフレ脱却】や経済成長について十分な効果が得られなかった理由に、二度に渡る消費税率の上昇と、Modern Monetary (Money) Theoryを理論的背景としながら当初の展望から四分の一程になった予算規模を挙げる識者も少なからず存在する。

藤井・中野(2011)¹¹⁾においては、公共投資の経済効果は【施設効果】と【事業効果】に分類され、前者はその施設の存在そのものが及ぼす経済効果であり、後者はその施設をつくる事業によってもたらされる効果と説明する。【施設効果】は費用便益分析における便益項目として評価される部分が該当する。一方で著者らによると、【事業効果】はさらに【乗数効果】と【真水の事業効果】の2つに分類される。前者はよく知られている通り、公共投資によって有効需要が増加したときに、その直接的な増加額よりも大きく国民所得が増える現象を指す。後者にはまず、①公共投資によって雇用が創出され失業者が救済されることを通じて経済社会が安定するという効果、②遊休設備や失業者などの経済資源を有効活用することによる経済全体の効率化、という二つの短期的なカンフル剤的效果を挙げられている。続けて、③設備廃棄、失業による技能の喪失、研究開発投資削減を回避し、これらの経済資源を維持することで潜在成長率の低下を防ぐという効果、④需要不足を埋め合わせ、物価の下落を阻止することで、【デフレ脱却】を促し、民間の自律的な投資を促す、という長期的な効果を挙げている。

③④については、著者の藤井聡や中野剛志らによって【国土強靱化計画】の内容や実施においてよく言及されている事柄であり、同計画の有効性を論じるにあたって特に重要な視点であるだろう。また、この論理は【施設効果】という本来の長期的なインフラ整備効果を軽視する傾向にあり、その公共投資先は何であって構わない、とする主張ともとれる。よって、【国土強靱化計画】における主たる

対象が地震から水害へと変わってきている事実も、彼らにしてみれば些細なことなのかもしれない。

筆者の学位は工学であるので分をわきまえない経済学的論議は避けたいが、彼らが停滞期と断ずるここ三十年ほどの動向を鑑みると、そのような公共投資による【長期的な事業効果】が得られたことがあるのかは疑問である。そもそも図1にもあるように、2000年辺りでピークを迎えるわが国の公共投資額を、近年に向かって急速に縮小せしめた背景には、1990年代に景気浮揚を狙って公共事業への依存が続いた結果、その生産性が大きく低下したという事実がある。この時までになぜ大きな【デフレ脱却】効果は得られなかったのであろうか？

内閣府のマクロモデルによる試算¹²⁾では、上述の公共投資による【乗数効果】の長期的な低下が指摘され、1980年の1.67から1990年には1.31となっている。その要因としては、車の通らない道路、飛行機の飛ばない空港、空き地の目立つ工業団地など効率の悪い公共投資を優先させたことが挙げられている。井堀利宏氏は著書『やさしい経済学』¹³⁾の中で、1990年代以降、日本で公共事業に無駄が多くなったのも、財政赤字が拡大していったのも、受益と負担の乖離が進んだからである、と指摘している。池田(2009)¹⁴⁾では、100兆円以上の景気対策としての公共事業は、労働生産性が低い部門に労働が移動することによって、かえって経済全体の生産性を低下させたことを指摘している。

なお筆者は、過去に大きな財政的出動をしても消費を喚起させるに至らなかったのは、我が国の本格的な少子高齢化の進行や行政の財政的脆弱性を将来に見据えた、予備的動機といった人々の合理的反応に過ぎないのでは、と考える。そうすると、以降に考察する【南海トラフ地震】における『被害最大となるケース』の想定などは、カンフル剤どころか逆効果足りうるであろう。

ともあれ、「何でもかんでも公共投資をやれば経済成長する」、というのは史的事実に明確に反した誤った政策的指針であると断じえる。公共投資等先の選定は、現在から将来に渡って、それが国民にとって真に有益となることが必要条件である。重要視すべきはやはり【施設効果】であって、投資先とその規模はしっかりと選ばなければならない。

さらにいえば、日本の名目GDPは確かにバブル経済の破綻以降あまり変わっていないのだが、実質GDPは最近に至るまで成長している¹⁵⁾。これは物価

が長く抑えられてきたというデフレによる賜物であり、功利主義的視点からはむしろ喜ばしい事象でさえある。従って筆者は、【国土強靱化計画】における【デフレ脱却】という目的にはさほど積極的な意義を感じない。

さてそうになると、近年【国土強靱化計画】における重点的対策強化すべき対象が、地震から水害・土砂災害へと変わってきていることは、【施設効果】の視点から妥当なことといえるのであろうか？

治水事業における【施設効果】算定の仔細については後続の章に委ねるが、防災関係社会資本の整備便益を見積もる際には、想定される災害規模と発生確率を見積もり、整備の前後、つまり有無比較をもって期待被害の差分を計上する。これが【期待被害防止便益】であり、一般に見込まれる災害規模が大きければ大きいほど、発生確率が高ければ高いほど、大きな値が算出される。これ以外にも便益に含めるべき項目にはオプション価値やリスクプレミアムといった重要なものもあるが、【期待被害防止便益】はその中でも最も大きな割合を占める。その算定は技術的に難しい場合もあるが、基本的には防災関係社会資本の整備は、このような便益を期待することで実施されるものとして理解されたい。

治水事業などと異なり、地震対策の類となる公共事業に対しては、目下【費用便益分析】を実施する義務はない。これは災害規模や発生確率の精度の高い予測が難しいことも理由の一つである。しかし、これを仮に実施するとしたら、近年地震対策の【期待被害防止便益】の値はかなり低く見積もられることになるのではないだろうか？以下では、比較的災害規模と発生確率の見積もりが手法論的に確立している【南海トラフ地震】を例にとり、このことを検証してみよう(図3参照)。

【南海トラフ地震】といえば、かつて石橋克彦氏(神戸大学名誉教授)が第36回地震予知連絡会(1976)において発表した『東海地震説』(論文:駿河湾を震源とするM8クラスの大地震発生への恐れ)が想起される。東海地震は、過去に発生した安政東海地震(1854年、東海地震とあるが実際は東海と東南海地震が連動して発生)以降、東海地方西側で、東南海地震(1944年)と南海地震(1946年)が連続して発生したが、この時、駿河湾から御前崎までは安政東海地震から大きな地震が起きていなかった。そのため石橋氏は、この地震活動の空白域を東南海地震の割れ残りとして仮定し、割れ残りに蓄積されたま

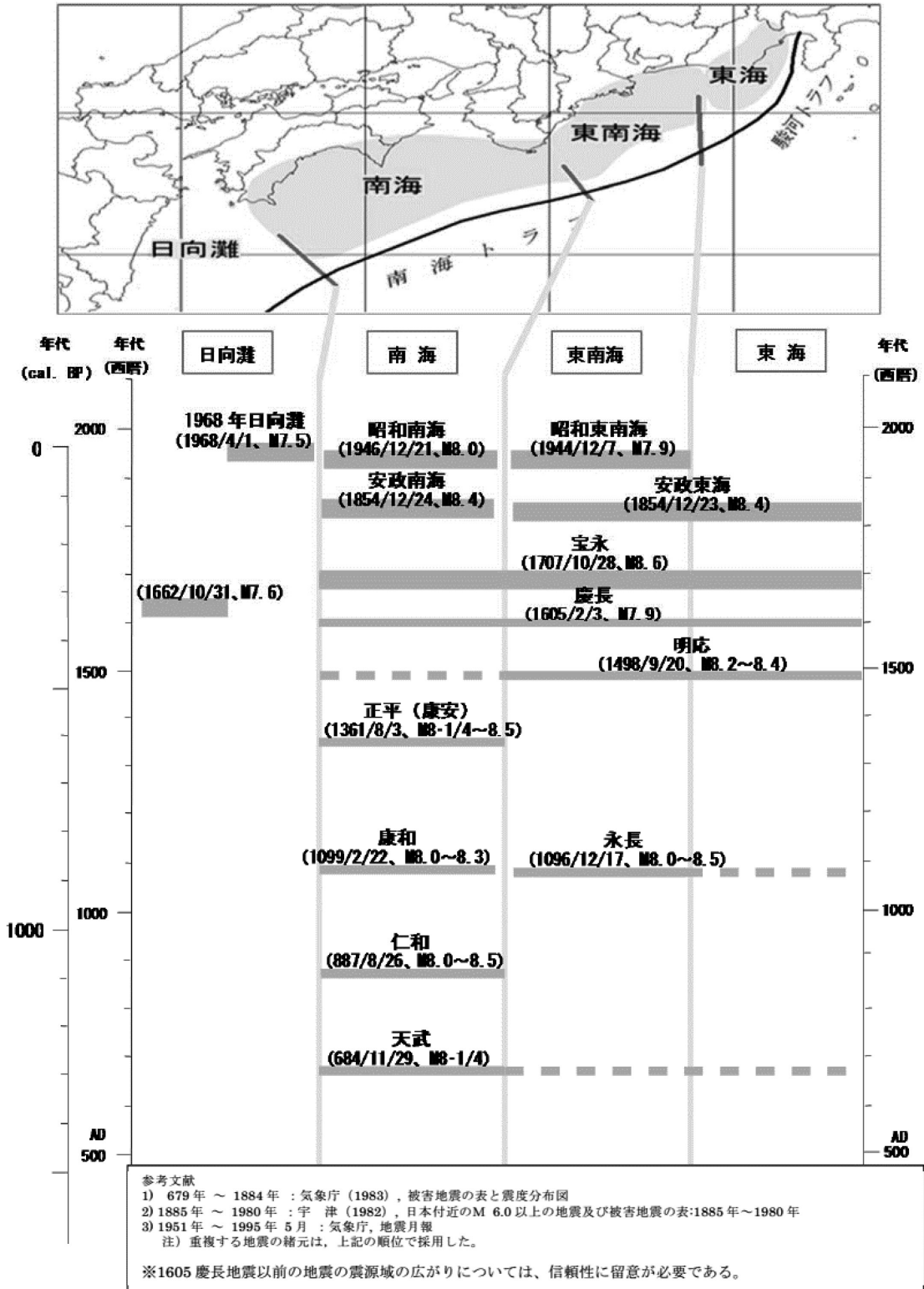


図3 南海トラフ沿いで発生が知られているプレート境界地震(内閣府2011)¹⁶⁾

まとなっているエネルギーが放出される本来の東海地震の姿がいつ起こっても不思議でないことを主張している。

ところが、その安政東海地震の発生から既にリミットとされる150年が経過し（2022年現在では168年経過）、このような状況で石橋氏は、2006年静岡新聞インタビューにおいて結果論と前置きしながら、割れ残りの考え方が間違っていた、との判断を初めて示した¹⁷⁾。実際、力武常次氏（東京大学名誉教授・元東大地震研所長）は力武（1973）¹⁸⁾で示された手法を用いて、10年を単位期間とする瞬間危険率（単位期間における【南海トラフ地震】発生確率）と集積確率（先回の【南海トラフ地震】発生時点から当該時点までに、少なくとも一回は【南海トラフ地震】が発生する確率）の算定を行っているが、これに従えば2022年現在では後者の値が90%以上にもなってしまう。ゆえに、『東海地震説』はもはや敗れた仮説、といて過言でないだろう。このことから、次の【南海トラフ地震】の発生確率を見積もるには、1944年昭和東南海地震と1946年昭和南海地震を起点とすべきことが分かる。

図3で見ると、【南海トラフ地震】は古文書などで過去約1400年間に渡って記録が残っているという、世界でも極めて稀な地震事例である。しかし一方で、比較的信頼性の高いより近代における事例から推計される再帰時間は90年から140年といったところであり、資料ではとらえきれない事例も過去にはあった可能性がある。我々がうかがい知れる同事象の最短再起時間は、ごく近年における安政から昭和に至る過程、すなわちほぼ90年である。そして2023年現在、昭和の【南海トラフ地震】からは80年近く経ており、巷で聞かれるところの『今後30年以内に発生する確率が70から80%程度』、次の発生の濃いところが2030年代、とする説なども一定の根拠があるようにも思われる。

ところで、【南海トラフ地震】の発生確率はどのようにして見積もられているかであろうか？地震発生間隔の分布モデルとしては、地震調査会¹⁹⁾ではBRT分布、対数正規分布、ガンマ分布、ワイブル分布、二重指数分布、ポアソン分布などの適用がなされている。内陸地殻内地震（活断層地震）などは再起時間が数千年から数万年にまで及ぶことも多く、このような周期性を勘案することが難しい場合はポアソン過程などを用いることに妥当性がある。一方で、【南海トラフ地震】のような海溝型地震の

場合は、プレート間における摩擦応力の蓄積、歪みによって限界が生じた場合瓦解が生ずる（弾性反発説）と解釈されるので、ランダムウォークはすれども、時間を経るにつれ事象発生確率は高まっていくという過程が描写できる、Brownian Passage Time (BRT) 分布の適用がなされている。

$$Y(t) = \lambda t + \delta W(t) \quad (1)$$

ここで $Y(t)$ は状態変数であり、 t は最後に Y_f に達してから（すなわち、前回【南海トラフ地震】が生じてから）の経過時間、 Y_0 は初期値である。 λt は定常的なプレート運動による応力蓄積を表し、 $W(t)$ は標準的なブラウン運動を示し、負でない定数 δ （拡散係数）の下、 $\delta W(t)$ は応力場の擾乱による項である。なお、平均は $\mu = (Y_f - Y_0) / \lambda$ 分散は $\mu\alpha = (Y_f - Y_0) / \lambda = \delta(Y_f - Y_0)$

確率密度関数は $f(t; \mu, \alpha) = \sqrt{\mu/2\pi\alpha^2 t^3} \exp\{- (t - \mu) / 2\pi\alpha^2 t\}$ と表現される。

これらのパラメータはデータを用いて最尤法にて推定されるが、図3にて示したように【南海トラフ地震】の過去資料においてその発生年がはっきりわかっているのは1605年の慶長地震以降4回しかない。それぞれの発生間隔は102年、147年、92年である。これではあまりにサンプル数が少ないため、梅田（2012）²⁰⁾では1498年にも地震（明応地震）が起こったとして発生間隔137年と107年の2回を灰色の四角で加える、それでも数が少ないので200年ほどの間隔の場合はその真ん中あたりに地震があったとして、点線で囲った灰色の地震4個を積みあげ、ようやく確率密度関数（瞬間危険率と同様）らしきものの推計にまでこぎつける、と述べている（図4参照）。

よって、実際に生じたかも分からない、それが【南海トラフ地震】であるかも分からない地震をデータ補完して、やっと確率密度関数と30年間区間の発生確率の算定を行っているのが実態であって、『今後30年以内に発生する確率が70から80%程度』との値は、恣意的というよりは、本来データ不足のため推定値とさえいえないシロモノである。元々サンプル数が極めて少ない状態において、このようなデータ補完を施すことは統計学的にはとてもほめられたものではない。図3に言及すれば、次の【南海トラフ地震】が昭和のそれから90年後近辺に生ずるのか否かの判断は、このデータ補完だけでほぼ決

まってしまう。データ補完のない元の資料のまま推定した場合、【南海トラフ地震】の再起時間は約150年～200年と算定されるにも関わらず、である。ならば、『今後30年以内に発生する確率が70から80%程度』、という数値も甚だ怪しいことになる。

そもそも1605年の慶長地震がいわゆる南海トラフ沿いで起きた海溝型地震ではない、とする説が諸々あり、現在も論議が続いている。それをも勘案すると、【南海トラフ地震】の周期を90年程ととらえるのはますます論理的に無理がある。

また、【期待被害防止便益】のもう一つの要素、災害規模に関しても、政府やそれに準ずる専門機関から提供される数値には大きな問題点を孕んでいる。

【南海トラフ地震】の被害の見積もりには過去に2つ大きなものがあり、それは中央防災会議(2003)²¹⁾と中央防災会議(2012年からの一連の見積もり)²²⁾になる。前者については、既に内閣府HPなどでは算定結果を明示的に残していないが、2023年現在においても日本水道協会の資料²³⁾などでこの二つの被害想定の違いを確認することが可能である。

中央防災会議(2003)²¹⁾では、これまで生じた【南海トラフ地震】におけるマグニチュード(以下Mと

表記)の大きさと東海地震・東南海地震・南海地震の連動性を勘案し、各地域における震度や津波の到達時間や高さを算定している。また、1707年宝永地震のような三連動を鑑みて、最も規模の大きいM=8.7～8.8のケースをもって『被害最大となるケース』を想定している。その際、死者・行方不明者数は約24,700人、被害額は約81兆円と見積もられていた。

2011年に生じた【東日本大震災】における本震、東北地方太平洋沖地震はM=9.0にも及ぶ巨大な地震であり、その後続いた福島第一原子力発電所の事故も含めて、世では『想定外』という言葉が乱れ飛んだ。その言葉の使われ方の多くが専門家としての言い訳や弁解であったため、後に土木学会・地盤工学会・日本都市計画学会によってたしなめるべく共同緊急声明が出され、当時の阪田憲次会長からは「安全に対して想定外はない」という指摘がなされている。

中央防災会議(2012年からの一連の見積もり)²²⁾もそのような世論の影響を受けたことは想像に難くない。ここでは東北地方太平洋沖地震と同等レベルの規模の地震が勘案され、すなわち三連動だけでなく日向灘までの連動を見込み、M=9.0～9.1の巨大地震が文字通り想定されている。最大被害にして

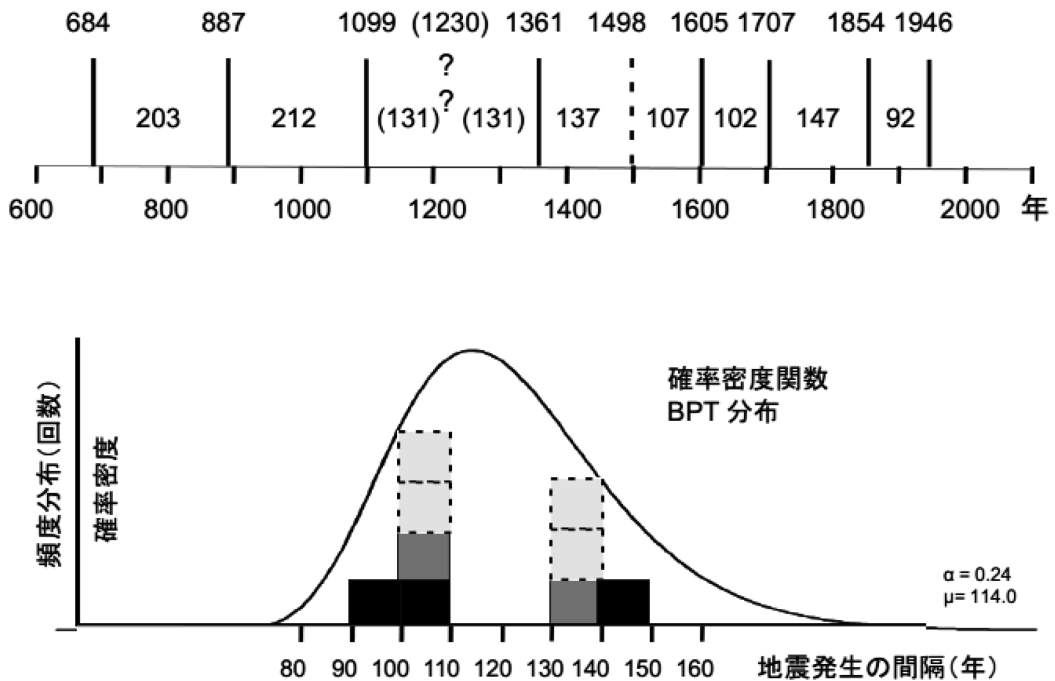


図4 南海地震の発生間隔(梅田康弘2012)²⁰⁾

死者・行方不明者数は約323,000人、被害額は約220兆円以上が挙げられることとなる。2012年以降も『被害最大となるケース』は再三に渡って計算し直されているが、その被害規模は前回の値を下回ることにはなかった。

可能性としてありうる事象を全て網羅し想定しておく、ということは必要な措置であろうし、その算定値を世に広く知らしめておくことは、来るべく日に対して人々の備えを促すことには大きく役立つことであろう。その意味では、日夜膨大な被害算定を実行されている諸先生方には敬意を表したい。

しかし、本稿で問題にしたいのは、これの施策的な意味での使われ方である。実は、後者で想定されているような日向灘までの連動を伴った【南海トラフ地震】が過去に生じたのかは、2023年現在まで全く定かではない。図3にあるような古文書などの記録に残っている範囲の【南海トラフ地震】事例では、推測されるMの水準や津波の高さなどの記録から考えても、どれも該当しないと思われる。つまり、存在したとしても西暦の早い時点以前の話となり、地層の堆積物や津波の遡上痕跡高などを解析して、今後明らかになっていくかもしれない、といったレベルの話である。実際、後者の想定が発表された際に、その説明には次のように注釈が付記されている。

- ・あらゆる可能性を想定した最大クラスの地震・津波
- ・千年に一度あるいはそれよりもっと低い頻度のもの
- ・当然、これらより小さい地震・津波も想定され、また、その発生頻度は比較的高い

よって前述した、災害規模を特定せずに（実際には時間予測モデル²⁰）などの適用も図られているが、そうであったとしても、ここでの論点の本質は変わらない）求められた【南海トラフ地震】の発生確率、『今後30年以内に発生する確率が70から80%程度』は、この『被害最大となるケース』において想定される地震とは、本来ほとんど関係がない。この規模の地震が生ずる確率まで考慮すれば、先の将来の発生確率の見積もり値はほぼ0に近いものとなる。そして、いくら想定される被害規模が大きいとしても、任意の地震対策事業の【期待被害防止便益】を換算してみれば、かなり低い値がはじかれるだろう。むしろ、中央防災会議（2003）²¹での想定の方がより現実的である分、結果としては大きい【期待被害防止便益】を見積もることになるのではないだ

ろうか。

このような話をすると、太平洋沿岸に近い行政関係者や一般市民には胸をなでおろす方も多い。次の【南海トラフ地震】において、各地域における津波の高さ到達時間、震度などの被災想定には、上記の『被害最大となるケース』が用いられており、浸水ハザードマップの作成などにも使われている。自治体のHPにおいて【南海トラフ地震】を説明するところには、『今後40年以内にM=8~9クラスの地震の発生確率は90%程度』とされ、その直後にM=9.0~9.1である『被害最大となるケース』の被害算定値が出されている。これを見れば誰でも『予測値』だと勘違いしてしまう。また、このような巨大な災害被害に対応できるような能力は、ただでさえ少子高齢化が進み疲弊している多くの自治体にはどうにあるものでもなく、絶望感さえ漂っている有様である。

『想定外』を避け、市民の防災意識を高める、という関係者並びに識者の狙いは理解できるものの、実現性あるいは確率という情報を正確に伝えないと、むしろ【施策効果】自体に悪影響を与えてしまう可能性があることをここでは敢えて指摘したい。なぜならば、このようなSF級の想定には現在の【国土強靱化計画】程度の子算では対処できるわけもなく、むしろ防災・減災行動に真摯に向きあおうとする人々の誘因を損ないかねないためである。あるいは対応可能となるような規模の子算の引き出しを本気で狙っているのであろうか？だとすれば、それが現実となったとしても、簡易な期待値計算の下で、圧倒的な過剰投資と財政圧迫状態に陥ることは容易に想像がつく。そろそろこの脅し一辺倒のやり方を改めるべき時期にきているのではないだろうか。

Ⅲ. 地球温暖化問題と水害

述べたように、筆者はこれまで自然環境と社会経済データをハンドルし、【地球温暖化問題】に関するさまざまな対象の被害を金銭的評価し予測する、あるいは対応する適応策のあり方を考える、といった研究に携わってきた。そのような関わり合いの中で、降雨量の記録を解析に利用したり、長期的・趨勢的な動向について考察したりすることは少なからず経験している。

令和二年度に国土交通省水管理・国土保全局によって公表された『治水経済調査マニュアル（案）』²⁴

の中においては、治水事業における【施設効果】を「水害によって生じる人命被害と直接的または間接的な資産被害を軽減することによって生じる可処分所得の増加(便益)、水害が減少することによる土地の生産性向上に伴う便益、治水安全度の向上に伴う精神的な安心感などである」と定義している。とりわけ重要なのは前述の【期待被害防止便益】であり、これは治水施設などの整備によって防止しえる災害被害額期待値の差分を意味する。

将来【地球温暖化】の進展によって、我が国における風雨・土砂による大災害は頻発化・悪辣化し、予想される被害は大きくなり、治水事業の【施設効果】はより高くなるであろう。このような考え方は、今や関係者であるかないかを問わず、普遍的に受け入れられつつあり、【国土強靱化計画】という巨大なプロジェクトを推し進める上での大前提ともなっている。

しかし、【地球温暖化】によって今後大雨や洪水、台風が一層ひどくなるといった科学的な確証は、2021年現在において必ずしも得られているわけではない。例えば、杉山大志(2020)²⁵⁾においては、『令和二年度環境白書』²⁶⁾内の、51地点の観測データを平均化した日降水量100mm以上の年間日数の推移(図5の二つ目)に関して、「たしかに全体としては右肩上がりだが、自然起因の周期的変動、都市化(ヒートアイランド)、計測技術の向上等の影響が考えられ、温室効果ガス排出によるものとは一概に断じえない」と指摘している。その指摘にあるように、本来の【地球温暖化】による気温上昇や気候変動作用よりも、日本の都市部においては【ヒートアイランド現象】による影響の方が何かと強いであろう。

また同図においては、2004・2011・2018・2019年辺りの値が高くなっているが、1章でも述べたよう

に、これらは稀に見る大きな水害被害が実際に生じた年である。このように、際立った日降水量の値は水害被害の大きさをよく説明するし、これらはトレンドとしては増加傾向にあるのだが、一方で各年の値は非常に大きな偏差を持ち、不確実性が高く、変動が激しい。なお、この期間の平均気温データだと、全国か各地域データであるかは問わず、一般に長期的な上昇傾向がはっきりと確認できる。しかし、降水量データでは偏差が大きすぎて、単一観測点による時系列データにおいては長期的増加傾向を見出すことは一般に難しい。

加えて、21世紀に入って20年間にたまたま3、4年特殊な年があったというだけで、長期的・趨勢的な【地球温暖化】の影響と断言してしまうような者は、科学者としての資質が問われるであろう。事実、図5の三つ目には日降水量1mm以上の年間日数の推移が示されているが、このような少雨などを総じて含むと、むしろ降水量は長期的に低下傾向にある。「【地球温暖化】によって海の蒸発散量が多くなり積乱雲を発達させやすくなる」、といった主流派による分かりやすい解説も、このような少雨を対象にすると歯切れは悪くなる。

もっとも、これは図を眺めて主観的に判断する、というアプローチが悪いのであって、【地球温暖化】が大雨現象を増加させていることを否定するものではない。ここではその証明を試みよう。

全国の約1300か所からなる気象庁アメダス観測データについて、昭和59~平成26年度まで31年間の降水量を連続して観測し続けたものだけを対象とし、各年の日最大降水量の値を求め、これを都道府県ごとに集計の上平均化したものをAMEとする。また西暦年度をYEARとして、次のような推定式でパネルデータ解析を実行する。

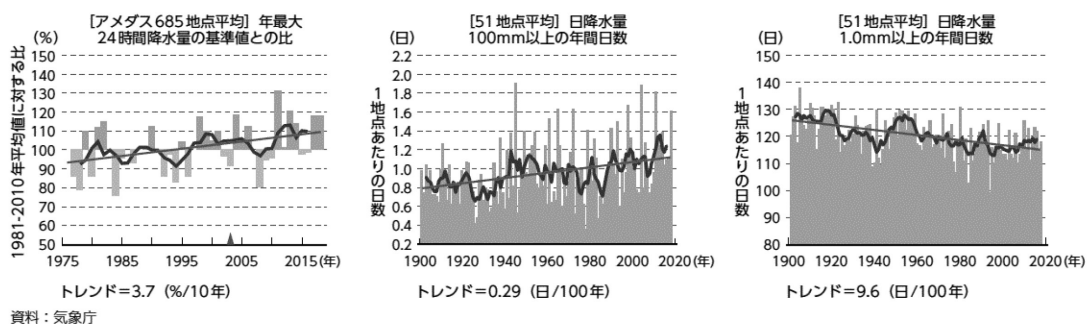


図5 我が国における大雨の強さ、頻度の傾向と降水日数の傾向 (R2環境白書図1-2-7より)²⁶⁾

$$\ln AME_{it} = \alpha_i + \beta YEAR_t + \varepsilon \quad (2)$$

注) ただし、 i は地域 (都道府県)、 t は時間 (西暦年度)、 α_i は地域 i の固定効果 (固有の定数項)

推定結果を表1に示す。 F 検定とHausmanテストの結果から、支持されたのは固定効果モデルであった。係数 β には0.0571とする推定値が得られ、信頼区間99%で有意であった。一方で、自由度修正済み決定係数は0.51にとどまり、日最大降水量の年変動はかなり大きいこともうかがえる。

表1 モデル(2)におけるパラメータ推定結果

	モデル(2)	
	推定値	t 値
β	0.00571	7.40***
補正 R^2	0.507	
サンプル数	1,457	
F 検定	p 値=0.000...	

注) *90%有意, **95%有意, ***99%有意

よって、水害被害の大きさをよく説明する日最大降水量は (このことは次章の統計モデルを推計することでもうかがえる)、年平均にして0.5から0.6%程度の増加率で拡大し続けてきたことになる。従って、【地球温暖化】あるいは【ヒートアイランド現象】による大雨現象への影響は確率的・統計的に確認できることとなり、図2に示されるように水害被害額が特に最近大きくなっていることから、我が国の喫緊の防災・減災上課題は今後の水害・土砂災害の多発に備えることである、とすることはやぶさかではないだろう。

IV. 治水事業の長期的な整備効果

前章では【地球温暖化】による大雨・洪水・土砂災害といった事象を増大せしめる可能性が確かめられたが、それでは【国土強靱化計画】において実施される治水関係インフラへの投資などは、はたして効果的であるのだろうか？

図2からは確かに最近では水害被害額の上昇が確認されるけれど、この期間では既に【国土強靱化計画】が立ち上がって数年を経ている。その間の投資効果はどうだったのだろうか？それを上回るほど【地球温暖化】や【ヒートアイランド現象】による

被害拡大は加速しているのであろうか？

前述の『治水経済調査マニュアル (案)』²⁴⁾においては、「治水事業の投資効果 (便益) の換算にはさまざまな困難があり、効率性の議論のみからの整備状況に地域的な格差を付けることが適当ではない」と指摘されている。これについては筆者も同感であり、そのような評価手法論的・技術的制約が常に伴うことは確かであろう。

一方で、治水事業は人命を救うという高邁な意志を持つものであるけれども、投資によって建設されるのは一介の【社会資本】でしかないことも事実である。【施設効果】とは前述の通り、現在から将来に渡って国民にとってその【社会資本】という資産がどれだけ有益足りうるのか、を示す尺度である。これを客観的に見定めることなしには、公債であれ税金であれ、国民に投資費用の負担を強いることは当然できない。また、他の投資先である代替案 (医療・福祉・救急・消防・警察・防衛など) と比べて優位性を示すこともできない。

そのような問題意識の下、本稿では、次に示すような独自の統計モデルの構築を通じて、マクロ的・長期的視点の下で治水事業の【施設効果】を吟味することとした。

前章で示した統計モデルと同様に、ここでも昭和59年度～平成26年度までの31年間の観測期間、47都道府県が地域単位となり、47地域×31年間のパネルデータを分析対象とする。

被説明変数には、国土交通省から毎年度刊行されている『水害統計調査』⁷⁾において記載されている、都道府県別被害額 (年度額) を用いる。この被害額はさらに、一般資産被害額、公共土木施設被害額、公益事業等被害額の細目に分かれるが、ここではこれらの合計を2011年IMFにおけるGDPデフレーターを用いて実質化 (現在価値換算) したものを Y とおく。

説明変数には、治水関係の社会資本ストックの合計 (STOCK)、年日最大降水量 (AME)、年度 (YEAR) の三つを取り上げる。STOCKについては、内閣府が発刊している『日本の社会資本2017』²⁷⁾より、水害や土砂災害に対して防災・減災機能を有する社会資本と考えられる下水道・治水・治山・海岸を取り上げ、各都道府県におけるこれらの純資本ストック (投資実績を積算して得られる粗資本ストックから、供用年数の経過に応じた減価・物理的減耗や陳腐化等による価値の減少分を控除した値) の合

算を用いた。

これらについて、次の二通りのモデルを構築し、パネルデータ解析を実行した。

$$\ln Y_{it} = \alpha_i + \beta_1 \ln STOCK_{it} + \beta_2 \ln AME_{it} + \beta_3 YEAR_t + \varepsilon \quad (3)$$

$$\ln Y_{it} = \alpha_i + \beta_1 \ln STOCK_{it} + \beta_2 \ln AME_{it} + \varepsilon \quad (4)$$

注) ただし、 i は地域（都道府県）、 t は時間（西暦年度）、 α_i は地域*i*の固定効果（固有の定数項）

YEAR以外の変数には全て自然対数化を施している。これは初等の計量経済学で教えるCobb-Douglas型生産関数を推計する手法のアナロジーとなっている。原典的な意味ではYEARに対する係数はHicks中立型の技術進歩率であるが、ここでは治水関係の社会資本ストックの合計STOCKの大きさに依存しない技術進歩や制度整備による年あたりの減災率を表す。

推定の結果、いずれのモデルにおいても固定効果モデルが支持された。統計量の詳細を表2に示す。

表2 モデル(3)(4)におけるパラメータ推定結果

	モデル(3)		モデル(4)	
	推定値	t 値	推定値	t 値
β_1	-0.82	-3.29***	-1.55	-18.08***
β_2	3.27	29.47***	3.24	29.23***
β_3	-0.03	-3.10***	—	—
補正 R_2	0.514		0.509	
サンプル数	1,457		1,457	
F 検定	p 値 = 0.00		p 値 = 0.00	

注) *90%有意, **95%有意, ***99%有意

いずれの推定値も99%信頼区間において有意であり、また $\ln STOCK$ の係数は負、 $\ln AME$ の係数は正、YEARの係数は負と、予想した通りの推定値の符号が得られている。すなわち、水害被害額は年日最大降水量の値と共に大きくなり、社会資本ストック量の大きさや時間の経過に応じて減少している。

モデル(3)とモデル(4)との差異は、説明変数にYEARがあるかないかのみである。これがないケースではあるケースと比較して、 $\ln STOCK$ の係数の推定値 $\hat{\beta}_1$ が絶対値にして倍近くまで大きくなっている。述べたように $\hat{\beta}_3$ はSTOCKの大きさに依存しない技術進歩や制度整備による年あたりの減災率と解釈でき、これが約3%と見積もられている。ま

た、『日本の社会資本2017』²⁷⁾における純資本ストックは、地域を問わず概ね右肩上がりで推計されているため、時間そのものに対して高い共線性を示す。故に、モデル(4)では $\hat{\beta}_1$ に $\hat{\beta}_3$ の分まで転嫁された形となっている。いずれが適切なモデルといえるのであろうか？

社会資本のようなハードインフラは、投資がなされた時点ですぐに【施策効果】をもたらすことは稀である。ダムなどは典型例だが、一般に計画や施工を始めてから数十年を経てようやく完工し稼働となる。よって、過去になされた投資実績が、将来任意の時点においてようやく成果として表れることが多い。

また、治水事業への支出は、いわゆるハコモノの整備量だけが水害被害の軽減に結びつくわけでもない。つまり、付随して関連する法制度の整備、ハザードマップ作成などのソフトインフラの充実や、ソーシャルキャピタルの形成などを通して、社会に還元する効果も考えられる。

さらに、財政的な支出実績が全くないのに、水害被害額だけは年々勝手に減少していく、というの妙な話であろう。

よって本稿では、モデル(4)の方が、治水関係の社会資本に対する投資が水害被害額の軽減へと帰着する過程をよく描写しているものと解釈したい。

前章で見たように、【地球温暖化】や【ヒートアイランド現象】は、年日最大降水量を慢性的に増加せしめており、それはまた将来の水害被害額の上昇へとつながっていくことが確実視されている。一方で、モデル(4)の推定結果からは、我が国で不断に行われてきた治水事業への投資は、防災や減災に対して明らかに効果的であったことがうかがえる。

よってわが国では今後、一過性の事象にとらわれることなく、これらの長期的なペースと帳尻を合わせる形で、【期待被害防止便益】の累積値を最大化するべく、治水事業への投資スキームを決定していくべきかと存ずる²⁸⁾。それは勿論【国土強靱化計画】だけでなく、公共事業全体を鑑みて、優先的に考えられていくべき事柄であろう。

V. おわりに

現代において自然災害に対する備えは喫緊の課題であり、そのためには政府や行政から巨額の公共投資を投じることで社会資本を整備していくこともや

ぶさかでない、と考える人は世に多い。地震にしても水害にしても、防災や減災の強化を図っていくことは今後の日本にとって有意義であるとの認識は、高い確率で人々の間で共有化されているかと思われる。

しかし、本稿を通じて明らかにしたように、これらの長期的な投資効果、【施設効果】を考えるにあたっては、それぞれの入手可能な情報の質と量はかなり異なったものとなる。

一般に地震という災害事象は、水害や土砂災害に比べて遥かに不確実性が高く、故に統計学的にその被害や対策の効果を算定する材料や根拠が不足しがちである。従って、2023年現時点において、地震災害対策としての長期的投資スキームは全く存在しないか、単に非合理的なものとなっている。予測力に関して難がある地震災害に対しては、むしろ事後的な対応、すなわち被災後における減災の対応をいかに図っていくかという視点に施策的な力点は置くべきではないだろうか。

一方で、将来のあり方がある程度は予見され、事象としての再帰性・反復性も高いため、何を予防的措置としてとりうるべきかが比較的に見出しやすい水害や土砂災害への対応は全く異なったものになる。こちらにも不確実性が低いとは到底いえないものの、【国土強靱化計画】で謳われるような『強くてしなやかな国をつくる』にあたって、先んじて脆弱な地域に先行投資を図るといった予備的・予防的動機に合う戦略はたてられやすいであろう。

このように、【国土強靱化計画】という大きなドンプリーツで勘定されてきた、地震に対する対策と、水害・土砂災害に対する対策とは、それぞれ袂を分かって個別に長期的な施策のあり方を議論すべきであろう。前者は被災後（事後）において、後者は被災前（事前）において、防災・減災の手立てを重要視し、予算編成のあり方を長期的・合理的視点の下で勘案して組んでいく。我々にとっては悪夢のような【公共事業過剰論】が再び牙を向く前に、是非ともそのようなスキームの効率化と立て直しを図っていただくことを、筆者は切に願う次第である。

謝辞

本稿は拙稿『国土強靱化計画を振り返る』都市問題 (2021)²⁸⁾ に加筆修正をして再構成したものである。従来から地震災害対策に関する国の指針等に対

しては何かとひっかかる場所があり、自身の見解をどこかでまとめてみたいと考えていたが、この度は絶好の条件の下で原稿の作成依頼を受け、かなり自由に楽しんでもらっていただくに至った。このような機会を与えていただいた根本二郎教授と編集委員会の方々に深く感謝申し上げたい。もちろん、本稿における不備は全て筆者に帰するものである。

注

- 1) 国土強靱化基本計画 | 内閣官房ホームページ
https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/kokudo_kyoujinka/kihon.html.
- 2) 税の学習コーナー | 国税庁ホームページ
<https://www.nta.go.jp/index.htm>.
- 3) 予算 | 内閣官房ホームページ
<https://www.cas.go.jp/jp/yosan/index.html>.
- 4) 公共事業関係費 (国土交通省関係) の推移 | 国土交通省ホームページ
<https://www.mlit.go.jp>.
- 5) 防災・減災、国土強靱化のための3か年緊急対策 - 内閣官房
https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/kokudo_kyoujinka/3kanentokusetsu/index.html.
- 6) 防災・減災、国土強靱化のための5か年加速化対策 - 内閣官房
https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/kokudo_kyoujinka/5kanenkasokuka/index.html.
- 7) 水害統計調査 - 国土交通省 e-stat
https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&toukei=00600590&result_page=1.
- 8) 地球環境研究総合推進費S-8-1(9)：温暖化影響評価・適応政策に関する総合的研究、H22～H27、研究代表者・三村信男、環境省、独立行政法人国立環境研究所。
- 9) 気候変動リスク情報創生プログラム：課題対応型の精密な影響評価、領域課題・水資源に関する気候変動リスク情報の創出、サブ課題・気候変動に伴う水資源に関する社会・経済的影響及びその不確実性の評価研究、H24～H27、領域代表者・中北英一、文部科学省、京都大学。
- 10) 気候変動適応技術社会実装プログラム (SI-CAT)：気候変動の影響評価等技術の開発に関する研究、課題(ii) 気候変動に関する総合影響・適応策評価技術とアプリケーション開発、H27～R2、研究代表者・脇岡靖明、文部科学省、独立行政法人国立環境研究所。
- 11) 藤井聡・中野剛志：マクロ経済への影響を踏まえた公共事業関係費の水準と調達方法の裁量的調整についての基礎的考察、土木学会論文集F4 (建設マネジメント) 67巻4号, p. I_213-I_222, 2011.
- 12) みずほ総合研究所編『3時間でわかる日本経済-ポイント解説』日本経済新聞社〈日経ビジネス人文庫〉, 46p, 2002.

- 13) 日本経済新聞社編『やさしい経済学』日本経済新聞社〈日経ビジネス人文庫〉176p, 2001.
- 14) 池田信夫『希望を捨てる勇気・停滞と成長の経済学』ダイヤモンド社, 134-135p, 2009.
- 15) 日本のGDPの推移 | 世界経済のネタ帳
https://ecodb.net/country/JP/imf_gdp.html.
- 16) 南海トラフの巨大地震モデル検討会（第7回）資料1 | 内閣府防災情報のページ, 2011.
<https://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/model/7/index.html>.
- 17) 東海地震説の謎（石橋克彦教授の見解を考える）：編集長コラム，防災意識を育てるWEBマガジン，2006.
<https://shisokuyubi.com/chief-column/index-169>.
- 18) 力武常次：地殻歪と地震発生確率，測地学会誌，第19巻，第2号，113p-115p, 1973.
- 19) 地震調査研究推進本部地震調査委員会 | 長期的な地震発生確率の評価手法について，平成13年6月。
https://www.jishin.go.jp/reports/research_report/choukihyoka_01b/.
- 20) 地震の発生確率(Ⅰ)(Ⅱ) | 梅田先生の地震学基礎講座
<http://namazunokai.starfree.jp/lecture.html>.
- 21) 東南海，南海地震の被害想定について：中央防災会議 東南海地震，南海地震に関する専門調査会，平成15年9月。
- 22) 南海トラフ巨大地震の被害想定：中央防災会議南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループ，平成24年8月～。
https://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/nankaitrough_info.html.
- 23) 第1章想定される地震および被害状況の整理 - 日本水道協会。
http://www.jwwa.or.jp/houkokusyo/pdf/ouentaisei/ouentaisei_03.pdf.
- 24) 治水経済調査マニュアル（案） - 国土交通省
https://www.mlit.go.jp/river/basic_info/seisaku_hyouka/gaiyou/hyouka/r204/chisui.pdf.
- 25) 杉山大志：コロナ後における合理的な温暖化対策のあり方。CIGS Working Paper Series No. 20-003J, 2020.
- 26) 令和2年版環境白書・循環型社会白書・生物多様性白書 - 環境省。
http://www.env.go.jp/policy/hakusyo/past_index.html.
- 27) 日本の社会資本2017 - 内閣府。
<https://www5.cao.go.jp/keizai2/ioj/index.html>.
- 28) 森杉雅史：国土強靱化計画を振り返る - 水害被害の実績と治水関連型社会資本のマクロ整備効果分析から -，月刊誌『都市問題』，第112巻，第8号，pp.48-58, 2021。