不確実性を考慮した防災事業の予算配分の評価 —木造住宅の耐震化事業と仮設住宅の備蓄—

松下 哲明¹・秀島 栄三²

¹正会員 有限責任監査法人トーマツ（〒450-8530 名古屋市中村区名駅3-13-5）

E-mail: noriaki.matsushita@tohmatu.co.jp

²正会員 名古屋工業大学大学院（〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町）

E-mail: hideshow.eizo@nitech.ac.jp

防災事業は耐震化といった被害の低減に向けた事業や、物資の備蓄といった地震発生後に向けた事業など、複数の事業を組み合わせる必要がある。被害の低減に向けて、これらの事業が保有する異なる便益の不確実性を考慮することは重要な視点と言える。そこで、本研究はこの視点から行政のPDCAサイクルを整理し、予算配分の検討過程の有効性について検討した。その結果、異なる不確実性の考慮は十分でなく、評価者の主観に大きく影響されている可能性が示された。この状況を改善するための一つの手法として、ポートフォリオ法を用い防災事業の予算配分を評価した。これにより、事業の期待収益率と不確実性を可視化し、予算配分の協議資料が得られることを示した。

Key Words : *portfolio theory, policy evaluation, policy mix, temporary house*

1. 背景と目的

災害によって受ける被害は多種多様である。地震であれば建物の倒壊だけでなく、津波による建物の流出、液状化による建物の傾斜も考えられる。さらに、これら地震動や津波といった自然現象に起因する被害だけでなく、道路網の寸断による物資の不足、帰宅困難者の発生、震災による倒産の発生など様々な被害が生じる。このような多様な被害に備え、それぞれのリスクに応じた対策が求められる。

また、一つのリスクに対し複数の防災事業を組み合わせることが必要な場合も多い。例えば水道水の停止リスクを考えると、被害を低減するための対策（事前対策）として上水道の耐震化事業が考えられ、被害が発生した後に向けた対策（事後対策）として飲料水の備蓄事業が考えられる。

我が国は既に人口減少時代に突入し、大幅な税収の増加も見込めない。したがって、公共団体がリスクに応じた対策を全て実施することは困難であり、限られた予算の中で事業の予算配分を検討しなければならない。

この予算配分の検討は被害の低減に向けて重要と言える。水道水の停止リスクを例にすれば、上水道の耐震化事業を行っていても経年変化等によって耐震力が低下する可能性は否定できない。仮に耐震化事業のみを実施し

た場合、上水道の損傷が発生した時に飲料水の提供が行えない。一方で、飲料水の備蓄量を充実させる事は、本来は事前対策に配分すべき費用の減少を意味する事から、上水道が被害を受ける可能性が高まる。上水道の耐震化は地震動の大きさや経年劣化の程度によって便益が左右され、飲料水の備蓄は上水道の被害量や住民による飲料水の需要量によって便益が変化する。すなわち、これらの事業は異なる不確実性を有している。

このような関係は、他にもよく見られる。例えば、建物は経年劣化が生じることから、ある時点において、耐震補強工事が建替えを行わなければならない。ある建物に対し耐震補強工事または建替えを行う場合は、他の防災事業の予算が減少する、または他の建物の耐震補強工事が実施できないことが考えられる。予算の配分によって被害が異なる可能性があり、この配分比率を決定することは一般的に難しいと考えられる。

このように、防災事業において予算配分を検討することは、被害の低減に向けた重要な視点であると共に、実務上の課題として考えられる。

これは、防災事業は他の事業と異なり、住民ニーズ、経年劣化による耐震力低下などといった不確実性に加え、災害の発生規模や発生場所といった自然現象としての不確実性を有するためと考えられる。これらの不確実性は、想定していた便益を得られない事業の不確実性と言える。

仮に防災投資が不確実性の高い事業に集中していた場合、結果として大きな便益を得られる（被害が大幅に減少する）可能性もある一方、想定していた便益が得られない（被害が増加する）可能性もある。災害による被害を低減するためには、異なる事業の不確実性を考慮しながら予算配分を検討することが重要である。

これまで、不確実性や事業の組み合わせを考慮した意思決定に関しては、多くの研究事例が蓄積されてきた。例えば長谷川ら¹⁾は事業の不確実性と、工事の遅延リスクを同時に評価することを試みている。川除ら²⁾は事業の不確実性を考慮しながらプロジェクトの採択を決定する方法論を開発している。また、山本ら³⁾は多様な評価情報を多次元空間上に集約し可視化することで、意思決定の支援手法の開発を試みている。しかしながら、防災事業を対象として、異なる事業の不確実性を考慮した予算配分の評価は筆者の知る限り行われていない。

そこで、本稿は事業の組み合わせや不確実性が十分に検討されているかという視点から、事業の計画、実施、事後の評価といった行政のPDCAサイクルを整理することで、予算配分の検討過程の有効性について検討する。

そして、この予算配分の有効性を向上させるための一つの手法として、ポートフォリオ法を用いた予算配分の評価を試みる。

2. 予算配分の評価プロセス

(1) 行政のPDCAサイクル

a) 事業の実施に向けた予算編成

地方公共団体による予算編成は、行政のPDCAサイクルで言えば、Planのフェーズに分類することができる。これは公共団体の政策、中長期計画や予算編成方針を踏まえ、各部署が事業の内容やその必要性を検討することから始まる。各部署は事業の内容や必要性を詳細に検討するとともに、費用便益分析などを通じてA)個別事業の実施の是非を判断している。

次に、各部署が実施すべきと判断した事業については、予算の担当部署に予算要求を行なう(図-1)。この要求を基に、予算の担当部署はそれぞれの事業の内容や必要性、経費の内訳などが予算編成方針に沿った内容であるかを検討し、事業の採択や予算の配分比率を決定する。ここでは、A)個別事業の実施の是非といった観点に加え、B)同一分野の中の案件の比較、C)異分野の案件の比較、といった観点からも検討している。予算の担当部署は、複数の事業を俯瞰的な視点を用い検討することになる。

そして、公共団体の長による査定が行なわれる。団体規模によっては、このフェーズでは数千を超える事業が集約されており、全ての案件に対して、長が個別の事業

図-1 予算配分の評価プロセス

の可否や事業の重複などを精査することは困難である。そのため、このフェーズも俯瞰的な視点を用いながら、また政策的な判断を加えながら最終的な予算案が決定される。

この予算案は最終的には議会で審議・承認される。我が国の予算制度では首長が予算編成の権限を持ち、議会が予算案のチェック機能を果たす事になっている。事業の実施前の最終的な評価は、議会による審議となる。

この大きな流れは国の予算編成においても同様である。まず各省庁がそれぞれの事業を検討し、財務省に概算要求を行なう。財務省などによる検討を経て、予算原案が作成される。そして、予算案が閣議決定された後に、国会で予算案が議決されることで最終決定される。

b) 事業の実施後の行政評価

予算編成で定められた予算を用い、政策を実現するための事業が実施される。この事業の実施結果を踏まえ、多くの自治体で行政評価を行っている。これは、PDCAサイクルで言うとCheck、Actionのフェーズと言える。多くの自治体はこの評価結果を予算要求や査定へ反映する事を目的としており、自治体によってはA)個別事業の実施の是非だけでなく、B)同一分野の中の案件の比較、C)異分野の案件の比較といった観点を併用しながら評価している。

(2) 予算配分の評価に関する課題

予算配分の評価は複数の視点で行なわれている。事業の実施前には予算編成プロセスを通じて予算担当部署や公共団体の長、議会によって行なわれ、事業の実施後には行政評価を通じた見直しが行なわれている。

しかしながら、文献レビュー⁴⁾を通じ、予算配分の評価においていくつかの課題を識別した。

1点目はB)同一分野の中の案件の比較、C)異分野の案件の比較を行なうための方法論が確立されていないことである。個別事業の是非を判断するために費用便益分析などが用いられているが、異なる事業を比較する方法論は確立されていない。事業の実施前に費用便益比、必要

性、重要性、緊急性、効率性といった観点をういながら事業の重み付けを行い、事業の優先順位や予算配分を検討する多基準分析が一部の自治体において導入されつつあるが、重み付けの配点は評価者の主観に左右されている。これより、予算編成や行政評価における予算配分の評価は、評価者の主観に依存する割合が大きくなるものと想定される。

2点目は防災事業の不確実性が十分に考慮されていないことである。感度分析により不確実性を評価する場合があるものの、全ての事業に対して感度分析は実施されていない。感度分析は一つの事業を対象としており、複数の事業を組み合わせた場合の不確実性は評価されていない。また、筆者の知る限り多基準分析の評価の観点に不確実性は含まれていない。

3点目は議会による審査機能に改善の余地があることである。例えば議会による審査は事業毎の評価ではなく、款・項・目といった予算区分の合計額で行なう場合がある。この場合、人件費、土木費といった予算区分の合計額では個別の事業を把握できない。複数の事業を把握しその予算配分の評価を行なうことは困難なことが想定される。

4点目は行政評価の結果が予算編成に十分に反映されていない点、すなわち事業の実施後のCheck、Actionフェーズが有効に機能していない点である。松尾⁴⁾は行政評価の結果が資源配分的意思決定に与える影響は限定的であることを指摘するなど、多くの研究者が行政評価の課題を指摘している。

以上より、行政のPDCAサイクルにおいて、異なる事業の不確実性を考慮した予算配分の評価は十分に機能していると言えない。防災事業の予算配分は評価担当者の主観に委ねられている部分が多いものと想定される。予算担当部局の職員が各事業について精通することは事実上不可能であり、結果として、事業の採択や組み合わせの配分比率を十分に評価できず、前年予算を踏襲してしまうことも想定される。また、不確実性が十分に考慮されていない場合、期待した被害の低減効果が得られないことも考えられる。

そのため、防災事業において、異なる事業の不確実性を考慮した予算配分の評価結果を予算的意思決定者に提供する事は、意思決定者が議論するための材料や共通言語として有益と考える。また、この評価結果を用いて防災投資の妥当性や予算配分を議論することは、意思決定プロセスがより明確になり、行政のアカウンタビリティの向上につながるものと考えられる。そこで、本稿は防災事業の不確実性を考慮した予算配分の評価を試みる。

3. 防災事業における予算配分の評価手法

(1) 評価の考え方

防災事業における予算配分の評価手法には、二つの要素が必要と考える。一つは事業の不確実性が評価可能なことである。もう一つは評価手法の平明さである。費用便益分析は費用と便益の比といったシンプルな概念を用いており、評価結果の理解が容易である。予算配分の評価にも同様の平明さが重要と考える。仮に評価結果が複雑な場合、予算配分的意思決定者が直感的に評価結果を理解することができない可能性も考えられ、評価結果を踏まえた合意形成が困難となる恐れがある。

不確実性の考慮と評価手法の平明さを満たした手法として、金融工学で発達したポートフォリオ法が考えられる。ポートフォリオ法では、それぞれの事業を実施することによる便益（期待収益率）と、便益の不確実性を標準偏差または分散（以下、リスクとも言う）で検討する。この手法は金融分野では広く用いられており、事業がどれだけのリスクを保有しているかを視覚的に理解することができる。

表-1を用い割引率が0として費用便益比とポートフォリオ法の考え方を比較する。費用便益比は総コストに対する総利益の割合を示すことから1.05となる。一方、ポートフォリオ法ではそれぞれの期間ごとの期待収益率を算出し、その収益率のブレ（標準偏差）を計算する。

$$\text{期待収益率 } E(x) = \mu_x = \frac{1}{n} \sum_{t=0}^n \frac{r_t}{c} \quad (1)$$

$$\text{分散} = \sigma_x^2 = \frac{1}{n} \sum_{t=0}^n (r_t - \mu_x)^2 \quad (2)$$

r_t : 各年の期待収益率

これより期待収益率が0.2625、標準偏差が2.4%と計算できる。費用便益比は表-1の収益が必ず得られるという前提に基づき推計するが、ポートフォリオ法では期待収益率に加え標準偏差を算出する。標準偏差が大きいと期待収益率のとりうる範囲が大きくなることから、より大きな便益を得る可能性がある一方、想定していた便益が得られない可能性もある。つまり、事業のリスクを示している。

表-1 期待収益率の算出

期間 t	初期投資 (C_t)	収益 (B_t)	収益率 (r_t)
0	100		
1		10	10/100=0.1
2		45	45/100=0.45
3		30	30/100=0.3
4		20	20/100=0.2
合計	100	105	期待収益率=0.26

次に、ある一定の予算のもとで複数の事業に投資することを考える。複数の政策を組み合わせた政策ポートフォリオの期待収益率と分散は一般に次式の通り定式化できる。

$$\text{期待収益率} = E(r_p) = \sum_{k=1}^n w_k \cdot r_k \quad \left(\sum_{k=1}^n w_k = 1 \right) \quad (3)$$

$$\text{分散} = \sigma_p^2 = \sum_{k,l} w_k w_l \sigma_{kl} \quad (\sigma_{kk} = \sigma_k^2) \quad (4)$$

r_k : 各事業の期待収益率

w_k, w_l : 予算に占める各事業の配分比率

この通り各事業の期待収益率と標準偏差が分かれば、複数の事業を組み合わせた際の期待収益率と標準偏差が計算できる。

図-2はx軸に標準偏差を、y軸に期待収益率をとり、異なる期待収益率、標準偏差を持った事業A、Bを組み合わせ、その投資比率を変化させた例である。左下のAは、すべての予算をAに配分したものであり、順次Bの投資比率を増加させることによって右上のBに推移する。

ここで、AとA'を比較すると、同じリスクを保有していても期待収益率はA'が高い。すなわち、事業AとBを組み合わせる事で、より期待収益率が高い予算配分となる。

このように、ポートフォリオ法は複数の事業を組み合わせた際の期待収益率と事業リスクを可視化することが可能という特徴を有する。

図-1に記載した予算配分の評価プロセスで考えると、この分析結果は各部局による個別事業の申請フェーズにおいて、各部局がリスクの発生確率や期待収益率を考慮しながら予算配分を検討することや、予算の担当部局との協議資料として活用することが期待される。

4. 木造住宅の耐震化と仮設住宅の備蓄を事例としたケーススタディ

(1) 分析の概要

我が国はこれまで地震により多くの家屋が失われてきた。このリスクに対し、公共団体は木造住宅の耐震化事業に対する補助を実施するとともに、家屋が倒壊した被災者に対しては仮設住宅を提供してきた。しかし、広域にわたる甚大な建物被害が生じた場合は仮設住宅の不足が生じる。被災者の居住地の確保という観点から、耐震化事業だけでなく予め仮設住宅の備蓄について検討する必要がある。

耐震化と仮設住宅の提供は同一の部局で実施することが多いものと想定され、個別事業の申請フェーズにおいても予算配分を検討することが望まれる。

耐震化事業は主に地震の規模や発生頻度によって便益が左右され、仮設住宅の需要は倒壊家屋数と、公営住宅や民間住宅の空き状況などによって変化する。このように、これらの事業は異なる不確実性を有する。

そこで、ポートフォリオ法を用い、国家予算における耐震化事業の予算の一部を仮設住宅の備蓄に配分することを検討する。

具体的な分析は以下のステップで行った（表-2）。

- 1) 被害シナリオに基づき、 t 年における倒壊戸数 H_t^0 を設定する。
- 2) 耐震化事業を実施しない場合の、新築年と同じ耐

図-2 事業A、Bの投資比率を変化した場合の期待収益率と標準偏差の推移の例

表-2 仮設住宅への投資割合が10%の場合の期待収益率と標準偏差の計算例

年	倒壊戸数 H^0 (被害シナリオ)	耐震化率		耐震事業による倒壊戸数の減少数	耐震化事業に伴う便益	仮設住宅の需要数	仮設住宅の備蓄に伴う便益
		α^0 (耐震事業無し)	α^1 (耐震事業あり)				
2010	500	38%	41%	9	0.016	27	0
2011	300	38%	42%	6	0.011	14	0
...	...	...	...	...	...	...	...
2035	850000	38%	53%	27855	145.006	53535	53.11
...	...	...	...	...	...	...	...
2039	400	38%	54%	38	0.072	54	0
2040	200	38%	54%	18	0.033	9	0
期待収益率					7.88		2.6
標準偏差					30.38		10.17

震力を有する木造住宅の割合（耐震化率） α^0 を推計する。

- 3) 耐震化事業の予算のうち $\mu\%$ を仮設住宅の備蓄に配分した場合に耐震化を行った建物数 P_t と、仮設住宅の備蓄数 Q を算出する。これにより、耐震化事業を行った場合の耐震化率 α_t^1 を推計する。
- 4) 被害シナリオや耐震化率 α_t^1 から、耐震化事業を行った場合の倒壊戸数 H_t^1 を推計する。そして、耐震化事業に伴う倒壊戸数の減少数（ $H_t^0 - H_t^1$ ）から耐震化事業に伴う便益を推定する。
- 5) 倒壊戸数 H_t^1 に基づき仮設住宅の需要を推定する。仮設住宅の需要と備蓄による提供量を基に、仮設住宅の備蓄に伴う便益を推定する。

以上のステップを2010年から2040年まで実施し、各年の耐震化事業に伴う便益と仮設住宅の備蓄に伴う便益を推計した。そして、2040年までの期間の期待収益率と標準偏差をそれぞれ計算した。

例えば表-2では、ステップ4) で計算した耐震化事業に伴う便益の列の2010年から2040年までの推計結果を用い期待収益率や標準偏差を算出する。下式は期待収益率の計算例である。

$$\frac{1}{41}(0.016+0.011+\cdots+145.006+\cdots+0.033) \quad (5)$$
$$= 7.88$$

そして、倒壊戸数や仮設住宅の需要はシナリオ通りに発生しない可能性が高いことから、これら一連のステップに対して倒壊戸数や仮設住宅の需要を変化させ、モンテカルロシミュレーションを行なうことで期待収益率の平均値を計算した。

(2) 被害シナリオの設定

被害シナリオは2030年に東海・東南海・南海地震、2035年に首都直下地震が発生し、内閣府が公表している建物数が倒壊するものとした。それ以外の年度は過去の災害事例を参考に、5年間で3000戸が倒壊するものとして設定した。実際には、この被害シナリオ通りに被害が生じない可能性がある。そこで、被害シナリオで設定した倒壊戸数 H_t を平均とし、標準偏差が $0.1H_t$ の正規確率分布に従うサンプルパスを1000回発生させ、災害の発生規模の不確実性を考慮した。ここで、標準偏差を $0.1 H_t$ とした理由は、木造家屋の全壊率テーブル¹⁰⁾を参考にして（図-3）。

例えば、中築年の計測震度が6では、全壊率が10%から30%の値をとっている。新築年の計測震度が6.5付近でも同様である。築年数や計測震度によってこの値の範囲は変わるが、本研究はこれらを参考に被害シナリオから前後10%程度の全壊戸数の変動が見込まれるものと考え、標準偏差を $0.1 H_t$ とした。

(3) 各事業の便益

a) 耐震化事業による便益

耐震化事業により建物が倒壊しなければ、A)倒壊家屋の撤去コスト、B)仮設住宅の建設コストが不要となることに加え、C)避難所や仮設住宅で生活することに伴う住環境の悪化防止、という便益が生じる事になる。A)倒壊家屋の撤去コスト、B)仮設住宅の建設コストは吉村・目黒¹¹⁾らを参考に1300万円とする。

また、自宅が倒壊した避難者は体育館等での避難生活を余儀なくされる。藤見・多々納¹²⁾は避難所生活に伴う住環境の質の低下をフロー被害として定義し、表明選択法を用いてフロー被害額を推計した。これによれば、体育館等で生活する避難者は自宅で生活できるならば、毎月最大20.6万円を支払ってもよいと考えている。また、自宅と比較して仮設住宅の生活の価値は16万円低下しているとの結果が得られている。ここでは平均的な避難者は3ヵ月を避難所で過ごし、2年間を仮設住宅で過ごすものとして、C)避難所や仮設住宅で生活することに伴う住環境の悪化に伴う被害額は400万円程度となる。これらより、耐震化事業により自宅が倒壊しない場合の便益は1戸当たり1700万円とする。

b) 仮設住宅の備蓄による便益

便益は耐震化事業と同様に藤見・多々納¹²⁾を参考に考える。避難所生活と比べ仮設住宅の居住は4.6万円ほど価値があることから、2年間の居住地を住民に提供する価値として110万円とする。

(4) 耐震化率の推計

a) 耐震化率

t 年における木造住宅の総数を S_t とし、昭和56年以降に建てられた新築年と同等の耐震性を有する木造住宅の数を M_t として、耐震化率を以下の通りす。

$$\alpha_t = \frac{M_t}{S_t} \quad (6)$$

木造住宅の総数や、新築年と同等の耐震性を有す住宅数は年度によって変化し、次式の通り表せる。

図-3 計測震度と全壊率（「首都直下地震に係る被害想定手法」より加工して引用）

$$S_t = S_{t-1} + N_t - D_t \quad (7)$$

$$M_t = M_{t-1} + N_t - D_t - O_t + P_t \quad (8)$$

N_t : 新規建設の木造住宅数

D_t : 取り壊し木造住宅数

O_t : 老朽化により耐震基準を満たさない木造建築数

P_t : 耐震工事により補強した木造建築の建築数

予算をC, 仮設住宅に対する投資比率を μ , 1戸あたりの木造住宅の耐震化事業に必要な平均補助費用を E^t , 1戸あたりの仮設住宅の備蓄費用を E^k とすれば, 耐震補強件数 P_t , 仮設住宅の備蓄戸数 Q_t は以下の通りとなる.

$$P_t = \frac{(1-\mu)C}{E^t}, \quad Q_t = \frac{\mu C}{E^k} \quad (9)$$

予算Cは国土交通省が事業していた耐震化補助事業であるH21年度の住宅・建築物安全ストック形成事業(平成22年度以降は住宅市街地総合整備促進事業費補助として実施)を参考に決定した. この事業は住宅と公共団体が保有する建物に対し耐震化の補助を行っており, それぞれの予算比率が同じと仮定して, 予算Cは年間100億円とした.

また, 木造建築の建築年数と耐震力の関係は十分に解明されていない. ここでは更谷ら¹³⁾を参考に, 築後10年から新耐震基準を満たさない木造建物が出現し, 築後30年が経過した時点ではすべての建物が新耐震基準を満たさないものとする.

$$\begin{cases} O_t = 0 \\ O_t = N_{t-10} \times 0.05 \times (t-10) \\ O_t = N_{t-10} \end{cases} \begin{cases} 0 \leq t < 10 \\ 10 \leq t < 30 \\ 30 \leq t \end{cases} \quad (10)$$

b) 木造住宅数

中央防災会議によれば, 2003年の戸建て木造住宅は約2450万戸だった. 人口の減少に伴い今後の大幅な住宅戸数の増加は見込めず, 木造住宅の総戸数は今後も横ばいか低下傾向を示すと考えられるため, 総木造住宅戸数 S_t は2450万戸で一定とする.

一方, 耐震性が不十分な木造住宅は1998年から2003年にかけて約1400万戸から約1150万戸に減少しており, 毎年50万戸ずつ耐震化が進んでいる. また, 我が国は毎年45-50万戸程度の木造住宅を着工しており¹⁴⁾, 耐震化戸数($N_t - D_t$)は50万戸/年とする.

(5) 倒壊戸数の減少数の推定

耐震化を行っても震度によっては建物が倒壊する可能性がある. そこで, 新耐震基準を満たした建物がどれだけ倒壊するかを, 木造建築物の全壊テーブルを用い検討した(図-3).

計測震度6.4で旧築年, 中築年は約70%と50%の全壊率であるのに対し, S57年以降の新築年は約10%の全壊率である. 計測震度6.4以上の場合も同様に, 新築年は概

ね50%程度全壊率が低い. これらより, 耐震化工事を行った建物が被災した場合は, そのうち5割が倒壊しないものとする. また, ここでは新築年と同等の耐震力を有さない建物が被災した場合は全て倒壊するものとする.

次に, 耐震化事業による被害の減少を考えると, 建物の全壊戸数は強振動にさらされた被災戸数に大きく左右される. 今, 耐震化事業を行わない場合の倒壊戸数 H_t^0 は被害シナリオに基づき設定している. このときの耐震化率を α_t^0 とし, 強振動にさらされた被災戸数を x_t とすれば, 倒壊戸数 H_t^0 は新築年と同等の耐震力を有さない建物の被災戸数と, 新築年と同等の耐震力を有す建物のうちの半数の合計となる.

$$H_t^0 = x_t(1-\alpha_t^0) + x_t \cdot 0.5\alpha_t^0 \quad (11)$$

同様に耐震化事業を行った場合の全壊戸数を H_t^1 , 耐震化率を α_t^1 とすれば以下の通り表せる.

$$H_t^1 = x_t(1-\alpha_t^1) + x_t \cdot 0.5\alpha_t^1 \quad (12)$$

これより, 全壊戸数の減少分は次の通りとなる.

$$H_t^1 - H_t^0 = \frac{x_t}{2}(\alpha_t^1 - \alpha_t^0) \quad (13)$$

この全壊戸数の減少分に伴う便益を総コストで除して期待収益率を算出した.

(6) 仮設住宅の需要の推計

1960年から2010年までの大規模地震時による全壊・半壊戸数 x と仮設住宅の建設戸数 y を対数軸にプロットした結果, 全壊・半壊戸数の約1割の仮設住宅が建設されていた(図-4). また, 回帰分析により以下の式を得た.

$$y = 0.0521x^{1.026} \quad (14)$$

実際には, 自宅の損傷度や行政による住宅の借り上げ事業等に応じて仮設住宅の需要は変動する. 静岡県が行った仮設住宅の入居需要予測では, 被災世帯の内約23%が入居を希望しており¹⁵⁾, 本推計結果と10%程度の乖離が生じている. したがって, 回帰分析による推計結果 y

図4 全壊・半壊戸数と仮設住宅建設実績

図-5 耐震化と仮設住宅の分析結果（左図は仮設住宅のコストが400万円、右図は200万円のケースを示す）

を平均とし、分散0.02 σ^2 の正規分布に従い仮設住宅が建設されるものとした。

また、プレハブ建築協会によれば、2011年に災害が発生した場合の3ヵ月以内の供給能力は、中部地方ならば2万5000戸、関東地方ならば3万戸としている。この供給能力は2000年と比較して半分程度となっており、人口や建設業界の縮小に伴い、今後も企業は流通在庫を減少させることが考えられる。本論では2030年に大規模災害が発生すると仮定しており、それまでには更なる在庫の圧縮も考えられることから、ここでは流通在庫を1万戸とした。仮設住宅の需要が1万戸以上の場合に備蓄していた仮設住宅を提供し、その提供戸数に応じて便益が生じるものとした。

(7) 評価結果

評価結果を図-5に示す。ここは仮設住宅のコストが400万円のケースと、今後、安価な簡易シェルターの開発が行なわれる可能性も考慮して200万円の2つのケースで分析した。図中のグラフの右端が仮設住宅への投資比率が0%であり、左端が90%の投資比率である。リスク（標準偏差）は平均値を採用し、期待収益率は上から95, 75, 50, 25, 5パーセンタイルを記載した。

仮設住宅の備蓄割合を増やすと、期待収益率とリスクが減少した。耐震化事業に注力することは、将来に大きな便益を得る可能性がある一方、期待した便益が得られないリスクも高まる結果となった。予算の数パーセントを仮設住宅の備蓄に配分しても、期待収益率の低下はわずかである。また、400万円と200万円のケースでは大きな違いが生じなかった。この理由を図-6に示した仮設住宅の備蓄事業の期待収益率の推移から考える。期待収益率は投資割合が大きくなるにつれ過剰な備蓄量となり同じ値となっている。仮設住宅の備蓄への投資比率が数%では、2つの事業を組み合わせた事業ポートフォリオの期待収益率や分散への影響は限定的であるため、400万円と200万円のケースでは大きな違いが生じなかったと

図-6 仮設住宅の投資比率と期待収益率の推移

考えられる。

仮設住宅のコストが400万円のケース、投資比率が1%から5%までは仮設住宅の期待収益率は同じ値となり、6%以上の投資となると、過剰な備蓄量となり期待収益率が低下した。この投資比率5%は、流通在庫1万戸をあわせ、計3万5000戸を備蓄することになる。

(8) 仮設住宅の備蓄に関する考察

東日本大震災では仮設住宅や公営住宅、自治体が借り上げた民間住宅の提供だけでなく、被災者が自前で契約した民間住宅を「みなし仮設」として一定期間の家賃は国や県が負担した。また、佐藤・翠川¹⁰⁾は、首都直下地震において、賃貸住宅の空家が仮設住宅の代わりに応急住宅として利用できる可能性を示している。

これらより、期待収益率が低い仮設住宅を備蓄するよりは耐震化事業を積極的に進め、被災時に不足する住居は民間住宅の借り上げ等を活用することも1つの手段として考えられる。

一方で、東日本大震災においても被災者の多くは住み慣れた生活圏の維持を希望し、多くの仮設住宅が建設された。生活圏の変更は収入手段の変更を伴うことが多く、この生活圏の維持を希望する傾向は今後も継続するものと考えられる。

本論の試算において、仮設住宅の備蓄による期待収益率の低下はわずかであり、耐震化事業のみを実施するこ

とはリスクの高い投資比率であったことを考慮すれば、避難所の早期解消及び既存生活圏への居住地の早期提供というメリットが存在する仮設住宅の備蓄事業は、検討に値する事業である可能性が示唆されたと言える。

このように、ポートフォリオ法を用いることで、2章で指摘した予算配分の評価が不十分な点を改善するための協議資料が得られた。

なお、この協議資料を用いて配分比率を決定する際、意思決定者によってハイリスクハイリターンを好む場合、またはローリスクローリターンを好む場合があり、リスクの選好度が異なる。特定の担当者のリスク選好度が予算に反映されることを避けるため、複数の担当者が協議しながら配分比率を決定することが必要と考える。

本ケーススタディでは図-5に示した通り期待収益率とリスクの関係が線形関係となったため、解析的に最もリスクが少ない予算配分比率を求めることができない。そのため、複数人による協議はより重要になる。

また、本ケーススタディに関しては、耐震化事業に予算が配分されたとしても住居の耐震化工事は住民の意向に大きく左右され、予算が活用されない可能性もある。そのため、啓蒙活動の更なる実施や税制の優遇等、耐震化施策の活用を促進することは今後も重要な課題である。

5. 結論

被害の低減に向け、防災事業は異なる不確実性を考慮した予算配分の検討が重要との認識の下、行政における予算配分の検討過程について分析した。その結果、それぞれの異なる事業の不確実性を考慮した予算配分の検討は十分でなく、予算の配分は評価者の主観に大きく影響されている可能性が示された。この場合、不確実性が高い分野のみに予算が配分されると、結果として期待した被害の低減効果が得られないことも想定される。

この状況を改善するための一つの手法として、ポートフォリオ法を用い防災事業の予算配分を評価した。これにより、事業の期待収益率と不確実性を可視化し、予算配分の協議資料が得られることを示した。評価結果は予算配分を行なう際に複数の評価者が議論するための材料や共通言語として有益と考えられる。

実務において防災事業の予算配分を評価するためには、リスクの定量化に向けたデータの整備や、パラメータの妥当性の検討など、いくつかの課題が認められる。

今後は、評価手法の確立に向けてこれらの課題に対する改善が必要である。

なお、本稿に示された内容や意見は、筆者らが所属する組織の見解を示すものではないことを申し添える。

参考文献

- 1) 長谷川専, 織田澤利守, 小林潔司: 遅延リスクを考慮した公共事業の事前・再評価, 土木計画学研究・論文集, Vol.21, No.1, pp.63-74, 2004.
- 2) 川除隆広, 多々納裕一, 岡田憲夫: 費用便益分析指標を基にしたプロジェクト採択のリスク分析法, 土木計画学研究・論文集, Vol.18, No.2, pp.223-230, 2001.
- 3) 山本浩司, 羽鳥剛史, 岡田貢一: 多元的集計化に基づく社会基盤整備の評価手法に関する研究, 建設マネジメント研究論文集, No.15, pp.115-130, 2008.
- 4) 松尾貴巳: 地方公共団体における業績評価システムの導入研究-予算編成における行政評価システムの意義とその効果についての実証分析, 会計検査研究, No.33, pp.121-135, 2006.3.
- 5) 森杉壽芳: 社会資本整備投資に関する評価システムの現状と課題, 会計検査研究, No.25, 2002.
- 6) 山田宏: 公共事業における費用便益分析の役割, 立法と調査 (256), pp.9-16, 2006.
- 7) 国土交通省国土技術政策総合研究所: 公共事業評価手法の高度化に関する研究, 国土技術政策総合研究所プロジェクト研究報告, 2005.
- 8) 朝倉健太: 事業別予算が地方議会の予算審議に与えた影響について-兵庫県川西市の事例を手がかりとして-, 龍谷大学大学院法学研究, No.12, pp.69-101, 2010.
- 9) パシフィックコンサルタンツ株式会社: 社会基盤投資における多基準分析手法に関する調査, 2003.
- 10) 内閣府: 首都直下地震に係る被害想定手法について, 2005.
- 11) 吉村美保, 目黒公郎: 公的費用の軽減効果に着目した木造住宅耐震補強助成制度の評価, 地域安全学会論文集, No.4, pp.247-254, 2002.
- 12) 藤見俊夫, 多々納裕一: 災害後の応急・復興住宅政策がもたらす便益フローの定量評価, 土木学会論文集 D, Vol. 65, No. 3, pp.399-412, 2009.
- 13) 更谷安紀子, 森井雄史, 林康裕: 木造住宅の経年劣化を考慮した最大地動速度に対する損傷確率曲線, 第12回日本地震工学シンポジウム, No.0011, pp.150-153, 2006.
- 14) 国土交通省: 建築着工統計調査, 2011.
- 15) 総務省消防庁: 東海地震に係る広域的な地震防災体制のあり方に関する調査検討報告書, 2003.
- 16) 佐藤慶一, 翠川三郎: 首都直下地震後に利用可能な賃貸住宅空家分布の把握, 地域安全学会論文集, No.9, pp.47-54, 2007.
- 17) 赤松隆, 長江剛志: 社会基盤整備・運用事業の経済リスク管理問題に対するファイナンス工学的アプローチ, 土木計画学研究・論文集, Vol.23, No.1, pp.1-21, 2006.
- 18) 国土交通省: 公共事業評価の費用便益分析に関する技術指針 (共通編), 2008.
- 19) 南島和久: 府省における政策評価と行政事業レビュー-政策管理・評価基準・評価階層-, 会計検査研究, No.43, pp.57-71, 2011.
- 20) 新谷浩史: 府省の政策評価と予算, 会計検査研究, No.40, pp.55-66, 2009.

(2012.2.25 受付)

EVALUATION OF THE MITIGATION POLICY MIX UNDER UNCERTAINTIES —IN CASE OF SEISMIC REINFORCEMENT FOR WOODEN HOUSE AND STOCK OF TEMPORARY HOUSING—

Noriaki MATSUSHITA and Eizo HIDESHIMA

Budget allocation for mitigation management needs to consider uncertainty and combination of multi-program. In this research, we analyze the effectiveness of the budgeting process from this viewpoint. As a result, it is suggested that budget allocation depends on the subjectivity of the evaluators. As one method to improve this situation, we show that portfolio method can visualize the uncertainty and return, and that the method provides information for budget allocation. The information would help for deliberation among policymakers.