

課題名 1-1304 「レジリエントシティ政策モデル」の開発とその実装化に関する研究  
 課題代表者名 竹内 恒夫（国立大学法人名古屋大学 大学院環境学研究科 社会環境学専攻 教授）  
 研究実施期間 平成25～27年度  
 累計予算額 116,816千円（うち平成27年度37,296千円）  
 予算額は、間接経費を含む。

本研究のキーワード レジリエントシティ、環境レジリエンス、エネルギー・レジリエンス、資源循環レジリエンス、水循環レジリエンス、健康（熱中症）レジリエンス、レジリエンス診断、日本版「首長誓約」、キャパシティ・ビルディング

#### 研究体制

- (1)政策モデル・シナリオの構築と政策手法の開発(学校法人法政大学)
- (2)「エネルギー自治」の確立に向けた制度設計、合意形成手法の検証(国立大学法人名古屋大学)
- (3)レジリエント・アセスメント手法の開発と政策効果分析(国立大学法人大阪大学)
- (4)アジアの都市におけるレジリエンス評価と政策モデルの試行(公益財団法人地球環境戦略研究機関)

#### 研究協力機関

大学共同利用機関法人人間文化協力機構総合地球環境学研究所、国立大学法人お茶の水女子大学

### 研究概要

#### 1. はじめに(研究背景等)

世界的に「適応」はレジリエンスの概念の下で関心が高まり、「緩和」との統合が模索され始めているが、その統合には難しさが指摘されている(Goklany, 2007等)。防災分野でHolling(1973)が提示したレジリエンスの概念について、気候変動の文脈では「社会・生態システムが同じ構造や機能を維持できるように混乱を吸収する能力、自己組織化の能力」と捉えている(IPCC, 2007)。このような中、東日本大震災を契機に自立的なエネルギーシステムや減災をめざす地域づくりが喫緊の課題となり、また、水災害、熱中症や農作物高温障害等の気候変動に伴うとみられる災害が顕在化しており、突発的、中長期的な様々なリスクに対応しうるレジリエントな都市づくりが求められるようになってきた。特に東日本大震災を経験した日本では、国土強靱化政策基本法が2013年12月に制定され、同月に政府は「国土強靱化推進大綱」（2013年12月）を策定した。また、2015年に策定された国連の持続可能な開発目標(SDGs)の目標11として「レジリエントで持続可能な都市及び人間居住の実現」が明記された。

レジリエントな都市づくりには自治体の広範な行政分野が関係するが、国土強靱化政策大綱においても、地域における自立的なエネルギーシステムへの転換・拡充が急務になっているものの、エネルギー政策上の権限はすべて国に属し、自治体はレジリエントな都市にとって不可欠なエネルギー分野の政策手段等を持っていない。気候エネルギー自治に代表されるエネルギー・レジリエンスをはじめとした環境レジリエンスの早急な確立が求められる。

#### 2. 研究開発目的

本研究では、既往のレジリエンスの概念を拡張して、気候変動への緩和と適応だけでなく、エネルギー自律・自立と防災・減災をも包含する多様なリスクに対応しうる能力と定義し、こうした能力を持つ地域を「レジリエントシティ」と規定し、政策手法の開発、エネルギー自治の確立に向けた地方分権化などの制度設計（フィージビリティスタディなど）、政策立案実施能力向上プログラムの開発、地域での合意形成手法の検証、レジリエンスのアセスメント手法の開発などを統合して「レジリエントシティ政策モデル」を構築することにより、復興や減災の取組を進める地域への政策反映とアジアへの展開に貢献することを目的とする。その際、レジリエントシティ政策モデルの構築に当たっては、科学的不確実性を持つ問題への予防原則に基づくリスク管理・ガバナンスの視点が重要であり、また、特に、アジア都市ではキャパシティビルディングやガバナンス能力が必要とされていることから、これらをレジリエントシティ政策モデルに組込む必要がある。

#### 3. 研究開発の方法

##### (1)政策モデル・シナリオの構築と政策手法の開発

まず、国内外の文献調査、複数の関連する分野の専門家と自治体政策担当者へのインタビュー調査

などにより、レジリエントシティの概念や指標体系について整理した。その上で、これまで開発されてきたCASBEE都市の成果等を参照しながら、都市のレジリエンスの状態を計測する指標、モデル都市（仙台市、川崎市等）での行政文書の精査による事例分析を通じて行政指標を開発した。全国自治体を対象とした質問紙調査を実施して行政指標を計測し、続いて、市民指標を計測するため、全国9都市の市民を対象とした同様の質問紙調査を実施した。以上で得られた結果を活用して、レジリエンスを巡る行政と市民とのギャップを共有し、解消していくための市民参加ワークショップを開催した。これらの結果を踏まえて、公表データに基づいた都市指標の分析をさらに進め、以上で得られた結果を活用して、レジリエンスを巡る行政施策の実装化を目指した政策担当者の参加によるワークショップを開催した。

## (2)「エネルギー自治」の確立に向けた制度設計、合意形成手法の検証

環境レジリエンス施策の評価を実施した。第一に、エネルギー・レジリエンスに関し、IPCC第5次評価報告書第3作業部会報告、国土強靱化政策大綱、専門家からのヒアリング等からエネルギー・レジリエンスに関する予防・順応・転換の施策や指標を設定し、定量的なレジリエンス評価を行った。エネルギー自治を確立するための施策（予防、順応、転換）のそれぞれについて、レジリエンス評価の指標は、レジリエンス価値（停電回避コスト等）、CO<sub>2</sub>削減量、レジリエンス設備投資額である。第二に、資源循環レジリエンスについて、それぞれ市民や自治体へのアンケート結果等に基づき、予防・順応・転換のそれぞれに該当する施策の抽出・整理を行ったうえで、その対策の実施状況の把握と経済評価等を実施し、資源循環レジリエンス施策の体系を整理した。第三に、健康（熱中症）レジリエンスについて、全国の自治体にアンケート調査を実施し、取組の現状と課題を把握した。また、エネルギー・レジリエンスを実現する上で重要となるエネルギー自治の確立に向けて、自治体自身が域内のエネルギー賦存量を把握し、それを有効活用するための種々の方策を立案・実施できるようになる必要がある。そのための自治体および職員の能力向上に資するプログラムの作成を行い、いくつかの自治体においてその試行を行った。具体的には、欧州で実施されている「市長誓約」の仕組みをモデルとして、エネルギー自治を通じた地域創生を目指すための仕組み「日本版「首長誓約」」を開発し、愛知県内の自治体を対象とし実装化を試みた。

## (3)レジリエント・アセスメント手法の開発と政策効果分析

レジリエンスを「多様なリスクに対応し得る能力」と定義し、リスク論に依拠したレジリエンス評価手法の開発とその適用を行った。具体的には4つの研究課題を行った。

まず、既存研究で示されているレジリエンスの定量評価手法をレビューし、定量評価手法をリスク論の視点から体系的に整理した。加えて、自治体がレジリエンスを向上させ、災害時・危機時の地域環境計画を具現化していくためのPCDAサイクルを提案した。

次に、多様なリスクから成る都市リスクに着目して、都市リスクに対するレジリエンスを網羅的に評価するための手法を設計し、近畿圏の5都市を対象として同手法を適用した。都市別にレジリエンスの診断を行うにあたり、2つの指標を設定した。第1指標は、市民の様々な都市リスクに対する認知度を主成分分析に基づき「リスク懸念度」として定量化した得点である。第2指標として、対策数に自治体職員による回答を踏まえ階層分析法（AHP法）で算定した重み付け係数を乗じて推計される「リスク対策の実施度」を設けた。

さらに、淀川流域圏を対象とした水循環レジリエンスのケーススタディを行った。京都府が2008年に公表した地震被害想定調査の中より花折断層帯地震を想定災害として選定し、震度6以上での被災が想定されている京都市と京都府南部の自治体に立地するPRTR届出事業所を対象とした。地震災害に伴う事業所からの化学物質の流出が、村野浄水場の給水機能に与える影響を分析するための評価モデルを開発した。PRTR届出事業所側での緊急遮断弁の導入、水道事業体側での危機時専用の急性毒性に基づく水質管理策の導入が、給水停止の回避に向けて及ぼす改善効果を分析した。

最後に、近畿圏で想定される直下型地震に伴い発生する災害廃棄物（可燃物等、木くず）の迅速処理（焼却による減容・減量化）を題材にケーススタディを行った。近畿圏（三重県、滋賀県、京都府、大阪府、兵庫県、奈良県、和歌山県）を対象とし、ごみ焼却施設が将来保有する処理能力を踏まえ、圏域レベルで広域的に連携して災害廃棄物の処理にあたる効果を分析した。その際、ごみ焼却施設の処理能力については、災害に備え10%の余剰能力を持たせる設計指針改定の費用対効果も評価対象とした。5つの直下型地震を想定地震として選定し、地震の発生年は2030年を想定した。

(4) アジアの都市におけるレジリエンス評価と政策モデルの試行

本研究では、アジアの4つの都市（フィリピン・セブ市、中国・上海市、ベトナム・ホーチミン市、タイ・ノンタブリ市）を対象に、各都市の災害対策、予防的措置、レジリエントシティ構築に向けた取組等を調査研究し、レジリエントシティ構築に必要な施策や他都市の参考となる優良事例の特定を目的に、取組の進行過程、既存の取組や必要な施策とのギャップを調査した。図(4)-1に示すとおり、レジリエントシティ構築のための施策の特定と、その政策を各ケーススタディ都市に特化し実装するための都市レジリエンス計画および政策立案支援を目指した研究活動を行った。

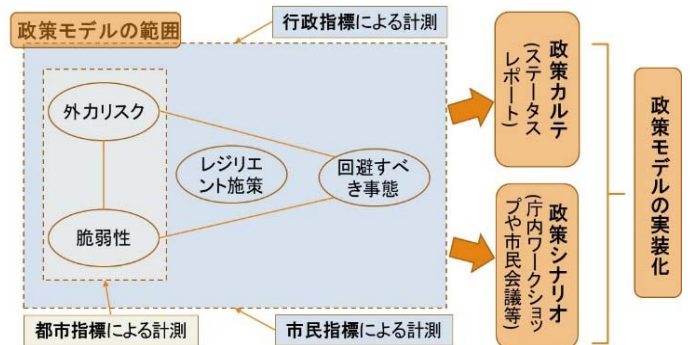
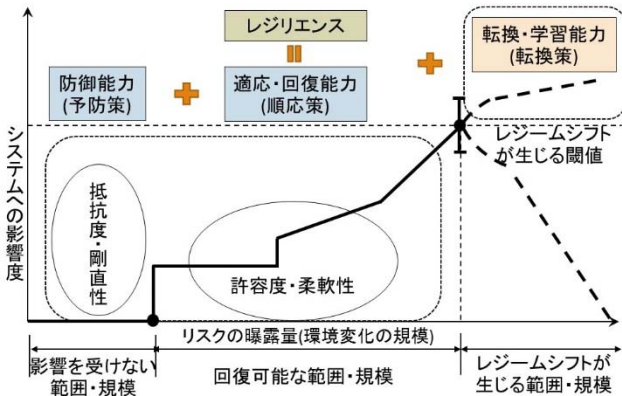


図(4)-1 各ケーススタディ都市の概要・課題及び調査方法

4. 結果及び考察

(1) 政策モデル・シナリオの構築と政策手法の開発

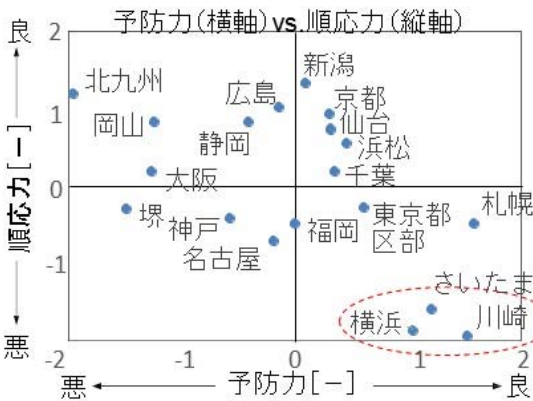
まず、国内外の膨大な文献調査、複数の関連する分野の専門家と自治体政策担当者へのインタビュー調査などにより、レジリエントシティの概念や指標体系について整理した。その結果、レジリエントシティを、気候変動や自然災害といった外力(リスク)とエネルギーを中心とする社会・生態系シ



図(1)-2 レジリエントシティ政策モデルを巡る枠組み

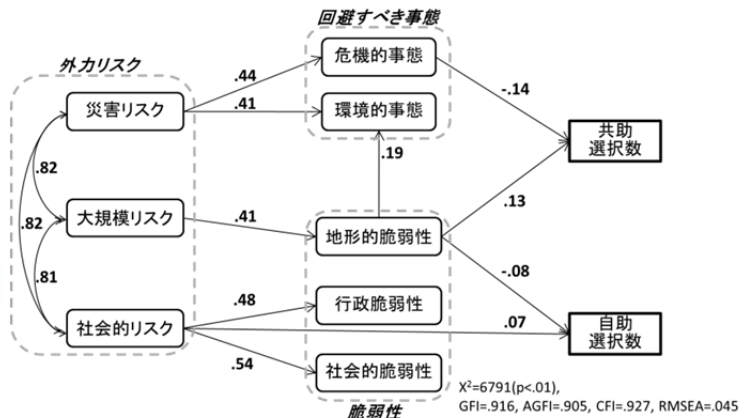
出典：Mens et al. (2011)より改変

図(1)-1 環境リスクへの曝露とシステムへの影響との関



▶ さいたま、川崎、横浜は予防力は高いものの順応力が低い傾向

図(1)-3 公開統計データを用いた都市指標の計測例



図(1)-4 人々のレジリエント施策への取り組み方に対する評価の決定モデル

テムの関係として捉え、マルチプルな環境リスクに対応しうる能力を持つ都市と規定した。リスクの曝露量(環境変化の規模)が与える都市システムへの影響が閾値を超えない範囲では、抵抗度・剛直性、或いは許容度・柔軟性をひきだすための緩和策や適応策により、都市システムは従前どおりに維持されるものの、閾値を超えると、レジームシフトが発生し、新しい都市システムを創造する転換能力を引き出すための超長期を見据えた転換策が必要となる。したがってレジリエンスを高めるには、緩和策、適応策、転換策の組み合わせが必要となる(図(1)-1)。都市のレジリエンスの状態を計測する3種類の指標として、定量的に計測する都市指標、行政職員が定性的に評価する行政指標、一般市民が定性的に評価する市民指標、合計130種類以上を開発した(図(1)-2)。これを用いて、全国の政令指定都市の都市指標を計測するとともに、全国の自治体を対象とした質問紙調査、全国の9都市の一般市民らを対象とした質問紙調査を実施して行政指標と市民指標をそれぞれ計測した(図(1)-3~4)。その結果を踏まえて、政策モデルの具現化の一環として、自治体担当者や内閣官房国土強靱化推進室、環境省地球環境局研究調査室、学識経験者等らの参加によるワークショップを2回開催し、また市民参加によるワークショップを、第3回国連防災世界会議のパブリックフォーラムとして2015年3月14日に仙台にて開催した。以上のように、レジリエンスを巡るステークホルダー間のギャップを解消し、レジリエントな地域社会を共創するデザインの試みを実施し、各アクターそれぞれに気づきが得られた。

## (2)「エネルギー自治」の確立に向けた制度設計、合意形成手法の検証

人為的気候変動・大規模自然災害のリスクに環境政策上対応しなければならない分野として、地域のエネルギーシステム、資源循環システム、水循環システム、都市生態系システム、健康(熱中症)の5つの分野を挙げることができる。これらの分野へのリスクに対応することを「環境レジリエンス」と定義づけた。

まず、エネルギー・レジリエンスの評価について、レジリエンス価値(停電回避コスト等)は、分散型エネルギーシステムへの転換が圧倒的に大きいことがわかった。CO<sub>2</sub>削減量、設備投資額についても同様である。分散型エネルギーシステムへの転換は、CO<sub>2</sub>削減などの環境の観点や電源の強化などの観点だけでなく、レジリエンスの観点からも有効な施策であることが判明した(表(2)-1)。また、自治体に対するエネルギー政策に関するアンケート調査からは、日本の自治体のエネルギー政策に関する動向、特に、再生可能エネルギーやコジェネレーションの推進に関しては強い意向があり、また、エネルギーの「地産地消」を目指す電力小売事業への参入の関心にも高いものがあることが分かった。

次に、資源循環レジリエンスについて、排出者たる市民においては、大規模災害時はごみを保管したり捨てたりする場所の確保ができない場合もあり、できるだけごみを出さないようにするという発生抑制の意識が強く働くとともに、廃棄物処理途絶時における経済負担の許容額は、一世帯当たり平均生ごみで4,093円、生ごみ以外の粗大ごみ等で41,388円となった。なお、災害経験の有無による負担許容額の差については、生ごみと生ごみ以外の粗大ごみの双方について、大きな差が見られることとなった。廃棄物処理事業を担う自治体においては、大規模自然災害時の収集機能の確保について対策をしている自治体は54.8%、中間処理機能確保については67.9%、最終処分機能確保については41.0%であり、特に最終処分機能確保において対策が遅れている。これらの結果を踏まえ、資源循環レジリエンスの評価のための施策体系を整理した(表(2)-2)。

さらに、健康(熱中症)レジリエンスについて、その対策の現状に関する自治体調査によれば、熱中症に対する脅威の認識は浸透しており、何らかの熱中症対策を実施している自治体が多いことが明らかになった。しかし、現在実施されている施策のほとんどは環境レジリエンス施策分類の「予防」に該当するものであり、リスクの曝露量が増大した場合の「順応」策や回復可能な許容範囲を超える場合の「転換」策はほとんどの自治体でなされていない。さらに、熱波などの極端現象により熱中症患者が急増するような事態はほとんどの自治体で想定されていないことがわかった(図(2)-1)。

これらを踏まえ、気候エネルギー自治の確立のために、欧州で展開されている地方自治体のCO<sub>2</sub>削減の枠組みである「Covenant of Mayors(市長誓約)」の調査に基づき、日本版「首長誓約」の制度設計を行い、①エネルギーの地産地消、②温室効果ガスの大幅削減、③気候変動などへの適応、を目的とするレジリエントシティ政策モデルの社会実装を行った。このため、愛知県西三河地域9市1町の担当者と共に、9回にわたって勉強会を開催し合意形成を行い、首長及び自治体担当者の意見を参考に、提案時からしくみの内容を一部改変し、最終的に5市(岡崎市、豊田市、安城市、知立市、みよし市)が合意に至った。この成果として、西三河地域におけるエネルギーの地産地消や温室効果ガスの大幅削減、気候変動などへの適応に関する取組みを推進するため、2015年3月29日に「西三河首長誓約推進協議会」が設立された。

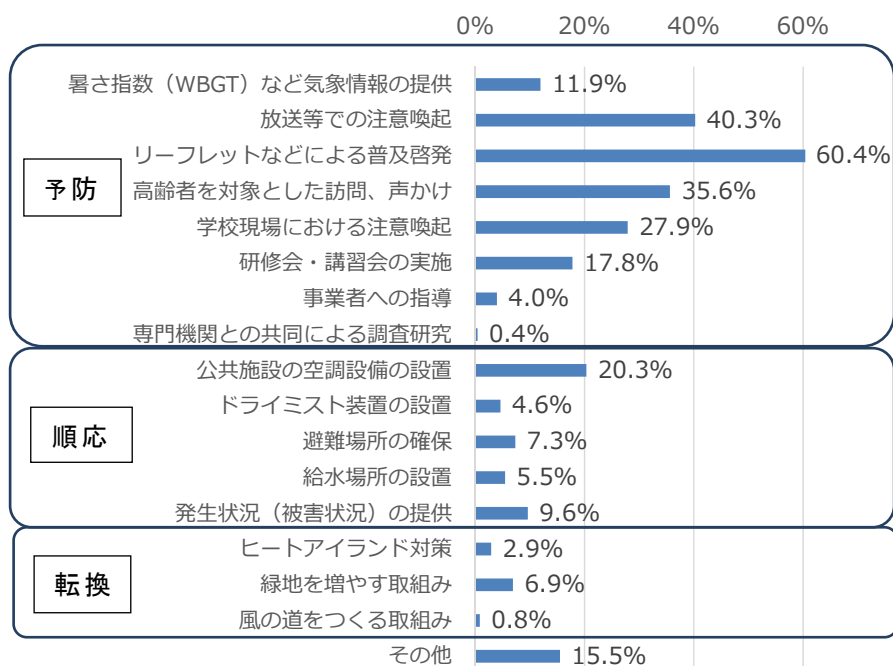


表(2)-1 名古屋市の家庭・業務部門を対象とした予防・順応・転換施策のレジリエンス価値、CO2削減量、設備投資額

	予防	順応	転換
数量シナリオ	① 配電多重化などによって停電90%復旧日数を1日短縮(5日→4日)	③ 火力発電所復旧日数を127日→90日(計画停電時間を10h(2.5回×4h)→7h)	④ 家庭・業務総電力消費量の4割を分散型電源(コジェネ・自家発・ごみ発・太陽光)からの小売りで賄うことによって送電線破損による停電復旧日数2日短縮(5日→3日)
	② PE管導入などによって都市ガス停止復旧日数を5日短縮(25日→20日)	-	⑤ 家庭・業務総電力消費量の4割を分散型電源からの小売りで賄うことによって計画停電時間を10h(2.5回×4h)→5h ⑥ 家庭・業務総給湯用エネルギー量に相当する熱量を水道管を経て工場・ごみ焼却場・コジェネの排熱から得る(断水復旧期間(14日間)を除く)
レジリエンス価値算定式	① (家庭総電力消費量(kWh)×個人停電対応コスト(1431円/kWh)+業務総電力消費量(kWh)×中小事業者停電対応コスト(7497円/kWh))×(24h/8760h)	③ (家庭総電力消費量(kWh)×個人計画停電対応コスト(1431円/kWh)+業務総電力消費量(kWh)×中小事業者計画停電対応コスト(7497円/kWh))×(3h/8760h)	④ (家庭総電力消費量(kWh)×個人停電対応コスト(1431円/kWh)+業務総電力消費量(kWh)×中小事業者停電対応コスト(7497円/kWh))×(24h/8760h)、
	② 家庭・業務総給湯用エネルギー量(MJ)×10日×4.3円/MJ	-	⑤ (家庭総電力消費量(kWh)×個人計画停電対応コスト(1431円/kWh)+業務総電力消費量(kWh)×中小事業者計画停電対応コスト(7497円/kWh))×(5h/8760h) ⑥ 家庭・業務総給湯用エネルギー量(MJ)×((都市ガス停止復旧日数-断水復旧日数)/365日)×4.3円/MJ
レジリエンス価値(百万円)	① 18,355 ② 1,614	③ 22,943	④ 36,709 ⑤ 38,239 ⑥ 2,905
総計(百万円)	19,968	22,943	77,853
CO2削減量(千トン)	① - ② -	③ -	④⑤ 1,020 ⑥ 1,370
総計(千トン)	-	-	2,390
予防・順応/転換の設備投資額	電力関係復旧設備投資費:484億円~564億円(kWh当たり、人口当たりの東北電力の復旧設備投資額を算出し、名古屋市にあてはめた)		コジェネ70万kW設備投資額(熱導管費を除く)約500億円

表(2)-2 資源循環レジリエンス評価のための施策の分類

施策分担	排出者対応	収集・運搬	中間処理	最終処分
予防(強化)	<ul style="list-style-type: none"> <li>生ごみ・粗大ごみ等の分別排出</li> <li>災害時ステーション位置等の事前把握</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>災害時のステーション位置の想定</li> <li>災害時の収集ルート</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>処理施設の耐震化</li> <li>施設の防水化</li> </ul>	
順応(回復を早める)	<ul style="list-style-type: none"> <li>生ごみ等処理に緊急を要するもの、粗大ごみ等かさばるものの処理に対する新たな経済負担</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>一廃・産廃の合わせ処理</li> <li>収集車の広域融通</li> <li>収集車の業種間融通</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>一廃・産廃の合わせ処理</li> <li>合併浄化槽の復旧</li> <li>移動式破砕機の調達</li> <li>廃棄物仮置場の確保</li> <li>仮設処理施設の設置</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>一廃・産廃の合わせ処理</li> <li>ガレキ選別の厳格化</li> <li>ガレキのかさ上げ利用</li> </ul>
転換(システム転換)	<ul style="list-style-type: none"> <li>大規模自然災害時における廃棄物の発生抑制</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>収集車車庫の高台移転</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>施設の高台移転</li> <li>広域処理の推進</li> <li>メタン発酵処理施設設置</li> <li>防災拠点の非常用電源設置</li> <li>有害物質を使わない</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>広域処理の推進</li> <li>有害物質を使わない</li> </ul>



図(2)-1 環境レジリエンスの施策分類別にみた熱中症対策の実施状況

### (3) レジリエント・アセスメント手法の開発と政策効果分析

まず、リスクの3重項：リスク＝（シナリオ、被害の発生確率、被害の大きさ）を踏まえ、被害の大きさに着目した評価手法を「外力応答評価法」、特定のシナリオを設定せず多様なリスクに対して網羅的に対策の充足性を評価する手法を「網羅性評価法」と分類し、それぞれの手法の特徴を体系的に整理した。2つの定量評価手法を組み合わせ、多様なリスクに対する脆弱性と対策の充足性を網羅的に評価するサイクルと、優先順位の高いリスクに対して外力応答評価を適用するサイクルから構成されるPDCAサイクルを、自治体のレジリエンスを診断・強化する方法として提案した。

次に、近畿圏の5都市について、「リスク懸念度」と「リスク対策の実施度」の2指標で、4つの都市リスク（温室効果ガスの発生、エネルギー不足、生態系破壊、地震）に対する俯瞰図を作成した。都市リスクごとにみると、A市、B市およびC市の「地震」に対するリスク認知度は他の3つのリスクに比べてとりわけ高く、リスク対策の重要度の得点とも連動性がみられる傾向にあった。「温室効果ガスの発生」、「エネルギー不足」、「生態系破壊」については、「リスク懸念度」に差異があったものの、「リスク対策の実施度」についてはほぼ同じ水準で評価された。

さらに、水道水質基準規定物質を取り扱うPRTR届出事業所について、災害時においても水道水質基準を厳守し、慢性毒性基準での水質管理濃度で給水停止の判定を行う場合、貯蔵量が1t以上の事業所を目安に緊急遮断弁の設置などの流出防護策の強化が必要であることが明らかとなった。加えて、浄水濃度に危機時専用の急性毒性に基づく水質基準を適用することにより、給水停止に至る可能性を大幅に低減できることを定量的に示した。

最後に、ごみ焼却施設間の広域連携、産業廃棄物処理事業体による災害廃棄物の受入の水準が高まるほど、災害廃棄物の処理に要するコストが削減する結果が得られた。連携・受入の水準を高めることで、産業廃棄物処理施設による処理費用と県外輸送費は増加するが、仮設焼却炉整備費の減少分がその増分を大きく上回るためである。なお、可燃物等は腐敗が進むために迅速な焼却が求められ、処理（焼却による減容・減量化）を3年間で終了させる制約条件を設けたため、余剰能力の活用は限定的なものとなり、ごみ焼却炉に余剰能力を10%設けたケースの費用対効果は低下した。

### (4) アジアの都市におけるレジリエンス評価と政策モデル試行

本研究課題の総括として、各都市との議論において、それぞれの都市が策定したレジリエントシティのアクションプランでは、下記の表(4)-2で示す5項目が重要であるという結論に至った。また、同表では各都市がそれぞれに重視する要素を示す。全都市が、行政機関の役割と若い世代への防災教育が非常に重要であるという認識に至った。

表(4)-2 各ケーススタディ都市が重視する知見

知見	セブ	ノンタブリ	ホーチミン	上海
1. 各都市とも災害と気候変動に対する十分な備えが必要である。レジリエント都市構築を担う行政の役割は非常に重要	○	○	○	○
2. 市民、特に若い世代に対する防災意識の啓発、災害速報システム、防災訓練、ハザードマップや避難所周知の重要性	○	○	○	○
3. 新技術の導入（災害速報システム、リスク・アセスメントとその周知方法（ポッドキャスト）、エネルギー・水・下水処理・交通・廃棄物処理などの公共サービス）	○		○	○
4. 土地利用に関する政策策定、建築に関する法令策定とその厳正な運用	○		○	○
5. DRIのような震災関連機関を設立し、災害の記録を収集・公開する	○	○		

## 5. 本研究により得られた主な成果

### (1) 科学的意義

・これまで明確な定義のなかった「環境レジリエンス」の概念を明確にするとともに、自治体政策への適用性を考慮しつつレジリエントシティを評価するための3種類からなる指標体系（150以上の定量・定性的な都市指標・行政指標・市民指標）を開発し、これまでにない政策分野横断的な指標群として重要な意義がある。さらに、開発した指標を用いて、レジリエンスの状態を計測し、マルチプルリスクコミュニケーションを巡る心理学的知見や、学際的な実践知としての合意形成手法の知見が蓄積された。今後は、例えば、SDGs（Sustainable Development Goals）の一要素としての提案が可能であり、またFuture Earthの議論において中心をなしているコデザイン・コプロダクションの基盤となる知見として活用できる。

・エネルギー・レジリエンスの評価を定量的に行うことが可能であることを示すとともに、予防・順応・転換の各段階におけるレジリエンス価値、CO<sub>2</sub>削減量、および設備投資額を明確にすることができた。具体的には、レジリエンス価値、CO<sub>2</sub>削減量及び設備投資額を指標にしてその数量的評価を試みたところ、緩和・適応・レジリエンスに共通する転換策である分散型システムへの転換が高い評価となった。また、転換策の一つである水道管ネットワークを用いた排熱利用可能量をGISによる示す手法を開発することができ、視覚化することが可能となった。

・資源循環レジリエンスについて、予防、順応、転換のそれぞれの段階における対策の内容を明らかにすることができた。全国の自治体では施設の耐震化や耐水化等の予防策が多く、高台移転等の転換策については対策が進んでいない。また、大規模自然災害時には市民においてはなるべくごみが出ないようにするという発生抑制行動がとられることが明らかになった他、収集途絶時の処理に関する負担許容額が明確になった。これによれば、過去に災害を経験している市民の方が負担許容額が大きくなった。

・Slovicらをはじめとするリスク認知研究を継承・拡張した市民による都市リスク認知度の評価と、自治体の事務事業評価書および環境白書に記載された対策数と自治体関係職員による回答に基づく重み付け係数による対策の実施度の評価を組み合わせ、レジリエンスを診断する新しい枠組みを提示した。

・大規模災害時における水道事業体の水道水質管理を支援するための評価モデルを開発した。本モデルでは、PRTR事業所での防護策（緊急遮断弁の普及）、浄水場側での順応策（危機時専用の水道水質基準の適用）、双方の連携による対策効果が検討可能であり、これまでの流出防護策のみに特化したモデルより発展したシナリオ解析モデルである。

・レジリエンス構築の初期段階にある小規模都市（セブ市とノンタブリ市）は、災害リスク削減を制度化するにあたり新たな組織を創設することに主眼を置く傾向がある。同時に、シンプルな構造上の解決策を用いてハザードによる影響の緩和を図ろうと試みたり、環境保護対策を講じたり、早期警戒システムを設置するという取組も行っている。これに対して、大規模都市（ホーチミン市と上海市）は、戦略的計画の立案や最新のデータベースやハザードリスク・マップの活用など、レジリエントシティ構築に向けてより高度な活動に主眼を置いている。これらが災害リスク管理においてより進んだ

段階にある都市の特徴となっている。このようなことから、都市リスクに対する市レベルでの対応の幅は極めて広く、それぞれの状況のコンテキストと、その都市がどのような発展段階にあるかということに大きく左右されることが分かった。

## (2) 環境政策への貢献

### <行政が既に活用した成果>

- ・第3回国連防災世界会議において市民ワークショップを開催し、仙台地域のリスク、脆弱性、レジリエント施策への自助・共助・公助への期待について議論を深めるとともに、Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030の実現に貢献した。また、自治体ワークショップを開催し、自治体の環境、企画、防災部局の担当者、内閣官房国土強靱化推進室や環境省地球環境局研究調査室、学識経験者等を含めて議論し、今後のレジリエンス政策の立案・推進・深化に有益な知見を得た。
- ・日本版「首長誓約」を誓約した5市（岡崎市、豊田市、安城市、知立市、みよし市）は、西三河地域におけるエネルギーの地産地消や温室効果ガスの大幅削減、気候変動などへの適応に関する取組みを推進するため、2015年3月29日に「西三河首長誓約推進協議会」を設立した。
- ・自然災害や気候変動による災害の課題に効果的に対処するために、都市はリスク評価とレジリエンス強化のための方策を日常の政策決定や長期開発計画およびその投資に組み入れていく必要がある。セブ市とノタブリ市が打ち出した計画では、緩和策と適応策の両方が反映されており、両市議会において正式に承認された。さらに、セブ市では、実施のために市議会予算の5%を毎年計上することとなった。両市のこういった実績は、国内外において良例として評価された。

### <行政が活用することが見込まれる成果>

- ・エネルギー自治に向けた能力向上プログラムが開発できたため、これを広く公表することにより、自治体の担当者は自らの自治体におけるエネルギー施策の立案に関する需給構造や排熱等の発生状況を把握することができるようになる。また、取組段階表により、自らの自治体のエネルギー施策の状況を他自治体との比較において客観的に認識することができるようになる。さらに、そのプログラムの試行の方法として「首長誓約」を提案したが、このネットワークの活用により、自治体間の情報・経験交流が促進される。加えて、持続可能なエネルギーアクションプランの作成のために、持続可能なエネルギー・資源循環システムや熱中症への影響への対応等の、リスクを「チャンス」にする分野への具体的な目標の立案・施策の実施が望まれる。
- ・都市リスクに対する環境レジリエンス評価手法を活用することで、様々な都市リスクに対するレジリエンス能力の向上が求められる中、市民のリスク認知状況および対策の実施度が定量化され、各自自治体において継続的に診断を実施、記録することで、レジリエンスの向上度合いを把握できるほか、対策不足状況の補完につながる。
- ・水循環と化学物質管理を対象としたケースステディで得られた対策効果分析の評価結果は、大阪府が「大阪府化学物質適正管理指針」を改正（平成25年11月29日）し、大規模災害に伴う管理化学物質の漏えい、流出等の緊急事態を対象とした対策の優先度を精査している中、対策の優先順位付けに向けて情報基盤となることが期待される。
- ・本研究を通し、気候・自然災害リスク削減およびレジリエンス構築に向けた取組として、1) 災害管理体制の確立、2) リスク評価の実施、3) 主要インフラへの投資および生態系保全、4) 教育施設やコミュニティにおける意識向上のための啓発プログラムの実施、5) 計画の立案・実装に向けたステークホルダーとのパートナーシップ醸成の5項目が特定できる。
- ・国際的にレジリエント政策を促進し、知見とアジア地域の各都市間における最良事例の共有を奨励するための国際的プラットフォームは、都市がレジリエント戦略の企画と施行、財源確保を行えるようなキャパシティ・ビルディングと、最善策を拡大シケールアップして新しい都市へと展開していける知識と知見の共有を目指したネットワークの樹立を支援する役割を担っており、災害リスク削減に向けた意識向上、問題解決手法、地方レベルの優良事例の共有を推進している。

## 6. 研究成果の主な発表状況

### (1) 主な誌上発表

#### <査読付き論文>

- 1) 黄堅、黄臣：東アジアへの視点、公益財団法人アジア成長研究所、25(4)、87-96、(2014)、上海市民への防災減災意識調査から見る意識向上の重要性
- 2) Premakumara, D. G. J and Canete, A. M. L. 339-344. (2014) planning Resilient Cities: Lessons



from the Philippines, Proceedings of the 9th International Symposium on City Planning and Environmental Management in Asian Countries

- 3) 馬場健司、田中充：都市計画論文集、50(1)、46-53 (2015)、レジリエントシティの概念構築と評価指標の提案
- 4) 伊川純慶、中久保豊彦、東海明宏：土木学会論文集G（環境）、71(6)、II\_253-II\_262 (2015) 「レジリエンス特性を踏まえた災害廃棄物（可燃系廃棄物）処理の対策効果分析—近畿圏における広域連携を対象として—」
- 5) 中久保豊彦、東海明宏：土木学会論文集F6（安全問題）、71(2)、I\_33-I\_40 (2015) 「ライフライン分野におけるレジリエンス定量評価手法の類型化に関する研究」
- 6) 杉山範子：環境科学会誌、29(2)、16-21 (2016)、持続可能な社会づくりのための社会活動における環境政策研究者の役割に関する考察  
 <査読付論文に準ずる成果発表>
- 1) 馬場健司：社会及び自然環境・生態系のレジリエンス評価と指標化、池田俊介、小松利光、望月常好、馬場健司編：気候変動下の水・土砂災害適応策—社会実装に向けて—、近代科学社（2016）、（印刷中）
- 2) 竹内恒夫・杉山範子：環境科学シンポジウム2014、12. 地域のエネルギーシフト・ガバナンスのあり方、環境科学会誌27(6)、pp. 410-414 (2014)
- 3) 杉山範子：人間環境問題研究会編集 環境法研究40号、139-159 (2015) 自治体温暖化・エネルギー対策の最前線、欧州の地方自治体における気候政策・エネルギー政策の動向：「市長誓約（Covenant of Mayors）」を中心に
- 4) 竹内恒夫・杉山範子：環境科学会誌vol. 28, No. 6, 466-470 (2016) 環境科学シンポジウム2015 「『レジリエントシティ政策モデル』の開発とその実装化」、地域のエネルギーレジリエンス政策能力向上プログラムの開発
- 5) 竹内恒夫：環境情報科学45-1, 25-31 (2016) 電力全面自由化による地域社会への期待と提案—効果分析とドイツの事例より

## （2）主な口頭発表（学会等）

- 1) 加藤拓・竹内恒夫：環境科学会2014年会、(2014)、日本の地方自治体におけるエネルギー政策の動向と課題
- 2) Noriko Sugiyama：International Workshop “Mega Earthquakes and Tsunamis in Subduction Zone—Forecasting Approaches and Implications for Hazard Assessment” (Rhodes Isl., Greece) (2014)、Special Session “Pre-and Post-Disaster Resilience and Risk Mitigation Actions”
- 3) 竹内恒夫：日本リスク研究学会第27回年次大会、京都大学、(2014)、都市のエネルギー・レジリエンスの評価手法の開発及びその評価事例
- 4) A. Tokai, T. Nakakubo, H. Yamaguchi and K. Nakazawa: 2014 Society for Risk Analysis - Asia Conference, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, (2014) “Environmental Resilience Assessment Based on Risk Concept”
- 5) 中久保豊彦、東海明宏、山口治子、中澤暦：第42回環境システム研究論文発表会、産業技術総合研究所（2014）レジリエンスの定量評価手法のレビューと都市水代謝への適用に向けた枠組みの設計
- 6) Jian Huang, D. G. J. Premakumara, Toshizo Maeda, 第42回環境システム研究論文発表会、149-154 (2014)、アジア4都市におけるレジリエントシティ構築の取り組みと課題
- 7) K. Baba: Resilient Cities 2015 (6th World Congress on Cities and Adaptation to Climate Change), Bonn, Germany, (2015), Developing a Policy Model for Resilient City: Implications from Applying Indicators, Status Report and Scenario Development to Japanese Cities
- 8) 川久保俊、馬場健司、田中充：環境科学会2015年会、大阪大学、(2015)、公開統計情報に基づく都市のレジリエンス性評価
- 9) 小杉素子、馬場健司、田中充：環境科学会2015年会、大阪大学、(2015)、災害による地域社会リスクの評価；9都市における質問紙調査結果より
- 10) 松野正太郎、奥岡桂次郎：環境科学会2015年会、(2015)、資源循環レジリエンスの枠組みと評価の検討
- 11) 杉山範子：環境科学会2015年会、(2015)、地域のエネルギーレジリエンス政策能力向上プログラムの開発

- 12) T. Nakakubo, Y. Tada, A. Tokai and H. Yamaguchi: Society for Risk Analysis World Congress on Risk 2015, Matrix @ Biopolis, Singapore (2015) “Development of Environmental Resilience Assessment Method for Applying to Urban Water Metabolism in Japan”
- 13) 岸本紗也加、東海明宏、中久保豊彦：環境科学会2015年会、大阪大学（2015）都市リスク認知と施策の充実度からみた自治体のレジリエンス評価手法の検討
- 14) 多田悠人、中久保豊彦、東海明宏：日本リスク研究学会第28回年次大会、名古屋大学（2015）地震災害を想定した化学物質流出による浄水場の給水機能への影響評価：淀川水系のレジリエンスに注目して
- 15) 杉山範子：近畿地方環境事務所主催「地方公共団体主導によるCO<sub>2</sub>排出削減促進事業支援事業」勉強会（2016）、日本版『首長誓約』の提案

## 7. 研究者略歴

課題代表者：竹内 恒夫

名古屋大学経済学部卒業、経済学士、現在、名古屋大学大学院環境学研究科教授

研究分担者

- 1) 田中 充  
東京大学大学院理学系研究科修士課程修了、理学修士、現在、法政大学社会学部教授
- 2) 東海 明宏  
大阪大学大学院工学研究科博士後期課程修了、工学博士、現在、大阪大学大学院工学研究科教授
- 3) 前田 利蔵  
サセックス大学大学院環境・開発政策修了、現在、地球環境戦略研究機関バンコク地域センター長

**1-1304 「レジリエントシティ政策モデル」の開発とその実装化に関する研究****(1) 政策モデル・シナリオ構築と政策手法の開発**

&lt;研究分担者&gt;

学校法人法政大学

社会学部・教授・田中充

地域研究センター・特任教授・馬場健司

地域研究センター・特任教授・白井信雄

地域研究センター・客員研究員・小河誠

地域研究センター・客員研究員・木村浩巳

&lt;研究協力者&gt;

学校法人法政大学デザイン工学部・助教・川久保俊

学校法人法政大学地域研究センター・客員研究員・北風亮（平成25年度）

大学共同利用機関法人総合地球環境学研究所・プロジェクト研究員・増原直樹（平成25年度）

国立大学法人千葉大学大学院園芸学研究科・博士前期課程・永田悠（平成26～27年度）

国立大学法人東京大学大学院工学系研究科・博士前期課程・白井浩介（平成27年度）

国立大学法人静岡大学大学院総合科学技術研究科・特任准教授 小杉素子（平成27年度）

平成25(開始年度)～27年度累計予算額：29,950千円（うち平成27年度：9,642千円）

予算額は、間接経費を含む。

**【要旨】**

本研究は、「レジリエントシティ政策モデル」を開発し、日本及びアジアの都市の政策に反映することを目的として、以下を実施した。まず、国内外の膨大な文献調査、複数の関連する分野の専門家と自治体政策担当者へのインタビュー調査などにより、レジリエントシティの概念や指標体系について整理した。その結果、レジリエントシティを、気候変動や自然災害といった外力(リスク・ストレス)とエネルギーを中心とする社会・生態系システムの関係として捉え、マルチプルな環境リスクに対応しうる能力を持つ都市と規定した。リスクの曝露量(環境変化の規模)が与える都市システムへの影響が閾値を超えない範囲では、抵抗度・剛直性、或いは許容度・柔軟性をひきだすための緩和策や適応策により、都市システムは従前どおりに維持されるものの、閾値を超えると、レジームシフト(ある種の革命的な事象)が発生し、新しい都市システムを創造する転換能力を引き出すための超長期を見据えた転換策が必要となる。したがってレジリエンスを高めるには、緩和策、適応策、転換策の組み合わせが必要となる。都市のレジリエンスの状態を計測する3種類の指標として、定量的に計測する都市指標、行政職員が定性的に評価する行政指標、一般市民が定性的に評価する市民指標、合計130種類以上を開発した。これを用いて、全国の政令指定都市の都市指標を計測するとともに、全国の自治体を対象とした質問紙調査、全国の9都市の一般市民らを対象とした質問紙調査を実施して行政指標と市民指標をそれぞれ計測した。その結果を踏まえて、政策モデルの具現化の一環として、自治体担当者や内閣官房国土強靱化推進室、環境省地球環境局研究調査室、学識経験者等らの参加によるワークショップを2回開催し、また市民参加

によるワークショップを、第3回国連防災世界会議のパブリックフォーラムとして2015年3月14日に仙台にて開催した。以上のように、レジリエンスを巡るステークホルダー間のギャップを解消し、レジリエントな地域社会を共創するコデザインの試みを実施し、各アクターそれぞれに気づきが得られた。

### [キーワード]

リスクマネジメント、気候変動適応、防災・減災、コデザイン、評価指標

## 1. はじめに

持続可能な社会を語る際に「レジリエンス」というキーワードが注目されるようになっている。特に東日本大震災を経験した日本では、内閣官房国土強靱化推進室を中心に「ナショナル・レジリエンス（防災・減災）懇談会」の検討が国家政策として2013年春から急速に進められてきた。ただし、ここでは、その根拠となる「防災・減災等に資する国土強靱化基本法」の名称や「懇談会」での議論の経緯が示すとおり、防災・減災が主たる関心となっている。

このような動きは、日本だけではなく世界的な潮流であり、「レジリエントシティ」の概念は様々なものが提示されている。国際的には、「レジリエントシティ」は気候変動やエネルギー、生物多様性などの主な環境政策の論点と絡めて議論されているケースが少なくなく、国内での防災・減災に収斂した動きよりは、幅広い論点をカバーしている点に留意が必要である。

## 2. 研究開発目的

環境政策上の問題関心に基づくレジリエンス（以降、「環境レジリエンス」とする）の議論において、防災・減災は重要な1つの要素ではあるものの、これに加えて、環境に配慮した都市づくりやエネルギーといった多様なリスクに対応する能力を有する都市の形成のため、アセスメント手法、政策手法、合意形成手法などを組み込んだ「レジリエントシティ政策モデル」を開発し、日本及びアジアの都市の政策に反映することを目的とする。

## 3. 研究開発方法

1年目は、国内外の文献調査、複数の関連する分野の専門家と自治体政策担当者へのインタビュー調査などにより、レジリエントシティの概念や指標体系について整理した。その上で、これまで開発されてきたCASBEE都市の成果等を参照しながら、都市のレジリエンスの状態を計測する指標、モデル都市（仙台市、川崎市等）での行政文書の精査による事例分析を通じて行政指標を開発した。また、全国都市（都道府県、政令指定都市、中核市の企画、防災、環境部局の担当者）を対象とした質問紙調査を実施するとともに、自治体担当者や専門家らの参加によるワークショップを開催し、政策モデル案等について議論した。

2年目は、昨年度までに実施してきた文献調査や自治体担当者へのインタビュー調査などを総合的に整理したレジリエントシティの概念や指標体系に基づいて、まず行政指標を計測するため、全国の自治体を対象とした質問紙調査を実施し、収集されたデータを分析した。次に、市民指標を計測するため、全国の市民を対象とした同様の質問紙調査を実施する。以上で得られた結果を活用して、レジリエンスを巡る行政と市民とのギャップを共有し、解消していくための市民参加

ワークショップを開催した。

3年目は、前年度までに実施してきたレジリエントシティ概念の整理と体系化、レジリエント指標体系の構築、これらに基づいた行政指標の計測結果(全国の自治体を対象とした質問紙調査データの分析結果)を踏まえて、公表データに基づいた都市指標の分析をさらに進め、全国9都市の市民を対象として実施した質問紙調査データを分析し、市民指標を計測した。以上で得られた結果を活用して、レジリエンスを巡る行政施策の実装化を目指した政策担当者の参加によるワークショップを開催した。

#### 4. 結果及び考察

##### 1) レジリエントシティの概念と環境レジリエンスの射程

文献調査の結果に基づいて、レジリエンスの概念を整理する。既に様々な分野でサーベイ論文が存在しており、例えば、心理学や個人レベルについては石原・中丸(2007)など、防災や地域社会レベルについては塩崎、加藤(2012)やNorris et al.(2008)、Manyena(2006)など、生態学や社会生態システムについては森(2010)やResilient Alliance(2002)など、経済分野については藤井他(2012)など、多数にのぼる。これらを参考としながら、本プロジェクトの主題であるレジリエントシティ、環境レジリエンスの参考となり得ると考えられる先行研究の定義の例を表(1)-1に示す。

以上の調査結果をもとに、本研究におけるレジリエントシティの概念と環境レジリエンスの射程について取りまとめる。多くのレジリエントシティで想定されている外力(リスク、あるいはストレス)としては、まず自然災害が共通として挙げられる。これに加えて、人為的な外力として、気候変動、エネルギーの供給の不安定さ、都市生態系への影響がしばしば想定されている。リスクとは「ある技術の採用とそれに付随する人の行為や活動によって、人の生命の安全や健康、資産ならびにその環境(システム)に望ましくない結果をもたらす可能性」と定義され、環境リスクも自然災害リスク、都市災害リスク、食品医療品リスク等と並ぶリスクのタイプの1つを構成するもの

表(1)-1 レジリエンスの概念の一例

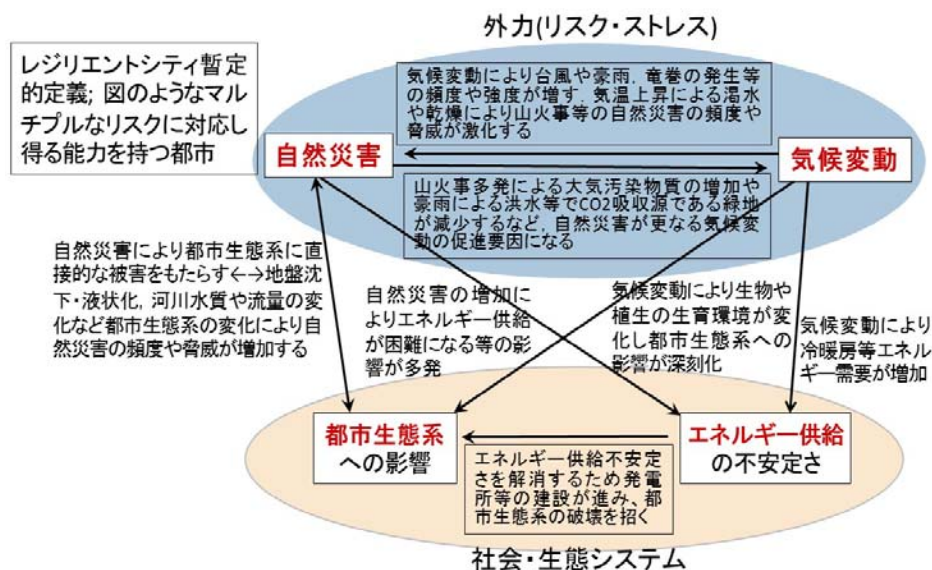
著者、発表年	対象分野	定義
Holling., 1973	生態系	システムの粘り強さの手段であり、変化や攪乱を吸収する能力、システムの構成要素の関係を一定に保つ能力。
Adger, 2000	社会	外部からのショックに対して地域社会におけるインフラが持ちこたえる能力。生態系レジリエンスは、生態系が質的に異なる状態へ崩壊することなく攪乱を許容する能力。ショックに持ちこたえ、必要な時には再構成することのできる能力。
Resilient Alliance, 2002	社会・生態システム	社会システムのレジリエンスは、将来に備えて予測したり計画したりする人間の能力。レジリエンスとは、これらの社会生態システムがリンクされた3つの特質をもつ。1) システムが被っても同じコントロールにより機能や構造を保つことのできる変化の総量、2) システムが自己組織化できる度合い、3) 学習し、適応することのできる可能性を向上させる能力。
Godschalk, 2003	都市	物理的なシステムと人間社会の持続可能なネットワークであり、極端現象を管理することのできる、つまり極端なストレス下でも存続し、機能することができること。
UNISDR, 2005	都市	潜在的に曝露されるハザードに対するシステムや地域社会、或いは社会の適応能力であり、機能や構造が受容可能なレベルを維持するために抵抗し、変化する能力。社会システムが過去の災害から学習してよりよい未来の防護やリスク低減手段の改善のために自己組織化することのできる度合いによって決定される。
Norris et al., 2008	地域社会	頑健性、冗長性、迅速性がストレス要因に対して反作用するときにレジリエンスは発生、ネットワーク化された適応能力の集合のこと。経済発展、情報通信、コミュニティの能力、社会関係資本のリンケージで構成される。



として考えられる(池田、盛岡(1993))。

環境庁(当時)によれば、1994年に策定された第一次環境基本計画で初めて「環境リスク」の用語が用いられ、後に同庁が設置した「21世紀における環境保健のあり方に関する懇談会」の報告書(1996年)においては、環境リスクを「人の活動によって環境に加えられる負荷が環境中の経路を通じ、ある条件のもとで健康や生態系に影響を及ぼす可能性(おそれ)」と定義している。そして、環境リスク要因として、環境基本計画では主に化学物質の使用を念頭に置いているが、自然環境の改変行為、温室効果ガスの排出等、環境保全上の支障の原因となるおそれのあるすべての要因が対象となり得る(内山(2006))。このような視点を踏まえて、本研究では、図(1)-1に示すような外力(リスク・ストレス)と社会・生態系システムの関係を取り上げ、レジリエントシティについて「マルチプルな環境リスクに対応しうる能力を持つ都市」と規定する。

ところで、「レジリエントシティ」と類似する概念であり、環境政策の文脈で示される都市づくりの方向性として「サステイナブルシティ」や「エコシティ」などが挙げられることがある。これらについては、多くの文献で併記されることが多い(例えば、Tobin(1999))。エコシティやスマートシティなどの様々な名称で呼ばれるもののうち、具体的な政策事業として挙げられる代表例の1つが、内閣官房地域活性化統合事務局が進める「環境モデル都市」である。これは、低炭素社会の実現に向けて、温室効果ガスの大幅削減など先駆的な取り組みにチャレンジする都市とされており、2013年3月までに合計20都市が選定されている。また、経済産業省が進める「次世代エネルギー・社会システム実証事業」の指定都市は「スマートシティ」と呼ばれている。これは、市民のQoL(生活の質)を高めながら、健全な経済活動をうながし、環境負荷を抑えながら継続して成長を続けられる新しい都市の姿、とされている。そこでも環境負荷の低減を前提とした再生可能エネルギーや電気自動車の導入が中心的な課題となっている。これらはいずれも環境負荷、あるいは外力(リスク、ストレス)の低減、緩和が基本的なスタンスとなっている。一方、これまでみてきたように、レジリエントシティは、基本的には外力への対応が主たる問題関心となっている。そこで本研究では、サステイナブルシティを上位の概念にとらえ、外力を緩和する方向性をめざすエコシティやスマートシティ等の都市づくりに対して、外力に対応する都市づくりを(環境)レジ



図(1)-1 レジリエントシティにおいて想定し得る外力(リスク・ストレス)と社会・生態システムの相互関係

リエントシティと規定し、両者は相互補完的な存在として捉えることとする(図(1)-2)。

環境リスクに対応しつつレジリエンス(レジリエントシティ)を具現化する施策の考え方について、図(1)-3のとおりに整理することができる。ここでは、リスクの曝露量(環境変化の規模)が一定程度までは、都市システムは全く影響を受けず、それが持つ抵抗度や剛直性によりシステムは従前どおり維持される。しかし、リスクの曝露量(環境変化の規模)が一定の値を超えると、都市システムへの影響が不連続に出始める。とはいえ、この段階までは、その許容度・柔軟性により、都市システムはやはり従前どおりに維持される。ここまでに講じられ得る施策は、システムの適応能力をひきだすための緩和策であり、適応策であるといえる。

つまり、一般にリスクマネジメント論でいわれる、

リスク＝「環境保全のために回避したい出来事が起こる確率(生起確率)」

×「その出来事が起こることで環境に与えるであろう被害の大きさ(程度)」

のうち、環境保全のために回避したい出来事が起こる生起確率の最小化を図るのが「緩和策」、出来事が起こることで環境に与える被害の大きさ(程度)について最小化を図るのが「適応策」という整理である。この考え方に基つけば、その両者が出来事の事前と事後に実施される必要がある。

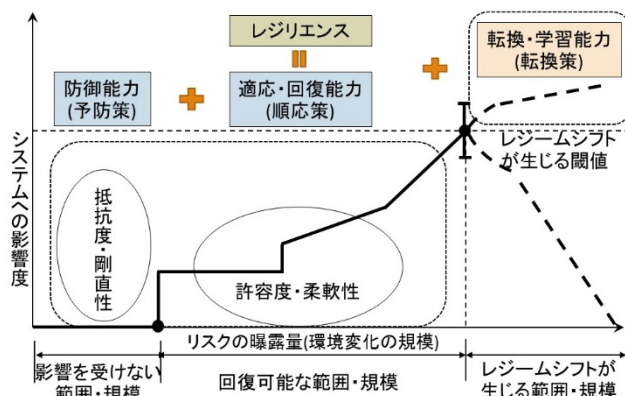
さらに、リスクの曝露量(環境変化の規模)が閾値を超えると、レジームシフト(ある種の革命的な事象)が発生し、都市システムの既存の枠組みが崩壊して根本的に新しいシステムを創造する転換能力が発揮されることになる。そのために超長期を見据えた転換策が必要となる。したがってレジリエンスを高めるには、以上のように、緩和策、適応策、転換策の組み合わせが必要と考えられる(半藤、窪田(2012))。

2) レジリエントシティ評価指標：都市のレジリエンスを評価する指標の開発

UNISDR(2012)やSatoyama Initiative(Bergamini et al.(2013))をはじめとする複数の文献調査を踏まえてレジリエンスに関連する指標を整理した。この結果から、自治体政策担当者が既往の施策の有無をチェックし、それが当該都市のレジリエンスの向上につながるか否かを把握・測定・評価する「行政指標」と、ステークホルダーや市民が当該都市の市民生活や社会関係資本などの社会経済活動と環境要素などの状態に係るレジリエンス性を測定・把握・評価する「都市指標」の2つの傾向が観察された。このようにして収集された専門知と現場知、生活知とを統合していくことが都市のレジリエンスを高めることは、これまで各地で実践されつつあるCommunity Based Adaptation (Allen(2006), van Aalst et al.(2008))の発展形として捉える方向からも肯定される。また、



図(1)-2 レジリエントシティと類似する都市の概念との関係



出典：Mens et al.(2011)より改変

図(1)-3 環境リスクへの曝露とシステムへの影響との関係

事例都市における聞き取り調査(川崎市総務局危機管理室; 2013年8月13日、川崎市地球環境推進室; 2013年8月19日、仙台市環境局、総務企画局企画調整課; 2013年8月20日実施)の結果からもこのことは確認されている。そこで本研究では、これらに加えて以下の3つの指標群から構成される指標体系を考案し、当該自治体のレジリエンス性を評価することとする。

①都市指標：都市のレジリエンス度(状態)を把握・測定

自治体担当者と専門家が、当該都市の物理的なインフラや経済活動と環境要素などの状態に係るレジリエンス性を把握・評価する指標(ハードなストック)。国勢調査、事業所統計等の統計データに加えて行政質問紙調査データを補完的に追加し、把握する。

②市民指標：市民のレジリエンス度(状態)の把握・測定

ステークホルダーや市民と専門家が、知識・意識、学習・訓練、社会関係資本などの市民生活と環境要素の状態に係るレジリエンス性を把握・評価する指標(ソフトなストック)。NHK生活時間調査等の統計データに市民質問紙調査データを補完的に追加し、把握する。

③行政指標：レジリエンス施策の実施状況を把握・測定

自治体担当者と専門家が、既往の施策の有無や程度、進捗度をチェックし、当該都市のレジリエンス度の向上につながるか否かを把握・評価する指標(概ねフロー)。公表されている行政計画等を整理し、行政質問紙調査データを補完的に追加する。モデル都市における詳細な整理と一般都市における簡易な整理を実施する。

これらの指標は、表(1)-2に示すような「回避すべき想定事態(エンドポイントとシナリオ)」として3つのレベル(個人の生命・財産の毀損、社会システムの機能喪失、自然システムの機能喪失)を設定している。こうした回避すべき想定事態に対して、ここでの指標体系は、図(1)-3で示した3つのレジリエンスの側面からみたときに、当該自治体はどのような施策類型(予防策、順応策、転換策)を持っているのか(行政指標)、またどのような潜在能力(防御能力、適応・回復能力、転換・学習能力)を持っているのか(都市・市民指標)、を評価する構造となっている。

今後の課題として、3つの指標群を統合化し、総合評価するための1つの方法として、モデル都市等において「庁内横断シナリオワークショップ」の開催による各部局のフレーミングギャップの相違を踏まえたAHP等による施策のプライオリティ化、当該自治体の一般市民を対象としたマルチプルリスク認知と施策に対する態度に関する意識調査データを用いて生活知をインプットし、統合化を行う。

なお、行政指標については、各自治体における環境基本計画や地球温暖化対策実行計画、地域防災計画などの関連する行政計画をもとに、気候変動と自然災害という2つの外力のそれぞれに対して、より具体的な「回避すべき想定事態(エンドポイントとシナリオ)」とそれに対応する施策類型として表(1)-3～6に示すものを設定している。このような分析作業を、本研究のモデル都市である仙台市、川崎市を法政大学が、名古屋市、豊田市を名古屋大学が、尼崎市をはじめとする関西の諸都市を大阪大学が分担して実施している。

こうした分析結果を踏まえながら、全国の自治体(都道府県、政令指定都市、特例市の109団体)の環境系部局、企画系部局、防災系部局の担当者を対象とした質問紙調査を実施した(表(1)-8)。ここで収集されているデータは、各自治体の各部局において、どのような外力(リスク)を想定しているのか、そのような外力に対して地域社会や庁内にどのような脆弱性を持っているのか、どのような事態を回避すべきと評価しているのか、そのために3つの施策類型ではどのような施策を実施、



準備しているのか、そしてその施策の促進・阻害要因としてどのようなものがあるのか、などである。これにより、モデル都市で詳細に整理した行政指標の簡易なデータセットが全国の自治体について生成された。

また、都市指標・市民指標については、これまでに開発されてきたCASBEE都市の成果等を参照しながら、表(1)-7に例示するものを設定している。考え方として、例えば、建物出火リスクについては、建物火災出火件数／人口集中地区人口から算出することにより、過密すぎる都市・地域においてどの程度火災の延焼等が起りやすいかを判断するものである。復興労働力指数については、労働力人口／人口総数から算出することにより、激甚災害の発生時に地元で復興活動に携われる実質的な人口を評価するものであり、子供や高齢者が多いと値が小さくなり復興時に不利になることが想定されるものである。

表(1)-2 レジリエント指標の考え方(1)  
回避すべき想定される事態と施策類型・潜在能力

回避すべき想定される事態 ↓(エンドポイントとシナリオ)	①予防策 防御能力	②順応策 適応・回復能力	③転換策 転換・学習能力
I. 個人の生命・財産の毀損	・政策指標 ・都市・市民指標		
II. 社会システムの機能喪失			
III. 自然システムの機能喪失			

- 3つのエンドポイントに対してもう少し具体化したシナリオを設定
- 上記の事態に対して、3つのレジリエンスの側面からみた施策類型・潜在能力を政策・都市・市民指標を抽出して評価
  - 政策指標：回避すべき想定される事態に対してどのような政策が用意されているか？⇒公表されている行政計画等の資料を整理・行政質問紙調査データ
  - 都市指標・市民指標：回避すべき想定される事態に対してどのような潜在能力が備わっているか？⇒公表されている統計データ+行政・市民質問紙調査データ

表(1)-3 レジリエント指標の考え方(2)  
気候変動外力による気象災害と行政指標

気候変動として想定される外力	回避すべき想定される事態 (エンドポイントとシナリオ)	施策類型
A: 気温上昇 B: 降雨量増加 C: 渇水 D: 豪雪 ..等	⇒シナリオI 直接的な人命被害 ⇒シナリオII-1 建築物の倒壊・半壊・損傷 ⇒シナリオII-2 交通・物流・通信の機能不全 ⇒シナリオII-3 エネルギー供給途絶 ⇒シナリオII-4 原子力災害の発生 ⇒シナリオIII 都市生態系破壊	①想定事態を発生させないための <b>予防策</b> ②想定事態を乗り越え、しなやかに受け流すための <b>順応・回復策</b> ③想定外の事態が発生したときに対処するための <b>転換・学習策</b>  気候変動被害の低減(被害拡大防止)に向けた事前対策 気候変動被害の事後対応、被害最小化(既に生じている気候変動被害への対応)

表(1)-4 レジリエント指標の考え方(3)  
気候変動外力による気象災害と行政指標

気候変動の想定される外力	回避すべき想定される事態 (エンドポイントとシナリオ)	施策類型
A: 気温上昇	⇒シナリオI 直接的な人命被害 (熱中症や感染症、伝染病の多発)	①想定事態を発生させないための <b>予防策</b> ・現行システム(医療機関・行政福祉機関等の予防推進活動)の機能維持 ・現行システム強化への補助(人員・設備・機能充実) ・平常時のモニタリング・経年変化による将来予測及び対策の見直し ②想定事態を乗り越え、しなやかに受け流すための <b>順応・回復策</b> ・救急・医療的措置(人員・薬品・機材等)の積み増し ・備蓄、バックアップシステム稼働 ・情報収集、状況に応じた地域の隔離・避難など被害の低減と拡大防止策実施 ③想定外の事態が発生したときに対処するための <b>転換・学習策</b> ・気候変動由来の健康被害想定ラインの見直し、危険地域からの移転・撤退 ・感染症・伝染病対策の新技术開発・導入 ・他地域・他領域からのワクチン・薬品・救急医療チーム等の融通

表(1)-5 レジリエント指標の考え方(4)  
自然現象外力による自然災害と行政指標

自然現象として想定される外力	回避すべき想定される事態 (エンドポイントとシナリオ)	施策類型
A: 豪雨 B: 豪雪 C: 地震 D: 火山噴火 E: 高潮 F: 暴風・竜巻 G: 落雷	⇒シナリオI 直接的な人命被害 ⇒シナリオII-1 建築物の倒壊・半壊・損傷 ⇒シナリオII-2 交通・物流・通信の機能不全 ⇒シナリオII-3 エネルギー供給途絶 ⇒シナリオII-4 原子力災害の発生 ⇒シナリオIII 都市生態系破壊	①想定事態を発生させないための <b>予防策</b> ②想定事態を乗り越え、しなやかに受け流すための <b>順応・回復策</b> ③想定外の事態が発生したときに対処するための <b>転換・学習策</b>  自然災害に関する事前情報収集とモニタリング、予測精度の向上に関する対策 自然災害発生時の迅速な復旧と二次被害の低減に関する対策 災害保険や危険地域からの移転、復興特区など新しいシステムの構築

表(1)-6 レジリエント指標の考え方(5)  
自然現象外力による自然災害と行政指標

自然現象として想定される外力	回避すべき想定される事態 (エンドポイントとシナリオ)	施策類型
C: 地震	⇒シナリオII-3 エネルギー供給途絶	①想定事態を発生させないための <b>予防策</b> ・現行システム(電力会社やガス会社の管轄)の機能維持を図るべく対策をとる ・住宅用太陽光発電等の普及(供給力強化) ②想定事態を乗り越え、しなやかに受け流すための <b>順応・回復策</b> ・住宅用太陽光発電等の普及(非常用電源) ・地産地消・地域独立型供給システムの確立(分散型電源+蓄電システム+DR) ③想定外の事態が発生したときに対処するための <b>転換・学習策</b> ・オフグリッド住宅の奨励・補助 ・地産地消・地域独立型供給システムの確立(分散型電源+蓄電システム+DR)

表(1)-7 レジリエント指標の考え方(6)  
都市指標・市民指標の一例

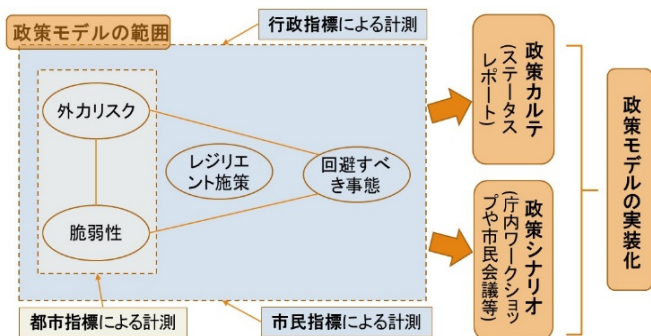
指標名	指標	適用範囲	潜在能力
建物出火リスク	建物火災出火件数／人口集中地区人口	全市町村	①防御能力
過疎化リスク	(社会増加+自然増加)／人口総数	政令指定都市	①防御能力
地域雇用状態	新規求人数／新規求職申込件数	政令指定都市	①防御能力
オープンスペース	(総面積-可住地面積)／総面積	全市町村	①防御能力
住宅ストック老朽度	住宅の平均年数	政令指定都市	①防御能力
避難遅延リスク	65歳以上のみの世帯数／世帯総数	政令指定都市	②適応能力
避難場所充足度	(小・中学校・高等学校数)／人口総数	全市町村	②適応能力
短期家計余裕度	固定費／消費支出合計	政令指定都市	②適応能力
冬季室温維持力	二重サッシ等導入世帯数／住宅総数	政令指定都市	②適応能力
長期家計余裕度	平均貯蓄率	政令指定都市	③転換能力
自治体財政力	財政力指数	全市町村	③転換能力
復興労働力指数	労働力人口／人口総数	全市町村	③転換能力

3) 行政指標による評価

本サブテーマでは、レジリエントシティの政策モデル・カルテ・シナリオという概念を使って、これに計測する評価指標を対応させて分析と実装化の枠組みを構築している(図(1)-4)。政策モデルとは、政策立案過程の全体像を表す仮説的フローであり、ここでは、外力リスク、脆弱性、回避すべき事態という3つの大きな要素が、レジリエント施策の実施・準備状況を規定すると仮定している。そして政策モデルの各要素の状態を計測する指標として、都市指標、市民指標、行政指標の3種類を用意している。その詳細については後述する。政策カルテとは、指標による計測結果を集めて各都市のレジリエンス性を診断するものである。また、政策シナリオとは、このカルテを使ってレジリエントシティを目指すシナリオを作り、政策実装化を図る庁内ワークショップや市民会議等の「場」を意味している。

以下では、行政指標について、表(1)-8に示した行政質問紙調査データを用いて試行的な評価を行った結果を示す。まず、図(1)-5～6に、既往施策で想定している外力による危機的事象(リスク認知 41指標)、回避すべき想定事態(エンドポイント 24指標)に対する各部局の5件法による評価の結果を部局別に示す。図(1)-5からは、渇水・水源地(水資源)枯渇、熱波・猛暑、赤潮、害虫を除くほとんどの事象において、各部局で有意差が観察されている。企画部局では人口減少や高齢化などの地域社会の長期にわたる事象に対して評価が高く、防災部局では自然的な外力だけでなく人為的な事故や戦争などの事象において評価が高く、環境部局では典型的な公害に関連する事象や生物多様性、温室効果ガスなどの長期的な事象において評価が高い。図(1)-6からは、長期的な水資源状況の悪化、暮らしやすさ・快適性の喪失、長期的なエネルギー供給不安を除くほとんどの事態において、各部局で有意差が観察されている。企画部局では長期的な経済活動の低落、長期的な行政サービス水準の低下、慢性的な治安の悪化、地域の伝統・文化の衰退など、やはり地域社会の長期にわたる事態において評価が高く、防災部局では直接的な人命被害をはじめとする災害の局面における深刻な事態において評価が高く、環境部局では地球温暖化という長期的な事態において最も評価が高い。これらの結果は、各部局の政策のフレーム(職務分掌)を色濃く反映したものとなっている。なお、地域社会や庁内に内在する脆弱性(28指標)についても各部局での評価の有意差は観察されているものの、その数は13指標と半数以下である。これは、危機的事象や回避すべき事態とは異なり、部局のフレームの相違を超えて、地域社会や庁内に共通の評価指標となっているものが多いためと考えられる。

これらの事象、脆弱性、事態に対応し得るレジリエント施策について表(1)-9に示す結果が得られている。予防策、順応策、転換策について実施、準備状況を二値変数(多重回答形式)で尋ねたも



図(1)-4 レジリエントシティ政策モデルを巡る枠組み

表(1)-8 行政質問紙調査の実施要領

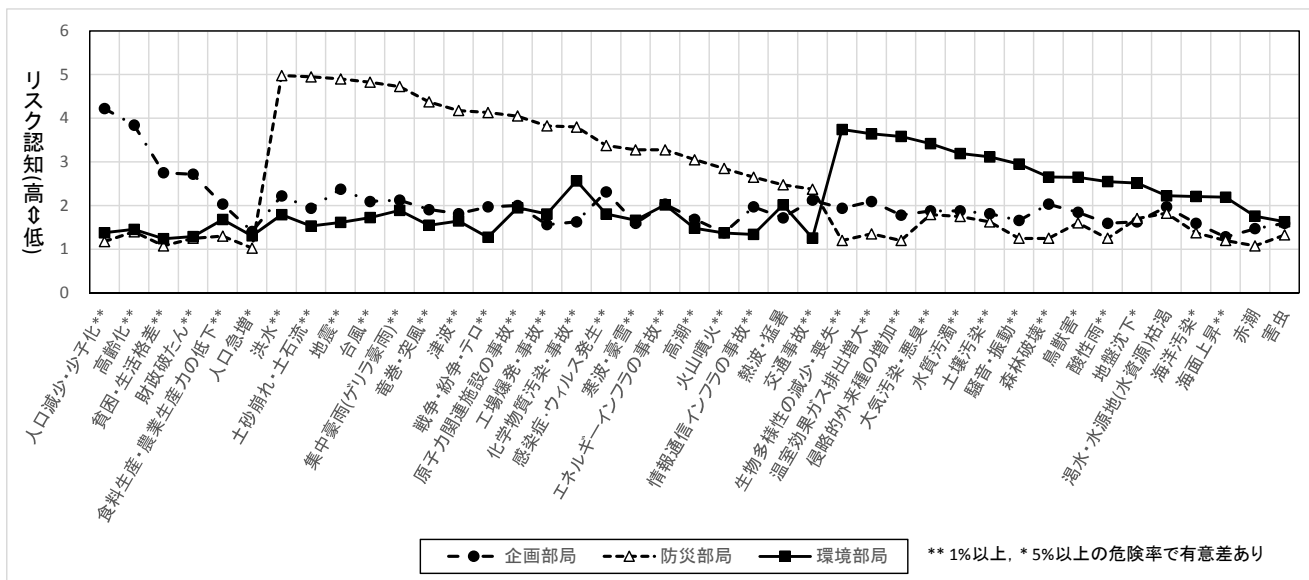
実施期間	2014年3月17日～4月25日
調査対象	都道府県、政令指定都市、中核市109団体の企画、防災、環境部局の政策担当者
実施方法	郵送配布/回収
調査項目	既往施策で想定している自然的、社会的な外力による危機的事象(41指標)、地域社会や庁内に内在する脆弱性(28指標)、回避すべき想定事態(24指標)、これらに対応し得るレジリエント施策(43指標)、政策過程の促進・阻害要因、自治体属性など
回収票(率)	148(45.3%)* 配布327票とした場合の回収率



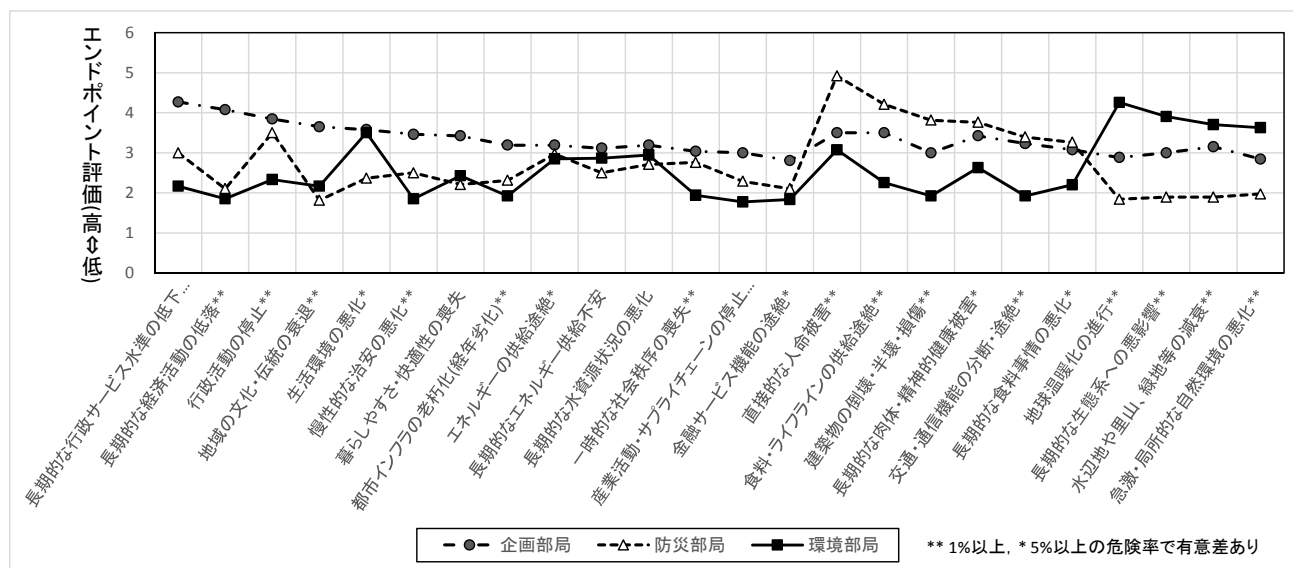
のである。全体的な傾向として挙げられるのは3点である。第1に、転換策の準備・実施率が突出して低く、全体の度数として最も多く挙げられたのは「次世代エネルギーインフラの整備・支援」で、次いで「都市機能集約化(コンパクトシティ化)」である。第2に、順応策については、各部署とも同様の施策が挙げられているものの、防災部局は非常に高い割合で、環境部局は非常に低い割合で挙げられている。第3に、予防策については各部署のフレームの相違が現れており、防災部局では災害協定の締結が100%、環境部局では省エネルギーの推進が100%に近く挙げられている。

4) 市民指標による評価

市民指標については、これまでに土砂災害、渇水、熱中症などの被害が多く発生したことのある地域などを選定し(札幌市、仙台市、川崎市、新潟県、愛知県、京都市、香川県、北九州市、鹿児島県)、そこに居住する一般市民(20~60歳代以上の男女)、及び公務員を対象として、電子メールで依頼/ウェブ画面で回答する方式で、2015年2月6日~2月10日に質問紙調査を実施した。その結果、3,953サンプルを回収しており、現在その結果を集計中である。主な質問項目は、概ね行政調



図(1)-5 各部署で想定している外力(リスク・ストレス)による危機的事象(リスク認知)



図(1)-6 各部署で回避すべきだと想定している事態(エンドポイント)

表(1)-9 各部署のレジリエント施策(43指標)の実施・準備状況

	予防策	順応策	転換策
企画部局 (N=17)	行政データの蓄積と政策との連携(58.8) 再生可能エネルギーの推進(52.9) 平均値(37.5)	行政組織の緊急時体制への迅速な移行(47.1) 被害に係る情報収集・提供方法の拡充(41.2) 平均値(35.7)	都市機能集約化(コンパクトシティ化)(29.4) 平均値(11.2)
防災部局 (N=39)	災害協定の締結(100.0) 自助・共助やコミュニティ機能活性化 (92.3) 平均値(39.7)	行政組織の緊急時体制への迅速な移行(94.9) 被害に係る情報収集・提供方法の拡充(89.7) 平均値(52.4)	ハイリスク区域からの住民移転(10.3) 平均値(2.8)
環境部局 (N=58)	省エネルギーの推進(96.6) 再生可能エネルギーの推進(93.1) 平均値(26.1)	被害に係る情報収集・提供方法の拡充(32.8) 行政組織の緊急時体制への迅速な移行(24.1) 平均値(11.5)	次世代エネルギーインフラの整備・支援(27.6) 平均値(7.1)

\* ( )の数字は実施・準備している団体数の割合(%）、各セルには割合が上位1~2位まで記載。

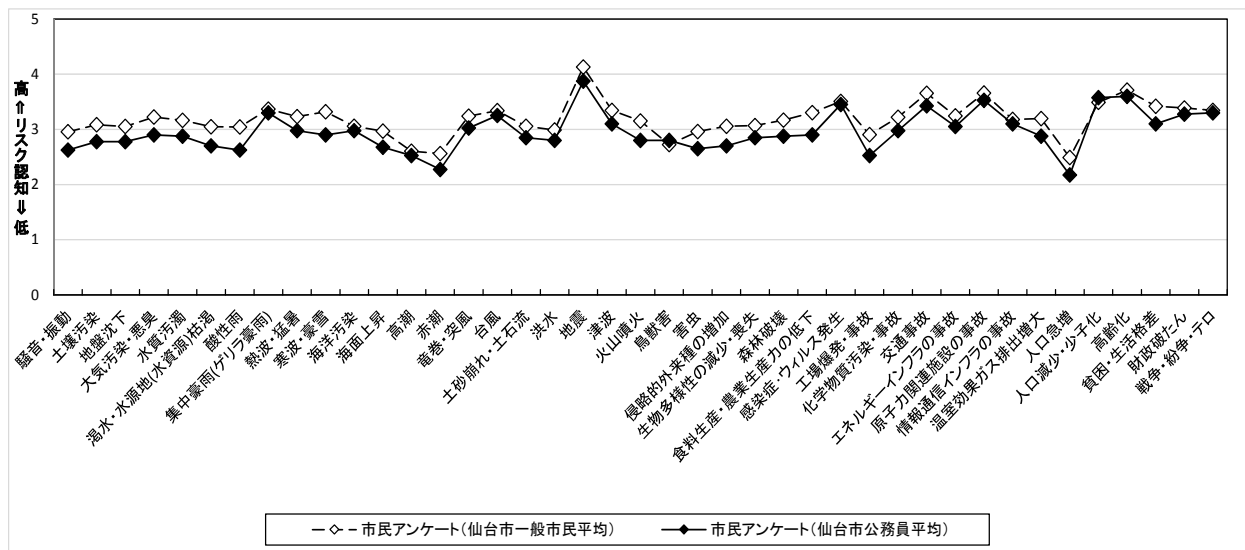
査と同様であり、想定される外力リスク(騒音・振動～戦争・紛争・テロなど41指標)、地域社会や家庭の脆弱性・弱点(低地の存在～税収の少なさなど28指標)、回避すべき事態(直接的な人命被害～地球温暖化の進行など24指標)、レジリエント施策に対する自助・共助・公助への期待、個人属性などである結果の一例として、図(1)-7は、外力リスクの項目について、仙台市の一般市民と公務員(仙台市役所、宮城県庁、国の出先機関、その他近隣の公務にお勤めの方など)と比較したものである。ほとんどの事象について市民の方が危機だと捉える人が多くなっている。この傾向は一般的によく見られるものであり、専門家や行政などその問題についてより詳しい知識や経験を持っている人の方が、リスクを小さく認知することが知られていることと整合的である。

5) 市民参加によるワークショップ

以上で得られた結果を活用して、レジリエンスを巡る行政と市民とのギャップを分析し、その

表(1)-10 市民質問紙調査の実施要領

実施期間	2015年2月7日～2月11日
調査対象	札幌市，仙台市，川崎市，新潟県，愛知県，京都市，香川県，北九州市，鹿児島県に居住する一般市民(20～60歳代以上の男女)，及び公務員
実施方法	電子メールで依頼/ウェブ画面で回答
調査項目	想定している自然的，社会的な外力によるリスク(41指標)，地域社会や家庭に内在する脆弱性(28指標)，回避すべき想定事態(24指標)，レジリエント施策に対する評価(16指標)，個人属性など
回収	3,953(各地域約440*9地域)



図(1)-7 仙台市の一般市民や公務員が想定している外力(リスク・ストレス)による危機的事象(リスク認知)

構造を解明することを目的に、市民参加によるワークショップを、第3回国連防災世界会議のパブリックフォーラムとして、2015年3月14日(土) 午後に仙台市民会館にて開催した。50名定員の会議室で、参加者は50名ほどであり、上記の市民質問紙調査に回答した仙台市民の中から希望のあった方に参加をお願いした。国連会議の参加者や仙台市環境局などの担当者も傍聴に訪れた。前半は、宮城・仙台の気候の変化、気候変動による今後の自然災害への影響と防災のあり方、気候変動・防災とグリーンインフラ、そしてレジリエントシティの概念と市民・行政によるリスク・脆弱性・施策の評価など、専門家による話題提供を行った。後半は、参加市民を約6人ずつ3グループに分けて構成し、3つのトピック(外力リスク、地域の脆弱性、自助・共助・公助によるレジリエント施策)について、ファシリテーターのリードにより90分間ほどの議論を行う場を設定した。

その結果、まずリスクについては、生活への影響が大きいものとして「原発の問題」「仙台市の財政の問題」「土地の脆弱性の問題」「地震」など、生活への影響が比較的低いが頻度の多いものとして「ゲリラ豪雨」「生態系のアンバランス」などが挙げられた。次に、脆弱性については、都市のつくり・高齢化社会という社会事象が起点となり、交通インフラが問題になるケースや、地場産業の不振が子育て世代へ影響しているというケース、潜在的な問題として、地盤の脆弱性や活断層の存在、気候変動に適応した農業なども挙げられた。最後に、レジリエント施策に対する期待として、公助としては、正確な情報を収集・集約して発信すること、他の地域に応援を要請することが必要であり、自助・共助としては、それが行われる間は、市民サイドで見つけてきた情報

を収集して、共有する仕組みをつくらなければならないこと、そのためにはコミュニティを地域の中でつくる、強化していくことが必要となる、といった気づ

**第3回国連防災世界会議パブリックフォーラム  
ワークショップで学ぶ  
多様な都市リスクへの対応  
～仙台レジリエントシティモデルの構築に向けて～**

自然災害や気候変動など、私たちは様々なリスクに直面しています。レジリエントとは、こうしたリスクに対して、強靱(きょうじん)なまちづくりを行ったり、しなやかに受け流す対応を行ったり、回復力のある都市を実現していくことです。フォーラムでは、専門家から話題提供を行い、市民の皆さんと一緒に、仙台が直面するリスクとレジリエントシティの進め方について、意見交換を行います。ぜひご参加ください。

【日時】2015年3月14日(土) 13:00～17:00 (開場12:30)  
【場所】仙台市民会館 会議室5 (青葉区桜ヶ岡公園4-1、勾当台公園駅下車徒歩10分)  
【定員】仙台市民 50名 (申し込み不要、先着順、参加無料)

将来を見据えた多様なリスクに対応し  
得るレジリエントなまちづくり

群日本大震災を契機に、環境・防災の  
自律的なエネルギーシステムをめざす  
まちづくりが喫緊の課題

水災害、熱中症や農作物被害などの気  
候変動に伴うとみられる災害が顕在化

【内容】  
13:00～15:00 専門家による話題提供  
池田友紀子氏(仙台管区気象台)、小松利光氏(九州大学名誉教授)、中静透氏(東北大学教授)  
+ 田中充氏(法政大学教授)、馬場健司氏(法政大学特任教授)  
15:15～16:45 市民参加によるワークショップ  
仙台をとりまくリスクとは?どんな脆弱性(弱点)がある?仙台をよりレジリエントなまちにするには?  
進行: 杉山範子氏(名古屋大学特任准教授)、小澤はる奈氏(環境自治体会議環境政策研究所理事長)  
16:45～17:00 まとめ

お問い合わせ: 法政大学地域研究センター  
電話: 03-3264-4177 E-mail: rop@mlhosei.ac.jp

このフォーラムは平成25年度研究費補助金(1-1304)の支援を受けて実施されます。

UN World Conference on  
Disaster Risk Reduction  
2015 Sendai Japan



図(1)-8 第3回国連防災世界会議での市民参加ワークショップの様子



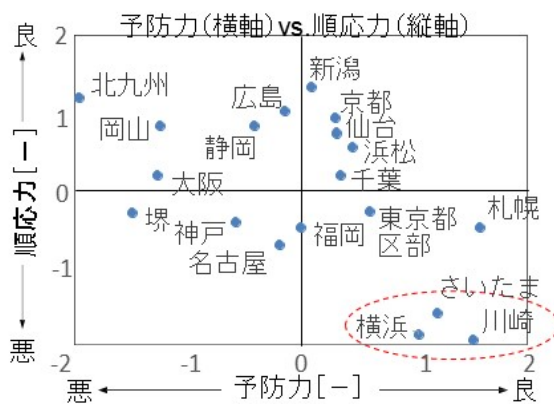
きが得られた。

このように、自然災害と気候変動という二大外力を入り口として、市民の短期・長期的なリスクへの対応について普及啓発し、将来的な(例えば1世代後の2040年頃を想定して)レジリエントシティに向けた行政計画立案の一助となること、都市が抱える多様な影響や時間の範囲のリスクを認識し、特に長期的な気候変動が自然災害を助長することを理解した上で、将来的な目標として、市民自身ができること(自助)や人と協働すべきこと(共助・公助)を発見することにつながった。

#### 6) 都市指標による評価

都市のレジリエンス性を測るための指標群「都市レジリエンス性評価指標」を開発し、フィージビリティスタディとして、日本の主要都市のレジリエンス性の評価を実施した。都市レジリエンス性評価指標の開発に際して、はじめに各省庁の基幹統計や大都市比較統計年表等の公開統計情報の精査を行いつつ、都市のレジリエンス性を測定し得る指標の候補をリストアップした。続いて、①データの収集容易性、②データの信頼性、③指標の代表性、④地域普遍性、⑤政策適用性等の基準を全て満たす指標のみを残し、最終的に18個の指標を都市レジリエンス性評価指標として採用した。さらに、東京都区部及び政令指定都市に関する公開統計情報を収集した上で検証的主成分分析を実施し、その結果に基づいて18個の都市レジリエンス性評価指標を統合し、都市のレジリエンス概念である予防力、順応力、転換力を評価するための統合評価指標を開発した。そして3つの統合評価指標を用いて日本都市のレジリエンス性評価を実施し、各都市の実態を明らかにした(図(1)-9)。

その結果、東京都区部等は比較的バランスのとれたレジリエンス性を有する一方で、札幌市等は項目間で評価の良し悪しが大きく分かれるという実態が明らかとなった。また、統合評価指標を用いた分析の結果、川崎市や横浜市、さいたま市等は予防力が高く、浜松市や静岡市、名古屋市等は転換力に優れているということが明らかとなった。なお本研究では、データの収集容易性を最優先させて指標を選択したため、本来レジリエンス性を評価する上で考慮することが望ましい観点からみたくつかの論点について勘案できていない。この点については、近年のGIS等の普及により都市別の様々なデータを利用できるような状況になりつつあるので、今後徐々に評価可能な領域は増えると予想される。また、本研究では火山活動や河川の決壊、豪雪等の地域固有の局所的なハザードやリスクも考慮できていない。こうした課題に対しては、例えば地域毎にロー



▶ さいたま、川崎、横浜は予防力は高いものの順応力が低い傾向

図(1)-9 公開統計データを用いた都市指標の計測例

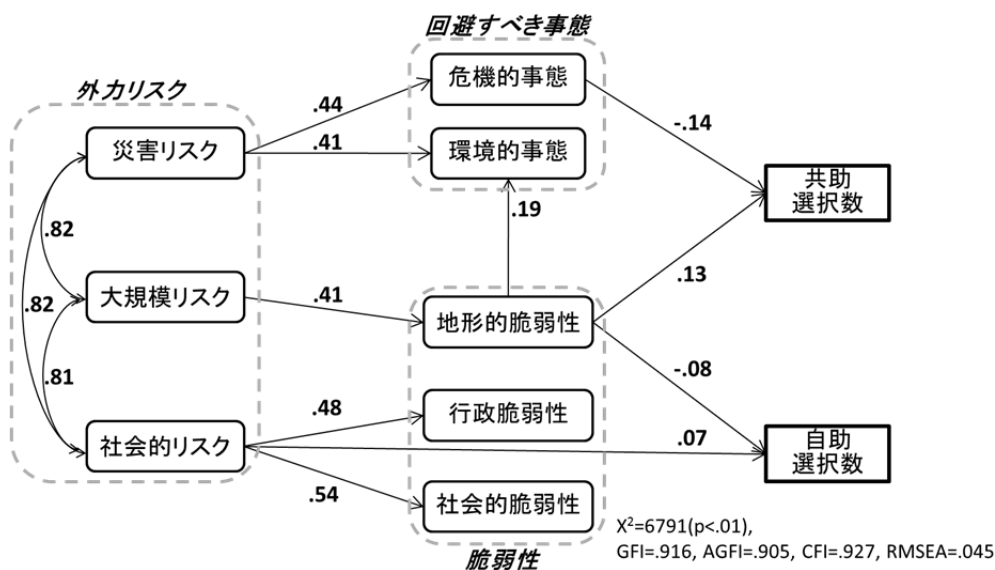
カライズした指標群を策定することによってある程度は対応可能であると考えられる。

#### 7) 市民指標による評価

前述した全国9都市の一般市民を対象とするウェブ質問紙調査データの分析により、リスク、脆弱性、回避すべき事態への評価が、レジリエント施策への取り組み方に対する評価を決定するという認知構造を検証した(図(1)-10)。主な結果は次のとおりである。第1に、一般市民のリスク認知として最も高いものは地震であり、次いで高齢化、交通事故、人口減少・少子化、感染症・ウイルス発生などが高く認知されている。これらの認知は特に性別、年齢で有意に異なる。第2に、脆弱性評価としては、高齢化比率・過疎化比率の高さ、低所得層の多さ・雇用状態の悪さ、地震活動区域・活断層の存在などが高い。これらの評価は特に年齢で有意に異なるものの、総じてリスク認知ほどには個人属性の影響は強くない傾向がみられる。第3に、回避すべき事態としては、食料・ライフラインの供給途絶、エネルギーの供給途絶、長期的な食料事情の悪化、長期的なエネルギー供給不安などが高く評価される傾向がみられる。これらの評価は相対的には社会関係資本で有意に異なる。第4に、多くのレジリエント施策について過半数が公助を期待しており、特に「都市機能の見直し・集約化」「特区制度等による規制緩和」で期待が高くなっている。第5に、仮定した認知構造は説明力が高く、基本的には支持されている。災害リスクは回避すべき事態へ、大規模リスクは地形的脆弱性へ、社会的リスクは行政脆弱性と社会的脆弱性へ影響を与えており、リスクの性質によりその認知から強く影響を与える対象は異なる。また、地形的脆弱性に対しては地域社会、すなわち共助で対応すべきであり、一方、人命にかかわるような危機的事態に対して地域社会では対応が難しいものの、社会的リスクは個人で対応可能と考えられている可能性がある。

#### 8) 政策担当者の参加によるワークショップ

以上のような都市指標、市民指標、行政指標の結果などを踏まえてワークショップを開催した。法政大学や静岡大学より分析結果を報告し、またレジリエンスの向上に資する施策について内閣官房国土強靱化推進室や滋賀県流域治水政策室の担当者より話題提供をいただいたうえで、各自治体の環境部局の政策担当者とワークショップ形式で議論を行った。



図(1)-10 人々のレジリエント施策への取り組み方に対する評価の決定モデル



議論の中で大きな論点となったものとして、まず、認知のギャップ・協力関係の構築の困難さが挙げられた。つまり、適応策やレジリエンスという概念は新しくその認知度は非常に低いこと、かつ行政職員は新しい仕事を避ける傾向にあるため、既存の仕事に抱き合わせる仕組みを作らざるを得ないこと、そしてそのことを国や専門家が行政に気づかせることが1つの近道ではないか、という意見が得られた。

次の論点として、どのような科学的な知見が必要なのか、という点である。政策担当者からは、どこまでいっても不確実性は消せないため、それを前提として、ある程度の傾向や方向性が見えれば順応的な対策が立てられるのではないかという意見が聞かれた。また、50年後や100年後の予測だとか、不確実性が大きいと言われると、自治体予算は現実的に行政ニーズがある使途に支出することが優先されるため、具体的に、気候変動があり影響が発生し、こうした対策が必要になるというプロセスを可視化する、あるいは緩和策も含めてある施策をやめるとここに影響が出るなどといった、知見やプロセスを明確にすることが科学者の役割ではないか、といった意見が聞かれた。

このことは、科学者と政策担当者、あるいはステークホルダーまで含めたコデザインによる自治体政策の立案が必要とされていることを裏付けており、1つの解決策として、指標を用いた相互理解を促すことが挙げられる。

## 5. 本研究により得られた成果

### (1) 科学的意義

様々な分野で提唱されているレジリエンスの用語について、これまで明確な定義のなかった環境問題の文脈において「環境レジリエンス」の概念を明確にするとともに、この定義に基づき、自治体政策への適用性を考慮しつつレジリエントシティを評価するための3種類からなるレジリエンスシティ指標体系(150以上の定量・定性的な都市指標・行政指標・市民指標)を開発した。これは、これまでになく学問分野横断的な指標群として重要な意義がある。

さらに、開発した指標を用いて、レジリエンスの状態を計測し、その有効性を検証し、その過程



図(1)-11 第2回『レジリエントシティ』ワークショップの様子

においてレジリエントシティ指標を巡る行政と市民との間のフレーミングギャップを明確にし、マルチプルリスクコミュニケーションを巡る心理学的知見を蓄積した。同時にこの過程は、レジリエントシティづくりに向けた政策シナリオとして、回避すべき想定事態などに始まる施策展開上の一連の政策プロセス及び手順において庁内やステークホルダーでの合意形成を図るものと、主として一般市民を対象としたシナリオワークショップなど地域社会での合意形成を図るものの2種類を想定して実践しており、環境政策論や科学技術社会論などで議論されている学際的な実践知としての合意形成手法の知見が蓄積された。

今後は、本研究で開発された指標や手法は、例えば、SDGs (Sustainable Development Goals)の一要素としての提案が可能であり、またFuture Earthの議論において中心をなしているコデザイン・コプロダクションの基盤となる知見としてかつ活用できる。

## (2) 環境政策への貢献

災害リスク等の多様な外力に対処しうる強靱な国土づくりの方向性は、国土強靱化法の施行や「ナショナル・レジリエンス」のキーワードのもとに国レベルで取り組みが始まっている。本研究で開発し確立しようとする「環境レジリエンス」の概念及びレジリエンスシティ指標体系の試みは、基本的にこうした政府レベルの取り組みと重なる部分もあるが、災害リスクのみならず気候変動リスク等の都市を取り巻く外力に対応する新しい都市政策のあり方と実現プロセス(政策シナリオと政策モデル)、施策枠組みについて具体的に提唱するものであり、自治体政策への応用性について政策的意義は大きい。

また、自治体ワークショップを開催し、自治体の環境政策担当者だけでなく、企画部局・防災部局の担当者、内閣官房国土強靱化推進室や環境省地球環境局研究調査室、学識経験者等を含めて、環境レジリエンスの概念やレジリエントシティ評価指標について議論を行うことにより、部局横断的な視点を共有し、多様な立場からのレジリエントシティ指標体系や関連施策の立案手法について掘り下げている。実際、内閣府で検討・開発中のナショナル・レジリエンス施策に係る評価指標との関連性の把握と提示、インプットを行うこと等により、今後のレジリエンス政策の立案・推進・深化に有益な知見を得るとともに、これらの成果を関係主体に発信しており、有用な政策的効果を及ぼすことができている。

さらに、第3回国連防災世界会議のパブリックフォーラムとして市民ワークショップを開催し、仙台地域のリスク、脆弱性、レジリエント施策への自助・共助・公助への期待について議論を深めたことにより、気候変動影響への対応(適応策)を組み入れた自治体施策の策定に関して有効な知見を得た。これらの成果・経験を他の自治体へ波及させていくことにより、今後は計画策定モデルの確立が期待できるとともに、政策シナリオの試行として第3回国連防災世界会議において市民ワークショップを開催し、Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030の実現に貢献した。

### <行政が活用することが見込まれる成果>

以上のように、本研究では、レジリエントシティ指標による評価(アセスメント)と実現プロセス(政策シナリオ・政策モデル)を提唱し、これを試行的に実践し、コデザインによる自治体政策の適用可能性について知見を蓄積した。さらに、全国自治体の環境・企画・防災部局の担当者、内閣官房国土強靱化推進室や環境省地球環境局等の参加によるワークショップを開催し、気候変動リ

スクの行政計画への組み込みや適応策の立案手法について部局横断的な場を設定して検討を行った。これらの知見は、国の適応計画が策定され、今後は自治体でも進展が見込まれる適応計画の策定に向けて活用が可能である。

## 6. 国際共同研究等の状況

特に記載すべき事項はない。

## 7. 研究成果の発表状況

### (1) 誌上発表

#### <論文(査読あり)>

- 1) K. Baba and M. Tanaka: Journal of Disaster Research, 10(3), 404-419, (2015), Challenges of implementing climate change adaptation policy for disaster risk reduction - implications from framing gap among stakeholders and the general public -
- 2) 馬場健司、田中充：都市計画論文集、50(1)、46-53 (2015)、レジリエントシティの概念構築と評価指標の提案

#### <査読付論文に準ずる成果発表>

- 1) 馬場健司：社会及び自然環境・生態系のレジリエンス評価と指標化、池田俊介、小松利光、望月常好、馬場健司編：気候変動下の水・土砂災害適応策 ―社会実装に向けて―、近代科学社 (2016)、(印刷中)

#### <その他誌上発表(査読なし)>

- 1) 馬場健司、増原直樹、田中充、白井信雄：第41回環境システム委員会研究論文発表会講演集、255-261 (2013)、「環境レジリエンス」の概念構築と評価指標の抽出に向けた一考察
- 2) 馬場健司：月刊地方財務、No.723、74-85 (2014)、気候変動や自然災害に強い都市(レジリエントシティ)づくりに向けて
- 3) 馬場健司、田中充：第42回環境システム委員会研究論文発表会講演集、123-127 (2014)、レジリエントシティ政策モデルの試案－評価指標の統合化と試行－
- 4) K. Baba and M. Tanaka: Proceedings of International Alliance for Sustainable Urbanization and Regeneration, CD-ROM 10pp., (2014), Development of a concept of resilient city and indicators for resilient assessment
- 5) 馬場健司、田中充：日本リスク研究学会 第27回年次大会講演論文集、CD-ROM 6pp., (2014)、レジリエントシティの概念と政策モデルの構築・評価指標の開発
- 6) 馬場健司、永田悠、北風亮、白井浩介、田中充：第43回環境システム委員会研究論文発表会講演集、73-82、(2015)、一般市民によるレジリエントシティの評価と専門家との対話による気づき－第3回国連防災世界会議in仙台におけるワークショップより－
- 7) 馬場健司：日本不動産学会誌、29(1)、65-71、(2015)、地方自治体における適応策の実施状況

## (2) 口頭発表 (学会等)

- 1) M. Matsuura, K. Baba, T. Schenk, D. Ru-more, H. Watanave, and Y. Takata: ICLEI Resilient Cities 2013, Bonn, Germany, (2013), World Atlas of Climate Change Adaptation Strategies
- 2) 馬場健司、増原直樹、田中充、白井信雄：第41回環境システム委員会研究論文発表会、九州大学、(2013)、「環境レジリエンス」の概念構築と評価指標の抽出に向けた一考察
- 3) K. Baba: ICLEI USA and Japan Exchange on Climate Adaptation Meeting the challenges of sea level rise, flooding, and water management, San Diego, (2014), Participatory approaches in climate change adaptation policy process
- 4) K. Baba : Nexus 2014: Water, Food, Climate and Energy Conference, North Carolina, (2014), How do Joint Fact-Finding Approaches work in NEXUS Issues? Perspective and Application to Japanese Cases
- 5) 田中充、馬場健司：環境社会学会第49回大会、コラッセ福島、(2014)、環境レジリエンスの概念と災害等の外部リスクに係る行政認知と取組みの実態
- 6) K. Baba and M. Tanaka: The 6th International Forum for Sustainable Asia and the Pacific (ISAP 2014), Yokohama, (2014), Development of Concepts, Policies and Evaluation Indices of Resilient Cities in Response to Climate Change and Natural Disasters
- 7) 馬場健司、田中充：環境科学会2014年会、つくば国際会議場、(2014)、地方自治体における環境レジリエンス評価指標の構築と試行
- 8) 馬場健司、田中充：環境経済・政策学会2014年大会、法政大学、(2014)、環境レジリエンスの概念と評価指標
- 9) 馬場健司、田中充：第9回防災計画研究発表会、東北大学、(2014)、レジリエントシティの概念と統合的指標を用いたアセスメント手法の開発
- 10) 馬場健司、田中充：第42回環境システム研究論文発表会、産総研(つくば)、(2014)、レジリエントシティ政策モデルの試案－評価指標の統合化と試行－
- 11) K. Baba and M. Tanaka: 1<sup>st</sup> conference of International Alliance for Sustainable Urbanization and Regeneration, Kashiwa-no-ha, (2014), Development of a concept of resilient city and indicators for resilient assessment
- 12) 馬場健司、田中充：日本リスク研究学会 第27回年次大会、京都大学、(2014)、レジリエントシティの概念と政策モデルの構築・評価指標の開発
- 13) K. Baba and M. Tanaka: The Tokyo Conference on International Study for Disaster Risk Reduction and Resilience, Tokyo, (2015), Development of a Policy Model for Resilient City - Assessment of External Force Risk, Vulnerability, Situation to be Avoided and Resilient Policy by Three Indicators -
- 14) K. Baba: Resilient Cities Asia-Pacific 2015, Bangkok, Thailand, (2015), Developing a Policy Model for Resilient City; How Do Assessment Indicators of Risk, Vulnerability and Endpoints, and Participatory Scenario Development Work for NEXUS Issue?
- 15) 馬場健司、田中充：第3回国連防災世界会議におけるパブリックフォーラム「ワークショップで学ぶ多様な都市リスクへの対応～仙台レジリエントシティモデルの構築に向けて」、仙台市民会館、(2015)、レジリエントシティの概念と市民・行政からみたリスク・脆弱性・施

#### 策等への評価

- 16) 馬場健司：環境省環境研究総合推進費(S-8-2(2)最終シンポジウム、九州大学・地球温暖化時代の水・土砂災害適応策シンポジウム ～九州から全国へ向けて～、九州大学、(2015)、市民や専門家の共創によるレジリエントな地域社会の具現化に向けて
- 17) K. Baba: Resilient Cities 2015 (6th World Congress on Cities and Adaptation to Climate Change), Bonn, Germany, (2015), Developing a Policy Model for Resilient City; Implications from Applying Indicators, Status Report and Scenario Development to Japanese Cities
- 18) 馬場健司、田中充：環境科学会2015年会、大阪大学、(2015)、レジリエンス指標を巡る行政と市民のフレーミングギャップ
- 19) 川久保俊、馬場健司、田中充：環境科学会2015年会、大阪大学、(2015)、公開統計情報に基づく都市のレジリエンス性評価
- 20) 小杉素子、馬場健司、田中充：環境科学会2015年会、大阪大学、(2015)、災害による地域社会リスクの評価; 9都市における質問紙調査結果より
- 21) 馬場健司、永田悠、北風亮、白井浩介、田中充：第43回環境システム研究論文発表会、北海道大学、(2015)、一般市民によるレジリエントシティの評価と専門家との対話による気づきー第3回国連防災世界会議in仙台におけるワークショップよりー

#### (3) 出願特許

特に記載すべき事項はない。

#### (4) 「国民との科学・技術対話」の実施

- 1) 『レジリエントシティ』ワークショップ (2014年2月20日、法政大学市ヶ谷キャンパス、参加者：地方自治体環境・防災・企画部局担当者、内閣官房国土強靱化推進室、環境省地球環境局研究調査室、学識経験者ほか30名)
- 2) 「レジリエントシティ政策モデルの開発とその実装化」(2014年10月4日、第42回環境システム研究論文発表会における企画セッション、産総研(つくば)、参加者：関連する研究者30名程度)
- 3) 「ワークショップで学ぶ多様な都市リスクへの対応～仙台レジリエントシティモデルの構築に向けて」(2015年3月14日、第3回国連防災世界会議におけるパブリックフォーラム、仙台市民会館(仙台市)、参加者：仙台市民、仙台市担当者など50名程度)
- 4) 第2回『レジリエントシティ』ワークショップ」(2015年9月9日、法政大学市ヶ谷キャンパス、参加者：内閣官房国土強靱化推進室、環境省地球環境局研究調査室、滋賀県、三重県、埼玉県、神奈川県、東京都、川崎市、名古屋市、さいたま市、相模原市等の自治体行政の環境部局担当者など40名弱)

#### (5) マスコミ等への公表・報道等

特に記載すべき事項はない。

#### (6) その他



特に記載すべき事項はない。

## 8. 引用文献

- 1) 石原由紀子, 中丸澄子: レジリエンスについてーその概念, 研究の歴史と展望ー, 広島文教女子大学紀要, Vol.42, pp.53-81, 2007.
- 2) 塩崎由人, 加藤孝明: 自然災害と関連分野におけるレジリエンス, 脆弱性の定義について, 生産研究, Vol.64, No.2, pp.217-220, 2012.
- 3) Norris, F.H., Stevens, S. P., Pfefferbaum, B., Wyche, K. F. and Pfefferbaum, R. L., Community resilience as a metaphor, theory, set of capacities, and strategy for disaster readiness, *American Journal of Community Psychology*, 41:127-150, 2008.
- 4) Manyena, S. B.: The concept of resilience revisited, *Disasters*, Vol.30, No.4, pp.433-450, 2006.
- 5) 森章: 生態系のリスクマネジメントにおける留意点ー変動制と非平衡性の観点からー, 日本生態学会誌, Vol. 60, pp.337-348, 2010.
- 6) Resilient Alliance: Key concepts - Resilience <http://www.resalliance.org/index.php/resilience>, 2002 (2014.4.30閲覧)
- 7) 藤井聡, 久米功一, 松永明, 中野剛志: 経済の強靱性(Economic Resilience)に関する研究の展望, RIETI Policy Discussion Paper Series 12-P-008, 2012
- 8) Holling, C. S.: Resilience and stability of ecological system, *Annual review of Ecology and Systematics*, Vol.4 pp.1-23, 1973.
- 9) Adger, W.: Social and ecological resilience: Are they related? , *Progress in Human Geography*, Vol.24, pp.347-364, 2000.
- 10) Godschalk, D. Urban hazard mitigation: Creating resilient cities, *Natural Hazards Review*, Vol.4, pp.136-143.
- 11) UNSIDR: Hyogo Framework for 2005-2015: Building resilience of nations and communities to disaster risk reduction, [http://www.unisdr.org/files/1037\\_hyogoframeworkforactionenglish.pdf](http://www.unisdr.org/files/1037_hyogoframeworkforactionenglish.pdf) 2005. (2014.4.30閲覧)
- 12) 池田三郎, 盛岡通: リスク分析の考え方とその方法, 日本リスク研究学会誌, Vol.5, No.1, pp.1-7, 1993.
- 13) 内山巖雄: 健康被害, 健康リスク, 環境リスク, 日本リスク研究学会編: 増補改訂版 リスク学事典, pp.42-46, 2006.
- 14) Tobin, G. A.: Sustainability and community resilience: The holy grail of hazards planning?, *Environmental Hazards*, Vol.1, pp.13-25, 1999.
- 15) 24) Mens, M. J. P., Klijn, F. de Bruijn, K. M. van Beek, E.: The meaning of system robustness for flood risk management, *Environmental science & policy*, Vol.14, pp. 1121-1131, 2011.
- 16) 半藤逸樹, 窪田順平: レジリアンス概念論, 香坂玲編: 地域のレジリアンス 大災害の記憶に学ぶ, pp.51-74, 清水弘文堂書房, 2012.
- 17) UNISDR; How to make cities more resilient A handbook for local governments leaders, 2012.
- 18) Bergamini, N., et a.: Indicators of Resilience in Socio-ecological Production Landscapes (SEPLs), UNU-IAS Policy Report, 2013.

- 19) Allen, K. M.: Community-based preparedness and climate adaptation: Local capacity building in the Philippines, *Disaster*, Vol.30, No.1, pp.81-101, 2006.
- 20) van Aalst, M. K., Cannon, T. and Burton, I.: Community level adaptation to climate change: The potential role of participatory community risk assessment, *Global Environmental Change*, Vol.18, pp.165-179, 2008.

## 1-1304 「レジリエントシティ政策モデル」の開発とその実装化に関する研究

### (2) 「エネルギー自治」の確立に向けた制度設計、合意形成手法の検証

国立大学法人名古屋大学

大学院環境学研究科 社会環境学専攻

竹内 恒夫

杉山 範子

松野 正太郎

大学院環境学研究科 都市環境学専攻

谷川 寛樹

奥岡 桂次郎

平成25～27年度累計予算額：47,404千円（うち平成27年度：15,725千円）

予算額は、間接経費を含む。

#### [要旨]

地域のエネルギーシステム、資源循環システム、水循環システム、都市生態系システム、健康（熱中症）の5つの分野へのリスクに対応することを「環境レジリエンス」と定義づけた。エネルギー・レジリエンスでは、その評価指標をレジリエンス価値、CO<sub>2</sub>削減量、レジリエンス設備投資額とし、名古屋市内を対象にして、予防、順応、転換の各施策について数量的に評価・比較した。この結果、分散型エネルギーシステムへの転換は、CO<sub>2</sub>削減などの環境の観点や電源の強化などの観点だけでなく、レジリエンスの観点からも有効な施策であることが判明した。このことを踏まえ、全国の自治体への調査の結果、再生可能エネルギーやコジェネレーションの推進に関しては強い意向があり、また、電力小売事業への参入の関心にも高いものがあることが判明した。資源循環レジリエンスにおいては、予防では、災害時の収集ルート確保や処理施設の耐震化・防水化等の事前対応が、順応では、収集車の広域融通や一廃・産廃の合わせ処理等の広域対応・制度改革が、転換では、処理施設の高台移転や潜在的廃棄物である商品への有害物質の不使用等の現状のシステムの変革を伴う対策がそれぞれ中心となる。全国の自治体への調査の結果、特に転換策については進展が遅れていることが判明した。廃棄物処理機能が停止・喪失した場合の損失は莫大であり、大規模自然災害に備えて対策を講じていれば、そのための投資が必要であっても損失は免れることとなる。健康（熱中症）レジリエンスについては、自治体レベルでは気候変動がもたらすリスクのうち熱中症の脅威を強く認識しているものの、対策としてはその多くが普及啓発・情報提供等の予防策にとどまっている。最後に、気候エネルギー自治推進のための日本版「首長誓約」の枠組みを開発し、地域エネルギー政策の手段・手法、合意形成手法及び地域エネルギー政策能力向上プログラムなどをパッケージ化したものとして西三河地域で実装した。この結果、5市が誓約をし、当該自治体での取組が開始されることとなった。

#### [キーワード]

環境レジリエンス、エネルギー・レジリエンス、資源循環レジリエンス、健康（熱中症）レジリエンス、日本版「首長誓約」

## 1. はじめに

IPCC 第5次評価報告書第2作業部会では、気候変動に伴う極端な気象事象による8つのリスクが規定されている。すなわち、①海面上昇・高潮・沿岸域の洪水、②内陸部や都市部の洪水、③システミック・リスク（電気や水道、救急サービスなどのインフラネットワークの破壊、④熱波（都市における死亡率と罹患率の上昇、都市や農村での屋外作業への影響）、⑤食糧不足、⑥水へのアクセス（半乾燥地域）、⑦海洋や沿岸域の生態系、⑧陸域や内陸域の生態系、の8つである。

さらに、政府の「国土強靱化基本計画」（2014年5月閣議決定）では、環境関連分野の推進方針として、大規模自然災害によるエネルギー供給ネットワークの途絶、上水道用水の供給停止、汚水処理の停止、有害物質の拡散・流出、農地森林の拡大による被害の拡大、廃棄物処理などが挙げられている。IPCCのいう8つの気候変動に伴うリスクのうち、熱波以外は、この国土強靱化基本計画においても対応すべき分野でもある。

これらから、人為的気候変動・大規模自然災害のリスクに環境政策上対応しなければならない分野として、地域のエネルギーシステム、資源循環システム、水循環システム、都市生態系システム、健康（熱中症）の5つの分野を挙げることができる。これらの分野へのリスクに対応することを「環境レジリエンス」、その政策を「環境レジリエンス政策」と捉える。

## 2. 研究開発目的

本研究は、地域エネルギー政策、すなわち「エネルギー自治」の早急な確立が求められ、それを実現する社会システムの実現を進めなければならないという現状の下、「エネルギー自治」をはじめとする、エネルギー分野・資源循環分野・健康保全分野におけるレジリエンスも求められることに鑑み、それらを「環境レジリエンス」という概念で整理した上で、それらの評価を行うことを目的とする。またこのことを踏まえ、エネルギー自治の確立に向けた地方分権化などの制度設計（フィージビリティスタディなど）、政策立案実施能力向上プログラムの開発、地域での合意形成手法の検証をも目的とする。

## 3. 研究開発方法

### 1) 環境レジリエンス施策等の実施状況の把握

環境レジリエンスの評価のための基本的データや各種施策の実施状況の把握のため、エネルギー・レジリエンスについては、東日本大震災時における発電所や断水の復旧日数や計画停電対応コスト等を各種の報告書等から明らかにした。また、全国の1,788地方公共団体（1,741市町村、47都道府県）を対象に「地方自治体のエネルギー政策の動向等に関する調査」を実施した。全国の1,788自治体に対してアンケート調査を実施し、エネルギー自治や公営エネルギー事業についての市民の意識を把握するため、Web調査を実施した。さらに、排熱の上下水道管を利用した地域熱供給の可能性の算定のため、名古屋市内の市民の健康と安全を確保する環境の保全に関する条例に基づく地球温暖化対策計画書を提出している事業所及び「大気汚染物質排出量総合調査」の対象事業者に対し、エネルギー使用量、未利用排熱の形態・温度、自家発電に関するアンケート調査を実施した。

資源循環レジリエンスについては、システミックリスク（電気や水道、救急サービスなどのインフラネットワークの破壊）に着目し、大規模自然災害時における市民の廃棄物処理への対応や収集

機能途絶時における処理のための負担許容額等について把握するため、中部地域の市民2,000名に対してWeb調査を実施するとともに、大規模自然災害に備えた、または被害を受けた場合の廃棄物処理の対応策とその実施状況、収集や中間処理の復旧日数等について全国の1,741（市区町村）自治体を対象にアンケート調査を実施した。

健康（熱中症）レジリエンスについては、8つのリスクのうち「熱波（都市の死亡率と罹患率の上昇、都市や農村部での屋外作業への影響）」に注目し、「健康（熱中症）レジリエンス」の政策と評価を行うために、全国の1,741自治体（市区町村）を対象としてアンケート調査を実施した。

## 2）環境レジリエンス施策の評価

### ①エネルギー・レジリエンス

エネルギー自治のための制度設計案について、IPCC第5次評価報告書第3作業部会報告、国土強靱化政策大綱、専門家からのヒアリング等からエネルギー・レジリエンスに関する予防・順応・転換の施策や指標を設定し、定量的なレジリエンス評価を行った。エネルギー自治を確立するための施策（予防、順応、転換）のそれぞれについて、レジリエンス評価の指標は、レジリエンス価値、CO<sub>2</sub>削減量、レジリエンス設備投資額である。

### ②資源循環レジリエンス

資源循環レジリエンスについて、1）に示した市民や自治体へのアンケート結果等に基づき、予防・順応・転換のそれぞれに該当する施策の抽出・整理を行ったうえで、その対策の実施状況の把握と経済性評価等を実施した。

### ③健康（熱中症）レジリエンス

上記1）に示した自治体へのアンケート結果に基づき、気候変動の将来影響に関する脅威の認識、熱中症対策の実施状況等について把握するとともに施策推進のための課題等を明らかにした。

## 3）気候エネルギー自治の確立に向けた手法の開発とその実装化

エネルギー・レジリエンスを実現する上で重要となる気候エネルギー自治の確立に向けて、自治体自身が域内のエネルギー賦存量を把握し、それを有効活用するための種々の方策を立案・実施できるようになる必要がある。そのための自治体および職員の能力向上に資するプログラムの作成を行い、いくつかの自治体においてその試行を行った。具体的には、欧州で実施されている「市長誓約」の仕組みを参考に、気候エネルギー自治を通じた地域創生を目指すための仕組み「日本版『首長誓約』」を開発した。平成26年度より中部地方の地方自治体を対象に提案していたが、平成27年度にはさらにその内容を精査し制度設計を行い全国の地方自治体に提案し、実際に愛知県内の10自治体を対象に政策モデルの実装化を試みた。

## 4．結果及び考察

（1）エネルギー・レジリエンスにおける「予防」、「順応」、「転換」の各施策の評価方法及び評価結果

エネルギー、特に、地域・都市のエネルギーシステムは、それ自身が緩和と適応の双方の役割を同時に果たす、あるいは、これらを統合する、あるいは、双方は「コベネフィット」の関係にあることが必要になってきている。

人為的な気候変動、大規模自然災害によるリスクに対応するエネルギー分野の施策（エネルギーレジリエンス施策）は、大きく、「予防」（ネットワーク等の強靱化等）、「順応」（損傷施



設の早期復旧等)、「転換」(分散型エネルギーへの転換等)に分類される。まず、これらエネルギー・レジリエンス施策をいくつかの指標によって評価した。

ここでは、評価指標として、レジリエンス価値(回避される停電コスト等)、CO<sub>2</sub>削減量、レジリエンス設備投資額を設定し、名古屋市内の家庭・業務部門を対象にし、予防、順応、転換の各施策について数量的に評価した。

1) レジリエンス価値(回避される停電コスト等)

レジリエンス価値は、東日本大震災における電力、ガス、水道のライフライン復旧日数、火力発電所の復旧日数、計画停電日数・時間などのデータ(表(2)-1の参考データ)をもとに、予防(配電多重化などによるライフライン復旧日数短縮等)、順応(火力発電所の復旧日数短縮による計画停電時間の短縮)、転換(分散型エネルギーシステム導入による送電線破損に伴う停電復旧

表(2)-1 評価に用いた基本データ

火力発電所復旧日数(「東日本大震災におけるエネルギー施設(火力・水力・送変配電・ガス)の被害状況と今後への展開について」(25年2月 土木学会エネルギー委員会 新技術・エネルギー小委員会)の発電所ごとの復旧日数の合計を発電所数で除した日数)	127日
東日本大震災:停電90%復旧日数(東北電力管内)	5日
東日本大震災:断水復旧日数(仙台市水道局)	16日
東日本大震災:都市ガス停止復旧日数(仙台市ガス局)(パイプライン・主要導管網の被害は軽微)	25日
東日本大震災:1家庭当たり計画停電回数(東京電力)	2.5回
東日本大震災:計画停電1回当たり時間(同上)	4時間
計画停電対応コスト(大口) (「停電コストに関する調査報告書」(平成26年1月 一般社団法人電力系統利用協議会))	1919円/kWh
計画停電対応コスト(中小事業者)(同上)	7497円/kWh
計画停電対応コスト(個人)(同上)	1431円/kWh

表(2)-2 名古屋市の家庭・業務部門を対象とした予防・順応・転換施策のレジリエンス価値、CO<sub>2</sub>削減量、設備投資額

	予防	順応	転換
数量シナリオ	① 配電多重化などによって停電90%復旧日数を1日短縮(5日→4日)  ② PE管導入などによって都市ガス停止復旧日数を5日短縮(25日→20日)	③ 火力発電所復旧日数を127日→90日(計画停電時間を10h(2.5回×4h)→7h)	④ 家庭・業務総電力消費量の4割を分散型電源(コジェネ・自家発・ごみ発・太陽光)からの小売りで賄うことによる送電線破損による停電復旧日数2日短縮(5日→3日)  ⑤ 家庭・業務総電力消費量の4割を分散型電源からの小売りで賄うことによる計画停電時間を10h(2.5回×4h)→5h  ⑥ 家庭・業務総給湯用エネルギー量に相当する熱量を水道管を経て工場・ごみ焼却場・コジェネの排熱から得る(断水復旧期間(14日間)を除く)
レジリエンス価値算定式	① (家庭総電力消費量(kWh)×個人停電対応コスト(1431円/kWh)+業務総電力消費量(kWh)×中小事業者停電対応コスト(7497円/kWh))×(24h/8760h)  ② 家庭・業務総給湯用エネルギー量(MJ)×10日×4.3円/MJ	③ (家庭総電力消費量(kWh)×個人計画停電対応コスト(1431円/kWh)+業務総電力消費量(kWh)×中小事業者計画停電対応コスト(7497円/kWh))×(3h/8760h)	④ (家庭総電力消費量(kWh)×個人停電対応コスト(1431円/kWh)+業務総電力消費量(kWh)×中小事業者停電対応コスト(7497円/kWh))×(24h/8760h)、  ⑤ (家庭総電力消費量(kWh)×個人計画停電対応コスト(1431円/kWh)+業務総電力消費量(kWh)×中小事業者計画停電対応コスト(7497円/kWh))×(5h/8760h)  ⑥ 家庭・業務総給湯用エネルギー量(MJ)×((都市ガス停止復旧日数-断水復旧日数)/365日)×4.3円/MJ
レジリエンス価値(百万円)	① 18,355	③ 22,943	④ 36,709
総計(百万円)	② 1,614		⑤ 38,239
CO <sub>2</sub> 削減量(千トン)	① -	③ -	④⑤ 1,020
総計(千トン)	② -		⑥ 1,370
予防・順応・転換の設備投資額	電力関係復旧設備投資費:484億円~564億円(kWh当たり、人口当たりの東北電力の復旧設備投資額を算出し、名古屋市にあてはめた)		コジェネ70万kW設備投資額(熱導管費を除く)約500億円

日数の短縮、給湯エネルギーの排熱による都市ガス代替)について数量シナリオを設定し、それぞれ、計画停電対応コスト又は節約される都市ガス料金を乗じて、経費(価値)を算出した。

予防の数量シナリオは、①配電多重化などによって停電90%復旧日数を1日短縮(5日間から4日間に短縮)、②PE管導入などによって都市ガス停止復旧日数を5日短縮(25日間から20日間に短縮)の2つである。

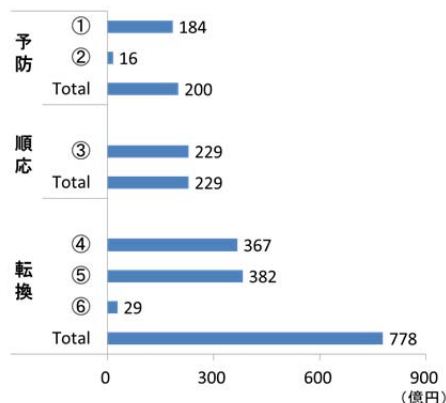
予防のシナリオごとのレジリエンス価値

は、①については(家庭総電力消費量(kWh)×個人停電対応コスト(1431円/kWh)+業務総電力消費量(kWh)×中小事業者停電対応コスト(7497円/kWh))×(24h/8760h)の算定式、②については家庭・業務総給湯用エネルギー量(MJ)×5日×4.3円/MJの算定式で、それぞれ算定した。①=18,353百万円、②=1,641百万円、①と②の合計で19,968百万円。順応の数量シナリオは、③火力発電所復旧日数を127日から90日に短縮(計画停電時間を10h(2.5回×4h)から7hに短縮)であり、そのレジリエンス価値は③(家庭総電力消費量(kWh)×個人計画停電対応コスト(1431円/kWh)+業務総電力消費量(kWh)×中小事業者計画停電対応コスト(7497円/kWh))×(3h/8760h)の算定式で算定した。③=22,943百万円。転換の数量シナリオは、④家庭・業務総電力消費量の4割を分散型電源(コジェネ・自家発・ごみ発・太陽光)からの小売りで賄うことによって送電線破損に伴う停電復旧日数2日短縮(5日から3日に短縮)、⑤家庭・業務総電力消費量の4割を分散型電源からの小売りで賄うことによって計画停電時間を10h(2.5回×4h)から5hに短縮、⑥家庭・業務総給湯用エネルギー量に相当する熱量を水道管を経て工場・ごみ焼却場・コジェネの排熱から得る(断水復旧期間(14日間)を除く)の3つである。

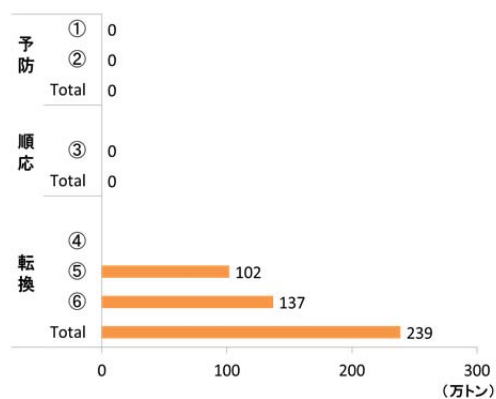
転換のシナリオごとのレジリエンス価値は、④(家庭総電力消費量(kWh)×個人停電対応コスト(1431円/kWh)+業務総電力消費量(kWh)×中小事業者停電対応コスト(7497円/kWh))×(24h/8760h)の算定式、⑤(家庭総電力消費量(kWh)×個人計画停電対応コスト(1431円/kWh)+業務総電力消費量(kWh)×中小事業者計画停電対応コスト(7497円/kWh))×(5h/8760h)の算定式、⑥(家庭・業務総給湯用エネルギー量(MJ)×((都市ガス停止復旧日数-断水復旧日数)/365日)×4.3円/MJ)で、それぞれ算定した。④=36,709百万円、⑤=38,239百万円、⑥=2,905百万円。合計で77,853百万円。このように、レジリエンス価値は、転換が圧倒的に大きいことがわかった。

## 2) CO<sub>2</sub>削減量

次に、CO<sub>2</sub>削減量であるが、CO<sub>2</sub>排出量は転換の場合のみ削減される。分散型エネルギーシステムへの転換量に応じて算出し、④、⑤、⑥で合計2,390千トンの削減になる。



図(2)-1 (回避される停電コスト等(億円))



図(2)-2 二酸化炭素削減量(千トン)

### 3) 設備投資額

最後に、設備投資額であるが、東北電力「経営効率化への取組み」（25年2月）によると、災害復旧設備投資は22-24年度に2120億円（主要な火力発電所（約340万kW）、46基の鉄塔と105線路の送電線、75カ所の変電所、さらに約3万6千基の電柱など）であり、予防と順応の設備投資額は、これをもとに、東北電力管内の電力消費量（kWh）当たりと人口当たりの設備投資額を算出し、名古屋市の家庭・業務の電力消費量と人口

にあてはめた。電力消費量（kWh）で算出すると484億円、人口で算出すると564億円となった。

また、転換の設備投資は、電気出力20万kWのコジェネの設備投資額（熱導管費を除く）約500億円である。

転換の設備投資額は、概ね予防と順応の合計の設備投資額に相当する。

これらの結果、レジリエンス価値は「転換」が「予防」「順応」の合計より大きく、CO<sub>2</sub>排出量は「転換」により名古屋市全体の15%程度が削減され、設備投資額は「予防」「順応」の合計と「転換」が同程度となり、いずれの指標でみても、転換（分散型エネルギーシステムへの転換）が、予防（ネットワーク等の強靱化等）、「順応」（損傷施設の早期復旧等）より数量的評価が高いことがわかった。

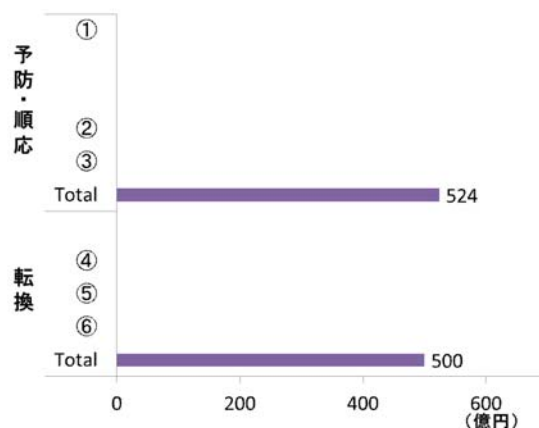
分散型エネルギーシステムへの転換は、CO<sub>2</sub>削減などの環境の観点や電源の強化などの観点だけでなく、レジリエンスの観点からも有効な施策であることがわかった。

### 4) 分散型エネルギーシステムへの転換

日本のエネルギー政策は、これまで分散型エネルギーシステムへの転換には極めて消極的であったが、特に、東日本大震災・東京電力福島第一原子力発電所事故（2011年3月）以降、再生可能エネルギーからの電力の買取制度の導入（2012年7月）、電力システム改革の進展（2016年4月から電力小売事業の全面自由化などが予定）に伴い、次第に変化がみられるようになった。「国民的議論」を経て策定された野田内閣の環境・エネルギー戦略（2012年9月）における2030年の電源構成の中では、再生可能エネルギー30%、コジェネレーション15%であり、合計45%が分散型エネルギーであった。なお、ドイツの2020年の電源構成の目標は、再生可能エネルギー35%、コジェネレーション25%の合計60%である。

しかし、2015年7月の「長期エネルギー需給見通し」における2030年の電源構成は、LNG27%程度、石炭26%程度、再生可能エネルギー22%～24%程度、原子力20～22%程度、石油3%程度となった。これは、発電燃料等別の構成であるので、コジェネレーションの割合は出てこないが、背景資料には11%とある。こうしたことから、2030年における分散型エネルギーシステムの電源構成は、再生可能エネルギー22%～24%程度とコジェネレーション11%を合計した33%～35%となる。これは、エネルギー政策の世界的な、あるいは、常識的な方向に逆行しているといわざるを得ない。

また、エネルギー政策基本法に基づく「エネルギー政策基本計画」におけるエネルギー政策の



図(2)-3 レジリエンス設備投資額(億円)

基本的視点は、安全性、安定供給、経済効率、環境適合性の4つであり、新しい「長期エネルギー需給見通し」においても、これらを堅持している。しかし、これら基本的視点の中に、エネルギーレジリエンスを読み取ることができないのである。

さて、エネルギーレジリエンスとして、転換（分散型エネルギーシステムへの転換）が、予防（ネットワーク等の強靱化等）、「順応」（損傷施設の早期復旧等）より有効であり、また、分散型エネルギーシステムへの転換は、気候変動の緩和策と適応策を統合する施策であり、これを推進する方策を検討するが、その前に、エネルギーシステム全般への人為的な気候変動による影響とその対応策（適応策）を見てみる必要がある。

## （2）日本の自治体の地域エネルギー政策の動向

「地方自治体のエネルギー政策の動向等に関する調査」の主な結果を示す。

CO<sub>2</sub>排出削減目標の有無では、中核市と特例市で回答のあった自治体の80%以上が、都道府県と政令指定都市は75%以上が目標を設定していたが、そのほかの自治体では、約70%が目標はないと答えた。

エネルギーを冠した組織の有無では、都道府県で80%以上、政令指定都市で約50%が、組織があると回答したのに対し、中核市以下の自治体では80%以上が組織は無かった。

エネルギーを冠した条例の制定について、条例を制定しているのは、極一部の自治体に限られていた。エネルギー計画の策定については、「新エネルギービジョン」がある自治体は、自治体の規模に関わらず20~30%であったが、それ以外のエネルギー計画を策定している自治体は、都道府県が20あった他は少なかった。計画の目的としては、再生可能エネルギーの促進が一般的であるほか、大都市地域ではコジェネ促進が特徴的であり、具体的措置では、住宅用太陽光発電補助金は一般的であり、大都市地域ではコジェネ補助金やスマートシティ、都道府県では中小水力の設置が多い。

エネルギー行政の地方分権化については、政令市、都道府県でその意向が強い（表(2)-3、表(2)-4）。また、エネルギー行政の担当はどこがすべきかについて、原子力安全規制は圧倒的に国であったが、省エネ法に基づく工場等への指導・報告徴収等は都道府県・政令市が国の2倍近く、電気事業法等の電気工作物等の許可・届出は都道府県が国を若干上回った（表(2)-5）。

域内のエネルギー需給構造の把握は、ほとんどの自治体が「需要部門ごとの最終エネルギー消費量は把握していない」と回答しており、「域外から供給されている電力に要する一次エネルギー量までさかのぼって把握」や「域内の転換部門の一次エネルギー投入量、転換ロス等も把握」と答えたところはほとんど無かった。

電力小売事業への参入への検討については、「自ら発電した再エネ電力については小売事業も検討していきたい」と回答した自治体は全回答自治体の3.5%、「再エネ電力、ごみ発電電力、域内のコジェネ電力、自家発電の余剰電力などを調達し、小売りする事業を検討したい」が1.8%、「域内に限らず各地の再エネ電力を調達し域内を中心に「再エネ100%電力」を小売りする事業を検討したい」が0.2%、「あらゆる可能性を検討したい」が2.7%となり、これらの合計は8.2%であった（表(2)-6）。

表(2)-3 計画の目的（数字は回答自治体数に占める割合（％））

	計画目的 ：一次エネ有効利用	同 ：エネ地域自立	同 ：再エネ促進	同 ：コジェネ促進
都道府県	15.0	45.0	100.0	25.0
政令市	20.0	60.0	100.0	80.0
中核市	0.0	40.0	100.0	60.0
特例市	0.0	0.0	80.0	20.0
その他	32.4	35.2	74.6	16.9

表(2)-4 具体的エネルギー取組み、エネルギー行政の分権化の意向（同上）

	中小水 力設置 主体	風力設 置主体	熱供給 事業主 体	公有地 利用メ ガソー ラー	住宅用 太陽光 発電補 助金	コジェ ネ補助 金	スマー トシテ ィなど	エネ行 政は分 権化す べき
都道府県	64.1	20.5	0.0	28.2	43.6	15.4	33.3	25.6
政令市	42.1	31.6	0.0	31.6	78.9	68.4	73.7	36.8
中核市	25.0	15.1	0.0	17.5	90.0	25.0	25.0	17.5
特例市	21.1	15.8	2.6	10.5	84.2	23.7	15.8	18.4
その他	4.4	5.2	1.1	3.1	65.8	4.0	6.5	13.1

表(2)-5 各エネルギー行政はどこが担当すべきか？

(分権化すべきと回答した自治体(167団体)の回答数)

	電気事業法 等の事業許 可	電気事業法 等の電気工 作物等の許 可・届出	原子力安全 規制	省エネ法に基 づく工場等へ の指導・報告 徴収等	固定価格買 取制度にお ける再エネ 施設の認定
国	110	78	160	48	92
都道府県・政令市	51	80	6	96	58
政令市以外の市町村	6	9	1	23	17

表(2)-6 電力小売事業への参入を検討する自治体数（％は合計数の全回答自治体数に占める割合）

	都道 府県	政令 市	中核 市	特例 市	その 他	合計	％
自ら発電した再エネ電力については 小売事業も検討していきたい。	0	0	2	2	30	34	3.5
再エネ電力、ごみ発電電力、域内のコ ジェネ電力、自家発電の余剰電力など を調達し、小売りする事業を検討した い。	0	1	1	0	17	19	1.8
域内に限らず各地の再エネ電力を調 達し域内を中心に「再エネ 100%電 力」を小売りする事業を検討したい。	0	0	0	0	2	2	0.2
あらゆる可能性を検討したい。	7	3	3	0	11	24	2.7
総計	7	4	6	2	61	80	8.2

日本の自治体のエネルギー政策に関する動向、特に、再生可能エネルギーやコジェネレーションの推進に関しては強い意向があり、また、電力小売事業への参入の関心にも高いものがあることが分かった。

### (3) 日本における地域エネルギー事業に対する市民の意識

「エネルギー自治」に関するWebアンケートを名古屋市・豊田市の市民を対象に実施した。調査対象者は調査会社にモニター登録している両市の20～60歳代の市民であり、合計1,163名（名古屋市779名、豊田市384名）から回答を得た。Webアンケートに際し、調査対象者には調査の依頼元も「エネルギー自治」という言葉も知らされていない。

「エネルギー自治」には、次の3つの要素があると考えられる。1つは、地域のエネルギーの需要と供給のあり方などに関することは地域で決めるということ。エネルギー政策の地方分権化でもある。2つ目は、地域の再生可能資源を最大限活用したり、一次エネルギーを最も有効に活用したりする仕組みを地域に整備していくこと。3つ目は、エネルギー事業の環境適合性、社会的公正性、運営の民主性などを考えると、エネルギー事業は自治体が担うことがふさわしいこと。Webアンケートでは、これらに即して尋ねた。

まず、「エネルギーのあり方は、これまで政府や電力会社などが全国一律に決めてきていました。地域のエネルギー資源や防災、環境などのことを考えると、地域におけるエネルギーの需要と供給のあり方は、どのような方法で決めていったらよいとお考えになりますか」と聞いた。回答は「主に県や市が、地域の自然的・社会経済的特性をふまえて、供給側と需要側双方の参加を得て、地域レベルで方針や方向を決める」が34.0%、「主に県や市が、地域の自然的・社会経済的特性をふまえて、供給側の参加を得て、地域レベルで方針や方向を決める」が24.1%、「主に国が、全国一律に供給側と需要側双方の参加を得て、国レベルで方針や方向を決める」が22.7%、「主に国が、全国一律に供給側の参加を得て、国レベルで方針や方法を決める」が18.7%であった。「地域レベルで決める」が6割近い。エネルギー自治の第1の要素は市民には概ね支持されている。

次に、一次エネルギーの有効活用に関する質問を2つした。まず、「発電時に発生する排熱の利用についてお伺いします。排熱の利用方法として、住宅や業務施設が集積する都市の中に小さな発電所を設置して発電し、その排熱を周辺の住宅や業務施設での暖房・給湯などの熱として利用するという方法があります。最近では名古屋駅周辺などで導入が進みつつあるこうした利用方法について、あなたのお考えに近いものお知らせください」と聞いた。「我が家の地域にもぜひ導入してほしい」が33.4%、「我が家の地域にも導入してほしいが、家の中に熱の配管をつくるための費用面が心配だ」が21.5%、「我が家の地域にも導入してほしいが、街の中に発電所ができるので安全面が心配だ」が17.2%、「我が家の地域にも導入してほしいが、周辺に住宅や業務施設が少ないので効果面が心配だ」が9.9%、「我が家の地域にも導入してほしいが、街の中に発電所ができるので景観面が心配だ」が4.7%、「現在の暖房・給湯システムに十分満足しているので、排熱を利用する考えはない」が6.4%、「暖房・給湯の熱源は、住宅や業務施設ごとに確保すべきであって、こうした排熱を周辺地域の住宅や業務施設に供給すべきではない」が5.1%、「その他」が1.8%であった。「ぜひ導入してほしい」と「導入して欲しいが○△が心配」を合わせると86.7%になる。一次エネルギー有効利用のためのコジェネによる地域熱供給に関する市民の受容性はかなり高いといえる。

また、「石油・石炭・天然ガスといったエネルギーを有効利用するため、工場・ごみ焼却場などから大気中などに捨てられている排熱によって水道水を温め、水道管を通じて家庭に供給されることを想定します。現在、家庭に供給される水道水の温度は、夏は約25℃、冬は約4℃ですが、こうした方法によって30℃～40℃程度の湯が蛇口から出るようになると、お湯がすぐに使え、ガス



などの消費量も削減されるという利点があります。一方で、蛇口からは冷水が出てなくなるといふ欠点もあります。こうした方法について、「どのようにお考えになりますか」と聞いた。これは、各種の排熱を上水道管を經由して住宅・業務施設の給湯用に供給するという筆者らのアイデアについての家庭における上水道利用者の受容性を聞いたわけだ。回答は「冬場だけ使いたい」が51.4%、「年間を通じて使いたい」が35.1%、「利用したくない」が12.7%となった。市民（家庭）での受容性は高いことがわかる。これら2つの質問への回答結果から、エネルギー自治の第2の要素も市民には支持されているといえる。

3つ目に、公営エネルギー事業について聞いた。「たとえば、名古屋市の姉妹都市であるアメリカのロスアンゼルス市は全米最大の公営電気事業者であり、また、同じくイタリアのトリノ市は市営の熱併給発電所からの電気と熱を販売しているなど、欧米などでは多くの自治体、あるいは自治体が過半を出資する事業者がエネルギー事業を行っています。日本でも、戦前には、いくつかの都市は電力事業などを行っており、現在でも約30の都市では都市ガス事業を行っています。今後、市場の全面自由化が予定されている中で、地方自治体による電気事業の可能性も出てきます。地方自治体によるエネルギー事業についてどう考えますか。」と聞いた。これには「地方自治体が1つの事業者として自由な電気市場に参入して競争することはよいことだ」が45.5%、「水道事業・ごみ処理事業などと同様に、エネルギー事業も地方自治体が行うべきである」が35.7%、「行政機関による事業は非効率だと思うので、エネルギー事業は地方自治体が行うべきではない」が17.7%であった。公営エネルギー事業に対する市民の反応は肯定的であるといえる。

以上を総合してみると、市民は概ね「エネルギー自治」を支持しているといえよう。

#### （4）エネルギー地産「地消」システムの評価手法

##### 1）エネルギーの地産「地消」、CO<sub>2</sub>削減、地域創生（資金還流）の算定例（1）

まず、自治体の域内に自治体が住民からの資金で設置した風力発電の電力を、①FIT制度で電力会社が買い上げる場合、②自治体直営の小売事業者が小売する場合、③域内の家庭などに小売する場合、の3ケースで、事業性、資金還流、域内からのCO<sub>2</sub>排出量の削減量を試算し、比較してみた。ここでは、実際にあるA県のB町の風力発電（現在は風力の電気は電力会社にFITで売電）を対象にした。B町、風力発電などの諸元は、表(2)-7の通りである。これをもとに、①売電のみ、②直営小売、③別会社小売（100%町出資）の場合のI B町の歳入・歳出、II B町への資金還流・残留、III B町内からのCO<sub>2</sub>削減量をそれぞれ算出した。B町の歳入・歳出比較では、歳入－歳出は、③（別会社で小売）の場合が最も大きい。次に大きいのが①（売電のみ）の場合である。③（別会社で小売）の場合には、町は小売会社への売電収入があり、また、100%出資している小売会社からの配当金もまるまる歳入になる。

資金残留額をみると、①（FITで売電）の場合が最も少なく、ここでも③（別会社で小売）が圧倒的に大きい。

B町内からのCO<sub>2</sub>削減量は、①（FITで売電）の場合には24トンの削減であり、②（直営小売）と③（別会社で小売）の場合には9,165トンの削減になる。

現状では、①（FITで売電）だけが行われているが、2016年4月からは、②（直営小売）や③（別会社で小売）が可能になる。ここで取り上げたあらゆる面で③（別会社で小売）が最も望ましい形態であることがわかる。

表(2)-7 算定例(1)の諸元

諸元(推定を含む)		
総風力設備容量	13,500	kW
年間風力発電電力量	23,652,000	kWh
世帯当たり年間電力消費量	4,000	kWh/年
世帯当たり電気代(年間)	100,000	円
世帯当たりW数	3	kW
B町総世帯数	5,300	世帯
年間家庭電力消費量	21,200,000	kWh/年
26年度8月の売電量(年間最低月)	836,544	kWh
同出力	1,124	kW
26年度12月の売電量(年間最大月)	3,543,816	kWh
同出力	4,763	kW
最大出力	4,763	
小売想定出力(最低月と最大月の中間とした)	2,944	
小売世帯数(総世帯数×(小売想定出力/最大出力)とした)	3,276	世帯
小売世帯の年間消費量	13,102,208	kWh
風力発電初期投資借入額(町民からの借入)	2,050,000,000	円
年割償還額(15年)	136,666,667	
オペレーションシステム	70,000,000	
年間小売経費(同時同量のオペレーション)	30,000,000	
C電力CO <sub>2</sub> 排出量(2013年度)	42,390	千トン
C電力排出係数(2013年度)	0.000699	t/kWh
C電力電力需要量	57,868	百万kWh
C電力発電電力量	60,644	
風力によるC電力管内CO <sub>2</sub> 削減量	16,533	トン
B町内の電力消費量(家庭の4倍と仮定)	0	百万kWh
B町内の電力起因のCO <sub>2</sub> 排出量	0	トン
風力買取価格	22.08	円/kWh
C電力電灯価格	25	
C電力低圧電力託送料	8.45	
電力卸取引所取引価格	12	

2) エネルギーの地産「地消」、CO<sub>2</sub>削減、地域創生(資金還流)の算定例(2)

次に、ある地域で、地域電力小売事業が事業性があるか、あるとしたら、事業を行った場合の資金還流はどのくらいか、また、地域内からのCO<sub>2</sub>削減量はどのくらいかを試算する。

試算の前提は次のとおりである。

ア 試算する地域は、実際にある総人口160万人の10市町からなる地域(「△△地域」という。)

イ この地域の再エネ電力設備への投資家には、①住宅用太陽光発電を設置する家庭と域内の投資家、②この地域に投資する域外の投資家とがあり、①と②の投資額は同額とする。

ウ この地域内にある太陽光発電、風力発電、バイオマス発電(ごみ発電を含む)やコジェネなどからの電力を「地域電力小売事業者」が調達し、域内の主に家庭に小売りする。

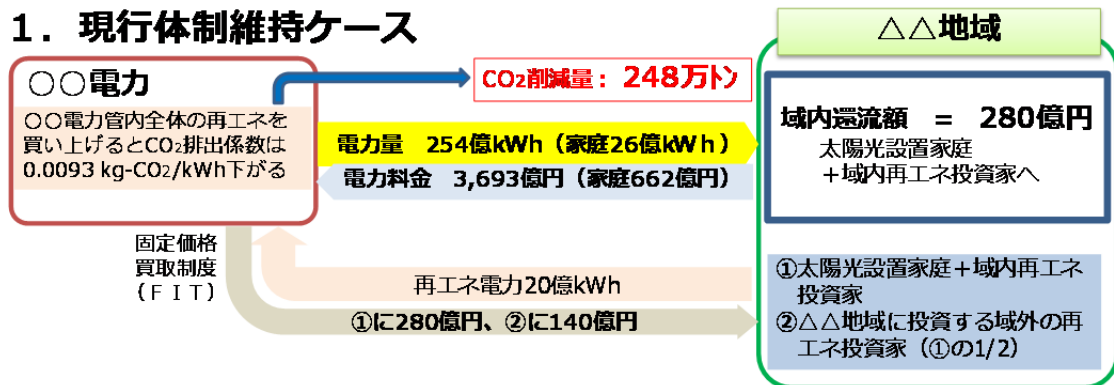
エ 「地域電力小売事業者」は、不安定な太陽光発電・風力発電からの電力をバイオマス発電・コジェネなどを調整電源として需要量に合うよう調達し、調達量と小売量の「同時同量」のオペレーションを行う。

オ 再エネ電力については、資源エネルギー庁発表の2015年4月現在の市町別の導入量(kW)及び新規認定量(kW、10kW以上の太陽光発電の新規認定量のうち70%が導入されると仮定)から調達量(kWh、10kW未満の太陽光発電からは20%を調達すると仮定)を算定する。

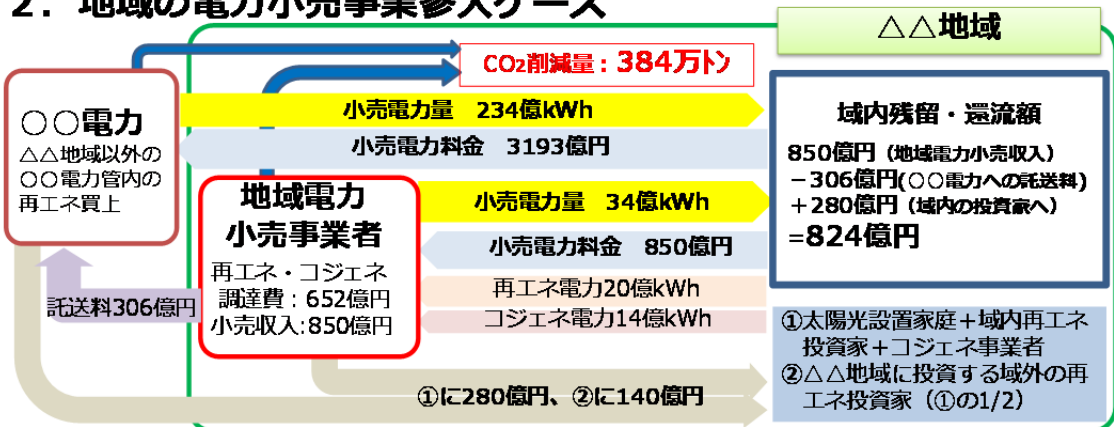
表(2)-8 地域電力小売事業によるCO<sub>2</sub>削減量、資金還流（域内残留）額（算定例（1））

	I B町の歳入・歳出 千円	II B町内への資金還流・資金残留 千円	III B町内からのCO <sub>2</sub> 削減量 トン		
① 売電のみ	FIT売電収入	561,972	C電力へのFIT売電収入	561,972	風力分C管内CO <sub>2</sub> 削減量 ×(B町内消費量 /C管内消費量) 24
	風力発電年割償還額	561,972 136,667	風力発電年割償還額	136,667	
	歳出合計	136,667	還流額計	698,638	
	歳入-歳出	425,305	家庭からC電力への電気代	530,000	
			移出額計	530,000	
		残留額	168,638		
② 直営小売	小売収入(25円×小売量)	327,555	小売収入	327,555	小売量×C電力排出係数 C管内CO <sub>2</sub> 削減量 ×(小売以外町内消費量 /C管内消費量) 合計 9,158 6 9,165
	小売以外のCへのFIT売電収入	250,663	小売以外のCへのFIT売電収入	250,663	
	歳入合計	578,218	風力発電年割償還額	136,667	
	託送費×小売量	110,714	還流額計	714,885	
	オペシステム0.7億円の年額	4,667	家庭(小売以外)からCへの電気代	202,445	
	年間小売経費(同時同量のオペ)	30,000	C電力への託送費	158,438	
	風力発電年割償還額	136,667	オペシステム0.7億円の年額	70,000	
歳出合計	282,047	移出額計	430,882		
歳入-歳出	296,171	残留額	284,003		
③ 別会社小売	小売会社の収入・支出		小売会社の小売収入	327,555	小売量×C電力排出係数 C管内CO <sub>2</sub> 削減量 ×(小売以外町内消費量 /C管内消費量) 合計 9,158 6 9,165
	小売会社小売収入	327,555	小売以外のCへのFIT売電収入	250,663	
	調達費(卸価格+託送料)×小売量	267,940	賦課金から小売会社へ交付金	132,070	
	年間小売経費(同時同量のオペ)	30,000	風力発電年割償還額	136,667	
	小売会社の利益(=町への配当)	29,615	還流額計	846,955	
	町の歳入・歳出		家庭(小売以外)からCへの電気代	202,445	
	小売会社へのFIT売電収入	311,308	C電力への託送費	158,438	
	小売以外のCへのFIT売電収入	250,663	オペシステム0.7億円の年額	4,667	
	小売会社からの配当金	29,615	移出額計	365,549	
	歳入合計	591,587	残留額	481,406	
	オペシステム0.7億円の年額	4,667			
風力発電年割償還額	136,667				
歳出合計	141,333				
歳入-歳出	450,253				

## 1. 現行体制維持ケース



## 2. 地域の電力小売事業参入ケース



図(2)-4 地域電力小売事業によるCO<sub>2</sub>削減量、資金還流（域内残留）額（算定例（2））

カ 「地域電力小売事業者」は、再エネ電力については電力卸取引所の電力価格（11円/kWh）で調達（調達費としてはこれに電力託送料（低圧電力：9.03円/kWh）が加算され23.03円/kWh）し、固定価格買取制度の買取価格で調達し、コジェネなどの調整電源については発電単価より若干高く調達する。

キ 「地域電力小売事業者」は、25円/kWhで主に家庭に小売りする。

以上のような前提で、この地域の電力体制が、現行の電力会社の体制を維持する場合と、この地域に「地域電力小売事業者」（民間、市民、自治体の出資）が参入する場合の

①地域の電力消費に起因するCO<sub>2</sub>の削減量

②資金（電気代）の還流額（残留額）について比較してみる。

まず、①についてみる。

現行体制維持の場合には、〇〇電力が買い上げた再エネによって〇〇電力のCO<sub>2</sub>排出係数（0.0093kg-CO<sub>2</sub>/kWh）が下がるので、△△地域で消費する〇〇電力からの電力のCO<sub>2</sub>は248万トン削減される。

「地域電力小売事業者」が参入する場合には、域内の再エネ・コジェネなどを調達し、直接域内に小売・「地消」することに伴うCO<sub>2</sub>削減量（180万トン）と、「地消」量以外の再エネ電力量を〇〇電力が買い上げることによる〇〇電力のCO<sub>2</sub>排出係数の低下に伴う域内のCO<sub>2</sub>削減量（204万トン）の合計384万トンの削減になる。

このように、「地域電力小売事業者」が参入して地産「地消」する場合には、現行体制維持の

場合に比べて、電力の消費に起因するCO<sub>2</sub>排出量は45.2%の削減となる。

次に、②をみる。

△△地域から〇〇電力への電気料金支払額は3,693億円(うち家庭からは662億円)と推定される。

現行体制維持の場合は、〇〇電力が買い取った再エネ電力の買取額のうち、△△域内の住宅用太陽光発電設置者と域内の再エネ投資家には合計280億円が還流される。

「地域電力小売事業者」が参入する場合には、小売事業者の小売料金収入850億円から、〇〇電力の送配電線の託送料306億円を差し引いた544億円が域内に残留(還流)し、〇〇電力の小売価格と小売事業者の小売価格との差額280億円がプラスされて824億円が域内に残留(還流)する。

このように、「地域電力小売事業者」が参入して、地域の再エネ・コジェネ電力などを調達し、「同時同量」で域内の家庭に小売(地消)する場合には、現行体制維持の場合に比べて、還流額は544億円多い。

また、「地域電力小売事業者」の小売収入850億円、再エネ・コジェネ電力などの調達コスト652億円の差額(198億円)に中から、域内での新たな再エネ施設やコジェネ施設を支援すると、これらの地域内での拡大再生産につながり、CO<sub>2</sub>削減量や資金残留額も拡大するのである。

さらに、「地域電力小売事業者」が挙げた利益は、出資者の出資割合に応じて出資者に配当される。自治体が出資する場合には、配当金は自治体の歳入となる。

そして、この「地域電力小売事業者」の電力調達先は電力卸取引所や既存の大電力会社ではなく、域内の再エネ、コジェネ(ガス)であるので、この「地域電力小売事業者」と契約する電力消費者は原子力や石炭火力からの電力を使わずに済むのである。

### 3) 各種排熱の上水道管を活用した地域熱供給の可能性算定手法

上水道管ネットワークを利用した熱供給可能な範囲の推計手法を開発した。

まず、域内の排熱の推定方法である。名古屋市内の市民の健康と安全を確保する環境の保全に関する条例に基づく地球温暖化対策計画書を提出している事業所及び「大気汚染物質排出量総合調査」の対象事業所に対し、①エネルギー使用量(燃料別年間使用量)、②未利用廃熱の形態(ガス、液、固体)、温度(排ガス利用設備出口での温度)及び量、③自家発電(発電容量、電力量)を把握するためのアンケート調査を行った(有効回答数896)。

これをもとに、業種別排熱推定式の算定及び施設別排熱量原単位の算定を行った。

業種別排熱推定式の算定においては、排熱量と購入エネルギー量(電力を除く)との間に高い相関が得られた業種については、その相関式から推計を行うこととし、排熱量と購入エネルギー量との十分な相関が得られなかったものについては、今回のアンケート調査から得られた排熱量原単位を便宜上用いて、推定を行うこととした。推定結果は、表(2)-9の通りである。また、施設別排熱量原単位の算定については、施設の区分ごとに、今回アンケート調査により得られたデータを抽出し、排出ガス総量(千m<sup>3</sup>N/年)当りの排熱量を回帰分析によって推定を行った。推定した原単位の表(2)-10の通りである。

これらの原単位を用いることにより、自治体の職員は事業所数や施設数を把握すれば、域内から発生する排熱量を推計することが可能となる。

次に、GISを用いた排熱供給エリアの予測手法の開発である。上記の施設別排熱量原単位から、ある地域における事業所や施設を把握すれば、域内の事業場から発生する排熱量を推計することができ、この排熱データと域内の水道管ネットワークのデータから、GISを用いて、排熱供給エリ

表(2)-9 業種別排熱量原単位の推計

業種	該当件数	相関係数	排熱要因 (単位: GJ)	排熱係数		R2	排熱量原単位 (GJ/事業所)	原単至上限制限(GJ)
				a	b			
建設業	6	0.85	購入エネルギー量 【電力を除く】	0.069	25.5	0.584	2,098	
食料品	14	0.59	購入エネルギー量 【電力を除く】	0.024	3786.5	0.353	6,596	
パルプ・紙板紙	3						1,253	70,000
化学繊維	2						942	14,000
石油製品	2						431	12,000
化学	6	0.78	購入エネルギー量 【電力を除く】	0.114	24714.0	0.604	59,867	
窯業土石	6	0.83	購入エネルギー量 【電力を除く】	0.020	5932.0	0.693	11,518	
鉄鋼	9	0.71	購入エネルギー量 【電力を除く】	0.084	8330.7	0.505	30,603	
非鉄地金	3						120	11,000
機械	8	0.79	購入エネルギー量 【電力を除く】	0.027	275.4	0.631	745	
その他製造業	13	0.48	購入エネルギー量 【電力を除く】	0.056	346.4	0.226	1,150	
電気・ガス・熱供給・水道業	31	0.48	購入エネルギー量 【電力を除く】	0.052	2894.8	0.228	334	
情報通信業	6	0.71	購入エネルギー量 【電力を除く】	0.008	38.0	0.505	54	
運輸業・郵便業	6	0.50	購入エネルギー量 【電力を除く】	0.104	103.7	0.248	295	
卸売業・小売業	24	0.63	購入エネルギー量 【電力を除く】	0.365	2043.1	0.395	6,138	
金融業・保険業	7	0.81	購入エネルギー量 【電力を除く】	0.289	196.9	0.652	314	
不動産業・物品賃貸業	37						647	258,000
学術研究、専門技術サービス業	6						749	207,000
宿泊業・飲食サービス業	22	0.56	購入エネルギー量 【電力を除く】	0.361	-58.2	0.319	5,262	
生活関連サービス・娯楽業	19	0.63	購入エネルギー量 【電力を除く】	0.059	488.8	0.396	965	
教育・学習支援業	64						348	237,000
医療・福祉	45						6,537	246,000
複合サービス	6	0.98	購入エネルギー量 【電力を除く】	0.055	43.9	0.950	786	
サービス業(その他)	120	0.38	購入エネルギー量 【電力を除く】	0.011	1358.3	0.141	1,924	

表(2)-10 施設別排熱量原単位の推計

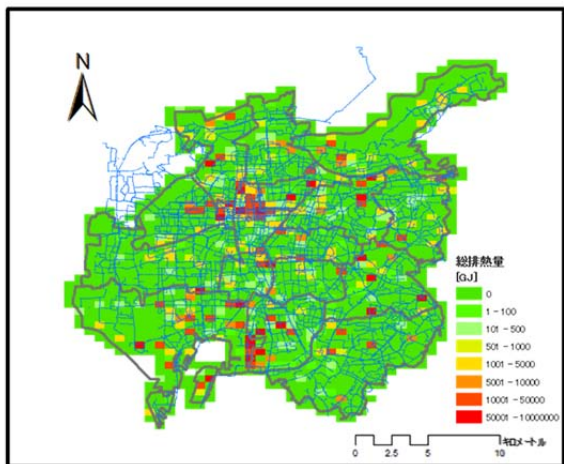
別表No	施設名	種類	排熱量原単位 (MJ/千Nm3)	R2
1	ボイラー	101ボイラー	0.2856	0.4561
		102ボイラー	0.1611	0.9469
		103ボイラー	0.1645	0.4743
		104ボイラー	0.1526	0.5089
		105ボイラー	0.1768	0.9329
		106ボイラー	0.0613	0.4154
6	(金属の鍛練、圧延、熱処理用)加熱炉	601金属圧延加熱炉	0.7504	0.7438
		605金属熱処理炉	0.2289	0.7721
9	(窯業製品製造用)焼成炉、溶解炉	913陶磁器焼成炉(その他)	0.3955	0.9795
		914その焼成炉		
11	乾燥炉	乾燥炉	0.0346	0.3076
12	(製鉄、製鋼、合金鉄、カーバイド製造用)電気炉	電気炉	0.2158	0.7394
13	廃棄物焼却炉	廃物焼却炉	0.2645	0.9883
29	ガスタービン	2901ガスタービン	0.0966	1
		2904ガスタービン		
30	ディーゼル機関	3004ディーゼル機関	0.593	0.9343
31	ガス機関	3101ガス機関	0.2086	0.6033

アを予測することができる。

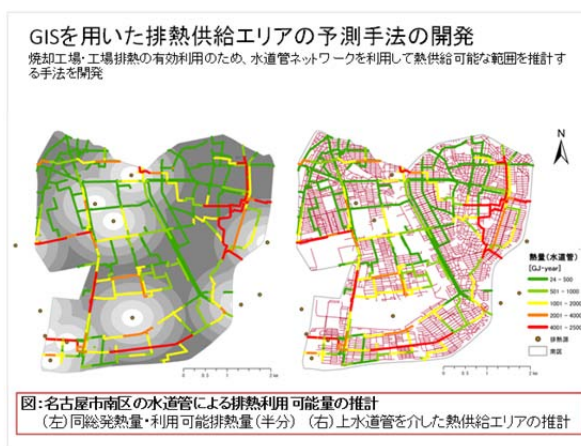
ここでは、排熱データは上記の名古屋市内の事業場アンケートから、水道管ネットワークのデータについては名古屋市上下水道局から提供された生データをESRI社のArcGIS上で編集したもの



を用いて、名古屋市内の1kmメッシュごとの総排熱量に水道管ネットワークを重ね合わせ(図(2)-5)、また、名古屋市南区における水道管を介した排熱供給エリアを推計した(図(2)-6)。水道水を使って熱を輸送するのは、既に多くの家庭や事業者へ供給インフラが設置されており大規模な新規の投資が必要ないことや一定程度の比較的広い範囲に熱を供給できるという利点があるが、その実現のためには、熱による水道管や水質への影響への検証が最も重要であり、あわせて、ロスをできるだけ少なくして熱を輸送できるか、熱の減衰により供給温度に差が生じることによる平等性の確保ができるかについての検討が必要となる。また、排熱の利用という点において、発生するものしか利用できず、供給温度や量について受け身にならざるを得ないという限界もある。すなわち、システムとしての可能性については十分な検討が必要となる。



図(2)-5 排熱供給ポテンシャル



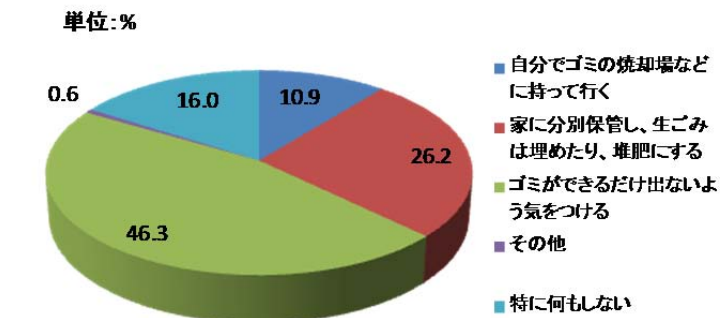
図(2)-6 水道管による排熱供給可能エリア

(5) 資源循環レジリエンスの政策と評価

1) 大規模自然災害時における市民のごみ処理の対応

大規模自然災害等によりごみの収集が困難になった場合、実際にその対応を行うのは市民自身となる。このことに関し、大規模災害時のごみの処分等への対応をどうするかについて、アンケート調査を実施した。アンケート調査は、名古屋市民1,000名を含む中部地域の市民2,000名を対象とした。Webによるモニターの回答であり、2015年3月20日～22日にかけて調査を実施した。中部地域の市民に対するアンケート結果は、

「収集が止まっても、自分でゴミの焼却場などに持って行く」と回答したのが10.9%、「家の中にゴミを分別して保管し、生ごみは庭などに埋めたり、堆肥にしたりする」が26.2%、「すぐにゴミになるものは買わない、食べ残しをしないなど、いつもゴミができるだけ出ないよう気をつける」が46.3%、「特に何もしない」が16.0%、「その他」が



図(2)-7 大規模自然災害時における市民の廃棄物処理への対応

0.6%となった（図(2)-7）。なお、名古屋市民に対するアンケート結果においても、回答の傾向はこの結果とほとんど差が無かった。大規模災害時のごみを保管したり捨てたりする場所の確保ができない場合もあり、できるだけごみを出さないようにするという発生抑制の意識が強く働く結果となった。

また、2015年7月に愛知県の市民2,000名を対象とし、世帯における量、書籍、衣類、家電等所有数、災害時の処理困難物等、および、大規模災害時における廃棄物処理に対する経費負担に関するweb調査を実施した。この結果を抜粋すれば、廃棄物処理途絶時の負担許容額は、一世帯当たり平均生ごみで4,093円、生ごみ以外の粗大ごみ等で41,388円となった。なお、災害経験の有無による負担許容額の差については、生ごみと生ごみ以外の粗大ごみの双方について、大きな差が見られることとなった（表(2)-11）。

表(2)-11 災害経験の有無による廃棄物処理に関する負担許容額の差

	平均金額	災害経験有	災害経験無
粗大ごみ等 (生ごみ以外)	41,388円	51,947円	40,056円
生ごみ	4,093円	4,670円	4,021円

## 2) 全国の自治体における大規模災害時における廃棄物処理対策の実態

2015年8月に全国の地方自治体（1,741自治体）を対象とし、大規模災害時における廃棄物処理対策の現状についてアンケート調査を行った。調査方法は郵送法によるものであり、507自治体から回答を得た（回収率29.1%）。第一に、「大規模な自然災害が発生し、通常のごみ収集（ガレキ類を除く）が困難になった場合でも収集機能を確保するため、どのような対策をしていますか」について、「収集場所確保」「収集車の広域融通」「収集車の他業種間融通」は相対的に対策がとられているが、それでも全国の自治体の10～20%しか対策をしていない。何の対策もしていない自治体も44.4%に上る（表(2)-12）。第二に、「大規模な自然災害が発生し、破碎・焼却・リサイクル等（ガレキ類を除く）」が困難になった場合でも処理機能を確保するため、どのような対策をしていますか。」については、処理施設の「耐震化」や「仮置場の確保」、「被害の少ない自治体への処理の依頼等広域処理体制の確保」の対策が比較的多くなっているが、それ以外の対策の進展度合いは低く、「対策なし」と回答した自治体は30.2%であった（表(2)-13）。第三に、「大規模な自然災害が発生し、埋立が困難になった場合でも処理機能を確保するため、どのような対策をしていますか。」について、「被害の少ない自治体への埋立の依頼等広域処理体制の確保」で19.7%となっているが、それ以外の対策についてはほとんど実施されていないことが判明した（表(2)-14）。このように、収集機能の確保については相対的に進展しているように見受けられるが、十分であるとはいえず、最終処分の確保についてはほとんど対策が進展していないことが明らかになった。さらに、「大規模な自然災害が発生した場合、貴自治体で予想される廃棄物収集の途絶日数（可燃・不燃・粗大・資源の平均）はどれくらいですか。」、「大規模な自然災害が発生した場合、予想される処理施設（焼却処理施設）の停止日数はどれくらいですか。」と尋ねた結果、それぞれ、6.77日、7.92日となった。災害の規模によるため回答ができないとする自治体も多くあった。なお、自治体の災害経験とそれぞれの対策の進展状況との相関関係を調べたが、統計的に有意な相関は見られなかった。

表(2)-12 収集機能の確保のための対策（％）

	収集場所 確保	ルート 確保	合わせ 処理	広域融通	他業種間 融通	車庫の 高台確保	対策なし
該当	14.4	2.8	5.3	17.9	11.2	3.9	44.4
非該当	84.8	96.4	93.9	81.3	88.0	95.3	54.8
無回答	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8

表(2)-13 中間処理機能確保のための対策（％）

	耐震化	耐水化	仮置場 確保	仮設処 理施設	高台 移転	広域 処理	メタン 発酵	リー ス・レ ンタル	対策 なし
該当	16.2	1.8	38.9	2.6	1.0	28.4	0.4	0.6	30.2
非該当	81.9	96.3	59.2	95.5	97.0	69.6	97.6	97.4	67.9
無回答	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0

表(2)-14 最終処分機能確保のための対策（％）

	耐震化	耐水化	高台移転	広域処理	機能分散化	対策なし
該当	5.1	1.8	1.6	19.7	6.5	56.0
非該当	91.9	95.3	95.5	77.3	90.5	41.0
無回答	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0

### 3) 資源循環レジリエンスの経済評価

上記の調査結果を踏まえ、社会的に生じる損失を中心とした資源循環レジリエンスに関する経済評価を試みた。なお、本評価は名古屋市についてケーススタディしたものである。

2016年3月時点での名古屋市における世帯数は1,060,630世帯であり、2013年度における廃棄物処理経費は369億円、うち、焼却処理経費は142億円である。ここから、同市における焼却処理経費以外の廃棄物の収集・運搬等に関する経費は254億円となり、これを365日で除すと1日当たり0.62億円となる。これに、3)で明らかになった収集・運搬の平均途絶日数6.77日に乗ずると4.20億円（ア）となる。また、焼却処理経費142億円を365日で除すと0.39億円となり、これを同様に焼却処理施設の平均停止日数を乗ずると3.09億円（イ）となる。これらを合わせると（ア）＋（イ）7.29億円となり、この額が廃棄物処理の途絶による損失と解することができる。

次に、廃棄物処理機能が失われてしまった場合の損失を試算する。2)で示したように、粗大ごみ等生ごみ以外の廃棄物に対する負担許容額は一世帯当たり41,388円であり、これに名古屋市内の世帯数1,060,630世帯に乗ずると439億円となる（ウ）。また、生ごみの処理に対する負担許容額は一世帯当たり4,093円であり、同様に世帯数を乗ずると43億円（エ）となる。これらを合わせると（ウ）＋（エ）482億円となり、ここから一年間に必要となる廃棄物処理経費369億円を引くと、113億円となる。すなわち、廃棄物処理機能が喪失した場合、113億円余計に必要なことから、この分が社会的に生ずる損失であると解することができる。

### 4) 資源循環レジリエンスの施策

上記の各調査・分析を通じ、大規模自然災害時における廃棄物処理に関する市民等の排出者における対策、自治体における収集・運搬、中間処理、最終処分における対応実態を把握し、名古屋市をケースとした廃棄物処理機能の途絶、および喪失時における損失額の試算を行った。これらの結果より、資源循環レジリエンスの評価のための施策について、廃棄物処理の対策の種類（排

出者対応、収集・運搬、中間処理、最終処分)の施策の段階(予防、順応、転換)における施策の分類を行うと表(2)-15の通りとなる。各施策において、予防・順応の各段階における対策は相対的に細分化され、対策が進んでいるものもあるが、転換の段階についてはその実施に多額の経費を必要とすること等の事情により対策があまり進んでいないことが明確になった。しかし、廃棄物処理機能が停止・喪失した場合の損失は莫大であり、大規模自然災害に備えて対策を講じていれば、そのための投資が必要であっても損失は免れることとなる。このことから、大規模自然災害による損失額と対策費用とのバランス、すなわち、対策により守られる機能停止・喪失による損失額こそ資源循環レジリエンスの価値ということになる。この資源循環レジリエンスを高めるための対策の進展が求められる。

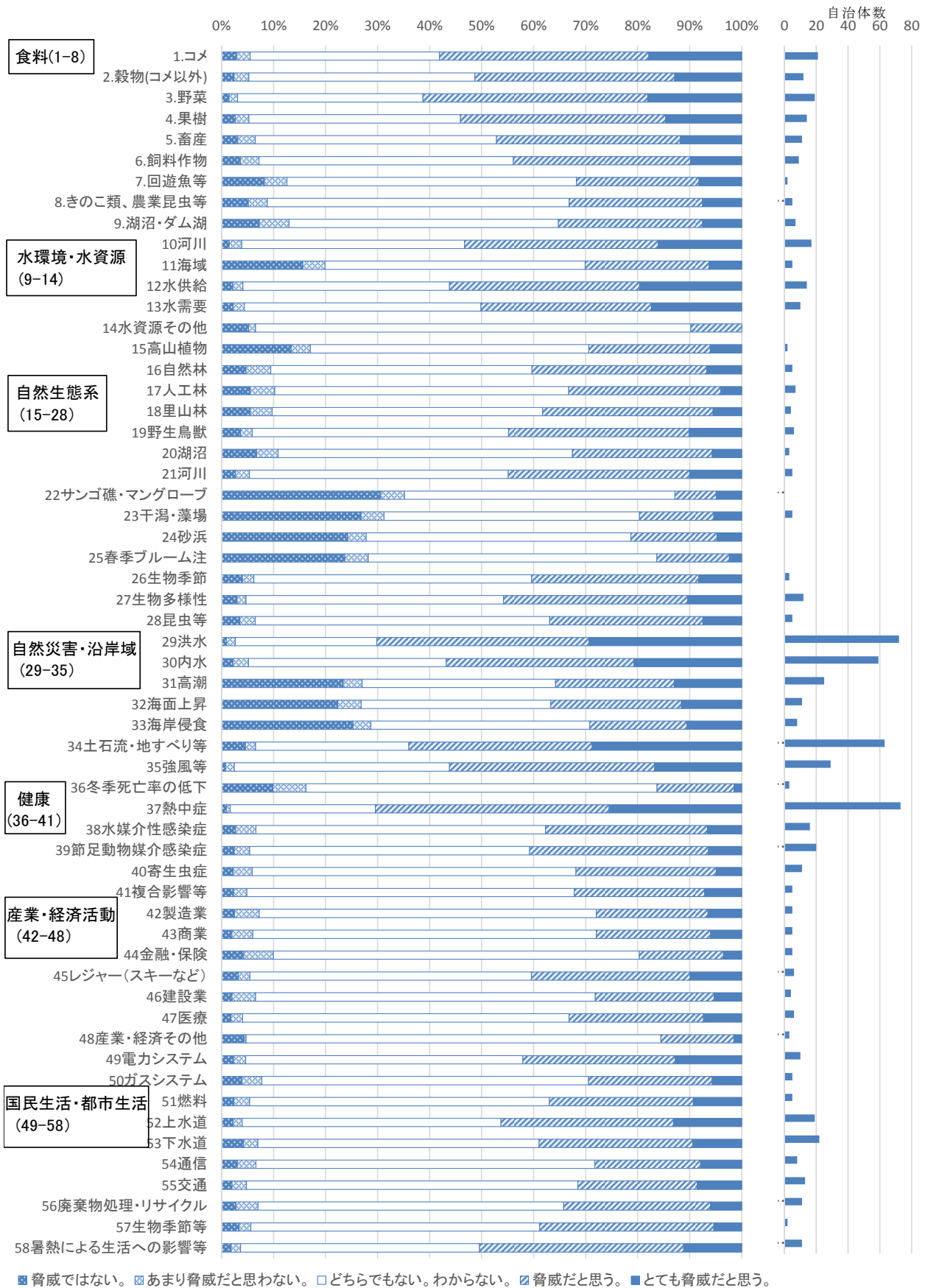
表(2)-15 資源循環レジリエンス評価のための施策の分類

施策分担	排出者対応	収集・運搬	中間処理	最終処分
予防 (強靱化)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 生ごみ・粗大ごみ等の分別排出</li> <li>● 災害時ステーション位置等の事前把握</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 災害時のステーション位置の想定</li> <li>● 災害時の収集ルート of 想定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 処理施設の耐震化</li> <li>● 施設の防水化</li> </ul>	
順応 (回復を早める)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 生ごみ等処理に緊急を要するもの、粗大ごみ等かさばるものの処理に対する新たな経済負担</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 一廃・産廃の合わせ処理</li> <li>● 収集車の広域融通</li> <li>● 収集車の業種間融通</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 一廃・産廃の合わせ処理</li> <li>● 合併浄化槽の復旧</li> <li>● 移動式破砕機の調達</li> <li>● 廃棄物仮置場の確保</li> <li>● 仮設処理施設の設置</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 一廃・産廃の合わせ処理</li> <li>● ガレキ選別の厳格化</li> <li>● ガレキのかさ上げ利用</li> </ul>
転換 (システム転換)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 大規模自然災害時における廃棄物の発生抑制</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 収集車車庫の高台移転</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 施設の高台移転</li> <li>● 広域処理の推進</li> <li>● メタン発酵処理施設設置</li> <li>● 防災拠点の非常用電源設置</li> <li>● 有害物質を使わない</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 広域処理の推進</li> <li>● 有害物質を使わない</li> </ul>

## (6) 健康(熱中症)レジリエンスの政策と評価

### 1) 気候変動の将来影響に関する脅威の認識と適応策の策定状況

気候変動の将来影響に関する脅威と熱中症対策に関するアンケートの結果、477自治体から回答を得た(回答率27.4%)。「適応策」の計画策定状況では、「計画がある」自治体は、回答のあった自治体の約3%(14自治体)であり、約95%(451自治体)が計画を持っていなかった。策定検討中の自治体は27、平成27~28年度中に策定予定の自治体は13あったが、適応計画の策定は非常に少ないことがわかった。環境省の「わが国における気候変動による将来影響一覧」をもとに、7分野(①食料、②水環境・水資源、③自然生態系、④自然災害・沿岸域、⑤健康、⑥産業・経済活動、⑦国民生活・都市生活)における総計58項目の気候変動の将来影響について、自治体の脅威の認識と具体的な適応策の有無を尋ねた(図(2)-8)。この結果、「とても脅威だと思う」と回答があった項目で最も多いのは「洪水」であり、続いて「土石流・地すべり等」、「熱中症」であった。脅威の認識が高い方から上位10位には自然災害や水に関する項目が多い傾向であった。具体的な適応策の有無については、ほとんどが「無」であったが、脅威だと認識されている割合が

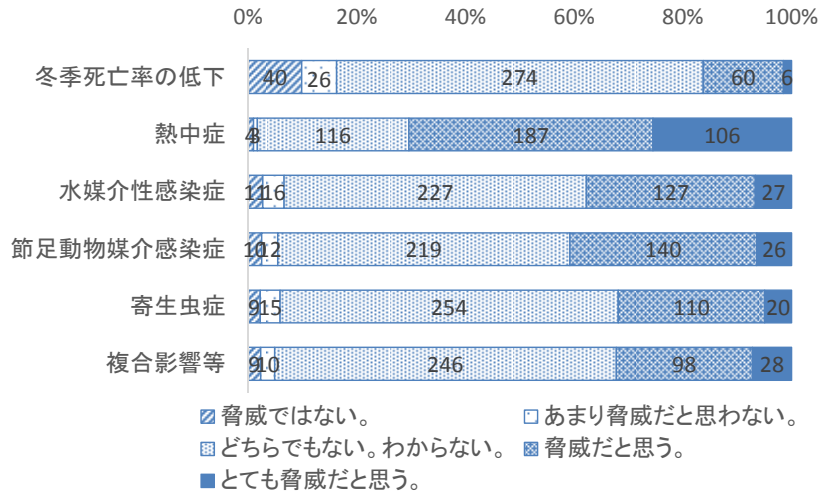


図(2)-8 気候変動の将来影響に関する脅威の認識と適応策が「有」と回答した自治体数(7分野58項目別)

多い項目のうち、特に自然災害と熱中症については、具体的な適応策が「有」と回答した自治体は60～80（全体の20%弱）となっていた。

2) 「熱中症」の脅威の認識と具体的な施策

環境省の「わが国における気候変動による将来影響一覧」の7分野（①食料、②水環境・水資源、③自然生態系、④自然災害・沿岸域、⑤健康、⑥産業・経済活動、⑦国民生活・都市生活）から、健康の分野における6項目（冬季死亡率の低下、熱中症、水媒介性感染症、節足動物媒介感染症、寄生虫症、複合影響等）について、自治体の脅威の認識の割合を図(2)-9に示す。



図(2)-9 健康分野における気候変動の将来影響に関する脅威の認識 (n=477)

全体に「どちらでもない。わからない。」の回答が多い傾向であったが、「熱中症」について脅威であるとの回答が約70%（「とても脅威だと思う」(25.5%)と「脅威だと思う」(45.0%)の合算）と高かったことが健康の分野の特徴として挙げられる。他の項目は「脅威である」との回答が40%以下であったことに比較すると、リスク認知が進んでいると言える。

環境省等が推奨する具体的な熱中症対策について、16施策のレジリエンス施策分類を行った（表(2)-16）。「予防」は、熱中症という疾患の普及啓発と未然に熱中症を防ぐための対策及び熱中症を引き起こしやすい気象状況などの情報提供や注意喚起の施策である。ただし、「熱中症にならない丈夫な体作り」といった取組みはここでは含まない。「順応」は、実際に、熱中症になりやすい気象条件が出現した場合を想定した施策である。「転換」は、環境そのものを熱中症が起りにくいように改善するもので、ヒートアイランド対策もここに含まれる。

環境省等が推奨する具体的な熱中症対策について、16施策のレジリエンス施策分類を行った

（表(2)-16）。「予防」は、熱中症という疾患の普及啓発と未然に熱中症を防ぐための対策及び熱中症を引き起こしやすい気象状況などの情報提供や注意喚起の施策である。ただし、「熱中症にならない丈夫な体作り」といった取組みはここでは含まない。「順応」は、実際に、熱中症になりやすい気象条件が出現した場合を想定した施策である。「転換」は、環境そのものを熱中症が起りにくいように改善するもので、ヒートアイランド対策もここに含まれる。

3) 熱中症対策の現状

熱中症対策について、「実施している」と回答した自治体は79.2%(378)と多く、「実施していない」自治体は20.8% (99)であった。「実施している」と回答した378自治体のうち、レジリエンス

表(2)-16 「熱中症」対策のレジリエンス施策分類

分類	施策
予防	暑さ指数（WBGT*）など気象情報の提供 放送等での注意喚起
	リーフレットなどによる普及啓発
	高齢者を対象とした訪問、声かけ
	学校現場における注意喚起
	研修会・講習会の実施
	事業者への指導
順応	専門機関との共同による調査研究
	公共施設の空調設備の設置
	ドライミスト装置の設置
	避難場所の確保
転換	給水場所の設置
	発生状況（被害状況）の提供
	ヒートアイランド対策
	緑地を増やす取組み
	風の道をつくる取組み

\*WBGT: Wet-Bulb Globe Temperature(湿球黒球温度)の略称

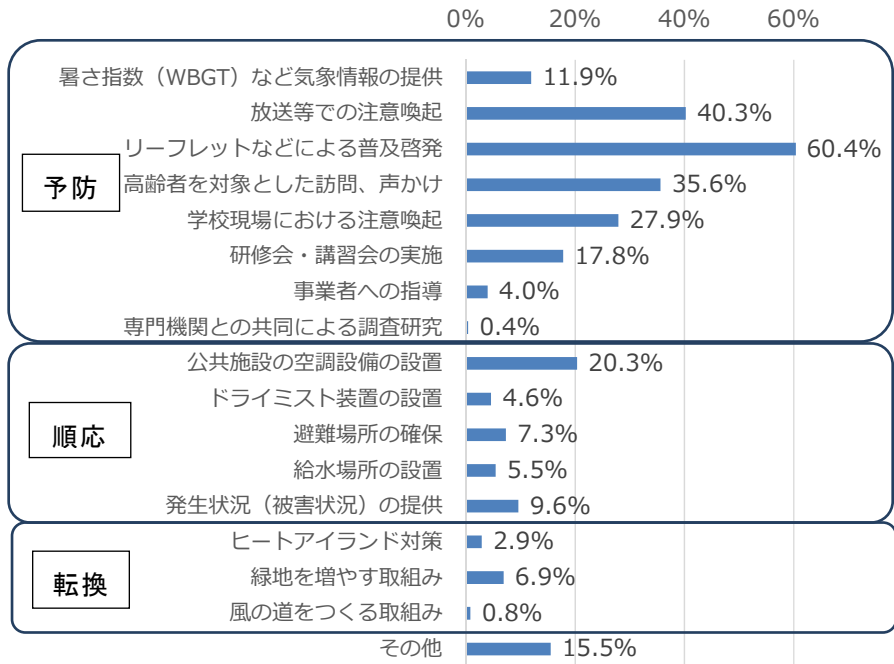
「実施している」と回答した378自治体のうち、レジリエンス施策分類別にみた具体的な対策の実施状況を図(2)-10に示す（複数回答）。

熱中症対策として実施されているものは、「リーフレットなどによる普及啓発」が最も多く60.4%、続いて「放送等での注意喚起」が40.3%、「高齢者を対象とした訪問、声かけ」35.6%、「学校現場における注意喚起」が27.9%となっていた。これらは全て「予防」策に位置付けられるものであ



る。「順応」や「転換」では、順応策の「公共施設の空調設備の設置」が20.3%であったが、他は10%を下回っていた。

調査結果より、熱中症対策として実施されているのは、「予防」策が中心で、「順応」策や「転換」策の実施率はほとんどが10%未満であった。「予防」対策は、普及啓発や情報提供などのソフト対策が中心であり、「順応」や「転換」となるハード対策は実施割合が低いことが分かった。

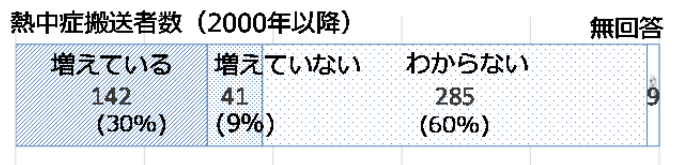


図(2)-10 環境レジリエンスの施策分類別にみた熱中症対策の実施状況

「順応」及び「転換」策の充実とハード対策の実施率向上が課題といえる。なお、「転換」策は熱中症対策としてではなく、温暖化防止対策やヒートアイランド対策として実施しているという回答も多くみられており、担当部署との連携も必要である。

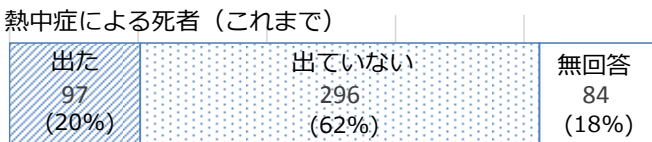
3) 熱中症対策実施の要因

自治体内での熱中症搬送者数が2000年代になって増加しているかどうかと



図(2)-11 自治体内の熱中症による搬送者数

という問いについては、30%が増えていると回答したが、わからない、データがない、把握していないという回答が60%を占めた(図(2)-11)。自治体内において熱中症による死者が出た自治体は全体の20%で



図(2)-12 自治体内の熱中症による死者の有無 (過去)

あったが、把握していない、直接の死因かわからないため無回答、が18%あった(図(2)-12)。脅威の認識とは反して、実際の熱中症搬送者数や死者数についての把握は明確になされていないことが分かった。一方、熱中症搬送者数が増加している、または熱中症による死者が出たと回答した自治体の90%以上は、熱中症対策を「実施している」と回答しており、実際の熱中症搬送者や死者の発生が熱中症対策実施の要因となっていることがわかる。

欧州では、2003年の欧州熱波により約2万2千人の死者が出た事例があるが、こうした極端現象による熱中症患者の急増に備えた対策の有無については、ほとんどの自治体が「対策はない」(44.7%)、「想定していない」(46.5%)と回答した。これは、過去の熱中症の死者の有無にも関係は見られなかった。「対策はある」と回答した自治体でも、対策内容は防災無線による注意喚起や救急車に氷を備えるなどであり、病院での患者の受け入れ体制などへの言及はなかった。

全国の自治体を対象とした調査より、熱中症に対する脅威の認識は浸透しており、何らかの熱中症対策を実施している自治体が多いことが明らかになった。しかし、現在実施されている施策のほとんどは環境レジリエンス施策分類の「予防」に該当するものであり、リスクの暴露量が増大した場合の「順応」策や回復可能な許容範囲を超える場合の「転換」策はほとんどの自治体でなされていない。さらに、熱波などの極端現象により熱中症患者が急増するような事態はほとんどの自治体で想定されていないことがわかった。

今後、熱中症のリスクをいかに想定し、「予防」施策と併せて「順応」や「転換」の施策を実施していくかが課題と言えよう。「順応」や「転換」施策の選択肢の充実も求められる。

### (7) 気候エネルギー自治の確立に向けた手法の開発とその実装化

#### 1) 日本版「首長誓約」の枠組みの制度設計と社会実装に向けた提案

平成26年度に欧州の「市長誓約」(Covenant of Mayors)をモデルにして「日本版『首長誓約』」の枠組みを開発し、平成27年1月30日のシンポジウムで中部地方の地方自治体を対象に提案した。2015年度は、日本版「首長誓約」の枠組みをさらに、地域エネルギー政策の手段・手法、合意形成手法及び地域エネルギー政策能力向上プログラムなどをパッケージ化したものとして精査し社会実装を試みた。

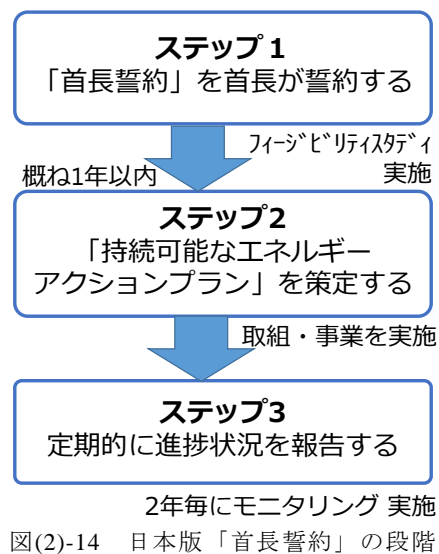
欧州の「市長誓約」(Covenant of Mayors)は、2008年に欧州委員会が始めた地方自治体を対象とした枠組みで、持続可能なエネルギーによりCO<sub>2</sub>削減を目指す。地方自治体の首長は、EUが掲げていた2020年までにCO<sub>2</sub>排出量を20%削減するという目標を上回る目標を掲げ、「持続可能なエネルギーアクションプラン」(SEAP: Sustainable Energy Action Plan)を1年以内に策定し、モニタリングをしながら取り組むものである。欧州の「市長誓約」には、2015年10月までに6,500を超える自治体が誓約している。

日本版「首長誓約」は、欧州の「市長誓約」を参考に制度設計を行った。誓約内容は、①エネルギーの地産地消、②温室効果ガスの大幅削減、③気候変動などへの適応、に一体として取り組むこと、①～③に関する2030年の目標と具体的な達成方策に関する「持続可能なエネルギーアクションプラン」を策定すること、自治体のネットワークを通じ連携して取り組むこと、である(図(2)-13)。まず、「ステップ1」として、地方自治体の首長が日本版「首長誓約」の内容について誓約し、誓約書に署名する(図(2)-14)。次に、「ステップ2」として「持続可能なエネルギーアクションプラン」を概ね1年以内に策定する。アクションプランの策定にあたっては、フィージビリティスタディを行い、地域のエネルギー需給構造を把握した上で、2030年のCO<sub>2</sub>削減目標の数値と具体的な達成方策を定める。このフィージビリティスタディにおいて、エ

#### 日本版「首長誓約」の誓約内容

1. 次の項目に一体として取り組むこと。
  - ①エネルギー地産地消
  - ②温室効果ガスの大幅削減
  - ③気候変動などへの適応
2. ①～③に関する目標(2030年)、具体的な達成方策などに関する持続可能なエネルギーアクションプランを策定すること。
3. 自治体のネットワークを通じ連携して取り組むこと。

図(2)-13 日本版「首長誓約」誓約内容



図(2)-14 日本版「首長誓約」の段階

エネルギー・レジリエンス評価等を用いる。アクションプラン策定後、「ステップ3」では、2年ごとにモニタリングを実施し報告する。こうして、地域のエネルギー・レジリエンスなどの向上を目指すだけでなく、気候変動政策とエネルギー自治を通じた地域創生や地球貢献をもねらいとした。

この日本版「首長誓約」の枠組みについては、パンフレットを作成（図(2)-15）し、平成27年11月、全国の地方自治体（47都道府県、1,741市町村）の首長宛に送付して参加を呼びかけた。この結果、平成28年2月末までに、11自治体（埼玉県、岐阜県、旭川市、ニセコ町、仙台市、所沢市、川越市、半田市、高山村、犬山市、菊池市）より問い合わせがあった。

## 2) 愛知県西三河地域における社会実装の試行

平成27年3月に第1回勉強会を開催した愛知県西三河地域の10自治体（岡崎市、碧南市、刈谷市、豊田市、安城市、西尾市、知立市、高浜市、みよし市、幸田町）は、その後、平成27年度は各自治体の持ち回りで毎月1回勉強会を開催した（表(2)-17）。

勉強会では、日本版「首長誓約」の誓約内容や進め方に実施要領に関する詳しい説明、各自治体の担当者からの質疑応答、西三河地域10自治体のエネルギーバランスデータを用いた試算結果の提示などを行った。



図(2)-15 日本版「首長誓約」パンフレット表紙

表(2)-17 西三河9市1町における日本版「首長誓約」勉強会（2015年）

	月日	開催場所	主な議題
第1回	3月24日	知立市	日本版「首長誓約」の概要、参画の意義・メリット等、意見交換
第2回	4月23日	安城市	前回の振り返り、9市1町のデータと実施可能性について、実施要領(案)
第3回	5月18日	豊田市	前回の振り返りと情報提供、日本版「首長誓約」に関する論点整理、意見交換
第4回	6月30日	岡崎市	今後の進め方（誓約内容、スケジュール、勉強会）について意見交換
第5回	7月28日	刈谷市	前回の振り返り、西三河地域のデータによる試算結果（判断材料）について
第6回	8月18日	高浜市	10自治体の首長訪問の報告、今後の日本版「首長誓約」の進め方について
第7回	9月28日	西尾市	首長会合（10月1日）に向けた対応、平成28年度の国の関連予算について
第8回	10月9日	碧南市	首長会合（首長誓約意見交換会、10月1日）の報告、今後の進め方
第9回	11月17日	みよし市	「首長誓約」の最終確認、誓約式典について、今後の進め方

勉強会を進める中で、自治体の担当者から、日本版「首長誓約」への参加の意向は自治体担当者レベルでは判断できない、首長に直接、説明してほしいとの要望があり、平成27年7月末から8月中旬にかけて、10自治体の首長を訪問し、直接、日本版「首長誓約」について説明した（図(2)-16）。

説明の際には、各自治体担当者も同席し、首長の意見を聞いた。このようにして、10自治体の首長の意見を集約し、再度、勉強会の場で合意形成を行った結果、11月に最終的に岡崎市、豊田市、安城市、知立市、みよし市の5市が合意し、首長誓約を行うこととなった。他の4市1町が合意に至らなかった理由としては、エネルギー事業者が域内にあるため参加は見送りたい、事業性が明確でないため今回は見送りたい、職員数が少なく現段階では対応できない、今回は見送るが準備が整い次第参加したい、などがあった。

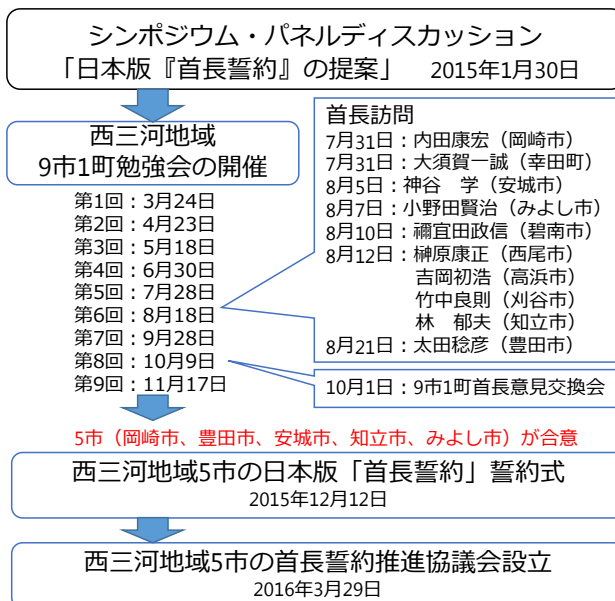
平成27年12月12日、豊田市内において西三河5市の「首長誓約」誓約式が行われた(図(2)-17)。平成28年3月29日には、西三河5市により「西三河首長誓約推進協議会」が設立され、平成28年度にアクションプラン策定を目指す。

西三河5市の担当職員の評価では、5市で誓約したことについて「良かった」という意見が多かったが、まだ具体的な取組みがなされていないため判断できないとの意見もあった。また、勉強会の開催については、自治体に馴染みのない仕組みを学ぶ機会として、また、広域連携として5市の考え方を統一する場として良かったと言う評価が得られた。能力向上については、他市の取組みを学べた、これからアクションプラン策定を通じて図られるのではないかとの意見があった。自治体のネットワークについては、有効であるとの評価が得られた。

### 3) 欧州との連携

欧州の「市長誓約」(Covenant of Mayors)は、気候変動枠組条約第21回締約国会議(COP21)を控えた2015年10月、ブリュッセルで開催された総会において、新たな目標として、EUが提示した2030年までの長期目標CO<sub>2</sub>排出量40%削減と同じかそれを上回る目標を設定することとした。同時に、2014年に立ち上げた「Mayors Adapt」という気候変動の適応策(Adaptation)への取り組みも新たな「市長誓約」の枠組みに併合することとした。欧州の「市長誓約」は、これまでの成功事例をもとに、新たなフェーズに入ったといえる。

欧州委員会は、2015年12月8日、COP21のサイドイベントにおいて、この取組みを全世界に広げる計画「Global Covenant of Mayors」がある旨を発表した。サイドイベントでは、日本でも日本版「首長誓約」を立ち上げたこと、12月12日に愛知県の5市が第1号として誓約することを情報提供した。今後も欧州の「市長誓約」と連携してこの社会実装を進めていき、さらに、将来的には、



図(2)-16 西三河地域9市1町における合意形成



図(2)-17 西三河5市「首長誓約」誓約式  
(平成27年12月12日)



日本版「首長誓約」も「Global Covenant of Mayors」に合流したいと考えている。

4) シンポジウム「Resilient City —気候変動への緩和と適応、エネルギーセキュリティー」の開催

「レジリエントシティ」は今や世界的に関心が高まっているテーマの1つである。ドイツのベルリン日独センターより、「レジリエントシティ」をテーマとした日独国際シンポジウムの東京での開催について提案があり、特に、地方自治体における気候変動への緩和策・適応策、エネルギー政策について議論するため、標記のシンポジウムを企画した。本シンポジウムは、ベルリン日独センター、Climate Alliance、法政大学、大阪大学及び名古屋大学の共催であり、ドイツ連邦環境・自然保護・建設・原子力安全省及び環境省の後援を受け、平成27年11月5日に

法政大学スカイホールで開催した(図(2)-18)。

セッション1「レジリエントシティとは？」では、ブレーメン都市州でのレジリエントシティ政策の事例、日本の環境省より気候変動適応策について、そして、レジリエントシティの概念とその評価に関し、法政大学、名古屋大学及び大阪大学が、これまでの研究成果を踏まえて報告した。

セッション2「ドイツと日本の地方自治体におけるレジリエンス取組事例」では、ドイツよりベルリン都市州、フェルトハイム、イエナ市が報告し、日本からは名古屋市と豊田市の自治体担当者が登壇し報告した。

セッション3「レジリエントシティのための自治体ネットワークの役割」で日独の自治体ネットワークによる取組事例が報告された後に、これまでの議論を踏まえ、パネルディスカッションを行った。レジリエントシティを構築するための自治体ネットワークのあり方とその役割について、活発な議論が行われた。

この結果、レジリエントシティのための自治体ネットワーク形成のためには、首長の政治的意志の高さや自治体の財政状況等鑑みるべき事情はあるものの、気候政策を実施すれば地域経済が活性化し、雇用創出にもつながるといったような問題解決の構造を明確にする必要があることが示唆された。今後、それぞれの地域でレジリエンスを高めるためには、気候変動の緩和・適応やエネルギーの地産地消に関する施策について、自治体ネットワークを通じて情報や経験を共有し、レベルアップを図っていくことが望まれる。このためにも、Global Covenant of Mayorsや本研究の社会実装としての日本版「首長誓約」の仕組みを普及させていくことが重要であることが確認された。

日独国際シンポジウム 環境省環境研究推進費1-1304

# Resilient City レジリエントシティ

## —気候変動への緩和と適応、エネルギーセキュリティー—

■日時: 2015年 11月5日(木) 9:45~17:00  
 ■場所: 法政大学スカイホール  
 (市ヶ谷キャンパス、千代田区富士見2-17-1)  
 日独同時通訳付き 参加費無料

■プログラム / 登壇者

9:15 受付  
 9:45 開会のあいさつ  
 坂戸 勝 (ベルリン日独センター) / ハラルド・ナイツェル (ドイツ環境省) / 田中聡志 (環境省) / アンドレアス・クレス (気候同盟)

10:00 セッション1: レジリエントシティとは?  
 クリストフ・フォセラー (ブレーメン都市州) / 田中聡志 (環境省) / 田中 充 (法政大学) 馬場健司 (法政大学) / 竹内恒夫 (名古屋大学) 松野正太郎 (名古屋大学) / 東海明宏 (大阪大学) 中久保豊彦 (お茶の水女子大学)

休憩

11:00 セッション2: ドイツと日本の地方自治体におけるレジリエンス取組事例  
 モデレーター: ハラルド・ナイツェル (ドイツ環境省)  
 登壇者: ローター・シュトック (ベルリン都市州) / 寺西徳徳 (名古屋大学) / パーバ・ラル (ポツダムミッテルマルク郡フェルトハイム) / 塩谷 誠 (豊田市) / マチアス・レルム (イエナ市)

昼食

14:30 セッション3: レジリエントシティのための自治体ネットワークの役割  
 モデレーター: 竹内恒夫 (名古屋大学)  
 登壇者: ハラルド・ナイツェル (ドイツ環境省) / アンドレアス・クレス (気候同盟) / 杉山範子 (名古屋大学)

15:00 パネルディスカッション: 中口敦博 (環境自治体会議) / 上記登壇者  
 16:50 開会のあいさつ  
 竹内恒夫 (名古屋大学)

17:00 閉会

■お申込み・お問い合わせ TEL/FAX: 052-747-6589 Eメール: Rcity2015@gmail.com

主催: idzb 名古屋大学 法政大学 大阪大学  
 後援: Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Building and Nuclear Safety 環境省

参加料: 氏名、所属、連絡先を、こちらまで送付下さい。個人情報は、環境省のもとで学術の推進等の目的以外での使用いたしません。

図(2)-18 日独国際シンポジウム(平成27年11月5日)のポスター

## 5. 本研究により得られた成果

### (1) 科学的意義

・都市エネルギーシステムへのさまざまな外力（リスク）及びそれらに対応する都市エネルギー・レジリエンスの施策の整理ができた。また、「転換・変革」施策としての「自立・分散型エネルギーシステムへの転換」のために必要な地域における事業場ごとの排熱量、地域内の自家発電からの電力調達量などを、温対法に基づき公表されている事業場ごとのCO<sub>2</sub>排出量及びエネルギーバランス表（全国）から比較的簡易に推計する方法が開発された。また、事業場・ごみ焼却場からの排熱を上水道管を通じて家庭に供給する際の温水が供給されるエリア・供給量を、GISを用いて推計する方法が開発された。

・エネルギー・レジリエンスの評価を定量的に行うことが可能であることを示すとともに、予防・順応・転換の各段階におけるレジリエンス価値、CO<sub>2</sub>削減量、および設備投資額を明確にすることができた。具体的には、名古屋市の家庭・業務部門を対象に、レジリエンス価値、CO<sub>2</sub>削減量及び設備投資額を指標にしてその数量的評価を試みたところ、緩和・適応・レジリエンスに共通する転換策である分散型システムへの転換が高い評価となった。また、転換策の一つである水道管ネットワークを用いた排熱利用可能量をGISにより示す手法を開発することができ、視覚化することが可能となった。

・名古屋市内の事業所を対象としたエネルギー消費量に関するアンケートのデータの積み上げにより、業種別・施設別の排熱量原単位を明確にすることができた。また、エネルギーバランス表とエネルギー施策の取組段階表と合わせた、エネルギー自治のための能力向上プログラムの開発を行うことができ、名古屋市以外の地域においても排熱量の推計をはじめとした、エネルギー施策の評価を行うことが可能となった。

・全国の全自治体を対象としたエネルギー政策に関する大規模なアンケートの実施により、自治体におけるエネルギー政策に関連する組織・条例・取組の内容を明らかにすることが可能となった。さらに、域内のエネルギーの需給構造の把握状況、自治体自身や域内の事業者のエネルギー取組の状況、エネルギー行政の地方分権化に関する意向について、その状況と動向を把握することができ、環境政策論・環境行政論分野における新たな全国規模データの取得ができた。

・資源循環レジリエンスについて、「予防」「順応」「転換」のそれぞれの段階における対策の内容を明らかにすることができた。全国の自治体に対して大規模自然災害時における廃棄物処理に関する対策についてのアンケート調査を実施したが、施設の耐震化や耐水化等の「予防」策が多く、高台移転等の「転換」策については対策が進んでいないことが分かった。また、大規模自然災害時の廃棄物処理に関する市民に対するWebアンケートの結果によれば、なるべくごみが出ないようにするという発生抑制行動がとられることが明らかになった他、収集途絶時の処理に関する負担許容額が明確になった。これによれば、過去に災害を経験している市民の方が負担許容額が大きくなった。

・健康（熱中症）レジリエンスについて、熱中症対策として実施されているのは、全般に「予防」の対策項目が多く、「順応」や「転換」の対策項目は少ないことが自治体アンケートの結果より明らかになった。「予防」対策が進んでいるとはいえ、普及啓発や情報提供といったソフト対策が中心であり、「順応」や「転換」となるハード対策は実施割合が低い。「順応」及び「転換」策の充実とハード対策の実施率向上が課題である。



・欧州で展開されている地方自治体のCO<sub>2</sub>削減の枠組みである「Covenant of Mayors（市長誓約）」の調査に基づき、日本版「首長誓約」の制度設計を行い、日本で初めてのしくみとして提案した。日本版「首長誓約」は、①エネルギーの地産地消、②温室効果ガスの大幅削減、③気候変動などへの適応、を目的とするレジリエントシティ政策の社会実装である。

・地方自治体におけるエネルギーバランス表及び再生可能エネルギー認定・導入量等より、地域内でのエネルギーの需給量及び電力料金を試算し、経済評価を行った。

・日本版「首長誓約」の社会実装のため、愛知県西三河地域9市1町の担当者と共に、9回にわたって勉強会を開催し合意形成を試みた。また、10人の首長に直接、日本版「首長誓約」を説明しインタビューを行った。この結果、首長及び自治体担当者の意見を参考に、提案時からしくみの内容を一部改変し、最終的に5市（岡崎市、豊田市、安城市、知立市、みよし市）が合意に至った。

## （２）環境政策への貢献

### <行政が既に活用した成果>

・日本版「首長誓約」を誓約した5市（岡崎市、豊田市、安城市、知立市、みよし市）は、西三河地域におけるエネルギーの地産地消や温室効果ガスの大幅削減、気候変動などへの適応に関する取組みを推進するため、2015年3月29日に「西三河首長誓約推進協議会」を設立した。協議会の会長は豊田市長の太田稔彦氏が務める。

・安城市の「安城市環境基本計画（案）」（第3次改定、2016年1月4日～2月3日パブリックコメント実施）において、日本版「首長誓約」に近隣自治体と共に誓約し、誓約内容の実施のために近隣自治体と連携・共同して取組みを実施する旨が明記（p.15）された。

・豊田市では、太田稔彦市長の定例記者会見（再選後、2016年2月19日）において、日本版「首長誓約」に誓約した西三河5市で平成28年度にアクションプランを作成していくと発表した。豊田市公告39号（2016年2月2日）では、「豊田市環境基本計画等策定業務委託」公募の業務概要に、「日本版『首長誓約』に基づく持続可能なエネルギーアクションプラン（西三河連携版）策定に向けた基礎資料の作成」が明記されている。

・知立市では、林郁夫市長の平成28年度施政方針において、日本版「首長誓約」に西三河5市で誓約したことにふれ、環境先進地域となるよう連携して取り組んでいくと述べている。

・みよし市では、小野田賢治市長の平成28年度施政方針において、日本版「首長誓約」に西三河5市と共に国内で初めて署名したこと、平成28年度にはアクションプランを策定し、平成29年度からは広域にわたる温室効果ガス削減等の諸事業を展開する、すでにみよし市で実施している住宅用太陽光発電システム設置補助、燃料電池システム設置補助及び家庭用蓄電システム普及促進補助事業について継続し、平成28年度からは家庭用エネルギー管理システムや電気自動車等充電設備も補助対象に加えるなど、取組を促進すると述べている。

### <行政が活用することが見込まれる成果>

・エネルギー・レジリエンス施策の「転換・変革」施策としての「自立・分散型エネルギーシステムへの転換」は、低炭素都市づくりの環境政策と「コベネフィット」の関係にあることを明らかになった。また、欧米の自治体の事例などから、自治体がエネルギー政策、また、エネルギー事業を実施していくことが環境政策の最大課題である低炭素社会づくりにとって不可欠であるこ

とを明らかにし、自治体による「自立・分散型エネルギーシステムへの転換」のための方法論、処方箋を名古屋市を対象としたフィージビリティスタディにおいて具体的に示した。

・レジリエント評価の高いエネルギー・レジリエンス施策である分散型エネルギーへの転換は、緩和策でもあり、適応策でもあることが明確になった。また、昨年度作成したエネルギー自治制度設計案について、そのレジリエンス価値・CO<sub>2</sub>削減量・設備投資額を具体的に示すことができたため、自治体におけるエネルギー施策の設計について、具体的に判断をすることができる根拠を提供することができた。

・エネルギー自治に向けた能力向上プログラムが開発できたため、これを広く公表することにより、自治体の担当者は自らの自治体におけるエネルギー施策の立案に関する需給構造や排熱等の発生状況を把握することができるようになる。また、取組段階表により、自らの自治体のエネルギー施策の状況を他自治体との比較において客観的に認識することができるようになる。さらに、そのプログラムの試行の方法として「首長誓約」を提案したが、このネットワークの活用により、自治体間の情報・経験交流が促進され、エネルギー施策の策定が加速化する。

・資源循環レジリエンスについて、大規模自然災害により廃棄物の収集・処理が途絶しないよう、あるいは途絶した場合において、「予防」「順応」「転換」のフェーズごとに採るべき対策が明確になったことから、自治体の廃棄物処理計画や処理施設整備計画等で順次対策を講じられることが期待される。また、本研究では名古屋市のケースを取り上げ、廃棄物収集・処理機能の途絶または喪失による社会的損失を試算した。これらの結果を踏まえ、大規模自然災害時の緊急予算措置や対策の優先順位の目安を付けられるようになったと考えられる。

・健康（熱中症）レジリエンスについて、自治体における健康分野におけるリスクと対策が明確になったことにより、当該自治体において進捗が進んでいる対策と進んでいない対策を把握することができるようになった。早急な対策の進展が望まれる。

## 6. 国際共同研究等の状況

- 1) シンポジウム「日本版『市長誓約』の提案 —『エネルギー自治』を通じた地域創生—」、  
講演：ペドロ・バレステロス（欧州委員会 エネルギー局長）
- 2) シンポジウム「Resilient City —気候変動への緩和と適応、エネルギーセキュリティ—」、  
参加自治体等：ドイツ環境省、ベルリン都市州、ブレーメン都市州、ポツダムミッテルマルク郡フェルトハイム地区、イエナ市  
協働開催：ベルリン日独センター、気候同盟

## 7. 研究成果の発表状況

### （1）誌上発表

#### <論文（査読あり）>

- 1) 杉山範子（2016）、持続可能な社会づくりのための社会活動における環境政策研究者の役割に関する考察、環境科学会誌、vol.29, no.2, 16-21

#### <査読付論文に準ずる成果発表>

- 1) 竹内恒夫・杉山範子：環境科学シンポジウム2014、12. 地域のエネルギーシフト・ガバナンス

のあり方、環境科学会誌27(6)、pp.410-414 (2014)

- 2) 杉山範子：人間環境問題研究会編集 環境法研究40号、139-159 (2015) 自治体温暖化・エネルギー対策の最前線、欧州の地方自治体における気候政策・エネルギー政策の動向：「市長誓約 (Covenant of Mayors)」を中心に
- 3) 竹内恒夫・杉山範子：環境科学会誌vol.28, No.6, 466-470 (2016) 環境科学シンポジウム2015「『レジリエントシティ政策モデル』の開発とその実装化」、地域のエネルギーレジリエンス政策能力向上プログラムの開発
- 4) 竹内恒夫：環境情報科学45-1, 25-31 (2016) 電力全面自由化による地域社会への期待と提案—効果分析とドイツの事例より

#### <その他誌上発表(査読なし)>

- 1) 竹内恒夫：分散型エネルギー新聞、2013年6月5日版、(2013) 「レジリエントな地域エネルギー需給構造」(コラム：グリーン革命へのコンセプト・ノート)
- 2) 竹内恒夫：分散型エネルギー新聞、2013年7月5日版、(2013) 「ベルリン：公営電気事業に向け住民投票へ」(コラム：グリーン革命へのコンセプト・ノート)
- 3) 竹内恒夫：分散型エネルギー新聞、2013年8月5日版、(2013) 「『熱』政策」(コラム：グリーン革命へのコンセプト・ノート)
- 4) 竹内恒夫：分散型エネルギー新聞、2013年9月5日版、(2013) 「地域のエネルギー事業の新展開(1)」(コラム：グリーン革命へのコンセプト・ノート)
- 5) 竹内恒夫：分散型エネルギー新聞、2013年10月5日版、(2013) 「地域のエネルギー事業の新展開(2)」(コラム：グリーン革命へのコンセプト・ノート)
- 6) 竹内恒夫：分散型エネルギー新聞、2013年11月5日版、(2013) 「日独自自治体エネルギーシフト戦略シンポジウム」(コラム：グリーン革命へのコンセプト・ノート)
- 7) 杉山範子：月刊誌「公営企業」論説、2013年12月号、13-22、(2013) 「エネルギーシフトに向けて地方自治体や公営企業が果たすべき役割—欧州の事例から—」
- 8) 竹内恒夫：分散型エネルギー新聞、2014年4月5日版、(2014) 「『レジリエンス策』としての自立・分散型エネルギー」(コラム：グリーン革命へのコンセプト・ノート)
- 9) 竹内恒夫：分散型エネルギー新聞、2014年6月5日版、(2014) 「エネルギー・レジリエント対策の数量的評価の試み」(コラム：グリーン革命へのコンセプト・ノート)
- 10) 竹内恒夫：分散型エネルギー新聞、2014年7月5日版、(2014) 「市民は「エネルギー自治」を支持」(コラム：グリーン革命へのコンセプト・ノート)
- 11) 竹内恒夫：分散型エネルギー新聞、2014年8月5日版、(2014) 「持続可能な政策づくりプログラム」(コラム：グリーン革命へのコンセプト・ノート)
- 12) 竹内恒夫：分散型エネルギー新聞、2014年9月5日版、(2014) 「ドイツにおけるエネルギー分野の適応策」(コラム：グリーン革命へのコンセプト・ノート)
- 13) 松野正太郎、竹内恒夫、杉山範子：環境システム研究論文発表会講演集、42, 135-140 (2014).129-134 (2014) 「レジリエントなサステイナブルシティの構築—エネルギー自治の観点から—」
- 14) 竹内恒夫：分散型エネルギー新聞、2014年11月5日版、(2014) 「落伍者」(コラム：グリー

ン革命へのコンセプト・ノート)

- 15) 竹内恒夫：分散型エネルギー新聞、2015年2月5日版、(2015) 「日本版『首長誓約』」
- 16) 竹内恒夫：分散型エネルギー新聞、2015年3月5日版、(2015) 「「自治体新電力」－自治体のエネルギー政策の動向－」
- 17) 杉山範子：環境会議、2015年春号、176-181 (2015) 「日本版『首長誓約』の提案－『エネルギー自治』を通じた地域創生」
- 18) 杉山範子：日刊工業新聞、2015年7月31日版 (2015) 「エネルギー自治で地域創生、日本版『首長誓約』を提案」

## (2) 口頭発表 (学会等)

- 1) 松野正太郎、竹内恒夫：環境科学会2013年会 (2013) 「欧州自治体における持続可能性指標の現状と課題」
- 2) Tsuneo Takeuchi : Elements of a Greenhouse Gas Neutral Society (Berlin, Germany, 2013.10,11), Session II 2, Concepts and Challenges - regional to local scale, "Climate protection in Japan - new approaches and targets after the Fukushima accident"
- 3) 杉山範子：「レジリエントシティ」ワークショップ (2014)、 「『エネルギー自治』の確立に向けた制度設計、合意形成手法の検証」
- 4) 杉山範子：エネルギーシフトに向けた地方自治体の役割について－日独比較から－、環境科学会2014年会、(2014)
- 5) 加藤拓・竹内恒夫：日本の地方自治体におけるエネルギー政策の動向と課題、環境科学会2014年会、(2014)
- 6) 松野 正太郎・竹内 恒夫・杉山 範子：レジリエントなサステナブルシティの構築－エネルギー自治の観点から－、産業技術総合研究所(つくば)、第42回環境システム研究論文発表会 企画セッション2「レジリエントシティ政策モデルの開発とその実装化」、(2014)
- 7) Noriko Sugiyama : International Workshop "Mega Earthquakes and Tsunamis in Subduction Zone-Forecasting Approaches and Implications for Hazard Assessment"(Rhodes Isl., Greece)、 Special Session "Pre-and Post-Disaster Resilience and Risk Mitigation Actions"、(2014)
- 8) 竹内恒夫：都市のエネルギー・レジリエンスの評価手法の開発及びその評価事例、日本リスク研究学会第27回年次大会、京都大学、(2014)
- 9) 松野正太郎、奥岡桂次郎：環境科学会2015年会 (2015) 「資源循環レジリエンスの枠組みと評価の検討」
- 10) 杉山範子：環境科学会2015年会 (2015) 「地域のエネルギーレジリエンス政策能力向上プログラムの開発」
- 11) 杉山範子：法政大学サステナビリティ研究所公開研究会 (2016) 「日本版「首長誓約」の提案」
- 12) 杉山範子：人間環境問題研究会 (2016) 「地域における気候政策・エネルギー政策の確立に向けて－Covenant of Mayorsと日本版「首長誓約」－」
- 13) 杉山範子：近畿地方環境事務所主催「地方公共団体主導によるCO<sub>2</sub>排出削減促進事業支援事業」勉強会 (2016) 「日本版『首長誓約』の提案」

### (3) 出願特許

特に記載すべき事項はない。

### (4) 「国民との科学・技術対話」の実施

- 1) 日独国際シンポジウム「日独自治体エネルギーシフト戦略～地域からの挑戦～」(日時：2013年10月24日(木)、会場：名古屋大学東山キャンパス、主催：ベルリン日独センター、名古屋大学大学院環境学研究科、協賛：ドイツ連邦環境・自然保護・原子力安全省、三井物産環境基金、参加者：約150名)
- 2) 「第1回 都市エネルギー自治研究会」(2014年2月7日名古屋大学東山キャンパス、参加者：名古屋市環境局・上下水道局、豊田市企画政策部ほか15名)
- 3) 「第2回 都市エネルギー自治研究会」(2014年3月26日名古屋大学東山キャンパス、参加者：名古屋市環境局・上下水道局、豊田市企画政策部・環境部・上下水道局ほか16名)
- 4) 日本版「首長誓約」の提案―「エネルギー自治」を通じた地域創生(2015年1月30日、ウインクあいち、観客95名)
- 5) 資源循環レジリエンス研究会(2015年3月20日、名古屋大学環境総合館401、参加者7名)
- 6) 日独国際シンポジウム「レジリエントシティー気候変動への緩和と適応、エネルギーセキュリティ」(Developing Cities Resilience, Climate Protection, Energy Security in Germany and Japan)(2015年11月5日、法政大学市ヶ谷キャンパススカイホール、参加者100名)

### (5) マスコミ等への公表・報道等

- 1) Ostthüringer Zeitung SAALFELD (2013年8月28日、ドイツ地方紙、“Japaner zu Gast in Rudolstadt” 「ルドルシュタット市へ日本からの来客」、  
<http://saalfeld.otz.de/web/lokal/wirtschaft/detail/-/specific/Japaner-zu-Gast-in-Rudolstadt-1162367009>)
- 2) Weiler Zeitung (2013年8月30日、ドイツ地方紙、“Todtnau als Vorbild für Japan” 「日本のモデルとしてトートナウ」、  
<http://www.verlagshaus-jaumann.de/inhalt.todtnau-todtnau-als-vorbild-fuer-japan.8ef0bd17-ad4a-4ab4-a1ce-1f147c01bbb2.html>)
- 3) 中日新聞(2013年10月20日、全国版、「再生エネ地産地消 市民と行政、協働が鍵」)
- 4) NHK名古屋放送局「ほっとイブニング」(2013年10月24日放送、「地域から再生可能エネルギーを」(日独国際シンポジウム))
- 5) 中日新聞(2013年10月25日、愛知県版、20頁「自治体のエネルギー政策 日独の関係者が討論」)
- 6) 中日新聞(2015年1月31日、名古屋市民版、16頁)
- 7) ガスエネルギー新聞(2015年年2月2日、3頁)
- 8) 時事通信(2015年12月5日) 温暖化対策で首長連合＝12日発足、第1弾で愛知5市
- 9) 東海愛知新聞(2015年12月10日) 環境課題へ連携 岡崎、豊田など西三河5市が「首長誓約」
- 10) 毎日新聞(2015年12月10日) 中部夕刊 <未来へのバトン> COP21 愛知・西三河地方の5市、温暖化防止の首長誓約 30年目標、行動計画策定へ
- 11) NHK名古屋放送局ニュース(2015年12月12日放送) 西三河5市が環境問題で連携
- 12) 中日新聞(2015年12月13日、愛知県版) 西三河5市「首長誓約」国内初 環境問題などで連

携

- 13) 読売新聞（2015年12月13日、愛知県版） 西三河5市 日本版「首長誓約」に署名
- 14) 毎日新聞（2015年12月13日、地方版） <地球温暖化防止>西三河5市長が連携、誓約／愛知
- 15) ひまわりネットワーク 豊田市CATV（2015年12月15日） 西三河5市都市間連携による日本版「首長誓約」誓約式
- 16) 矢作新報（2015年12月18日）温室効果ガス削減 西三河5市で首長誓約
- 17) Covenant of Mayors News（2015年12月23日） Five Japanese cities commit to the Covenant of Mayors, [http://www.covenantofmayors.eu/news\\_en.html?id\\_news=697](http://www.covenantofmayors.eu/news_en.html?id_news=697)
- 18) NHKラジオ「先読み！夕方ニュース」（2015年12月24日）地域から広がる温暖化対策、日本版「首長誓約」
- 19) 中日新聞（2015年12月26日、豊田版）2015年 記者が選ぶ5大ニュース（下）
- 20) GreenTV Japan（2016年1月29日） 西三河5市 首長誓約 協定誓約会見映像  
<http://www.japangreen.tv/ch01climate/12973.html>
- 21) ガスエネルギー新聞（2016年2月1日、7頁）地産地消、CO2削減を推進 愛知県5市が「日本版首長誓約」

#### （6）その他

特に記載すべき事項はない。

#### 8. 引用文献

- 1) 気候変動に関する政府間パネル(IPCC): 気候変動に関する政府間パネル(IPCC)第5次評価報告書(2014)
- 2) 一般社団法人電力系統利用協議会: 停電コストに関する調査報告書(2014)



**1-1304 「レジリエントシティ政策モデル」の開発とその実装化に関する研究****(3) レジリエンス・アセスメント手法の開発と政策効果分析**

国立大学法人大阪大学

大学院工学研究科 環境・エネルギー工学専攻

東海 明宏

中久保 豊彦

(平成27年4月～ お茶の水女子大学)

岸本 紗也加 (平成26年10月～)

国立医薬品食品衛生研究所

山口 治子 (～平成26年5月)

滋賀県立大学 環境科学部

中澤 暦 (～平成26年9月)

平成25～27年度累計予算額：22,642千円（うち平成27年度：7,024千円）

予算額は、間接経費を含む。

**[要旨]**

本サブテーマでは、レジリエンスを「多様なリスクに対応し得る能力」と定義し、リスク論に依拠したレジリエンス評価手法の開発とその適用を行った。

第一の研究課題として、既存研究で示されているレジリエンスの定量評価手法をレビューし、定量評価手法として「外力応答評価法」と「網羅性評価法」を体系的に整理した。2つの定量評価手法を組み合わせ、自治体のレジリエンスを高めるためのPDCAサイクルの設計法を提案した。

第二の研究課題として、多様なリスクから成る都市リスクに着目して、都市リスクに対するレジリエンスを網羅的に評価するための手法を設計し、近畿圏の5都市を対象に同手法を適用した。市民の様々な都市リスクに対する認知度を主成分分析に基づき「リスク懸念度」として定量化した得点と、対策数と自治体職員による重要度の評価結果を踏まえた「リスク対策の実施得度」の2指標により、都市別にレジリエンスの診断を行うための手順とその結果を提示した。

第三の研究課題として、淀川流域圏を対象とした水循環レジリエンスのケーススタディを行った。京都府での地震災害に伴うPRTR届出事業所からの化学物質の流出が、村野浄水場の給水機能に与える影響を分析するための評価モデルを開発した。レジリエンス特性に基づく対策の効果として、PRTR届出事業所側での緊急遮断弁の導入、水道事業体側での危機時専用の急性毒性に基づく水質管理策の導入が、給水停止の回避に向けて及ぼす改善効果を分析した。

第四の研究課題として、資源循環レジリエンスのケーススタディとして、近畿圏で想定される直下型地震に伴い発生する災害廃棄物（可燃物等、木くず）の迅速処理（焼却による減容・減量化）を対象とした費用対効果を解析した。結果、近畿圏全域でゴミ焼却施設（行政）、産業廃棄物処理事業体（民間）が連携して広域処理を行うことによるコストの削減効果を定量化した。

**[キーワード]**

定量評価法、レジリエンス診断、都市リスク、水循環レジリエンス、災害廃棄物

## 1. はじめに

レジリエンスの概念は、気候変動の文脈において「社会・生態システムが同じ構造や機能を維持できるように混乱を吸収する能力」と定義されている（IPCC, 2001）。ここでいう「混乱」を「望ましくない影響」に拡張し得ることから、リスク論による具体的なレジリエンス評価が求められる。本研究では、既往のレジリエンス概念を「多様なリスクに対応し得る能力」と定義し、リスク論に依拠したレジリエンス評価手法の開発とその適用可能性を検討することとした。

## 2. 研究開発目的

これまでの技術分野におけるリスク評価においては、個々のリスク源に対するリスク管理を念頭に進められており、多様なリスクを扱うリスク評価手法・管理原則が、個別のリスク評価の蓄積に基づき導き出されてきた（Staar, 1969; Slovic, 1987; Milvy, 1987; Graham & Wiener, 1995; Wiener, 2002）。しかし、都市では多様なリスクに同時に脅かされているのが実態であるため、技術リスク評価の応用は限定的であり、都市リスクの評価手法の確立には至っていない。ゆえに、都市の実態を踏まえ、都市の多様なリスクに対応することを第一義に考慮した、実用的なレジリエンス評価手法の開発を研究目的とした。

合わせて、先述した通りレジリエンスを「リスクに対応し得る能力」と定義し、自治体が危機時・災害時における環境リスク管理を広域行政の視点で展開するにあたり、そのための備え（対策）の充実による能力向上効果を評価する手法の開発が求められる。本サブテーマでは、淀川流域圏での水循環、近畿圏での資源循環をケーススタディの対象とし、レジリエンスの能力向上効果を分析することを研究目的とした。

研究課題は大きく分けて4つから構成される。

第一に、国内外の既存研究で示されているレジリエンスの定量評価手法をレビューし、レジリエンスの評価手法をリスク論に基づき体系的に整理するとともに、自治体のレジリエンスを高めるためのPDCAサイクルの設計法についての提案を行った。

第二に、多様なリスクから成る都市リスクに着目して、都市リスクに対するレジリエンスを網羅的に定量評価するための手法を設計し、近畿圏の5都市を対象に同手法を適用した。

第三に、水循環レジリエンスのケーススタディを、淀川流域圏を対象に行った。地震災害に伴う化学物質の流出が、浄水場の給水機能に与える影響を分析するための評価モデルを開発するとともに、給水機能停止を回避するための事業所側の予防策、水道事業体側の順応策を題材とした対策効果分析を実施した。

第四に、資源循環レジリエンスのケーススタディとして、近畿圏で想定される直下型地震に伴い発生する災害廃棄物（可燃物等、木くず）の迅速処理（焼却による減容・減量化）を題材とした解析を行った。近畿圏全域の一般廃棄物処理事業体（行政）、産業廃棄物処理事業体（民間）が連携して広域処理を行う順応策、ごみ焼却施設が将来保有する処理能力に災害時予備容量を持たせる予防策を対象とした対策効果分析を実施した。

## 3. 研究開発方法

### （1）自治体のレジリエンスを高める評価枠組みの設計

本研究ではU.S. NAS (2012) でレビューされている定量評価手法に加え、国際誌の文献検索サイ

トScienceDirectならびにWiley Online Libraryを用いてキーワード”resilience, infrastructure, assessment”で、国内誌の文献検索サイトJ DREAM IIIを用いてキーワード”レジリエンス、ライフライン”で、学術論文を検索した。出版期間は2000～2014年とした（最終検索日2014年8月1日）。検索キーワードに ”infrastructure”、”ライフライン”を含めた理由は、U.S. NAS (2012) で十分に取上げられていない事業継続計画 (BCP) の評価手法を重点的にレビューするにあたり、ライフラインを対象とした研究事例が多いためである。さらに、レビューの対象は、レジリエンスの概念（特性、計画論など）が提案されており、概念をいかに定量評価に落とし込むかが論じられている文献に限定した。以上の選定条件に基づき、20件の論文をレビュー対象とした。

レジリエンスの視点からリスクマネジメントを推進するにあたり、そのPDCAサイクルの形成にはCheck（評価）の方法論が必要となる。本研究課題においては、文献のレビュー結果に基づき、レジリエンスの定量評価手法をリスク論の視点から分類し、体系化することを試みた。加えて、自治体が都市リスクに対するレジリエンスを向上させ、災害時・危機時の地域環境計画を具現化していくためのPCDAサイクルを提案した。

## （2）リスク認知と対策からみた都市リスクの環境レジリエンス評価

本課題では、都市リスクの定性的・網羅的レジリエンス診断手法の検討として、自治体レベルで適用可能な手法を構築、提示することを目的に、多様な都市リスクに対する市民のリスク認知度の定量化、各自治体のリスク・対策の重要度の定量化、上述した2つの方法の結果統合による都市のレジリエンス診断を行った。また、市民のリスク認知に関連して、市民のレジリエンス認知およびレジリエンス対策要求の因果構造を明らかにするための調査も行った。以下、「リスク認知と対策からみた自治体の環境レジリエンス評価」の研究開発方法を順に示す。

### 1) 多様な都市リスクに対する市民のリスク認知度の定量化

都市リスク認知調査から市民側の認識を明らかにするため、①代表的文献の収集整理 (Holzmann & Jorgensen, 2000; U.K. Cabinet Office, 2010; World Economic Forum, 2014)、②大阪大学の研究チームによるKJ法の実施、③専門家からの意見収集、を通じて都市リスクを抽出した。抽出された都市リスクは表(3)-1の通りである。

さらに既存文献（馬場・田中, 2015; World Economic Forum, 2013; Park et al., 2012; Berkeley & Wallace, 2010）の精査結果に基づき都市リスクに係る18のリスク特性を設定し、Slovicの研究（Slovic et al., 1980; Slovic, 1987）、Barton (1969) やDynes (1970) を参考に、市民を対象としたアンケート調査票を作成した。18のリスク特性および質問項目は表(3)-2に示す通りであり、各質問項目の「○○」にはそれぞれ28の都市リスク名が入る。

本アンケート調査は、2015年1月26日～28日の3日間、日本における全8都市の20歳以上の市民を対象に、株式会社インテージを通じて実施された。その結果、調査依頼対象者数7,656サンプルのうち、有効回答者数は1,655サンプルであった（回収率：21.6%）。アンケート回答者には28の都市リスクのうちランダムに選ばれた複数の都市リスクに対して、各質問事項について「かなりそう思う」から「全くそう思わない」までの5段階で回答して頂いた。その際、「あまり深く考えず直観に従って評価してください」との断りを入れた。

次にアンケート調査結果を点数化し、平均値を算出した後、SPSSで主成分分析を行った。主成

表(3)-1 抽出された28の都市リスク一覧

温室効果ガスの発生	熱波・猛暑	原子力関連施設の事故
エネルギー不足	都市のインフラの不備や途絶	化学物質汚染・事故
生態系破壊	企業破たんや経済危機	交通事故
地震	環境汚染	森林破壊
火山噴火	自然資源の枯渇	インフルエンザ・ウイルスの流行
津波	戦争・紛争・テロ・犯罪	
洪水・地すべり	人口減少	鳥獣害・害虫
干害	人口急増	情報漏えい・情報システムダウン
暴風	公共政策の失敗	
寒波・豪雪	工場爆発・事故（原子力を除く）	食糧不足

表(3)-2 都市リスクに係る18のリスク特性と質問項目

質問：「〇〇」について、あなたの考えに最も近いものをお答えください。

- (1) 「〇〇」に対して、あなたは自分自身の能力、もしくは、努力で、そのリスクを回避できると思う（制御可能性）
- (2) 「〇〇」に対して、恐ろしさを感じる（恐ろしさ）
- (3) 「〇〇」は、地球規模的な大惨事を引き起こす恐れがある（地球規模の大災害のおそれ）
- (4) 「〇〇」は、起こらないように予防することができる（予防的制御可能性）
- (5) 「〇〇」は、人に死をもたらす可能性がある（致死性）
- (6) 「〇〇」によるリスクは、人に対して同等に公平である（リスクとベネフィットの公平性）
- (7) 「〇〇」の影響は、一度の発生で多くの人に死をもたらす（被害の大きさ）
- (8) 「〇〇」は、将来の世代に対して影響を及ぼす可能性がある（将来の世代への恐れ）
- (9) 「〇〇」によるリスクは、簡単に低減することができる（リスク低減の容易さ）
- (10) 「〇〇」によるリスクは、増加している（リスクの増大性）
- (11) 「〇〇」によるリスクに、人々は自発的に関わっている（自発性）
- (12) あなた自身が「〇〇」によるリスクにさらされている（リスクの個人的影響）
- (13) 「〇〇」の影響を受けたとき、被害や損失が生じるまでのプロセスが観測できる（観測可能性）
- (14) あなたは「〇〇」によるリスクについて正確に知っている（未知性\_個人）
- (15) 「〇〇」の影響は起きるとすぐに被害や損失が生じる（影響の即時性）
- (16) 「〇〇」の影響をうけた（感じた）ことがある（新規性）
- (17) 「〇〇」によるリスクは、科学的に解明されている（未知性\_科学）
- (18) あなたのお住まいの都市では、「〇〇」によるリスクに多くの人がさらされている（暴露人口）

分抽出によって該当都市における市民のリスク認知を分析し、市民の都市リスクに対する認識の尺度とした。

## 2) 各自治体のリスク・対策の重要度の定量化

自治体側のリスク・対策に関する見解を得ることを目的とした。はじめに、国内対象都市から近畿圏の5都市に焦点を当て、調査時点で最新の事務事業評価書および環境白書をWeb上で検索した。検索された該当資料より事務事業名と事業概要にもとづき、本プロジェクト研究で主な対象とするリスク（温室効果ガスの発生、エネルギー不足、生態系破壊、地震）に関する対策を抽出し、サブテーマ1（法政大学）によるレジリエント施策の3類型から予防策、順応策、転換策を判断した。なお、1つで複数の効果が得られると判断された対策については、効果の数だけダブルカウントを行った。

次に、階層分析法を適用した自治体職員対象の上記4つのリスクの対策と重要度がどの程度寄与するのかを測量するためのアンケート調査票を設計した。アンケート調査票における質問例は図(3)-1に示した通りである。アンケート調査内容は、回答者にリスクおよび対策ごとの一対比較によってその重要度についてどのように判断しているかを5段階で評価いただく構成になっている。2015年6～7月にかけて、近畿圏の5つの都市に調査協力を依頼し、都市リスクの関連業務に従事する自治体職員、合計34名（回答者数 A市：2名、B市：3名、C市：7名、D市：6名、E市：16名）に対して行われた。

質問：この問いは、左右の項目を比較し、どちらがどの程度重要かを回答するものです。それぞれの質問に対し、あまり深く考えすぎない程度でお答えください。

1. 都市が抱える4つのリスクの重要性について  
都市が抱えるリスクとして温室効果ガスの発生、エネルギー不足、生態系破壊、地震を挙げました。これらのリスクはいずれも重要ですが、重要度には差があると思われます。今後、あなたが担当されている市で対策を立て、レジリエントな自治体を構築するに当たって、表に示した左右のリスクを比較した際、どちらが、どれほど重要だと思いますか。記入例を参考に、回答欄1行で必ず1つ選択し、○をつけてください。どうしてもわからない場合には、「わからない」を選択してください。

都市リスクの比較

（記入例：左側の「温室効果ガスの発生」が、右側の「エネルギー不足」に比べ、「やや重要」と評価する場合）

リスク		← 評価 →					リスク
		重要	やや重要	同じ	やや重要	重要	
記入例	温室効果ガスの発生		○				エネルギー不足
Q-1	温室効果ガスの発生						エネルギー不足
Q-2	温室効果ガスの発生						生態系破壊
Q-3	温室効果ガスの発生						地震
Q-4	エネルギー不足						生態系破壊
Q-5	エネルギー不足						地震
Q-6	生態系破壊						地震

図(3)-1 自治体職員に対する質問例

評価基準の一対比較において、設定した評価水準は「重要である」(5)、「やや重要である」(3)、「同じ」(1)、「やや重要でない」(1/3)、「重要でない」(1/5)である（括弧内は点数を示す）。回答データにもとづき、階層分析法で4つのリスクおよび3種の対策の重要度を算出し、先述したリスクおよび対策の重要度と評価書および環境白書の精査の結果抽出された該当対策数の積和によって総合重要度を求めた。なお、自治体の対策数はリスクごとに事務事業評価/全事務事業評価数とした計算値を用いた。

### 3) 都市のレジリエンス診断

市民の視点による都市リスク認知度と自治体の視点にもとづくリスク・対策の重要度の推計結果を2軸に統合し、各都市におけるレジリエンス診断を実施した。最後に、都市のレジリエンス診断結果を踏まえ、レジリエント・アセスメント手法の適用の可能性について検討した。

#### 4) 多様な都市リスクに対する市民のレジリエンス対策要求の因果構造の把握

Rogerの保護策、動機づけ理論 (Protection Motivation Theory) に基づき、本研究では仮説モデルを構築した。災害を対象としたレジリエンス認知研究では、個人の経験および信頼が大きな役割を果たすことが示されていたため、本調査研究ではRogerの仮説モデルに「個人の経験（程度および頻度）」と信頼を追加した。次いで、仮説モデルに含まれる変数について先行研究に基づき、質問票の設計を行い、株式会社インテージに調査依頼した。アンケート調査票は表(3)-3に示す通りである。各質問項目の「○○」にはそれぞれ28の都市リスク名が入り、括弧内は12個の変数名を指している。

表(3)-3 レジリエンス対策要求に関する調査質問項目

<p>質問：「○○」について、あなたの考えに最も近いものをお答えください。</p> <p>(1) あなたにとって、「○○」によるリスクはどのくらい大きいと思いますか。(リスク認知)</p> <p>(2) 「○○」のリスクに対して、あなたのお住まいの都市が、準備、計画、実施している対策を考えてください。あなたの都市では、「○○」のリスクに対して、どのくらいの対策が行われていると思いますか。(レジリエンス認知)</p> <p>(3) 「○○」のリスクに対して、追加的な費用をかける、もしくは他のリスクに置き換えることで、リスクを低減する必要があると思いますか。このリスクを低減させることで、他の都市の機能を受けられなくなる、もしくは、他のリスクが発生する可能性があります。(リスク受容性)</p> <p>(4) あなたがお住まいの都市では、「○○」のリスクを低減するために、追加的な対策をとる必要があると思いますか。(レジリエンス対策要求)</p> <p>(5) 今後10年間で、あなたのお住まいの都市では、「○○」のリスクはどのくらい起こると思いますか。(確率)</p> <p>(6) もし、実際に「○○」のリスクが起こった場合、様々な分野でどのくらいの影響があると思いますか。(結果)</p> <p>(7) あなたご自身で「○○」のリスクに対する準備・対応・削減対策をどの程度できると思いますか。(自己効力)</p> <p>(8) 現在、あなたの都市では、「○○」に対して、様々な準備・対応・削減対策を行っています。それらの対策はどの程度有効だと思いますか。(応答力)</p> <p>(9) あなたのお住まいの都市が、これから追加的に「○○」に対する対策を実施する場合、それにかかる費用はどのくらいだと思いますか。(コスト)</p> <p>(10) あなたはこれまで、「○○」をどのくらい経験・実感したことがあると思いますか。(経験頻度)</p> <p>(11) あなたはこれまで、どのくらいの大きさの「○○」を経験・実感したことがあると思いますか。(経験程度)</p> <p>(12) あなたは、あなたのお住まいの都市における「○○」のリスクに対する準備・対応・削減対策を信頼していると思いますか。(信頼)</p>
--

回答者には上記の質問項目に対し、「かなりそう思う」から「全くそう思わない」の5段階で、直観で答えていただいた。本アンケート調査は2015年7月27日～7月29日、仙台市、川崎市、神戸市、吹田市、茨木市、豊中市、尼崎市、西宮市に暮らす20歳以上の男女を対象に実施された。調査依頼対象者数4,473サンプルのうち有効回答者数は400サンプルだった(回収率:8.9%)。アンケート回答項目は選択数値を点数化し、SPSSでパス解析にかけた。

### (3) 水資源レジリエンスの対策効果分析

#### 1) 対策ケースの設定

対象地域を淀川流域圏(京都府、大阪府)とした。大阪府域での水道水供給は大部分を淀川からの取水に依存しており、災害などに起因する突発的な化学物質の流出によって河川表流水が汚



染した場合、取水・給水停止の事態が起こる可能性を有している。給水停止を回避する対策としては、予防策として化学物質を取り扱う産業セクターによる災害リスクも含めた自主管理の進展が挙げられる。一方、流出事象が発生した場合の順応策として、水道事業者による災害時に順応する水質管理の在り方が検討課題となる。具体的には、現在の有害化学物質に係る水道水質基準は長期間にわたり連続で曝露することによる慢性毒性をベースとして設定されているが、災害時における短期的な河川表流水汚染への対応に際しては、危機時専用の水道水質基準（急性毒性基準）を事前に保有しておき、危機時に適用することが一案として挙げられる。以上を踏まえ本研究では、事業所による流出防護策、危機時専用の水道水質基準の導入に焦点をあて、給水機能停止の回避に向けた対策効果分析を行うこととした。対策ケースは表(3)-4の通りである。

表(3)-4 水循環レジリエンスの対策ケースの設定

ケース	非常時流出量	浄水管理基準値
対策なし	貯蔵量×1	現行基準（慢性毒性ベース）
水質順応策のみ		順応基準（急性毒性ベース）
流出防護策のみ	貯蔵量×0.01	現状基準（慢性毒性ベース）
流出防護策＋水質順応策		順応基準（急性毒性ベース）

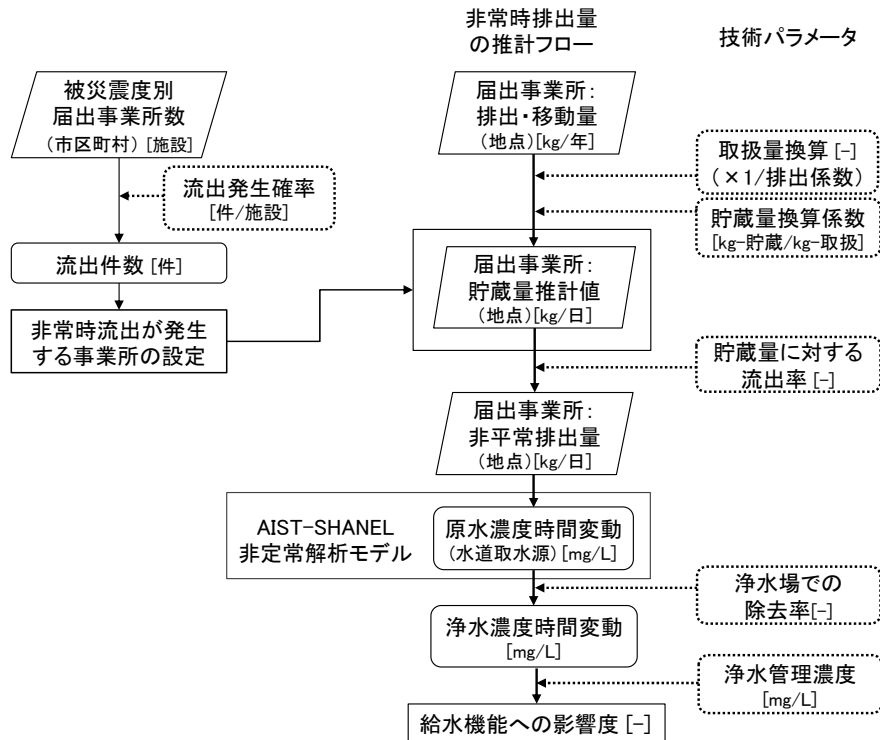
## 2) 評価モデルの開発

本研究のケーススタディにおいて想定する地震は、地震被害想定調査（京都府，2008）で京都市と京都府南部での被害が想定される花折断層帯を起震断層とするマグニチュード7.5の地震とした。この地震によって震度6以上が想定されている京都市と京都府南部の自治体を対象とした。

水質影響解析モデルの概要を図(3)-2に示す。河川水中の化学物質濃度の推計には、産業技術総合研究所（2012）が開発したAIST-SHANEL ver. 2.5を援用し、（株）日水コンの協力の下で、河川表流水濃度と河川底泥濃度の時間変動が日単位で解析可能なモジュールを組み込んだモデルを開発した。流量の年次は2010年を対象とした。対象水系は淀川水系の三川合流前の河川（桂川、瀬田川・宇治川、木津川）ならびに淀川の村野浄水場までとした。原水濃度は、村野浄水場の取水源における河川表流水での濃度とした。

浄水場における粉末活性炭による除去性については、水溶解度とオクタール-水分配係数（ $K_{ow}$ ）を用い、除去可能（水溶解度 $< 100 \text{ mg/L}$ かつ  $\text{Log } K_{ow} > 1.5$ ）、除去困難（水溶解度 $\geq 10,000 \text{ mg/L}$  かつ  $\text{Log } K_{ow} \leq 1.5$ ）、除去性未確定等（上記条件以外の物質、または $K_{ow}$ の値が得られない物質）に分類した。ここで、除去困難に分類した物質の浄水場での除去率は0%、除去性未確定等に分類した物質の除去率は90%とした。

ここで、流出率の設定について、本研究では事業所による流出防護策として緊急遮断弁の導入効果を扱う。大阪府（2013）では、東日本大震災の被災地域での被害実態調査を踏まえ、配管の破断による化学物質の流出事例が多いことを指摘しており、配管への緊急遮断弁の設置が、配管の破断に伴う流出の回避に向けた有効な対策であるとしている。本解析では、大阪府（2013）を参考に、緊急遮断弁導入時における流出率を1%とした。なお、潜在的な影響と比較するために、非導入時の流出率は100%と設定した。



図(3)-2 地震災害を想定した水質影響解析モデルの概要

### 3) 評価指標

想定する流出ケース $m$ において、化学物質 $i$ ごとの影響度 $IR_{i,m}$ の総和 $(\sum_i IR_i)_m$ を用いて給水機能停止を判定する。 $IR_{i,m}$ は、事業所 $i$ からの流出に伴う推計浄水濃度 $EC_{i,j}^{tap\ water}$  [mg/L] について、水質管理濃度 $MC_i$  [mg/L] に対する比を化学物質ごとに算出し、流出ケース $m$ ごとに判定する指標とした(式(3)-1)。影響度 $IR_{i,m}$ が1を超過すると、給水機能が停止する事態と判定する。

$$(\sum_i IR_i)_m = \sum_i EC_{i,j}^{tap\ water} / MC_i \quad (3)-1$$

現状、水道事業体における給水停止の判断は水道水質基準に基づいて行われる。しかしながら本研究では、水質管理濃度 $MC_i$ について、慢性毒性基準に基づく水道水質基準値に加えて、急性毒性基準での評価も試みることにする。

急性毒性基準は、ラットの集団に試験物質を経口投与した場合に、半数を死亡させる試験物質の量であるLD50から設定した(各物質 $i$ のLD50を $LD50_i$  [mg/kg BW] とする)。急性毒性基準での水質管理濃度 $MC_i^{acute}$ の推計式を式(3)-2に示す。

$$MC_i^{acute} \times DW = LD50_i \times BW / UF \quad (3)-2$$

一日飲水量は $DW = 2$  L、体重 $BW = 50$  kgと設定した。 $LD50_i$ は不確実性係数 $UF$  [-]で除し、 $UF$ については、種差10と個体差10を考慮した100を用いた。なお、危機時における短期的な曝露の可能性を想定するため、食物、空気等の他の曝露経路からの寄与を示す係数(Allocation Factor)は考慮しなかった。

## (4) 災害廃棄物(可燃物等、木くず)処理の対策効果分析

### 1) 対策ケースの設定

災害廃棄物（可燃物等、木くず）の焼却（減容・減量化）に係る所要期間の縮減や費用の低減に向け、ごみ焼却施設間の広域連携、産業廃棄物処理事業体との処理連携が着目される。本研究では近畿圏（三重県、滋賀県、京都府、大阪府、兵庫県、奈良県、和歌山県）を対象とし、ごみ焼却施設が将来保有する処理能力を踏まえ、圏域レベルで広域的に連携して災害廃棄物の処理にあたる効果を分析した。その際、ごみ焼却施設が保有する処理能力については、災害に備え10%の余剰能力を持たせる設計指針改定の費用対効果も評価対象とした。ごみ焼却施設の更新について、2012から2030年にかけてごみ処理計画人口が2,276万人から2,070万人に減少する条件下で更新させ、2030年のごみ処理能力を評価対象年次とした。

想定する地震については、内閣府が提供する地震被害想定支援ツール Version 1.2を用い、災害廃棄物の発生規模に影響を及ぼす指標「災害廃棄物発生量に起因する建物全半壊棟数」、ごみ処理能力に影響を及ぼす指標「災害廃棄物処理機能に影響する震度5.5以上の地震を受けるごみ焼却施設の処理能力」によりスクリーニングを行った。結果、頓宮（M7.3）、阪神地域直下（M6.9）、琵琶湖西岸（M7.8）、生駒（M7.5）、上町（M7.6）の5つの直下型地震を想定地震として選定した。地震の発生年は2030年を想定した。

## 2) 対策ケースの設定

広域連携のケース設定を表(3)-5に示す。連携なしでは県内での処理が行われるとし、連携を行うケースでは近畿圏全域で災害廃棄物の処理が行われるとした。連携ケースは、各事業体の受入率を踏まえて4つ設けた。連携ケース1と2がごみ焼却施設間で広域連携体制がとられるケースである。連携ケース3と4では、ごみ焼却施設間の強靱化水準での受入に加え、産業廃棄物処理事業体による災害廃棄物の受入も行われるケースとした。

表(3)-5 災害時における広域連携ケースの設定

	計画変数	受入水準	値	連携ケース				
				連携なし	連携1	連携2	連携3	連携4
ごみ焼却施設間の広域連携	協力地域の余剰処理能力に対する受入率 <sup>a</sup>	実績 <sup>c</sup>	40%		○			
		強靱化 <sup>d</sup>	80%			○	○	○
産業廃棄物処理事業体との処理連携	協力地域の処理能力に対する受入率 <sup>b</sup>	実績 <sup>e</sup>	10%				○	
		強靱化 <sup>d</sup>	30%					○

<sup>a</sup> 実稼働日数補正を除くごみ焼却炉の処理能力と投入量の差（余剰処理能力）を災害廃棄物処理に活用する割合。

<sup>b</sup> 木くず破碎施設、産廃焼却施設、産廃ガス化熔融施設、セメント工場の有する処理能力に対して活用する割合。

<sup>c</sup> 東日本大震災時のごみ焼却施設（行政）による広域連携の実績を踏まえて設定。

<sup>d</sup> 災害廃棄物対策指針を踏まえ、災害支援協定が進み、さらに受入が行われることを踏まえた値。

<sup>e</sup> 東日本大震災時の岩手県における産業廃棄物処理事業による連携の実績を踏まえた値。

2012から2030年にかけて更新されるごみ焼却施設の処理能力の算定式を式(3)-3に示す。

$$(\text{新設処理能力}) = (\text{計画ごみ受入量}) \times (365/280) \times (1/0.96 + \text{災害時予備容量}) \quad (3)-3$$

循環型社会形成推進交付金の申請に係る設計指針（全国都市清掃会議，2006）に従い、人口減少を踏まえて計画年次の計画ごみ受入量を最大値とし、年間実稼働日数280日、稼働日調整分稼働率96%で処理能力が設計される。ここで、本研究では設計指針に冗長性の項（災害時予備容量）を追加した。災害時予備容量は0%、10%の2ケースを設けた。ただし、10%の予備容量を持たせる焼却炉は全連続式焼却炉を対象とした。

人口減少・ごみ処理広域化を踏まえ、施設更新アルゴリズムを適用した結果、近畿圏全域で保有するごみ焼却施設の処理能力は、2012年時点の37,278 t/日（実績値）に対し、2030年には災害時予備容量0%で26,686 t/日、予備容量10%で29,025 t/日（推計値）となる条件下で解析した。

### 3) 災害廃棄物の受入量の設定

災害廃棄物の受け入れについては、以下の (i) ~ (iii) の通り設定した。

(i) 地震発生後から4か月間については、被災地域のごみ焼却施設での処理が行われる。ただし、震度6弱を被る施設の処理能力の総和の35%が1ヶ月間の機能停止、震度6強以上では同じく63%が4ヶ月の機能を停止するとした。

(ii) 地震発生後の4ヶ月後より1年経過までは、各ケースの受入条件（表(3)-5）に従い災害廃棄物の処理が広域連携で展開される。

(iii) 1年を経過すると仮設焼却炉の建設が完了し、広域連携に加え仮設焼却炉による処理も加わる。整備する仮設焼却炉の処理能力は、東日本大震災の際の目標値である、災害廃棄物の処理を3年以内に完了させることを制約条件として設定した。

## 4. 結果及び考察

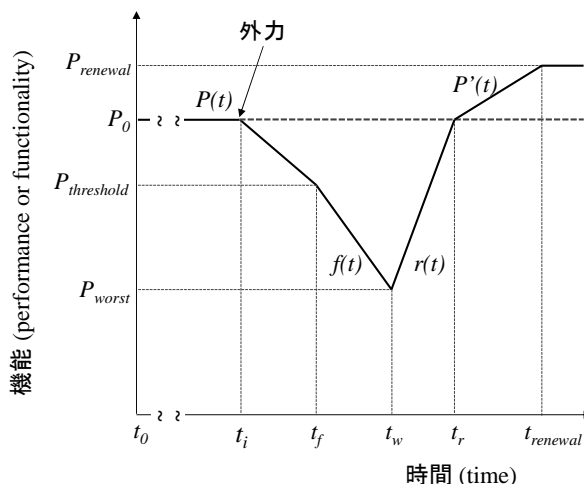
### (1) 自治体のレジリエンスを高める評価枠組みの設計

#### 1) 既存研究のレビューによるレジリエンスの定量評価手法の体系化

本研究では、リスク評価とレジリエンス評価の相違点を踏まえ、定量評価手法を2分類した。

リスクを被害の発生確率とその大きさの積で定義した際、古典的なリスク評価では、例えば生涯がん過剰発生率を $10^{-5}$ （10万人に1人）で管理する取り組みに見られるように、発生確率の評価・管理に主眼が置かれる。一方で、レジリエンスはその特性に回復力や適応力を含めており、これは、被害の発生を許容していることを意味する。すなわち、大規模な被害が引き起こる災害等の外力に対して、完全に予防する力を持ち得ないことを前提とした計画論となる。そこで、レジリエンスにおいては、ライフラインの途絶などに代表される可逆的な被害については、被害の大きさの評価・管理に着眼するアプローチが採用される。この点に着目した定量評価法が、図(3)-3に示す「外力応答評価法」である。同評価法では、外力による被害の大きさを機能 (performance) の低下と回復期間 (time) の迅速性の2軸での定量評価が行われる。予防策の充足性は図(3)-3において $f(t_f) < P_{threshold}$ となる確率の観点から評価され、被害の大きさの低減を主たる目標とした回復力や適応力については、回復期間 ( $\angle T = t_r - t_f$ ) の縮小や許容水準 $P_{threshold}$ の制御に基づき評価できる。

続いて、リスク評価の観点で類型されるレジリエンスの定量評価手法として、「網羅性評価法」について解説する。リスクを3重項：Risk = (Scenario, Probability, Damage) で捉え（池田，1111），リスクの評価・管理を検討する場合、将来起きうるリスクを評価するためにはハザードを特定し、リスクシナリオを設定する必要がある。しかしながら、災害事象や突発性事象についてはどこまでをシナリオとして想定するかという課題がつかまとい、リスクシナリオの設定が困難となる。その対処法として、特定のリスクシナリオを設定せず、多様なリスクに対し、網羅的に対策



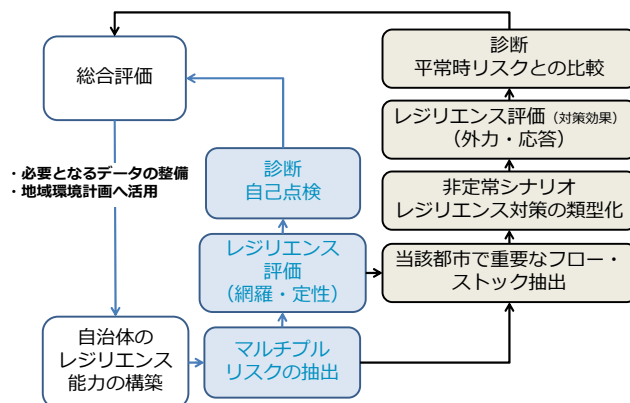
図(3)-3 外力応答評価の枠組み

の充足性を評価する手法を「網羅性評価法」と定義した。ここでは、全ハザード的なアプローチ (all-hazards approach) の重要性が指摘されており、このアプローチは特定のハザードへの備えが他のハザードに対するレジリエンスも同時に高められるという考え方に基づいている。網羅性評価を如何に設計するかという視点で論じると、過去の教訓を踏まえこういう能力を備えておけば様々なリスクに対して一定の対応を実施しようという観点で、必要な対策項目を抽出できる能力として位置づけることができる。すなわち、網羅性評価の設計プロセス自体が、適応能力の向上を模索する過程そのものである。

2) 自治体のレジリエンスを高めるためのPDCAサイクルの提案

本研究では、自治体のレジリエンス計画の構築に向けたレジリエンス定量評価手法の枠組みとして、2つの定量評価手法を組み合わせたPDCAサイクルを提案した(図(3)-4)。

提案する枠組みは2つのサイクルで構成される。第1サイクルは、都市が被りうる多様なリスクを取り上げ、脆弱性と対策の充足性を網羅的に評価するプロセスである。第2サイクルは、網羅的に、個別のリスクに対する対策の充足性を診断する中で、優先順位の高いフロー・ストックを抽出し、抽出したリスクは外力応答評価で詳細に評価するプロセスである。この2つのサイクルを組み合わせることで、自治体のレジリエンス診断が可能となる。



図(3)-4 レジリエンス評価手法のPDCAサイクル

(2) リスク認知と対策からみた都市リスクの環境レジリエンス評価

1) 多様な都市リスクに対する市民のリスク認知度の定量化

主成分分析の結果、第1主成分のみの寄与率は28%~37%、第2主成分までの累積寄与率は52%~57%であり、第2主成分までで全体の約5~6割が説明可能となった。各成分の特徴を説明すると、

第1主成分は「恐ろしさ」、「致死性」、「リスクの増大性」、「影響の即時性」、「リスクの個人的影響」、「暴露人口」の数値が高く（成分負荷量：0.87～0.42）、「予防的制御可能性」、「リスク低減の容易さ」が低い傾向にあった（成分負荷量：-0.46～0.33）。よって、第1主成分は「恐ろしさ」、「未知性」、「暴露人口」の3因子を含む成分であると解釈した。なお、この成分は、Slovicらにより特定された技術リスクの主要な3成分と同様であった。したがって、特定された第1主成分は、市民のリスク懸念レベルを示していると解釈した。また、第2主成分は「制御可能性」、「低減の容易さ」が高く、「地球規模的大災害のおそれ」、「被害の大きさ」が低いため、「予防的制御可能性」を示していると解釈した。

上記の成分解釈から、市民の都市リスク認知を「リスク懸念度」と「予防的制御可能性」で解釈し、2軸で整理した。都市間の主成分分析の結果の共通点に着目し、リスク認知図を縮約すれば図(3)-5の通りとなる。なお、図上に示されない都市リスクに関しては2軸の交点付近に集中して位置づけられていた。

図(3)-5の都市リスク認知図は、右に近いほど市民が都市リスクを懸念する程度が高く、上部に近いほど都市リスクの予防制御可能性が高く認識されていることを示している。象限ごとにみると、市民は「交通事故」および「インフルエンザ・ウイルスの流行」が他の都市リスクに比べて恐ろしさ、未知性や暴露人口の程度が高く、懸念を示しており、予測や予防が比較的可能だと認知している（第1象限）。さらに、「人口減少」、「人口急増」、「鳥獣害・害虫」は恐ろしさや未知性などの程度が小さく、懸念はしていないが、予防制御が可能であると認識していることを示している（第2象限）。第2象限に含まれる都市リスクは、ある程度対処可能と判断され、市民にもたらす被害や影響が可視化されにくいため、リスク懸念が低くなっていると推測される。次に、「干害」は恐ろしさ等の懸念レベルは低いが、予防制御は困難だと認知された（第3象限）。干害は自然災害であるため、予防は難しいが、日本においては比較的雨に恵まれた地理・気候的な条件下にあり、近年において深刻な干ばつをほとんど経験したことが理由として挙げられる。「企業破たんや経済危機」、「公共政策の失敗」、「都市のインフラの整備や途絶」の3つの都市リスクは、都市間で予防制御の可能性に認知レベルは異なっていたが、恐ろしさなどのリスク懸念は低レベルとなった（第2、3象限）。「地震」、「津波」、「原子力関連施設の事故」、「戦争・紛争・テロ・犯罪」ではリスク懸念は高いが、予防的制御可能性が低いリスクと認識されていた。過去の被災規模や経験が認知度に反映されていると考えられる（第4象限）。

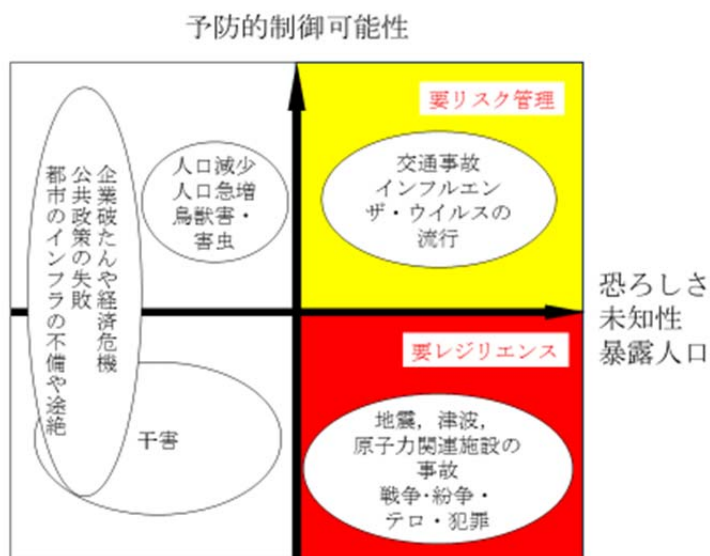
リスクおよびレジリエンスの定義より、予防的に制御可能であればリスク対策、予防的に制御不可能なものはレジリエンス対策への要望が高いと考えられるため、第1象限はリスク管理の必要性が高い領域（図(3)-5の黄色部分）、第4象限ではレジリエンス管理の必要性が高い領域（図(3)-5の赤色部分）であると判断される。マップ化された各リスクからも、第1象限には「交通事故」、「インフルエンザ・ウイルスの流行」、第4象限には「地震」、「津波」、「原子力関連施設の事故」、「戦争・紛争・テロ・犯罪」が位置づけられている。



以上により、主成分分析の結果から、市民の都市リスク認知を定量化し、第一主成分を用いて都市リスクに対する市民の懸念度が表現可能であることが示された。加えて、都市リスクのマップ化によりリスクおよびレジリエンス管理の必要性の分類が可能となった。

## 2) 各自治体のリスク・対策の重要度の定量化

各自治体の事務事業評価書および環境白書から4つの都市リスクに対する対策を抽出し、3つの対策タイプに分類した結果を表(3)-6に示す。



図(3)-5 調査対象都市におけるリスク認知図の特徴

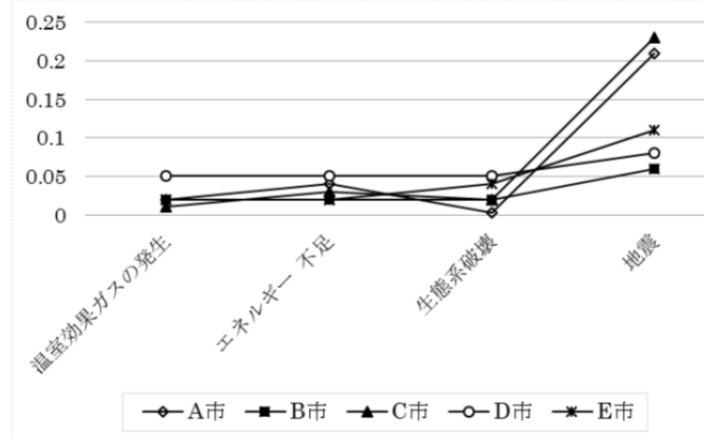
表(3)-6 事務事業評価書および環境白書から抽出されたリスク対策数

自治体名、参考資料、全対策数	都市リスク	予防策	順応策	転換策
<b>A市</b> 平成25年度事務事業評価書 全対策数：5	温室効果ガスの発生	1	2	0
	エネルギー不足	1	2	0
	生態系破壊	0	1	0
	地震	3	2	0
<b>B市</b> 平成24年度事務事業評価書、平成26年度版環境報告書 全対策数：156	温室効果ガスの発生	49	24	1
	エネルギー不足	20	16	1
	生態系破壊	28	17	1
	地震	11	9	1
<b>C市</b> 平成25年度事務事業評価書 全対策数：51	温室効果ガスの発生	8	13	1
	エネルギー不足	7	12	1
	生態系破壊	12	12	1
	地震	29	23	1
<b>D市</b> 平成25年度事務事業評価書、同年度の環境白書 全対策数：75	温室効果ガスの発生	29	14	3
	エネルギー不足	30	28	4
	生態系破壊	23	22	1
	地震	27	26	4
<b>E市</b> 平成26年度事務事業評価書 全対策数：36	温室効果ガスの発生	5	4	0
	エネルギー不足	5	3	0
	生態系破壊	10	4	0
	地震	24	9	1

この調査結果から、都市リスクごとの要望策および順応策の対策数は自治体によって差が見られるものの、おおよそ実施されていることが分かった。一方、多くの自治体において参考とした資料より転換策がほとんど特定されなかった。リスク間で対策数をみると、4つのリスクに対してほぼバランスよく対策が実施されている自治体もあれば、ある特定のリスクに対する対策が他よ

りも多く実施されていることが分かった。

上記の事務事業評価書および環境白書の精査結果に自治体職員対象のアンケート調査結果を加えると図(3)-6に示す結果が得られた。全5都市のうち3つの都市（B市、D市、E市）では、4つのリスクのうち「地震」がやや強く、2都市（A市、C市）ではかなり強く重視されていることが分かった。残るリスク「温室効果ガスの発生」、「エネルギー不足」、「生態系破壊」については、ほとんど同じ水準で重要と評価されていた。このように



図(3)-6 対策の実施度の評価結果

階層分析法を導入することで、リスクおよび対策に対する自治体職員の意識の構造が分かりやすく表現できただけでなく、対策数と統合したことでリスク対策の得点を算出することが可能となった。

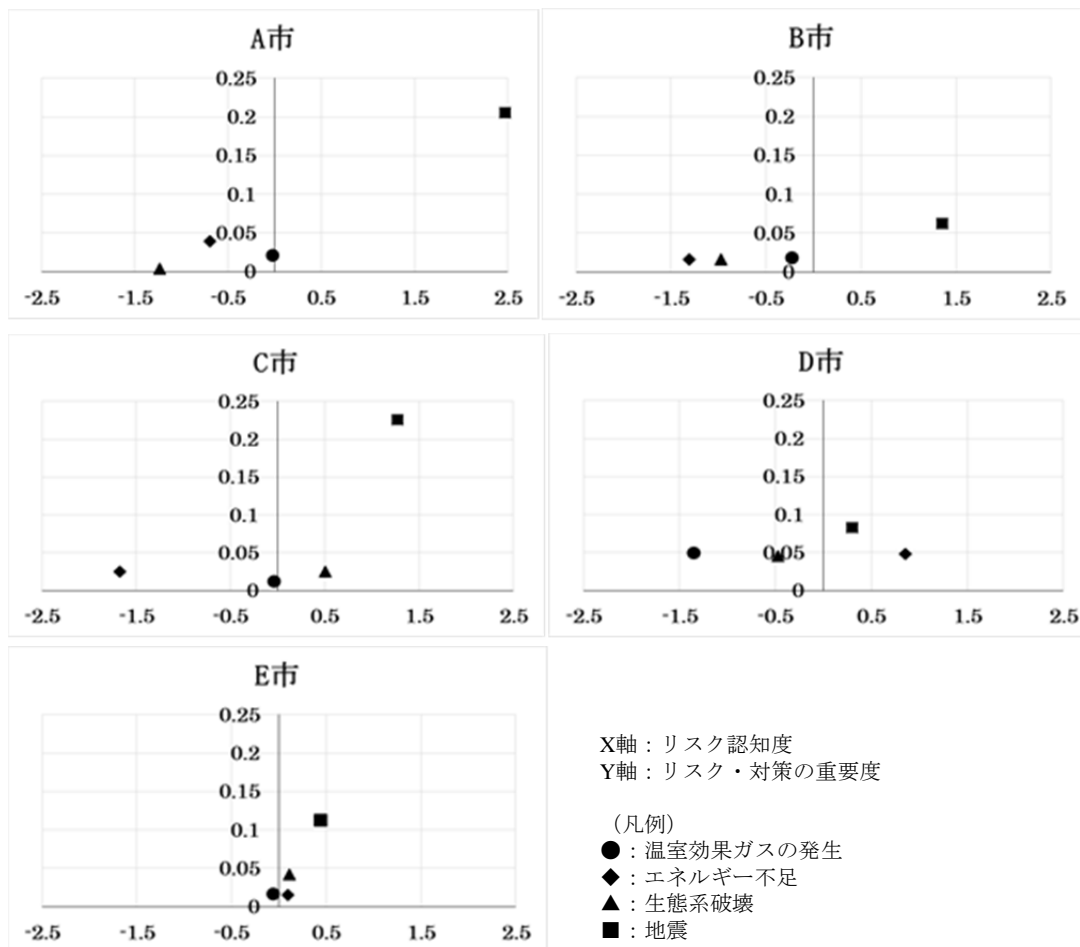
### 3) 都市のレジリエンス診断

主成分分析によって特定された第一成分のリスク認知を横軸に、階層分析法によるリスク対策の実施得点を縦軸に都市別のレジリエンス診断を行った（図(3)-7）。

図(3)-7では、図に表された点の横軸の値が高いほど市民のリスク認知度が高く、また縦軸の値が高いほどリスク・対策の実施度が高いことを意味している。全5都市の診断結果を俯瞰すると、市民のリスク懸念が高いほど都市のレジリエンスが充足していることが示された。

都市リスクごとにみると、A市、B市およびC市の「地震」に対するリスク認知度は他の3つのリスクに比べとりわけ高く、リスク・対策の重要度の得点とも連動性がみられる傾向にあったが、D市およびE市においてはこのような傾向が特にみられなかった。この結果は、過去の被災状況など地域の特性と比較して検討すべきだが、都市の震災経験や市民の被災経験、記憶、震災後の復興に向けた取り組みや社会的影響、地震の対策強化などの現状が反映されているものと推測される。残るリスク「温室効果ガスの発生」、「エネルギー不足」、「生態系破壊」については、リスク認知度に違いがあったものの、自治体においてはほとんど同じ水準で評価されていた。市民と自治体間の認識の違いが理解できただけでなく、リスクごとの意識についても図上で分かりやすく表現することができた。

以上、市民の都市リスク認知、および、リスク・対策の取組の現状と自治体職員による重要度の評価結果を統合し、多様な都市リスクに対する定性的・網羅的レジリエンス診断手法の手順とその結果を提示した。本サブテーマで提案するレジリエンス評価手法は、市民のリスク認知度と自治体における対策や意識の程度に対応関係を読み取るための情報として、また、レジリエントな都市の構築に向けた対策実施の優先順位付けにおいて活用可能であることが示唆された。



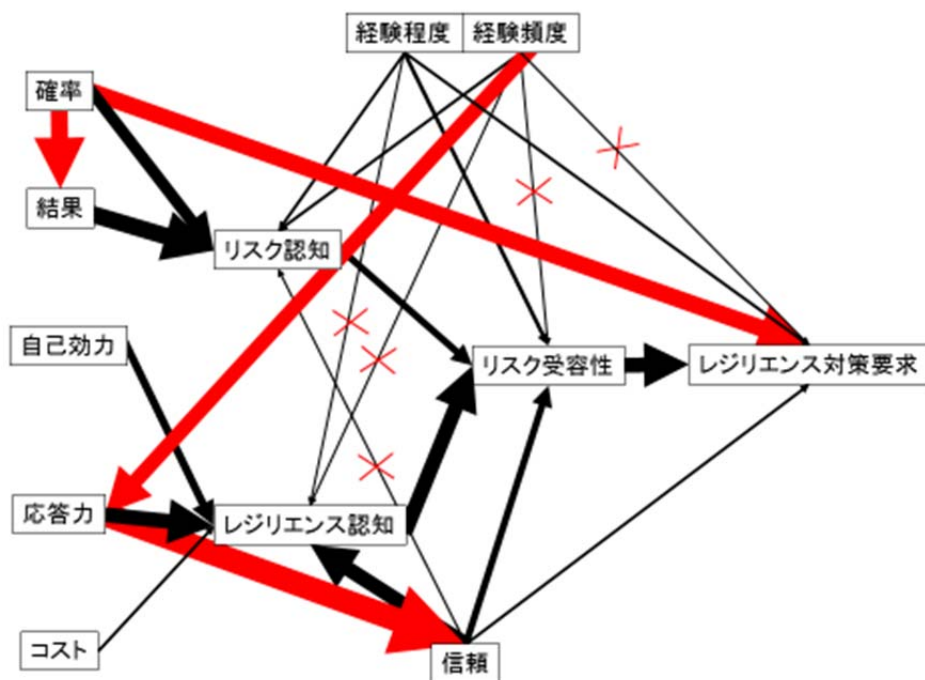
図(3)-7 自治体の環境レジリエンス評価

#### 4) 多様な都市リスクに対する市民のレジリエンス対策要求の因果構造の把握

全28リスクのアンケート回収結果をパス解析にかけたところ、すべてのリスクのモデルにおいて、適合度指標であるCMIN/DFが2以下、CFIが1に近く、RMSEAが0.1以下であったため、まずまずの適合度が示された。得られたパス図(図(3)-8)は以下に示す。

Rogerの保護策・動機づけ理論と本調査の結果を比較すると、Rogerの仮説モデルとある程度整合していると言えるが、新たに有意である/でないパスもいくつか挙げられた。図中には計21以上のリスクモデルに見られた有意なパスを赤線で追加し、全てのリスクにおいて有意でなかったパスにはx印を入れた。また、パスの矢印の太さは、モデル数の多さを示している。

このパス図、Rogerの仮説モデルでは、リスク認知が知覚された確率と結果、レジリエンス認知が知覚された自己効力、応答力、コストに規定されていたが、本研究においてもリスクが知覚される確率と結果(リスクの中でも地震を除く)がリスク認知に影響を与え得ることが示され、整合性が確認された。一方、今回の調査から個人の経験はレジリエンス認知を規定しないこと、経験の頻度が都市の応答力を規定し、(熱波・猛暑を除いて)その応答力が都市への信頼獲得に繋がる可能性があること、また、リスクの発生確率が直接的にレジリエンス対策要求を規定する傾向にあることなどいくつかの事項が明らかとなった。本調査の結果から、都市リスクに対する市民のレジリエンス対策要求に係る心理的構造を示すことができた。



図(3)-8 Rogerの保護策・動機づけ理論と今回の調査の結果得られたパス図との比較

### (3) 水資源レジリエンスの対策効果分析

花折断層帯地震で震度6以上が想定されている京都市と京都府南部の自治体を対象に、①潜在到達濃度（被災する地域全体での貯蔵量が全量流出した場合の簡易推計濃度）が1 mg/Lを超えるか否か、②急性毒性かつ粉末活性炭での除去特性、の2点から、解析対象とする化学物質として21物質（うち水道水質基準値のある物質：9物質、ない物質：12物質）を選定した。

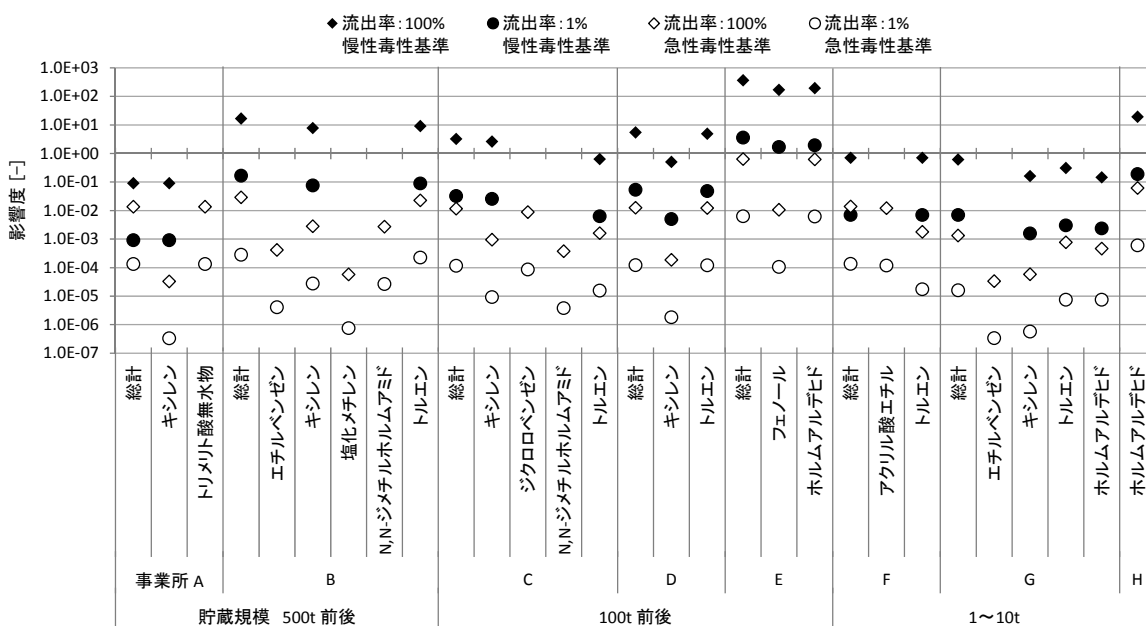
上記のスクリーニングで選定した物質を取り扱うPRTR届出事業所より、8つの事業所を選定した上で、花折断層帯地震発生時に特定の1事業所から化学物質が流出するシナリオを想定した。対象とした事業所と同事業所で取り扱っている化学物質の貯蔵量を表(3)-7に示す。対象とした事業所は、水道水質基準値のない物質を貯蔵量500t前後で扱う施設A、基準値のある物質を貯蔵量500t前後で扱う施設B、基準値のある物質を中心に貯蔵量100t前後で扱う施設C、D、E、基準値のある物質を中心に貯蔵量1～10tで扱う施設F、G、Hである。

影響度（1を超過する場合は給水停止と判定）での評価結果を図(3)-9に示す。施設AとBの比較より、貯蔵量500t前後の大規模な事業所においても、流出する物質が水道水質基準値のない物質である場合、影響度は1以下となり、トリメリト酸無水物の流出による影響度は $1.3 \times 10^{-2}$ （流出率100%の条件）に留まった。水道水質基準値のあるキシレンやトルエンの貯蔵規模が500t前後の事業所Bでは、流出率100%かつ慢性毒性基準で影響度を評価した場合、給水停止の判定基準である1を超過する結果となった。

貯蔵規模別にみると、流出率100%かつ慢性毒性基準での評価では、水道水質基準規定物質を中心に扱う事業所B～Hにおいて、影響度が1を超過する結果となった（ただし、事業所F、Gは1を下回るも1付近の値）。ここで、慢性毒性基準で判定する条件下での緊急遮断弁の導入効果を考察する。緊急遮断弁を導入する条件（流出率1%の条件）では、事業所Eを除き、影響度は1以下と評価

表(3)-7 流出を想定する事業所の設定

貯蔵規模	事業所	取扱物質 (○は水道水質基準値あり)	事業所での 貯蔵量 [kg]	浄水場での 除去率 [-]	水質管理濃度 [mg/L]	
					慢性毒性	急性毒性
500t前後	A	○ キシレン	2,442	0.9	0.4	1,100
		トリメリト酸無水物	610,437	0.9	-	680
	B	エチルベンゼン	24,426	0.9	-	880
		○ キシレン	208,477	0.9	0.4	1,100
		塩化メチレン N,N-ジメチルホルムアミド	152 12,557	0 0	- -	400 700
○ トルエン	243,543	0.9	0.4	160		
100t前後	C	○ キシレン	63,349	0.9	0.4	1,100
		ジクロロベンゼン	69,700	0.9	-	130
		N,N-ジメチルホルムアミド	1,575	0	-	700
	○ トルエン	15,454	0.9	0.4	160	
	D	○ キシレン	8,335	0.9	0.4	1,100
○ トルエン		80,721	0.9	0.4	160	
E	○ フェノール	5,366	0	0.005	79	
	○ ホルムアルデヒド	99,305	0	0.08	25	
1~10t	F	○ アクリル酸エチル	7,028	0	-	200
		○ トルエン	8,359	0.9	0.4	160
	G	エチルベンゼン	1,168	0.9	-	880
		○ キシレン	2,544	0.9	0.4	1,100
		○ トルエン	4,856	0.9	0.4	160
		○ ホルムアルデヒド	45	0	0.08	25
H	○ ホルムアルデヒド	2,517	0	0.08	25	



図(3)-9 影響度の評価結果

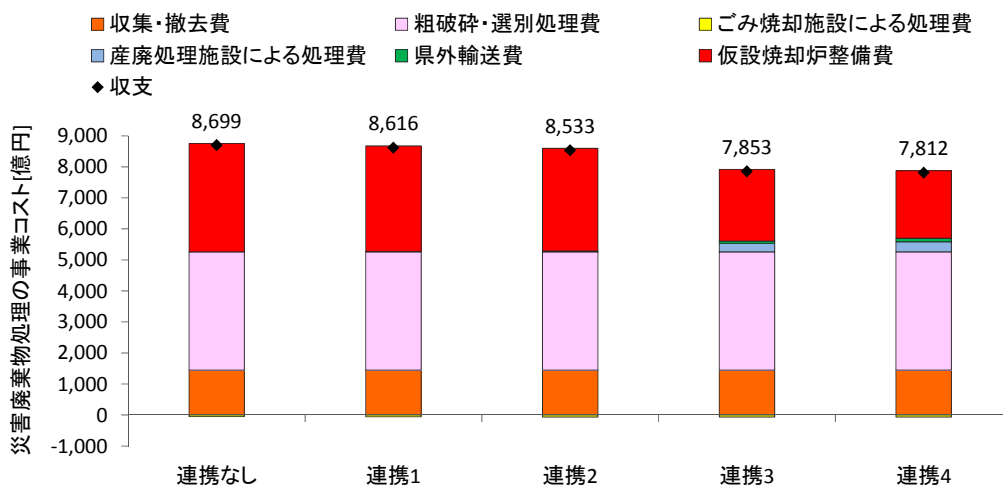
された。

水道水質基準規定物質を取り扱う事業所について、災害時においても水道水質基準を厳守し、慢性毒性基準での水質管理濃度で影響度に基づく給水停止の判定を行う場合、貯蔵量が1t以上の事業所を目安に、緊急遮断弁の設置などの流出防護策の強化が必要であることが指摘される。式(3)-1の水質管理濃度 $MC_i$ を急性毒性基準で設定し、影響度を評価する場合においては、流出率が100%の条件でも、どの事業所からの流出を想定しても影響度が1を下回る結果となった。水質管理濃度の高いフェノールやホルムアルデヒドを取り扱う事業所Eにおいては、流出率100%の条件では急性毒性基準での影響度評価においても $6.2 \times 10^{-1}$ と1に近い値となったが、流出率を1%に低下させることで影響度の総計値は $6.2 \times 10^{-3}$ となるまで低下し、1を大きく下回った。

本解析では、急性毒性による健康影響の回避を目的とした危機時専用の水道水質基準を持つことによって、給水停止に至る可能性を大幅に低減できることを定量的に示した。災害時においては飲料水のみでなく、消火用水やトイレ用水といった非経口摂取用途においても水が不足することが予想される。危機時専用の水道水質基準を検討する上で、本研究での解析内容が情報基盤となることが期待される。

#### (4) 災害廃棄物（可燃物等、木くず）処理の対策効果分析

上町地震を対象に、予備容量0%での事業コストの評価結果を図(3)-10に示す。

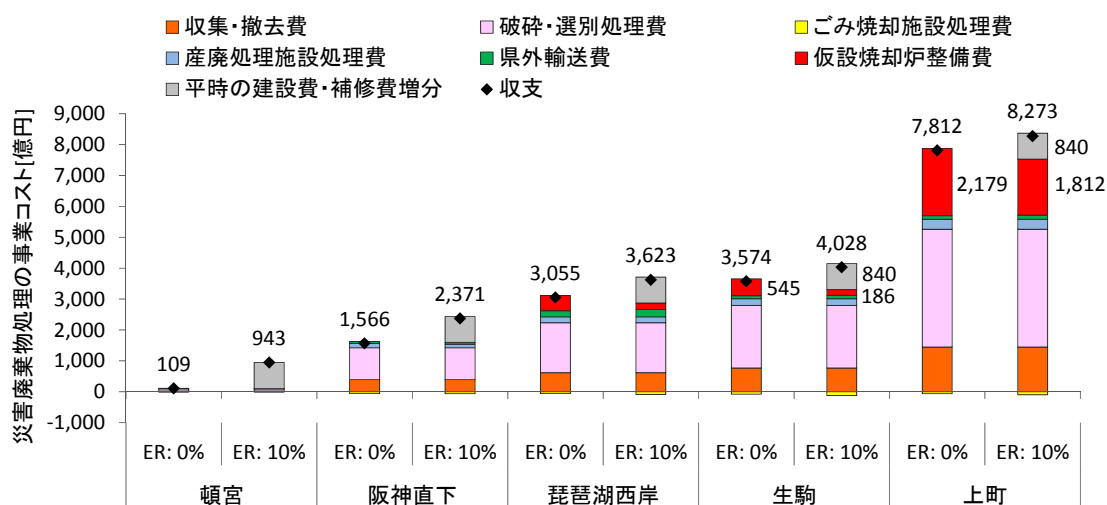


図(3)-10 災害廃棄物処理に係る事業コストの評価結果（上町地震、災害時予備容量：0%）

連携水準ならびに受入水準を高めることで、事業コストが削減する結果が得られた。連携なしと連携ケース4を比較し、産業廃棄物処理施設による処理費用と県外輸送費の増分が437億円に対し、仮設焼却炉整備費の減少分は▲1,313億円と推計された。すなわち、連携水準を高めることで、産業廃棄物処理施設による処理費用と県外輸送費は増加するが、仮設焼却炉整備費の減少分がその増分を大きく上回り、事業コストが削減できることが示された。

次に、ごみ焼却施設の更新時に、処理能力に対して災害時予備容量を設けることによる事業コストの評価結果を、連携ケース4を対象として図(3)-11に示す。





図(3)-11 連携ケース4での災害廃棄物処理に係る事業コストの評価結果 (※ER：災害時予備容量)

予備容量10%を設けることで、冗長性確保のための建設費・補修費の増分840億円が計上される。一方で、同費用を支出することで仮設焼却炉整備費（運用費も含む）が削減できるが、災害規模が大きい生駒や上町を対象とした分析においても、仮設焼却炉整備費の削減効果は生駒で▲359億円、上町で▲367億円（予備容量0%と10%の差）と推計され、840億円の増分を下回る結果となった。これにより、予備容量を10%設けたケースにおいて費用対効果が低下した。

本研究では、災害廃棄物の焼却（減容・減量化）が圏域での広域連携体制で行われることを与件として、平時における事業の効率性とトレードオフ関係にあるごみ焼却炉の処理能力に10%の余剰性を設ける設計指針の改定が有効であるか否かを検討した。結果、事業コストの観点では費用対効果を悪化させると推計された。その要因を検討する。

災害廃棄物の焼却を3年以内に完了させることを目標に仮設焼却炉が整備されるという制約条件を設けたため、広域連携によるごみ焼却施設の余剰能力の活用期間が3年以内に限定され、余剰能力の建設費・補修費が仮設焼却炉整備の縮減効果を上回ることが主たる要因である。特に可燃物等は腐敗が進むために迅速な焼却が求められ、3年を超える処理期間の延長は難しいため、処理能力に余剰性を持たせるよりも、稼働日数を増やすなどの備えの方が有用となる。

また、本解析では近畿圏において直下型地震が2030年の時間断面で1度発生する条件下での解析を行った。ここで、確率論的リスク評価の視点に立つと、災害対応に係る事業コストの期待値は、概念的には災害*n*に対する「 $\Sigma_n$ 発生確率 $_n$ ×災害廃棄物処理費用 $_n$ 」と「1×平時の建設費・補修費増分」の和で評価される。想定される災害の頻度や規模が増加すると、災害時予備容量を確保する施策の費用対効果は高まることが指摘される。

## 5. 本研究により得られた成果

### (1) 科学的意義

- レジリエンスの定量評価手法の文献レビューにより、リスク論に基づくレジリエンスの定量評価手法として、2つの定量評価手法（網羅性評価法と外力応答評価法）を体系的に整理した。その上で、2つの定量評価手法を組み合わせたPDCAサイクルを提案し、環境計画学の見地か

ら計画手順の明確化が図られた。

- ・本サブテーマで提示したレジリエンス・アセスメント手法は、P. Slovic らをはじめとするリスク認知研究を継承・拡張した市民による都市リスク認知度（市民の視点）評価に加え、自治体の事務事業評価書および環境白書に記載されたデータ、アンケート調査に基づく自治体関係職員らのリスクおよび対策に関する認識（自治体の視点）評価の2つの観点の統合を可能とした。
- ・大規模災害時における水道事業体の水道水質管理を支援するための評価モデルを開発した。本モデルでは、PRTR 事業所での防護策（緊急遮断弁の普及）、浄水場側での順応策（危機時専用の水道水質基準の適用）、双方の連携による対策効果が検討可能であり、これまでの流出防護策のみに特化したモデルより発展したシナリオ解析モデルである。

## （2）環境政策への貢献

### <行政が既に活用した成果>

特に記載すべき事項はない。

### <行政が活用することが見込まれる成果>

- ・様々な都市リスクに対するレジリエンス能力の向上が求められる中、市民のリスク認知およびリスク・対策の実施度や自治体側の認識が定量化され、各自治体において継続的に診断を実施、記録することで、環境レジリエンスの向上度合を把握できるほか、対策不足状況の補完につながる。
- ・自治体発行の環境や防災など幅広く関係する既存データ・資料を活用した、レジリエンス・アセスメント手法への適用可能性が示された。
- ・水循環と化学物質管理を対象としたケーススタディで得られた対策効果分析の評価結果は、大阪府が「大阪府化学物質適正管理指針」を改正（平成25年11月29日）し、大規模災害に伴う管理化学物質の漏えい、流出等の緊急事態を対象とした対策の優先度を精査している中、対策の優先順位付けに向けて情報基盤となることが期待される。
- ・災害廃棄物（可燃物等）の処理を対象としたケーススタディでは、巨大地震発生時における災害廃棄物対策として、広域処理に向けた行政間の連携、産業廃棄物処理事業体との連携に向けた災害時協定の締結が進められている中、連携による災害廃棄物処理費用の削減効果を定量的に示しており、貢献すると考えられる。

## 6. 国際共同研究等の状況

特に記載すべき事項はない。

## 7. 研究成果の発表状況

### （1）誌上発表

#### <論文（査読あり）>

- 1) 伊川純慶、中久保豊彦、東海明宏：土木学会論文集G（環境）, 71(6), II\_253-II\_262（2015）「レジリエンス特性を踏まえた災害廃棄物（可燃系廃棄物）処理の対策効果分析－近畿圏における広域連携を対象として－」

- 2) 中久保豊彦、東海明宏：土木学会論文集F6（安全問題），71(2), I\_33-I\_40（2015）「ライフライン分野におけるレジリエンス定量評価手法の類型化に関する研究」

<その他誌上発表（査読なし）>

- 1) 東海明宏、中澤暦、中久保豊彦、山口治子：環境システム研究論文発表会講演集，42, 135-140（2014）  
「リスク論に基づくレジリエンス・アセスメント手法の開発」
- 2) 中久保豊彦、東海明宏、山口治子、中澤暦：環境システム研究論文発表会講演集，42, 141-148（2014）  
「レジリエンスの定量評価手法のレビューと都市水代謝への適用に向けた枠組みの設計」
- 3) 東海明宏、中久保豊彦、山口治子、岸本紗也加：日本リスク研究学会年次大会講演論文集，27, 6 pages（2014）「リスク論に基づくレジリエンス評価」
- 4) 中久保豊彦、東海明宏、山口治子：日本リスク研究学会年次大会講演論文集，27, 6 pages（2014）  
「レジリエンスの定量評価手法のレビューとその類型化に関する研究」
- 5) 多田悠人、中久保豊彦、東海明宏、山口治子：日本リスク研究学会年次大会講演論文集，27, 6 pages（2014）「地震災害を想定した化学物質流出による浄水場の給水機能への影響評価：淀川水系を対象としたケーススタディ」
- 6) 岸本紗也加、東海明宏、中久保豊彦、山口治子：日本リスク研究学会年次大会講演論文集，27, 6 pages（2014）「リスク論に基づくレジリエンス・アセスメント手法の開発とその実装化に関する研究」
- 7) R. Macnee, A. Tokai and O. Kim: 日本リスク研究学会年次大会講演論文集，27, 6 pages（2014）“A comparative analysis of malaria risk in Japan and the Republic of Korea: current trends and future risk in the context of climate change”
- 8) M. Ebisudani and A. Tokai: 日本リスク研究学会年次大会講演論文集，27, 6 pages（2014）  
“Resilience: Ecological and Engineering Perspectives Present Status and Future Consideration Referring on Two Case Studies in U.S.”
- 9) 多田悠人、中久保豊彦、東海明宏：日本リスク研究学会年次大会講演論文集，28, 6 pages（2015）  
「地震災害を想定した化学物質流出による浄水場の給水機能への影響評価：淀川水系のレジリエンスに注目して」

(2) 口頭発表（学会等）

- 1) A. Tokai: International Forum for Sustainable Asia and the Pacific (ISAP) 2014, Yokohama, Japan, 2014. “Tools and methods for planning of resilient city”
- 2) A. Tokai, T. Nakakubo, H. Yamaguchi and K. Nakazawa: 2014 Society for Risk Analysis - Asia Conference, National Taiwan University, Taipei, Taiwan (2014) “Environmental Resilience Assessment Based on Risk Concept”
- 3) T. Nakakubo, A. Tokai, H. Yamaguchi and K. Nakazawa: 2014 Society for Risk Analysis - Asia Conference, National Taiwan University, Taipei, Taiwan (2014) “Review and consideration of the assessment methodologies of resilience toward its application to urban metabolism risk management”
- 4) K. Nakazawa, A. Tokai, H. Yamaguchi and T. Nakakubo: 2014 Society for Risk Analysis - Asia Conference, National Taiwan University, Taipei, Taiwan (2014) “Development of the resilient city”

assessment method-focused on the multiple risk”

- 5) 東海明宏、中澤暦、中久保豊彦、山口治子：第42回環境システム研究論文発表会、産業技術総合研究所（2014）「レジリエントシティ政策モデルの開発とその実装化」
- 6) 中久保豊彦、東海明宏、山口治子、中澤暦：第42回環境システム研究論文発表会、産業技術総合研究所（2014）「レジリエンスの定量評価手法のレビューと都市水代謝への適用に向けた枠組みの設計」
- 7) 東海明宏、中久保豊彦、山口治子、岸本紗也加：日本リスク研究学会第27回年次大会、京都大学（2014）「リスク論に基づくレジリエンス評価」
- 8) 中久保豊彦、東海明宏、山口治子：日本リスク研究学会第27回年次大会、京都大学（2014）「レジリエンスの定量評価手法のレビューとその類型化に関する研究」
- 9) 多田悠人、中久保豊彦、東海明宏、山口治子：日本リスク研究学会第27回年次大会、京都大学（2014）「地震災害を想定した化学物質流出による浄水場の給水機能への影響評価：淀川水系を対象としたケーススタディ」
- 10) 岸本紗也加、東海明宏、中久保豊彦、山口治子：日本リスク研究学会第27回年次大会、京都大学（2014）「リスク論に基づくレジリエンス・アセスメント手法の開発とその実装化に関する研究」
- 11) M. Ebisudani and A. Tokai：日本リスク研究学会第27回年次大会、京都大学（2014）“Resilience: Ecological and Engineering Perspectives Present Status and Future Consideration Referring on Two Case Studies in U.S.”
- 12) R. Macnee, A. Tokai and O. Kim: 第27回日本リスク研究学会年次大会（2014）.  
“A comparative analysis of malaria risk in Japan and the Republic of Korea: current trends and future risk in the context of climate change”
- 13) T. Nakakubo, Y. Tada, A. Tokai and H. Yamaguchi: Society for Risk Analysis World Congress on Risk 2015, Matrix @ Biopolis, Singapore (2015) “Development of Environmental Resilience Assessment Method for Applying to Urban Water Metabolism in Japan”
- 14) 中久保豊彦、伊川純慶、東海明宏：第26回廃棄物資源循環学会研究発表会、九州大学（2015）  
「近畿圏での広域連携による災害廃棄物（可燃系廃棄物）処理の対策効果分析」
- 15) 中久保豊彦、東海明宏、多田悠人：環境科学会2015年会、大阪大学（2015）「都市ライフラインのレジリエンス評価：枠組みの設計と水循環への適用」
- 16) 岸本紗也加、東海明宏、中久保豊彦：環境科学会2015年会、大阪大学（2015）「都市リスク認知と施策の充実度からみた自治体のレジリエンス評価手法の検討」
- 17) 中久保豊彦、伊川純慶、東海明宏：第43回環境システム研究論文発表会、北海道大学（2015）  
「レジリエンス特性を踏まえた災害廃棄物（可燃系廃棄物）処理の対策効果分析－近畿圏における広域連携を対象として－」
- 18) 中久保豊彦、東海明宏：土木学会安全問題討論会’15、土木学会講堂（2015）「ライフライン分野におけるレジリエンス定量評価手法の類型化に関する研究」
- 19) 多田悠人、中久保豊彦、東海明宏：日本リスク研究学会第28回年次大会、名古屋大学（2015）  
「地震災害を想定した化学物質流出による浄水場の給水機能への影響評価：淀川水系のレジリエンスに注目して」

- 20) 佐野早希、中久保豊彦：第11回日本LCA学会研究発表会、東京大学柏キャンパス（2016）「QOL充足度を踏まえた災害時における水需給バランス推計モデルの開発」
- 21) 中久保豊彦、伊川純慶、東海明宏：第11回日本LCA学会研究発表会、東京大学柏キャンパス（2016）「災害廃棄物（可燃物等）処理のコスト解析：近畿圏における広域連携を対象として」

### （3）出願特許

特に記載すべき事項はない。

### （4）「国民との科学・技術対話」の実施

- 1) 一般公開ワークショップ「環境レジリエンス・ワークショップ」（主催：大阪大学・東海研究室、2014年11月20日、大阪大学吹田キャンパス・S4棟、観客30名）にて成果紹介
- 2) 一般公開セミナー「危機管理セミナー2015 in 大阪 東日本大震災の廃棄物処理及び近畿圏の災害廃棄物処理について－政策と技術の関連性から考える廃棄物管理とリサイクル」（主催：一般社団法人公共ネットワーク機構、2015年6月12日、インテックス大阪、観客20名）にて成果紹介
- 3) 一般公開セミナー「環境レジリエンスに関するセミナー・報告会」（主催：大阪大学・東海研究室、2016年1月12日、大阪大学吹田キャンパス・M3棟、観客20名）にて成果紹介

### （5）マスコミ等への公表・報道等

特に記載すべき事項はない。

### （6）その他

特に記載すべき事項はない。

## 8. 引用文献

- 池田三郎（2011）「想定外」は「リスク分析」の枠外か？－極低頻度・巨大複合災害へのリスク分析の展開にむけて－，日本リスク研究学会誌，21(1)，1-5.
- 大阪府（2013）災害時における化学物質のリスク低減検討業務 報告書.
- 京都府（2008）京都府地震被害想定調査 花折断層帯.  
<<http://www.pref.kyoto.jp/kikikanri/1219912434674.html>>
- 産業技術総合研究所（2012）産総研－水系暴露解析モデル AIST-SHANEL.  
<<https://shanel.aist-riss.jp/version/>>
- 全国都市清掃会議（2006）ごみ処理施設整備の計画・設計要領（2006改訂版）.
- 馬場健司，田中充（2015）レジリエントシティの概念構築と評価指標の提案，都市計画論文集，50，46-53.
- Barton, A. H. (1969) *Communities in Disaster. A Sociological Analysis of Collective Stress Situation*, Doubleday and Company, Inc.
- Berkeley, A. R & Wallace, M. (2010) *A Framework for Establishing Critical Infrastructure Resilience Goals*, National Infrastructure Advisory Council.

- Dynes, R. R. (1970) *Organized Behavior in Disaster*, Lexington, Mass.: D. C. Heath.
- Graham, J. & Wiener, J. (1995) *Risk vs. Risk -Tradeoffs in Protecting Health and the Environment*, Harvard University press.
- Holzmann, R. & Jorgensen, S. (2000) *Social Risk Management: A New Conceptual Framework for Social Protection, and Beyond*, Social Protection Discussion Paper 0006. World Bank, Washington, D. C.
- IPCC (2001) *Third Assessment Report - Climate Change 2001 - Complete online versions*.  
<[http://www.grida.no/publications/other/ipcc\\_tar/?src=/climate/ipcc\\_tar/wg2/301.htm](http://www.grida.no/publications/other/ipcc_tar/?src=/climate/ipcc_tar/wg2/301.htm)>
- Milvy, P. (1987) *De Minimis Risk in Contemporary Issues in Risk Analysis Volume 2*, edited by Chris Whipple (Energy Study Center, EPRI, California), Plenum Press, pp.75-86.
- Park et al. (2012) *Informing adaptation responses to climate change through theories of transformation*, *Global Environmental Change* Vol. 22(1), pp. 115-126.
- Slovic, P. (1987) *Perception of risk*, *Science*, Vol. 236, pp.281-285.
- Slovic, P. et al. (1980) *Facts and Fears: Understanding Perceived Risk*. In Albers, W.A. (Ed.), *Societal Risk Assessment: How Safe Is Safe Enough?* New York, NY: Plenum Press.
- Staar, C. (1969) *Societal benefit and technological risk*, *Science*, No. 165, pp. 1232-1238.
- U.K. Cabinet Office (2010) *Keeping the Country Running: Natural Hazards and Infrastructure-A Guide to improving the resilience of critical infrastructure and essential services*.
- U.S. The National Academy of Sciences (2012) *Disaster Resilience: A National Imperative*, The National Academies Press.
- Wiener, J. (2002) *Precaution in a Multi-Risk World in Human and Ecological Risk Assessment: Theory and Practice* edited by DJ Paustenbach, pp.1509-1531.
- World Economic Forum (2013) *Global Risks 2013*.
- World Economic Forum (2014) *Global Risks 2014*.



## 1-1304 「レジリエントシティ政策モデル」の開発とその実装化に関する研究

### (4) アジアの都市におけるレジリエンス評価と政策モデルの試行

公益財団法人地球環境戦略研究機関

バンコク地域センター	センター長	前田 利蔵
北九州アーバンセンター	主任研究員 研究員	Dickella Gamaralalage Jagath Premakumara 黄 堅

<研究協力者>

フィリピン・セブ市	Nida C. Cabrera (セブ市議会議員・環境委員会委員長) Aloysius Ma L Canete (A2D Project-Research Group for Alternatives to Development Inc. 取締役) Ana Marie V. Duran (FORGE Inc. 減災政策研究担当官)
タイ・ノンタブリ市	Pornsri Kichtham (ノンタブリ市長顧問) Permpong Phumwiset (ノンタブリ市公衆衛生環境管理課長)
ベトナム・ホーチミン市	Nguyen Trung Viet (ホーチミン市気候変動懇談会会長) Huynh Ngoc Phuong Mai (環境技術管理センター所長)
中国・上海市	Qunfang Hu (上海防災救災研究所副所長、同済大学教授)

公益財団法人地球環境戦略研究機関

北九州アーバンセンター	主任研究員	林 志浩
	アドミニストリエツブオフィサー	堀苑 志乃
バンコク地域センター	主任研究員	Shom Wei Chin Teoh

平成25(開始年度)~27年度累計予算額：15,818千円（うち平成27年度：4,905千円）

予算額は、間接経費を含む。

#### [要旨]

気候変動と自然災害による被害を抑えるため、レジリエントシティ構築のためのキャパシティ強化に対する問題意識は世界各国で高まりつつある。本研究課題では、セブ市（フィリピン）、ノンタブリ（タイ）、ホーチミン（ベトナム）、上海（中国）の4つのアジアの都市における災害時の経験を事例とし、発展途上国がいかにすれば気候変動や災害に強いレジリエントシティの構築を効果的に計画し、かつ明確な手段を講じてそれにあたることができるかを検討する。

#### [キーワード]

レジリエントシティ、気候変動、自然災害、キャパシティ・ビルディング、市民参加

## 1. はじめに

急速な都市開発や気候変動、自然災害により、諸都市における生活の質、経済的および社会的安定が大いに脅かされている今、発展途上国においては、7人に1人が非正規居住地や都市スラムでの生活を余儀なくされている（IPCC, 2012; Mitlin and Satterthwaite, 2013; Béné, C., Wood, R.G., Newsham, A., and Davies, M, 2012; Frankenberger, T., M. Langworthy, T. Spangler, and Nelson, S, 2012）。特に、都市におけるストレス、気温や海面の上昇、暴風雨、干ばつ、内陸および沿岸地域での洪水、地滑り、熱波など、気候変動は都市にさらなる負荷をかけていることが確認されている。また、都市におけるインフラ体系ならびに水やエネルギーの供給、公衆衛生、交通輸送、生態系といった基礎サービスにも深刻な影響を及ぼしている可能性がある（IPCC, 2007; IPCC, 2012; UCCRN, 2011; DFID, 2011）。都市ではさらに、過去10余年にわたり頻度や強度を増し加えている自然災害による被害額の増大という問題にも直面している。国連国際防災戦略事務局（UNISDR）によると、こうした災害による被災者は15億人を超え、損害額は1兆3000億USドルに達しているということである（UNISDR, 2015）。

こうした現実を踏まえ、国際社会は今、諸都市におけるレジリエントシティ構築に向けた取り組みへのさらなる重点的促進を真剣に検討している。例えば、国連国際防災戦略事務局（UNISDR）の兵庫行動枠組（2005-2015）の後継にあたる仙台防災枠組み（2015-2030）は災害リスク軽減とレジリエントシティ構築への緊急措置を要請した（UNISDR, 2015）。また、アジア太平洋地域適応ネットワーク（APAN）、イクレイ（持続可能性を目指す自治体協議会）による都市レジリエンスと適応に関する年次世界フォーラム、そしてロックフェラー財団「100のレジリエンスシティ」（100RC）も、地方自治体によるレジリエントシティ構築への深い関与を擁護しつつ、地域社会の能力拡大に向けて支援を増加している。

ただ、こうした認識が高まってはいるものの、レジリエントシティ計画促進に向けての有効な手段提供という面に関しては、アジアにおける発展途上国は未だ十分な注目を受けていないとは言えない。それゆえ、本研究では、発展途上国がいかにすれば気候変動や災害に強いレジリエントシティの構築を効果的に計画し、かつ明確な手段を講じてそれにあたることができるかを検討することを主旨とした。

## 2. 研究開発目的

本研究では、アジアの4つの都市（フィリピン・セブ市、中国・上海市、ベトナム・ホーチミン市、タイ・ノンタブリ市）を対象に、各都市の災害対策、予防的措置、レジリエントシティ構築に向けた取組等を調査し、取組の進行過程、既存の取組や必要な施策とのギャップを分析した上で、レジリエントシティ構築に必要な施策の提案を行うことを目的とする。

## 3. 研究開発方法

調査方法としては、文献調査、事例研究分析、関連の研究機関や政策担当者等との意見交換、政策策定担当者を対象としたキャパシティ・ビルディング等を通じて進めた。

### (1) 文献調査

第一段階として、インターネットによりレジリエントシティに関連した文献調査を行った。結果として、近年においては、都市と自然災害、気候変動に関する文献にレジリエントシティ研究が顕著であることがわかった。海外文献調査を通して、レジリエンスの範疇は災害リスク削減や気候変動適応策より広く、レジリエントシティ構築を実現するためには、特定の将来の気候変動

リスクに適応するための個別的措置に注力するよりは、都市全体の問題を統合的に考慮したほうがより効果的であることが分かった。また、レジリエントシティの構築は戦略的なアプローチとして、従来の管理システムと比べ、複雑な社会的・生態系変動に対応できる等の利点を有するため、都市の気候変動への適応実践に、レジリエンス概念の導入・適用は、予測と予防の伝統アプローチの弱点を克服し、高い不確実性のもとで発生する気候変動に備えることができる(表(4)-1)。

表(4)-1 レジリエントシティの概念に関する海外文献調査結果

団体名	発表時期	レジリエントシティの概念
気候変動に関する政府間パネル (IPCC)	第2作業部会 (WGII) 第5次評価報告書 (AR5)、2014	気候変動は、インフラ体系(水供給、エネルギー、公衆衛生、排水、輸送、電気通信)、基礎サービス(医療、緊急サービス)、建築環境、生態系といった広範な分野に深刻な影響を及ぼす。
国連国際防災戦略事務局 (UNISDR)	2011	地方自治体は管轄都市のリスク軽減と復元力構築に対し特に責務を負う。
国連国際防災戦略事務局 (UNISDR)	2010	レジリエンスとは、ハザードにさらされたシステム、コミュニティ、社会が、必要な基礎構造及び基礎機能を回復することにより、ハザードがもたらす影響に対し迅速かつ効率的に抵抗、緩和、適応、復興する力を指す。
レジリアンス・アライアンス	2010	レジリエントシティとは、擾乱を緩和し、必要に応じて変化を取入れ、再編を行い、以前の基礎構造を保ち、変わらないサービスを継続して提供することができる都市である。
ロックフェラー財団	世界の100都市のレジリエンスを高める取り組みを支援するプロジェクト、2013	レジリエンスは、システム、団体、コミュニティ、個人が、必要な機能を維持しつつ負の影響を打破する力とも言える。復元力はまた、災害から早く効果的に立ち直る力、より深刻なストレスに耐える力をも指す。

これら文献によると、レジリエントシティとは、ハザード(自然災害や気候変動)と脆弱性(高失業率、貧困、不十分なサービスや杜撰なガバナンス)といった突発的なリスクを切り抜け、それに適応し、そこから回復するためにより適切な備えができる都市を意味している。故に、レジリエントシティを構築することで、危険にも脆弱性にも効果的に対応するための、より積極的な対策案を立てることができる。表(4)-2では、国や地域のレジリエントシティ政策措置を促進する国際団体・プログラム等が提唱する、レジリエントシティ構築のために優先すべき活動を示す。

表(4)-2 レジリエントシティ構築に向けた優先的活動

団体/プログラム名	活動内容
UNISDR (国連国際防災戦略事務局)による兵庫行動枠組 (HFA)	(1) 災害リスクの軽減は、実施へ向けた強力な組織的基盤を備えた国家・地方における優先事項であることを保証する。(2) リスクの特定、評価、監視と早期警戒を強化する。(3) 全レベルにおいて安全の文化と災害に対する抵抗力を培うために、知識、技術革新、教育を利用する。(4) 潜在的なリスク要素を軽減する。(5) 全てのレベルにおける効果的な対応のための災害への備えを強化する
UNISDRによるレジリエントシティ構築のための世界防災キャンペーン	(1) 調整機関(2) 財源と資金配分(3) あらゆるハザードに対するリスク評価(4) インフラの保護と改修(5) 必要施設(病院と教育施設)の保護(6) 土地利用計画に関する法整備(7) 防災訓練や防災教育等による意識向上(8) 自然環境およびエコシステムの保全(9) 早期警告、早期対応などの効果的予防策(10) コミュニティの復興
ロックフェラー「100のレジリエントシティ」	(1) 基礎的ニーズを満たしている(2) 暮らしと仕事を支援する(3) 公共サービスを確保する(4) 地域密着型の活動を促進する(5) 社会の安定、安心、正義を守る(6) 経済的発展を促進する(7) リーダーシップと効果的なマネジメントを推進する(8) 幅広いステークホルダーに権利を持たせる(9) 長期的かつ統合的計画を促進する(10) 自然及び人為的資産を保護し拡大させる(11) 重要なサービスを継続的に提供する(12) 信頼できるコミュニケーションとモビリティを提供する

## (2) 事例研究分析

詳細な事例研究と分析を行うため、人口規模（大規模、中小都市を含む）、成長率、場所、気候変動の危険性、災害管理の取り組みの実績及び国内や地域における経済的重要性を考慮した上で、アジアの4都市（フィリピン・セブ市、中国・上海市、ベトナム・ホーチミン市、タイ・ノンタブリ市）をケーススタディ都市として選択した。更に、各ケーススタディ都市が所在する国について、レジリエントシティ構築に対する積極的姿勢と政治的コミットメント、気候変動や都市のレジリエンスに関する過去の政策決定や地域計画の実績、関連情報へのアクセシビリティも考慮した。下記表(4)-3 に各都市の状況を示す。

表(4)-3 ケーススタディ都市の状況

	セブ市	ノンタブリ市	ホーチミン市	上海市
人口（万人）	86.6	25.8	768.1	2,433.4
面積（km <sup>2</sup> ）	292	38.9	2,095	6,340.5
都市規模	中都市	小都市	大都市	超大都市
都市状況	<ul style="list-style-type: none"> <li>・都市問題：過剰な土地使用、高い移住率、交通渋滞、不法占拠者の存在等</li> <li>・災害関連問題：台風、地震、地すべり、火災等</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・災害関連問題：市面積の多くは低い平野に位置するため、洪水等がよく発生する</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・都市問題：商業及び高級不動産の過剰開発による都心部の人口減少、都市周辺地域の急速な人口増加</li> <li>・災害関連問題：高潮、大雨、洪水等</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・都市問題：高い人口密度、住宅用と緑地用土地の矛盾、エネルギー需要量の増加、低い市民意識</li> <li>・災害関連問題：台風、暴雨、高潮等</li> </ul>

また、本事例研究は、法政大学（サブテーマ1）が日本国内の都市調査に際し構築した分析枠組みを採用して行った。この枠組みによると、地方自治体によるレジリエントシティ政策の策定過程は政策モデルに包括的に表れており、リスク診断（ステータス・レポート）と政策方法（政策シナリオ）の構築が重要なステップである。また、ケーススタディ都市においては、ハザードと脆弱性といった突発的なリスクに晒される状況を一次的・二次的な情報源を通じ特定した。データ収集には、ケーススタディ都市を代表する協力者（当該自治体の関連部署、研究機関、市民社会団体）との連携のもと、半構成化インタビューを実施した。さらに、初期調査も行い、国家及び地方政策、制度的枠組み、脆弱性の状況の把握に努めた。その後、マルチ・ステークホルダーを集めたワークショップを各ケーススタディ都市にて実施し、ステータス・レポートにて抽出された初期課題を克服するためのアクション・プランを作成した。ワークショップはケーススタディ都市の地方政府の協力を得て企画し、市民社会組織やNGO、民間企業や研究機関の代表者ら30～40名を招聘して、適切な施設においてプレゼンテーションやグループディスカッションを行った。図(4)-1に、各ケーススタディ都市の概要と課題及び調査方法を示す。

アジア4都市の体験を活かすことにより、どうすれば発展途上国が気候変動や災害に強いレジリエントシティの構築を効果的に計画し、かつ明確な手段を講じてそれにあたることのできるかを検討。



図(4)-1 各ケーススタディ都市の概要・課題及び調査方法

### (3) 「レジリエントシティ・アクションプラン策定のための能力開発研修」の実施

アジア4都市より防災政策構築に重要な役割を担う行政機関や研究機関の職員等を日本へ招聘し、2015年7月27日・28日、神戸市において「レジリエントシティ・アクションプラン策定のための能力開発研修～阪神・淡路大震災に学ぶ～」を実施した。阪神・淡路大震災から20年を経た神戸市から、日本の災害と防災の歴史と政策、自治体としての復興政策や防災計画方針、レジリエントシティ構築のための戦略と施策、コミュニティの意識向上・啓発に関する取組等について知見を得、考察を深めると共に各ケーススタディ都市に応用可能な取組を特定するための意見交換を行った。

主要プログラムに関しては主に神戸市役所環境局環境貢献都市課の協力を仰ぎ、地方行政機関の災害対応と復興政策に学ぶことを中心においた。災害時の様々な障害・問題にどのように対処したのか、震災の教訓が現在の防災対策にどう活かされているかなど、包括的な災害対策と地震に限らずさまざまな自然災害で問題となる災害廃棄物処理に関する講義の他、震災を契機に環境改善と地域振興を目指すプロジェクトを展開している「東灘水処理場」と「こうべバイオガス・ステーション」において、神戸市建設局下水道部による概要説明と視察を行った。

コミュニティレベルにおける防災意識向上・啓発のためのヒントとしては、全国で初めて防災に特化したコースを設立した兵庫県立舞子高校を視察した。同コースは、命の大切さ、助け合いの素晴らしさなど、震災の教訓に学ぶ「新たな防災教育」を推進してきた兵庫県により2002年に



設立され、座学に加え、周辺の防災施設や福祉施設等と協働した実践的な防災教育プログラムを特長としている。本研修では、そのユニークな教育プログラムについて学ぶと共に、教師・学生と活発な意見交換を行った。

大震災の経験と教訓の発信を目的とした「人と防災未来センター」では、阪神淡路大震災の実際や、住民の体験、救援活動状況を総合的に学ぶと共に、災害記録の発信について視察した。同センター研究部では国の防災・減災政策研究も行っていることから、日本政府の最新の防災政策（国の防災体制、地震防災情報システム、予防対策等）について映像を含めたレクチャーを受けた。各研修プログラムの詳細を図(4)-2に示す。



図(4)-2 「レジリエントシティ・アクションプラン策定のための能力開発研修」プログラム



#### (4) 4都市間のネットワーク構築と知見の共有

本研究課題では、国際プラットフォームや学会等においてその成果を広く発信した。下記に主要な研究活動を示す。

- 1) 2014年7月23日、横浜市で開催された「第6回持続可能なアジア太平洋に関する国際フォーラム (ISAP2014)」の、UNISDR、イクレイ、APAN 主催の平行セッション (PL-2) において、アジア太平洋地域におけるレジリエントシティ構築に関連した知見の共有を行った。環境省顧問・谷津龍太郎氏が基調講演を行い、約50名が参加した。
- 2) 2015年7月29日、横浜市にて行われた第7回持続可能なアジア太平洋に関する国際フォーラム (ISAP2015) において、「アジアの自治体によるレジリエントシティ構築に向けた取組」と題したセッションを開催した。本セッションには、約100名が参加した。異常気象や気候変動による災害などの外的ストレスに対し、本研究課題のケーススタディ都市が具体的にどのような対策を立てているかを概観し、これらの都市が何を目的にどのような分野に注力し、費用対効果の高い実践的な取組を実施し、どのような技術がこれらの災害リスク軽減向上に有効であり、かつ、それを外部及び内部からどのように効果的に支援可能か議論し、災害リスク軽減とレジリエントシティの概念をどのように都市計画・政策に織り込むことができるかを検討した。環境省地球環境局総務課研究調査室室長補佐・藤井 進太郎氏、(株)エックス都市研究所国際コンサルティング事業本部主席研究員・渡辺 泰介氏をゲストスピーカーとして招き、レジリエントシティ構築における日本の経験に基づいたコメントをいただいた。
- 3) 2015年2月11日～13日、タイ・バンコクで開催された「回復力のある都市づくり・アジア太平洋2015」において、ノンタブリ市の調査報告を行った。このセッション (A2 及び B2 セッション) は GIZ、UNESCAP、APAN、イクレイの主催で2015年2月12日に実施され、回復力を高めるための地域活動や激しさを増す気候変動にどう対応するかが議論された。
- 4) その他、(a)第42回環境システム研究論文発表会 (2014年10月4日～5日)、(b)日本リスク研究学会第27回大会 (2014年11月28日～30日)、(c)第2回国際開発学会 (JASID) 広島支部研究交流会 (2015年7月11日、於広島市)、(d)環境科学会2015年会 (2015年9月7日～8日、於大阪市)、(e)第5回東アジア環境社会学国際シンポジウム (5th International Symposium of Environmental Sociology of East Asia:ISESEA-5, 2015年10月30日～11月1日、於仙台市)、(f)環境レジリエンスに関するセミナー (2016年1月12日、於大阪市) において本研究の調査結果報告を行った。



図(4)-3 ISAP2015 セッション「アジアの自治体によるレジリエント都市構築に向けた取組」

#### 4. 結果及び考察

##### (1) 事例研究：気候変動と災害に強いレジリエントシティ構築

ケーススタディ都市の都市状況や主な取組みについて、聞き取り調査や文献調査を行い、各都市の都市状況を明らかにした。ケーススタディ都市が長期的レジリエンスを構築すべく如何にしてリスク管理を行っているかに着目し、プロフィール（各都市の概略）、自然災害や気候変動によるリスクの状況、そして災害リスク軽減および管理に要する施設建設および施策作成に伴う措置という3項目において研究結果および分析を記す。

##### 1) 事例研究：フィリピン・セブ市

- a. **概要**：セブ市は、マニラに次いでフィリピン第2の成長都市である。セブ地方の中東部に位置し、総面積は292 km<sup>2</sup>で、フィリピンで最小の行政・政治単位であるバラングイが80あり、このうち50は都市部、30が農村部に分類されている。セブ市は急激に都市化が進んでおり、人口は2000年の71万8,821人から2010年には86万6,171人に増加し、年間増加率は1.9%となっている。空港、港に近い立地のため、商業、貿易、サービス業が同市を中心に急成長している。



図(4)-4 セブ島の地理的位置

- b. **リスクと脆弱性の現況**：急速に発展する都市として、セブ市は多くの都市問題を抱えている。全世帯のおよそ30%が、不法居住地やスラムといった非正規居住地に集中している。家屋が基礎的インフラや公共事業サービスなどの生活基盤を欠く、居住に不適切な地域に建てられているため、定住者たちは気候変動や自然災害に晒される度合いが高くなっている。セブ市では、現在そして今後の都市発展に見合うような適切なインフラを欠くなか、エネルギー需要は、2010年以降、年4.5%の増大が見込まれている。増大する需要を満たすため、電気供給量を増加する必要がある一方で、市外からの供給への依存を軽減する必要もある。また現在設置されている排水および固形廃棄物管理システムも適切であるとは言えない。

急速な都市拡大に加え、セブ市の地理的位置も、気候変動や自然災害のリスク要因である。熱帯暴風雨やサイクロンに襲われ、強風や大雨に曝されるためである。海拔900メートルの山々があり地形は起伏が激しい。平地は市の総面積の8%であるが、その8%に40バラングイと人口の三分の二が集中している。残り半分の40バラングイは高台に位置してい



図(4)-5 セブ市における自然災害

る。セブ市の28%は傾斜度18度以下の土地、64%は可処分かつ譲渡可能の土地、残りは森林地に分類される。土地の76.3%は全国総合保護地域制度（NIPAS）の管理下に置かれ、80バランガイから成る残りの23%は分水界地域に位置している。急斜面と深層地盤は地滑りの要因であり、猛烈な大雨が大洪水を引き起こす。さらに低所得世帯がリスクの高い地域に家を建てることの要因には、市への移住者の増加が挙げられる。リスク査定に関するフォーカスグループディスカッションの参加者たちは、こうした出来事の頻度や脆弱性を踏まえ、市の重要リスクの要因として洪水、都市火災、地滑りを挙げている（Nida C Cabrera, 2015; Cebu City, IGES and A2D, 2014）。

**c. 災害リスク軽減及び管理に関する法制度の策定：**

- i. フィリピンでは、災害に強い都市づくりのための法制度的枠組みを強化するため、2010年にフィリピン災害リスク軽減管理法（RA10121）が施行された。
- ii. 国の法令を基に、セブ市は2010年、執行命令 No.12-9 を発令し、セブ市災害リスク軽減管理評議会（CCDRRMC）を設立した。CCDRRMC は、市長を議長とし、関連法案の策定を担う。また、セブ市災害リスク軽減管理事務局（CCDRRMO）は、CCDRRMC が立てた法案の執行を行う。CCDRRMO 運営費用として、セブ市年間歳入の約5%が充てられている。
- iii. 鉱山地球科学局（MGB）は2012年、2013年に迅速評価を行ってジオハザードマップを作成し、洪水、地滑り、火災が発生しやすい地域を特定している。このハザードマップを土台として、CCDRRMC は、居住者が自然災害に備え対処できるようなキャパシティの強化を目指し、全バランガイに災害復興計画を作成するよう勧告している。
- iv. また、セブ市は、震度計や気象ステーション、CCTV といった機器を整備してリアルタイムで天候パターンを監視し、全市の80バランガイと自治体政府に遅延なく迅速に早期警告を行えるよう、セブ市コマンドセンター（C3）を設立した。
- v. 更に、市民社会組織（CSO）や民間非営利組織（NGO）と協働し、自然気象災害への対処法について住民の意識を高め防災訓練を行っている。また、医療面においてもボランティア組織を編成し、災害復興の際には医療器具の提供と財政支援を行えるようにしている。

**d. セブ市に対するレジリエントシティ構築のための提案：**

- i. 将来計画案及びインフラ整備プロジェクトにリスク評価とリスク軽減を統合する。
- ii. 特に非認可居住区における未認可建築、不法建築を抑制するため、土地利用計画や建築基準法の見直し・改定を行う。
- iii. 居住者や NGO 等のステークホルダーと協力して気候変動に強い開発案の策定と実行を行い、バランガイのキャパシティを強化する。
- iv. 市としては自然気候災害への対応を優先すべきであるが、レジリエントシティ構築のためには、貧困問題、エネルギー供給問題、住居問題、インフラ整備および廃棄物管理などの都市環境問題も考慮していく必要がある。

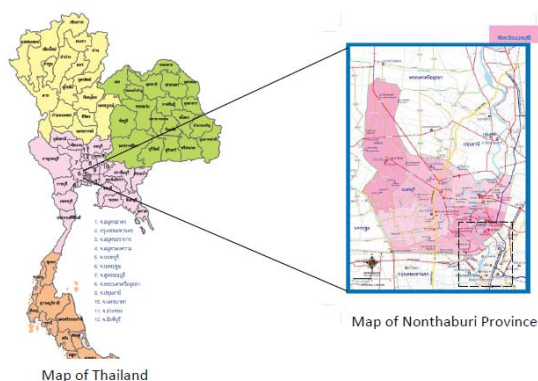




図(4)-6 セブ市における取組

2) 事例研究：タイ・ノンタブリ市

a. 概要：タイ・ノンタブリ市は、ノンタブリ県にあり、首都バンコクに隣接している。総面積は38.9 km<sup>2</sup>で、5つの郡及び93のコミュニティが存在する。同市の人口は25万7,742人で、一km<sup>2</sup>あたりの平均人口密度は6,626人である。同市はタイ政府により、中央地域の未来都市成長の中心地と見なされており、行政、ビジネス、観光、居住地のハブとして開発が行われている。



図(4)-7 ノンタブリ市の地理的位置

b. リスクと脆弱性の現況：ノンタブリ市はチャオブラヤ川の東岸にある。地形としては市のほとんどは低平地にある。天然の水路が数多く存在し、過去には交通路として用いられていた。急速な都市化の影響を受け、用水路は一部が建造物により閉鎖されているが、その他は排水施設として機能している。農業地や洪水調整区域には徐々に住宅や商業、行政施設が建設され、都市化の傾向にある。結果、同市は洪水による大きな課題に直面している。洪水は長期化し被害が拡大する傾向にある。ノンタブリ市は、これまでに数回に渡り洪水の被害に遭っている。最近では1975年、1983年、1995年、2005年、2011年に発生しているが、2011年の洪水は最大規模で、ザ・グレート・フラッドと呼ばれており、バンコク及び近郊にて発生した1942年の洪水以来70年ぶりの記録的な水害であった。この水害では、生命と資産に甚大な被



図(4)-8 2011年ノンタブリ市洪水被害

害が及んだ。道路や建築物が損傷し、農作物も損害を被り、土壌流出や土壌劣化、水質汚濁が発生し、数多くの人命が失われた(Nonthaburi City and IGES, 2015; Pornsri Kichtham, 2015)。

**c. 災害リスク軽減及び管理に関する法制度の策定：**

- i. 2007年に成立した防災法は、タイの災害管理システムの法機構を定めている。これに続き、2010年～2014年期の国家防災計画が策定され、自然災害管理及び国家の安全保障に係る問題への取組みについて、1) 災害管理の原則、2) 災害対策手順、3) 安全保障上の脅威及びその対策手順について重点的に述べられている。2011年のバンコクにおける大規模な洪水被害後、水害、地震、風害発生時のリスク管理を目的としたタイ政府自然大災害保険基金が2012年に創設された。また内務省内部部局である防災局（DDPM）が、タイの防災、緩和、救済の中心機関に指定された。さらに、タイにおける情報共有及び地震や津波の早期警報の強化を目的としてタイ国家災害警報センター（the National Disaster Warning Center）が設立された。同センターは、関連する国際機関との協力関係を締結している。
- ii. 2011年のザ・グレード・フラッド後、ノンタブリ市も2011年行政規則1069/2554において洪水防災軽減センターを設立し、洪水防災戦略の調整、監視、評価を行っている。市長を長とするこのセンターには、市議会の各部門長も参加している。近年の主な活動は、河川や用水路氾濫に備えた築堤を通じた被災者救済や、災害時、災害後の生活支援などである。

**d. ノンタブリ市に対するレジリエントシティ構築のための提案：**

- i. ノンタブリ市では、リスク評価とリスク軽減を将来都市計画に統合し、経済社会発展に戦略的ビジョンを与えることと、そのビジョンを実際の行動へ移すための3年計画を策定することの重要性が認識されている。
- ii. レジリエントシティ戦略には技術的・非技術的な両方からのアプローチが必要である。技術的アプローチとしては、包括的な水文学的モデルに基づく洪水対策計画の策定が挙げられる。また、こういったモデリングは、多様な関係者が関与してはじめて、洪水リスク管理（水資源管理、早期警報計画、緊急管理計画）の制度改善に効果を発揮することも認識すべき事項である。また、チャオプラヤ川河岸及びバン・タラード水路沿いに洪水壁を建設するとともに、水嵩の上昇に対応した水門の建設と改善、水路を清掃し排水量を最適化することなども求められる。
- iii. 非技術的アプローチとしては、市職員のキャパシティ・ビルディングに注力し、土地利用計画や水害警報システムの策定、洪水管理のインフラ整備計画案への統合を推進させ



図(4)-9 ノンタブリ市における取組

る。また、洪水対策軽減センターへ十分な予算を配分して人員を確保し、市の災害管理活動の調整に係る中枢機関として機能させる。更に、洪水防災意識向上を目的とした住民向けの教育プログラムの実施、法的問題や予算管理活動に係る地域および国レベルの中央機関の設立が挙げられる。

### 3) 事例研究：ベトナム・ホーチミン市（HCMC）

- a. **概要：**ホーチミン市（HCMC）は、ベトナム最大かつ最も人口の多い都市である。1960年代の200万人から2012年には750万人を達成し、着実に人口は増加している。ベトナム全体の経済発展のハブ的役割を果たしており、国のGDPの22%を担っている。2025年には人口1,000万人、来訪者及び一時滞在者は250万人となる予測の下、空間基本計画案2025が策定され、東南アジア地域における世界規模の都市となることを目指し、都市の未来成長の舵取りを行っているとしている。HCMCは現在、環境を損なうことなく住居やインフラを増加させるという途方もない課題に挑んでいる。



図(4)-10 ホーチミン市の地理的位置

- b. **リスクと脆弱性の現況：**その高い人口密度と、メコンデルタ北部に接するサイゴン川とドンナイ川水系の河口に位置する沿岸地帯という低海拔地域にあるため、ホーチミン市は気候変動による災害に襲われがちである。今後数10年の間に気候変動により同市がリスクに曝されることが懸念されており、その主たるインパクトのひとつとして挙げられのが、海面上昇、野放し状態の不正開発、河川流出などによる洪水リスクの高まりである。都市部に洪水が発生すると、家屋や基幹設備が損なわれ、水質汚染が起こり、疫病が蔓延し、交通渋滞が悪化し、生活の糧が失われるなど、経済的にも社会的にも甚大な損害が出る。ホーチミン市洪水対策センター（HCMC Steering Centre of Flood Control Programme）の統計データによれば、2014年に記録史上最高となった高潮は1.7mの高さに及んだ。その結果、大雨や高潮があると、市内の区の48%が洪水の被害を受けるとされている。2050年までの予測では、ホーチミン市内の排水設備に適切な改修が施されていない場合、被害を受ける区は55%にのぼり、これは市の総面積の61%にあたる。さらに、例外的な大雨や高潮などの異常気象の場合には、市の71%が洪水に見舞われる可能性がある（Nguyen T. Viet, 2015）。



図(4)-11 ホーチミン市の洪水の状況

- c. **災害リスク軽減及び管理に関する法制度の策定：**

- i. 自然災害と気候変動の脅威を認識し、ベトナムでは、2000年代半ばより、気候変動と災害マネジメントに係る法規制が国家レベルで多数施行されている。「2020年に向けた国家防災戦略（決議 No.172/2007/QD-TTg）」は、2007年1月首相承認されたもので、現在から2020年まで、効果的な自然災害防災管理軽減策を総動員で実施し、生命と資産の損



害を最小限に抑え、天然資源と環境、文化資産の被害を制限することを定めている。更に、「気候変動にかかる国家目標プログラム：首相承認（決議 No.158/2008/QD-TTg）」は 2008 年 10 月、気候変動対応策の基本的プログラムとして採択された。国家目標プログラムに呼応し、各省庁は関係各所（天然資源および環境関連部門、農業農村開発部門、交通部門等）において対応策を展開している。

- ii. 気候変動が与える影響に対処するため、HCMC はオランダ・ロッテルダム市の協力を得た「ホーチミン市気候変動適応戦略」等の気候変動対応策を推進している。また、人民委員会議長のもと、気候変動対応行動計画実施運営委員会（決議 No.4842/UBND 2009 年 10 月 21 日決定）と、気候変動対応行動計画実施運営委員会を支援する専門家チーム（決議 No.2307/QD-UBND 2010 年 5 月 25 日決定）が編成された。同市には、気候変動に対応するもの防災を目的としたものの 2 つの主要行動計画（AP）がある。
- d. **ホーチミン市に対するレジリエントシティ構築のための提案：**
- i. HCMC は、制度的介入が必要とし、人口増加、洪水及び土地利用計画の関係性への理解を推し進め、レジリエントシティ構築のための都市計画実行推進基盤の創造を進めている。その鍵となる提案として、下記を挙げる。
  - ii. 既存の HCMC 洪水及び台風管理委員会を気候変動適応と緩和委員会へ再編成し、適応計画の強化のための権限と必要な資金、物資、人員を与える。
  - iii. 気候変動に対する適応及び緩和基金を創設し、政府予算、国際社会の供与資金、開発者による適応計画預託金を集める。
  - iv. 各地区による偶発事故対策の見直しと改定、大規模台風や暴風時の対応、市内で保護対象とする保有物や居住地の特定、住民避難策の立案。
  - v. 洪水、暴風、海面上昇、浸水の早期警報システム及び交通渋滞や代替輸送手段情報提供の強化。
  - vi. 住民の意識強化。

#### 4) 事例研究：中国、上海市

- a. **概要：**上海市は中国の直轄市の一つで、中国最大の都市で、商業・金融・工業・交通などの中心の一つである。上海市は 16 の直轄区、1 つの県、100 の街道、107 の鎮、2 つの郷、4,073 の居民委員会と 1,608 の村委員会から構成されている。2012 年 6 月の統計によると、上海市の常住人口が 2,400 万人を超えた。都市圏中心部の面積が都市全体の 32.1% しかないのに対し、人口は 2,163 万人に上り、人口密度が 4,785 人/km<sup>2</sup>に達する。内部環状線内の人口密度が平均 33,000 人/km<sup>2</sup>に達する。この状況により、都市中心部の防災状況は厳しい。



図(4)-12 上海市の地理的位置

- b. **リスクと脆弱性の現況：**上海市は深刻な空間と人間の矛盾を抱え、市域内に大型の生態型休憩空間と公共オープン空間が少なく、分布が不均衡である。その上、大型の緑地は殆ど中心部から 50 キロ外に位置するため、防災に必要な避難空間等が顕著な不足状況にある。2014

年の統計では、上海市内の高層建築（8階 20m以上）が36,055棟あり、面積が3,470万㎡に上る。そのうち、100mを超える超高層建築は1,463棟あり、世界で最も高層建築の多い都市になった。上海市の渋滞現象も深刻で、車線的设计速度が60～80km/hに対し、实际ピーク時は15～40km/h（平均18km/h）である。2013年末までに、上海市の道路総長が12,533km（うち高速道路815km）、鉄道の輸送距離が456km、内河航路が2,074kmに上った。市民の外出交通手段は主に鉄道、道路、航空の3種類あり、それぞれ45%、23%、23%の割合を占める。今後の方針として、上海市は都市郊外部のレクリエーションエリアの構築、郊外部環状線モノレールの建設と水上交通の充実を打出している。

c. 災害リスク軽減及び管理に関する法制度の策定：

- i. 上海市の主な災害は4種類あり、自然災害、気候変動、人為的災害、社会安全である。主な趨勢は、伝統災害から新型災害への転換、局部衝突から厳しい戦争危機への転換、気候変動及び輸入型災害の頻発、都市エネルギーと資源災害の突出、周辺領域からの交差型影響の増加、暮らしやすい都市に必要な健康と発展の需要の高まりにある。
- ii. 1439年から1990年までの550年間に、上海で台風と高潮による深刻な災害が30回あり、18年に1回の頻度で発生している。2014年に上海で発生した火災は5,848回で、経済損失は7,251.7万元に上る。また、ガス管老化問題による突発災難型事件（例えば、重大な突発型ガス漏れ、爆発）も頻発している。
- iii. 全体的に見ると、上海市はレジリエントシティの構築に向けて大きな課題を抱えている。台風、暴雨、地震等の自然災害以外に、火災、化学災害の危険も潜んでいる。また、地下空間、ライフラインプロジェクトは隠れた災害として発生する可能性が高く、生態安



図(4)-13 レジリエンス構築のため上海市が特定した主要リスク一覧

全、公共衛生、社会安全も随時社会の関心の焦点になりうる。さらに、上海市都市全体計画における総合防災計画の内容について分析した結果、6種類の重大安全問題（台風、消防、人防、国防と軍事、地震、気象災害）と都市安全の観点から土地利用計画策定時に4つの分野（都市全体防御、避難場所、医療施設、地下空間）に対する考慮が見られるが、公共衛生や地下空間内部の安全問題に注目していない弱点もある（Qunfang Hu, 2015）。

**d. 上海市に対するレジリエントシティ構築のための提案：**

i. レジリエントシティの構築において、上海市は主に下記6点のリスク要素を抱えている。

(1) 都市人口の数と密度の増加により、土地とサービス業に大きなプレッシャーを与えている。また、大量の高密度のマンション（家屋）の建設が災害の破壊影響を加速させた。
(2) 水資源管理が行き届いていない。排水システムと固形廃棄物の管理措置が完全ではない、衛生面の突発事件、洪水、土石流等の災害につながっている。
(3) 生態システムが悪化している。人類の活動、例えば、道路施工、湿地面積の縮小、持続可能な資源開発等により、洪水対策と防御能力に悪影響を与えている。
(4) 基礎施設の老化と低い建築品質により、隠れた災害要素が増え、破壊力が増している。
(5) 応急サービスに協調性がない。迅速反応力と準備力が足りない。
(6) 気候変動のマイナス影響により、極端に高い温度と多い降雨量、あるいは、極端に低い温度と少ない降雨量をもたらす。洪水等の災害の発生頻度、強度と位置が変わる。

ii. これらの問題に対し、上海市は主に下記9つの措置を取っている。

(1) 都市防災組織と管理フレームワークの強化。「政府—コミュニティ—住民」が一体となった防災連盟を構築し、各自災害リスクの低減及び災害予防における役割を明確にした上で、理解と協力を促進する。
(2) 多種災害リスクのアセスメントを行う。災害や都市の被災可能性に関する最新データを収集し、リスクのアセスメントを行う。その結果を都市発展計画や意識決定の基礎とする。また、住民へ都市災害対応能力の情報と計画を伝え、市民討論会を行う。
(3) 基礎施設の保護と多種災害リスクアセスメントの更新。減災につながるような基礎施設（排水システム等）への投資を強化し、メンテナンス等を行う。例えば、排水システムは、気候の変化に基づき、適切な調整と改造を行う。
(4) 市政府施設（学校、病院を含む）の防災における重要な役割を発揮させる。学校と病院の安全状況を評価し改造と強化を進める。中心部に集中した分布不均衡の問題を解決する。
(5) 建築法規と土地使用計画において、実行可能な建築安全基準と土地使用計画を策定する。空間的に合理的な配置を行う。
(6) 環境保護と生態環境の改善。生態システムと天然グリーンベルトを保護し、洪水、暴雨とその他災害による損失を低減する。
(7) 市民の意識を高め、学校やコミュニティにおける災害訓練や教育を強化する。
(8) 早期警告と応急対策を強化する。都市の早期予報システムを構築し、応急管理能力を高める。定期的に一般市民参加の応急演習を行う。
(9) コミュニティの復旧と再建。被災者の需要を最優先し、家屋及び生活再建のための対応体制を整備する。

**(2) ディスカッション：気候・災害に対してレジリエントな都市の構築**

本項目では、兵庫行動枠組における4つの優先行動、および国連国際防災戦略事務局(UNISDR)による「災害に強い都市の構築」のための必須10項目に基づき、レジリエンス構築に向けた活動に取り組んでいるケーススタディ都市の経験について考察する。さらに、より効果的な災害リスク削

減に向け、さらなる努力が求められる分野における都市間の相違を指摘する。

## 1) 災害リスクの理解

**リスク評価の実施**：全てのケーススタディ都市では、至急取り組むべき課題としてレジリエントシティ構築のための包括的な気候・災害リスクの評価を行い、地域開発計画を策定・決定する際の根拠として活用することが認識されている。レジリエンス構築のための計画策定においては正確なデータや情報を入手することが極めて重要であるが、ケーススタディの分析ではデータの入手には限界があることが判明した。上海とホーチミン市では気候変動予測および災害リスクに関する科学的データ・情報は、容易に入手可能である。ケーススタディの対象の4都市の中では、ホーチミン市は国際機関（国際協力機構(JICA)、アジア開発銀行(ADB)、世界銀行）から多くの技術支援を受けており、災害のマルチハザード・リスクに関する包括的調査や、気候変動適応計画および戦略の策定を含む災害リスク評価・マップの作成を実施している。しかし残念ながら、セブ市、ノンタブリ市には関連する気候のリスクおよびハザードのデータは存在しなかった。包括的リスク分析やデータ収集にはコストがかかり、また両市の職員には科学的な専門知識を持たない者が多いことが原因である。そのため、リスクをより深く理解し、データ収集にかかるコストと時間を削減できる手法としてコミュニティ・ベースの参加型リスク分析が考えられる。各都市の専門家やステークホルダーが参加して協議する手法もまた、地域の適応能力の向上に役立つ。セブ市では、このような参加型手法によって収集した質的データは、後に鉱山地球科学局(Mines and Geosciences Bureau: MGB)の科学的データと統合され、潜在的危険性の分析や脆弱性の現状評価に活用され、市内に80ある全てのバランガイのジオハザードマップの完成に結びついた。さらに、全てのケーススタディ都市がリスクマップを作成して政策や計画の策定に役立てており、その際に地理情報システムを用いている都市もある。

## 2) 災害リスクガバナンスの強化

**組織化と連携体制の整備**：全てのケーススタディ都市では、災害の予防・軽減、災害への備え・対応、災害からの復旧・復興のため、災害リスクガバナンスの強化が不可欠であると認識されており、レジリエントシティ構築のための方策を実施するにあたり、関係機関やステークホルダー間の協力関係やパートナーシップの醸成に努めている。レジリエントな都市を構築する上では、政策、制度整備、財政メカニズムといったローカルイニシアティブの促進・支援を行い易くする環境を、国家レベルで整えることが非常に重要である。全ケーススタディ都市の中央政府は、気候・災害リスク削減のため国家レベルで法律の制定と政策の策定を行っている。例を挙げると、フィリピンでは2010年に「災害リスク軽減・管理法(共和国法第10121号) : the Disaster Risk Reduction and Management Act (Republic Act 10121)」が、また2009年に「気候変動法 (共和国法第9729号 : the Climate Change Act (Republic Act 9729) 」がそれぞれ制定され、災害リスク管理(DRM)および気候変動適応(CCA)の制度的基盤が大幅に強化された。タイでは、2011年にバンコクが深刻な洪水被害に見舞われたことを受け、2012年には洪水、地震、暴風によるリスクの管理を目的としたタイ政府自然大災害保険基金が設立された。さらに、同国の国家政策において、地方政府は気候・災害にレジリエントな都市を構築する上で様々なステークホルダー間のパートナーシップを活用し、積極的役割を果たすよう求められている。中国では、

国家公共突発事態総合緊急対応策において、(a)様々なレベルの政府と中央政府の省庁間の協力・連携 (b)市民および民間セクターを含む社会的資源の総動員、という点の重要性が強調されている。フィリピンでは、災害リスク軽減・管理法および気候変動法の執行は地方政府に委任されており、各管轄地区においてこれらの法に関連する行動計画の立案・策定・実施を第一線に立って行う義務を負う。

このような国家政策に基づき、ケーススタディ都市の政府は自然災害や気候関連の災害のリスク管理のため、地方政策および制度的・財政的メカニズムを整備している。またこれを担う機関としては、審議会、委員会、地方当局、その他の地方災害リスク管理関係機関がある。具体的には、各ケーススタディ都市に関しては、セブ市ではセブ市災害リスク削減・管理委員会、セブ市災害リスク削減・管理部署、指揮統制センター、ノントブリ市では、洪水防止・軽減センター、ホーチミン市では人民委員会議長が委員長を務める運営委員会、上海市では緊急事態対応センターといった機関が災害リスク管理にあたっている。これらの機関の役割は緊急事態への準備・対応という枠を超えて拡大しており、災害リスク、気候変動、レジリエンス強化なども含まれる。同時に、これらの都市は部課や地域を横断して政府の関係部局をまとめ、リスク削減に向けた協力体制を築いている。制度的枠組みの整備には、政府の各部局の責務を明確にすることも含まれている。さらに、フィリピンの都市では災害リスク管理が市レベルでの連携に留まらず、コミュニティ規模での組織の制度化にまで及んでいることが分かった。セブ市では、バランガイ災害リスク削減・管理委員会がセブ市災害リスク削減・管理委員会の実行機関の役割を果たしている。同じく、ノントブリ市政府は市内のコミュニティ（328コミュニティ）の組織化を図り、突発的な気候・自然災害に対応できるようにしている。このようなコミュニティレベルにおける動員体制をとったことで、2011年の洪水の際には95%の家庭を被害から守ることができ、また被災者の緊急救援活動に千人～2千人のボランティアを動員することができた。さらに、グリーンでクリーンな河川推進プログラムのもと、これらコミュニティグループは排水溝や水路の清掃にも携わった。

レジリエンス向上のための政策・計画を効果的に実施するためには、関係当局、企業、市民といった異なるステークホルダー間の協力が必要となる。しかし、計画立案、土地利用管理、交通、水道、公衆衛生システムといった主要公共サービスに対する権限や責任には一定の限度があり、これらの都市もその限界に直面していることもまた事実である。往々にして、既存の統治機関は互いに横のつながりが希薄で協調関係がなく、場当たりの対応をすることも多い。また、連携が必須となるのは国土、交通、エネルギー、緊急時への備えといった基本的な分野だけではなく、都市、地域、国家レベルでの気候関連のガバナンスにおいても非常に重要である。さらに、ケーススタディ都市では地元住民とのパートナーシップ醸成に向けた取り組みを行ってはいるが、レジリエンス向上のための施策の計画立案および実施を目指した技術的・財政的資源をもたらすことのできる企業や学術機関とは強固なパートナーシップを築くことができていない。

### 3) 災害リスク削減への投資

**災害リスク削減に対する予算配分：**レジリエントシティ構築には、災害リスク削減に対する予算配分が非常に重要であることは、全てのケーススタディ都市において認識されており、実際

に都市レベルにおけるリスク削減のための特別予算を組んでいる。ケーススタディ都市によると、予算配分の方法には2つのタイプがあり、災害リスク削減のための直接的な予算配分と、市のプロジェクトおよびプログラムに対する資金投入とがある。各都市に最も共通するアプローチは、市政府の各部局に分散している災害リスク削減に関連した予算やプロジェクトを一元化することである。例えばノンタブリ市では、市の固形廃棄物管理やグリーンでクリーンな河川推進プログラムといった既存の開発プロジェクトや環境管理プロジェクトを構成する一要素としてリスク削減を捉え、そのための予算を配分している。またセブ市やホーチミン市では、非正規居住地の改善や排水・上水道システムの向上、災害対応活動の強化といった市の開発プロジェクトへの予算配分を行っている。さらにセブ市と上海市は、災害管理の関連機関のチャネルを通じ、災害リスクの削減や災害からの復旧に対して際立った額の予算を配分している。例を挙げると、セブ市は毎年市の予算の5%を災害リスク削減・管理部局、指揮統制センター、ボランティアによる緊急時のサービス、地域住民の意識向上プログラムなどの経費に割り当てている。また、上海市でも同様の予算配分が見られる。2004年、1億元の資金を投じて緊急事態対応センターを設立して以来、上海市はその運営に毎年予算を配分している。このように配分された予算の用途としては、災害マッピングの向上、災害リスクの緩和・準備・軽減・管理に関する訓練、緊急対応ユニットの設置と運営、必要な場合の救援物資の調達と配布などがある。さらに、中央政府が市に対して災害リスク削減やレジリエンス構築に予算を割り当てるよう義務付けている例もある。フィリピンで2010年に制定された「災害リスク軽減・管理法」は、国内すべての地方自治体に対し、災害リスク削減・管理委員会を設置することと、その運営に年間予算の5%を配分するよう規定している。

災害リスク削減・管理に対する予算配分を見ると、全てのケーススタディ都市において、災害リスク削減計画とその実施に対して投じる資金よりも、災害救済に対して投じる資金の方がより一般的である。ほとんどの災害救済資金は国レベルのものであるが、多くのケーススタディ都市にも救済資金のための財政的仕組みが存在する。セブ市では、災害が起きた場合、被災者には数種類の融資が用意されており、災害時緊急融資の他、入院や家族の死亡時などにも融資が受けられる。ノンタブリ市では、市の災害対応・救済策はタイ王国内閣の方針に従って洪水被害救済予算に重点が置かれており、2種類が存在する。一つ目は通常の洪水被害救済予算で、7日間以上洪水被害を受けた世帯が対象となる。二つ目は洪水被害を受けた世帯への補助金予算で、一世帯あたり3万バーツ以下の実損分が対象となる。

ケーススタディ都市の中には災害リスク削減・管理のための資金調達に関して革新的な手法を確立しているところもあるが、これらの都市のほとんどがリスク削減に向けた取り組みや計画、とりわけインフラ整備プロジェクトに対する資金拠出はまだ不十分であると認識している。セブ市とノンタブリ市はレジリエンス都市構築の初期段階にあるが、地域のレジリエンス強化対策として、水路脇や川岸で暮らす低所得世帯の移転を目的とした開発計画や、排水改善プログラムの準備に既に着手している。しかし、両市ともその実施資金を調達するにあたり、極めて困難な課題に直面している。この二つの都市の例から、市のレベルで気候・災害リスクの削減に取り組む際、市民が気候関連の災害や自然災害に備えられるようになるためのソフト面での活動（計画立案、リスク評価、環境教育、住民参加）に対する資金調達には成功している反面、ハード面（インフラ整備）の資金調達は上手く行っていないということがわかる。



しかしながら、ホーチミン市の事例は、リスク削減の取り組みに対する資金調達の方法として、政府予算以外にも外部資金の活用があることを示唆している。外部資金調達方法としては、様々なリスク削減および気候変動適応の取り組みを支援している国際機関とのパートナーシップを通じたやり方が最も一般的である。JICA、ADB、世界銀行、およびドイツ、ベルギー、ロッテルダムの各政府からの技術・資金援助を受け、ホーチミン市は気候・災害リスクの削減・適応計画を策定し、大規模なインフラ整備や復興プログラムの実施に成功している。しかし、セブ市やノンタブリ市のような第二級の都市は、ホーチミン市や上海市といった大都市と比較すると外部資金や技術援助にはあまり恵まれていない。可能であれば、このような第二級の都市もこれ以外の様々な資金調達のメカニズムを活用できるようになることが望まれる。具体的には、地方のNGOや民間セクターとのパートナーシップ、地域や国の機関などからの技術援助などである。

#### 4) 災害に対する備えの強化

*a. インフラの保護・改善とレジリエンス強化*：気候変動に対応できるよう調節可能な雨水排水システムなど、リスク削減につながる重要なインフラへの投資と維持管理を行っている。全てのケーススタディ都市は、インフラおよび土木関連のプロジェクトを通じて洪水のリスクに対応することの重要性を認識している。セブ市とノンタブリ市は、小規模ながら高い効果が得られるような対策に投資を行っている。例えば、河川の護岸をコンクリートで補強し沿岸の住宅が冠水するのを防いだり、地下の排水管を拡張して雨水が道路に溢れ出るのを防ぐなどである。これらの措置により、毎年のように発生する洪水の被害をわずかな予算で大幅に軽減できる。またノンタブリ市は、排水ポンプの技術を導入して都市部の排水を改善し洪水を緩和しようとしている。これとは対照的に、ホーチミン市と上海市は洪水リスク対策として、大規模な複合的プログラムを展開している。その中には、雨水排水システム整備のためのインフラ投資、既存の水路や土手道の拡張・掘削、老朽化した排水管の更生、雨水ポンプシステムおよび排水ポンプの設置、冠水地点で使用するためのポータブル排水ポンプの導入などが含まれる。さらに、これらの浚渫・沈泥除去のために毎年多額の費用を投じている。

ほとんどのケーススタディ都市では、都市部の人口の多く（例えばセブ市では全体の30%）が水路ばたや川岸の非正規居住地で暮らしている。したがって、レジリエンス強化を進める上で大きな課題となるのは、このような人々の生活の基盤として不可欠なインフラを整備することであり、具体的には水供給、公衆衛生、排水、道路の改善、および住居改善の支援などである。これらを改善すると、低所得者の居住地や市街地が洪水や火災といった様々な自然災害に対してレジリエンスを高めることになる。ホーチミン市はこの問題に、スラム改善プロジェクト・プログラムを通じて取り組んでいる。これらは、国際機関から技術・財政援助を得てスラムの住居およびインフラの向上を目指すものである。しかしながら、水路や河川沿いの非正規居住地やその他の無許可の建造物を撤去することは、時として過剰な措置ととらえられることがある。適切な移転プログラムをもってしても、移動した人々が貧困化することもあり得る。危険な場所で生活する低所得層の人々の多くにとっては、生活や仲間とのネットワークが乱されることなど移住する方がリスクとなってしまうこともあるため、移住先の安全性がメリットであるとは認識されなくなってしまう恐れがある。政府に移住させられた先では収入を得る機

会がない場合も多い。そのため、このような居住地を開発し必要なインフラやサービスを提供しようとしても、しばしば遅延が生じてしまう。したがってそのような居住地の改善がいかにか災害リスクを削減できるかということについて市政府はあまり考慮することもなく、移転の必要性そのものを排除してしまっている。

**b. 土地利用計画、建築基準法およびその執行：**ケーススタディ都市の全てが、建築基準法、規定、土地利用計画方針を適用し執行することが、自然・気候災害に対してレジリエントな都市の構築に不可欠であると認識している。しかし同時にほとんどのケーススタディ都市が、計画に関する規定や法を執行し順守させることの難しさを訴えている。このような法を執行するために必要な人員の数が不足している場合もあるし、法律自体が弱い場合もある。セブ市では、建造物を建築基準法や環境配慮に適合させるために建築許可を発行しているが、完全に適合していなくても発行される場合がある。ホーチミン市と上海市には特定のハザードに対応するため、地震や地すべりのリスクに対する植生の疎密度と土地被覆、サイクロンのリスクに対する風荷重基準など、厳しい設計要件が設けられている。上海市は、建造物や施設が国の建築基準法に適合するか否かを見直すために年1度の検査を行っているが、建造物の監視業務を行うための専門知識や能力の不足から困難が生じているということである。また市民からは、耐震基準・規定に適合させると建築コストが割高になるという不満の声も上がっている。

さらに、ケーススタディ都市では地価は特に都心で高く、そのような都市の安全な場所に家を購入・建築・賃貸することは低所得世帯にとって難しい。そのため、多くの都市では非正規住居地を改善することが一般的となっており、このことは災害リスク削減にもつながる。しかし、このやり方の是非については意見が分かれている都市も多い。災害リスクに対して深く理解し、それを都市計画や土地利用管理に組み入れていくには、優れた分野横断的な連携が求められるのと同時に、リスクに関する地域ごとの詳細なデータと災害リスク削減に対するコミットメントが必要となる。

**c. 研修、教育および意識向上：**学校やコミュニティにおいて、災害リスク削減に関する教育プログラムや研修を導入する。多くの都市が災害リスク削減戦略の一環として、市民の意識向上（すなわち、災害に対する備えの強化）を採り入れている。そうすることで、住民一人ひとりが緊急時にとるべき行動を知り、また個人や集団として自分自身、家族、コミュニティに対するリスクを削減するために、事前にどのような対策を取ればよいのかを学ぶことができる。また、意識向上のための活動には、市民全体もしくは特定の人々を対象とした正式な研修スキームやキャンペーンも含まれる。さらに、その重要性をより強く印象づけるため、シミュレーションを用いた演習や訓練を採り入れることもある。リスク削減についてのメッセージ（特に若者を対象にしたもの）は、環境、芸術、自己啓発に関する広範なプログラムの一環として訴えていくこともできる。リスク削減・危機管理のプログラムを実施しているケーススタディ都市のほとんどにおいて、地域のNGOや学術機関もこの取り組みを支援している。

**d. 生態系の保護を含む環境保全：**洪水、高潮、その他のハザードを緩和するために生態系と天然の緩衝地帯を守ることは費用効果が高く、より持続可能な暮らしにつながることを、全てのケーススタディ都市が認めている。中でも、セブ市とノタブリ市は災害リスク削減方針を環境管理活動に組み入れている。具体的にはノタブリ市のグリーンでクリーンな河川推進プログラムとセブ市のマングローブと森林の保全プログラムである。この二つの都市は、持

持続可能な暮らしをレジリエントな社会を構成する重要な要素として捉えている。両市とも、環境に優しい形の収入源の多様化を推進するための持続可能性プログラムを実施しているが、これは世帯収入を促進しレジリエンスを高めることを目的としている。例を挙げると、有機農業、家庭菜園、コミュニティ・ベースのエコツーリズム、職業生活設計などである。固形廃棄物管理や水路保全へのコミュニティの参加もまた、この二つの市が共通して持続可能性キャンペーンの中で力を入れている点でもある。この持続可能性キャンペーンは、都市部における浸水のリスク軽減に役立っている。しかし、これを実現させるためには市の環境局がコミュニティの参加の重要性を認識する必要があり、さらにコミュニティを動員するための多大な努力が必要となる。

これとは対照的に、ホーチミン市と上海市は災害リスク削減を都市政策とその実践に組み入れられている。レジリエンスと環境感度に関する方針が市全体の開発計画の一部となっている。たとえば、上海市はヒートアイランド現象の緩和策として、都市計画に緑化を組み入れることに力を入れている。都市植林計画を通じて植生を増やす取り組みは、市内でも最も成功を収めているプロジェクトである。同市の計画は、都心部の開発に際して緑地帯を設けることの重要性を強調している。その結果、市民一人当たりの都市緑化は1990年の1m<sup>2</sup>から2008年には12.5m<sup>2</sup>にまで増加した。この政策をさらに進めるには土地が不足しているため、同市はグリーンルーフ付きの建物を推奨している。またそのインセンティブとして、上海市内の行政区政府は、グリーンルーフの建築費用の50%を負担する。また、2020年までに市面積の30%の緑化率達成を目指している。同様に、ホーチミン市も多機能な緑地を増やすことに重点を置いている。（道路脇の歩道の緑地を27,810m<sup>2</sup>拡大、橋梁の緑地を12,700m<sup>2</sup>拡大、空き地と中央分離帯を13,850m<sup>2</sup>拡大）。

**e. 災害リスクの削減と気候変動の緩和：**全てのケーススタディ都市、特にホーチミン市と上海市は、気候変動の緩和に重点を置いている。気候変動が地域にもたらすリスクはそれほど高くないものの、地球レベルで進行している気候変動の進行を遅らせることに貢献しようとしている。緩和策には、省エネを中心としたもの（例えば、より効率的な照明の利用や再生可能エネルギーの推奨）や温室効果ガスの削減（例えば、ホーチミン市ではバイオガスの利用）および植林などがある。しかし、ほとんどの都市では気候変動行動計画の採択がその第一歩となっている。

**f. 効果的な備えと早期警戒・対応：**早期警戒システムの整備と危機管理能力の強化、および市民を対象とした定期的な訓練の実施が、効果的な備えの中でも優先度が高いことが確認された。全てのケーススタディ都市は、この領域において既に何らかの措置を講じている。セブ市と上海市は、最新式の総合モニタリング・警戒システムを整備しており、緊急対応の訓練を受けた職員とボランティアとで構成されるチームが対応に当たるほか、市民に早期警戒を促す効果的な対応策を備えている。ノンタブリ市では、これと比較するとより基本的なレベルの備えとなっており、シンプルな予測・モニタリング技術で、市民に働きかける能力も限定的である。通常、より高度なシステムはモニタリング、警戒、対応を中央で監督し統制をとる構造となっている。ほとんどの都市ではシミュレーション演習や避難訓練を行い、市民による備えのレベルアップを図っているほか、避難センターの建設や物資の備蓄など、緊急時のために施設や設備を整える努力を行っている。これらの都市に共通する課題は、早期に警報を広く周知するため

の情報通信インフラが十分に整備されていないことであるが、画期的な方法でこれを克服している都市もある。

## 5. 本研究により得られた成果

### (1) 科学的意義

- レジリエンス構築の初期段階にある小規模都市（セブ市とノンタブリ市）は、災害リスク削減を制度化するにあたり新たな組織（災害リスク削減委員会やワーキンググループ）を創設することに主眼を置く傾向がある。同時に、シンプルな構造上の解決策（排水システム改善や清掃活動）を用いてハザードによる影響の緩和を図ろうと試みたり、環境保護対策（植林や湿地の保全）を講じたり、早期警戒システムを設置するという取り組みも行っている。
- これに対して、大規模都市（ホーチミン市と上海市）はレジリエントシティ構築に向けてより高度な活動に主眼を置いている。具体的には、戦略的計画の立案、予算配分、マルチハザード・リスクおよび脆弱性のより高度な理解、最新のデータベースやハザードリスク・マップの活用（政策立案者が都市計画や開発についての決定を市民に伝える際にも用いられる）などであり、これらが災害リスク管理においてより進んだ段階にある都市の特徴となっている。
- このようなことから、都市リスクに対する市レベルでの対応の幅は極めて広く、それぞれの状況の（環境的、地理的、政治的、社会的）コンテキストと、その都市がどのような発展段階にあるかということに大きく左右されることが分かった。そして、各都市がリスクにどう対処しているのかを比較することで、都市レベルにおけるレジリエンスのあり方・捉え方が見えてくる。

### (2) 環境政策への貢献

#### <行政が既に活用した成果>

- 自然災害や気候変動による災害の課題に効果的に対処するために、都市はリスク評価とレジリエンス強化のための方策を日常の政策決定や長期開発計画およびその投資に組み入れていく必要がある。セブ市とノンタブリ市が打ち出した計画では、緩和策と適応策の両方が反映されており、両市議会において正式に承認された。さらに、セブ市では、実施のために市議会予算の5%を毎年計上することとなった。両市のこういった実績は、国内外において良例として評価された。

#### <行政が活用することが見込まれる成果>

- 「レジリエントシティ・アクションプラン策定のための能力開発研修」の成果は、参加者が各都市に持ち帰り、各都市で防災・減災対策に反映されることが期待される。中国・上海市では、上海防災救済研究所が神戸市にて本研修をベースとした研修を実施した。また、ノンタブリ市では、ノンタブリ市長および防災担当職員ら30名が本研修の成果発表を行い、得られた知見は同市の洪水対策政策策定に適用される予定である。
- 本研究を通し、気候・自然災害リスク削減およびレジリエンス構築に向けた取組として、1) 災害管理体制の確立、2) リスク評価の実施、3) 主要インフラへの投資および生態系保全、4) 教育施設やコミュニティにおける意識向上のための啓発プログラムの実施、5) 計画の立案・

実装に向けたステークホルダーとのパートナーシップ醸成の5項目が特定できる。

- 都市が災害に対するレジリエンスを高め、レジリエントシティ構築計画のための活動の動機付けとなるような要素が幾つか存在するということがわかった。すなわち、強固な政治的リーダーシップと意志、地方レベルでの制度的な能力とリソース、マルチステークホルダー間のパートナーシップの醸成、住民参加の確保、中央政府による力強い支援策と十分な財政的コミットメントなどである
- また各都市に拠点を置く NGO や大学などの外部ファシリテーターが参加することで事が円滑に進む。研究機関、ドナー、国連機関、中央政府などの外部組織からは技術支援、科学的根拠のある情報、国際的な経験に基づく情報などを得ることができ、これらを通じて各都市におけるレジリエンスの改善に向けた地方政府の変革能力が高まる。
- 国際的にレジリエント政策を促進し、知見とアジア地域の各都市間における最良事例の共有を奨励するため、横浜市にて開催された ISAP2014 及び 2015 にて、本研究課題に関連したセッションを開催した。こうした国際的プラットフォームは、都市がレジリエント戦略の企画と施行、財源確保を行えるようなキャパシティ・ビルディングと、最善策を拡大しスケールアップして新しい都市へと展開していける知識と知見の共有を目指したネットワークの樹立を支援する役割を担っている。具体的な機関としては、国連国際防災戦略事務局(UNISDR)、イクレイ(ICLEI)ー持続可能性をめざす自治体協議会、国連ハビタット(UN-Habitat)、世界銀行防災グローバルファシリティ(the World Bank Global Facility for Disaster Reduction and Recovery)、アジア太平洋高度ネットワーク(APAN)、ロックフェラー財団 100 のレジリエンス都市(100 Resilient Cities of the Rockefeller Foundation)などがあり、これらは全て災害リスク削減に向けた意識向



図(4)-14 レジリエンス持続に必要な3要素と各ケーススタディ都市の分析

上、問題解決手法、地方レベルの優良事例の共有を推進している。

## 6. 国際共同研究等の状況

特に記載すべき事項はない。

## 7. 研究成果の発表状況

### (1) 誌上発表

#### <論文（査読あり）>

- 1) 黄堅,黄臣,東アジアへの視点,公益財団法人アジア成長研究所, No 25 – 4, 87-96, (2014) 「上海市民への防災減災意識調査から見る意識向上の重要性」
- 2) Premakumara, D.G.J and Canete, A.M.L (2014) Planning Resilient Cities: Lessons from the Philippines, Proceedings of the 9th International Symposium on City Planning and Environmental Management in Asian Countries, Asian Urban Research Group, Oita University, pp.339-344.
- 3) Fritz, A.N, Premakumara, D.G.J, Bart, J, D (2014) Planning Resilient City in Cebu: Lessons Learned and Practical Application, the Proceeding name is Proceedings of International Workshop and Conference on Re-Shaping Urban Coastal Land-Scapes, published by Asian Institute of Low Carbon Design (AILCD), page number 207-212.
- 4) D.G.J. Premakumara, the 5<sup>th</sup> International Symposium on Environmental Sociology in East Asia, pp. 181-191 (2015), [Enhancing Capacity for Building Climate and Disaster Resilient Cities in Asia]

#### <その他誌上発表（査読なし）>

- 1) 黄堅、蔣平、劉明微、何嘉樑（2014）「上海市のレジリエントシティ構築に関する現状分析及び政策提言」（中国語版）
- 2) Urban Resilient Strategy in Nonthaburi (2014)
- 3) Building Resilient Cities: Disaster Risk Reduction and Management in Cebu City (2014)
- 4) Cebu City, FORGE and IGES, Report on Development of Community-based Resilient Plan in Cebu City (2015)
- 5) Nonthaburi City and IGES, Report on Development of Resilient City Strategy for Flood Prevention in Nonthaburi City (2015)
- 6) Center for Environmental Technology and Management and IGES, Report on Effective Implementation of Policy Measures for Building Resilience in Ho Chi Minh City (2015)
- 7) Shanghai IDFR, Tongji University and IGES, Report on Development of Resilient City Policy Measures in Shanghai City (2015) (in Chinese)
- 8) レジリエントシティ・アクションプラン策定のための能力開発研修 ～阪神淡路大震災に学ぶ～ (2015)

### (2) 口頭発表（学会等）

- 1) Premakumara Jagath Dickella Gamaralalage、黄堅：レジリエントシティワークショップ (2014) 「アジア諸都市でのレジリエントシティの取組み」
- 2) Jian Huang, D.G.J.Premakumara, Toshizo Maeda, 第42回環境システム研究論文発表会, 149-154 (2014), [アジア4都市におけるレジリエントシティ構築の取組みと課題]
- 3) Jian Huang, D.G.J.Premakumara, Toshizo Maeda, 日本リスク研究学会第27回大会 (2014) , [アジア4都市におけるレジリエントシティ構築の取組みと課題]
- 4) Pronsri Kichtham and D.G.J.Premakumara, Resilient Cities – Asia pacific (2015), [Urban Resilient Strategy in Nonthaburi City]
- 5) D.G.J. Premakumara, 2<sup>nd</sup> Research Workshop of the Japan Society for International Development (JASID) in Hiroshima (2015), [Enhancing Capacities for Building Climate and Disaster Resilient Cities in Cebu, Philippines]
- 6) D.G.J. Premakumara,公益社団法人 環境科学会2015 年会, 172-173 (2015), [Community-based Analysis of Resilient Cities: A Case Study of Cebu City, Philippines]
- 7) 前田 利蔵, D. G. J. Premakumara, 黄 堅, 環境レジリエンスに関するセミナー・報告会 (2016), [サブテーマ4：政策モデル構築に向けた ガバナンスと政策実施能力の開発]



**(3) 出願特許**

特に記載すべき事項はない。

**(4) 「国民との科学・技術対話」の実施**

特に記載すべき事項はない。

**(5) マスコミ等への公表・報道等**

特に記載すべき事項はない。

**(6) その他**

- 1) セブワークショップ I ——Multi-stakeholder consultation workshop on disaster risk reduction and management in Cebu City (2013年9月5日、セブ市Rizal公共図書館、Sinulogホール、参加者約75名)
- 2) セブワークショップ II ——Multi-stakeholder planning workshop on disaster risk reduction and management in Cebu City (2014年1月22日、セブ市 Golden Valley ホテル、参加者約35名)
- 3) 上海ワークショップ——レジリエントシティの構築・実現に向けて (2013年11月10日、復旦大学環境科学と工程学院、参加者約15名)
- 4) Building Resilient City in Asia: From Theory to Practice, 第6回持続可能なアジア太平洋に関する国際フォーラム (ISAP2014/ Session No PL2) (2014年7月23日、Pacifico Yokohama, 参加者約35名)
- 5) セブワークショップ - Multi-stakeholder workshop for developing community-based resilient policy measures in Cebu City (2015年1月20日～21日, Community centre of Barangay Budllan, 参加者約40名)
- 6) タイ・ノンタブリ市 - Multi-stakeholder workshop for developing flood resilient plan for Nonthaburi City (2014年12月16日, the Jasper Room, Richmond Hotel, 参加者約40名)
- 7) 上海ワークショップ——レジリエントシティの構築・実現に向けて II (2015年2月8日、上海防災救災研究所/同済大学、参加者約15名)
- 8) Approaches by Asian Cities to Build Resilient Cities , (第7回持続可能なアジア太平洋に関する国際フォーラム (ISAP2015/ Session No PL7) (2015年7月29日、Pacifico Yokohama, 参加者約100名)

**8. 引用文献**

- 1) IPCC, (2012): Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation, a Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, UK
- 2) Mitlin, D. and Satterthwaite, D (2013): Urban Poverty in the Global South: Scale and Nature. Routledge, Abingdon, Oxon, UK
- 3) Béné, C., Wood, R.G., Newsham, A., and Davies, M (2012): Resilience: New Utopia or New Tyranny? Reflection about the potentials and limits of the concept of resilience in relation to vulnerability reduction programmes, IDS Working Paper, Vol. 2012, No. 405
- 4) Frankenberger, T., M. Langworthy, T. Spangler, and Nelson, S (2012): Enhancing Resilience to Food Security Shocks, Unpublished draft white paper, Food and Agriculture Organization and World Food Programme, Rome, [www.fsnnetwork.org/sites/default/files/revised\\_resilience\\_paper\\_may\\_28.pdf](http://www.fsnnetwork.org/sites/default/files/revised_resilience_paper_may_28.pdf). Accessed by 29 Jun 2015
- 5) IPCC, (2007): Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Deneva, Switzerland
- 6) Urban Climate Change Research Network (UCCRN), (2011): Climate Change and Cities: First Assessment Report of the Urban Climate Change reaserch Network, Earth Institute, Columbia

- University, Cambridge University Press, UK
- 7) DFID (2011): Defining Disaster Resilience - A DFID Approach Paper, London
  - 8) UNISDR (2015): Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030, <http://www.wcdrr.org/preparatory/post2015>, Accessed by 29 Jun 2015
  - 9) IPCC, (2014): Climate Change 2014: Synthesis Report, <http://www.ipcc.ch/report/ar5/syr>. Accessed by 15 Oct 2015
  - 10) UNISDR, (2011): Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction, UNISDR, Geneva
  - 11) UNISDR (2010) Making cities resilient: my city is getting ready, 2010–2011. World Disaster Reduction Campaign, UNISDR, Geneva
  - 12) Resilience Alliance, (2010): Assessing Resilience in Social-Ecological Systems: Work Book for Practitioners, [http://www.resalliance.org/files/ResilienceAssessment V2\\_2.pdf](http://www.resalliance.org/files/ResilienceAssessment V2_2.pdf). Accessed by 9 June 2014
  - 13) Rockefeller Foundation, (2013): 100 Resilient Cities, [http://www.100resilientcities.org/resilience#/\\_Yz41NDQ2MydpPTEocz5j/](http://www.100resilientcities.org/resilience#/_Yz41NDQ2MydpPTEocz5j/). Accessed by 17 June 2014
  - 14) Nida C. Cabrera (2015): Planning resilient city in Cebu, Philippines, Unpublished paper presented at the ISAP 2015 in Yokohama on 29 July
  - 15) Cebu City, IGES, and A2D (2014): A Report on the Consultation and Planning Workshop on Disaster Risk Reduction and Management in Cebu City, IGES, Kitakyushu
  - 16) Nonthaburi City and IGES (2015): Report on Development of Resilient City Strategy for Flood Prevention in Nonthaburi City, IGES, Kitakyushu
  - 17) Pornsri Kichtham (2015): Planning flood resilient city in Nonthaburi, Thailand, Unpublished paper presented at the ISAP 2015 in Yokohama on 29 July
  - 18) Nguyen T. Viet (2015): Planning climate and disaster resilient in Ho chi Minh city, Vietnam, Unpublished paper presented at the ISAP 2015 in Yokohama on 29 July
  - 19) Qunfang Hu (2015): Planning climate and disaster resilient in Shanghai, China, Vietnam, Unpublished paper presented at the ISAP 2015 in Yokohama on 29 July

## Study on Development of a Policy Model for Resilient City and its Application

Tsuneo TAKEUCHI (Nagoya University)

Cooperated by: Hosei University  
Osaka University  
Institute for Global Environmental Strategies

[Abstract]

**Key words:** Resilient city, Environmental resilience, Energy resilience, Resource-waste circulation resilience, Water circulation resilience, Health resilience, Resilience measures, Covenant of mayors Japan, Capacity building

In this study, we define “Resilient City” as a city which has a faculty to be robust, adapt and transform to multiple environmental risk at present. We have developed a framework of “policy model”, status report, and scenario for the resilient city, using assessment indicators. We have provided three kinds of indicators which measure the state of each element of the policy model; urban indicators, administrative indicators, and citizen indicators and developed “policy model” and tried to realize resilient local community by co-design with relevant actors.

“Environmental resilience” consisted of energy, resource/ waste circulation, water circulation and health resilience should be established for managing environmental risks. In energy resilience, distributed energy system as transformation is the most effective in case of resilience value (avoided cost of power outage etc), CO<sub>2</sub> reduction and the amount of capital investment for recovery from natural disaster. For promoting energy autonomy and energy, resource/ waste circulation and other resilience, we developed “Covenant of Mayors Japan” and implemented at five municipalities in Aichi prefecture.

This research proposed that, in case of the five Japanese cities in Kansai area, risk perceptions and the degree of implementation of resilience measures were quantified and illustrated as well. This result showed the availability of the risk/ resilience assessment method in cities with a view to building and enhancing an ability of resilience against multiple risks.

In case study of water circulation resilience intended for Yodo river basin, we evaluated two measure-effectiveness of the effect to water supply function by release of chemical substances caused by earthquake: introducing an emergency shutoff valve in facilities by manufacturing sectors; and applying water quality standards based on acute toxicity by

water supply business.

Enhancing capacity for building resilient cities is a growing concern among the world leaders to minimise the impacts of climate change and natural disasters. Drawing on the experience of Asian Cities including Cebu (Philippines), Nonthaburi (Thailand), Ho Chi Minh (Vietnam) and Shanghai (China), this study aims to examine how developing cities can effectively plan, what cost-effective and practical approaches are adopted, what kind of technical input can enhance the disaster risk reduction capacity and how it can be effectively supplied externally and internally, and how risk reduction and resilient city concepts can be integrated into city development plans and policies.