

住宅と避難所の機能維持のための「耐震対策」と「エネルギー対策」の
一体的な計画に関する研究

(Study on the integral plan of the "seismic measures" and "energy measures" for the maintenance of
the function of housing and shelter)

佐藤 一郎

(SATO, Ichiro)

名古屋大学大学院環境学研究科 博士（工学）

2017 年

目 次

1. 序論	1
1.1 背景	3
1.2 研究目的	5
1.3 本研究の構成	6
2. 既往の研究・既発表の調査結果	11
2.1 既往の研究	13
2.1.1 建築・都市のレジリエンスに関する研究	13
2.1.2 耐震化に関する研究	13
2.1.3 既存住宅の省エネルギー改修に関する研究	15
2.1.4 防災まちづくりに関する研究	15
2.1.5 再生可能エネルギーに関する研究	16
2.2 既発表の調査結果	17
2.2.1 東日本大震災と阪神淡路大震災の比較	17
2.2.2 全国の地震被害想定とエネルギー需給の状況	20
2.2.3 愛知県の地震被害想定とエネルギー需給の状況	26
2.3 本章のまとめ	39
3. 住宅の耐震・エネルギー対策に関する検討	41
3.1 概説	43
3.2 住宅の耐震化	45
3.2.1 耐震診断・耐震改修補助事業	45
3.2.2 耐震化率の将来推計	51
3.3 住宅の省エネ改修	52
3.3.1 愛知県の住宅の現状	52
3.3.2 愛知県内各市の住宅の現状	53
3.3.3 省エネ改修の単独施工時の省エネ効果試算	55
3.4 本章のまとめ	57
3.4.1 住宅の耐震化	57
3.4.2 住宅の省エネ改修	57
4. 既存木造住宅の耐震・省エネ改修同時施工によるコストメリットに関する検討	59
4.1 概説	61
4.2 耐震改修と省エネ改修	63
4.3 モデル住宅の概要	66

4.3.1 全国的な温暖地の住宅の傾向	66
4.3.2 モデル住宅の概要	66
4.4 同時施工の基礎的検討	68
4.4.1 耐震改修Aの改修計画と工事	70
4.4.2 省エネ改修Aの改修計画と工事費	71
4.4.3 省エネ改修Bの改修計画と工事費	73
4.4.4 同時改修によるコストメリットの検討	75
4.5 同時施工のメリットを活かした低コスト化の検討	77
4.5.1 耐震改修Bの改修計画と工事費	77
4.5.2 耐震改修Cの改修計画と工事費	79
4.5.3 同時施工によるコストメリットの検討	81
4.6 省エネ部分改修の改修計画と工事費	83
4.6.1 同時施工によるコストメリットの検討	84
4.6.2 耐震改修Aと省エネ部分改修の同時施工によるコストメリット	86
4.7 省エネ改修による暖房エネルギー削減効果	87
4.7.1 同時施工の検討結果のまとめ	87
4.7.2 建物全体の省エネ改修	87
4.7.3 個室に限定した省エネ改修	88
4.8 間接的便益等を含めた評価	90
4.8.1 全体改修の評価	90
4.8.2 部分改修の評価	91
4.9 本章のまとめ	93
5. 避難所の耐震・エネルギー対策に関する検討	95
5.1 概説	97
5.2 防災拠点の耐震化	98
5.2.1 調査対象地区の選定	98
5.2.2 耐震化推進状況	98
5.3 耕作放棄地を活用した太陽光発電(平常時、非常時の需給バランスのマクロ分析)	103
5.3.1 農業を取り巻く現状	103
5.3.2 愛知県内の日照時間と耕作放棄地	107
5.3.3 検討対象地区の選定	109
5.3.4 太陽光発電の可能性	111
5.3.5 平常時のポテンシャル	113
5.3.6 非常時のポテンシャル	115
5.4 本章のまとめ	120
5.4.1 防災拠点の耐震化	120
5.4.2 耕作放棄地を活用した太陽光発電(平常時、非常時の需給バランスのマクロ分析)	121

6. 地域の耐震・エネルギー対策に関する検討	123
6.1 概説	125
6.2 緊急輸送道路の機能確保	126
6.2.1 愛知県の緊急輸送道路について	126
6.2.2 愛知県の緊急輸送道路沿道建築物の現状	127
6.2.3 アンケート調査	131
6.2.4 耐震化施策	136
6.3 耕作放棄地を活用した太陽光発電（太陽光発電と省エネ改修の関係性）	139
6.3.1 検討対象地区の選定	139
6.3.2 地区別の状況	139
6.3.3 太陽光発電の可能性	142
6.3.4 太陽光発電のポテンシャル試算	143
6.3.5 省エネ改修効果の試算	145
6.3.6 太陽光発電と省エネ改修の関係性	147
6.4 本章のまとめ	149
6.4.1 緊急輸送道路の機能確保	149
6.4.2 耕作放棄地を活用した太陽光発電（太陽光発電と省エネ改修の関係性）	149
7. まとめと今後の課題	151
7.1 まとめ	153
7.2 今後の課題	157
あとがき	161
参考文献	167
発表論文	177
謝辞	

第 1 章

1. 序論

1.1 背景

1.2 研究目的

1.3 本研究の構成

1. 序論

1.1 背景

東日本大震災(平成 23 年 3 月 11 日発生)の原因となった東北地方太平洋沖地震は、それ以前に想定していなかった複数のプレートによる連動地震であったため、津波による甚大な被害が発生し、その影響で広域にわたり様々な被害を受けた。その影響で、被災者の支援が円滑に進まず、震災後の仮設住宅や復興住宅の整備等、被災者支援には相当な時間を要し、避難所や仮設住宅での生活が長期となった。長期間、自宅や職場を失い、被災地の生活基盤そのものが揺らいだことは記憶に新しい。これは、近代化が進み、成熟期を迎えた今日の日本社会が、災害に対して極めて脆弱であるという重い課題を突き付けられたことでもあった。

こうした状況の中で「レジリエンス(しなやかな復元力)」の重要性が指摘されている。今日、南海トラフ巨大地震などの災害リスクが高まってきているが、それを受ける側の社会は、人口減少・少子高齢化の進行とそれに伴う経済非成長により、脆弱化の一途を辿りつつある。被災することで、住宅やそこに通じる電力・ガス、道路などのインフラが甚大な物理的被害を受け、復旧にかかる財政負担をする余力がないという理由だけでなく、住民が高齢化し、コミュニティが劣化したために、この事態を受容して回復する力であるレジリエンスが必要不可欠となる。このような状況を放置すれば、過疎地に限らず国土のいたるところに広がっていき、災害に瀕した時に回復できない地域が増えていき、耕作放棄地や空き家が都市や農村を次々と侵食していくと想定される[1]。

過去の大災害を振り返ってみると、阪神・淡路大震災(平成 7 年 1 月 16 日発生)では、地震による直接的な死者数は 5,502 人であり、さらにこの約 9 割の 4,831 人が建物の倒壊等によるものであった。以降、住宅等の耐震化が重要な課題となり、全国的に耐震化等の取組みが進められてきた。東日本大震災では、建物倒壊こそ少なかったものの、体育館等で天井落下が発生し、避難所として機能できない事例が多数みられた。さらに、地震動と津波の影響により発生した東京電力(株)福島第一原子力発電所事故を契機に、エネルギー供給源の多様化や地域分散型のエネルギーの確保に向けた取組み等が注目を集めることとなり、持続可能で安全・安心なエネルギーを有効利用する社会の構築が重要な課題となっている。また、国において新たなエネルギー基本計画が策定され、地方自治体において、地域の特性や創意工夫を生かした再生可能エネルギーの導入や、エネルギーの高度利用技術等の開発・活用など、主体的にエネルギー施策に関わっていくことが求められている。このように、両災害の教訓からも、耐震対策、エネルギー対策の両者とも重要な課題であることは言うまでもない。

さらに言えば、人命を守り、建物倒壊による圧死から逃れるためにも耐震化

は必要不可欠であるが、人命は何とか助かったとして、内外装の激しい剥離、大きな柱の傾き、余震による倒壊の可能性があるといった状況では、その後の避難生活や修復が困難となり復興は遅れる。これが、耐震改修により、小破で済めば、軽微な補修で継続使用可能となる。また、機能維持を考えると、電力等のエネルギー確保が必要となるが中央で集中管理されたエネルギーの復旧を待つよりは、身近な地域分散型のエネルギーの方が現実的に期待できる。これは、緊急時に素早く復旧し、事業の継続を目的とした事業継続性計画 BCP(Business Continuity Plan)や家庭での生命や住環境の維持を目的とした居住継続計画 LCP(Life Continuity Plan)の観点でも有効である。そのため、地域に豊富に存在する再生可能エネルギーを最大限活用し、エネルギーの「地産地消」による地域の活性化を戦略的に進める必要がある。このため、地域経済や国民生活への多面的なプラス効果をもたらすとともに、災害時における地域の回復力や復元力といったレジリエンスの向上につながるよう、地域に根ざした再生可能エネルギーの導入を加速する必要がある。このような背景から、都市の防災・減災の観点からも耐震対策とエネルギー対策は重要な課題であるが、現状はそれぞれ個別の課題として取り扱われている。

また、震災後の仮設住宅や復興住宅の整備等、被災者支援には相当な時間を要するため、被災後の安全・安心な生活を守るためには、「公助」だけではなく、被災前の「共助」「自助」の対策が必要になる。しかし、「共助」は地域社会での助け合いや取り組みであり、その主体については、「自助」が個人であり、「公助」が行政であるのに対し、「共助」の主体は「地域社会」という曖昧なものである[2]。そのため、「自助」・「共助」・「公助」による取り組みを定着させることは社会的な課題となっているが、それぞれの位置づけが曖昧で、具体的な方策や役割、関係性が不明確なのが現状である。

1.2 研究の目的

本研究では、直近の大災害の教訓から、「耐震」と「エネルギー」の対策は、社会的関心が高い課題であるものの、それぞれの施策が個別に進められている現状に着目した。

大規模地震対策は、耐震、エネルギーの両分野において共通する課題であることから、耐震対策とエネルギー対策は相互に関連していると考えられ、両者の対策を切り離すのではなく、一体的に対策することが考えられる。

また、耐震対策は、生命・財産を守るための対策であるが、地震災害が発生までは効果を実感することはない。反対に、エネルギー対策は、生命・財産に関わる対策ではないが、効果を日常から実感することが可能であるため、両者の一体的計画は、長所・短所を補う意味で非常に合理的と考えられる。

一般的に「自助」・「共助」・「公助」は、防災で使われている用語であるが、どこが負担するかという構造は、エネルギー対策にも共通すると考えられることから、本研究では、「自助」・「共助」・「公助」を耐震対策とエネルギー対策の共通の対策スケールとして設定した。

しかし、現状は、「自助」・「共助」・「公助」の定義が曖昧なため、それぞれの役割や関係性が不明確で、「自助」・「共助」・「公助」の全体バランスを考慮した対策手法に関する知見は得られていない。

さらに、こうした対策は全国一律やトップダウンの政策で実現できるものではなく、地域特性や伝統知を十分理解した地域ごとでの主体的な対応においてこそ、実現できる可能性が高いと考えられる。

そこで、本研究では、「自助」・「共助」・「公助」を耐震対策とエネルギー対策において共通の対策スケールとして設定し、具体的な方策や役割、関係性を明確にすることで、耐震対策とエネルギー対策の一体的な計画について検討した。

また、近い将来発生するとされる南海トラフ巨大地震の被害想定が発表されており、全国的にも特に大きな地震被害を受ける可能性が高い地域である愛知県を対象とした。

1.3 本研究の構成

本論文は 7 章から構成されている。

第 2 章では、研究の条件設定を目的に、既往の研究と既発表の調査結果について整理している。既往の研究については、本研究のキーワードとなる「耐震」や「省エネ改修」など関連する研究について整理した。既発表の調査結果については、地震災害を取り巻く現状として東日本大震災と阪神淡路大震災の被害状況の比較を行った。また、全国の地震被害想定とエネルギー需給の現状として、内閣府で検討された南海トラフ巨大地震被害想定、全国の需給エネルギーの現状について整理した。さらに本研究の検討対象である愛知県の地震被害想定とエネルギー需給の現状として、東海地震・東南海地震・南海地震等被害予測調査結果、愛知県におけるエネルギー需給の現状を整理した。

第 3 章から第 6 章の検討の軸となる本研究における「自助」・「共助」・「公助」の定義を図 1.1 に示す。本研究では「自助」は、個人が主体となる取組み、「共助」は、地域（コミュニティ）単位での取組み、「公助」は行政が主体となる取組みとして、それぞれを定義する。また、本研究では、取組みの主体又は単位により区分を行い検討することとした。

研究の体系を図 1.2 に示す。「自助」、「共助」、「公助」を軸に、耐震対策とエネルギー対策を提案している。

「自助」については、住宅の耐震化と省エネ改修について、それぞれ検討した。さらに、「自助」における一体的な対策として、既存木造住宅の耐震改修と省エネ改修の同時施工の実施について検討した。同時に施工することで、コストメリットによる低コスト化や耐震対策から得られる安全安心に加え、省エネという付加価値により得られるベネフィットについて検討した。

「公助」については、防災拠点（避難所等）の耐震化と避難所のエネルギー対策について検討した。一体性については、避難所の機能維持を目的に耐震対策とエネルギー

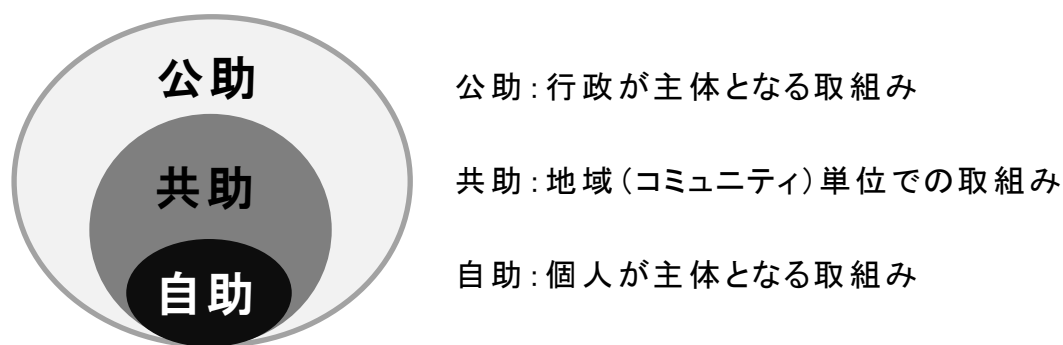


図 1.1 本研究における「自助」・「共助」・「公助」の定義

対策を一連に実施する観点で検討した。避難所の多くは耐震対策により非常時の利用が可能になると考えられるが機能維持の観点では、非常時の電力確保の備えが必要である。そこで、エネルギー対策については、非常時の電力確保を目的に、「公助」として行政が主体となり取組むことを想定し、耕作放棄地を活用した非常時の電力確保について検討した。

「共助」については、地域の耐震・エネルギー対策について検討した。一体性については、「自助」としての住宅の耐震・エネルギー対策と「公助」としての避難所の耐震・エネルギー対策がさらに有効的に機能できるように、地域単位で支える取組みとして検討した。耐震対策については、住宅から避難所への避難、避難所への緊急物資の輸送などに必要な緊急輸送道路の機能確保、エネルギー対策については、住宅、避難所だけでなく地域の自発的な取組みを想定し、耕作放棄地を活用した電力の自立を検討した。これらは「自助」や「公助」の取組みを有効とするために一体的に実施することが必要不可欠であると考えられる。

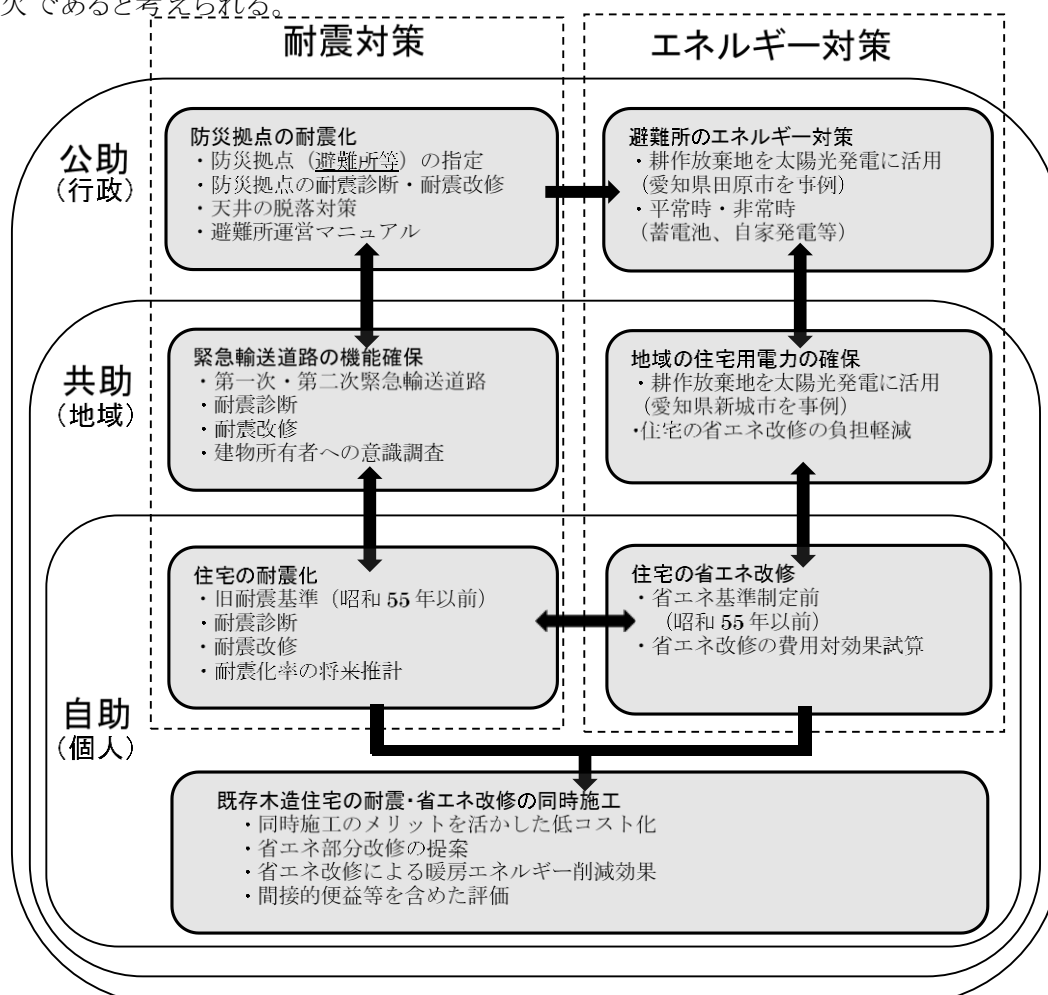


図 1.2 研究の体系

第3章では、「自助」としての耐震・省エネ対策について、現状のデータを活用し分析や試算を行い、有効な方策の提案を目的としている。自助は個人が主体となる取組みであるが、主な対象として住宅が考えられる。住宅の多くは個人が所有する場合が多く、耐震対策、エネルギー対策のいずれにおいても個人の判断と負担で実施されることになる。こうしたことを踏まえ、本章では、耐震対策として、住宅の耐震化について、これまでの愛知県木造住宅耐震診断・耐震改修補助事業の補助実績や進捗状況のデータを分析し、耐震化の普及状況を調査した。さらに、特に耐震化が進まない耐震診断の判定値の悪い住宅や築年数の古い住宅対象に対しての有効な方策について検討した。

また、エネルギー対策として、省エネ基準(昭和55年)及び新耐震基準(昭和56年)制定前である昭和55年以前の木造住宅を対象に、愛知県全体で省エネ改修した場合の冷暖房エネルギー消費量の削減効果について試算した。そのうえで費用対効果を評価し、コストベネフィットの観点から省エネ改修の有効な方策を検討した。

第4章では、第3章の検討を踏まえ、既存住宅に対する耐震化と省エネ化の対策を効率的に進めることを目的に、耐震・省エネ改修の同時施工を提案した。昭和55年(1980年)以前に建てられた木造住宅を対象に、耐震改修と省エネ改修を同時施工した場合のコストメリットについて検討した。さらに、エネルギー削減効果という直接的便益や健康維持による間接的便益を用いて工事費の評価を行った。

第5章では、「公助」としての耐震・省エネ対策について、現状のデータを活用し分析や試算を行い、有効な方策の提案を目的としている。住宅が自助として個人が主体的に対策することに対して、避難所等の防災拠点については、公助として、行政が主体となって整備する必要がある。こうしたことを踏まえ、「公助」としての防災拠点整備について検討した。本章では、耐震対策として、防災拠点の耐震化について、愛知県及び県内市町村が所有又は管理する公共施設等を対象に、ソフト面として防災拠点の指定状況、ハード面として耐震化の進捗状況を分析し、有効な方策について検討した。

さらに、防災拠点である避難所の機能維持を目的にエネルギー対策を検討した。併せて、地方を取り巻く諸問題の一つとして農業における耕作放棄地の浸食について着目し、耕作放棄地を活用した太陽光発電を有効な方策として提案した。本章では、耕作放棄地や避難所等のデータの分析と耕作放棄地を活用した太陽光発電の平常時、非常時の需給バランスについて概算的に試算し、活用の可能性について検討した。

第6章では、「自助」と「公助」の取組みを繋ぐ位置づけで、「共助」としての地域の耐震・エネルギー対策の方策の提案を目的としている。第3章、第4章で個別の住宅の対策について検討しているが、第5章で検討している避難所等の防災拠点への避難、緊急物資の輸送や被災後の復旧復興を考えると地域単位の取組みも必要

と考えられる。こうしたことを踏まえ、本章では、地域単位の課題として、緊急輸送道路の機能確保について検討した。

また、エネルギー対策として、個人が所有する住宅の省エネ改修は、それぞれ個別に実施すると費用負担や効率性の面で限界もある。さらに、非常時における避難所のキャパシティを考えるとそれぞれの負担軽減を目的に、日頃から地域単位での住宅用電力エネルギーの自立を考えておく必要がある。そこで、本章では、地域単位に耕作放棄地を太陽光発電に活用することで地域の住宅用電力を賄い、住宅の省エネ改修との関係性について検討した。

最後に、第 7 章では、本論文の成果をまとめ、今後の課題について述べている。

第2章

2. 既往の研究・既発表の調査結果

2.1 既往の研究

2.2 既発表の調査結果

2.3 本章のまとめ

2. 既往の研究・既発表の調査結果

2.1 既往の研究

2.1.1 建築・都市のレジリエンスに関する研究

東日本大震災以降、建築・都市のレジリエンスに関する研究が注目されつつある。増田は「重要業務継続を目的とした建物管理システムの開発ー建物のレジリエンスを高める手法に関する基礎的研究ー」[3]として、重要業務継続を目的とした災害に強い建物を実現するための建物管理のあり方に着目し、建物管理者の意思決定と行動を支援する、新たな災害対応型の建物管理システムの開発に関する報告がされている。

災害対応拠点となる行政庁舎、病院の他、公益企業や物流業者、データセンターや金融機関等の機能が維持されることが被災後に大きな力となる。組織の事業継続計画（BCP：Business Continuity Plan）において重要業務拠点として位置付けられる拠点建物については、その機能を確実に維持することが求められる。建物の機能を確実に維持するための大きな指針となる考え方がレジリエンスであり、大災害に見舞われた時に、私達の組織や地域社会は、入念に対策を講じていたとしても程度の差こそあれ被害を受けることは避けられない。しかしながら、被害を受けながらも致命的な状況を回避し、厳しく困難な状況を乗り越え、乗り越える力こそが重要となる。このような環境変化を乗り越えるしなやかな強さをレジリエンスと定義づけられている。災害発生時の被害を最小限に留めるための対策に加え、組織の最重要機能を維持すること、その上で迅速に立ち直る回復力を備えることが重要である。建物のレジリエンスを高めるための研究の一環として取り組んでいる重要業務継続を目的とした建物管理システムの開発について報告されている[3]。

2.1.2 耐震化に関する研究

阪神・淡路大震災以降、既存の住宅・建築物の耐震改修に関する研究は、これまで広く行われてきているが、補強方法に応じた構造的特性に着目した研究[4][5]、補強の技術に関する研究[6]などが多く、この分野での研究は、着実に蓄積されつつあると言える。

しかし、技術がいくら進歩しても建物所有者が耐震改修の意思決定がしない限りは、耐震化が進まない。そのような背景をベースに普及啓発を目的とした、耐震改修促進のための意思決定支援ツールに関する一連の研究が報告されている。まず、その1として井戸田らは、「在来軸組木造住宅における一般耐震診断

の評点と損傷度の関係」[7] について、無料の耐震診断制度や耐震改修費用の補助制度などが各自治体により実施されているが、既存不適格木造住宅の耐震化率は依然きわめて低いことに着目し、耐震改修促進に向けた技術的な支援ツールが具体化に不可欠な情報として、一般耐震診断の評点と地震時損傷度の関係を検討されている。次に、その 2 として、山口らは「木造住宅の実効ある耐震化戦略と耐震化戦略のためのリスク情報」[8] について、行政と建物所有者の視点から検討している。行政の視点からは、木造住宅群として地震リスク低減に向けた実行ある耐震化戦略を検討し、また、解析モデルが耐震化戦略の選択にどの程度影響を及ぼすかを感度解析により検討されている。建物所有者の視点からは、現在曝されている地震リスクの大きさを定量的に評価し、耐震改修の際の意思決定に役立つ具体的なリスク情報について検討されている。次に、その 3 として、森らは「避難リスクを考慮した木造住宅と学校建物の耐震化戦略―名古屋市を対象に―」[9] について、名古屋市を対象に、小・中学校の校舎・体育館を避難所として考え、学校建物の耐震改修による避難所の確保と木造住宅の耐震化による避難者数の低減効果を評価し、避難リスク（避難者が避難所からあふれるリスク）を考慮した都市の耐震化戦略について検討されている。

上述のような診断と評点と損傷度、リスクに関する情報に目を向けられている研究のほかに、角陸らは「木造戸建住宅の耐震改修における意思決定プロセス―所有者の各段階での判断と設計・施工段階での課題の分析―」[10] として、実際の住宅所有者の意見や、各段階における具体的な意思決定プロセスに着目した研究もされている。所有者に対するアンケート調査により、所有者を中心とした耐震改修における意思決定プロセスを明らかにした上で、実際の耐震改修の行われた事例に関する分析を通して、主に設計・施工プロセス上を中心とした問題点を明らかにし、耐震改修のための方法について提言している。

さらに、別の視点として、自治体で実施している耐震改修などの補助金に着目し、廣井らは「耐震補強工事に対する助成額検討手法の提案と簡易補強工事への応用」[11] を報告している。一般的に、助成額を検討する際に予算制約などの条件や非科学的な意思決定によって助成額が決められていることも数多く、耐震補強工事の進歩を大きく支配する一因とみられる助成制度の検討は十分にされているとはいえないことを問題視している。そこで、住民の選択行動を考慮した助成額の検討、不確実性を考慮した評価手法、経済的効率のみならず被害量の最小化も視野に入れた多目的最適化への展開、得られた助成制度案に対する公平性の検討の 4 点に留意しつつ、客観的な助成額の検討手法を提案し、簡易補強や割増助成などを代表とするいくつかの助成制度をマクロ的な

定量手法によって検討されている。

2.1.3 既存住宅の省エネルギー改修に関する研究

新築住宅に関しては、省エネルギー法が順次強化されるとともに、多彩なエネルギー手法が提案・実用化〔12〕されてきた。その結果、全般的に見れば新しい住宅ほど省エネルギー性能が向上してきた。しかし、既存住宅の省エネルギー化は、あまり進んでおらず研究事例も少ない。

こうした背景を踏まえて、実務的な拠り所となるガイドライン作成のため行った「木造戸建て住宅の省エネルギー改修に関する研究」の一連の研究成果が報告がされている。実験棟における施工性検証実験を行う際の視点とポイント〔13〕、歩掛りの検討〔14〕、気密性能の変化〔15〕、熱性能の変化〔16〕、構造空隙内湿度性状の検証〔17〕、その他、新たな省エネ改修工法の研究として、遮熱フィルムと吹込み断熱材による屋根断熱改修〔18〕、真空断熱材による部分断熱改修の施工性〔19〕、真空断熱材による部分断熱改修の効果〔20〕、部分断熱改修による室内温熱環境改善効果の検証〔21〕について報告されている。

2.1.4 防災まちづくりに関する研究

「防災まちづくり」というと明確な定義はないが、一般的には、地域社会で住民が主体となって取り組む、防災を主体としたまちづくり活動のことを言う場合が多い。具体的な取り組みとしては、防災まちづくりにおけるワークショップを用いた行政、企業、市民の合意形成の取り組みである。これは、地域の防災力を向上させる上で、平時から行政と市民、企業が地域の防災に関する情報や認識を共有し、事前に協力関係づくりや対策を進めることで、来る災害に備えることを目的とするものである。

このような背景をもとに、防災まちづくりを支援するしくみについて検討がされている。例えば、加藤らは「防災まちづくり支援システムの役割と機能」〔22〕の報告の中で、「防災まちづくり」を「防災性の向上を意識した密集市街地を対象とする地区レベルの市街地」と定義し、防災まちづくりの対象地区が選定された後の一連の計画策定及びまちづくり活動を支援するシステムの開発について検討されている。

また、川端は「地域コミュニティを対象とした防災まちづくりマネジメントシステムの開発に関する研究」〔23〕の中で、地域組織が取り組む、住宅の耐震化、家具対策、ブロック塀対策などに構成員の安否の確認体制や地震時における相互の助け出し体制の整備などを加えた震災軽減のための活動を「防災まちづくり」と定義している。地域組織が組織として「防災まちづくり」に取り

組むことを意思決定し、その計画を作り、自ら実行し、さらに点検、計画の見直しを進める PDCA サイクルを構築する枠組みを「防災まちづくりマネジメントシステム」と名づけ、その実現に向けて検討されている。

2.1.5 再生可能エネルギー(太陽光発電)に関する研究

再生可能エネルギーの導入については、設備の価格が高く、日照時間等の自然状況に左右されるなどの理由から利用率が低い等の課題があるため、火力発電などの既存のエネルギーと比較すると発電コストが高くなっている。また、出力が不安定で、地形等の条件から設置できる地点も限られている。さらに、再生可能エネルギーが大量に導入された場合、休日など需要の少ない時期に余剰電力が発生したり、天候などの影響で出力が大きく変動し電気の安定供給に問題が生じる可能性があり、これらの課題を解決するために様々な研究がされている。

近藤らは「消費者特性に基づく太陽光発電システムの普及政策に関する考察」[24] について報告しており、太陽光発電システムの普及拡大のために、補助金や電力買取制度などの普及啓発を独立した要素として捉え、アンケート調査の結果から、どのような消費者がそれぞれの普及政策を評価し、太陽光発電システムの選考に影響を与えるかといった消費者特性に基づく政策評価について検討されている。

また、福代は、「東日本大震災前後における太陽光発電システム導入世帯のエネルギー意識と電力消費量の変化」[25] について報告している。また、福代は震災前の 2010 年に 2 回に分けて太陽光発電システム導入世帯の環境・エネルギー意識や電力消費実態について調査を行ってきた [26]。当時の調査は太陽光発電システム導入世帯と非導入世帯とを比較することで、両者の環境・エネルギー意識や電力消費量にどのような違いがみられるか調査し、東日本大震災後に改めて調査することで、震災前とどのように変化したか検討している。

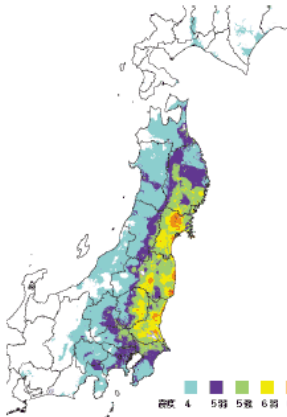
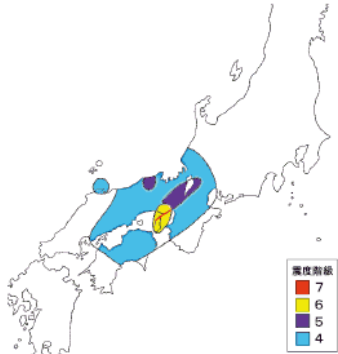
2.2 既発表の調査結果

2.2.1 東日本大震災と阪神淡路大震災の比較

表 2.1 に東日本大震災と阪神淡路大震災の特徴の比較を示す。東日本大震災は、海溝型の東北地方太平洋沖地震により、①被害の範囲が広域であったこと、②津波による被害が発生したこと、③広範囲にわたり液状化が発生したことな

表 2.1 東日本大震災と阪神淡路大震災の特徴の比較

出所：平成 23 年度版防災白書

	東日本大震災	阪神・淡路大震災
発生日時	平成23年3月11日 14:46	平成7年1月17日 5:46
マグニチュード	9.0	7.3
地震型	海溝型	直下型
被災地	農林水産地域中心	都心部中心
震度6以上県数	8県（宮城、福島、茨城、栃木、岩手、群馬、埼玉、千葉）	1県（兵庫県）
津波	各地で大津波を観測（最大波 相馬9.3m以上、都8.5以上、大船渡8.0m以上）	数十cmの津波の報告あり、被害なし
被害の特徴	大津波により、沿岸部で甚大な被害が発生、多数の地域が壊滅	建築物の倒壊。長田区を中心に大規模火災が発生
死者 行方不明者	死者15,270名 行方不明者8,499名 （平成23年5月30日現在）	死者6,434名 行方不明者3名 （平成18年5月19日）
住家被害（全壊）	102,923 （平成23年5月26日）	104,906
被災救助法の適用	241市区町村（10都県） 長野県北部を震源とする地震で適用された4市町村（2県）を含む	2府県
震度分布図 （震度4以上を表示）		

どが挙げられる。揺れの周期の関係であまり建物も倒壊しなかった。

阪神淡路大震災は、直下型の兵庫県南部地震により、昭和 56 年 5 月以前の旧基準の住宅・建築物の多くが倒壊した。冬季の早朝であったため、公共交通機関・道路の利用率が少なく、外出者も少ない夜間人口であったことで、市街地・自宅外での被害は少なかった。

表 2.2 に東日本大震災で被災した都県の人的被害、住家被害状況を示す。海溝型の東日本大震災は、多くの都県にまたがっており、内陸型の阪神・淡路大震災の被害状況と比較して、被災範囲は狭いが、大都市直下で起きたため、被害が拡大した。住宅の全壊はほぼ同数であるが、津波が要因となり、死者数は東日本大震災が阪神・淡路大震災の約 3 倍と多い。

表 2.2 東日本大震災で被災した都県の人的被害、住家被害

都道府県名	人的被害(人)			住家被害(棟)			火災 (件)
	死者	行方不明	負傷者	全壊	半壊	一部破損	
北海道	1		3		4	7	
青森県	3	1	61	311	853	121	5
岩手県	4,667	1,368	188	20,184	4,552	7,316	34
宮城県	9,472	1,805	4,015	84,062	136,712	212,974	135
秋田県			11			5	1
山形県	3		40		10	793	
福島県	1,925	63	181	19,781	61,925	142,166	11
茨城県	24	1	707	3,060	23,727	164,763	31
栃木県	4		132	265	2,070	68,648	
群馬県	1		41		7	17,051	2
埼玉県			104	22	192	15,710	12
千葉県	20	2	251	799	9,810	43,510	16
東京都	7		117	13	190	4,016	33
神奈川県	4		131		38	406	6
新潟県			3			9	
山梨県			2			4	
長野県			1				
静岡県			3				
三重県			1				
大阪府			1			3	
高知県			1				
計	16,131	3,240	5,994	128,497	240,090	677,502	286
阪神・淡路大震災	6,434	3	43,792	104,906	144,274	390,506	

(消防庁災害対策本部 2012年1月13日資料より作成) 空欄は記載なし

表 2.3 に東日本大震災と阪神淡路大震災のライフライン被害の比較を示す。電気、ガス、水道いずれも、広域災害である東日本大震災の被害が、阪神・淡路大震災の被害を大きく上回っている。

阪神・淡路大震災では大きな被害を受けたエリア(尼崎市～明石市:約 40 km)は、広域にわたって大きな被害を受けた東北地域(青森県三沢市～千葉県銚子市:約 600 km)と比べると限定的だった。そのため、自治体や兵庫県等がいち早く支援窓口を設置し、早急に復興支援を開始することができた。一方、東日本大震災で被災を受けた東北地域については、被害エリアが広範囲にわたることや人材不足等が影響し、阪神・淡路大震災と比較すると復興が遅れている。また、今後、土地の嵩上げ等のインフラ整備が必要になることを考慮すると、復興に更に時間がかかることが予想させる。復興スピードの遅れは、商業の復興についても大きな影響を及ぼすことが予想される。

表 2.3 東日本大震災と阪神淡路大震災のライフライン被害の比較

	東日本大震災	阪神・淡路大震災
電気	東北電力管内:停電約 466万戸 (3月11日) 東京電力管内:停電約 405万戸 (3月11日)	停電約 260万戸
ガス	岩手県、宮城県、福島県 都市ガス:約42万戸供給停止 (3月11日) LPガス:約166万戸供給停止 (3月11日)	供給停止戸数: 約84.5万戸
水道	19県において余震による被害も含めて 少なくとも累計で約229万戸断水	断水約127万戸
下水道等	下水道:1都11県において、 下水道処理施設48箇所 ポンプ施設79箇所 稼働停止 下水道管渠の被害延長 約96Km 集落排水:11県 403地区被災	管渠被災延長 約260Km
通信	NTT固定電話:約100万回線普通 (3月13日) 携帯電話:停波基地局 約14,800局 (3月12日)	交換機系:約28.5万回線不通 加入者系:約19.3万回線不通

(出典:東日本大震災復興構想会議2011年6月25日発表)

2.2.2 全国の地震被害想定とエネルギー需給の現状

(1)南海トラフ巨大地震被害想定[27]

中央防災会議・南海トラフ巨大地震モデル検討会による被害想定（第一次報告：2012年8月、第二次報告：2013年3月）が公表されている。第一次報告では、建物予測（表2.4）、人的被害予測（表2.5）について検討されており、第二次報告ではライフライン等（表2.6、表2.7）の被害が検討されている。最悪M9クラスの地震が発生すると、太平洋岸に巨大津波の襲来が想定（図2.1）され、津波高20m以上（最大34m）、11都県90市町村への被害が報告されている。また、震度分布（図2.2）としては、震度6弱が21府県292市町村、震度6強が21府県242市町村、震度7が10県153市町村と報告されている。死者・不明者は広域にわたり約32万人（そのうち津波23万人）と想定されている。

表 2.4 建物被害予測

出所：内閣府公表 南海トラフ巨大地震の被害想定

		地震動ケース（陸側）		津波ケース（ケース①）
項目		冬・深夜	夏・昼	冬・夕
揺れによる全壊		約 1,346,000 棟		
液状化による全壊		約 134,000 棟		
津波による全壊		約 146,000 棟		
急傾斜地崩壊による全壊		約 6,500 棟		
地震火災による焼失	平均風速	約 155,000 棟	約 194,000 棟	約 682,000 棟
	風速8m/s	約 191,000 棟	約 230,000 棟	約 750,000 棟
全壊及び焼失棟数合計	平均風速	約 1,787,000 棟	約 1,826,000 棟	約 2,314,000 棟
	風速8m/s	約 1,823,000 棟	約 1,862,000 棟	約 2,382,000 棟
ブロック塀等転倒数		約 849,000 件		
自動販売機転倒数		約 19,000 件		
屋外落下物が発生する建物数		約 859,000 棟		

※地震動による堤防・水門の機能不全を考慮した場合、津波による建物被害増分は約 21,000 棟

表 2.5 人的被害予測

出所：内閣府公表 南海トラフ巨大地震の被害想定

地震動ケース（陸側） 津波ケース（ケース①）

項目		冬・深夜	夏・昼	冬・夕
建物倒壊による死者 (うち屋内収容物移動・転倒、屋内落下物)		約 82,000 人 (約 6,200 人)	約 37,000 人 (約 3,000 人)	約 59,000 人 (約 3,900 人)
津波による死者	早期避難率高 ＋呼びかけ	約 117,000 人	約 68,000 人	約 70,000 人
	早期避難率低	約 230,000 人	約 195,000 人	約 196,000 人
急傾斜地崩壊による死者		約 600 人	約 200 人	約 400 人
地震火災による死者	平均風速	約 8,600 人	約 5,200 人	約 21,000 人
	風速8m/s	約 10,000 人	約 5,900 人	約 22,000 人
ブロック塀・自動販売機の転倒、屋外落下物による死者		約 30 人	約 500 人	約 800 人
死者数合計	平均風速	約 208,000 人 ～約 321,000 人	約 111,000 人 ～約 237,000 人	約 151,000 人 ～約 277,000 人
	風速8m/s	約 209,000 人 ～約 323,000 人	約 111,000 人 ～約 238,000 人	約 152,000 人 ～約 278,000 人
負傷者数		約 606,000 人 ～約 623,000 人	約 507,000 人 ～約 524,000 人	約 516,000 人 ～約 535,000 人
揺れによる建物被害に伴う要救助者 (自力脱出困難者)		約 311,000 人	約 194,000 人	約 243,000 人
津波被害に伴う要救助者		約 29,000 人	約 32,000 人	約 32,000 人

表 2.6 ライフライン(電力)被害予測

出所：内閣府公表 南海トラフ巨大地震の被害想定

地震動ケース：陸側ケース

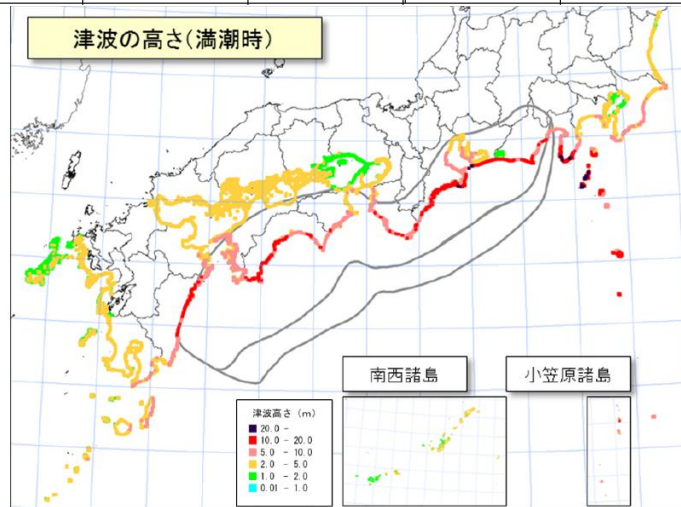
	電灯軒数(軒)	停電軒数(軒)			
		被災直後	被災1日後	被災4日後	被災1週間後
①東海(静岡、愛知、三重)	約 7,600,000	約 6,800,000	約 6,200,000	約 480,000	約 400,000
②近畿(和歌山、大阪、兵庫)	約 9,300,000	約 8,200,000	約 1,800,000	約 480,000	約 150,000
③山陽(岡山、広島、山口))	約 4,300,000	約 2,900,000	約 460,000	約 7,900	約 7,900
④四国(4県)	約 2,200,000	約 2,000,000	約 1,800,000	約 230,000	約 200,000
⑤九州(大分、宮崎)	約 1,200,000	約 1,100,000	約 980,000	約 34,000	約 34,000
合計(①～⑤)	約 24,700,000	約 21,000,000	約 11,200,000	約 1,200,000	約 790,000
合計(40都府県)	約 65,600,000	約 27,100,000	約 12,200,000	約 1,400,000	約 880,000

表 2.7 ライフライン(都市ガス)被害予測

出所:内閣府公表 南海トラフ巨大地震の被害想定

地震動ケース：陸側ケース

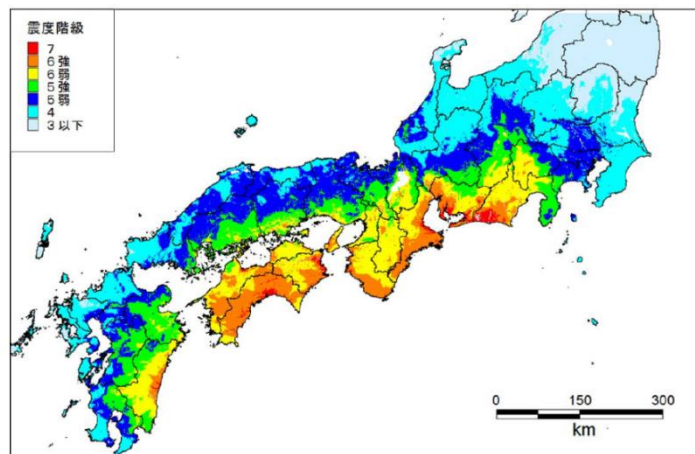
	対象需要家数 (戸)	供給停止戸数(戸)			
		被災直後	被災1日後	被災1週間後	被災1ヶ月後
①東海(静岡、愛知、三重)	約2,400,000	約970,000	約950,000	約810,000	約310,000
②近畿(和歌山、大阪、兵庫)	約5,000,000	約600,000	約590,000	約560,000	約190,000
③山陽(岡山、広島、山口)	約500,000	約35,000	約33,000	約23,000	約300
④四国(4県)	約240,000	約120,000	約110,000	約80,000	—
⑤九州(大分、宮崎)	約140,000	約34,000	約32,000	約24,000	—
合計(①～⑤)	約8,300,000	約1,800,000	約1,700,000	約1,500,000	約490,000
合計(40都府県)	約20,100,000	約1,800,000	約1,800,000	約1,500,000	約490,000



【ケース①「駿河湾～紀伊半島沖」に大すべり域を設定】

出所:内閣府公表 南海トラフ巨大地震の被害想定

図 2.1 津波高分布図



陸側ケースの震度分布

出所:内閣府公表 南海トラフ巨大地震の被害想定

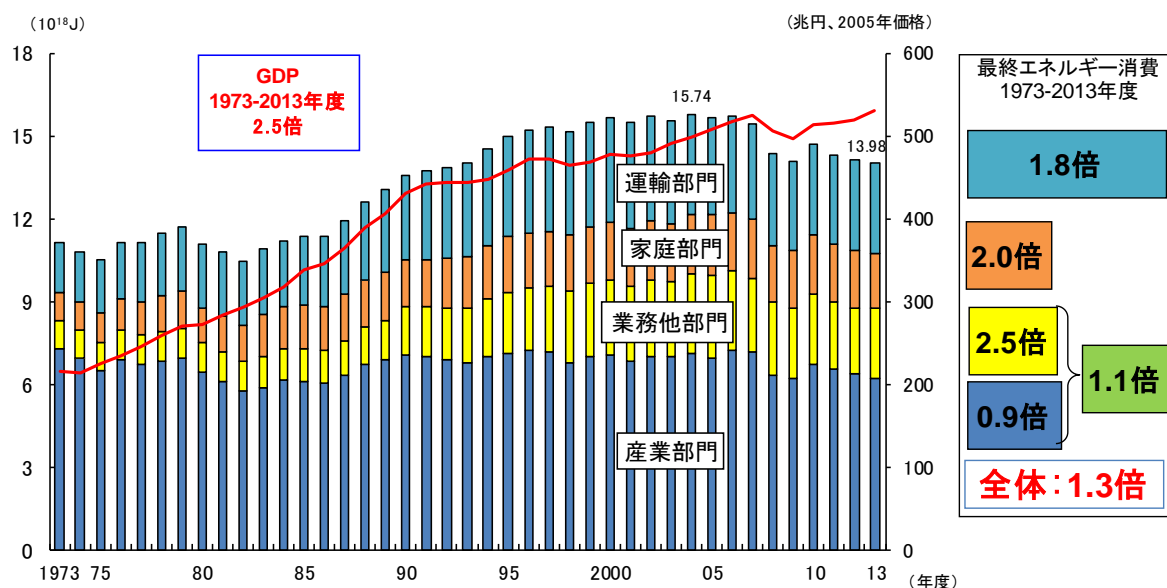
図 2.2 震度分布図

(2) 全国のエネギー需給の現状 [28]

① 最終エネルギー消費と実質 GDP の推移

図 2.3 に最終エネルギー消費と実質 GDP の推移を示す。国内の最終エネルギー消費は、1973 年のオイルショック以降、産業部門がほぼ横這いで推移する一方、2011 年までに民生部門（家庭部門及び業務部門）は 2.5 倍、1.9 倍となった。その結果、産業、民生、運輸の各部門の構成比は、1973 年度にはそれぞれ 65.5%、18.1%、16.4%であったものが、2011 年度には 42.8%、33.8%、23.3%へと変化した。

2008 年度から 2009 年度にかけては、景気悪化によって製造業・鉱業の生産活動が低調であったことに伴い、産業部門のエネルギー消費が大幅に減少し、最終エネルギー消費は減少した。2010 年度は、景気回復や気温による影響を受け、最終エネルギー消費量は、一旦増加したが、2010 年度は、東日本大震災以降、生産活動の停滞による産業部門の大幅減や、節電等による家庭部門の減少などから、2011 年度の最終エネルギー消費は再び減少に転じた。



出所：エネルギー白書 2014

図 2.3 最終エネルギー消費と実質 GDP の推移

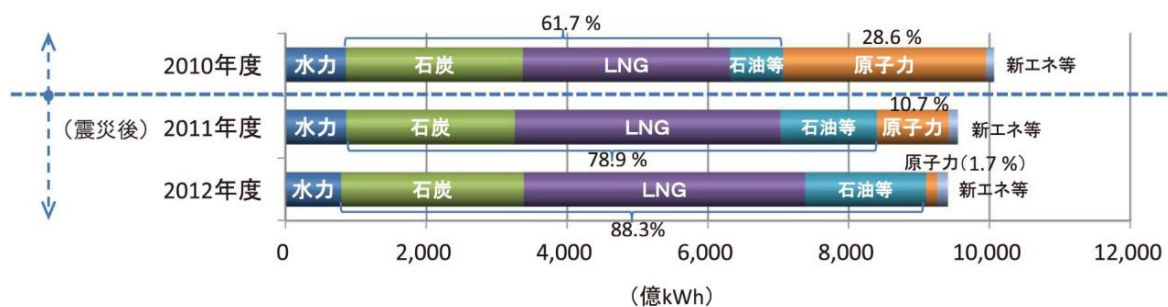
②電源構成の変化

図 2.4 に東日本大震災前後の発電電力量の変化を示す。発電電力量ベースで、2010 年度に全電源に占める割合が 28.6%であった原子力が、震災後の 2011 年度には 10.7%、2012 年度には 1.7%に減少した。代わりに火力発電（液化天然ガス（LNG）、石炭、石油等の合計）が、2010 年度の 61.7%から 2011 年度には 78.9%、2012 年度は 88.3%へと 2 年間で 26.6%増加し、約 9 割を占めるに至った。

③震災後の電力使用量の減少

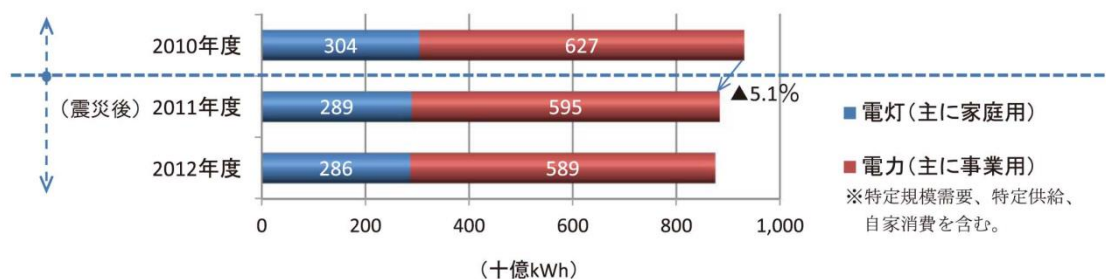
図 2.5 に東日本大震災前後の電力使用量の変化を示す。東日本大震災後、電力使用制限令の発令や節電目標の設定がなされたこともあり、2011 年度の国内の電力使用量は、家庭用、事業量ともに 2010 年度に比べ 5%前後の減少となり、全体で 5.1%の減少となった。また、2012 年度も引き続き政府及び電力会社から節電要請がなされ、2011 年度の使用量をさらに下回っている。

節電要請は、2011 年の夏以降、毎年、夏季（7 月～9 月）及び冬季（12 月～3 月）において、政府から沖縄電力を除く国内 9 電力会社管内に対して行われ、各電力会社においても管内の需要家に対し節電のお願いがなされ、企業、家庭等における節電の取組みが進んだ。2012 年の夏季からは、国民や企業等による節電の取組み努力が一定程度定着してきていることを受け、電力会社管内ごとに、定着節電分を織り込んだ需給見込みに基づいた節電要請がなされている。



出所：エネルギーレポートあいち

図 2.4 東日本大震災前後の発電電力量の変化



出所：エネルギーレポートあいち

図 2.5 東日本大震災前後の電力使用量の変化

④分散型電源や供給調整型システムへの関心

東日本大震災に伴う原発停止を契機として、電力会社が不足する電源を火力発電中心に賄う一方で、それまでの供給の脆弱性が明らかとなったことにより、災害に強いエネルギー供給システムの必要性が増大し、多様な供給力の活用を前提とする分散型の電力システムへの転換が必要と考えられるようになった。

多様な供給力として、太陽光発電や中小水力発電、風力発電、バイオマスエネルギー等の再生可能エネルギーや、コージェネレーション、燃料電池等のエネルギー高度利用技術などが、より一層、注目されることとなった。一方、需要側においても、原子力発電に停止による電力供給能力や電力市場の自由化を背景に、地域単位での節電、ピークカットといった取組の意義が増大し、デマンドレスポンスの導入の機運も高まってきた。

こうした課題を受けて、IT技術や蓄電技術などを駆使し、従来は困難であったデマンドサイトマネジメントを行うとともに、再生可能エネルギーやエネルギー高度利用技術を電源として活用し、地域におけるエネルギー管理（CEMS）を可能とするような分散型システム（スマートコミュニティなど）の構築に向けた取組が、全国各地で具体化・加速化することとなった。

2.2.3 愛知県の地震被害想定とエネルギー需給の現状

(1)東海地震・東南海地震・南海地震等被害予測調査結果[29]

①概要

愛知県は、平成 26 年 5 月に、平成 23 年度から 25 年度に実施した地震被害予測調査に基づき、被害予測（建物被害、人的被害、ライフライン被害等、経済被害額）、ハザードの予測（地震動、液状化、津波等）などを公表している。

南海トラフで発生する地震・津波には多様性があり、予測困難なものがあるが、効果的な防災・減災対策の実施に繋げていくため、南海トラフで繰り返し発生している地震・津波のうちで過去に実際に発生したものを参考に想定した「過去地震最大モデル」と、さらに「命を守る」という観点で、あらゆる可能性を考慮した最大クラスの地震・津波についても、補足的に想定した「理論上最大想定モデル」の 2 パターンについて公表されている。「過去地震最大モデル」は、愛知県の地震・津波対策を進める上で軸となる想定として位置付けられるものであり、「理論上最大想定モデル」の対策にも資するものとして位置付けている。

②建物被害(全壊・焼失)「過去地震最大モデル」

建物被害（全壊・焼失）を表 2.8 に示す。冬・夕方（18 時）のケースの場合、県全体で 94,000 棟が全壊・焼失すると想定される。要因別では、揺れによる全壊が 47,000 棟となっており、全体の約 50%に上る。また、地震火災による焼失が 23,000 棟となっており、全体の約 24%に上るとされている。

③人的被害(死者)「過去地震最大モデル」

人的被害（死者）を表 2.9 に示す。冬・深夜（5 時）のケースの場合、県全体の死者数は 6,400 人と想定される。要因別では、浸水・津波による死者数が 3,900 人となっており、全体の約 61%に上る。また、建物倒壊等による死者数が 2,400 人となっており、全体の約 38%に上るとされている。

表 2.8 建物被害（全壊・焼失棟数）

出所：愛知県東海地震・東南海地震・南海地震等被害予測調査

想定地震の区分	A 過去地震最大 モデル 市町村別内訳：表①	B 理論上最大想定 モデル 市町村別内訳：表②	【参考】 国・最大クラス （県別のみ *1）
堤防等の条件 （土堰堤）	被災する （50%又は 75%沈下）	被災する （75%沈下）	被災しない
揺れによる全壊	約 47,000 棟	約 242,000 棟	約 243,000 棟
液状化による全壊	約 16,000 棟	約 16,000 棟	約 23,000 棟
浸水・津波による全壊	約 8,400 棟	約 22,000 棟	約 2,600 棟
急傾斜地崩壊等による 全壊	約 600 棟	約 700 棟	約 400 棟
地震火災による焼失	約 23,000 棟	約 101,000 棟	約 119,000 棟
合 計	約 94,000 棟	約 382,000 棟	約 388,000 棟

表 2.9 人的被害（死者数）

出所：愛知県東海地震・東南海地震・南海地震等被害予測調査

想定地震の区分	A 過去地震最大 モデル 市町村別内訳：表③	B 理論上最大想定 モデル 市町村別内訳：表④	【参考】 国・最大クラス （県別のみ *1）
堤防等の条件 （土堰堤）	被災する （50%又は 75%沈下 *2）	被災する （75%沈下 *3）	被災しない
建物倒壊等による死者	約 2,400 人	約 14,000 人	約 15,000 人
（うち屋内収容物移動・転倒、屋内落下物）	（約 200 人）	（約 1,000 人）	（約 1,300 人）
浸水・津波による死者 *4	約 3,900 人	約 13,000 人	約 6,400 人
（うち自力脱出困難）*5	（約 800 人）	（約 5,500 人）	（公表なし）
（うち逃げ遅れ）*6	（約 3,100 人）	（約 7,100 人）	（公表なし）
急傾斜地崩壊等による死者	約 50 人	約 70 人	約 50 人
地震火災による死者	約 90 人	約 2,400 人	約 1,800 人
死者数合計	約 6,400 人	約 29,000 人	約 23,000 人

④ライフライン被害「過去地震最大モデル」

ライフライン被害を表 2.10 に示す。電力であれば、被災直後で、最大約 375 万 7 千軒、需要軒数の約 90%が停電すると想定される。また、95%が復旧するのに約 1 週間を要する。

都市ガスであれば、被災直後で、最大約 16 万 9 千戸、需要戸数の約 10%が供給停止となると想定される。また、95%が復旧するのに約 2 週間を要する。

表 2.10 ライフラインの被害

出所：愛知県東海地震・東南海地震・南海地震等被害予測調査

項 目			想定結果	
上水道	給水人口		約 7,375,000 人	
	断水人口（率）	直 後	約 7,021,000 人	(約 95%)
		1 日後	約 6,306,000 人	(約 86%)
		1 週間後	約 3,834,000 人	(約 52%)
		1 ヶ月後	約 579,000 人	(約 8%)
	復旧期間		6 週間程度	
下水道	処理人口		約 5,376,000 人	
	機能支障人口（率）	直 後	約 953,000 人	(約 18%)
		1 日後	約 3,207,000 人	(約 60%)
		1 週間後	約 538,000 人	(約 10%)
		1 ヶ月後	約 74,000 人	(約 1%)
	復旧期間		3 週間程度	
電 力	需要軒数		約 4,227,000 軒	
	停電軒数（率）	直 後	約 3,757,000 軒	(約 89%)
		1 日後	約 3,406,000 軒	(約 81%)
		4 日後	約 58,000 軒	(約 1%)
		1 週間後	約 36,000 軒	(約 1%)
	復旧期間		1 週間程度	
通 信 【固定電話】	需要回線数		約 1,352,000 回線	
	不通回線数（率）	直 後	約 1,205,000 回線	(約 89%)
		1 日後	約 1,094,000 回線	(約 81%)
		1 週間後	約 31,000 回線	(約 2%)
		1 ヶ月後	約 24,000 回線	(約 2%)
	復旧期間		1 週間程度	
通 信 【携帯電話】	停波基地局率	直 後	約 2%	
		1 日後	約 81%	
		4 日後	約 3%	
		1 週間後	約 2%	
	復旧期間		1 週間程度	
	需要戸数		約 1,862,000 戸	
ガ ス 【都市ガス】	復旧対象戸数(率)	直 後	約 169,000 戸	(約 9%)
		1 日後	約 169,000 戸	(約 9%)
		1 週間後	約 130,000 戸	(約 7%)
		1 ヶ月後	－	
	復旧期間		2 週間程度	
	需要世帯数		約 999,000 世帯	
ガ ス 【LPGガス】	機能支障世帯(率)	直 後	約 162,000 世帯	(約 16%)
	復旧期間		1 週間程度	

⑤生活への影響「過去地震最大モデル」

表 2.11 に生活への影響を示す。避難者は断水の影響を受けて1週間後に約155万人が発生し、避難所への避難者は1週間後に約80万人と想定される。

物資（備蓄を考慮した上での不足量）について、飲料水の不足量は、発災1日目～3日目の合計が最大で約1万3千トン、4日目～7日目の合計が最大で約24万5千トンと想定される。食料の不足量は、発災1日目～3日目の合計が最大で約214万食、4日目～7日目の合計が最大で約791万食と想定される。毛布の不足数は最大で約45万枚と想定される。

医療機能は、重傷者、医療機関で結果的に亡くなる者及び被災した医療機関からの転院患者を入院需要、軽傷者を外来需要とした場合、被災市町村の中で対応が難しくなる患者数は入院が約6,300人、外来が約5,100人と想定される。

表 2.11 生活への影響「過去地震最大モデル」

出所：愛知県東海地震・東南海地震・南海地震等被害予測調査

区 分			内 容
避難者 (避難者数)	1日後	避難所	約378,000人
		避難所外	約341,000人
		合 計	約718,000人
	1週間後	避難所	約799,000人
		避難所外	約748,000人
		合 計	約1,547,000人
	1カ月後	避難所	約298,000人
		避難所外	約832,000人
		合 計	約1,130,000人
帰宅困難者数	平日12時		約858,000人～約930,000人
物資不足	飲料水 不足	1～3日目の計	約13,000トン
		4～7日目の計	約245,000トン
	食料 不足	1～3日目の計	約214万食
		4～7日目の計	約791万食
	毛布不足		約45万枚
医療機能支障	入院対応不足数		約6,300人
	外来対応不足数		約5,100人

⑥経済被害額

表 2.12 に経済被害額を示す。「過去地震最大モデル」における直接的経済被害額は約 13.86 兆円、間接的経済被害額は約 3.00 兆円と想定される。直接的経済被害額は損傷した施設の復旧に要する費用であり、間接的被害額は被災後の県内の生産額の低下である。なお、間接的経済被害額には施設の損傷等による復旧需要は考慮されていない。

表 2.12 経済被害額「過去地震最大モデル」

出所：愛知県東海地震・東南海地震・南海地震等被害予測調査

○直接的経済被害（復旧に要する費用）

○間接的経済被害（生産額の低下）

被 害		被害額（億円）
住宅		約 67,100
オフィスビル等		約 19,600
家財		約 21,000
その他償却資産		約 3,800
在庫資産		約 3,900
ライフライン	上水道	約 600
	下水道	約 5,500
	電力	約 1,100
	通信	約 1,700
	都市ガス	約 400
交通施設	道路	約 4,100
	鉄道	約 1,300
	港湾	約 3,900
農地		約 2,200
その他公共土木施設		約 2,400
合計		約 13.86 兆円

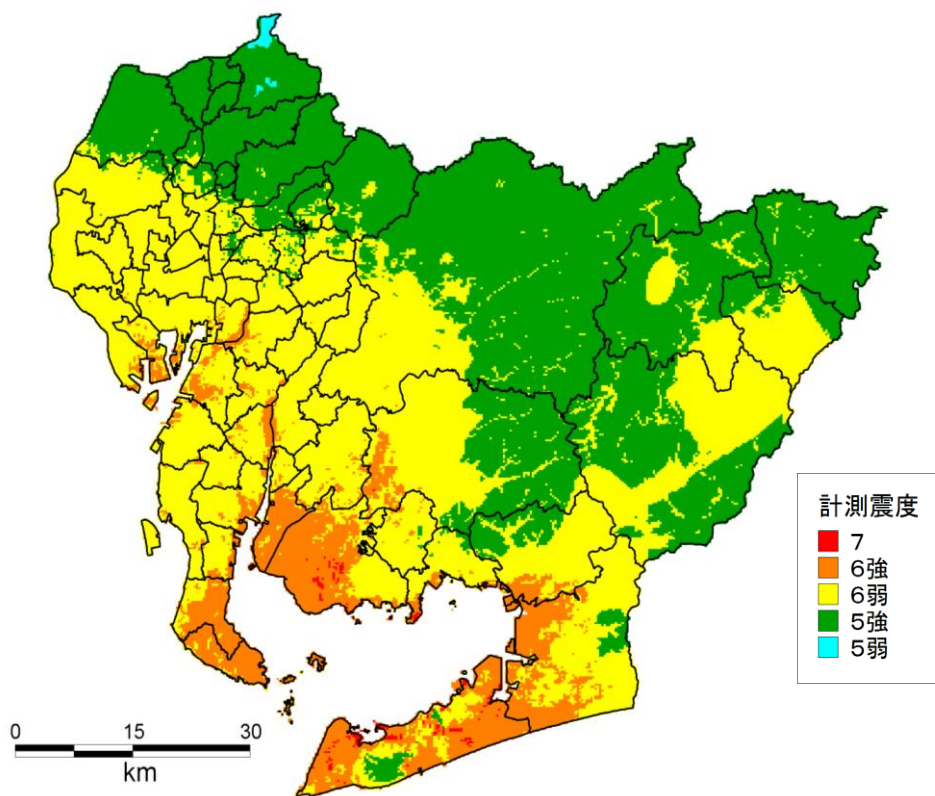
産 業	県内総生産 低下額（億円）
農林水産業	約 200
鉱業	約 100
製造業	約 9,100
建設	約 1,400
公益事業	約 1,200
商業	約 2,300
金融・保険・不動産	約 4,600
運輸	約 1,900
情報通信	約 2,600
公務等	約 800
サービス	約 5,300
その他	約 600
合計	約 3.00 兆円

注：端数処理のため合計が各数値の和に一致しない。

注：端数処理のため合計が各数値の和に一致しない。

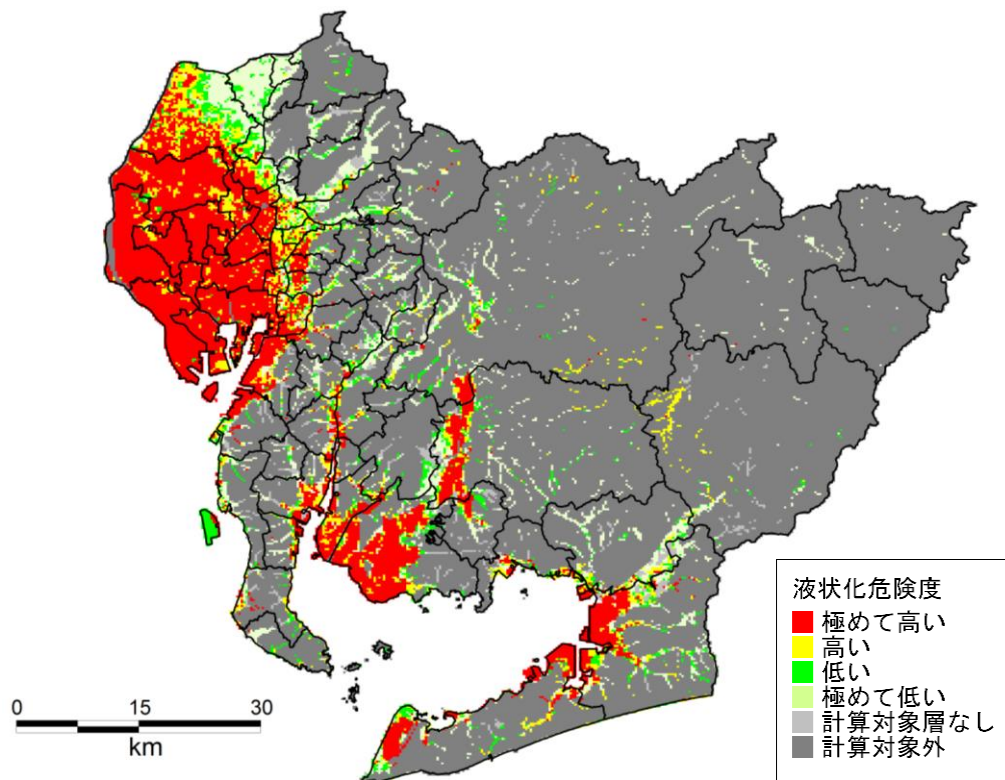
⑦震度分布、浸水想定域等「過去地震最大モデル」

図 2.6 に地震動予測結果を示す。平野部や半島部において、広い範囲にわたり震度 6 強以上の強い揺れが想定される。一部の地域で、震度 7 の非常に強い揺れが想定されるところもある。図 2.7 に液状化危険度予測結果を示す。尾張西部、西三河南部、東三河を中心に、液状化危険度が高い地域が広がっている。図 2.8 に津波予測結果（津波高）を示す。最大津波高は、田原市（渥美半島外海）で 10.2m である。図 2.9 に津波予測結果（浸水分布）を示す。堤防等の被災を考慮した結果、ゼロメートル地帯において広い範囲が浸水する結果となっている。図 2.10 に津波予測結果（浸水が 30cm に達する到達時間）を示す。渥美半島の外海では、最短で約 9 分後に津波 30cm が到達すると想定されている。



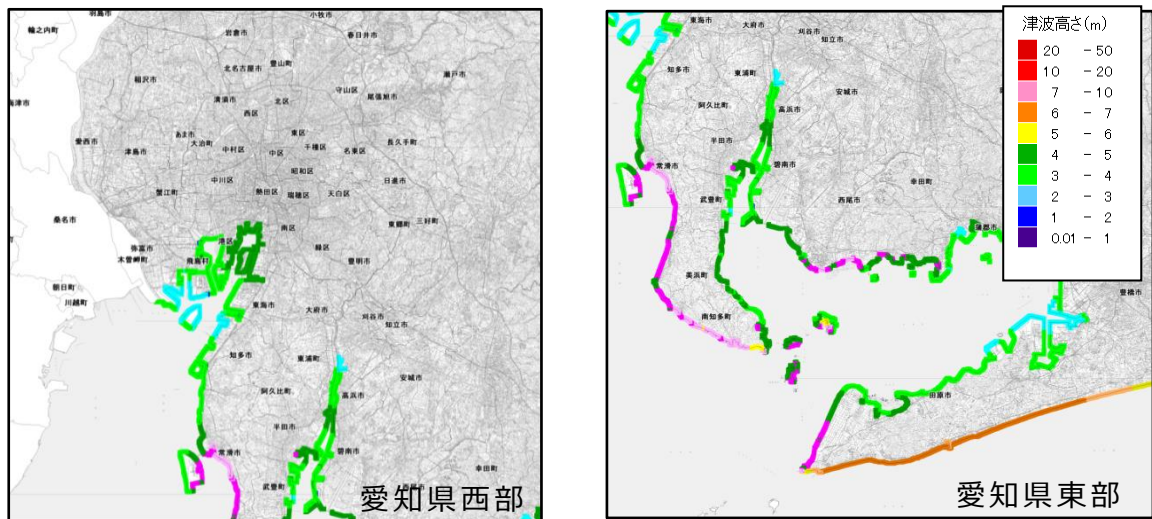
出所：愛知県東海地震・東南海地震・南海地震等被害予測調査

図 2.6 地震動予測結果「過去地震最大モデル」



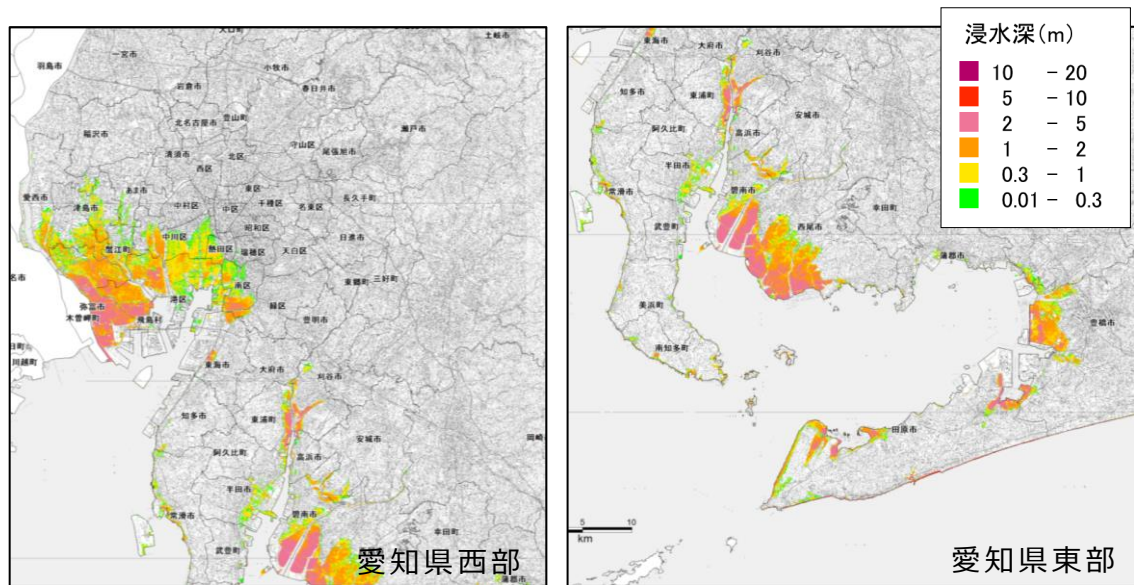
出所: 愛知県東海地震・東南海地震・南海地震等被害予測調査

図 2.7 液状化危険度予測結果「過去地震最大モデル」



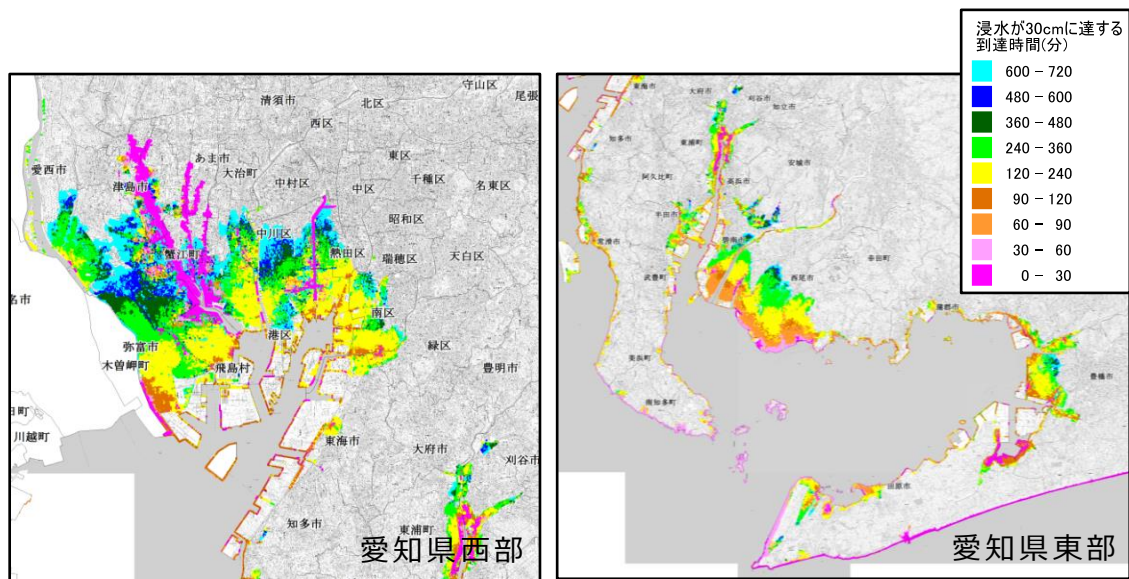
出所: 愛知県東海地震・東南海地震・南海地震等被害予測調査

図 2.8 津波予測結果(津波高)「過去地震最大モデル」



出所:愛知県東海地震・東南海地震・南海地震等被害予測調査

図 2.9 津波予測結果(浸水分布)



出所:愛知県東海地震・東南海地震・南海地震等被害予測調査

図 2.10 津波予測結果(浸水が 30 cmに達する到達時間)

(2)愛知県におけるエネルギー需給の現状[28]

①愛知県の最終エネルギー消費

表 2.13 に愛知県の最終エネルギー消費(2011 年度)を示す。国内構成比と比較して、愛知県の民生部門の構成比が 3%高く、その内、特に業務部門の割合が高いのが特徴である。また、エネルギー源別の構成比では、国内構成比と比較して、石油・石油製品のウエイトが小さく、電力と天然ガスのウエイトが小さく、電力と天然ガス・都市ガスのウエイトが高いのが特徴である。

②電力の状況

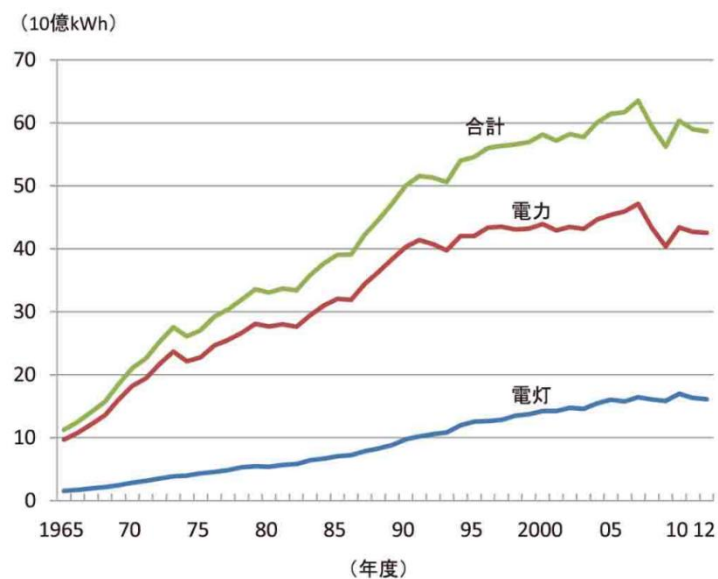
図 2.11 に電力使用量(販売電力量)の推移を示す。本県の電力消費は、全国と同様、増加を続けてきたが、2008 年の世界的金融危機の影響による生産活動の低迷に伴い、2008、2009 年度と 2 年連続で大きく減少した。2010 年度は、生産活動の回復とともに、全年度より、7.3%の増加と、国(3.8%増)を上回ったが、東日本大震災以降、全国的に電力需要が逼迫する中、中部電力管内においても、政府及び中部電力㈱から節電要請がなされ、自動車産業を中心に休日シフトや生産調整も行われ、2011 年度は再び減少に転じた。

表 2.14 に県内の電気事業用発電施設(2012 年度)を示す。電源種別の認可出力の構成比では、火力が 88.1%、水力が 11.6%となっている。図 2.12 に電源別発電量の推移を示す。2011 年度は、浜岡原発が 5 月に全炉停止したことに伴う火力発電の炊き増しにより、対前年度で、10.8%の大幅増となった。なお、県内発電電力量の 99%は火力発電によるものである。

表 2.13 愛知県の最終エネルギー消費(2011 年度)

出所:エネルギーレポートあいち

部門		石油 ・石油製品	石炭 ・石炭製品	天然ガス ・都市ガス	電力	その他	計	構成比 (参考)		
								国内構成比	全国比	
製造部門	製造業	44,135	99,667	36,301	118,407	27,114	325,624	39.6%	39.9%	5.6%
	非製造業	15,050	6	2,031	2,955	0	20,042	2.4%	2.9%	4.7%
	計	59,185	99,672	38,332	121,362	27,114	345,666	42.8%	42.8%	5.6%
民生部門	家庭	31,396	0	31,901	58,919	0	122,216	14.9%	14.2%	5.9%
	業務	53,732	999	48,029	76,378	1,333	180,471	21.8%	19.6%	6.3%
	計	85,128	999	79,930	135,296	1,333	302,687	36.8%	33.8%	6.2%
運輸部門		169,055	0	321	4,722	0	174,098	21.2%	23.3%	5.1%
合計		313,369	100,672	118,583	261,380	28,447	822,451	100.0%	100.0%	5.7%
構成比		38.1%	12.1%	14.4%	31.8%	3.5%	100.0%			
(参考)国内構成比		80.2%	11.4%	10.7%	23.2%	4.6%	100.0%			
<参考数値>										
消費量の対全国比		4.3%	6.1%	7.6%	7.8%	4.3%	5.7%			



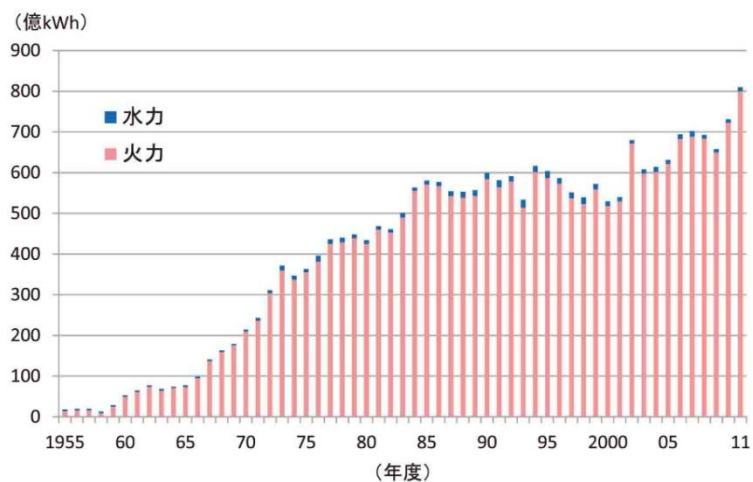
出所:エネルギーレポートあいち

図 2.11 電力使用量の(販売電力量)推移

表 2.14 県内の電気事業用発電施設(2012 年度)

出所:エネルギーレポートあいち

	事業者	発電所数	認可電力計(MW)	出力構成比(%)
火力	中部電力(株)	31	17,047.0	85.4
	出光興産(株)	1	252.0	1.3
	中山名古屋共同発電(株)	1	149.0	0.7
	明海発電(株)	1	147.0	0.7
	計	34	17,595.0	88.1
水力	中部電力(株)	23	1,188.3	6.0
	電源開発(株)	1	1,125.0	5.6
	計	24	2,313.3	11.6
風力	(株)ジェイウィンド田原 等	12	53.9	0.3
太陽光	中部電力(株)	1	7.5	0.0
合計		71	19,969.7	100



出所:エネルギーレポートあいち

図 2.12 電源別発電量の推移

③自然エネルギー等の利用設備の普及の現状

太陽光発電

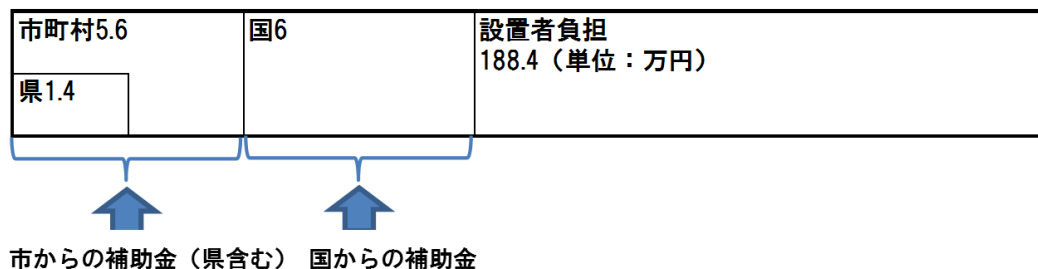
表 2.15 に本県の住宅用太陽光発電設備設置補助事業の概要を示す。県は、2003 年度から継続して、補助制度を有する市町村と強調し、住宅用太陽光発電設備を設置する県民に対し、費用の一部を補助している。また、国においては、2009 年 11 月から「太陽光発電の余剰電力買取制度」が開始され、2012 年 7 月からは「再生可能エネルギーの固定価格買取制度」がスタートした。図 2.13 に県内の住宅用太陽光発電設備設置基数の推移を示す。これらの支援制度の効果もあり、本県の住宅用太陽光発電設備の設置数は、2012 年度末現在で 86,589 (対全国比 6.9%) となり、2005 年度から 8 年連続で全国第 1 位となっている。

太陽熱利用

表 2.16 に太陽熱高度利用施設設置補助事業の実施市町村一覧を示す。2013 年度時点で、市町村において設置補助事業を行っているのは、名古屋市始め 12 市町村と少ない。しかし、本県の 2004 年度から 2012 年度における導入実績は、太陽熱温水器が 16,867 台 (対全国比 5.6%) で全国第 4 位、ソーラーシステムが 3,554 台 (対全国比 7.3%) で全国第 3 位となっている。

表 2.15 本県の住宅用太陽光発電設備設置補助事業の概要

出所：エネルギーレポートあいち

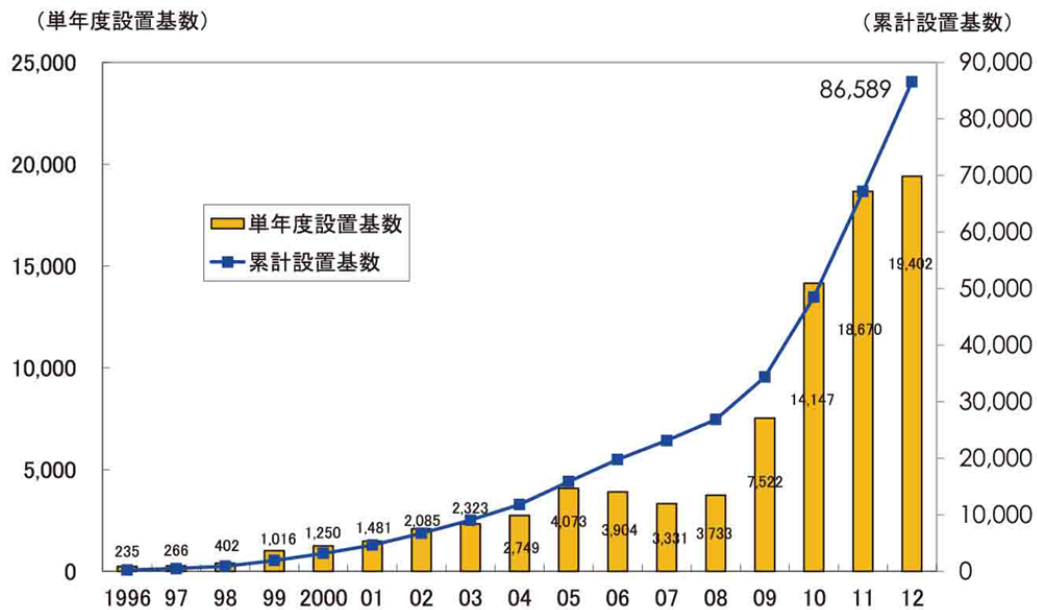


<補助の仕組み>

- ・ 設置する個人に対して補助を実施する市町村に対し、その経費の一部を補助
- ・ 補助額：市町村補助額の1/4又は1kw当たり3.5千円のいずれか低い方
- ・ 補助上限：1件につき4kw
- ・ 設置者の費用負担例：200万円のもの約188万円になる。

<県の補助件数及び補助実施市町村の推移>

年度	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
県補助件数	817	1,160	1,346	1,406	1,490	2,181	4,799	5,649	6,984	9,315	-
予算(千円)	90,000	90,000	67,500	45,000	40,000	40,000	80,000	100,000	120,000	130,000	140,000
決算(千円)	55,489	43,707	22,553	22,428	23,290	34,022	79,980	100,000	120,000	130,000	-
市町村数	21/88	33/87	33/74	28/63	28/63	31/61	46/61	49/57	48/54	53/54	-



出所: エネルギーレポートあいち

図 2.13 県内の住宅用太陽光発電設備設置基数の推移

表 2.16 太陽熱高度利用施設設置補助事業 実施市町村一覧

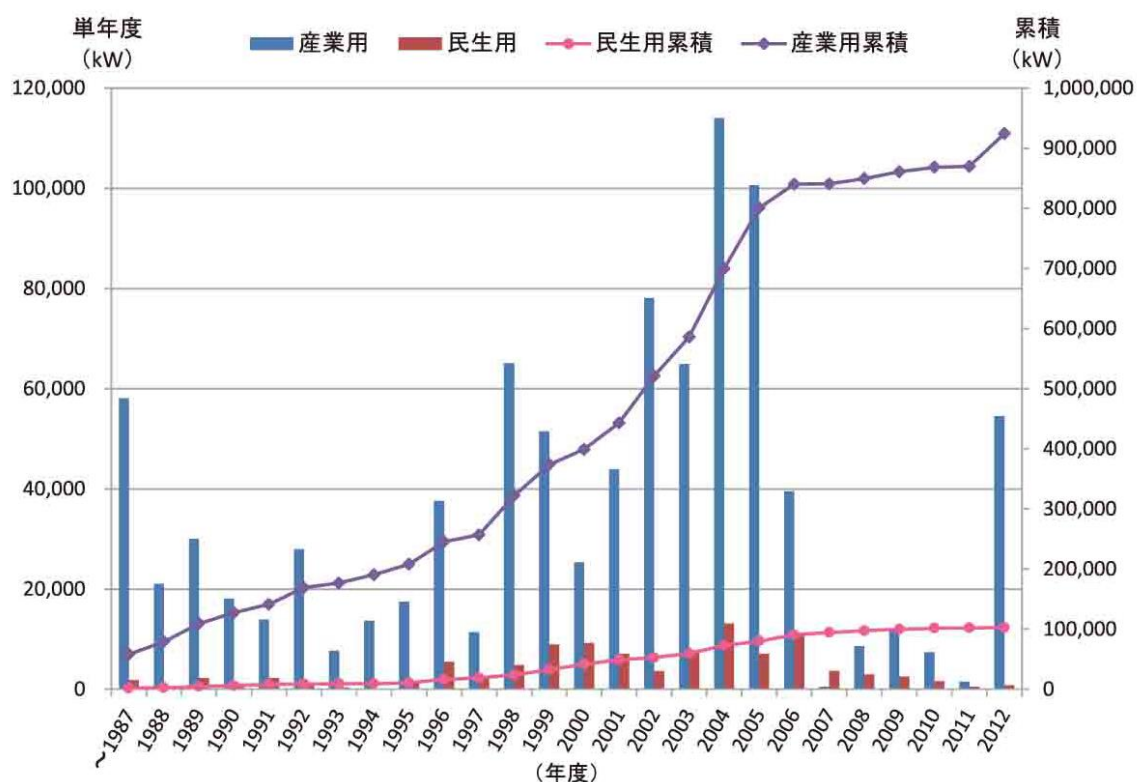
出所: エネルギーレポートあいち

市町村名	方式	補助単価	補助上限	市町村名	方式	補助単価	補助上限
名古屋市	自然循環型	10千円/㎡	10㎡	新城市	自然循環型	対象外	
	強制循環型	20千円/㎡	10㎡		強制循環型	10千円/㎡	5㎡
春日井市	自然循環型	20千円/基		知立市	自然循環型	40千円/基	
	強制循環型	40千円/基			強制循環型	80千円/基	
刈谷市	自然循環型	25千円/基		日進市	自然循環型	15千円/基	
	強制循環型	50千円/基			強制循環型	30千円/基	
安城市	自然循環型	10千円/㎡	8㎡	扶桑町	自然循環型	15千円/基	
	強制循環型	13千円/㎡	8㎡		強制循環型	30千円/基	
蒲郡市	自然循環型	10千円/㎡	5㎡	東浦町	自然循環型	15千円/基	
	強制循環型	10千円/㎡	5㎡		強制循環型	15千円/基	
小牧市	自然循環型	20千円/台		幸田町	自然循環型	15千円/基	
	強制循環型	60千円/台			強制循環型	30千円/基	

コージェネレーション導入状況

図 2.14 に本県のコージェネ導入発電容量の推移を示す。本県におけるコージェネの発電容量（累計）は、全国と同様、産業用を中心として増加してきた。なお、導入件数では、産業用を比べ規模の小さい民生用（家庭用を除く）の方が上回っている。新規導入量は、2000 年前後の ESCO(Energy Service Company)事業やオンサイト事業の伸び等を背景に、2004 年度まで産業用を中心に急速に増加したが、その後、2009 年度の導入件数減少にはリーマンショックの影響も考えられるが、2011 年度以降は、東日本大震災後の電力不足や省エネ・節電意識の高まりを背景に新規導入件数が増加に転じ、特に 2012 年度の産業用の新規導入発電容量が大きく増加している。その要因としては、コージェネは停止時も電力供給を継続できるため、震災後に BCP（事業継続計画）の一環として関心を持つ企業が増加したことが考えられる。

また、さらに、コージェネを活用したエネルギーの面的利用を拡大させるには、熱供給事業法や道路専用許可の規制緩和、コージェネを含むプラント設置スペース確保などが考えられる。



出所：エネルギーレポートあいち

図 2.14 本県のコージェネ導入発電容量の推移

2.3 本章のまとめ

本章では、研究の条件設定を目的に、既往の研究と既発表の調査結果について整理した。既往の研究については、本研究のキーワードとなる「耐震」や「省エネ改修」など関連する研究について整理した。住宅・建築物の耐震改修に関する研究は、補強方法に応じた構造的特性に着目した研究、補強の技術に関する研究が主体であり、政策誘導を目的とした研究は少ない。また、省エネ改修についても、実務的な拠り所となるガイドライン作成を目的に実施した基礎研究の成果などが報告されているが、研究事例は少なく、実態として、既存住宅の省エネ化も進んでいない。その他関連の研究についても、研究成果をもとに、自治体などの現実的な施策提案を目的とした研究は少ない。

既発表の調査結果については、全国の現状として、内閣府で検討された南海トラフ巨大地震被害想定、全国のエネルギーの現状について整理した。南海トラフ巨大地震被害想定では、全国的に愛知県は最も被害が大きくなる想定となっている。また、全国のエネルギーの状況については、東日本大震災前後でエネルギー源の構成や電力消費量などに大きな変化があり、災害とエネルギーの関連性が高いことを確認した。

さらに本研究の検討対象である愛知県の現状として、東海地震・東南海地震・南海地震等被害予測調査結果、愛知県におけるエネルギーの現状を整理した。東海地震・東南海地震・南海地震等被害予測調査は、愛知県の独自で実施した詳細な被害予測であり、県内でも市町村ごとに震度分布、浸水想定等が大きくなり、県内一律の対策ではなく、地域の災害危険特性に応じた対策が必要となる。電力についても被災直後で、最大で約 90%の住宅で停電すると想定され、そのうち 95%が復旧するのに約 1 週間を要すると想定されており、災害時の代替的な電力供給手段の必要性がわかる。また、愛知県のエネルギーの現状としても、2011 年度以降は、東日本大震災後の電力不足や省エネ・節電意識の高まりを背景に新規導入件数が増加していることを確認した。

第 3 章

3. 住宅の耐震・省エネ対策に関する研究

3.1 概説

3.2 住宅の耐震化

3.3 住宅の省エネ改修

3.4 本章のまとめ

3. 住宅の耐震・省エネ対策に関する研究

3.1 概説

「自助」は個人が主体となる取組みであるが、主な対象として住宅が考えられる。住宅の多くは個人が所有する場合が多く、耐震対策、エネルギー対策のいずれにおいても個人の判断と負担で実施されることになる。こうしたことを踏まえ、本章では、「自助」として住宅の耐震対策、エネルギー対策の提案を目標としている。

「国土強靱化基本法」が平成 25 年 12 月 4 日に成立し、「国土強靱化政策大綱」が決定された。さらには、エネルギー基本計画や国土強靱化基本計画が閣議決定され、法的にも政策的にも国土強靱化を推進する体制が整いつつある。しかし、強靱化というと、一般的に「公助」の印象が強いが、国民が公助に期待するばかりではなく、自助・共助も伴って、国民と行政が双方向で物事を考えながら将来に向けてレジリエントな日本をつくっていくことが必要である。そのような中で愛知県は、東海・東南海・南海の 3 連動地震の逼迫性が指摘されており、全国的にも特に大きな地震被害を受ける可能性が高い地域である。東日本大震災の経験から、震災後の仮設住宅や復興住宅の整備等、被災者支援には相当な時間を要するため、避難所や仮設住宅での生活が長期にわたる可能性があり、建物倒壊により長期間、自宅や職場を失うということは、生活基盤そのものが揺らぐことになる。被災後の安全・安心な生活を守るためには、「公助」だけではなく被災前の「自助」として耐震化を促進する必要がある。

愛知県では、逼迫する東海・東南海・南海の 3 連動地震の危険性や東日本大震災の教訓を踏まえ、平成 24 年 3 月に「愛知県建築物耐震改修促進計画（あいち建築減災プラン 2020）」（以下、減災プランという。）[30] を策定し、平成 32 年、住宅の耐震化率 95% を目標に取り組んでいるところである。

一方、住宅については、平成 27 年 2 月に公表された平成 25 年度住宅・土地統計調査結果では、全国 5,200 万戸の既存住宅があり、省エネ基準制定前の昭和 55 年（1980 年）以前の住宅が約 1,400 万戸（27%）と多く、特にこれらの住宅を中心に住宅の省エネ化は重要な課題である。

本章では、住宅の耐震対策として、これまでの愛知県木造住宅耐震診断・耐震改修補助事業の施策評価を評価し、今後の施策について検討した。

さらに、住宅のエネルギー対策として、省エネ基準（昭和 55 年）、新耐震基準（昭和 56 年）制定前の昭和 55 年以前の木造住宅を省エネ改修した場合の効果を検討した。

3.2 住宅の耐震化

3.2.1 耐震診断・耐震改修補助事業

(1) 耐震診断・耐震改修補助実績

図 3.1 に木造住宅耐震診断、図 3.2 に耐震改修補助実績を示す。診断、改修実績ともに平成 22 年度までは、年々減少傾向にあったが、平成 23 年度については、東日本大震災の影響や改修補助金額を従来の 60 万円から 90 万円にしたことで、改修については、約 3.3 倍（前年度比）に補助実績を伸ばしている。平成 24 年以降は、平成 23 年度実績に対して 1/2 程度に減少したが、震災前の平成 22 年度実績に対して 1.6 倍を維持している。これらの結果より、地震の危険性を建物所有者が認識することや補助金額の拡充は住宅の耐震化に非常に効果が高いことがわかる。

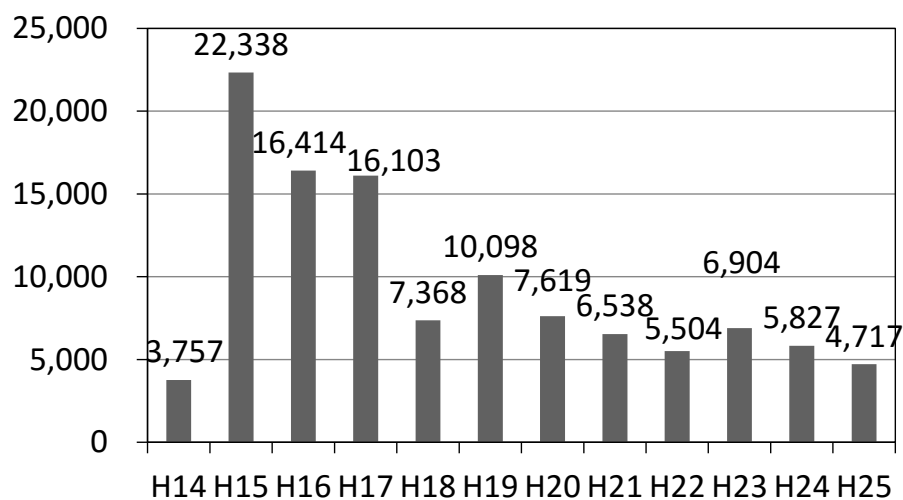


図 3.1 木造住宅耐震診断補助戸数(戸)

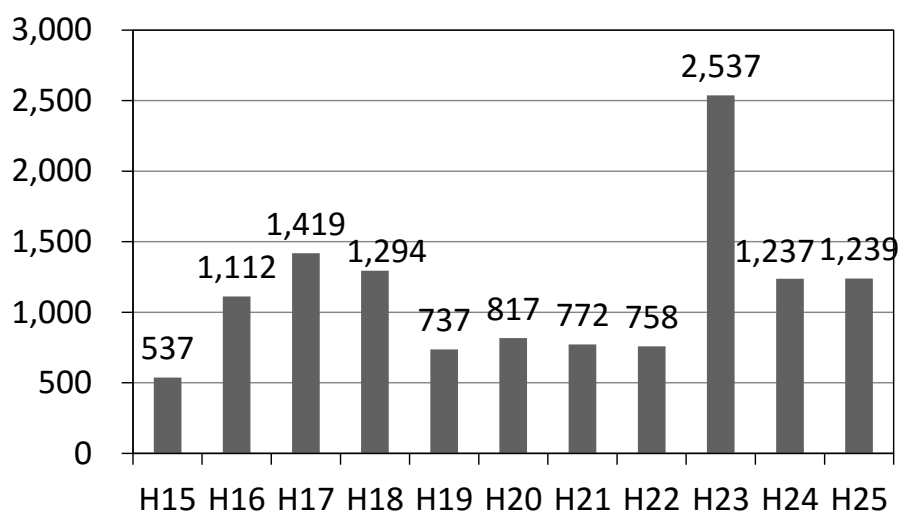
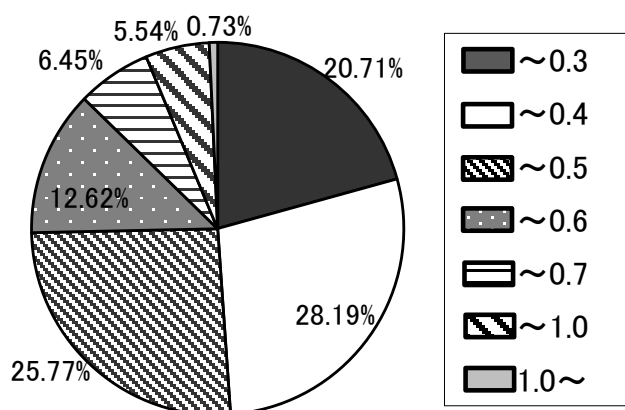


図 3.2 木造住宅耐震改修補助戸数(戸)

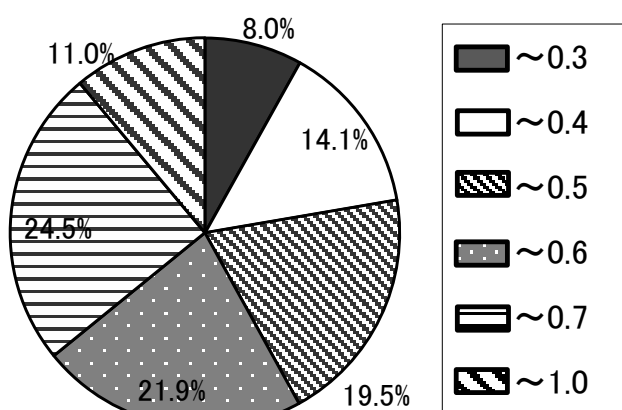
(2)耐震診断実績と耐震改修実績の比較(判定値)

図 3.3 に平成 22 年度以前(平成 20 年度～22 年度)の耐震診断された住宅の判定値と図 3.4 に耐震改修された住宅の改修前判定値を示す。「一応倒壊しない」とされる判定 1.0 以上、「倒壊する可能性がある」とされる判定値 0.7 以上 1.0 未満、「倒壊する可能性が高い」とされる判定値 0.7 未満については、より細かく判定値 0.1 刻みで区分した。既往の研究〔31〕でも報告されているが、相対的に、耐震診断の判定値の悪い住宅ほど耐震改修されない傾向にある。



※sample 数 診断 18,429 戸

図 3.3 平成 22 年度以前(平成 20 年度～22 年度)に耐震診断された住宅の判定値



※sample 数 改修 2,340 戸

図 3.4 平成 22 年度以前(平成 20 年度～22 年度)に耐震改修された住宅の改修前判定値

耐震改修補助実績を伸ばし平成 23 年度耐震診断された住宅の判定値を図 3.5、耐震改修された住宅の改修前判定値を図 3.6 に示す。平成 23 年度耐震改修実績について、平成 22 年度以前に比べて改修前判定値が 0.5 未満の区分の、いずれにおいても改修された割合が増加している。これらの結果より、補助金額の拡充等は判定値の低い住宅に、特に効果があった。しかし、耐震診断により 0.5 未満と判定された住宅の改修した割合は 1/4 程度と高いとは言えず、耐震改修以外の手法として減災を目的とした段階的耐震改修（一度に耐震改修工事を行うことが困難な場合、1 段階目に判定値 0.7 以上、2 段階目に判定値 1.0 以上と 2 段階に分けて行う工事）、耐震シェルターの設置（寝室等の個室補強の手段として、耐震シェルターを設置するもの）等の必要性があるとともに、さらなる補助金の拡充や制度内容の見直しの検討の必要性がある。

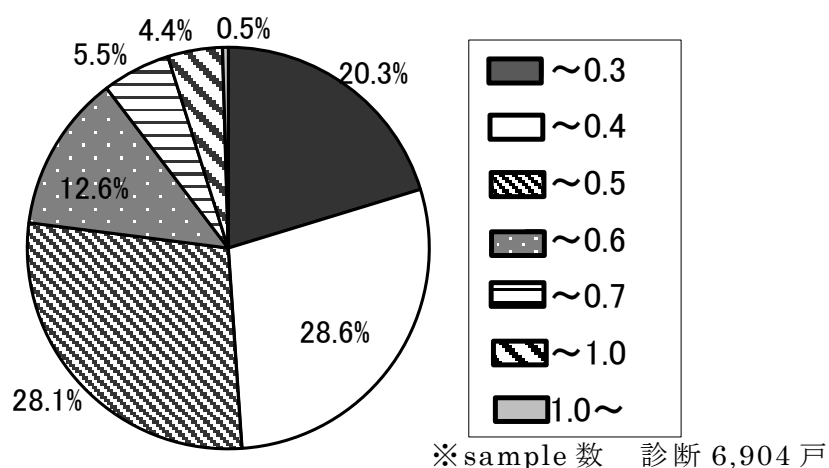


図 3.5 平成 23 年度に耐震診断された住宅の判定値

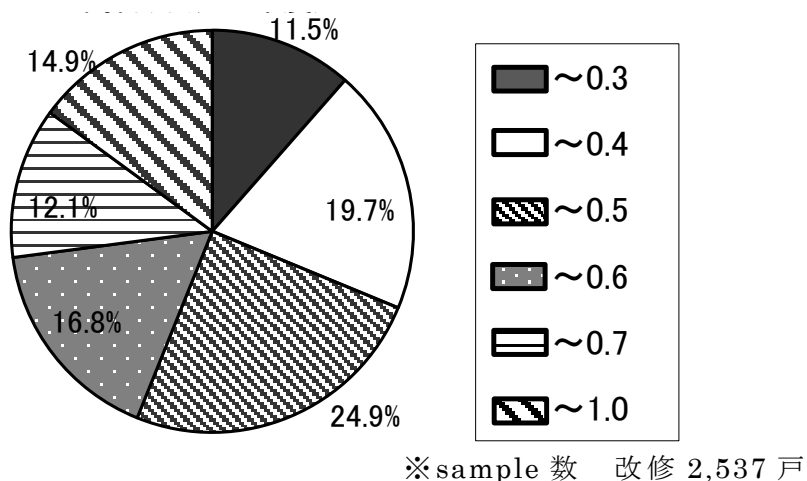
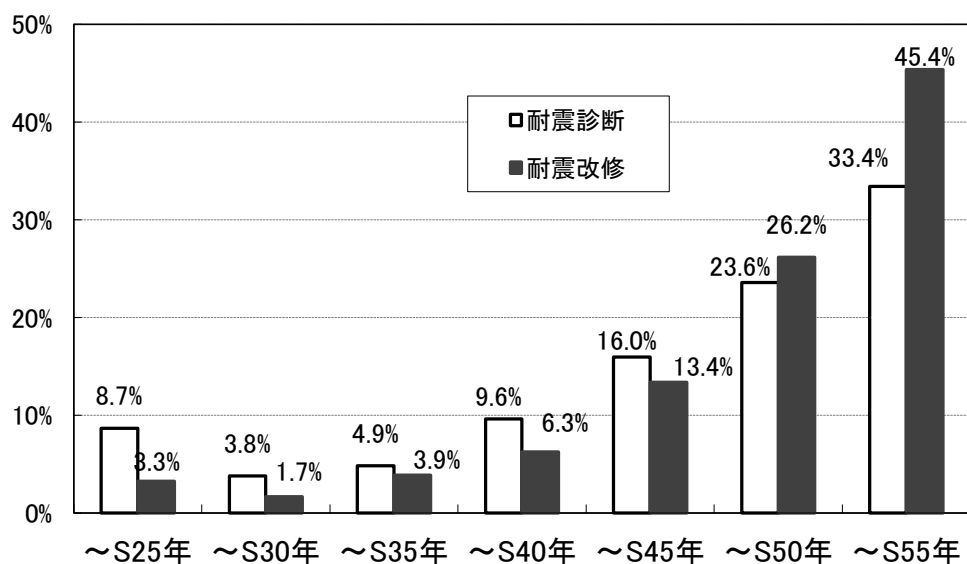


図 3.6 平成 23 年度に耐震改修された住宅の改修前判定値

(3)耐震診断実績と耐震改修実績の比較(建築年)

図 3.7 に診断された住宅の建築年と改修された住宅の建築年の比較(平成 23 年度)を示す。相対的に、耐震改修は、耐震診断に比べて建築年の古いほど実施されない傾向にある。これらの結果より、建築年の古い住宅に対して、3.2.1(2)で述べたような施策を講じる必要がある。



※sample 数 診断 6,871 戸 改修 2,533 戸

図 3.7 耐震診断実績と耐震改修実績の建築年

(4)愛知県内の地区別の傾向

図 3.8 に愛知県内の地区割、図 3.9 地区別耐震診断進捗率、図 3.10 に耐震改修進捗率を示す。それぞれの地区別の旧耐震住宅数(昭和 56 年 5 月 31 日以前に建築された木造住宅数)に対する耐震診断・改修補助の累積実績の割合であり、診断、改修ともに地区別で県内平均に対し、進捗率に大きなバラツキがある。また、図 3.11 に地区別の全住宅数に占める昭和 55 年以前に建築された木造住宅の割合を示す。同図より、地区別に建築年が古い木造住宅の割合にバラツキがみられる。図 3.9 の地区別耐震診断進捗率、図 3.10 の耐震改修進捗率と比較すると、海部地区は、昭和 55 年以前の住宅比率が高いにも拘らず、診断・改修ともに進捗率が低い。これらの結果より、住宅の地域性が耐震化進捗に関係が深いと想定されるが、建築年という要因だけでなく、平野部と山間部、都市部と郊外部等、地区の成り立ちを含め地域性を評価していく必要がある。

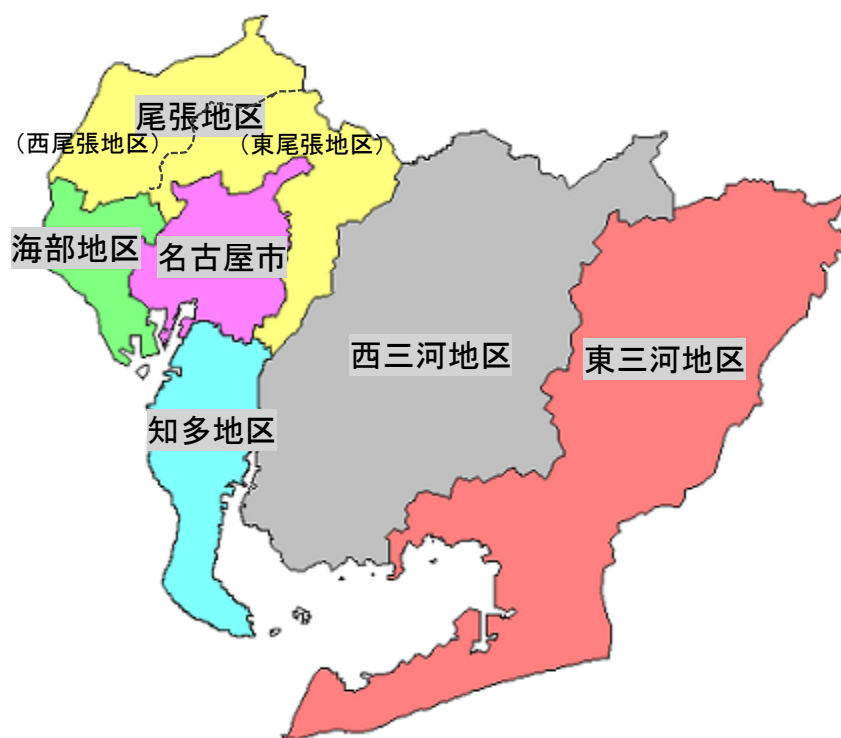


図 3.8 愛知県内の地区割

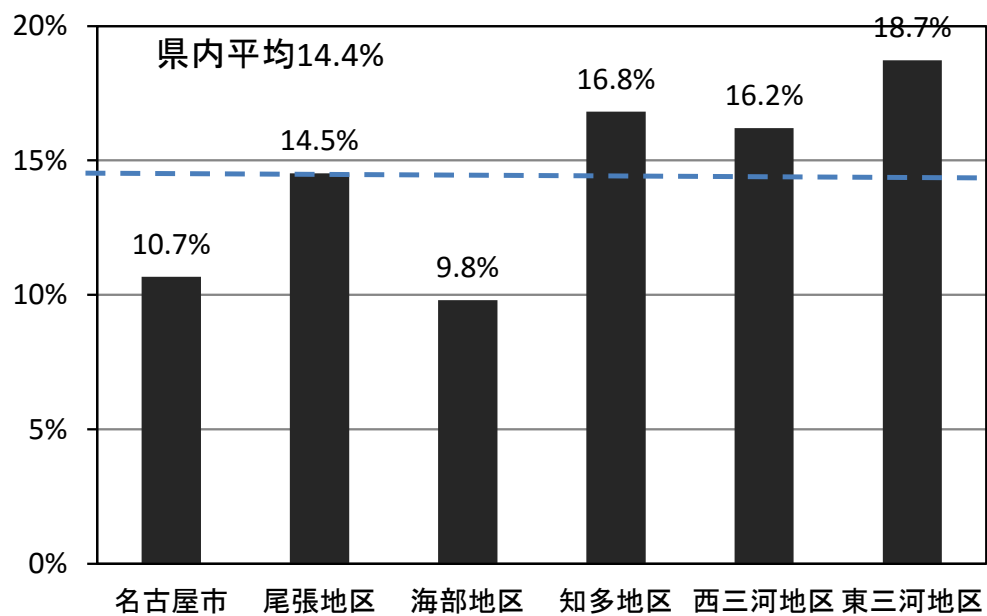


図 3.9 地区別耐震診断進捗率

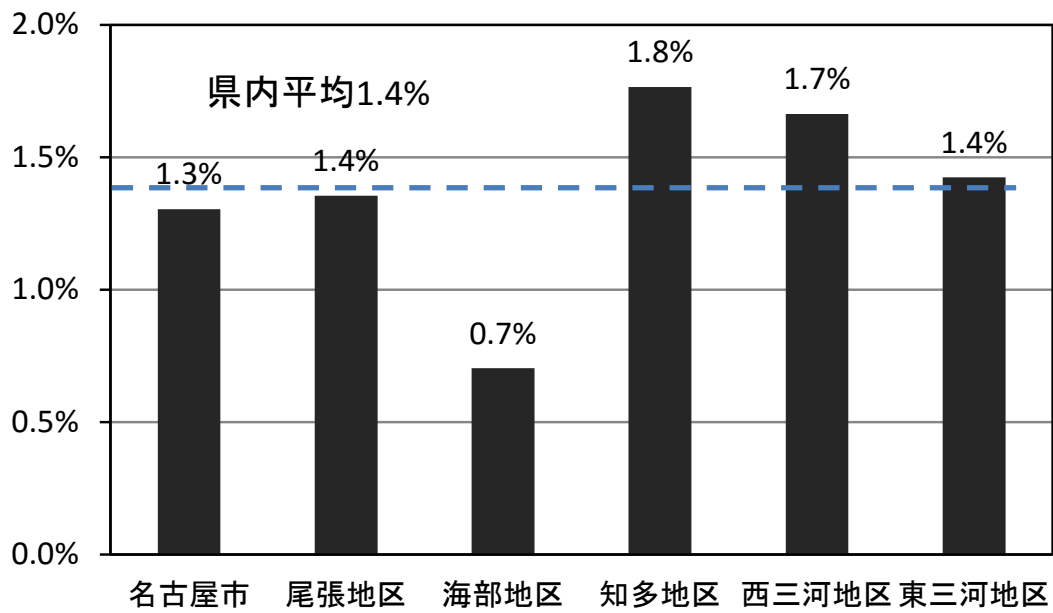
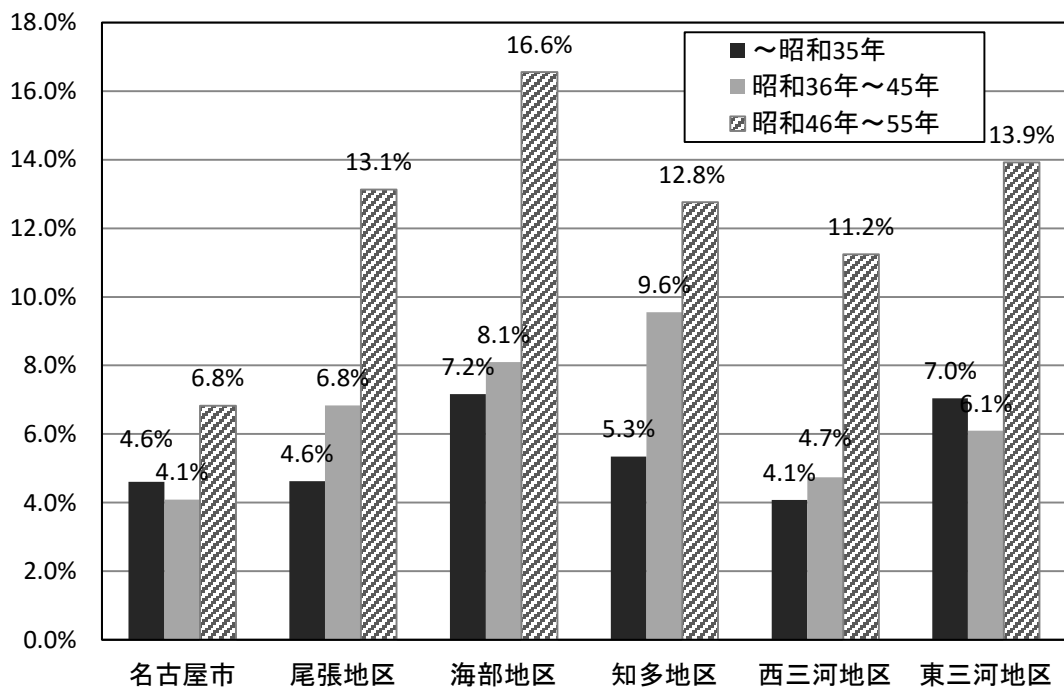


図 3.10 地区別耐震改修進捗率



※平成 20 年度住宅土地統計調査（総務省） 35 市データ利用

図 3.11 地区別の昭和 55 年以前に建築された木造住宅の割合

3.2.2 耐震化率の将来推計

筆者らが減災プランを策定するうえで実施した愛知県における耐震化率の将来推計を表 3.1 に示す。推計にあたって、住宅土地統計調査データ（総務省）、一般世帯数の推移（国立社会保障・人口問題研究所）を利用している。推計結果より、これまでは、建替え、耐震改修に比べ世帯増による新築が中心であったが、今後は世帯増が鈍化し、耐用年数を超えた旧耐震住宅を建替え促進させる必要がある。

表 3.1 愛知県における耐震化率の将来推計

H15			耐震性のある住宅数		H23 推計（現状）			耐震化率 95%達成するには耐震性のある住宅数を		H32（目標）		
耐震性有	木造	674,500	42万戸増		耐震性有	木造	978,300	34万戸増やす必要がある		耐震性有	木造	
	非木造	1,301,700				非木造	1,422,500				非木造	
	合計	1,976,200				合計	2,400,800				合計	2,740,300
耐震性無	木造	466,400	4 2 万戸の内訳		耐震性無	木造	336,900	3 4 万戸の内訳		耐震性無	木造	
	非木造	94,200				非木造	64,700				非木造	
	合計	560,600				合計	401,600				合計	144,200
居住世帯のある住宅数		2,536,800	建替え		居住世帯のある住宅数		2,802,400	建替え		居住世帯のある住宅数		2,884,500
耐震化率		78%	世帯増（新築）		耐震化率		85%	世帯増（新築）		耐震化率		95%
			自主耐震改修					自主耐震改修				
			補助耐震改修					補助耐震改修				
			23,000 戸					26,000 戸				
			7,700 戸					21,000 戸				

3.3 住宅の省エネ改修

3.3.1 愛知県の住宅の状況

表 3.2 に愛知県の住宅の状況を示す。居住世帯のある住宅の約 6 割が持ち家である。また、空き家率は平成 25 年(2013 年)、12.3%と平成 20 年(2008 年)に対して 1.3%増加している。表 3.3 に、持ち家の構造を示す。木造住宅が 7 割を占めているが、平成 20 年に比べて 25 年には、非木造の割合が増加している。

図 3.12 に持ち家の築年数別の構造を示す。省エネ基準制定前の昭和 55 年(1980 年)以前に建てられた住宅が最も多く、そのうち木造住宅が多くを占めている。

表 3.2 愛知県の住宅の状況

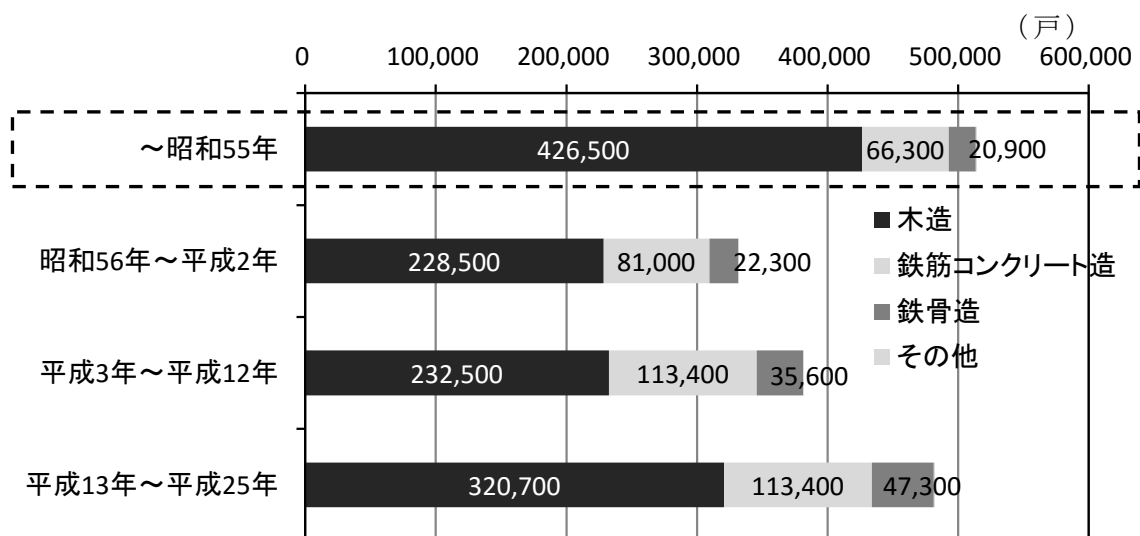
平成 20 年度、平成 25 年度住宅・土地統計調査結果より作成

	平成25年(2013年)	平成20年(2008年)	増減率
総住宅数	3,439,000 戸	3,132,900 戸	9.8%
居住世帯あり	2,996,700 戸	2,764,400 戸	8.4%
うち持ち家	1,758,500 戸	1,599,000 戸	10.0%
(持ち家住宅率)	58.7%	57.8%	
居住世帯なし	442,300 戸	368,400 戸	20.1%
うち空き家	422,000 戸	343,600 戸	22.8%
(空き家率)	12.3%	11.0%	
総世帯数	3,017,100 戸	2,787,500 戸	8.2%

表 3.3 持ち家の構造

平成 20 年度、平成 25 年度住宅・土地統計調査結果より作成

	平成25年(2013年)	平成20年(2008年)	増減率
持ち家	1,758,500 戸	1,599,000 戸	10.0%
木造	1,248,300 戸 (71.0%)	1,168,600 戸 (73.1%)	6.8%
非木造	1,248,300 戸 (29.0%)	430,500 戸 (26.9%)	18.5%

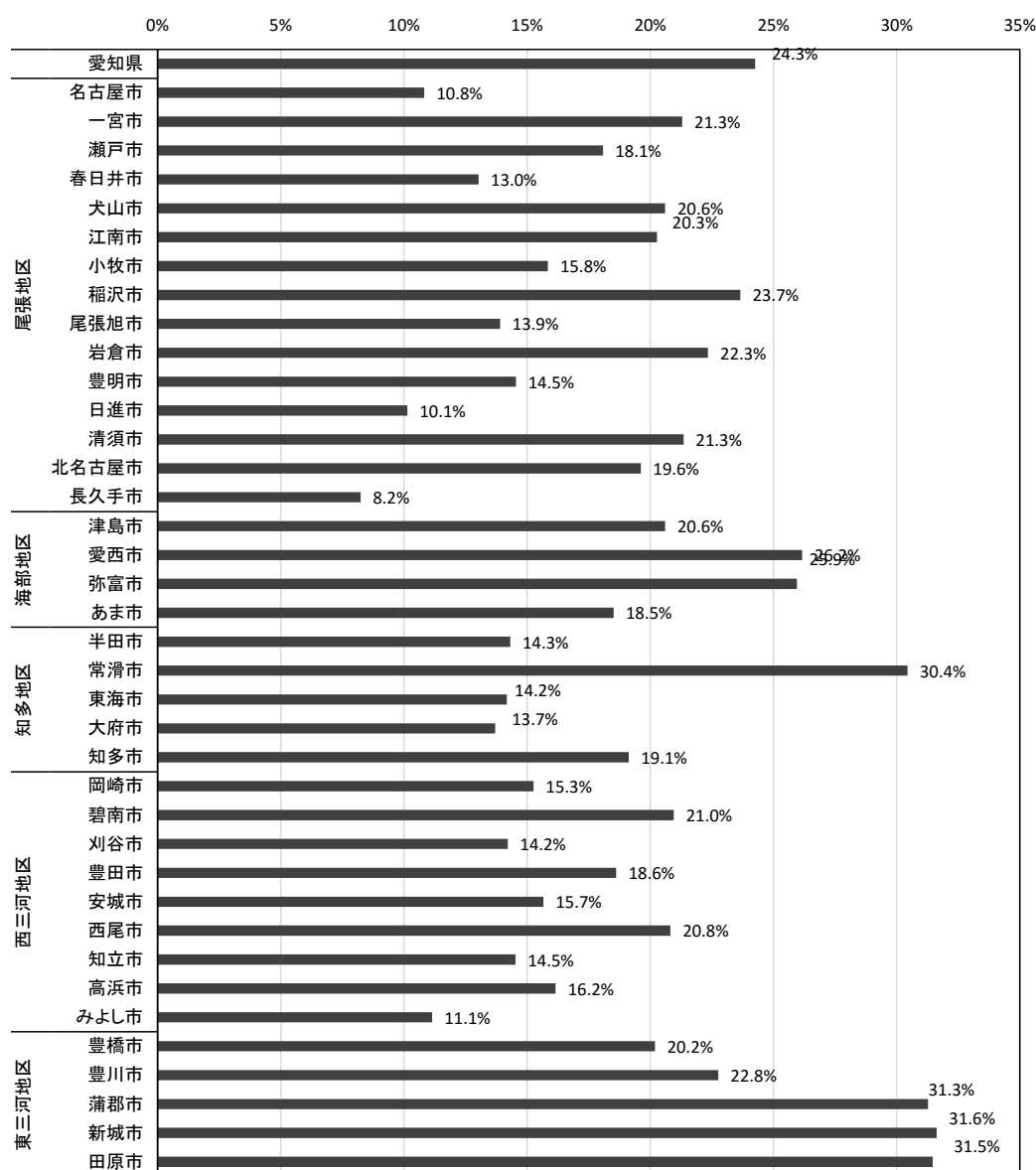


平成 25 年度住宅・土地統計調査結果より作成

図 3.12 持ち家の築年数別の構造

3.3.2 愛知県内各市の住宅の状況

図 3.13 に愛知県内の各市の昭和 55 年以前の木造住宅の割合(持ち家のうち)を示す。愛知県内の平均は、24.3%(町村含む)に対して知多地区の常滑市、東三河地区の蒲郡市、新城市、田原市が、いずれも 30%を超え高くなっている。反対に、都市部である名古屋市や新興住宅地が多い日進市、長久手市、みよし市は古い木造住宅の割合が小さくなっている。



平成 25 年度住宅・土地統計調査結果より作成

図 3.13 愛知県内の各市の昭和 55 年以前の木造住宅の割合(持ち家のうち)

図 3.14 に愛知県の市ごとの住宅所有状況を示す。全体として、海部地区や東三河地区の持ち家率が高く、特に愛西市(海部地区)、新城市(東三河地区)が8割以上と高い。反対に名古屋市は、持ち家率が低く、賃貸率が高い。図 3.15 に持ち家の築年数を示す。愛西市、蒲郡市などが昭和 55 年以前の住宅が多くなっている。反対に、日進市、長久手市、みよし市が比較的新しい住宅が多い。図 3.16 に昭和 55 年(1980 年)以前の住宅の構造を示す。全体としては 8 割以上が木造住宅であるが、名古屋市、尾張旭市では、比較的に非木造住宅が多い。

以上より、既存住宅を取り巻く状況は市町村ごとに異なるため、省エネ改修の政策効果にも違いがある。そのため施策として推進するうえでも、エネルギー削減効果の高い市町村で優先的に取り組む必要がある。

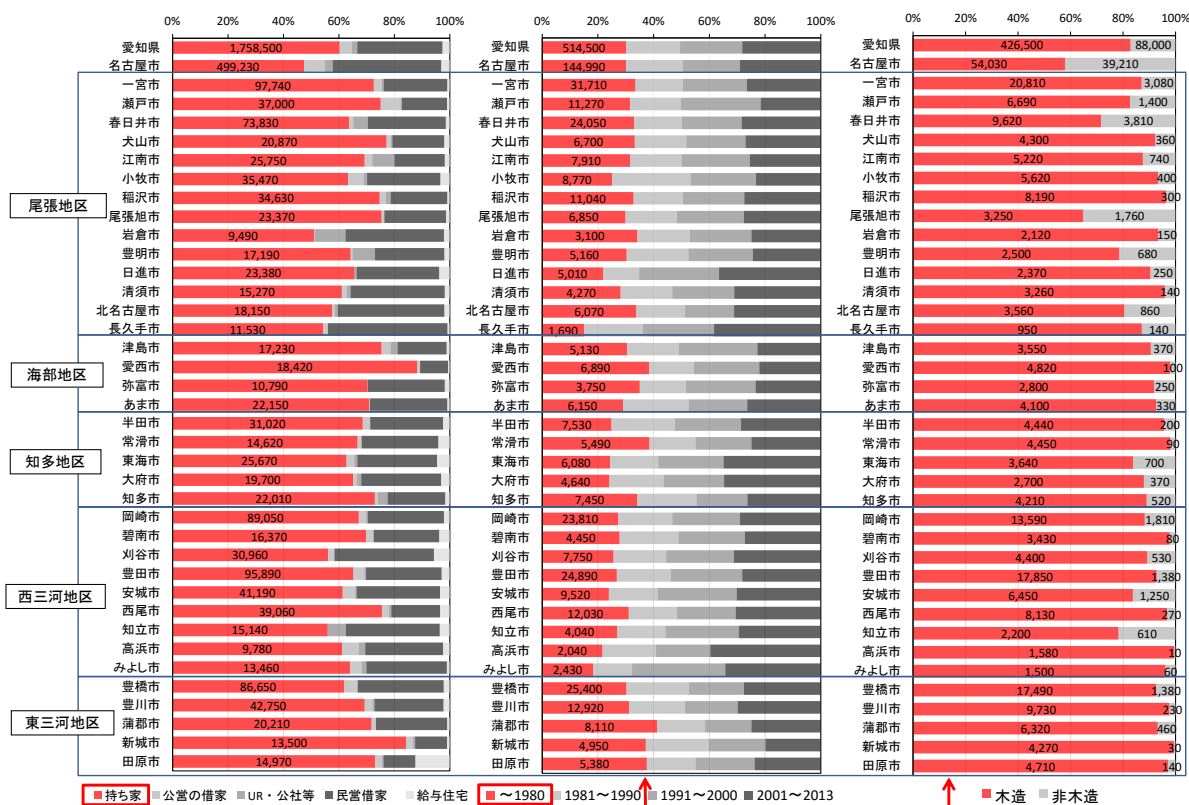


図 3.14 住宅所有状況

図 3.15 持ち家の築年数

図 3.16 昭和 55 年
以前の住宅の構造

平成 25 年度住宅・土地統計調査結果より作成

3.3.3 省エネ改修の単独施工時の省エネ効果試算

(1) 省エネ効果のケーススタディの条件

既存住宅の省エネ改修が進まない理由として、費用対効果について数値的根拠を添えて明確に提示できないために、政策的に断熱改修などの効果を十分に認識されていないこと等が考えられることから、文献[32]の省エネ改修効果(表 3.4)をもとに愛知県の省エネ改修効果を概算的に試算することとした。表 3.4 の省エネ改修効果は、昭和 56 年(1981 年)以前に建てられた住宅仕様の延床面積約 135 m²の住宅に対して試算されたものである。費用対効果は、天井のみの断熱改修が最も高くなっている。

(2) 省エネ効果の概算的試算

持ち家の木造住宅のうち昭和 55 年(1980 年)以前に建築された住宅すべてを改修したケース、さらには、そのうち耐震改修を未実施の住宅(平成 25 年度住宅・土地統計調査結果)を改修したケースについて暖冷房エネルギー消費の削減量と削減率について試算した。表 3.5 に愛知県内の建物(昭和 55 年以前)の省エネ効果の試算結果を示す。昭和 55 年(1980 年)以前の耐震改修されていないすべての木造住宅に対し、外皮全体(天井+外壁+開口部+最下階床)を平成 11 年省エネ基準相当に改修した場合、全県の冷暖房エネルギー消費量(「エネルギーレポートあいち」P10 本県の最終エネルギー消費(2011 年度)の民生部門(家庭)の 1/3 を冷暖房エネルギー消費量と設定)に対し約 5.1%の削減効果であった。しかし、これらの削減効果では工事費用の回収は困難であり、省エネ改修の単独施工の推進は現実的に厳しいと考えられる。現実的な省エネ改修を考えると、天井や壁仕上げを撤去して、壁に合板や筋交いを入れ補強する耐震補強と同時に行い、工事費用を抑える必要がある。

表 3.4 省エネ効果項目と費用対効果[32]

改修メニュー	概算費用(千円)	省エネ効果		費用対効果 (GJ/千円)
		削減量(GJ)	削減率(%)	
天井	345	1.12	7%	3.24×10^{-4}
外壁	3,161	0.54	3%	0.17×10^{-4}
開口部	1,956	2.38	15%	1.21×10^{-4}
最下階床	906	0.56	3%	0.61×10^{-4}
開口部+最下階床	2,862	3.06	19%	1.06×10^{-4}
天井+開口部+最下階床	3,208	4.54	29%	1.41×10^{-4}
天井+外壁+開口部+最下階床	6,369	5.54	35%	0.86×10^{-4}

削減率・・・改修前の年間冷暖房エネルギー消費量に対する削減量

表 3.5 愛知県内の建物(昭和 55 年以前)の省エネ効果の試算結果

改修メニュー	昭和55年以前住宅すべて改修したケース				未耐震住宅すべて改修したケース	
	戸数	426,500戸	削減率		374,000戸	削減率
天井		△478 TJ/年	1.2%		△419 TJ/年	1.0%
外壁		△230 TJ/年	0.6%		△202 TJ/年	0.5%
開口部		△1,015 TJ/年	2.5%		△890 TJ/年	2.2%
最下階床		△239 TJ/年	0.6%		△209 TJ/年	0.5%
開口部+最下階床		△1,305 TJ/年	3.2%		△1,144 TJ/年	2.8%
天井+開口部+最下階床		△1,936 TJ/年	4.8%		△1,698 TJ/年	4.2%
天井+外壁+開口部+最下階床		△2,363 TJ/年	5.8%		△2,072 TJ/年	5.1%

3.4 本章のまとめ

本章では、住宅の耐震・エネルギー対策について、愛知県を対象に現状を分析し、必要な施策と課題について検討した。それぞれにおいて、改修コストの低減が共通の課題であることを踏まえると、一体的な計画に向け、昭和 55 年（1980 年）以前の住宅が、耐震対策が必要な新耐震基準制定前、エネルギー対策が特に必要な省エネ基準制定前である住宅という点に着目し、同時に施工することでコスト低減を図る手法が考えられる。

各検討事項のまとめは以下のとおりである。

3.4.1 住宅の耐震化

これまでの耐震診断・耐震改修の補助実績や進捗状況の分析により、改修コストにおける所有者負担の軽減は、耐震化の促進に効果が高いため、補助事業を継続するとともに、さらなる補助金の拡充や制内容の見直しの検討の必要性がある。

さらに、特に判定値の悪い住宅や築年数の古い住宅対象に、段階的耐震改修や耐震シェルター設置の促進といった住宅が倒壊したとしても生命を守るための減災化施策や耐震改修だけでなく建替え促進の必要性がある。

今後の課題としては、地区別の耐震診断・耐震改修進捗率に関係があるとみられる住宅をめぐる地域性に加え、東海・東南海・南海地震等の連動発生を想定した被害予測調査による想定震度、液状化、津波といった被災危険度を踏まえ、地域の特性に即した効果的な施策を展開する必要がある。

3.4.2 住宅の省エネ化

愛知県の昭和 55 年（1980 年）以前に建てられた木造住宅を省エネ改修した場合の冷暖房エネルギー消費量の削減効果について試算した。昭和 55 年（1980 年）以前の耐震改修されていないすべての木造住宅に対し、外皮全体（天井＋外壁＋開口部＋最下階床）を平成 11 年基準相当に改修した場合、全県の冷暖房エネルギー消費量に対し約 5.1%の削減効果であり、費用対効果を考えると、省エネ改修の単独施工の推進は現実的に厳しいと考えられる。現実的な省エネ改修を考えると、天井や壁仕上げを撤去して、壁に合板や筋交いを入れ補強する耐震補強と同時に行い、工事費用を抑える必要がある。

今後の課題として、耐震改修時に省エネ改修を同時に施工し共通工程の併用できることによる費用対効果の向上を検証する必要がある。また、耐震改修には、耐震評点のような指標があり、コストに応じた安全性能が選択できるように、省エネ改修についても、エネルギー消費量の削減量などの省エネ改修効果を示していく必要がある。

第4章

4. 既存木造住宅の耐震・省エネ改修の同時施工によるコストメリットに関する研究

4.1 概説

4.2 耐震改修と省エネ改修

4.3 モデル住宅について

4.4 同時施工の基礎的検討

4.5 同時施工のメリットを活かした低コスト化の検討

4.6 個室に限定した省エネ改修の検討

4.7 省エネ改修による暖房エネルギー削減効果

4.8 間接的便益等を含めた評価

4.9 本章のまとめ

4. 既存木造住宅の耐震・省エネ改修の同時施工によるコストメ리트に関する研究

4.1 概説

2 度のオイルショックを経て、昭和 54 年(1979 年)6 月に制定された省エネルギー(以下、省エネという)法に基づき、住宅や建築物の省エネ対策について定められた基準である省エネ基準が制定された。その後、昭和 55 年(1980 年)に何度か改正され、適用範囲の拡大、基準値の改正、届出の義務化など頻繁に改正が行われた。背景となったエネルギーに関わる社会経済情勢とその対策として、1970 年代のオイルショックと省エネ、1990 年代の地球温暖化と CO₂ 削減、平成 23 年(2011 年)の原発事故とピーク電力抑制などがあった。

エネルギー消費量の増加と温室効果ガス排出量の増大を受け、住宅・建築物部門では省エネ・地球温暖化対策の一層の充実が求められる中、平成 25 年 10 月に、省エネルギー(以下、省エネという)基準が改正された。これによって、すべての新築住宅は平成 32 年(2020 年)までに新基準への適合義務付けに向け、一步進んだ省エネ性能が求められることになった。このように、新築住宅に関しては、省エネ法が順次強化されるとともに、多彩な省エネ手法が提案・実用化[33]され、その結果、全般的に見れば新しい住宅ほど省エネ性能が向上してきた。

一方、既存住宅については、平成 27 年 2 月に公表された平成 25 年度住宅・土地統計調査結果[34]では、全国 5,200 万戸の既存住宅があり、省エネ基準制定前の昭和 55 年(1980 年)以前の住宅が約 1,400 万戸(27%)と多く、特にこれらの住宅を中心に住宅の省エネ化は重要な課題[35]である。

しかし、実態として既存住宅の省エネ改修は進んでおらず[36]、その理由の一つとして、費用対効果について数値的根拠を添えて明確に提示できないために、建物所有者に省エネ改修などの効果を十分に認識されていないこと[37]等が考えられる。とりわけ既存ストックの多い温暖地では断熱改修に対する優先順位は低い[38]。

さらに、改修コストの問題として、昭和 55 年以前の住宅所有者の年齢層[39]を想定すると、改修工事に投入できるコストは多くはないと予測されるので、これまで以上にコストダウンが必要である。

そこで、本研究では、省エネ基準制定前の昭和 55 年(1980 年)以前の住宅は、新耐震基準前(昭和 56 年)の住宅でもあり、耐震改修の必要があることに着目した[40]。省エネ化、耐震化の両者とも重要な課題ではあるが、個別に単独施工するとコストがかかる。しかし、一般的な耐震改修の場合、天井や壁仕上げを撤去して、壁に合板や筋交いを入れ補強するため、同時に断熱材などを充填できれば工事費用を抑えることができる。耐震改修と省エネ改修の特性があるため、一概には言えないが、工夫し耐震・省エネ改修を同時に行えば、共通する工程を併用することにより費用対効果が向上す

ると考えられる。

また、比較的投入コストの少ない手法として、例えば、一般に温暖地では局所間欠暖房を採用したライフスタイルが想定される[41]ので、在室時間の長い居間等を対象とした小規模改修でも暖房負荷削減が期待される。既往の研究として斎藤ら[42]により、部分断熱改修が室内温熱環境改善効果の向上の観点で有効な手法であることが報告されている。近年は、こうした手法に対して、温熱環境・健康指標への効果検証も報告[43]～[45]されており、本研究では全体改修だけでなく部分改修についても有効な手法として検討することとした。

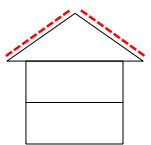
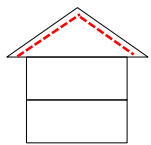
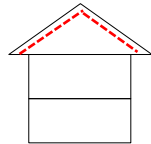
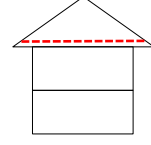
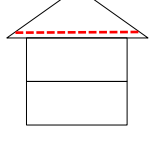
さらに、省エネ改修は、改修に要する費用をエネルギーコストで回収するには長期間を要するため、住宅の残りの耐用年数を考慮すると、直接的便益だけで省エネ改修を促進させるのは難しいのが現状である。既往の研究として伊香賀ら[46]は、住宅の断熱・気密性能の向上は室内の温熱環境の改善にもつながることに着目し、直接的便益だけではなく、寒さに起因する疾病等を予防し居住者の健康維持がもたらす間接的便益を鑑みた場合の投資回収年数を評価し、高断熱・高气密住宅に投資することの経済効果について報告している。このような研究に関連して、例えば、住宅と健康に関する文献[47]として、David Ormandy らは、居住環境の快適温度と健康増進や社会的経済効果の関係について報告している。さらに、Philippa Howden-Chapman ら[48]により、ニュージーランドの 7 つの低い収入コミュニティ、1,350 世帯 4,407 人を対象とし、住宅の断熱性能と居住者の健康との関係について断熱改修前後の住宅室内環境と居住者の健康状態の変化に関する調査がなされている。国内では、伊香賀ら[49]～[51]が、高断熱住宅への住み替え前後のアンケート調査、室内温湿度、血圧、睡眠、体温の測定結果を比較することで、住宅の断熱性能向上が居住者の健康状態に与える影響を報告している。本研究の趣旨としても、直接的な「エネルギー削減効果」以外の付加価値も含めて評価することは、インセンティブをより強調する意味で有効であるため、前述の研究成果をもとに試算することとした。

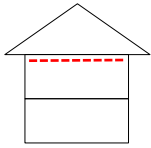
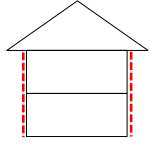
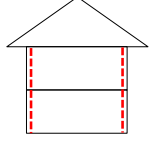
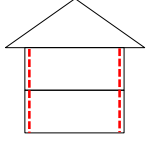
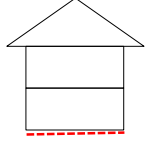
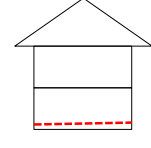
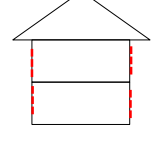
これらの既往の研究を踏まえ、本研究では、改修コストや工事費回収年数の課題を抱えた既存木造住宅の省エネ化に対して、改修コスト低減に有効な手法の一つとして耐震改修と省エネ改修の同時施工を提案しコストメリットについて検討した。さらに、エネルギー削減効果という直接的便益、伊香賀ら[46]の研究を参考とした健康維持による間接的便益を用いて工事費の評価を行った。

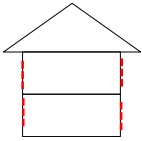
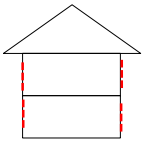
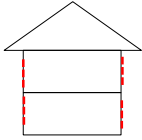
4.2 耐震改修と省エネ改修

表 4.1 に省エネ改修のパターンを示す。また、同表に同時施工することができる耐震改修可能部位と効率性を示す。全体として、省エネ改修と耐震改修は、改修する部位が共通しているケースが多いが、同時施工の効率性を考慮すると、バラツキがある。耐震改修の場合、壁、天井、床を撤去して施工するケースが多いため、天井の敷込断熱工法、壁・床の充填断熱工法が同時改修する上で効率的である。

表 4.1 省エネ改修のパターン

部位	工法	イメージ図	概要	耐震改修可能部位	耐震改修と同時施工の効率性
屋根	外張断熱工法		既存の屋根を撤去し野地板の上面に断熱材を張り付ける	屋根の軽量化	△(屋根軽量化が高コスト)
	吹付断熱工法		小屋裏から野地板の裏面に断熱材を吹き付ける。天井面に断熱材がある場合は、残して2重断熱とする方法と、天井と断熱材を撤去して小屋裏を室内化する方法がある。専門業者施工	壁、接合部	△
	充填断熱工法		小屋裏から垂木間に断熱材を充填する。既存天井面を撤去して勾配天井などに改装する場合に適している	壁、接合部	△
天井	吹込断熱工法		バラ状の断熱材を専門機械で吹きこむ。施工前に外壁・間仕切壁上部のこぼれ防止として気流止めを設置する。専門業者施工	接合部	△
	敷込断熱工法		防湿フィルム付きのマット状断熱材を隙間無く敷詰めます。	壁、接合部	◎

	内張断熱工法		既存天井面を下地として断熱材を張付ける	壁、接合部	○
壁(外壁・間仕切り壁)	外張断熱工法		既存外装を撤去するかもしれないが、既存外装を下地として躯体の外側に断熱材を設置する	壁、接合部	△
	充填断熱工法		既存外装を撤去もしくは室内側の内装を撤去して、柱・間柱に断熱材を充填する	壁、接合部	◎
	内張断熱工法		既存内装を下地として断熱材を張付ける	壁、接合部	◎
床(最下階床)	充填断熱工法		床下もしくは室内側から根太間や大引き間に断熱材を充填する。床下から設置する場合は、断熱材を根太・大引き間に充填して落下/垂れ下がり防止用の受け材を設置する。室内側からの施工では、床仕上げ材を撤去し、新築と同様の施工	基礎、接合部	◎
	内張断熱工法		室内側から床材に断熱材を張付ける		△
開口部	アタッチメント工法		既存のサッシはそのまま、ガラスだけをアタッチメントを介して高性能ガラスに交換		×

	カバー工法		既存サッシに新たにかぶせる形で新たにサッシを設置する		×
	カット工法		外壁をカットして既存サッシを取り除き、新たにサッシを設置する	壁	△
	二重化工法		室内側に内窓を追加する		×

4.3 モデル住宅の概要

4.3.1 全国的な温暖地の住宅の傾向

図 4.1 に全国的な温暖地の湿式・乾式別の外壁の割合を示す[52]。傾向としては、湿式工法に占める割合は、モルタルが高く、乾式工法に占める割合は、サイディングが多い。文献[32]のモデル住宅は、比較的温暖な地域(平成 11 年省エネ基準のⅣ地域)の一戸建の木造住宅を想定しており、全国的な温暖地の傾向と同様に、湿式工法によるモルタルの外壁であるため、本研究のケーススタディのモデル住宅として用いることとした。

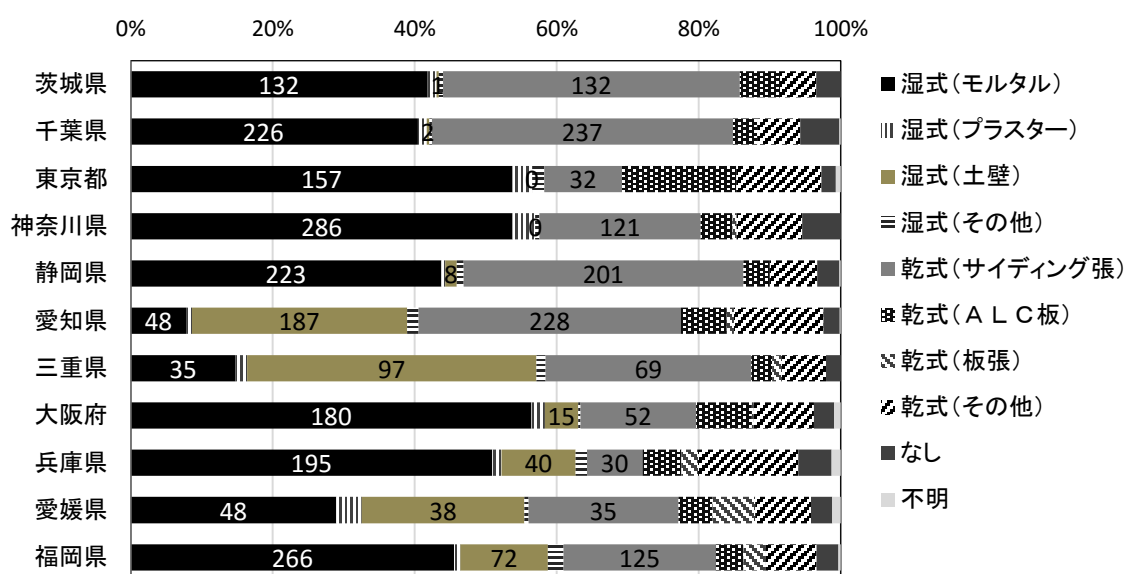


図 4.1 全国的な温暖地の湿式・乾式別の外壁の割合[52]

4.3.2 モデル住宅の概要

文献[32]のモデル住宅について、図 4.2 に平面図、図 4.3 に基礎伏図、図 4.4 に断面図を示す。また、モデル住宅の仕様を表 4.2 に示す。また、耐震性能は、判定値 0.15(倒壊する危険性が高い)、省エネ性能は、熱損失係数 $4.95\text{W/m}^2\text{K}$ (昭和 55 年省エネ基準相当)である。

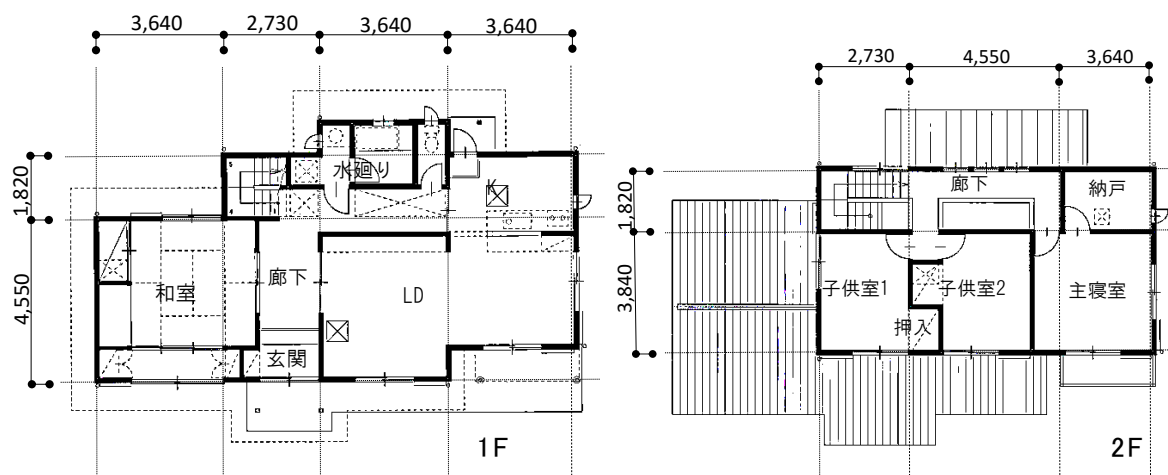


図 4.2 モデル住宅の平面図

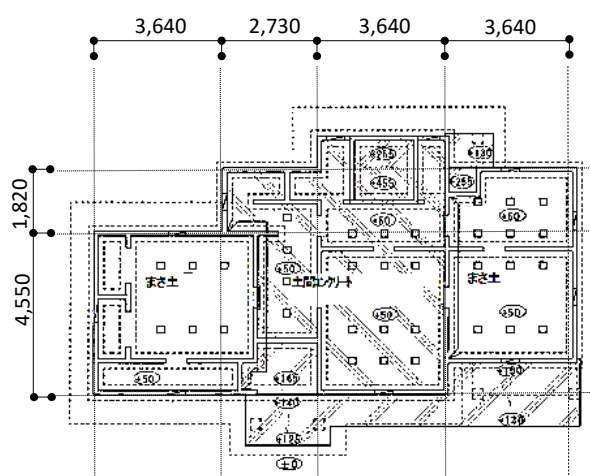


図 4.3 モデル住宅の基礎伏図

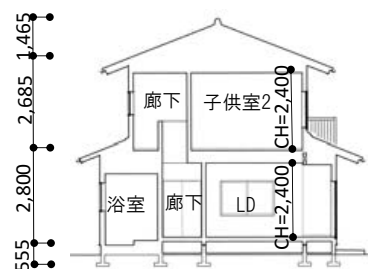


図 4.4 モデル住宅の断面図

表 4.2 モデル住宅の仕様

項目	内容
竣工年	昭和55年以前
構造	木造2階建て
面積	1F: 80.33㎡ 2F: 54.65㎡ 合計: 134.98㎡
仕様	屋根: 和瓦 天井: 繊維板 $t=9\text{mm}$ (GW10K $t=25\text{mm}$) 外壁: ラスモルタル・リシン $t=20\text{mm}$ (GW10K $t=50\text{mm}$) 筋交なし 内壁: 化粧合板 $t=4.5\text{mm}$ 筋交なし 開口部: アルミサッシ・シングルガラス 床: フローリング 無断熱 基礎: 無筋コンクリート布基礎でひび割れのない健全な基礎
耐震性能	判定値: 0.15 (倒壊する危険性が高い)
省エネ性能	熱損失係数: $4.95\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ (昭和55年基準相当)

耐震性能：国土交通省監修の資料「木造住宅の耐震診断と補強方法」に基づき、一般診断法にて算定

4.4 同時施工の基礎的検討

一般的に、耐震改修を単独施工する場合、まず耐震診断を行い、その結果に基づいて弱点となる壁量の少ない箇所を中心に、建物全体のバランスかつコストを考慮し効果的な補強方法を選択する。そのため、外壁などは、内側から補強する方が外部足場や外装など間接的な工事費用が掛からない場合が多い。

省エネ改修の場合、一定の基準を満たすためには、外皮全体を改修する必要がある、特に外壁に対する断熱工法選定がコストに大きな影響を持つ。そして、高い断熱性・気密性を確保しようとする、断熱材を柱・梁の外側に切れ目なく連続して施工できる外張断熱工法の選択が考えられるが、外部足場や外装など間接的な工事費用が掛かるため、全体の工事費が高くなる。

さらに、耐震・省エネ同時施工の観点からも上記のような内側から補強する耐震改修と外側から施工する省エネ改修の組合せでは、共通工程が少なくメリットが得られない。

一方、比較的安価な省エネ改修として、断熱材が途切れてしまい断熱性能はやや劣るが、柱・間柱間に断熱材を充填する充填断熱工法や既存内装を下地として断熱材を張付ける内張断熱工法がある。これらの工法であれば内側からの施工が可能のため、外部足場や外装など間接的な工事費用は抑えられるうえに、内側から施工する耐震改修との同時施工のメリットも考えられる。

以上のことより、本章ではまず、表 4.3 に示すようにそれぞれ、耐震・省エネ改修それぞれが単独で行われる場合、一般的に行われる耐震改修 A、省エネ改修 A を設定し、さらに耐震改修 A と共通工程が多いと考えられる省エネ改修 B を設定し、工事費の試算を行った。

表 4.3 同時施工の基礎的検討における改修方法

改修パターン		概要	改修方法	施工場所
耐震改修	耐震改修A	耐震改修の単独施工を想定したプラン	基礎・壁補強	内部
省エネ改修	省エネ改修A	主に建物外部から外皮全体を対象とした大規模な改修	外張断熱工法	外部
	省エネ改修B	建物内部から外皮全体を対象とした大規模な改修	内張断熱工法	内部

工事費の試算条件について、コストの目安はモデル住宅を基に、実際の改修工事を想定し、その工事に必要な建材・部材、断熱材等を積算した。

既存建物の改修対象部位の解体費用、耐震改修を施工する工事費用、断熱を施工する工事費用、内外装などの仕上げ工事が伴う場合の費用等を施工数量（施工面積、施工延長、施工個所）に応じて算出した。

上記により算出された主要な工事の単価を表 4.4 に示す。

表 4.4 主要な工事の単価

工種	工事	内容	単価
仮設工事	外部足場	外部足場損料 メッシュ養生 足場昇降設備	1,006円／㎡
基礎工事	鉄筋コンクリート布基礎	掘削 配筋・型枠 コンクリート打設	30,126円／m
木工事	省エネ改修A	外壁下地等	2,429円／㎡
	省エネ改修B	壁下地PB材 壁下地PB張施工	1,107円／㎡
	省エネ部分改修	壁・天井下地材 壁・天井施工費	7,847円／㎡
	耐震改修A	合板・筋交い・金物 耐震補強施工費 床・天井復旧含む	28,584円／㎡
	耐震改修B	合板・筋交い・金物 耐震補強施工費 外壁下地含む	16,534円／㎡
	耐震改修C	合板・筋交い・金物 耐震補強施工費 床・天井復旧含む	26,038円／㎡
断熱工事	外張断熱工法	壁・天井・床断熱 気流止め サッシ二重化など	3,977円／㎡
	内張断熱工法	壁・天井・床断熱 気流止め サッシ二重化など	3,505円／㎡
	充填断熱工法	壁・天井・床断熱 気流止め サッシ二重化など	2,049円／㎡
外装工事	サイディング張り	防水紙 化粧サイディング 水切り取替え	10,633円／㎡

上記の積算にあたって施工数量に応じてスケールメリットを考慮している。

積算に用いた材料費の単価は、平成 27 年時点の仕入れ価格とし、サッシ等は、メーカーのカタログ価格の 47%を計上した。

4.4.1 耐震改修Aの改修計画と工事費

(1)改修計画

耐震改修 A の耐震改修平面図を図 4.5、耐震改修基礎伏図を図 4.6 に示す。単独施工を想定したプランであり、耐震改修のみのコスト効率を最優先としている。建物全体のバランスを考慮しつつ、開口部が多く、壁量の少ない LDK 廻りの壁、押入、納戸の袖壁など隠れる部分を中心に、筋交い、構造用合板、金物などで補強する計画である。補強する壁は最小限とし、併せて基礎補強も行うことで、「一応倒壊しない」とされる判定値 1.0 以上を確保している。

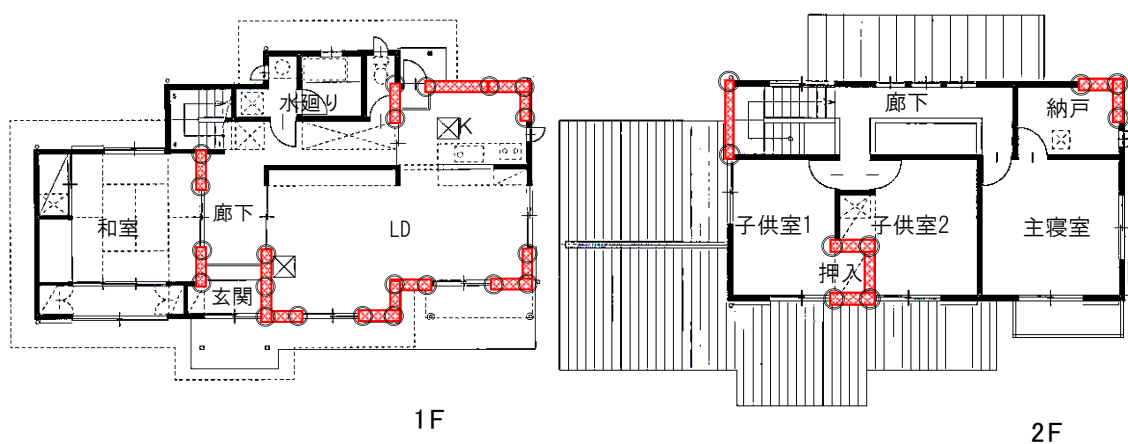


図 4.5 耐震改修Aの耐震改修平面図

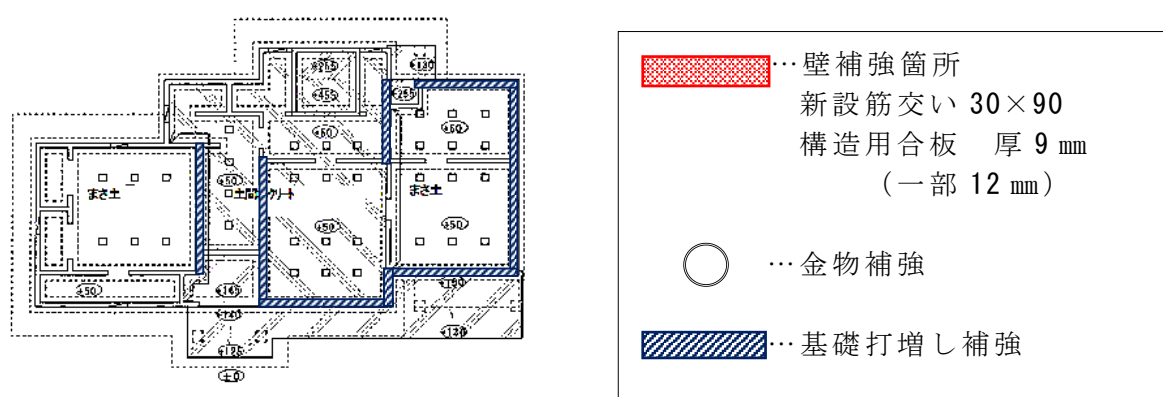


図 4.6 耐震改修Aの耐震改修基礎伏図

(2)改修工事費

表 4.6 に耐震改修 A の工事費試算を示す。木工事と基礎工事の占める割合が大きく、それぞれの主な内訳として、木工事は、筋交いや構造用合板による耐震補強施工費等、基礎工事は、鉄筋・型枠施工費等である。

4.4.2 省エネ改修 A の改修計画と工事費

(1)改修計画

図 4.7 に省エネ改修 A の平面図、図 4.8 に省エネ改修 A の断面図、表 4.7 に省エネ改修 A の仕様を示す。省エネ性能については、改修範囲を建物全体とし、各部位の仕様が平成 11 年省エネ基準相当（熱損失係数 $2.7\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ 以下）の断熱水準を満たすことで、熱損失係数は $4.95\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ から $2.34\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ に削減する。外壁については、既存の断熱材を活用し、さらに外壁の外側から断熱材を付加する外張断熱工法とした。

表 4.6 耐震改修 A の工事費試算

記号	工事名称	主な内訳	金額(円)
1	仮設工事	室内養生、クリーニング費等	149,130
2	解体工事	壁・床・天井撤去費	261,160
3	基礎工事	鉄筋・型枠施工費等	795,319
4	木工事	耐震補強施工費等	1,717,875
5	内装工事	壁・天井クロス張り施工費等	122,400
6	電気設備工事	コンセント・スイッチ類脱着	45,000
7	諸経費	(1～6)計×5%	154,544
	▲端数切捨		▲ 4,687
	消費税		259,259
	合計		3,500,000

NPO 法人耐震化アドバイザー協議会の見積りをもとに作成

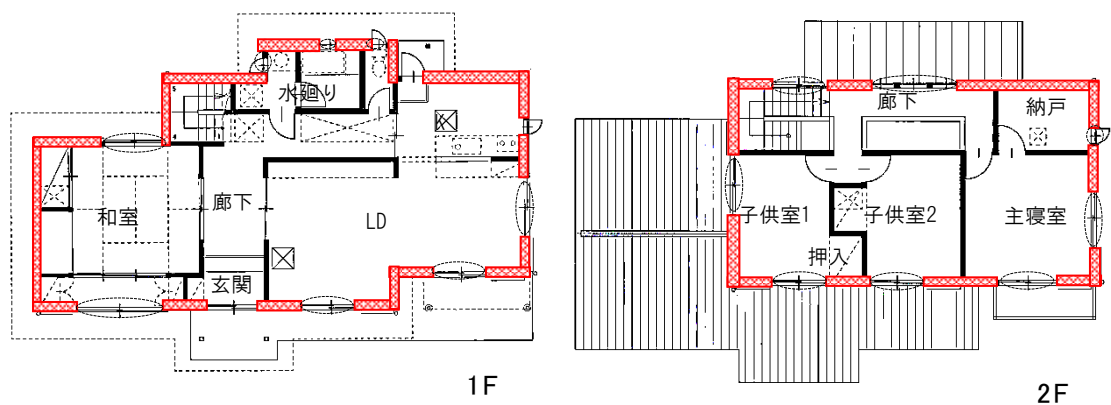


図 4.7 省エネ改修 A の平面図

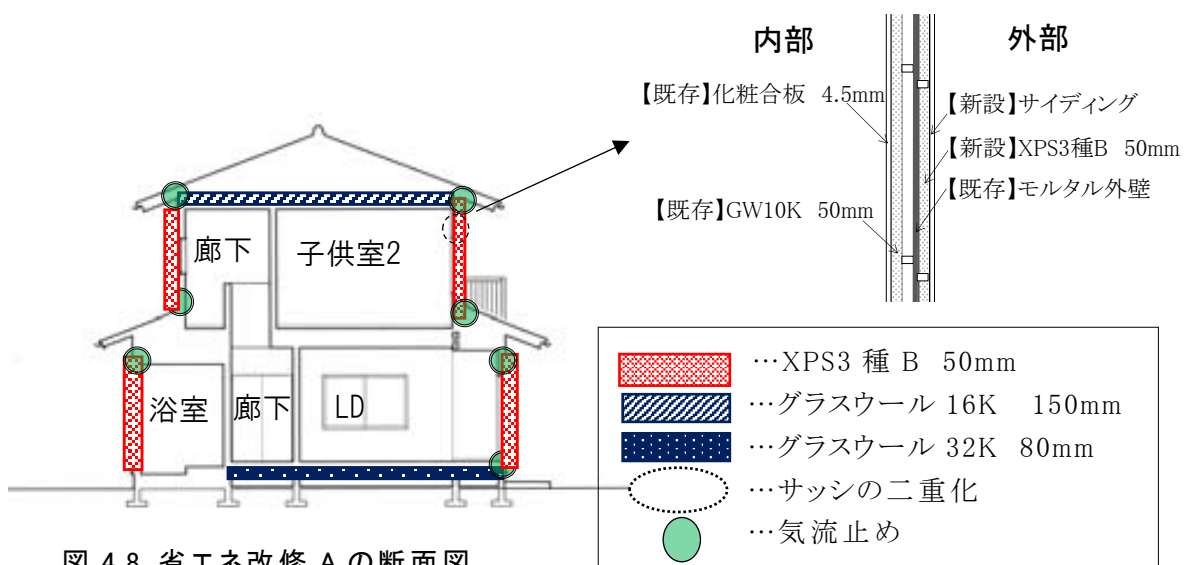


図 4.8 省エネ改修 A の断面図

表 4.7 省エネ改修 A の仕様

部位	改修前の仕様	断熱改修手法
天井	繊維板 GW10K t=25mm	グラスウール16K 150mmを敷設 (既存の断熱材を活用)
外壁	ラスモルタル・リシン GW10K t=50mm	外壁に断熱材を付加(既存の断熱材を活用): XPS3種B t=50mm
内壁	化粧合板	
開口部	アルミサッシ・シングルガラス	全ての開口部の二重サッシ化: 既存アルミサッシ・シングル+樹脂サッシ・シングル
床	フローリング 無断熱	床下から断熱材を設置 GW32K t=80mm

(2)改修工事費

表 4.8 に省エネ改修 A の工事費試算を示す。工事費のうち、断熱工事と外装工事の占める割合が大きい。断熱工事は、断熱材やサッシなどの建材費やそれらの施工費が占めており、外装工事は、サイディング張り費である。

4.4.3 省エネ改修 B の改修計画と工事費

(1)改修計画

図 4.9 に省エネ改修 B の平面図、図 4.10 に省エネ改修 B の断面図、表 4.9 に省エネ改修 B の仕様を示す。省エネ改修 A と同様に省エネ性能については、各部位の仕様が平成 11 年省エネ基準相当（熱損失係数 $2.7\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ 以下）の断熱水準を満たすことで、熱損失係数は $4.95\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ から $2.54\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ に削減する。外壁周りについては、内部から既存壁の上に断熱材を張付ける内張断熱工法とした。室内側は、断熱材と P B 分狭くなり、また内部中心の工事となるため家具などの移動が発生する。

(2)改修工事費

表 4.8 に省エネ改修 B の工事費試算を示す。工事費のうち、断熱工事が大きく断熱材やサッシなどの建材費やそれらの施工費が占めている。また、断熱工事が内部からの施工となるため、省エネ改修 A に対して、壁の P B 張りやクロス張りの工事費が掛かるが全体の工事費は、1/2 以下に抑えられる。

表 4.8 省エネ改修 A の工事費試算

記号	工事名称	主な内訳	金額(円)
1	仮設工事	外部足場、メッシュ養生等	307,886
2	木工事	外壁下地等	381,840
3	断熱工事	断熱材材料費・施工費 サッシ材料費・施工費	1,401,535
4	外装工事	サイディング張り費等	1,671,492
5	電気設備工事	電気メーター脱着等	85,000
6	附帯雑工事	外壁廻り器具脱着等	201,000
7	諸経費	(1～6)計×5%	202,438
	▲端数切捨		▲ 1,191
	消費税		340,000
	合計		4,590,000

NPO 法人耐震化アドバイザー協議会の見積りをもとに作成

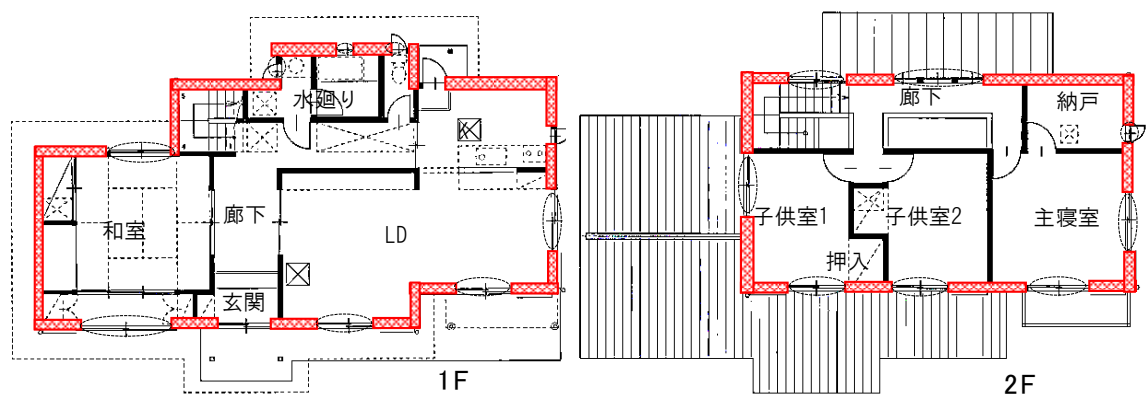


図 4.9 省エネ改修 B の平面図

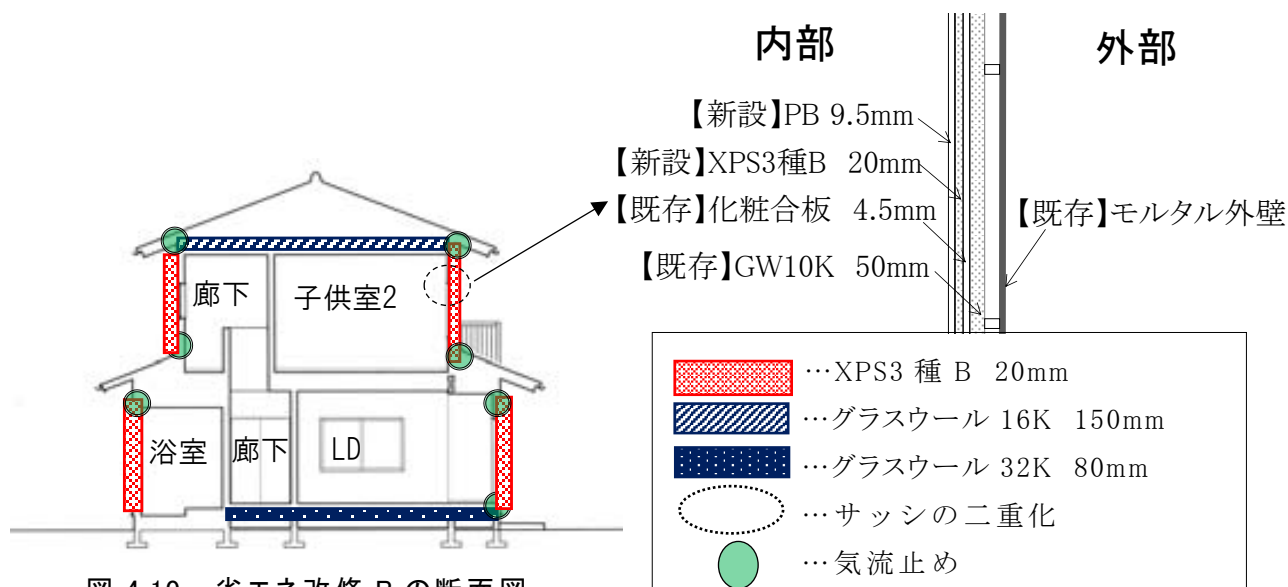


図 4.10 省エネ改修 B の断面図

表 4.9 省エネ改修 B の仕様

部位	改修前の仕様	断熱改修手法
天井	繊維板	グラスウール16K 150mmを敷設 (既存の断熱材を活用)
	GW10K t=25mm	
外壁	ラスモルタル・リシン	外壁に断熱材を付加(既存の断熱材を活用): XPS3種B t=20mm
	GW10K t=50mm	
内壁	化粧合板	
開口部	アルミサッシ・シングルガラス	全ての開口部の二重サッシ化: 既存アルミサッシ・シングル+樹脂サッシ・シングル
床	フローリング	床下から断熱材を設置 GW32K t=80mm
	無断熱	

4.4.4 同時施工によるコストメリットの検討

(1)耐震改修 A と省エネ改修 A の同時施工

表 4.10 に耐震改修 A と省エネ改修 A の同時施工の工事費試算を示す。同時に施工することで共通工程の併用により、仮設工事、解体工事において、コスト削減した。しかし、全体としては、耐震改修 A と省エネ改修 A の単独施工時の合計が 8,090,000 円であるのに対して、同時施工することにより 7,920,000 円となり 170,000 円の削減であった。耐震改修 A プランの場合、建物全体のバランスを考慮し、壁量の少ない箇所をピンポイントに内部から工事するのに対し、省エネ A プランは、一定の基準を満たすために、部位ごとにかつ建物全体を工事する必要がある、特に壁については外部からの工事になるので、相互に施工範囲が異なる。そのため、共通工程の発生が少なく、同時施工することによるコストメリットがほとんどないと考えられる。

表 4.10 耐震改修 A と省エネ改修 A の同時施工の工事費試算

記号	工事名称	主な内訳	耐震A+省エネA(円)	同時改修(円)
1	仮設工事	室内養生、クリーニング費等 外部足場、メッシュ養生等	457,016	307,886
2	解体工事	外壁撤去費、廃材処分費等	261,160	261,160
3	基礎工事	鉄筋・型枠施工費等	795,319	795,319
4	木工事	耐震補強施工費等 天井施工費等	2,099,715	2,099,715
5	断熱工事	断熱材建材費・施工費 サッシ建材費・施工費	1,401,535	1,401,535
6	外装工事	サイディング張り費等	1,671,492	1,671,492
7	内装工事	クロス張り施工費等	122,400	122,400
8	電気設備工事	コンセント・スイッチ類脱着 電気メーター脱着等	130,000	130,000
9	附帯雑工事	外壁廻り器具脱着等	201,000	201,000
10	諸経費	(1～9)計×5%	356,982	349,525
	▲端数切捨			▲ 6,699
	消費税			586,667
	合計			7,920,000

NPO 法人耐震化アドバイザー協議会の見積りをもとに作成

(2)耐震改修 A と省エネ改修 B の同時施工

表 4.11 に耐震改修 A と省エネ改修 B の同時施工の工事費試算を示す。同時に施工することで共通工程の併用により、木工事、内装工事、電気設備工事でコスト削減した。しかし、全体としては、耐震改修 A と省エネ改修 B の単独施工時の合計が 5,790,000 円であるのに対して、同時施工することにより 5,600,000 円となり 190,000 円削減であった。共通工程は、内装の壁復旧のみと少ないため、同時施工することによるコストメリットがほとんどないと考えられる。

表 4.11 耐震改修 A と省エネ改修 B の同時施工の工事費試算

記号	工事名称	主な内訳	耐震A+省エネB(円)	同時改修(円)
1	仮設工事	室内養生、クリーニング費等 外部足場、メッシュ養生等	210,130	210,130
2	解体工事	外壁撤去費、廃材処分費等	261,160	261,160
3	基礎工事	鉄筋・型枠施工費等	795,319	795,319
4	木工事	耐震補強施工費等 天井施工費等	2,107,875	2,047,875
5	断熱工事	断熱材建材費・施工費 サッシ建材費・施工費	1,235,033	1,235,033
6	内装工事	クロス張り施工費等	343,400	271,800
7	電気設備工事	コンセント・スイッチ類脱着	98,000	53,000
8	附帯雑工事	キッチン脱着等	65,000	65,000
9	諸経費	(1～8) 計 × 5%	255,796	246,966
	▲端数切捨			▲ 1,098
	消費税			414,815
	合計			5,600,000

NPO 法人耐震化アドバイザー協議会の見積りをもとに作成

4.5 同時施工のメリットを活かした低コスト化の検討

4.4 の検討により、耐震・省エネ改修の同時施工については、施工範囲を重複させ共通工程を増やさないとコストメリットを得られない。そこで本章ではまず、表 4.12 に示すように、省エネ改修 A との同時施工を想定し、外側からの耐震補強を中心とした耐震改修 B を設定し、さらに、安価な手法である省エネ改修 B との同時施工を想定した内側からの耐震補強である耐震改修 C を設定し、同時施工のコストメリットについて検討した。

表 4.12 4.5 で検討する改修方法

改修パターン		概要	改修方法	施工場所
耐震改修	耐震改修B	省エネAプランと同時施工を想定した耐震改修プラン	基礎・壁補強	外部 (一部内部)
	耐震改修C	省エネBプランと同時施工を想定した耐震改修プラン	壁補強	内部
省エネ改修	省エネ改修A	主に建物外部から外皮全体を対象とした大規模な改修	外張断熱工法	外部
	省エネ改修B	建物内部から外皮全体を対象とした大規模な改修	内張断熱工法	内部

4.5.1 耐震改修Bの改修計画と工事費

(1)改修計画

省エネ改修 A と同時施工を想定した耐震改修 B の耐震改修平面図を図 4.11、耐震改修基礎伏図を図 4.12 に示す。既存外壁を撤去し、外部から耐震補強する上部構造中心の補強であるが、多くの外壁を補強することで「一応倒壊しない」とされる判定値 1.0 以上を確保している。

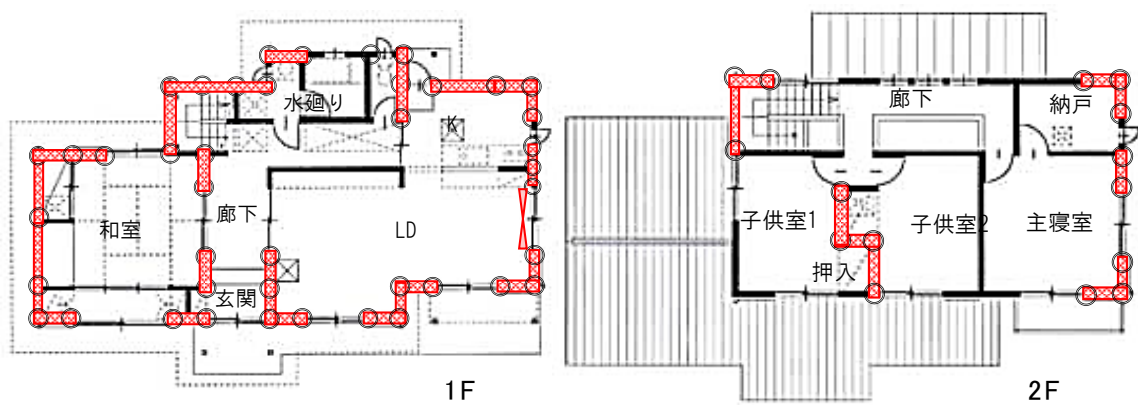


図 4.11 耐震改修 B の耐震改修平面図

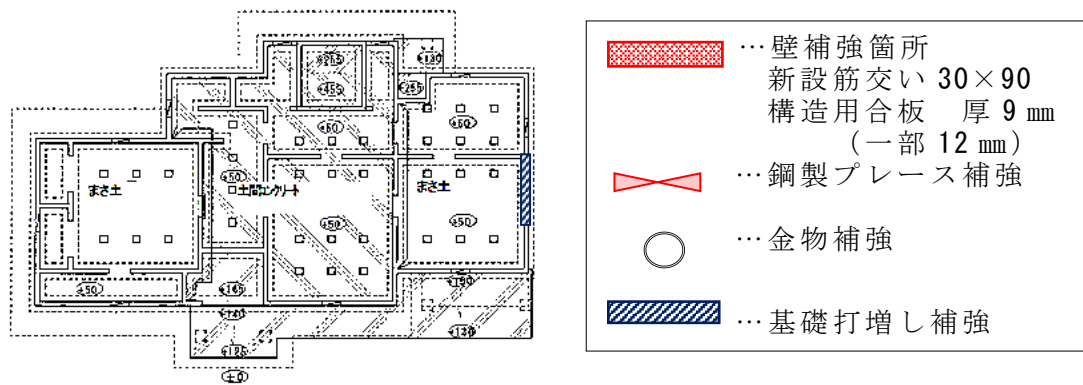


図 4.12 耐震改修 B の耐震改修基礎伏図

(2)改修工事費

表 4.13 に耐震改修 B の工事費試算を示す。木工事と外装工事の占める割合が大きく、また、耐震改修 A に対して、約 1.8 倍の工事費が掛かる。

4.5.2 耐震改修 C の改修計画と工事費

(1)改修計画

省エネ改修 B と同時施工を想定した耐震改修 C の耐震改修平面図を図 4.13 に示す。既存の外周部の内装を撤去し、内部から多くの外壁を耐震補強することで「一応倒壊しない」とされる判定値 1.0 以上を確保している。室内側は、構造用合板分狭くなり、また内部中心の工事となるため家具などの移動が発生する。

(2)改修工事費

表 4.14 に耐震改修 C の工事費試算を示す。木工事の占める割合が大きく、また、耐震改修 A に対して、若干ではあるが工事費がかかる。

表 4.13 耐震改修Bの工事費試算

記号	工事名称	主な内訳	金額(円)
1	仮設工事	外部足場、メッシュ養生等	307,886
2	解体工事	内外壁・床・天井撤去費	604,830
3	基礎工事	鉄筋・型枠施工費等	82,800
4	木工事	耐震補強施工費、外壁下地等	2,599,250
5	外装工事	サイディング張り費等	1,671,492
6	内装工事	壁・天井クロス張り施工費等	61,200
7	電気設備工事	電気メーター脱着等	85,000
8	附帯雑工事	外壁廻り器具脱着等	201,000
9	諸経費	(1～8)計×5%	280,673
	▲端数切捨		▲ 5,242
	消費税		471,111
	合計		6,360,000

NPO 法人耐震化アドバイザー協議会の見積りをもとに作成

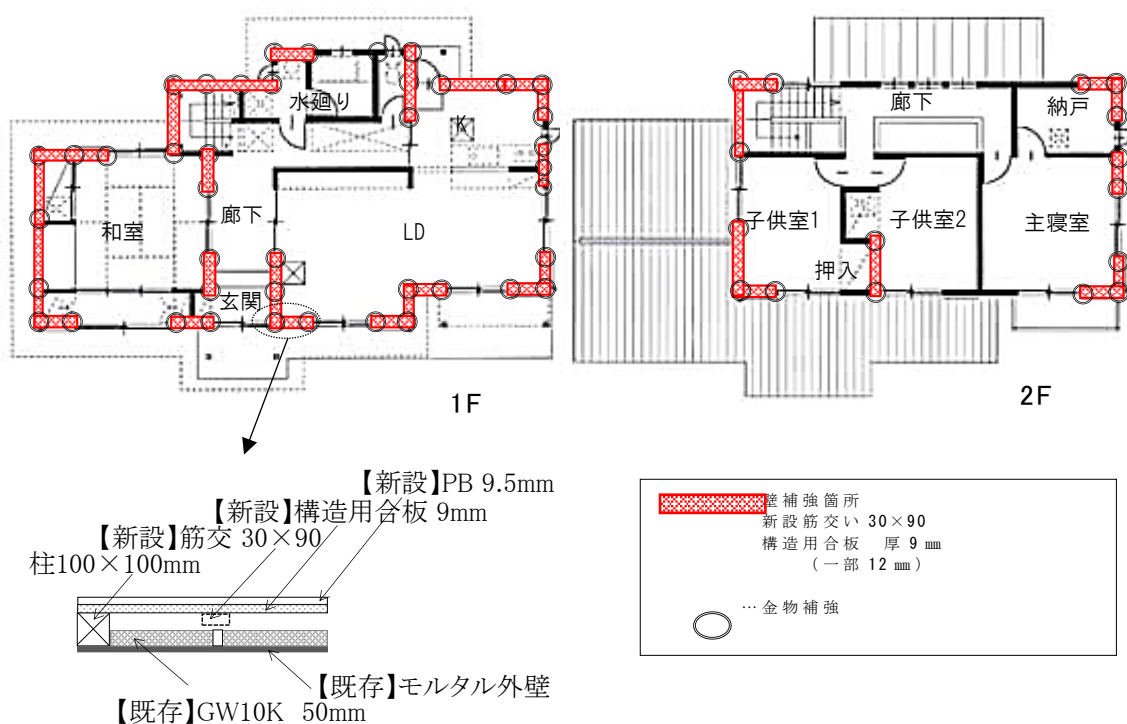


図 4.13 耐震改修 C の耐震改修平面図

表 4.14 耐震改修 C の工事費試算

記号	工事名称	主な内訳	金額(円)
1	仮設工事	内部足場、完成時クリーニング	61,000
2	解体工事	内装(壁・天井、床)撤去費	370,000
3	木工事	耐震補強施工費、内装下地等	2,376,410
4	内装工事	壁・天井クロス張り施工費等	248,200
5	電気設備工事	コンセント・スイッチ類脱着	53,000
6	附帯雑工事	キッチン脱着等	65,000
7	諸経費	(1～6)計×5%	158,681
	▲端数切捨		▲ 8,216
	消費税		265,926
	合計		3,590,000

NPO 法人耐震化アドバイザー協議会の見積りをもとに作成

4.5.3 同時施工によるコストメリットの検討

(1)耐震改修 B と省エネ改修 A の同時施工

表 4.15 に耐震改修 B と省エネ改修 A の同時施工の工事費試算を示す。同時に施工することで共通工程の併用により、サイディング張り等の外装工事、仮設工事、解体工事等で、特に大幅にコスト削減している。全体としては、省エネ改修 A と耐震改修 B の単独施工時の合計が 10,950,000 円であるのに対して、同時施工することにより、7,950,000 円となり 3,000,000 円の削減であった。しかし、省エネ改修 A と耐震改修 A の同時施工と比べて、工事費はほぼ同額である。施工箇所が外部に集中しているため、居住空間との交錯は少なく施工性の効率は良いが、省エネ改修 A と耐震改修 B の同時施工のコストメリットは小さい。

表 4.15 耐震改修 B と省エネ改修 A の同時施工の工事費試算

記号	工事名称	主な内訳	耐震B+省エネA(円)	同時改修(円)
1	仮設工事	室内養生、クリーニング費等 外部足場、メッシュ養生等	615,772	307,886
2	解体工事	外壁撤去費、廃材処分費等	604,830	604,830
3	基礎工事	鉄筋・型枠施工費等	82,800	82,800
4	木工事	耐震補強施工費等 天井施工費等	2,981,090	2,599,250
5	断熱工事	断熱材建材費・施工費 サッシ建材費・施工費	1,401,535	1,401,535
6	外装工事	サイディング張り費等	3,342,984	1,671,492
7	内装工事	クロス貼り施工費等	61,200	61,200
8	電気設備工事	電気メーター脱着等	170,000	85,000
9	附帯雑工事	外壁廻り器具脱着等	402,000	201,000
10	諸経費	(1～9)計×5%	483,111	350,750
	▲端数切捨			▲ 4,632
	消費税			588,889
	合計			7,950,000

NPO 法人耐震化アドバイザー協議会の見積りをもとに作成

(2)耐震改修 C と省エネ改修 B の同時施工

表 4.16 に耐震改修 C と省エネ改修 B の同時施工の工事費試算を示す。同時に施工することで共通工程の併用により、解体工事、断熱工事以外の工事のコストが削減される。全体としては、省エネ改修 B と耐震改修 C の単独施工時の合計が 5,880,000 円であるのに対して、同時施工することにより 5,100,000 円となり 780,000 円の削減であった。また、耐震改修 A と省エネ改修 B の単独施工した場合に比べて、耐震改修 C と省エネ改修 B の同時施工の場合は、690,000 円のコストメリットがあった。

表 4.16 耐震改修 C と省エネ改修 B の同時施工の工事費試算

記号	工事名称	主な内訳	耐震C+省エネB(円)	同時改修(円)
1	仮設工事	室内養生、クリーニング費等 外部足場、メッシュ養生等	122,000	61,000
2	解体工事	内装撤去費、廃材処分費等	370,000	370,000
3	木工事	耐震補強施工費等 天井施工費等	2,766,410	2,436,410
4	断熱工事	断熱材建材費・施工費 サッシ建材費・施工費	1,235,033	1,235,033
5	内装工事	クロス張り施工費等	469,200	282,200
6	電気設備工事	コンセント・スイッチ類脱着 電気メーター脱着等	106,000	53,000
7	附帯雑工事	キッチン脱着等	130,000	65,000
8	諸経費	(1～7)計×5%	259,932	225,132
	▲端数切捨			▲ 5,553
	消費税			377,778
	合計			5,100,000

NPO 法人耐震化アドバイザー協議会の見積りをもとに作成

4.6 個室に限定した省エネ改修の検討

4.4、4.5 で述べた省エネ改修とは別に、高齢者世帯など居住人数が少なく居住空間として使用する部屋としてリビングなどの部屋のみを省エネ改修する場合が考えられる。一般的な住宅のリビングは床面積を広く取るため柱スパンが大きく、さらに開口部が多く壁量が少ないため、耐震補強が優先的に必要となる。故にリビングを省エネ改修すると施工範囲が重複するので、共通工程を併用する機会が増え、同時施工のメリットがある。

そこで、本章では、表4.17に示す改修方法について検討した。生活の中心であるLDのみを対象に内側から充填断熱工法で改修する省エネ改修（以下、省エネ部分改修という。）を設定する。省エネ部分改修の省エネ性能については、改修範囲が建物全体ではないが、LDの各部位の熱貫流率は、間仕切り壁が $3.57\text{W/m}^2\text{K}$ から $0.43\text{W/m}^2\text{K}$ 、開口部が $6.51\text{W/m}^2\text{K}$ から $2.91\text{W/m}^2\text{K}$ 、床が $2.44\text{W/m}^2\text{K}$ から $0.55\text{W/m}^2\text{K}$ に削減し、平成11年省エネ基準相当の断熱水準であるため、LDに限れば省エネ改修Aや省エネ改修Bと同等の省エネ性能である。

耐震改修 A、耐震改修 C は、内部から施工するため、省エネ部分改修と工事範囲が重複するが、耐震改修 B は、外部からの施工が中心となるため、工事範囲が重複しない。さらに、耐震改修 A と耐震改修 C を比較すると耐震改修 A の方が工事範囲の重複が多いので、耐震改修 A と省エネ部分改修の同時施工のコストメリットについて検討した。

表 4.17 4.6 で検討する改修方法

改修パターン		概要	改修方法	施工場所
耐震改修	耐震改修A	耐震改修の単独施工を想定したプラン	基礎・壁補強	内部
省エネ改修	部分改修	個室(LD等)を中心とした小規模な改修	充填断熱工法	内部

4.6.1 省エネ部分改修の改修計画と工事費

(1)改修計画

図 4.14 に省エネ部分改修の平面図、図 6.15 に省エネ部分改修の断面図、表 4.18 に省エネ部分改修の仕様を示す。比較的使用頻度の高い部屋を想定として、1F の LD を部分改修する計画である。外壁については、部屋内部から施工する充填断熱工法とした。

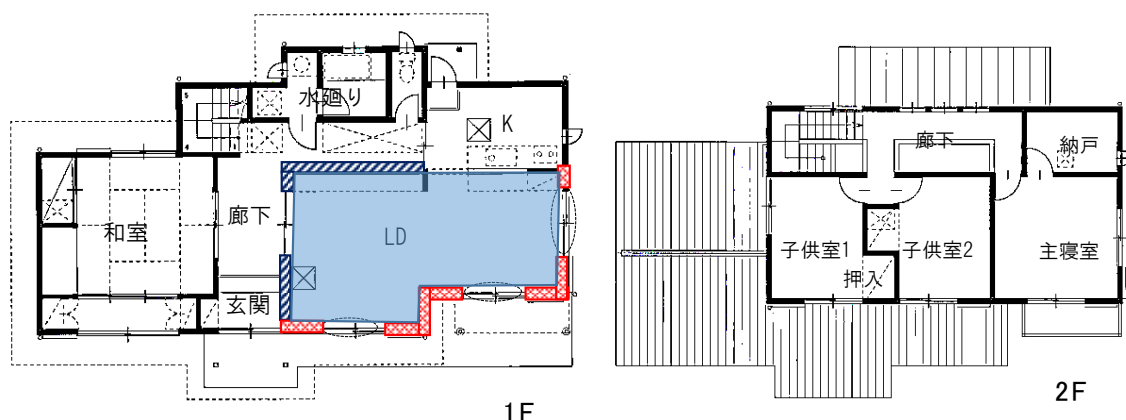


図 4.14 省エネ部分改修の平面図

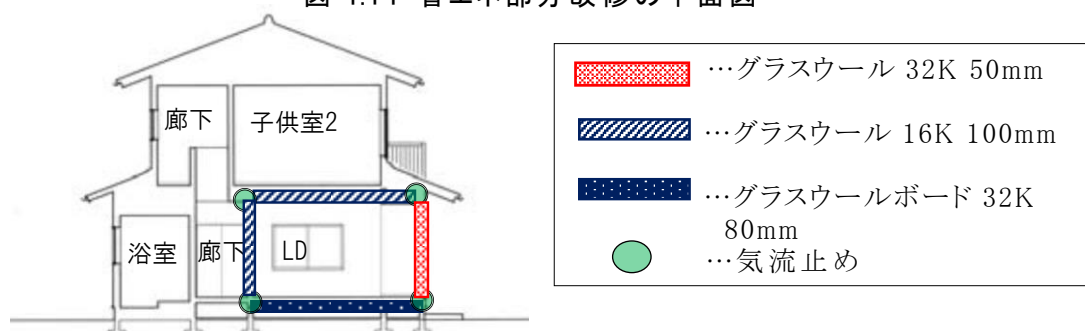


図 4.15 省エネ部分改修の断面図

表 4.18 省エネ部分改修の仕様

部位	施工範囲	断熱改修手法
階間	LDのみ	グラスウール16K 100mmを敷設
外壁	LD廻り	グラスウール32K 50mm取替
間仕切壁	LD廻り	グラスウール16K 100mmを設置
開口部	LDのみ	既存ガラスをアタッチメント付きペアガラスに交換
床	LDのみ	床下からグラスウールボード32K 80mmを充填
壁の上下部端部	LDのみ	気流止めを設置

(2)改修工事費

表 4.19 に省エネ部分改修の工事費試算の一例を示す。省エネ部分改修の改修工事費のうち、断熱工事と木工事の占める割合が大きい。断熱工事は、断熱材やサッシなどの建材費やそれらの施工費が占めており、木工事は、天井、壁の復旧費が占めている。

また、充填断熱工法は、部屋内部からの施工になるため、外部足場なしに施工できるため仮設工事費は抑えられるが、壁や天井を解体が伴うため、関連してクロス張りやコンセント・スイッチの脱着等が発生する。全体として、工事費は、省エネ改修 A の約 1/4、省エネ改修 B の約 1/2 と安価である。

表 4.19 省エネ部分改修の工事費試算の一例

記号	工事名称	主な内訳	金額(円)
1	仮設工事	室内養生、クリーニング費等	93,940
2	解体工事	壁・天井撤去費	145,320
3	木工事	壁・天井施工費等	344,466
4	断熱工事	断熱材資材費・施工費 サッシ資材費・施工費	276,261
5	内装工事	壁・天井クロス貼り費	65,770
6	電気設備工事	コンセント・スイッチ類脱着	45,000
7	諸経費	(1～6)計×5%	48,538
	▲端数切捨		▲ 776
	消費税		81,482
	合計		1,100,000

NPO 法人耐震化アドバイザー協議会の見積りをもとに作成

4.6.2 耐震改修 A と省エネ部分改修の同時施工によるコストメリット

表 4.20 に耐震改修 A と省エネ部分改修の同時施工の工事費試算を示す。同時に施工することで共通工程の併用により、仮設工事、解体工事、木工事、内装工事、電気設備工事において、それぞれ単独施工するより、コストが削減される。全体としては、耐震改修 A と省エネ部分改修を単独施工した場合の合計が 4,600,000 円であるのに対して、同時施工することにより 3,900,000 円となり 700,000 円の削減であった。これは、同時施工することにより、単独施工時を前提とした耐震改修 A に対し、400,000 円の上乗せで省エネ部分改修が可能であると言える。特に、木工事の削減が大きく、これは部分改修と耐震改修 A の施工範囲が共通しており、共通工程が多く発生するのでコストメリットが高いと考えられる。

4.20 耐震改修 A と省エネ部分改修の同時施工の工事費試算

記号	工事名称	主な内訳	耐震A+部分改修(円)	同時改修(円)
1	仮設工事	室内養生、クリーニング費等	243,070	149,130
2	解体工事	壁・床・天井撤去費	406,480	290,060
3	基礎工事	鉄筋・型枠施工費等	795,319	795,319
4	木工事	耐震補強施工費等 壁・天井施工費等	2,062,341	1,741,450
5	断熱工事	断熱材資材費・施工費 サッシ資材費・施工費	276,261	276,261
6	内装工事	壁・天井クロス張り施工費等	188,170	150,280
7	電気設備工事	コンセント・スイッチ類脱着	90,000	45,000
8	諸経費	(1～7)計×5%	203,082	172,375
	▲端数切捨			▲ 8,763
	消費税			288,888
	合計			3,900,000

NPO 法人耐震化アドバイザー協議会の見積りをもとに作成

4.7 省エネ改修による暖房エネルギー削減効果

4.7.1 同時施工の検討結果のまとめ

表 4.21 は同時施工の検討結果をまとめたものである。表より、全体改修のうち同時改修をすることのメリットがあり、かつコストが安い組合せは耐震改修 C と省エネ改修 B の同時施工である。また、この組合せは、同時施工のコストから最もコストの低い耐震改修のコストを差し引いた額を同時改修における省エネ改修のための追加額と考えた場合、耐震改修 C と省エネ改修 B の組合せのこの額は、1,600,000 円となり 4 つの組合せのうち最も安い。故にこの組合せに対して、暖房エネルギーの削減効果を評価する。

表 4.21 同時施工の検討結果のまとめ

	改修方法		単独施工			同時改修	同時メリット	省エネ改修追加額
	耐震改修	省エネ改修	耐震	省エネ単独	合計(b)	(c)	(b)-(c)	(c)-(a)
全体改修	耐震改修A	省エネ改修A	350(a)	459	809	792	17	442
	耐震改修A	省エネ改修B	350	229	579	560	19	210
	耐震改修B	省エネ改修A	636	459	1,095	795	300	445
	耐震改修C	省エネ改修B	359	229	588	510	78	160
部分改修	耐震改修A	省エネ部分改修	350	110	460	390	70	40

4.7.2 建物全体の省エネ改修

文献[32]より、モデル住宅を昭和 55 年省エネ基準から平成 11 年省エネ基準に改修した場合、年間暖房負荷が 5.54GJ 削減されとし、暖房時の電力消費量の削減量として 556KW であり、電気料金を 25 円/KWh と設定すると 13,900 円となる。なお、文献では外張断熱工法での試算値であり、内張断熱工法である省エネ改修 B とは異なるが同様に平成 11 年省エネ基準を満たしているため、ほぼ同等の省エネ性能として扱い、本報の省エネ改修の暖房エネルギー消費量の算定に引用することとした。

上述のように耐震改修 C と省エネ改修 B の同時施工の場合の工事費は、5,100,000 円であり、これは、耐震改修の単独施工を前提とした耐震改修 A の工事費 3,500,000 円に対し、1,600,000 円の上乗せである。15 年間の削減量は、13,900 円×15 年間の 208,500 円となり、これは省エネ改修の増額分の約 13% にあたる。

4.7.3 個室に限定した省エネ改修

LD のみを部分的に省エネ改修した場合の暖房時のエアコンの電力消費量の削減効果を試算した。図 4.16 に応答係数法を用いた動的熱負荷計算により周期定常条件下での各月の代表日の熱負荷が計算できる MICRO-PEAK[53]で計算した省エネ改修前後の暖房負荷を示す。1月から3月、12月の暖房負荷はトータルで約70%削減された。図 4.17 はこれに対応するエアコンの電力消費量の削減効果を示したものである。電力消費量の試算にあたってはエアコンの定格の COP を 3.0 とし、図 4.18 に示すような部分負荷特性[54]を想定した。暖房時トータルの電力消費量は 378KWh から 139KWh まで削減され、削減率は 63%である。また削減量の 239KWh は、電気料金を 25 円/KWh と設定すると約 6,000 円となる。

4.6 で述べたように、耐震改修 A と部分改修の同時施工の場合、省エネ部分改修の増額分は 400,000 円であり、それに対して 15 年間での暖房用電気料金使用は 90,000 円となり、これは省エネ改修の増額分の 22.5%にあたる。

さらに例えば、愛知県の新城市で既に実施されている耐震改修時に行う省エネ改修増額分の半額補助*がある場合にはランニングコスト削減額は初期投資の 45%となる。

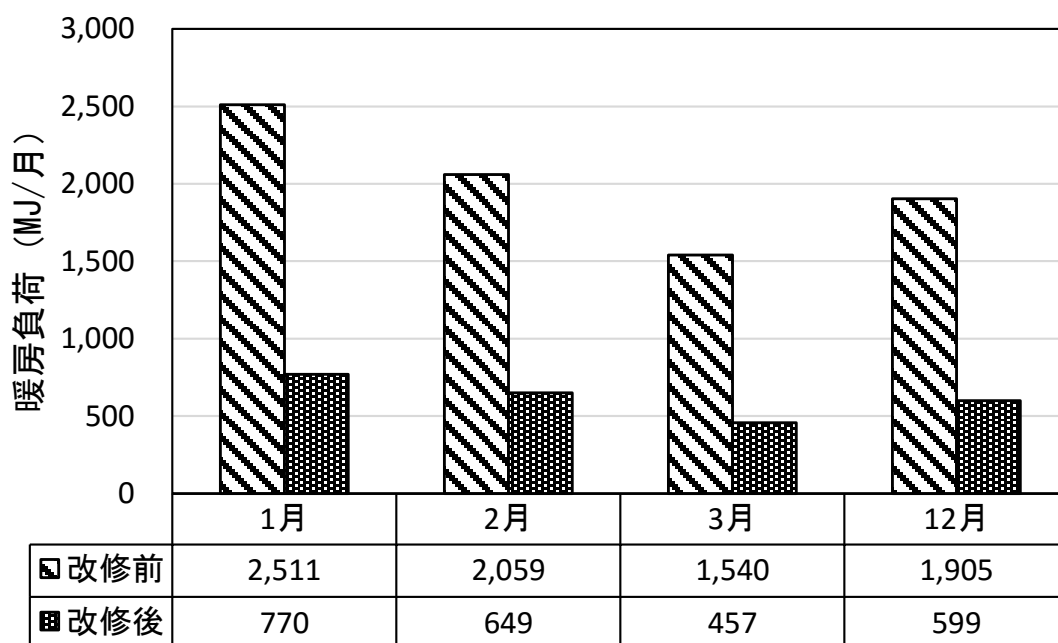


図 4.16 省エネ改修前後の暖房負荷

※新城市 HP 耐震改修時省エネ住宅耐震改修支援事業
補助対象経費の 1/2 かつ 20 万円を上限に補助

<http://www.city.shinshiro.lg.jp/index.cfm/6,41678,186,635,html>

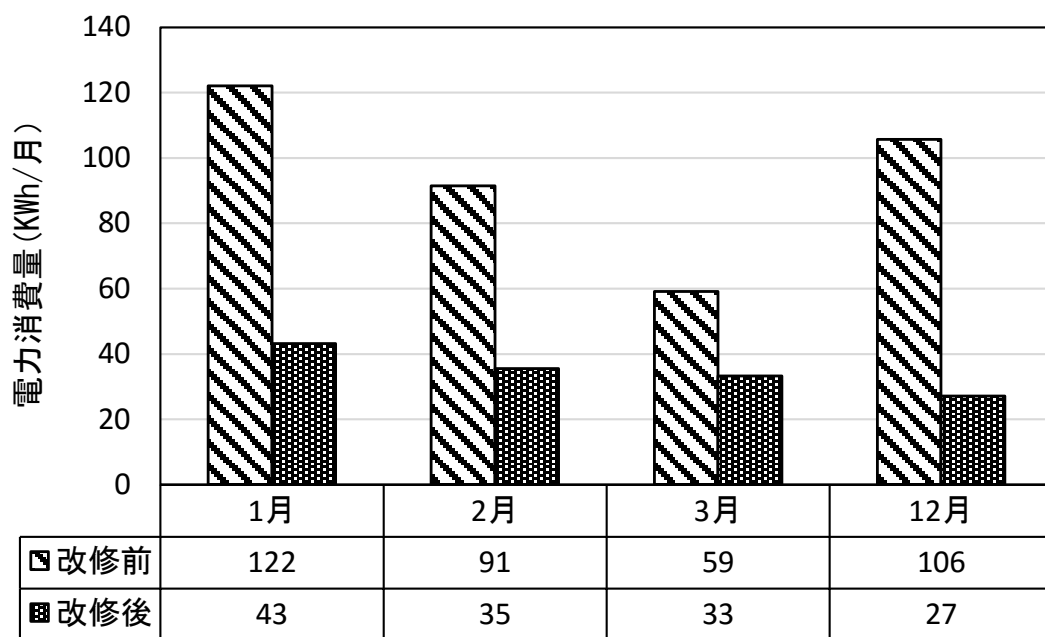


図 4.17 省エネ改修前後のエアコンの電力

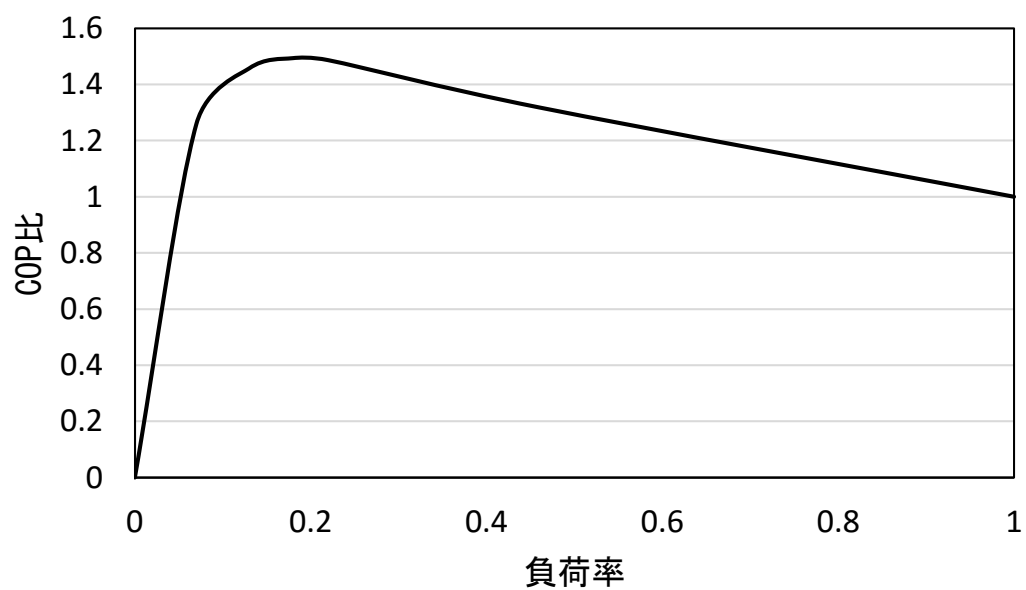


図 4.18 試算において想定したエアコンの暖房時特性[54]

4.8 間接的便宜等を含めた評価

4.8.1 全体改修の評価

4.7 の結果より、耐震改修 C と省エネ改修 B の同時施工時の省エネ改修増額は 1,600,000 円であり、直接的便益である電気料金削減分 13,900 円／年で割った単純回収年数は約 115 年である。これは、直接的便益のみでは省エネ改修費のすべてを費用回収することは難しいということを示している。

伊香賀ら[46]によると、本研究のモデル住宅相当の昭和 55 年省エネ基準の住宅から平成 11 年省エネ基準に転居した場合、「温熱環境の改善による健康維持がもたらす間接的便益は、中所得世帯で年間約 27,000 円／年・世帯であり、さらに、これは、自己負担率を 3 割として医療費を求めているが、行政の負担は課税により結局各世帯に帰すると捉え、社会的な負担も加味すると、59,000 円／年・世帯の便益をもたらす」としている。そこで以下において 4.7 の検討に上記の間接的便益を加えた評価を行う。

図 4.19 に健康維持がもたらす間接的便益も考慮した単純回収年数（全体改修）を試算した結果を示す。エネルギー削減効果のみでは、単純回収年数が約 115 年であるのに対して、健康維持がもたらす間接的便益を考慮することで約 39 年に短縮され、さらに、医療費の自己負担以外の社会的な負担も加味すると約 22 年に短縮される。

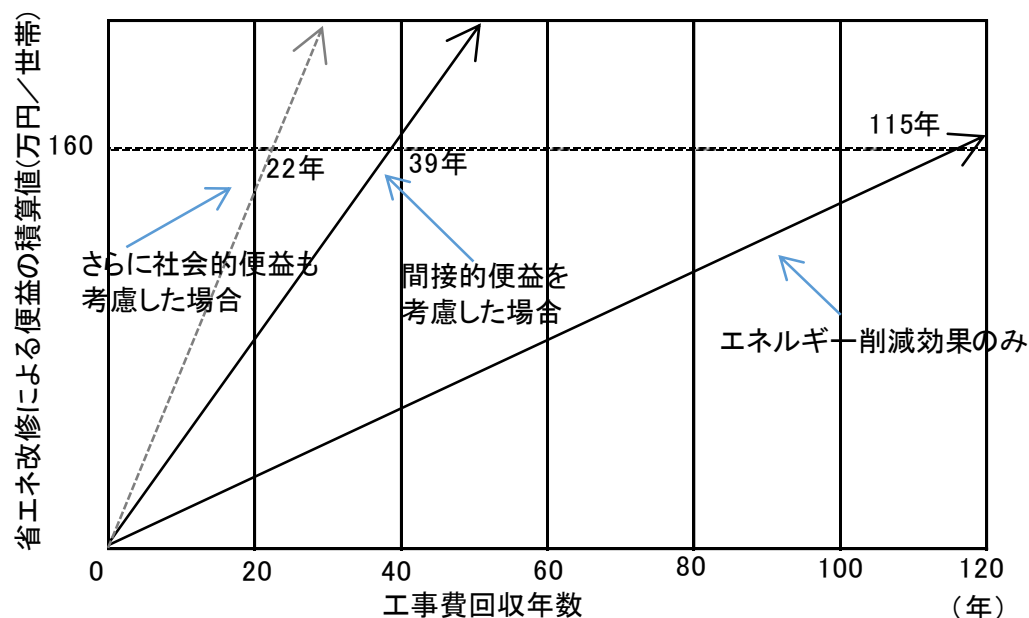


図 4.19 健康維持がもたらす間接的便益も考慮した省エネ改修工事費の単純回収年数(全体改修)

4.8.2 部分改修の評価

省エネ部分改修については、耐震改修 A との同時施工時の増額分は 400,000 円であり、エネルギー削減効果のみでは、工事費用を単純回収するのに約 67 年（補助金活用時、約 33 年）である。本報で検討したような省エネ部分改修についての間接的便益について定量的に明らかとした事例はないが、高齢者が限られた部屋を居住空間として使用するケースの間接的便益を以下のように想定し、これを加えた場合の工事費回収年数について試算した。高齢者世帯の平均世帯人員は 1.65 人／世帯[55]であるのに対し、前述の間接的便益の算定は世帯人員を 2.63 人／世帯と設定しており、その世帯人員の比率 0.63 を前述[46]の間接的便益（27,000 円／年・世帯）、さらに社会的な負担を加味した便益（59,000 円／年・世帯）に乘じることにより、省エネ部分改修の間接的便益を推定した。図 4.20 に健康維持がもたらす間接的便益も考慮した省エネ改修工事費の単純回収年数（部分改修）を示す。ただし、高齢者の自己負担割合は年齢によって異なるが、ここでは単に世帯人員比率のみで推定した。その結果、健康維持がもたらす間接的便益は、17,070 円／年・世帯であり、社会的な負担も加味すると、37,170 円／年・世帯となる。これに、エネルギー削減効果である 6,000 円／年を加え工事費用の回収年数を算定すると、健康維持がもたらす間接的便益を考慮することで約 17 年に短縮され、さらに、医療費の自己負担以外の社会的な負担も加味とすると約 9 年に短縮される。

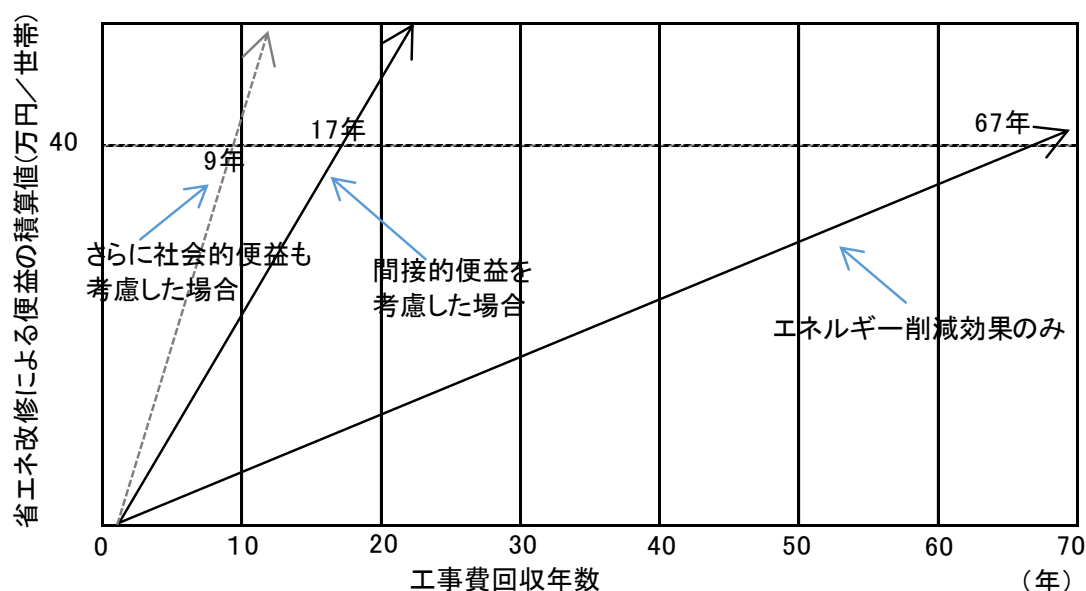


図 4.20 健康維持がもたらす間接的便益も考慮した省エネ改修工事費の単純回収年数（部分改修）

さらに、図 4.21 に示すように、高齢者ほど年齢階層別 1 人あたりの年間医療費、自己負担額は高く [56]、また、高齢者を対象として省エネ部分改修による血圧改善効果の実証の成果がされている [43]～[45]。故に、温熱環境の改善による健康維持がもたらす間接的便益まで考慮すると、温暖地に住む高齢者においては、改修コストの高い全体改修よりも居住空間として使用する部屋のみを対象とした省エネ部分改修の選択が現実的である。

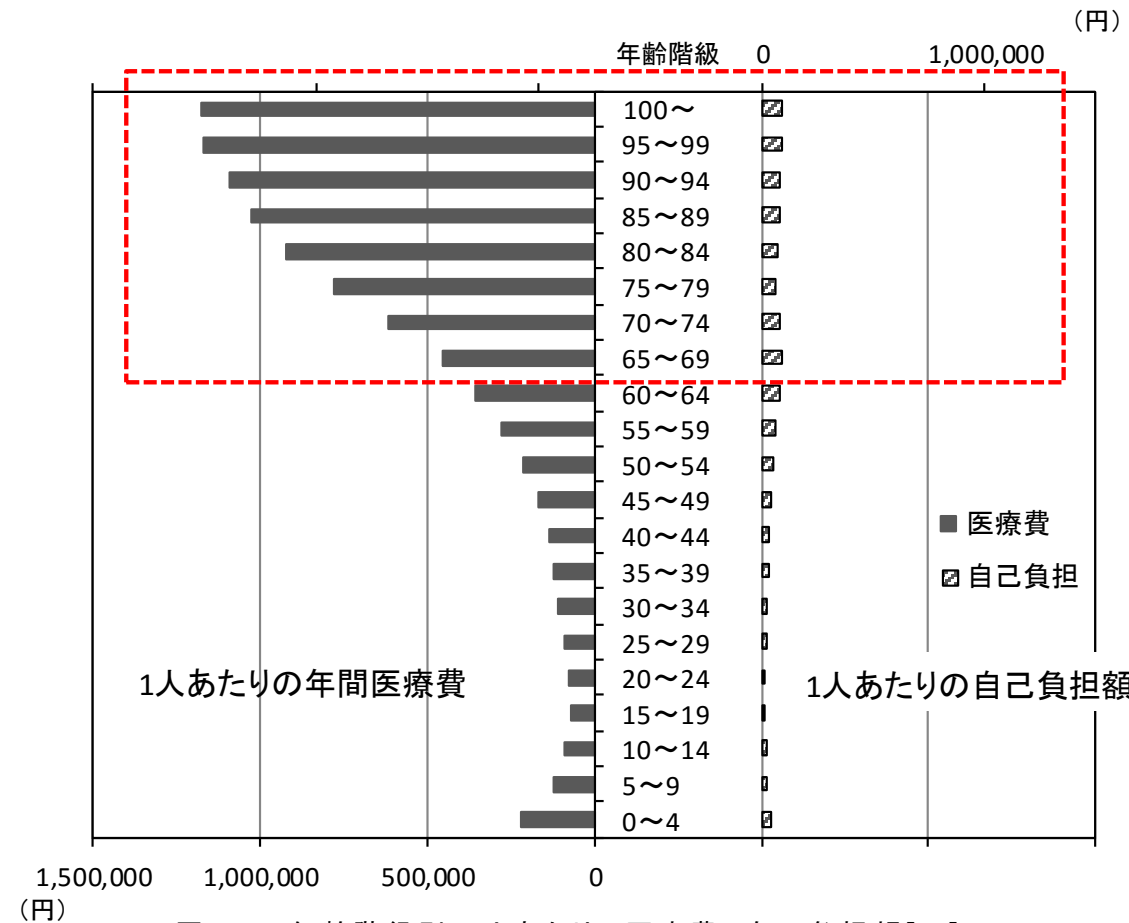


図 4.21 年齢階級別 1 人あたりの医療費、自己負担額 [56]

4.9 本章のまとめ

本報では、昭和 55 年（1980 年）以前に建てられた木造住宅を対象に、耐震改修と省エネ改修を同時施工した場合のコストメリットについて検討した。

まず、同時施工の基礎的検討として、耐震・省エネ改修それぞれが単独で行われる場合、一般的に行われる耐震改修 A、省エネ改修 A（外張断熱工法）を設定し、さらに耐震改修 A と共通工程が多いと考えられる省エネ改修 B（内張断熱工法）を設定し、工事費の試算を行った。

さらに、同時施工のメリットを活かした低コスト化の検討として、省エネ改修 A との同時施工を想定し、外側からの耐震補強を中心とした耐震改修 B を設定し、さらに安価な手法である省エネ改修 B との同時施工を想定した、内側からの耐震補強である耐震改修 C を設定し、同時施工のコストメリットについて検討した。その結果、同時改修をすることのメリットがあり、かつコストが安い組合せは耐震改修 C と省エネ改修 B の同時施工であった。

また、それとは別に、個室に限定した省エネ部分改修を設定し、耐震改修 A と省エネ部分改修の同時施工のコストメリットを検討した。

最後に、直接的な「エネルギー削減効果」に加え、既往の研究を参考として間接的便益を含めた工事費の単純回収年数を試算した。温熱環境の改善による健康維持がもたらす間接的便益として、自己負担率 3 割の医療費に加え、行政の負担の削減まで考慮することによって、工事費回収年数は大幅に短縮され、改修費用は現実的なものになると考えられる。また、特に高齢者は年間医療費、自己負担額が高いことを踏まえると、温暖地の高齢者世帯においては居住空間として主に使用する部屋のみを対象とした省エネ部分改修では、温熱環境の改善による血圧改善効果などの健康維持がもたらす間接的便益により改修費用はより現実的なものになると考えられる。

将来的な展望として、ストック型住宅市場への転換の時流に合わせて、本研究で提案する耐震・省エネ同時改修により住宅性能という付加価値を向上させることで、より市場価値を高めることが期待される。

第 5 章

5. 避難所の耐震・エネルギー対策に関する研究

5.1 概説

5.2 防災拠点の耐震化

5.3 耕作放棄地を活用した太陽光発電 (平常時、非常時の需給バランスのマクロ分析)

5.4 本章のまとめ

5. 避難所の耐震・エネルギー対策に関する研究

5.1 概説

第3章、第4章で検討した住宅が自助としての取組みは、個人が主体的に対策することに対して、避難所等の防災拠点については、「公助」として、行政が主体となって整備する必要がある。

東日本大震災をはじめとする過去の災害の経験から、公共施設の多くは、不特定多数の利用があることから被害が大きくなる可能性がある。また、地震発生時には避難所等の防災拠点としての機能を発揮することが求められる。

さらに、東日本大震災以降、持続可能な再生可能エネルギーの導入に対する関心が高まっており、大規模災害に備え、自立分散・ネットワーク型の地域づくりが求められている。また、地域のレジリエンスを考える上で、避難所等の機能確保を目的とした、これらのエネルギーの活用が期待される。

一方、地方を取り巻く現状として、農業就業人口の高齢化による離農や地域内に後継ぎがない等の理由で、全国的に耕作放棄地が増加している。新しい耕作放棄地対策として、農地を転用して太陽光発電を行うという事業が始まってきている。

これからの地域は、「自立分散・ネットワーク型」のエネルギーを目指す上で、省エネや再生可能エネルギーの導入は不可欠であり、これまでのような「公助」や「共助」としての対策への活用にも期待される。

本章では、耐震対策として防災拠点の耐震化について、愛知県及び県内市町村が所有又は管理する公共施設等を対象に、ソフト面として防災拠点の指定状況、ハード面として耐震化の進捗状況を確認し、今後の施策について検討した。

さらに、エネルギー対策については、愛知県田原市を事例として、避難所の機能維持を目的に検討を行い、併せて、農業における耕作放棄地の浸食という地方を取り巻く諸問題への対応を兼ねた対策として、耕作放棄地を活用した太陽光発電の平常時、非常時の活用可能性について検討した。

5.2 防災拠点の耐震化

5.2.1 調査対象

県及び市町村が所有又は管理している公共施設等（公共用及び公用の建物：非木造の２階建以上又は延床面積 200 ㎡超）全体のうち、防災拠点となる見込みのある公共施設を表 5.1 の基準に基づき抽出した。データは平成 25 年 3 月 31 日時点のものである。

5.2.2 耐震化推進状況

(1)公共施設数と防災拠点の指定状況

図 5.1 に県が所有する公共施設等（以下、県有施設という）と防災拠点指定状況、図 5.2 に市町村が所有する公共施設等（以下、市町村有施設という）と防災拠点指定状況を示す。県については、高等学校の棟数が多いが、防災拠点の指定率は、約 10%と低くなっている。また、庁舎についても約 30%が防災拠点に指定されていない。市町村については、小・中学校や公民館の棟数が多いが、防災拠点の指定率は、それぞれ約 60%と高いとは言えない。

表 5.1 公共施設等の分類

区 分	防災拠点と位置づける施設
① 社会福祉施設	全ての施設
② 幼稚園	避難場所に指定している施設
③ 小学校	避難場所に指定している施設
④ 中学校	避難場所に指定している施設
⑤ 高等学校	避難場所に指定している施設
⑥ 庁舎	災害応急対策の実施拠点となる施設
⑦ 県民会館・公民館等	避難場所に指定している施設
⑧ 体育館	避難場所に指定している施設
⑨ 診療施設	地域防災計画に医療救護施設として位置づけられている施設
⑩ 警察本部、警察署等	全ての施設
⑪ 消防本部、消防署所	全ての施設
⑫ 公営住宅等	無
⑬ 職員公舎	無
⑭ 試験研究機関	無
⑮ その他	避難場所に指定している施設

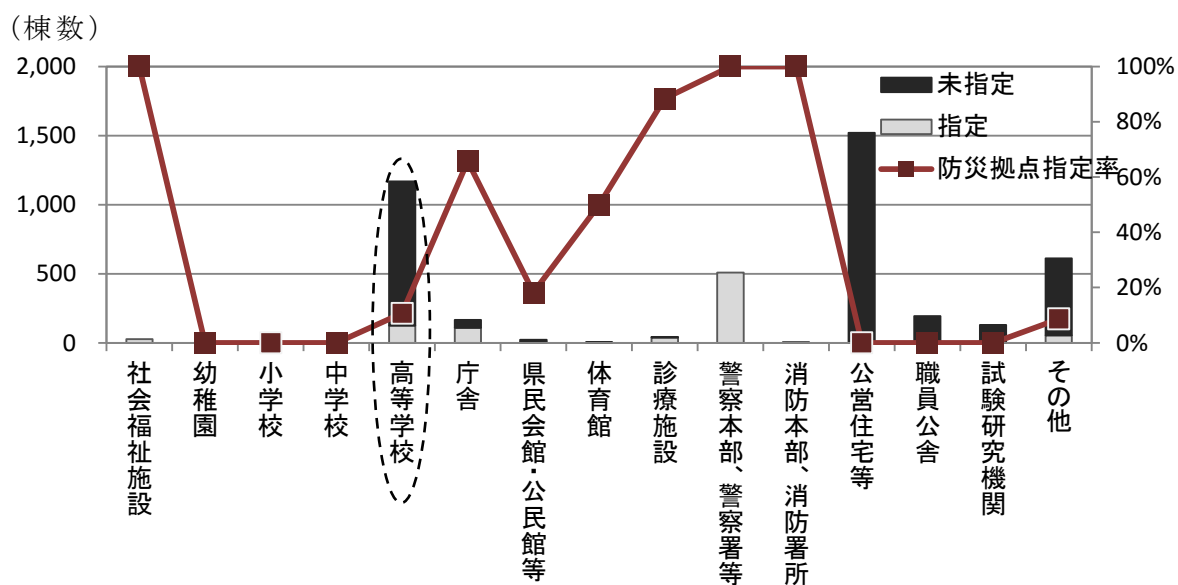


図 5.1 県有施設と防災拠点指定状況

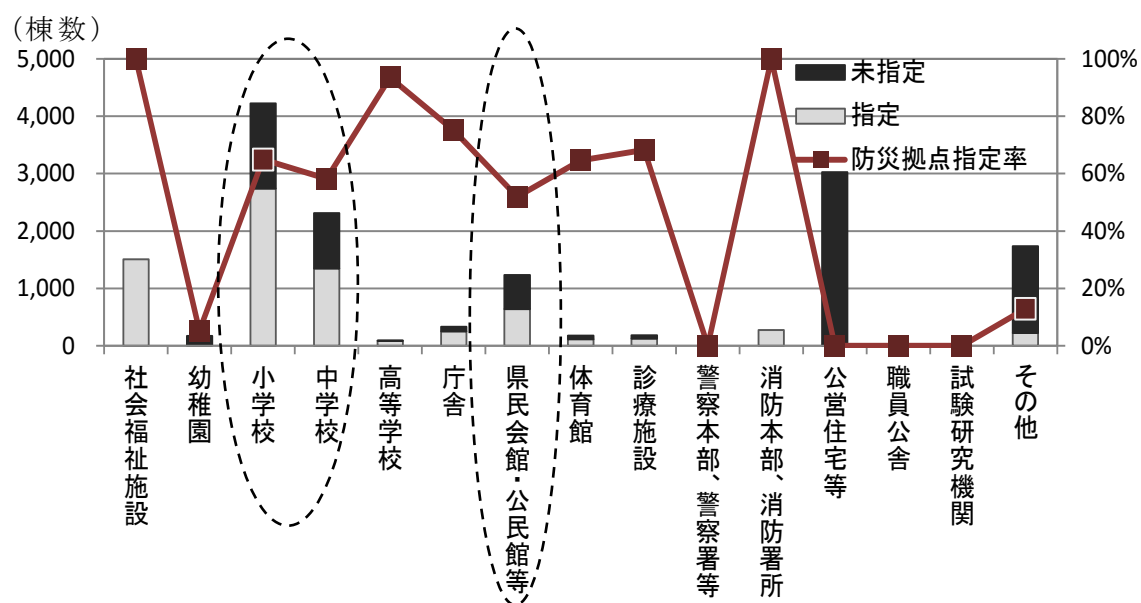


図 5.2 市町村所有施設と防災拠点指定状況

これらの結果より、県は高等学校に、市町村は小・中学校や公民館等について防災拠点として未指定の棟数が多い。また、県全体として、用途別に比較すると、公共の診療施設が少ない。愛知県では、地域別に耐震・耐火性能等、一定の基準をクリアした医療施設を災害拠点病院として指定し、被災現場において応急救護を行う救護所や救急病院、救急診療所等との円滑な連携ができるよう体制整備しているが、災害時、こうした施設と連携を図るには公共施設だけでは、困難であることが想定される。図 5.3 に地区別の人口あたりの市町村所有施設（防災拠点指定）を示す。全体としては、西尾張地区の防災拠点の指定が少ない。用途別には、相対的に、名古屋地区は社会福祉施設、西尾張地区は、小・中学校、東尾張地区は、公民館等がそれぞれ少ない。これらの結果より、防災拠点をめぐる課題は、地域ごとに異なることがわかる。

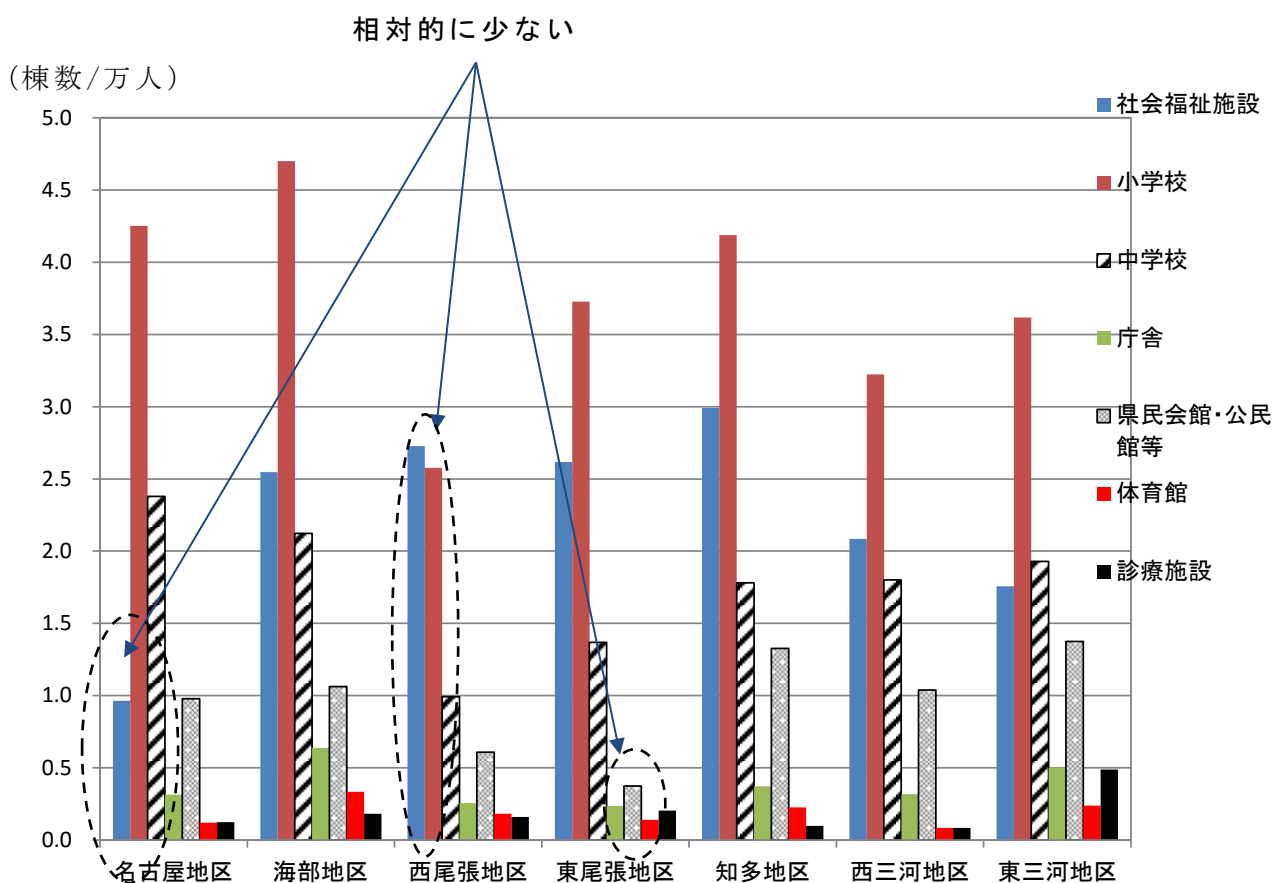


図 5.3 地区別の人口あたりの市町村所有施設（防災拠点指定）

(2)旧耐震の割合

図 5.4 に 防災拠点（県及び市町村）における昭和 56 年 5 月 31 日以前の旧耐震基準により建築されたもの（以下、旧耐震という）の割合を示す。旧耐震の割合は、公民館や警察署等が多いが、棟数としては、小・中学校が多い。小・中学校では、建築年の古い建築物が多いため、バリアフリー基準や省エネ基準など耐震関係規定以外の既存不適格部分が多いことが想定される。

(3)耐震診断実施率

図 5.5 に旧耐震の防災拠点における耐震診断実施率を示す。全体として、耐震診断実施率は高いが、警察署等の実施率が約 20%と低くなっている。

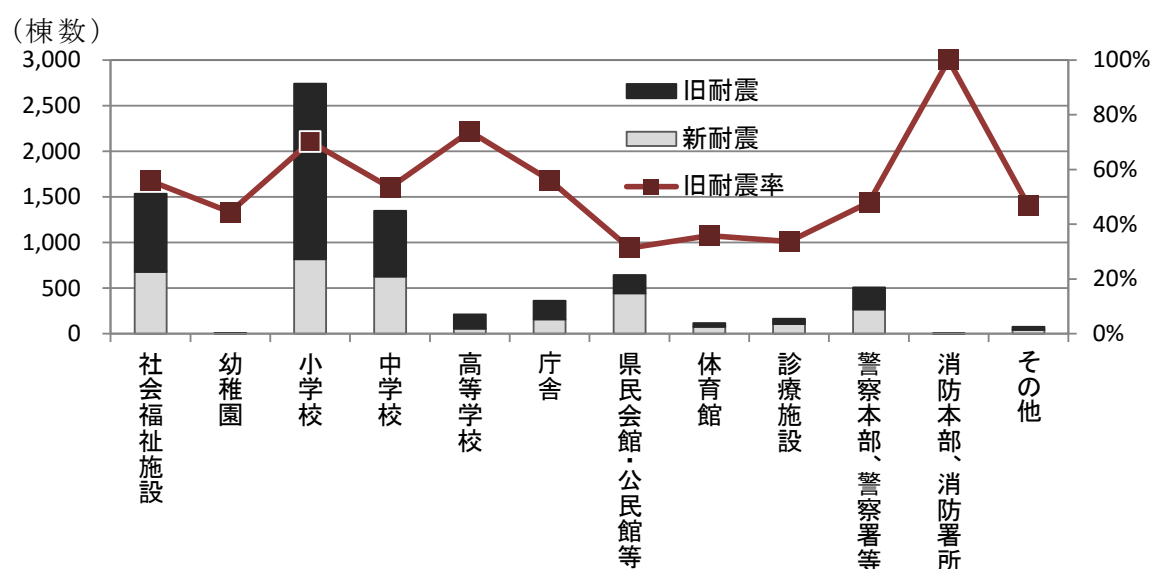


図 5.4 防災拠点における旧耐震の割合

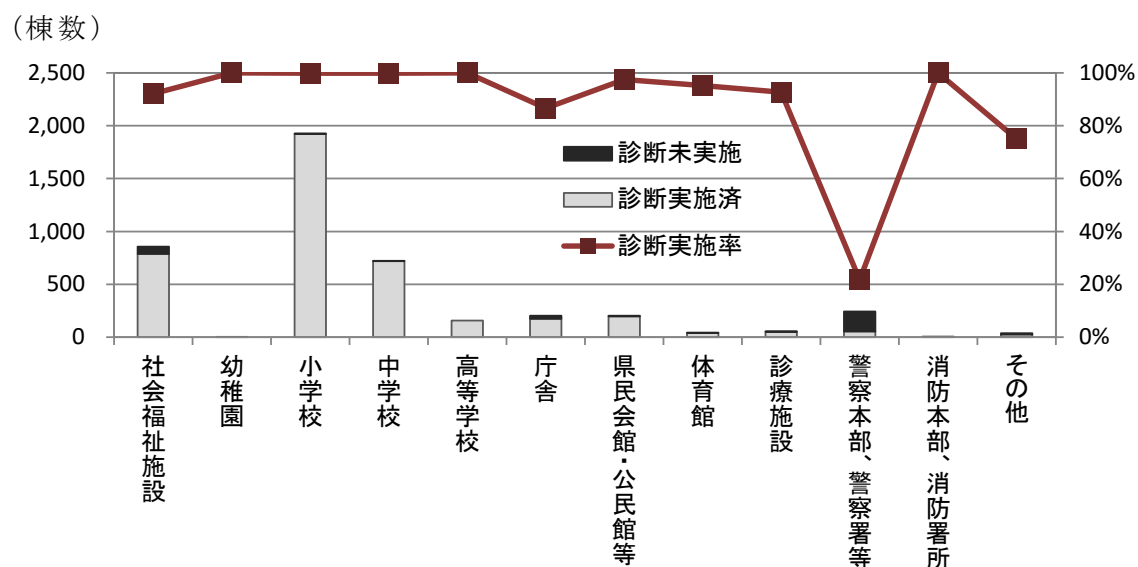


図 5.5 防災拠点(旧耐震)における耐震診断実施率

(4)耐震化率

図 5.6 に防災拠点における耐震化率を示す。耐震診断未実施に建物は、耐震性がないものとして整理している。棟数が多い小・中学校は耐震化率が高く、警察署や庁舎、消防署等の耐震化率が低い。

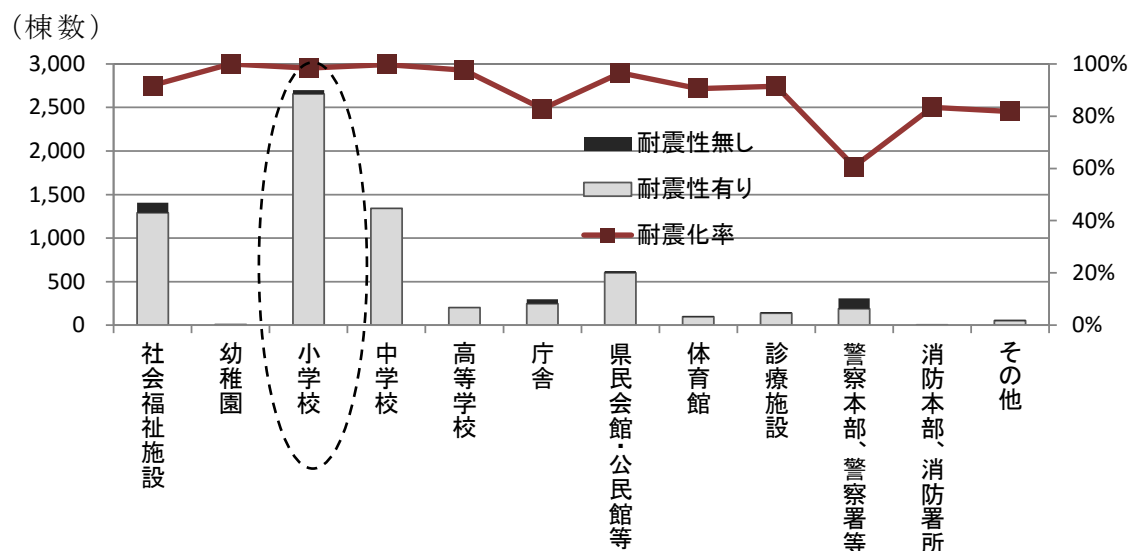


図 5.6 防災拠点における耐震化率

(5)天井設置率

棟数が多く、耐震化率が高い小・中学校等の防災拠点（体育館）における天井の設置割合を図 5.7 に示す。学校以外の体育館の天井の設置割合が最も高いが、棟数は小学校が特に多いため、天井の脱落対策が必要な小学校が多いことが想定される。

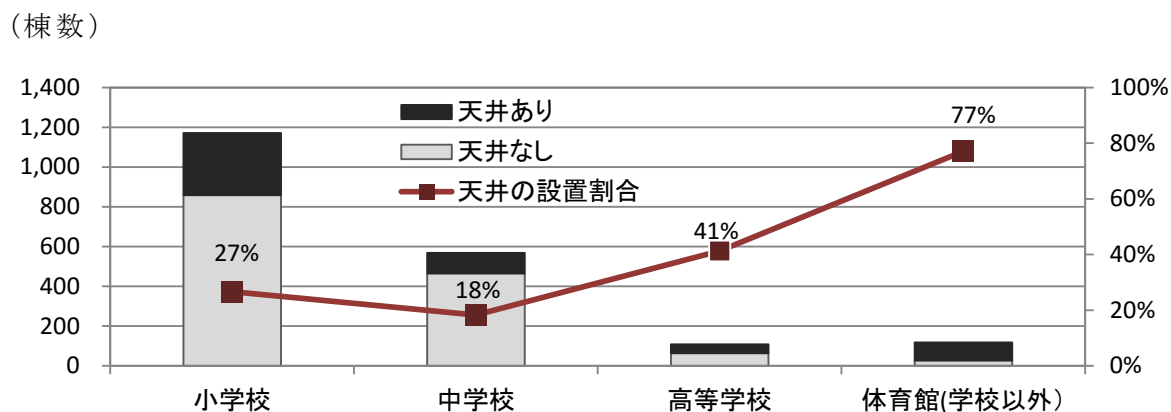


図 5.7 防災拠点（体育館）における天井の設置割合

5.3 耕作放棄地を活用した太陽光発電(平常時、非常時の需給バランスのマクロ分析)

5.3.1 農業を取り巻く現状

平成 22 年の農業就業（図 5.8「全国」、図 5.9「愛知県」）は、261 万人となり、平成 7 年と比べ 37%も減少し、そのうち 65 歳以上の割合が 6 割、75 歳以上の割合が 3 割にも達しており、平均年齢（図 5.10）も高齢化が進んでいる。耕作放棄地の面積の推移（図 5.11）は、平成 2 年以降、農地が使われないという「耕作放棄地」が増え、平成 22 年には、39.6 万 ha に及んでいる。

このような背景に対して、農林漁業の健全な発展と再生可能エネルギーの活用促進とを両立させる方策として、平成 25 年 11 月に「農林漁業の健全な発展と調和のとれた再生可能エネルギー電気の発電の促進に関する法律」（以下「農山漁村再生可能エネルギー法」）が制定された。この法律では、再生可能エネルギー電気の発電を促進するための仕組みとして、国が「農林漁業の健全な発展と調和のとれた再生可能エネルギー電気の発電の促進による農山漁村の活性化に関する基本的な方針」を定め、市町村がこの方針に基づき農山漁村の活性化に関する基本計画を定めた場合には、再生可能エネルギーの発電設備の整備を行いたい者は、設備整備計画を作成し、その計画が市町村の基本計画に適合すれば、その認定を受けることができる。こうした一連の手続きを経て認定された設備整備計画に従って整備を行う場合には、農地法、森林法、自然公園法等に基づく許可又は届出の手続きの簡素化という特別措置等を受けられることになっており、耕作放棄地を活用した太陽光発電の促進に追い風となっている。

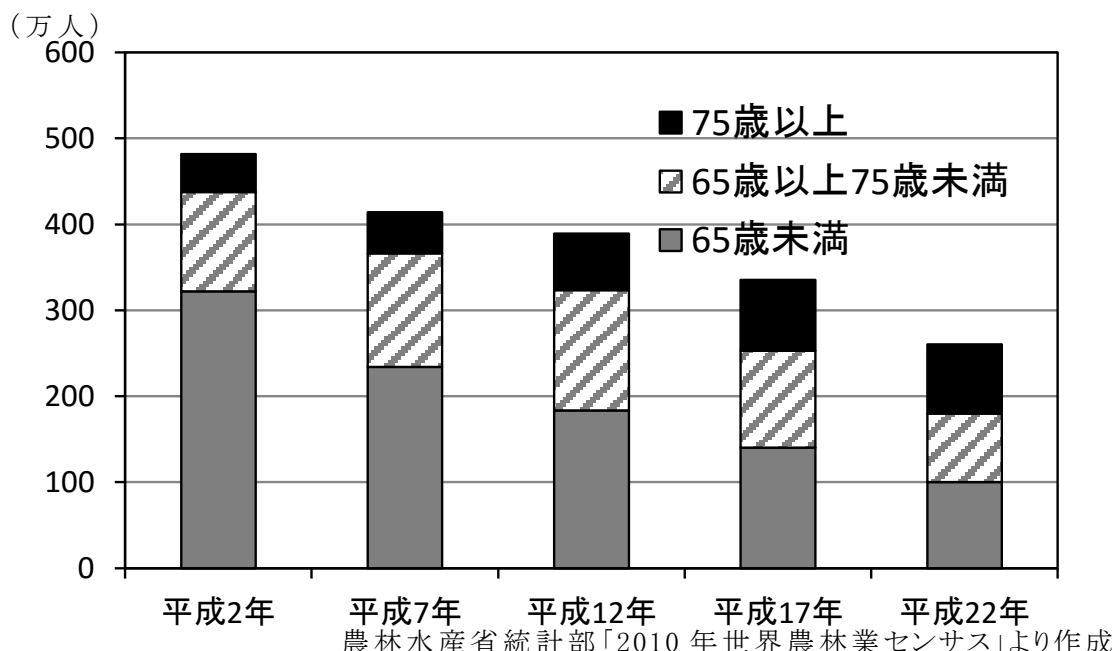
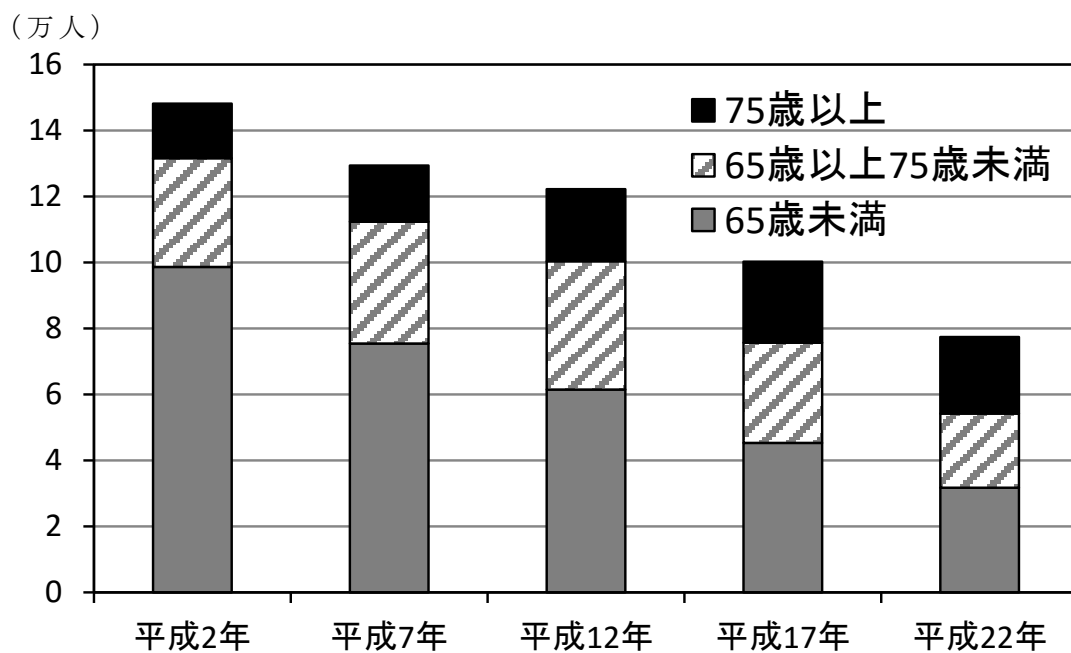
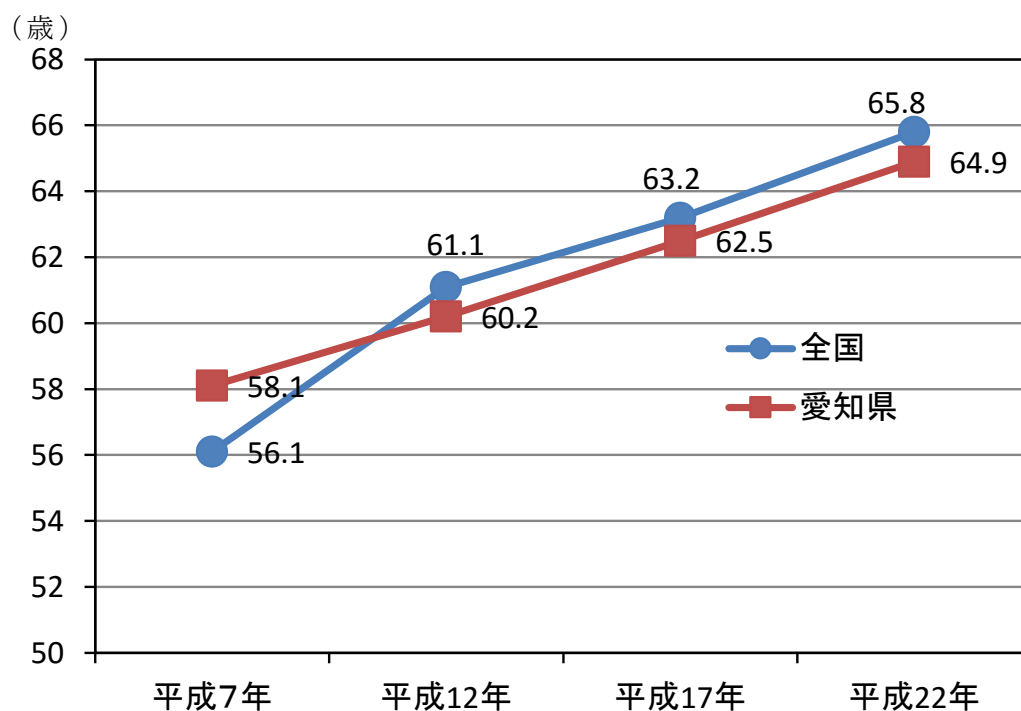


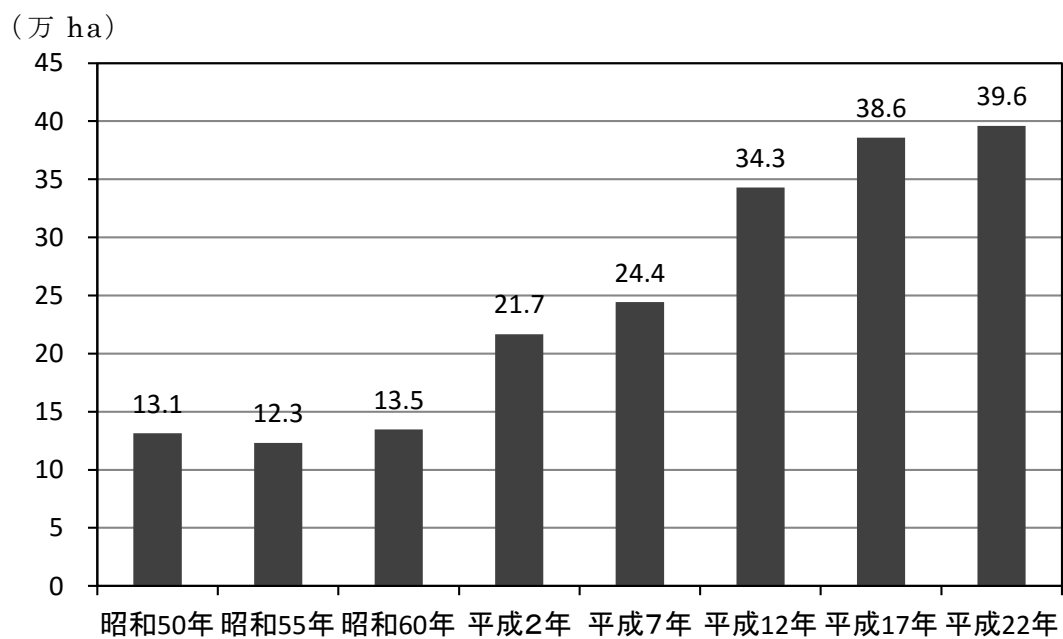
図 5.8 農業就業人口と年齢構成(全国)



農林水産省統計部「2010年世界農林業センサス」より作成
 図 5.9 農業就業人口と年齢構成(愛知県)



農林水産省統計部「2010年世界農林業センサス」より作成
 図 5.10 農業就業者の平均年齢



農林水産省統計部「2010年世界農林業センサス」より作成
図 5.11 耕作放棄地の面積の推移

農地法では、耕作放棄地は法律上農地と定義されている。そのため農地を農地以外の目的に転用する場合、その農地が 4ha 以下の場合は都道府県知事、4ha を超える場合には農林水産大臣の許可が必要になる。市街化区域内の農地については、市町村の農業委員会への届出をすれば、許可は必要ない。表 5.2 に市街化区域外の農地の種類を示す。農用地区域内農地では全面的に不許可、甲種農地は農業用施設を設置する場合以外は原則として不許可、第 1 種農地は市街地に設置することが困難な施設を設置する場合以外は原則として不許可となっている。第 2 種農地は他の土地に立地することが困難な場合は許可がおりる傾向にある。第 3 種農地は原則として許可がおりる傾向にある。農地法は農地を国内の農業生産の基盤であり、将来における国民のための資源であり、地域における貴重な資源であると定義し、農地を農地以外のものにすることを規制するとともに、農地の利用関係を調整し、農地の農業上の利用を確保するための措置をとることにより、国内の農業生産の増大を図り、食料の安定供給することを目的としていることから、政府や地方自治体は耕作放棄地をなるべく農地に転換することで地方の農業の振興を行いたいと考えており、なるべく耕作放棄地を農業以外に転用することはなるべく避けたいと考えている。

本研究では法律とは関係なく全ての耕作放棄地を利用できるという前提で検討を行った。

表 5.2 市街化区域外の農地の種類

区分	営農条件、市街地化の状況	許可の方針
農用地区域内農地	市町村が定める農業振興地域整備計画において農用地区域とされた区域内の農地	原則不許可（農振法第10条第3項の農用地利用計画において指定された用途の場合等に許可）
甲種農地	第1種農地の条件を満たす農地であって、市街化調整区域内の土地改良事業等の対象となった農地（8年以内）等特に良好な営農条件を備えている農地	原則不許可（土地収用法第26条の告示に係る事業の場合等に許可）
第1種農地	10ha以上の規模の団地の農地、土地改良事業等の対象となった農地等良好な営農条件を備えている農地	原則不許可（土地収用法対象事業の用に供する場合等に許可）
第2種農地	鉄道の駅が500m以内にある等市街地化が見込まれる農地又は生産性の低い小集団の農地	周辺の他の土地に立地することができない場合等は許可
第3種農地	鉄道の駅が300m以内にある等の市街地の区域又は市街地化の傾向が著しい区域にある農地	原則許可

5.3.2 愛知県内の現状

(1)日照時間

図 5.12 に愛知県の気象庁観測所ごとの年間日照時間（気象庁 HP より作成：<http://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/index.php>）を示す。年間日照時間は、伊良湖（田原市）で 2,100 時間以上となるなど、太平洋沿岸域で日照時間が長くなっている。

(2)耕作放棄地

図 5.13 に愛知県内市町村の耕作放棄地の面積（農林水産省統計部「2010 年世界農林業センサス」より作成）を示す。全体的には、農業が盛んな西三河地区、東三河地区の耕作放棄地が多い。

（時間）

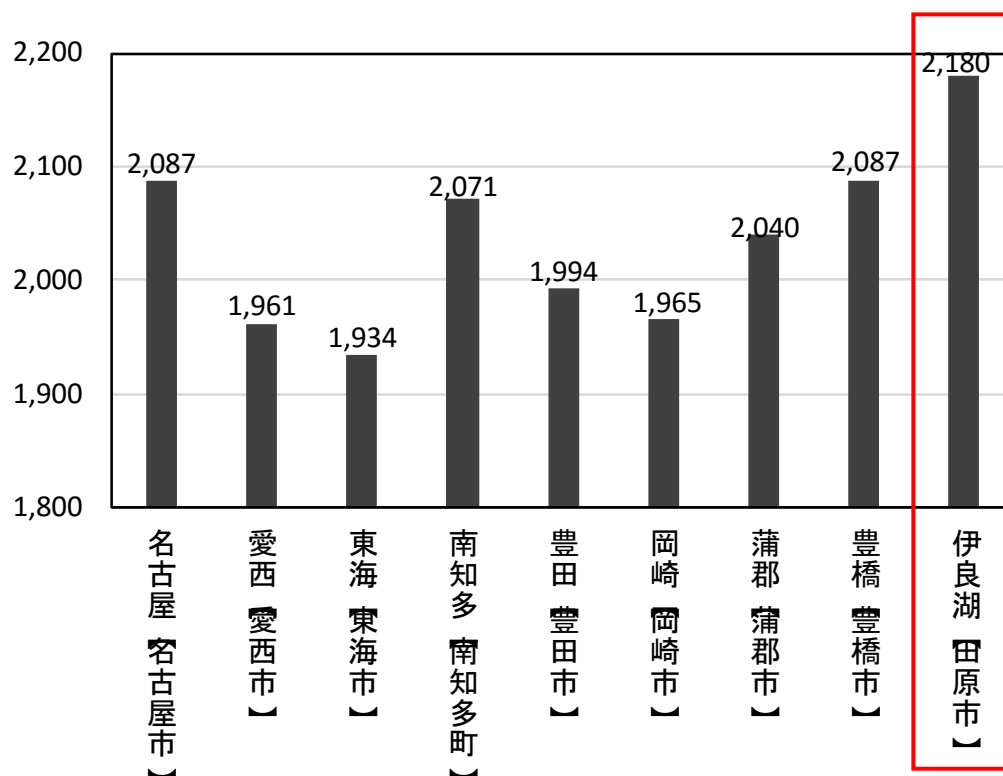


図 5.12 愛知県の気象庁観測所ごとの年間日照時間

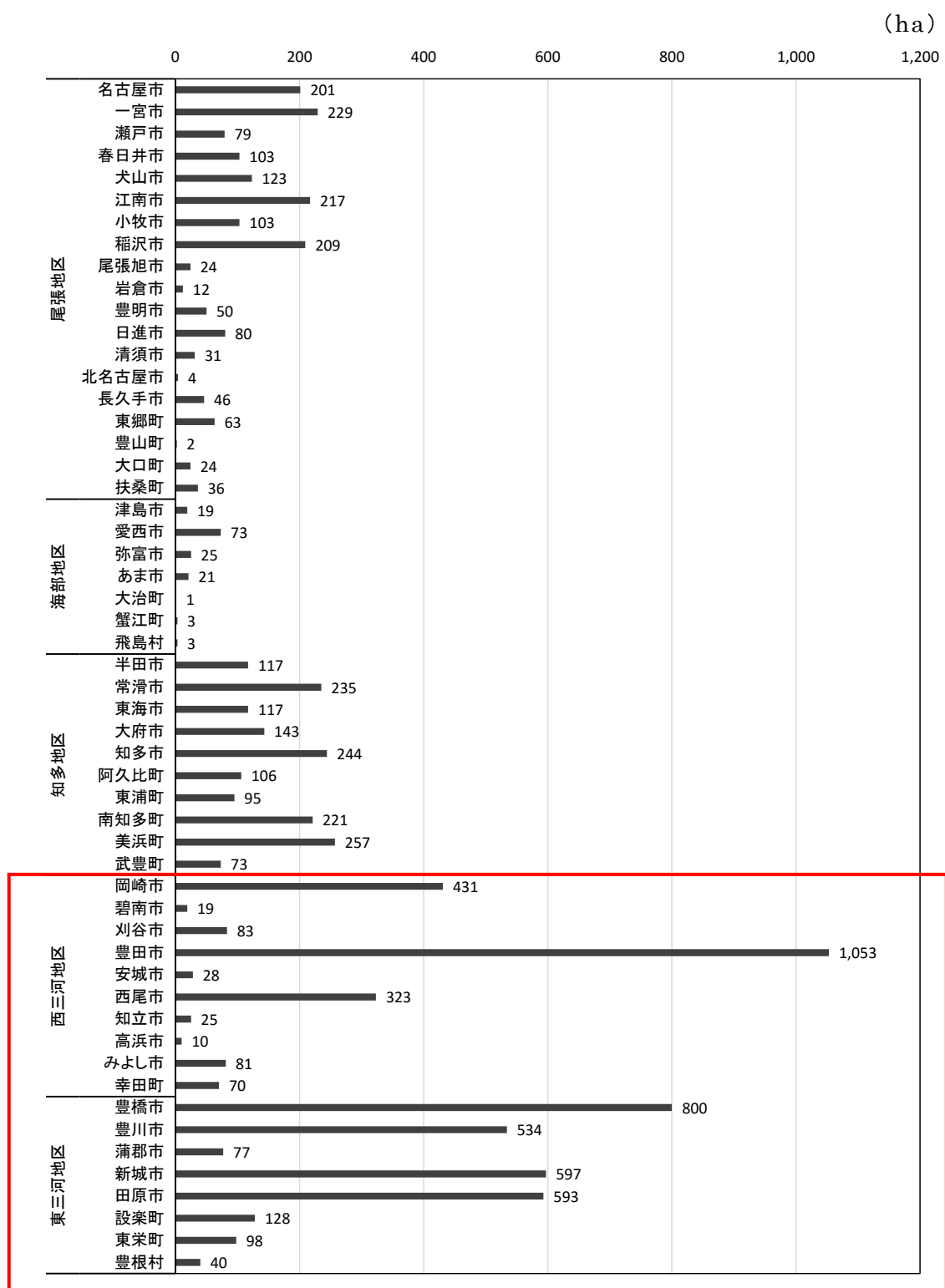


図 5.13 愛知県内市町村の耕作放棄地の面積

5.3.3 検討対象地区の選定

(1) 愛知県田原市について

愛知県内で太陽光発電にとって好条件である日照時間が最も長く、耕作放棄地が多い田原市を検討対象として選定した。表 5.3 に田原市の概要（田原市 HP より作成）を示す。土地利用は、全体の約 1/3 が農地と最も多く、用途地域については、全体の 90%が市街化調整区域となっている。

(2) 田原市地区別の状況

表 5.4 に田原市における昭和 28 年（1953 年）町村合併促進法施行前の旧町村ごと（以下、地区別という。）の状況を示す。世帯数（平成 22 年国勢調査・総務省統計局）は 45%が田原町地区に集中している。耕作放棄地については、田原町地区が最も多いが、世帯数に対しては、伊良湖岬村地区が多くなっている。

表 5.3 田原市の概要

項目	総数	内訳
人口	64,745人	
行政面積	188.81km ² （平成19年10月1日現在・国土地理院調べ）	
土地利用状況	18,811ha(100%)	
	(土地利用)	農用地 6,340ha(33.6%)
		森林 5,373ha(28.4%)
		宅地 2,304ha(12.2%)
		道路 1,115ha(5.9%)
		水面・河川・水路 824ha(4.4%)
		その他 2,925ha(15.5%)
	(用途)	市街化区域 1,715ha(9.09%)
		工業系地域 1,124ha(5.96%)
		住居系地域 546ha(2.89%)
		商業系地域 45ha(0.24%)
		市街化調整区域 17,166ha(90.91%)

表 5.4 田原市の地区別の状況

地区	住宅に住む 世帯数	耕作放棄地 (ha)
福江町	3,529	87
泉村	1,021	66
赤羽根町	1,531	86
野田村	865	33
田原町	8,773	146
神戸村	2,175	49
伊良湖岬村	1,112	102
杉山村	393	24
合計	19,399	593



(3)愛知県東海地震・東南海地震・南海地震等被害予測

図 5.14 に地震動予測結果（過去地震最大モデル）を示す。計測震度については、県内で最も震源に近いため、市内のほとんどが震度 6 弱以上の分布で、最大は震度 7 となっている。図 5.15 に津波予測結果（過去地震最大モデル）を示す。最大浸水深さは、10.2m と県内で最大である。特に、赤羽根地区、福江地区の沿岸部、田原町地区の湾岸部で浸水被害の大きい。しかし、市全域で見ると、上述を除いて半島内部への浸水被害の可能性は低い。

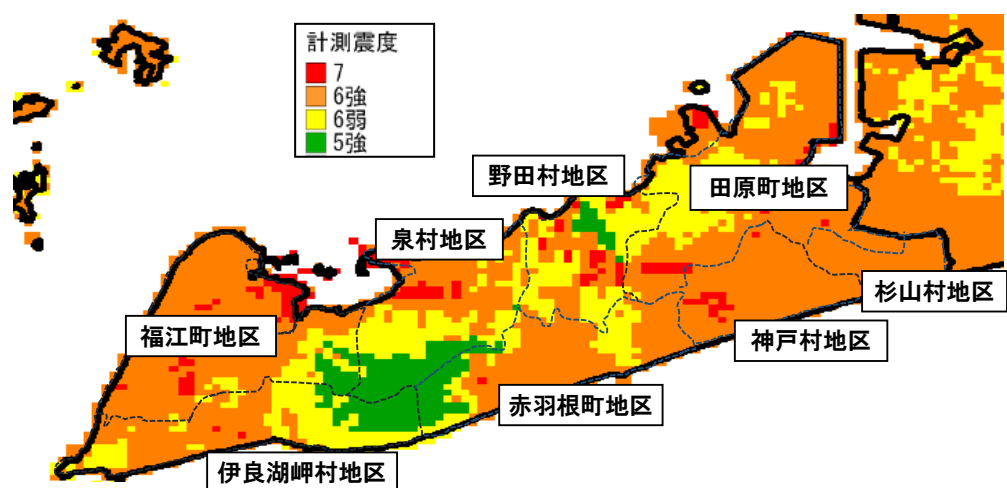


図 5.14 地震動予測結果

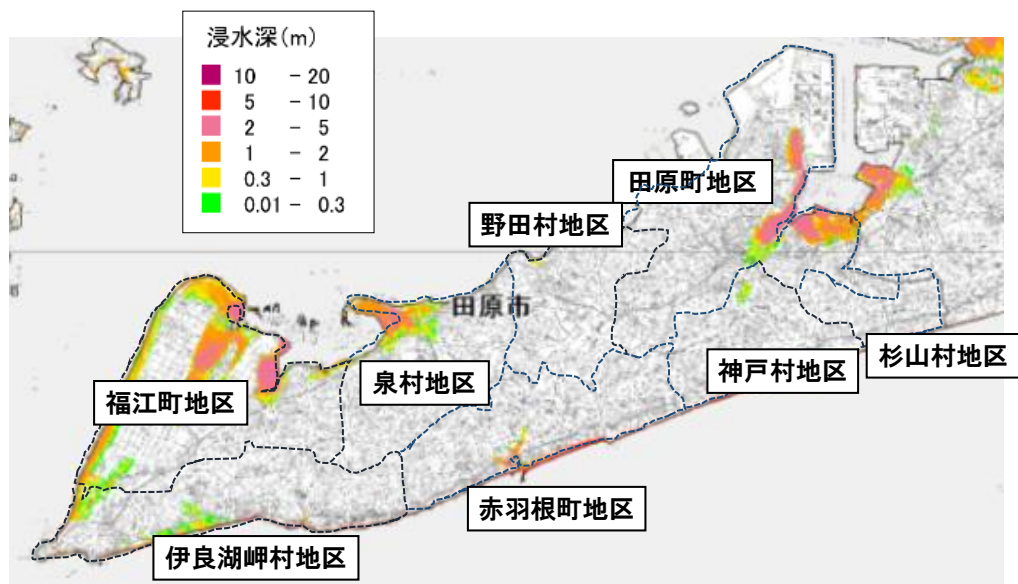


図 5.15 津波予測結果（浸水分布）

5.3.4 太陽光発電の可能性

(1) 田原市での太陽光発電

田原市における月別の平均日射量と太陽光パネルメーカーの計算サイトのシミュレーションによる太陽光発電予測発電電力量を図 5.16 示す。8 月の日射量が最も多く、予測発電電力量も多い。

(2) 耕作放棄地を活用した太陽光発電賦存量

すべての耕作放棄地を太陽光発電に活用した場合の地区別の太陽光発電賦存量の算定式を式(5.1)に、その算定結果を図 5.17 に示す。耕作放棄地の多い田原町地区、伊良湖岬地区の太陽光発電賦存量が多い。

$$E_{cf} = \sum (E_m \times A_k) \quad \cdot \cdot \cdot (5.1)$$

E_{cf} : 地区別の太陽光電力賦存量 (万 kWh /年)

E_m : 月別予測発電電力量 ($kWh/ha \cdot 月$)

A_k : 耕作放棄地の面積 (ha)

(農林水産省統計部「2010 年世界農林業センサス」)

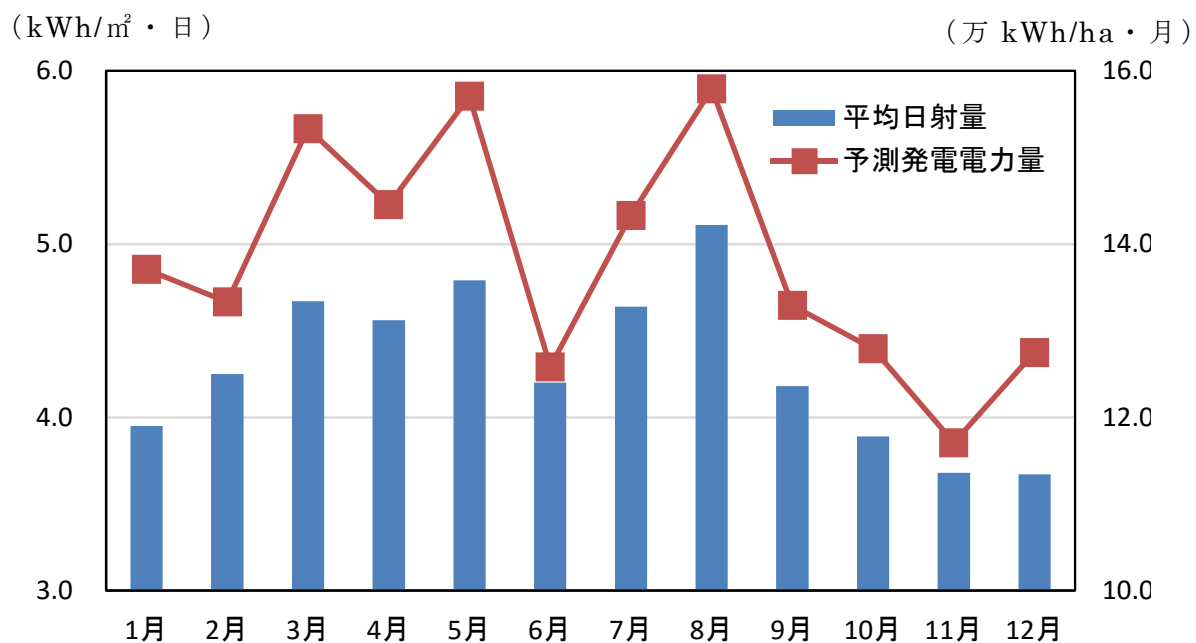


図 5.16 月別の平均日射量と太陽光発電予測発電電力量

京セラの計算サイト

(<http://solarsystem.kyocera.co.jp/solar/app/simu/hp/step1.html>)

ソーラー発電システムの型式(太陽電池容量):PV18R186(3.348kW)

(万 kWh/年)

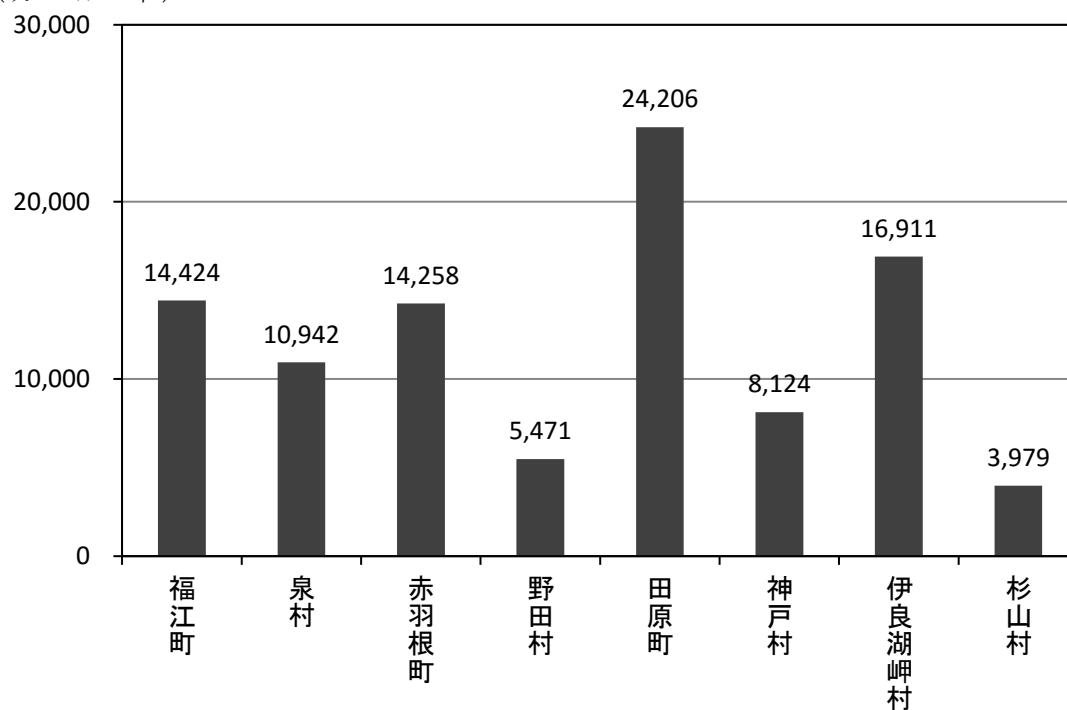


図 5.17 地区別の太陽光発電賦存量

5.3.5 平常時のポテンシャル

(1)地区別住宅電力消費量

式(5.2)に地区別の住宅電力消費量の算定式を示す。その算定結果を図 5.18 に示す。世帯数の多い、田原町地区、福江町地区の住宅消費量が多い。

$$E_{ch}=E_{hkj}\times N_h \quad \dots (5.2)$$

E_{ch} : 地区別の住宅電力消費量 (万 kWh/年)

E_{hkj} : 家庭用エネルギー種別消費原単位 1,967kWh/ 年・世帯
(家庭用エネルギーハンドブック 2007 年版)

N_h : 世帯数 (平成 22 年国勢調査-総務省統計局)

(万 kWh/年)

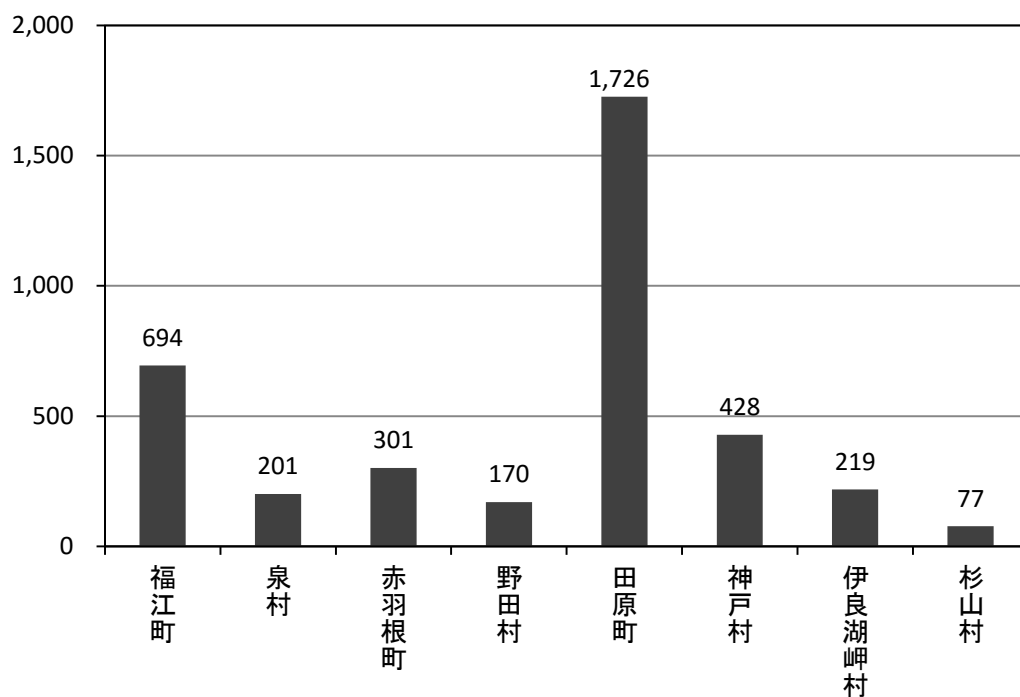


図 5.18 地区別の住宅電力消費量

(2)耕作放棄地の活用

図 5.19 に地区別の住宅電力消費量を太陽光発電で賄うことのために必要な耕作放棄地の活用割合と面積を示す。伊良湖岬地区の場合、1.29%、1.3ha の耕作放棄地を太陽光発電に活用すれば、地区内の住宅電力消費量を賄うことができると推測される。また、田原市全体の場合、3.88%、約 23ha の耕作放棄地を活用すれば、市全体の住宅電力消費量を賄うことができると推測される。

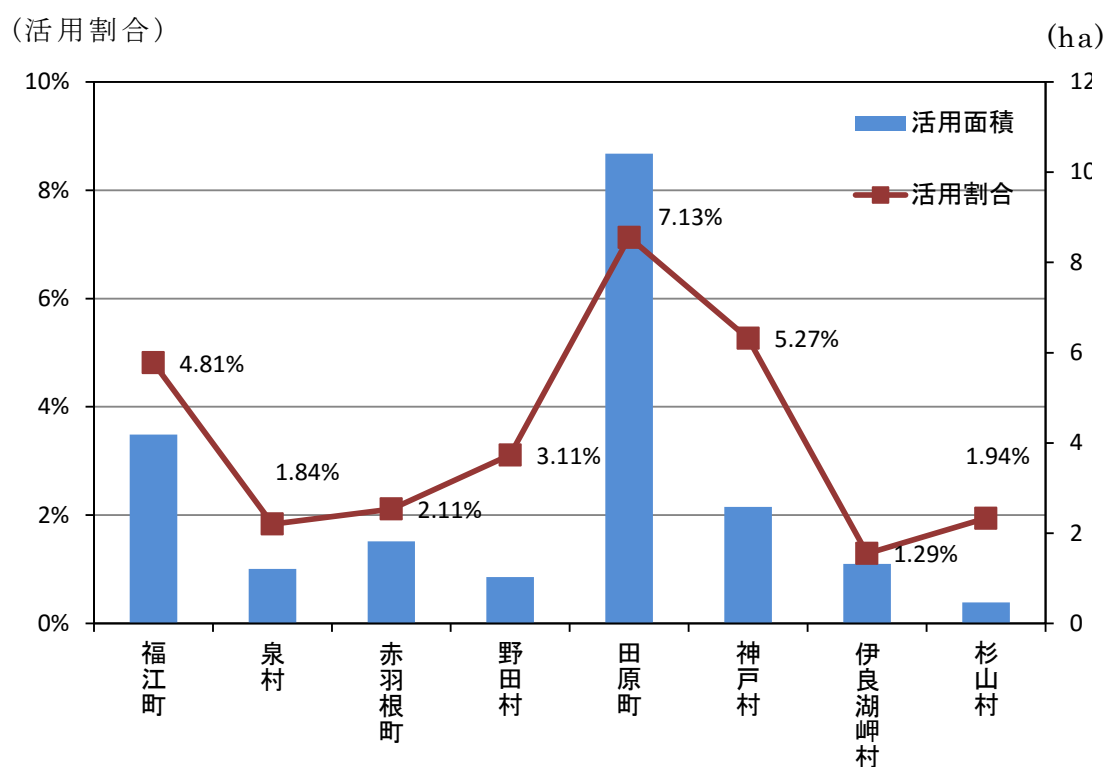


図 5.19 地区別の耕作放棄地の活用割合と面積

5.3.6 非常時のポテンシャル

(1)避難所について

表 5.5 に田原市地域防災計画に位置づけのある避難所（体育館）の概要を示す。避難所の多くが、小・中学校の体育館である。

表 5.5 田原市の避難所（体育館）の概要

	避難場所等名	用途	建築年度	階数	延床面積 (㎡)	構造
1	亀山小学校	体育館	S51	2	594	RC
2	中山小学校		S40	2	673	RC
3	福江中学校		S46	1	1,188	RC
4	福江小学校		S53	2	761	RC
5	清田小学校		S42	1	590	RC
6	福江高校体育館		S54	1	1,335	鉄骨
7	泉小学校		S55	2	668	RC
8	泉中学校		S42	1	749	RC
9	高松小学校		S56	2	848	RC
10	赤羽根中学校		S62	3	2,245	RC
11	サンテドーム		H10	1	1,771	RC
12	野田中学校		H17	1	1,018	RC
13	野田小学校		S48	2	618	RC
14	田原東部小学校		S49	1	585	RC
15	童浦小学校		S46	1	585	RC
16	田原中学校		H4	2	2,710	RC
17	田原中部小学校		S54	1	948	RC
18	成章高校		S56	1	1,374	RC
19	衣笠小学校		S59	2	966	RC
20	東部中学校		H17	1	1,583	RC
21	神戸小学校		S47	1	585	RC
22	大草小学校		S52	1	585	RC
23	伊良湖岬中学校		S49	1	985	RC
24	渥美運動公園		S56	2	3,448	RC
25	伊良湖小学校		S52	2	594	RC
26	六連小学校		S50	1	585	RC

図 5.20 に避難所(体育館)の分布状況を示す。全体的には、緊急輸送道路を軸に配置しており、沿岸部より地震による津波の被害が少ない、半島内部に配置されているケースが多い。本研究では、災害時、避難所指定されている体育館は、非常時に使用されるものとして検討を行う。

図 5.21 に避難所の電力需給状況のイメージを示す。被災直後の避難所は、停電などによって、自家発電や太陽光発電が主な電力供給源となることが想定される。時間の経過に伴って、電力供給網が復旧していき、避難所に求められる機能も変化することが考えられるが、本研究では、被災直後の避難所における電力需給のバランスについて検討することとした。

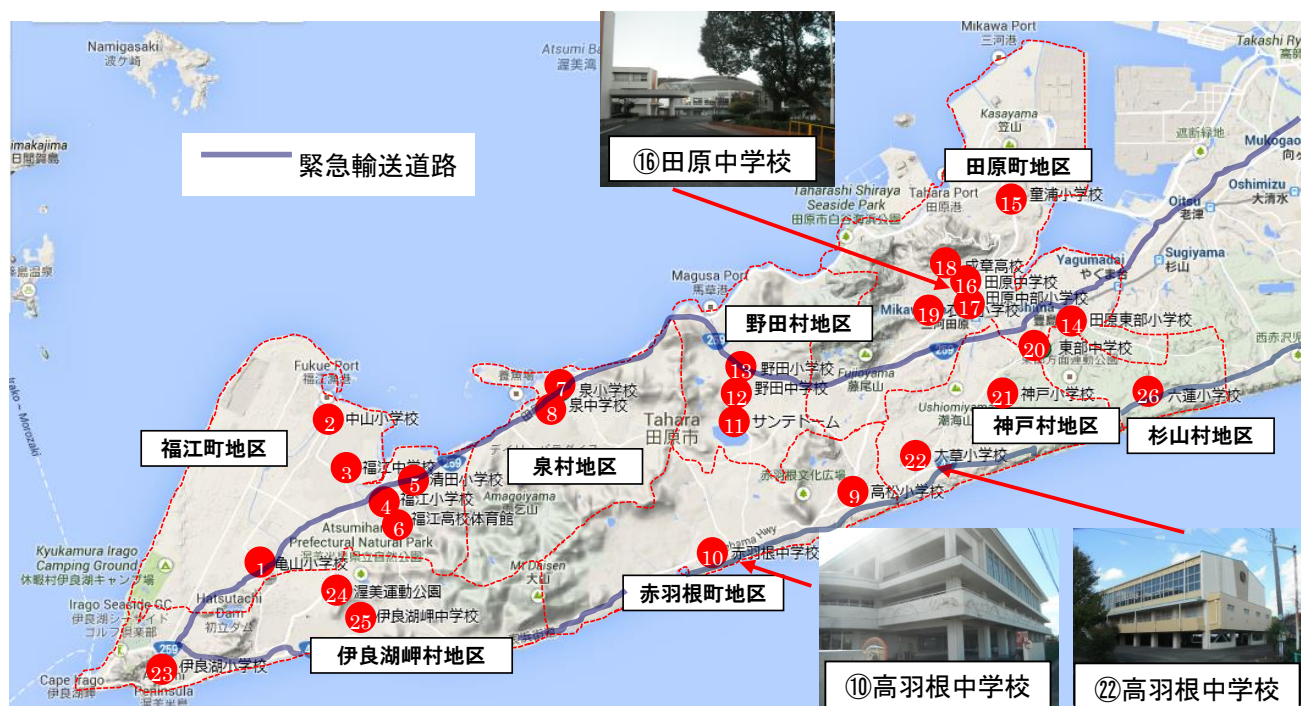


図 5.20 田原市の避難所(体育館)の分布状況

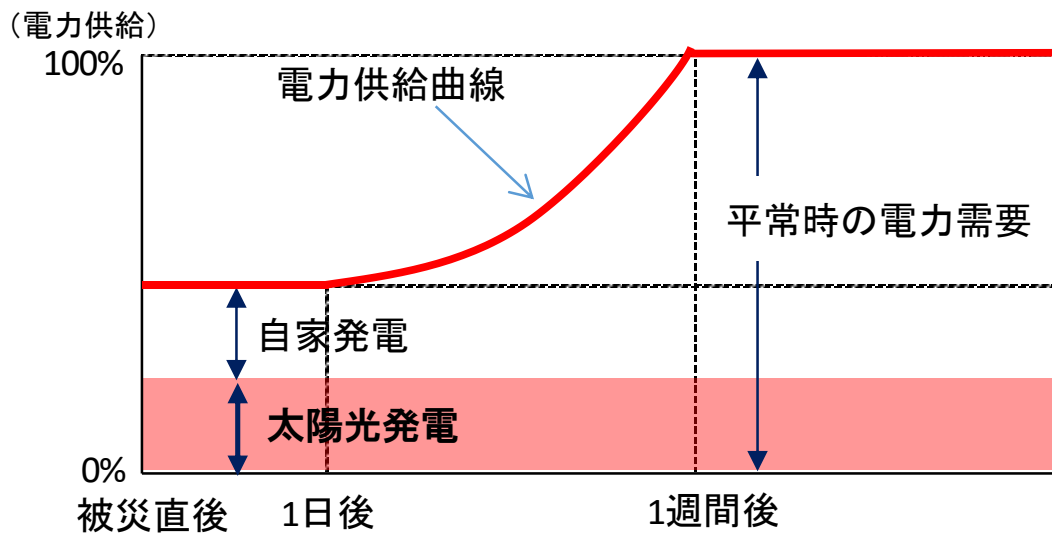


図 5.21 避難所の電力需給状況のイメージ

(2)避難所の電力需要の想定

避難所の電力需要については、埼玉県高等学校防災拠点施設整備 [57] の想定を引用することとし、一日の太陽光発電の負荷対象の想定を表 5.6 に示す。収容人数 800 人あたり 72kWh/日の負荷を想定されており、田原市の避難所においても同程度の電力需要と想定し試算することとした。

表 5.6 一日の太陽光発電の負荷対象の想定

負荷名	負荷(W)	台数	(kWh)	使用時間/日	計(kWh)
照明	90	50	4.5	10	45
テレビ	100	5	0.5	8	4
ポンプ	1500	2	3	5	15
パソコン	800	2	1.6	5	8
計			9.6		72

(3)避難行動パターンの想定

被災後の行動パターンとして、津波や余震等の被害に備え、まずは避難所に参集するケースと建物への被害が軽微であるならば、逃げずに自宅に留まるケースが考えられる。

本研究では、避難所の収容能力を最大まで利用するケースを避難所選択型、建物倒壊等の被害が軽微で逃げずに自宅に留まることを選択するケースを自宅選択型として検討する。

a)避難所選択型

式(5.3)に避難所選択型の算定式を示す。また、図 5.22 に避難所選択型の電力需要とそのために必要となる耕作放棄地の活用割合を示す。

$$E_{c-H} = 72kWh \times N_H / 800 + (N_c - N_H) / N_c \times N_h \times E_H \quad \dots (5.3)$$

E_{c-H} ：避難所選択型の電力需要（ $kWh/日$ ）

N_H ：地区別の避難所収容人数（愛知県地域防災計画 [58]）

N_c ：地区別の人口（平成 22 年国勢調査-総務省統計局）

N_h ：地区別の世帯数（平成 22 年国勢調査-総務省統計局）

E_{H-kj} ：被災直後に住宅で最低限利用する電力を家庭用エネルギー種別消費原単位の 1/10 と想定 0.54kWh/日・世帯
（家庭用エネルギーハンドブック 2007 年版）

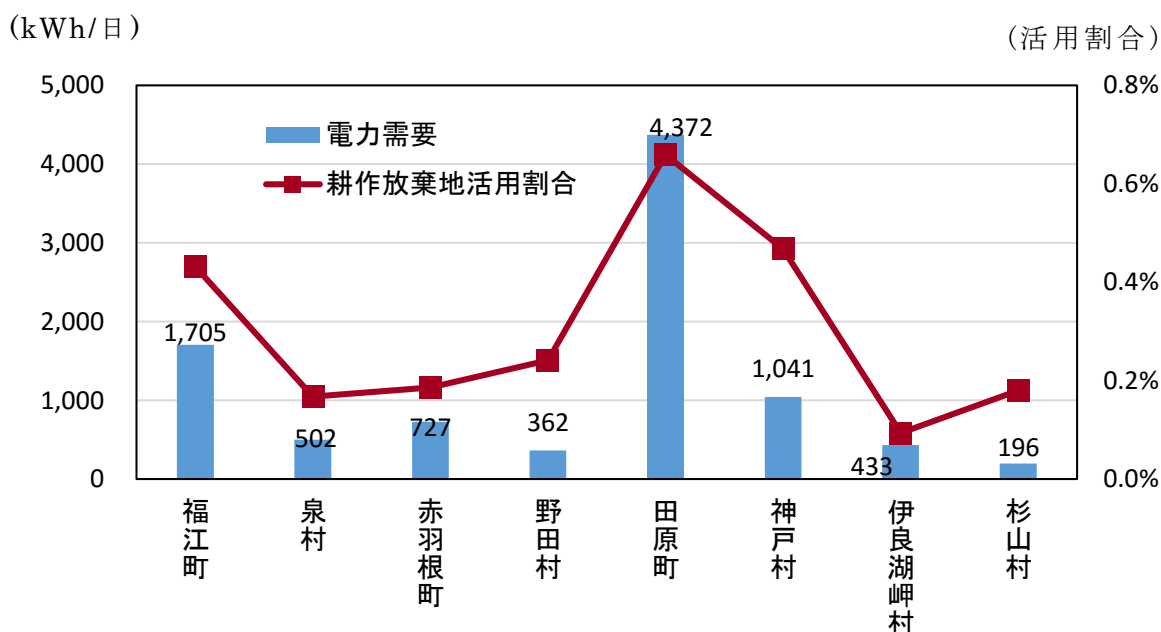


図 5.22 避難所選択型の電力需要と耕作放棄地の活用割合

b) 自宅選択型

式(5.4)に自宅選択型の算定式を示す。また、図5.23に自宅選択型の電力需要とそのために必要となる耕作放棄地の活用割合を示す。愛知県のものである住宅耐震化率95%[30]の場合、耐震性のある住宅は建物倒壊しないことを条件とすると、95%は自宅、5%は避難所に避難することになる。

$$E_{c-J} = N_h \times 0.95 \times E_{H-kj} + 72kWh \times (N_c \times 0.05) / 800 \quad \cdots (5.4)$$

E_{c-J} : 自宅選択型の電力需要 (kWh/日)

N_h : 地区別の世帯数 (平成22年国勢調査・総務省統計局)

E_{H-kj} : 被災直後に住宅で最低限利用する電力を家庭用エネルギー種別消費原単位の1/10と想定する。0.54kWh/日・世帯
(家庭用エネルギーハンドブック2007年版)

N_c : 地区別の人口 (平成22年国勢調査・総務省統計局)

避難所選択型に対して自宅選択型の方が電力需要は高くなる傾向にある。しかし、現実的に避難所の収容能力を考えると混乱する避難所に行くよりは、自宅の中に留まる方が、安全で合理的な行動と考えられる。

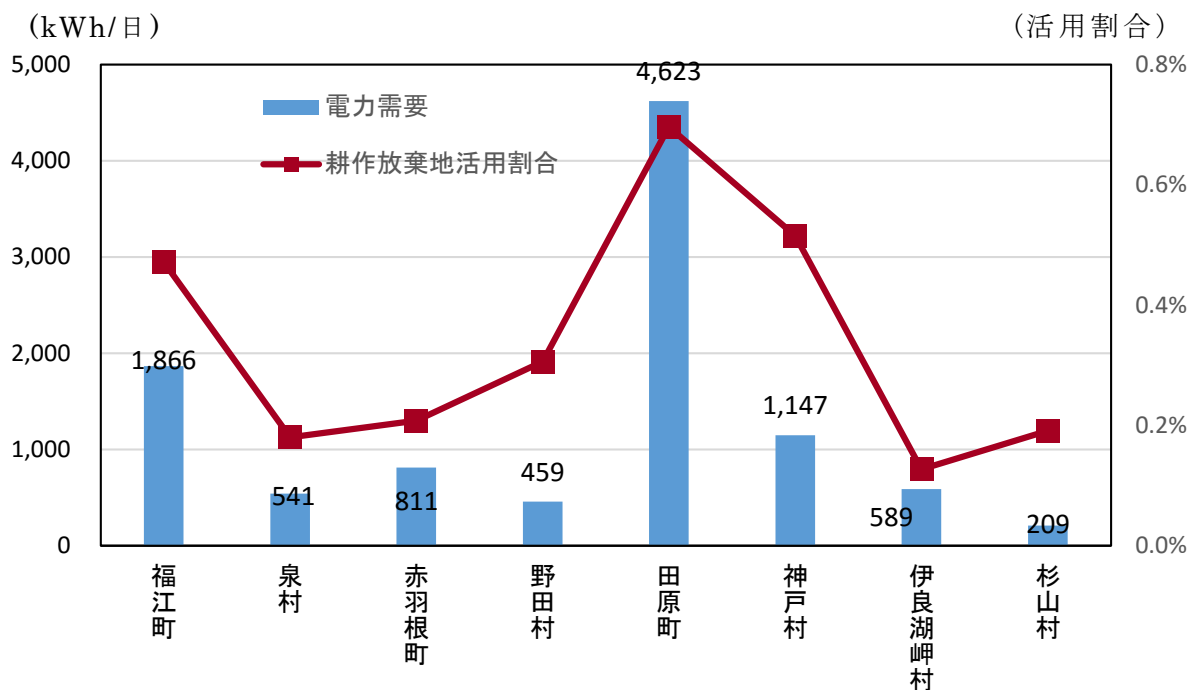


図 5.23 自宅優先型の電力需要と耕作放棄地の活用割合

5.4 本章のまとめ

本章では、避難所の耐震・エネルギー対策について検討した。愛知県を対象に避難所等の防災拠点の現状を分析し、耐震対策における必要な施策、課題について検討した。さらに避難所が有効に機能するためのエネルギー対策として、地域を取り巻く諸問題の対策を兼ねて耕作放棄地を活用し、太陽光発電することで非常時に必要な電力確保する方策を提案した。具体的には、愛知県田原市を対象として検討を行い、各地区の耕作放棄地を太陽光発電に活用することで、各避難所で必要な電力を賄うことは可能であり、一体的な計画として、耐震対策と一連で実施することで、避難所の機能維持が一層図られると考えられる。

各検討事項のまとめは以下のとおりである。

5.4.1 防災拠点の耐震化

県は、防災拠点に指定されていない高等学校の棟数が多く、市町村は、小・中学校や公民館等の棟数が多い。避難所として機能するために、ソフト面として避難所運営マニュアルの整備や運営に必要なマンパワーの配置、ハード面として耐震化だけでなくバリアフリー等の必要な整備を行うことにより、防災拠点としての活用が見込まれる。県全体として、防災拠点として活用できる可能性がある診療施設には棟数の面から限界があり、災害拠点病院以外にも民間の診療施設を防災拠点として活用することが期待される。地区別には、名古屋地区の社会福祉施設が少ないなど、それぞれの地区で、公共施設の不足を民間施設と連携することで必要数を賄うことが期待される。

また、小学校の体育館において、建物の耐震化は進んでいるが、基準（特定天井及び特定天井の構造耐力上安全な構造方法を定める件（平成 25 年国土交通省告示第 771 号）の天井脱落対策に係る基準）を満たさない吊り天井が多く存在していることが想定される。東日本大震災では、昭和 56 年 6 月 1 日以降の新耐震基準により建築された体育館でさえ、天井の脱落被害に遭い避難所として機能できなかった事例が多数あった。国が実施している行政指導を踏まえ、施設管理者に対策の必要性を周知するとともに、文部科学省策定の「学校施設における天井等落下防止対策のための手引」（平成 25 年 8 月）や交付金等の活用により、天井の調査を実施し、必要に応じて天井の補強や撤去を実施する必要がある。

今後の課題として、防災拠点の指定にあたりソフト面とハード面のボトルネックを整理し対応することと、地域性を分析し、災害時の地域の弱点を把握することが必要となる。また、民間施設を活用する場合、建物所有者への補助金等の支援のしくみの検討が必要である。

5.4.2 耕作放棄地を活用した太陽光発電(平常時、非常時の需給バランスのマクロ分析)

耕作放棄地を活用した太陽光発電の平常時、非常時の需給バランスについて概算的に試算した。地区ごとに耕作放棄地の太陽光発電への活用割合にバラツキはあるものの、平常時、非常時ともに十分なポテンシャルを確認した。

さらに、住宅の最低限のエネルギーを太陽電池で賄うことによって、住宅レベルで災害時に自立することは、総合的に地域防災力を高める上で重要であると考えられる。

今後の課題としては、地区別に耕作放棄地からの電力供給先も、時間の経過に伴って変化するシナリオの検討や時間経過に応じて、エリアワイドに、地域全体を見渡した配分計画の検討を行う必要がある。

第 6 章

6.地域の耐震・エネルギー対策に関する研究

6.1 概説

6.2 緊急輸送道路の機能確保

6.3 耕作放棄地を活用した太陽光発電 (太陽光発電と省エネ改修の関係性)

6.4 本章のまとめ

6. 地域の耐震・エネルギー対策に関する研究

6.1 概説

第 3 章、第 4 章で検討している「自助」としての住宅の耐震・エネルギー対策と第 5 章で検討している「公助」としての避難所の耐震・エネルギー対策がさらに有効的に機能できるように、地域単位で支える「共助」の取り組みが必要と考えられる。「自助」や「公助」の取り組みを有効とするために、これらの取り組みと一体的に実施する「共助」としての取り組みが必要である。

耐震対策については、住宅から避難所への避難、緊急物資の輸送や被災後の復旧復興を考えると地域単位の取り組みが必要と考えられる。

平成 25 年 11 月に、改正耐震改修促進法が施行され、大規模な地震の発生に備えて、震災時に避難、救急消火活動、緊急支援物資の輸送及び復旧復興活動を支える道路が建築物の倒壊により閉塞されることを防ぐため、地方公共団体が指定した道路沿道の建築物の所有者に対し耐震診断を義務化することができるようになった。

愛知県では、この法改正を受けて、南海トラフ巨大地震等の大規模地震への備えとして、広域的な避難、救助活動の観点から必要な道路を指定し、耐震診断を義務付けることにより耐震化を促進し、県民の生命や財産の保護を図るとともに、震後の早期の復旧、復興に備える必要がある。

また、エネルギー対策として、個人が所有する住宅の省エネ改修は、それぞれ個別に実施すると費用負担や効率性の面で限界もある。さらに、非常時における避難所のキャパシティを考えるとそれぞれの負担軽減を目的に、日頃から地域単位での住宅用電力エネルギーの自立を考えておく必要がある。

本章では、「共助」として震災時に避難、救急消火活動、緊急支援物資の輸送及び復旧復興活動を支える道路の機能維持を目的に、緊急輸送道路沿道の建築物を対象に建物用途・規模、建物所有者の意向調査を分析し、耐震診断を義務付けする路線の指定の優先順位や耐震化促進施策について検討し提言する。

さらに、エネルギー対策として、省エネ基準(昭和 55 年)、新耐震基準(昭和 56 年)制定前の昭和 55 年以前の本造住宅が多い、新都市を選定し、地域単位に耕作放棄地を太陽光発電に活用することで地域の住宅用電力を賄い、住宅の省エネ改修との関係性について検討した。

6.2 緊急輸送道路の機能確保

6.2.1 愛知県の緊急輸送道路について

表 6.1 に愛知県における緊急輸送道路の定義[58]を示す。第 1 次緊急輸送道路は広域の緊急輸送を担う道路、第 2 次緊急輸送道路は地域内の緊急輸送を担う道路としている。表 6.2 に愛知県の緊急輸送道路の延長距離（km）を示す。第 1 次は一般国道、2 次は主要地方道の延長距離が最も長い。

表 6.1 愛知県における緊急輸送道路の定義

	定義
第 1 次緊急輸送道路	県庁所在地、地方中心都市及び重要港湾、空港等を連絡し、広域の緊急輸送を担う道路
第 2 次緊急輸送道路	第 1 次緊急輸送道路と市区町村、主要な防災拠点（行政機関、公共機関、港湾、ヘリポート、災害医療拠点、自衛隊等）を連絡し地域内の緊急輸送を担う道路

表 6.2 愛知県の緊急輸送道路の延長距離(km)

平成 25 年 4 月 1 日時点

種別	管理区分	国土交通省 中部地方 整備局	中日本 高速道路(株)	愛知県 (臨港道路除く)	名古屋市	愛知県 道路公社	名古屋高速 道路公社	市町村 (名古屋市除く)	港湾(漁港) 管理者	合計
第 1 次	高速自動車国道		256.8							256.8
	一般国道	428.9		244.5	17.1	5.2				695.8
	主要地方道			76.3	62.1	40.5				178.9
	一般県道			12.6	2.1	14.6	35.1			64.4
	市町村道				6.5		42.2	0.3		49.0
	臨港道路								18.3	18.3
	計	428.9	256.8	333.4	87.8	60.3	77.3	0.3	18.3	1,263.184
第 2 次	高速自動車国道									0
	一般国道	7.5		489.7	2.9					500.1
	主要地方道			505.9	123.1	17.7				646.7
	一般県道			159.0	55.4					214.4
	市町村道				103.0			14.9		117.9
	臨港道路								4.5	4.5
	計	7.5	0.0	1,154.6	284.4	17.7	0.0	14.9	4.5	1,483.7
合計	高速自動車国道		256.8							256.8
	一般国道	436.4		734.3	20.0	5.2				1,195.9
	主要地方道			582.2	185.2	58.2				825.6
	一般県道			171.6	57.5	14.6	35.1			278.8
	市町村道				109.5		42.2	15.2		166.9
	臨港道路								22.9	22.9
	計	436.4	256.8	1,488.1	372.2	78.0	77.3	15.2	22.9	2,746.9

6.2.2 愛知県の緊急輸送道路沿道建築物の現状

(1) 所管行政庁ごとの件数

表 6.3 に所管行政庁ごとの緊急輸送道路（国管理の道路を含む。以下同じ。）沿道の耐震性のない建築物数を示す。また、図 6.1 に 愛知県における緊急輸送道路網を示す。全体数の約 30% が第 1 次緊急輸送道路、約 70% が第 2 次緊急輸送道路沿道にある。

第 1 次緊急輸送道路沿道の建築物は、県庁所在地であり、近接して重要港湾、空港のある名古屋市が最も多くなっている。第 2 次緊急輸送道路沿道の建築物は、地方中心都市以外を所管する愛知県が多くなっている。また、市町村合併により面積が大きい豊田市は、緊急輸送道路の延長距離が長く、その他の地方中心都市に対して沿道建築物数も多くなっている。

表 6.3 緊急輸送道路沿道の耐震性のない建築物数

平成 25 年 4 月 1 日時点

	第1次緊急輸送道路	第2次緊急輸送道路	合計
愛知県(限定特定行政庁含む)	539	2,162	2,701
名古屋市	630	1,109	1,739
豊橋市	48	202	250
岡崎市	7	11	18
一宮市	55	137	192
春日井市	12	40	52
豊田市	202	218	420
合計	1,493	3,879	5,372

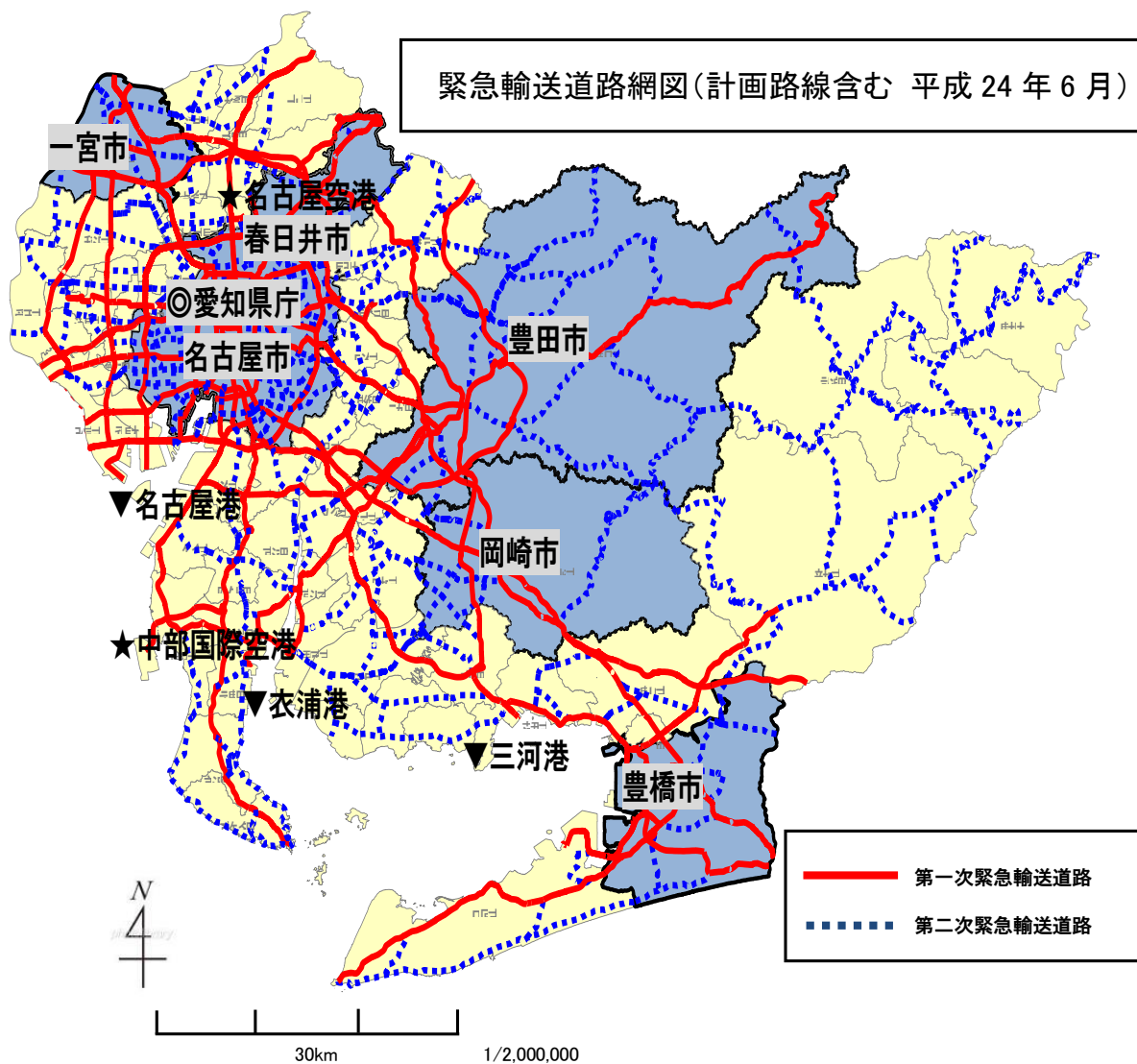


図 6.1 愛知県における緊急輸送道路網

(2)建物用途

図 6.2 に建物用途別の緊急輸送道路沿道の耐震性のない建築物（棟/km）(第 1 次、第 2 次緊急輸送道路のうち自動車専用道を除いた延長距離)を示す。第 1 次緊急輸送道路沿道の建築物は、商業施設、店舗、事務所が 0.69 棟/km と多く、次に戸建て住宅 0.50 棟/km、共同住宅 0.41 棟/km と多い。第 2 次緊急輸送道路沿道の建築物は、戸建て住宅が 1.09 棟/km と最も多く、次に商業施設、店舗、事務所が 0.71 棟/km と多い。また、全体数としては、約 64% が住宅系であり、特に第 2 次緊急輸送道路沿道の建築物の耐震化を進める上で、住宅系の既存の住宅耐震化施策との連携が必要である。

(3)建物規模

図 6.3 に建物規模別の緊急輸送道路沿道の耐震性のない建築物（棟/km）を示す。第 1 次緊急輸送道路沿道の建築物は、1,000 m²以上の規模の大きい建築物が 0.54 棟/km と最も多いが、200 m²以下の小規模な建築物についても 0.52 棟/km と多く、ばらつきがある。第 2 次緊急輸送道路沿道の建築物は、200 m²以下の小規模な建築物が 1.28 棟/km と最も多く、第 1 次緊急輸送道路と比較して規模の小さい建築物が多い。したがって、第 1 次緊急輸送道路沿道は大規模建築物、第 2 次緊急輸送道路沿道は小規模建築物に対しそれぞれ対策が必要である。

(棟/km)

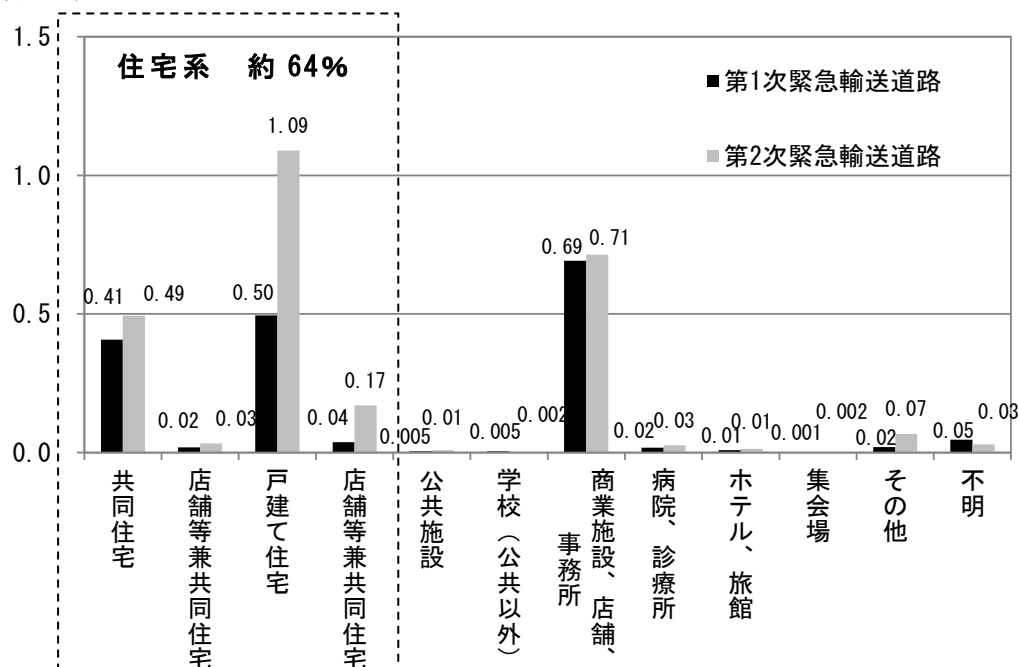


図 6.2 建物用途別の緊急輸送道路沿道の耐震性のない建築物(棟/km)

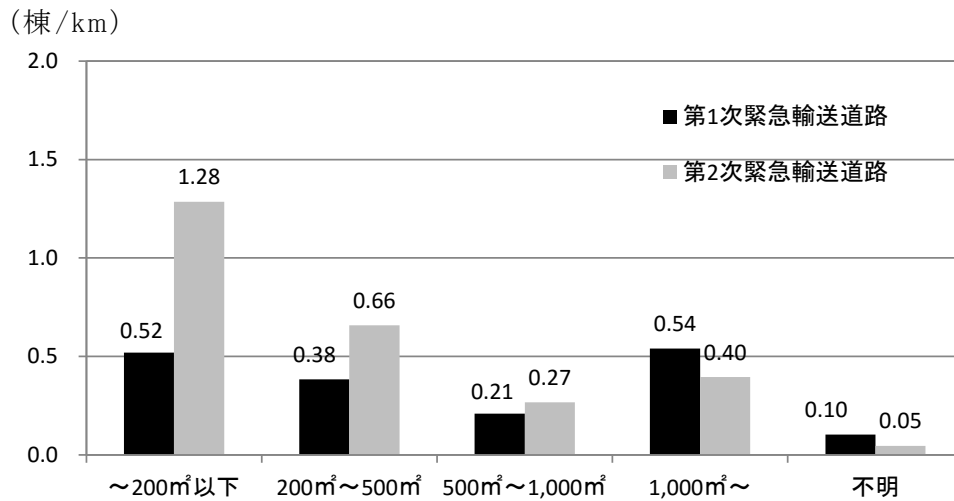


図 6.3 建物規模別の緊急輸送道路沿道の耐震性のない建築物 (棟/km)

(4)建物構造

図 6.4 に建物構造別の緊急輸送道路沿道の耐震性のない建築物 (棟/km) を示す。第 1 次緊急輸送道路沿道の建築物は、鉄筋コンクリート造が 0.78 棟/km と最も多く、次に木造が 0.49 棟/km と多い。第 2 次緊急輸送道路沿道の建築物は、木造が 1.19 棟/km と最も多く、次に鉄筋コンクリート造が 0.72 棟/km と多い。また、全体数としては、約 40% が木造であり、特に第 2 次緊急輸送道路沿道の建築物の耐震化を進める上で、工務店等の木造を専門とする業者との連携が必要である。

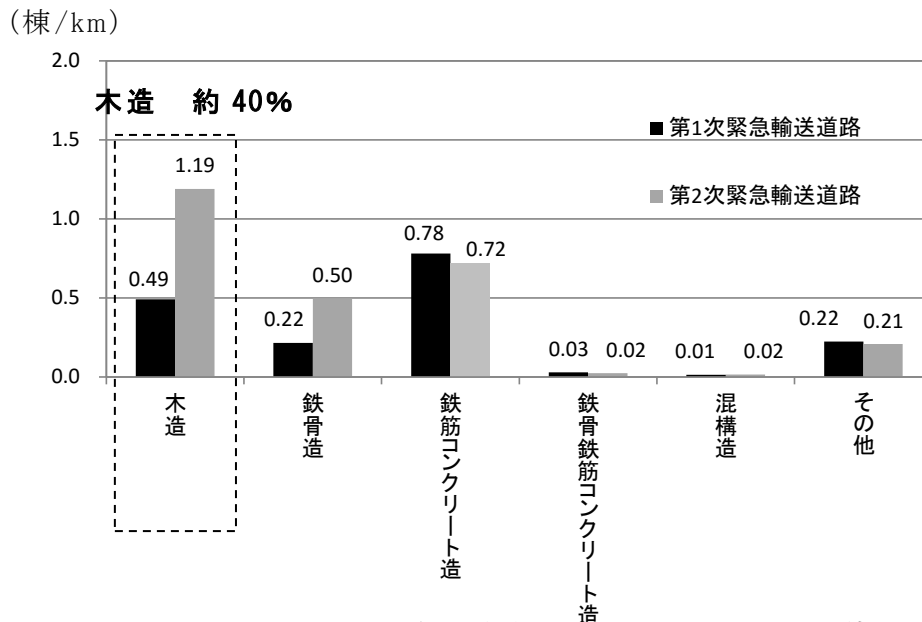


図 6.4 建物構造別の緊急輸送道路沿道の耐震性のない建築物

6.2.3 アンケート調査

愛知県として、建物所有者向けに調査したアンケート調査項目を表 6.4 に示す。耐震診断や耐震改修の実施状況や実施が困難な理由について調査した。本調査の対象地区は、名古屋市や地方中心都市などの都市部を繋ぐ郊外の特徴を把握することを目的に、愛知県が所管行政庁となる緊急輸送道路沿道の耐震性のない民間建築物 2,555 棟（一部の所有者不明を除いて全数）を対象とした。参考文献〔59〕では同じ内容のアンケートを多数の者が利用する建築物等のうち一定規模以上の建物所有者にも送付し、その結果を報告しているが、本報では、緊急輸送道路沿道建築物に絞りまとめたものを報告する。期間は、平成 25 年 1 月 23 日（水）～4 月 10 日（水）に実施し、送付にあたっては、愛知県が平成 19 年度に作成した緊急輸送道路沿道建築物台帳（平成 23 年度フォローアップ）を利用している。表 6.5 にアンケート調査の送付数と回答率について示す。回答率は、全体では 34%であったが、第 1 次緊急輸送道路は 38%、第 2 次緊急輸送道路は 33%であった。

表 6.4 アンケート調査項目

問 1	あなたが所有または管理する建物等について、耐震診断を行いましたか。
1.	はい
2.	いいえ
問 2	「問 1」で「はい」と回答した方に伺います。耐震診断の結果、耐震改修を行いましたか。
1.	はい 時期（平成 年 月）
2.	いいえ
問 3	「問 1」で、「いいえ」と回答した方に伺います。そのように回答した理由を記入してください。
1.	費用がかかる
2.	業者がわからない
3.	入居者又は使用者の理解が得られない
4.	建替又は取り壊す予定
5.	その他（
問 4	「問 1」又は「問 2」で「いいえ」と答えた方に伺います。あなたが所有または管理する建物を耐震改修したいと思いますか。
1.	実施する予定（時期： ）
2.	実施したいが難しい
3.	実施するつもりはない
4.	耐震診断の結果、十分な耐震性があった
問 5	「問 4」で、2. 実施したいが難しい、又は 3. 実施するつもりはない と回答した方に伺います。そのように回答した理由を記入してください。
1.	費用がかかる
2.	業者がわからない
3.	入居者又は使用者の理解が得られない
4.	建替又は取り壊す予定
5.	その他（
問 6	あなたが所有または管理する建物について、設計図書（図面など）をお持ちですか。
1.	はい
2.	いいえ
問 7	その他ご意見ご要望がありましたらご記入ください。（建替え、除却について記載）
<div></div>	

表 6.5 アンケート調査の送付数と回答率

	種別	送付数(通)	回答数(通)	回答率(%)
調査対象	第1次緊急輸送道路	470	179	38%
	第2次緊急輸送道路	2,085	685	33%
合計		2,555	864	34%

(1)耐震化状況

調査によって耐震化等が確認された緊急輸送道路沿道建築物の割合を図 6.5（第1次緊急輸送道路）、図 6.6（第2次緊急輸送道路）に示す。本報では、耐震診断で耐震性ありと判定されたもの（問4で4を選択）や耐震改修実施済みのもの（問2で1を選択）に加え、緊急輸送道路の機能維持の観点で、建替え済みや除却済み（問7で記載）、調査によって対象外であることが明らかとなったものを含め、耐震性ありとして整理した。回答数 862 件のうち、約 10% が耐震化されている。耐震化の項目としては、耐震改修が最も多く、建替えが進んでいないことがわかる。

(2)耐震診断実施状況

緊急輸送道路沿道建築物の耐震診断実施率と診断後の耐震改修実施率を図 6.7（第1次緊急輸送道路）、図 6.8（第2次緊急輸送道路）に示す。緊急輸送道路沿道建築物の耐震診断実施率は、第1次、第2次ともに約 14%であった。その内訳は、耐震診断の結果、耐震性ありと判定されたもの、耐震改修を実施したもの、耐震性がなく未改修のもの（問2で2を選択かつ問4で4以外を選択）である。耐震改修実施率は、第1次が 2.8%、第2次が 4.5%であった。これらの結果より、相対的に第2次緊急輸送道路より第1次緊急輸送道路沿道建築物の方が耐震改修は進んでいないことがわかる

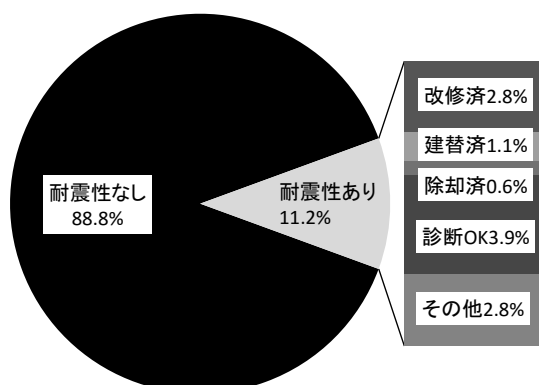


図 6.5 調査によって耐震化等が確認された割合(第1次緊急輸送道路)

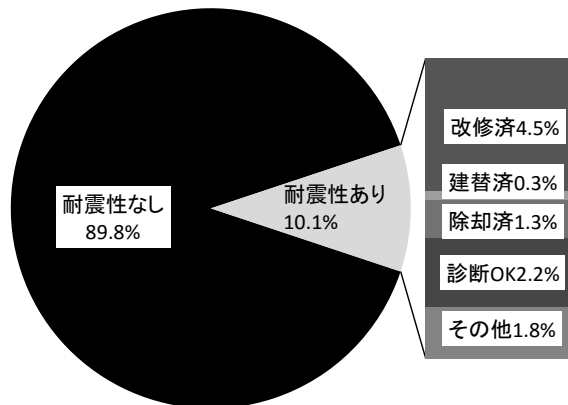


図 6.6 調査によって耐震化等が確認された割合(第 2 次緊急輸送道路)

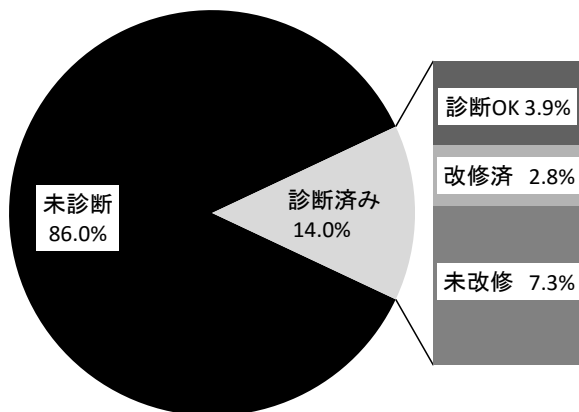


図 6.7 耐震診断実施率と診断後の耐震改修実施率(第 1 次緊急輸送道路)

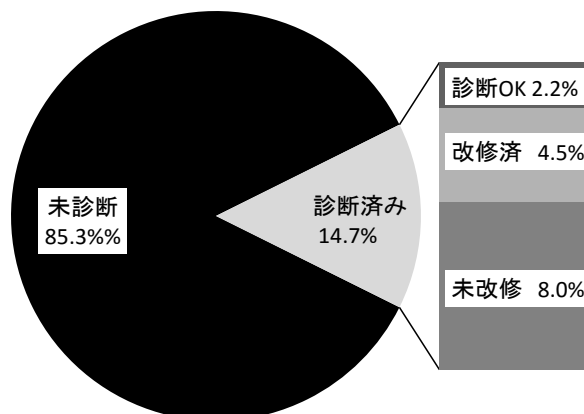


図 6.8 耐震診断実施率と診断後の耐震改修実施率(第 2 次緊急輸送道路)

耐震診断を実施していないと回答したうち、図 6.9 に耐震診断しない理由を示す。費用がかかることを理由に耐震診断を実施しない回答が最も多い。

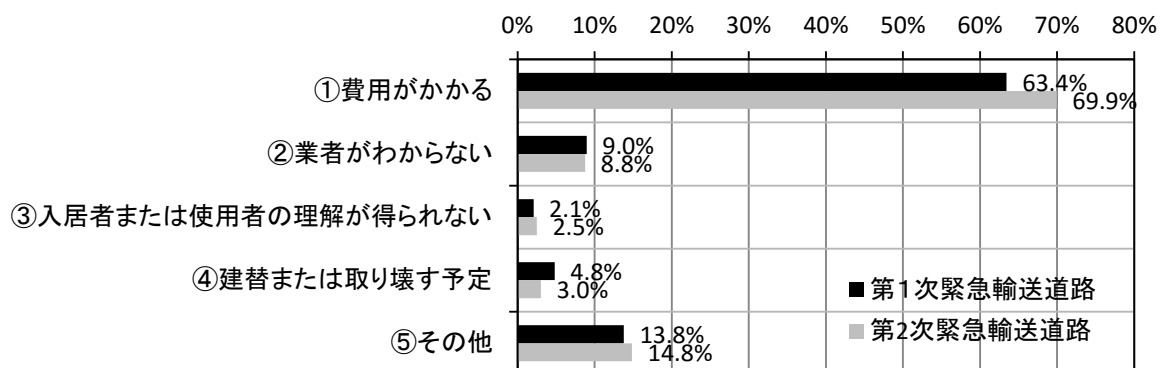


図 6.9 耐震診断しない理由

耐震改修を実施していないうちの、図 6.10 に耐震改修を実施する意向、図 6.11 に耐震改修を実施しない理由を示す。耐震改修に積極的でない回答のうち、費用負担を理由とする回答が最も多い。

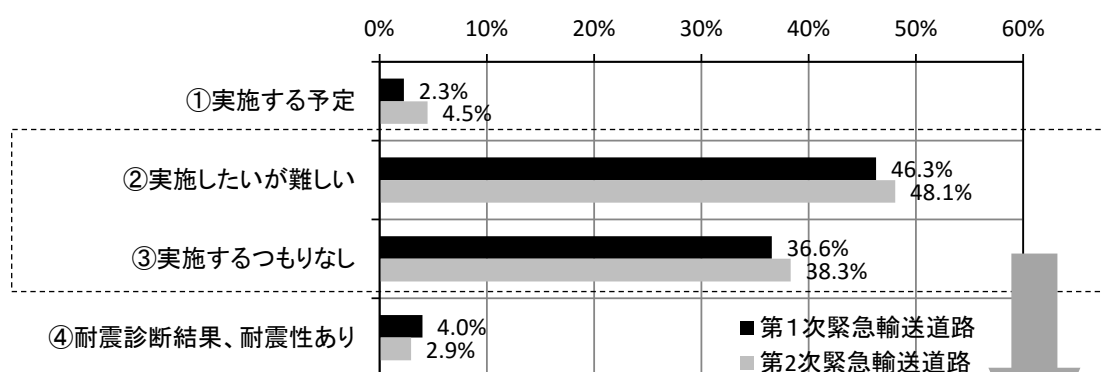


図 6.10 耐震改修を実施する意向

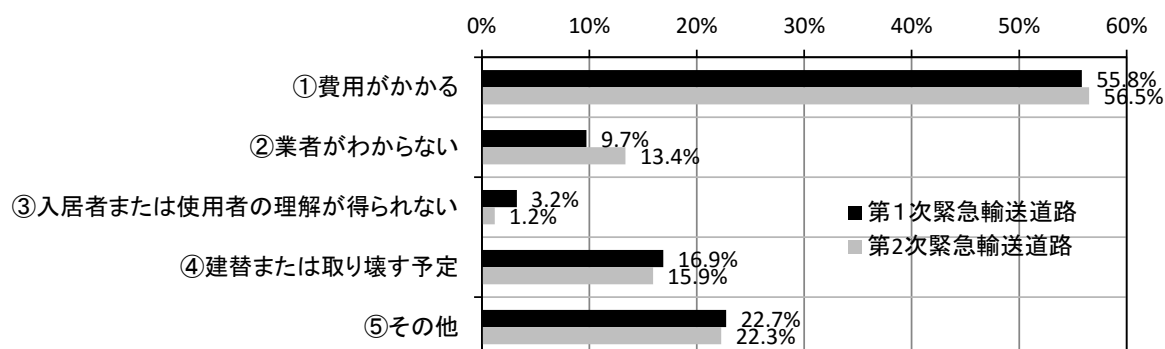


図 6.11 耐震改修を実施しない理由

(3)用途別耐震診断・耐震改修実績

図 6.12 に住宅、非住宅別の耐震診断・耐震改修実施率、図 6.13 に住宅・非住宅別の耐震改修をしない理由を示す。耐震診断、耐震改修共に、住宅系の実績率が低いことがわかる。非住宅系について、耐震診断実施率は第 2 次に対して第 1 次の方が高いが、改修実施率は低くなっている。耐震改修しない理由については、住宅系の方が費用負担を理由にする回答が多い。

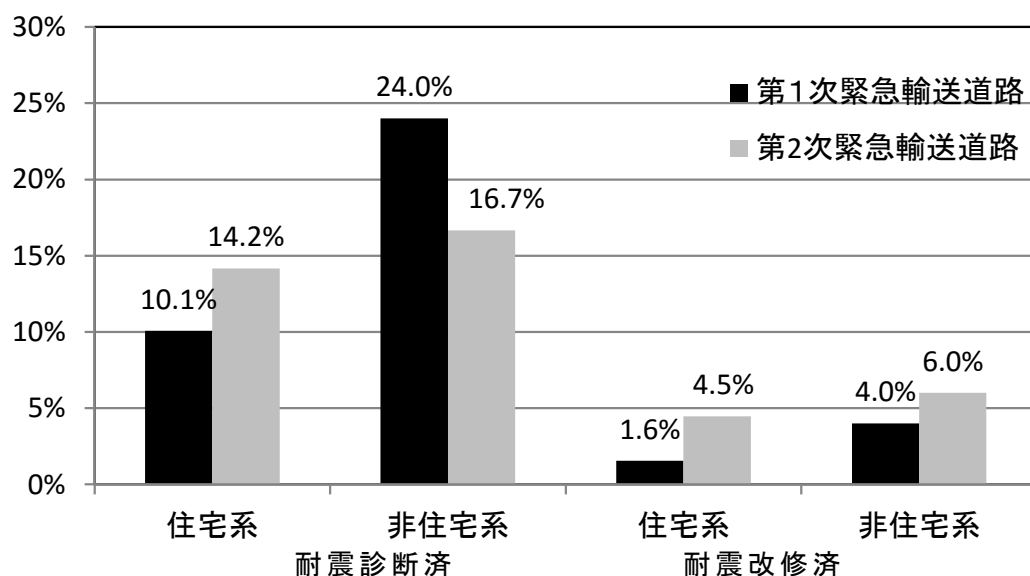


図 6.12 住宅・非住宅別の耐震診断・耐震改修実施率

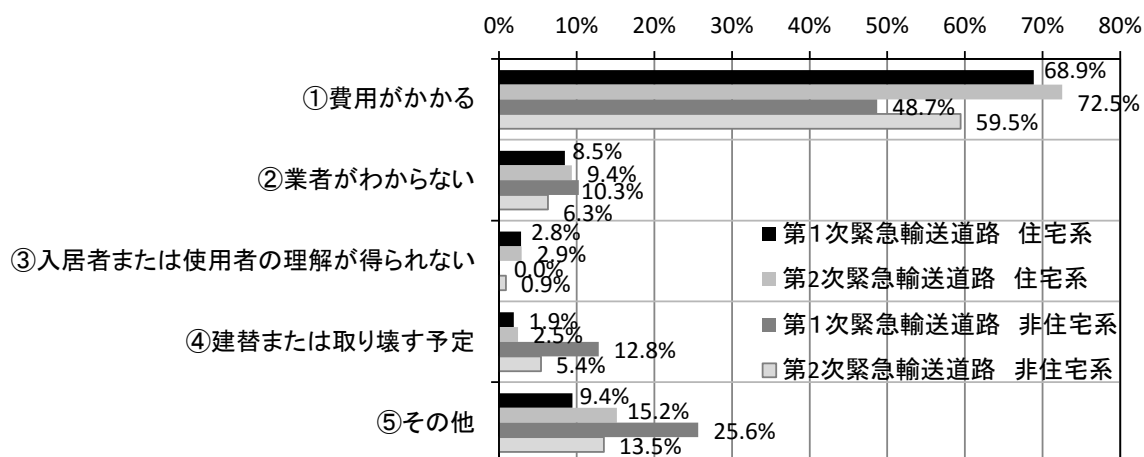


図 6.13 住宅・非住宅別の耐震改修をしない理由

6.2.4 耐震化促進策

(1)補助制度の拡充

表 6.6 に平成 25 年 4 月時点での愛知県の緊急輸送道路沿道建築物の補助制度の現状を示す。これまで、愛知県では、耐震診断費の 2/3 を補助する制度を運用してきた。しかし、所有者の意向を踏まえると更なる費用負担軽減を図る為、その方策について検討する必要がある。また、愛知県としては耐震診断制度を創設済みであり、市町を通じた間接補助を行っているが、市町村として制度を創設しているところは、8 市と少ない。今後、早急に耐震化を促進するには、県が包括的に規制を強化し、民間建物所有者への直接補助についても検討する必要がある。

(2)既存施策の活用

表 6.7 に愛知県における住宅の耐震診断・耐震改修補助の創設市町村について示す。耐震診断、耐震改修ともに木造については、愛知県内すべての市町村が補助制度を創設している。また、非木造の耐震診断の補助制度を創設している市町村は半数程度であるが、耐震改修の補助制度を創設している市町村は 1/3 以下である。

図 6.14 より耐震診断補助実績は、平成 14 年度から補助制度を開始しているが、年々減少傾向にあり、事業の必要性・有効性について検討する必要がある。しかし、上述したように、緊急輸送道路沿道の住宅に限ると、耐震診断の実施率は低く、これまでのような一律の対策だけでなく、今後は、路線という線の対策に集中することについて検討する必要がある。

表 6.6 愛知県の緊急輸送道路沿道建築物の補助制度

	構造	制度創設市町村	補助事例
耐震診断	木造	54 市町村／54 市町村	4.5 万円／戸
	非木造	25 市町村／54 市町村	2/3 補助（補助限度額あり）
耐震改修	木造	54 市町村／54 市町村	90 万円／戸

表 6.7 愛知県の住宅の耐震関係補助制度の現状

	補助率	制度創設市町村	補助実績
耐震診断補助事業	診断費用の 2/3 補助 (所有者 1/3 負担)	8 市 (54 市町村中)	51 件
耐震改修補助事業	県は制度なし (国と地方で改修費の 23%補助する制度有り)	2 市 (54 市町村中) 国費と市費で対応	

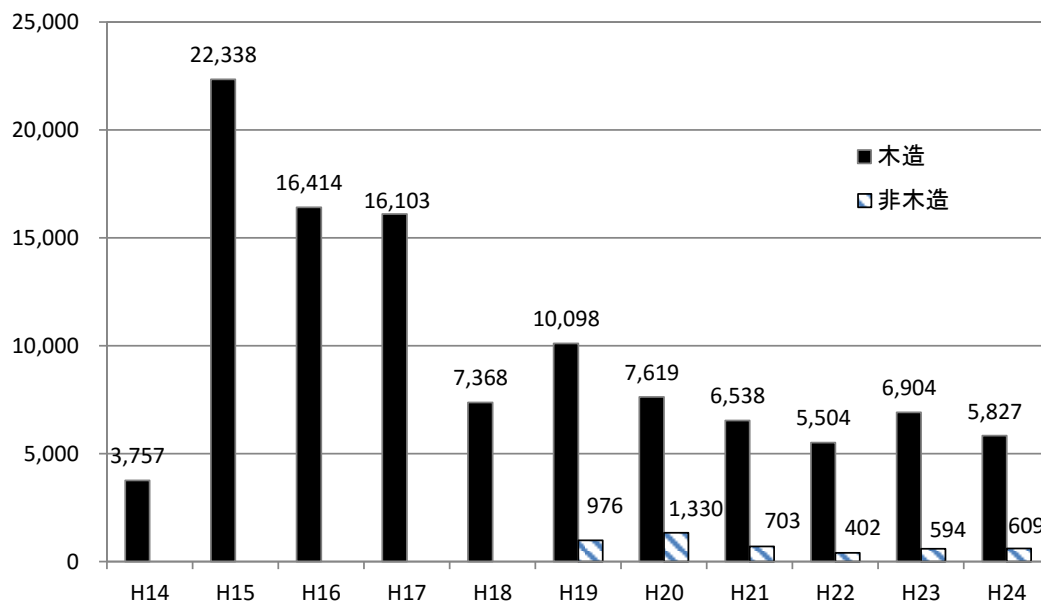


図 6.14 愛知県内における住宅の耐震診断補助実績

(3)木造住宅の耐震診断ローラー作戦の活用

表 6.8 より、平成 19 年度～平成 22 年度に実施された耐震診断ローラー作戦の実績は、訪問した住宅 19,752 戸のうち 4,407 戸と約 22%が耐震診断を実施しており、有効な手法であることを確認している。今後は、耐震診断の進捗が悪い第 2 次緊急輸送道路沿道の住宅を対象に実施すると効果的である。

表 6.8 耐震診断ローラー作戦の実績

	H19 モデル事業	H20	H21	H22
市町村数	5市町	21市町	26市町	29市町
訪問戸数(戸)A		4, 457	5, 805	9, 490
診断申込数(戸)B		1, 472	1, 382	1, 553
申込率B/A		33%	24%	16%

(4)建築関係団体との連携

これまで愛知県では、県・市町村と建築関係団体等から構成される「愛知県建築物地震対策推進協議会」を設立し、講習会開催、ホームページによる情報提供やパンフレット作成など行政と建築関係団体が連携し、木造住宅の耐震診断補助実績を伸ばしてきた。特に、図 6.15 に示すような木造住宅耐震診断派遣制度は、無料で耐震診断員を派遣する形式しており、今後、緊急輸送道路沿道建築物の耐震化を進める上で、これらのしくみを応用し、木造住宅以外の用途も派遣という形式で建物所有者の負担のないしくみを構築することが必要である。

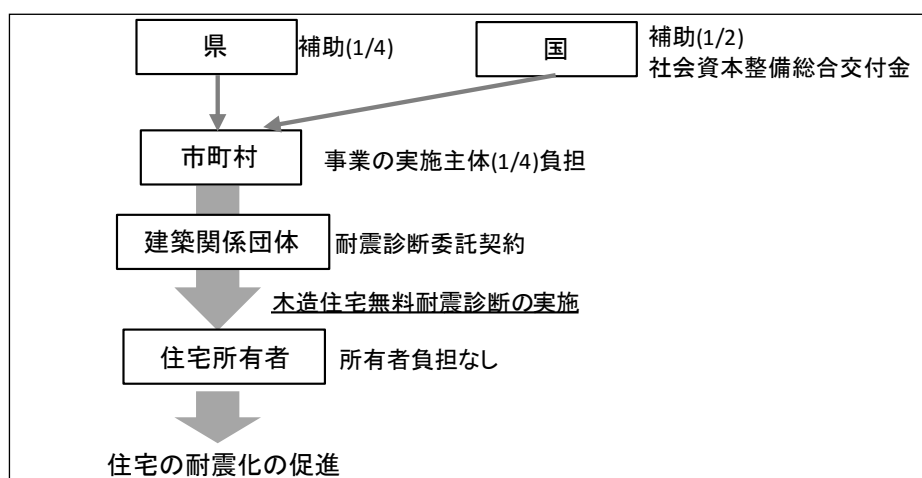


図 6.15 木造住宅耐震診断派遣制度のしくみ

6.3 耕作放棄地を活用した太陽光発電（太陽光発電と省エネ改修の関係性）

6.3.1 検討対象地区の選定

図 3.14 より愛知県内の各市の中で、昭和 55 年以前の木造住宅の割合が最も高い新城市を検討対象として選定した。表 6.9 に新城市の住宅の状況を示す。愛知県内全体の持ち家住宅率は、58.7%に対して、新城市 79.5%と高い。また、空き家率についても、愛知県内全体で 12.3%に対して新城市は 13.2%と高く、既存住宅において様々な課題を抱えた地域なので、本章での検討対象地域を新城市とした。

6.3.2 地区別の状況

新城市は、平成 17 年 10 月に旧新城市、旧鳳来町、旧作手村の 3 市町村が合併されており、それぞれ地域ごとに成り立ちが異なるため、本研究では、実態としてまとまりのある新城市地域自治区制度※に基づく地域自治区単位で検討した。図 6.16 に新城市の地区割を示す。

表 6.10 に新城市の地区別の世帯数（平成 22 年国勢調査・総務省統計局）と耕作放棄地（農林水産省統計部「2010 年世界農林業センサス」）を示す。世帯数は、旧新城市の千郷地区、東郷地区、新城地区が多く、耕作放棄地は、旧新城市の八名地域、東郷地域が多いが、1 世帯あたりの耕作放棄地でみると、舟着地域が最も多く、地区別にバラツキがある状況である。

※新城市 HP 参照

<http://www.city.shinshiro.lg.jp/index.cfm/7,0,189,html>

表 6.9 新城市の住宅の状況

平成 25 年度住宅・土地統計調査結果より作成

		新城市	愛知県(参考)
総住宅数		18,660 戸	
居住世帯あり	うち持ち家	12,780 戸	
	(持ち家住宅率)	79.5%	(58.7%)
居住世帯なし		2,590 戸	
	うち空き家	2,460 戸	
	(空き家率)	13.2%	(12.3%)

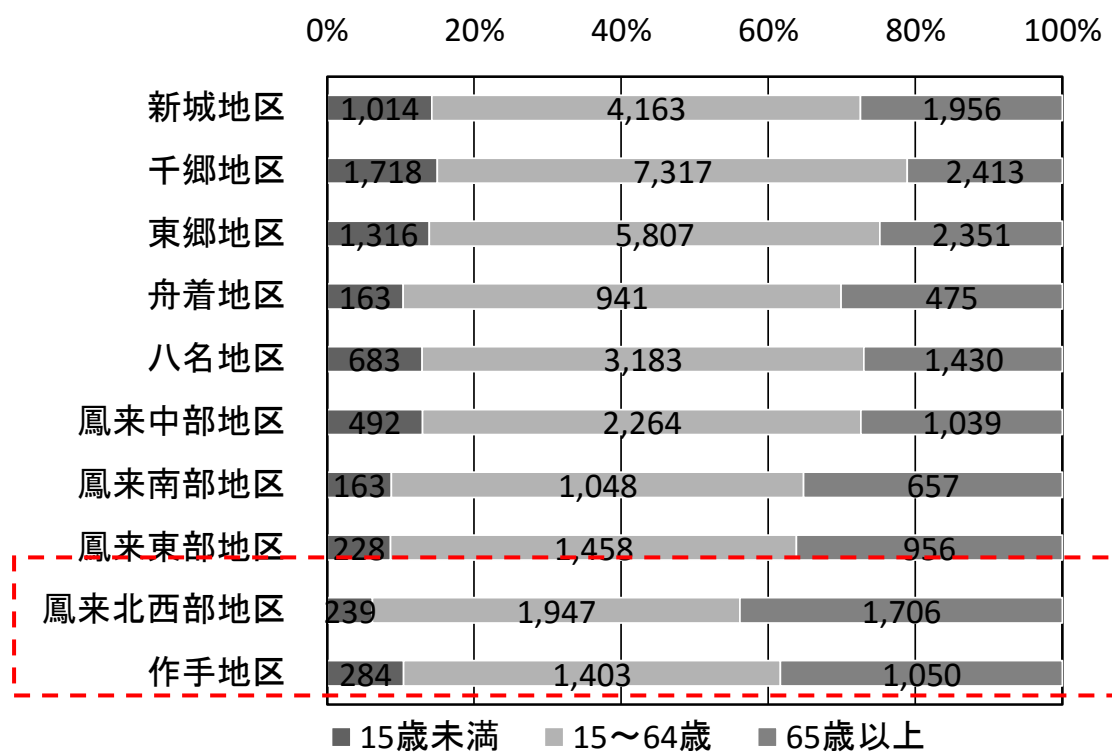


図 6.16 新城市の地区割

表 6.10 新城市の地区別の世帯数と耕作放棄地

地区	住宅に住む 世帯数	耕作放棄地 (ha)	耕作放棄地/ 世帯数 (ha/世帯数)
新城地区	2,528	18	0.007
千郷地区	3,878	60	0.015
東郷地区	3,130	93	0.030
舟着地区	487	75	0.154
八名地区	1,487	126	0.085
鳳来中部地区	1,272	7	0.006
鳳来南部地区	468	26	0.056
鳳来東部地区	876	70	0.080
鳳来北西部地区	1,329	67	0.050
作手地区	931	56	0.060

図 6.17 に新城市の地区別の人口と年齢構成を示す。全体として、65 歳以上の高齢者の割合が高い地区ほど、15 歳以下の若年層の割合が低い。特に、山村部である鳳来北西部地区や作手地区は顕著に傾向が出ており、少子高齢化が進んでいる。



平成 25 年度住宅・土地統計調査結果より作成

図 6.17 新城市の地区別の人口と年齢構成

6.3.3 太陽光発電の可能性

(1) 新城市での太陽光発電

図 6.18 に新城市における月別の平均日射量と太陽光パネルメーカーの計算サイトのシミュレーションによる太陽光発電予測発電電力量を示す。5 月の日射量が最も多く、予測発電電力量も多い。

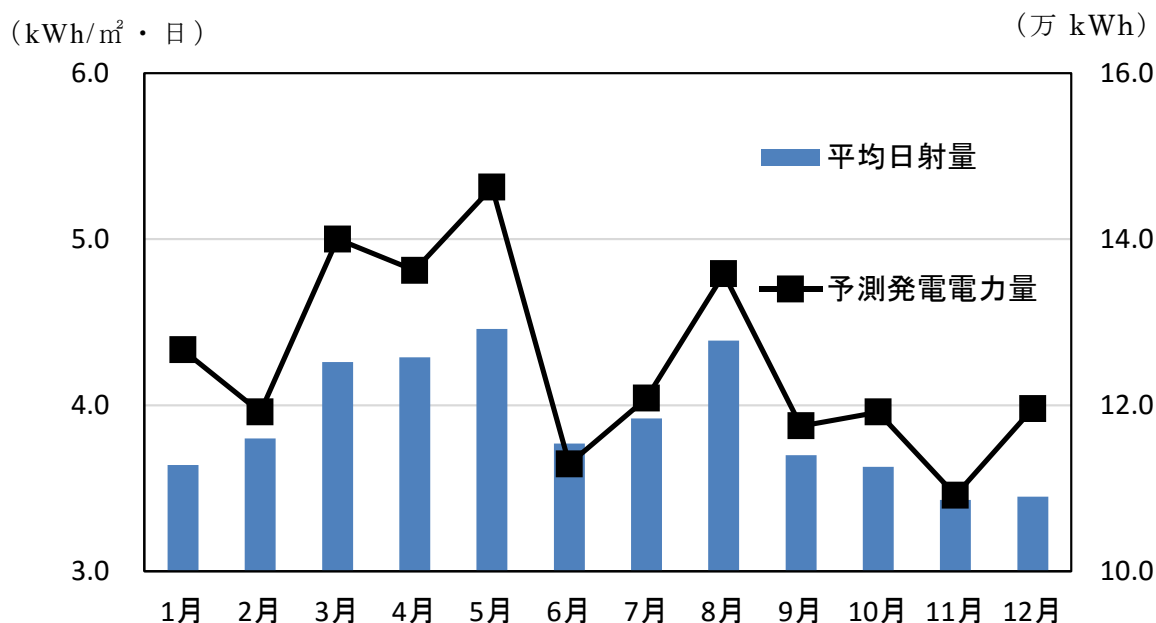


図 6.18 月別の平均日射量と太陽光発電予測発電電力量

京セラの計算サイト

(<http://solarsystem.kyocera.co.jp/solar/app/simu/hp/step1.html>)

ソーラー発電システムの型式(太陽電池容量):PV18R186(3.348kW)

(2) 耕作放棄地を活用した太陽光発電賦存量

すべての耕作放棄地を太陽光発電に活用した場合の地区別の太陽光発電賦存量の算定式を式(6.1)に、その算定結果を図 6.19 に示す。耕作放棄地の多い八名地区、東郷地区の太陽光発電賦存量が多い。

$$E_{cf} = \sum (E_m \times A_k) \quad \dots (6.1)$$

E_{cf} : 地区別の太陽光電力賦存量 (kWh/年)

E_m : 月別予測発電電力量 (kWh/ha・月)

A_k : 耕作放棄地の面積 (ha)

(農林水産省統計部「2010 年世界農林業センサス」)

(万 kwh/年)

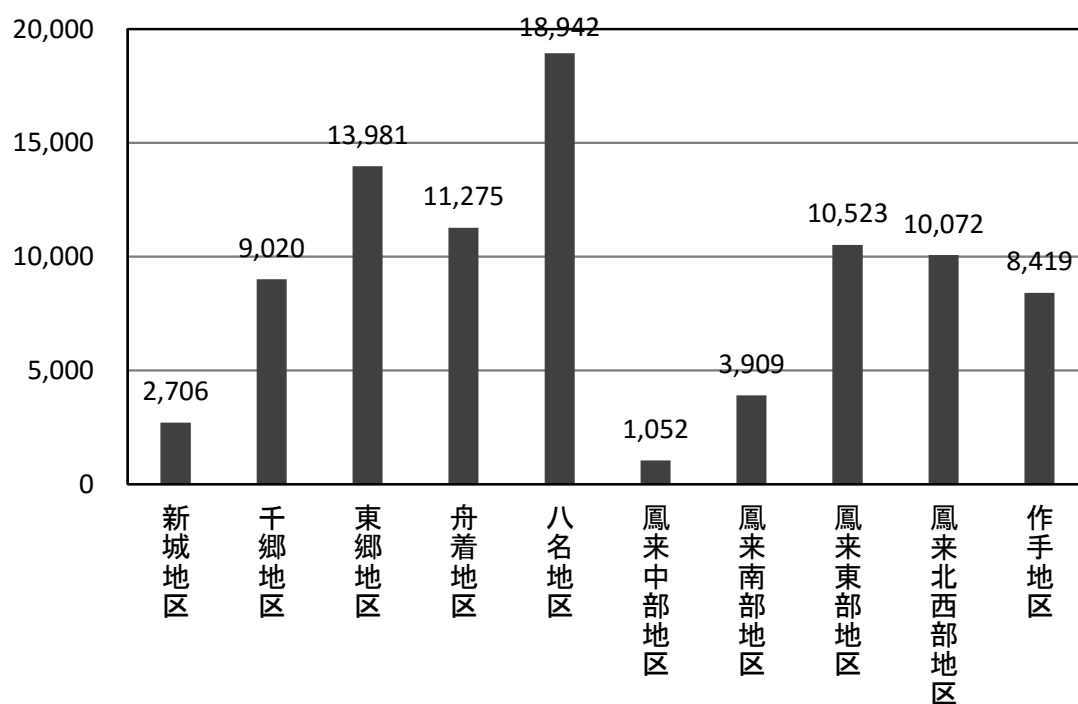


図 6.19 地区別の太陽光発電賦存量

6.3.4 太陽光発電のポテンシャル試算

(1)地区別住宅電力消費量

式(6.2)に地区別の住宅電力消費量の算定式を示す。その算定結果を図 6.20 に示す。世帯数の多い、千郷地区、東郷地区の住宅消費量が多い。

(2)耕作放棄地の活用

図 6.21 に地区別の住宅電力消費量を太陽光発電で賄うことのために必要な耕作放棄地の活用割合と面積を示す。舟着地区の場合、約 0.8%、約 0.64ha の耕作放棄地を太陽光発電に活用すれば、地区内の住宅電力消費量を賄うことができると推測される。また、新城市全体の場合、約 3.6%、約 21ha 放棄地を活用すれば、市全体の住宅電力消費量を賄うことができると推測される。

$$E_{ch} = E_{hkj} \times N_h \quad \dots (6.2)$$

E_{ch} : 地区別の住宅電力消費量 (万 kWh/年)

E_{hkj} : 家庭用エネルギー種別消費原単位 (2007 年) 1,967kWh/ 年・世帯
(家庭用エネルギーハンドブック 2007 年版)

N_h : 世帯数 (平成 22 年国勢調査・総務省統計局)

(万 kWh/年)

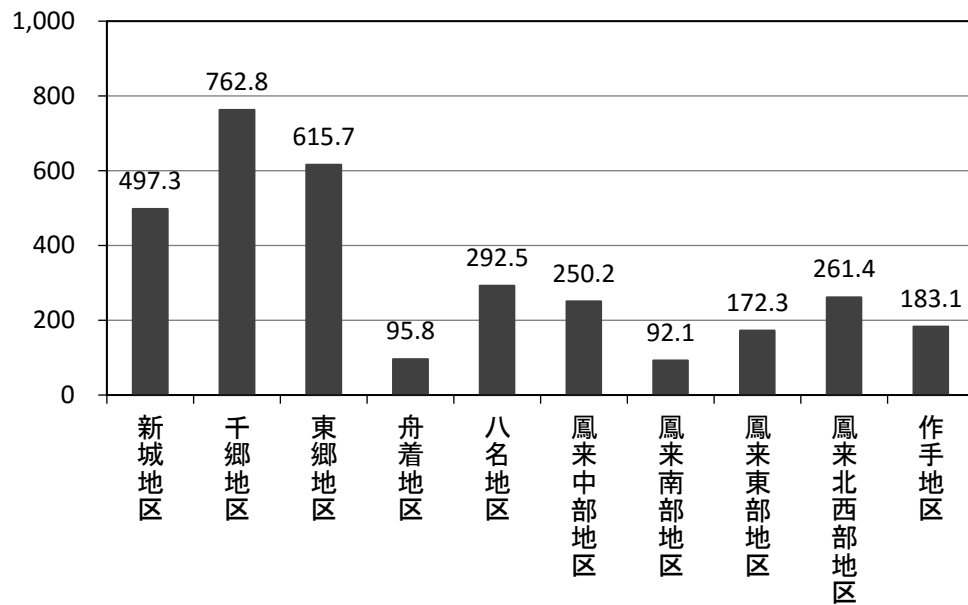


図 6.20 地区別の住宅電力消費量

(活用割合)

(ha)

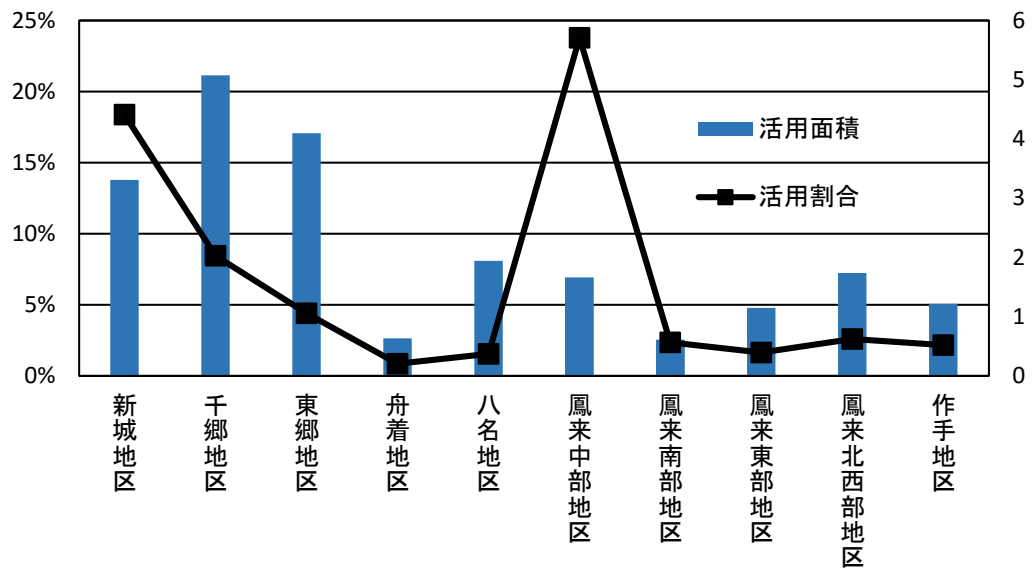


図 6.21 地区別の耕作放棄地の活用割合と面積

6.3.5 省エネ改修効果の試算

(1)全体改修

新城市の昭和 55 年以前の木造住宅を対象に、省エネ改修した場合の地区別の省エネ効果と概算費用について試算した。条件は 3.3.2 の表 3.4 のとおりで、ケース1として、天井＋外壁＋開口部＋床の全体改修した場合、費用対効果が最も高い「天井のみ」の部位改修した場合について試算した。式(6.3)に地区別の省エネ効果、式(6.4)に地区別の省エネ改修の概算改修費用の算定式を示す。図 6.22 に地区別の省エネ改修効果と概算費用(全体改修)を示す。全体改修を実施した場合、省エネ効果、概算費用が最も高い千郷地区で約 57 万 kWh/年、約 655 億円、新城市全体では、約 241 万 kWh/年、2,766 億円である。

(2)部位改修

図 6.23 に地区別の省エネ改修効果と概算費用(部位改修)を示す。また、部位改修(天井のみ)を実施した場合、省エネ効果、概算費用が最も高い千郷地区で 11.5 万 kWh/年、約 35 億円、新城市全体では、約 49 万 kWh/年、約 150 億円である。

$$\delta E_{ch} = E_{case} \times H_w \quad \cdot \cdot \cdot (6.3)$$

δE_{ch} : 地区別の省エネ効果 (万 kWh/年)

E_{case1} : 全体改修 (天井＋外壁＋開口部＋床)を実施した場合の省エネ効果
556kWh/年・戸

E_{case2} : 部位改修 (天井のみ)を実施した場合の省エネ効果 112kWh/年・戸
 H_w : 昭和 55 年以前建築の木造住宅戸数

$$C_{ch} = E_{case} \times H_w \quad \cdot \cdot \cdot (6.4)$$

C_{ch} : 地区別の省エネ改修の概算費用 (億円)

C_{case1} : 全体改修 (天井＋外壁＋開口部＋床)を実施した場合の省エネ効果
6,369 千円/戸

C_{case2} : 部位改修 (天井のみ)を実施した場合の省エネ効果 345 千円/戸
 H_w : 昭和 55 年以前建築の木造住宅戸数

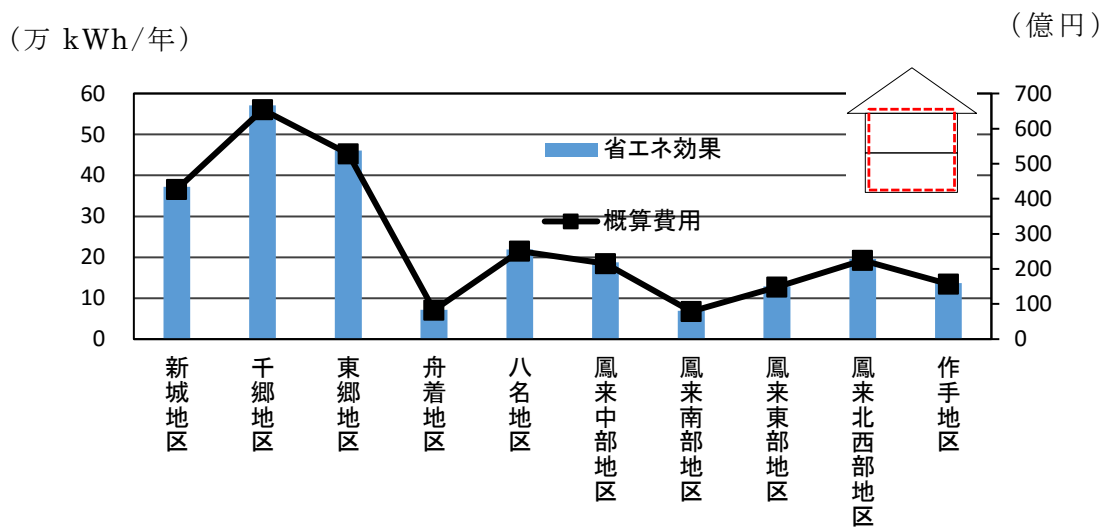


図 6.22 地区別の省エネ改修効果と概算費用(全体改修)

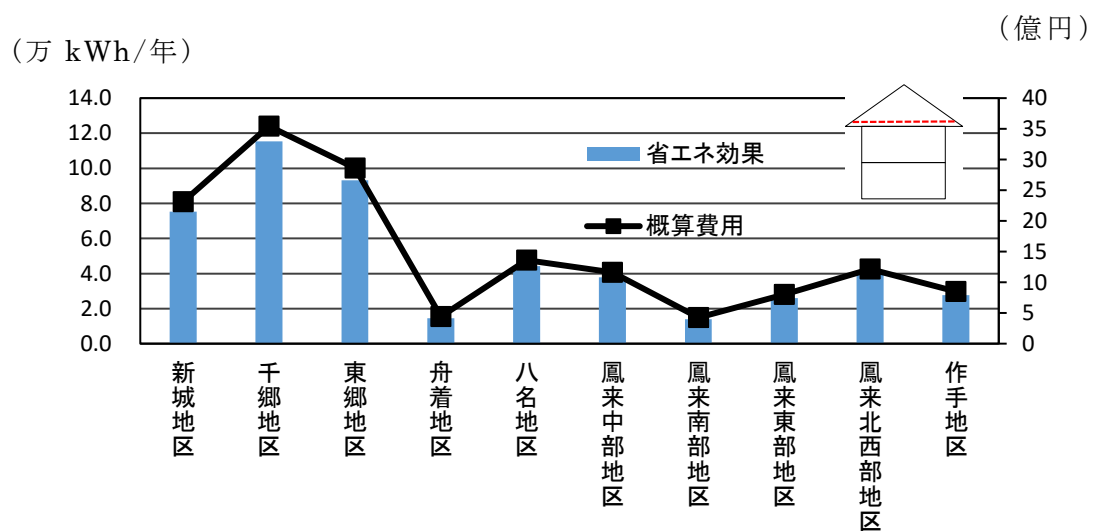


図 6.23 地区別の省エネ改修効果と概算費用(部位改修)

6.3.6 太陽光発電と省エネ改修の関係性

(1)一定の耕作放棄地を太陽光発電に活用した場合

6.3.5 の結果より、地区の住宅電力消費量を賄うために必要となる耕作放棄地の活用割合にはバラツキがあるが、各地区とも新城市内一定の 5%の耕作放棄地を活用した場合、必要となる省エネ改修(全体改修)の戸数を試算した。図 6.24 に一定の耕作放棄地を活用した場合の省エネ改修の必要戸数を示す。各地区内の耕作放棄地を太陽光発電に 5%活用することにより、電力消費面では、多くの地区で省エネ改修が不要となるが、世帯数に対して耕作放棄地が少ない新城地区、鳳来中部地区では、省エネ改修が必要となる戸数が多い。

(2)すべての昭和 55 年以前の木造住宅を省エネ改修(全体改修)した場合

6.3.5 の結果より、すべての昭和 55 年以前の木造住宅を省エネ改修(全体改修)した場合、地区の住宅電力消費量を賄うために必要となる耕作放棄地の割合を試算した。図 6.25 に省エネ改修した場合の必要となる耕作放棄地の割合を示す。地区内のすべての昭和 55 年以前の木造住宅を省エネ改修しても、新城地区や鳳来中部地区は、10%以上の耕作放棄地を太陽光発電に活用する必要がある。新城市全体では、耕作放棄地の約 2.8%、約 17ha の活用が必要である。

以上より、比較的の小規模の耕作放棄地を太陽光発電に活用することで住宅電力消費量を賄うことができる地区があるが、世帯数に対し耕作放棄地が少ない地区は、省エネ改修の必要性があることがわかった。

また、6.3.2 でも述べたように、山村部である鳳来北西部地区や作手地区は、15 歳以下の若年層の割合が低く、65 歳以上の高齢者の割合が高い地区であり、今後の建替え需要が低いと想定される。新城市の全体として、新耐震基準前(昭和 56 年)の昭和 55 年以前の木造住宅が多いことを踏まえると、既存住宅の省エネ化だけでなく耐震化も併せて促進する必要があることから、耐震改修時省エネ改修補助金(新城市事業)[60]の活用等が期待される。

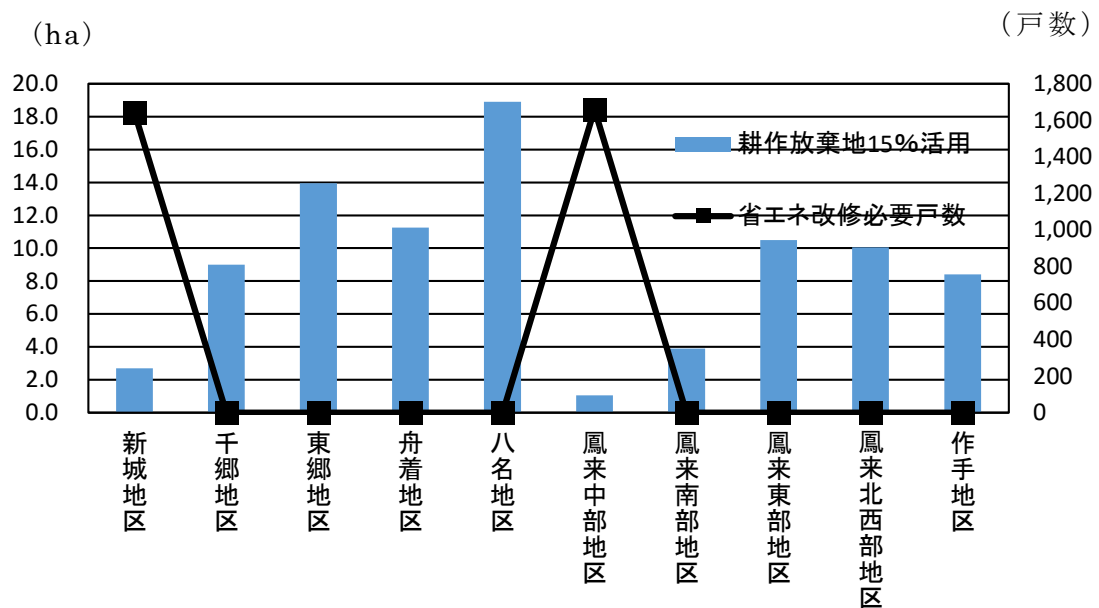


図 6.24 一定の耕作放棄地を活用した場合の省エネ改修の必要戸数

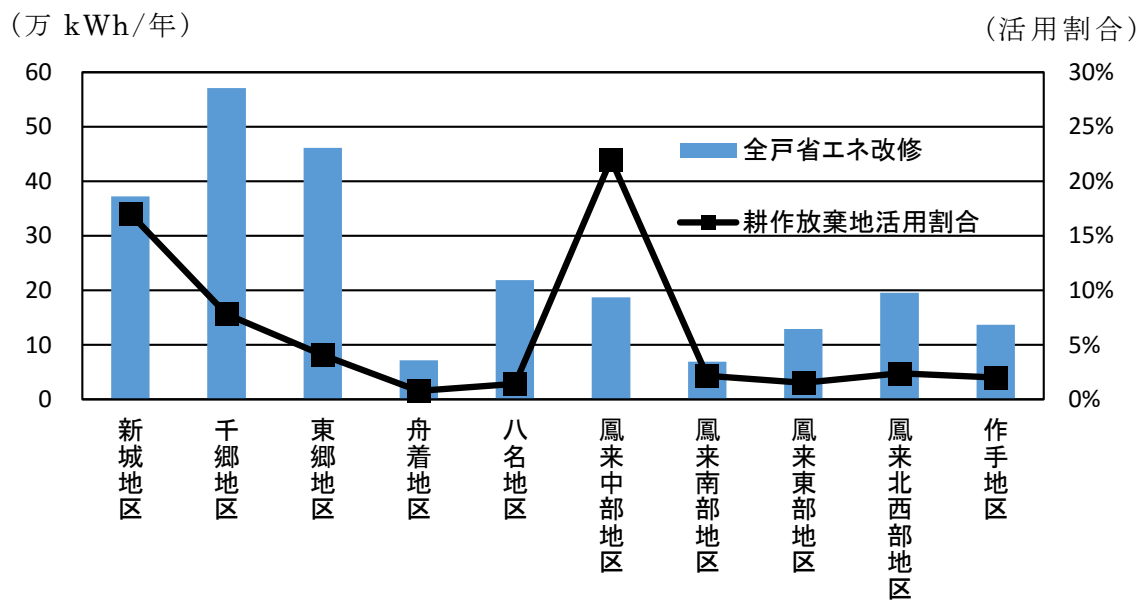


図 6.25 省エネ改修した場合の必要となる耕作放棄地の割合

6.4 本章のまとめ

本章では、地域の耐震・エネルギー対策について検討した。第3章、第4章では住宅、第5章では避難所の耐震・エネルギー対策を検討し、それぞれの取組みに対し地域単位で支える取組みを提案した。耐震対策については、緊急輸送道路の機能確保について、沿道建築物の耐震化状況や建物の所有者への意識調査を行い、必要な施策提案を行った。エネルギー対策についても、住宅と避難所のエネルギー対策の限界を考慮し、地域単位の住宅用エネルギーの自立について検討し、耕作放棄地を活用した太陽光発電を提案した。具体的には、愛知県新城市を対象として検討を行い、各地区の耕作放棄地を太陽光発電に活用することで、地区内の住宅用電力を賄える地区もあり、地区単位で実施すれば、住宅と避難所のエネルギーにおいて負担軽減が可能と考えられる。これらの対策は、住宅と避難所の耐震・エネルギー対策と一体的な計画とすることで、それぞれの連携により効果を高めることが可能と考えられる。

各検討事項のまとめは以下のとおりである。

6.4.1 緊急輸送道路の機能確保

第1次緊急輸送路沿道建築物は、比較的大規模な建築物が多く、建物所有者のアンケートでも耐震化が第2次緊急輸送道路に比べて遅れている。第2次緊急輸送道路沿道建築物については、木造住宅が占める割合が多く、市町村主体で実施してきた無料耐震診断や耐震診断ローラー作戦等の既存施策の活用が有効である。よって、新たな施策については、第1次緊急輸送道路沿道建築物を重点的に、規制の強化や補助拡充等が考えられる。

今後の課題として、緊急輸送道路沿道の建築物を取り巻く地域性や人材について分析する必要がある。また、愛知県においては緊急輸送道路沿道建築物に住宅が多いため、愛知県の空き家率12.3%（平成25年度住宅・土地統計調査結果）を踏まえると、空き家施策との連携が必要である。

6.4.2 耕作放棄地を活用した太陽光発電（太陽光発電と省エネ改修の関係性）

省エネ基準（昭和55年）、新耐震基準（昭和56年）制定前の昭和55年以前の木造住宅が多い新城市を対象に、地区別の耕作放棄地を活用した太陽光発電と省エネ改修の関係性について検討した。その結果、比較的に小規模の耕作放棄地を太陽光発電に活用することで住宅電力消費量を賄うことができる地区もあるが、世帯数に対し耕作放棄地が少ない地区は、省エネ改修の必要性があることがわかった。

今後の課題として、少子高齢化の進行により、今後の建替え需要が低いと想定される地区があることや、新城市の全体としても、新耐震基準前（昭和56年）の昭和55年

以前の木造住宅が多いことを踏まえると、既存住宅の省エネ化だけでなく耐震化も併せて促進する必要があることから、耐震改修時省エネ改修補助金（新都市事業）の活用等が期待される。

第 7 章

7. まとめと今後の課題

7.1 まとめ

7.2 今後の課題

7. まとめと今後の課題

本研究では、一般的に防災で使われる「自助」・「共助」・「公助」という用語を、共通の対策スケールと考え、耐震対策とエネルギー対策の一体的な計画について検討した。耐震対策とエネルギー対策は、共通の対策スケールがあるとすれば、一体的な政策を進めることが効率的と考えられるが、これまでは、個別な施策として進められてきていた。それは、「自助」（個人）・「共助」（地域）・「公助」（行政）の役割が曖昧で、それぞれにおける具体的な方策や役割、関係性が不明確であった。

そのような現状を踏まえ、本研究では「防災」という観点をベースに「自助」として住宅、「公助」として避難所、「共助」として地域を対象に「耐震」と「エネルギー」の一体的な計画について検討し提案した。

一体的な計画については、耐震対策とエネルギー対策を、同時に実施することでコストメリットが向上するもの、一連に実施することで機能維持が図られるもの、それらの取組みを地域単位で支えるものと関係性は様々であるが有効な方策であることがわかった。

また、第一章でも述べたが、耐震対策は、生命・財産を守るための対策であるが、地震災害が発生までは効果を実感することはない。反対に、エネルギー対策は、生命・財産に関わる対策ではないが、効果を日常から実感することが可能であるため、両者の一体的な計画は、長所・短所を補完し合う意味で非常に合理的と考えられ、こうした観点からも図 1.2 の研究の体系においての一体性は、それぞれの連携により全体として推進することが理想的であると考えられる。

さらに、中長期的な課題としての地方の人口減少・少子高齢化対策、過疎化をはじめ、地方が直面する空き家や耕作放棄地の浸食などに対応する一つの有効な手法となることを期待し提案した。

今後、持続可能（エネルギー）で安全安心（耐震）である優れた良好な既存ストックの形成を促進するためには、耐震対策とエネルギー対策を一体的な施策として推進されることを期待し本論文とした。

各章の概要を以下にまとめる。

7.1 まとめ

第3章 住宅の耐震・エネルギー対策に関する検討

本章では、住宅の耐震・エネルギー対策について、愛知県を対象に現状を分析し、必要な施策と課題について検討した。それぞれにおいて、改修コストの

低減が共通の課題であることを踏まえると、一体的な計画に向け、昭和 55 年（1980 年）以前の住宅が、耐震対策が必要な新耐震基準制定前、エネルギー対策が特に必要な省エネ基準制定前である住宅という点に着目し、同時に施工しコスト低減することが有効な方策であることがわかった。

各検討より得た知見は以下のとおりである。

(1)住宅の耐震化

これまでの耐震診断・耐震改修の補助実績や進捗状況の分析により、改修コストにおける所有者負担の軽減は、耐震化の促進に効果が高いため、補助事業を継続するとともに、さらなる補助金の拡充や制度内容の見直しの検討の必要性があることがわかった。

さらに、特に判定値の悪い住宅や築年数の古い住宅対象に、段階的耐震改修や耐震シェルター設置の促進といった住宅が倒壊したとしても生命を守るための減災化施策や耐震改修だけでなく建替え促進の必要性があることがわかった。

(2)住宅の省エネ改修

愛知県の昭和 55 年（1980 年）以前に建てられた木造住宅を省エネ改修した場合の冷暖房エネルギー消費量の削減効果について試算した。昭和 55 年（1980 年）以前の耐震改修されていないすべての木造住宅に対し、外皮全体（天井＋外壁＋開口部＋最下階床）を平成 11 年基準相当に改修した場合、全県の冷暖房エネルギー消費量に対し約 5.1%の削減効果であり、費用対効果を考えると、省エネ改修の単独施工の推進は現実的に厳しいことがわかった。現実的な省エネ改修を考えると、天井や壁仕上げを撤去して、壁に合板や筋交いを入れ補強する耐震補強と同時に行い、工事費用を抑えることが有効な方策であることがわかった。

第 4 章 既存木造住宅の耐震・省エネ改修同時施工によるコストメリットに関する検討

本章では第 3 章の検討を踏まえて、昭和 55 年（1980 年）以前に建てられた木造住宅を対象に、耐震改修と省エネ改修を同時施工した場合のコストメリットについて検討した。

まず、同時施工の基礎的検討として、耐震・省エネ改修それぞれが単独で行われる場合、一般的に行われる耐震改修、省エネ改修（外張断熱工法）を設定し、さらに耐震改修と共通工程が多いと考えられる省エネ改修（内張断熱工法）を設定し、工事費の試算を行ったが、耐震・省エネ改修の同時施工については、施工範囲を重複させ共通工程を増やさないとコストメリットを得られないことがわかった。

それを踏まえて、同時施工のメリットを活かした低コスト化の検討として、省エネ改修（外張断熱工法）との同時施工を想定し、外側からの耐震補強を中

心とした耐震改修（外側中心）を設定し、さらに安価な手法である省エネ改修（内張断熱工法）との同時施工を想定した、内側からの耐震補強である耐震改修（内側中心）を設定し、同時施工のコストメリットについて検討した。その結果、同時改修をすることのメリットがあり、かつコストが安い組合せは内側からの耐震補強である耐震改修（内側中心）と省エネ改修（内張断熱工法）の同時施工であることがわかった。

また、それとは別に、個室に限定した省エネ部分改修を設定し、耐震改修と省エネ部分改修の同時施工のコストメリットを検討した。

最後に、直接的な「エネルギー削減効果」に加え、既往の研究を参考として間接的便益を含めた工事費の単純回収年数を試算した。温熱環境の改善による健康維持がもたらす間接的便益として、自己負担率3割の医療費に加え、行政の負担の削減まで考慮することによって、工事費回収年数は大幅に短縮され、改修費用は現実的なものになることがわかった。また、特に高齢者は年間医療費、自己負担額が高いことを踏まえると、温暖地の高齢者世帯においては居住空間として主に使用する部屋のみを対象とした省エネ部分改修では、温熱環境の改善による血圧改善効果などの健康維持がもたらす間接的便益により改修費用はより現実的なものになることがわかった。

第5章 避難所の耐震・エネルギー対策に関する検討

本章では、避難所の耐震・エネルギー対策について検討した。愛知県を対象に避難所等の防災拠点の現状を分析し、耐震対策における必要な施策、課題について検討した。さらに避難所が有効に機能するためのエネルギー対策として、地域を取り巻く諸問題の対策を兼ねて耕作放棄地を活用し、太陽光発電することで非常時に必要な電力確保する方策を提案した。具体的には、愛知県田原市を対象として検討を行い、各地区の耕作放棄地を太陽光発電に活用することで、各避難所で必要な電力を賄うことは可能であり、一体的な計画として、耐震対策と一連で実施することで、避難所の機能維持が一層図られると考えられる。

各検討より得た知見は以下のとおりである。

(1) 防災拠点の耐震化

県は、防災拠点に指定されていない高等学校の棟数が多く、市町村は、小・中学校や公民館等の棟数が多い。避難所として機能するために、ソフト面として避難所運営マニュアルの整備や運営に必要なマンパワーの配置、ハード面として耐震化だけでなくバリアフリー等の必要な整備を行うことにより、防災拠点としての活用が見込まれることがわかった。県全体として、防災拠点として活用できる可能性がある診療施設には棟数の面から限界があり、災害拠点病院

以外にも民間の診療施設を防災拠点として活用する必要があることがわかった。地区別には、名古屋地区の社会福祉施設が少ないなど、それぞれの地区で、公共施設の不足を民間施設と連携することで必要数を賄うことが期待される。

また、小学校の体育館において、建物の耐震化は進んでいるが、基準（特定天井及び特定天井の構造耐力上安全な構造方法を定める件（平成 25 年国土交通省告示第 771 号）の天井脱落対策に係る基準）を満たさない吊り天井が多く存在していることが想定されることがわかった。東日本大震災では、昭和 56 年 6 月 1 日以降の新耐震基準により建築された体育館でさえ、天井の脱落被害に遭い避難所として機能できなかった事例が多数あった。国が実施している行政指導を踏まえ、施設管理者に対策の必要性を周知するとともに、文部科学省策定の「学校施設における天井等落下防止対策のための手引」（平成 25 年 8 月）や交付金等の活用により、天井の調査を実施し、必要に応じて天井の補強や撤去を実施する必要があることがわかった。

(2)耕作放棄地を利用した太陽光発電(平常時、非常時の需給バランスのマクロ分析)

耕作放棄地を活用した太陽光発電の平常時、非常時の需給バランスについて概算的に試算した。地区ごとに耕作放棄地の太陽光発電への活用割合にバラツキはあるものの、平常時、非常時ともに十分なポテンシャルがあることがわかった。

さらに、住宅の最低限のエネルギーを太陽光発電で賄うことによって、住宅レベルで災害時に自立することは、総合的に地域防災力を高める上で重要であることがわかった。

第 6 章 地域の耐震・エネルギー対策に関する検討

本章では、地域の耐震・エネルギー対策について検討した。第 3 章、第 4 章では住宅、第 5 章では避難所の耐震・エネルギー対策を検討し、それぞれの取組みに対し地域単位で支える取組みを提案した。耐震対策については、緊急輸送道路の機能確保について、沿道建築物の耐震化状況や建物の所有者への意識調査を行い、必要な施策提案を行った。エネルギー対策についても、住宅と避難所のエネルギー対策の限界を考慮し、地域単位の住宅用エネルギーの自立について検討し、耕作放棄地を活用した太陽光発電を提案した。具体的には、愛知県新城市を対象として検討を行い、各地区の耕作放棄地を太陽光発電に活用することで、地区内の住宅用電力を賄える地区もあり、地区単位で実施すれば、住宅と避難所のエネルギーにおいて負担軽減が可能と考えられる。これらの対策は、住宅と避難所の耐震・エネルギー対策と一体的な計画とすることで、それぞれの連携により効果を高めることが可能と考えられる。

各検討より得た知見は以下のとおりである。

(1) 緊急輸送道路の機能確保

第1次緊急輸送路沿道建築物は、比較的大規模な建築物が多く、建物所有者のアンケートでも耐震化が第2次緊急輸送道路に比べて遅れているがわかった。第2次緊急輸送道路沿道建築物については、木造住宅が占める割合が多く、市町村主体で実施してきた無料耐震診断や耐震診断ローラー作戦等の既存施策の活用が有効であることがわかった。よって、新たな施策については、第1次緊急輸送道路沿道建築物を重点的に、規制の強化や補助拡充等の必要性があることがわかった。

(2) 耕作放棄地を利用した太陽光発電(太陽光発電と省エネ改修の関係性)

省エネ基準(昭和55年)、新耐震基準(昭和56年)制定前の昭和55年以前の木造住宅が多い新都市を対象に、地区別の耕作放棄地を活用した太陽光発電と省エネ改修の関係性について検討した。その結果、比較的に小規模の耕作放棄地を太陽光発電に活用することで住宅電力消費量を賄うことができる地区もあるが、世帯数に対し耕作放棄地が少ない地区は、省エネ改修の必要性があることがわかった。

7.2 今後の課題

第3章 住宅の耐震・エネルギー対策に関する検討

(1) 住宅の耐震化

地区別の耐震診断・耐震改修進捗率に関係があるとみられる住宅をめぐる地域性に加え、東海・東南海・南海地震等の連動発生を想定した被害予測調査による想定震度、液状化、津波といった被災危険度を踏まえ、地域の特性に即した効果的な施策を展開する必要がある。

(2) 住宅の省エネ改修

耐震改修時に省エネ改修を同時に施工し共通工程の併用できることによる費用対効果の向上を検証する必要がある。また、耐震改修には、耐震評点のような指標があり、コストに応じた安全性能が選択できるように、省エネ改修についても、エネルギー消費量の削減量などの省エネ改修効果を示していく必要がある。

第4章 既存木造住宅の耐震・省エネ改修同時施工によるコストメリットに関する検討

これからの既存住宅の省エネ化を推進するには、直接的な「エネルギー削減効果」だけでなく、温熱環境の改善による健康維持がもたらす間接的便益などを含め、費用対効果を評価する必要がある。

また、高齢者ほど年齢階層別1人あたりの年間医療費、自己負担額は高い。そのため、熱環境の改善による健康維持がもたらす間接的便益まで考慮すると、温暖地に住む高齢者においては、改修コストの高い全体改修よりも居住空間として使用する部屋のみを対象とした省エネ部分改修の選択が現実的であり、今後の施策として推進が期待される。

将来的な展望として、ストック型住宅市場への転換の時流に合わせて、本研究で提案する耐震・省エネ同時改修により住宅性能という付加価値を向上させることで、より市場価値を高めることが期待される。

第5章 避難所の耐震・エネルギー対策に関する検討

(1) 防災拠点の耐震化

防災拠点の指定にあたりソフト面とハード面のボトルネックを整理し対応することと、地域性を分析し、災害時の地域の弱点を把握することが必要となる。また、民間施設を活用する場合、建物所有者への補助金等の支援のしくみの検討が必要である。

(2) 耕作放棄地を活用した太陽光発電(平常時、非常時の需給バランスのマクロ分析)

地区別に耕作放棄地からの電力供給先も、時間の経過に伴って変化するシナリオの検討や時間経過に応じて、エリアワイドに、地域全体を見渡した配分計画の検討を行う

必要がある。

第 6 章 地域の耐震・エネルギー対策に関する検討

(1) 緊急輸送道路の機能確保

緊急輸送道路沿道の建築物を取り巻く地域性や人材について分析する必要がある。また、愛知県においては緊急輸送道路沿道建築物に住宅が多いため、愛知県の空き家率 12.3%を踏まえると、空き家施策との連携が必要である。

(2) 耕作放棄地を活用した太陽光発電(太陽光発電と省エネ改修の関係性)

少子高齢化の進行により、今後の建替え需要が低いと想定される地区があることや、新都市の全体としても、新耐震基準前(昭和 56 年)の昭和 55 年以前の本造住宅が多いことを踏まえると、既存住宅の省エネ化だけでなく耐震化も併せて促進する必要があることから、耐震改修時省エネ改修補助金(新都市事業)の活用等が期待される。

あとかき

あとがき

最後に、行政の立場として、本研究で検討した「自助」・「共助」の耐震・省エネ対策を推進するために、今後の取り組みとして、検討する必要があると考えられることを以下のとおりまとめた。

1. 耐震対策

阪神・淡路大震災以降、行政として耐震化対策は着実に推進され、「自助」として個人が実施する取り組みは定着しつつあるが、「共助」として地域単位の取り組みは課題が多い。さらに、特に判定値の悪い住宅や築年数の古い住宅の耐震化は進んでおらず、それらの住宅への対策を重点的に実施する必要がある。

(1)住宅の耐震化

①特に耐震化が進まない住宅への重点的支援

特に判定値の悪い住宅や築年数の古い住宅は、改修コスト高くなることから、耐震化が進まないため、旧耐震基準に対し補助金額が一律の支援ではなく、耐震性能に応じた補助金額の検討が必要である。

②魅力的な耐震改修手法の情報発信

築年数の古い住宅の耐震化は、高齢者を中心に理解を得ることが困難であるが、行政が主体となり、断熱化による健康増進等の付加価値を加えた魅力的な改修手法の情報発信する必要がある。

(2)緊急輸送道路の機能確保

①耐震診断ローラー作戦の選択と集中

これまでに木造住宅の耐震化は建築物の耐震化の中でも最も重要であることから、木造の新耐震以前住宅でまだ耐震診断を受診していない住宅の所有者を対象に、戸別訪問による指導である「耐震診断ローラー作戦」を行政、地域組織、建築専門家等が連携して実施してきたが、今後は、緊急輸送道路沿道などの特に耐震化が必要な地域や耐震化が進んでいない地域、新耐震基準以前住宅が密集している地域等を対象に優先的に実施する必要がある。

②空き家施策との連携

今後、人口減少が顕著な地位を中心に空き家の増加は、社会的な課題となっているが、空き家は直接的な人命への影響が少ないことから、耐震対策の優先順位は低いのが現状である。しかし、緊急輸送路道路沿道や避難路となる道路沿道の空き家は、輸送や避難等の機能確保する必要があることから、除却や建替えを含め補助金等の支援を検討する必要がある。

2. エネルギー対策

エネルギー対策として、「自助」における省エネ改修や「共助」における耕作放棄地を活用した太陽光発電は、いずれも耐震対策に比べ、施策として定着しておらず、また残された課題も多い。そのため、耐震対策で培ったノウハウを参考としながら推進していく必要がある。

(1)住宅の省エネ改修

①人材育成(省エネ改修のけん引役としてのアドバイザー)

愛知建築地震災害軽減システム研究協議会で養成した耐震化アドバイザーを参考に、省エネ化を進めるけん引役として、中立的な立場で省エネ改修について専門的なアドバイスを行う者を養成し、行政が相談会等でそうした人材をアドバイザーとして積極的に活用するしくみを検討する必要がある。

②定量的な目標値の設定

既存住宅も含め、耐震化率のような定量的な指標として、省エネ化率などの定量的な目標値を設定し、計画的に省エネ化を促進するとともに、その進捗状況に応じ施策の検討を行う必要がある。

(2)耕作放棄地を利用した太陽光発電

①モデル事業とノウハウの移管

耕作放棄地を活用した太陽光発電を地域の自発的な取り組みとして定着させ推進させるためには、まずは、行政と地域組織の連携により、モデル事業として実績を作りノウハウを蓄積が重要である。さらに次のステップとして、行政が中心となり、蓄積されたノウハウを別の地域に移管させていくことで各地域に波及させるしくみを検討する必要がある。

②太陽光発電が可能な耕作放棄地の情報提供

耕作放棄地を利用して太陽光発電を行うために、地域単位にどの耕作放棄地が利用可能かを探す必要があるが、個別に調査し選定するのは負担が大きい。そのため行政が利用可能な耕作放棄地の場所や条件、地権者等の情報管理をすることで、地域の負担は軽減できるシステムを検討する必要がある。

③電力会社とのマッチング

設備を建設する前に電力会社と協議を行い、発電設備を送配電ネットワークに接続するための具体的な方法を決める必要があるが、地域単位にこの協議を調整するのは困難と考えられるため、行政が手続き等の仲介を行う体制を検討する必要がある。

④相談窓口の充実(ワンストップ化)

耕作放棄地を活用した太陽光発電するには農地法や電気事業法等に基づく手

続きが複雑なため、必要に応じ適切なアドバイスが受けられる相談窓口の設置の検討が必要である。

⑤補助金制度等の創設

太陽光発電設備を設置するために必要な耕作放棄地の整備や太陽光発電設備の設置費用等、初期投資のコストが大きいため、地域の負担軽減を目的に、地域組織を対象とした補助金による支援を検討する必要がある。

参考文献

参考文献

- 1)林良嗣・鈴木康弘：レジリエンスと地域創生
- 2)加藤孝明：防災の基本とこれからの防災まちづくり 都市住宅学 83 号 2013.10
- 3)増田幸宏：重要業務継続を目的とした建物管理システムの開発－建物のレジリエンスを高める手法に関する基礎的研究－日本建築学会環境系論文集 第 79 巻 第 700 号, 535-544, 2014.9
- 4)古賀美宏、腰原幹雄、五十田博、角陸順香、宇野繕治、坂本功：既存木造住宅の耐震性向上に関する総合的研究 その 34 常時微動計測による耐震補強効果の検証, 日本建築学会大会学術講演梗概集, C-1, pp.201-202, 2004.8
- 5)佐藤友彦、五十田博、槌本敬大、河合直人、清水秀丸：既存木造住宅と補強した住宅の動的耐震診断とその精度検証, 日本建築学会構造系論文集, 第 618 号, pp159-166, 2007.8
- 6)長谷見雄二、村上雅英、河合直人、山田誠、安井昇、鷺海四郎、清水庸介、小畑 晴治、神谷秀美、坂田高洋、永盛洋樹：防火・耐震補強した在来軸組木造壁のせん断耐力特性と水平加力後の防耐火性能－地震後の防火性能確保のための既存家屋の耐震・防火同時補強技術の開発－, 日本建築学会技術報告集 第 27 号, pp.163-168
- 7)井戸田秀樹、嶺岡慎悟、梅村恒、森保宏：在来軸組木造住宅における一般耐震診断の評点と損傷度の関係 耐震改修促進のための意思決定支援ツールに関する研究(その 1) 日本建築学会構造系論文集 第 612 号, 125-132, 2007.2
- 8)山口剛史、森保宏、井戸田秀樹：木造住宅の実効ある耐震化戦略と耐震化促進のためのリスク情報 耐震改修促進のための意思決定支援ツールに関する研究(その 2) 日本建築学会構造系論文集 第 632 号, 1719-1726, 2008.10
- 9)森保宏、井戸田秀樹：避難リスクを考慮した木造住宅と学校建物の耐震化戦略－名古屋市を対象に－耐震改修促進のための意思決定支援ツールに関する

研究（その 3） 日本建築学会構造系論文集 第 646 号，2189-2197，2009.12

- 10)角陸順香、清家剛、腰原幹雄：木造戸建住宅の耐震改修における意思決定プロセス-所有者の各段階での判断と設計・施工段階での課題の分析-日本建築学会構造系論文集 第 74 巻 第 644 号，1769-1775，2009.10
- 11)廣井悠、小出治、加藤孝明：耐震補強工事に対する助成額検討手法の提案と簡易補強工事への応用 日本建築学会計画系論文集 第 74 巻 第 641 号，1569-1576，2009.7
- 12)鳴海大典、植本孝広、下田吉之、村上周三：住宅における省エネルギー対策評価とネットゼロエネルギー達成可能性の検討，日本建築学会環境系論文集 第 76 巻 第 666 号，665-672，2010.8
- 13)早津隆史、齋藤宏昭、石崎竜一、桑沢保夫、東條一己、坂本雄三、那須洋平、澤地孝男、服部哲幸：木造戸建て住宅の省エネルギー改修に関する研究（その 1）全体計画と実験棟における施工性検証実験の概要，日本建築学会大会学術講演梗概集 pp.101~102，2007.7
- 14)石崎竜一、齋藤宏昭、早津隆史、桑沢保夫、東條一己、坂本雄三、那須洋平、澤地孝男、服部哲幸：木造戸建て住宅の省エネルギー改修に関する研究（その 2）施工性検証実験の結果と歩掛りの検討，日本建築学会大会学術講演梗概集 pp.103~104，2007.7
- 15)桑沢保夫、服部哲幸、齋藤宏昭、石崎竜一、坂本雄三、澤地孝男：木造戸建て住宅の省エネルギー改修に関する研究（その 3）省エネルギー改修による機密性能の変化，日本建築学会大会学術講演梗概集 pp.105~106，2007.7
- 16)服部哲幸、石崎竜一、齋藤宏昭、坂本雄三、桑沢保夫、澤地孝男：木造戸建て住宅の省エネルギー改修に関する研究（その 4）省エネルギー改修による熱性能の変化，日本建築学会大会学術講演梗概集 pp.107~108，2007.7
- 17)松島加奈、石崎竜一、齋藤宏昭、坂本雄三、服部哲幸、澤地孝男、桑沢保夫、井上隆：木造戸建て住宅の省エネルギー改修に関する研究（その 5）省エネルギー改修による構造空隙内湿度性状の検証，日本建築学会大会学術講演梗概

集 pp.109~110, 2007.7

- 18)石崎竜一、早津隆史、東條一己、那須洋平、服部哲幸、齋藤宏昭、桑沢保夫、坂本雄三、澤地孝男：木造戸建て住宅の省エネルギー改修に関する研究(その 6)遮熱フィルムと吹込み断熱材による屋根断熱改修，日本建築学会大会学術講演梗概集 pp.101~102, 2008.7

- 19)山田宗登、栗原潤一、石崎竜一、早津隆史、服部哲幸、齋藤宏昭、桑沢保夫、坂本雄三、澤地孝男：木造戸建て住宅の省エネルギー改修に関する研究(その 7)真空断熱材による部分断熱改修の施工性，日本建築学会大会学術講演梗概集 pp.101~102, 2007.7

- 20)服部哲幸、山田宗登、栗原潤一、石崎竜一、早津隆史、齋藤宏昭、桑沢保夫、坂本雄三、澤地孝男：木造戸建て住宅の省エネルギー改修に関する研究（その 8)真空断熱材による部分断熱改修の効果，日本建築学会大会学術講演梗概集 pp.101~102, 2007.7

- 21)松島加奈、齋藤宏昭、服部哲幸、桑沢保夫、石崎竜一、坂本雄三、澤地孝男、瀬戸裕直、井上隆：木造戸建て住宅の省エネルギー改修に関する研究（その 9)部分断熱改修による室内温熱環境改善効果の検証，日本建築学会大会学術講演梗概集 pp.101~102, 2007.7

- 22)加藤孝明、小出治、利満俊一、杉浦正美、下村博之：防災まちづくり支援システムの役割と機能 日本建築学会技術報告集 第 16 号，313-318, 2002.12

- 23)川端寛文：地域コミュニティを対象とした防災まちづくりマネジメントシステムの開発に関する研究 日本建築学会計画系論文集 第 73 巻 第 631 号，1899-1906, 2008.9

- 24)近藤加代子、藤村純平：消費者特性に基づく太陽光発電システムの普及政策に関する考察 日本建築学会環境系論文集 第 76 巻 第 667 号，847-853, 2011.9

- 25)福代和宏：太陽光発電システム導入世帯の属性と電力消費実態 日本建築学会環境系論文集 第 76 巻 第 666 号，741-750, 2011.8

- 26) 福代和宏：東日本大震災前後における太陽光発電システム導入世帯のエネルギー意識と電力消費量の変化 日本建築学会環境系論文集 第 78 巻 第 690 号, 645-654, 2013.8
- 27) 南海トラフ巨大地震の被害想定
http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/taisaku_wg/index.html
- 28) エネルギーレポートあいち
- 29) 平成 23 年度～平成 25 年度 愛知県東海地震・東南海地震・南海地震等被害予測調査
<http://www.pref.aichi.jp/bousai/2014higaiyosoku/2014higaiyosoku.html>
- 30) 愛知県建築物耐震改修促進計画-あいち建築減災プラン 2020-
- 31) 神谷友子、星野広美、川端寛文、金田高幸、山川博幹、飯吉勝巳：愛知県における木造住宅耐診断・耐震改修の補助実績からみた効果的な耐震改修施策の展開について 日本建築学会東海支部研究報告集 2011.2
- 32) 省エネルギー効果のケーススタディ，建築環境・省エネルギー機構，既存住宅の省エネ改修ガイドライン, pp.93-96, 2012
- 33) 鳴海大典、植本孝広、下田吉之、村上周三：住宅における省エネルギー対策評価とネットゼロエネルギー達成可能性の検討, 日本建築学会環境系論文集 第 76 巻 第 666 号, pp665-672, 2010.8
- 34) 総務省統計局 平成 25 年住宅土地統計調査結果
- 35) 住生活基本計画（全国計画）（平成 28 年 3 月 18 日閣議決定）
- 36) 社会資本整備審議会住宅宅地分科会（平成 27 年 4 月 21 日）資料 統計データ、事業者アンケート等により推計（平成 24（2012）年）

- 37)青笹健、秋元孝之、清家剛、鷺崎桃子、太田仁子：既存建物の補助事業を活用した省エネルギー改修の実態に関する調査研究,日本建築学会技術報告集 Vol.18 No.39 pp627-632,2012.6
- 38)細木翼、萩原智子、高口洋人、渡辺俊行：住宅の省エネルギー改修に関する研究 その1 福岡市における住宅の省エネルギー改修の現状,日本建築学会大会学術講演梗概集,環境工学Ⅱ,pp.319-320,2005.7
- 39)一般財団法人 住宅リフォーム推進協議会 平成26年度 第12回 住宅リフォーム実例調査報告集, p18, 2015
- 40)佐藤一郎、奥宮正哉：既存木造住宅の耐震・省エネ改修の同時施工に関する研究 その1 愛知県の昭和55年以前に建てられた木造住宅を対象とした省エネ改修の効果の試算 日本建築学会大会学術講演梗概集,環境工学Ⅰ,pp.841-842,2015.9
- 41)岩前篤,加藤信介,鈴木大隆:戸建住宅の部分断熱による効果に関する研究,日本建築学会大会学術講演梗概集 環境工学Ⅱ,pp.89-90, 2006.7
- 42)齋藤宏昭、服部哲幸、松島加奈、桑沢保夫、石崎竜一、澤地孝男、瀬戸裕直、井上隆:温暖地の木造住宅における部分断熱改修による熱性能改善効果の検証,日本建築学会環境系論文集 第73巻 第632号,pp1163-1169, 2008.10
- 43)宮良拓百他：居室の断熱改修施工による温熱環境・健康指標への効果 第6報 温熱環境改善度による3群の選定,日本建築学会大会学術講演梗概集,環境工学Ⅱ,pp353-354,2015.9
- 44)小川まどか他：居室の断熱改修施工による温熱環境・健康指標への効果 第7報 血圧関連指標とその他の健康指標への影響,日本建築学会大会学術講演梗概集,環境工学Ⅱ,pp355-356,2015.9
- 45)高橋龍太郎他：居室の断熱改修施工による温熱環境・健康指標への効果 第8報 起床後の血圧上昇と温熱環境の改善幅による効果の違い日本建築学会大会学術講演梗概集,環境工学Ⅱ,pp357-358,2015.9

- 46)伊香賀俊治、江口里佳、村上周三、岩前篤、星旦二、水石仁、川久保俊、奥村公美：健康維持がもたらす間接的便益（NEB）を考慮した住宅断熱の投資評価,日本建築学会環境系論文集 第76巻 第666号,pp735-740, 2011.8
- 47)Ormandy, David and Ezratty, Véronique. Health and thermal comfort : from WHO guidance to housing strategies. Energy Policy Vol.49. pp.116-121,2012.10
- 48)Philippa Howden-Chapman, Anna Matheson, Julian Crane, Helen Viggers, Malcolm Cunningham, Tony Blakely, Chris Cunningham, Alistair Woodward, Kay Saville-Smith, Des O'Dea, Martin Kennedy, Michael Baker, Nick Waipara, Ralph Chapman, Gabrielle Davie,Effect of insulating existing houses on health inequality: cluster randomised study in the community, BMJ,2007.2
- 49)伊香賀俊治、海塩渉、大橋知佳、馬淵富夫：高断熱住宅転居前後における居住者の血圧・睡眠・体温の変化に関する実測調査 その1 調査概要と居住者の症状・体温の変化 日本建築学会大会学術講演梗概集,環境工学Ⅱ,pp359-360,2015.9
- 50)海塩渉、伊香賀俊治、大橋知佳、馬淵富夫：高断熱住宅転居前後における居住者の血圧・睡眠・体温の変化に関する実測調査 その2 室温と家庭血圧の変化,日本建築学会大会学術講演梗概集,環境工学Ⅱ,pp361-362, 2015.9
- 51)大橋知佳、伊香賀俊治、海塩渉、馬淵富夫：高断熱住宅転居前後における居住者の血圧・睡眠・体温の変化に関する実測調査 その3 室温と睡眠効率の変化,日本建築学会大会学術講演梗概集,環境工学Ⅱ,pp363-364, 2015.9
- 52)住宅金融支援機構 HP 住宅・建築主要データ（参照 2015.9.15）
http://www.jhf.go.jp/about/research/tech_h11old_kodate.html
- 53)設計容量算定用 間欠空調負荷計算プログラム,
MICRO-PEAK/2010 Ver.2.0, 一般社団法人 建築設備技術者協会

54)電力中央研究所報告 家庭用エアコンの熱源特性モデルの開発-その 2:暖房時モデル-

55)内閣府 平成 27 年版高齢社会白書

56)厚生労働省保険局 医療給付実態調査報告 (参照 2016.2.1)

http://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-12400000-Hokenkyoku/nenrei_h25.pdf

57)埼玉県 HP 高等学校防災拠点施設整備

<http://www.pref.saitama.lg.jp/page/bousaikyotensisetugaiyou.html>

58)愛知県地域防災計画-地震災害対策計画- (平成 24 年 6 月修正)

59)佐藤一郎、星野広美、三宅雅樹、神谷友子、杉野友香：愛知県における特定建築物の耐震化状況実態調査と今後の展開について 日本建築学会大会学術講演梗概集 構造 II, pp.1177-1178, 2013.8

60)新城市 HP 耐震改修時省エネ住宅耐震改修支援事業
補助対象経費の 1/2 かつ 20 万円を上限に補助

<http://www.city.shinshiro.lg.jp/index.cfm/9.36062.138.628.html>

発表論文

発表論文リスト

査読付論文

- 1) 佐藤一郎:これまでの愛知県における耐震まちづくり施策の評価と今後の展開について, 日本建築学会計画系論文集 第 80 巻 第 717 号, pp2587-2595, 2015.11
- 2) 佐藤一郎、田中英紀、山内祐子、奥宮正哉:既存木造住宅の耐震・省エネ改修の同時施工によるコストメリットに関する研究 日本建築学会環境系論文集 第 81 巻 第 729 号, pp1035-1045, 2016.11

口頭発表

- 1) 佐藤一郎、深野純一、奥宮正哉:GIS データを用いた地下水・河川水エネルギー利用計画に関する研究:岐阜県大垣市を事例として 日本建築学会東海支部研究報告 2012.2
- 2) 佐藤一郎、星野広美、神谷友子:これまでの愛知県における防災まちづくり施策の評価と今後の展開について その 1 木造住宅耐震診断・耐震改修補助事業について 日本建築学会大会学術講演梗概集 2012(構造 III), pp.341-342 2012.9
- 3) 神谷友子、星野広美、佐藤一郎:これまでの愛知県における防災まちづくり施策の評価と今後の展開について その 2 耐震化推進のための普及・啓発の取り組みについて 日本建築学会大会学術講演梗概集 2012(構造 III), pp.343-344, 2012.9
- 4) 佐藤一郎、星野広美、三宅雅樹、神谷友子、杉野友香:愛知県における特定建築物の耐震化状況実態調査と今後の展開について 日本建築学会大会学術講演梗概集 2013(構造 II), pp.1177-1178, 2013.8
- 5) 佐藤一郎、星野広美、山川博幹:愛知県における緊急輸送道路沿道建築物の耐震化について 日本建築学会東海支部研究報告集 2013.2
- 6) 佐藤一郎、星野広美、前原克彦:愛知県における防災拠点となる公共施設等の耐震化状況と今後の展開について 日本建築学会大会学術講演梗概集 2014(都市計画), pp.73-74, 2014.9

- 7)佐藤一郎、奥宮正哉、増田幸宏：耕作放棄地を活用した太陽光発電に関する研究：平常時、非常時の需給バランスのマクロ分析 日本建築学会東海支部研究報告 2015.9
- 8)佐藤一郎、奥宮正哉：耕作放棄地を活用した太陽光発電に関する研究：空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集 pp229-232 2015.9
- 9)佐藤一郎、奥宮正哉：既存木造住宅の耐震・省エネ改修の同時施工に関する研究 その 1 愛知県の昭和 55 年以前に建てられた木造住宅を対象とした省エネ改修の効果の試算 日本建築学会大会学術講演梗概集,2015(環境工学 I),pp.841-842,2015.9

謝辞

建築の技術者を志し20年が経ちました。大学院を修了し、一度は現場管理の職に就きましたが、一念発起で愛知県庁に転職し、様々な経験を積むことができました。ここに、それらで得られた知見や、研究成果をまとめることができましたのは、奥宮先生はじめ先生方、周囲の皆さまのご指導、ご理解賜りましたからこそ可能であり、深く感謝いたします。

名古屋大学の博士課程に入学する機会を賜り、さらに、研究指導官として、筆者の研究活動に深いご指導を頂いた奥宮正哉教授に深く感謝申し上げます。また、研究活動において、私自身の業務上の都合により、必ずしも先生のご期待に添えなかったことを深くお詫び申し上げます。

名古屋大学の久野覚教授、飛田潤教授、田中英紀特任教授には、私の博士論文の審査委員として、また、斎藤輝幸准教授、飯塚悟准教授、玄英麗助教には、研究発表の場を通し、数多くの有効なご助言やご指導を頂き、深く感謝いたします。

芝浦工業大学の増田幸宏准教授には、共同研究者として共著者になって頂き、数多くの有効なご助言やご指導を頂き、深く感謝いたします。

名古屋大学の修士課程の学生であった深野純一氏（清水建設）、山内祐子氏（中部電力）には、共同研究者として論文の作成や、シミュレーションの実施で大変お世話になりました。

愛知県職員の仲間や元愛知県職員の星野広美氏（津島市副市長）には、共同研究者としてだけでなく、行政として耐震対策を推進する上でも、数多くの有効なご助言やご指導を頂き、深く感謝いたします。

NPO 法人耐震化アドバイザー協議会の伊藤文隆氏、三宅章博氏には、耐震改修や省エネ改修のコスト試算の実施で大変お世話になりました。

最後になりましたが、私の博士課程進学を快諾し、最上級の研究のチャンスを与えて頂いた、私の家族に感謝いたします。