

1. プロジェクトについて

1.1 はじめに

21世紀の日本は、超高齢社会と低炭素社会の二大課題に同時に対応しなければならないという困難に直面している。我が国が国際社会に向けて打ち出した「温室効果ガスを2020年までに1990年比で25%削減」(2009年、鳩山元首相)という目標の達成には、低炭素化技術の導入を一段と加速させなければならない。その後、2011年3月の東日本大震災による福島原子力発電所事故の影響に伴い日本のエネルギー状況は大きく変わった。温室効果ガスの削減目標が見直され、2013年11月にポーランド・ワルシャワで開催された第19回国連気候変動枠組み条約締約国会議(COP19)では、「温室効果ガスを2020年に2005年比で3.8%削減」という目標に後退せざるを得なくなった。これは、エネルギー供給を従来のように原子力発電に大きく依存できなくなったためである。このマイナス分を補うために、低炭素化の技術導入は従前よりも増して加速する必要があるが出てきた。

一方、日本は、平均寿命、高齢者数、高齢化のスピードという三点において、世界一の高齢社会となってきたが、超高齢社会が経済や社会を停滞・縮小させる方向に働けば低炭素社会実現のブレーキとなる。拡大する高齢者層が積極的に社会に参画・貢献し、さらには低炭素化の担い手として重要な役割を果たすようになれば、持続的成長の可能性を持った「明るい」低炭素社会実現の途が拓けてくる。

本プロジェクトでは、まず、将来の「明るい低炭素都市」のビジョンを構築し、そのビジョンを実現するために必要な社会システム改革の方向を明らかにして、またそのために必要な新技術を研究開発してきた。

これらの施策について、柏の葉キャンパスタウン（千葉県柏市）において統合的な実証実験を行い、その結果から、「明るい低炭素都市」のモデル化、および成果情報のパッケージ化を行った。今後、これらの成果の全国・世界の各地への普及展開を期するものである。

本プロジェクトでの問題解決のコンセプトは、次のような世界をリードする環境先進都市創りである。

- ・ 気候変動に適応する豊かな緑環境を有する低炭素都市
- ・ 都市の規模を縮小させることなくエネルギー消費を削減する
- ・ 高齢者が生き生きと活動する都市

これらは、本プロジェクトのアドバイザーである小宮山宏三菱総研理事長（東京大学前総長）が提唱するプラチナシティ構想と一致するものである。

本プロジェクトの目的は、高齢者の資産と能力の積極的な社会への還元を進めることで、成長可能な「明るい」低炭素社会を実現することである。この目的に対して、以下の課題の解決を図ることが肝要である。

- ・ 高齢者の住宅資産の低炭素化
- ・ 高齢者の活動支援システムの低炭素化
- ・ 高齢者を担い手とする低炭素化
- ・ 高齢者が住みやすいコミュニティ形成
- ・ 社会システムの改革

この課題の解決のために主に次の研究開発を進めてきた。

- ・ 太陽エネルギーを利用した超省エネヒートポンプによる高齢者住宅の低炭素化、省エネ住宅や自然エネルギーを活用した空調機器の普及

- ・ 超小型電気自動車によるモビリティシステムの低炭素化，超小型電気自動車などのパーソナル移動手段の整備による高齢者の活動度の向上，高齢者が活動しやすい環境作り
- ・ シニア(コミュニティ)植物医師制度の開発・普及による豊かな緑環境の整備，それによる低炭素化と高齢者が炭素社会実現に参加する場の提供
- ・ 低炭素化に資する都市緑地や里山，農地のローカルな再生可能資源の利用と，高齢者を担い手とする社会システムを提示
- ・ 高齢者がより居住しやすい都市をマネジメントする「システム技術」の構築

また，社会システム改革のために，以下を推進した．

- ・ 都市と自然が近接する柏の葉キャンパスタウンでの統合的な実証実験を通じた技術開発と社会システム改革の具体化を図った．
- ・ 低炭素都市モデルの構築，成果情報のパッケージ化により，全国への普及・展開を推進する．超高齢社会と低炭素社会の問題は，今後他の多くの国々でも追従して生じる問題であり，世界最先端の環境モデル都市を実現することができる．

これらの施策を実現するためには，以下のような社会システムの改革が必要となる．そのうちあるものは，既に改革されつつある．

- ・ モビリティに関する道路法，道路交通法の弾力的運用
- ・ 高齢者住宅の省エネ化のための補助金制度
- ・ 生産緑地，市民農園の規制緩和
- ・ 高齢者が住みやすいコミュニティ形成への制度づくり

『明るい』低炭素社会を実現する近郊都市



図 1-1 「明るい」低炭素社会を実現する近郊都市

1.2 プロジェクトの概要

1.2.1 プロジェクトの枠組

表 1-1 に本プロジェクトの概要を示す。本プロジェクト「明るい低炭素社会の実現に向けた都市変革プログラム」は平成 22 年度科学技術振興調整費「気候変動に対応した新たな社会の創出に向けた社会システム改革プログラム」の一環として開始された。平成 23 年度からは、科学技術振興調整費から科学技術戦略推進費に枠組みが変わり、その一環として継続実施された。平成 25 年度からは、科学技術戦略推進費から先導的創造科学技術開発費に枠組みが変わり、「社会システム改革と研究開発の一体的推進」の「気候変動に対応した新たな社会の創出に向けた社会システムの改革プログラム」の一環として実施された。また、平成 25 年度後半に補正予算が組まれ、平成 26 年度はその補正予算の繰越しで推進された。実施予定期間は平成 22 年度～平成 26 年度の 5 年間である。

表 1-1 プロジェクトの概要

プログラム名	気候変動に対応した新たな社会の創出に向けた社会システムの改革
プロジェクト名	明るい低炭素社会の実現に向けた都市変革プログラム
中核機関名	国立大学法人 東京大学
総括責任者名	濱田 純一 (東京大学・総長)
研究代表者名	飛原 英治 (東京大学・教授)
研究実施期間	平成 22 年度～26 年度 (5 年間)
研究総経費	総額 86,542 万円 (間接経費, 環境改善費込み)
参画機関名	国立大学法人東京大学, 千葉県, 柏市, (株)三菱総合研究所
協力機関名	中部大学, NPO 法人ちば里山トラスト
社会実証対象地域名	千葉県柏市

1.2.2 プロジェクトの目的・内容・目標

高齢者の資産と能力の積極的な社会への還元を進めることで、成長可能な「明るい」低炭素社会の実現を目指す。都市と自然が近接する柏の葉キャンパスタウンにおける統合的な低炭素化の実証実験により、「明るい」低炭素都市のモデル化を行うことを目的とする。

具体的には、高齢者の住宅資産の低炭素化、高齢者の活動支援システムの低炭素化、高齢者の担い手としての低炭素化を進めるため、それぞれ、太陽エネルギーを利用した超省エネヒートポンプ、超小型電気自動車の技術開発、ならびに、シニア植物医師の訓練に向けたプログラム開発と認証の制度設計を行う。個々の開発と共に、これらの技術の社会実装に備えた都市計画、農業・緑地計画、および情報システム化技術の開発を行う。統合的な実証試験により、技術開発、および社会システム改革の具体化を図り、「明るい」低炭素都市のモデル化を行う。

1.2.3 研究の趣旨

本プログラムは、次の技術開発、実証実験、社会システム改革の検討を統合的に実施するものである。

(a) 高齢者資産の低炭素化： 高齢者のいる世帯は、平成 20 年には 1821 万世帯、全体の 36.7%に達している。この割合は今後更に拡大すると予測され、低炭素社会の目標達成のためには、高齢者が保有する資産である住宅の低炭素化が大きな課題となる。これらの住宅では、投資余力や低炭素技術に関する情報不足等か

ら低炭素化が進まないことが予想されるため、低炭素技術の導入効果の可視化による理解促進を図るとともに、高齢者の経済的な負担を大幅に軽減した導入普及策を講じ、その上で、さらに高効率化された自然エネルギー活用技術の開発普及を進めていく必要がある。

本プログラムでは、基盤技術として、飛躍的に自然エネルギーの利用効率を高めた低炭素技術の導入普及を図るため、太陽エネルギーを活用した超省エネヒートポンプ空調システムの技術開発、実証実験を行う（①エネルギーグループ）。また、この新規技術とともに、既に導入されつつある低炭素技術の導入効果の可視化技術の実証実験を行い、高齢者の理解促進を図るためのユニバーサルな可視化技術の開発普及を図るとともに、高齢者の経済的負担を大幅に軽減した技術の導入促進のための制度の構築による社会システムの改革を図るものである。

(b) 高齢者の活動支援システムの低炭素化： 高齢者が地域の経済社会活動に積極的に参画・貢献できるよう、高齢者の健康維持、身体機能の補完、移動の円滑化等の活動支援を行うための技術開発が行われているが、これらの技術の低炭素化を図ることにより、高齢者が低炭素社会に負荷をかけずに活躍できるようになる。

本プログラムでは、基盤技術として、高齢者の活動支援技術として最適であるパーソナルモビリティシステム、すなわち超小型電気自動車の技術開発、実証実験を行う（②モビリティグループ）。また、柏の葉キャンパスタウンでは、すでに高齢者の健康管理システム、オンデマンドバス、カーシェアリング等の管理システム等の技術開発や実証実験が進んでいることから、これらの情報を統合化するシステムを開発し、施設の最適配置や運用方法の最適化を行うことでエネルギー利用の効率化を確保していくための実証実験を実施する。さらに、これらの技術の導入にあたっては、モビリティシステムの導入のために、道路運送車両法、道路法、道路交通法等の車両の保安基準や道路管理上の位置づけを明確にするための規制の合理化が不可欠であり、本プログラムでは、これらの社会システム改革を図るものである。

(c) 高齢者を担い手とする低炭素化： 近年、植物病による農作物被害が全地球生産可能量の3分の1にも達し、農業資材や農薬投入の無駄がCO₂発生に繋がっている。地域住民が快適な都市生活を享受しつつも、都市内の公園、街路樹から周辺部の農地、里山までを円滑に移動し、良好な緑環境の保全、創出に担い手として参画・貢献できるようになれば、CO₂の吸収源の増大と地域コミュニティの活性化の両方が実現でき、明るい低炭素社会の実現へと繋がる。

本プログラムでは、高齢者を植物病予防の担い手として登用し、植物病監視情報システムを核とした「植物医科学システム」の臨床確立に取り組むとともに、「シニア(コミュニティ)植物医師訓練プログラム」を開発し、適切な植物病抑止に向け、柏の葉キャンパスタウン及び周辺農地・緑地において実証実験を行う（③植物医科学グループ）。また、この新規技術とともに、既に導入されつつある都市緑地や里山や農地から発生する間伐材や残渣、建築廃材等のバイオマス化石燃料の代替燃料として使用する手法についても実証試験を行う（⑤農業・緑地計画グループ）。これらの技術の導入にあたっては、公園樹木や街路樹の公物管理や農地管理に一般の高齢者を登用するための社会システムの構築が必要であり、植物病エキスパートの普及のためには、地域の高齢者人材の訓練・登録制度の構築や実施のための情報ネットワークシステムの確立や経済的なインセンティブの付与が不可欠となる。本プログラムでは、これらを統合的に検討し、社会システム改革を図るものである。

(d) 高齢者が住みやすいコミュニティ形成： 高齢者を含む「明るい」生活の創造に向けて、都市施設配置や土地利用規制といったマクロな都市計画関連手法の提示と、空閑地や空き施設等のコミュニティによる利用を促進するためのプログラムといったミクロな計画・マネジメント手法の提示を行う。都市郊外部において大量発生が懸念される空閑地を、高齢者を含む近隣住民が農作物栽培の場所として活用するための方策を、事業計画と活用実践プログラムの双方から提示する。また、局所的な超高齢化が進む郊外計画住宅地において、空き施設や個人の庭を用いた世代間交流および共助を促すコミュニティ形成の手法を確立し、手法の導

入のためのマニュアルを提示する(④都市計画グループ, ⑤農業・緑地計画グループ)。

(e) 社会システムの改革

各研究グループの開発する技術の導入に当たっては、社会システムの構築が必要であり、本プログラムでは、これらを統合的に検討し、社会システム改革を図る手法などの提示を纏めるものである。

また、これらの社会実験の結果をデータベースとして纏め、利活用できるシステムを提供して(⑥情報システムグループ)、本プロジェクトの成果を国内外の都市への普及を目指すものである。

1.2.4 実施計画

全体計画として、1年目から3年目までは要素技術とシステム開発が主体であり、4年目以降に総合的な社会実証実験を行う。年次計画は下表1-2の通りである。

1年度目から3年度目までに、太陽エネルギー利用ハイブリッド空調システム、超小型電気自動車、および植物医師訓練プログラムについて技術開発、および実証実験を行う。また、これらの技術を社会に定着させ、十分な効果を挙げるためには、個別の技術開発とともに、これらの技術を有効に社会に定着させる計画を策定し、提言することが重要である。したがって、本プログラムにおいては、高齢者居住充実のための計画(④都市計画グループ)、および高齢者による農地利用、緑地管理活動の計画(⑤農業・緑地計画グループ)を合わせて行う。また、これらの技術開発、都市計画、および緑地計画を支援する情報システムの開発(⑥情報システムグループ)も行う。これらの成果に基づき、3年度目までに、高齢者登用のための制度に関する基礎的検討、高齢者の経済的負担を大幅に軽減した低炭素技術の導入加速制度の構築のための必要な検証を終える。あわせて、「明るい」低炭素都市のモデルを構築する。

4年目以降に、個別の技術における発展的な実証実験、および都市計画グループ、農業・緑地計画グループ、情報システムグループを中心としたグループ横断的な実証実験を行う。異なる分野の情報を統合化することにより、新たなシナジー効果の発現が期待できることから、シニアビジネス等の新産業創出を促進するための誘導施策を講じることができると考えられる。これらの成果に基づき、高齢者の資産の低炭素化、高齢者の活動支援システムの低炭素化、高齢者を担い手とする低炭素化のために必要な社会システム改革の具体像をとりまとめる。最後にプログラムの成果をパッケージ化し、全国・世界への発信を行う。

表 1-2 年次計画

取組み内容	1～3年目	4～5年目	終了後
①エネルギー ②モビリティ ③植物医科学	技術開発	総合的な実証実験	社会への実装
④都市計画 ⑤農業・緑地計画	計画・調査		
⑥情報システム	システム開発	実証実験の統合化	
横断的取組み	明るい低炭素都市モデル構築	モデルの検証・改良	

1.2.5 実施体制

本プログラムでは図 1-2 に示すように、東京大学を中核機関とし、千葉県、柏市、(株)三菱総合研究所が参加して、技術開発・社会改革推進チームを編成した。また、協力企業群からなる「明るい低炭素都市推進協議会」、社会システム改革を図るための関係府省の参加を得て運営委員会を置いた。中核機関である東京大学は、本プログラム全体の企画運営、技術開発、実証実験の実施、社会システム改革の検討の中心的な役割を担った。千葉県、柏市は、研究に参加するほか、実証実験の実施に必要な調整、地方行政への反映、行政情報等の提供の役割を担う。研究開発は以下の 6 グループで行った。①エネルギー、②モビリティ、③植物医科学、④都市計画、⑤農業・緑地計画、⑥情報システム。(メンバリストを付録資料に掲載)

「明るい低炭素都市推進協議会」は、本プログラムに賛同する民間企業、NPO を募集して、共同研究・実証実験を行う。事務局は、本プロジェクトの共通運営グループが担当した。

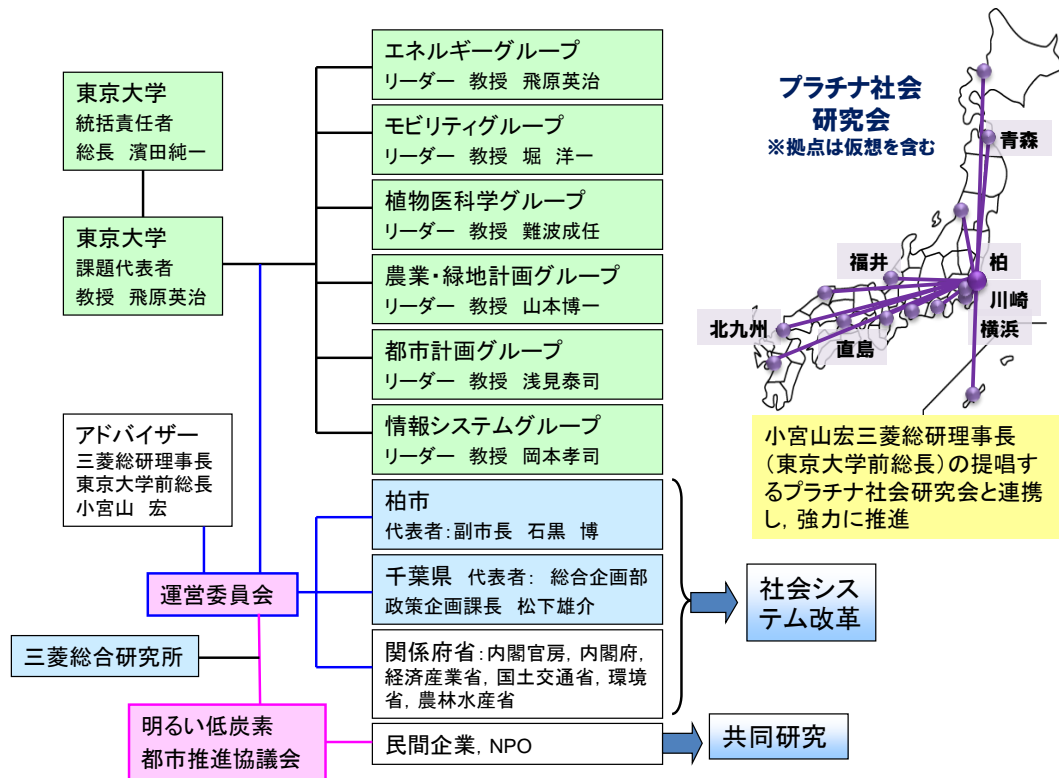


図1-2 プロジェクト運営体制

1.2.6 地域の特性と自治体の役割

新しい社会システムの実現に向けて、千葉県柏市で統合的な低炭素化の実証実験を図 1-3 に示すように行った。個々の実証実験で取得される情報を集積し、統合情報システムを構築する。超高齢社会と地球環境問題の同時解決を目指した、これまで世界に例のない大規模かつ統合的な社会実験である。社会実験は柏市をその舞台として行った。

柏市で社会実験を行った理由としては、

- ・ 柏市は、都市的機能だけではなく自然（農地）に恵まれた環境を有する人口 40 万 5 千人の、東京圏に位置する中核市であり、一連の技術開発、実証実験を統合的に推進するために最適の立地である。
- ・ 農業が重要産業だが、休耕地や空き宅地が増加の見込。残存するみどりを活用した緩和・適応策が期待できる。
- ・ 今後急速に高齢化が進む一方で、高齢者を活用できる。

- ・ 東京大学，千葉県，柏市等が連携して，柏の葉国際キャンパスタウン構想を構築しており，低炭素社会のモデルとなるまちづくりを謳い，これまでも，低炭素化のための実証実験を実施してきている．例えば，柏市豊四季台地域活性化・ソーシャルビジネス（東京大学高齢社会総合研究機構）や，データベース活用によるスマート・モビリティ・ネットワークの実現，超小型電気自動車やキャパシタ電気自動車を一定数，柏市に投入し，住民の移動ニーズとの合致性，環境低負荷への貢献などの評価などがある．
- ・ 本プロジェクトの実施は，千葉県，柏市の目指すまちづくりの方向と合致しており，必要かつ適切な自治体からの協力が期待でき，柏市が熱心に社会実験の推進を支援している．

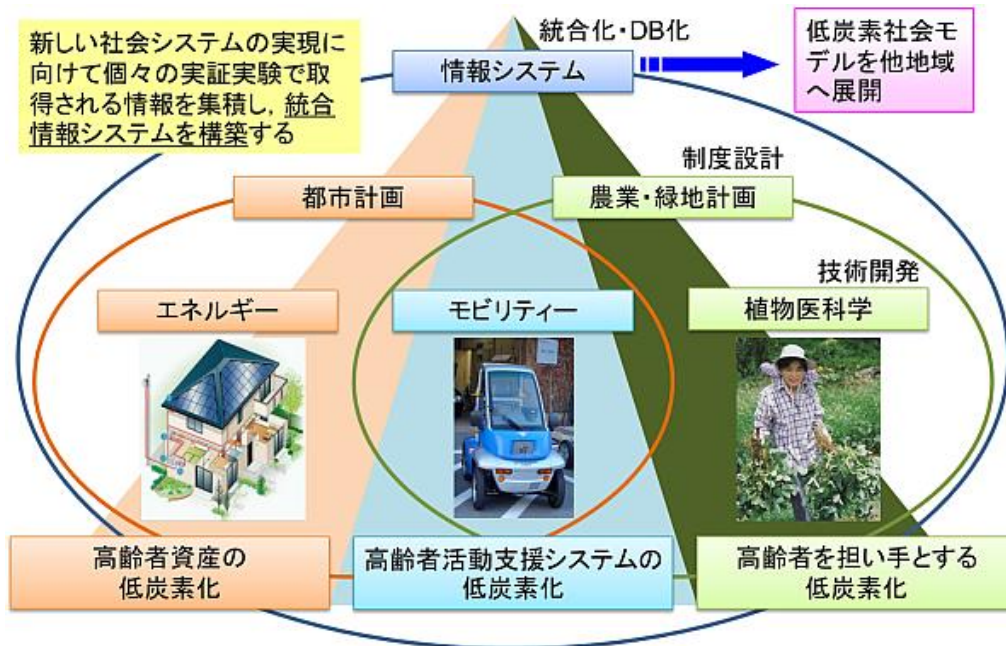


図 1-3 統合的な低炭素化の実証実験

1.2.7 社会システムとの関連性

高齢者等の経済的負担を大幅に軽減しつつ，低炭素化技術の導入を加速する制度の構築にあたっては，特定の省庁の枠を超えた検討が必要であることから，内閣府との連携が必要である．あわせて，経済産業省，国土交通省，環境省，農林水産省との間で規制の合理化，助成制度の整備について検討する必要がある．そのため，内閣府の総合科学技術会議の下に社会実証戦略委員会がおかれ，定期的に，「気候変動に対応した新たな社会の創出に向けた社会システムの改革」プログラム全体の運営調整と特にプログラム遂行に対する社会制度上の隘路の調整が行われた．

その中で，超小型モビリティの実用については，それが原付第 1 種自転車の 4 輪に該当し，ニーズの大きい 2 人乗りは禁止されているとか，規制出力が法施行当時（昭和 26 年）のエンジン技術水準のままであり，現行の超小型モビリティの車重に比べて，規制出力が小さく，道交法による走行形態を行うには危険であるなどの制度上の制約があった．これに対して，H25 年 1 月 31 日に，2 人乗りの超小型モビリティの認定制度として規制が緩和される進展があった．H26 年 5 月に，「東京大学・柏市超小型モビリティ協議会」が国土交通省から 2 人乗りの超小型電気自動車の柏市内で公道走行認定を受けた．

1.2.8 プロジェクト研究内容の概要

表 1-3 に各研究グループの取組み内容と，全体像について示す．各グループはそれぞれ密に連携して，共通目標の達成を様々なアプローチで目指してきた．プロジェクトは，以下の 6 グループと横断的内容の共通運営グループで遂行した．

表 1-3 研究グループの取組み内容と担当

研究グループ	取組み内容	担当
エネルギー	太陽エネルギー駆動の超省エネ空調システムの技術開発、試験	東京大学，柏市
モビリティ	超小型電気自動車の技術開発，およびそれを用いた社会実験	東京大学，柏市
植物医科学	臨床植物医科学の開発と普及展開	東京大学，柏市
都市計画	高齢者がより居住しやすい都市をマネジメントする「システム技術」の構築	東京大学，柏市
農業・緑地計画	低炭素化に資する都市緑地や里山，農地のローカルな再生可能資源の利用と，高齢者を担い手とする社会システムを提示	東京大学，NPO千葉里山トラスト，柏市
情報システム	高齢化・低炭素化に資する情報を提供する統合情報システムの構築・実証実験，プログラム成果パッケージ化	東京大学，柏市
共通運営	「明るい低炭素社会」のビジョンの構築と実現に向けた社会システムの方策の提言	東京大学，柏市，三菱総研

- (a) エネルギーグループ 低炭素化に資する太陽熱を冷暖房に有効利用するための太陽熱駆動の超省エネ空調システムの技術開発を行った。次の4種類の太陽熱駆動システムの特性とその省エネ効果を確認した。
①高効率吸収冷凍機，②乾式デシカント空調機，③エジェクタと蒸気圧縮式空調のハイブリッド空調システム，④太陽エネルギーのコージェネレーション利用システム。
- (b) モビリティグループ 高齢者の活動支援システムの低炭素化のために，高齢者の移動手段として最適な超小型電気自動車の技術開発，および実証実験を行った。
- ・ 高齢者支援のためのワイヤレス充電・キャパシタ蓄電型の超小型電気自動車を開発
 - ・ 高齢者のパーソナルモビリティの社会実験の準備
- (c) 植物医科学グループ 植物病抑止の担い手として高齢者を登用する「シニア(コミュニティ)植物医師訓練プログラム」を開発・実施し，植物病抑止による農業の低炭素化への貢献を目指した。
- ・ 「植物医師制度」のテキスト作成および認定試験を実施
 - ・ 「植物医師訓練プログラム」を実施して，柏市民約700名が合格，市民農園，公園などで自立的な学習・活動を展開
- (d) 都市計画グループ 高齢者がより居住しやすい都市をマネジメントする「システム技術」の構築のために社会システム改革に向けた検討を行った。
- ・ 高齢者の居住地選択や空間内移動，居住に関わる各種計画・規制手法に関する意識について，柏市，東京都でアンケート調査
 - ・ 高齢者のフードデザート問題の解決法や，食を通じたコミュニティ形成による生活支援の可能性について検討
 - ・ 都市緑地の発生状況・適性度調査を実施
- (e) 農業・緑地計画グループ 低炭素化に資する都市緑地や里山，農地のローカルな再生可能資源の利用と，高齢者を担い手とする社会システムを提示した。
- ・ 水田から発生する温暖化ガスの適正管理を検討し，「間断灌漑」の効果を確認
 - ・ 農地・里山由来バイオマスの地域内利用可能性を検討
 - ・ 里山管理の生態系への影響とその適正管理の検討

- ・ 「農・里山管理」の社会システムの設計と評価
- (f) 情報システムグループ 高齢化・低炭素化に資する情報を提供する統合情報システムを構築した。
 - ・ 多様な知識の体系化・パッケージ化の検討
 - ・ 情報管理システムの開発のために、種々の異種のデータを管理し、多量の時系列多次元データを分析・構造化・可視化するシステムを設計、プロトタイプを開発
- (g) 横断的な取組内容 将来の目指すべき「明るい低炭素社会」のビジョンの構築と、その実現に向けた社会システムの改革の提言、方策の定量的評価など

1.3 ミッションステートメント

低炭素社会の実現と高齢社会の問題克服という現代社会の2大課題に同時に取り組み、成長可能な「明るい」低炭素社会の実現を目指す。

本研究課題の具体的目標は、

- ・ 太陽エネルギーを利用した超省エネヒートポンプ、超小型電気自動車、シニア植物医師訓練プログラムについて社会実装できるレベルに技術開発を行う。また、これらの社会実装に際する社会システムの課題を明らかにし、改革を提言する。
- ・ 高齢者居住充実のための計画、および高齢者による農地利用、緑地管理活動の計画の実証実験を通して、高齢社会の克服と低炭素社会の実現を両立させる都市計画、農業・緑地計画を策定・提言する。
- ・ プログラムの成果情報をパッケージ化し、全国・世界への普及・展開を推進する。

都市と自然が近接する柏市での統合的な実証実験を通じた技術開発と社会システム改革の具体化を図る。さらに、高齢者が自律協調する低炭素都市モデルを構築し、全国への普及・展開を推進する。

1.4 最終報告書の内容

本第1章では、プロジェクトについて、その概要とミッションステートメントについて述べた。第1章に続いて、第2章では明るい低炭素都市像を示す。これは、柏市と(株)三菱総合研とで取り纏めたもので、長期的な将来像として、2050年の明るい低炭素都市のVisionとそれに至る道筋を述べる。本プロジェクトが対象としている柏市は、2011年12月に「環境未来都市」と「地域活性化総合特別区域(総合特区)」として内閣府から指定を受けている。

第2章で示された必要な研究開発課題などに対して、第3章から第8章は各論で、6研究グループが行っている開発技術や制度検討などを示す。各研究グループで、背景・研究の位置づけ・目的・研究体制、低炭素化や高齢化にかかわる社会問題とそれを解決する方法、社会実証実験の内容・成果、制度的な隘路とその解決の見通し、それぞれの研究と実証実験結果としてCO₂排出量削減の試算の見積もり・高齢者が元気になることなどを述べる。第9章が結言である。