

科学技術未来戦略ワークショップ

「高効率エネルギー利用未来都市の実現に向けた 課題達成型研究開発構想ワークショップ」 報告書

平成26年4月16日（水）開催



独立行政法人科学技術振興機構 研究開発戦略センター
Center for Research and Development Strategy Japan Science and Technology Agency

エグゼクティブサマリー

(独) 科学技術振興機構 (JST) 研究開発戦略センター (CRDS) では、科学技術イノベーション政策における課題解決型研究開発の事例として、わが国のエネルギーの消費の大幅削減と高効率利用をテーマとした研究開発戦略を平成 24 年度から検討してきた。本ワークショップは、これまでの CRDS における検討結果を紹介した上で、関連分野の専門家とともにその基本的な問題認識や検討内容の妥当性、具体的な研究開発課題、推進体制・方策の詳細等について確認し、議論することを目的とした。

エネルギー問題に関する政策的検討はこれまで国全体を見渡すマクロな視点での議論にとどまることが多かった。今後は、よりミクロな視点から問題を精査する枠組みを設定し、より具体的かつ大胆な将来ビジョンや目標を描く必要がある。そこで、今回、人が集まりエネルギー需要が集中する都市を、特にエネルギー需給の観点から改めて精査し、都市が果たすべき役割やその実現における科学技術の貢献を明らかにすることを目的とした。

検討では、都市におけるエネルギー需給の現状と予想される将来像、またその中に潜在するエネルギー消費の削減ポテンシャルを探索した。次いでエネルギー消費の大幅削減に向けた実現方策を特定し、中長期的観点から国としての推進が必要と考えられる研究開発領域／課題群を整理した。

ワークショップでは、まず総論として、CRDS が提案するわが国のエネルギー問題を都市という枠組みで捉えること、また都市政策の方向性を長期的に見通すことの重要性が確認できた。またエネルギーの消費削減は、都市の社会的機能の向上や個人の便益向上と並行して検討すべきとの指摘があった。具体的には社会インフラの 1 つとしてエネルギーを捉え、その高効率化を多様な社会サービスの改善と一体的に進める必要性が指摘された。その実現にあたっては個々の要素技術開発が重要であるが、同時に科学技術を社会的なインパクトへと結びつけるためのメカニズム・デザインや統合化の研究や技術開発、並びにプラットフォーム作りや環境整備が必要との議論があった。

次に各論として、まず現状把握のために都市をエネルギー消費のパターンから類型化すること、またその類型結果に基づきエネルギー消費削減のための方策を設定することについて、可能な限り精緻に検討を進めることが望ましいとの指摘があった。一方で都市におけるエネルギー消費削減という課題を克服するための成立条件を都市ごとの多様な特性も考慮して吟味し、他方でその課題達成のための各種方策の有効性についても検討し、その上で両者を照合させることで都市別の適正な方策選択が可能になるのではないかという意見があった。ただし都市の特殊性をどこまで考慮し、反対に一般化した検討は控えるべきかの境界線は明らかではなく、目的に応じて異なりうると考えられた。

また都市におけるエネルギー利用・消費の将来見通しを考えるにあたっては、先進技術の普及・定着がもたらす社会変化、若者世代を始めとしたエネルギー消費に関する人々の志向性、行動パターン、価値観の変化、あるいは災害等によって生じる非常時への対応のあり方等を考慮する必要性が指摘された。

研究開発領域／課題に関しては CRDS の提案に対して概ね同意が得られ、その上で、各領域に含まれる課題について、参加した各専門家から多くの情報提供があった。

さらに研究開発の推進体制やそれを支える環境整備についても多くの議論があった。社会実装を促進するための方策として米国の国立科学財団のプログラム中でも取り上げられている「テストベッド」の可能性や国内で取り組まれている「構造改革特区」の利点等が議論された。推進体制に関しては複数の主体が集まって協議会を形成し、それに対して資金が充てられるというケースが最近の主流であるとの指摘があった。また都市をフィールドにした取り組みの実施主体は自治体が担うべきであり、研究者は主体とはなりえないのではないかという示唆もあった。柔軟な研究資金利用が自治体の積極的な参加を後押しする可能性も指摘された。

最後にこうした分野の研究に取り組む研究者のキャリアパスに関しても議論があった。社会的期待に応える構成的な研究やそこで得られる知見の活用が未だ学術的に十分評価されていない現状を踏まえ、引き続き、21世紀の科学としてより多くの研究者がこうした分野の研究に挑戦したいと思えるような環境の醸成に取り組む必要があるとの認識が共有された。

本ワークショップでの議論は別途取りまとめを進めている提言「課題解決型研究開発の提言(1)：都市から構築するわが国の新たなエネルギー需給構造」へと反映予定である。

目 次

エグゼクティブサマリー	i
1. 開催概要	1
背景	1
目的	1
議事次第	2
2. セッション毎の記録	5
開催挨拶・趣旨説明	5
セッション1 高効率エネルギー利用未来都市の実現に向けた提言素案	7
提言素案について	7
コメント1：山地憲治（地球環境産業技術研究機構）	13
コメント2：浅見泰司（東京大学）	15
コメント3：竹中章二（東芝）	20
総合討議	23
セッション2 エネルギー消費の大幅削減に向けた中長期的技術課題、研究課題	28
必要な研究開発領域／課題	28
コメント1：芹澤善積（電力中央研究所）	30
コメント2：大口敬（東京大学）	33
コメント3：中上英俊（住環境計画研究所）	37
コメント4：加藤博和（名古屋大学）	42
コメント5：加藤之貴（東京工業大学）	47
総合討議	52
セッション3 推進体制・方策	55
提言素案について	55
総合討議	59
セッション4	61
コメント1：岩野和生（CRDS）	61
コメント2：黒田昌裕（CRDS）	61
総合討議	62
閉会挨拶	64

■ワークショップ企画メンバー■

1 開催目的

背景

- 1) 科学技術イノベーション政策における課題達成型研究開発のひとつの事例として、JST-CRDS では、わが国のエネルギー消費の大幅な削減に向けた「都市の高効率化」をテーマに研究開発戦略立案を検討している。
- 2) エネルギー消費の削減は石油危機以降継続的に取り組まれてきた国家的課題であるが、過去約 40 年間で産業部門が微増したのに対して民生、運輸両部門の消費は顕著な増加を続けている。家電の省エネや自動車燃費の改善など優れた成果はあるが、電化やモータリゼーションの進展もあり、市民生活と関わりの深いこれら 2 部門のエネルギー消費削減は十分に進んでいない。
- 3) 今後、民生、運輸両部門での消費削減を一層進めるためには従来のような国全体を見渡すマクロなレベルからミクロなレベルへと視点を移して問題を精査することが必要である。
- 4) そこで JST-CRDS では、人が集まりエネルギー需要が高まる都市に焦点を当て、そこでのエネルギー需給の将来像から消費削減のポテンシャルを探索し、同時にそのポテンシャルの実現に寄与しうる科学技術研究の特定を試みた。

目的

- 1) 第一に、JST-CRDS が描き出した「あるべき将来都市のエネルギー需給像」を提示し、有識者との議論を通じ、その妥当性を検証する。
- 2) 第二に、「あるべき将来像の実現に向けて重要な科学技術及び研究課題」のたたき台を提示し、有識者との議論を通じ、「科学技術及び研究課題の具体化・詳細化に向けた今後の検討方向（重要な事項、優先すべき事項、追加すべき事項、削除すべき事項など）」を明らかにする。
- 3) 第三に、「研究推進体制」のたたき台を提示し、有識者との議論を通じ、本分野の研究課題に取り組む場合の「研究推進体制の基本要件（公的研究支援の規模及び期間、社会科学の参画など）」を明らかにする。

議事次第

- 日 時： 平成 26 (2014) 年 4 月 16 日 (水) 10 時～16 時半
 ■場 所： JST 別館 2 階 セミナー室 (東京都千代田区五番町 7 K's 五番町内)
 ■主 催： JST-CRDS 高効率都市チーム
 ■プログラム：

(敬称略)

10:00～10:10	開会挨拶・趣旨説明 笠木伸英 (CRDS 上席フェロー／東京大学名誉教授)
10:10～12:00	セッション 1. 高効率エネルギー利用未来都市の実現に向けた提言素案 CRDS の発表；中村亮二 (CRDS フェロー) / 30 分 コメント①；山地憲治 (地球環境産業技術研究機構 理事・研究所長) / 15 分 コメント②；浅見泰司 (東京大学 大学院工学系研究科 教授) / 15 分 コメント③；竹中章二 (東芝 コミュニティ・ソリューション社 執行役常務 待遇 首席技監) / 15 分 全体討議 / 35 分
12:00～12:40	休憩
12:40～14:30	セッション 2. エネルギー消費の大幅削減に向けた中長期的技術課題、研究課題 CRDS の発表；関根泰 (CRDS フェロー) コメント①；芹澤善積 (電力中央研究所システム技術研究所 副所長) / 10 分 コメント②；大口敬 (東京大学 生産技術研究所 教授) / 10 分 コメント③；中上英俊 (住環境計画研究所 代表取締役会長) / 10 分 コメント④；加藤博和 (名古屋大学 大学院環境学研究科 准教授) / 10 分 コメント⑤；加藤之貴 (東京工業大学 大学院総合理工学研究科 准教授) / 10 分 全体討議 / 50 分
14:30～14:40	休憩
14:40～15:20	セッション 3. 推進体制・方策 CRDS の発表；金子直哉 (CRDS フェロー) / 10 分 全体討議 / 30 分
15:20～16:20	セッション 4. 総括討議 総括コメント①；黒田昌裕 (CRDS 上席フェロー) / 10 分 総括コメント②；岩野和生 (CRDS 上席フェロー) / 10 分 全体討議 / 40 分
16:20～16:30	閉会挨拶 笠木伸英 (CRDS 上席フェロー／東京大学名誉教授)

参加者一覧

(敬称略、所属・役職はWS開催時点)

氏名	所属	役職
講演者・議論参加者（五十音順）		
浅見 泰司	東京大学 大学院工学系研究科 都市工学専攻 ／東京大学 空間情報科学研究センター	教授
岩野 和生	JST 研究開発戦略センター 情報科学技術ユニット	上席フェロー
大口 敬	東京大学生産技術研究所	教授
加藤 博和	名古屋大学 大学院環境学研究科 都市環境学専攻	准教授
加藤 之貴	東京工業大学 大学院総合理工学研究科 環境理工学創造専攻	准教授
芹澤 善積	一般財団法人電力中央研究所 システム技術研究所	副所長
竹中 章二	株式会社東芝 コミュニティ・ソリューション社	執行役常務待遇 首席技監
中上 英俊	株式会社住環境計画研究所	代表取締役会長
森 靖	株式会社東芝 コミュニティ・ソリューション社 コミュニティ・ソリューション事業部 事業企画部	参事
山地 憲治	公益財団法人地球環境産業技術研究機構	理事・研究所長
JST-CRDS 高効率都市チームメンバー		
笠木 伸英	研究開発戦略センター 環境・エネルギーユニット	上席フェロー／ 東京大学名誉教授
黒田 昌裕	研究開発戦略センター	上席フェロー／ 慶應義塾大学名誉教授
中村 亮二	研究開発戦略センター 環境・エネルギーユニット	フェロー
馬場 寿夫	研究開発戦略センター ナノテクノロジー・材料ユニット	フェロー
金子 直哉	研究開発戦略センター 海外動向ユニット	フェロー
渡辺 美代子	研究開発戦略センター 環境・エネルギーユニット ／JST（科学技術コミュニケーション担当）	フェロー／執行役
関根 泰	研究開発戦略センター 環境・エネルギーユニット ／早稲田大学 理工学術院 先進理工学部	フェロー／教授
的場 正憲	研究開発戦略センター 情報科学技術ユニット ／慶應義塾大学 理工学研究科 基礎理工学専攻	フェロー／教授
シン ジャワ	研究開発戦略センター システム科学ユニット	フェロー
斎藤 広明	研究開発戦略センター 環境・エネルギーユニット	フェロー
鈴木 至	研究開発戦略センター 環境・エネルギーユニット	フェロー

〔傍聴(事前登録分)〕

➤府省関係（所属機関・部署名のみ）

内閣府 政策統括官（科学技術政策・イノベーション担当）付

文部科学省 研究開発局 環境エネルギー課

資源エネルギー庁 省エネルギー新エネルギー部 政策課制度審議室

国土交通省 都市局 都市計画課

国土技術政策総合研究所 都市研究部 都市施設研究室

環境省 総合環境政策局 環境計画課

➤JST 関連部署

研究開発戦略センター 環境・エネルギーユニット

研究開発戦略センター ナノテクノロジー・材料ユニット

研究開発戦略センター 政策ユニット

低炭素社会戦略センター

戦略研究推進部 研究評価グループ

社会技術研究開発センター

2 セッション毎の記録

開催挨拶・趣旨説明

笠木伸英(CRDS)

社会の一般的な期待としては「3E+S」(供給安定性: Energy security、経済性: Economic growth、環境保全: Environmental conservation、安全性: Safety)の同時克服が重要である。数式で表せば、一人当たりのGDPを上げる一方で、エネルギーインテンシティを下げる、あるいはカーボンインテンシティを下げることによって初めて環境との調和を図りながら人々の暮らしの豊かさを達成できる、という関係になっている。これに基づく、本日は、特にエネルギーインテンシティ、カーボンインテンシティを国としてどうやって下げることができ、なおかつ人の生活あるいは社会の発展につなげることができるのかという点について色々ご議論をいただきたい。

都市という切り口で課題を捉えたとき、これまでの国全体のエネルギー需給の議論では国全体としてのマクロな議論がある一方、それをブレイクダウンしていった議論というのはあまり見当たらないことに気づいた。そこで異なる機能を持った都市についてエネルギー需給の構造を見ていくことによって、より具体的な、あるいは大胆な将来ビジョンや目標が描ける可能性があるのではないかと、逆に言えば、そういうものの積み上げから国全体のある種の戦略を形成していけるのではないかと仮説を持った。

このとき都市のエネルギー需給の変化に我々は注目するが、同時に都市の機能や環境、人間活動の変化も当然起こるだろうと考えられる。これまでそれらが同時に議論されたことが少なかったのではないかと思われるため、本検討では、できる限り同時に議論していきたいと考えている。

資料を無断で複製・複製し、再配布したり、あるいは他の目的で再利用したりすることはお断いします。

資料3

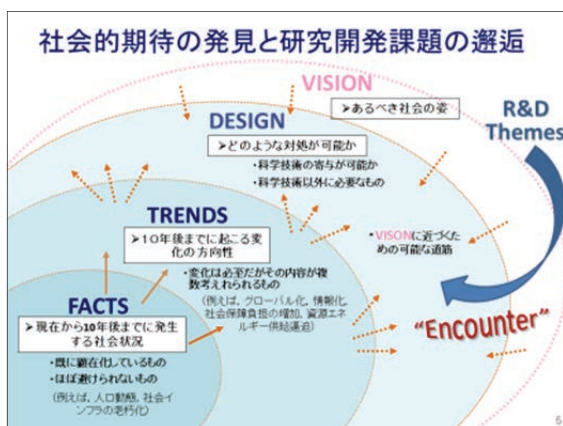
高効率エネルギー利用未来都市の実現に向けた課題達成型研究開発構想ワークショップ

2014年4月16日(水) 10:00~16:30
於(独)科学技術振興機構 東京本部別館 2階セミナー室

開会挨拶・趣旨説明

研究開発戦略センター上席フェロー
笠木 伸英

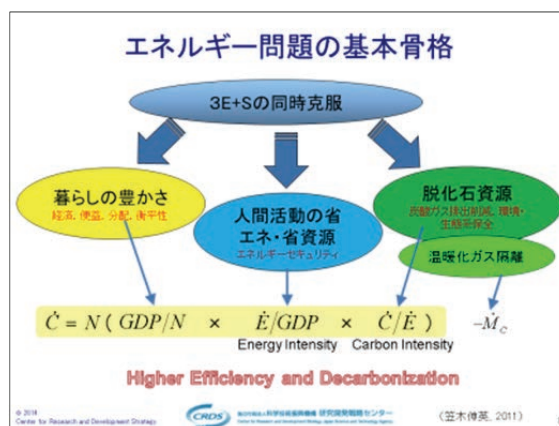
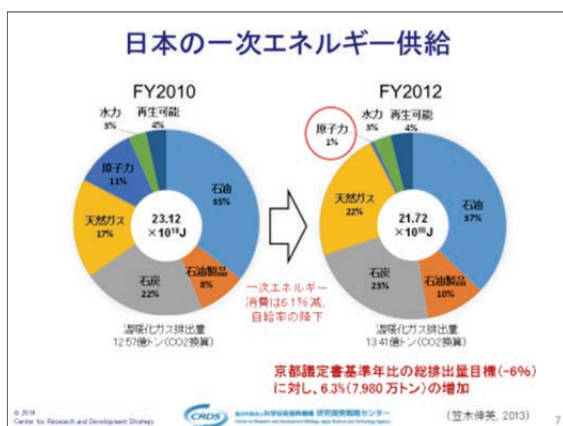
© 2014 Center for Research and Development Strategy



豊かな持続性社会: ビジョンと主要な社会的課題

◆ テーマ1: 国際連携ができる社会
◆ テーマ2: 地球環境・エネルギー問題への対応力がある社会
2-1 日本におけるエネルギー・スマートシフトの実現に向けた既存エネルギーの革新と次世代エネルギーの拡大に関する技術開発
2-2 Smart Rural (仮称)の構築に向けた地域環境適合型エネルギーシステムの開発
2-3 高効率エネルギー都市の創出に向けた実空間における人・物・エネルギーの流れの解明と効率化に関する技術開発
2-4 エネルギー環境政策立案への活用に向けた社会予測技術の開発
2-5 エネルギー長期安定供給確保のための国際戦略を支える基礎技術の開発
◆ テーマ3: 社会インフラの保守・修復・構築力がある社会
3-1 自然災害対応型社会インフラのデザイン構築
3-2 地域・都市単位での、インフラ構築・保守・運営の最適化
◆ テーマ4: 心身の健康寿命がのびる社会
4-1 超高齢化・人口減少を見据えた社会デザインに資する予測科学の推進
4-2 高齢者が社会的・経済的価値を生み出す社会システムの構築に向けた研究開発
4-3 医療の最適化に資する疾患リスクマネジメントシステムの構築
4-4 超高齢社会における低コスト医療・介護システムの構築
4-5 医療・健康産業の国際化に資する研究開発プロセスの革新

666



「都市におけるエネルギー需給の高効率化」の意義

- エネルギー消費や温室効果ガス排出の削減を含めたエネルギー計画に関する政策検討は、国全体のマクロな議論に留まる場合が多い
- 異なる機能を有する「都市」の単位でエネルギー需給を捉えることにより、具体的かつ大胆な将来ビジョンや目標を描ける可能性
- 「都市」のエネルギー需給構造の変化に伴って生じる、都市の機能、環境、人間活動の変化に対する検討は必ずしも十分でない
- 検討成果は、国のエネルギー政策、地域経済社会の再構築、第5期科学技術基本計画等に関する検討や、全国各地で進められる都市の「スマート化」などへ寄与

© 2014 Center for Research and Development Strategy

セッション 1 高効率エネルギー利用未来都市の実現に向けた提言素案

提言素案について

中村亮二(CRDS)

セッション 1 では、まず提言の素案をひととおり説明し、それを踏まえて、3 名の方々に、どういう視点が欠けているか、妥当性、足りない部分等をご指摘いただきたい。全体像をまず一度議論したいという位置づけである。

本検討は、都市の社会的機能や生産性の向上、同時にエネルギー消費や温室効果の大幅削減、これらを高効率化と呼ぶことにして、そのための中長期的構想を検討しようということを目的とした。とくに都市におけるエネルギー消費を考えると、生活や仕事、あらゆる活動を通じて人が大きく関わりを持つ。そのためエネルギー消費の中でも特に民生、あるいは運輸部門に着目することとした。

最初にポイントをまとめると次のとおりである。まずは、民生、運輸部門に関わる方策を複数組み合わせることで、わが国におけるエネルギー消費削減ポテンシャルは、かなりの量的規模を持つ可能性があることが見えてきた。ただしその概算は今後の精査も必要ではある。

次に消費削減の対象都市を抽出して大きく類型化し、それぞれのあるべき姿を検討した。この検討に基づけば、大都市圏の特に中核部では、民生や運輸部門のエネルギー需給の平準化や効率化が重要である。一方で中規模な都市では、いわゆるコンパクト化と呼ばれるような、人口の分布を集約させるような形で、エネルギー需要自体も高効率にマネジメントしていくということが、基本的な方針として重要である。

あるべき姿の実現に寄与し得る科学技術上の課題、特に 2030 年頃を想定して中長期的な観点から今後取組みが必要な研究開発課題は、ここで示す三つの領域を提案する。

最後に、これらの研究開発領域／課題がどのように進められ、また社会の中に生かされていくかということについては私どももまだ悩んでいるところである。セッション 3 で議論を深めたい。

ここからは具体的な検討内容について紹介したい。大きくは現状把握から実現方策検討までの四つの段階に沿って検討を進めた。

本検討で想定しているのは国内都市である。新しい都市を作るというよりは、既存の都市をどのように高効率化させるかということを考える。人口 20 万人以上の都市を抽出し、エネルギー利用の要因となりうる産業構造、人口規模、人の移動（日中移動）の観点から都市を類型化した。

4 つの分類の都市について、エネルギーの利用状況を調べた。ただしここでは市区町村単位の一人あたり CO₂ 排出量を見た。エネルギー消費量での分析は検討を別途進めている。

4 類型の都市で今後どのように人口が増えていくかを調べると、中核都市は基本的には今後も人が増えていくだろうと予想される。中核都市周辺にある都市圏周辺都市も基本的

には今後も増えていくのではないかと予想される。一方、中規模都市や工業都市は、都市によって人口が減っていくところもあると予想される。

以上をまとめると、まず都市圏で中核都市と周辺都市を一つの都市圏として見なすと、中核都市では業務や家庭部門の1人あたりのエネルギー消費量はまだ多い。運輸は人口集積による効率化が見られる。従って業務や家庭に運輸と同様の効率化の余地があるのではないかと考えられる。また今後は人が増えていくので、そうした中で効率化をどう進めていくかということを経営者や行政関係者に向けて考える必要がある。

エネルギー利用に関しては、スライドに示した事柄を通じて今後大きな変化が予想されている。また都市ごとに見ると、都市圏では、エネルギーマネジメントシステムが、住宅の建替えや再開発案件の単位で主に中心部に入っていくだろうと考えられる。一方、中規模都市や工業都市など人口の規模が比較的中程度の都市ではエネルギー需要が都市の郊外部に分散する状況が今後も続くのではないかと考えられる。そのため移動手段としては自動車は依然として不可欠な存在であり続けると考えられる。

以上の将来像に関する議論をまとめると、スライド中の表になる。さらにこれをどのように改善していくかという、あるべき将来像を示したものが次のスライドである。

都市圏では中心部の限られた時間や空間における極端なエネルギー需要を平準化、安定化させることが必要である。中規模都市では分散するエネルギー需要を集約化、効率化させることが必要である。都市に共通する点は、都市全体でのエネルギー利用・消費の高効率化を目指したエネルギー需給システムを構築するための方策を検討することなどである。

続いて、あるべき将来像を踏まえ、これを実現するための方策を検討した。エネルギー損失の削減と都市における再生可能エネルギー、未利用エネルギーの導入という観点から、都市内のエネルギーフローを俯瞰しながら削減余地を探索、整理した結果、スライドに示す9つが主要な方策であると考えられた。

また9つの方策を人口20万人以上の110都市で実施すると仮定した場合のエネルギー消費の削減ポテンシャルの概算も試みた。ただし削減ポテンシャルを考えるにあたっては、対象は家庭、業務各部門と運輸部門に絞った。従って産業部門への波及効果や、今回対象としていない人口20万人未満の都市への波及効果は考慮していない。情報源は参照できる根拠が明らかなものを用いた。

概算の結果、削減ポテンシャルは110都市の民生部門と運輸部門の合計のおよそ37%、110都市全体のおよそ23%に相当する量であり、日本全体と比べると大体11%に相当する量となった。この概算結果は非常に大きなインパクトがあるが、スライドに示すように算出方法については留意すべき点も多いと認識している。従って今回の結果はこの程度のポテンシャルがあり得るのではないかとあくまで一例として捉えていただきたい。

また、こうしたエネルギー消費の削減ポテンシャルがあったとしたときに期待される経済的な効果や科学技術上の効果も示す。

エネルギー消費の大幅削減に対して科学技術研究がどのように貢献すべきか、貢献できるかということ、大きく二つのポイントで役割を果たせるのではないかと考える。一つは、システム

に組み込むことを前提とした要素技術開発が重要であるということ。もう一つは、都市にエネルギー関連技術をどう導入していくか、実装していくかを都市設計という全体的な観点から検討することが重要であるということ。こうした視点から研究開発領域及びその課題例を案として示した。

最後に、推進体制や方策については、都市のエネルギー利用の高効率化というのは実際に動かそうと思えば非常に大きなことである。国や自治体が強いイニシアチブを発揮することが重要である。そういった全体を見ながら総合的に議論できる主体というのがキープレイヤーになり、またそれを総合的に推進するための議論の場というのが重要である。

資料を無断で複製・複製し、再配布したり、あるいは他の目的で再配布したりすることはお控えください。

資料4

高効率エネルギー利用未来都市の実現に向けた
課題達成型研究開発構想ワークショップ

セッション1 提言素案について

© 2014
Center for Research and Development Strategy

CRDS
独立行政法人科学技術振興機構 研究開発戦略センター
Center for Research and Development Strategy, Japan Science and Technology Agency

目的

- 都市の社会的機能や生産性を向上させ、同時にエネルギー消費や温室効果ガス排出を大幅に削減する(高効率化させる)ための中長期的構想を検討
- とくに都市でのエネルギー消費と関わりの深い民生(家庭・業務)、運輸部門に着目
- 都市をエネルギー消費実態や社会的機能により類型化し、その類型別都市における新たなエネルギー需給構造の構築に向けて重要になる研究開発領域／課題を系統的に探索、抽出

© 2014
Center for Research and Development Strategy

CRDS
独立行政法人科学技術振興機構 研究開発戦略センター
Center for Research and Development Strategy, Japan Science and Technology Agency

本日の各セッションの目的

セッション1 国内都市のエネルギー需給構造の現状把握、将来見通し、目標設定の妥当性検証
⇒ 事例等に基づく過不足の指摘、その他ご意見等

セッション2 都市での大幅なエネルギー消費削減に向けた中長期的な技術課題、研究課題の深掘り
⇒ 大幅削減に寄与する研究開発領域／課題群の整理

セッション3 都市での大幅なエネルギー消費削減に向けた推進体制・方策
⇒ 我が国でのこれまでの取り組みを踏まえたご意見等

セッション4 議論を振り返っての総論
⇒ 提言とりまとめへ向けて補足、追加、その他ご意見等

© 2014
Center for Research and Development Strategy

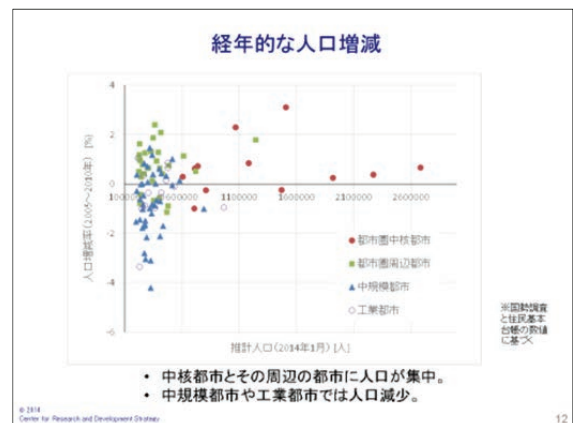
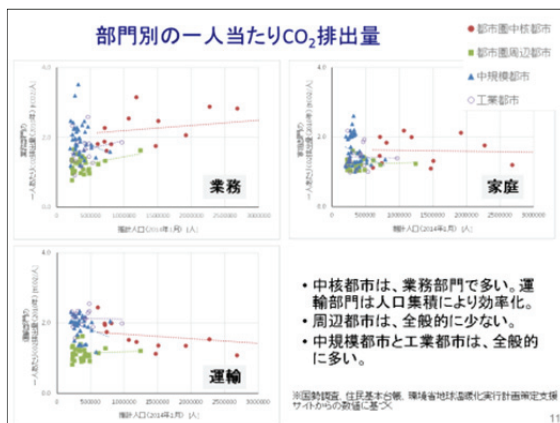
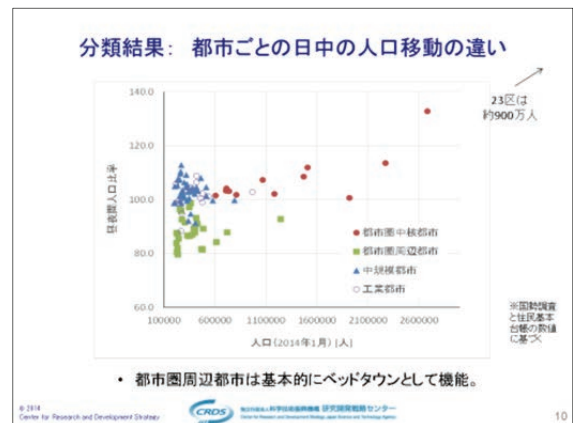
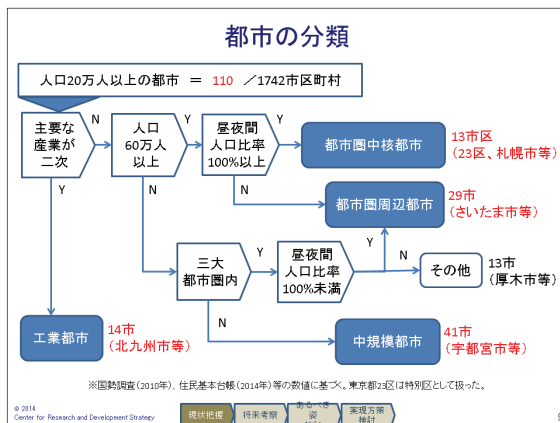
CRDS
独立行政法人科学技術振興機構 研究開発戦略センター
Center for Research and Development Strategy, Japan Science and Technology Agency

主な提言事項

- エネルギー消費削減のための民生・運輸部門に関わる方策を複数組み合わせ、人口が多い国内の約100都市で実施した場合、削減ポテンシャルは一定の量的規模を持つ可能性
- 消費削減の基本方針は、大都市圏では中核部での民生・運輸のエネルギー需給の平準化と効率化、中規模都市ではコンパクト化によるエネルギー需要の高効率マネジメント
- これらに寄与する研究開発領域／課題としては、
 - 大都市圏では、都市レベルの多層的なエネルギー需給システム構築、交通流の制御、都市型創・省エネルギー技術の導入等
 - 中規模都市では、都市再設計とその実装のための統合化技術等
 - 各種都市共通して、個人のエネルギー利用行動とエネルギーシステムの双方向的なコミュニケーション技術等
- 新たな技術やシステムの実装には、民産学官での分野横断の総合的な設計・計画立案とそれに基づく役割分担が重要

© 2014
Center for Research and Development Strategy

CRDS
独立行政法人科学技術振興機構 研究開発戦略センター
Center for Research and Development Strategy, Japan Science and Technology Agency



エネルギー利用・消費に関する都市ごとの概況

都市の種類	業務*	家庭*	運輸*	人口
都市圏中核都市	大	中	小	増
都市圏周辺都市	小	小	小	増
中規模都市	中	中	大	減
工業都市	中	中	大	減

*1人あたりのCO₂排出量

両者を合わせた「都市圏」としての視点も必要

- ・都市圏は今後の人口増加を見込んだ対策検討が必要。
- ・中規模都市、工業都市は今後の人口減少に伴うエネルギー消費の効率悪化を踏まえた対策検討が必要。

© 2014 Center for Research and Development Strategy

将来像：共通する変化

- ・社会、技術、経済、環境、政治といった複数の観点から、現状を把握できる情報に基づき2030年頃を想定した将来動向を概観。

- ・ガス・電力改革(小売全面自由化)
- ・大規模供給地由来の再生可能エネルギーの増加
- ・ピークカットのための柔軟な料金体系導入
- ・ハードインフラ系のスマートコミュニティ事業の増加
- ・スマートメーターの普及
- ・個別機器の省エネ技術の高度化
- ・ICTを活用するソフトインフラ系のスマートコミュニティ事業の増加
- ・少子高齢化の進展
- ・建物、道路、橋などの老朽化



Smart energy monitor, British Gas

© 2014 Center for Research and Development Strategy

エネルギー利用・消費に関して将来予想される問題

都市の種類	問題
都市圏中核都市	都市の中心部でエネルギー需要が一層高まるが、ビル群や街区のレベルで最適化(スマート化)されたエネルギー供給システムが都市内にモザイク状に存在し、都市やさらに広域な都市圏のレベルではエネルギー利用・消費の効率化が十分には進まない。
都市圏周辺都市	利用者はスマートメーターを介してエネルギー需給ネットワークと繋がるものの、個々のエネルギー利用・消費行動はシステム全体と効果的に連動していない。 渋滞など従前の問題も大きくは改善されない。
中規模都市	分散、希薄化した都市内のエネルギー需要に対応する非効率な需給構造が維持されている。
工業都市	民生、運輸部門に関しては中規模都市と同様。

© 2014 Center for Research and Development Strategy

あるべき将来像

【都市ごと】

- 都市圏中心部では限られた時間や空間で極端に高密度化するエネルギー需要を平準化させ、需給構造を安定にする。
- 中規模都市では分散するエネルギー需要を集約化(コンパクト化)させ、効率化させる。

【都市に共通】

- 都市全体でのエネルギー利用・消費の効率化を目指したエネルギー需給システムを構築するための方策を検討する。
- エネルギー消費の効率化を、都市の機能の向上や、都市利用者の便益向上につなげる。とくに個々のエネルギー利用・消費行動を積極的にエネルギー需給システムと連動させ、ユーザーのエネルギー利用・消費に関するニーズの多様化を実現可能にするエネルギー需給システムを構築する。
- 個々人の便益向上は、エネルギー消費の効率化の駆動要因としても活用する。

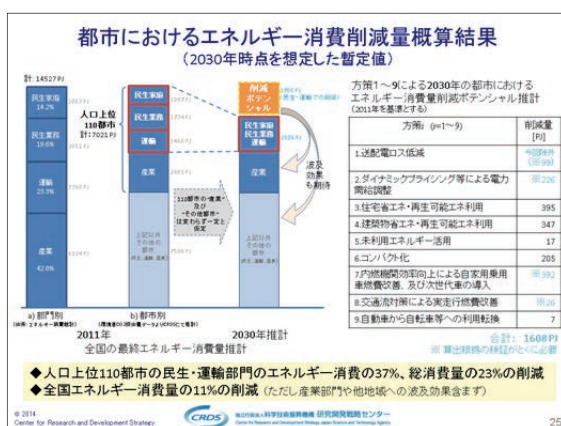
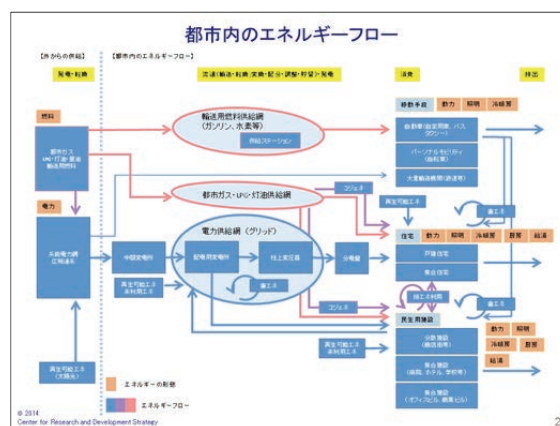
© 2014 Center for Research and Development Strategy

都市でのエネルギー消費削減に寄与する方策

エネルギー損失の削減と再生可能・未利用エネルギーの導入の観点から削減余地を探索、方策として整理。

1. 送配電ロスの解消
2. エネルギーネットワーク上での需給調整
3. 住宅での省エネ促進と再生可能エネルギー利用促進
4. 建築物での省エネ促進と再生可能エネルギー利用促進
5. 未利用エネルギーの地域利用促進
6. 人口分布のコンパクト化または都市内の構造物配置の見直し
7. 内燃機関の燃費向上と次世代自動車の普及促進
8. 都市内の交通流の改善
9. 多様な交通手段の使い分け

© 2014 Center for Research and Development Strategy



都市におけるエネルギー消費削減量 E_r の推定 (産業部門は除く)

$$E_r = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M (E_{h_{ij}} R_{h_{ij}} + E_{c_{ij}} R_{c_{ij}} + E_{t_{ij}} R_{t_{ij}})$$

(E_h, R_h が都市類型/によらないと仮定)

$$\approx \sum_{i=1}^N (E_h R_h + E_c R_c + E_t R_t) \quad (式1)$$

i : 方策
 j : 都市類型
 E_h, E_c, E_t : 類型/に属する全ての都市における各部門(民生家庭、民生業務、運輸、以下同様)の方策/に関わるエネルギー消費量総和
 R_h, R_c, R_t : 類型/に属する都市に共通な各部門の方策/による削減率
 E_h, E_c, E_t : 対象とする全ての都市における各部門の方策/に関わるエネルギー消費量総和
 R_h, R_c, R_t : 各都市に共通な各部門の方策/による削減率

© 2014 Center for Research and Development Strategy

今回の算出方法と留意点

方策について

- ・CRDSでの検討で選出した9つの方策
- ・相互の包含や複合、競合、前提関係は考慮しておらず、効果の重複がある可能性

都市類型について

- ・人口20万人以上(2014年現在)の計110都市を都市として一律に類型(ただし、いくつかの方策については今回はその限りではない)

エネルギー消費量について

- ・市町村単位での消費量算出については、2014年1月時点におけるCO₂排出量推計値[※]から、部門や気候区分によらずCarbon Intensity一定と仮定し、CRDSで推計
- ・またガソリン消費量など他については、入手可能な公開情報等を引用、CRDSで推計

※ 環境省 地球温暖化対策地方公共団体実行計画(区域別編) 所定支援サイト 部門別CO₂排出量の状況推計

削減率について

- ・入手可能な公開情報や研究事例等(次ページ参照)を元に、CRDSにて設定

社会変化

- ・将来の人口減少や、それに伴うエネルギー消費や電力消費の変化は考慮していない

副次的な波及効果

- ・産業部門、あるいはその他(20万人未満都市)への波及効果は考慮していない

© 2014
Center for Research and Development Strategy

CRDS 独立行政法人科学技術振興機構 研究開発戦略センター
Center for Research and Development Strategy, Japan Science and Technology Agency

27

エネルギー消費削減に伴う経済的効果例

- ・一次エネルギーの輸入減による貿易収支の黒字化
- ・企業の費用削減による競争力強化
- ・家庭での費用削減による購買力向上
- ・創エネ・省エネ統合システムとしての海外へのパッケージ輸出

© 2014
Center for Research and Development Strategy

CRDS 独立行政法人科学技術振興機構 研究開発戦略センター
Center for Research and Development Strategy, Japan Science and Technology Agency

30

科学技術上の効果

- ・システム最適化・高度化をにらんだ要素技術の開発
- ・大規模・広範囲をカバーする高度なEMS技術の開発
⇒ マルチ・レイヤー・エネルギー需給システムの構築
- ・統合型交通流制御システムの開発
⇒ 「渋滞を知らない都市」の実現
- ・創エネ・省エネの統合的な管理・制御技術への進展
⇒ 都市特有の空間を活用することによる創エネ・省エネ関連技術開発の新展開
- ・サービス科学のエネルギー需給システムへの展開
⇒ エンドユーザーとエネルギー需給システムの新しい関係の構築

© 2014
Center for Research and Development Strategy

CRDS 独立行政法人科学技術振興機構 研究開発戦略センター
Center for Research and Development Strategy, Japan Science and Technology Agency

31

あるべき将来像の実現に向けて 科学技術研究が果たすべき役割(機能)

1. システムに組み込むことを前提とした要素技術開発
 - － エネルギー関連機器・システムの高効率性向上
 - － 都市空間で機能を発揮できる適用性向上
 - － 都市内での効果的な配置
 - － 欠落要素の追加・補充
2. エネルギーの観点を加えた都市設計・実装・管理
 - － 都市ごとの必要方策の検討と実行に向けた知見集積・技術的支援
 - － 社会実装を促進・加速するための環境整備
 - － 個人のエネルギー利用・消費行動とエネルギー需給システムのリンク強化
 - － 都市のエネルギー需給構造の状態管理と修繕

© 2014
Center for Research and Development Strategy

CRDS 独立行政法人科学技術振興機構 研究開発戦略センター
Center for Research and Development Strategy, Japan Science and Technology Agency

33

コメント1：山地憲治（地球環境産業技術研究機構）

エネルギー政策や技術開発を考える際に、従来、わが国ではエネルギー問題をマクロな視点から捉えてきたが、本来はもっとミクロな視点から考えるべきであると私は考えている。この考えは、冒頭の笠木先生の発表にあった考え方と一致しており、ミクロな視点からエネルギー問題を考える際には、まず「都市」を取り上げることは適切なことである。今、エネルギー環境政策のフロンティアとなっているのは、需要側から見る視点と国際的視点の二つであるが、今回の提言のように、需要側から見る視点では、やはり「都市」が中心となるであろう。

基本的に、需要側から今後のエネルギーの研究開発や政策の方向性を考える際には、中村フェローの話にあったように、スマートコミュニティのような、「スマート化」がキーワードであると思う。それを支える制度として電力システム改革があるが、全面的に自由化してくると総合エネルギーサービス産業が出てくる。そのメリットを実際に享受していくのは需要側であり、制度的に頼れるデマンドレスポンス（Demand Response; 需要応答）の導入が必要となる。そのためには、需要側の発電・貯蔵設備が重要であり、電気自動車とエネルギーシステムを組み合わせる動きもある。そのような方向性を考えている本提案を、私はポジティブにとらえている。

提言書において、4 タイプの都市分類（中核都市、周辺都市、中規模都市、工業都市）をしているが、民生・運輸に関するエネルギー問題と言えば、やはり大都市圏（中核都市＋周辺都市）であろう。また、中規模都市と工業都市の差異が不明確であるので、中規模都市（中規模都市＋工業都市）としてまとめても良いと思う。

あるべきエネルギー需給の将来像に関して、提言書では、いきなり個別の話になっているが、まずはメタな捉え方をした方が良いのではないか。タイトルにある「高効率化」としては、「エネルギー需給を空間的に集約し、時間的に平準化する」とことと捉えるのは良いことである。一方、エネルギー需給をエネルギーサービスだけで考えるのではなく、全体の快適性の視点で考えるべきである。都市機能の充実として、スマートコミュニティにエネルギーマネジメントシステム（Energy Management System; EMS）だけでなく、社会サービス（健康、セキュリティ、モビリティ、娯楽、教育、行政サービス…）を一体化させた方が良い。一体化なしには EMS だけではビジネスが成り立たない。また、個人の便益向上として、多様な需要への対応が昔から言われていることだが、電力の質に対する要求は人によって違うので、商品の差別化のようなことができるのか？この枠組みを使うと出来ないわけではない。また、従来から言われている供給安定性、安全性とか、CO₂の問題は大前提として、ある意味メタな捉え方をして将来像を描いておいて具体的な各論に入っていくような方が良いと思う。提言書はその流れではあるが、もう少しメリハリを効かせた方がいいのではないかな？

エネルギー消費削減効果の概算は面白いと思うが、もっと丁寧に説明した方が良い。その方法の妥当性について精査すべきである。交通流改善等による効果に比べて、エンジンの高効率化の方が大きいと指摘しているが、都市における交通流改善等による効果はもっと大きいのではないかなと思う。

研究開発課題に挙げられている低圧送電線や AC/DC 変換ロスという言葉は、ピンとこ

ない表現である。なぜなら、配電用変電所の先の電線は送電線ではなく配電線なので、この低圧送電線という表現は高圧配電線（6,600V 電線や 22,000V 電線）のことを言っているのか？また、AC/DC 変換ロス、そんなに大事なのか？確かに個別には様々な機器に入っているが、具体的にビルや家への直流送電を本気で考えているならば、もっと包括的議論をした方がよい。むしろ、例えば、変圧器の無負荷損（負荷に関係なく磁束の通路である鉄心に発生する損失；鉄損）が現実的な問題であると私は考える。変圧器は電流を送っていない時でも磁化している（鉄損がある）ので、それによるエネルギー損失を低減するために鉄心材料にアモルファス合金を使用した変圧器（アモルファス変圧器）の研究開発が進められている。電力に関する細かい話のところだが、上記のようなピンとこなかった箇所がある。

高効率化方策として、送配電ロス解消という言葉があるが、解消という言葉が気になる。むしろ、配電ロス低減とすべきである。

技術分類の箇所において、システムに統合される要素技術、都市の機能、管理、設計と分類しているが、要素技術と組み合わせるシステム技術＋行動変化を導く社会技術として、技術の枠組みを捉えた方がよい。また、エネルギーサービスを社会サービス提供と一体化する視点から考えた方がよいと思う。さらに、スマートコミュニティで今後どう使われていくかわからないが、ビッグデータ活用技術も追加すべきである。

事前配布資料に対するコメント

- ・都市の分類：中核都市、周辺都市、中規模都市、工業都市
 - －大都市圏（中核都市＋周辺都市）
 - －中規模都市と工業都市の差異が不明確 → 中規模都市にまとめても良い？
- ・あるべきエネルギー需給の将来像：
 - －高効率化 → 空間的に集約、時間的に平準化
 - －快適性：
 - ＋都市機能の充実 → スマコミにEMSだけでなく社会サービス*を一体化
（社会サービス：健康、セキュリティ、モビリティ、教育、行政サービス…）
 - ＋個人の便益向上 → 多様な需要への対応、供給安定性、安全性、…
- ・エネルギー消費削減効果の概算：
 - －概算方法は妥当か？：交通流改善等の効果はもっと大きいのでは？
- ・研究開発課題：
 - －低圧送電線？AC/DC変換ロス？：高圧配電線のこと？、変圧器の無負荷損低減
 - －高効率化方策：送配電ロス解消？：配電ロス低減とすべき？
 - －2種類の技術：要素技術とシステム技術＋社会技術（行動変化を導く）としては？
 - －エネルギーサービスを社会サービス提供と一体化する視点から考える
 - －ビッグデータ活用技術の追加

山地憲治、140416

2

コメント2：浅見泰司（東京大学）

今後の都市政策の方向性を長期的に見通すことは重要であり、提言には下記に示すような重要な意義が含まれている。

- 都市全体改変は短期的には難しく、長期的ビジョンが必要
- 先導すべき自治体は長期的なビジョンを見通す余裕がない
- 客観的に都市のポジションを伝え、都市政策を誘導する必要
- 今回の試みは、エネルギー面からそれを支えるもの
- 研究課題の見通しを示した点も重要
- 他の重要課題も含めて長期的な見通しを与えることが必要

都市を扱う場合には、重要な課題はエネルギー以外にも数多くあり、人々の関心も様々である。そのような事も含めて長期的な見通しを与えることは意義のあることだと思う。

都市の分類について、エネルギー消費削減の観点から意見を申し上げたい。この分類方法の妥当性はいかかなものか？都市の分類は多々あるので、分類方法として、分類目的に合致した方法をとるべきである。最終的に我々が知りたいのはどのような施策をすべきか？ということであるならば、その目的に合致したパターンを類型化し、形態的特徴を捉えるために判別する指標群を整理し、都市を分類する「バックワード的手法」が考えられる。例えば、交通を考えるとときには、面的な市街地と線的な市街地は違う点を考慮すべきであり、交通的な特徴を考えた方がよいのである。一方、分類方法には、妥当そうな指標で分類し、分類結果の妥当性を検証する「フォワード的手法」もあり、今回の分類方法はこれに該当する。何も分っていない状況では、「フォワード的手法」を使ったアプローチが取られるが、実際には、これら2つを組み合わせた方法を採用することでもっと良い分類になっていくのではないかと私は考えている。今後さらに研究してゆくのであれば、この点について検討するとよいと思う。

分類結果の活かし方としては、都市別の適正な対策選択に資する分類が目的なのか？そうであるならば、

- ① 対策群を示し、
- ② それが他よりも有効となる条件を明らかにし、
- ③ それによる分類をする

と良いのではないだろうか？ また、エネルギー消費パターンと対策パターンは、確かに密接に関連しているが、同じとは限らないという点を懸念している。例えば、交通エネルギーが大きいからといって、その対策パターンは全て同じとは限らないので、消費パターンで分類しても意味のないものになってしまう。最初は、当たりをつけるためには、消費パターンで考える必要はあるが、最終的には、対策パターンを基にして分類することが重要ではないか※。

都市のエネルギー需給将来像としては、一般論として、記述はだいたい妥当であると思うが、課題解決への対策の成立条件をより精緻に明確化し、それに合わせたメニューを考えることが必要ではないか？例えば、今回は検証されていない都市の置かれた地形や気象、あるいは市街地と山間地の占める割合等の条件も考慮して、メニュー作成に活かしていくべきである。最近では、町村合併により生まれた市は、市といっても実は山間部が多かつ

たりするので、自然を活かせるポテンシャルを持っている可能性があり、人工物だけを考
えるのではなく自然物のことも考慮する必要がある。

エネルギー消費削減効果の概算については、おそらく、エネルギー消費別の要因分解を
して、各要因での推計値を求めて合計していると予想する。大体この分野の推計で行く
われるのは、ある種の原因単位を定めて、それを積み上げていくことが多い。この原因単位を
定めるとそれは変わらないので、その推計手法の吟味が重要である。原因単位として、何を
固定としているのか？何を可変と考えているのか？等について十分吟味しなければならない。
例えば、空間配置関係・社会関係が明示的に斟酌されていない推計は多いが、そのよ
うな原因単位の定め方だと空間配置関係・社会関係についての差異を示すことはできない。
どこまでを狙うのか問題となるが、もう少し、原因単位をどうとるか、あるいは複数取って
可変のものにするか等を検討すると良いと思う。

一つの可能性としてパッケージ輸出を考える際、地域条件の異なる中で普遍的な技術群
は何か？（違う都市の分類に敢えてあてはめるとどこまで適用可能か？）多少、改変する
ことで対応できる技術群は何か？を考慮すれば、ロバストなパッケージ群を考えることが
できる。要素技術開発としては、確かに技術的な高さも重要だが、他の技術との連携可能
性も重要である。なぜならば、これらの都市の場合の要素技術は他分野に多大な影響を与
えるからである。

提言には、社会変化としていくつか述べられているが、都市として重要になるものに交
通がある。例えば、

① コミュニケーション技術（移動しないですむ方法）

1. 電話、携帯電話
2. 手紙、ファックス、e-mail
3. 動画配送、skype

② 人の交通技術（移動が楽な方法）

1. 自転車、自動車
2. バス、鉄道
3. 運転アシスト技術

③ 物の輸送技術

1. 高速化、物流管理技術

等の技術を使えば、都市構造を大きく変える社会的変化がありうるのではないだろうか？
特に、アシストによる自動運転が実現できれば、高齢者も移動可能となり、社会が大きく
変わる可能性がでてくる。したがって、他の技術が変わることでおこる社会変化の観点を
考へに入れた方がよいと思う。

都市設計技術としては、エネルギーの観点を加えるべきという点は同感である。ただ、
他の観点との連携化のための技術も必要であり、

- ① 比較可能にするには？
- ② 総合的な最適化をするには？
- ③ 災害等の変化リスクに対応するには？

等の視点での吟味が重要となる。

最後に、重要な観点として、今回あまり明示的に入っていない「人の反応」について述

べたい。都市はかならず人が集積している場所であるので、人々がある施策にどう対応するか？が重要である。人の選択がどのように変わるか？人の移動、住む場所（立地）、行為選択はどう変わるのか？場合によっては（長期的に考えれば）、価値観も大きく変わることになるかもしれない。このようなソフト的な面の配慮も、都市を対象とするならば、提言に入れても良いのではないか？と思う。技術には、ハード技術とソフト技術があるが、「人の反応」といったソフト的な技術も必要である。もう一つは、変化への対応も必要である。社会が常に変化してゆく中でも、頑健性のある技術、汎用性のある技術、通常時だけでなく非常時にも対応できる技術が重要であり、都市の持続可能性に有効であると考ええる。

※（対策パターンの粒度について）おそらく一都市にしか対応できないような対策では意味がない。提言にあるように、まず 10 都市程度に対応できるような共通の対策パターンでよいのではないか？例えば、交通で言えば、大量の人流をさばく方法として、鉄道、デマンド対応型サービス等があるが、交通の分野にはそういう粒度がありうるのではないか？もちろん分野によって適正な粒度が違うので、そこはまさに研究課題である。

高効率エネルギー利用未来都市の実現に向けた課題達成型研究開発構造ワークショップ

東京大学大学院工学系研究科
浅見泰司

提言の意義

- 今後の都市政策の**方向性を長期的に見通す**ことは重要
 - 都市全体変化は短期的には難しく、**長期的ビジョン**が必要
 - 先導すべき自治体は長期的なビジョンを見通す余裕がない
 - 客観的に都市のポジションを伝え、都市政策を誘導する必要
 - 今回の試みは、エネルギー面からそれを支えるもの
 - 研究課題の見通しを示した点も重要
 - ◆ **他の重要課題も含めて**長期的な見通しを与えることが必要

都市の分類

- エネルギー消費削減の観点から
 - 二次産業 Y→ **工業都市**
 - 人口60万人以上 Y→ 昼夜間人口比率で:**都市圏中核都市**or**都市圏周辺都市**
 - 三大都市圏内 Y→ 昼夜間人口比率で:**その他**or**都市圏周辺都市**
 - N→ **中規模都市**
- 分類方法の妥当性？

分類方法

- 分類目的に合致した分類方法をとるべき
- バックワード的手法
 - 分類目的に合致した**パターン**を類型化
 - それを判別する指標群の整理
 - 都市の分類方法
- フォワード的手法
 - 妥当そうな指標で分類
 - 分類結果の**妥当性**を検証

分類結果の活かし方

- 都市別の適正な**対策選択**に資する分類が目的？
 - それならば：
 1. 対策群を示し、
 2. それが他よりも有効となる条件を求め、
 3. それによる分類をする
 - と良いのでは？
- エネルギー**消費パターン**と**対策パターン**は(関連するが)異なる。

都市のエネルギー需給将来像

- 一般論として、記述はだいたい妥当
- 課題解決への対策の**成立条件**をより精緻に明確化し、それに合わせたメニューを考えることが必要では？
- 地形、気象、市街地ー山間地、空閑地や自然を活かせるポテンシャル

エネルギー消費削減効果の概算

- 要因分解＋各要因での推計値を合計？
- 推計手法の吟味が重要
 - 原単位：何を固定としているのか、何が可変と考えているのか
 - 例えば、空間配置関係・社会関係が明示的に斟酌されていない含まれない推計は多い → 空間配置関係・社会関係については差異を示すことはできない

パッケージ輸出

- 地域条件の異なる中で普遍的な技術群は何か？
多少、改変することで対応できる技術群は何か？

要素技術開発

- 技術的な高さも重要だが、他の技術との連携可能性も重要
- 他分野にも多大の影響、前影響を斟酌して最適化していかなければならない

社会変化

- 都市構造を大きく変える変化がありうるか？
 - コミュニケーション技術（移動しないですむ方法）
 - 電話、携帯電話
 - 手紙、ファックス、e-mail
 - 動画配送、skype
 - 人の交通技術（移動が楽な方法）
 - 自転車、自動車
 - 馬車、バス、鉄道
 - 運転技術：アシスト → 自動運転
 - 物の輸送技術
 - 高速化、物流管理技術

都市設計技術

- エネルギーの観点を加えるべきという点は同感
- 他の観点との連携化のための技術も必要
 - 比較可能にするには？
 - 総合的な最適化をするには？
 - 変化リスクを取り組むには？

コメント3：竹中章二（東芝）

高効率エネルギー利用の取り組みで大事なことは、下記に示すような

① 「ロス削減」による総量削減：

省エネ機器の導入、センサー機器による制御

② 電力のピークカット等の「平滑化」による効率化：

デマンドレスポンス、創、蓄、省エネ制御

③ 平滑化のための「予測」：

シミュレーション機能による最適制御（ビッグデータ活用）

の3点である。

「スマートシティ」と「スマートコミュニティ」は意味が違う。海外では「スマートシティ」という言葉が主流であるが、日本だけは「スマートコミュニティ」という言葉が使われている。「スマートシティ」は、都市に焦点を当てた取り組みであり、その中身は、平滑化と予測、シミュレーション機能であると思う。

電力だけではなく、水と電力を組み合わせたシステム（水システム）では、電力の30%程度が水に使われているので、水をポンプアップするときのやり方を変えるだけで、かなり電力量が削減できる。あるいは、新興国の最大の問題点は交通渋滞であり、公共交通をいかに適用していくか？が非常に大事な視点である。一方、先進国では、高齢化社会に向けたヘルスケア的な視点で、どのようなスマート化社会が実現できるか？が都市部の最大の問題点である。できるだけ人口を集中させて効率をよくするコンパクトシティでは、人口が集中してしまうので、スマート化が伴わないと交通渋滞も含めて大変なことになってしまう。これが一番大事な視点であり、都市化に焦点を当てた本提言は、良い考えだと思う。

我々が考えるこれからのエネルギーシステムには、2つの大きな視点がある。一つは、より少ない供給量で安定的にシステムを構築する視点。特に、CO₂発生量の供給源を少なくする。これが、これからの供給側の大事な視点である。もう一つは、今回の提言で述べられていることだが、需要家の行動により焦点を当てたシステムを構築する視点。ただ、電力システムでは需要家の行動だけに焦点を当てて考えてもダメで、需要家だけでなく供給側と連携して、周波数変動を抑え電圧を安定的に供給するかを考えるべきである。したがって、提言では、供給に対する言及を少し入れておかないといけない。

都市化だけを論じると、部分最適になってしまう。日本において自分たちだけよければいいと考えるのはよくない。日本全体で電力の安定供給に対するコストをどうすべきかを考えなければならない。あくまでも全体最適を中心として、各都市はどうあるべきか？という視点で考えなければならない。提言では、そのような視点がどの議論にも欠けているように思う。電力システムとは全体が統括的に動いていて初めて実現できるものである。要するに、東京が、電力会社からの外部供給が全くない状況において、分散電源だけで二重化も含めて冗長系も含んだ電力システムを構築できるわけがないと思っているので、必ず現状の電力会社のシステムとは連携せざるを得ない。そうなったときに、日本全体として社会インフラのコストをどうすれば最小にできるか？という視点が欠けていると部分最適になってしまうので、それを避けなければいけない。提言には、そのような視点が少し

必要であると思う。

次に、我々が取り組んでいる例を紹介したい。

我々は、川崎に新しくスマートコミュニティセンターを設け、省エネとして、需要側のエネルギーを少なくしようとして、32%の省エネ技術を目指している。一番大事なのは、照明のLED化、空調の制御であり、それらの省エネでビル全体のエネルギー消費の80%以上が決まってしまう。主流の赤外線センサーではきめ細かい制御ができないので、人感センサーを用いてヒューマンセンシングを行い、個別空調・個別照明やエレベーターの待ち時間の最少化を実現している。ビルという切り口では、これからの日本では、スマートなビル管理システム（Building EMS; BEMS）がどんどん導入され、快適性と省エネの両立を可能とするビルソリューション（快適効率的なオフィス）が提供されるであろう。

我々は、大都市地域での需要ピーク抑制や地域エネルギーの安定化等に関する国内外の実証プロジェクトに積極的に参加している。例えば、横浜スマートシティプロジェクト（Yokohama Smart City Project; YSCP）では、横浜市内の多くの需要家が参加し、広域での大規模なデマンドレスポンスと蓄電池制御による系統安定化に関する実証事業に取り組んでおり、2013年夏季のデマンドレスポンスでは、BEMSを活用した業務・商業ビル部門で最大22.8%のピークカット効果、太陽光発電システム付HEMS（Home EMS）を活用した家庭部門で最大15.2%ピークカット効果を確認している。また、宮古島市全島EMS実証事業として、全島規模のエネルギー管理により全島の需要家エネルギー消費を最適制御するシステムを実証するプロジェクトを推進している。本プロジェクトでは、全島の電力需要の状況を明らかにしつつ、家庭や事業所など各需要家における電力消費の見える化を行った上で、電力消費の調整が可能な需要の制御などにより、省エネや再生可能エネルギーの最適消費を実現するシステムを構築し、実証実験を進めている。これにより、島だけの単独系統でも、うまく蓄電池を制御することにより、安定的な電力供給が可能なシステム構築が可能であることが示された。

しかしながら、島ではない所は、単独系統ではなく、他とつながっている。特に、ヨーロッパでは、各国全系がつながっており、つながっているメリットも大きいですが、非常にデメリットもある。電力を論じる時には良い時のみを考えてしまいがちであるが、実際に停電が起きたときには復旧をいかに早くさせるか？という点を念頭に置かなければならない。わが国の串型電力系統は、いろいろ悪口を言われているが、串型ゆえに復旧は早い。ところが、ヨーロッパやアメリカでは全系がつながっているため、自分の地域以外の潮流が分らず、他をいちいち確認しながら復旧作業をやっているため非常に時間がかかり、復旧が遅くなる。実際に再生可能エネルギーを大量に導入したときに起こった事故に対してどう対応してゆくか？というエンジニアリング的なセンスでものを見ていかなければならない。この点が一般の人には全く分らないので、再生可能エネルギーの大量導入には注意が必要である。したがって、提言では、あくまでもエネルギー需要に焦点を当てるけれども、全体のシステムが死んでしまえば仕方がないので、その点にも言及した方が良いと思う。

我々は、スマートコミュニティ、スマートシティにおいて、電力だけを考えてもビジネスにならないと考えている。例えば、街灯のLED化だけではなく、渋滞緩和や自動運転のために使うセンサーもLEDと同時に街灯に入れて、将来の自動運転に資する機能を持たせ

ることを計画している。このように、スマートコミュニティ、スマートシティの観点でスマートな都市化を考えてゆくことで、将来に陳腐化しない技術が構築できると考えている。つまり、イノベーションは必ず起きるという歴史的な背景を考えると、不連続な変化に対して、洞察力を働かせて、今から何が必要で何が必要でないか？を考えていかなければならない。また、EMS だけではビジネスとして成り立たないので、交通、水、LED 照明すべてひっくるめて自治体にリードしてもらいながら、各企業がビジネスとして実際に参入できることを考えていかないと、机上の空論になってしまう。したがって、(自治体、住民、企業が win-win-win となる関係を築くために) 今後いろいろな要素をスマートシティの中に入れ込みながら、考えていくことが大事である。

総合討議

笠木：

3人の先生方のコメントに共通しているのは、エネルギーの要素技術とシステム技術に対する社会の変化や社会技術であり、世の中がどのように変わっていくか？という観点である。確かにご指摘の通りだが、研究開発の側面から見たときに、どのような関係を持ちながら、どのように進めていくのか？あるいは、どのような分野の研究者が参加していくべきか？社会技術に関わる研究は東大でもかつてあったので一部知っているが、今回は特に、エネルギーについて、しかも都市という枠組みで考えているときに、要素技術やそのシステム化について、産官学が集まって何かしないといけない、ということを我々はよく分っている。その結果として、社会がどのように変わるから、エネルギー需給構造をどのように変えていくべきか？この関係性を作りながら研究をやっていくのは、今までの経験上、非常に難しいと思う。どのような問題セットをすれば、意欲のある研究者・技術者が参画し、実のある形になっていけるのか？

山地：

社会技術とは、人々の行動変化をうながす技術である。具体的には、電力の需要変化をさせるときのスマートメータによる電力需給情報の提供、あるいは料金に反映させる等の一つの技術であり、それに対して人々はどれくらい反応するのか？ということである。震災後の夏とか冬に電力のピークカットが行われたが、それが定着し効果があったか？与えた情報や料金の関係はどうであったのか？クリティカルピークプライシングは、人々の行動を変えているので、私が言うカテゴリーでの社会技術のイメージである。他にもたくさんあると思うが…。

笠木：

一番極端な事で言えば、ハードとしての要素技術・システム技術に関する研究開発と、今でいう社会的にやっていることが、どのように相互作用をするのか？

山地：

京阪奈でやっている CPP (Critical Peak Pricing：電力需要のピーク時間帯における料金を高くすることで電力需要の抑制を促す料金制度) では、情報提供による需要変化を見て、どういうディスプレイに、どのような内容を、どのような形で表示するか？等の実証実験をやっている。これが、具体例である。

浅見：

提言では特に需要側に焦点を当てたことを強調しているが、例えば、トラフィックデマンドマネジメントでは、どのような交通モードを選択するか？どのような経路を使うか？どのような運転の仕方をするか？等のことが効いてくるので（まさに人の反応になるので）、ある種、社会技術になる。それは、ある種の工学技術ともなりうるが、プライシングやある種のムーブメントを作るとなってくると、社会科学を入れた技術になってくる。したがって、都市という大きなものを扱うときには、両方を考えないといけないと思う。もちろん、ある研究プロジェクトをやる場合、全部をやる必要はないと思うが、その場合、

やりかたには二通りあって、(1) その部分を含めるように研究者を入れるとか、少なくとも連携をとるやり方、(2) その部分が抜けていることを前提にして、得られる解は最適解でないかもしれないと考えながら限定的に進めるやり方、のどちらかを取らざるを得ないと感じている。

竹中：

これは国の方もかなり頭を抱えている問題である。世界中で様々な実証プロジェクトが行われているが、消費者の行動がどのように出てくるのか？ということが分らないので、パターンを決めてやっている。ところが、実際にパターンを決めてやっても、実際の料金を適用すると消費者の行動がまた違ってしまい、きりがなくなる。これは国の制度設計に関連することであり、太陽光発電の例を見て分るようになりかなり難しい。したがって、ある程度、仮定的な推定を含めて考えるしかないと思う。少なくとも、実証プロジェクトのBEMS等の成果が集まりつつあるが、CEMSのような大きなエリアでのデータはまだ取れていないのが実情である。CEMSの範囲を少しずつ広げていながらデータを収集することで、広がり考えた制度設計を今までのデータから推論しなければならない。

中上：

都市とエネルギーは昔からのテーマである。まず都市とは何か？ということから始めるが、みんな都市のイメージが違っている。都市の捉え方がそれぞれ違うので、一般解を出すのが非常に難しい。一般化せずに、特殊解でもいいので、それを援用してやっていく方が理解しやすいと思う。

もう一点いつも気になっているのは、このような議論が、いつも上から目線での議論になるということである。ここでもまたかという感じがしている。ダウンロードしてきたデータには本当の現場の姿はなく何段階もの仮定が入っているので、そのようなデータを使っているようでは、本当の現場の姿は見ることはできない。唐突に結びつけることに、どれだけの実効性があるのか？と思ってしまう。本気でやるのであれば、もう少し、現場をあさって積み上げていって一度構築しておかなければ、最初から一般論にしてしまうと、どこでも使えないものになってしまう。たとえば、お役所が下した、飲食店に対する節電要請について。やった方は対策を打ったと思っているが、要請を受けた飲食店は自分のことではないと思っている。なぜならば、飲食店と言っても、ラーメン屋と寿司屋と違うからである。ラーメン屋と寿司屋に対して別々の節電要請を出さないと行けない。しかしながら、日本には、そのようなデータがない。データがないまま話をしている。まとまったお金があるのなら、徹底的に精査すべきである。都市についても、都市を分解してどうなのかを考えた方が、はるかに説得力は増す。一般的に都市と言った途端、他人事になってしまうのである。

日本のものづくりに対しても同じような感じを抱いている。末端の消費者の声が本当にフィードバックされているのか？設計者は頭が良いので、あれもこれもと様々なものを作るが、実際にユーザーは極めてシンプルに使っている。ユーザーは過剰な性能のものを買い込んでいて、当然そこには無駄なエネルギーが使われている。そのようなところをもう一度見直すべきである。

なぜ、日本だけが、なぜスマートハウスと呼ぶのか？ヨーロッパでは、スマートホーム

と言うではないか？スマートハウスとスマートホームでは、全く意味が違う。日本だけがスマートハウスを使っており、極めて日本的な造語であると思う。本来のスマートコミュニティとは、元々エネルギーはほとんどメニューに入っておらず、コミュニティそのものがスマートになることである。その概念が日本に入ってきた途端、エネルギーが概念に入り、最近ではエネルギーしかないというところまで来ているのである。

浅見：

エネルギーも一つの重要な要素ではあるが、同じようなことが都市でも言えることなので、エネルギーだけの最適化はよくない。部分最適化になってしまう。エネルギーがどのようなポジションを占めているかを常に考えながら、エネルギーを考えることが重要であると思っている。

笠木：

この考え自体、先程述べたように、あるプロセスを経て出てきた課題である。その一番根底にあるのが、福島第一原発事故以降の日本のエネルギー全体に対する危機感であり、社会的期待として安定したエネルギー需給は地球の環境問題と整合しながら達成できるということが、社会の大きな期待としてあった。それが、人が住む場所としての都市と結びついて、この課題が出てきた。根底にはエネルギー問題をクリアしたいという思いに対して応えたいということがあった。ただし、社会的なことも配慮したいと考えている。

中上先生のご指摘は、コジェネレーションを見てきた私もよく分る。日本の熱エネルギーがどのように使われているかを見ようとしても、排熱の量だけは分るが、どのような温度範囲でどんな場所で使われているか全く分らず、日本全体でよく分らずデータがないことは理解している。我々は、個々の人々の暮らしやビジネス等に目もくれずに全部平均化して議論すれば良いということを行っているのではなく、当面すぐに入手可能なデータを使って、どれだけ削減ポテンシャルがあるかをまずは明らかにしようと考えたのである。それを精査するのは、今後我々が提案する研究開発の中でやってもらうことであり、個別の精査されたデータベースを国として作るべきであるならば、それも今回の提言の中に入れ込むべき観点になると思う。我々はそれ自体を作業しているわけではないことをご理解いただきたい。

金子：

EMSはそれだけではビジネスにならないという話があった。エネルギーサービスと社会サービスを融合するためには、不連続な科学技術の発展が必要なのか？全体論として、皆さんに聞きたい。

山地：

不連続とよく言われるが、不連続な科学技術はどんなイメージか？と逆に聞きたい。EMSには、エネルギーフロー制御や情報通信システムが入っている。そのとき、情報通信システムは、エネルギーのみに使うものではない。したがって、業界としてマルチユーティリティサービス・ビジネスとしてはある意味不連続かもしれないが、科学技術としての不連続はピンと来ないのが正直な気持ちである。

浅見：

これは、おそらく産業のあり方にも関係すると思う。現在エネルギービジネスと社会サービスビジネスは違う人が違う発想でやっている。今後コミュニティーサービスの業態ができるとすれば、当然エネルギーも社会サービスも両方のことを考えなければならない。産業が蘇生できるように社会を考えなければならない。私は、不連続な科学技術を計りかねるが、今ある技術を新しく束ねることに意味があると思う。したがって発展してきた技術を新しく束ねることが不連続なのではないか？と思う。

竹中：

これからのイノベーションは、材料であり、大きく期待している。たとえば、蓄電池用の電極材料や変圧器に使う磁性体。変圧器の理論は確立されていて変えようがないものであるが、非常に磁性特性のよいものがあると、材料でイノベーションを起こせる。そういうものは非常にアンノウンファクターであるが、変圧器における磁性体や蓄電池における正極材料・負極材料としての見解を述べてゆくことはできる。

岩野：

たぶん、科学技術だけでエネルギー削減を考えているのが、問題である。都市というのは、技術だけでなく社会全体にかかわるので、必ず社会デザインを考えなければならない。都市には人が住んでいるので、人がどのように変わるのかという議論になってくる。そういう意味で、社会デザインをどのように社会インフラにもっていくかという観点が少し抜けていると思う。もう一つ議論で抜けていると思うのは、人の行動パターンが変わることによってどれだけエネルギー効率に影響を与えるか？という点は気をつけるべきことである。行動需要が変わることにより、大きなインパクトを与えるところはどこなのか？という論点を持っていないと少し議論がずれてしまう。例えば、人はどのように移動するか？の論点である。ストックホルムのように渋滞課金をやることによって、人は自動車を使わないで公共交通を使い出したように行動需要が変わる例があるので、このような切り口も必要である。

中小企業が非常に多いが、そのセグメントがどれくらい効いてくるか？数多くの小さい事業体が最適化できないことを束ねてクラウド化すれば、全体最適が可能となり、ITを基にした社会インフラシステムの実現が可能となる。例えば、物流で今起きつつあるのは、輸送効率向上と環境負荷軽減を目指した求荷求車システムであり、情報ネットワーク力を駆使して「荷物」と「空車両」をマッチングさせることで、輸送コストの削減や急な注文の緊急対応への支援を行うシステムの導入が進められている。提言には、そのような議論も必要であると思う。

JSTとして、個別技術に対するR&Dを考えるのか？もっと上のレイヤーを目指すのか？何を目指しているのか？エネルギー高効率未来都市を考えるならば、社会デザインを考えるべきである。行動需要だけでなく、中小都市においては自治体のリーダーシップも重要である。地方自治体のリーダーシップと住民に対するコミュニケーションも重要であり、インセンティブも必要となると考える。

黒田：

JST-CRDS がやっている「社会的期待と科学技術の邂逅」から科学技術戦略を立案する

試みは、それ自体大きな実験になっている過程だと考えている。その中で、エネルギー問題を日本で解決するときに、高効率都市に焦点を当てて、今回は需要側に話を据えた。そのことにより、すべてのエネルギー問題を解決できるとは考えていない。ある一部だと思う。だが一部だけでも都市を考えた途端、エネルギーの問題とは全く別の問題が出てきてしまう要素があるので、それを評価してエネルギーの技術戦略を練ることが、違った意味での都市にどのようなリスクやベネフィットがあるか？を考える糸口になると考えている。社会的期待に応えるための初めの第一歩として、科学技術コミュニティを飛び越えた大きなコミュニティの中で議論できる枠組みを作りたいと考えている。なぜならば、科学技術がどれだけブラッシュアップされても、政策に結びつかない要素がたくさんあるからである。そのような意味で、本課題は非常に大きな課題であると認識している。

セッション 2 エネルギー消費の大幅削減に向けた中長期的技術課題、研究課題

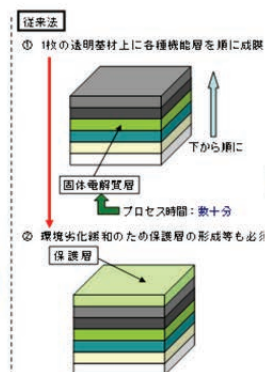
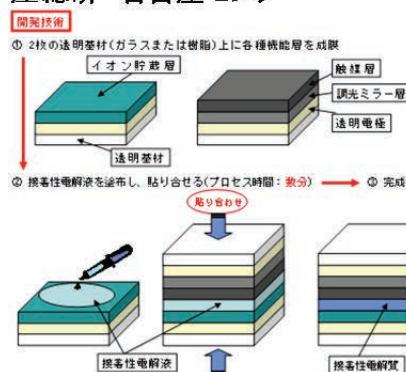
必要な研究開発領域／課題

関根泰（CRDS）

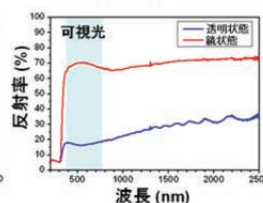
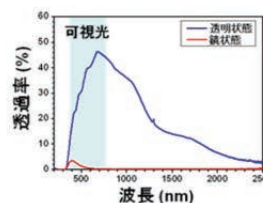
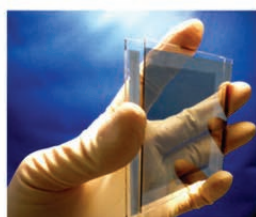
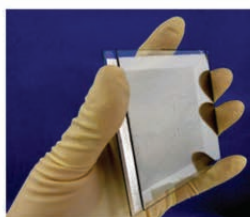
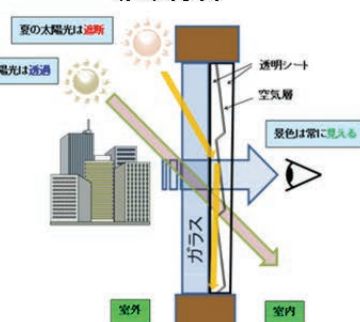
最初に、このセッションの位置づけをご紹介したい。高効率な都市のあるべき将来像の実現に向けて科学技術研究が果たすべき役割（機能）を考えると、大きく二つに分けられるのではないかと。その一つ目が、都市内のシステムに組み込むことを前提とした要素技術の開発であり、もう一つがエネルギーの観点を加えた都市設計・実装・管理である。それぞれについて詳細に紹介したい。

まず、システムに組み込むことを前提とした要素技術開発としては、より高次の需給調整に関する要素技術を取りあげると、それらとしては EMS 間をつなぐマネジメント技術、蓄電池ほかエネルギー貯蔵・供給ネットワーク構築関連技術、エネルギー関連機器間の通信技術、SiC パワーデバイスや適用機器、分散電源からの低温排熱利用技術、蓄熱材料、熱輸送技術等が考えられる。次図に示すのはそれらの一例としての熱制御可能な窓材料の開発に関するものである。（出典：産総研名古屋センタープレス資料）

新たな材料開発とパッシブなエネルギーマネジメントへの貢献 産総研 名古屋センター



エレクトロクロミック フォトクロミック サーモクロミック ガスクロミック 等の材料



また、都市内の混雑や渋滞の軽減に関する要素技術としては、交通流の検知・予測・制御（高精度位置特定のための衛星情報解析、プローブ、センシング、交通情報 DB・処理・予測、信号機制御、ナビゲーション、車車間通信、路車間通信、課金システム、Park&Ride 等）が考えられる。

都市内での創エネ・省エネに関する要素技術としては、都市特有の事情から生まれる空間を活用した創エネ技術（窓・壁面等を活用した太陽光発電、ゴミ処理場や下水処理場における未利用排熱の地域利用システム等）。より狭い範囲での照明制御、空調制御などが考

えられる。

次に、2つ目のエネルギーの観点を加えた都市設計・実装・管理についてもまとめたい。これらとしては、都市ごとの必要方策の検討と実行に向けた知見集積・技術的支援、社会実装を促進・加速するための環境整備、個人のエネルギー利用・消費行動とエネルギー需給システムのリンケージ強化、都市のエネルギー需給構造の状態管理と修繕、などがあげられる。

具体的には、都市設計、新技術・新システムの実装、管理に係る統合化技術として、都市内のエネルギー需要分析・モデル構築・シミュレーション・予測・評価、実装支援手法開発（実装シナリオ、対話ツール、評価モデル等）、都市レベルの総合環境性能評価ツール、事例分析等に基づく政策科学的な知見集積などが挙げられる。また、個人のエネルギー利用・消費行動とエネルギー需給システム間でのコミュニケーションの双方向性強化技術に関しては、エンドユーザーのエネルギー利用行動分析、行動変容方策開発（経済学的、社会科学的、認知科学的なアプローチ等）などが挙げられる。

このあと、5名の先生方から

- ・高次・多層的な EMS
- ・交通流制御
- ・都市型創エネ・省エネ
- ・都市での統合化技術
- ・個人のエネルギー利用・消費行動

の5つのトピックにリンクいただきながら、それぞれに関する「要素技術」と「それら技術のもつ効率化ポテンシャル」についてご講演いただき、皆様にご議論いただきたい。

コメント1：芹澤善積（電力中央研究所）

ICT 関連技術・研究課題

- ・電中研ではスマートエネルギー・コミュニティについて取り組みを始めた。
- ・昨年末電気学会でスマート社会と ICT について紹介。
- ・スマート社会における ICT システムには、人と人をつなぐ（H2H）、人と社会をつなぐ（H2M）、機械同士をつなぐ（M2M）といった分類がある。

■協調分散的エネルギーシステムについて

スマートコミュニティ内でのエネルギー消費量やコスト、利便性の最適化。

コミュニティ内・コミュニティ間・ベースエネルギーインフラなどとの連携調整機能が期待される。

集中制御箇所を持たずに各構成要素間で、さらにはコミュニティ間で協調連携するシステムも可能性あり。

■電力インフラ管理用 ICT システム

平常時、ならびに有事の際のシステムが確立しつつある。平常時向け有人制御は階層型、緊急時自動制御（M2M）は対向型ならびに階層型である。

■コミュニティエネルギー管理システム

コミュニティ内では人間系の関与をなるべく減らして、自律分散、M2M が重要となってくる。

■ICT システム構築の考え方

どういう EMS の仕組みをとるか、そのアーキテクチャは？ 情報処理システムをどう構築するかといった点が重要。

■ユースケースと情報モデル

ユースケースとは、どういうシステムにどういう機能を持たせるか（要件定義）。

■通信ネットワーク

都市の中で EMS の通信ネットワークは誰が所有するか、要求性能、セキュリティ対策、機密性 C、完全性 I、可用性 A が重要、セキュリティ要求レベルの明確化が必要。

■技術課題としては

どういった協調分散的アルゴリズムをもちいどう実装するか、それを誰が管理するのか。システム管理用 ICT システムの標準化（相互接続性、運用性）、バーチャルパワープラント（VPP）。

通信ネットワークと情報処理の融合、M2M 通信、サーバ・クラウド、ビッグデータ解析、セキュリティ対策などが考えられる。

高効率エネルギー利用未来都市 実現のためのICT関連技術・研究課題

電力中央研究所 システム技術研究所
芹澤 善積

高効率エネルギー利用未来都市の実現に向けた
課題達成型研究開発構想ワークショップ
2014年4月16日

R 電力中央研究所

© CRIEPI 2014

スマート社会におけるICTシステム

◆ 機能: Human to Human (H2H), Human to Machine (H2M), Machine to Machine (M2M)

◆ 構成要素: 入出力・表示装置, センサ・アクチュエータ, 通信ネットワーク, 情報処理システム

社会インフラの一次構成要素

© CRIEPI 2014

ICTを活用した協調分散的エネルギーシステム

◆ スマートコミュニティ: コミュニティ内(エネルギープロデューサ, コンシューマ, プロデューマ)でエネルギーの使用量やコスト, 利便性などの最適化

◆ コミュニティ内, コミュニティ間, ベースエネルギーインフラ等との連携・調整機能

◆ 集中制御箇所を持たずに各構成要素間で, さらにはコミュニティ間で協調分散的に行う仕組みもあり?

© CRIEPI 2014

電力インフラ管理用ICTシステム

◆ 有人による監視制御(H2H, H2M)は階層型

◆ 緊急時などの自動制御(M2M)は対向型または階層型

© CRIEPI 2014

コミュニティエネルギー管理システム

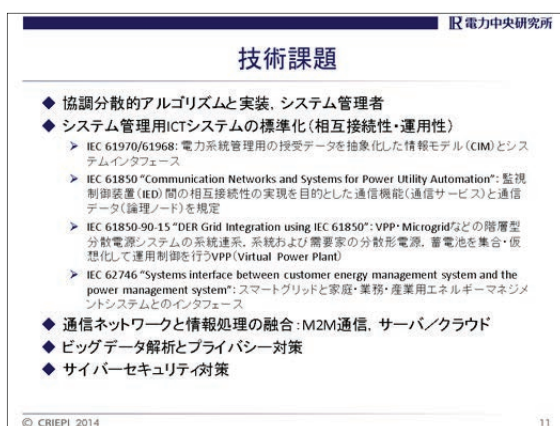
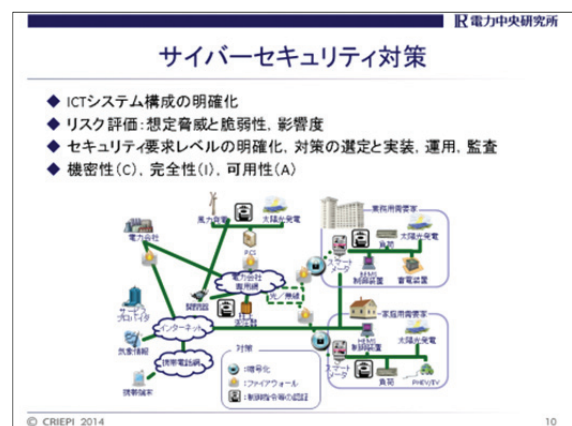
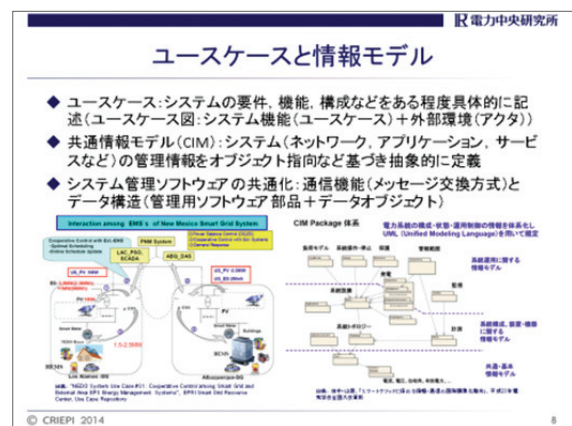
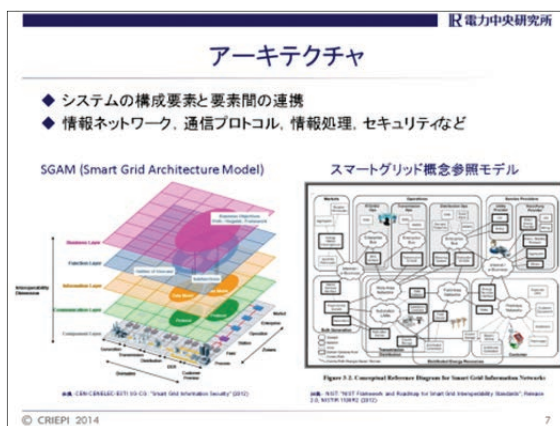
◆ コミュニティでは人間関係の関与をなるべく減らして, 自律分散・M2M型が主体となる?

© CRIEPI 2014

ICTシステム構築の考え方

分類	内容
アプリケーション	・ビジネスモデル(社会インフラ管理, 社会経済活動効率化, 市民生活支援, サービスプロバイタなど) ・アプリケーション(設備計画・設計, 生産管理, 流通管理, 予報・予測, 診断・分析, 保全, 運転支援, 自動化, 通信, 市場・取引・会計など) ・ユースケース(アクタ, 情報の入出力・交換, 情報処理・サービス)
アーキテクチャ	・情報処理形態(集中, 分散, 階層など) ・システム構成形態(クライアント/サーバ, クラウドなど), レイヤ構成(ビジネス, アプリケーション, 情報, 通信, プロセスなど) ・サイバーセキュリティ
情報処理システム	・情報モデル, データ構造など ・アプリケーション/ソフトウェア, Web, ミドルウェア, インタフェースなど ・画像処理, 地理情報システム(GIS)など ・サーバ, クラウド, PC, 組込み計算機, データベースなど
通信ネットワーク	・物理メディア(光ファイバ, 無線, メタルケーブル(通信線, 電力線)など) ・通信範囲(PAN, 近距離, 宅内(HAN), 構内(LAN), アクセス系, MAN, WAN) ・通信方式(通信プロトコル, 冗長化方式など)
入出力・端末装置	・ディスプレイ, コンソールなど ・モバイル端末, 携帯電話など ・物理量計測センサ(光学, 力学, 電磁界など) ・インテリジェント電子装置(IED), スマートメータなど ・一次構成要素との複合装置(スマート家電, 通信機能付きパワーコンディショナなど)

© CRIEPI 2014



コメント2：大口敬（東京大学）

■交通渋滞とエネルギー消費との関係

- ・ 渋滞解消によってどれだけエネルギー消費が効率化できるかを求めることは、簡単ではない。
- ・ 自動車交通のエネルギーの流れについて、燃焼から移動までを体系化してモデル構造を構築。結果、都市部街路におけるエネルギー消費量総計は、旅行時間と旅行距離、速度増大に伴う運動エネルギー増分の3項にそれぞれ比例する。それぞれの項は、車速によって寄与割合は変化するので、渋滞によるエネルギー消費は、全体の平均速度だけでは説明はできない。
- ・ （渋滞や信号待ちなどの理由により）停止状態が多いことを原因とするエネルギー損失については、アイドリングストップ技術やEV（HV、PHVなども含む）技術など車両単体の技術革新により、大幅に削減できる可能性がある。
- ・ 一般街路では、閑散な交通量の状況では、交差点による信号待ちとこれに伴う停止発信の繰り返しが主なエネルギーの損失要因となる。ただし、一般街路では閑散時であっても旅行速度は比較的低速にとどまるが、なるべく止まらないように信号を調節すれば、速度変動を小さく抑えることでエネルギー効率を向上させることが可能である。

■交通流マネジメント

- ・ 渋滞は車を減らせば解消できるとよく言われるが、間違い。道路容量の空間的・時間的ボトルネックにどれだけの交通量が集中するかで決まる。したがって田舎の道路でも発生する。少子高齢化で人や車が減っても解消されない。円滑化の対策には、ボトルネック解消のハード側と需要調整のソフト側の両方の適応的制御が必要。
- ・ 現状、信号制御の基本は安全が重視。センサで何を目的関数にして最適化しているのかが曖昧なのは問題。また、ヨーロッパでのマネジメント手法、高速道路でのランプメータリング（流入調整をランプ部で行う）などの手法は、日本では導入がなかなか進まない。

■課題

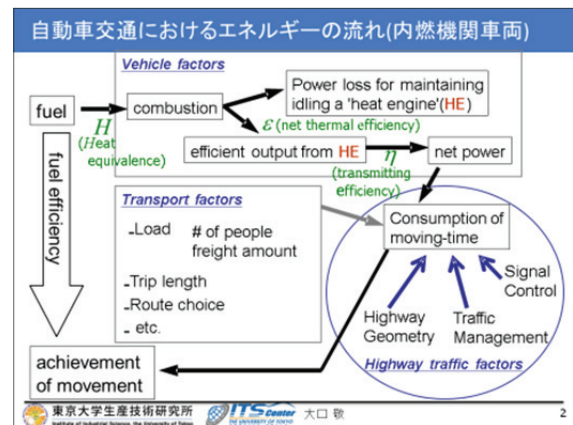
- ・ 交通に関しての現実がまだ十分解っていない。いろんな種類・組み合わせの最適配置や異種データの融合状態をセンシングする必要。どんな車種か、動力源の消費特性か、荷物の積載状態はどうかを観測する必要がある。エネルギー消費データの観測も必要。
- ・ エコドライブ施策は単独施策として効果あるが、シミュレーション推計ではあまり多くなるとエネルギー削減しなくなる。全体最適にならない。複数施策の相互作用評価も課題。
- ・ まとめると、道路の混雑を最適化できるようにするにはセンシングした上でモニタリングになるようモデルを組むこと。その上で、マネジメントをダイナミックに適合していく。データのリアルタイム収集・活用する仕組みを作っていくことも必要。
- ・ CRDSの削減量概算手法に関してコメント。「平均速度10km/h向上」としているが、平均速度よりも、効率の悪い低速走行の向上が重要。

JST CRDS「都市の高効率化」ワークショップ 2014/4/16
セッション2
あるべき将来像の実現に向けて必要な科学技術及び研究課題

道路自動車交通の効率化技術 現状と課題

東京大学
生産技術研究所 教授 大口 敬
Oguchi, Takashi
WEB site <http://www.iis.u-tokyo.ac.jp/~takog/>

東京大学生産技術研究所 ITS Center
Institute of Industrial Science, the University of Tokyo



理論: 熱機関モデル & 運動学

From 'thermal engine model' and 'kinetics',
instantaneous fuel consumption rate: f_i [ml/sec]

$$f_i = f_{idle} + \frac{(\mu + \sin \theta) M g}{\epsilon \eta H} v + \frac{\kappa}{\epsilon \eta H} v^3 + \frac{M + M'}{\epsilon \eta H} \alpha v$$

speed term (rolling resistance + grade resistance) cubic speed term (aero-resistance) product of acc. & speed term (acc. resistance) only when with acc. ($\neq 0$)

> 0 (positive NP, even in decelerating condition) then the HE produces mechanical work
EOHE (efficient output from the HE) > 0

$f_i = f_{idle}$ =< 0 then EOHE = 0

東京大学生産技術研究所 ITS Center
Institute of Industrial Science, the University of Tokyo

都市部街路で理論/実証分析で検証されたモデル構造

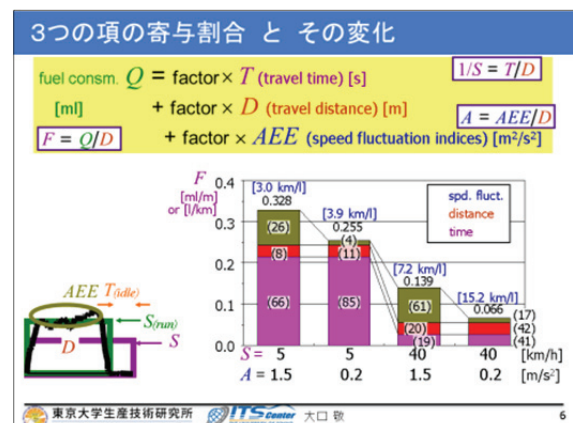
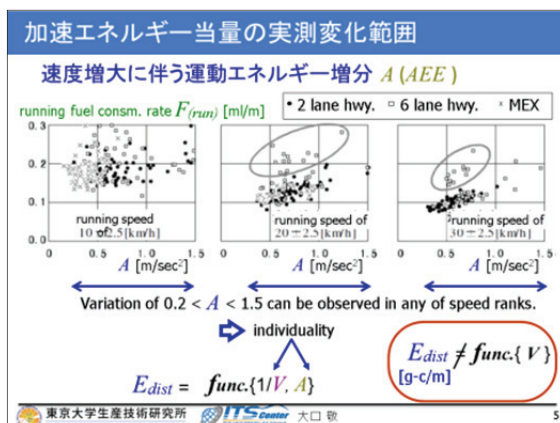
$$E = \text{factor} \times T \text{ (travel time) [s]} + \text{factor} \times D \text{ (travel distance) [m]} + \text{factor} \times AEE \text{ (speed fluctuation indices) [m}^2/\text{s}^2]$$

E : amount of fuel [cc], energy consumption[J], or CO₂ emission [g]
conditions: within urban area w/congestion, passenger car, short-trip or more

theoretical development w/ vehicle catalog specification data
 $Q = 0.3 T + 0.022 D + 0.09 \sum \{v_{je}^2 - v_{js}^2\}$

derived from empirical analysis 59 journey, 1,100 short-trips
 $Q = 0.3 T + 0.028 D + 0.056 \sum \{v_{je}^2 - v_{js}^2\}$

東京大学生産技術研究所 ITS Center
Institute of Industrial Science, the University of Tokyo



エネルギー消費構造モデルによる考察



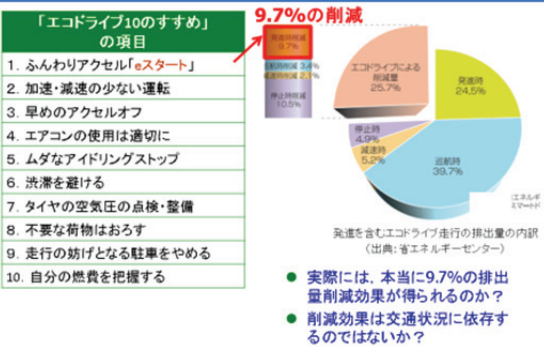
東京大学生産技術研究所 ITS Center 大田 敬 7

[Dynamic Management]適応的制御方策

- 【現状】
 ・中央交通管制センター: Sensors, Signal Controller, feedback control
 → 安全重視/円滑2次的, 事後対応的, 目的関数最適化が曖昧
 ・先進諸国で導入が進む最新の高速度道路マネジメント手法:
 Ramp metering, Hard shoulder opening, Variable Speed Limit
 → 日本で導入が進まない
- 【課題】
 ・Sensors: 種類・組合せの最適配置, 異種Sensorデータの融合技術
 ・Monitoring: 観測+動的モデリング 含む (交通)エネルギー消費
 車種構成, HV/EV/FCV等の交通エネルギー消費特性, 大型貨物車(満空載), 勾配
 ・Management [policy/strategy]: 最適性定義と評価, 時空間解像度
 ・Management [technology]: now-cast, impact analysis, measures
 Big Data履歴学習, パラメタ学習, Incident時対応自動化, 需要推定, 利用者行動
 モデル, 層別に異なる施策の導入, 料金の需要弾力性, 情報提供技術, ...
 ・複数施策の相互作用の評価: [例] エコドライブ普及による渋滞増大

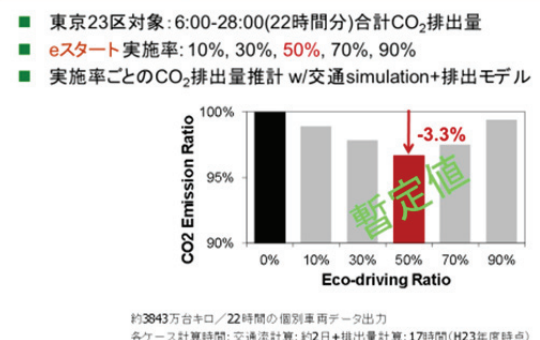
東京大学生産技術研究所 ITS Center 大田 敬 8

エコドライブ支援 (2008-2012 NEDOエネルギーITS事業)



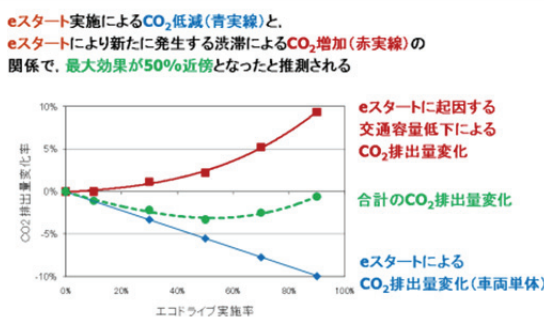
東京大学生産技術研究所 ITS Center 大田 敬 9

eスタートによるCO₂排出量削減効果の推計結果



東京大学生産技術研究所 ITS Center 大田 敬 10

評価結果に対する説明



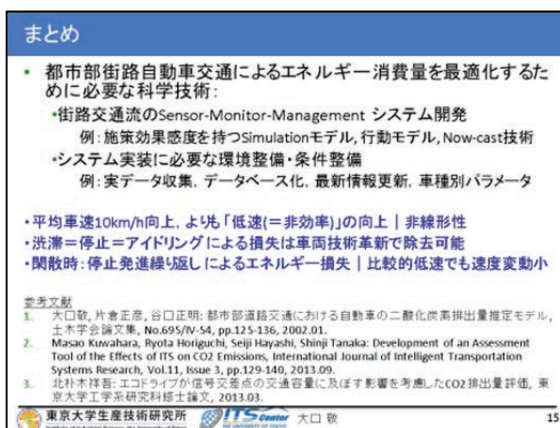
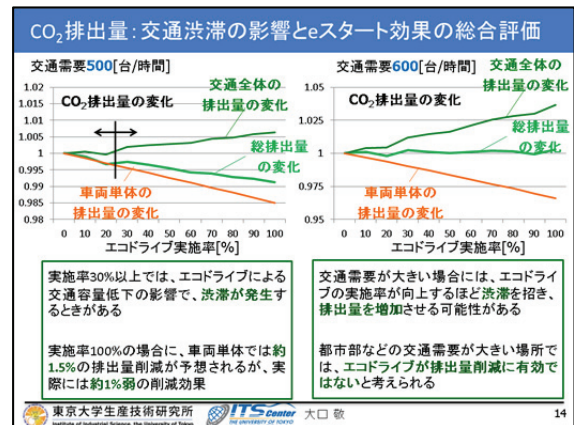
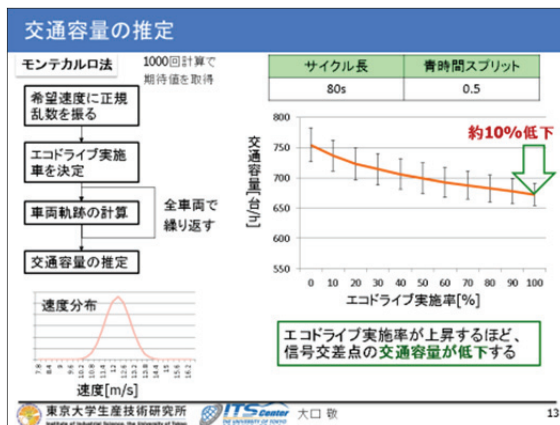
東京大学生産技術研究所 ITS Center 大田 敬 11

eスタート: 実証試験の実施

- 実験の概要
 車両15台のうち、eスタート運転車を0-2台、混入させて走行させる
 途中に交差点を3つ設置
- 実験での取得データ
 車両軌跡データ、各車両の排出量データ



東京大学生産技術研究所 ITS Center 大田 敬 12



コメント3：中上英俊（住環境計画研究所）

■日本の省エネルギー政策の経緯

- ・経産省ではエネルギー政策の4本柱を需要と供給で並列に描くが、まず第一にエネルギーの合理的利用（省エネ）があって、その後、（化石、原子力、再生エネ）の3つが並列。
- ・HEMSやBEMSは無駄なエネルギー消費を減らすための技術。一方で省エネとは、快適性や利便性の水準は変えないで機器効率の改善によってエネルギー消費を下げる。本来はまず無駄を削減し、それから効率改善する。2つをきちんと分けて考えるべき。HEMSやBEMSを導入して機器効率が上がるわけでは無いことを認識しておくべき。
- ・日本の省エネ政策においてトップランナー制度だけでは一般には解りにくいので、ラベルを付けて「見える化」したのは手段として効果的。消費者が理解できないものは無用。消費者行動につながる施策にしないと駄目。欧米では省エネビルに対してもラベリング施策が打たれている。ここはずいぶん遅れているのが私の印象。
- ・ライフスタイル別（省エネ型、一般型、多消費型）で省エネ行動は異なる。省エネ型の人にはただでさえ消費が少ないのに、省エネ行動にも積極的。省エネ型の人と多消費型の人では約3割の差がある。家一軒まるごと省エネ工事しても3割はなかなか減らない。3.11後の頑張りも大きかった。個人の意識の差がいかに重要なかがわかる。
- ・節電意識について、3.11後で意識は定着。無駄な部分をカットすることが安定してきた。

■海外の先行事例

- ・欧州（ノルウェー）と日本におけるエネルギー消費行動の違いを紹介する。入浴に対して日本はリビングと同じ寛ぎ感覚だが、ノルウェーでは体を綺麗にするのみの場。日本で洗濯に風呂残り湯を再利用する行動は、海外では理解されない。「日本人は汚い服を着ている」と。その意識や習慣の違いを認識しないといけない。
- ・欧米の省エネ行動研究の紹介。英国では建築物にエネルギー性能証書を付けて、ラベルで消費者にわかり易く情報提供。
- ・米国ではOpower社がビックデータ活用して100万件以上のデータを収集。近隣や他世帯との比較や、前年度との比較やアドバイスを提示するサービス提供。1.5～3%の省エネ効果。省エネ効果の3%は小さく見えるがこの程度が良い所だろう。実際の消費者のデータに基づいて出していることが重要。
- ・米国の省エネルギー研究会（BECC）を紹介。参加者の専門は心理学や社会学、経済学、物理学など幅広い。日本でも省エネルギー行動研究会を新しく立ち上げた。

■省エネルギー行動研究への期待

- ・まず消費者目線で考えるべき。スマートメータやHEMSは道具であって、エネルギーを使うのは消費者。いかに良いシステムを作っても最終的に消費者が使わなければ意味が無い。消費者がエネルギー供給に求めることの優先順位は、まずコストセービング、次にコンビニエンス、ファンの順で、ずっと離れて最後に地球環境。

- ・「スマートハウス」と「スマートホーム」の違いを理解すべき。日本だけ「スマートハウス」だが、これは作り手目線。「スマートホーム」だと、ユーザもステークホルダになる。
- ・日本は製品に過剰な性能を入れがち。使い手の実情を意識してないモノづくり。
- ・消費者こそスマートであるべき。消費者側にも問題がある。
- ・エイモリー・ロビンスの言葉を紹介。現代人は「冷凍庫でカチカチに冷やしたバターを電動ノコギリで切っている」ようなもの。過剰に性能を出し、それをエネルギーを消費して生活している。
- ・ドイツのタクシー運転手とのやり取り紹介。客待ちタクシーが暖房付けないでドライバーは待合室でストーブにあたっている。運転手「日本でエンジンかけっぱなしで客待ちするのは道徳的におかしい」。見習う必要あり。
- ・消費者の役割は年次で変わってきている。2000年代のパッシブなコンシューマから2010年代はアクティブに。今後はパティシペイト（参加型）に変化していく。消費者の位置付けが非常に重要になっていく。

(独法) 科学技術振興機構研究開発戦略センター
「高効率エネルギー利用未来都市の実現に向けた課題達成型研究開発構想ワークショップ」

消費者行動と省エネルギー

2014年4月16日 (水)

JST東京本部別館

JYUKANKYO RESEARCH INSTITUTE INC.

株式会社 住環境計画研究所
中上英俊

経済産業省 総合資源エネルギー調査会委員、環境省 中央環境審議会委員、国土交通省 社会資本整備審議会委員、東京工業大学特任教授、早稲田大学客員教授

日本の省エネルギー政策の経緯

我が国の省エネルギー政策の全体像

- 家庭部門の省エネルギー法で規制するのは住宅（建築物）と家電等
 - 住宅は建築時の省エネ基準遵守
 - 自動車・家電等は一定期間ごとの効率改善を求めるトップランナー制度

	産業部門	業務部門	家庭部門	運輸部門
規制（省エネ法）	事業用（エネルギー使用量1,500M以上）の省エネ措置（定期報告）年1%の削減努力 住宅（建築物）300㎡以上について建築時に省エネ基準の遵守（提出）	省エネ設備の導入や省エネ基準の遵守（提出） 省エネ設備の導入や省エネ基準の遵守（提出） 省エネ設備の導入や省エネ基準の遵守（提出）	省エネ設備の導入や省エネ基準の遵守（提出） 省エネ設備の導入や省エネ基準の遵守（提出） 省エネ設備の導入や省エネ基準の遵守（提出）	省エネ設備の導入や省エネ基準の遵守（提出） 省エネ設備の導入や省エネ基準の遵守（提出） 省エネ設備の導入や省エネ基準の遵守（提出）
支援・奨励（省エネ法）	省エネ設備の導入や省エネ基準の遵守（提出） 省エネ設備の導入や省エネ基準の遵守（提出） 省エネ設備の導入や省エネ基準の遵守（提出）	省エネ設備の導入や省エネ基準の遵守（提出） 省エネ設備の導入や省エネ基準の遵守（提出） 省エネ設備の導入や省エネ基準の遵守（提出）	省エネ設備の導入や省エネ基準の遵守（提出） 省エネ設備の導入や省エネ基準の遵守（提出） 省エネ設備の導入や省エネ基準の遵守（提出）	省エネ設備の導入や省エネ基準の遵守（提出） 省エネ設備の導入や省エネ基準の遵守（提出） 省エネ設備の導入や省エネ基準の遵守（提出）

(出所) 資源エネルギー庁資料

省エネ行動とエネルギー消費

- 世帯ごとのエネルギー消費量は住まい手の行動により大きく異なる
- 気候・世帯人数が同じでも環境保全行動の実践度によりエネルギー消費量に大きな差

省エネ行動実践状況による類型化

- アンケートによる環境保全行動に関する項目を抽出し、ポイント化（満足度が5段階で統一）
 - 照明やテレビのスイッチをこまめに切る等（1点未満）
 - 1点未満（1点未満）
 - 1点未満（1点未満）
 - 1点未満（1点未満）
 - 1点未満（1点未満）
- 省エネ行動別にエネルギー消費量を集計
 - 省エネ型（満足の上位25%）
 - 一般型（満足の中位）
 - 多消費型（満足の下位25%）

ライフスタイルの省エネ実践別 毎世帯毎のエネルギー消費量

(注) 省エネ型、一般型、多消費型の区分は、アンケートの結果に基づき、満足度が5段階で統一された上で、満足度の上位25%を省エネ型、中間25%を一般型、下位25%を多消費型と分類した。

昨年の夏の節電意識（調査期間2013年7月26日～7月27日）
節電を強く意識していた割合の推移

(出所) 環境省調査：平成24年度夏季・CO2削減のための調査分析・実施促進モデル事業（P.1-206）

- 今年の夏、節電を強く意識していた割合は23～25%
- 冬からは上昇しているが、昨年夏からは低下

欧州の先行事例

日本とノルウェーにおけるエネルギー消費行動の比較

	日本	ノルウェー
暖房	個別暖房 厳しい設定	全室暖房 緩慢な温度設定
照明	蛍光灯主体 天井照明 浴室は白熱灯	白熱灯主体 テーブル、床、スポット照明 浴槽、台所は蛍光灯
入浴	シャワーと浴槽 浴槽の湯は再利用	シャワーあるいは浴槽 浴槽の湯は再利用なし
洗濯	湯の未使用 たまたに浴槽の湯の再利用	湯の使用 浴槽の湯の未利用
皿洗い	冬期のみ湯を使用 流し洗い	通年湯を使用 溜め洗い

(参考文献) Harold Whitte, Hidetoshi Nakagami, Takashi Masuda et al. "A cross-cultural analysis of household energy use behaviors in Japan and Norway" Energy Policy Vol.24, No.9 pp.795-803, September 1996

省エネ行動研究の政策反映 欧州の事例

- ・ 欧州環境局
 - 「行動変容による省エネルギー達成」
 - 消費者の行動を変える政策でエネルギー消費を最大で20%削減可能との報告書を公表
- ・ 英国 内閣府
 - 英国内閣府は、行動経済学や心理学の学術研究結果を公益政策・サービスに適用する「行動洞察チーム」を設立
 - 2011年に報告書「行動変容とエネルギー使用 (Behaviour Change and Energy Use)」を公表

欧州環境局
「行動変容による省エネルギー達成」
UK cabinet office, "Behaviour change and energy use", 6 July 2011

英国建築物のエネルギー性能証書 (Energy Performance Certificates: EPCs)

2012年4月以前のEPCs表紙画面
2012年4月以降のEPCs表紙画面

(出所) UK cabinet office, "Behaviour change and energy use", 6 July 2011

米国の先進事例

Opower社のHome Energy Reportに使われている行動科学の知見の例：ビッグデータの活用

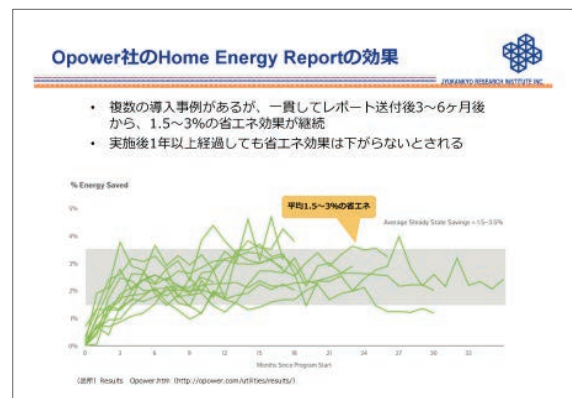
UtilityCo
近隣世帯との比較 (社会規範)
平均世帯よりもエネルギー消費が少ない: ②
下位20%世帯よりも少ない: ① ②

78°
Overheating, lower your thermostat up 2°
When you're away, set it higher
Consider a programmable thermostat

省エネ家電にカスタマイズされた3つの省エネアドバイス
(照明器具の交換、エアコンのフィルター掃除、冷蔵庫の温度調整)

冷暖房の性能とコストの比較 (省エネ効果)
「冷暖房より20%も多く使用しています」

(出所) Home Energy Reports | Opower (http://opower.com/what-is-opower-reports/)



コメント4：加藤博和（名古屋大学）

- ・自身の専門は交通システム関連データを用いた省エネ・低炭索性評価とそれに基づく政策検討である。ライフサイクルアセスメントを交通システムに適用して環境負荷を計測する。研究室のテーマが土地利用計画のため、都市構造の解析も行っている。
- ・低炭素都市づくりのこれまでの議論の問題点は、①空間デザインの議論が少ないこと、②対象が専ら新市街設計になっており既存の市街地に対する検討が少ないこと、である。

■集約型都市構造実現への挑戦

- ・DID（人口集中地区）内の人口密度と人口当たり自動車保有台数の関係は反比例しており、人口密度が高いところでは住民は自動車を持たない傾向がある。
- ・駅の周りに住民が集まる集約型都市構造は、低炭素化、エネルギー利用の高効率化だけでなく、財政、インフラ劣化、高齢化、災害リスクへの対応といった面でも目指すべきマスタープランと考えられている。
- ・わが国では都市の低炭素化の促進に関する法律（通称：エコまち法）が2012年に設立されているが、まだあまり活用されていない。
- ・低炭素なまちは「低炭素」だけでは実現できない。住民・企業等にとって“魅力的”な地域でなければ、まちづくりを進めても人が集まらない。持続可能性を意識して、環境（炭素排出）、経済（維持費用）、社会（QOL）を統合的に検討するべきである。例えば、路面電車等のLRT（Light Rail Transit）を導入する場合は、LRTを使うことが魅力的であると思われるようなライフスタイルのモデルとともに、まちづくりのパッケージとして提示しないと政策は支持されにくい。
- ・政策の進め方としては、「公共交通の有効化（交通戦略）」と「コンパクト化（都市計画マスタープラン）」を相互補完によって40年計画で実現していくことになる。
- ・低炭素まちづくりは、政策として強力に推進されるべき。EU諸国の自治体選挙では公約に挙げられることが多いが、日本では「低炭素」を掲げて票がとれない。この状況が変わるようにしないといけない。

■低炭素社会を実現する街区群の設計システム

- ・地域特性に応じた、技術・政策・空間デザインを統合的に検討するべきであり、そのための情報ツールが必要と考えている。
- ・20km範囲の大きさの市レベルの低炭素化を進める上ではもっと小規模の範囲の意思決定も必要になる。2~3km範囲を対象とする「街区群」規模では、ステークホルダが少なく意思決定が早いはず。環境省の環境研究総合推進費で「街区群」規模で低炭素を実現するための住民の意思決定を支援するシステム、情報ツールを開発した。概要は次のとおり。
- ・方法：関連データの分析と評価、デザイン（設計）とシミュレーション（将来予測）
→施策実施によるライフスタイル変化を「見える化」して意思決定を支援
- ・対象：（ケーススタディとして）名古屋市・長者町ほか → 一般解の導出を目指す
- ・費用：1.4億円／3年

2014年4月16日
JST-CRDS 高効率都市ワークショップ

**低炭素で高エネルギー効率な
街区群をどうデザインするか？**

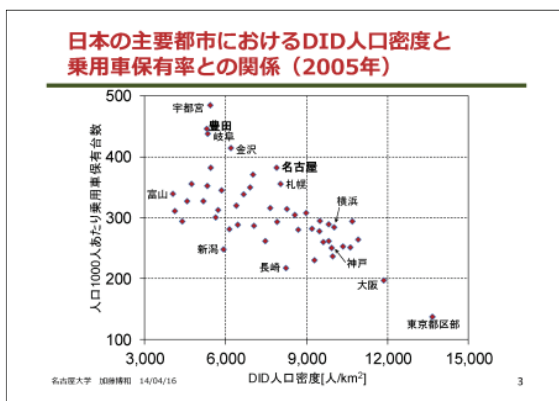
加藤 博和
名古屋大学大学院環境学研究科准教授
kato@env.nagoya-u.ac.jp
http://orient.genv.nagoya-u.ac.jp/kato/Jkato.htm

スマートシティの妥当性は？

ヨーロッパ	アメリカ合衆国	日本
○建築ストックの保全 ○高齢化への対応 ○代替エネルギーの模索とビジネス化	○経済活動の支援（グリーン・ニューディール） ○電力網の脆弱性克服 ○都市間競争の激化	○スクラップ&ビルドによる低い街区品質 ○人口減少・高齢化への対応 ○断熱性の低い住宅
課題を踏まえて ○建築設備への注力 ○再生可能エネルギーの大量導入 ○モビリティ関連政策の充実（シェア・電化）	課題を踏まえて ○ICTを用いた電力網の高品質化とDR ○PPPなど民間活力導入による市場拡大	課題を踏まえて？ 方針は？ ○先進技術を導入した市街地再開発 ○再生可能エネルギーの大量導入

**空間デザイン考慮なしのまちづくりが本当にスマートなのか？
「既存市街地への展開」が低炭素まちづくり実現に重要**

名古屋大学 加藤博和 14/04/16 2



低炭素なまちは「低炭素」なだけでは実現しない

住民・企業等にとって“魅力的”な地域になっていなければ
いくら低炭素なまちづくりを進めても、集まってくれない

名古屋大学 加藤博和 14/04/16 6

**低炭素で魅力的な都市・交通システム
実現のための長期的な循環**

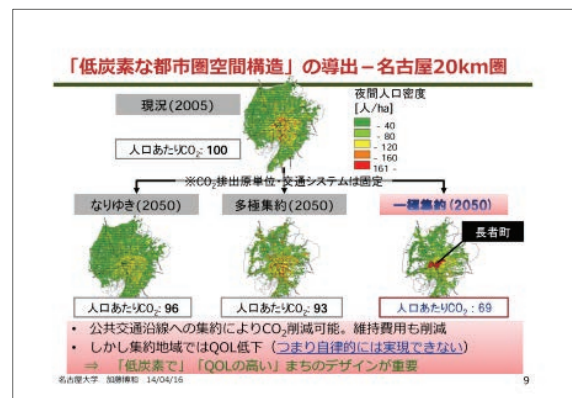
<交通戦略>
コンパクト化を誘導する交通システム
公共交通・非動力交通の充実

↓
ライフスタイルも変化

<都市計画マスタープラン>
公共交通を有効に機能させるコンパクト化
公共交通指向型ゾーニング・施設再配置

これをやりとげるためには大変なエネルギーが必要だが・・・
40年計画で頑張ればよい（その間に建物は半分以上建て替わる）

名古屋大学 加藤博和 14/04/16 8



環境省 環境研究総合推進費 IE-1105 (FY2011-2013)
低炭素社会を実現する街区群の設計と社会実装プロセス
(研究代表者 加藤博和 名古屋大学大学院環境学研究所准教授)

ST1 名古屋大学 <総括>
低炭素街区群のデザイン方法論と推進する技術・制度

ST2 国立環境研究所
低炭素街区群を支えるエネルギー・資源循環システム

ST3 名古屋大学
低炭素街区群を支えるインフラシステム

ST4 鹿屋義塾大学
低炭素街区群を支える建築システム

ST5 地球環境戦略研究機関
低炭素街区群形成の地域展開方策

名古屋大学 加藤博和 14/04/16 11

研究開発目的

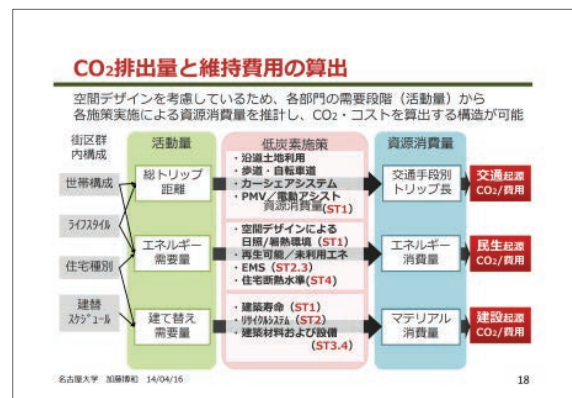
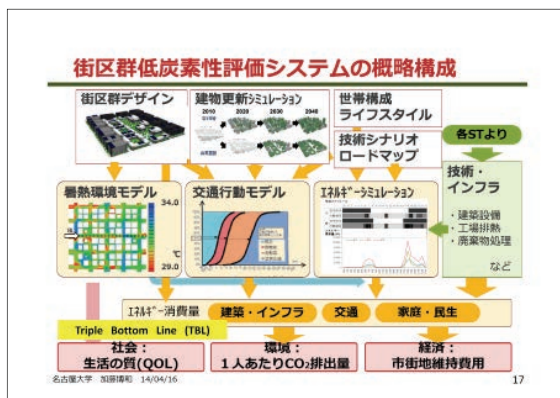
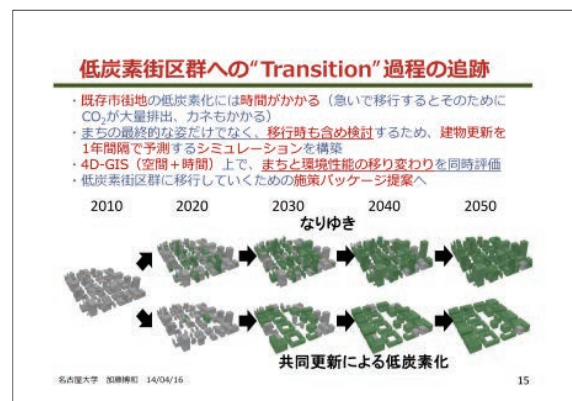
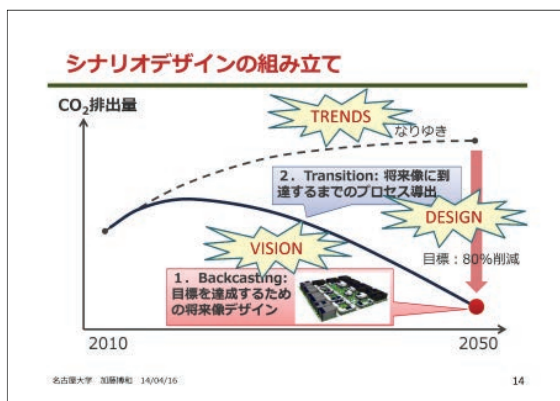
「低炭素街区群」実現のための

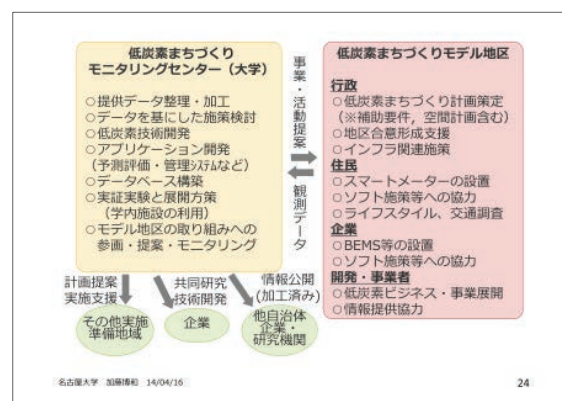
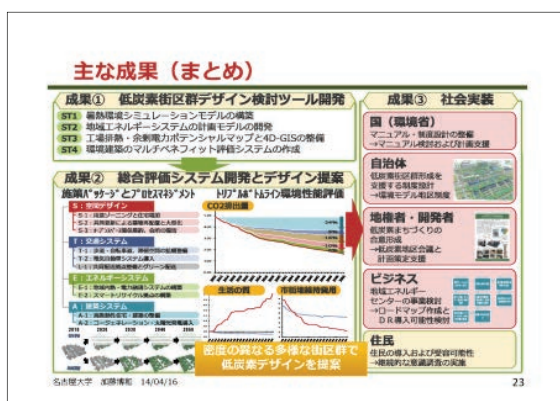
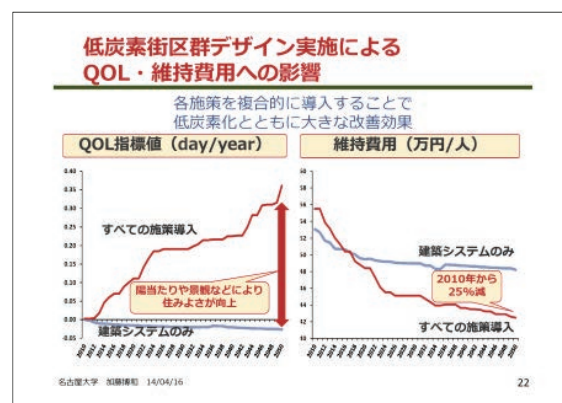
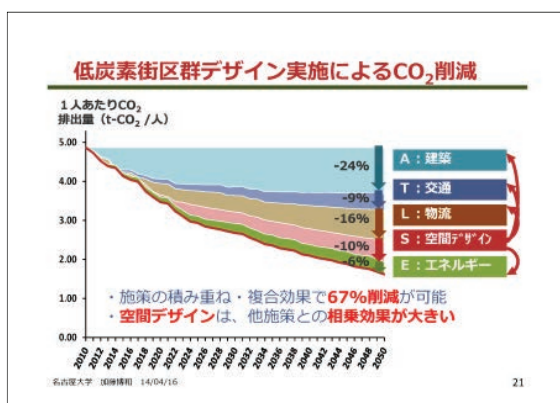
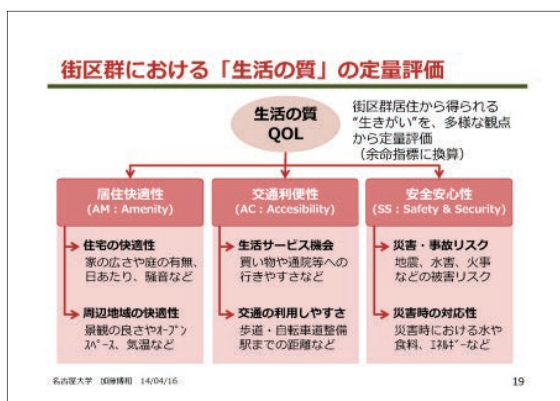
- ・設計支援システム構築
- ・望ましい施策の組合せ提案
- ・社会実装プロセス提示

【ポイント】

- 既存市街地を対象に分析・政策提案
- 様々な環境技術と空間デザインを同時に扱い、それらを組み合わせた低炭素まちづくり実現方策の提案
- 具体的なケーススタディ（名古屋都市圏の特定地区）を通して一般化（様々な地区に適用）の導出
- 普及に資する仕組・取組の検討

名古屋大学 加藤博和 14/04/16 12





今後の課題 -デザイン=総合芸術？-

- 都市構造変化の流れを変える**政策・制度**とは？
(ゾーニング？ 公共交通？ 土地税制？)
- **生活・生産様式**との関係をどう表現するか？
- **IT**の影響・効果をどう織り込むか？(代替？誘発？効率化？)
- 建物・インフラ更新と**新技術**導入との関係は？
(ネットワーク効果、技術革新速度)

名古屋大学 加藤博和 14/04/16

25

コメント5：加藤之貴（東京工業大学）

◆目的：熱利用による省エネルギー

- ・今回は移動体の熱マネジメント、化学蓄熱に絞って話す。
- ・化学工学会では2005年、2010年にエネルギーロードマップを作成。対応技術策で日本のCO₂排出削減量はどう変わるかを検討。

◆都市の熱との関わりと、熱利用の高度化

- ・グーグルが様々な分野に手を出し始めた。（エネルギー分野への進出可能性に対してイライラ感、危機感）
- ・生活では周囲の自然環境との調和を考えることが重要。
- ・リスクとベネフィットの評価が重要。

◆移動体の熱マネジメント

- ・ハイブリッド／電気自動車の排熱不足の問題：燃費向上で排熱が減少し、室内暖房が困難になっている。
- ・燃費に対する室内空調のインパクトが大きい（電気自動車では、夏季の冷房で走行距離は30%減少し、冬季の暖房で40%減少する。）
- ・熱を貯める技術があると良い。（自動車を目指して研究をしたい）
- ・内燃機関のエネルギー収支：60%を熱の形で捨てている。どのようにリカバリーするかが問題。

◆化学蓄熱技術

- ・熱マネジメントとして、熱のハイブリッドシステムを作りたい。
- ・蓄熱装置があると良い。ただし、蓄熱装置は当初は重いと予想されるので、乗用車への搭載は難しく、最初はトラックへの搭載になると予想される。
- ・化学蓄熱は体積あたりのエネルギー密度が高いので、ポテンシャルが高い。
- ・蓄熱装置の合理化として熱交換装置の高度化が必要。
- ・化学蓄熱材料の熱伝導率が悪いことと、形状が問題。
- ・膨張グラファイトを用いた複合蓄熱材料とすることで、熱伝導性の向上と、接触熱抵抗の低減が可能。
- ・日本の独自技術としてこの材料の実用化に集中したら良い。
- ・研究開発項目： 複合材料開発、材料調製最適化、パッケージ化、市場適用実証。
- ・ナノテク、伝熱促進技術などの研究を蓄熱に向ける。装置の視点で材料を考える。
- ・パッケージまで考えて開発することが必要。機械系の概念と化学の視点で考え、小型化する。
- ・自動車応用がベストだが、緩やかな条件の利用として家庭やビルへの応用もある。
- ・非定常な再生可能エネルギーの有効利用として、リチウムイオン電池で対応できない、大量のエネルギー貯蔵を熱として化学エネルギーの形で貯蔵する。

◆心掛けるべき事項

- ・ 価値指標（コスト等）の検討、熟市場と熟技術の谷の克服、普及のための FIT 化、日本でデファクトスタンダード化、日本の技術育成

◆参考：エネルギーロードマップ

- ・ 化学工学会の次のエネルギーロードマップは 2015 年に改定予定。

Web page版

セッション2.
「エネルギー消費の大幅削減に向けた中長期的技術課題、研究課題」

コメント⑤ 熱有効利用

加藤之貴
東京工業大学原子炉工学研究所准教授
yukitaka@nr.titech.ac.jp

高効率エネルギー利用未来都市の実現に向けた課題達成型
研究開発構想ワークショップ
平成26年4月16日(水) 12:40-14:30

日本科学技術振興機構(JST)、
JST 東京本部振興部 熱化センター(東京都千代田区千代田5-1-7)

© Yukitaka Kato, Tokyo Tech, 2014 1

講演キーワード

目的：熱利用による省エネルギー

1. 都市の熱との関わり
2. 移動体の熱マネジメント
3. 化学蓄熱技術
4. 心掛けるべき事項

参考：エネルギーロードマップ

© Yukitaka Kato, Tokyo Tech, 2014 2

熱利用と省エネルギー

© Yukitaka Kato, Tokyo Tech, 2014 3

エネルギー利用社会

骨太夢タウン2

熱システムの定量的な評価による技術戦略立案

骨太夢タウン2 in 骨太夢タウン2
加藤之貴, 骨太のエネルギーロードマップ第2版, 化学工業社, 2010

© Yukitaka Kato, Tokyo Tech, 2014 4

都市と熱との関わりと、熱利用の高度化

熱利用の高度化
一次エネルギーの転換、資源を大切に使う、エネルギー消費を減らす、エネルギーを効率的に輸送する

- 家庭：壁・窓の断熱、調理の断熱、照明のLED化、暖房のヒートポンプ化
- ビジネス：サーバーの集約、個人PCの削減、コジェネレーション普及
- 小売：コンビニ、自動販売機の省エネ
- 移動体：室内空調の高効率化、蓄熱・蓄冷、移動システムのスマート化→Google化
- 産業・地域：熱融通・熱連携・熱輸送→熱利用のスマート化→Google化
- 一次エネルギー変換：原子力、再生可能エネルギー
- 生活：自然との調和、森の再生→下流域の繁栄、旬の作物を摂る。

★定量的なベネフィットとリスクの評価
★リスク：技術の信頼性、快適性の損失、節約による経済の不活性化、過大な装置による経済的な無駄。
★技術対応：熱貯蔵、輸送技術、熱利用システムの強化

© Yukitaka Kato, Tokyo Tech, 2014 5

ハイブリッド、電気自動車の排熱不足

ICE ハイブリッド, HV, PRIUS 3rd, トヨタ, 2008-1st; 1997, 2nd; 2003
<http://toyota.jp/prius/>

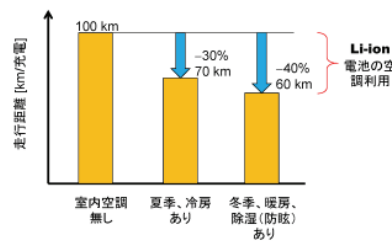
プラグインハイブリッド PRIUS, PHV, トヨタ, 2009-
http://www2.toyota.co.jp/news/0912/09_087.html

電気自動車, EV 日産Leaf
<http://new.nissan.co.jp/EA/>

燃費向上で排熱が減少→室内暖房が困難

© Yukitaka Kato, Tokyo Tech, 2014 6

電気自動車と室内空調

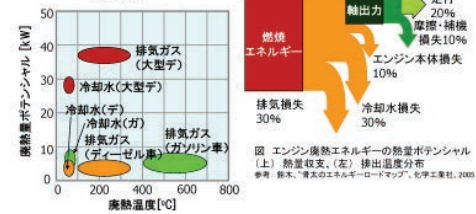


Ref. E. Ono, Toyota, 3rd meeting for market development of environmental friendly car, Ministry of Environment of Japan, Feb. 2010.

© Yohsuke Kato, Tokyo Tech, 2014 7

内燃エンジンのエネルギー収支

- 乗用車のエネルギー収支
- 走行20%
- 排気損失30%



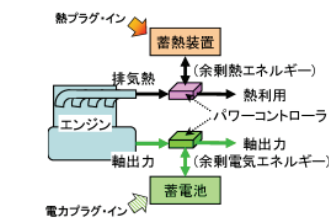
© Yohsuke Kato, Tokyo Tech, 2014 8



化学蓄熱の可能性

© Yohsuke Kato, Tokyo Tech, 2014 9

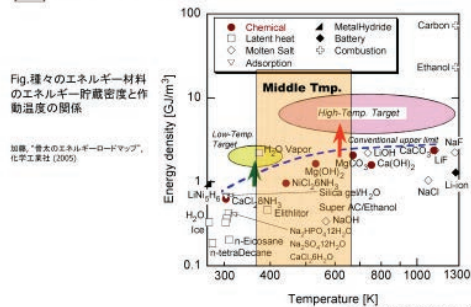
熱マネジメント：サーマルハイブリッドヴィークル



加藤之良ら, エネルギー, Vol. 29, No. 2, pp. 17-21 (2008)

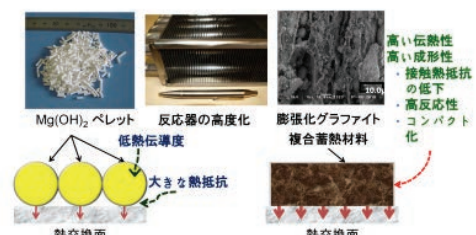
© Yohsuke Kato, Tokyo Tech, 2014 10

化学蓄熱の可能性



© Yohsuke Kato, Tokyo Tech, 2014 11

蓄熱装置の合理化：熱交換の高度化



© Yohsuke Kato, Tokyo Tech, 2014 12

化学蓄熱材料の技術開発項目

- 複合材料の開発→高反応性化、高伝熱性化による装置の高性能化(未開拓)
 - 化学材料
 - 伝熱促進材料
- 材料調製の最適化→蓄熱装置としての最適化 (未開拓)
 - 混合比、成型方法
- パッケージ化:熱交換器を含むトータル蓄熱装置の開発(未開拓)
 - 反応器、蓄熱システムのコンパクト化、効率化
- 実装置の貢献性の検討→市場適用の実証
 - 家庭・ビル→蓄熱、熱融通
 - 移動体→高効率化、低価格化
 - 産業熱プロセス→化学、製鉄産業の省エネルギー
 - 再生可能エネルギー→負荷平準化、高効率化

© Yukioka Kato, Tokyo Tech, 2014 13

心掛けるべき事項

- エネルギー技術の価値指標の検討
- 熱市場と熱技術の谷の克服
 - 量的・体系的な検討、目標設定
 - 新たな技術分野としての技術開発
 - 普及のための熱エネルギーの貯蔵、変換技術のFIT化
- 海外技術によるデファクトスタンダード化による国産技術の弱体化の回避
- 日本の技術を育てる、役立たせる。
- 「自然と調和した都市生活」の探求

© Yukioka Kato, Tokyo Tech, 2014 14

Energy Road Map in 2015

化学工学会で2001年以来、エネルギーロードマップを検討。
第1版 2005年、第2版 2010年発行



骨太のエネルギーロードマップ 1
2005年



骨太のエネルギーロードマップ 2
2010年[1]

エネルギーロードマップ2015

- 編集: 化学工学会 戦略企画センター
次世代エネルギー社会検討委員会
(委員長 加藤)
- 英文電子出版
- 4/18(金) 13:00- Kick-Off会議、
早稲田大学 国際会議場
- ご参画歓迎!



Welcome to
Energy Road Map
in 2015,
electronic
publishing from
Springer

[1] 加藤が編集可能なエネルギー技術で動く未来―骨太のエネルギーロードマップ2―(英語書名)、化学工業社、2010

© Yukioka Kato, Tokyo Tech, 2014 15

総合討議

Q（馬場）：加藤之貴先生に対して

- ・ ナノテク・材料として、化学蓄熱技術は大変興味深い。
- ・ 技術が実用化されるのにどのくらいかかるか。
- ・ 自動車に入ったときのインパクト（燃費など）はどのくらいあるか。

A（加藤之貴）：

- ・ 材料候補はあるので、パッケージ化する技術があると、技術開発は3年～5年でも可能と考えている。
- ・ 実装に関しては、氷を蓄熱してトラックの冷房に使う技術が実用化されている。ランニングコストは下がる。
- ・ 燃費については、東京都内のように30分以内の短時間の運転には、熱エネルギーの供給（熱ハイブリッド）システムは効果がある。自動車は始動から5分程度はエンジンを暖めることに使われ燃費が悪い。そこに蓄熱した1GJ～10GJを与えると燃費改善が可能と考えられる。

Q（関根）：加藤之貴先生に対して

- ・ 化学蓄熱材料の探索に関して、材料物性値（熱伝導、電気伝導、レドックスポテンシャル、エンタルピーなど）のデータが各分野にあるが、例えば化学反応と蓄熱のマトリックスでどれが良いかマッピングできないか。良いパラメータ・物性値の方向性を示す総合的な方策は無いのか。

A（加藤之貴）：

- ・ 基礎的なマッピングは行なわれている。
- ・ 化学蓄熱の数学モデルは30年前にフランスのチームで行なわれている。モデル化には機械系と化学系の協働が必要。
- ・ 蓄熱量と熱伝導度・スピード（時間軸）の指標でどういうものが良いかは作れるだろう。

Q（関根）：加藤博和先生に対して（都市計画）

- ・ 名古屋で一極集中をすると一人当たりのCO₂排出量が69%まで減ると示されているが、何が効いているのか。（交通システムや民生は変えないという仮定の中で）
- ・ 民生については集中化でも効果が無く、個々のエネルギー使用を減らすしかないのか。

A（加藤博和）：

- ・ 交通システムは変えていないが、利用が大きく変わっている。公共交通への転換と移動時間の短縮が効いている。
- ・ 基本的に民生での使用量は都市の構造が変わっても変わらない。ただし集約に合わせて太陽光発電など地産地消をやれば全く話は変わる。
- ・ これまでそれぞれで考えていた民生と交通を統合して考えていく必要がある。

Q（関根）：中上先生、大口先生に対して（消費者行動）

- ・フォルクスワーゲンがちょうど 40km/h の速度で走るとビンゴと表示させるような遊びをしてそれに近い速度で走るように誘導しているが、消費者の意識（行動）を変えることが、削減ポテンシャルに効く可能性はどのくらいあるか。ニッチか広がりがあるものか。

A（中上）：

- ・タバコの例では、昔はカッコいいというイメージであったが、最近は映画などで悪者が吸うというイメージになって、消費量が減っている。時間はかかるが、イメージの転換は有効。
- ・インドでは、遅刻を減らすための対策として、定時に間に合うと抽選で褒美をあげるようにしたら、褒美をもらう確率は低いが、遅刻がなくなった。
- ・見える化だけでは 1~3%程度の効果しかない。多面的な仕掛けが必要。効率の悪いビルに入っているのは CSR（企業の社会的責任）上おかしいということになれば、家主も高くても高効率のビルを作る。住宅もエネルギー効率でラベリングして、一定以上でないとは融資しないということになれば、皆がシフトしていく。
- ・いろんな分野の総力戦をやっていくことが重要である。エネルギーの世界は専門に特化して、他が入りにくい、このような発想でエンジニアリング（メタエンジニアリング）することが大事になってくる。行動経済学のように現場を見てやろうというように、みんな現場回帰している。

A（大口）：

- ・情報は皆にいきわたると情報でなくなる。自分だけに入ると価値として認識する。
- ・可視化を行うことで少し活性化されるが、その先には「慣れ」や「飽き」があって、あるところからは落ちてしまう。
- ・ゲーム性、ワクワクする要素などで多角的に刺激を与えることで、社会をある方向に向けていくことができる。
- ・価値観を社会的に共有し、子供のときから教育していくことが必要だろう。これが、社会を変えていくというイノベーションの本質ではないか。

Q（黒田）：加藤之貴先生に対して

- ・コストが気になる。良い技術があっても社会に受容されるためにはコストが効いてくる。ダーウィンの海（死の谷）があるということだが、それはコストの問題と考えてよいか？
- ・もしそうであるとする、コストの問題はかなりのスピードで払拭されると考えてよいか？

A（加藤之貴）：

- ・谷はコストである。また、電力に対する FIT はスマートで受け入れやすいが、蓄熱は地味で、蓄熱で得られる利点にまだハッピー感が不足している。
- ・コストの問題はすぐには払拭されない。材料だけではだめで、熱交換器の問題がある。車の制約に応じた技術革新が必要。熱交換器に鉄でなく熱伝導性の高いプラスチックが使えるようになると、軽くもなって熱交換器の概念が変わる。

Q（芹澤）：加藤之貴先生に対して

- ・熱利用に関してのグーグル化とは何か。
- ・見える化を狙ったグーグルパワーメーターが出たが数年前にやめてしまった。電力会社からデータを得る仕組みができなかったことと、見える化だけでは使ってもらえなかったことがあると思うが、グーグル化で何か面白いことができるのか。

A（加藤之貴）：

- ・グーグルはゲームチェンジャーで、そのインパクトは怖い。今もグーグルにカレンダー、メール、Web 閲覧、位置情報の利用を通して膨大な個人の消費行動がつかまれている。
- ・例えば、日本、米国、フランスの省エネ生活を競い合っているうちに、グーグル化で日本の省エネの強みを海外に盗まれてしまう可能性がある。グーグルは一例である。グーグルという言葉を出して、警鐘を鳴らしたかった。

Q（岩野）：加藤博和先生に対して

- ・名古屋地区で、狭い地区で価値観を共有して施策を打つことは共感するが、それをどのように世界や日本に展開していくか。

A（加藤博和）：

- ・問題意識は逆で、自治体単位ではいろんなことがやられているが、細かい単位ではやられていない。細かな単位では個人的な問題になってくる。今回検討した長者町と同じような問題は、郊外の団地とかいろんなところで起こってくるので、適用できると考えている。
- ・今回の成果は二つの展開がある。一つは長者町と似たところへの適用である。もう一つは、やったプロセスを一般化することである。後者の考え方や進め方のプロセスが全国や外国への展開に大事と考えている。

セッション 3 推進体制・方策

提言素案について

金子直哉（CRDS）

通常、CRDS が提案する戦略プロポーザルでは、研究課題をどう解決するかという戦略を必ず示すが、都市のテーマは非常に大きく多様なので、戦略に加えて 3 つの仕組みが必要ではないかという仮説をお伝えし、これについてご意見をいただきたい。

3 つの仕組みは何かというと、第一はプラットフォーム機能。組織や学術領域を超えて人が集まること、産官学が集まること、日本の場合は省庁横断ということが必要ではないか。なぜ必要かということ、このテーマで産官学の有識者と議論をすると、ある方は初期投資が大きすぎてなかなかこの領域に入れないとおっしゃる。ある方は、実はローテクが中心なので研究開発課題が見つかりにくいとおっしゃる。皆さん全体的な必要性は認めてくれるが、具体的な動きを取ることにについては多くの課題が出てきた。

我々の仮説は、そのような課題を乗り越えて、学术界も産業界も課題解決のモチベーションを高めるようなプラットフォームがよいのではないかとこの投げかけである。例えば、エネルギー効率向上がもたらす社会的利益はエネルギーそのものだけではない。一つひとつの技術だけではなく、今回は都市という総合システムで捉えられる。エネルギーのコストが安くなると、自分のお金をエネルギー以外、例えば健康維持などに回せる。多様な価値で雇用創出が増えるような見方があるのではないか。これをさまざまな人が集まりプラットフォームで議論して、これまでである意味では過小評価されてきた社会的価値を適正に見積もり、社会に示せば、学术界も産業界もモチベーションが高まるのではないかというのが 1 点目の仮説である。

もし皆さんが必要だと思ってくださるなら、どの段階で必要かということになるが、時間軸的には一般的に計画段階において必要であり、おそらく実行段階でも必要であろう。さまざまな課題があって問題が出たときに、その時点でもう一度問題を考え直して新しいビジョンを出すような意味合いである。また、国の立場でも必要であるが、最終的には地域で使われるので、国と地域の両者においてプラットフォームが必要ではないか。

第二は、2 つのテストベッド機能が要るのではないかとということ。都市のエネルギー支出は多様な要素があるので、一つひとつの技術だけでは使えるかどうか分からない。1 つは、一つひとつの機器や技術が都市のエネルギーシステム全体の中で使えるのか、使ったとしたらどんな効果があるのかということを検証するテストベッド。もう 1 つは、その上で実際に実装する地域で検証するテストベッド。先ほど加藤先生からもさまざまな話を伺えたが、こうしたテストベッドが必要ではないかということ議論していただきたい。

議論の参考として、最近、海外でいくつかの成功例を聞いたので、それを付け加える。1 つは、米国エネルギー省のエネルギーイノベーション・ハブの例である。これは、米国のグリーンイノベーションを進める仕組みとして導入された比較的大きな拠点で、5 年間で 1 億 2,200 万ドルの資金を投じている。8 つのプランのうち 5 つできているが、そのうちの 1

つ、ペンシルバニア州立大学をリーダーとする「高効率エネルギー建物ハブ」のケースが挙げられる。この枠組みでは、1 億 2,200 万ドルのうち 1,000 万ドルをインフラ整備に使えるようになっており、この資金を使って実証試験場などさまざまなものを整備している。この拠点のディレクターの話では、フィラデルフィアの海軍ヤードに造った実証試験場が、実際の都市のエネルギーシステムほどは大きくないが、さまざまな建物が設置されており、それぞれが結ばれていて、さまざまな検証ができる場になっている。これが非常にうまく動いている。つまり、そこに企業や自然科学だけではなくて人文科学の人も集まり、自分が開発したシステムを検証している。こういう動きを日本にも取り込むことにより、先ほど示したプラットフォーム機能ができるのではないかとというのが 2 点目の考えである。

第三は、結構歴史がある米国科学財団の工学研究センターの例である。この工学研究センターは、NSF が進めている基礎研究を実際に社会に実装するための仕組みで、もともと **Three Plane Strategic Model** というものが示されている。

スライドに示した一番下の階層は基礎研究をする所で、それに加えて 2 つのテストベッド機能を作ろうというものである。中間の階層はエネルギーシステムの中で有効性を検証するところ、一番上の階層は実際に使う所で検証するところで、この話で言えば地域である。一例を挙げると、まだやりかけたばかりのテストベッドで動くかどうか分からないが、工学研究センターの場合は「都市の水資源インフラ」に関して技術のテストベッドと地域のリージョナルテストベッドが当初の計画でセットされている。このような例も出ているので、皆さんからの知見もいただき、今回のテーマでどうやったらプラットフォームとテストベッドができるのか、簡単ではない部分があるが、ぜひご意見をいただければと思う。

資料も無断で複製・複製し、再配布したり、あるいは他の目的で再利用したりすることはお控えください。

資料8

高効率エネルギー利用未来都市の実現に向けた課題達成型研究開発構想ワークショップ

セッション3 推進体制・方策

© 2014 Center for Research and Development Strategy

1-1. 高効率エネルギー利用未来都市の研究開発

- 高効率エネルギー利用未来都市の研究開発を推進するには、国や自治体によるイニシアティブの発揮が重要となる。したがって「課題解決のための研究戦略」に加え、3つの仕組みの導入・強化が求められる。
- 第一に**、「社会課題を解決する科学技術について、組織や学術領域を超えて人々を集め、産官学が連携して省庁横断の議論を展開するためのプラットフォーム機能」が必要になる。
- 本プラットフォームは、学術、産業の両面において課題解決のモチベーションを高めるために、例えば次のような役割を担う。
 - ▼エネルギー効率向上がもたらす社会的利益を、建物や輸送などの個々の側面に加え、これらを統合したシステムである「都市」の視点で捉え直す。
 - ▼都市のエネルギー効率向上を、エネルギーの便益に加え、「生活の質（例えば、家計に占めるエネルギー費が削減できれば、健康維持などに費用を回せる）」、「雇用創出」などの多様な指標で価値評価することで、これまで過小評価されてきた社会的利益を適正に見積もり、社会に提示する。
 - ▼研究開発投資に見合った社会的利益をもたらす「高効率エネルギー利用未来都市のビジョン」を明らかにすることで、学術、産業の両面において課題解決のモチベーションを高める。

© 2014 Center for Research and Development Strategy

1-2. 高効率エネルギー利用未来都市の研究開発

- プラットフォーム機能は、時間軸で捉えると「計画」及び「実行」の両段階において、対象主体で捉えると「国」及び「地域」の両者において、それぞれ必要となる。
- その上で、**第二に**、「個々の研究成果（要素技術、各種機器など）」の有用性を、都市のエネルギーシステム全体の中で評価・検証するためのテストベッド機能が必要になる。
- 第三に**、「個々の研究成果の有用性を、実装する地域の特性に合わせて評価・検証するためのテストベッド機能」が必要になる。

© 2014 Center for Research and Development Strategy

2-1. テストベッド機能の参考事例／米国エネルギー省 エネルギーイノベーション・ハブ

- エネルギーイノベーション・ハブは、米国のグリーンイノベーションを促進するための研究拠点で、2010年から導入された。基礎研究、応用研究に加え、商業化に必要な工学開発までカバーした一連の活動を行うことを目的とする。
- そのために、一つのハブの中に緊密に連携した「アンダー・ワンルーフな仕組み」を築き、多様な分野のトップ人材を糾合していく。いわゆる「エネルギー分野の“ベル研究所”」を作り出すことを目指している。
- 一つのハブに対し、5年間で1億2200万ドルの研究資金を投ずる。この内、「最大1000万ドルを、建物の新築を除くインフラ整備に充当できる枠組み」となっている。
- 2010年8月に採択された「高効率エネルギー建物ハブ（Energy Efficient Buildings Hub）」の場合、上記資金を用い、ペンシルバニア州立大学をリーダーとする研究拠点をフィラデルフィア海軍ヤードに設置した。
- 「2020年までに、商業用建物のエネルギー消費を20%削減するための手段や方法を開発する」ことを目標に掲げ、設置されたアンダー・ワンルーフな環境の下で、産学連携や文理融合に基づく活動が展開されている。

© 2014 Center for Research and Development Strategy

2-2. テストベッド機能の参考事例／米国エネルギー省 エネルギーイノベーション・ハブ

- 上記の産学連携や文理融合をもたらす求心力として、「年間数十億円規模で投じられる研究資金」に加え、「ハブ内に構築された“他では得られない実証試験場（エネルギーシステム全体の中で評価・検証するためのテストベッド機能に相当）”」の存在が挙げられる。
- 「自然科学」や「社会科学」の基礎研究、システム理論を試験場に持込むことで、「研究の価値をエネルギーシステム全体の中で実証、評価できる」ことが大きな魅力となっている。

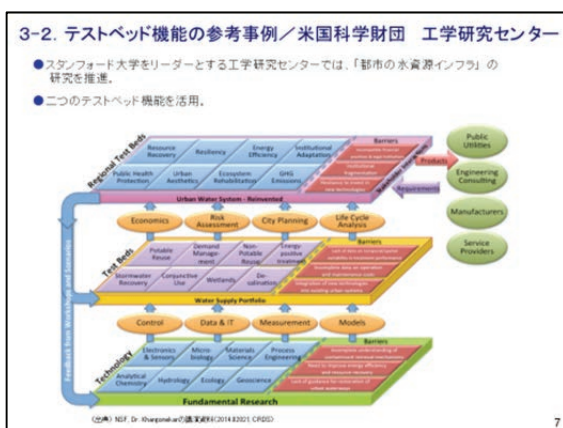
© 2014 Center for Research and Development Strategy

3-1. テストベッド機能の参考事例／米国科学財団 工学研究センター

- 実用化、製品化、システムの社会実装を最終目標とする出口志向の研究プログラム。
- 「基礎研究」「技術実証（エネルギーシステム全体の中で評価・検証するためのテストベッド機能に相当）及び「システム構築（地域の特性に合わせて評価・検証するためのテストベッド機能に相当）」の三層層を設定。
- 各層層における研究結果を相互にフィードバックする仕組み。

ERC Three Plane Strategic Model

① 出典: NSF, Dr. Khazanchi の講義資料(2014/2015), CRDSに基く



7

議論の主なポイント

1. 計画・実行のためのプラットフォーム
 - 1-1. 国や自治体の異なるセクション(府省や担当課)間での役割分担あるいは連携のあり方: ファンディング、実行時
2. 評価・検証のためのテストベッド
 - 2-1. 技術的にシステムが機能するか、社会(地域住民)が受容するか、の区別
 - 2-2. 進捗のタイムスケールが異なる研究開発の統合的推進
 - 2-3. エネルギー消費削減の実現あるいはそれへの橋渡し

© 2014
Center for Research and Development Strategy

CRDS 科学技術未来戦略 研究開発戦略センター
Center for Research and Development Strategy, Next-Generation Technology Society

8

総合討議

■テストベッド、社会実装（テストベッドで成功しても、実装できるとは限らない）

大口＞

- ・交通分野では実験室は持てないので、現場で有効性を確かめることをしてきた。「社会実験」、「実証実験」と呼ばれるものだが、多くの場合、実験が終わるとそこで終了して、社会実装にまでは至らない。
- ・教育も含めて、「実装」を実現していくための技術を検討していく必要がある。
- ・全てのステークホルダーをプラットフォーム上に集めるのは無理。ただし、議論では、他のステークホルダーについて洗い出し、皆のデメリットが最小にできることを説明することが重要。

山地＞

- ・テストベッドの考え方は魅力的である。
- ・大阪ガスのNEXT21の例は参考になる。
<https://www.osakagas.co.jp/rd/next21/>

浅見＞

- ・社会実験は、合意形成ができれば、交通の分野では多いかもしれない。
例えば、東西線。早い時間帯の通勤に割引料金を適応。しかし、実験のみ。
http://www.tokyometro.jp/news/2013/pdf/metroNews20131101_t123.pdf
<http://kenplatz.nikkeibp.co.jp/article/knp/column/20100301/539715/?ST=print>
- ・構造改革特区は、長期間続く良い例。特徴としては、市町村が名乗り出るため「熟度」がある。名乗り出る前に、ステークホルダーとの検討、専門家との検討がされているはずである。
- ・研究者が実施主体になるのは相応しくない。研究者のモチベーションにならない。研究者が社会に対して責任がとれるのかが問題。
- ・実施主体は自治体が良い。研究者は自治体にうまくアピールして、協調して進める。

加藤博＞

- ・特区は、地域が議論して決めている点で、ここでいうテストベッド（研究メインの）とは異なる。地域によっては、研究者の地域実験を快く思っていないところもある。
- ・研究者のリスクと責任、地域のリスクと責任を理解する必要がある。
- ・協議会方式が最近をよく取られている。ステークホルダーを集めて議論する場という協議会に対して補助金が出る仕組みも取り入れられてきている。

浅見＞

- ・ハウスメーカーのやり方が参考になる。顧客に様々なサービスを紹介し、選択してもらうことによって、選択されないサービスは自然に淘汰される。

■地域を対象・目的とした研究ファンディングはどこから？その規模は？評価は？プロジェクトを通じた大学での教育や研究の成果、論文はどうなるか？

加藤博＞

- ・名古屋・長者町を対象のシステム研究は、環境省の環境研究総合推進費で行った。3年で1.4億円。研究者は全部で18名（土木、建築、政策、エネルギー等の分野から）。環境省の評価はA、政策に反映したいとのこと（政策面における評価のみ）。環境省のため、人材育成等については見ていない。
- ・論文について；例えば、プロジェクトに参画した社会人学生の博士論文の内容は「ライフスタイル」「都市構造」「CO₂」3つのキーワードとしている。これら3つと一緒に論じることはこれまであまり見られない。

中上＞

（同様のプロジェクトを評価する立場から）環境省は自治体との繋がりが少ない。プロジェクトでいかに地域の当事者を巻き込むかが重要。

浅見＞

実証の際に、地域の資金持出しで進めるのは難しい。資金の出し方についても工夫が必要。

（冒頭発表にあるように、アメリカはインフラ整備に1000万ドルを国から出している）

■テストベッド、実証試験を行う場所

関根＞

- ・DIDの中央部にテストベッドを作るのが有効ではないか？都市再生緊急整備地域などの大型街区において、自治体と特定のデベロッパーが主導してテストベッド化することにより、少ないステークホルダーによる速やかな意思決定が期待できる。

浅見＞

- ・環境未来都市、特定再生都市の方がテストベッドになりやすい。
人が少ない場所の方が、ステークホルダーが少なく、意思決定が容易だから（関根補足）。
- ・「大丸有」では、地主の三菱地所を中心に実証試験を行っている。大阪の「キタ」（大阪駅北地区）でも町おこしのためにやっている
- ・都市の規模で、テストのやり方が異なるのでは？

セッション 4

コメント1：岩野和生（CRDS）

これまで私自身が悩んできた問題意識と似ている。社会デザインに関わっているのは、社会インフラと社会サービス（ビジネスに関わっている）、社会と科学技術。JSTはR&Dへ投資したいが、社会的インパクトを起こしたいことの間に乖離がある。インパクトを与えるには個別に深く入る必要がある。広く影響を与えるには汎用性を考えなければならない。汎用性とインパクトを考えると、必ず社会インフラや社会サービスに持って行く必要がある。北九州市のスマートコミュニティの例では実証実験はうまくいったが、次のステップどうするか、持続可能なビジネスに移行できるかが現在の論点になっている。

R&Dに投資することと、社会的インパクトを結び合わせるところを何かやらなければ、R&Dに投資することができなくなる。それ自身が研究対象になりうる。インパクトが見えるようなモデル化の研究やメカニズム・デザインの研究など。

エネルギーを高効率化するということは、平滑化する、コンパクト化することだが、IT的に見ると仮想化、共有化、標準化である。ITの世界では仮想化が大事な概念。都市の設計でも仮想化することが大事。仮想化すると標準化でき、サービスの共有化ができる。つまり、あるセグメントのオペレーションを束ねることができる。その仕組みを利用することで、汎用化できるのではないか。これはクラウドコンピューティングの本質。このようにすれば、インパクトを計ることをモデル化できるのではないか。

価値観の共有と合意形成、納得性を持てることが必要。これはインパクトのモデル化と見える化である。こういう仕組みこそが高効率都市でも必要ではないか。科学技術から社会への適用というところに、インフラや制度や人の心がある。

コメント2：黒田昌裕（CRDS）

今回の課題は“社会的期待を科学技術でいかに実現するか”ということから始まった。エネルギー問題の3Eをいかに達成するかという社会的期待を都市のエネルギー高効率化という観点に絞ってとり扱った。

セッション1でのコメントで、再度、考える必要があるのは、エネルギー問題はマクロに扱われてきたがミクロに扱う必要があること。都市の特徴をいかに出すか。例えば、ポテンシャル計算の際に平均値を用いては議論できない。同時に、都市に焦点をあてると、解決すべきことはエネルギーだけではなく様々な問題がある。なぜ今、エネルギーに絞るのか、その結果、都市問題のどの部分が解決するのか、我々自身に問いかけが必要。その意味では、今日、貴重なご提案をいただいた。

セッション2では、すばらしい科学技術を勉強させて頂いた。スマートなシステムを作ることや交通の問題にしても、ソフトとハードがいかに対応していて、社会経済の中で受容されるための研究することが必要。中上先生は消費者行動・消費者目線で考えエネルギー問題を指摘された。ファンディング機関として、その視点に目を向けたファンディングがどうできるのか、これも大きな課題。加藤先生（名大）からは、実証実験の例として大きな示唆をいただいた。実証実験の観点から考えると、都市のサイズや都市の特殊性をどこまで一般化することができるのかを考えておく必要がある。山形（庄内）にいるとき、地

方は難しいと思った。中央の目線ではまったく実証できない。住民の関心をひきつけて、行動へのインセンティブを明確にすることが重要で、そうしたことも含めた科学技術政策の研究が必要である。加藤先生（東工大）の話は面白く拝聴させて頂いた。熱のマーケットと熱技術との間にあるダーウィンの谷間をどう埋めていくか。これはファンディング機関としての大きな課題である。

「科学技術政策のための科学」に関わってきたが、アメリカのノーマン・ニューライター氏（科学技術補佐官）から、日本で科学技術政策をうまく進めるにはまず縦割り行政を打破する必要がある、と言われた。アメリカでは、問題が提起されてすぐ後に、13省庁による合同WGを発足させて、「科学技術政策の科学」の議論を開始した。日本ではなかなかそういかない。

統計や科学技術政策において、アカデミアの責任が重いと思う。基礎統計の必要性をアカデミアがもっと積極的に発信していくべき。実際に自ら統計を作ってみる必要がある。

総合討議

●浅見：

日本で科学技術というと理科系の技術と思われることが多いが、社会科学や人文科学など文科系の技術も含めて捉えなおすことが重要。とくに都市などを扱う場合には（重要）。

「メカニズム・デザイン」は経済学では社会をよりよくするための仕組みをつくるための分析計算である。工学や理学の分野でもこういう概念を積極的に入れていくことが必要。

社会のあり方、改善の仕方を考えられるようになるはず。技術を小さくとらえ過ぎてているが、社会を改革するためにはいろいろな技術開発があり、類似の影響を社会に及ぼせる。そういうアクティビティの根源をここから発信してほしい。

●芹澤：

これまで電力関係は保守的であった。ただし使命感も強く、エネルギー供給における信頼性を重視してきた。今後は需要サイドに視点が移り、考え方が変わってくる。さらに広げて地域、都市など全体を考慮した仕組みが必要になる。こういう流れは全体最適性や効率化を目指す電力会社にとっても重要である。

一般家庭のエネルギーの月額コストは1万円ぐらいだが、通信費（2万～3万円）に比べるとエネルギー代を控えるという気持ちになりにくい状況かもしれない。面白い仕組みを導入することで考え方も変わるのではないかな。

質問だが、資料3のP.6の5つのテーマは連携して取り組んで進めているのか。

⇒A) 現状は、5つのテーマごとに取り組んでいる。全部に取り組むことはできないので、論理的な優先付をして一つずつ進めている。（笠木）

●中上：

日本のものづくりは世界最先端かもしれないが、それがどのように使われているか理解してない。アメリカで日本のリモコンの性能を比較した。日本のリモコン機能は高いが使い勝手が悪い。携帯電話などがいい例。使う側が悪いとも言いたげだ。また、家電は量販店が販売し、モノに対する消費者の要望は直接メーカーには届かない。また、ガス会社で

はガスが危険なものという発想から始まったので、昔は一気通貫で末端まで扱っていた。天然ガスに変わって販売会社を分けた。本社が現場を知らなくなっている。本当に現場の事情を分かっているか。実情を知らないで過剰機能、過剰対応。やはり現場が大切。

(住宅会社は) 団地を作っても手離れを早くしたい。これまでは手間暇かけて現場を這いつくばって見てきたが、ビッグデータを扱えるようになったので、今までとは違う解決法があるのではないかと。統計も同様。スマートメータなどが出てくると簡単に統計が使えるようになるが。科学は社会科学の人が重要。理系はすぐ数字を出しがちで、それだと逃げていってしまう。

●加藤博和 (名大) :

現場に這いつくばって取り組んでいる方の多くは、そこでなんとかしようと懸命になっているが、それを一般化して学術にしようとは考えていない(考えられない)。特殊化した世界で王国を築きがち。逆に一般論で机上で議論する人は実際の世の中で通じるかどうかは関与しない。その両者のインタープリターになりたい。難しいことも分かるが、現場も分かるような研究者になりたい。そういう人が閉じこもらないように、積極的に評価してあげるべき。

私は地域の臨床医を目指してやってきた。名古屋大学で臨床環境学コンサルティングファームが始まる。縁結びの仕事。現状は、地域は大学や学術から遠い。つなげることで新しい興味を先生に呼び起こしてほしい、新しい知見が出ればいい。地域の人も大学や学術に信頼関係ができれば、世の中に役立つ新しい学問領域ができれば良い。こういうことを評価してもらうにはどうしたらよいか。

●加藤之貴 (東工大) :

エネルギーシステムの研究をやってきたが、これらは業績にならない。

今回の WS 都市という対象は困惑した。東京は未来都市だと思う。外国人はそういう。携帯で新幹線の切符予約ができ、電車は定時運行しているなど。個人的には東京はこのままで、変わってほしくないと思う。むしろエネルギー技術は街と自然の両方ある地方都市で生きてくるのではないかと。

今回、視点で何が足りなかったか。リスクに対する対応とエネルギーをどう結び付けるか。電気を貯める。ダーウィンの谷を考えると FIT は破綻するのではないかと。冗長性を逆手にとって熱システムを提言していきたい。

最近の若い人は車に乗らない。漫画を読まない。もっともエネルギーを使わない世代ではないか。今やっている議論は次の世代につながらないのではないかと。しかし、熱の研究課題はある。DOE の審査をしたことがあるが、彼らの審査はプラクティク。シャープな公募をして、玉石混合だがさまざまな人が応募してくる。理学部系の人間でもやる気が出るような、応募できるような公募があれば。

閉会挨拶

本ワークショップでは都市という枠組みで捉えることの意義を参加者と共有できた。その他にも多くの貴重なご意見をいただくことができ、色々なキーポイントもあった。それらを、今後、提言に反映させていきたい。

社会的期待に応える構成的な研究は、今後、社会的な課題の解決に向けた全体設計をしたり、異なる分野の基礎研究を繋げたりすることによって得られる知見を、いかに知的資本化し、産業競争力へと昇華できるかということが大きな課題となる。これは恐らく、21世紀の科学として、これからより多くの人がチャレンジしなくてはならない。CRDS もその道筋を見つけていかなくてはならないし、実現に向けて国が推進する研究開発戦略のデザインということをこれからも目指したい。

■ワークショップ企画メンバー■

総括責任者	笠木 伸英	副センター長・上席フェロー	(環境・エネルギーユニット)
	黒田 昌裕	上席フェロー	
	中村 亮二	フェロー	(環境・エネルギーユニット)
	馬場 寿夫	フェロー	(ナノテクノロジー・材料ユニット)
	金子 直哉	フェロー	(海外動向ユニット)
	斎藤 広明	フェロー	(環境・エネルギーユニット)
	鈴木 至	フェロー	(環境・エネルギーユニット)
	関根 泰	フェロー	(環境・エネルギーユニット)
	渡辺 美代子	フェロー	(環境・エネルギーユニット)
	的場 正憲	フェロー	(情報科学技術ユニット)
	邢 嘉驊	フェロー	(システム科学ユニット)

※お問い合わせ等は下記ユニットまでお願いいたします。

CRDS-FY2014-WR-05

科学技術未来戦略ワークショップ

「高効率エネルギー利用未来都市の実現に向けた 課題達成型研究開発構想ワークショップ」 報告書

平成26年4月16日（水）開催

平成26年10月 October, 2014

ISBN 978-4-88890-406-3

独立行政法人 科学技術振興機構 研究開発戦略センター 環境・エネルギーユニット
Environment and Energy Unit, Center for Research and Development Strategy
Japan Science and Technology Agency

〒102-0076 東京都千代田区五番町 7 K's 五番町

電話 03-5214-7481 (代表)

ファックス 03-5214-7385

<http://crds.jst.go.jp/>

©2014 JST/CRDS

許可無く複写／複製することを禁じます。

引用を行う際は、必ず出典を記述願います。

No part of this publication may be reproduced, copied, transmitted or translated without written permission.

Application should be sent to crds@jst.go.jp. Any quotations must be appropriately acknowledged.

