

# 「都市におけるIoTの活用」

---

**2020年度 第2回研究会**

**2020年10月26日 アジア太平洋研究所**

# 2020年度研究会の開催計画



	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
研究会		第1回 ELSI シブツテック		第2回 エネルギー		第3回 (企画)		第4回 (企画) (CES報告)	
フォーラム							(企画)		
視察調査				CEATEC 2020(web)			CES2021 (web)		
報告書									報告書作成→

※第3回～第4回研究会のテーマは企画

## 【参考：地元行政・財界等の取り組み】

大阪府・市 大阪スマートシティ戦略会議		大阪スマートシティパートナーズフォーラム発足							
関西経済連合会 都市OS実務者ワーキング	第1回(6月) 活動計画		第2回 社会課題解決 戦略策定	第3回 マネジメント 組織		(都市OS 実証実験)	第4回 データ流通 マネジメント		第5回 振り返り 次年度計画
大阪商工会議所	スマートウェルネスシティ オンラインセミナー(第1回)	スマートウェルネスシティ オンラインセミナー(第2回)	スーパーシティ シンポジウム						
万博						基本計画発表			

# 今回のテーマ(エネルギー)について

---

# エネルギー需給をめぐる背景と今後の方向性

日本はようやく削減目標を明示する

<b>EU</b> 2050年までに実質ゼロ	<b>日本</b> [50年に実質ゼロ]を明示へ	<b>米国</b> 大統領選の結果次第で欧州と連携
<b>日本</b> ※50年までに80%削減 21世紀後半の早期に脱炭素社会を実現	<b>中国</b> 先進国が対策を先行すべきと主張	<b>中国</b> 60年までに実質ゼロ
<b>ブラジル</b> 30年までに05年より43%削減	<b>米国</b> ※50年までに80%以上削減 トランプ政権はパリ協定離脱を表明	

(出所) 国連気候変動枠組条約 (UNFCCC) の資料など。  
※は基準年の記載なし

## 産業構造の転換迫る

50年に排出量を全体としてゼロにし、脱炭素社会の実現を目指す。50年に二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)など

政府が温暖化ガス(3面きょうのことば)の排出量を2050年に実質ゼロにする目標を掲げることが分かった。菅義偉首相が26日、就任後の所信表明演説で方針を示す。欧州連合(EU)は19年に同様の目標を立てており、日本もようやく追いつける。高い基準の国際公約を達成するため、日本は産業構造の転換を迫られる。(関連記事4、5面に)

## 首相、所信表明で方針

# 温暖化ガス 2050年実質ゼロ

環境問題に消極的だ」と批判を受けてきた。「50年に実質ゼロ」は環境対策で先行するEUが同様の目標を掲げている。地球温暖化防止の国際枠組み「パリ協定」では「産業革命前からの気温上昇を1.5度以内に抑える」との目標を示しており、これを満たすための水準だ。EUは前倒しも検討している。目標実現に向け英国やフランス、ドイツは温暖化ガスの排出量が多い石炭火力の全廃を決めた。日本は21年夏をメドにエネルギー基本計画を改定するが、大幅な変更が必要だ。現行計画は30年度の電源構成について原子力発電を20%、太陽光や風力などの再生可能エネルギーを22%、24%、56%を石炭や液化天然ガス(LNG)など火力発電と定めている。梶山弘志経済産業相は日本経済新聞のインタビューで「(再生エネを)

出所：日本経済新聞  
2020年10月22日 朝刊1面

# エネルギー需給をめぐる背景と今後の方向性

## パリ協定(2015年12月)への対応 (脱炭素化)

- ・2050年までに80%の温室効果ガス排出削減 ⇒ **2050年に実質ゼロを目標に**
- ・2030年度には、2013年度比26%の排出削減化の進行

## 第5次エネルギー基本計画(2018年7月)

- ・徹底した省エネルギー社会の実現
  - ・AI/IoTやビッグデータを活用し、**複数事業者や機器の相互連携による新たな省エネの取り組み推進が必要**
  - ・エネルギー使用実態に関するデータの更なる活用が重要
- ・再生可能エネルギーの主力電源化
- ・エネルギー自立の観点から、電化、水素化の進行

## 令和元年度 エネルギーに関する年次報告(2020年6月)

- ・「脱炭素化社会に向けた電力レジリエンス小委員会」での議論を下記する。

### 電力ネットワークを取り巻く5つの構造変化

- ・再エネの主力電源化のための系統増強の必要性
- ・電力インフラのレジリエンス向上の必要性  
(ブラックアウト防止、地域間連系線等)
- ・既存の送配電設備の更新投資の必要性
- ・**デジタル化の進展と対応の必要性**  
(VPPやデマレス等による電気の流れの全体最適化)
- ・**電力需要見通しの不透明化(人口減少に伴う電力需要減、一部都市の人口流入、電化の進展等による電力需要増)**

### 今後のネットワーク改革に向けて必要となる検討事項 (5つの方向性)

- ① ネットワーク形成の在り方の改革
- ② 費用の抑制と公平な負担
- ③ 託送料金制度改革
- ④ 次世代型の送配電への転換
- ⑤ レジリエンス・災害対応強化

# SDGsからみた、日本・大阪のエネルギー需給

SDGsの観点からも、再生可能エネルギーはさらに利用拡大が必要。

- ・SDGs7(エネルギーをみんなにそしてクリーンに)で日本の相対評価は概ね高い。
- ・ただし「最終エネルギー総消費量に占める再生可能エネルギーの割合」は低評価。

## ◆国際的な日本の評価 「C」

- 「A」 電力にアクセスできる人口 (%)
- 「A」 クリーンな化石燃料と加工技術へのアクセスできる人口 (%)
- 「D」 最終エネルギー総消費量に占める再生可能エネルギーの割合 (%)
- 「B」 燃料の燃焼/発電によるCO2排出量 (MtCO<sub>2</sub> / TWh) 等

達成状況を、A>B>C>Dとして表示。  
カッコ内の矢印は2010年からの進捗状況  
出典：国連持続可能な開発ソリューション・ネットワーク (2019)

- ・大阪府は国内比較でみると、再生可能エネルギー発電設備の導入量は平均を超えるが、「新エネルギーの発電割合」の順位が低い。

## 再生可能エネルギー発電設備導入状況

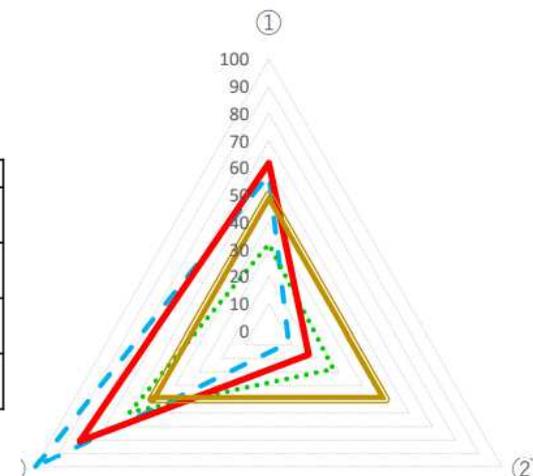


## (国内比較の個別指標の分析) 「B」

	個別評価・指標値		
	大阪	東京	愛知
①人口当たりの電力エネルギー消費量 (電力エネルギー消費量/人口)	B 61.7	B 57.45	C 31.91
②新エネルギー発電割合 (新エネルギー発電量/全てのエネルギー発電量)	D 17.02	D 8.51	C 27.66
③エネルギー消費量当たりの県内総生産 (県内総生産/エネルギー消費量)	A 80.85	A 100	B 59.57

指標 (スコア) を4段階で表示 (100以下「A」、75以下「B」、50以下「C」、25以下「D」)

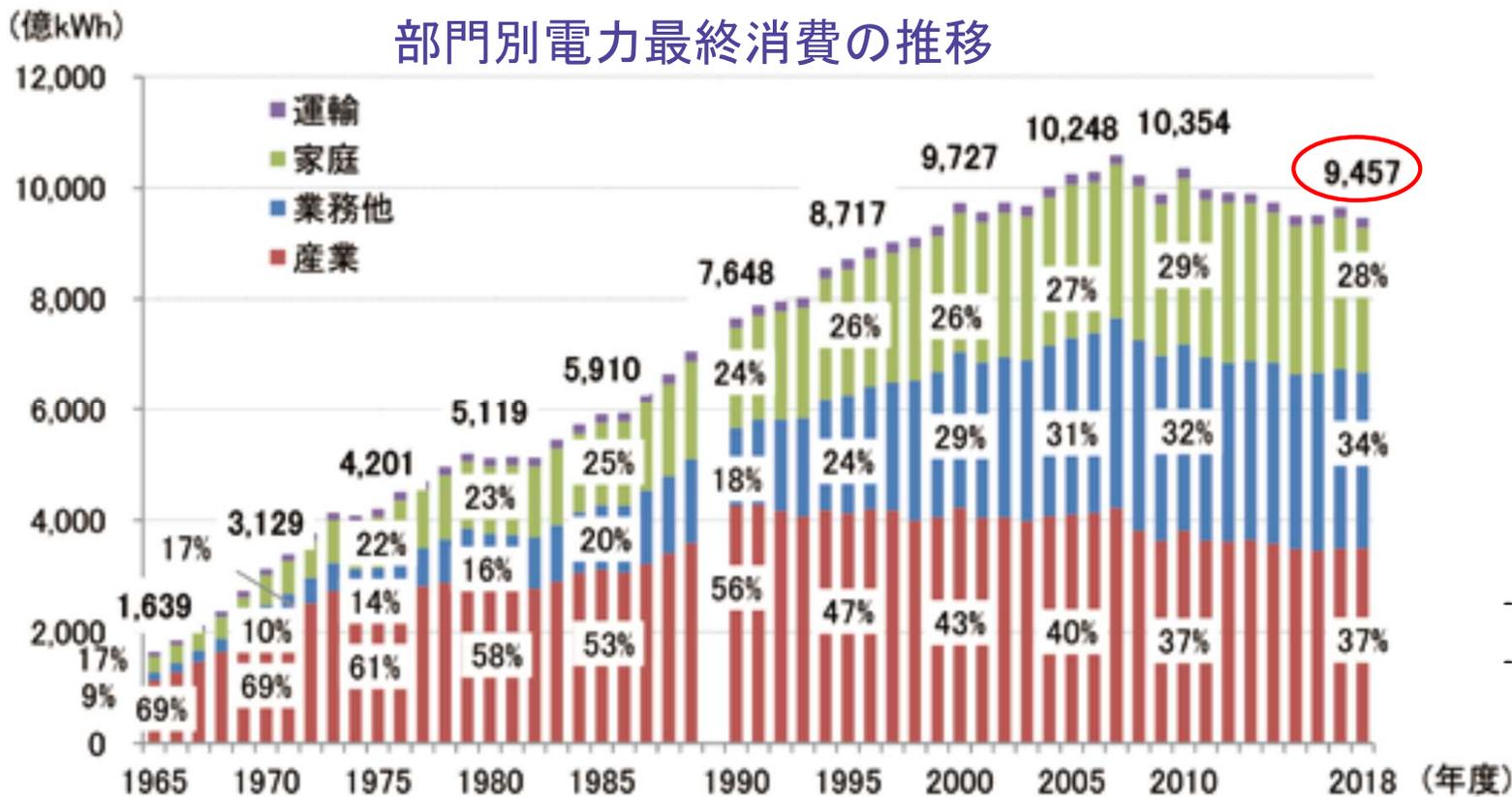
— 東京都 — 愛知県 — 大阪府 — 平均



統計データを国内全都道府県・市町村別に集計し、最大値を100、最小値を0とする指数に換算

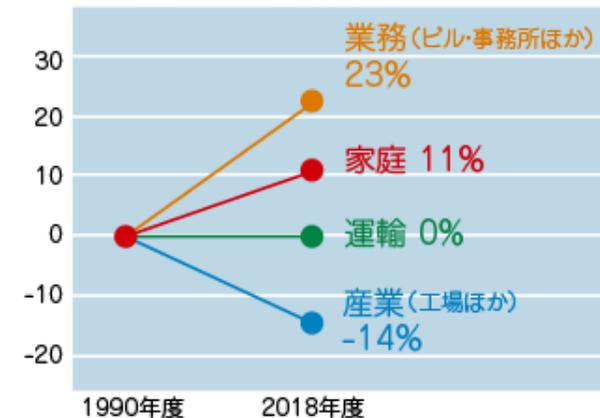
# 部門別電力最終消費の推移

- ・電力需要全体の将来予測は、増・減とも大きな要因があるため困難(次ページ)。
- ・民生部門(業務・家庭)で増大傾向のエネルギー消費を特に削減する必要がある。



わが国では特に  
民生部門(業務・  
家庭)のエネルギー  
消費が増えて  
います

1990年度—2018年度比(%)



<http://www.shouene-kaden2.net/know/energy.html>

(注1)「総合エネルギー統計」は、1990年度以降、数値の算出方法が変更されている。

(注2) 民生は家庭部門及び業務他部門(第三次産業)。産業は農林水産建設業及び製造業。

出典: 資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」を基に作成

(令和元年度エネルギーに関する年次報告、p. 152. 図 第214-I-1, <https://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2020pdf/>)

# 増加要因の例：データトラフィックの増大

- データトラフィックは、動画を中心に引き続き増大。これに伴う電力消費の急増が見込まれ、都市のエネルギー需給を持続可能にするための施策が必要。

- デジタル化の進展に伴い、データ流通は増大している。Cisco (2019) によると、世界のトラフィックは2018年から2021年にかけて、2倍に増加し、2021年には1ヶ月あたり319エクサバイトに達すると予測されている。
- また、世界中の全 IP トラフィック(ビジネスとコンシューマの両方)に占める IP ビデオトラフィックの割合は、2017 年の 75 % から 2022 年には 82 % に増加する見込みとなっている。

出所：令和元年版情報通信白書, p. 47.



出所：令和元年版情報通信白書, p. 47, 図I-2-I-2.

表 8 IT 関連の消費電力予測

IT 関連消費電力予測	2016 年	2030 年	2050 年
IP トラフィック (ZB/年)	4.7	170	20,200
消費電力 (国内: TWh/年)	41	1,480	176,200
消費電力 (世界: TWh/年)	1,170	42,300	5,030,000

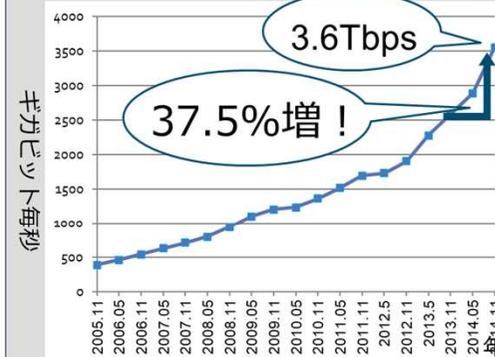
出所(図・文とも)：

国立研究開発法人科学技術振興機構低炭素社会戦略センター(2019)

<https://www.jst.go.jp/lcs/pdf/fy2018-pp-15.pdf>

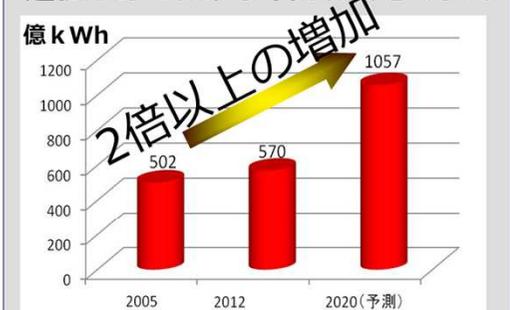
## 情報流通量と電力消費の動向 (2015年の評価)

### 我が国のトラフィック推移



総務省我が国のインターネットトラフィックの現状(平成27年4月3日発表)

### 技術革新がない場合の通信分野における年間消費電力予測



「2020年におけるICTによるCO2削減効果」  
グローバル時代におけるICT政策に関するタスクフォース  
地球的課題検討部会 環境問題対応ワーキンググループより抜粋

**超高速・大容量で効率的なネットワークインフラが必須**

テラ：1,000,000,000,000 (一兆) ギガ：1,000,000,000 (十億)  
半角英数字1文字 = 8ビット、A4 1枚4000文字と換算

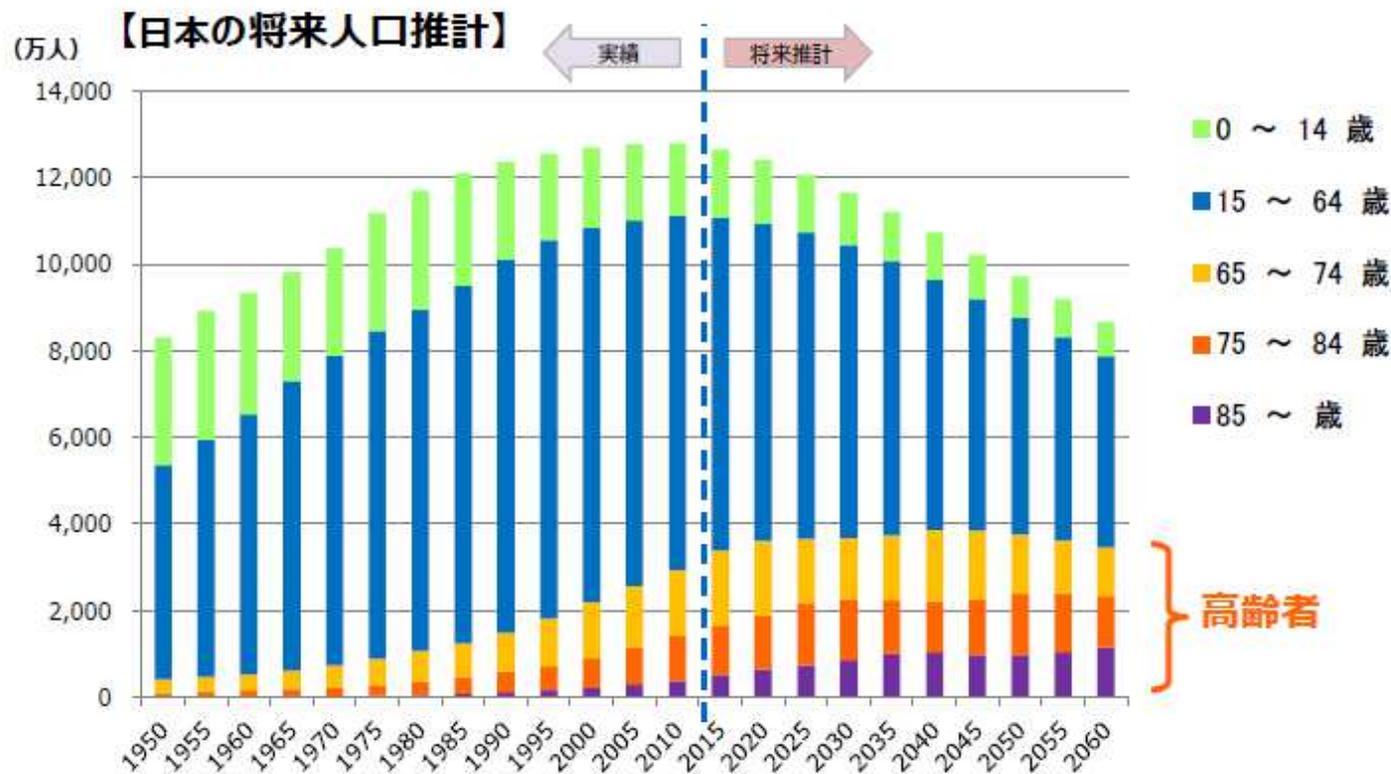
# 減少要因の例：人口減少

- 日本の人口は2050年までに、およそ20%減少見込み。これに伴う減少が見込まれる。

## 日本の人口構造（超高齢社会の意味）



- 社会の高齢化率が急速に高まる中、社会保障費の拡大が財政を圧迫する要因となるとともに、労働力の減少に伴う経済活動の停滞が懸念される。
- 他方、65歳以上の高齢者人口は横ばい。急速な高齢化は若年層の減少が原因。

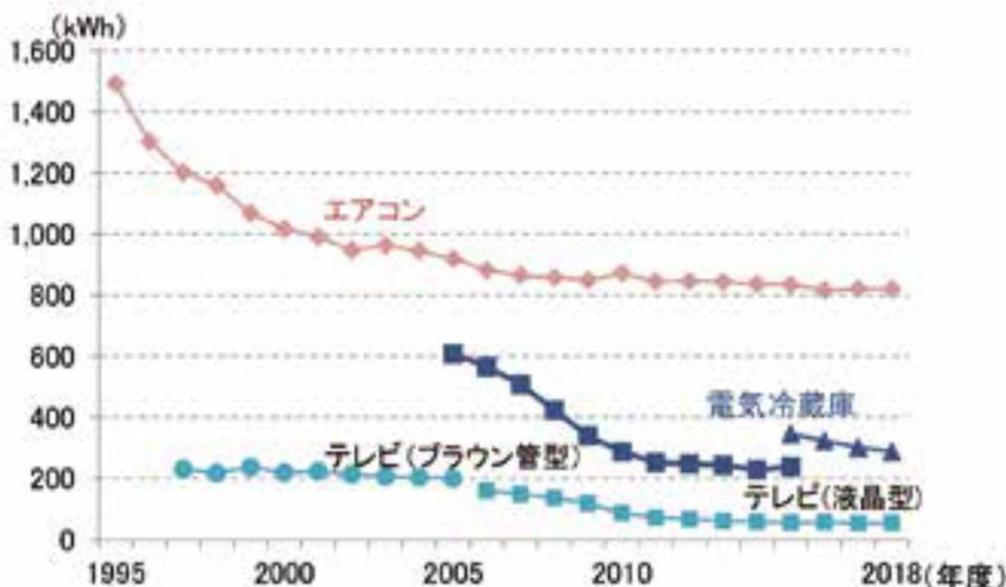


出典：「次世代ヘルスケア産業の創出に向けて」平成29年3月，経済産業省。

# 減少要因の例：技術進歩

- ・家電の省エネは頭打ち傾向だが、ICTハードの省エネは引き続き進展する見込み。

## 主要家電製品のエネルギー効率の変化



(注1) エアコンは冷房・暖房期間中の電力消費量。冷暖房兼用・壁掛け型・冷房能力2.8kWクラス・省エネルギー型の代表機種の単純平均値。  
 (注2) 電気冷蔵庫は年間消費電力量。定格内容積400lとする場合。定格内容積当たりの年間消費電力量は主力製品(定格内容積401～450l)の単純平均値を使用。2015年度以降JIS規格が改訂されている。  
 (注3) テレビは年間電力消費量。ワイド32型のカatalog値の単純平均値。  
 出典：資源エネルギー庁、省エネルギーセンター「省エネ性能カタログ」等を基に作成

出所：令和元年度エネルギーに関する年次報告 p.114、図 第212-2-5.

## 技術進歩：

- ・データセンター (Power Usage Effectiveness(PUE))：  
 理論上1.0が限界で、空調など非ICT機器の省エネで改善。2005年ごろはPUE=1.9程度だったが、最新のデータセンターではPUE=1.2～1.5程度を達成。  
 →12年でPUEは20%以上改善してきた。
- ・半導体回路の微細化：ムーアの法則(1.5年で回路の集積度2倍)に従って、消費電力も低減されるという経験則がある。  
 →加工寸法が15～20nmに達している現在、今後の微細加工がこの経験則に従うかは定かではなく、また3次元化する場合に除熱の問題もあると考えられる。
- ・その他：液浸、ヒートポンプなどの冷却方法の工夫、必要なとき以外は動作しない(スマート化)など

出所：  
 情報化社会の進展がエネルギー消費に与える影響(Vol.1),  
 2019年3月, 国立研究開発法人科学技術振興機構低炭素社会戦略センター。  
<https://www.jst.go.jp/lcs/pdf/fy2018-pp-15.pdf>

# 行動変容、連携による省エネ施策

- ・業務・家庭部門に対しては、従来の、機器・建材に対するトップランナー制度や、ZEB/ZEHの普及推進に加えて、需要側の行動変容や連携による省エネを促す取組が進められている。

・エネルギー消費機器や建材のトップランナー制度、工場・事業場の設置者に対する、省エネ法に基づく判断基準(中長期的に年度平均1%以上の低減)の提示、ZEB・ZEHの普及推進が進められてきた。

## ・情報発信による行動変容【家庭分野・運輸分野】

・**低炭素型の行動変容を促す情報発信(ナッジ)**等による家庭等の自発的対策推進事業(エネルギー消費やCO<sub>2</sub>排出実態に関するデータを収集、解析し、ナッジやブースト等の行動インサイトとAI/IoT等の先端技術を組合せたBI-Techにより、一人ひとりにパーソナライズされたメッセージをフィードバックし、低炭素型の行動変容を促している。

・**行動科学の知見に基づく省エネアドバイス等を記載した紙媒体のレポートを一般世帯に送付**。送付開始後1年間で、地域毎に1%から2%強の省エネ・省CO<sub>2</sub>効果が統計的に有意に確認された。スマホアプリで使用量の見える化、使用量の変化に対するアラートメッセージを送る等で、3%強の省エネ・省CO<sub>2</sub>効果が統計的に有意に確認された。【家庭】

## ・複数企業が連携した省エネ取組の認定【産業分野】:

2018年6月の省エネ法改正では、**複数の企業が連携する省エネ取組**を「連携省エネルギー計画」として認定し、省エネ量を企業間で分配して報告することを認めた。

(令和元年度エネルギーに関する年次報告、p. 243.

<https://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2020pdf/>)

# 大阪府・市での施策の例

## ・再生可能エネルギー導入の拡大

大阪府・市は共同で、2014年に「おおさかエネルギー地産地消推進プラン」を策定。

出典：<http://www.pref.osaka.lg.jp/attach/21539/00000000/plan.pdf>

## ・ナッジを活用した省エネ行動の促進

大阪府では、転入者数が府内トップレベルである吹田市において、2018～19年にかけて、ナッジの活用による効果検証を実施。

具体的には、引っ越し時の「実態調査アンケート」と、「後日アンケート」による行動変容を検証した。また、実態調査後の啓発リーフレットの配付の有無による差異を検証した。

出典：「「ナッジ」を活用した啓発による省エネ行動促進の取組みについて」大阪府  
<http://www.pref.osaka.lg.jp/eneseisaku/nudge/index.html>

## ・建物間の電力・熱の連携促進

大阪市では、市内中心部の業務集積地区において、複数の建物を熱導管や電力自営線で繋ぎ、建物間で電力や熱の融通をするシステム「エネルギー面的利用」の導入を支援。

出典：「大阪市におけるエネルギー面的利用の促進について」大阪市環境局 平成30年11月改訂 大阪市  
[http://www.pref.osaka.lg.jp/attach/2428/00000000/kankyohairyo\\_manyuaru\\_H3011.pdf](http://www.pref.osaka.lg.jp/attach/2428/00000000/kankyohairyo_manyuaru_H3011.pdf)

# 需要側の需要量の抑制(ディマンドリスポンス)

需要家側で広域の需要量を抑制・制御する手法として、2段階のアプローチが進められている。

## ①時間帯に対応して有意な電気料金の価格差を設ける(ダイナミックプライシングを含む)

- ・2011～2015年にかけて、全国で4つの実証実験が行われた。
- ・さらに一般消費者へ浸透を狙い、スマートメーター導入、小売事業自由化による環境作り等

### 【参考】四地域実証の概要

- 平成23年度から平成26年度まで、様々なパターンの代表例を構成する全国4つの地域(横浜市、豊田市、けいはんな市、北九州市)で、大規模なスマートコミュニティ実証事業を展開。

#### 住宅団地型

住宅約700戸等を対象とし、系統の状況に応じて需要サイドで追従を行う実証を実施。また、家庭部門のより一層の省エネに向けた電力会社による省エネコンサルを実施。(関西電力・三菱電機・三菱重工)

けいはんな学研都市

#### 広域大都市型

住宅約4000戸、大規模ビル等約10棟を対象とした大規模な実証。また、大型蓄電池等を統合的に管理することで、仮想的に大規模発電所と見立てる実証を実施。(東芝・東京電力)

横浜市

#### 北九州市

##### 地方中核都市型

新日鐵住金の特定供給エリアで実証。コジエネをベースロード電源と見立て、需要家180戸において、需給状況に応じて電力料金を変動させるダイナミックプライシングの実証を実施。(富士電機・新日鐵住金)

#### 豊田市

##### 戸別住宅型

創エネ、蓄エネ機器を導入した67戸の新築住宅を中心とし、地産地消を行う実証を実施。また、暮らしの中における次世代自動車を含む次世代交通システムを実証。(トヨタ自動車・中部電力)

図の出所: 次世代エネルギー・社会システム実証事業～総括と今後について～, 平成28年6月7日, p. 6  
(次世代エネルギー・社会システム協議会(第18回)-配布資料) 資源エネルギー庁 省エネルギー・新エネルギー部

# 需要側の需要量の抑制(ディマンドリスポンス)

## ②次の段階として、需要量の抑制の定量的な管理

分散した需要からの需要削減と集約(アグリゲーション)、ネガワット取引

⇒2017年4月にネガワット取引市場を創設。

⇒2017年11月に、デマンドレスポンスや、需要家の小規模設備をネットワーク化・制御して発電所と同等の機能を提供する、バーチャルパワープラント(VPP)等の事業者に対する「エネルギー・リソース・アグリゲーション・ビジネスに関するガイドライン」を公表。

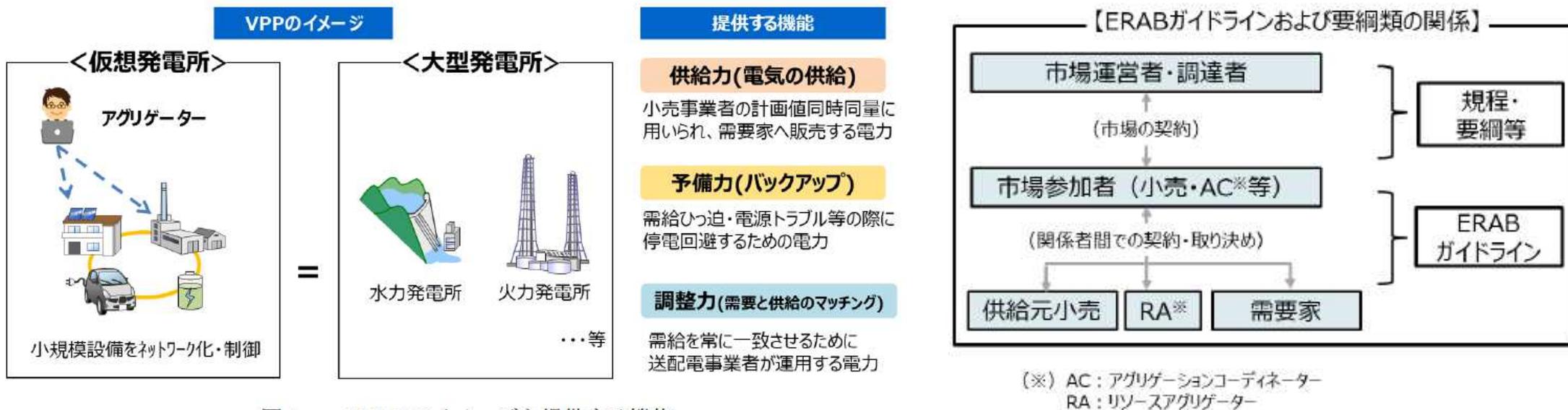


図1 VPPのイメージと提供する機能

図の出所: エネルギー・リソース・アグリゲーション・ビジネスに関するガイドライン, 2020年6月改訂, p. 2およびp. 5, 資源エネルギー庁

# 本日のご講演について

---

○SDGsの目標達成の流れの中で、脱炭素社会の実現、再エネ型経済社会の創造が現在議論されている。そのような背景の中で、北九州市で行われたスマートグリッド実証実験の成果とその意義について、生活習慣や心理的バイアスをはじめとする人間行動や、AI、IoT等にも触れつつご紹介いただく。

○ご講演者：北九州市立大学 経済学部 教授 牛房義明先生

○議論したい論点の例：

- ・人間行動を省エネに誘導するアプローチには、どのようなものがあるか
- ・それぞれのアプローチを、「効率性」と「公平性」から比較するとどうか  
(以下の3つはアプローチ例と、ELSIから考えられる論点の例)
  - 1) 価格メカニズムの利用(環境税(炭素税)アプローチ、ダイナミックプライシングの利用などの比較を含む) ⇒ どこまでの価格差が社会的に許容されるか
  - 2) エネルギーの見える化、社会規範の活用などの「ナッジ」(消費者の持つ心理バイアスを逆に利用する) ⇒ 有効性と倫理性をどう評価するか
  - 3) 人々の良心に訴えかけて省エネをお願いする  
⇒ 「正直者が損をする」ことにならないか

## 講演② 「AI, IoT時代に進化するビルディングオートメーション」

- 建築設備においても、ZEB(ZEH)実現を目指したエネルギーマネジメントの高度化は絶えず求められており、さらに広域・VPP等、より広汎な連携も進められている。スマートシティ、スマート社会の実現に向けて、建物設備におけるAI・IoTの活用、今後のスマートビルのトレンド、ビルオートメーションシステムの役割を紹介いただく。
- ご講演者：アズビル株式会社 AIソリューション推進部 企画グループ  
シニアエンジニア 近田 智洋様

## ○議論したい論点の例：

- ・「人間中心の環境作り」と「全体最適」との折り合いをどうつけるか
- ・「シェアリング」と「個別最適化」との折り合いをどうつけるか
- ・また、次ページの論点でも意見交換したい。

# 2019年度研究会の考察をもとにした論点

昨年度抽出した6つの視点から議論したい論点は、例えば以下の通り。

1. **【共同体】** ・RE100など、エネルギーの観点から共同体の価値を上げる運用。  
・住民が参加するエネルギーの「互助・共助」は可能か(例えばシェアリング)。
2. **【関係性動学】** ・エネルギーマネジメントからくるライフスタイルの変化について。  
・今は人間が行っているが、「モノのプロセス」に移行すべきボトルネック。
3. **【改善と規制】** ・エネマネの継続的な改善と、料金制度などとの調整時の課題。  
・運用データを利用して、システム改善の効果を検証する仕組み。
4. **【アライアンスとコーディネータ】** ・投資負担や利益配分を調整する仕組み。  
・アライアンスの場合、調整を行うコーディネータは誰が適切か。(例えば地域新電力)
5. **【データの利用】** ・エネルギーの需要家・消費者のデータ利用の広がり課題。  
・エネマネにおけるデジタルデバイドは、どこに存在するか。
6. **【まちづくりとの整合】** ・今後のエネマネの仕組みが都市計画にどう影響するか。  
・官民連携は、どのような部分に必要とされるか。