

# スマート・シティ開発の効果に関する研究

Research on the effect of development of smart cities

佐藤徹治研究室 0924252 永尾翔平  
0924338 山田昇平

## 1. 研究の背景と目的

今日、世界では人口増加や経済成長に起因する化石燃料の枯渇によるエネルギー不足、環境汚染、CO<sub>2</sub>排出量の増加による地球温暖化等の問題が懸念されている。わが国では、2011年3月の東日本大震災による福島第一原子力発電所事故に伴う原発停止により、エネルギー価格の高騰に直面し、CO<sub>2</sub>排出量も増加している。近年、これらの問題を同時に解決、改善できる方法としてスマート・シティ開発が注目されている。

スマート・シティとはスマートグリッドの主要な技術（分散型発電システム、再生可能エネルギー、電気自動車による交通、高効率なビル・家庭の電気使用等）を使って、都市全体の省エネルギー、CO<sub>2</sub>低排出の構想を高度に効率化した都市づくり構想のことである。しかし、スマート・シティの効果を分析する方法は確立されておらず、開発の必要性や効果等が検証されていない。

そこで本研究では、スマート・シティ開発の効果を整理した上でその計測手法を検討する。さらに、実際のスマート・シティに適用し、開発の効果計測を行う。

## 2. 世界のスマート・シティプロジェクト

現在、世界では35カ国で400ヶ所以上のスマート・シティプロジェクトが進行中である。中でも中国が165ヶ所と最も多く、北米の87ヶ所、欧州の72ヶ所と続いている。新興国では、人口増加に伴う都市への人口集中への対応策としてスマート・シティ開発が積極的に行われている。一方、先進国では、地球温暖化や化石燃料の枯渇問題への対応、新興国への各種技術、製品・ノウハウなどの輸出がスマート・シティ開発の動機と考えられる。

世界のスマート・シティプロジェクトは、都市開発型、再生可能エネルギー導入型、これらの混合型に分類できる。都市開発型は新興国などで更地から新しい都市を建設するもので、再生可能エネルギー導入型は既存の都市を今以上に低炭素化・高効率化しようとするものである。都市開発型プロジェクトとしては、藤沢 SST、北京蜜雲国際生態城（中国）、U-Cityプロジェクト（韓国）、マスターシティ（UAE）、再生可能エネルギー導入型プロジェクトとしては、横浜スマートシティプロジェクト、豊田市低炭素社会システム実証プロジェクト、長株潭都市群両型社会（中国）、武漢都市両型社会（中国）、イスカンダル開発計画（マレーシア）、混合型プロジェクトとしては、けいはんなエコシティ次世代エネルギー・社会システム実証プロジェクト（京都府・大阪府・奈良県）、曹妃甸国際生態城（中国）などがある。世界のスマート・シティプロジェクトの分布を図-1に示す

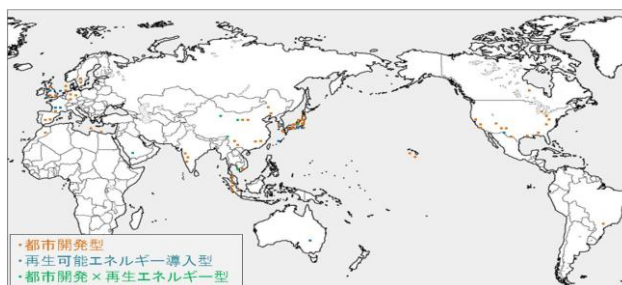


図-1 世界のスマート・シティプロジェクト分布

## 3. スマート・シティ計画の効果とその計測方法

### (1) 効果の波及フロー

スマート・シティの建設は、スマートグリッド・EV・PHV・太陽光パネル等の導入により、環境問題の改善、住民の効用増加、地域経済の活性化等をもたらすと考えられる。図-2に、スマート・シティ開発の効果波及フローを示す。

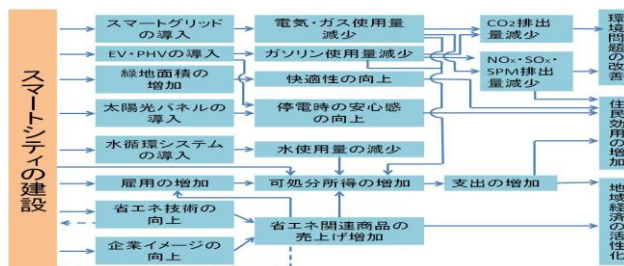


図-2 スマート・シティ開発の効果波及フロー

### (2) 効果・便益項目と評価手法

スマート・シティ開発の効果と対応する便益項目、各便益項目の計測手法を表-1に示す。

表-1 効果・便益項目と計測手法

	効果	便益	計測手法
地域経済の活性化	地域内総生産の増加	家計可処分所得の増加便益	産業連関分析
	雇用の増加		
住民効用の増加	家計所得の増加	生活の質の向上便益	CVM
	光熱水道費の節約		
	緑地の増加		
地域・地球環境の改善	NO <sub>x</sub> 排出量の減少	地域環境改善便益	原単位法
	SO <sub>x</sub> 排出量の減少		
	SPM排出量の減少		
	CO <sub>2</sub> 排出量減少	地球環境改善便益	原単位法

### (3) 計測手法の詳細

#### ① 地域内総生産・雇用の増加・家計可処分所得増加便益

地域内総生産・雇用の増加は、産業連関分析によって求められる。産業連関モデルは(1)~(4)式で表される。

$$AX + F + E - \hat{M}(AX + F) = X \quad (1)$$

$$X = [I - (I - \hat{M})A]^{-1} [(I - \hat{M})F + E] \quad (2)$$

$$\Delta X = [I - (I - \hat{M})A]^{-1} [(I - \hat{M})\Delta F] \quad (3)$$

$$\Delta L = k \cdot \Delta X \quad (4)$$

ここで、 $A$  は投入係数行列、 $X$  は生産ベクトル、 $F$  は最終重要ベクトル、 $E$  は移輸出ベクトル、 $\hat{M}$  は移輸入係数の対角行列、 $I$  は単位行列、 $L$  は雇用者数ベクトル、 $k$  は雇用係数ベクトルを示す。

地域内総生産の増加は、各産業の生産額の増加に付加価値率を乗じて全産業で合計したものとなる。家計可処分所得の増加便益は、光熱水道費の節約前の家計所得と地域内総生産の関係式を用いて(5)式で推計できる。

$$\Delta YH = (y_0 + y_1 \Delta GRP) - \Delta W \quad (5)$$

ここで、 $\Delta YH$  は家計可処分所得増加便益、 $\Delta GRP$  は地域内総生産の増加、 $\Delta W$  は光熱水道費の増加である。

## ②生活の質の向上便益

生活の質の向上便益については、緑地の増加に伴う支払い意志額を尋ねるアンケート調査を実施し、CVM によって計測することができる。

## ③地域環境・地球環境改善便益

地域環境改善便益、地球環境改善便益は、原単位法により推計する。例として、CO<sub>2</sub> 排出量減少による地球環境改善便益の計測式を(6)式に示す。

$$B_E = b\{(c_1 - c_1')d_1 + (c_2 - c_2')d_2 + c_3(d_3 - d_3') + c_4(d_4 - d_4') + c_5(d_5 - d_5')\}N \quad (6)$$

ここで、 $B_E$  は地球環境改善便益 (円)、 $b$  は CO<sub>2</sub>1 トンあたり貨幣換算値 (円/トン)、 $N$  は世帯数、 $c_1, c_1'$  はスマート・シティ整備前、整備後の自家用車 1 走行台キロあたりの CO<sub>2</sub> 排出量 (トン)、 $d_1$  は 1 世帯あたりの自家用車走行台キロ (台キロ)、 $c_2, c_2'$  は整備前、整備後の電力 1kwh あたりの CO<sub>2</sub> 排出量 (トン)、 $d_2$  は 1 世帯あたりの電力使用量 (kwh)、 $c_3$  はガス 1 m<sup>3</sup>あたりの CO<sub>2</sub> 排出量 (トン)、 $d_3, d_3'$  は整備前、整備後の 1 世帯あたりのガス使用量 (m<sup>3</sup>)、 $c_4$  は灯油 1ℓあたりの CO<sub>2</sub> 排出量 (トン)、 $d_4, d_4'$  は整備前、整備後の 1 世帯あたりの灯油使用量 (ℓ)、 $c_5$  は水 1 m<sup>3</sup>あたりの CO<sub>2</sub> 排出量 (トン)、 $d_5, d_5'$  は整備前、整備後の 1 世帯あたりの水使用量 (m<sup>3</sup>) である。

## 4. 実際のスマート・シティ開発の効果の計測

### (1) 対象とするスマート・シティプロジェクト

本研究では、2014 年 3 月頃街びらき予定の藤沢 SST(サスティナブルスマートタウン) を対象とする。

対象地は神奈川県藤沢市辻堂元町 6 丁目のパナソニック藤沢工場跡地 (面積は約 19ha) である。住宅約 1,000 戸の他、商業施設、公共施設が計画されており、計画人口は 3,000 人 (1,000 世帯) が見込まれている。総事業

費は、約 600 億円の計画である。

### (2) 地域内総生産・雇用の増加

ここでは、藤沢 SST 建設中に地域内総生産、雇用に及ぼす影響を 2008 年神奈川県産業連関表 (34 部門表) を用いて分析する。藤沢 SST の計画書より、建設期間中にはまず建設業に 390 億円、電気機械産業に 210 億円の需要が発生する。産業連関分析による地域内総生産・雇用の増加の推計結果を表-2 に示す。

表-2 建設期間中の地域内総生産・雇用の増加

	地域内総生産の増加 (億円)			雇用の増加 (人)		
	1次効果	2次効果	合計	1次効果	2次効果	合計
1次産業	0.043	0.078	0.121	0	0	0
2次産業	452.961	7.393	460.355	2,948	27	2,974
3次産業	71.096	90.230	161.327	573	479	1,052
合計	524.101	97.701	621.802	3,521	506	4,027

### (3) 家計可処分所得の増加便益

地域内総生産・雇用の増加の推計結果、(5)式を用いた家計可処分所得の増加便益は 200.36 億円と推計された。

### (4) 地域環境・地球環境の改善便益

地域環境を改善する NOx、SOx、SPM の排出量の削減、地球環境を改善する CO<sub>2</sub> 排出量の削減は、自動車の電気自動車への変更、再生可能エネルギーによる電力供給、ガス、灯油、水道の使用量の変化によってもたらされる。表-3 に、(6)式等に基づき算出した藤沢 SST 整備による地域環境・地球環境の改善便益を示す。

表-3 地域環境・地球環境の改善便益

	地域環境改善便益		地球環境改善便益
	NOx	SOx	CO <sub>2</sub>
自動車	1,505		135,488
電気	496	66	3,240
ガス	-3		-1,465
灯油	446		1,534
水道	16	4	33
合計	2,460	70	138,830

## 5. まとめと今後の課題

本研究では、スマート・シティ開発の効果を整理した上でその計測手法を検討し、神奈川県藤沢市で建設中の藤沢 SST 開発の効果計測を行った。

今後の課題としては、生活の質向上便益の計測方法の詳細な検討、省エネ技術の向上や企業イメージ向上に伴う各産業の需要増加の推計方法の検討が挙げられる。

## 参考文献

- 1) 国土交通省 道路局・都市・地域整備局 (2008) : 費用便益分析マニュアル
- 2) 秋田市 (2011) : あきたスマート・シティプロジェクト基本計画