

# 環境負荷とエネルギーセキュリティを考慮した 地区更新過程の評価手法の検討

河合 一輝<sup>1</sup>・加藤 博和<sup>2</sup>・長尾 和哉<sup>3</sup>・清水 大夢<sup>4</sup>・秋山 祐樹<sup>5</sup>

<sup>1</sup>正会員 (独) 鉄道・運輸機構 大阪支社 工事第二部工事第三課  
(〒532-0003 大阪府大阪市淀川区宮原3-5-36)  
E-mail:kawai.kaz-i66d@jrtr.go.jp

<sup>2</sup>正会員 名古屋大学教授 大学院環境学研究科附属持続的共発展教育研究センター  
(〒464-8603 愛知県名古屋市千種区不老町C1-2(651))  
E-mail:kato@genv.nagoya-u.ac.jp

<sup>3</sup>学生非会員 名古屋大学大学院環境学研究科 (同上)  
E-mail: nagao.kazuya@e.mbox.nagoya-u.ac.jp

<sup>4</sup>正会員 中央復建コンサルタンツ株式会社 計画系部門  
(〒533-0033 大阪府大阪市東淀川区東中島4-11-10)  
E-mail: shimizu\_hir@cfk.co.jp

<sup>5</sup>非会員 東京大学助教 空間情報科学研究センター (〒277-8568 千葉県柏市柏の葉5-1-5)  
E-mail: aki@csis.u-tokyo.ac.jp

地球環境問題が喫緊の課題となっている中、東日本大震災によってエネルギー供給の脆弱性も明らかになり、低炭素と災害への強靭性を両立できる地域への更新が求められている。本研究では、地区更新における方法論として有益となる定量的情報を得るために、平常時の環境負荷削減と災害時のエネルギーセキュリティの両方に着目して、その更新過程を定量評価する手法を構築する。

その結果、立地集約を行う地区で集約・撤退を行うと同時に施設を誘致して CO<sub>2</sub> 排出量が増加したとしても、導入要素技術の組み合わせによってはその増加量を上回る CO<sub>2</sub> 排出量削減が可能であること、エネルギーセキュリティ向上には電気の融通や熱供給が有効であることが分かった。

**Key Words:** environmental load, energy security, renewing process, urban district, disaster

## 1. 序論

### 1.1 研究の背景

日本の都市は、高度経済成長期以降の人口増加とモータリゼーション進展に伴って市街地が拡大し、低密度な都市構造が広がっている。低密度化が進むと、市街地維持費用や環境負荷が大きく、経済的・環境的持続性が低下することが予想される。そのため今後、老朽化した市街地の面的更新や再開発の機会に、地区レベルでのエネルギーの面的利用、都市のコンパクト化と公共交通網の再構築、都市のエネルギーシステムの効率化を進めるのが有効である<sup>1)</sup>。しかし、低炭素型の都市・地域づくりは新規市街地での導入が主であり、既成市街地での展開は進んでいないことに加え、低炭素技術の導入も個別分野での寄せ集めにとどまっている。したがって今後、低

炭素型の都市・地域づくりを進めていくためには、都市活動を行う基盤となるインフラや都市空間構造の改変も必要である。

一方、2011年に発生した東日本大震災では供給電力の不足により電力需給が逼迫し、東京電力管内で計画停電が実施されたことで、社会活動全体に大きな混乱が生じた。このようなエネルギー安定供給の脆弱性を受け、地域によるエネルギーマネジメントの機運が高まっており、災害が発生しても地域でエネルギーの自立を実現し、エネルギーセキュリティの向上を意図する試みが各地で実施されている<sup>2)</sup>。ただし、エネルギーセキュリティの向上を実現するためには、要素技術の導入だけでなく需要のベースとなる土地利用などの政策メニューを同時に取り扱うことが求められる。

以上を踏まえ、環境負荷削減と災害時のエネルギーセ

キュリティを両立するためには、個々の要素技術導入の寄せ集めだけではなく、都市活動の基盤となるインフラや都市空間構造の改変も含めた地区更新施策が必要である。そのためには地域特性を考慮できるような手法が必要である。

### 1.2 本研究の目的

本研究では、既成市街地におけるインフラや建築物の更新時に、平常時の環境負荷削減と災害時のエネルギー供給の両方を確保できるようにするために必要な更新過程のを見出す手法を構築することを目的とする。その手法を、更新が急務となっている実地域に適用し、低炭素化と災害への強靱性を両立できる方策を検討する。

## 2. 平常時の CO<sub>2</sub> 排出量と災害時のエネルギー自立度の推計方法の構築

### 2.1 平常時の CO<sub>2</sub> 排出量の推計手法

本研究における CO<sub>2</sub> 排出量の対象範囲は、民生及び交通部門とする。民生部門のうち家庭部門は居住者属性から、業務部門は用途別の延床面積からそれぞれ算出し、交通部門は住民の移動(通勤・通学、私事)回数から算出する。

また本研究では、表-2.1 に示すデータを用いた。そのうち、詳細建物ポイントデータは、Akiyama et al.<sup>3)</sup>が整備した、建物の用途を詳細に観察できるデータである。具体的には、建物 1 戸ごとに 1)市区町村, 2)建物用途, 3)建築面積・階数, 4)経度・緯度, 5)構造, 6)築年代, 7)居住者情報, 計 7 点の情報を結合しているマイクロジオデータである。

### 2.2 家庭部門 CO<sub>2</sub> 排出量の推計手法

家庭部門の CO<sub>2</sub> 排出量の推計手法を図-2.1 に示す。森田ら<sup>4)</sup>の方法を参考に、詳細建物ポイントデータから得られたデータを基に個人属性を決定し、個人属性別の生活スケジュールを社会生活基本調査をもとに作成する。なお本研究では、平日のみに着目する。ここから、空調和衛生工学会のスケジュール自動作成プログラム「SCHEDULE ver.2.0」<sup>5)</sup>を用いて、照明・家電エネルギー需要、冷房エネルギー需要、暖房エネルギー需要、給湯エネルギー需要を求め、それぞれの機器使用に伴うエネルギー消費量を推計する。そして、推計した各エネルギー消費量に CO<sub>2</sub> 排出原単位を乗じて家庭部門 CO<sub>2</sub> 排出量を推計する。エネルギー源は系統電力と都市ガスの 2 つと仮定する。

表-2.1 使用データ

項目	名称	発行者
人口データ	詳細建物ポイントデータ	東京大学地球観測データ 統融合連携研究機構
建物データ		
気温データ	過去の気象データ	気象庁
震度データ	東海東南海南海_地震動_(1) データセットA_震度PL値リスト	G空間情報センター
道路データ	全国デジタル道路地図	ESRIジャパン
トリップデータ	中京圏パーソントリップ調査	中京都市圏総合都市交通計画協議会
用途データ	国土数値情報 用途地域データ	国土交通省 国土政策局国土情報課

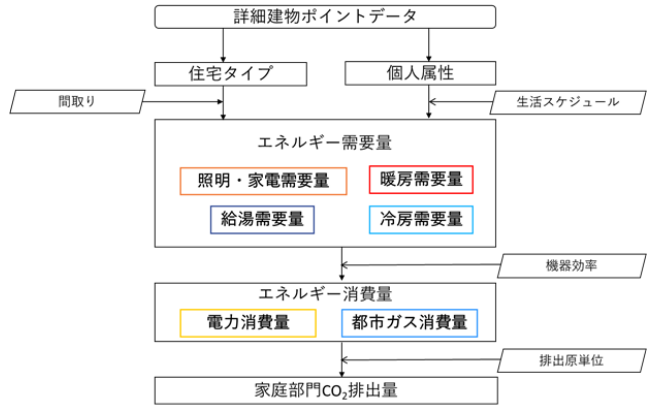


図-2.1 家庭部門の CO<sub>2</sub> 排出量の推計手法

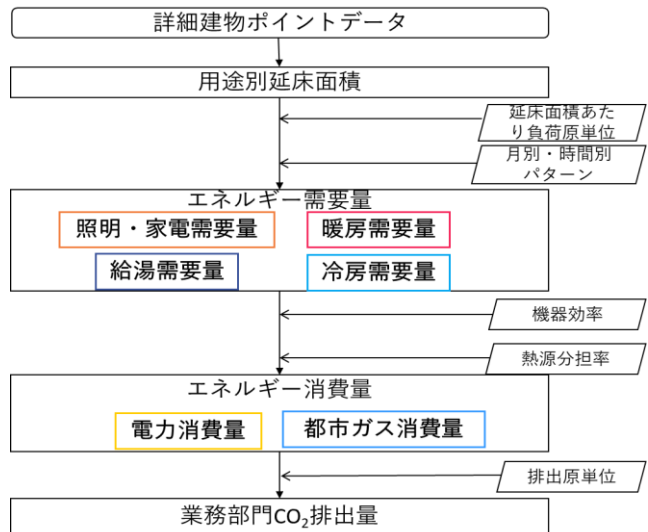


図-2.2 業務部門の CO<sub>2</sub> 排出量の推計手法

### 2.3 業務部門 CO<sub>2</sub> 排出量の推計手法

業務部門の CO<sub>2</sub> 排出量の推計手法を図-2.2 に示す。業務部門の用途区分は、商業、業務、宿泊、医療の 4 つとする。各用途別の延床面積に延床面積あたり負荷原単位<sup>6)</sup>と月別時間帯別パターン<sup>6)</sup>を掛け合わせることで、各エネルギー需要量を算出する。次に、算出された各エネルギー需要量に機器効率と熱源分担率を掛け合わせることで、エネルギー消費量を算出し、そこに CO<sub>2</sub> 排出原単位を乗じて業務部門 CO<sub>2</sub> 排出量を推計する。家庭部門と同様にエネルギー源は系統電力と都市ガスの 2 つと仮定する。

## 2.4 交通部門 CO<sub>2</sub>排出量の推計手法

交通部門の CO<sub>2</sub>排出量の推計手法を図-2.3 に示す。交通部門の CO<sub>2</sub>排出量は、住民の移動(通勤・通学、私事)のみを対象とする。住民の個人属性からトリップ数をそれぞれ推計し、推計したトリップ数に平均トリップ距離、トリップ分担率、CO<sub>2</sub>排出原単位をそれぞれ掛け合わせることで推計する。

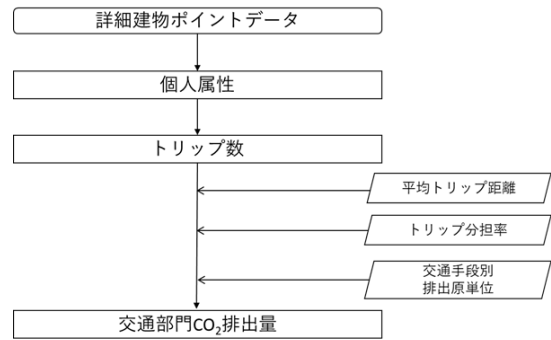


図-2.3 交通部門の CO<sub>2</sub>排出量の推計手法

## 2.5 災害時のエネルギー自立度の推計方法

災害時のエネルギーセキュリティの評価手法として、工月ら<sup>7)</sup>が定義したエネルギー自立度指標 (式(1a)) がある。

$$ELL = \frac{\text{(街区全体での) 非常時に継続可能なエネルギー供給能力}}{\text{(街区全体での) 非常時に継続的に必要とされるエネルギー需要}} \quad (1a)$$

ELL : エネルギー自立度指標

しかしこの式では、需要の小さい時間帯を過剰評価してしまう恐れや、太陽光発電など夜間にエネルギー供給ができない場合を考慮できないといった問題点がある。そこで本研究では、エネルギー自立度を式(1b)で再定義したものをを用いる。

$$ELL^I = \sum_T \frac{S_h^{e,l}}{Q_h^{e,l}} \quad (1b)$$

$S_h^{e,l}$  : 災害時・時間帯別エネルギー供給量[MJ],  $Q_h^{e,l}$  : 災害時・時間帯別エネルギー需要量[MJ],  $T$  : エネルギー供給途絶時間

## 2.6 災害時のエネルギー需要量の推計方法

災害時にはエネルギー供給が途絶する可能性がある一方で、平常時と異なるエネルギー需要も生じる。本研究では、渡部ら<sup>8)</sup>の手法をもとに、災害時のエネルギー需要量を式(2)で推計する。また、災害時の最大負荷率は日本サステナブル建築協会「スマートエネルギータウン調査報告書」<sup>9)</sup>より、レベル 2 (震災直後等の数日間の供給停止) の値を用いる (表-2.2)。

$$Q_h^{e,l} = \text{Min}(Q_h^{n,l}, MLF^I \cdot Q_{max}^{n,l}) \quad (2)$$

$Q_h^{n,l}$  : 平常時・時間帯別需要量[MJ],  $MLF^I$  : 災害時の最大負荷率[%],  $Q_{max}^{n,l}$  : 平常時最大負荷[MJ]

## 3. ケーススタディ

### 3.1 対象地域

本研究では、愛知県春日井市の東部に位置する高蔵寺

表-2.2 災害時の最大負荷率

	住宅施設	商業施設	業務施設	宿泊施設	医療施設
電力最大負荷[%]	13.5	55.8	27.0	37.5	73.1
熱最大負荷[%]	6.9	9.6	9.1	20.7	30.0

ニュータウンを対象とする。中部圏において最大のニュータウンであり、最寄駅から名古屋駅まで快速で 30 分程度という良好なアクセス性と公共公益施設の高い整備率から、名古屋圏のベッドタウンとして発展していった。しかし、近年急激な高齢化と人口減少に伴い、集合住宅を中心に老朽化や空家率上昇といったオールドニュータウン化が問題となっており、これらへの対応を組み込んだ更新が急務である。

### 3.2 想定する災害ケースの設定

本研究では、災害として南海トラフの巨大地震 (最大ケース) を想定し、1 日当たりのエネルギー需要が最も大きい月の早朝 5 時に地震が発生したとする。また、能島ら<sup>10)</sup>が開発した供給系ライフラインの地震時機能的被害・復旧評価モデルを用いて、地震時の電力・都市ガス復旧曲線をそれぞれ算出した。また復旧曲線と長尾ら<sup>11)</sup>の設定をもとに、エネルギー供給途絶時間を電力が 95% 復旧した 64 時間とする。

### 3.3 災害時エネルギー需要量現状評価

一例として、高蔵寺ニュータウンにおける 2 月の平常時と災害時の時間帯別需要量を図-3.1 に示す。平常時のエネルギー需要量を見ると、夜にかけてエネルギー需要量が最大となっている。この理由として、夜間に在宅が増加する家庭部門の影響により、給湯や暖房需要が大きくなっているからだと考えられる。また、表-2.2 で示した通り、住宅施設の災害時の最大負荷率が他の施設よりも小さいことにより、災害時の需要量の時間帯変動は通常時に比べて小さくなっている。

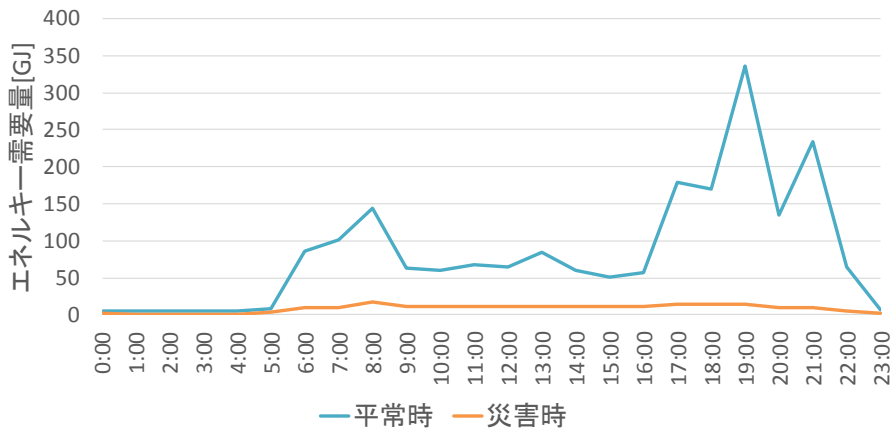


図-3.1 2月の平常時と災害時の時間帯別需要量

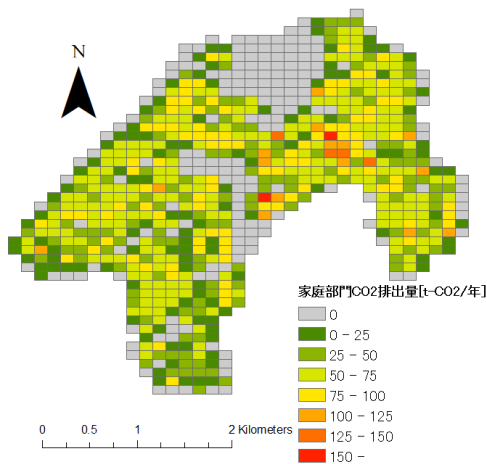


図-3.2 家庭部門 CO<sub>2</sub>排出量

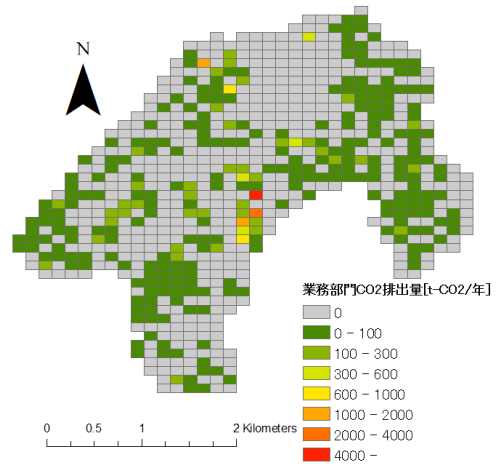


図-3.3 業務部門 CO<sub>2</sub>排出量

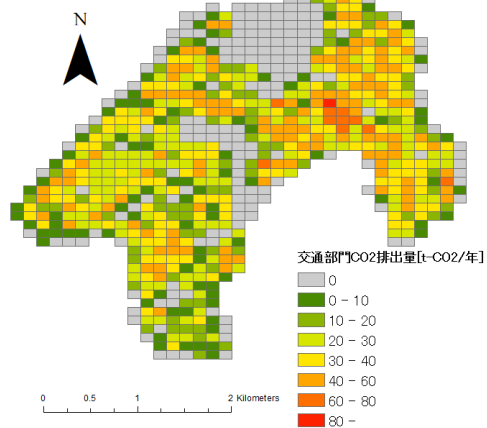


図-3.4 交通部門 CO<sub>2</sub>排出量

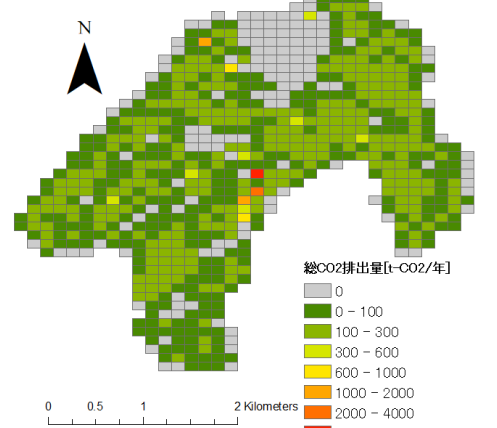


図-3.5 総 CO<sub>2</sub>排出量

### 3.4 CO<sub>2</sub>排出量現状評価

各部門の CO<sub>2</sub> 排出量とその空間分布図を図-3.2～図-3.5 にそれぞれ示す。延床面積の大きい商業施設や業務施設が立地しているエリアでは CO<sub>2</sub> 排出量が大きくなっており、その値は全体としても突出している。一方、家庭部門 CO<sub>2</sub> 排出量はニュータウン内でほぼ一様に分布しており、1 世帯あたりの値も小さいが、住居数が多いため高蔵寺ニュータウン全体でみれば家庭部門 CO<sub>2</sub> 排出量

が最大となっている。また、延床面積当たりから業務部門と同じ手法を用いて算出した家庭部門 CO<sub>2</sub> 排出量は 47.2[t]であり、本研究で算出された値よりも 1.6 倍大きくになっている。この原因として、高蔵寺ニュータウン内では集合住宅の単身率が高く、世帯当たりの CO<sub>2</sub> 排出量が小さいことが考えられる。



## 4. 環境負荷とエネルギーセキュリティを考慮した 施策導入シナリオ

### 4.1 施策シナリオの検討

高蔵寺ニュータウン住宅流通促進協議会が実施した「高蔵寺ニュータウン住まいの意向調査」によると、住民の住み替えニーズとして、

- ✓ 利便性が高い地区に住みたい。
- ✓ 医療や介護の充実を求めている。

ということが判明している。

これら、住民のニーズを踏まえ、以下 a)~e)の 5 つの施策を取り上げて検討・評価する。

- a) 『集』 撤退+集約+用途混合
- b) 『創』 誘致施設への創エネルギー技術導入
- c) 『面』 エネルギーの面的利用
- d) 『電』 電気自動車 (EV) 普及
- e) 『光』 太陽光発電

#### a) 『集』 撤退+集約+用途混合

高蔵寺ニュータウンでは、集合住宅を中心に老朽化と空家が進展しており更新が必要である。そこで、ニュータウン内の一部の集合住宅を撤去して撤退し、建替を行うエリアに住民を集約するとともに、確保できた土地に医療施設と福祉施設を誘致して用途混合することで、エネルギー需要の平準化を図る。長尾ら<sup>13)</sup>を参考にして決定した撤退、集約、施設誘致エリアを図-4.1、各エリアの特徴を表-4.1にそれぞれ示す。

また、施設誘致エリアは第一種中高層住宅専用地域に指定されているため医療施設と福祉施設を建築することが可能であり、誘致する施設の規模は平均病床数（平均定員数）に1床当たり延床面積（定員1人当たり延床面積）を掛け合わせることで算出する。それぞれの数値を表-4.2に示す。

#### b) 『創』 誘致施設への創エネルギー技術導入

医療施設や福祉施設は災害時に地域の防災拠点としての機能だけでなく、高齢者や重傷者の生命を保持していく機能も求められており、災害時でもその機能を維持していくことが望まれる。

また医療施設や福祉施設の特徴としてはエネルギー消費量が大きく、他の施設と比べて需要が大きい特徴がある。この特徴を踏まえ、創エネルギー技術として熱と電気の両方を供給可能なガスエンジンコージェネレーションを導入する。導入規模を表-4.3に示す。

#### c) 『面』 エネルギーの面的利用

エネルギーの面的利用とは、個々の建物ではなく複数の建物でエネルギーを共同利用することにより、エネルギー利用の最適化を図り、地区全体のエネルギー消費量を削減する仕組みのことで、主に都心部を中心として実

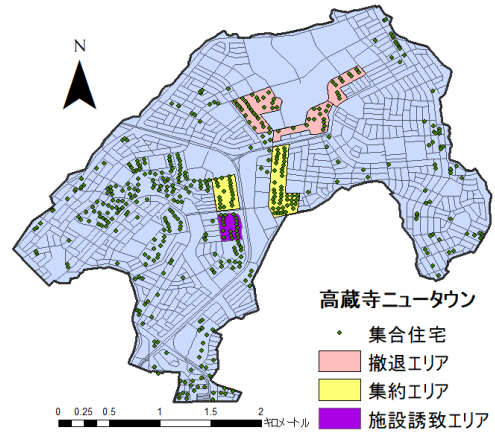


図-4.1 撤退・集約、医療施設誘致地区の設定

表-4.1 各エリアの特徴 (※杉本ら<sup>13)</sup>)

エリア	特徴	施策
撤退エリア	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 交通利便性が低い (※)</li> <li>✓ 春日井市が集合住宅の撤退を計画している</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 集合住宅の世帯を集約エリアに集約する</li> </ul>
集約エリア	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 交通利便性が高い (※)</li> <li>✓ 買物施設利便性が高い (※)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 集合住宅を建て替える</li> </ul>
施設誘致エリア	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 交通利便性が高い (※)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 集合住宅の世帯を集約エリアに集約する</li> <li>➤ 集合住宅を撤去し、医療施設と福祉施設の誘致を行う</li> </ul>

表-4.2 誘致施設の規模 (出典：厚生労働省，福祉医療機構)

施設	平均病床(定員)数	1床(定員)当たり延床面積
医療施設	184[床]	60[m <sup>2</sup> /床]
福祉施設	68.8[人]	55[m <sup>2</sup> /人]

表-4.3 導入するエネルギー技術の規模

エネルギー技術	規模
ガスエンジン コージェネレーション	定格発電容量：400[kW] 発電効率：39[%] 熱回収効率：56[%]

表-4.4 EV導入シナリオ

シナリオの概要	
✓	対象者：集約エリア集合住宅居住者+戸建住宅居住者
✓	EV普及率：16[%]
✓	導入EV：日産リーフ（バッテリー：40[kWh]，電費：10[km/kWh]）
✓	充電場所：自宅EV用充電器（200V充電）
✓	充電ロス：14%
✓	供給ロス：15%

施されている。

本研究では、医療施設に導入された創エネルギー技術によって作り出されたエネルギー（電気・熱）が集約エリアに供給されるシナリオを検討する。また、電気は自営線を、熱は熱導管を通じて供給される（電力ロスは0%，熱導管ロスは5%）とし、ガスコージェネレーションは集約エリアと誘致エリアの合計電力需要量に応じて稼働する。さらにエネルギーの面的利用の場合、集約エ

リアの冷暖房と給湯は誘致エリアと同様に、吸収式冷温水器とボイラーを活用し、供給された熱を給湯、暖房、冷房の順番で消費すると仮定する。

d) 『電』電気自動車 (EV) 普及

交通部門の CO<sub>2</sub>排出量は全体の 2 割弱を占めており、移動にかかる CO<sub>2</sub>排出量削減施策の考慮は重要である。また、災害時の家庭におけるエネルギー自立供給も考慮する必要がある。そこで、電気自動車 (EV) の普及を考える。EV は走行中に排気ガスを排出しないだけでなく、災害時には蓄電池として活用できる特徴を有しており、2016 年に発生した熊本地震の際においても、停電中に EV のバッテリーから防災拠点である役場の照明に電力供給を行った事例がある。

そこで本研究では、集約エリアの集合住宅に EV 用充電器が設置されたとし、その上で高蔵寺ニュータウン内の戸建住宅にも EV 普及を図るシナリオ (表-4.4) を考える。

e) 『光』太陽光発電

集約エリアの集合住宅と戸建住宅の EV 導入世帯に太陽光発電を導入する。なお、電力消費量については、まず必要な電力消費量に対して太陽光発電の発電量でまかなうものとし、発電量が消費量を上回りかつ確実に EV が家庭に存在している場合 (=居住者が全員在宅しており、今後外出しない) にのみ EV に充電されるものとする。

以上の施策を組み合わせ、本研究では表-4.5 に 10 個のシナリオを設定し、それぞれのシナリオについて評価を行う。

4.2 導入コストの算出

本研究で、使用する原単位を表-4.6 のように整理し、建設・存在量当たりの費用と建物・導入技術種別の段階における存在量の積として式(3)のように表す。

$$C_{id} = \sum_x \sum_d C_{x,d} \cdot X_{x,d} \quad (3)$$

$C_{id}$  : 導入費用,  $C_{x,d}$  : 単位当たり費用,  $X_{x,d}$  : 存在量,  $x$  : 種別,  $d$  : 段階

4.3 シナリオごとの評価

施策シナリオごとの CO<sub>2</sub>排出量, エネルギー自立度, コストを図-4.2~図-4.4 にそれぞれ示す。

まず、図-4.2 に示すシナリオ別の CO<sub>2</sub>排出量について着目する。シナリオ 1 では医療施設や福祉施設を誘致したため、BAU よりも CO<sub>2</sub>排出量が 3.3%増加しているが、エネルギー技術導入やエネルギーの面的利用推進などの施策を導入することによって、その増加分を減少させる

表-4.5 シナリオ一覧

シナリオ	『集』撤退・集約 + 用途混合	『創』誘致エリアに創エネルギー技術導入	『面』エネルギーの面的利用	『電』EV普及	『光』太陽光発電
BAU	×	×	×	×	×
1	○	×	×	×	×
2	○	○	×	×	×
3	○	○	○	×	×
4	○	×	×	○	×
5	○	×	×	○	○
6	○	○	×	○	×
7	○	○	×	○	○
8	○	○	○	○	×
9	○	○	○	○	○

表-4.6 使用原単位

種別	段階	費用	単位	出典	
建物起源	集合住宅	建設	256.5	[千円/m <sup>2</sup> ]	日本建築学会 (2006) 経済産業省 (2015) 関向ら(2017) 日産自動車 (2018)
		廃棄	33.2	[千円/m <sup>2</sup> ]	
	医療施設	建設	184.9	[千円/m <sup>2</sup> ]	
		廃棄	33.6	[千円/m <sup>2</sup> ]	
技術起源	ガスエンジン コージェネレーション	建設	121.0	[千円/kW]	
		維持管理	10.0	[千円/kW]	
	太陽光	建設	36.4	[千円/kW]	
		維持管理	3.6	[千円/kW]	
	EV	購入	3,150.4	[千円/台]	
		維持管理	70.3	[千円/台]	
	熱導管・自管線	建設	300.0	[千円/m]	
		維持管理	6.0	[千円/m]	

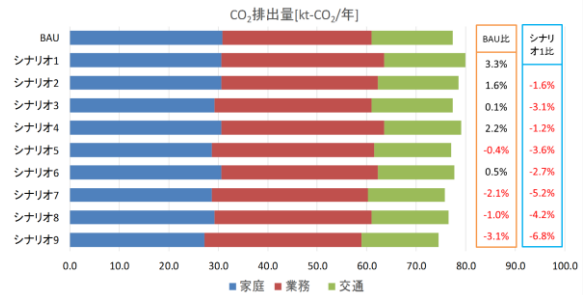


図-4.2 シナリオ別 CO<sub>2</sub>排出量

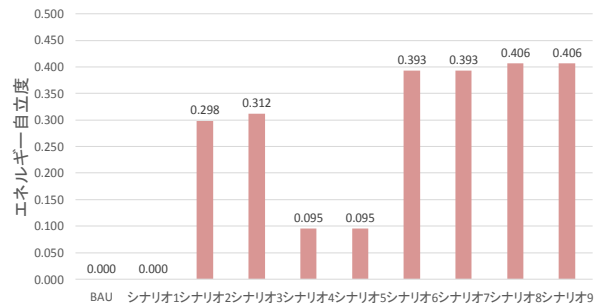


図-4.3 シナリオ別エネルギー自立度

ことが可能である。また、シナリオ 5 やシナリオ 8 のように導入施策の組み合わせによっては BAU よりも CO<sub>2</sub>排出量を減少させることも可能であり、すべての施策を導入したシナリオ 9 では BAU 比で-3.1%、シナリオ 1 比で-6.8%の削減効果を得られた。

次に図-4.3 に示すシナリオ別のエネルギー自立度について着目する。BAU やシナリオ 1 ではエネルギー供給可能な技術が存在しないため、エネルギー自立度は 0 である。一方、コージェネレーションや電気自動車など災害時に活用可能なエネルギー技術を導入したことによ

て、エネルギー自立度の向上が見込まれる。ただし、シナリオ 4 とシナリオ 5 より、太陽光発電の有無はエネルギー自立度に影響を及ぼしていないことがわかる。この理由として、エネルギー供給途絶時間である 64 時間の電力需要を EV のバッテリーのみで供給可能であることが考えられる。また、シナリオ 6 とシナリオ 8 より、EV が導入されている場合、エネルギーの面的利用によってコージェネレーションの発電で賄えられない分を EV が補助することで、エネルギー自立度の向上が見られた。その一方、集約集合住宅の熱需要にはほとんど供給が見られなかった。この理由として、集約エリアの熱需要が大きいときにコージェネレーションから熱導管を通じて供給される熱量が少量であった点が考えられる。このこと、冷暖房や給湯に活用可能な熱供給が行われれば、エネルギー自立度のさらなる向上が期待できることを示唆している。

最後に、図 4.4 に示すシナリオ別の導入コストに着目する。どのシナリオにおいても、建築起源で発生した廃棄・建設コストが支配的である。したがってコストのみに着目すると、集約エリアにおいて既存建物の建替ではなくリニューアルに変更することで、コスト削減が可能である。

#### 4.4 効率指標を用いた評価

CO<sub>2</sub> 排出削減量を導入コストで除したものを環境負荷削減効率 (式(4a))、エネルギー自立度増加量を導入コストで除したものをエネルギー自立度増加効率 (式(4b)) としてそれぞれ図 4.5、図 4.6 に示す。

$$EF^i = \frac{E_{CO_2}^i - E_{CO_2}^{BAU}}{C_{id}^i - C_{id}^{BAU}} \quad (4a)$$

$$ELLF^i = \frac{ELL^i - ELL^{BAU}}{C_{id}^i - C_{id}^{BAU}} \quad (4b)$$

$EF^i$  : 環境負荷削減効率,  $ELLF^i$  : エネルギー自立度増加効率

環境負荷削減増加効率ではシナリオ 9 が最大となっている。この理由として、エネルギーの面的利用によって削減された CO<sub>2</sub> 排出量が大きな値であったことが考えられる。また、エネルギー自立度増加効率はシナリオ 8 が最大となっている。この理由として、EV 導入が費用の割にはエネルギー自立度向上に結び付いていないことが考えられる。そのため、災害時でも自走・電力供給可能な EV をエネルギー供給がされていない地域に移動させ、そこで EV から電力を供給する電力融通の仕組みを導入することで更なる効率向上が可能である。

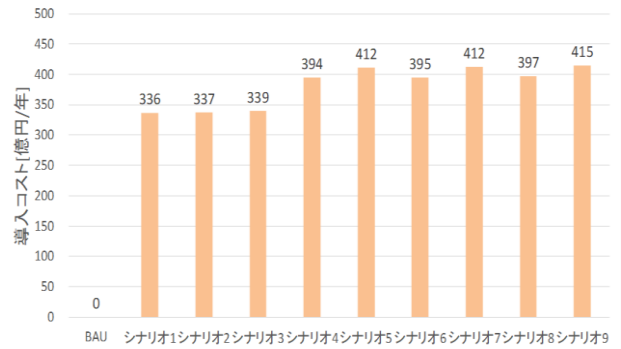


図 4.4 シナリオ別導入コスト

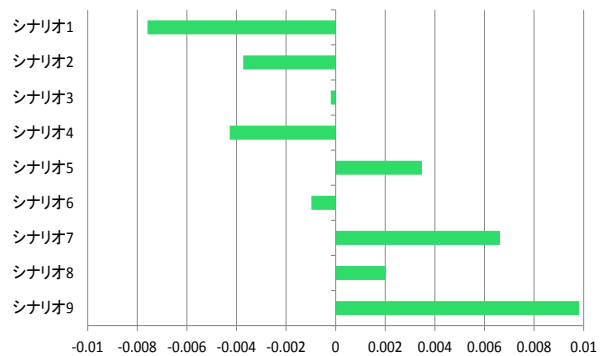


図 4.5 環境負荷削減効率

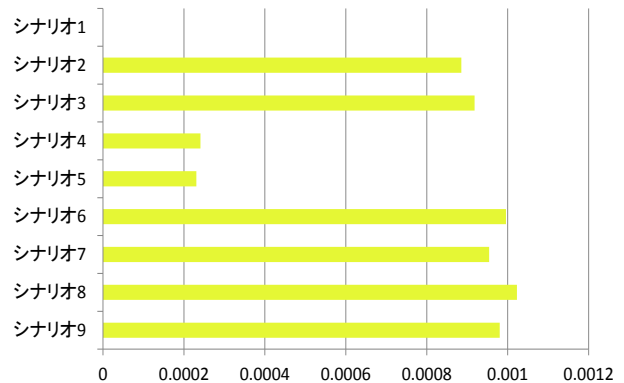


図 4.6 エネルギー自立度増加効率

## 5. 結論

本研究では、地区の更新過程を低炭素化と災害時のエネルギーセキュリティの双方から評価を行う手法の構築を行い、その手法を高蔵寺ニュータウンに適用し現状評価を行った。その結果と現状の問題点を踏まえ、技術の導入のみならず都市空間構造の変化や居住者のライフスタイルも考慮した政策メニューを加味した、地域の更新過程をシナリオとして与え、低炭素、災害への強靱性、費用を両立できるような更新過程の検討を行った。

以上より得られた成果は以下の通りである。

- 老朽化が進展し更新が急務である地区において、要素技術の導入だけでなく都市空間構造の変化や居住者のライフスタイルも考慮した政策メニューを加味した更新によって、低炭素・災害への両立が可能である。
- 医療施設や福祉施設を誘致して CO<sub>2</sub> 排出量が増加したとしても、導入する施策によってはその増加量を上回る CO<sub>2</sub> 排出量削減が可能である。
- 要素技術の組み合わせによっては、エネルギー自立度向上に結び付かないものが存在する。

**謝辞**：本研究は、環境省環境研究総合推進費 2-1706 「再生可能都市への転換戦略－気候変動と巨大自然災害にシナヤカに対応するために－」（環境再生保全機構）、また「地球環境情報プラットフォーム構築推進プログラム（地球環境情報プラットフォームの構築）」（一般財団法人リモート・センシング技術センター）の成果の一部である。ここに謝意を表す。

#### 参考文献

- 1) 環境省：地球温暖化対策計画  
(<https://www.env.go.jp/earth/ondanka/keikaku/honbun.pdf>) , 2016
- 2) 国土交通省：まち・住まい・交通 創蓄省エネルギーの総合的な支援について ～低炭素・循環型社会の構築に向けて～  
([http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/environment/sosei\\_environment\\_fr\\_000119.html](http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/environment/sosei_environment_fr_000119.html)) , 2012
- 3) Akiyama, Y., Takada, T. and Shibasaki, R. :  
Development of Micropopulation Census through Dis-aggregation of National Population Census, CUPUM2013 conference papers, p.110, 2013
- 4) 森田紘圭, 金岡芳美, 加藤博和, 柴原尚希, 林良嗣：個人の生活スケジュールを考慮した低炭素技術導入による CO<sub>2</sub> 排出量への影響分析, 土木学会論文集 G, Vol.69, No.5, I33-I43, 2013
- 5) 空気調和衛生工学会：住宅の消費エネルギー計算法 小委員会：生活スケジュール自動作成プログラム SCHEDULE Ver.2.0 ユーザーガイド, 2000
- 6) 天然ガスコージェネレーション計画・設計マニュアル 2008, 日本工業出版, p.339, 2008
- 7) 工月良太, 村上周三, 佐土原聡, 市川徹, 青笹健, 長谷川巖, 柳井崇, 元アンナ, 三井戸清史：分散型エネルギーシステムの面的な活用による街区のサステナビリティ向上に関する研究, 日本建築学会技術報告集, 第 14 巻, 第 28 号, pp.497-502, 2008
- 8) 渡部彩乃, 村木美貴：都市機能維持に向けた蓄電池の面的整備に関する研究 非常時における電力需要を考慮して, 都市計画論文集, 52(3), pp.487-493, 2017
- 9) 日本サステナブル建築協会：スマートエネルギータウン調査報告書, p.72, 2012
- 10) 能島暢呂, 加藤宏紀：供給系ライフラインの地震時機能評価モデルの改良と再検証 ー東日本大震災を対象とした都道府県別評価ー, 第 5 回 相互連関を考慮したライフライン減災対策に関するシンポジウム講演集, pp.94-104, 2013
- 11) 長尾浩志, 上道茜, 八木正彰, 山崎由大, 金子成彦, 坂東茂：災害時の事業継続性を考慮したコージェネレーション機器導入計画最適化手法の提案, エネルギー・資源学会論文集, Vol.38, No.4, pp.10-23, 2017
- 12) 長尾和哉, 杉本賢二, 加藤博和：低炭素化に配慮したニュータウン更新施策の評価手法, 土木計画学研究・講演集, Vol.56, CD-ROM(149), 2017
- 13) 杉本賢二, 猪原暁, 加藤博和, 林良嗣：ニュータウンにおける住宅・土地利用再編が居住者の QOL に与える影響評価, 土木計画学研究・講演集, Vol54, CD-ROM(989), 2016

(2018.4.27 受付)

## EVALUATION METHOD OF THE RENEWING PROCESS OF URBAN DISTRICTS CONSIDERING ENVIRONMENTAL LOAD AND ENERGY SECURITY

Kazuki KAWAI, Hirokazu KATO, Kazuya NAGAO, Hiromu SHIMIZU and Yuki AKIYAMA