低炭素化と非常時エネルギー供給を両立できる既存市街地更新シナリオの評価

名古屋大学大学院　学生会員　○長尾　和哉　　名古屋大学大学院　正会員　加藤　博和
名古屋大学大学院　非会員　朴　秀日　　名古屋大学大学院　正会員　大野　悠貴

1.　はじめに

東日本大震災は，都市の自然災害に対する脆弱性を露見させ，レジリエンス確保が求められる契機となった．エネルギー分野では，非常時の供給力不足が問題となり，全国で従来の集中型エネルギーシステムから，地域内でエネルギーを地産地消する分散型エネルギーシステムへの転換を図ろうとする機運が高まっている．これは自然災害へのレジリエンス確保と同時に、気候変動の要因である CO_2 排出削減にも寄与するものとして注目されている．

一方で，地方部では，人口減少に伴い市街地の低密度化が進んでいる．国土交通省 [1]は，持続可能な都市構造として「コンパクト＋ネットワーク」を掲げており，今後は都市のコンパクト化を図るための立地誘導策も必要になると考えられる．

本研究では，中長期的にこれらの課題に対応できる都市を実現していくために，立地誘導とエネルギーシステム導入を同時かつ漸次的に実施していくことが必要であるという認識に立ち，その実現プロセスを組み込んだ市街地更新モデルを開発する．このモデルを実都市で適用し，将来の CO_2 排出量と非常時エネルギー供給率によるシナリオ評価を行う．

2.　研究対象地域

三重県松阪市の都市計画区域を対象とする（**図-1**）．松阪市は三重県中部に位置し，JR と私鉄の路線が交差する交通の要衝である．都市計画区域は市の東側に広がるが，津波や洪水などの災害危険性が高くなっている．

3.　市街地更新モデル

3.1　モデルの全体構成

モデルのフローを**図-2** に示す．コーホートモデルを用いて，将来の人口および建物の用途別延床面積を推計している．2015 年から 2050 年まで 5 年ごとに町丁目単位で予測を行い，市街地状況を経年的・空間的に予測する．

3.2　将来延床面積の推計

3.2.1　残存延床面積の推計

既存建物が 5 年ごとに残存しているか推計する．築年数T年・建物構造cの建物の残存確率$R_c(T)$を式(1)で表す [2]．この関数を用いてモンテカルロ法による推計を行う．

$$R_c(T) = \exp\left\{-\left(\frac{T}{\eta_c}\right)^{m_c}\right\} \qquad (1)$$

T：築年数，m,η：パラメータ，c：建物構造

3.2.2　新築延床面積の推計

人口当たりの建物需要は将来も一定と仮定し，将来人口と残存延床面積から新築延床面積の推計を行う．$t \to t+5$年の新築延床面積ΔAを式(2)に示す．

$$\Delta A^{use}_{t\to t+5} = \frac{Pop_{t+5}}{Pop_t} \cdot A^{use}_t - A'^{use}_{t+5} \qquad (2)$$

A：延床面積，A'：残存延床面積，t：西暦，use：建物用途，Pop：人口

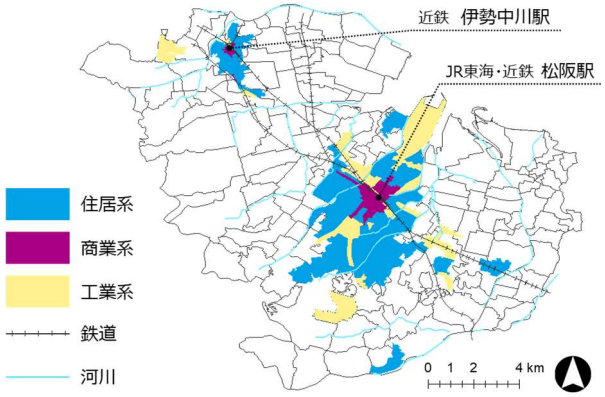

図-1 松阪市都市計画区域の概要

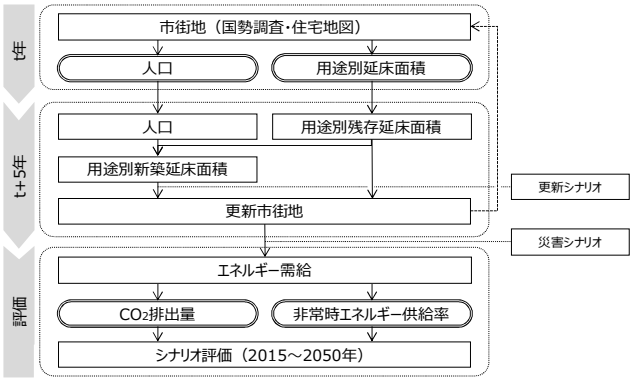

図-2　モデルのフロー

表-1 更新シナリオ

No.	立地誘導	エネルギーシステム
1	誘導なし	集中型
2		オール電化
3		分散型（個別）
4		分散型（面的）
5	立地適正化計画	集中型
6		オール電化
7		分散型（個別）
8		分散型（面的）
9	ハザードマップ	集中型
10		オール電化
11		分散型（個別）
12		分散型（面的）
13	中間	集中型
14		オール電化
15		分散型（個別）
16		分散型（面的）

表-2 施策の概要

施策		概要
立地誘導	誘導なし	現在のトレンドのまま立地する
	立地適正化計画	研究対象地域の立地適正化計画中間案を基に，居住誘導区域（住宅・学校）・都市機能誘導区域（商業・業務・宿泊・医療）へ誘導
	ハザードマップ	津波 2.0m・洪水 0.5m 未満のエリアへ誘導
	中間	立地適正化計画とハザードマップの中間の誘導
エネルギーシステム	集中型	従来通り，電力系統・都市ガスで供給し，特別な技術導入は行わない
	オール電化	新築建物をオール電化して，太陽光発電を運用
	分散型（個別）	創エネ技術を各建物に導入し，建物単位で個別にエネルギーを生産・消費
	分散型（面的）	街区単位でエネルギーの需給を集中管理する．街区内でエネルギーを面的利用し，電力・熱を融通する

3.3 更新シナリオの設定

更新シナリオとして，「新築建物の立地誘導」と「建物および街区へのエネルギーシステム導入」の組み合わせにより，16 種類設定する（**表-1**）．各施策の概要は**表-2** に示す．

3.4 災害シナリオ

南海トラフ巨大地震の発生を想定する．供給系ライフライン被害・復旧モデル [3]を用いて，対象地域の電力系統および都市ガスの被害・復旧状況を予測し，非常時エネルギー供給率の推計に使用する．

3.5 CO_2 排出量と非常時エネルギー供給率の推計

3.5.1 CO_2 排出量の推計

家庭部門と業務部門について CO_2 排出量を式(3)で推計する．

$$CO_2 = \sum_h \sum_i \sum_j \frac{Q_i^h}{e_i} \cdot G_j \qquad (3)$$

Q_i^h：時間帯hにおける用途iの負荷，e_i：用途iの機器効率（電力・給湯・暖房・冷房），G_j：エネルギー源jの CO_2 排出係数（電力・都市ガス）

3.5.2 非常時エネルギー供給率の推計

大規模災害発生時などの非常時には，平常時と異なる需要になる．そこで，非常時の需要量を非常時最大負荷率 [4]を用いて予測し，エネルギー供給可能な建物面積の割合を非常時エネルギー供給率ESLとして式(4.1), (4.2)で定義し，推計する．

$$ESL = \frac{1}{h} \sum_h \sum_i \frac{\frac{ES_{i,ex}^h}{EQ_{i,ex}^h} \cdot A_{ex} + \frac{ES_{i,new}^h}{EQ_{i,new}^h} \cdot A_{new}}{A_{ex} + A_{new}} \qquad (4.1)$$

$$ES_{i,ex}^h = \sum_j \frac{EQ_i^h}{e_i} \cdot \gamma_j = \sum_j \frac{\min\{Q_i^h, Q_i^h \cdot \alpha_i\}}{e_i} \cdot \gamma_j \qquad (4.2)$$

ES_i^h：非常時供給量，EQ_i^h：非常時需要量，A_{ex}：既存建物の延床面積，A_{new}：新築建物の延床面積，α_i：非常時最大負荷率，γ_j：エネルギー源jの供給率

4. おわりに

本研究では，人口減少やエネルギー・環境問題に対応できる都市を中長期的に実現していくために，立地誘導とエネルギーシステム導入を組み込んだ市街地更新モデルを開発した．今後，シナリオごとに評価指標を定量化し，各施策が与える影響と要因を考察して成果とする．

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しなやかに対応するために－」の成果の一部である．ここに記して謝意を表する．

参考文献

1) 国土交通省：国土のグランドデザイン 2050，2014.
2) 小見康夫，栗田紀之：長寿命化トレンドを考慮した建物残存率のシミュレーション 建物の超寿命化トレンドにおける建材ストック/排出量の算出手法に関する研究 その 1，日本建築学会計画系論文集 第 75 巻 第 656 号，pp. 2459-2465，2010.
3) 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－東日本大震災を対象とした都道府県別評価－，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.
4) 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，p53，2012.