

令和元年6月17日現在

機関番号：80122

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K21594

研究課題名（和文）都市における再生可能エネルギー最適導入プロセス解明の動的評価手法の構築

研究課題名（英文）Development of a dynamic evaluation method for analyzing the optimal introduction process of renewable energy in the city

研究代表者

阿部 佑平（Abe, Yuhei）

地方独立行政法人北海道立総合研究機構・建築研究本部北方建築総合研究所・研究職員

研究者番号：70614147

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、北海道を対象に太陽光、太陽熱、バイオマス、雪氷冷熱に関する再生可能エネルギーの賦存量・利用可能量を推定した。また、富良野圏域5市町村の民生部門を対象にエネルギー需要量を推定した。さらに、都市における将来的な再生可能エネルギーの最適導入プロセスを明らかにすることが可能な動的評価手法を構築し、富良野市を対象に30年後の再生可能エネルギーの導入可能性について解析を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で開発した動的評価手法を用いることにより、都市における将来的な再生可能エネルギーの最適導入プロセスを明らかにすることが可能となる。これにより、都市のエネルギー需給に関する将来ビジョンを検討することが可能になる他、都市のエネルギー消費量を最小化するために必要な条件を明らかにすることができ、自立・分散型低炭素エネルギー社会の実現に貢献できると考えられる。

研究成果の概要（英文）：In this study, we estimated the existing and available amount of renewable energy in Hokkaido. We also estimated the energy demand of residential and commercial sectors in the Furano area in Hokkaido. Furthermore, we developed a dynamic evaluation method for analyzing the optimal introduction process of renewable energy in the city, and analyzed the possibility of introducing renewable energy 30 years later in Furano City.

研究分野：工学

キーワード：再生可能エネルギー 賦存量・利用可能量 エネルギー需要量 線形計画法 化石燃料消費量 最適化問題

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

### 1. 研究開始当初の背景

自立・分散型低炭素エネルギー社会の実現には、個々の建物単体における高断熱化や高効率設備の導入等によるエネルギー消費量の削減のみならず、都市や地域を対象としたエネルギーのエリアマネジメントにより、消費量を把握し削減する取組が必要である。具体的には、街区等への再生可能エネルギー設備、コージェネレーション等の導入により、エネルギー設備の高効率化を図ることが考えられる。

しかし、再生可能エネルギーは賦存量・利用可能量が地域毎に大きく異なり、かつ導入コストも掛かるため、今後の更なる導入に向けては、将来的な都市のエネルギー需給を把握するとともに、導入プロセスを明らかにすることが可能な評価手法を構築する必要がある。

### 2. 研究の目的

本研究は、都市規模（人口密度等）や気候等の地域特性によって異なる都市のエネルギー需要に加え、様々な再生可能エネルギーの供給を考慮し、かつ都市の時間軸（将来的な人口減少や都市縮減）も考慮した将来的な再生可能エネルギーの最適導入プロセスを明らかにすることが可能な動的評価手法の構築を目的とする。

### 3. 研究の方法

本研究では、以下の項目を実施した。

#### (1) 再生可能エネルギーの賦存量・利用可能量推定のためのデータ構築

再生可能エネルギーの賦存量・利用可能量を推定するために必要なデータを構築し、賦存量・利用可能量を推定する。

#### (2) 都市におけるエネルギー需要量推定のためのデータ構築

民生部門のエネルギー需要量を推定するために必要なデータを構築し、都市のエネルギー需要量を推定する。

#### (3) 再生可能エネルギー最適導入プロセス解明の動的評価手法の構築

建物の省エネ化や将来的な人口減少等によるエネルギー需要量の減少を考慮し、再生可能エネルギーの最適導入プロセスを解明できる動的評価手法を構築する。

#### (4) 動的評価手法の実用性検証

特定の市町村を対象に、構築した動的評価手法の実用性検証を行う。

### 4. 研究成果

#### (1) 再生可能エネルギーの賦存量・利用可能量推定のためのデータ構築

道内市町村が作成したエネルギービジョン<sup>例(例えば1)~5)</sup>や北海道が公開している「新エネルギー賦存量推計システム」<sup>6)</sup>等を用いて、太陽光、太陽熱、バイオマス、雪氷冷熱の賦存量・利用可能量の推定方法や、推定する際に必要となるデータを構築した。構築したデータをもとに、賦存量・利用可能量を推定した。一例として、図1に道内市町村における雪氷冷熱の賦存量・利用可能量の推定結果を示す。

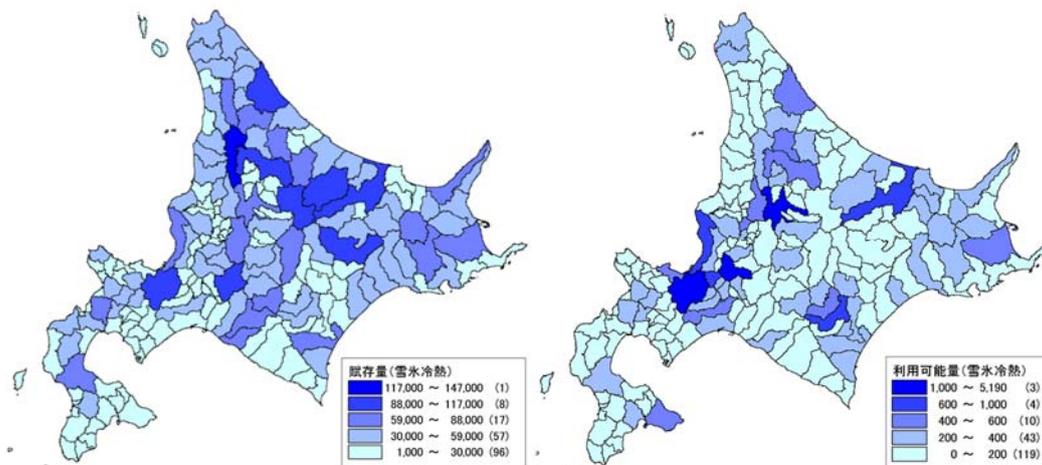


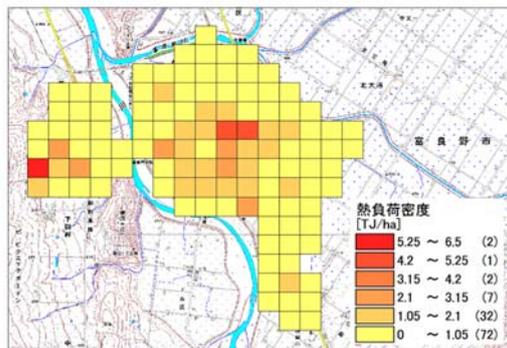
図1 賦存量・利用可能量の推定結果（雪氷冷熱）

#### (2) 都市におけるエネルギー需要量推定のためのデータ構築

富良野圏域5市町村の公共施設を対象にエネルギー消費量の調査を行うとともに、既往の調査結果<sup>1)~5), 7)~9)</sup>を再整理することで、民生部門のエネルギー需要量を推定する際に必要となる建物用途別のエネルギー消費量原単位を構築した。併せて、都市計画基礎調査データ等を用いて、建物データ（用途、延床面積）を構築した。構築したデータをもとに、富良野圏域5市町村を対

象にエネルギー需要（熱・電力）を推定した。

図2に富良野市の250m×250mメッシュ間隔における熱負荷密度、図3に熱負荷密度と熱電比を入力データとして行ったクラスター分析の結果を示す。夏期でも熱需要のある医療施設や宿泊施設が占める面積割合が大きいクラスターでは、熱負荷密度が大きくなり、地域冷暖房の導入可能性を検討する抽出条件（熱負荷密度4.2[TJ/ha]以上）を上回ることを明らかにした。



国土地理院の数値地図25,000（地図画像）『旭川・夕張岳』を掲載

図2 熱負荷密度（富良野市）

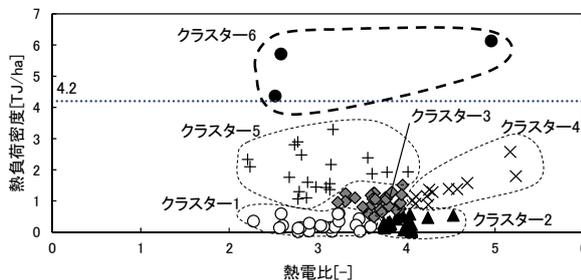


図3 各クラスターの熱負荷密度と熱電比の関係

(3) 再生可能エネルギー最適導入プロセス解明の動的評価手法の構築

線形計画法を用いて、将来的な都市の化石燃料消費量、CO<sub>2</sub>排出量、ランニングコストを最小化し、再生可能エネルギーの最適導入プロセスを解明できる動的評価手法を構築した。本研究では、都市全体の将来に向けた再生可能エネルギーの最適導入プロセスを検討するため、ここでは、月別の熱収支・電力収支をもとに解析できる動的評価手法を構築した。

(4) 動的評価手法の実用性検証

構築した動的評価手法を用いて、富良野市を対象に、毎年の化石燃料消費量が最小となる再生可能エネルギーの導入プロセスを解析した。表1に解析条件を示す。設備導入費を5,000万円/年、評価期間を30年として、導入する再生可能エネルギー設備には、地中熱ヒートポンプ(GSHP)、木質バイオマスコージェネレーション(BioCGS)、木質バイオマスボイラ(BioB)、RDFボイラ(RDF)、太陽光発電(PV)を対象とした。図4に解析で使用した月別の熱需要と電力需要を示す。

図5に化石燃料消費量の解析結果を示す。再生可能エネルギー設備の導入により30年後の化石燃料消費量を32%削減できる可能性があるとして解析された。図6に熱供給と電力供給の内訳を示す。30年後の熱供給は、RDFや木質バイオマスにより21%代替できる可能性があるとして解析された。一方、電力供給については代替できず、系統電力で供給する結果になった。これは、富良野市の熱需要は電力需要に比べ3倍大きいので、まず熱需要を再生可能エネルギーで代替した方が、都市全体の化石燃料消費量を最小にできると解析されたためであると考えられる。

本研究では、都市全体の将来に向けた最適化を検討するために月別の熱収支・電力収支をもとに解析を行ったが、今後は時間変動を考慮した解析を行う必要がある。

表1 解析条件

評価期間	30年
設備導入費	5,000万円/年
目的関数	化石燃料消費量
前提条件	時間単位の収支を満足させるための蓄熱・蓄電技術、電力の逆潮流が導入されている
エネルギー需要	熱需要と電力需要は、人口減少等を考慮し、毎年1%減少
再生可能エネルギー設備	地中熱ヒートポンプ(GSHP)、木質バイオマスコージェネレーション(BioCGS)、木質バイオマスボイラ(BioB)、RDFボイラ(RDF)、太陽光発電(PV)
再生可能エネルギー設備の導入コスト	地中熱ヒートポンプ：100千円/kW、木質バイオマスコージェネレーション：1,000千円/kW、木質バイオマスボイラ：100千円/kW、RDFボイラ：100千円/kW、太陽光発電：400千円/kW
再生可能エネルギーの利用可能量	木質バイオマス：160TJ、RDF：57.5TJ
その他	<ul style="list-style-type: none"> <li>再生可能エネルギーの導入前、熱は化石燃料ボイラ、電力は系統電力で供給</li> <li>蓄熱および熱融通による熱損失：全体の熱需要の10%</li> <li>蓄電池の損失：全体の電力需要の10%</li> <li>熱源機の全負荷相当運転時間：1,500時間</li> </ul>

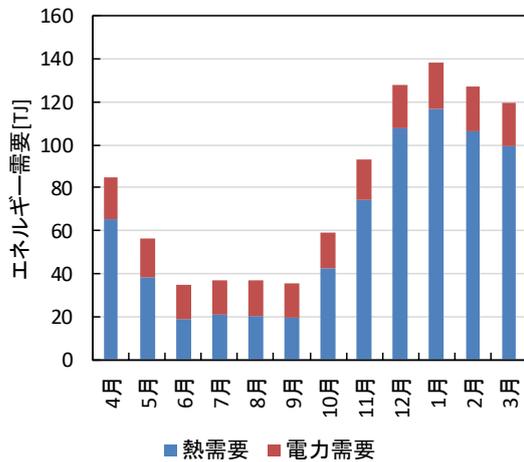


図4 月別の熱需要と電力需要

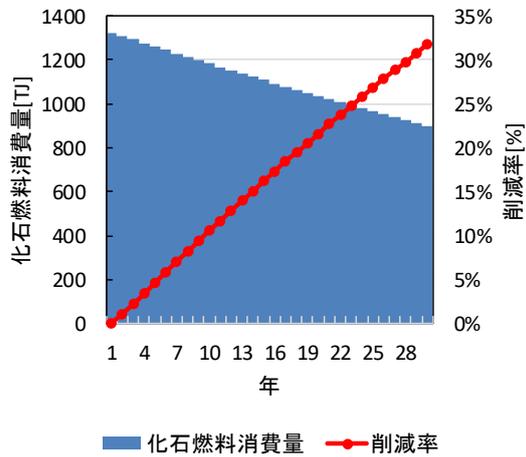


図5 化石燃料消費量の解析結果

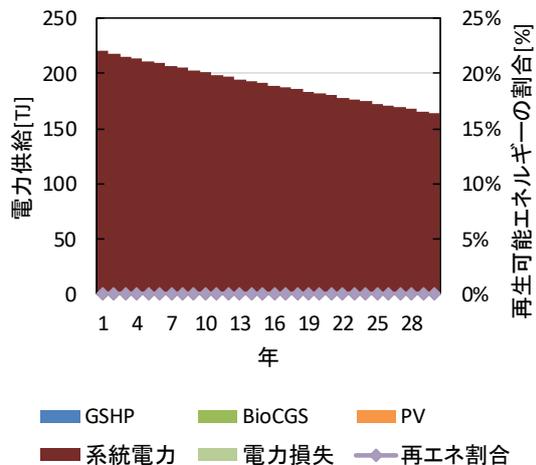
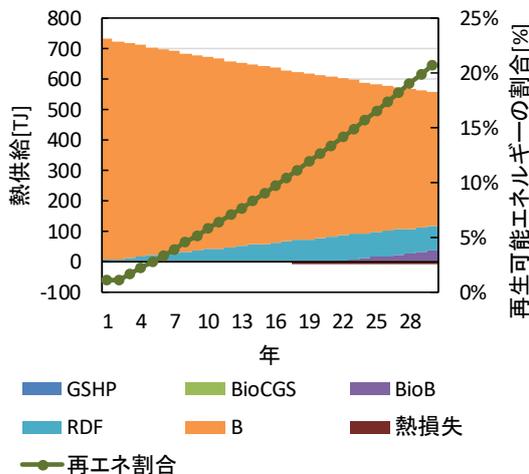


図6 熱供給と電力供給の内訳

<引用文献>

- 1) 富良野市地域新エネルギービジョン報告書, 富良野市, 2010.2
- 2) 上富良野町地域省エネルギービジョン報告書, 上富良野町, 2010.2
- 3) 上富良野町地域新エネルギービジョン報告書, 上富良野町, 2011.2
- 4) 南富良野町地域新エネルギービジョン報告書, 南富良野町, 2008.2
- 5) 占冠村地域新エネルギービジョン, 占冠村, 2006.2
- 6) 新エネルギー賦存量推計システム, 北海道, [http://www.pref.hokkaido.lg.jp/kz/kke/sene/fuzonryou\\_soft.htm](http://www.pref.hokkaido.lg.jp/kz/kke/sene/fuzonryou_soft.htm), 2019.6.17 参照
- 7) 都道府県別エネルギー消費統計, 経済産業省 資源エネルギー庁, [http://www.enecho.meti.go.jp/statistics/energy\\_consumption/ec002/](http://www.enecho.meti.go.jp/statistics/energy_consumption/ec002/), 2019.6.17 参照
- 8) 非住宅建築物の環境関連データベース, 一般財団法人日本サステナブル建築協会, <http://www.jsbc.or.jp/decc/index.html>, 2019.6.17 参照
- 9) 一般社団法人北海道消費者協会, 石油連盟北海道石油システムセンター: 平成19年度北海道家庭用エネルギー消費実態調査(2007エコファミリー省エネアンケート)報告書, 2008.3

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計1件)

- ① 阿部佑平, 月館司, 立松宏一, 堤拓哉, 鈴木大隆: 北海道富良野圏域を対象とした民生部門エネルギー等の需要構造分析, 日本建築学会環境論文集, 査読有, Vol. 82, No. 739, pp801-809, 2017.9

[学会発表] (計6件)

- ① 阿部佑平, 月館司, 立松宏一, 堤拓哉, 鈴木大隆: 富良野圏域のエネルギー消費分析 第3報 地中熱ヒートポンプが導入された公共施設を対象とした実測調査, 日本建築学会北海道支部研究報告集, No. 89, pp.137-140, 2016.6
- ② 阿部佑平, 月館司, 立松宏一, 堤拓哉, 鈴木大隆: 地域のエネルギー需給の最適化に関する研究 その1 北海道K町を対象としたエネルギー需要量の推定, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.761-762, 2016.8

- ③ 月館司, 阿部佑平, 立松宏一, 堤拓哉, 鈴木大隆: 地域のエネルギー需給の最適化に関する研究 その2 K町における地域分散型エネルギーシステムの検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 763-764, 2016. 8
- ④ 阿部佑平, 月館司, 立松宏一, 堤拓哉, 鈴木大隆: 北海道富良野圏域を対象としたエネルギー需要構造分析 その1 富良野市の民生部門を対象とした分析, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 799-800, 2017. 8
- ⑤ 阿部佑平, 月館司: 木質バイオマスによる住宅群を対象とした熱供給システムの評価 その1 竣工初年度における搬送熱量と供給熱量, 日本建築学会北海道支部研究報告集, No. 91, pp. 253-256, 2018. 6
- ⑥ 阿部佑平, 月館司: 公営住宅を対象とした木質バイオマスによる熱供給システムに関する研究 その1 竣工初年度における運用評価, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 1335-1336, 2018. 9

## 6. 研究組織

### (1) 研究分担者

なし

### (2) 研究協力者

なし