地方自治体における低炭素型エネルギーシステム計画モデルの開発

富山県立大学　非会員　○浦　和哉
富山県立大学　正会員　立花　潤三
富山県立大学　非会員　榊原　一紀

1. はじめに

今日,資源枯渇・地球温暖化問題などを背景として低炭素社会への移行が進んでいる．国レベルでは CO_2 削減目標値を達成するため，社会,技術の在り方を多面的に分析している．例として佐藤ら（1999,2005）の研究では、MARKAL モデルを用いて,原子力利用規模の異なる 3 種類のシナリオにおける今後のエネルギーシステムの道筋を検討している．一方、地方自治体を対象とした研究事例は少ない．元木ら（2008， 2009）の研究では佐藤らの日本版 MARKAL モデルを都道府県に適応し 2050 年までのエネルギーシステムの変遷について検討している.しかしこの論文では，各種費用、料金、需要量など現状保持などの設定が多く、だれが何をするのかが不明確であり、自治体財源も考慮されていないなど自治体の計画支援情報に用いるには適していない.

そこで本研究では、自治体が限られた財源の中で主体的にシステム整備する際に、最も効率の良いロードマップを検討するためのエネルギーシステム計画モデルを構築する.

2. 研究手法

2.1　モデルの概要

モデルの概要を図 1 に示す.目的関数は地方自治体がエネルギーシステム整備を行う際にかかる総コストの最小化である．次に、制約条件としては、CO_2 排出量削減目標値、各再生可能エネルギーのポテンシャル，エネルギー需要量，電源構成に占める変動再生可能エネルギーの比率,財源である．そして、計画変数は自治体が導入するエネルギー技術の各量である．すなわち本モデルは、無駄の無い公共事業を実現しながら CO_2 削減目標を達成するロードマップを出力するものであり、具体的には、再生可能エネルギー導入量、化石燃料、系統電力消費量、CO_2 排出量，収支などの経年変化が出力される.

2.2　モデルの条件設定

今回の分析における各種設定を下記に示す.

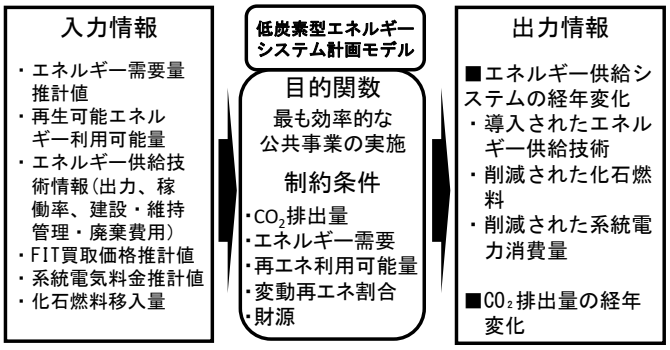

図 1．低炭素型エネルギーシステム計画モデルの概要

2.2.1　導入技術種

発電技術が 50 種,熱供給技術が 53 種である．また,各技術の技術諸元は調達価格等算定委員会資料,導入事例などを参考にした．ただし太陽光のみ設備費用が変動するものとし，現状の FIT 買取価格の低下傾向から将来の価格を推計した．太陽光以外の FIT による買取価格は設備容量が多くなるにつれて太陽光と同じ傾向になるよう設定した．また，太陽光や風力など供給が不安定な技術は電源構成に取り入れられる限界値も設定した.

2.2.2　分析対象地固有パラメータ

本モデルによる分析を行うためには分析対象地の固有パラメータが必要となる．本研究では分析対象地を富山県としている．従って富山県の電力会社 CO_2 排出係数や再生可能エネルギーの利用可能量,エネルギー需要の見通し，財源等のパラメータを設定した.

2.2.3　地方債上限

地方債の発行における公共事業の充当率は 90%と規定されていることから、富山県が現在環境対策に用いている総額 50 億円を基準に、地方債上限を 500 億円設定した.

3. 研究結果

図 2 に導入されたエネルギー技術の推移を示す.エネルギー供給技術は第 1 期に小水力発電を約 7.93

万 kW 導入し，第 7 期には約 51.9 万 kW 導入される結果となった．また，第3 期に地熱発電が約2.5 万 kW 導入され第 7 期まで増え続け約 45.9 万 kW 導入される．最終期の電源構成では小水力発電が 38%，地熱発電が 34%，系統電力が 29%となっており，この 2 つの再生可能エネルギーは富山県の特色が色濃くでた結果と言える．系統電力の供給量は第一期の約 123.0 万 kW から第 7 期には約 18.3kw まで低減する．また，全体的なエネルギー需要量は第 1 期にくらべて約 38%減少する．これは人口減少や省エネ技術の普及などによるエネルギー需要の減少によるものである．化石燃料移入量の減少はこの影響である．

次に CO_2 の排出推移を図 3 に示す．第 4 期（2030 年） の制約条件である2013 年比26%削減（783 万 t/年）第 7 期で 80%削減（212 万 t/年）を下回っている．この減少には系統電力から再生可能エネルギーへの転換，エネルギー需要量の減少などが大きく寄与している．割合で見ると，第 1 期では，石油から 32%，系統電力から 68%であったが，第 7 期では，石油からが 69%，系統電力からが 27%となった．最後に， 図 4 に各種費用及び償還のグラフを示す．借入金は，第 1 期に総額410 億円，第2 期に696 億円，第3 期に70 億円，第 4 期に 2500 億円となっており，返済は第 1 期に50 億円，第2 期に208 億円，第3 期に342 億円，第 4 期に658 億円，第 5 期に985 億円，第6 期に776 億円，第7 期に755 億円となっている．設備投資は第 4 期及び第 6 期、第7 期に多い結果となった．初期から中期に借金をして設備投入し，中期から後期にかけてその収益でさらなる設備投資をしつつ借金を返済する結果となった．地方債は第 4 期で最大 2420 億円にまで膨らむが，その後の利益で，計画期間内 に完済する結果となった．後期に設備投資が偏ったのは，水力，地熱の売電単価が後期の方が高いことが影響している．

感度分析を行った結果，第7 期の電力需要量，CO2 排出量 制約が最も強く，次に第 6 期の同項目の反応が強かった．

4. まとめ

本論文では，地方自治体において低炭素型エネルギー供給システムを構築するための施設整備計画を検討できる計画モデルを構築し，富山県を対象に実証的検討を行った．その結果，水力や地熱といった地域が持つ自然エネルギーを活用したエネルギーシステムへの転換によって目標とする低炭素社会の実現可能性が示唆された。ただし今回の出力結果は最も効率よく施策が行われた場合であることに留意が必要である．また，エネルギー需要量などの外性変数の一部は不確実性を伴うため，そのリスクを考慮した上で最善な計画を立てられるようにすることが今後の課題として挙げられる．

最後に，本モデルは他の自治体でも汎用的に利用できるものであ り，低炭素型社会の構築に向けた各自治体のエネルギー計 画の検討に広く寄与できるものと考える。

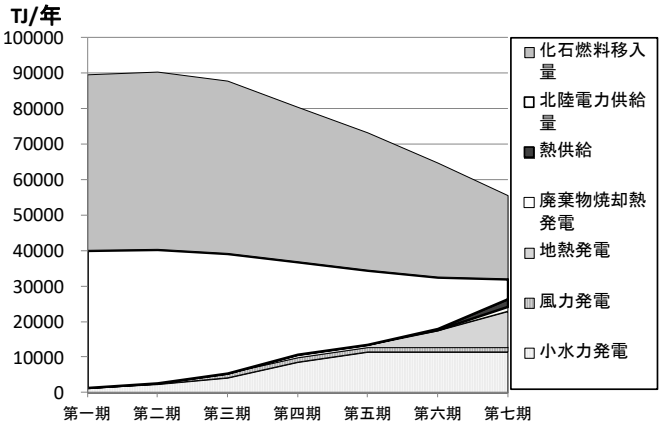

図 2．再生エネルギー導入の推移

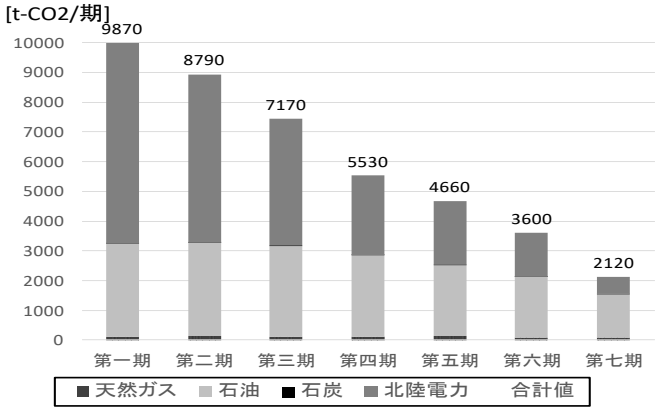

図 3．CO_2 排出量の推移

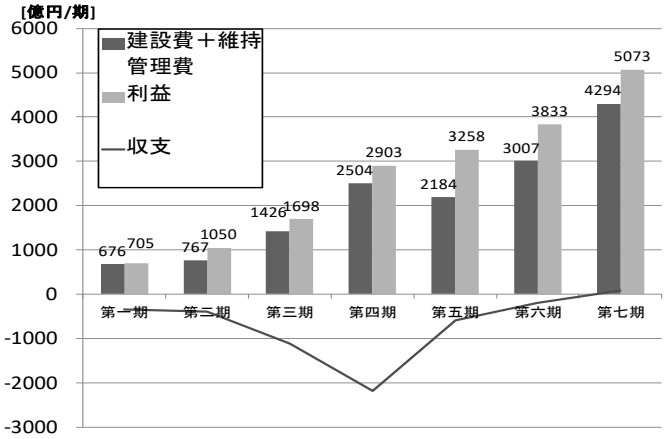

図 4．収支の変化