

再生可能エネルギーを利用した被災地の 取り組み事例—宮古市スマートコミュニティ

Smart Community in Miyako City

中田 俊彦*

1. 宮古市スマートコミュニティ事業のあらまし

岩手県宮古市は、岩手県三陸沿岸部に位置する人口 49,348 人、面積 1,259 km² の地方都市である。2011 年の東日本大震災におけるインフラへの甚大な被害を契機に「耐災害性の向上」、「浸水地域の土地力の回復・向上」、「産業振興・雇用創出」を目的としたスマートコミュニティ事業に取り組んでいる。

宮古市スマートコミュニティ（図 1）は、2011 年に発足した事業として、宮古市内の 2 カ所にメガソーラー発電所を設置し、地域の新電力である宮古新電力（株）が、市内の公共施設および電気自動車の急速充電施設へ電力を供給している。日本国土

開発（株）とアジア航測（株）、復建調査設計（株）は、宮古市内で大規模太陽光発電事業を展開する宮古発電合同会社（SPC）を 2013 年 7 月に設立した。宮古市内に津軽石太陽光発電所（1,607kW）と田老太陽光発電所（2,367kW）を建設し、2015 年から運用を開始している。現在は、宮古市も 20 パーセントを出資している。また、宮古新電力（株）²⁾ は、岩手県宮古市における「スマートコミュニティ事業」の取り組みの 1 つとして、2015 年に設立された「再生可能エネルギーの地産地消」を推進する「地域新電力」事業会社である。NTT アノードエナジー（株）と宮古市が出資している。田老・津軽石発電所と需要家施設を、ICT 技術である CEMS（Community Energy Management System）により統合して、地

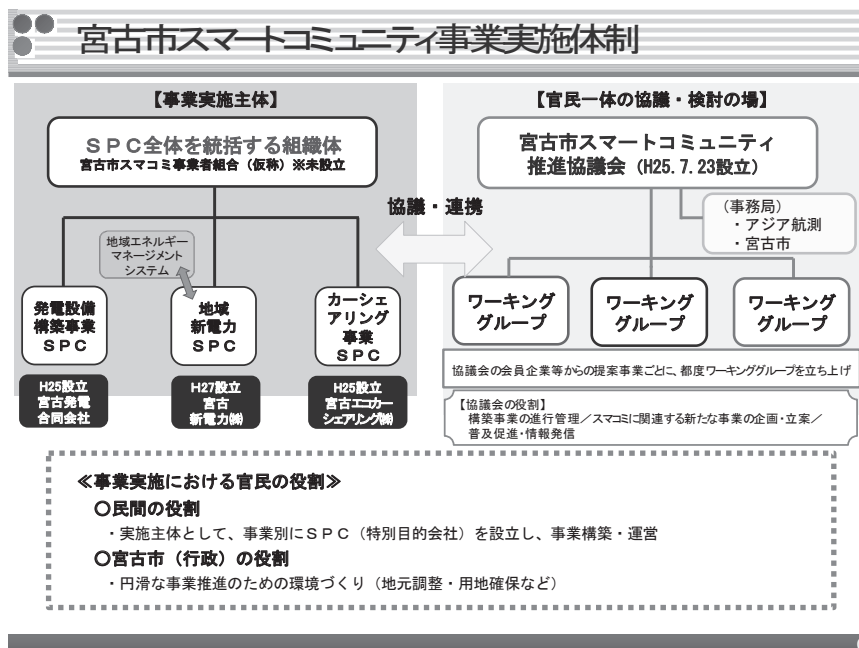


図 1 宮古市スマートコミュニティ事業の実施体制

* 東北大学 大学院工学研究科 教授

域の電力需給をマネジメントしている。さらに、PHV10台、EV3台によるカーシェアリングサービスを提供している。

田老太陽光発電所は、図2（左下）に示すとおり、津波で破壊された旧市街地に立地している。右上には、高台移転した住宅地があり、左側には三陸鉄道（田老駅、新田老駅）と三陸自動車道が地区を縦断している。

他地域の新電力事業と異なる特徴を下記に列挙する¹⁾。

- 事業者による自主運営を前面に出しつつ、それを市が支える仕組みを取っていること。
- 太陽光発電の供給事業から始めて、カーシェアリングなど関連事業に拡張する構想を立案し、国内の事業環境の整備状況を見計らいながら徐々に実行に移していること。
- エネルギー供給のみならず、需要側の地域社会のイノベーションや設備投資など需給両面を一体的に捉えて、地域のクリーンエネルギー戦略を作っていること。
- 宮古市スマートコミュニティ推進協議会を設けて、関係者による情報共有の場を設けるとともに、学識経験者を加えてデータ分析や事業性評価などの第三者の視点を取り入れていること。オブザーバーとして、復興庁岩手復興局、東北経済産業局、岩手県復興局も参加している。
- 2021年度からは、宮古市再生可能エネルギー推

進会議を新設して、商工会議所、森林組合、漁業協同組合、青年会議所、公募委員など、事業者を含まずに幅広い分野の代表者による意見交換の場を設けている。

2. 宮古市のエネルギーフローの現況分析

岩手県宮古市全体のエネルギーフロー図を図3に示す。2015年における宮古市の一次エネルギー総供給量（TPES）は、7804 TJである。宮古市へのTPESは、その約88%が石炭、石油、及び天然ガスの化石燃料が占める。TPESのうち、宮古市内にある発電所への一次エネルギー供給量は、水力134 TJ、バイオマス530 TJ、太陽エネルギー53 TJである。ここで、バイオマス発電の発電効率は30%と見積もった。また、正味利用エネルギーは3020 TJ、損失エネルギーは4786 TJと推定した。市外にて発電される電力は、本地域の大手電力会社である東北電力（株）の発電構成比を参照した。需要家のエネルギー消費量は、産業部門が1124 TJ、業務部門が1899 TJ、家庭部門が1295 TJ、運輸部門が1590 TJである。また、最終エネルギー消費量（5908 TJ）における電力（1671 TJ）の割合は約28%であり、その他は、化石燃料が占めるという結果となった。特に、輸送用燃料としての化石燃料の消費が多い。市内の電力消費量（1671 TJ）に占める市内発電所の割合は、水力発電（134 TJ）、太陽光発電（53 TJ）、バイオマス発電（530 TJ × 0.3）から算出す



図2 田老太陽光発電所の全景

ると、約 21%となった。宮古市の CO₂ 排出量は約 487 Mt-CO₂/year、エネルギー利用効率率は約 39 %、エネルギー自給率は約 9.2%となった。

3. 宮古市スマートコミュニティ事業のエネルギー需給の特徴

宮古市のスマートコミュニティ事業は、震災を契機にして、地域に賦存するエネルギーを活用し、地域にエネルギーを供給する取り組みである。したがって、スマートコミュニティの地域への実装によるエネルギー需給構造の変化を分析し、評価することが重要である。そのため、電力、熱、輸送用燃料の各エネルギーキャリアを統合して分析する必要がある。続いて、宮古市スマートコミュニティにおけるエネルギーフロー図を作成してエネルギー需給の特徴を分析した。

宮古市スマートコミュニティのエネルギーフロー図を図 4 に示す。この図において、電力需給バランスの分析結果から、消費電力量の約 53%はメガソーラー発電所以外から電力を調達する必要がある。本研究では、調達先として地域の大手電力会社である東北電力（株）を仮定する。これは、メガソーラー発電所の発電量が不足する場合に宮古新電力が電力を調達する電気事業者について把握できなかったためである。電力卸売市場を介した取引について、その調達先の電気事業者が把握できる場合は、その電

気事業者の発電構成を参照することが望ましい。また、宮古市内の水力発電所、田老および津軽石を除く太陽光発電所、バイオマス発電所を考慮し、系統から調達する電力のうち、約 21%は市内発電所から供給されるとした。

宮古市スマートコミュニティの需要家の最終エネルギー消費量の合計は 40.6 TJ/year であり、これは図 3 に示される宮古市の業務部門全体（1899 TJ）の最終エネルギー消費量の約 2.1%を占め、全最終エネルギー消費量（5908 TJ）の約 0.7%を占める。最終エネルギー消費量（40.6 TJ）のうち、電力の消費量（21.0 TJ）が占める割合は約 52%、化石燃料の消費量（19.6 TJ）が占める割合は約 48%である。この化石燃料の大部分は灯油及び重油であり、ほとんどが暖房用燃料である。

宮古市スマートコミュニティ事業開始前後のエネルギーシステムの各性能指標を、表 1 に示す。TPES は 65.2 TJ/year から 53.5 TJ/year へ削減された。これは、メガソーラー発電所によって火力発電等による損失分の一次エネルギー供給量が置き換えられたためである。事業開始前の損失エネルギーは 44.7 TJ/year、事業開始後の損失エネルギーは 33.1 TJ/year となり、エネルギーシステム効率は 31.4% から 38.3% へ向上した。また、事業開始前は 3593 t-CO₂/year あった CO₂ 排出量は、2526 t-CO₂/year まで削減され、削減率は約 29.7%となった。CO₂ が

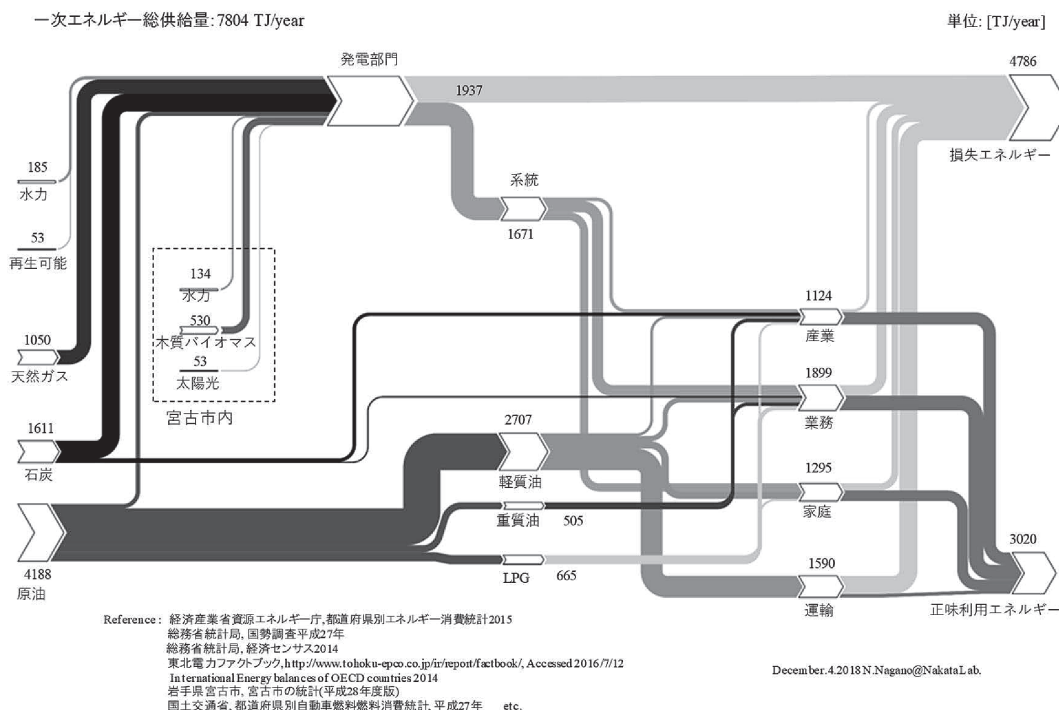


図 3 宮古市のエネルギーフロー (2015)

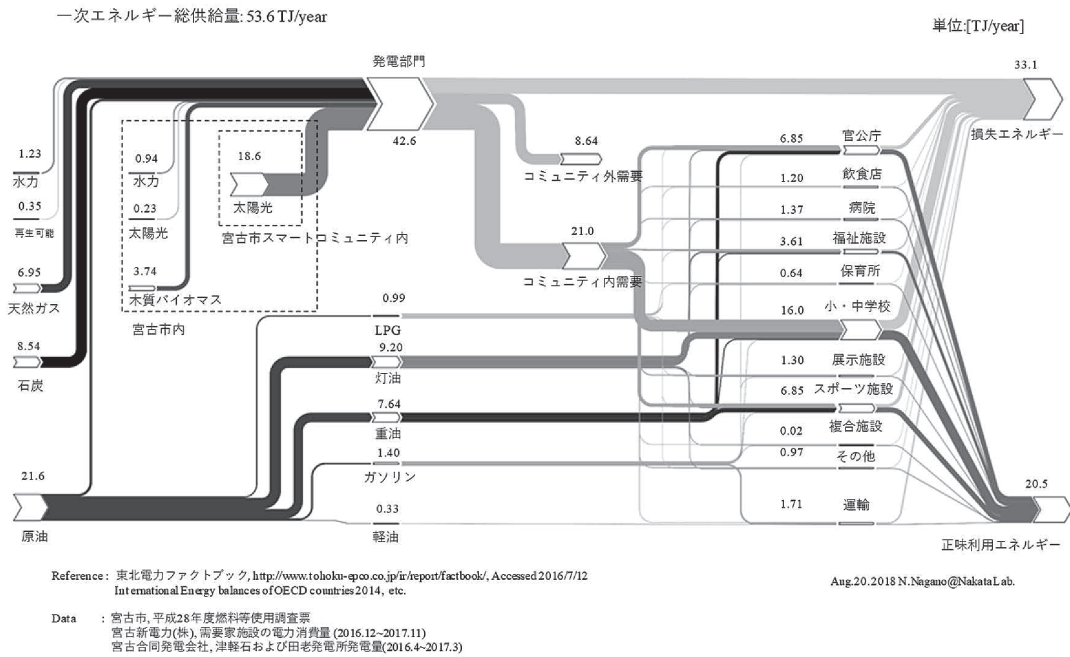


図4 宮古市スマートコミュニティのエネルギーフロー図

削減される要因は、発電方法が化石燃料から再生可能エネルギーに代替されることのみである。最終エネルギー消費量のうち約48%は化石燃料であるため、需要家が直接消費する化石燃料は削減されない。電力のみを考慮する場合、需給バランスの分析結果から、系統から約53%の電力を調達するためにCO₂排出量は2252 t-CO₂/yearから1160 t-CO₂/yearまで削減され、削減率は約48.5%であった。また、スマートコミュニティのCO₂排出量は、宮古市全体のCO₂排出量の約0.52%に相当する。

4. 市区町村におけるエネルギー需給構造の定量分析のために

(1) 市区町村単位でのエネルギー統計情報の作成

エネルギー需給の統計として、日本を対象とした統計は、IEAによるWorld Energy Balances³⁾や経済産業省による総合エネルギー統計⁴⁾がある。次

表1 スマートコミュニティ事業に伴うエネルギーシステム性能の変化

	事業開始前	事業開始後
一次エネルギー総供給量 [TJ/year]	65.2	53.6
損失エネルギー [TJ/year]	44.7	33.1
エネルギー利用効率 [-]	31.4	38.3
エネルギー自給率 [-]	14.3	37.8
CO ₂ 排出量 [t-CO ₂ /year]	3593	2526
CO ₂ 排出量 (電力) [t-CO ₂ /year]	2252	1160

いで、都道府県単位のエネルギー統計は、経済産業省による都道府県別エネルギー消費統計がある⁵⁾。この統計は、対象都道府県における最終エネルギー消費量のみを対象にしている。エネルギーバランス表中の二次エネルギーを、一次エネルギー供給量まで遡って計算していないため、電力や熱が、需要家に供給されるまでの経路は不明瞭である。また、都道府県別エネルギー消費統計では、需要家は産業、業務、家庭、運輸の4部門に分類、さらに産業・業務部門は、業種ごとに詳細に分類されている。しかし、運輸部門は、旅客輸送のみで、貨物輸送が考慮されていないといった弱点がある。

市町村単位では、環境省から部門別のCO₂排出量は公表されている⁶⁾。しかし、需要部門毎のエネルギー消費量の総量のみ情報なので、CO₂排出の原因となる化石燃料の燃料種毎の消費量は一切わからない。温室効果ガス削減の実行計画の策定には、排出源となる燃料種やエネルギーキャリアの特定が不可欠なので、独自に上述の都道府県別統計を基に推計した。推計手法としては、都道府県別のデータを、適切な活動量で市町村ごとに按分することが提案されている⁷⁾。本研究の市区町村別のエネルギー消費量の推計に用いる統計と按分指標を表2に示す。

(2) 地域単位のエネルギーフロー図の作成

市区町村単位でのエネルギー需給構造を分析するために、エネルギーフロー図を作成する。エネルギーフロー図は、資源、変換技術、需要家で構成される

表2 市区町村別エネルギー消費量の推計に用いる基礎統計及び按分指標

		現統計	按分指標
産業部門	非製造業	都道府県別エネルギー消費統計	業種別就業者数 ⁸⁾
	製造業	都道府県別エネルギー消費統計	業種別製造品出荷額 ⁹⁾
業務部門		都道府県別エネルギー消費統計	業種別就業者数 ⁸⁾
家庭部門		都道府県別エネルギー消費統計	世帯数 ¹⁰⁾
運輸部門		自動車燃料消費統計	自動車保有台数 ¹¹⁾

エネルギーシステムにおけるエネルギーの流れを可視化したものである。エネルギーフロー図の作成例として、Lawrence Livermore National Laboratory (LLNL) の Energy Flow Charts¹²⁾ や IEA Sankey Diagram¹³⁾ があり、世界全体、国、あるいは州単位のエネルギーフロー図を作成し、公開している。日本では、瀧田らが、日本のエネルギーフロー図の詳細な作成手法を示しているが¹⁴⁾、公的機関による作成はない。LLNL および瀧田らのエネルギーフロー図は、エネルギー変換時の損失エネルギーに加えて、需要家のエネルギー消費機器利用による損失エネルギーまで推計し、正味利用エネルギーと損失エネルギーを求めている。エネルギーフロー図は、エネルギーの資源から需要家における消費に至るまでの一連の流れが定量化、可視化されることによりエネルギーシステム全体の課題の把握に役立つ。また、講じる対策がCO₂排出量の削減効果に与える影響に加え、再生可能エネルギーの導入によるエネルギー自給率の向上やエネルギー効率の向上等、地域に与えるプラスの効果を定量的に評価し検証できる。こうした理由から、エネルギーフロー図は地方公共団体に対して、温暖化対策実行計画を策定する以上の価値を提供できると期待される。先例として示したエネルギーフロー図は、国や州単位の広域のエネルギー需給構造を対象としているので、市区町村単位でのエネルギーフロー図の作成には、統計情報の整備と合わせていっそうの工夫¹⁵⁾が必要となる。

謝辞

本原稿の作成にあたり、岩手県宮古市企画部エネルギー推進課エネルギー推進係の皆様には関連資料や写真などをご提供頂いた。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 宮古市スマートコミュニティ推進協議会, <http://www.miyakosumakomi.net> (accessed 2021-12-19).
- 2) 宮古新電力, <https://www.miyako-el.co.jp/product/> (accessed 2021-12-19).
- 3) IEA, World Energy Balances.
- 4) 経済産業省資源エネルギー庁, 総合エネルギー統計.
- 5) 経済産業省資源エネルギー庁, 都道府県別エネルギー消費統計.
- 6) 環境省, 部門別CO₂排出量の現況推計, https://www.env.go.jp/policy/local_keikaku/tools/suiki.html (accessed 2021-12-19).
- 7) 環境省, 市町村別エネルギー消費統計作成のためのガイドライン, 2006年.
- 8) 総務省統計局, 平成28年経済センサス, 2016年.
- 9) 経済産業省, 工業統計調査, 2016年.
- 10) 総務省統計局, 平成27年国勢調査, 2017年.
- 11) 一般財団法人自動車検査登録情報協会, 自動車保有車両数, 2013年.
- 12) Lawrence Livermore National Laboratory, Energy Flow Charts, <https://flowcharts.llnl.gov/> (accessed 2021-12-19).
- 13) IEA, IEA Sankey Diagram, <https://www.iea.org/Sankey/> (accessed 2021-12-19).
- 14) 瀧田祐樹, 古林敬頭, 中田俊彦, 再生可能エネルギーのポテンシャルを考慮したエネルギーフローの作成と分析, 日本機械学会論文集, Vol. 81, No. 827, 2015年.
- 15) 長野尚也, 古林敬頭, 中田俊彦, 地域の脱炭素化に向けたエネルギー需給構造の定量分析—岩手県宮古市及び宮古市スマートコミュニティのケーススタディー—, 地域学研究, Vol. 5, No. 2, 2020年.

著者略歴



中田俊彦（なかた としひこ）
 現 職：東北大学 大学院工学研究科
 教授
 連絡先：〒 980-8579 仙台市青葉区荒
 巻字青葉 6-6-11-815,
 電話 022-795-7004
 nakata@tohoku.ac.jp

略 歴：

1983年 東北大学 工学部 機械工学科 卒業
 1985年 同 大学院 修士課程 修了
 1985年 財団法人電力中央研究所 勤務（92年に同
 主査研究員）
 1993年 東北大学 博士（工学）
 東北大学 工学部 助教授
 1995年 東北大学 大学院 工学研究科 助教授
 この間、1997-1998年に米国ローレンス・
 リバモア国立研究所にフルブライト研究員
 として留学。
 2002年 東北大学 大学院 工学研究科 技術社会シス
 テム専攻助教授
 2006年 現職
 専門分野：エネルギーシステムの統合デザインと分

析、エネルギー経済工学

委員等：政府復興推進委員会委員，仙台市環境監査
 委員会委員長，福島県環境創造センター部門長，
 福島市環境審議会委員長，みちのく環境管理規格
 代表，宮古市スマートコミュニティ推進協議会会
 長等。宮古市再生可能エネルギー推進会議会長
 主な表彰：電力中央研究所所長表彰（1991年），日
 本燃焼学会技術賞（1993年），米国機械学会論文
 賞（2000年），日本エネルギー学会論文賞（2005年，
 2017年，2020年）ほか。

主な著作等：Hybrid Technologies for Power
 Generation, Elsevier（2021）（共著），Advances
 in Steam Turbines for Modern Power Plants,
 Elsevier（2016）（共著）。
 岐路に立つ震災復興 [東大出版会（2016）]（共著）
 エネルギーの貯蔵・輸送. [(株) エヌ・ティー・
 エス,（2008）]（共著），電気事業の構造改革. [技
 術経済研究所,（2002年）]（翻訳），リスク解析学
 入門—環境・健康・技術問題におけるリスク評価
 と実践. [シュプリンガーフェアラーク東京,（2001
 年）]（翻訳），不確実性と人類の未来—リスクに挑
 んだ新サービス経済. [日科技連,（2000年）]（共著）
 ほか。