

福島県における再生可能エネルギー費用の推計¹

一橋大学 国際・公共政策大学院
公共経済プログラム 修士2年

勝倉 良介

2015年3月

¹ 本稿は、一橋大学国際・公共政策大学院、公共政策プログラムにおけるコンサルティング・プロジェクトの最終報告書として、受入機関である特定非営利活動法人環境エネルギー政策研究所に提出したものです。本稿の内容は、すべて筆者の個人的見解であり、受入機関の見解を示すものではありません。

要約

福島県は震災以降、再生可能エネルギーの導入に注力し、「福島県再生可能エネルギー推進ビジョン」において具体的な導入計画を示した。そこでは原子力発電依存からの脱却と共に再生可能エネルギーによる地域の復興、経済振興が打ち出された。本稿では福島県の上記導入計画達成時に費やされる再生可能エネルギー関連費用の推計を行うものである。

具体的には、再生可能エネルギー導入量と発電種毎の費用見通しの推計から、各年度に費やされる費用を算出する。またFITによる売電収入、再生可能エネルギー賦課金の県民負担を推計した後に総合的な議論を行っている。結果、費用総額は一貫して増加するものの、初期費用は途中で逓減し、運転費用が初期費用の割合に近くなることを示した。ここから地域におけるエネルギー事業者の育成が重要であると結論した。また、FITによる売電収入と再生可能エネルギー賦課金の県民負担においてもその見通しを導出した。

本稿の構成は、先ず1章で福島県の概況と導入計画を纏める。次に2章で先行する類似研究を見た後、3章で具体的な推計を行う。最後に4章で推計結果の提示及び考察を行うものである。

謝辞

本研究は、一橋大学国際・公共政策大学院公共経済プログラムにおけるコンサルティングプロジェクトの一環で行われたものである。特定非営利活動法人環境エネルギー政策研究所に受け入れていただき、得られた成果をここでまとめている。報告に先立ち、本プロジェクトの受け入れ機関として同研究所主席研究員の松原弘直様、主任研究員の山下紀明様には半年以上者長きに渡りご指導いただいたことに、改めて深い感謝の意を表したい。

また、この研究を完成させるに当たり、多くの方々から有益なコメントを頂戴した。ゼミの指導教官である濱秋純也准教授（法政大学）、横山泉専任講師（一橋大学）には構成から執筆の段階まで、数多くのことを助言いただいた。また、本プロジェクトの責任者である山重慎二准教授を始め、公共経済プログラムの各教官には有益な助言をいただいた。また、会津電力株式会社常務取締役の折笠哲也様、同発電事業部の今川昌孝様、齊藤健介様にはヒアリングにおいて再生可能発電事業における現場の貴重なお話をいただいた。また、立命館大学のRAUPACH SUMIYA Jorg教授にも貴重なお話を伺った。また、共に学んだ公共経済プログラムの学生には、大学院生活全般において支えていただいた。以上の方々に対し、深甚なる感謝の意を表したい。

なお、分析に際して必要な費用に対し、一橋大学基金から助成を受けることができたことも、あわせて感謝申し上げたい。

目次

はじめに.....	4
1章 福島県における再生可能エネルギー.....	5
1-1 福島県の概況.....	5
1-1-1 福島県の概況.....	5
1-1-2 福島県のエネルギー状況.....	6
1-2 福島県における再生可能エネルギー導入政策.....	7
1-2-1 福島県における再生可能エネルギーの位置づけ.....	7
1-2-2 福島県における再生可能エネルギーの現状.....	7
1-2-3 福島県における再生可能エネルギー計画.....	9
1-2-4 計画における導入目標.....	9
2章 先行研究レビュー.....	14
2-1 先行研究.....	14
2-1-1 再生可能エネルギーの経済効果に関する先行研究.....	14
3章 費用推計.....	15
3-1 前提確認と試算モデル.....	15
3-1-1 試算の前提.....	15
3-1-2 費用試算モデル概要.....	15
3-2 シナリオの設定.....	16
3-2-1 目標値内訳の修正.....	17
3-2-2 シナリオにおける目標値の設定.....	18
3-2-3 洋上風力発電の取り扱い.....	19
3-2-4 2040年目標の設定.....	19
3-2-5 目標値の導出.....	20
3-3 導入量の推計.....	21
3-3-1 導入経路の仮説設定.....	21
3-3-2 シナリオの妥当性.....	23
3-4 費用の推計.....	25
3-4-1 費用データのまとめ.....	25
3-4-2 費用逡減の考え方.....	27
3-4-3 再生可能エネルギー分野における学習効果の使用.....	28
3-4-4 太陽光発電における初期費用の推計.....	29
3-4-5 風力における初期費用の推計.....	30
3-4-6 その他の発電における初期費用の推計.....	31
3-4-7 運転費用の推計.....	33
3-4-8 費用推計のまとめ.....	34

4章 推計結果と考察.....	35
4-1 推計結果.....	35
4-1-1 初期費用総額及び運転費用総額の産出方法.....	35
4-1-2 初期費用総額の推計結果.....	35
4-1-3 運転費用総額の推計結果.....	37
4-1-4 総費用の推計結果.....	38
4-2 推計結果の考察.....	40
4-2-1 初期費用の逡減と構成.....	40
4-2-2 設備の自給率.....	41
4-2-3 設備投資における地域経済効果の低さ.....	43
4-2-4 運転費用の重要性.....	45
4-2-5 地域エネルギー事業者の重要性.....	45
4-3 地域全体における資金の動き.....	47
4-3-1 売電収入の推計.....	47
4-3-2 再生可能エネルギー賦課金の推計.....	48
4-3-3 再生可能エネルギー関連資金全体の動き.....	49
4-4 政策的示唆.....	51
4-4-1 地域エネルギー事業者の育成.....	51
4-4-2 目標値の修正.....	51
4-5 本稿の手法の限界と改善点.....	53
4-5-1 目標値設定について.....	53
4-5-2 導入量の推移について.....	53
おわりに.....	56
参考文献.....	57

はじめに

2011年3月11日に発生した東日本震災はこの国に大きな影響を与えた。それは地域コミュニティのあり方から防災政策まで様々なものがあるが、その中の一つにエネルギー政策がある。震災以前の日本の電力構造の中心は大規模火力発電や原子力発電等の集中型電源であったが、震災以後はそれに加えて再生可能エネルギー等の分散型電源に注目が集まっている。民主党政権下で固定価格買い取り制度（FIT）が導入され、多くの自治体では再生可能エネルギー導入計画が立案、施行されている。自治体の計画の多くはエネルギー政策、環境政策という視点から再生可能エネルギーを導入しようと立案されたものだが、一方で再生可能エネルギー導入を地域経済の振興に役立てるというものも存在している。

福島県は震災で大きな被害を負った自治体であり、未だ復興の途上にある。同県は震災のみならず福島第一原発事故に見舞われ、エネルギーとの向き合い方を見直さざるを得ない状況となった。その中で福島県は全国的にみても野心的な再生可能エネルギー導入計画を立案、採択した。これは再生可能エネルギー導入量を拡大してエネルギー自立を図ると同時に、この産業を地域経済復興の軸の一つにしようというものである。再生可能エネルギーは地域に根付くエネルギーである。輸送可能な燃料を用いる火力・原子力と異なり、その土地の日光や風を資源とするためである。従って「産業」としての再生可能エネルギーも必然的に地域に根付いた産業となる。

そこで本稿は福島県の打ち出した計画が地域に与える影響を分析しようというものである。結果として、本稿の分析から「地域におけるエネルギー事業者の重要性」を確認した。

本稿の構成は以下のとおりである。第1章では福島県における再生可能エネルギー政策の方向性や他県との比較を行う。続く第2章で先行研究を確認した後、第3章で費用の推計を行う。ここでは学習効果等の議論を用いながら、2040年までの長期の推計を試みる。第4章ではそれらの結果に加え、売電収入と賦課金の推計結果踏まえて考察を行い、最後に手法の問題点を指摘している。

1章 福島県における再生可能エネルギー

本章では分析に先立ち、福島県の概況を纏めた上で、福島県における再生可能エネルギー導入の議論や計画について確認する。福島県における再生可能エネルギー導入にはエネルギー政策、環境政策という面に加えて経済政策という面が存在する。これは福島県の再生可能エネルギー導入が「復興」と関連付けられるからであり、そういった点からも福島県の経済状況等を確認することが必要となる。

1-1 福島県の概況

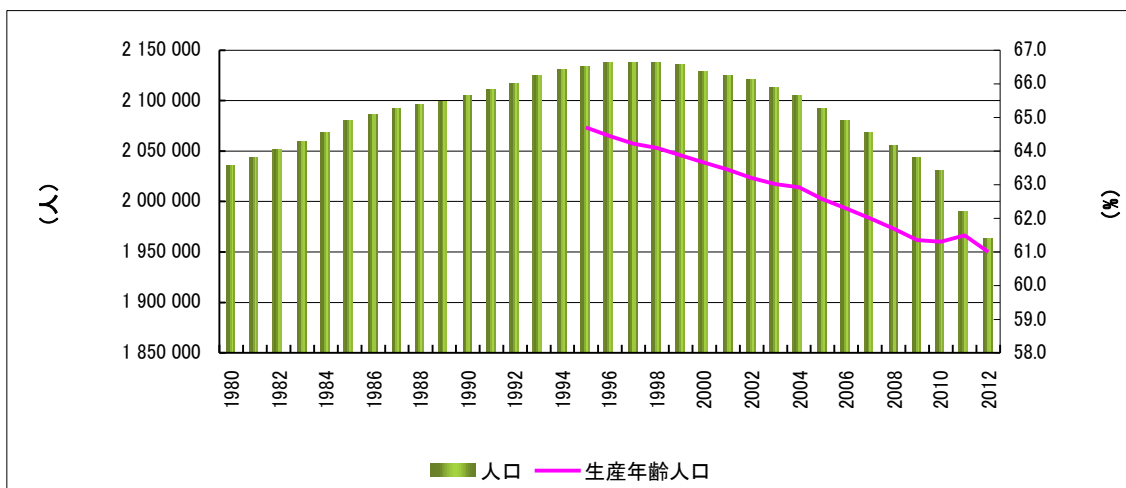
本節では福島県における再生可能エネルギーの議論に触れる前に同県の経済状況等を確認する。

1-1-1 福島県の概況

福島県は2011年3月11日の東日本大震災において大きな被害を被った自治体の一つである。また、それに伴う東京電力福島第一原子力発電所事故は深刻な原子力災害を引き起こし、我が国のエネルギー政策に大きな影響を与えた。

福島県の人口は2012年時点で196万人となっており、2011年の震災年に引き続き減少傾向を示している。また生産年齢人口についても低下を示している。

図表 1-1 福島県の人口推移

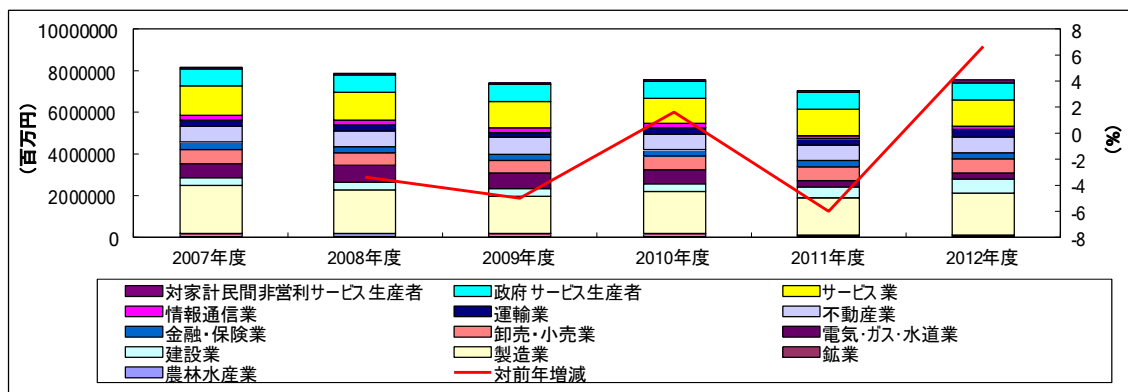


出所：福島県統計より筆者作成

県内の産業については2012年の実質値で7兆6420億円となっている。2007年以降減少

傾向であったものの、震災後の復興需要等を反映して2011年から一転して増加した。

図表 1-2 福島県の実質県内総生産



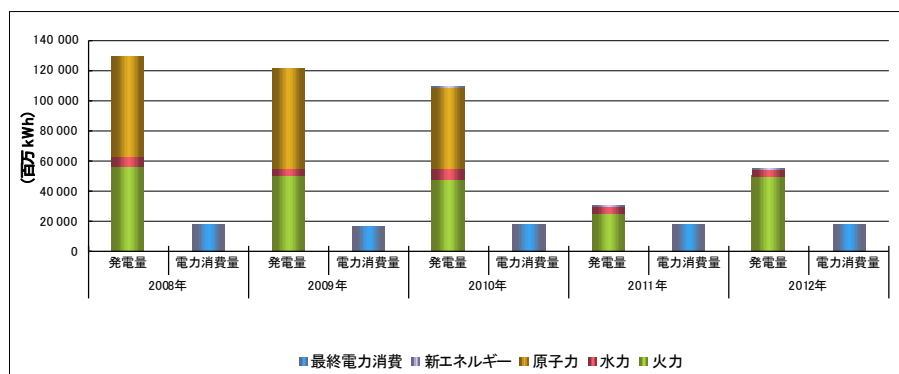
出所：福島県統計より筆者作成

2011年には震災の影響により多くの産業で生産の低下が見られているものの、2012年には建設業などで大幅な増加が認められた。一方で原子力発電所の事故・停止により電気業は大幅に生産額を減少させている。

1-1-2 福島県のエネルギー状況

福島県は事故の発生した福島第一原子力発電所をはじめとして多くの原子力発電所を県内に抱え、その発電電力量は火力・水力を上回るものであった。震災によって全ての原子力発電所が停止した後は、火力発電の増加を加味しても発電電力量は大幅に減少している。一方で県内の消費電力量はその値を下回っており、震災後も福島県は電力輸出県となっている。

図表 1-3 福島県の発電電力量及び消費電力量



出所：福島県統計、資源エネルギー庁「都道府県別エネルギー消費統計調査」

より筆者作成

1-2 福島県における再生可能エネルギー導入政策

本節では福島県における再生可能エネルギーの導入政策を確認する。福島県では震災以前から再生可能エネルギー導入政策があったが、震災を経てその議論は変化、加速した。ここではそれらの流れを確認すると共に、本稿推計の土台となる「福島県再生可能エネルギー推進ビジョン」等の計画について記述する。

1-2-1 福島県における再生可能エネルギーの位置づけ

福島県は震災以前の2009年に「いきいき ふくしま創造プラン」内で低炭素・循環型社会への転換を重点施策に設定しており、再生可能エネルギーへの取り組みについて2011年3月に「福島県再生可能エネルギー推進ビジョン（以下「推進ビジョン」）」を策定した。しかしその直後に震災が発生し、福島県における再生可能エネルギー導入政策も復興計画を踏まえたものへと変化した。

先ず、震災直後の2011年6月に策定された東日本大震災復興構想会議の「復興への提言～悲惨の中の希望～」は再生可能エネルギーへの取り組みとして以下のように示した。

復興にあたって、原子力災害で失われた雇用を創出するため、再生可能エネルギー関連産業の振興は重要である。福島県に再生可能エネルギーに関わる開かれた研究拠点を設けるとともに、再生可能エネルギー関連産業の集積を支援することで、福島を再生可能エネルギーの先駆けの地とすべきである。²

また、福島県が定めた「福島県復興ビジョン」においても「原子力に依存しない社会を目指す。そのため、再生可能エネルギーを飛躍的に推進」とし、2011年12月策定の「福島県復興計画」内でも「再生可能エネルギーの導入、研究開発拠点の整備、関連産業の支援誘致、地産地消推進」等が示され、これによる雇用創出と持続的に発展可能な社会の実現を図るとした。その後、2012年3月に「推進ビジョン」が改定され、導入目標の見直し等が行われた。

このように福島県における再生可能エネルギー導入政策は震災後に大きな加速を見せた。ここで重要なのは、震災前の基本理念であった「環境政策」という面に加え、震災後には「復興政策」という性格が強く加味されたということである。従って、福島県における再生可能エネルギー導入促進においては単純にその導入量増加とそれによる環境的な効果のみを考慮するのではなく、かかる施策による県経済振興の効果を考慮することが必要となっている。

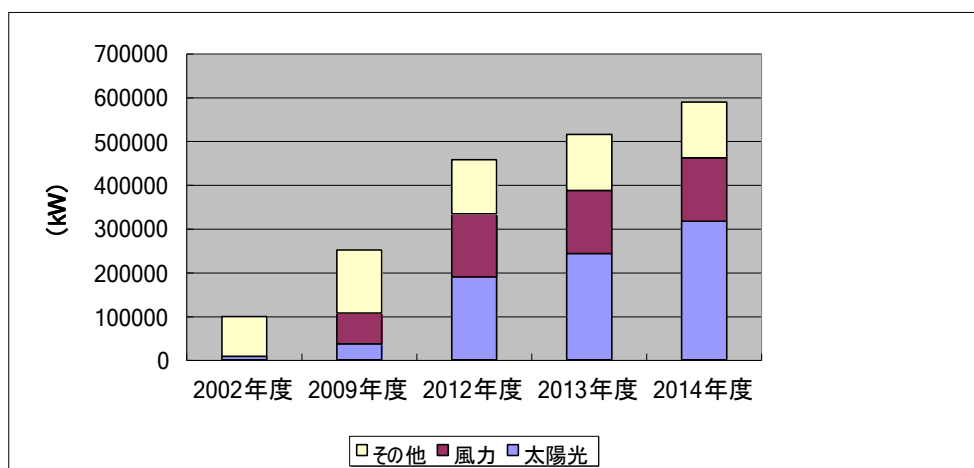
1-2-2 福島県における再生可能エネルギーの現状

福島県は先述の「いきいき ふくしま創造プラン」以前から再生可能エネルギーへの取

² 内閣府「復興への提言 ～悲惨の中の希望～」30頁

り組みを行っており、1999年に「福島県地域新エネルギービジョン」を策定、地域における再生可能エネルギー導入促進に取り組んでいる。福島県の再生可能エネルギー導入量を以下に示す。

図表 1-4 福島県における再生可能エネルギー導入実績 (2002～2014)



注：その他には小水力、地熱、バイオマスが含まれる。

2002年度及び2009年度と2012年度以降では統計の種類が異なるため、値が異なる場合がある。

出所：推進ビジョン、FIT公表値より筆者作成

このように福島県の再生可能エネルギーは2002年以降増加しており、特に2012年のFIT導入以後に急速に導入が加速している。

次に福島県における再生可能エネルギーの賦存量及び可採量³をみると以下の通りである。

図表 1-5 福島県における再生可能エネルギーの賦存量及び可採量

	可採量(万kW)	賦存量(万kl/年)
太陽光発電	592	444715
太陽熱発電	(23万kl/年)	
風力発電	1225	3424
水力発電	26	25
地熱発電	30	51
バイオマス発電	(17万kl/年)	52
バイオマス熱利用	(45万kl/年)	
温度差熱利用	(13万kl/年)	
雪氷熱利用	(16万kl/年)	6705

出所：推進ビジョン

このように、福島県は太陽光を中心に風力等の利用可能性が高い。また県内にはメガソーラーに利用可能な土地が多数存在している。一方で水力発電の可採量は小さく、小規模で

³ 賦存量は潜在的なエネルギーの理論値、可採量は賦存量の内で開発・利用が可能と考えられる量である。

の利用が中心となる。この点からも、福島県における再生可能エネルギーの利用は太陽光・風力を軸としていくことが妥当となる。

1-2-3 福島県における再生可能エネルギー計画

ここからは前述した再生可能エネルギー普及計画内で示された計画に基づき、今後の具体的な施策や導入目標について記述する。

福島県における今後の再生可能エネルギー導入政策の軸となるのが 2011 年 3 月策定、2012 年 3 月改定の「推進ビジョン」及び、その具体的な施策を定めた 2013 年 2 月策定の「再生可能エネルギー先駆けの地アクションプラン（以下「アクションプラン」）」である。推進ビジョンは 2011 年から 2020 年までの期間の計画を定めたものであり、アクションプランは推進ビジョンに示された 2020 年目標を射程に 2015 年までの期間の具体的な施策を定めたものである。

図表 1-6 推進ビジョン・アクションプランの表紙



出所：福島県 web ページ

1-2-4 計画における導入目標

推進ビジョンの取り組みは 2020 年までであるものの、再生可能エネルギー導入目標については 2030 年までの具体的な数値が示されている。

図表 1-7 推進ビジョンにおける再生可能エネルギー導入目標

	2009年度		2020年度目標		2030年度目標	
	原油換算(kl)	設備容量(万kW)	原油換算(kl)	設備容量(万kW)	原油換算(kl)	設備利用(万kW)
太陽光発電	9298	3.89	239175	100.00	478349	200.00
太陽熱利用	11262	-	33786	-	50000	-
風力発電	27856	6.99	999561	200.00	1993122	400.00
うち洋上風力発電	0	0.00	597936	100.00	1195873	200.00
水力発電	1598280	397.35	1608326	398.07	1634360	400.00
うち小水力発電	20091	1.44	30136	2.16	55807	4.00
地熱発電	77732	6.50	80522	6.70	281030	23.00
うち地熱バイナリー発電	0	0.00	2790	0.20	41856	3.00
バイオマス発電	75390	6.64	408989	36.00	568040	50.00
バイオマス熱利用	123760	-	150084	-	200000	-
バイオマス燃料製造	597	-	2985	-	29850	-
温度差熱利用	175	-	1750	-	3500	-
雪氷熱利用	29	-	290	-	580	-
計	1924379	421.36	3525468	740.77	5238831	1073.00
一次エネルギーに占める割合	21.2%		40.2%		63.7%	

出所：推進ビジョンより筆者作成

また、推進ビジョンでは2040年度を目処に県内のエネルギー需要の100%を再生可能エネルギーで賄うというビジョンを示しており、本稿では2040年までを分析の対象とする。この導入目標は本稿の試算の前提となるものであるため、以下で若干の考察を加える。

まず、政府の示す導入目標と比較する。日本全体での再生可能エネルギー導入計画は、2014年に策定された「エネルギー基本計画」において示された「2020年の発電電力量の13.5%以上、2030年の発電電力量の20%以上」というものである。福島県の導入目標は一次エネルギーベースのため単純比較できないが、大規模水力を除いた再生可能エネルギー発電で、2020年に県内一次エネルギー供給の20%以上、2030年に30%以上となっており、政府目標を上回るものとなっている。次に福島県の目標が自治体レベルの計画の中でどのような立ち居地のものなのかを確認する。類似の目標値は日本全国の自治体で示されており、以下が都道府県レベルの自治体による再生可能エネルギー導入計画及び導入目標である。

尚、福島県の掲げる目標値には大規模水力発電が含まれている。一方でFITにおける再生可能エネルギーに含まれる小水力発電は3万kW未満となっている。従って、本稿では福島県の目標から大規模水力発電を除き、小水力発電のみを再生可能エネルギーとして取り扱う。そのため以下の図表における比較も大規模水力発電を除いたものとなっている。

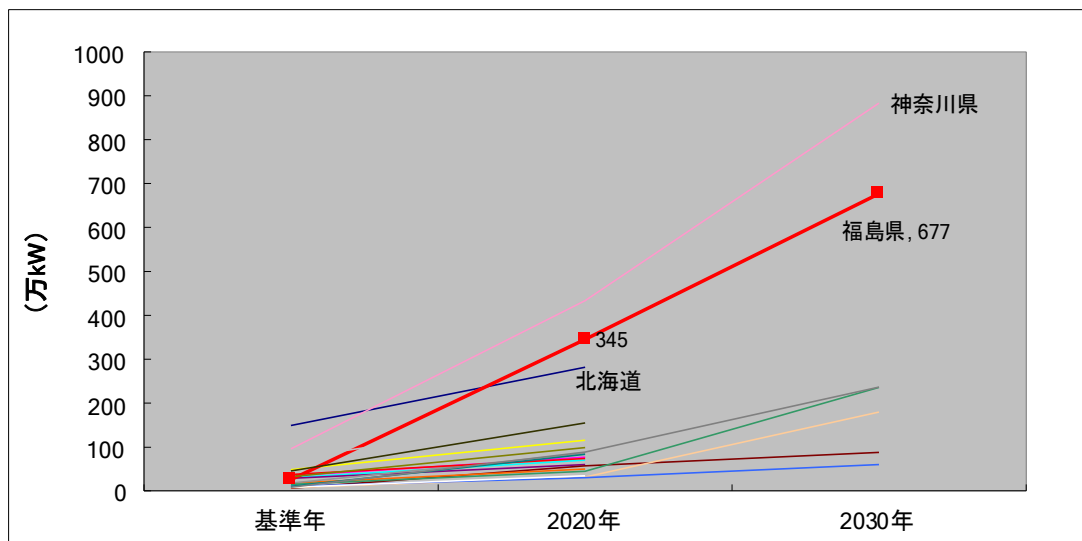
図表 1-8 自治体の再生可能エネルギー導入計画

自治体	名称	制定年	基準値		目標値			
			基準年	容量(kW)	目標年①	容量(kW)	目標年②	容量(kW)
北海道	新エネルギー導入拡大に向けた基本方針	2014	2012	1490000	2020	2820000		
青森県	青森県エネルギー産業振興戦略 ロードマップ	2011	2010	346217	2020	772859		
岩手県	岩手県地球温暖化対策実行計画	2014	2010	481639	2020	1156959		
宮城県	自然エネルギー等の導入促進及び 省エネルギーの促進に関する 基本的な計画	2014	2012	304000	2020	708000		
秋田県	秋田県新エネルギー導入ビジョン	2011	2009	289647	2020	604160		
山形県	山形県エネルギー戦略	2012	2010	65000	2020	570000	2030	877000
福島県	福島県再生可能エネルギー推進ビジョン	2011	2009	254514	2020	3448600	2030	6770000
茨城県	いばらきエネルギー戦略	2014						
栃木県	とちぎエネルギー戦略	2014	2011	490000			2030	1600000
群馬県	群馬県地域新エネルギー詳細ビジョン	2009						
埼玉県	埼玉県再生可能エネルギー導入ビジョン							
千葉県	エネルギーフロントランナーちば推進戦略	2007						
東京都	東京都再生可能エネルギー戦略	2006						
神奈川県	かながわスマートエネルギー計画	2014	2012	961400	2020	4331600	2030	8833800
新潟県	-							
山梨県	やまなしエネルギー地産地消推進戦略 ～「エネルギーの地産地消」実現に向 けたロードマップ～」	2013	2011	76000	2020	314000	2050	1800000
長野県	長野県環境エネルギー戦略	2013	2010	106100	2020	300000	2030	600000
富山県	富山県再生可能エネルギービジョン	2014						
石川県	石川県再生可能エネルギー推進計画	2014						
福井県								
岐阜県	岐阜県新エネルギービジョン	2011						
静岡県	ふじのくに新エネルギー等導入倍増プラン	2011	2009	175600	2020	500000		
愛知県	-							
三重県	三重県新エネルギービジョン	2012	2010	183031	2020	861000		
滋賀県	滋賀県再生可能エネルギー振興戦略プラン	2013	2010	55000			2030	1060000
京都府	京都エコ・エネルギー戦略	2013	2010	150000	2020	450000	2030	2360000
大阪府	大阪府市エネルギー戦略	2013						
兵庫県	兵庫県地球温暖化対策方針	2013	2012	458000	2020	1550000		
奈良県	奈良県エネルギービジョン	2014						
和歌山県	-							
鳥取県	-							
島根県	島根県地域新エネルギー導入促進計画	2008						
岡山県	おかやま新エネルギービジョン	2011						
広島県	広島県地球温暖化防止地域計画	2011	2009	86198	2020	346136.2		
山口県	山口県再生可能エネルギー推進指針	2013	2011	374702	2020	737490		
徳島県	自然エネルギーとくしま推進戦略	2012						
香川県	-							
愛媛県	-							
高知県	高知県新エネルギービジョン	2011						
福岡県	-							
佐賀県	佐賀県新エネルギー戦略的行動計画	2006						
長崎県	長崎県再生可能エネルギー導入促進ビジョン	2013	2013	378551			2030	1360000
熊本県	熊本県総合エネルギー計画	2012	2010	322717.2	2020	988469.6		
大分県	大分県新エネルギービジョン	2011						
宮崎県	宮崎県新エネルギービジョン	2013	2010	106803	2022	834000		
鹿児島県	鹿児島県再生可能エネルギー導入ビジョン	2011	2012	738747	2020	1717000		
沖縄県	沖縄県エネルギービジョン・アクションプラン	2013	2012	84837	2020	882365.5	2030	2364546

注：自治体によっては目標値を原油換算（kl）等で行っているものもあり、それらは本稿が独自に発電設備ベース（kW）へ変換している。そのため数値には若干の誤差が生じている。

出所：各都道府県 web ページより筆者作成

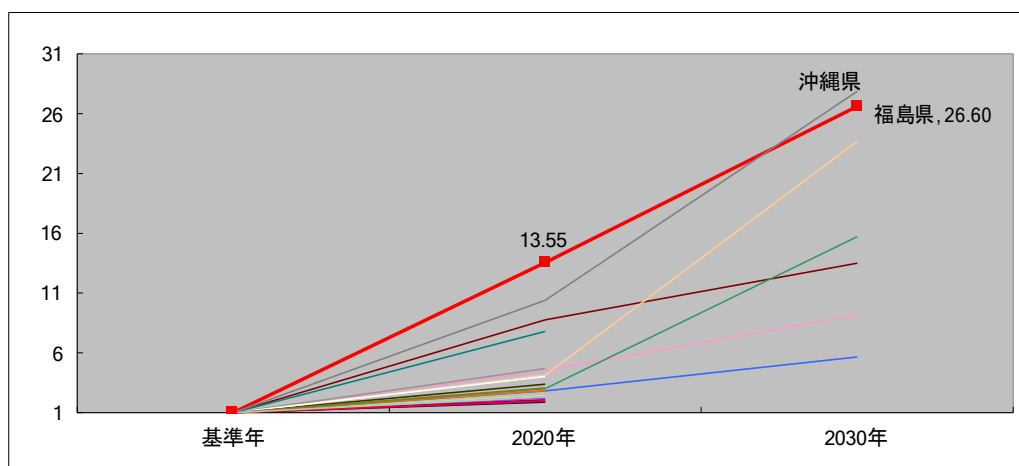
図表 1-9 自治体の再生可能エネルギー導入目標（実数）



出所：各都道府県 web ページより筆者作成

2014 年段階ではほぼ全都道府県が再生可能エネルギーに関する計画を採択、施行している。更に約半数の自治体が具体的な数値目標を伴う導入計画を掲げている。その中で福島県について、導入容量という点では 2020 年時点で福島県を上回る目標を示しているのは神奈川県のみであり、再生可能エネルギーの導入が進んでいる北海道を上回る。一方で単純な導入量自体は基準とする年次の前後や各自治体の導入ポテンシャルの違いから一概に比較は出来ない。従って、計画における基準年からの倍率での比較を行う。

図表 1-10 自治体の再生可能エネルギー導入目標（倍率）



注：各目標における基準年の値を 1 としている。

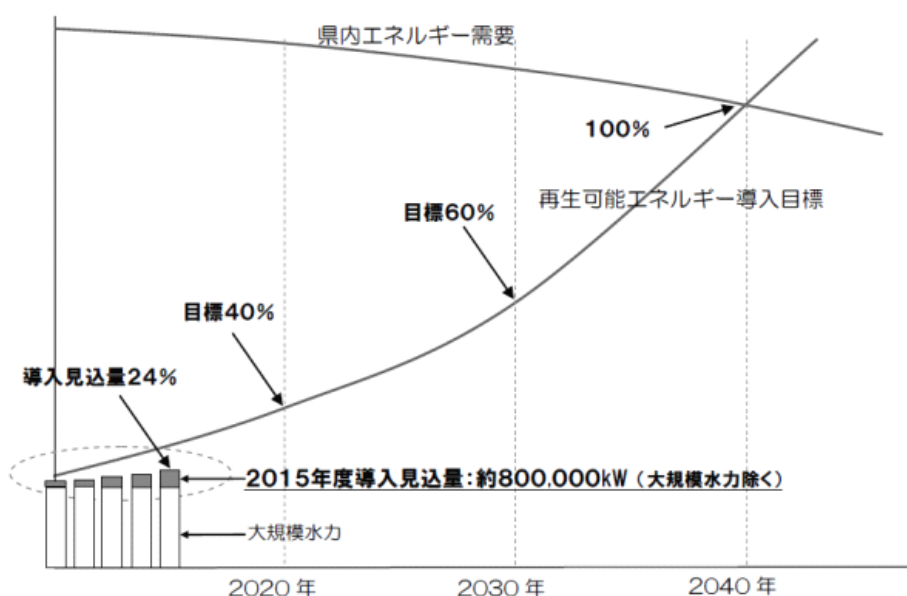
出所：各都道府県 web ページより筆者作成

基準年からの倍率で見ると福島県は 2020 年時点で全国首位、2030 年段階でも沖縄県に次い

で2位である。福島県が再生可能エネルギーを復興の軸にすえていることや、原発事故の被害を被った自治体であることを鑑みても、かなり急進的な導入計画であることがわかる。このように、福島県の導入目標は導入容量、増加ペースの双方で全国的にも野心的な目標を掲げていることは本稿における分析を見る上で前提とすべきである。

またアクションプランにおいては2015年までの導入見込み量から目標値に対する進捗度が示されている。これを確認することで、福島県の導入計画がどのように推移しているのかがわかる。

図表 1-11 推進ビジョンにおける長期的な目標



出所：アクションプラン

このように、2020年40%の目標に対して2015年の導入見込み量が24%となっている。この点から目標達成には2016年から2020年の期間において大幅な導入量の拡大が必要となることが結論できる。また図表からわかるように、再生可能エネルギーにおける大規模水力発電は今後その導入量の拡大が困難であるとされている。従って、今後の再生可能エネルギー導入は大規模水力発電を除いたエネルギー源で賄われることが図表の目標値等からもわかる。

福島県では東日本大震災以降の再生可能エネルギー導入に関して推進計画において具体的な数値目標を定めてその導入を加速していく。また、かかる再生可能エネルギー導入においては復興政策の一環として、県内経済の振興に一定の効果を求めていく。ここから、本稿は福島県定めた再生可能エネルギー導入目標を前提に、それが達成された際の経済効果を測定していくものである。ここでは復興政策の一環であることを加味し、環境的な効果よりも経済的な効果に関して重点的に考察するものである。

2 章 先行研究レビュー

経済効果試算に先立ち、本章ではその試算に用いる理論並びに先行研究のレビューを行う。再生可能エネルギーに関する経済学的研究は少なく、経済効果主体のものは更に僅少である。その中で本稿での手法の位置づけ等に関しても記述する。

2-1 先行研究

本節では先行研究を概観する。再生可能エネルギーの経済効果に関する研究が少ないが、それらを概観する。手法としては産業連関表を用いたものが多く、全国レベルから各都道府県レベルまで、様々な括りでの分析が行われている。一方で付加価値モデルというドイツで用いられるものも存在する。

2-1-1 再生可能エネルギーの経済効果に関する先行研究

再生可能エネルギーに関する経済的分析は少なく、その経済効果に関するものについても限られている。一つは産業連関表を用いて経済効果を分析するものがある。石川ら (2012) は地域間産業連関表を用いて、東北地域に再生可能エネルギーが導入された際の経済効果（生産額並びに所得誘発額）及び温室効果ガス排出削減効果を測定したものである。ここでは震災前の電力供給と産業構造を元に、電力供給の電源種と供給先からシナリオを設定する。そのシナリオ間の結果を比較、考察する。分析結果としては東北地域の復興と全国的な経済効果、生産波及額と雇用者所得がそれぞれトレードオフの関係であることが明らかとなった。一方で再生可能エネルギーの導入シナリオは「再生可能エネルギー最大導入量の 1%」、「同 10%」、「従来原発で発電していた電力の全てを再生可能エネルギーで発電した際の導入量」と大きな分類である。震災以降、各自治体が再生可能エネルギーの導入目標を明確に定めた状況では、より現実に即した分析に発展させることが可能である。

また倉阪 (2013) は地域内産業連関表を用いて再生可能エネルギー導入の経済効果を分析したものである。ここでは各都道府県毎の再生可能エネルギー導入量と導入実績の乖離を開発余力と定義し、それと政府発表の導入見込み量推計を併せて 2020 年までの導入量を推定する。そこに事業費等の各数値から費用を産出し、産業連関分析を行っている。

更に文科省 (2013) は産業連関表を用いて経済波及効果を分析しているが、太陽光発電機器に関して産業連関表を拡張し、より詳細な波及効果を分析を行っている。

産業連関表以外を用いた分析では、RAUPACH-SUMIYA (2014) に紹介されている「付加価値モデル」を用いた研究が存在する。これはドイツにおける再生可能エネルギーの地域経済効果を計測するための "value-added modeling" (以下付加価値モデル) の手法を紹介したものである。

3章 費用推計

本稿で用いるモデルは地域に投下された費用から経済効果を求めるものであり、そのために本章では経済効果試算に必要な再生可能エネルギー関連費用についての推計を行う。ここでは(1) 2040年までの福島県における再生可能エネルギー導入のシナリオ設定、(2) 毎年の再生可能エネルギー導入量推計、(3) 費用推移の推計、(4) 導入量に基づく投下費用の推計を行う。

3-1 前提確認と試算モデル

本節では導入量の推計に先立ち、推計の前提となる条件設定及び費用試算全体のモデルの説明を行う。本稿では福島県の目標を前提とし、それを与件としてすべての試算を行うものである。以下では前提を纏めた上で、その推計のモデルに触れる。

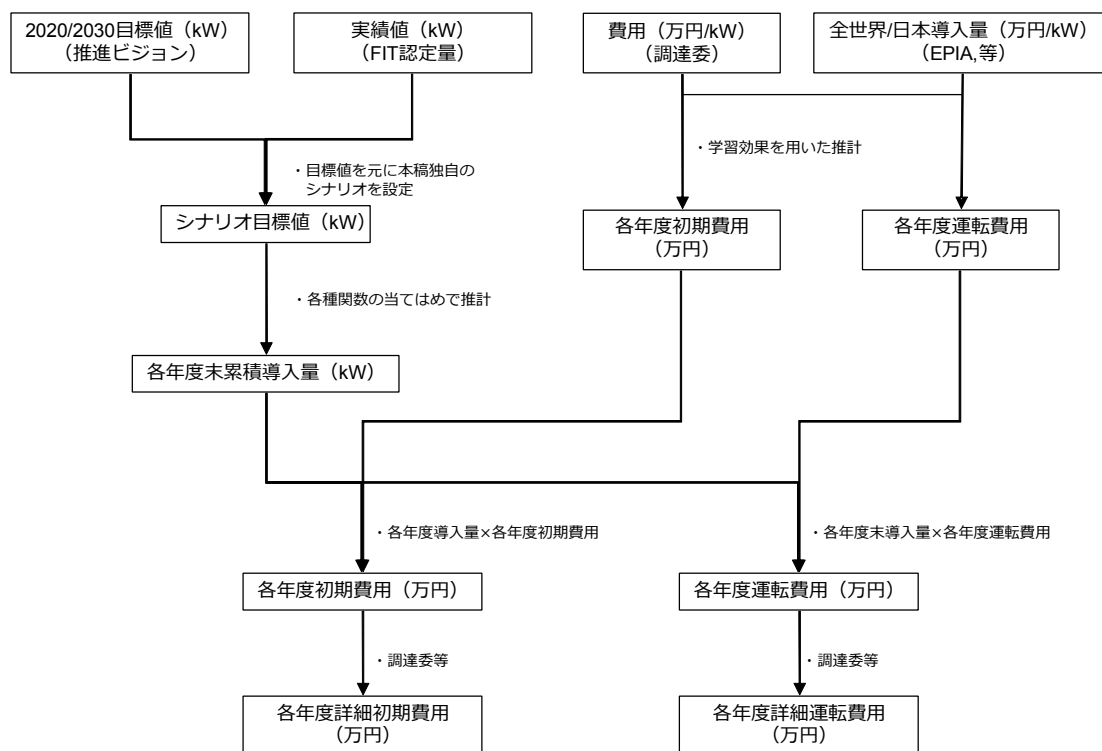
3-1-1 試算の前提

ここでは経済効果算出の前段階である福島県における再生可能エネルギー導入量と投下される費用の試算について述べる。それに当たり本稿では以下のような前提を設けて試算を行う。第一に福島県は再生可能エネルギー導入量について推進ビジョン及びアクションプランにおいて示された目標を達成するものとする。第二に費用の計算に当たっては固定価格買い取り制度における買取価格を定める「調達価格等算定委員会」内で提出された各種データを基礎資料として用いる。第三に試算においてはFITの買取価格が適応される年度を用いる。第四に本稿では電力のみを扱い、熱利用その他は扱わない。

3-1-2 費用試算モデル概要

以上の前提に立ち、試算は次のようなモデルを用いる。

図表 3-1 費用試算モデル概要



出所：筆者作成

費用試算においてはFIT認定に関する公表資料の値を基礎としつつ、そこで捉えられていないと考えられる値については適宜修正をしている⁴。これは、公表値があくまでFIT制度への申請をした発電設備のもののみであり、発電設備が存在しているものの申請をしていない設備が一部存在しているからである。推計の一貫性を確保するために基本的にはFITのものを用いるが、地熱発電のみ修正をしている。費用に関しては将来的に低下するものと仮定し、学習効果の理論を用いてそれを反映している。導出する費用は初期費用と運転費用である。前者は発電設備建設・導入時にのみ発生するもの、後者は発電所の運用時に毎年発生するものである。

以下では目標値等のデータの加工、導入量推移の試算、費用低下推移の試算、コスト総計の概観という順に述べる。

3-2 シナリオの設定

本節では福島県の計画に示された目標値を元に、本稿独自のシナリオを設定した試算を行う。推進ビジョンに示された目標は発電の括りが大きい、という問題があり、また目標

⁴ 地熱発電についてFIT認定量では容量が0kWとなっているが、推進ビジョンでは65000kWが導入済みとされているため、そのみ加算している。

値が現実的ではないと考えられる点もある。そのため、本稿の推計では福島県の示した目標値に若干の修正を加えたシナリオを独自に設定する。

3-2-1 目標値内訳の修正

本節では先ず、推進ビジョンに示された目標値の細分化を行う。本稿では電力のみを取り扱うことから、「太陽熱利用」、「バイオマス熱利用」、「バイオマス燃料製造」、「温度差熱利用」、「雪氷熱利用」等の熱・燃料関連の福島県目標に示された上記の目標値は考慮しない。また、福島県目標は既存の大規模水力発電を含めた目標値の設定をしているが、先述のとおり本稿ではFITの対処となる再生可能エネルギーに関する考察に限定するため、それら大規模水力発電の容量を除外した。

以上によりいくつかの発電種を除外した後、更に目標値の加工を行いシナリオを設定する。推進ビジョンに示された目標値は発電種の括りが大きいという問題がある。一方で再生可能エネルギーは同一発電種であってもその規模によってコスト等が異なることがあり、FITにおいても買取価格が大きく異なっている。従って、より詳細な試算を行うために目標値の加工が必要である。

図表 3-2 推進ビジョン目標と本稿試算での発電種内訳の比較

推進ビジョン目標	本稿シナリオ
太陽光発電	太陽光(住宅用)/(10kW未満)
	太陽光(非住宅用・小)/(50kW未満)
	太陽光(非住宅用・中)/(50kW以上1000kW未満)
	太陽光(非住宅用・大)/(1000kW以上)
太陽熱利用	なし
風力発電	風力(小規模)/(20kW未満)
	風力(陸上)/(20kW以上)
うち洋上風力発電	風力(洋上)/(20kW以上)
水力発電	なし
うち小水力発電	小水力(小)/(200kW未満)
	小水力(中)/(200kW以上1,000kW未満)
	小水力(大)/(1,000kW以上30,000kW未満)
地熱発電	地熱(小)/(15,000kW未満)
	地熱(大)/(15,000kW以上)
うち地熱バイナリー発電	なし(地熱(小)(大)に含める)
バイオマス発電	バイオマス(メタン発酵ガス)
	バイオマス(未利用木質)
	バイオマス(一般木質・農作物残さ)
	バイオマス(建設廃材)
	バイオマス(一般廃棄物・木質以外)
バイオマス熱利用	なし
バイオマス燃料製造	なし
温度差熱利用	なし
雪氷熱利用	なし

出所：筆者作成

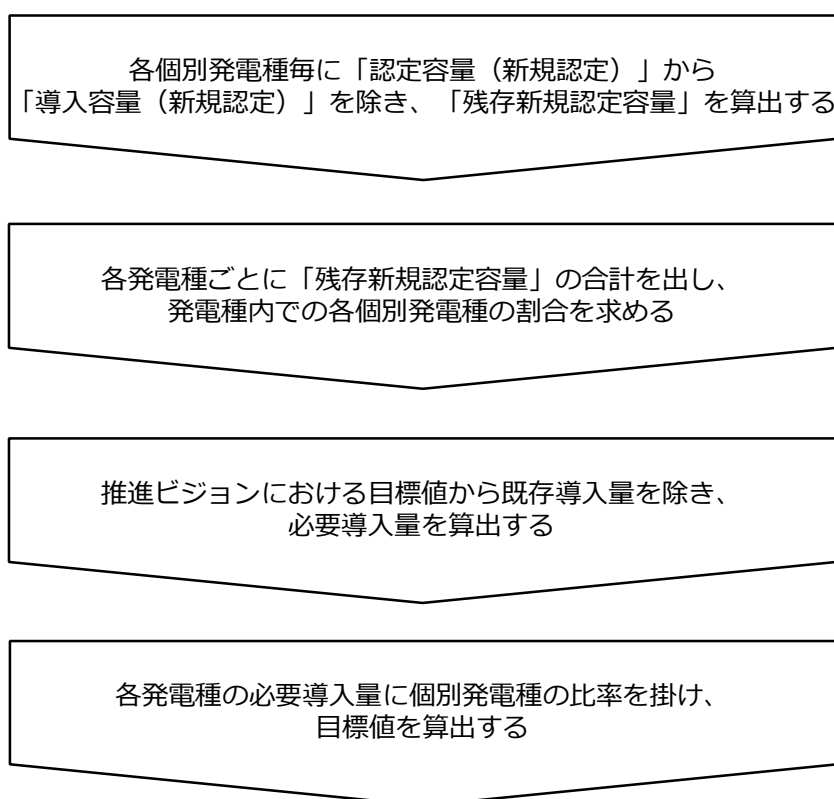
本稿シナリオでの区分はFITにおける買取区分に準じているが、太陽光発電のみ本稿独自のものとなっている。尚、以下では区別のため、推進ビジョンに示された再生可能エネル

ギーの種別を「発電種」、本稿でより詳細に分割したものを「個別発電種」とする。

3-2-2 シナリオにおける目標値の設定

次に、シナリオにおいて設定した発電種ごとの目標値を新たに設定する必要がある。福島県は同一発電種内の導入割合目標等を公表していないため、いくつかの仮説を定めた上で推進ビジョンの目標値から新たに目標値を按分し、それを目標値とする。目標値の設定は具体的に以下の手順を2015年から2020年、2021年から2030年、2031年から2040年の三つの期間に分けて行う。

図表 3-3 シナリオにおける目標値設定の手順



注：新規認定とはFIT 施行後にFIT 認定の申請を行った設備の容量である

出所：筆者作成

シナリオの設定では、各発電種内でどのような割合で導入が進むかを予測する必要がある。本稿では、2014年段階で導入が計画されている発電設備の比率に従い、導入が進むと仮定する。FIT 認定の内、新規認定容量から新規導入量を除いたものが計画中の容量であると考えられることから、その容量の比率で発電種毎の目標値を按分して個別発電種毎の目標値とする。一方で、この手法では住宅用太陽光発電が不当に低く計測されるため、住宅用太

陽光発電については新規認定量に移行認定量⁵を加えた数値を当てはめた⁶。またバイオマス発電においても同様に一部の個別発電種が低く計測されたため、「新規認定容量」と「移行導入容量」の合計値で按分した。

3-2-3 洋上風力発電の取り扱い

福島県目標では洋上風力発電を2020年度に100万kW、2030年度に200万kW導入すると計画している。これに対し、本稿では以下のように導入計画を変更する。

図表 3-4 洋上風力発電の目標値変更

(万kW)		推進ビジョン		本稿	
		陸上風力	洋上風力	陸上風力	洋上風力
年度末 累積容量	2020年度	100	100	100	0
	2030年度	200	200	250	150
	2040年度	推進ビジョンに記載なし		400	300
導入容量	2012年度～2020年度	100	100	100	0
	2021年度～2030年度	100	100	150	150
	2031年度～2040年度	推進ビジョンに記載なし		150	150

出所：筆者作成

2020年度目標で示されている100万kWが2020年度までに導入されず、2020年代に150万kWを導入する。また、これでは風力発電全体の導入量が不足するため、2020年代に陸上風力が150万kWを導入するとした。このような洋上風力発電への考え方は4章で詳しく考察する。

3-2-4 2040年目標の設定

推進ビジョンにおける数値目標は2030年のものまでしか存在せず、2040年については、その年を目処に県内エネルギー需要の100%を再生可能エネルギーで賄うということのみを記述している。そこで本稿では2040年の導入目標に関して二つのシナリオを設定して分析を行うものである。

まず、シナリオAは2021年から2030年にかけての導入ペースが2031年以降も継続するというシナリオである。次にシナリオBは2040年度で福島県における一次エネルギー需要の100%を再生可能エネルギーで賄うとした際のものである。

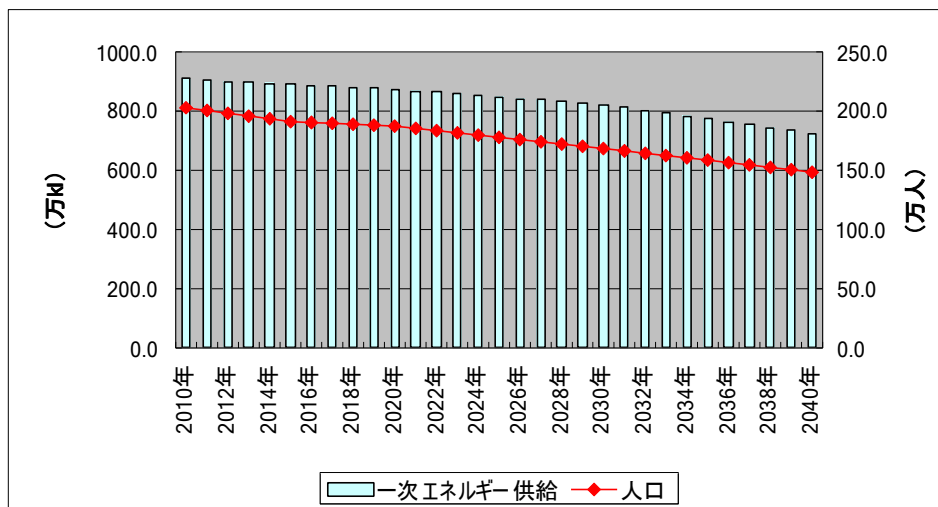
シナリオBにおける導入目標の設定は以下の通りである。まず推進ビジョンに示された一次エネルギー供給と将来人口推計から2040年度の一次エネルギー供給を推計する⁷。

⁵ FIT 施行前から導入されていた設備であり、FIT 施行後に申請をしたもの。

⁶ 住宅向け太陽光発電は申請と導入のタイムラグが短く、認定容量と導入容量の差を計画中のものと定義できないからだと考えられる。

⁷ 2010年（推進ビジョンにおける2009年の値を代用）、2020年、2030年の一次エネルギー供給量を用い、各年次の間は線形を当てはめた。2030年から2040年にかけては人口推移と比例するとした。

図表 3-5 福島県における一次エネルギー供給の推計



出所：推進ビジョン及び日本の地域別将来人口推計より筆者作成

次に 2040 年の供給量から再生可能エネルギー熱及び大規模水力発電分を除き、それを 2030 年時点の各再生可能エネルギー発電種の比率で按分する。そして、その値を設備容量に修正したものを目標値とした⁸。尚、この値は再生可能エネルギー熱と大規模水力発電を除き、福島県の一次エネルギー供給の 100%を再生可能エネルギーで賄う際に必要な再生可能エネルギー電力の目標値である点に注意を要する。

3-2-5 目標値の導出

以上の手順により導出された目標値が以下である。

⁸ 再生可能エネルギー熱は 2030 年の値を 2 倍したものを 2040 年の値とし、大規模水力発電は増加なしとした。

図表 3-6 本稿におけるシナリオ

(万kW)	2020年	2030年	2040年(シナリオA)	2040年(シナリオB)
太陽光(住宅用)	16.5	19.9	23.4	23.5
太陽光(非住宅用・小)	17.5	30.4	43.2	43.5
太陽光(非住宅用・中)	8.3	10.9	13.4	13.5
太陽光(非住宅用・大)	57.7	138.9	220.0	221.7
風力(小規模)	0.0	0.0	0.0	0.0
風力(陸上)	100.0	250.0	400.0	302.2
風力(洋上)	0.0	150.0	300.0	302.2
小水力(小)	0.4	0.7	1.0	1.1
小水力(中)	1.8	3.3	4.8	5.0
小水力(大)	2.3	2.3	2.3	2.3
地熱(小)	0.2	16.5	32.8	28.2
地熱(大)	6.5	6.5	6.5	6.5
バイオマス(メタン発酵ガス)	0.0	0.0	0.0	0.0
バイオマス(未利用木質)	5.5	7.7	9.9	11.8
バイオマス(一般木質・農作物残さ)	7.1	9.9	12.6	14.9
バイオマス(建設廃材)	16.8	23.3	29.8	35.1
バイオマス(一般廃棄物・木質以外)	6.6	9.1	11.6	13.7
合計	247.1	679.3	1111.4	1025.1

出所：筆者作成

洋上風力発電の取り扱いを修正したため、2020年段階では推進ビジョンの目標を100万kW下回るが、2030年段階では推進ビジョンの値と同じ値となっている。また、2040年度については先述のとおり、二つのシナリオに分けて考察している。以下ではこの値を「シナリオ」と表記し、今後の試算ではこのシナリオの達成を前提とする。

3-3 導入量の推計

本節では前節で求めたシナリオに向け、どのような経路で導入量が増加していくかをシミュレートする。そのため導入経路に関する仮説を設定し、それに基づき毎年の導入量推移を導出する。

3-3-1 導入経路の仮説設定

ここでは導入量推移の前提となるシナリオの設定を行う。本稿では推進ビジョンに示された目標値を与件とし、そこから2020年、2030年、2040年での導入量を先に定めている。従って、ここでは推計の区間を目標値に従って2020年度、2030年度、2040年度の三つに分割し、それぞれの期間に何らかの関数を当てはめて導入量の推移を推定するという手法をとる。

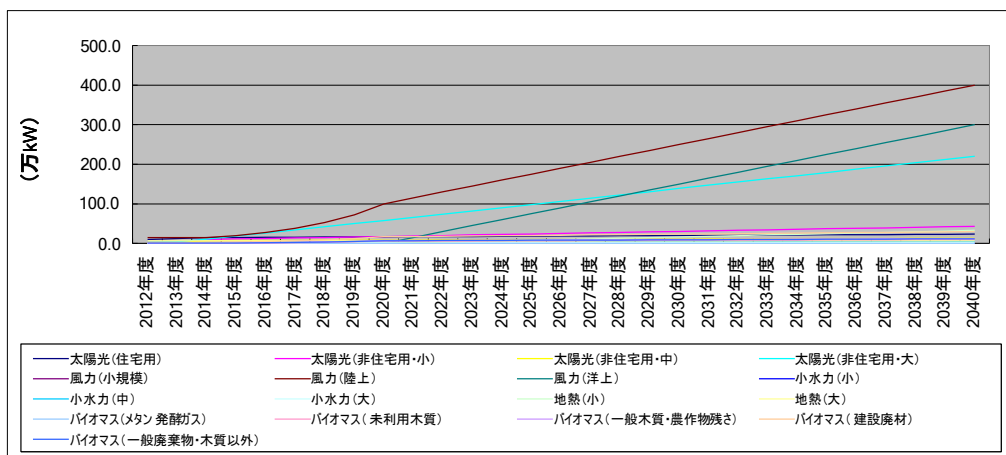
まず2020年度までは、ある年の導入量が前年の導入量から一定の比率で増加していくという仮説の元、定率増加の曲線で導入量を表す。具体的には2020年における導入目標と2014年度の導入量⁹から増加率を算出し、それに従って各年度末における累積容量を求める。この仮定の下では年度が経過するに従い導入量が増加していくという、導入初期段階におけ

⁹ 2014年度については本稿執筆段階で2014年12月以降のデータが公表されず、年度データが集計できない。従って、ここでは2014年4月～11月までの月間単純平均を12倍したものを2014年度の値とした。

る急速なコスト低下等による導入量の加速度的な増加を表したものである¹⁰。

次に 2021 年度から 2030 年度及び 2031 年度から 2040 年度の仮説を設定する。これらの両期間では再生可能エネルギーの本格的導入から一定程度の時間が経過しており、全期間のような加速度的な増加が継続するとは想定しづらい。従って、この期間では導入が一定ペースで安定的に続くと想定し、導入量の推移が線形で行われると仮定する¹¹。これによって求められた導入量の推移が以下である。

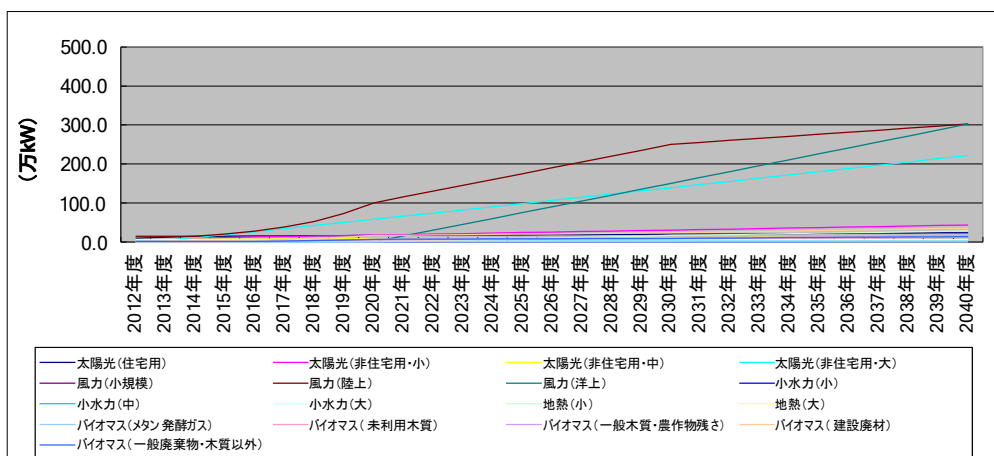
図表 3-7 導入量推移の推計結果
シナリオ A



¹⁰ 尚、太陽光発電においては増加の仮定を変更している。太陽光発電は 2014 年時点で導入が進んでおり、定率増加曲線を採用して導入の初期状態を再現するような仮定が妥当ではない。従って、太陽光発電は定量で毎年容量が増加していくとした。

¹¹ 導入量が定量で増加していく仮定であるが、推進ビジョンは 2040 年を目処に県内一時エネルギー需要に対する再生可能エネルギー導入量を 100%にするとしており、また 2041 年以降も再生可能エネルギーの導入を継続する。従って 2041 年度以降も導入が続くと考えられ、2031 年度以降に導入量が逡減していくような形状は妥当ではない。以上から本稿では 2041 年移行も導入が継続していくとの仮定の下、線形を当てはめた。

シナリオB



出所：筆者作成

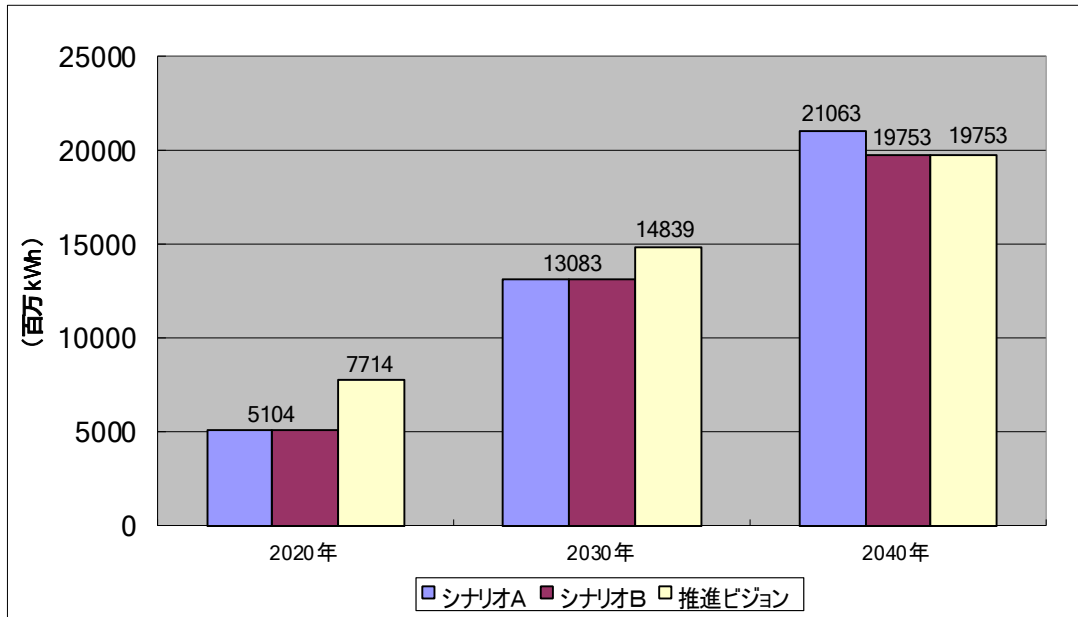
両シナリオにおいて、2040年時点での導入量は陸上風力発電の違いのみ大きな違いがある。これはシナリオBは2040年における再生可能エネルギーによる県内エネルギー供給100%を達成していることからすると、シナリオAにおける陸上風力発電が過剰に導入されることを示している。一方で、推進ビジョンでは2040年における目標の達成はあくまで目安のため、本稿でも引き続き2020年代の導入ペースが継続するとしたシナリオAを取り扱う。

3-3-2 シナリオの妥当性

以上のように、本稿では福島県の目標から独自のシナリオを設定した。従って、ここではそのシナリオの妥当性と、福島県の目標値との差異を明らかにする。

福島県は目標設定に際し、「一次エネルギー供給に占める再生可能エネルギーの割合」をその基準としている。そこでシナリオと福島県の目標値における発電量を比較することで、シナリオと目標値との差をみる。

図表 3-8 発電量の比較



注：設備利用率は、住宅用太陽光 12%、非住宅用太陽光 13%、陸上風力 20%、洋上風力 30%、小水力 70%、地熱 60%、バイオマス 57%とした。

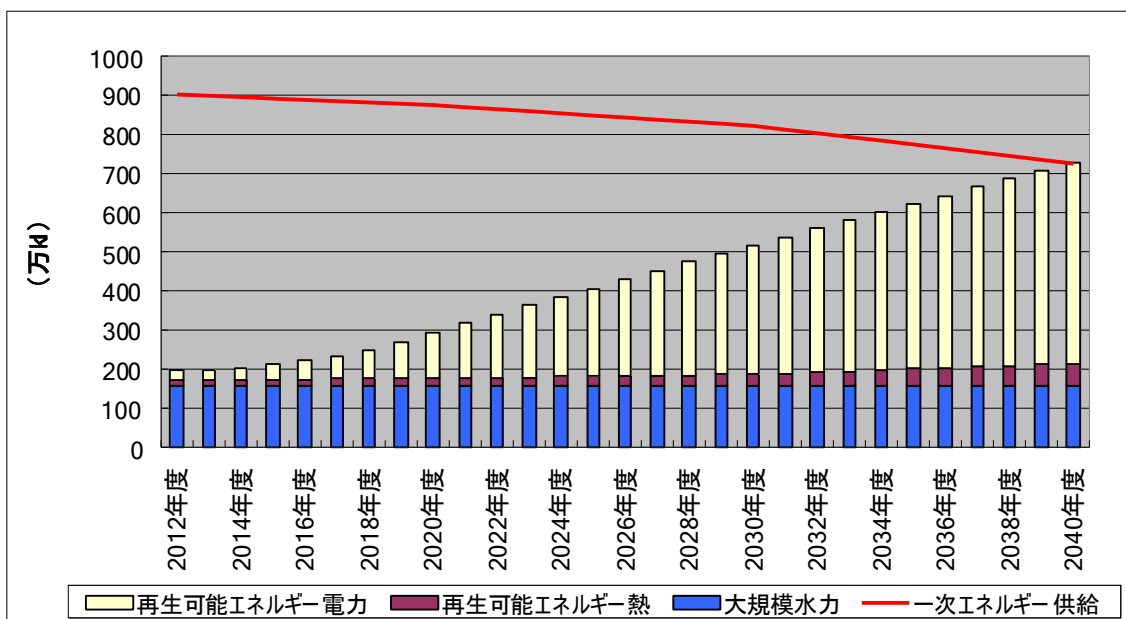
出所：推進ビジョン及び本稿推計より筆者作成

このように、2020年度、2030年度ともにシナリオが推進ビジョンの値を下回っている。2020年度における差分は洋上風力の導入を移動させたために発電容量自体が推進ビジョン目標から乖離していることによる。また2030年度における差分は推進ビジョンであれば「陸上風力：200万kW、洋上風力：200万kW」のところを、本稿では「陸上風力：250万kW、洋上風力：150万kW」と導入容量を変更しているために生じているものである¹²。2040年度においてはシナリオAの値が推進ビジョンの値を超えている。

また、本節での導入量推計を含めて福島県の一次エネルギー推計に占める再生可能エネルギーの割合を示したのがしたの図表である。

¹² 陸上風力発電と洋上風力発電は設備利用率が異なるため、同じ容量でも発電量が異なる。

図表 3-9 一次エネルギー供給と再生可能エネルギー導入量の推計（原油換算）



出所：筆者作成

本稿ではシナリオを前提に推計を行っていくが、実際の目標値とは本項で示したような差異が存在していることに注意すべきである。

3-4 費用の推計

前節では導入量に関する推計を行ったが、本節では費用に関する推計を行う。費用はFIT認定の前提となっている数値を用いるが、2040年までの長期の試算を行う本稿では費用遞減を織り込むことが必要となる。以下では、前提となる費用データを纏めて若干の修正をした後、学習効果の理論を用いた費用推計に関し考察する。その上で各発電種ごとに毎年の費用の推移について推計を行った後、最後に運転費用の推計を行う。

3-4-1 費用データのまとめ

費用に関する数値は調達価格等算定委員会で提出されたものを用いる。以下が調達価格等算定委員会で示されたコストデータである。

図表 3-10 コストデータまとめ

(万円/MW)	太陽光			風力		小水力		地熱		バイオマス											
	住宅用	非住宅用 (小)	非住宅用 (中)	非住宅用 (大)	(小)	(陸上)	(洋上)	(小)	(中)	(大)	(小)	(大)	バイオ燃料 系	未利用木質	一般木質・農 作物残さ	建設資材	一般廃棄物 ・木質以外				
2002年	初期費用	システム費用	46.6	412	34.4	32.5	125.0	30.0	30.0	56.5	100.0	80.0	85.0	123.0	79.0	392.0	41.0	41.0	35.0	34.0	
		土地造成費	0.0	0.2	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		接続経費	0.0	1.4	1.4	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2003年	初期費用	総初期費用	46.6	48.7	35.9	34.0	125.0	30.0	30.0	56.5	100.0	80.0	85.0	123.0	79.0	392.0	41.0	41.0	35.0	34.0	
		運営維持費/年	0.47	1.00	1.00	1.00	0.00	0.60	0.60	2.25	7.50	6.90	6.90	0.95	4.80	3.30	18.40	2.70	2.70	2.70	2.20
		システム費用	42.7	43.6	33.5	28.0	125.0	30.0	30.0	56.5	100.0	80.0	85.0	123.0	79.0	392.0	41.0	41.0	35.0	34.0	
2004年	初期費用	土地造成費	0.0	0.2	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		接続経費	0.0	1.4	1.4	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		総初期費用	42.7	45.1	35.0	29.5	125.0	30.0	30.0	56.5	100.0	80.0	85.0	123.0	79.0	392.0	41.0	41.0	35.0	34.0	
2004年	運営維持費/年	システム費用	0.43	0.90	0.90	0.90	0.00	0.60	0.60	2.25	7.50	6.90	6.90	0.95	4.80	3.30	18.40	2.70	2.70	2.70	2.20
		土地造成費	38.5	38.9	30.9	27.5	125.0	30.0	30.0	56.5	100.0	80.0	85.0	123.0	79.0	392.0	41.0	41.0	35.0	34.0	
		接続経費	0.0	0.4	0.4	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2004年	総初期費用	総初期費用	38.5	38.7	27.7	23.3	125.0	30.0	30.0	56.5	100.0	80.0	85.0	123.0	79.0	392.0	41.0	41.0	35.0	34.0	
		運営維持費/年	0.36	0.80	0.80	0.80	0.00	0.60	0.60	2.25	7.50	6.90	6.90	0.95	4.80	3.30	18.40	2.70	2.70	2.70	2.20

出所：調査価格算定委員会資料より筆者作成

太陽光発電以外は 2012 年度買い取り価格算定の際に用いられたものを 2014 年度においても据え置いているため、全て同じものとなっている。一方で洋上風力発電は 2014 年度から追加されたもののため、それ以前の値がは 2014 年度のものをおいている。また 10kW 以上の太陽光発電においては本稿で独自の区分を設けているために、費用データを加工している。FIT においては 10kW 以上のものを全て同じ括りで買い取り価格を設定しているが、先述のとおり本稿では試算の精度を上げるためにこれを「10kW 以上 50kW 未満」、「50kW 以上 1000kW 未満」、「1000kW 以上」の 3 つに分類している¹³。

以下では費用を「初期費用」と「運転費用」に分類して、その値を推計する。「初期費用」は発電設備導入の際に生じる費用であり、導入タイミングでその全額が投下されるとする。更に初期費用は「システム費」、「土地造成費」、「系統連携費」の三つから構成される。「運転費用」は修繕費や運用に関わる人件費などであり、導入後は毎年一定額が投下されるとする。

3-4-2 費用逓減の考え方

次に費用の逓減を見込んだ試算を行うために、2030 年度までにどのように費用が低下するのかを推計する。本稿では先行研究を織り込んで学習効果を使用した推計を行う。尚、学習効果を用いた費用逓減の研究は太陽光発電が中心であり、以下であげる先行研究も基本的に太陽光発電を対象としていることに注意を要する。

学習曲線¹⁴とは製造の経験を通じて生産コストが低減していく現象を指しており、「単位当たりの生産コストがある減少率で減少していくパターン¹⁵」を指している。学習曲線自体は 1925 年の飛行機製造において初めて発見され、1936 年に最初の論文が発表された¹⁶。ここでは高橋（2001）に基づきながら学習曲線の基礎的な理論展開を確認する。

$f(n)$ を n 番目のユニットの単位あたり生産コスト、 a を第一番目の生産コスト、 b を累積生産に伴うコストの減少割合とすると、対数線形型の学習曲線は以下の通りになる。

$$f(n) = an^b$$

¹³ この際のコストでの算出は次の通り。

2012 年度費用は「10kW 以上 50kW 未満」は第 10 回調達委資料の 2012.7~9 の設備認定データの値を、「50kW 以上 1000kW 未満」は同資料の 50kW から 500kW と 500kW から 1000kW の二つの値の平均値を使用した。「1000kW 以上」の費用データ及び、これら全区分のシステム費用以外は FIT で示された値と同じ。

2013、14 年度は第 13 回調達委資料を使用。「10kW 以上 50kW 未満」は 2013 年度のものは平成 24 年度 10-12 月期の値を、2014 年度のものは平成 25 年度 10-12 月期の値を使用した。「50kW 以上 1000kW 未満」は 2012 年度のものと同じ手法を用いて同資料より算出した。尚、「1000kW 以上」に関しては同資料の報告聴取の値を使用している。

¹⁴ 他にも進歩関数、経験曲線等とも呼称される。

¹⁵ 高橋（2001）

¹⁶ 高橋（2001）

ここで累積生産量が2倍になったとすると、

$$f(2n) = a(2n)^b = an^b 2^b = 2^b f(n)$$

となり、単位生産コストが 2^b 倍になる。そこで

$$p = 2^b$$

の p を学習率、 $1-p$ を進歩率(progress ratio)と呼ぶ¹⁷。

学習曲線は再生可能エネルギー分野においてよく使用されており、主に太陽光発電システムの価格低下の予想に用いられる。学習曲線の分析では主に単位生産コストを用いるが、一般に生産コストデータの入手は難しい。従って、生産コストデータの代替として価格を用いて分析することが多い。

3-4-3 再生可能エネルギー分野における学習効果の使用

ここからは学習曲線を使用し、再生可能エネルギーの研究を行った研究を概観する。これに関する先駆的な研究は槌谷（1999）である。この研究は基礎的な対数線形型学習曲線を想定し、1979年から1998年のデータを用いて学習曲線を推定、それを長期エネルギー需給モデルに適応している。またNemet（2009）は技術進歩の非連続を考慮した学習曲線を用いた分析をした。この研究では、ばらつきを考慮した進歩率を用いて、家庭向け太陽光発電と風力発電が「競合技術と同等のコスト（Break-Even Point）」に達するまでの将来コストの予測と必要な政策経費を推計している。全世界における1976年から2006年のデータを用い、その中で全期間において10年間以上計測できる全ての進歩率を計測することで、単一の進歩率では観測できないばらつきを考慮した分析を可能としている。このNemet（2009）を更に発展させ、かつ日本国内のデータを用いた研究に朝野（2010）がある。これはNemet（2009）と同様の考え方にに基づき、日本における再生可能エネルギーの進歩率を算出、Break-Even Pointまでの必要な投資額と期間、並びに導入量、価格の推移を求めている。この研究において発展させた点として、Nemet（2009）が発電モジュールの平均価格を被説明変数においたことに対し、朝野（2010）ではモジュールの構成要素を分解し、個別の進歩率を求めている点がある。

以上のように再生可能エネルギー分野は市場が発展段階にあることも含めてその費用の逓減が早く、多くの研究で学習効果を用いた費用逓減が分析されている。本稿では、これら先行研究を参考にして学習効果を用いた費用推計を行う。直、推計手法は各発電種毎に異なるため、以下では初期費用に関して項を分けて記述する。

¹⁷ 例として、 $b = -0.322$ のとき、学習率は $p = 0.8$ で80%学習曲線、 $1 - 0.8 = 0.2$ で20%の進歩率となる。

3-4-4 太陽光発電における初期費用の推計

ここでは太陽光発電に関する費用推計を行う。本稿では朝野（2010）と同じくモジュールの構成要素を分解した上で、個別の費用通減を推計する。また、進歩率は朝野（2010）において求められた値の内、「直近年計測結果¹⁸」の中央値を使用する。

図表 3-11 構成要素別に見た進歩率の中央値

	モジュール	インバータ	その他機器	工事費
全計測結果	16%	25%	20%	12%
直近年計測結果	13%	20%	16%	11%
本稿	13%	20%	16%	11%

出所：朝野（2010）

次に、コストデータを構成要素別に分解する必要がある。データ制約上構成要素別のデータが得られなかったため、ここではFITで示された「システム価格」を文部科学省（2013）で示された建設費の内訳データを用いて各構成要素に按分する。

図表 3-12 各構成要素に分解した費用データ

住宅用					
(万円/kW)	モジュール	インバータ	その他機器	工事費	その他
2012年	27.31	4.10	3.08	6.80	5.31
2013年	25.02	3.76	2.82	6.23	4.87
2014年	22.56	3.39	2.54	5.62	4.39

非住宅用・小(50kW未満)					
(万円/kW)	モジュール	インバータ	その他機器	工事費	その他
2012年	18.36	3.21	3.92	15.72	4.25
2013年	16.96	2.96	3.62	14.52	3.92
2014年	14.35	2.51	3.06	12.29	3.32

非住宅用・中(50kW以上1000kW未満)					
(万円/kW)	モジュール	インバータ	その他機器	工事費	その他
2012年	13.38	2.34	2.86	11.46	3.10
2013年	13.03	2.28	2.78	11.16	3.02
2014年	12.02	2.10	2.56	10.29	2.78

非住宅用・大(1000kW以上)					
(万円/kW)	モジュール	インバータ	その他機器	工事費	その他
2012年	12.64	2.21	2.70	10.82	2.93
2013年	10.89	1.90	2.32	9.32	2.52
2014年	10.70	1.87	2.28	9.16	2.48

出所：筆者作成

初期費用にはシステム費用のほかに「土地造成費」と「系統接続経費」が存在する。朝野

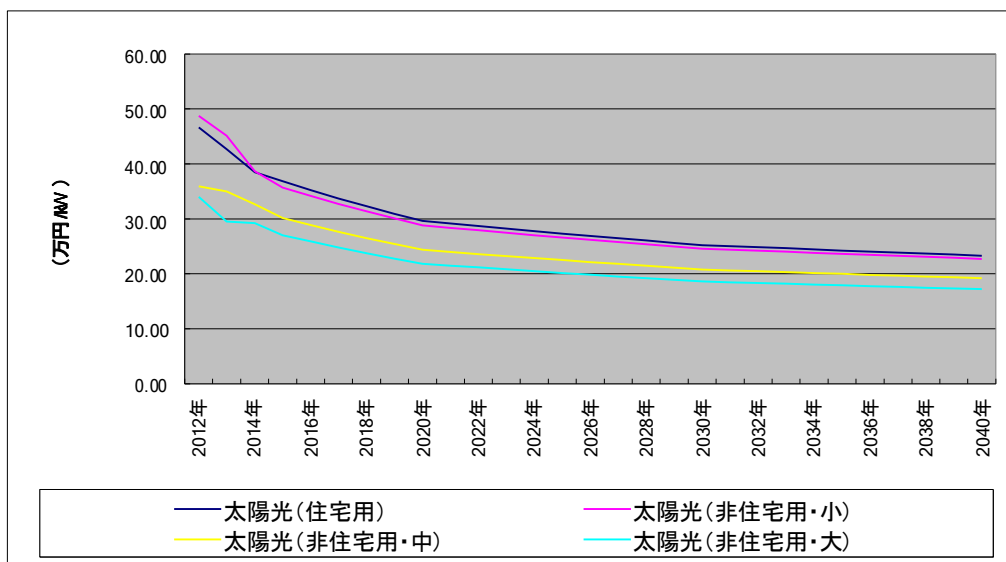
¹⁸ 朝野（2010）は進歩率の推計に1993年から2008年のデータを用いているが、その中で2008年を基点に10年以上観測できる標本に限って推計を行ったのが直近年計測結果である。進歩率は観測する期間によって推計結果が異なるので、直近の標本による進歩率を用いたほうがより現実に近いと考えられる。

(2010) ではそれらの学習効果の推計を行っていないため、本稿では「土地造成費」に「工事費」、「系統連携経費」に「その他機器」の習熟率を適応して推計する。

以上を元に、2015年度から2040年度までの費用の逓減を推計する。学習効果による費用逓減の産出には太陽光発電システムの累積生産量の値が必要となる。ここでは内閣府

(2011) を参考に全世界における太陽光発電システムの累積導入量 (kW) を用いる。またその数値としてEPIA (2011) に示されたパラダイムシフトシナリオの値を用いる。尚、パラダイムシフトシナリオでは2020年度及び2030年度の数値のみが示されているが、費用推計の際は各年度の値が必要であるため、ここでは独自に各年度の増加を仮定して各年度の値を求めている¹⁹。

図表 3-13 太陽光発電における初期費用²⁰の推計結果



出所：筆者作成

3-4-5 風力における初期費用の推計

風力発電についても学習効果を用いた推計を行う。陸上風力発電に関する学習効果の研究は少ないが、先述したNemet(2009)において風力発電の学習効果推計が行われている。ここではNemet(2009)における全期間計測値の中央値²¹を採用する。尚、Nemet(2009)では構成要素ごとの計測を行っていないため、風力発電ではシステム費用単一の費用逓減見通しを推計する。一方、風力発電においては太陽光発電と異なり、日本国内での累積導入量を用いる。その値としてJWPAにおけるロードマップを用いる。また本稿では洋上風力発電に関

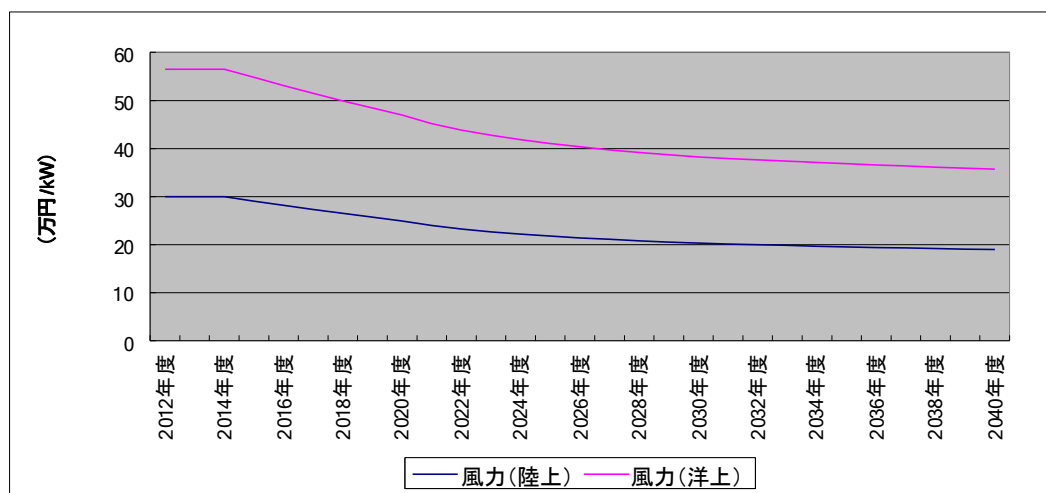
¹⁹ 2020年までは定率増加、それ以降は定数増加とした。また2040年の数値は2020年代の増加数があるまま維持されるものとして算出した。

²⁰ 先述したとおり、この初期費用は「システム費」、「土地造成費」、「系統連携費」の合計値である。

²¹ 習熟率=0.1

する費用逓減の推計も行うが、推計における習熟率及び全世界導入量は陸上風力発電と同じものを採用する。

図表 3-14 風力発電における初期費用の推計結果

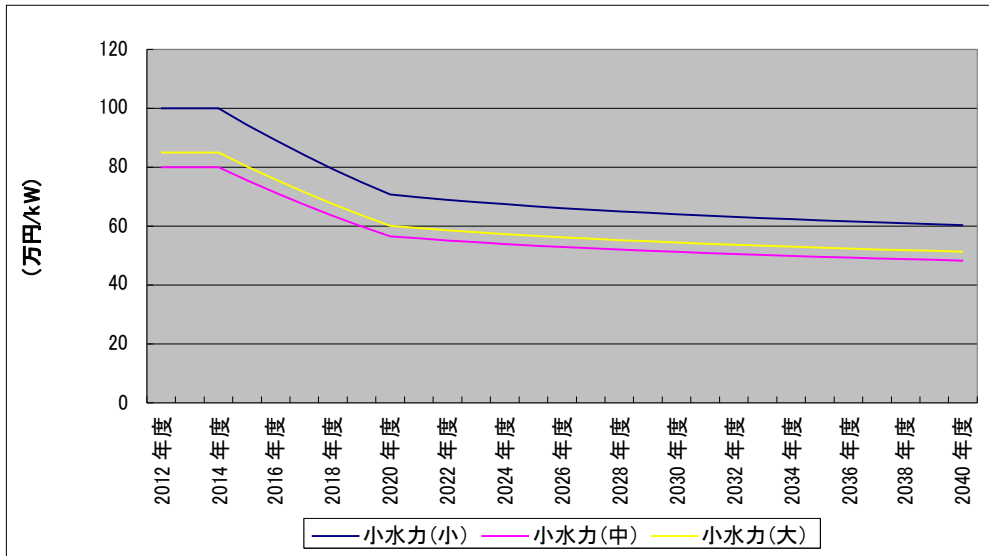


出所：筆者作成

3-4-6 その他の発電における初期費用の推計

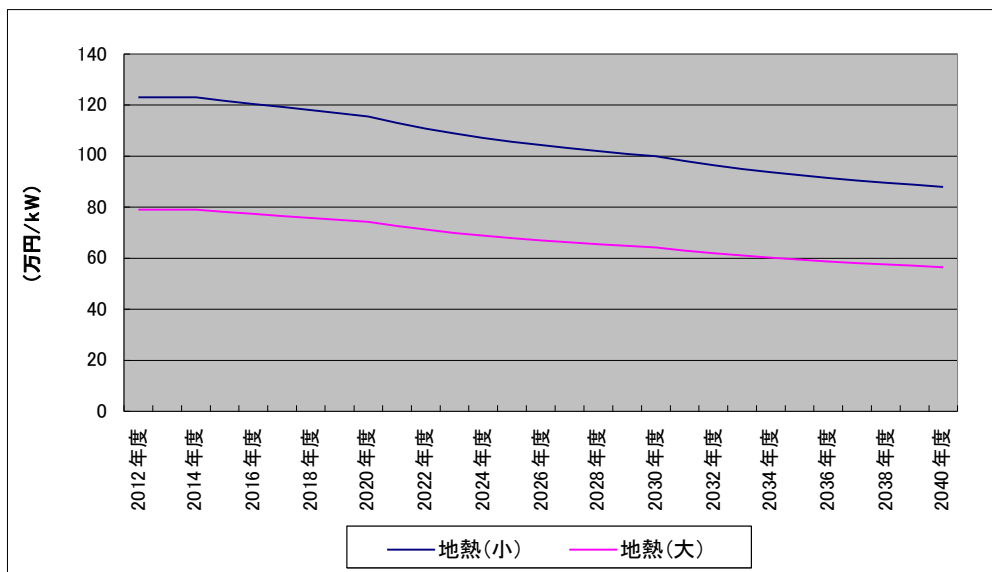
太陽光発電、風力発電以外の発電種に関しては、費用低下に関する先行研究が少なく、今後の見通しを立てることが難しい。一方で2040年までの長期の推計を行う際にコスト低下の一切を無視するということが妥当ではない。従って、本稿ではそれらの発電種の費用低下に対し、陸上風力発電における習熟率を用いた費用の推計をおこなう。推計に当たっての導入量は、環境省（2012）に示された各種目標を用いる。

図表 3-15 小水力発電における初期費用の推計結果



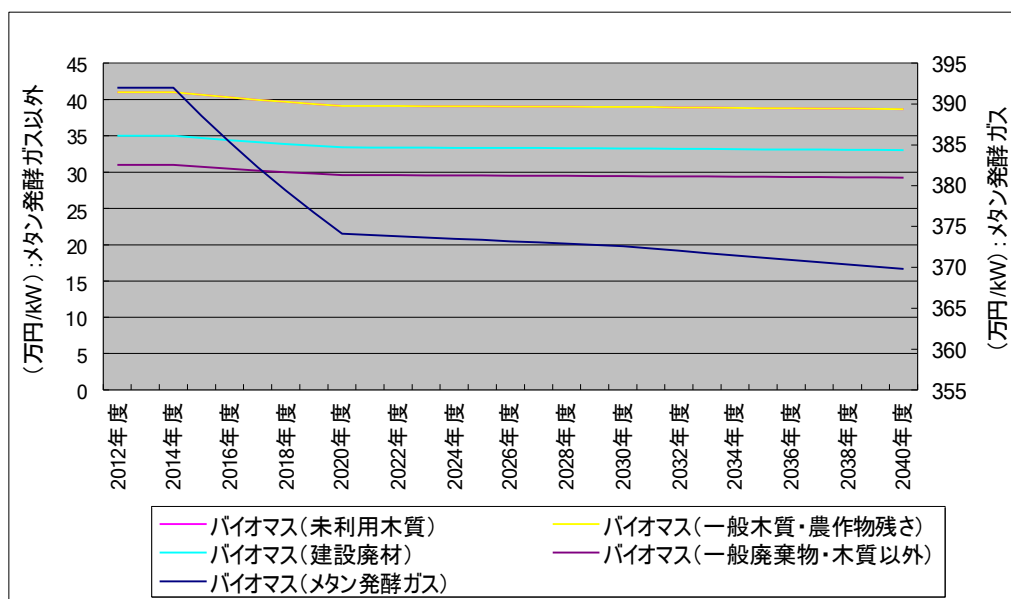
出所：筆者作成

図表 3-16 地熱発電における初期費用の推計結果



出所：筆者作成

図表 3-17 バイオマス発電における初期費用の推計結果



出所：筆者作成

3-4-7 運転費用の推計

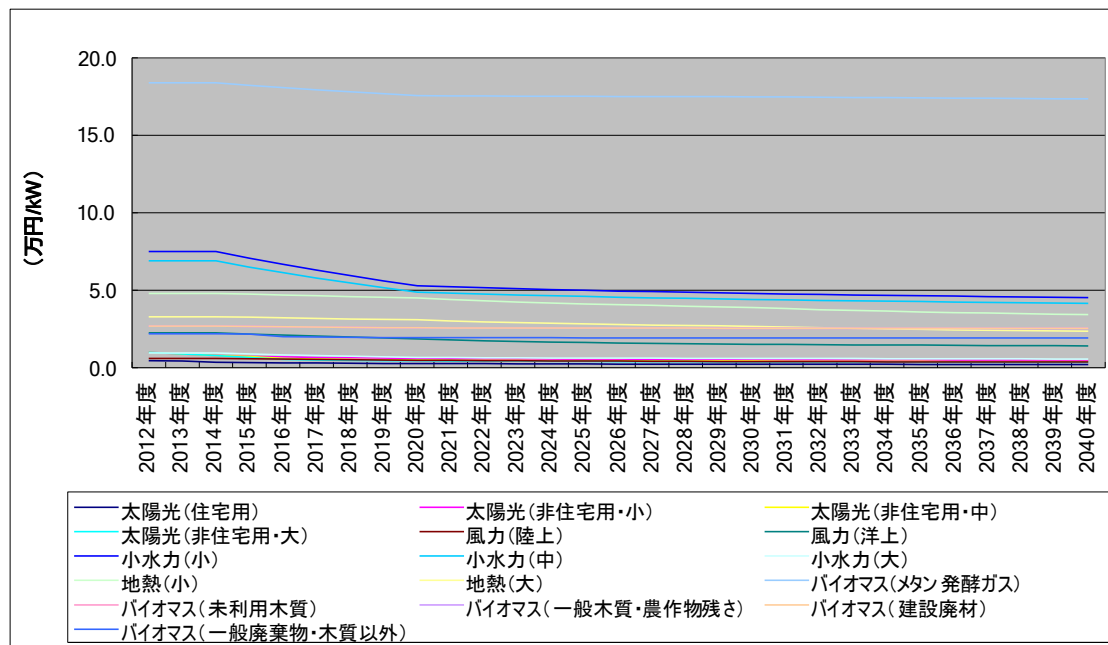
初期費用の推計に続き、ここでは運転費用の推計を行う。先述のとおり運転費用には「人件費」や「O&M費」が含まれるが、ここではFITにおける表記に従い発電設備運営に伴って継続して生じる費用を一括して「運転費用」とする。

運転費用に関しては、上記のような「人件費」や「O&M費」など異なる性質の費用が混在していることや、当該分野における学習効果に関する先行研究がないことから、学習効果を用いない手法で推計を行う。ここでは内閣府（2011）と同じく、運転費用と初期費用の比率は一定であるとの仮定の下で運転費用を推計する²²。具体的には2014年度の初期費用と運転費用の比率を求め、これを毎年の初期費用に乗じることで運転費用とする。

以上で求めた運転費用の推移が以下である。

²²IEAの費用見通しにおいて2050年の初期費用と運転費用の比率が2010年のものと変わらないことを論拠とする。

図表 3-18 運転費用の推計結果



注：費用は年あたりの値

出所：筆者作成

3-4-8 費用推計のまとめ

以上で、導入量に加えて初期費用と運転費用を導出した。これにより各年度において使用される費用の推計が可能となった。

本稿では Nemet (2009) や朝野 (2010) などの先行研究を参照しながら再生可能エネルギー導入における費用低下を推計した。適用したものは太陽光発電と風力発電のみであるが、前者が 2030 年度頃に半減する一方、風力発電の低下の幅はそれよりも緩やかなものであった。また構成要素別の推移をみると、インバータが大きな費用通減を見せる一方、工事費の低下幅は小さい。風力発電については構成要素の分割を行っていないため一律の低下であるが、太陽光発電と同様に工事費の低下が比較的緩やかになる可能性がある。

運転費用に関しては初期費用の一定割合という仮定を置いたが、費用の性質上、本稿での推計よりも緩やかな推移を見せる可能性が高い。再生可能エネルギーに特化した O&M 費は導入拡大に従って低下していく可能性が高いが、その他の費用は別の要因で変化すると考えられる。

また、太陽光発電、風力発電以外の発電種は風力発電に順ずる費用低下と仮定したが、実際は各発電種により費用低下の推移は当然異なる。今後のデータの蓄積や研究の進展を持って逐次発展させるべきである。

次章では、導入量と本章で導出した費用を併せて、福島県で費やされる費用総額についての推計を行う。

4章 推計結果と考察

本章では3章で求めた数値から、福島県に投下される費用の総額を算出する。ここまでに福島県において2040年までに導入される再生可能エネルギーの容量推移と、再生可能エネルギー関連費用の推移を導出した。次にそれらの数値による費用総額を推計結果として示す。また、売電収入と再生可能エネルギー賦課金に関する推計も行い、それらを総合して考察を加え、最後に本稿手法の限界と改善点について述べる。

4-1 推計結果

本節ではこれまでの過程で導出された数値から求められる費用推計の結果を示す。最初に費用総額の算出方法を示した上で、各推計結果を吟味していく。

4-1-1 初期費用総額及び運転費用総額の産出方法

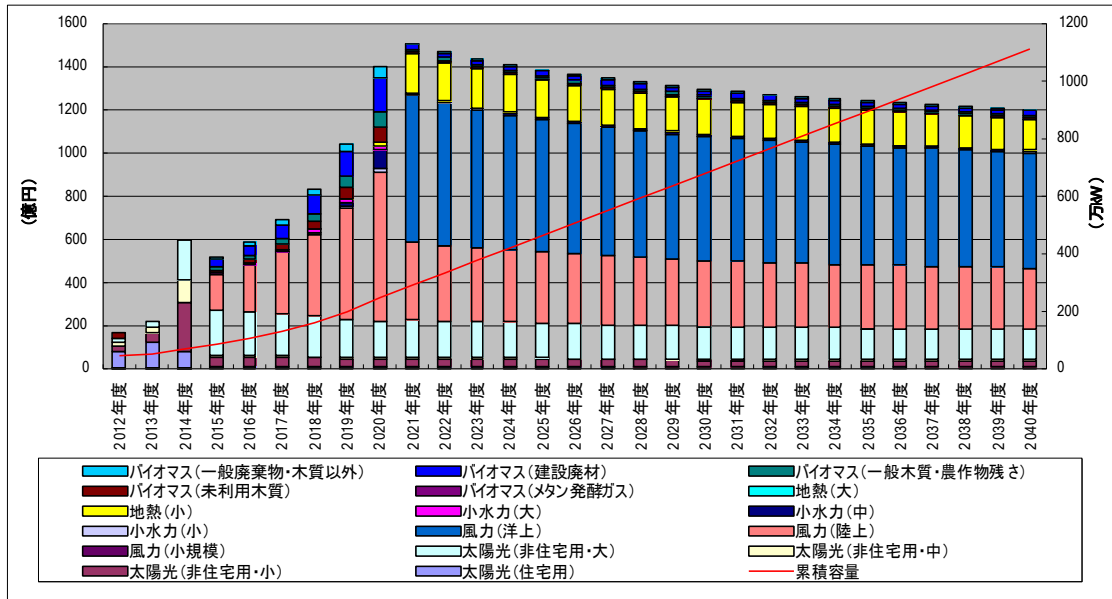
費用の総額を産出するに当たり、以下のような算出方法をとる。先述の通り初期費用は「システム費」、「土地造成費」、「系統連携費」の合計であり、それらは発電設備の導入時に発生するものである。従って当該年度末累積容量から全年度末累積容量を除いたものを当該年度導入容量と定義し、それに初期費用をかけることで当該年度の初期費用総額を算出する。また運転費用は設備を運転する限り毎年発生するものである。従って当該年度末累積容量に運転費をかけることで運転費用総額を算出する。

4-1-2 初期費用総額の推計結果

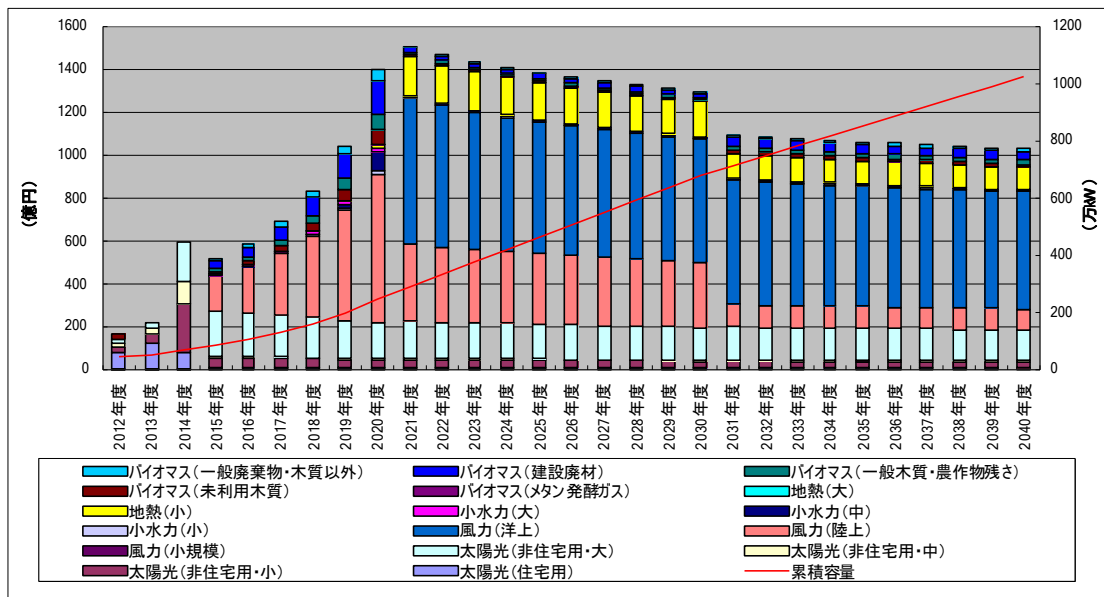
初期費用の推計結果は以下の通りである。

図表 4-1 初期費用総額の推計結果

シナリオA



シナリオB



出所：筆者作成

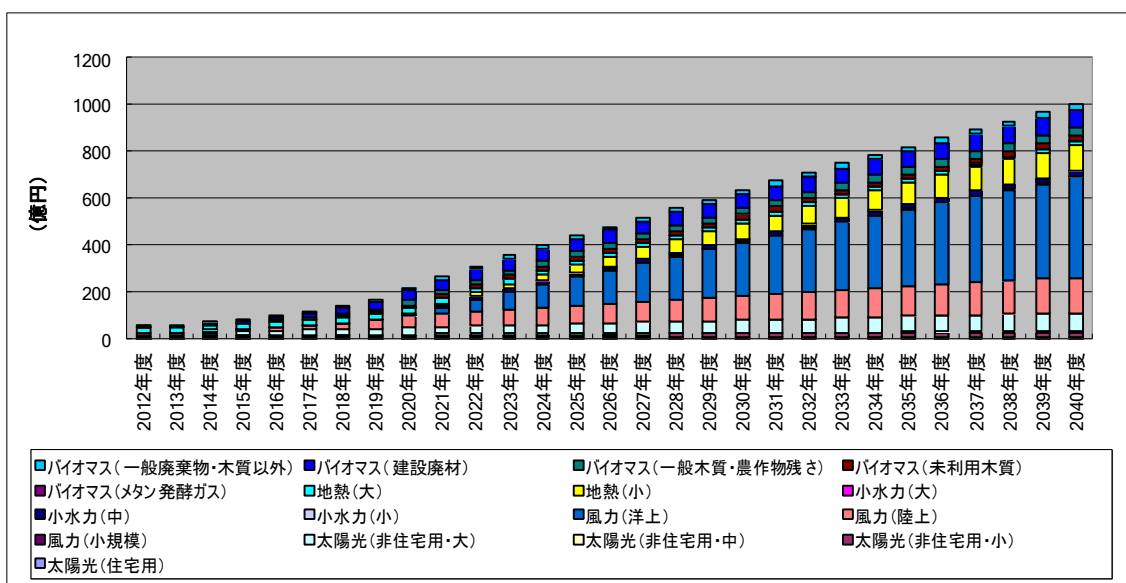
初期費用は2015年に507億円となった後に増加し、第一の目標年である2020年に1487億円が投下される。翌2021年には1640億円となるが、その後は緩やかな低下を示している。2021年度以降で発電種の構成が異なっているのは導入の仮定が2020年度までと2021年度以降で大きく異なっているからである。特に2015年度初頭段階で実証段階の洋上風力

発電に関しては、実際の導入ペースとは異なると考えられる。2031年度以降はシナリオを分割しているため、導入量、内訳共に異なっている。

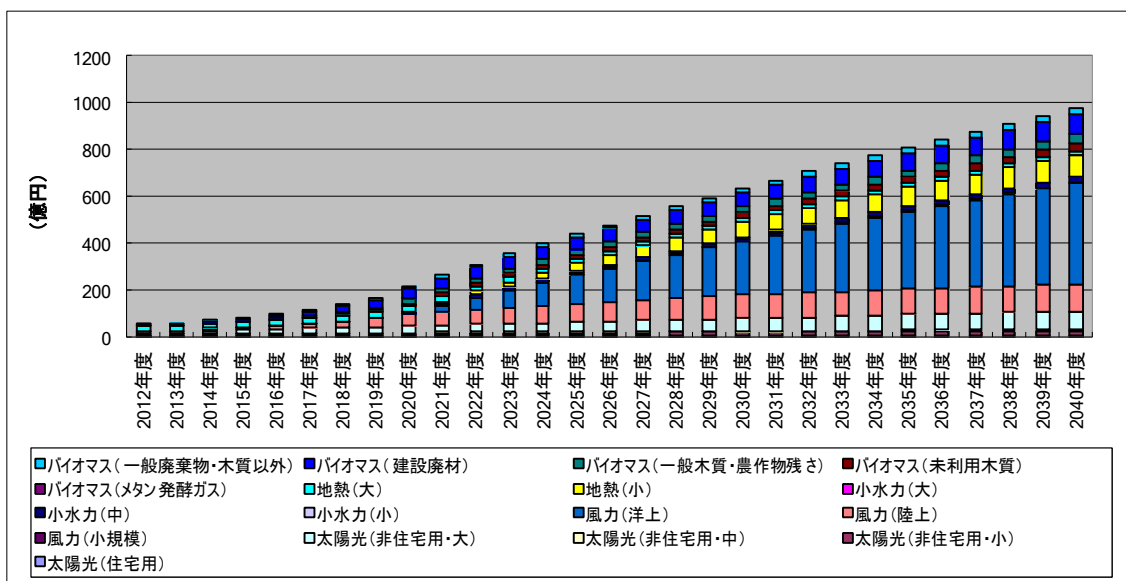
4-1-3 運転費用総額の推計結果

運転費用総額の推計結果は以下の通りである。

図表 4-2 運転費用総額の推計結果
シナリオA



シナリオB



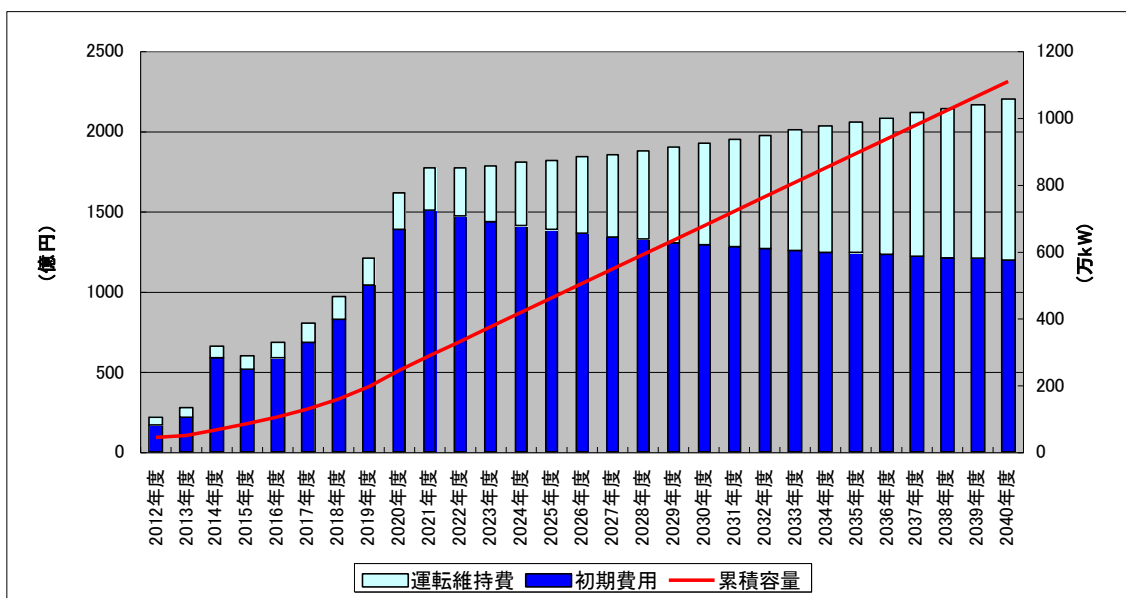
出所：筆者作成

運転費用は累積導入容量に比例して増加するため、福島県内での再生可能エネルギーの導入が進むにつれてその額が増加する。一方で運転費用の導出を初期費用の一定割合としているため、初期費用の低下に従ってその額も低下していく。2031年度以降に関しては導入量の低いシナリオBの方が運転費用に関しても小さくなっている。

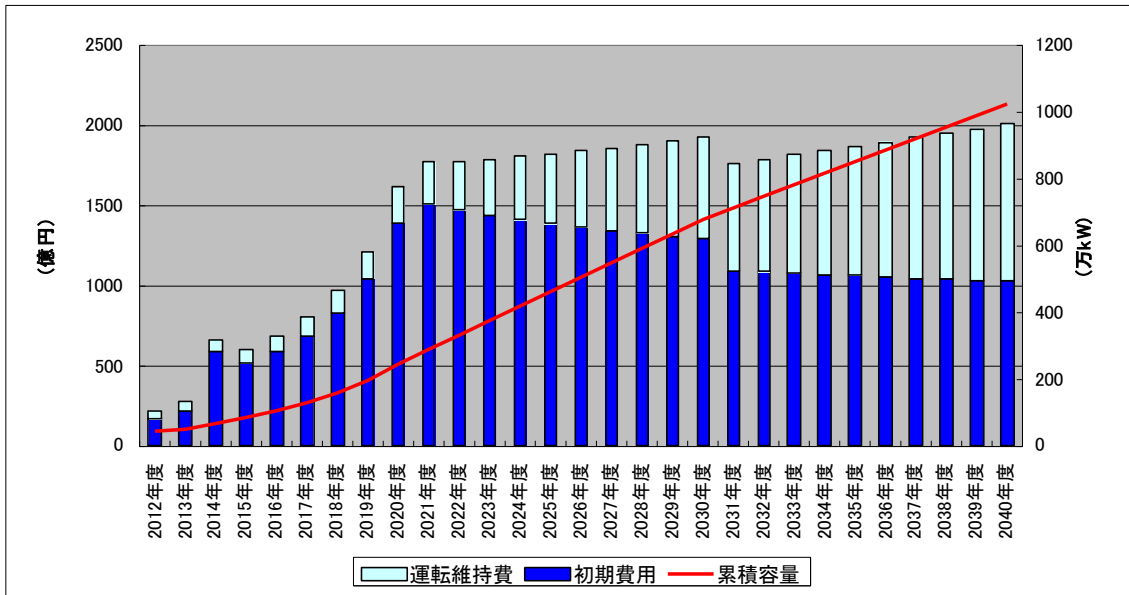
4-1-4 総費用の推計結果

上記で求めた初期費用と運転費用を年度末累積容量と同じグラフに纏めたのが以下の図表である。

図表 4-3 初期費用、運転費用及び累積容量の推計結果
シナリオA



シナリオB

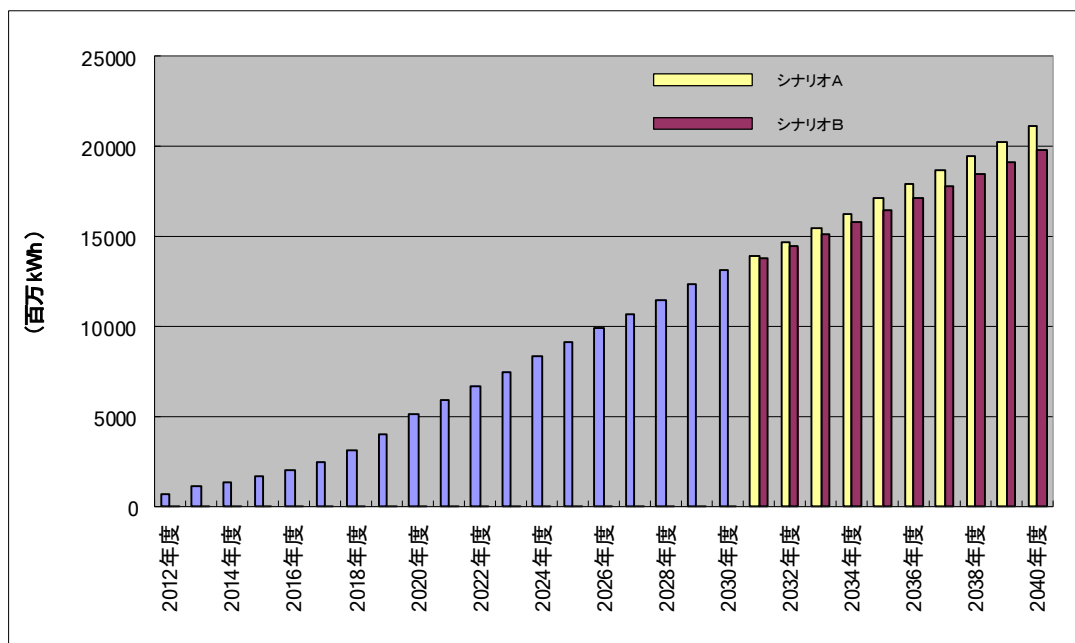


出所：筆者作成

シナリオAに関して、初期費用と運転費用を合算して総費用とした場合、総費用は一貫して増加傾向にある。それは2021年度以降の初期費用の低減を運転費用の増加が補っていることによる。一方で学習効果を用いた推計では費用低下率は逡減していくものであり、初期費用も一定期間後は横ばいになると考えられる。シナリオBについては、2020年代と2030年代で導入内訳は異なるため、推計手法上の理由から段差が生じている。この場合は初期費用の落ち込みが大きく、運転費用の増加で総費用が2030年度の値を越すのが2030年代後半となっている。

また導入量から発電量を求めることが出来、それが以下の図表である。

図表 4-4 発電量の推移



注：設備利用率は、住宅用太陽光 12%、非住宅用太陽光 13%、陸上風力 20%、洋上風力 30%、小水力 70%、地熱 60%、バイオマス 57%とした。

図表：推計結果より筆者作成

これは先述の通りであり、シナリオBにおける 2040 年度の値に再生可能エネルギー熱と大規模水力発電を含めたものが福島県の一次エネルギー供給の 100%となっている。

4-2 推計結果の考察

本稿では福島県における再生可能エネルギー導入計画について、学習効果に冠する研究を織り込みながら 2040 年までの推計を行った。本節ではそれら推計結果の示唆するものを考察する。

4-2-1 初期費用の逡減と構成

初期費用は発電システムを中心とする設備投資から構成され、再生可能エネルギー関連費用の大部分を構成するものである。推計結果では 2021 年度以降の導入ペースを均一にしたことにより、費用逡減に従ってその額も低下することがわかった。再生可能エネルギー費用の大部分を占める初期費用だが、一方でこれらの費用が福島県経済に与える影響の大きさは定かではない。

本稿では非住宅向け太陽光発電を除いて初期費用を一括して取り扱ったが、具体的には以下のような費用により構成されている。

図表 4-5 再生可能エネルギー初期費用の構成

太陽光発電			風力発電			小水力発電		地熱発電				
	構成要素	住宅用	非住宅用		構成要素	陸上	洋上					
設備費	モジュール	58.6	38.9	設備費	システム	58.4	43.7	設備費	水車	4.0	建築物	11.4
	インバータ	8.8	6.8		電気設備	6.0	10.7		発電機	11.3	プラント	25.0
	パネル架台	3.1	3.9		電気工事	8.4	7.1	電気設備	36.7	蒸気油送管	20.8	
	H鋼	0.7	0.9	輸送	3.4	5.2	発電施設建物	3.9	発電所建物	1.3		
	接続箱	1.3	1.6	指示構造	0.0	21.8	発電施設建物	3.9	探掘	23.1		
	キュービクル	1.0	1.3	組立据付	4.7	0.0	機械装置基礎	2.9	工事費	土木	1.6	
	データ計測装置	0.3	0.4	設置	0.0	7.3	工事費	2.9	基礎間道路	3.5		
	無停電電源	0.0	0.0	土木工事	13.5	0.0	機械装置	1.3	その他	事前探掘調査	13.3	
	表示装置	0.2	0.2	調査費	1.5	0.0	諸装置工事費	1.3				
	昇圧費用	0.0	1.9	開発認可	0.0	3.1	土木工事	39.9				
電源線	0.0	1.8	実施設計費	1.3	0.0	(水路貯水池)						
工事費	土木・工事費	14.6	33.3	試運転調整	1.4	0.0						
その他	卸売り	10.0	7.9	電力負担金	1.4	0.0						
	小売	0.2	0.3	その他	0.0	1.1						
	輸送	1.0	0.8									
	倉庫	0.1	0.1									

注：表記は%

出所：文科省（2013）より筆者作成

上記の費用をシステム等の設備からなる「設備費」と、それらの設置等に関わる「工事費」にまとめたものが次の図表である。

図表 4-6 再生可能エネルギーにおける初期費用の構成

(%)		太陽光発電		風力発電		小水力発電	地熱発電
		住宅用	非住宅用	陸上風力	洋上風力		
初期費用	設備費	74.00	56.02	64.40	76.20	52.05	37.70
	工事費	14.60	34.54	26.60	14.40	48.00	49.00
	その他	11.30	9.44	9.00	9.40	0.00	13.30

出所：文科省（2013）より筆者作成

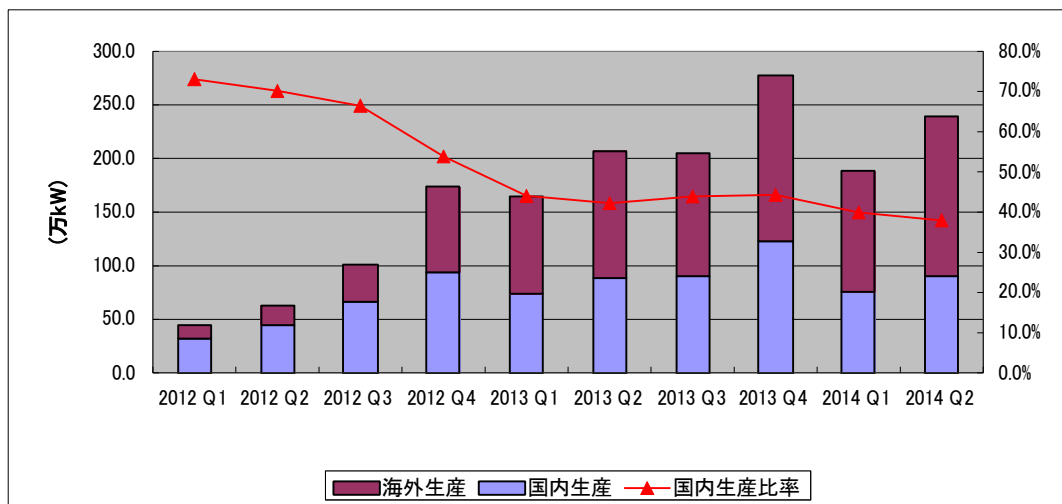
このように、地熱を除いた発電種でその半分以上を設備費が占めていることがわかる。工事費は地域の事業者を介することで県内経済に影響を与えるが、設備はそれが県内で製造されない限り県内経済に与える影響は小さい。

4-2-2 設備の自給率

設備費用が県内経済に与える影響はその製造された場所に因る。次にそれらの自給率を含めた考察を行う。太陽光発電システムや風力発電システム等の詳細な製造地についてはデータ上の制約により行えないため、その国内自給率という点から考察を行う。

再生可能エネルギーの中心となる太陽光発電と風力発電の設備製造についてみると、それぞれで相反する事象が観測される。太陽光発電では、FIT導入に伴う大規模な導入量の増加に関わらず、国産のシェアが低下する一方であり2014年第2四半期では期間内の導入量の4割を下回っている。

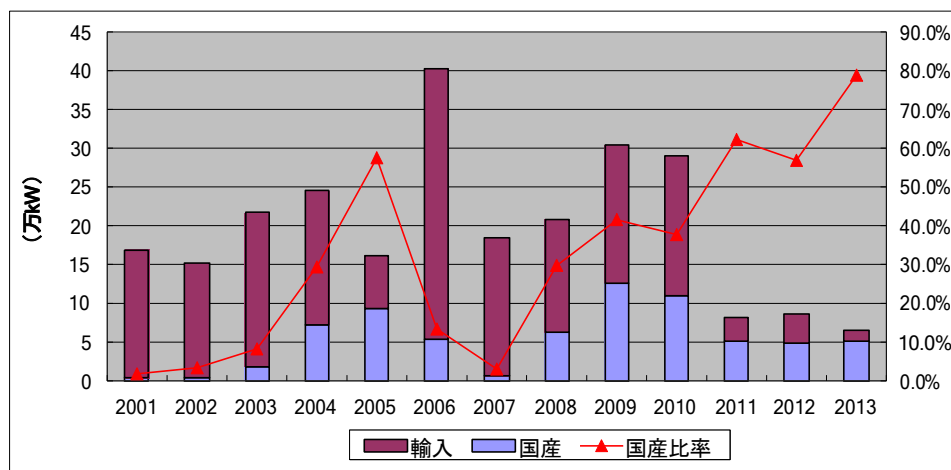
図表 4-7 国内向け出荷太陽光発電モジュールの産地別構成



出所：太陽光発電協会（JPEA）「太陽電池の出荷統計」より筆者作成

一方で風力発電に関しては国産の比率は上昇傾向にある。累積容量に占める国産機の割合は2013年度で26.4%と未だ低いものの、年間導入量という点では2013年度における80%が国産機となっている。

図表 4-8 国内における風力発電設備の産地別構成



出所：NEDO web ページより筆者作成

一方で、風力発電、特に大型のものは数多くの部品から構成されている。そこで更に、風力発電における各部材等の海外調達率を確認すると、部品により完全に国産のものと半分近くを海外調達に頼っているものがあるが、風力発電全体では約4割が海外からの調達で成り立っていることがわかる。

図表 4-9 風力発電における平均海外調達率

大分類	小分類	平均海外調達率
風力発電機 本体	マイクロ風力発電（1kW未満）	0.0%
	小型風力発電（1kW以上50kW未満）	7.4%
	中型風力発電（50kW以上1000kW未満）	-
	大型風力発電（1000kW以上）	45.4%
	本体平均	45.3%
部品など	ブレード本体/ナセルカバー	0.0%
	ブレード本体(繊維・樹脂)	0.0%
	ローターハブ/主軸(シャフト)/増速機/歯車	44.2%
	制御機/コンバータシステム/変圧器	13.8%
	軸受	0.0%
	発電機	19.8%
	ヨー駆動システム/ブレーキシステム/油圧機器	0.6%
	タワー本体/フランジ/ナセル台板/その他付属品	14.3%
	系統安定化装置・蓄電池/電力変換装置/その他付属品	-
	その他	0.0%
	部品平均	17.1%
	全体平均	39.6%

出所：三菱総研（2012）

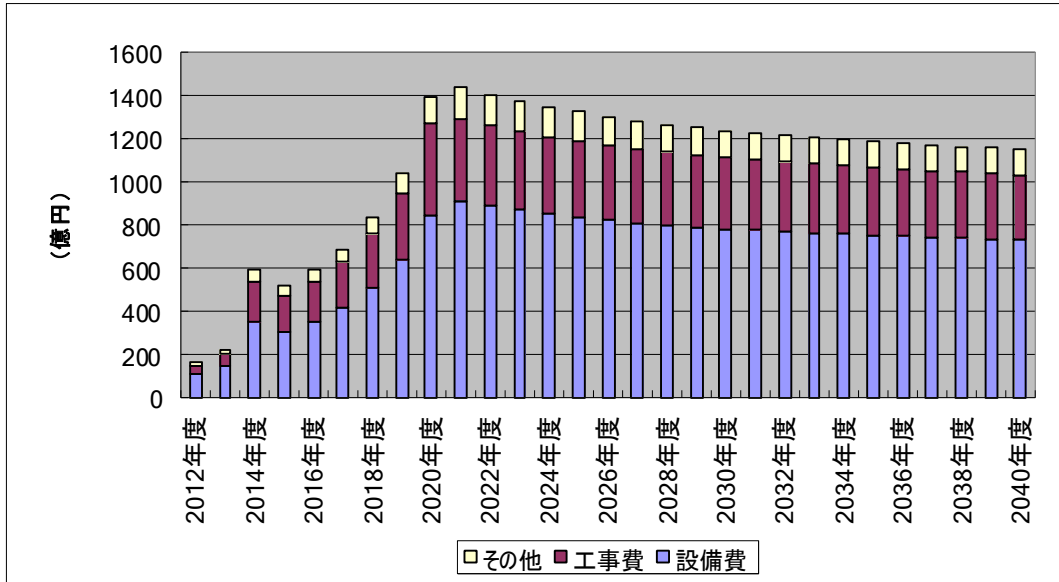
国内で製造される設備がどの程度福島県内で作られるのかは不明だが、太陽光発電、風力発電における設備費の約半数が国外に流れるという点から、初期費用に占める県内経済への影響は大きくないと考えられる。

4-2-3 設備投資における地域経済効果の低さ

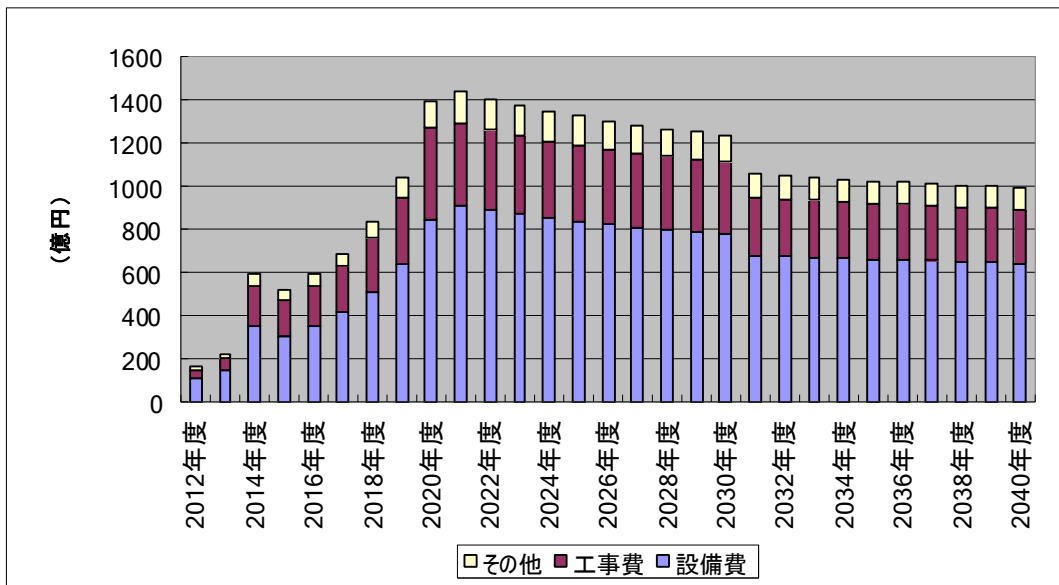
詳細な分析はモデルを用いたものに因るが、初期費用が地域経済に与える影響は小さいと結論できる。初期費用の過半は設備費として占められ、それらの設備も海外で生産されることが多い。

一方で工事費に関しては、それを県内の業者が担うことで、費用を県内に流通させることができる。そこで初期費用の推計結果を設備の構成で按分したものが次の図表である。

図表 4-10 初期費用総額の構成
シナリオA



シナリオB



注：バイオマスは費用構成が不詳のため、設備費 60%、工事費 30%、その他 10%とした。

出所：推計結果及び文科省（2013）より筆者作成

初期費用に占める工事費の割合は概ね 25%から 30%である。また、費用推計において工事費の逓減を過大推計している可能性を考えると、初期費用に占める工事費の割合はこれより

も大きいと考えられる²³。従って、初期費用の推計結果からは、工事費を中心に考えるべきとの結論を得ることが出来る。

4-2-4 運転費用の重要性

次に運転費用における考察を行う。運転費用は累積容量に比例するため、年次が進むにつれてその額も大きくなる。費用通減によって金額が低下する初期費用に対して、2040年度頃に運転費用がかなり近づくことがわかる。

ここでも初期費用同様に運転費用の構成を確認する。

図表 4-11 再生可能エネルギーにおける運転費用の構成

(%)	太陽光発電		風力発電		小水力発電	地熱発電	
	住宅用	非住宅用	陸上風力	洋上風力			
運転費用	人件費	0.00	25.80	17.88	-	31.12	20.00
	経費	10.34	5.93	10.07	-	8.09	34.00
	O&M費	73.84	42.48	72.05	-	58.09	40.00
	土地代	15.82	25.80	0.00	-	2.70	0.00
	保険費	0.00	0.00	0.00	-	0.00	6.00

出所：調達価格等算定委員会資料より筆者作成
 運転費用に関してはO&M費がその中心を成し、それに諸経費や人件費が続く形となる。こういった運転費用は概ね地域で消費されることが考えられるが、O&Mを他県の業者に委託することや、修繕に用いられる部品を県外から取り寄せることなどが考えられるため、一概にその全てが県内経済に影響するわけではない。しかしながら、発電設備と比べて県内でそれらの事業を賄える可能性が高いと考えることは妥当であり、そこから運転費用の重要性を評価できる。

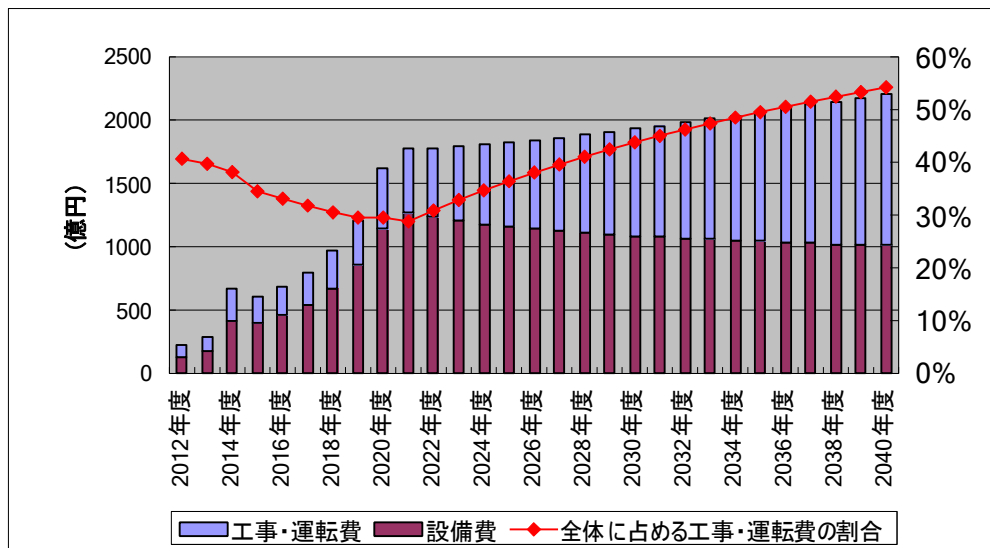
4-2-5 地域エネルギー事業者の重要性

これらの結果を踏まえると、地域経済振興という点からは、「工事」や「運転維持」をいかに地域の企業で行うことが重要である。先述の通り発電システムに関する費用は県外に流出する可能性が高い一方、工事費や運転維持費は県内で消費される比率が高い。また、推計結果から運転費用の金額も初期費用と比べて遜色ないものになることが確認された。

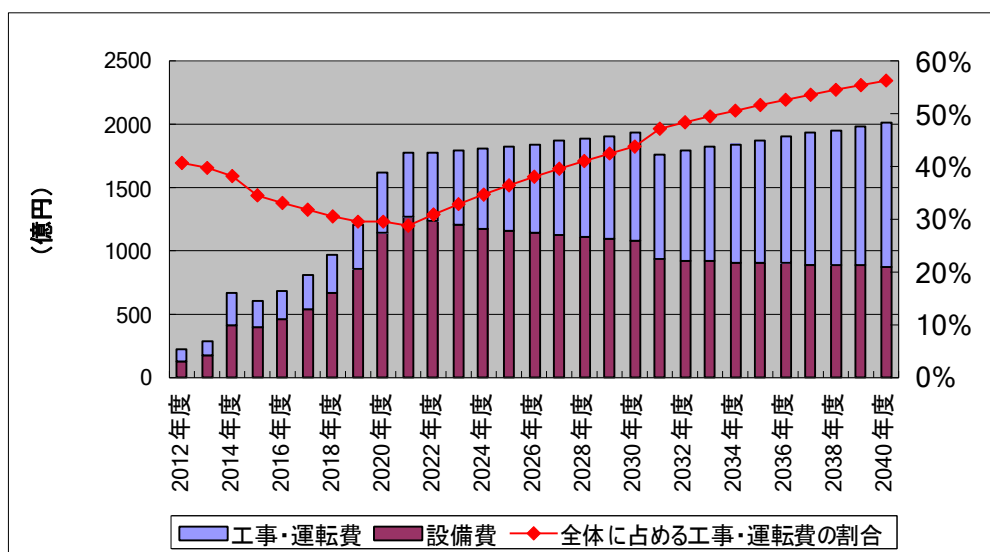
²³ 太陽光発電以外は費用推計において構成要素の分割をしていないが、太陽光発電において工事費の進歩率が最も低い値だったことを加味すると、単一の習熟率を用いた風力発電等において工事費の割合が高くなる可能性が大きい。

図表 4-12 設備費と工事・運転費の推移

シナリオ A



シナリオ B



出所：推計結果より筆者作成

上の図表は推計結果を設備費と工事・運転費に分割したものである。運転費に工事費を含めると、地域に投下し得る費用の割合が大きいとわかる。

再生可能エネルギーによって地域経済を振興する際には、それらの製造場所を地域に誘致するような形に加え、それらの運転・運用をいかに地域の企業に行わせるかが重要である。そういった点から発電設備の工事に加え、発電事業や運用を行う「地域エネルギー事

業者」を育成することが地域経済にとって重要である。一方で地域全体の経済振興を考えるには、費用以外の面も考慮に入れる必要がある。従って、次節ではこれら再生可能エネルギー発電事業による売電収入や県民に対する賦課金についての推計を行い、その上で地域への影響について議論を深める。

4-3 地域全体における資金の動き

本節では再生可能エネルギーにおいて、費用以外の資金である「売電収入」と「賦課金」について推計を行い、費用と併せて考察をする。本稿における分析対象は再生可能エネルギー導入、運用に関わる費用だが、一方で地域における資金の動きを考察するには収入や賦課金といった視点も重要である。以下では売電収入及び賦課金の推計を行った後、考察を行う。

4-3-1 売電収入の推計

現行のFIT制度では、再生可能エネルギーで発電された電力を一般電気事業者が固定価格で一定期間買い取るという仕組みになっている。従って、本稿で取り扱った再生可能エネルギー発電設備もその発電分が買い取られ、収入をもたらすことになる。そこで、ここではその売電収入の推計を行う。

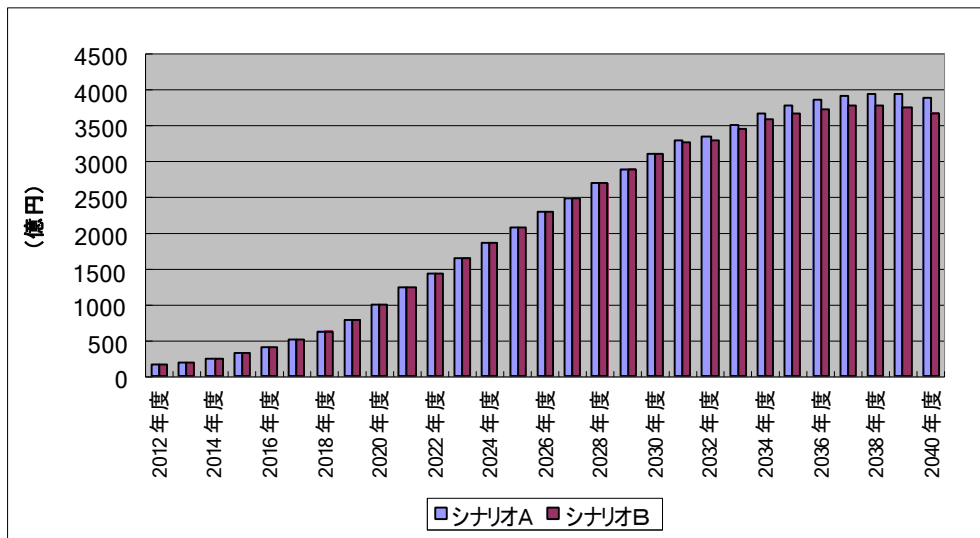
手法の手順は以下の通りである。まず導入年次毎²⁴の設備容量と設備利用率から発電量を求める。次にその発電量に買取価格を乗じて導入年次毎の買取総額を導出する²⁵。尚、買取価格は毎年調達価格等算定委員会で決定されるため、将来分については独自に設定を行う²⁶。また、買取期間は2014年度のものと同じにしている。導出した買取総額を買取期間に応じて積み上げていくことで毎年の売電収入が求められる。

²⁴ FIT買取価格は導入（認定）された年によって決まるため、導入年次に応じて発電量を区別する必要がある。

²⁵ 10kW未満の太陽光発電は余剰買取のため、発電量の一部しか買取対象とならない。従って、2013年の買取発電量と同年の導入量から求めた発電量の理論値の比率を乗じてそれを再現した。

²⁶ 買取価格は発電設備の導入費用を参考にして決定されるため、本稿で推計した初期費用に比例するとした。本来はIRRの数値が将来的に見直される可能性もあるため、この通りではない。

図表 4-13 売電収入の推計結果



出所：筆者作成

両シナリオとも 2030 年代後半をピークに収入は下降するが、最大で年 4000 億円近い収入をもたらすことは注目に値する。無論、FIT という制度自体が 2040 年まで継続する可能性は低いためあくまで参考の数値だが、推進ビジョンにある目標に従った導入を図った場合、2020 年度時点で 1000 億円以上の売電収入を県に与えることが出来る²⁷。

4-3-2 再生可能エネルギー賦課金の推計

FIT においてはその買取負担額を「再生可能エネルギー発電促進賦課金（以下、賦課金）」として電気料金に上乗せする形で回収しており、福島県民もその対象となる²⁸。従って、ここではその賦課金についても推計を行う。賦課金単価は再エネ導入量の推測から毎年経済産業大臣が決定するとされ、2014 年 5 月分の電気料金以降は使用電力 (kWh) あたり 0.75 円が金額となっている²⁹。厳密な推定は日本全国における再生可能エネルギー導入量の推計や電気使用量の推計が必要なため、本稿では環境省 (2012) において推計された賦課金単価の内、「中位・可変費のみ」に当たる 2020 年で 0.87 円/kWh、2030 年で 2.01 円/kWh を採用する³⁰。また、福島県内における消費電力量は都道府県別エネルギー消費統計の値を

²⁷ 参考までに、2013 年度の全国の実績値が 5791 億円である。推計の正確性をテストするため、実績値である 2013 年度の全国の導入容量に占める福島県の導入容量の割合と、2013 年の推計結果の値が全国の実績値に占める割合を比較した。その結果、前者が 2.46% である一方、後者は 3.40% であった。このような過大推計が生じたのは発電種の構成により買取価格も当然異なることや実績値と理論値での差異があることに加え、推計手法上、その年の導入容量は全て年始に導入される形になってしまうため過剰に発電量が算出されることなどが影響していると考えられる。

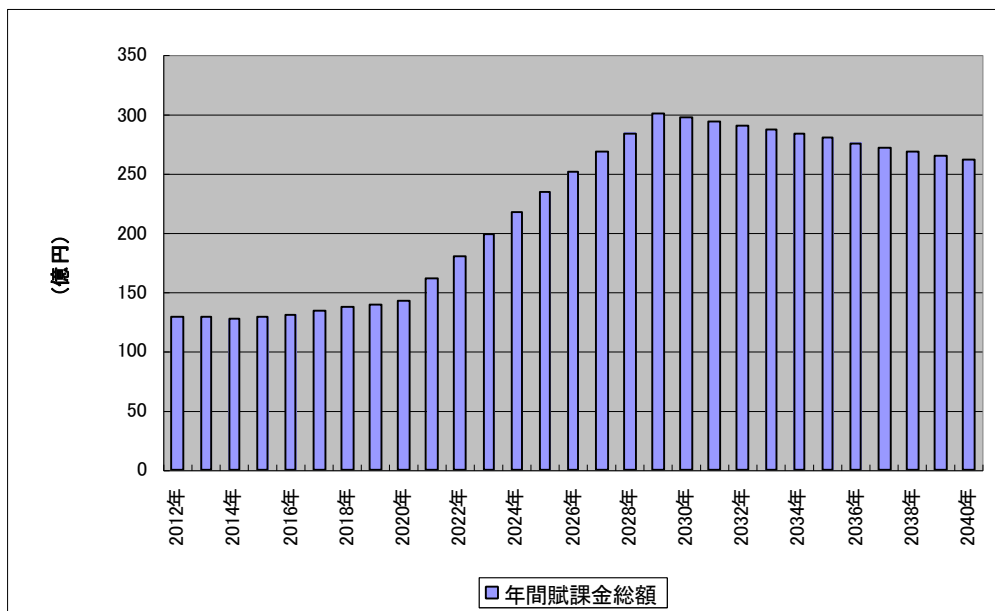
²⁸ 大量に電気を使用する事業者や東日本大震災罹災者等、一部に減免措置がある。

²⁹ 経産省 web ページ

³⁰ 2012 年から 2014 年は実績値を採用し、2015 年から 2020 年は 2014 年の値から線形で推移するとした。また 2020 年から 2030 年においても線形に推移するとし、2030 年以降は 2030 年の値を据え置いた。

使用し、将来推移については人口推移に比例するとした。

図表 4-14 福島県における再生可能エネルギー賦課金の推計結果



出所：筆者作成

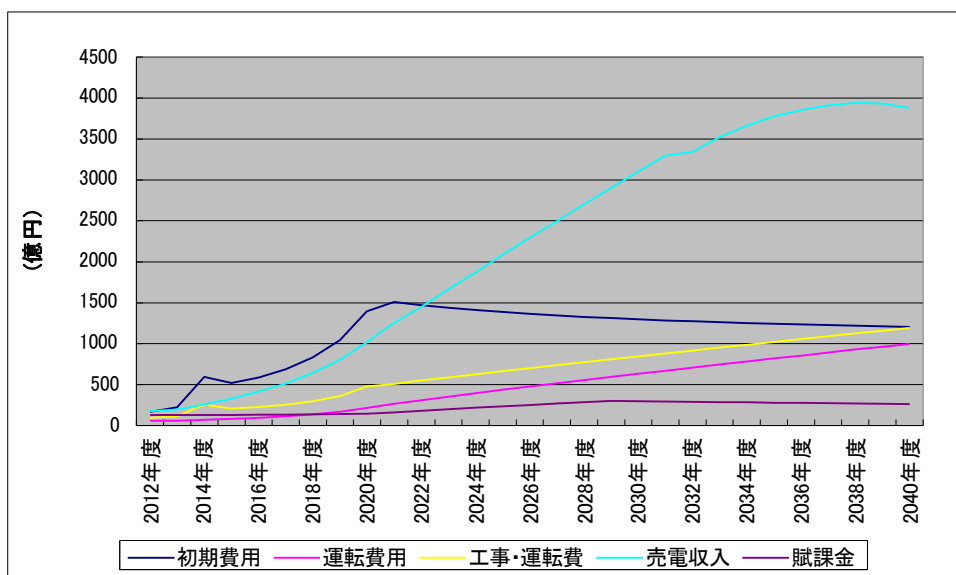
賦課金においては2029年の301億円がピークとなり、その後負担額が減少していく。この減少は人口減少による福島県の消費電力減少が原因だが、2030年以降もFITが継続していた場合、再生可能エネルギー導入量や人口減少との兼ね合いから賦課金が上昇する可能性もある³¹。

4-3-3 再生可能エネルギー関連資金全体の動き

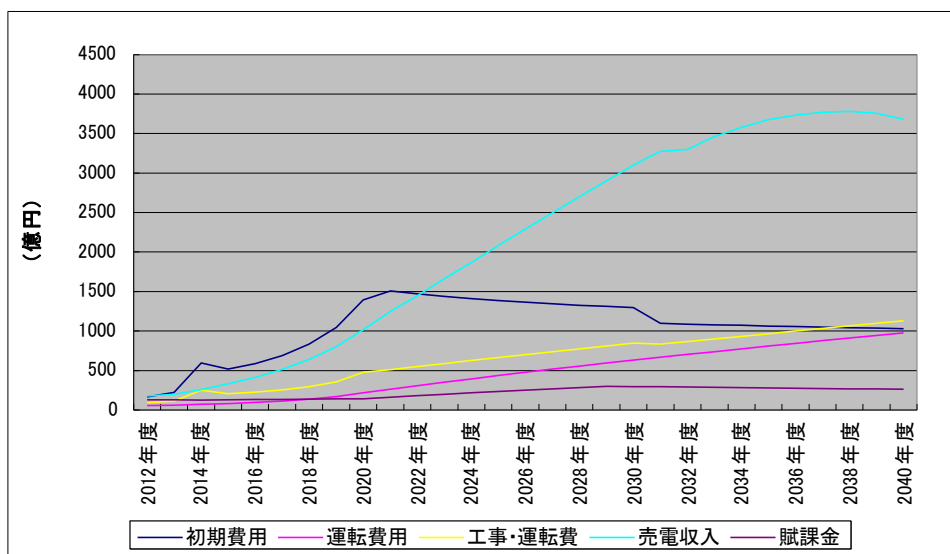
これまでの推計結果を纏めると、以下の図表の通りになる。一見して売電収入が極めて大きな値となっていることがわかる。

³¹ 本稿では2030年以降の賦課金単価を据え置いたが、これが増加した場合は消費電力量との関係もあるが、増加する可能性がある。

図表 4-15 福島県における再生可能エネルギー関連資金の推移
シナリオ A



シナリオ B



出所：筆者作成

また、2022年までは各種費用や賦課金が売電収入を上回っていることにも注意が必要である。工事・運転費が一定以上県内に投下されるとすれば、売電収入と併せて福島県経済に大きな影響を与えると考えられる。

4-4 政策的示唆

本節では本稿から得られた政策的な示唆を考察する。前節では推計結果を吟味したことで工事費用、運転費用の重要性を論じた。それを含めて福島県の再生可能エネルギー政策への示唆となるものを考察する。

4-4-1 地域エネルギー事業者の育成

本稿の推計から得た示唆は工事・運転費の重要性である。設備投資の大半が県外に流出すると想定される以上、発電設備の工事や運転をいかに県内の企業に行わせるかが、再生可能エネルギー導入における福島県経済への影響の度合いを決める。また、売電収入は大きな値を示しており、県内の資金、人材で運営される再生可能エネルギー事業者によって再生可能エネルギー事業が営まれるべきである。これらの点を総括すると、発電事業に加え、その設備工事から修繕までを行える事業者の育成に努めるべきである。福島県の再生可能エネルギー導入目標は極めて大きいため、その達成には県外企業の参入が求められる。そういった企業の設備導入に際する工事や修繕を地元の企業が担うことで、少しでも多くの資金を県内で還流することを狙うべきである。

福島県は「再生可能エネルギー関連産業集積」を施策の一つとし、風力発電に注目している。本稿でもみたように設備費用の金額は大きいため、こういった初期費用に注目した施策は一面では正しいものである。一方で日本の風力発電導入量は世界の0.8%³²であり、メーカーシェアもきわめて低い³³。こういった点からも発電設備は世界的な競争が避けられない。一方で再生可能エネルギー導入による費用を県内経済活性化に用いるには、地場のエネルギー事業者を地道に育成していくことも重要である。

推進ビジョンでは地域に資金の循環する事業作りのためにファンドの設立等を計画しているが、銀行の融資を受けやすくする支援等、ソフト面に着目した支援策が望まれる。

4-4-2 目標値の修正

本稿では福島県の定めた推進ビジョンに示された目標を所与として推計を行っている。一方で、この目標値が実情に伴っていない可能性がある。

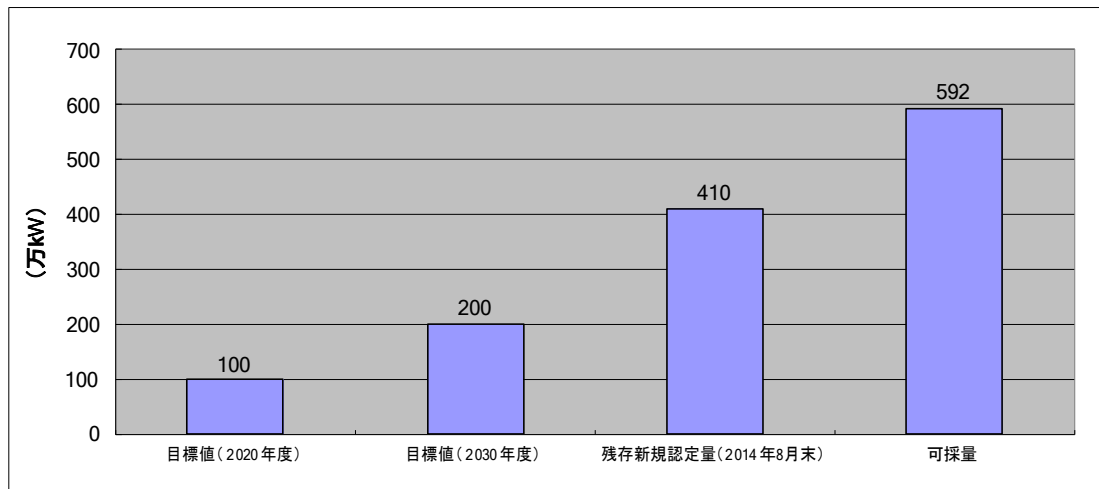
以下は太陽光発電に関して推進ビジョンに示された目標値と可採量、及びFIT認定データにおける2014年8月時点の「残存新規認定容量³⁴」の比較である。

³² GWEC (2013)、2013年末の累積導入量

³³ 経済産業省 (2012)、三菱重工業、日本製鋼所、富士重工業3社で2010年に全世界の2%

³⁴ 新規認定容量-新規導入容量

図表 4-16 太陽光発電に関する諸数値の比較



図表：推進ビジョン及びFITI 認定量より筆者作成

推進ビジョンの目標値が200万kWである一方、今後導入が計画されている認定量が400万kWである。FIT認定の全てが実際に導入されるわけではなく、また今後その認定が取り消されることも十分考えられる。しかしながら、それを差し引いても2014年段階で既に福島県の計画を大きく上回る設備が民間で計画されている。

一方で洋上風力発電に関しては逆の現象が観測される。推進ビジョンでは洋上風力に2020年で100万kW、2030年で200万kWという目標を示している。福島県は実証実験として民間企業、大学からなる福島洋上風力コンソーシアムを構成し、「福島復興・浮体式洋上ウィンドファーム実証研究事業」を推進、2015年までに16000kWの浮体式洋上風力発電を導入するものの、2014年8月段階で日本全国のFIT認定量は0である。洋上風力発電についての環境アセスメントは現状で4年程度であり、今後はそれを2年程度に改善する計画としている。工期は一律ではないものの、着底式で基礎工事から運転開始まで約1年が見込まれる³⁵。このように、洋上風力発電を導入するには少なくとも3年程度を見込む必要がある。福島県において大規模な洋上風力発電導入計画が実施されるとしても、その稼働は2010年台末であり、100万kWの達成は極めて困難であると考えられる³⁶。

以上を総合的に考量すると、洋上風力発電の目標値を太陽光発電で賄うといった計画の変更が必要である。

³⁵ NEDOによる実証実験での数値。これとは別に陸上での風車等設備設計が必要である。
<http://www.nedo.go.jp/fuusha/gaiyo.html>

³⁶ 2015年初頭段階で計画されている大規模な洋上風力発電に茨城県神栖市鹿島港沖での25万kW規模のものが存在する。これはSBエナジー株式会社と株式会社ウィンド・パワー・エナジーの出資による民間プロジェクトであるが、日本工業経済新聞（茨城版・2014年7月10日掲載）によると、これも2015年度中着工、2017年運転開始を計画している。

4-5 本稿の手法の限界と改善点

最後に、本節では本稿で採用した手法の限界点とその改善方法を考察する。本稿の推計手法は多くの仮定を含んでおり、特に導入量の推移ではいくつか大きな仮定を設定している。この点に関して指摘をすると共に、今後より一層の精緻化が必要であることを確認する。

4-5-1 目標値設定について

本稿では福島県の定めた目標値を個別発電種ごとの値に修正し、その目標値に従って導入量を推計した。そして目標値の修正の際は新規認定量の残りを今後導入される容量を表す代理変数と捉え、その値で目標値を按分した。一方で太陽光発電等の認定量はかなり偏ったものとなっており、一部の個別発電種が不当に小さくなっている可能性が否定できない。

図表 4-17 太陽光発電の認定量

(万kW)	太陽光 (住宅用)	太陽光 (非住宅用・小)	太陽光 (非住宅用・中)	太陽光 (非住宅用・大)
2014年8月末 総導入量 (新規導入量+移行導入量)	13.2	6.7	5.0	7.0
2014年8月末 新規認定量	7.2	61.0	15.7	350.1
2014年8月末 残存新規認定量 (新規認定量-新規導入量)	1.4	54.5	10.8	343.3
残存新規認定量比率 (太陽光発電全体を1とする)	0.00	0.13	0.03	0.84

出所：FIT 認定量から筆者作成

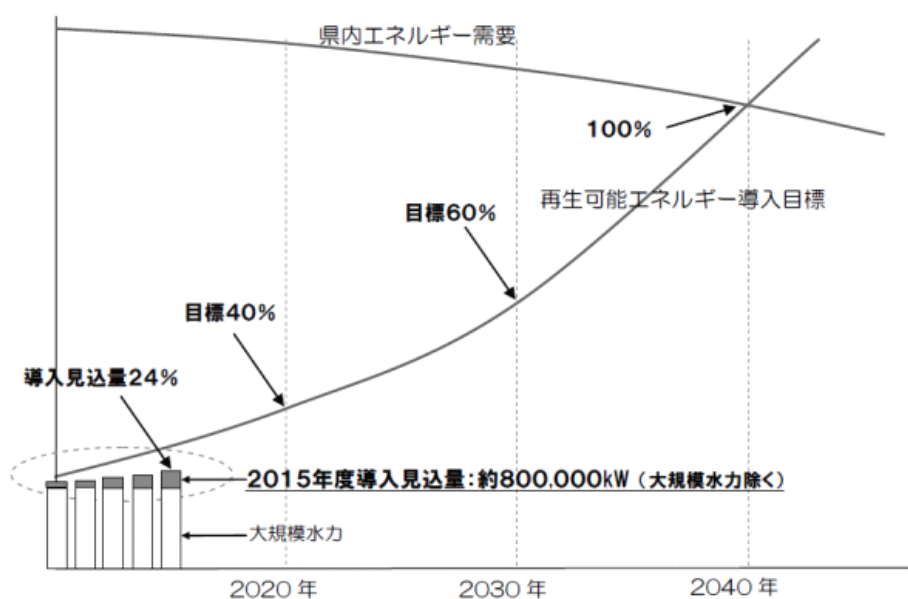
目標値の按分に関しては、他の地域（あるいは日本全体等）での導入比率で按分する方法も存在するが、再生可能エネルギーに重要な地域特性を反映できないという問題もある。新規認定量の残存分が今後の導入計画を示す数値であることは事実であるため、本稿の手法には一定の妥当性があると考えるが、より一層の精緻化の余地がある。

4-5-2 導入量の推移について

本稿における導入量の推移は「定率増加」と「定数増加」という二つの関数を外挿して推計を行った。そのため定数増加を当てはめた2021年度以降は導入ペースが毎年一定となるなど、やや無理のある仮定となっている。一方で10年毎の目標値を設定した本稿では先行して各期間の導入の全体量が決定されるため、他の変数を用いた推計が難しい。また、

買取価格の低下に従って導入ペースが鈍るのではないかとの考え方もあるが、導入ペースに関しては2040年以降も導入量の増加を県が想定している。2040年に一次エネルギーの100%相当の導入量を達成する際は若干のペース低下が観測されるが、2020年代と同様のペースでの増加の仮定は決して非現実的ではないと考えられる。

(再掲) 図表 4-18 推進ビジョンにおける長期的な目標



出所：アクションプラン

従って、本稿における導入量の推移は福島県における導入の将来像に近似しつつも、あくまでいくつかの仮定に基づいたものであるということに注意が必要である。

また、本稿では一度導入したシステムは継続してその後も使用されることになっている。これは導入したシステムの耐用限界を捉えきれないことに起因する。本来であれば導入した発電システムを一定期間後に排除し、その容量の分だけ新しい発電設備を導入すると考えられるが、厳密な期間の策定が難しかったことと、FITにおける買取期間は太陽光を抜いて概ね15～20年であり、この期間後もしばらく発電を行えるとすれば、推計に大きな影響を与えないと考えたからである。本稿ではそれを無視して推計を行っている。もし設備の交換が行われていれば、その分初期費用は増加するはずであるので、そういった点からは初期費用が過少に推計されている可能性がある。尚、先述したが、売電収入の推計の際は買取期間を厳密に適用している。

2015年度内には2016年度以降の具体的な計画を示したアクションプランが福島県から示されると考えられ、FIT認定量データの蓄積を含めて順次改善していくべきである。また、買取価格や費用逓減、県民所得等のデータを用いて県目標を考慮しない再生可能エネルギー

ギー導入推移をシミュレートし、それを本稿の推計結果と比較することで福島県に必要な政策努力を導くことも今後重要である。

おわりに

本稿では福島県の再生可能エネルギー導入計画の分析及びそれによって投下される費用の総額についての推計を行った。詳細な分析結果はモデルを用いた分析によるが、改めて地域エネルギー事業者の重要性を確認した。再生可能エネルギー事業者は地域に根付いたものであり、発電事業に加えて「工事」や「運用」といった局面における費用をいかに地域の事業者が担っていけるかが重要となる。一方で本稿の手法にはいくつかの改善点も存在し、今後はそれを精緻化してより精度の高い分析を行っていくことが必要となる。

福島県の掲げた目標は野心的であるが、それは同時に県内で育成しうる再生可能エネルギー産業の規模の大きさを表している。本稿がその中核となる地域エネルギー事業者育成の一助となれば幸いである。

参考文献

- 朝野賢司 (2010) 「太陽光発電は需要創出によりどこまでコストが下がるのか」 電力中央研究所 Y09020
- 石川良文・中村良平・松本明 (2012) 「東北地域における再生可能エネルギー導入の経済効果：地域間産業連関表による太陽光発電・風力発電導入の分析」
RIETI Policy Discussion Series 12-P-014
- 倉坂秀史 (2013) 「再生可能エネルギーの導入による地域経済効果について」
<http://homepage3.nifty.com/kurasaka/>
- 高橋伸夫 (2001) 「学習曲線の基礎」『経済学論集』第 66 巻第 4 号
- 樋谷治紀 (1999) 「学習曲線による新エネルギーコスト分析」『日本太陽エネルギー学会』
Vol25、No.5
- 三菱総合研究所 (2012) 「平成 2 3 年度中小企業支援調査 (風車発電関連産業の産業構造分析に係る調査研究) 」
- 文部科学省 科学技術・学術政策研究所科学技術動向研究センター (2013) 「拡張産業連関表による再生可能エネルギー発電施設建設の経済・環境への波及効果分析」科学技術・学術政策研究所 DISCUSSION PAPER No.96
- Nemet, Gregory(2009), "Interim monitoring of cost dynamics for public supported energy technologies", *Energy Policy* 37(2009), pp.825-835
- RAUPACH-SUMIYA, Jörg(2014), "Measuring Regional Economic Value-Added of Renewable Energy: The Case of Germany", *社会システム研究* 29(2014)
- 経済産業省資源エネルギー庁省エネルギー・新エネルギー部
新たなエネルギー産業研究会 (2012)
『エネルギー新産業創造 自動車に次ぐ巨大ビジネスが生まれる』、日経 BP 社
- 環境省 (2012) 「平成 24 年度低炭素社会づくりのためのエネルギーの低炭素化に向けた提言」
- 経済産業省 調達価格等算定委員会 第 10 回配布資料 2
- 経済産業省 調達価格等算定委員会 第 13 回配布資料 2
- 経済産業省 調達価格等算定委員会 「平成 24 年度調達価格及び調達期間に関する意見」
- 経済産業省 調達価格等算定委員会 「平成 25 年度調達価格及び調達期間に関する意見」
- 経済産業省 調達価格等算定委員会 「平成 26 年度調達価格及び調達期間に関する意見」
- 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」
- 国立社会保障・人口問題研究所 「日本の地域別将来推計人口 (平成 25 年 3 月推計)」
- 国家戦略室 コスト等検証委員会第 3 回 配布資料 3-1
- 国家戦略室 コスト等検証委員会第 3 回 配布資料 3-2
- 内閣官房 東日本大震災復興構想会議 「復興への提言 ～悲惨の中の希望～」

福島県「福島県復興計画」

福島県「福島県再生可能エネルギー推進ビジョン（改訂版）」

福島県「再生可能エネルギー先駆けの地アクションプラン」

福島県「第128回福島県統計年鑑2014」

EPIA（2011）「EPIA, Solar Generation 6,」

GWEC（2013）「GLOBAL WIND ENERGY OUTLOOK 2013」

GWEC（2014）「GLOBAL WIND ENERGY OUTLOOK 2014」

固定価格買取制度情報公開用ウェブサイト

http://www.fit.go.jp/statistics/public_sp.html（2015年3月9日最終閲覧）

独立行政法人新エネルギー産業技術総合開発機構ウェブページ

<http://www.nedo.go.jp/library/fuuryoku/state/1-03.html>（2015年3月9日最終閲覧）

<http://www.nedo.go.jp/fuusha/gaiyo.htm>（2015年3月9日最終閲覧）

日本工業経済新聞茨城版（2014年7月10日）「ウィンド・パワーの鹿島港洋上風力発電はS B出資で15年度着工」

↓

*以下、各都道府県エネルギー計画

北海道「新エネルギー導入拡大に向けた基本方針」

http://www.pref.hokkaido.lg.jp/kz/kke/basic_process.htm

青森県「青森県エネルギー産業振興戦略ロードマップ」

<http://www.pref.aomori.lg.jp/sangyo/energy/strategy.html>

岩手県「岩手県地球温暖化対策実行計画」

<http://www.pref.iwate.jp/kankyou/seisaku/ondanka/002954.html>

宮城県「自然エネルギー等の導入促進及び省エネルギーの促進に関する基本的な計画」

<http://www.pref.miyagi.jp/soshiki/saisei/masterplan-nreandec.html>

秋田県「秋田県新エネルギー導入ビジョン」

<http://www.pref.akita.lg.jp/www/contents/1349758314407/index.html>

山形県「山形県エネルギー戦略」

<http://www.pref.yamagata.jp/kurashi/kankyo/plan/6050016yamagataprefenergyplan.html>

茨城県「いばらきエネルギー戦略」

http://www.pref.ibaraki.jp/kikaku/kagaku/senryaku/energy_plan.html

栃木県「とちぎエネルギー戦略」

<http://www.pref.tochigi.lg.jp/d01/25energy-chikyuondanka-pabukome.html>

群馬県「群馬県地域新エネルギー詳細ビジョン」

<http://www.pref.gunma.jp/04/b0100089.html>

埼玉県「埼玉県再生可能エネルギー導入ビジョン」

<http://www.pref.saitama.lg.jp/a0501/energy-houkoku/index.html>

千葉県「エネルギーフロントランナーちば推進戦略」
<http://www.pref.chiba.lg.jp/sanshin/front-runner/index.html>

東京都「東京都再生可能エネルギー戦略」
https://www.kankyo.metro.tokyo.jp/energy/renewable_energy/strategy.html

神奈川県「かながわスマートエネルギー計画」
<http://www.pref.kanagawa.jp/cnt/f491087/>

山梨県「やまなしエネルギー地産地消推進戦略～「エネルギーの地産地消」実現に向けたロードマップ～」
<http://www.pref.yamanashi.jp/energy-seisaku/chisanchishou.html>

長野県「長野県環境エネルギー戦略」
<http://www.pref.nagano.lg.jp/ontai/kurashi/ondanka/shisaku/senryaku.html>

富山県「富山県再生可能エネルギービジョン」
http://www.pref.toyama.jp/cms_sec/1301/kj00014322.html

石川県「石川県再生可能エネルギー推進計画」
<http://www.pref.ishikawa.lg.jp/kikaku/energy/keikaku/keikakutop.html>

岐阜県「岐阜県新エネルギービジョン」
<http://www.pref.gifu.lg.jp/sangyo-koyo/kigyo-ritchi-shien/chusho-kigyo-shien/shinene-shinsangyo/keikaku-vision-minaoshi-H2208.html>

静岡県「ふじのくに新エネルギー等導入倍増プラン」
<http://www.pref.shizuoka.jp/kikaku/ki-260/energy.html>

三重県「三重県新エネルギービジョン」
<http://www.pref.mie.lg.jp/ENERGY/hp/energy/>

滋賀県「滋賀県再生可能エネルギー振興戦略プラン」
http://www.pref.shiga.lg.jp/f/eneshin/20140107_saienenituite.html

京都府「京都エコ・エネルギー戦略」
<http://www.pref.kyoto.jp/energy/ekoenekaigi.html>

大阪府「大阪府市エネルギー戦略」
<http://www.pref.osaka.lg.jp/kannosomu/enekaigi/teigen.html>

兵庫県「兵庫県地球温暖化対策方針」
http://web.pref.hyogo.lg.jp/nk24/3rd_plan_tikyuuondanka.html

奈良県「奈良県エネルギービジョン」
<http://www.pref.nara.jp/31616.htm>

島根県「島根県地域新エネルギー導入促進計画」
http://www.pref.shimane.lg.jp/environment/energy/energy/chiki_taisaku/sinenekeikaku/sinenekaitai.html

岡山県「おかやま新エネルギービジョン」
<http://www.pref.okayama.jp/page/detail-98424.html>

広島県「広島県地球温暖化防止地域計画」
<https://www.pref.hiroshima.lg.jp/site/eco/b-b12-plan22-keikaku.html>

山口県「山口県再生可能エネルギー推進指針」
<http://www.pref.yamaguchi.lg.jp/cms/a15500/renewable-energy/shishin.html>

徳島県「自然エネルギーとくしま推進戦略」
<http://www.pref.tokushima.jp/docs/2012041700434/>

高知県「高知県新エネルギービジョン」
<http://www.pref.kochi.lg.jp/soshiki/030901/h25shinene-vision.html>

佐賀県「佐賀県新エネルギー戦略的行動計画」
<https://www.pref.saga.lg.jp/web/library/at-contents/kankyo/energy/torikumi/pdf/p-10.pdf>

長崎県「長崎県再生可能エネルギー導入促進ビジョン」
<https://www.pref.nagasaki.jp/bunrui/kurashi-kankyo/kankyohozen-ondankataisaku/saiseiene/saiseidounyu/121417.html>

熊本県「熊本県総合エネルギー計画」
<https://www.pref.kumamoto.jp/soshiki/157/sougouenerugiikeikaku.html>

大分県「大分県新エネルギービジョン」
<http://www.pref.oita.jp/soshiki/14200/sinene-kaitei.html>

宮崎県「宮崎県新エネルギービジョン」
<http://www.pref.miyazaki.lg.jp/contents/org/kankyo/shinrin/biomass/page00228.html>

鹿児島県「鹿児島県再生可能エネルギー導入ビジョン」
<http://www.pref.kagoshima.jp/ac10/kurashi-kankyo/kankyo/ondanka/bijyon/ontaishinene.html>

沖縄県「沖縄県エネルギービジョン・アクションプラン」
<http://www.pref.okinawa.jp/site/shoko/seisaku/kiban/h22enerugibijonkouhyou.html>