

原子力発電廃止に伴う日本のエネルギー政策と温暖化対策の可能性

坂元, 洋一郎
九州大学大学院経済学府 : 博士後期課程単位取得退学

<https://doi.org/10.15017/1498369>

出版情報 : 経済論究. 150, pp.15-24, 2014-12-19. 九州大学大学院経済学会
バージョン :
権利関係 :

原子力発電廃止に伴う日本のエネルギー政策と温暖化対策の可能性

The Possibility between Japanese Energy and Global warming Policies without Nuclear Energy

坂 元 洋 一 郎[†]
Yoichiro Sakamoto

目次

1. はじめに
2. Remind
 - 2.1 Replaceモデル
 - 2.2 制約条件, シミュレーション
 - 2.3 結論
3. リプレース可能性
 - 3.1 リプレース期間
 - 3.2 設備利用率
 - 3.3 経過年月
4. 再生可能エネルギーの可能性
 - 4.1 導入見込量
 - 4.2 推計方法
 - 4.3 発電電力量
 - 4.4 シミュレーション
 - 4.5 結論

1. はじめに

2014年2月、60年ぶりに大雪となった東京では、前知事失職に伴う東京都知事選挙が行われた。今回、原子力発電所の是非が焦点となった。小泉元総理から推薦を受けた細川元総理は原発の即時全廃を掲げ、田母神元航空幕僚長は原発の再稼働を訴えた。また、舛添元厚生労働大臣は脱原発を主張しているものの即時ではなく中長期的に全廃すると主張した。東京都民が支持したのは舛添氏であった。

日本では、2011年に発生した東日本大震災により、福島第1原子力発電所の事故が起これ、原子力発電の安全神話は崩れ、それ以降、原子力発電に頼らない電力供給が求められるようになってきた。十分理解出来ることだが、果たして原子力発電の利用を全部廃止しても、日本国内の電力供給と環境政策である地球温暖化対策としてのCO₂排出量削減が本当に満たされるのであろうか。日本では、その解決手段として原子力発電に頼ってきたのである。そこで、原子力発電を停止させた場合、日本の電力供給と環境政策である地球温暖化対策としてのCO₂排出量削減は、両方ともに遵守することが出来るかどうかを経済的観点で分析する。

[†] 九州大学大学院経済学府博士後期課程単位取得退学

2. Remind

坂元洋一郎 (2013) の概要をおさらいすることとする。

2.1 Replaceモデル

これまで、先行研究である東 (2011) にならってReplaceモデルと呼ばれる条件付き最適化モデルを利用してきた。Replaceモデルとは、既存発電所の設備更新を考慮し、生産量制約と排出量制約の下で、資本コストを含めた発電コストの最小化を達成するように、各発電所の燃焼区分、容量、発電量を決定する最適化モデルである。具体的な数式については、先行研究東 (2011) を参照されたい。

2.2 制約条件, シミュレーション

これまでに、制約条件として次の4つの条件を設定した。

制約1) 供給義務量制約

各電力会社は2009年実績の電力供給義務量 ($710,410 \times 10^6 \text{kW}$) を過不足なく生産する。

制約1') 供給義務量制約

各電力会社は2009年実績の29%を節電した場合の電力供給義務量 ($507,118 \times 10^6 \text{kW}$) を過不足なく生産する。

制約1'') 供給義務量制約

各電力会社は2009年実績の10%を節電した場合の電力供給義務量 ($639,369 \times 10^6 \text{kW}$) を過不足なく生産する。

制約2) CO₂排出量制約

CO₂排出量を京都議定書の目標と同じく1990年比6%減少させる。

これらの制約時における全原子力発電を停止させた場合について、それぞれシミュレーションした。

2.3 結論

2012年(震災直後)の夏の実績を考えると、各電力会社が「供給義務量制約」だけ満たすのであれば、日本国内の全原子力発電を停止させたとしても、火力発電によって代替することで電力供給することが可能であった。一方、CO₂排出量は京都議定書の目標の約1.9倍に跳ね上がる。現状では、この2つの制約を満たすためには、日本国内の全ての火力発電所で石炭と石油発電を最も熱効率の良いLNG発電へ転換しつつ、なおかつ、節電を29%にしなければならないが、この29%の節電は現実的に不可能である。すなわち、「CO₂排出量制約」を同時に満たすには、原子力発電から火力発電への代替だけでは不可能であり、この不足分を補うために再生可能エネルギーの導入が不可避となる。この代替エネルギーとしての再生可能エネルギーが、日本における今後のエネルギー政策や環境政策に重要となってくる。

ここで、考えられる今後の研究課題として、

- (1) 電力供給を維持しながら全ての火力発電所をLNGへリプレースすることが出来るか？
- (2) 不足する電力量を再生可能エネルギーで補うことが出来るのか？

が出て来たのである。今回、これらについて研究したものである。

3. リプレース可能性

(1) の課題について、リプレース期間、設備利用率、経過年月に分けて、過去のデータを調査し、シミュレーションを行うことにより、既存火力発電所のLNGへのリプレース可能性を検証する。

3.1 リプレース期間

これまでに火力発電所の設備更新時において、燃焼区分がLNGへリプレースした事例を調べたものが表3.1である。これまでの実績をみても、工事期間は、設置場所や工事費用などにより様々であるが、今回単純化のために工事期間は各ユニット出力と工事期間に影響するものとし、この2つの要因による加重平均をとるものとする。そうすると工事期間は3.1年となり、京都議定書の目標期限である2020年を考えると、LNGへのリプレース工事は2回出来ることになる。

表3.1 リプレース実績

発電所名	旧ユニット	出力 (MW)	運転開始 年月	工事着手 年月	運転開始 年月	工事期間
新大分	1号系列	2,295		H21.7	H24.10	3年3ヵ月
磯子火力	1・2号機	1,200	S45頃	H10	H14	4年
和歌山共同	1・2号機	378	S42頃	H24.6	H26.12	2年6ヵ月
仙台火力	1・2・3号機	446	S34~37	H19.11	H22.7	2年8ヵ月
富山新港火力	石炭1号機	400	S46	H27	H30	3年
坂出	2号機	280		H26	H28	2年
八戸火力	5号機	416		H25.10	H27.7	1年9ヵ月
					平均期間	3.1年

出典：各発電所のHP

3.2 設備利用率

次に、表3.2より、LNGの設備利用率は、最も高いもので中国電力の68.4%であり、最も低いもので東北電力の42.0%とかなりの乖離があることがわかる。そこで、理論上設備利用率が100%となった場合をシミュレーションする。ここで、発電量は設備利用率に比例するものとする。この場合、発電量は823,101 (10⁶kW) となり、制約1) 供給義務量制約で必要とされる総発電電力量710,410 (10⁶kW) を大きく上回ることになる。ただし、設備利用率を100%と考えることは、あくまでも理論上のことであり、現実的な数字ではない。そこで、制約1) を満たす設備利用率はいくらになるかをシミュレー

シヨンした。設備利用率が86.3%で制約1)を満たすことがわかる。よって、既存のLNG火力発電所だけでも設備利用率を86.3%以上にすれば、発電量が制約1)供給義務量制約を満たすことが可能であることがわかる。

表3.2 設備利用率シミュレーション

電力会社	燃焼区分	発電量 (10 ⁶ kW)	設備利用率 (実績)	発電量 (10 ⁶ kW)	設備利用率 (100%)	発電量 (10 ⁶ kW)	設備利用率 (86.3%)
北海道	石炭		66.0		66.0		66.0
	石油		13.2		13.2		13.2
	LNG						
東北	石炭		80.7		80.7		80.7
	石油		8.5		8.5		8.5
	LNG	29,630	42.0	70,547	100.0	60,882	86.3
東京	石炭		79.4		79.4		79.4
	石油		19.6		19.6		19.6
	LNG	196,529	58.6	335,375	100.0	289,428	86.3
中部	石炭		76.3		76.3		76.3
	石油		2.5		2.5		2.5
	LNG	73,489	49.4	148,763	100.0	128,383	86.3
北陸	石炭		59.6		59.6		59.6
	石油		6.8		6.8		6.8
	LNG						
関西	石炭		57.9		57.9		57.9
	石油		8.5		8.5		8.5
	LNG	80,612	48.2	167,245	100.0	144,332	86.3
中国	石炭		71.0		71.0		71.0
	石油		17.6		17.6		17.6
	LNG	15,646	68.4	22,875	100.0	19,741	86.3
四国	石炭		75.0		75.0		75.0
	石油		15.7		15.7		15.7
	LNG						
九州	石炭		76.5		76.5		76.5
	石油		2.2		2.2		2.2
	LNG	34,294	43.8	78,296	100.0	67,644	86.3
	石炭	0		0		0	
	石油	0		0		0	
	LNG	430,200		823,101		710,410	
	合計	430,200		823,101		710,410	

出典：『電力需給の概要』（2010年）

3.3 経過年月

ここで、火力発電所の各ユニットごとに経過年月を調べ表3.3.1にまとめた。期間「1971年～」においてユニット設置総合計が56ユニット（中でも石油が34ユニット）と最も多い。原子力は、1960年代後半より設置が始まり、1990年までのそれぞれの期間に10ユニット程度設置され原子力発電の基盤が出来た。LNGは他の燃焼区分に比べコンスタントに設置されてきた。期間「2001年～」、「2006年～」は3ユニットと少ないが、最近では、他の発電に比べ熱効率が最も良いことから増えつつある。石油は1980年代までは火力発電の中心となっていた。特に、期間「1971年～」においては、34ユニットと最も多い。しかしながら、オイルショックにより石油利用が見直され、石油火力発電所の新規設置はしないとの方針が打ち出され、期間「1996年～」の1ユニット（北海道電力知内石油火力発電所2号機）を最後に新規設置は行われなくなった。石炭は、熱効率は他の燃焼区分に比べ最も悪いものの、燃料費が最も安いことから3、4ユニット前後でコンスタントに推移していたが、ここ最近、熱効率も改善され見直しされつつある。

表3.3.1 燃焼区分別経過年月一覧表

期間	1961～	1966～	1971～	1976～	1981～	1986～	1991～	1996～	2001～	2006～
石炭	3	4	2	2	2	2	6	7	5	0
石油	4	12	34	15	12	6	1	1	0	0
LNG	14	13	13	9	5	7	7	10	3	3
原子力		1	7	9	10	7	10	3	6	1
総合計	21	30	56	35	29	22	24	21	14	4

出典：各電力会社の有価証券報告書（2011年度）

一般的に、リプレースの経年は30～50年と言われている。そこで、50年超はリプレースが必要とする。京都議定書の目標期限である2020年を考えると、1970年以前のもものが該当することになる。すなわち、期間「1961年～」と「1966年～」の27ユニットが該当することとなる。この期間に設置されたLNG火力発電所を抜粋したものが表3.3.2である。

LNG火力発電所は、現在、日本国内に85ユニットあり総出力は59,490MWである。そのうち、京都議定書の目標期限である2020年に経年が50年超となるものが、27ユニット、総出力9,614MWとなる。3.1リプレース期間より、2020年期間までに工事は2回可能であることから、期間「1961年～」に該当するLNG火力発電所のリプレース工事を第1期（工事A）、「1966年～」を第2期（工事B）とする。工事A、工事Bに該当するLNG火力発電所の総出力は、4,015MW、5,599MWである。ここで、3.2設備利用率より、制約1）供給義務量制約の発電量710,410(10⁶kWh)を満たすLNGの設備利用率は86.3%であり、理論上13.7%は利用可能である。LNG火力発電所の総出力が59,490MWであることから、8,150MWが利用可能となり、工事A、工事Bに該当するLNG火力発電所の総出力はこの範囲内である。よって、制約1）を満たしながら、この経年LNG火力発電所をリプレースすることは可能である。

表3.3.2 リブレースLNG火力発電所一覧

発電所名	ユニット	出力 (MW)	運転開始 年月	1961～ S 36～	1966～ S 41～
横浜	5号機	175	S 39.3	LNG	
五井	1号機	265	S 38.6	LNG	
	2号機	265	S 39.8	LNG	
	3号機	265	S 40.7	LNG	
四日市	1号機	220	S 38.6	LNG	
	2号機	220	S 38.7	LNG	
	3号機	220	S 38.9	LNG	
堺港	1号機	400	S 21.4	LNG	
	2号機	400	S 21.7	LNG	
	3号機	400	S 21.10	LNG	
姫路第二	1号機	250	S 38.10	LNG	
	2号機	325	S 39.10	LNG	
	3号機	325	S 40.2	LNG	
	1号機	285	S 36.11	LNG	
新潟	4号機	250	S 44.8		LNG
	6号機	350	S 43.6		LNG
	4号機	265	S 41.1		LNG
	5号機	350	S 43.1		LNG
	6号機	476	S 43.3		LNG
姉崎	1号機	600	S 42.12		LNG
	2号機	600	S 44.11		LNG
南横浜	1号機	350	S 45.5		LNG
	2号機	350	S 45.4		LNG
知多	1号機	529	S 41.2		LNG
	2号機	529	S 42.1		LNG
	3号機	500	S 43.3		LNG
	4号機	450	S 43.3		LNG
合計	27ユニット	9,614	内訳	4,015	5,599

出典：各電力会社の有価証券報告書（2011年度）

4. 再生可能エネルギーの可能性

次に、(2)の課題について、再生可能エネルギーの可能性を調査し、原子力発電を全廃止した場合の不足する電力量を再生可能エネルギーが賄うことが出来るかを検証する。

4.1 導入見込量

再生可能エネルギーの導入見込量の考え方を示す。

- (1) まず、「再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査」(環境省, 2009)等の結果を用いて, 各種類ごとの再生可能エネルギーの導入ポテンシャルを整理する。ここで, 導入ポテンシャルとは, エネルギーの採取・利用に関する種々の制約要因による設置の可否を考慮したエネルギー資源量のこと。
- (2) 次に, 再生可能エネルギーの導入コストは, 地理的な条件などによって導入地点ごとに異なるため, 導入ポテンシャル全体における導入地点ごとの単価を推計する作業等により算出する。
- (3) 導入ポテンシャルを考慮しつつ「地球温暖化対策に係る中長期ロードマップ全体検討会」(環境省, 2009)で提示されたAIM日本技術モデルの導入目標を導入見込量とする。

4.2 推計方法

各種類ごとの再生可能エネルギーの導入見込量の推計は, それぞれ低位, 中位, 高位の3ケースを想定するが, 詳細については、「再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査」(環境省, 2009年)を参照されたい。

4.3 発電電力量

低炭素社会構築に向けた再生可能エネルギー普及拡大方策等検討会による「低炭素づくりのためのエネルギーの低炭素化に向けた提言 (2050年再生可能エネルギー等分散型エネルギー普及可能性検証検討)」から抜粋したもの。

4.4 シミュレーション

将来, 再生可能エネルギーに期待する発電電力量は, 2.3結論より, 1,322(億kWh)であり, 表4.3より直近年で1,009(億kWh)を発電していることから, その分を上乗せした2,331(億kWh)となる。そこで, この再生可能エネルギーに期待される発電電力量がいつ達成されるかを低位, 中位, 高位のそれぞれのケースでシミュレーションする。

表4.4.1より京都議定書での目標とした2020年では, 再生可能エネルギーに期待される発電電力量2,331(億kWh)を賄うことが出来ない。どんなに早くとも, 2024年以降でなければ, 期待される発電電力量を賄うことは出来ない。ここで, 次のような制約条件を考える。

制約1”) 電力供給義務量制約

各電力会社は, 2009年実績の17.2%を節電した場合の電力供給義務量(587,869×10⁶kWh)を過不足なく生産する。

各電力会社が, 原子力発電を全停止させて制約1”), 2)を同時に満たすことが出来るかどうかについて考える。

表4.4.1より再生可能エネルギーの発電電力量は, 高位ケースの場合でも1,817(億kWh)であり,

表4.3 再生可能エネルギーの発電電力量

発電電力量 (億kWh)	直近年	2020年			2030年			2050年		
		低位	中位	高位	低位	中位	高位	低位	中位	高位
太陽光発電 (住宅)	29	138	138	138	254	254	254	763	878	994
〃 (非住宅等)	6	154	154	223	181	445	650	1,358	1,566	1,680
太陽光発電【小計】	35	293	293	362	435	700	905	2,121	2,444	2,674
風力発電 (陸上)	42	131	187	193	284	380	415	315	473	613
〃 (着床)	1	1	8	11	63	79	84	118	171	210
〃 (浮体)	0	0	3	3	71	108	147	197	434	710
風力発電【小計】	43	132	198	206	418	567	646	631	1,077	1,533
大規模水力	235	244	244	244	244	244	244	244	244	244
中小水力発電	464	491	539	586	517	613	708	570	761	952
地熱発電	32	49	49	49	122	128	136	456	456	496
バイオマス発電	199	234	302	370	234	312	390	234	332	431
海洋エネルギー発電	0	0	0	0	54	79	142	201	327	577
その他発電【小計】	930	1,018	1,134	1,249	1,171	1,376	1,620	1,705	2,120	2,700
【合計】	1,009	1,442	1,624	1,817	2,025	2,642	3,171	4,456	5,641	6,908

※直近年は、太陽光発電、風力発電、地熱発電は2010年、大規模水力、中小水力は2009年、太陽熱利用は2007年、バイオマス発電・熱利用は2005年。

表4.4.1 ケースごとの再生可能エネルギーの発電電力量

発電電力量 (億kWh)	2020年	2024年	2027年	2030年	2031年	2050年
低位ケース	1,442			2,025	2,332	4,456
中位ケース	1,624		2,332	2,642		5,641
高位ケース	1,817	2,332		3,171		6,908

表4.4.2 高位ケースでの発電量達成率

(10 ⁶ kW)	総発電量		総発電量	達成率
LNG	507,118		507,118	
再生エネ	132,251	△51,500 ⇔	80,751	
合計	639,369		587,869	82.8%

期待される発電電力量2,331 (億kWh) には、515 (億kWh) 不足することになることから、再生可能エネルギーの発電電力量は80,751 (10⁶kW) となる。それは、制約1) 電力供給量制約の710,410 (10⁶kW) の達成率82.8%であり、節電を17.2%行うという制約1') となる。よって、節電が17.2%であれば、制約1') と制約2) を満たすことが可能である。しかしながら、これまでも述べてきたが、節電の17.2%は非現実的な数字である。

4.5 結論

われわれ国民は、何不自由なく電力を使うことが出来る権利がある。一方、日本は、環境政策である地球温暖化対策としてCO₂排出量削減をしなければならない責務も負っている。これまで、日本は、この両者を解決するために、原子力発電に頼ってきた。しかしながら、2011年に発生した東日本大震災により、福島第1原子力発電所の事故が起こり、原子力発電の安全神話は崩れ、日本では、それ以降、原子力発電に頼らない電力供給が求められるようになってきた。今ある原子力発電を全部廃止しても、日本国内の電力供給と環境政策である地球温暖化対策としてのCO₂排出量削減が同時に満たされるのであれば何も問題ないが、そういうわけにはいかないことは明らかだ。そこで、原子力発電を停止させた場合、日本の電力供給と環境政策である地球温暖化対策としてのCO₂排出量削減は、両方ともに遵守することが出来るのかどうかを経済的観点で分析し、研究を行ってきた。その中で出てきた2つの課題について今回検証を行ったものである。1つ目の課題については、第3章より、今あるLNG発電所だけで設備利用率を86.3%以上にすれば、発電量が制約1) 供給義務量制約の710,410(10⁶kW) を満たすことが可能であった。よって、石炭、石油発電所をLNGへリプレースすることは可能であることがわかった。しかしながら、今あるLNG火力発電所の中にも2020年にリプレースが必要となる50年超となる経年火力発電所が27ユニットある。これについては、工事Aと工事Bの2つに分け、設置工事を行うこととすると、理論上設備の未利用率13.7%内で代替可能であることから、LNG発電所の経年発電所もリプレース可能であることがわかる。つまり、1つ目の課題については、可能であることがわかる。2つ目の課題については、第4章において、再生可能エネルギーは、今現在の技術では、どんなに早くとも、2024年以降でなければ、期待される発電電力量を賄うことは出来ず、2020年には達成出来ない。そのため、CO₂排出量制約を満たすためには、非現実的な17.2%の節電が強いられることになる。そこで、これからの日本において求められるCO₂排出量制約を遵守するためには、政府が再生可能エネルギーを今まで以上にバックアップするような政策を打っていく必要とそれでも賄えなければ排出権取引制度の導入などによるCO₂排出量制約の緩和策の導入が必要である。また、それ以上に非現実的な節電が強いられるかも知れないという国民の痛みが生ずることを理解してもらう必要がある。

これらの分析は、あくまでも経済的観点による理論上の分析である。坂元洋一郎(2013)において、今後の研究課題として挙げたこれらの2つの課題も、そうしたところに起因する課題であるが、課題解決することにより研究の確実性が少しでも高まるものとする。今後も、少なからず研究課題が出てくると思うが、1つ1つ課題を解決し、研究の確実性が少しでも高まるよう続けていきたい。

参 考 文 献

- 東愛子 (2011) 「原子力依存度の低下がCO₂排出削減目標の達成に与える影響—福島原子力発電所事故後のエネルギー政策の再考—」科学研究費補助金・特定領域研究『持続可能な発展の重層的環境ガバナンス』ディスカッションペーパー No.J11-02
- 経済産業省資源エネルギー電力・ガス事業部編 (2010) 『電力需給の概要』昭和36年度～平成22年度
各電力会社の火力発電所紹介
各電力会社の有価証券報告書 2011年度
- 環境エネルギー政策研究所「永続地帯報告書2012年版」(千葉大学倉阪研究室, 環境エネルギー政策研究所)
- 環境省「温室効果ガス排出量算定に関する検討結果 総括報告書」(平成14年8月), 温室効果ガス排出量算定方法検討会
- 環境省「再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査」(2009年)
- 環境省「再生可能エネルギーに関するゾーニング基礎情報整備報告書」(2010年)
- 環境省「低炭素づくりのためのエネルギーの低炭素化に向けた提言」(低炭素社会構築に向けた再生可能エネルギー普及
拡大方策等検討会)
- 九州電力 需給検証委員会資料「今夏の需給実績について」, <http://www.kyuden.co.jp/library/pdf/press/2012/h121012-4>.
- 経済産業省 (2011) 『エネルギー白書2011』新高速印刷株式会社
- 坂元洋一郎 (2013) 「原子力発電がもたらす日本経済への影響」(九州大学「経済論究」第147号)
- 坂元洋一郎 (2014) 「原子力発電廃止に伴う火力発電のリプレース可能性」(九州大学「経済論究」第148号)
- 高橋毅 (編著) (2012) 「進化する火力発電」