

研究指導 石光 真 教授

# 原子力発電のリスクとコストの数値による比較

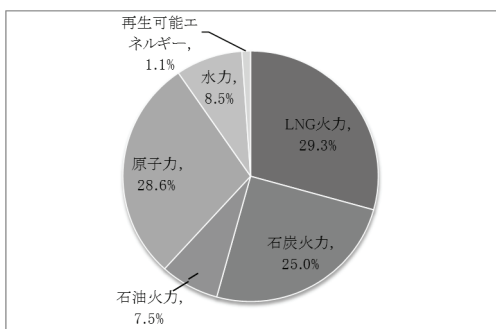
大嶋和樹

## 1.はじめに

2011年3月11日、東日本大震災の発生により、福島第一原子力発電所は大きな損害を受けた。それにより「反原発」や「脱原発」という言葉も頻繁に使われるようになった。原発0をマニフェストに掲げる政党もある。

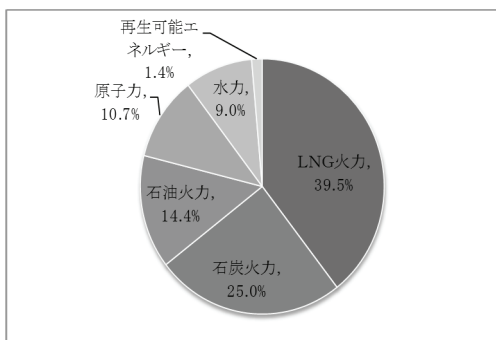
しかし、事故が発生する以前、原子力発電は次世代を担うエネルギーとして日本の発電の約3割を占めていた。そんな原発を停止していることの影響は無いのか、発電方法別のそれぞれのリスクや生じるコストを比較し検討するのが本研究の目的である。

図1:2010年度の発電電力量割合



出所:エネルギー白書2011を元に大嶋が作成

図2:2011年度の発電電力量割合



出所:電気事業連合会の資料を元に大嶋作成

## 2.発電方式別のリスク

### 2-1 原子力発電のリスク

原子力発電のリスクはまず事故が発生した際の周囲の環境への被害が大きいことである。福島第一原発事故、東海村 JCO 臨界事故を見ても作業員の被曝や放射能漏れ等の可能性は十分にある。

表1:世界の主な原発事故一覧

発生年	死亡者	事故発生場所
1979年	0	スリーマイル島原子力発電所
1986年	56	チェルノブイリ原子力発電所
1997年	0	動燃東海事業所
1999年	2	東海村JCO
2011年	0	福島第一原子力発電所
2011年	0	福島第二原子力発電所

出所:原子力安全基盤機構、ニューズウィーク日本版を基に大嶋作成

表1は世界の主な原発事故の一覧である。チェルノブイリ原発事故は作業員や消防士の死者が47人、甲状腺がんが子供9人が亡くなっている。周囲への影響は大きいものの、福島第一原発事故が直接の原因で亡くなった方はチェルノブイリ原発事故や東海村JCO臨界事故等と違い1人もいない。

### 2-2 火力発電のリスク

火力発電にも大気汚染という大きなリスクが存在する。2012年、中国では大気汚染をもたらす有害な微小粒子状物質(PM2.5)が原因で北京、上海、広州、西安の4都市で約8600人が亡くなった<sup>1</sup>。

PM2.5は自動車、工場、そして火力発電所が原因として挙げられる。この損害額は日本円に換算

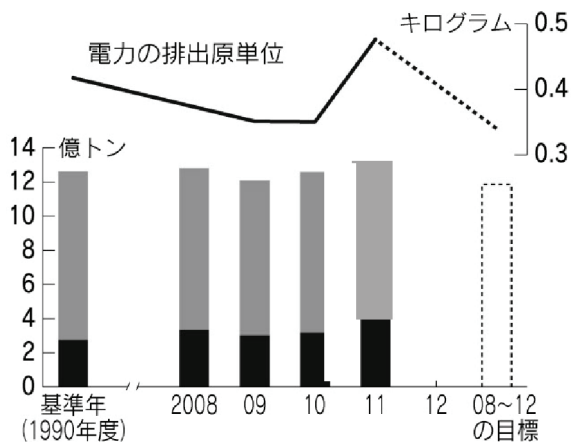
<sup>1</sup> 北京大学・環境団体グリーンピース調べ。

すると約 820 億円に上るといふ。

日本でも温暖化ガスの排出量は増加しており、電力会社 10 社の 2011 年度の温暖化ガス排出量は合計 4 億 900 万トンと、前年比 29%増加し、全体の排出量は 13 億 700 万トンであった。東日本大震災の影響で原発が停止したため、その分を火力発電で補ったことで排出量が増加したと考えられる。

図 3: 日本の温暖化ガス排気量

日本の温暖化ガス排出量と電力の排出原単位



(注) 電気事業連合会加盟の電力10社分。排出原単位は電力1キロワット時当たりのCO<sub>2</sub>排出量

出所: 日本経済新聞「電力 10 社、CO<sub>2</sub> 排出 29%増」

[http://www.nikkei.com/article/DGXNASDD180LU\\_Y2A910C1TJ0000/](http://www.nikkei.com/article/DGXNASDD180LU_Y2A910C1TJ0000/)

また、化石燃料の枯渇も問題となっている。石油の埋蔵量は約 40 年、石炭は約 120 年、天然ガスは約 50 年とされている。近い将来、化石燃料なしでの発電方法を拡大しなければならない。

2-3 水力発電のリスク

水力発電は火力発電と違い、発電時に CO<sub>2</sub>を排出しない発電方法である。しかし、発電所である以上事故の可能性も当然存在する。2009 年、ロシアのサヤノ・シュシェンスカヤ水力発電所では死者 75 人もいわれる事故が発生した。ダムの事故も存在し、中国では 1975 年、板橋ダムで約 26000 人が亡くなる決壊事故が発生した。東日本大震災の際も須賀川市の藤沼ダムの決壊事故により 8 人の死

者・行方不明者が出ている。

2-4 再生可能エネルギーのリスク

● 風力発電

・発電のために風車を動かす際の低周波による騒音の発生

・野鳥を風車が撥ねてしまうバードストライク

● 太陽光発電

・太陽光パネルが光を反射することによって周囲に影響を与える光害の発生

・発電コストが他の発電方法よりも割高な点

3. 発電方式別のコスト

3-1 火力発電のコスト

火力発電は大きく分けて石炭火力発電、石油火力発電、LNG<sup>2</sup>火力発電の 3 種類に分類される。そのどの発電方法でも火力発電を行うためには化石燃料が必要不可欠である。その燃料費は東日本大震災が発生する前の 2010 年度は約 3 兆 7000 億円であった。

しかし、事故の影響で原子力発電が停止したため、その穴埋めを火力発電が行った結果 2011 年度の化石燃料費は約 6 兆 2000 億円と大幅に増加することとなった。そして 2012 年度の化石燃料費はさらに増加し約 7 兆 3000 億円に上る見通しとなっている。

3-2 原子力発電のコスト

3-2-1 発電コスト

原子力発電は以前発電にかかるコストが他の発電より低く注目されていた。しかし、2011 年 12 月にエネルギー・環境会議<sup>3</sup>で出された発電コストは表 2 の通りであった。

<sup>2</sup> Liquefied Natural Gas の略。液化天然ガスのこと。

<sup>3</sup> 2011 年 6 月に政府の国家戦略室に設けられた、エネルギーと環境に関する国家戦略を総合的に議論する会議。

表 2: 1kWhあたりの発電方式別の発電コスト

		(円)		
		2004年試算	2010年モデルプラント	2030年モデルプラント
	原子力※	5.9	8.9~	8.9~
	石炭火力	5.7	9.5	10.3
	LNG火力	6.2	10.7	10.9
石油火力	設備利用率50%	16.5	22.1	25.1
	設備利用率10%		36	38.9
	水力	11.9	10.6	10.6
	風力	10.4	9.9~17.3	8.8~17.3
	地熱	16	9.2	11.6
太陽光	住宅	49	33.4~38.3	9.9~20.0
	メガソーラー		30.1~45.8	12.1~26.4

※原子力発電は今後損害額が1兆円増えるごとに0.1円増加

出所: エネルギー・環境会議の資料を元に大嶋作成

2004年試算では5.9円だった発電コストが8.9円にまで上昇しているのである。この内訳は運転維持費で1.4円、政策経費で1.1円、事故リスク対応費用で0.5円として計3円増加すると試算されている。ただし、今後損害額が1兆円増加するごとに0.1円増加するので将来的にコストはさらに上昇する可能性がある。

3-2-2 バックエンド費用

表 3: 政府による今後 80 年間のバックエンド総事業費

事業	項目	費用(百億円)	
		項目別	事業総額
再処理	a. 繰業(本体)	706	1,100
	b. 繰業(ガラス固化体処理)	47	
	c. 繰業(ガラス固化体貯蔵)	74	
	d. 繰業(TRU廃棄物処理・貯蔵)	78	
	e. 繰業廃棄物輸送・処分	40	
	f. 廃止措置	155	
返還高レベル放射性廃棄物管理	a. 廃棄物の返還輸送	2	30
	b. 廃棄物貯蔵	27	
	c. 廃止措置	1	
返還TRU放射性廃棄物管理	a. 廃棄物の返還輸送	14	57
	b. 廃棄物貯蔵	35	
	c. 処分場への廃棄物輸送	3	
	d. 廃棄物処分	2	
	e. 廃止措置	4	
高レベル放射性廃棄物輸送	廃棄物輸送	19	19
高レベル放射性廃棄物処分	廃棄物処分	255	255
TRU廃棄物地層処分	TRU廃棄物地層処分	81	81
使用済核燃料輸送	使用済核燃料輸送	92	92
使用済核燃料中間貯蔵	使用済核燃料中間貯蔵	101	101
MOX燃料加工	a. 繰業	112	119
	b. 繰業廃棄物輸送・処分	1	
	c. 廃止措置	7	
ウラン濃縮工場バックエンド	a. 繰業廃棄物処理	17	24
	b. 繰業廃棄物輸送・処分	4	
	c. 廃止措置	4	
合計			1,880

出所: 電気事業連合会「原子燃料サイクルのバックエンド事業コストの見積もりについて」

[http://www.fepc.or.jp/about\\_us/pr/sonota/1191731\\_1511.html](http://www.fepc.or.jp/about_us/pr/sonota/1191731_1511.html) を元に大嶋作成

放射性廃棄物の処理、核燃料サイクルにかかわる事業をバックエンド事業という。政府が明らかにしているバックエンド費用は表3の通り、合計で18兆8000億円と試算されている。また、放射性廃棄物を全て地中に埋めて直接処分した場合、そのコストは11兆8000億円から12兆6000億円<sup>4</sup>と試算されている。

3-2-3 事故発生時の費用

原子力発電所で事故が発生した場合、それにかかる費用はいくつかの種類に分類される。

まず廃炉にかかる費用である。1979年に起きたスリーマイル島原発事故の原子炉を廃炉にするのに約1400億円が必要とされたとされる。福島第一原発の場合特殊なロボットの開発等も行わなければならない。廃炉には30年以上の歳月が必要であり、この間にかかる費用は少なくとも約1兆1500億円と見積もられている<sup>5</sup>。

また、除染にかかる費用も存在する。政府支出による除染費用は2011年、2012年度の合計で5700億円、2013年度の予算で5000億円、合計で1兆700億円となっている。また、2012年度までの除染費用は国が東電に請求している。

さらに今回の福島第一原発では賠償金の費用も存在する。2012年5月の時点で東京電力は補償金を約2兆5000億円としていた。しかし、2013年2月、補償金額を見直した結果新たに7000億円増の3兆2000億円となった。

しかし、事故リスクを考えたときに見落としとしてはならない点がある。正しくコスト計算をするためには損害賠償額に事故の発生確率を掛けなければならない。原子力発電・核燃料サイクル技術等検討小委員会に提出された事故の発生確率は表4のとおりである。

<sup>4</sup> 原子力発電・核燃料サイクル技術等検討小委員会調べ。

<sup>5</sup> 読売新聞

<http://www.yomiuri.co.jp/science/news/20111028-OYT1T01147.htm>

表4: 事故の発生確率

事故発生頻度	説明
① $1.0 \times 10^{-5}$ / 炉年	既設炉の早期大規模放出頻度に対するIAEAの安全目標に基づく頻度 今後建設される炉のシビアアクシデント発生頻度は、少なくともIAEA安全目標を満足すると想定
② $2.0 \times 10^{-3}$ / 炉年	福島第一1~3号機の事故発生を独立事象として国内商業炉の運転年数から算定した頻度

この確率で計算を行った場合、事故リスクコストは表5のようになる。

表5: 事故発生頻度別事故リスクコスト

事故発生頻度	事故リスクコスト(円/kWh)
① $1.0 \times 10^{-5}$ / 炉年	0.0053
② $2.0 \times 10^{-3}$ / 炉年	1.1

#### 4. 電力料金値上げ

表4の通り東京電力をはじめとする電力会社は福島第一原発事故以降沖縄電力を除き赤字が続く一方である。その理由は前述の通り化石燃料費の増加、加えて東電は賠償金の支払いのためである。

表6: 電力会社10社の最終損益

	単位: 億円	
	12年4~12月期	13年3月期予想
北海道電力	-908	-1,440
東北電力	-561	-1,000
東京電力	-1,950	-1,200
中部電力	-22	-600
北陸電力	-91	-40
関西電力	-1,519	-2,650
四国電力	-309	-500
中国電力	-136	-280
九州電力	-2,347	-3,650
沖縄電力	87	48
合計	-7,756	-11,312

出所: 日本経済新聞「電力、最終赤字1兆円」

<http://www.nikkei.com/article/DGXDZO51203760R30C13A1TJ2>

000/を元に大嶋作成

この赤字を理由に電力料金の更なる値上げが想定される。実際、東電は2012年9月に家庭向け料金を平均で8.46%値上げしている。化石燃料費

を減らそうと再生可能エネルギーの割合を増やしたとしても、その促進のための費用が発生するので電力会社の赤字は短期的には解決しないのである。

#### 5. まとめ

発電コスト、事故リスクの影響を発電方式別にまとめると表7のようになる。

表7: 発電方式別の発電コスト、事故リスクの影響

発電方式	1kWh当たりの発電コスト	事故リスクの影響
原子力発電	8.9円以上	バックエンド費用は政府が18兆8000億円と試算している。また、福島第一原発事故による除染費用は3年間で1兆700億円、賠償金は3兆2000億円と試算されている。
火力発電	石炭火力9.5円	原発の停止により化石燃料費は2010年度約3兆7000億円であったが2012年度は約7兆3000億円と倍近くとなっている。その影響で日本の二酸化炭素排出量は増加している。また、各電力会社は赤字となっており、電力料金の値上げも懸念されている。
	石油火力22.1円	
	LNG火力10.7円	
水力発電	10.6円	
風力発電	9.9~17.3円	
太陽光発電	33.4~38.3円	

#### 6. 参考文献・URL

大島堅一『原発のコスト-エネルギー転換への視点』(岩波新書)2011

北村行孝・三島勇『日本の原子力施設全データ』(講談社)2012

経済産業省『エネルギー白書2011』(全国官報販売協同組合)2011

原子力年鑑編集委員会『原子力年鑑2013』(日刊工業新聞社)2012

電気新聞『原子力ポケットブック』(日本電気協会新聞部)2012

山名元・森本敏・中野剛志『それでも日本は原発を止められない』(産経新聞出版)2011

山本隆三『脱原発は可能か』(エネルギーフォーラム新書)2012

原子力発電・核燃料サイクル技術等検討小委員会「原子力発電所の事故リスクコストの試算」

[http://www.aec.go.jp/jicst/NC/about/kettei/seimei/111110\\_2.pdf](http://www.aec.go.jp/jicst/NC/about/kettei/seimei/111110_2.pdf)

電気事業連合会「2011年度の電源別発電電力量構成比」

[http://www.fepec.or.jp/about\\_us/pr/sonota/\\_icsFiles/afieldfile/2012/06/13/kouseihi\\_2011.pdf](http://www.fepec.or.jp/about_us/pr/sonota/_icsFiles/afieldfile/2012/06/13/kouseihi_2011.pdf)

独立行政法人原子力安全基盤機構

<http://www.atomdb.jnes.go.jp/>

日本経済新聞 <http://www.nikkei.com/>

ニューズウィーク日本版「エコノMIX 異論正解」

<http://www.newsweekjapan.jp/column/ikeda/>