

Title	核エネルギーの持つ価値の評価
Author(s)	柳澤, 和章
Citation	年次学術大会講演要旨集, 27: 677-680
Issue Date	2012-10-27
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/11111
Rights	本著作物は研究・技術計画学会の許可のもとに掲載するものです。This material is posted here with permission of the Japan Society for Science Policy and Research Management.
Description	一般講演要旨

核エネルギーの持つ価値の評価

○ 柳澤 和章(日本原子力研究開発機構経営企画部)

1. はじめに

原子力発電では、中性子の核分裂で生じた熱を電気変換し、その電気エネルギーを販売する。一方、放射線利用は天然または人工の放射線源から得られる電子線やガンマ線といった核エネルギーを部分利用し、付加価値をつけて販売するが、対象は工業や農業分野が多い。対象が医学・医療分野の場合、病気のヒトを診断・検査・治療する手段として多用される。核エネルギーの分野において、モノの価値をカネという単一の尺度で評価しようとする、幾つかの困難な事象に直面する。中性子によるエネルギー利用および電子線・ガンマ線による放射線利用のそれぞれについて具体例を用い、評価で遭遇した困難な事態を報告する。

2. 評価の背景

原子力エネルギーは、米国アイゼンハワー大統領が国連で行った「Atoms for Peace」の演説を契機に、わが国では昭和30年代前半から国策で推進されてきた。専門家の立場から言えば、中性子による原子力発電利用も、電子線・ガンマ線等による放射線利用も共に核エネルギー(Nuclear Energy)利用であるが、世間一般では、前者を原子力エネルギー利用(Nuclear Power Energy Utilization)とし、後者を放射線利用(Radiation Application)と区分する。国の原子力委員会では、両者の重要性に鑑み、これを車の両輪のごとく推進すると謳って来た。その実態はどうであったかという、前者は米国から導入した軽水炉(Light Water Reactor)を機軸に国・電力会社・民間企業といった大手企業が推進し、後者は、多くの場合、中小の民間企業が工業、農業および医学・医療の分野で推進した¹。

話は変わるが、昭和31年(1956年)に始まった原子力研究も半世紀を越えた。例えば、日本原子力研究所では、政府による研究開発費・人件費の出資額が2兆円近くになり、その費用対効果(Cost Benefit Effect)が問われるようになって来た。つまり、車の両輪の如くという様な定性的な曖昧模糊とした言い表し方でなく、具体的に、わが国では原子力発電の売り上げは何兆円で、放射線利用の売り上げは何兆円であるというカネを共通の尺度とした定量的な評価(筆者は経済規模; Economic Scaleによる評価と称している)が求められるようになって来た。国としては、できればわが国全般における原子力エネルギーと放射線利用に関する半世紀分の費用対効果を知りたいのであろうが、投資総額にきちんと対応する経済規模または市場創出額の実態把握は不可能に近い。わが国全体は無理であったが、原研45年に亘る原子力研究の費用対効果は、原子力エネルギー利用と放射線利用分けて試算され、その結果は報告されている^{1, 2)}。

¹ 日本原子力研究所(現日本原子力研究開発機構)では、原子力エネルギー利用の研究開発は原研・東海研が担い、45年間で5,900億円の研究開発費と35,000人年の人件費が投資された。放射線利用の研究開発は原研・高崎研と東海ラジオアイソトープ(RI)部が担い、45年間で670億円の研究開発費と6,400人年の人件費が投資された。

本報では、経済規模を追跡していく過程で遭遇した原子力独特の困難性について、具体例を用いて報告するものである²。

3. 遭遇した事例

3. 1 中性子エネルギー利用の場合

中性子(原子力)エネルギー利用は、自然界に存在するウラン 235 核種の核分裂過程で生じる核エネルギーを利用する。事態が複雑になるのは、核分裂過程で自然界に存在しない人工核種プルトニウム 239 とプルトニウム 241 が生成されるためである。エネルギー資源に恵まれないわが国は、このプルトニウム資源を核エネルギー源の一つとして付け加えたいとしている。プルトニウムは人工核種であるため、照射済み核燃料からそれを抽出し、さらに燃料として原子炉に戻す工程が必要である。この工程は核燃料サイクル(Fuel cycle)と称せられる。

核燃料サイクルの経済規模はアンケート方式で毎年推定され、例えば、表 1 のようになっている³。実に多様な項目から核燃料サイクルは成立し、この動きの結果原子力発電が成立している。電力会社が販売する電力料金は、政府の認可に基づいて設定され(規制料金)、電気事業が能率的な経営のもとに、需要家に良好なサービスと提供するために必要な原価という客観性に基づく基準によって決定されている。原子力発電による経済規模(需要端)は、電力各社が作成する有価証券報告書から知ることができ、例えば、表 2 のようになる。表 2 は、資本費、運転保守費、および燃料費を統合したものであり、消費者に対してはアウトプットである。表 1 はアウトプットを生み出すための必要なインプットであるが、あまり日の目を見ない。つまり、原子力関連機器の輸出分を除いて、表 1 の項目は全て電気料金というアウトプットに上乗せされており、一般消費者には目の届きづらい所にデータとして存在している。

表 2 に示す原子力発電のアウトプット(需要端での経済規模)は、送電網を潜ってきた電気の料金であって、もともとの原発で作った電気料金(発電端での経済規模)の約 3 倍になっている。これを示すのが表 3 である。表 2 には出現しなかった日本原子力発電(原電)が表 3 になって初めて現れる。つまり、原電は発電した電気を家庭に届けるのではなく、東電他の電力会社に売電しているためである³。原電による売電の実態であるが、どの電力会社にいくらで売ったという記載が有価証券報告書には無く、追跡が難しい。原価主義に基づく電気料金が、現行のままでよいかどうか見直しされているが、核燃料サイクルの理解なしでは、正しい答えは出ないはずである。

表 2 で得た結果をドル表示して英語版で出そうとすると、今度は為替換算率(年平均)が絡んでくる。円表示した経済規模の毎年の変動のうえに、為替相場の変動が影響を及ぼし、なかなか適正なデータが得づらいものになる。

² わが国における原子力エネルギーの経済規模調査は、これまで 2 回実施されている。第 1 回目は平成 9 年度を対象に平成 11 年度に実施したもので、当時の科学技術庁の委託を受けて日本原子力研究所が実施した。第 2 回目は平成 17 年度を対象に平成 19 年度に実施したもので、内閣府の委託を受けて日本原子力研究所が実施した。委託事業であるため、著作権は科学技術庁と内閣府に帰属している。

³ 有価証券報告書において、営業費用における原子力発電費が発電端の経済規模を表し、経常収益合計値が需要端における経済規模を現す。

表 1 原子力発電周辺機器の経済規模;平成 17 年度(部分)

	〔百万円〕				
	政 府	電気事業	鉱工業	大学等	合 計
(1-1)アップストリーム側					
探鉱・採鉱・転換機器					
濃縮機器					
再転換・成型加工機器	2,098	13,963	10,526	32	29,683
被覆管製造機器					
濃縮(役務)	0	35,179	0	0	35,179
核原料物質	0	29,218	0	0	29,218
原子力材料	59	180	3,987	0	6,761
核燃料集合体	314	39,387	0	0	39,701
小計	2,470	117,928	14,513	32	140,542
(1-2)原子炉運転関連					
原子炉圧力容器	40	19,217	164	290	19,857
炉心構造物	282	11,293	186	0	14,866
原子炉制御装置	143	5,430	39	0	6,646
冷却系統設備	451	26,895	463	21	33,101
計測制御設備	1,316	17,460	365	21	19,584
燃料取扱設備	106	416	16	0	538
放射線管理設備	356	7,422	1,040	199	10,051
廃棄物処理設備	426	9,081	731	15	12,528
原子炉格納容器	0	81	0	0	81
発電電機	3,405	50,172	614	0	57,988
その他	7,218	120,063	8,427	80	141,827
小計	13,744	267,529	12,043	626	317,067

表 2 需要端における原子力発電の経済規模 (単位:億円)

	H9年度	H10年度	H11年度	H12年度	H13年度	H14年度	H15年度	H16年度	H17年度
北海道電力	1,489	1,576	1,527	1,419	1,385	1,446	1,244	1,231	1,324
東北電力	2,257	2,497	1,928	2,377	2,563	3,019	2,656	3,329	2,214
東京電力	22,782	23,160	21,816	21,862	21,771	15,230	7,331	15,082	16,811
中部電力	5,122	4,884	4,388	5,066	4,264	2,326	3,147	3,844	4,791
北陸電力	1,228	1,499	962	1,283	1,272	1,361	753	1,037	1,333
関西電力	13,046	12,731	11,928	12,234	12,695	13,185	12,545	9,967	10,594
中国電力	1,687	1,878	1,731	1,132	1,709	1,695	1,163	1,106	1,400
四国電力	2,875	2,738	2,665	2,821	2,677	2,787	2,607	2,367	2,532
九州電力	6,960	6,444	6,731	6,761	6,180	6,394	6,387	6,032	5,874
合 計	57,846	57,783	54,024	55,094	54,705	47,322	37,853	43,891	47,039

表 3 発電端における原子力発電の経済規模 (単位:億円)

	H9年度	H10年度	H11年度	H12年度	H13年度	H14年度	H15年度	H16年度	H17年度
北海道電力	658	584	562	526	627	535	419	455	472
東北電力	1,013	832	709	916	1,344	1,140	1,078	1,211	1,515
東京電力	6,965	7,253	6,235	6,833	7,943	5,214	4,643	5,829	5,562
中部電力	1,637	1,627	1,540	1,614	1,627	1,043	1,097	2,172	1,671
北陸電力	389	420	403	372	339	341	353	298	944
関西電力	4,024	3,645	3,728	3,912	3,970	3,471	3,552	2,829	3,263
中国電力	587	605	534	578	625	550	647	526	583
四国電力	1,051	965	1,158	926	918	878	876	846	904
九州電力	2,218	2,182	2,237	2,123	2,313	2,233	1,880	1,857	1,923
日本原電	1,235	1,483	1,274	1,553	1,315	1,482	1,176	1,538	1,312
合 計	19,776	19,596	18,380	19,353	21,020	16,886	15,721	17,559	18,147

3. 2電子線・ガンマ線エネルギー利用の場合

わが国で生産される乗用車、小型トラック、トラック・バスのタイヤのうち、96.5%がラジアルタイヤである(H9 データ)。何故ラジアルタイヤが良いのか?電子線照射による放射線加硫によってタイヤの安定性が増すだけでなく、非照射タイヤに比べて16%程度のゴム量(約 41 円程度)の

節約が可能なためとされている。筆者が行った平成 9 年度の経済規模調査においては、電子線照射法を用いたタイヤメーカーのタイヤ総売り上げは 10,346 億円であり、ラジアル化率が 96.5% 率だったので、ラジアルタイヤの経済規模は単純に $10,346 \text{ 億円} \times 0.965 = 9,983 \text{ 億円}$ と算定した。しかし、この考え方にはラジアルタイヤに対する放射線寄与率が加味されていなかった。この放射線寄与率としては、どのような概念が良いのであろうか。電子線照射が安全性の向上と費用の節約に寄与していることは確かであるが、ラジアルタイヤの工場出荷額に対し、どの程度の寄与率を考えたなら適性なのか難しい。ある人は、ラジアルタイヤ生産ラインに占める電子線照射設備の費用割合を挙げ、ある人は全生産時間に占める電子線照射時間の割合を挙げる。しかし決め手ではない。

ラジアルタイヤを輪切りにしてみると、図 1 のようになるが、電子線照射が寄与している部分は

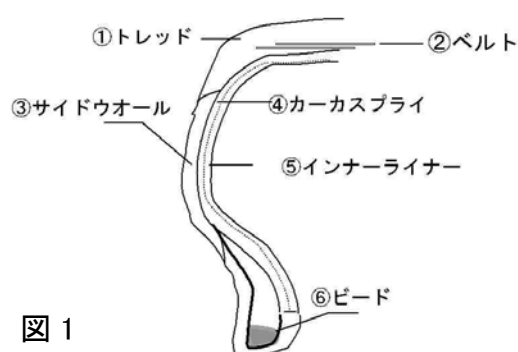


図 1

④のカーカスプライと⑤インナーライナーの部分のみである。そこで、筆者は、ラジアルタイヤに対する放射線寄与率として、照射部分のゴム価格を考えた。すなわち、1/1式のようになる。

ゴム量 $\times$ (カーカスプライとインナーライナーの重量割合) $\times$ [(天然ゴム使用割合 $\times$ 単価 + 合成ゴム使用割合 $\times$ 単価)] / (天然ゴム使用割合 + 合成ゴム使用割合) $\times$ ラジアル化率 $\dots\dots\dots 1/1$

乗用車のゴム価格は、 $342,992 \text{ t} \times 1,000 \text{ kg/t} \times (11.8/100 + 12.4/100) \times \{(258 \text{ 円/kg} \times 14/100 + 287 \text{ 円/kg} \times 27/100)\} / (14/100 + 27/100) \times 0.965 = 224 \text{ 億円}$ となる。同様な考え方で、小型トラック 62 億円、トラック・バス 91 億円となる。これらの合計は 337 億円となる(2005 年)。当初 9,983 億円と算定した経済規模は、放射線寄与率を適用した途端 337 億円となった。逆算すると、放射線寄与率は $337 \text{ 億円} / 10,346 \text{ 億円} \times 100 = 3.3\%$ となる。

同様な事を半導体にも適用すると、その放射線寄与率は 25% であった。このように、全体の中で部分的にはあるが放射線利用部分が存在している場合は、寄与率の適用が可能である。しかしそうでない場合もある。製紙工場では秤量センサーとして、 β エミッターの Kr-85 (半減期 10.7 年)、Pm-147 (2.6 年)、Sr-90 (28.6 年) を使用し、最速で 1500m/min の速さで製造ラインを稼動する。Kr-85 のように高速で秤量と水分(B/M)測定が可能なものではないと生産が立ち行かない。しかし、出荷される紙類には利用した放射線厚さ計の痕跡は皆無である。この場合、厚さ計の出荷額 10 億円と紙出荷額 2 兆 9,684 億円のうち、幾らが放射線利用と算定すればよいか皆目見当がつかない。

4. 結論

中性子を利用した原子力発電と電子線を利用したラジアルタイヤを例にとって、放射線利用の適正な経済規模を求める場合、どのような困難性があるかを例証した。放射性同位元素(RI)を装荷した装備機器では、適正な経済規模を決めることが現状ではきわめて難しい。

参考文献

- 1) 研究業務評価アドホック委員会: JAERI-Review 2002-019 (2002).
- 2) 柳澤和章, “試算-放射線利用の費用対効果”, 第 26 回研究技術計画学会, 山口大学 2120(2011).
- 3) 日本原子力産業協会: 2005 年度第 47 回原子力産業実態調査報告(2007).