

放射能汚染食品規制のリスク便益分析

Risk/Benefit Analysis of the Regulation of Foodstuffs Contaminated with Radioactive Substances

岡敏弘*
OKA Toshihiro

2012年9月15-16日
環境経済政策学会 2012年大会

要旨

福島第一原子力発電所の事故による放射性物質汚染食品の規制の費用便益分析を行った。放射線の健康リスクをがんによる損失余命で測り、事故直後の3月～5月の野菜の出荷制限、7月～8月の牛肉の出荷制限、秋以降の米の出荷制限、あんぼ柿の加工自粛について、余命1年延長費用を求めた。野菜で1100万円～1.6億円、牛肉で3.7億円～23億円、米で3.0億円～10億円、あんぼ柿で2.8億円であった。過去の化学物質規制のそれと比べると、必ずしも高いとは言えないが、諸調査から得られる余命1年延長便益2000万円と比べると、野菜以外は非効率である。効率的な基準値を提案した。

キーワード 放射性物質汚染食品、費用便益分析、費用効果分析、損失余命

1 はじめに

放射線のがんのリスクについては、閾値がないものとして管理するという考え方が、ICRPなどの場を通じて形成されてきた。閾値のないリスクを管理するのに、化学物質では、「事実上リスクがない」と見なせる水準を決めてそれ以下に抑えるという考え方(リスク・ベースト原則)が定着している分野があるが、放射線ではそのような考え方は一般的でなく¹、リスクと引き替えに得る便益を考慮してリスクとの間でバランスを取るという考え方—化学物質では「リスク便益原則」と言われたもの(中西1995、128頁)—が、1970年代から現在までを通じて、ICRPの勧告の基礎をなしてきた。ICRP勧告に言う「正当化」も「最適化」もそうした原則を表現したものである。

ところが、福島第一原子力発電所の事故に起因する放射能汚染への対処では、閾値がないことが、限りなくリスクゼロを追求することに結びつけられて、種々の混乱を来し、ICRP等の場で積み上げられてきたものやリスク論の成果が活かされていないという印象を受ける。

ICRPの1977年の勧告では、最適化は、理想的には費用便益分析によって実現されると言われ(ICRP 1977, p.14)、2007年の勧告も、「意志決定支援の技術は、最適化された放射線防護の解を客観的に見つけ

*福井県立大学経済学部、〒910-1195 福井県吉田郡永平寺町松岡兼定島4-1-1、Tel: 0776-61-6000、E-mail: oka@fpu.ac.jp、URL: www.s.fpu.ac.jp/oka。

¹化学物質で事実上リスクがないと見なされるのは、生涯で 10^{-5} とか 10^{-6} といった水準である。放射線では、1年の自然放射線で 10^{-5} ～ 10^{-4} の水準のリスクになる。

の上でいまだに重要である」と述べ、そのような技術の例として費用便益分析を挙げている (ICRP 2007, pp.91-93)。しかし、原発事故後の「現存被曝状況」の避難や帰還や除染や食品規制で、最適化や正当化の考えを具体的にどう実現していくかはそれほどはっきりしていないし、費用便益分析が実際にそのどこにどう役立つかは、なおさら曖昧なままである。

そこで本論文では、事故後の1年間の放射性物質汚染食品の規制の事後的な費用便益分析を行い、この規制が効率的だったのかどうかを明らかにする。まず、事故直後の3月～5月の葉物野菜の出荷制限、7月～8月の牛肉の出荷制限、11月以降の米の出荷制限、10月以降のあんぼ柿の加工自粛について、リスク削減1単位あたり費用(ここでは余命1年延長費用)を推定する。これを、リスク削減1単位あたり便益(ここでは余命1年延長便益)と比較することによって、その効率性を判定する。次に、費用が便益を超えない基準値を求める。そして、この問題に費用便益分析が適用しうるかどうかを論じた後で、今後の適用の仕方に言及しよう。

2 食品中放射性セシウムの損失余命係数

閾値のないリスクをどこまで我慢して受け入れるかを、そのリスクと引き替えにどれだけの便益を得るかを考慮に入れて決めるという考え方がリスク便益原則である。リスクが大きければ大きいほど、そのリスクは受け入れがたいが、便益が大きければ、受け入れてよいリスクは大きくなる。そこで、便益をリスクの大きさに割った値を指標にして意思決定するのが、この原則に合っているということになる。リスクを回避したり減らしたりする文脈で考えると、それは、リスクを減らすと失われる便益を、減らすリスクの量で割った値の大小でそのリスクを減らすかどうかを決めるということに等しい。失われる便益は費用と言ってよいから、リスクを減らすのにかかる費用を減らすリスクの量で割った値という基準になる。これを「単位リスク削減費用」と呼ぼう。

健康へのリスクを測る尺度はいろいろあるが、様々な原因に広く適用でき、害の重さを矛盾なく反映する尺度として損失余命がある (Cohen 1979, 1991; 中西 1995, 8-9, 86 頁)。リスクの尺度として損失余命を採ったときには、単位リスク削減費用は、余命1年延長費用になる。この余命1年延長費用が小さければ、リスク削減策の効率が良いが、この値があまりに大きければ、その削減策は非効率で、他でリスクを減らす方が得策ということになる。

原爆被爆生存者の疫学調査から、プレストンら (Preston et al. 2003) が出した、30歳で1Sv被曝して70歳に到達したときの超過相対リスク (ERR) が、男で0.35、女で0.59で、ERRが、被曝時年齢が10増す毎に31%下がり、到達年齢割る70の0.7乗に比例するというモデルを、日本の2009年簡易生命表とがん死亡率に当てはめると、表1のような被曝線量当たりの損失余命を得る。ICRPが発表している放射性セシウムの経口摂取の線量係数をそれにかけて、放射性セシウムの放射エネルギーあたりの損失余命が得られる(これも表1)。以下の評価ではこの係数を使う。

3 3月～5月の葉物野菜の出荷制限

原発事故直後から、福島県や関東地方の野菜と牛乳から、放射性ヨウ素と放射性セシウムが検出され始め、政府は、暫定規制値を決めて3月21日から出荷制限等の規制を始めた。厚生労働省の食品放射性物質検査結果によれば、3月16日から3月末までに、福島県産の野菜188点が検査された。そのうち出荷制限の対象となった品目の値は112ある。4月は467点検査され、そのうち出荷制限対象品目の値は324、5月は同じくそれぞれ、633点、420点である。それらの放射性セシウムの濃度は表2のとおりである。

出荷制限は3月21日から始まり、暫定規制値(野菜のセシウムでは500Bq/kg)を継続して下回ることが確認された地域から、4月末から6月にかけて徐々に解除されていった。出荷制限によってかかった費用を推定してみよう。

表 1: 被曝線量 1mSv 当たりの損失余命と放射性セシウム 1Bq 当たりの損失余命

	放射線被曝 の損失余命 (日/mSv)	線量係数 ¹⁾ (mSv/Bq)	放射性セシウム の損失余命 (日/Bq)
0 歳	1.7	2.4×10^{-5}	4.1×10^{-5}
0-9 歳	1.5	1.1×10^{-5}	1.7×10^{-5}
10-19 歳	0.99	1.6×10^{-5}	1.6×10^{-5}
20-34 歳	0.59	1.6×10^{-5}	9.5×10^{-6}
35-49 歳	0.31	1.6×10^{-5}	4.9×10^{-6}
50 歳-	0.066	1.6×10^{-5}	1.1×10^{-6}
全年齢	0.42		6.1×10^{-6}

1) ICRP(1996), Publication 72, *Annals of the ICRP*, 26(1) から Cs-134 と Cs-137 とを同量として。

表 2: 福島県産葉野菜の放射性セシウム濃度 (2011 年 3 月 ~ 5 月)

	3 月		4 月		5 月	
	件数	放射性セシウム 濃度 (Bq/kg)	件数	放射性セシウム 濃度 (Bq/kg)	件数	放射性セシウム 濃度 (Bq/kg)
しいたけ	0	-	74	720	45	480
しゅんぎく	0	-	2	38	0	-
ニラ	14	28	6	12	11	10
ねぎ	3	11	3	42	3	10
ブロッコリー	14	3400	30	410	53	26
ほうれんそう	25	5800	80	1200	90	29
みずな	2	1700	2	770	3	11
その他	54	4700	127	540	215	250
計・平均	112	2300	324	540	420	160

原発事故による農業被害のうち、福島県に関わるものは、JA グループ東京電力原発事故農畜産物損害賠償対策福島県協議会がまとめて損害賠償請求している。その請求金額は、2012 年 4 月請求分までで 625 億円だが、そこには、出荷制限による費用の他、避難地域の家畜処分や休業補償、牧草使用制限による費用、風評被害などが含まれている。そのうちどれだけが出荷制限による費用かは不明だが、野菜・果実の出荷制限および作付制限の費用として、地元新聞等に報道されている金額が 19 億 8000 万円である²⁾。

他方、全農の販売量と販売額の実績を見ると、表 3 のように、出荷制限の対象になったと思われる品目の 2011 年 3 月 ~ 5 月の販売量・販売額が、2010 年のそれと比べて概ね低下している (一部増えているものもあるが)。

2010 年度的全農福島の販売量と、同じ年の「作物統計」の福島県の出荷量との比をとると、表 4 のようになる。表 3 の 2011 年の販売量と 2010 年の販売量との差を表 4 の全農の割合で割ったものを、福島県全体の販売量の減少分とし (ただし、しいたけとその他には、全体平均の全農の割合を適用)、それに、2010 年 3 月、4 月、5 月の単価 (円/kg) を乗じたものを、2011 年 3 月、4 月、5 月の出荷制限による野菜廃棄の費用と見なせば、その額は表 5 のようになる。

表 5 の出荷減の値に、表 2 の放射性セシウム濃度をかければ、出荷制限によって回避されたであろう、放射性セシウムの摂取量が出てくる。それを表 6 に示す。

表 1 の全年齢平均の損失余命係数をこれに当てはめれば、回避された損失余命、すなわち余命延長が計算できる。これを表 7 に示す。表 5 の費用をこれで割れば、余命 1 年延長費用が出てくる。これも表 7 に

²⁾福島民報 2011 年 5 月 18 日、5 月 27 日、6 月 14 日、6 月 15 日、7 月 20 日、8 月 18 日、8 月 19 日、9 月 10 日、9 月 21 日、10 月 1 日、2012 年 2 月 23 日。

表 3: JA 全農福島の野菜販売実績

	数量 (t)						金額 (千円)					
	2011 年			2010 年			2011 年			2010 年		
	3月	4月	5月	3月	4月	5月	3月	4月	5月	3月	4月	5月
生しいたけ	22	8	13	31	17	13	17875	6457	8495	30274	16372	11677
しゅんぎく	44	0	0	76	33	10	15876	0	92	34368	20297	5158
にら	198	54	67	268	104	76	60053	16870	15901	117161	48088	22736
ねぎ	97	56	52	155	48	49	27033	7507	8400	51177	14594	12312
ブロッコリー	10	0	407	7	2	384	2275	0	106255	1585	677	106205
ほうれんそう	22	0	1	45	16	17	6828	0	426	16482	10055	7369
みずな	8	0	0	11	2	1	2645	0	3	4964	1091	63
その他	98	23	78	162	147	191	34683	13656	30183	112451	125592	88573

表 4: 2010 年度全農福島の販売量と作物統計の福島県の出荷量との比

	全農販売量 (t)	作物統計の出荷量 (t)	全農の割合 (%)
しゅんぎく	350	976	35.9
にら	1377	3080	44.7
ねぎ	1098	6340	17.3
ブロッコリー	2008	4590	43.7
ほうれんそう	359	3250	11.0
みずな	38	281	13.5
総計・平均 ¹⁾	51251	118007	43.4

1) この他に、だいこん、ばれいしょ、みつば、アスパラガス、きゅうり、かぼちゃ、なす、トマト、ピーマン、さやいんげん、さやえんどうを含めた合計およびその平均。

表 5: 福島県の野菜の出荷制限費用の推定

	3月			4月			5月		
	出荷減 (t)	単価 (円/kg)	費用 (千円)	出荷減 (t)	単価 (円/kg)	費用 (千円)	出荷減 (t)	単価 (円/kg)	費用 (千円)
生しいたけ	-	-	-	21	963	19957	0	-	0
しゅんぎく	-	-	-	92	615	56600	28	516	14383
にら	157	437	68448	112	462	51712	20	299	6022
ねぎ	335	330	110575	-46	304	-14045	-17	251	-4353
ブロッコリー	-7	226	-1553	5	339	1548	-53	277	-14541
ほうれんそう	208	366	76263	145	628	91027	145	433	62787
みずな	22	451	10011	15	546	8068	7	63	466
その他	147	694	102290	286	854	243934	260	464	120657
計	869		367588	674		472845	433		189932

示す。3月で1100万円、4月で7700万円、5月で1.6億円である。

多くの地域で野菜が出荷制限になっていた3月から4月は、放射性セシウムだけでなく、放射性ヨウ素の濃度も高かったから、放射性ヨウ素による甲状腺の被曝の削減を通じたリスク減少もあったはずだが、ここではそれを考慮していない。考慮すれば、余命1年延長費用は下がるだろうが、全年齢平均で今計算した値が半分以下になることはないだろう。

表 6: 野菜の出荷制限による放射性セシウム摂取回避量

	(kBq)		
	3月	4月	5月
生しいたけ	-	15000	-
しゅんぎく	-	3500	-
にら	4400	1300	200
ねぎ	3700	-	-
ブロッコリー	-	1900	-
ほうれんそう	1200000	180000	4200
みずな	38000	11000	83
その他	700000	160000	66000
計	2000000	370000	70000

表 7: 福島県の野菜の出荷制限の余命 1 年延長費用

	3月	4月	5月
費用 (億円)	3.7	4.7	1.9
余命延長 (年)	33	6.1	1.2
余命 1 年延長費用 (億円)	0.11	0.77	1.6

4 7月～8月の牛肉の出荷制限

4.1 出荷制限による出荷量の変化

2011年7月8日に暫定規制値 500Bq/kg を超える放射性セシウムを含む牛肉が見つかり、7月19日から福島県全体で出荷制限され、8月25日に全頭検査を条件に解除されたが、その後も滞留牛が生じ、価格が低下した。

『福島県農林水産業の現状』(2011年7月)によれば、2009年の福島県産の和牛(14019頭)の49.1%が東京都へ、10.6%が神奈川県へ、9.4%が埼玉県へ出荷されている。乳用牛(19016頭、ほとんど交雑牛と思われる)の25.3%が東京都へ、12.3%が神奈川県へ、11.8%が埼玉県へ出荷されている。首都圏、特に東京市場が最大の出荷先である。東京市場への福島産牛肉の出荷頭数を見ると、図1のように、出荷制限された7～8月にゼロにまで落ち込んだが、その後は前年を上回る頭数が出荷され、2011年7月から翌年2月までの総出荷頭数は10808で、前年の同じ時期の数9442を上回っている。

したがって、暫定規制値を超えた牛肉を除いては、出荷制限によって牛肉が廃棄されたということはなさそうである。しかし、2011年7月から翌年2月までの出荷額は36億8000万円で、前年の同じ時期の60億4000万円を大きく下回っている。牛肉の平均価格は、2010年7月～2011年2月の1440円/kgから、2011年7月～2012年2月の745円/kgへと、半分近くに下がったのである。

このことから、出荷制限の費用としては次のものが考えられる。

1. 出荷遅れによる余分の生産費
2. 出荷遅れによる品質の低下
3. 価格低下

である。

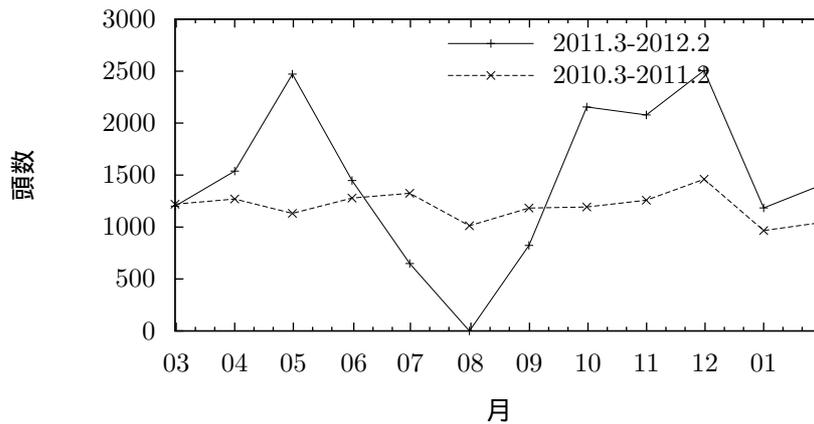


図 1: 東京市場への福島産牛肉の出荷頭数 (総計)

4.2 出荷遅れによる余分の生産費

2009年度の畜産物生産費統計によれば、もと畜費を除く生産費の総生産費に対する割合は、和牛で45.8%、乳牛で72.2%、その他の牛で66.6%である。これをそれぞれの1kgあたり出荷額にかけたものを、それぞれの肥育期間(和牛20.2月、乳牛14.6月、その他19.2月)で割ったものは1ヶ月あたりの費用と見なせる。それを和牛、乳牛、その他の福島県の出荷頭数で加重平均すると、42.4円/kg/月が得られる。これを1ヶ月出荷が遅れることの費用と見なす。

出荷制限の期間中およびその後の各月の2010年の出荷量と2011年の出荷量との差だけ新規滞留牛が発生しているとすると、7月299t、8月443t、9月153tの枝肉に相当する牛が新規に滞留した。9月末にはその合計は895tになっている。10月と11月には、2011年の出荷量の方が大きいので、この滞留が解消していったと考えられる。出荷量の実績から、滞留牛は10月末には460t、11月末には91tに減り、12月末までにゼロになったとしよう。そうすると、滞留した牛の平均滞留期間は2.8月になる。上の費用単価をかけると、出荷制限に伴う滞留によってかかった余分の生産費は枝肉1kgあたり117円と推定される。

4.3 出荷遅れによる品質低下

上で見たように、2011年7月～2012年2月の福島産牛肉の平均価格は大幅に低下した。平均価格の低下は、品目や等級の変化によってか、同一品目、同一等級の価格低下によってもたらされたと考えられる。このうち前者は、出荷遅れによる品質の低下と結びつけてよいと思われる。

図2に見るように、10月以降の和牛の出荷頭数の回復は主に、搬入枝肉の増加によっている。この傾向は交雑牛についても同様である(図3)。

そして、図4からわかるように、生体枝肉和牛めすの平均価格は、2011年には前年と比べて大きく下がっている。搬入枝肉の平均価格は、10月以降は下がっているが、生体ほどではない。むしろ、搬入枝肉の平均価格は、2010年でも生体よりもかなり低かった。2011年9月以降の出荷の回復が主に搬入枝肉の増加によっているとすれば、元々価格の低いものにシフトしたわけであるから、これを品質低下による費用と見なしてもよいかもしれない。

しかし、事態はそれほど単純ではない。図5からわかるように、同一等級の肉で比較すると、搬入枝肉の価格は、生体枝肉のそれと比べて、やや低い、大幅に低いわけではない。和牛のめすの2010年3月～2011年2月の1年間の平均で、生体のA5、A4の価格はそれぞれ2118円/kg、1706円/kgであるのに対して、搬入のA5、A4はそれぞれ、1891円/kg、1560円/kgである。図4に見られる大きな価格差はむしろ、

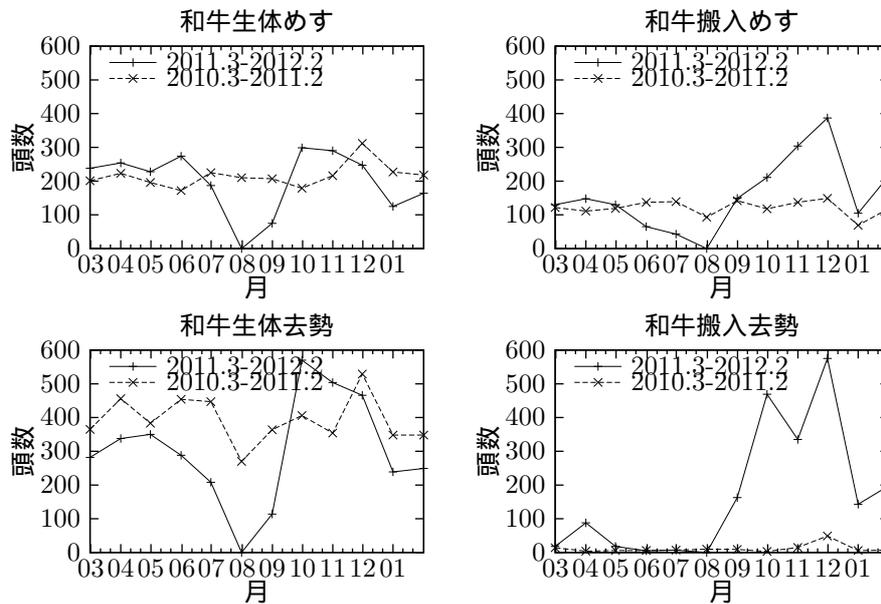


図 2: 東京市場への福島産牛肉の出荷頭数 (和牛品目別)

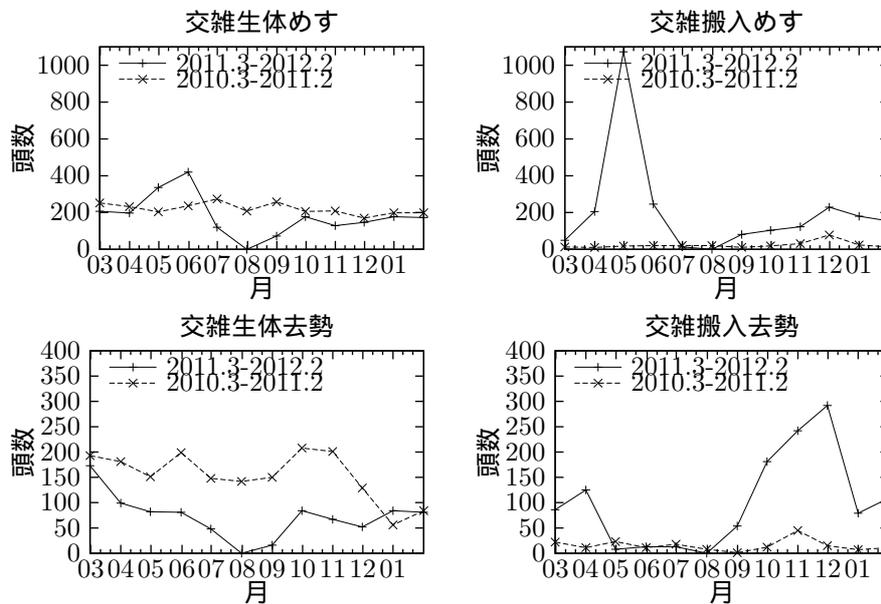


図 3: 東京市場への福島産牛肉の出荷頭数 (交雑牛品目別)

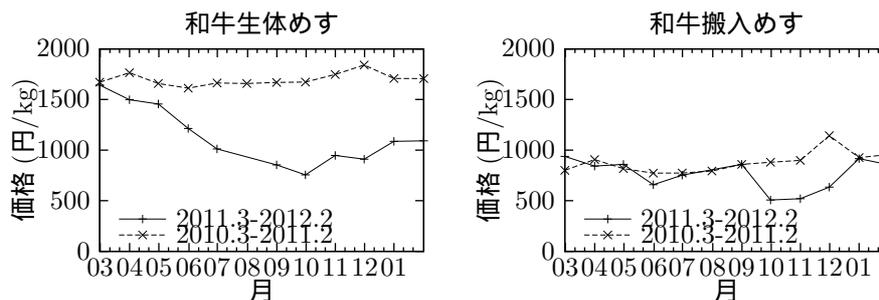


図 4: 東京市場での福島産牛肉の価格 (和牛生体めすと和牛搬入めす)

搬入枝肉の主流が A5 や A4 ではなく、A2 や B2 であったことから来ている。

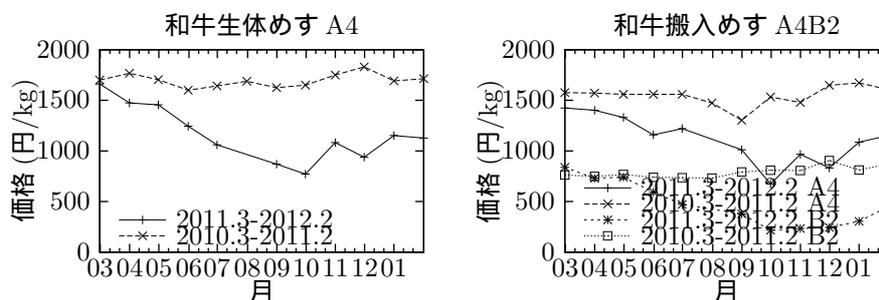


図 5: 東京市場での福島産牛肉の価格 (和牛生体めすと和牛搬入めす A4 と B2)

ところが、2011 年後半の搬入枝肉の増加の中心は A2 や B2 ではなく、A5、A4、A3 なのである。そして、2011 年のこれらの等級の価格は大きく低下しており、それが、販売額の低下をもたらしている。これらのことを考慮して、品質低下による費用を取り出すとすれば、2011 年 7 月～2012 年 2 月の品目別・等級別の出荷量を、2010 年の価格で評価して、それを 2010 年の出荷金額と比較するのがよい。ただし、2011 年 7 月～2012 年 2 月の出荷数量が前年の同じ時期のそれよりも増えていることを補正して、同一数量にした上で、品目・等級の構成変化だけの影響を取り出すようにしなければならない。

前年の品目・等級別価格で 2011 年 7 月～2012 年 2 月の出荷量を評価すると、70 億 3526 万円になり、他方、上記の補正をした前年の出荷額は 71 億 0894 万円であり、7369 万円低下したことになる。これが品目・等級変化の費用である。これをこの時期の出荷量 4938t で割ると、15 円/kg になる。

4.4 価格低下

同一等級内での価格低下については次のように考えられる。

1. 価格は下がったが、消費者はこれまで通り購入して同等の満足を得ている場合
 - 社会的には費用はない。農家の損失分と同じだけの利益を流通部門が得ている。
2. 価格低下が、消費効用の低下を反映している場合
 - 出荷制限と無関係なら、風評被害である。
 - 出荷制限のせいなら、出荷制限に伴う費用と見なされる。

現実には、このうちどれもある程度当てはまっているであろう。しかし、どの程度かを確かめる方法がないので、ここでは、価格低下のすべてが出荷制限のせいだという場合と、価格低下と出荷制限とが関係ないという場合という両極端を考えてみよう。

まず、上で述べた平均価格の 1440 円/kg から 745 円/kg 価格低下には、品目・等級の変化の影響が含まれている。それを除いて価格低下の影響だけを取り出すには、2011 年 7 月～2012 年 2 月の品目別・等級別出荷量を前年の価格で評価したものを、実際の出荷金額とを比較して差を取り、出荷量で割ればよい。2011 年 7 月～2012 年 2 月の品目別・等級別出荷量を前年価格で評価すると、70 億 3526 万円、実際の出荷金額は 36 億 8086 万円で、出荷量は 4938t なので、価格低下は 679 円/kg になる。

4.5 リスク削減と余命 1 年延長費用

放射性セシウムで汚染された稲藁を使用していた福島県の農家 14 戸から出荷された牛 145 頭分の肉の放射性セシウム濃度が、7 月 25 日までに測られた³。最高で 4350Bq/kg、平均濃度は 457Bq/kg である⁴。この問題が起こる前に測られた福島県産の牛肉 (105 件) の放射性セシウム濃度の平均は、40Bq/kg であった⁵。

出荷制限されたのは福島県で飼われているすべての牛である。このうち、汚染稲藁を与えていない農家の牛の肉の平均的な放射性セシウム濃度は 40Bq/kg と見なしてよいだろう。汚染稲藁を与えていた農家の牛の肉の平均的な放射性セシウム濃度は 457Bq/kg と見なそう。福島県のすべての牛の肉の平均的な放射性セシウム濃度がどれくらいになるかは、汚染稲藁を与えていた農家の割合によって決まる。福島県の調査 (「肉用牛飼養農家の緊急立入調査結果の一部訂正について (平成 23 年 7 月 25 日)」http://www.cms.pref.fukushima.jp/download/1/chikusan_shinsai-gyuniku110725-2.pdf) によれば、調査した肥育牛農家 314 戸のうち、放射性物質に汚染された稲藁を給与し肉牛を出荷した農家が 16 戸あった (ちなみに、2009 年度畜産統計によれば、福島県の肥育牛農家は 466 戸あった。)。汚染稲藁を牛に与えた農家の割合が、16/314 であるとすると、福島県産牛肉の平均的な放射性セシウム濃度は 61Bq/kg になる。

そうすると、この規制は牛肉からの平均的な放射性セシウムの摂取を 61Bq/kg から 40Bq/kg に下げる効果があったと思われる。それによる余命延長は 1.3×10^{-4} 日/kg = 3.5×10^{-7} 年/kg である。

出荷制限の対象になった牛肉の費用は、価格低下が規制と無関係ならば、132 円/kg、価格低下がすべて出荷制限によって起こったものだとしたら、811 円/kg である。よって、余命 1 年延長費用は、3.7 億円～23 億円である。

5 米の出荷制限

5.1 経緯

2011 年 11 月 14 日 (23 年産米放射性物質調査終了後)、福島市大波地区 (旧小国村) で生産された米から、暫定規制値 500Bq/kg を超える放射性セシウムが検出された。福島県は同地区の出荷見合わせを要請した。11 月 22 日福島県は、福島市旧小国村と特定避難勧奨地点が存在する地域を対象として緊急調査を始めた。福島市旧小国村は全袋を検査、特定避難勧奨地点が存在する地域は全戸検査し、調査終了まで出荷を見合わせ、500Bq/kg を超える米があった場合は、旧市町村単位で出荷自粛を要請することとした。

その結果、伊達市 (旧小国村、旧月舘村、旧富成村、旧柱沢村、旧掛田町、旧堰本村)、福島市 (旧福島市) に出荷自粛を要請することになり、次いで、国の指示による出荷制限が行われることになった。また、別に二本松市 (旧渋川村) も出荷制限となった。

³厚生労働省発表資料 <http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000001j1d7.html>.

⁴平均を計算する際、1 頭の牛について複数の計測値がある場合はその最大値を取り、「検出限界以下」とあるものは、その検出機関がこれまでに出した最小の値の 3 分の 1 と見なし、「50 以下」とあるものは 25 と見なした。なお、「検出限界以下」および「50 以下」をすべて 0 と見なした場合の平均も 456Bq/kg になり、ほとんど変わらない。

⁵厚生労働省「食品中の放射性物質の検査について」http://www.mhlw.go.jp/shinsai_jouhou/shokuhin.html。「検出限界以下」などの扱いは上と同じ。ちなみにそれを 0 とすると、平均濃度は 35Bq/kg。

12月28日、米モニタリングで僅かでも検出された地域も緊急調査に加え、結局計23247戸、32755件を調査した結果、38戸で500Bq/kgを超え、545戸で100～500Bq/kgだった。100～500Bq/kgが出た地域は出荷見合わせを解除せず、自粛が続いた。

農水省は、12月27日に、500Bq/kgを超える米が出て出荷制限された地域の23年産米を特別隔離米とし、24年産稲の作付を制限する必要があると発表した。100～500Bq/kgの米が出た地域については、当該米を生産した農家の米を特別隔離米にし、24年産稲の作付制限を検討するとした。福島県は、12月28日に、100～500Bq/kgの米が出た地域の米全部を特別隔離米にするよう要望した。

24年産稲の作付制限については、2012年3月9日に、農水省が次のように決定した。すなわち、23年産米で500Bq/kgを超える数値が検出された地域のうち、福島市旧小国村、伊達市旧小国村、伊達市旧富成村は旧市町村全域で制限、福島市旧福島市、伊達市旧月舘町、伊達市旧掛田町、伊達市旧柱沢村、伊達市旧堰本村、二本松市旧渋川村は、字等の単位で制限を行う。23年産米で100Bq/kg超から500Bq/kg以下の数値が検出された地域のうち、相馬市旧玉野村は全域で制限を行う。23年産米で500Bq/kgを超える数値が検出された地域(旧市町村単位)のうち、上の作付制限にならない字等と、23年産米で100Bq/kg超から500Bq/kg以下の数値が検出された地域(上の作付制限地域を除く)と、旧緊急時避難準備区域では、管理計画に基づき米の全量管理と全袋調査を行うことにより、作付を行うことができることになった。ただし、23年産米について100Bq/kgを超過した米の発生が一部の農家に限られる地域については、その農家について吸収抑制策や生産管理を行うことにより、作付ができるとした。

3月29日、農水省は、100～500Bq/kgの米が出た地域の23年産米全部を特別隔離米にする決めた。

5.2 福島市大波地区(旧小国村)

福島市大波地区は全袋(5066件)検査され、その結果は表8の通りである⁶。各階層の真ん中の値を採っ

表 8: 大波地区の米の検査結果

放射性セシウム濃度 (Bq/kg)	件数
検出せず ^a	1980
0～100	1641
100～200	813
200～300	232
300～400	61
400～500	56
500～600	16
600～700	61
700～800	75
800～900	29
900～1000	19
1000～1100	22
1100～1200	54
1200～1300	7

て、「検出せず」を25Bq/kgとして平均値を出すと、118Bq/kgである⁷。

白米になると、放射性セシウム濃度は、玄米のときの44%に減る。福島市(旧小国村)で630Bq/kg、300Bq/kg、伊達市(旧小国村)で、580Bq/kg、230Bq/kgと780Bq/kg、330Bq/kg、伊達市(旧月舘

⁶福島県「米の放射性物質緊急調査の結果(第9報)について(2011年12月18日)」
http://www.cms.pref.fukushima.jp/download/1/suiden_kinkyu_1218.pdf

⁷「検出せず」を0Bq/kgとすれば、平均は109Bq/kg、「検出せず」を50Bq/kgとすれば、平均は128Bq/kgになる。

町)で1050Bq/kg 400Bq/kg、福島市(旧福島市)で510Bq/kg 250Bq/kgと550Bq/kg 220Bq/kgと590Bq/kg 290Bq/kg、二本松市(旧渋川村)で780Bq/kg 370Bq/kg⁸から、大波地区で、白米で平均52Bq/kgの米が出荷制限されたことになる。

大波地区の米収穫量は192tである⁹。米の価格を240円/kgとする¹⁰と、失われた米の価値は4600万円となる。これが費用である。

192tの玄米が175tの白米になるとして、その放射性セシウムは910万Bq。これに表1の損失余命係数 6.1×10^{-6} [日/Bq]をかけると、56人・日(0.15人・年)の損失余命である。これだけの損失余命を4600万円で回避したことになり、余命1年延長費用は3.0億円である。

5.3 暫定規制値(500Bq/kg)を超える米が出て出荷制限された地域全部

福島市大波地区(旧小国村)の他に、暫定規制値(500Bq/kg)を超える米が出た、福島市(旧福島市)、伊達市(旧小国村、旧月舘町、旧掛田町、旧富成村、旧柱沢村、旧堰本村)、二本松市(旧渋川村)でも出荷制限された。

1900戸の米が検査され、その結果は表9のとおりである¹¹。500Bq/kgを超えたのは27件(22戸)あり、

表9: 暫定規制値を超える米が出た地域(大波地区以外)の検査結果

濃度区分(Bq/kg)	検出せず	~100	100~500	500~
戸数	1226	474	178	22

その平均値は表10から756Bq/kgである。100~500Bq/kgのもの分布については、第11報に表11のよ

表10: 暫定規制値を超える米の値(大波地区以外)

出典	地域	濃度(Bq/kg)	出典	地域	濃度(Bq/kg)	出典	地域	濃度(Bq/kg)
10報	福島市(旧福島市)	1540	9報	伊達市(旧小国村)	730	14報	福島市(旧福島市)	570
18報	伊達市(旧富成村)	1340	16報	伊達市(旧小国村)	700	14報	福島市(旧福島市)	560
6報	伊達市(旧富成村)	1240	15報	福島市(旧福島市)	690	3報	福島市(旧福島市)	550
16報	伊達市(旧小国村)	1100	14報	伊達市(旧掛田町)	660	9報	伊達市(旧掛田町)	550
2報	伊達市(旧月舘村)	1050	8報	福島市(旧福島市)	640	12報	伊達市(旧堰本村)	550
15報	伊達市(旧掛田町)	950	9報	伊達市(旧富成村)	620	14報	福島市(旧福島市)	550
15報	伊達市(旧掛田町)	930	3報	福島市(旧福島市)	590	14報	福島市(旧福島市)	540
2報	伊達市(旧小国村)	780	2報	伊達市(旧小国村)	580	14報	福島市(旧福島市)	530
別報 ¹⁾	二本松市(旧渋川村)	780	6報	伊達市(旧柱沢村)	580	3報	福島市(旧福島市)	510

1) 福島県「暫定規制値を超えた放射性セシウムが検出された玄米について」2011年12月7日。

うな報告がある。区間の真ん中の値を代表値として平均をとると188Bq/kgになる。

そこで、500Bq/kgを超える濃度の米を生産した22戸の米の平均濃度を756Bq/kg、100Bq/kgを超え500Bq/kg以下の濃度の米を生産した178戸の米の平均濃度を188Bq/kg、100Bq/kg以下の濃度の米を生

⁸福島県「暫定規制値を超えた放射性セシウムが検出された玄米について」2011年11月16日 http://wwwcms.pref.fukushima.jp/download/1/suidenhatasaku_231116.pdf、「米の放射性物質緊急調査の結果について(第2報)」11月28日 http://wwwcms.pref.fukushima.jp/download/1/suiden_kinkyu_1128.pdf、「米の放射性物質緊急調査の結果について(第3報)」12月2日 http://wwwcms.pref.fukushima.jp/download/1/suiden_kinkyu_1202.pdf、「暫定規制値を超えた放射性セシウムが検出された玄米について」12月7日 http://wwwcms.pref.fukushima.jp/download/1/suiden_sibukawamura_1207.pdf。

⁹福島県「暫定規制値を超えた放射性セシウムが検出された玄米について」2011年11月16日 http://wwwcms.pref.fukushima.jp/download/1/suidenhatasaku_231116.pdf。

¹⁰『福島県農林水産業の現状』2011年7月によれば、中通り産コシヒカリと浜通り産コシヒカリのコメ価格センター指標価格が14500円/60kg、福島県産ひとめぼれのそれが14200円/60kg。実際はもっと高かったかもしれない。

¹¹福島県「米の放射性物質緊急調査の結果について(取りまとめ)【訂正】」別表、2012年2月7日 http://wwwcms.pref.fukushima.jp/download/1/suiden_kinkyu_120203-betsu_0207teisei.pdf。

表 11: 緊急調査で 500Bq/kg を超える値が出た地域の 100 ~ 500Bq/kg の分布

濃度区分 (Bq/kg)	100 ~ 200	200 ~ 300	300 ~ 400	400 ~ 500
件数	208	41	22	7

産した 474 戸の米の平均濃度を 50Bq/kg、検出されなかった 1226 戸の米の平均濃度を 25Bq/kg とし、全体の平均を求めると、55Bq/kg となる。白米にすると 24Bq/kg である。

2010 年農業センサスによれば、この地域の稲作付け面積は 835ha であり、この地域の米の平均収量を 530kg/10a(作物統計から)として 4400t の米が生産されたと推定される(ただし、二本松市旧渋川村については収穫量 1250t という報告があるので、それを使った)。

大波地区が 192t で平均濃度 118Bq/kg だった。それ以外の出荷制限地域が 4400t で 55Bq/kg である。したがって、出荷制限地域全体で見れば、平均濃度 58Bq/kg の米 4600t が出荷を止められた。米 4600t 廃棄によって失われる価値は 11 億円である。

他方、リスク削減便益は以下のとおりである。白米にすると、26Bq/kg になり、消費量も 4200t だから、口に入る放射性セシウムは 1.1 億 Bq。これの損失余命は 660 人・日 = 1.8 人・年である。11 億円かけてこれを回避したので、余命 1 年延長費用は 6.0 億円になる。

5.4 100 ~ 500Bq/kg の米が生産された地域 (出荷自粛)

緊急調査で 100Bq/kg を超える米が出たが 500Bq/kg を超える米は出なかった地域すべてが、県の指示で出荷を見合わせた。結局、この地域の米はすべて特別隔離米になったので、出荷されない。この地域の検査結果は表 12 のとおりである。

表 12: 100Bq/kg を超え 500Bq/kg 以下の値が検出され、500Bq/kg を超える値はなかった地域の濃度の分布

濃度区分 (Bq/kg)	検出せず	100 以下	100 を超え 500 以下
戸数	6730	1632	313

100 ~ 500Bq/kg の平均濃度を、大波地区を含む出荷制限地域のそれと同じとすると、194Bq/kg である。これを使って、100Bq/kg 以下は 50Bq/kg、検出せずは 25Bq/kg とし平均をとると、36Bq/kg。白米なら 16Bq/kg になる。

センサスの面積 (6100ha) から計算した収穫量は 32000t であり、これを廃棄することで失われる価値は 78 億円である。口に入る放射性セシウムは 4.6 億 Bq で、その損失余命は 7.8 年である。78 億円でこれを回避するから、余命 1 年延長費用は 10 億円である。

5.5 まとめ

以上をまとめると、米の出荷制限の余命 1 年延長費用は、大波地区だけで 3.0 億円、大波地区を含めた、500Bq/kg を超える米が出た地域で 6.0 億円、100 ~ 500Bq/kg の米が出た地域で 10 億円であった。

6 あんぽ柿の加工自粛

柿をあんぽ柿や干し柿に加工することによって放射性セシウムが濃縮し、実際、加工後暫定規制値を超える放射性セシウムが検出されるものが見つかったことから、福島県は、2011 年 10 月 14 日に、伊達地方

のあんぼ柿と干し柿の加工を自粛するよう指導した。11月2日にはその対象地域を福島市と南相馬市に広げた。

伊達地方(伊達市・桑折町・国見町)で測られたあんぼ柿の放射性セシウムの平均濃度は247.7Bq/kgであった¹²。その他の地域の平均濃度は85.2Bq/kgである¹³。

JAグループ東京電力原発事故農畜産物損害賠償対策福島県協議会がまとめた賠償請求の第8次(2012年1月1日請求)と第9次(同1月31日請求)の中にあんぼ柿に関わるもの20億9900万円が含まれていると福島民報が報じている(福島民報2011年12月7日、2012年1月19日)。この他に2月の第10次請求にもあんぼ柿が含まれているらしく、それを8~10次の請求の5.7%として、福島県全体にあんぼ柿での損害賠償請求額を22億2500万円と推定する。あんぼ柿の加工自粛の損害賠償額は、出荷額の76~77%であることから、出荷額の減少分は29億0800万円と推定される。

一方、全農の販売実績によると、2011年度にあんぼ柿の販売量は19tで、前年度に比べて1188t減った。同じく販売額は17億9563万円減った。このことから福島県の出荷に占める全農の割合を61.7%と見なすと、福島県にあんぼ柿の出荷量の減少分は1924tと推定される。伊達地方が産地の中心であることから、放射性セシウムの平均濃度を247.7Bq/kgとすると、この加工自粛によって回避された放射性セシウム摂取量は、477MBqになる。これによる損失余命は8.0年である。

これを回避するためにかけた費用が、上の損害額22億2500万円であるから、余命1年延長費用は2.8億円になる。

7 費用効果分析

以上で推定した余命1年延長費用をまとめると、表13のようになる。

表 13: 出荷制限等の余命1年延長費用

対象		余命1年延長費用(億円)
野菜	3月	0.11
	4月	0.77
	5月	1.6
牛肉		3.7~23
米	大波地区	3.0
	500Bq/kg 超える地区	6.0
	100~500Bq/kg 地区	10
あんぼ柿		2.8

初期の野菜の出荷制限と比べて、米の出荷制限(事実上の)は最大で90倍も高い費用をかけて同じリスクを回避したことがわかる。これによって、米の出荷制限の方がより非効率的であったとすることができる。このように、政策効果1単位当たりの費用の大小によって諸政策の効率性を比較することは、費用効果分析と呼ばれる。費用効果分析は効率性によって政策に優先順位をつけることができる。しかし、優先順位をつけられた政策の第何位まで実行すべきかを言うことはできない。

あるいは、別の分野の政策と、今対象としている分野の政策との効率性を、費用効果分析によって比較することもできる(Tengs et al. 1995, Tengs and Graham 1996, Kishimoto et al. 2003)。例えば、これまでの化学物質の規制について、削減されたりリスク(これも損失余命で表現されている)の1単位にいくらの費用をかけたかについて、表14の推定がある(岡2006、190頁)。これらの値と比べると、初期の野菜の出

¹²福島県「あんぼ柿及び干し柿等の柿を原料とする乾燥果実の加工自粛要請について」2011年10月14日(プレスリリース資料)から。

¹³福島県「伊達地方以外におけるあんぼ柿及び干し柿等の柿を原料とする乾燥果実の加工自粛要請について」2011年11月2日(プレスリリース資料)から計算。あんぼ柿のデータにはNDがあるが、あんぼ柿の値と干し柿の値の比の平均が0.628であることから、あんぼ柿のNDは干し柿の値の0.628倍として平均値を出した。

表 14: 化学物質規制の余命 1 年延長費用

事例	余命 1 年延長費用 (万円/年-LLE)
シロアリ防除剤クロルデンの禁止 [25]	4500
苛性ソーダ製造での水銀法の禁止 [21]	57000
乾電池の無水銀化 [20]	2200
ガソリン中のベンゼン含有率の規制 [11]	23000
ごみ焼却施設でのダイオキシンの規制 [13]	
(緊急対策)	790
(恒久対策)	15000

荷制限の効率性は非常に高く、米のそれは非常に低いことがわかる。

こうした比較は、日本社会が集団としてとってきた行動の間に整合性を与えることを可能にする。つまり、過去の政策が正しかったのだとすれば、少なくとも、5 億 7000 万円/年-損失余命の費用をかける政策を実行しない理由はないというようにである。

しかし、過去の政策が正しかったという保証はない。実際、過去の化学物質規制政策は費用を度外視して行われた可能性が高い。また、過去の政策は正しかったとしても、今 10 億円/年-損失余命の費用のかかる政策を採るべきかどうかは判定できない。

8 費用と便益の比較

このような状況に対して、経済学が用意してきた政策分析の手法が費用便益分析である。費用便益分析では、政策の費用と便益とを比較して、便益が費用を上回れば、効率的であり、実行してよいと判定する。余命 1 年延長費用を求めたという文脈に即していえば、それを余命 1 年延長便益が上回れば効率的ということになる。余命延長とか死亡率削減の便益は、それへの支払意思額 (WTP)(あるいは、余命短縮または死亡率上昇への受入補償額 (WTA)) に基づいて決めるべきだというのが、経済学者に一般的に受け入れられている考え方である。

微小な死亡率の低減への WTP(あるいは上昇への WTA) を、その死亡率変化分でわかったものは確率的生命の価値 (VSL) と呼ばれてきた。多くの計測がされてきたが、米国や英国では早くから、それらの計測値を基に、環境政策や交通政策の費用便益分析に使用する VSL の値を定めようとした。

米国で 1986 年に、環境保護庁が使用する VSL を決めるために諸研究をレビューしたフィッシャーらは 160 万 ~ 850 万ドルという報告をした (Fisher et al. 1989)。1997 年の大気汚染政策の評価では 480 万ドルという値が使われた (USEPA 1997)。2004 年のディーゼル排ガス規制の影響分析では、95%信頼区間を 100 万 ~ 1000 万ドルとした (USEPA 2004、岸本 2005)。英国では、交通政策に使う VSL を得るために質問法による調査が行われて (Jones-Lee et al. 1985)、1985 年に 50 万ポンドという値が決まり、名目 GDP の上昇にあわせてそれが改訂されて使われてきた (UK Department for Transportation 2005)。

日本では、交通政策の死亡事故減少の便益は、事故補償と同じ逸失利益に基づいて測られており、VSL の公式の値はどの分野にも存在しない。しかし、計測例は多数ある。完全な横断的分析はなされていないが、得られる推定値を集めて (山本・岡 1994、岡 1999、今長 2001、古河・磯崎 2004、Tsuge et al. 2005、内閣府 2007、宮里 2010、栗山 2012)、平均を取ってみると、約 8 億円になる。これは少し高めだが、米国で妥当とされる範囲内にある。VSL は年死亡率減少への WTP に基づいているから、日本で 1 件の死亡がもたらす損失余命の平均値が約 40 年であることを考えると、8 億円の VSL は、2000 万円の余命 1 年延長便益に相当する。おそらく高めの値だろうが、高めの値を採ったとしてもこう言えるという文脈では有効だから、これを食品の規制に適用してみよう。

3 月の野菜の規制は余命 1 年延長費用が 1100 万円で、便益を下回っており、効率的である。4 月、5 月に

なると 2000 万円を超えるが、例えば 3 月と 4 月の規制を一体のものと捉えれば、非効率的とは言えない。それに対して、牛肉、米、あんぼ柿の規制では、余命 1 年延長費用は数億円またはそれ以上であり、とても効率的とは言えない。

基準値を超える食品がすべて出荷を止められて廃棄されるとして、その費用が便益を上回らないような基準値を考えることができる。放射性セシウム 1Bq あたり損失余命を c 年、飲食物 1kg 当たりの放射能を q Bq、食品 1kg あたりの廃棄費用を p 円、余命 1 年延長便益を v 円とすると、規制の費用がその便益を超えないためには、

$$vcq \geq p$$

でなければならない。ここから、

$$q = \frac{p}{vc} \quad [\text{Bq/kg}]$$

を超える放射能レベルの食品だけを止めれば、費用が便益を超えない。農産物の出荷時の単価を表 15 のとおりとすれば、費用が便益を超えない基準値も同表に掲げたようなものになる。規制が農産物の廃棄を伴

表 15: 費用が便益を超えない放射性セシウムの基準値

	価格 (円/kg)	基準値 (Bq/kg)
野菜	250	750
牛乳	83	250
牛肉	1400	4200
米	240	720

う限り、基準値を超えたものだけが廃棄されるとしても、現在の基準値—一般食品で 100Bq/kg—は、主要な食品で非効率的だということがわかる。

なお、暫定規制値の基になった原子力安全委員会の 1998 年の文書『飲食物摂取制限に関する指標について』（原子力安全委員会 1998）の別冊「飲食物摂取制限に関する最適介入レベルについて」は、今示したのと似た考え方による、最適な食品の基準値を計算している。それによると、価格 140 円～600 円/kg の食品で線量係数 10^{-8}Sv/Bq の核種について回収及び交換のための最適な基準値が 2000～30,000Bq/kg となっている。ここで示した値よりもかなり高いが、その理由は、余命 1 年延長の便益の「下限値」として 1 人当たり GNP386 万円を採っているからである。上で述べたように、1 人当たり GNP は WTP とは関係ないし、厚生経済学は 1 人当たり GNP の使用を根拠づける理論をもたない。

この文書（別冊）はまた、食品回収・交換ではなく、汚染されていない飼料を使うなどの農業生産段階での対策を考えた場合の最適な基準値も示している。農産物を廃棄するよりも安い費用で対策がとれるので、値は当然厳しくなる。ここでは、事故後 1 年以内の対策を対象にして分析したので、出荷制限・廃棄を想定して余命 1 年延長費用を推定したが、長期になると、農業生産段階での対策の費用を基にした推定が必要である。比較的安い費用の対策で食品中の濃度を減減できる農産物では基準は厳しくても効率的だが、水産物や一部の果樹など有効で安価な対策がなかなかないものでは、廃棄を仮定して推定した費用を基にした基準値に近いものが効率的となるだろう。

9 費用便益分析の適用可能性

費用便益分析は、閾値のないリスクについての公的な管理水準を決めるのに有効な手法であるが、限界がある。費用便益分析の重要な限界は、費用便益分析が補償原理に基づいているという、その厚生経済学的基础から出てくる。補償原理は、仮に適切に補償すれば、誰もが効用を高めうるということをもって効率的と

するのだが、補償は仮であって、現実ではないから、現に損失を被る者がいることは排除されない。その損失が重大で、特定の集団にそれが集中して現れる場合には、いかに費用便益分析の結果効率的とされた政策でも、社会は受け入れがたいであろう。例えば、大きいリスクが特定集団に集中している場合、リスク削減政策の便益が費用を下回ったとしても、その政策は非効率だから実施しない方がよいとは言えなくなる。また、リスク削減の費用の方が特定集団に集中する場合もある。

これは、リスクや費用を誰が負担するかという分配の問題である。補償原理は元々、分配の問題を切り離して、純粋に効率性を判定しようとして提案された原理である。それは初めから限界を抱えており、分配の問題が大きくて社会的に重要な状況では、費用便益分析は政策判断のための有効な道具とは言えなくなる。

ICRP の 2007 年勧告では、「線量拘束値」は、最適化のプロセスが公平性を損なうのを防ぐために導入されているということをはじめに記述がある (ICRP 2007, pp.91-93)。最適化がもたらした効率性の観点からなされるプロセスであれば、線量拘束値 (計画被曝状況のための概念だが) が、その限界を補って分配の公平性を確保するという役割分担はわかりやすい。しかし、線量拘束値自体、最適化の中で役割を果たすとも言われており、それが純粋に公平性のためのもなのか、効率性確保の役割をもになわされているのかは曖昧である。現存被曝状況での「参考レベル」が公平性のためにあるのかどうかについては、何も言われていない。

効率性と分配とを統合した万能の政策分析手法を開発しようという試みは何度も行われてきたが、成功していない。おそらく永久に不可能であろう。現実の状況を見ながら、いま費用便益分析を適用することが、社会に受け入れられるかどうか (その論理が誤解されていないという条件の下で) を、対象となっている問題毎に、分析を行う経済学者が見極めていくという、いわば常識的なやり方を超えるものは存在していない (Mishan 1982、岡 1997)。

そういう観点で、食品の放射能汚染の状況を見ると、流通している食品に関する限り、特定集団にリスクが集中しているということはなく、またそのリスク自体が非常に小さいことから、分配の問題よりも効率性の方が重要だと言えそうである。分配が重要なのは外部被曝であって、これは食品からの被曝をはるかに超える大きいリスクをもたらしている。食品に関しては、規制の費用の側にむしろ分配の偏りがあるが、これは現実に補償がなされることで、ある程度緩和されている。

したがって、食品の規制にはもっと効率性の観点を入れてよいだろう。閾値がないという仮定からは、例えば年間といった、ある程度の期間の、平均的な被曝量あるいは総被曝量を管理すべきである。米の場合にそうであったように、100Bq/kg を超える米が流通する可能性を限りなくゼロに近づけるように、広い地域で出荷を止めるという政策は、効果の割に費用が膨大になり、効率性が低下する。平均被曝量を効果的に下げるといった観点からの基準値の決め方が必要だったと思われる。また、今後は、対策を取ってもなかなか濃度が下がらない食品で、生産を長期にわたって中止するのか、あるいは特定食品についての基準値を緩めるのかという選択が問題になるだろう。そこに費用便益分析が必要になると思われる。

参考文献

- [1] B.L. COHEN and I. LEE; A Catalog of risks, *Health Physics*, **36**, 707-722 (1979).
- [2] B.L. COHEN; Catalog of Risks Extended and Updated. *Health Physics*, **61**, 317-335 (1991).
- [3] A. FISHER, L.G. CHESTNUT and D.M. VIOLETTE; The value of reducing risks of death: a note on new evidence, *Journal of Policy Analysis and Management*, **8**, 88-100 (1989).
- [4] 福島県農林水産部 (2011) 『福島県農林水産業の現状』.
- [5] 古川俊一・磯崎肇; 統計的生命価値と規制政策評価, “日本評価研究”, **4**, 53-65 (2004).
- [6] 原子力安全委員会; “飲食物摂取制限に関する指標について” (1998).

- [7] ICRP; Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, *ICRP Publication 26*, p.14 (1977).
- [8] ICRP; The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, *ICRP Publication 103*, pp.91-93 (2007).
- [9] 今長久; 道路交通事故の社会的損害額の推計 “道路交通経済”, 2001-7, 98-105 (2001).
- [10] M.W. JONES-LEE, M. HAMMERTON and P.R. PHILIPS; The value of safety: results of a national sample survey, *The Economic Journal*, **95**, 49-72 (1985).
- [11] H. KAJIHARA, S. ISHIZUKA, A. FUSHIMI and A. MASUDA; Exposure assessment of benzene from vehicles in Japan, *Proceedings of the 2nd International Workshop on Risk Evaluation and Management of Chemicals*, 62-70 (1999).
- [12] A. KISHIMOTO, T. OKA and J. NAKANISHI; The cost-effectiveness of lifesaving interventions in Japan: Do chemical regulations cost too much?, *Chemosphere*, **53**, 291-299 (2003).
- [13] A. KISHIMOTO, T. OKA, K. YOSHIDA and J. NAKANISHI; Cost effectiveness of reducing dioxin emissions from municipal solid waste incinerators in Japan, *Environmental Science and Technology*, **35**, 2861-6 (2001).
- [14] 岸本充生; 確率的生命価値の公的利用—英国と米国の場合, “会計検査研究” **31**, 221-234 (2005).
- [15] 厚生労働省; 食品中の放射性物質の検査, 現在は <http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000001m9tl.html> で月別の値を見ることができる (2011-2012) 閲覧 2012 年 7 月 10 日.
- [16] 栗山浩一・伊藤伸幸・佐藤真行・吉田友美; 放射性物質と食品選択行動—選択実験による分析—, 日本農業経済学会 2012 年度大会 (2012).
- [17] E.J. MISHAN; The new controversy about the rationale of economic evaluation, *Journal of Economic Issues*, **16**, 29-47 (1982).
- [18] 宮里尚三; 労働市場のデータを用いた Value of a Statistical Life の推計, “日本経済研究” **63**, 1-28 (2010).
- [19] 内閣府; “交通事故の被害・損失の経済的分析に関する調査研究報告書” (2007).
- [20] 中西準子 (1995) 『環境リスク論』岩波書店.
- [21] J. NAKANISHI, T. OKA and M. GAMO; Risk/benefit analysis of prohibition of the mercury electrode process in caustic soda production, *Environmental Engineering and Policy*, **1**, 3-9 (1998).
- [22] 岡敏弘; “厚生経済学と環境政策” pp.11-13 (1997) 岩波書店, 東京.
- [23] 岡敏弘; “環境政策論”, pp.101-121 (1999), 岩波書店, 東京.
- [24] 岡敏弘; “環境経済学”, p.190 (2006), 岩波書店, 東京.
- [25] T. OKA, M. GAMO and J. NAKANISHI (1997); Risk/benefit analysis of the prohibition of chlordane in Japan: An estimate based on risk assessment integrating the cancer risk and the noncancer risk, *Japanese Journal of Risk Analysis*, **8**, 174-86 (1997).

- [26] D.L. PRESTON, Y.SHIMIZU, D.A. PIERCE, A. SUYAMA and K. MABUCHI; Studies of mortality of atomic bomb survivors. Report 13: Solid cancer and noncancer disease mortality: 1950-1997, *Radiation Research*, **160**, 381-407 (2003).
- [27] T. TENGS, M.E. ADAMS, J.S. PLISKIN, D.G. SAFRAN, J.E. SIEGEL, M.C. WEINGSTEIN, and J.D. GRAHAM; Five-hundred life-saving interventions and their cost-effectiveness, *Risk Analysis*, **15**, 369-390 (1995).
- [28] T. TSUGE, A. KISHIMOTO and K. TAKEUCHI; A choice experiment approach to the valuation of mortality, *Journal of Risk and Uncertainty*, **31**, 73-95 (2005).
- [29] T.O. TENGS and J.D. GRAHAM; The opportunity costs of haphazard social investments in life-saving, R.W. HAHN ed. *Risks, costs, and lives saved*, 167-182 (1996), Oxford University Press, Oxford.
- [30] UK Department for Transportation; 2005 valuation of the benefits of prevention of road accidents and casualties, *Highways Economics Note*, No.1. (2007) <http://www.fightbackwithfacts.com/wp-content/uploads/2011/07/D.38-Valuation-of-Accidents.pdf> 閲覧 2012 年 7 月 10 日.
- [31] U.S. Environmental Protection Agency; *The benefits and costs of the Clean Air Act, 1970 to 1990*, EPA 410-R-97-002 (1997), <http://www.epa.gov/airprog/oar/sect812/index.html> 閲覧 2012 年 7 月 10 日.
- [32] U.S. Environmental Protection Agency; *Final Regulatory Analysis: Control of Emissions from Nonroad Diesel Engines*, EPA420-R-04-007 (2004), <http://www.epa.gov/nonroad-diesel/2004fr/420r04007a.pdf> 閲覧 2012 年 7 月 10 日.
- [33] 山本秀一・岡敏弘; 飲料水リスク削減に対する支払意思調査に基づいた統計的生命の価値の推定, “環境科学会誌”, **7** 289-301 (1994).