

# 放射性物質汚染食品規制のリスク便益分析

岡敏弘 (福井県立大学経済学部)

2011年11月20日 日本リスク研究学会

## 出荷制限

- 3月21日 福島県原乳と、福島県、茨城県、栃木県、群馬県のホウレンソウ、カキナ
- 3月23日 福島県の葉菜類(非結球性、結球性)、花蕾類、カブ、茨城県の原乳とパセリ
- 4月4日 千葉県のホウレンソウ、シュンギク、チンゲンサイ、サンチュ、パセリ、セルリー
- 4月13日 福島県一部地域の原木しいたけ
- 6月2日 茨城県、栃木県、千葉県、神奈川県の一部地域の茶
- 一方で、4月中旬以降、一部で順次解除
- 水道水でも3月21日から摂取制限、3月下旬から順次解除
- 7月中旬から8月下旬まで福島はじめ4県で牛肉の出荷制限
- 福島県では、現在では、警戒区域内とそこに隣接する、南相馬市の一部、浪江町、葛尾村、飯舘村、川俣町の一部で、葉菜類、花蕾類、カブが出荷制限されている他、県内その他の一部地域で、キノコ類、果物類の一部が出荷制限されている。

## 風評被害？

- 風評被害とは、危険でないものが危険であるという誤解の広まりによって起こる二次的経済損失。
- しかし、閾値がないとすれば、暫定規制値を超えない食品も安全とは言えなくなる。
- したがって、定性的な定義では、何が風評被害かを決められなくなる。逆に、暫定規制値による出荷制限すら、風評被害を起こしているかもしれない。

## リスク便益分析

- リスクを減らすことによって得られるものと失うものとの比較  
    リスク便益 (risk-benefit) 原則
- 失うもの = リスク削減費用
- リスク 1 単位削減費用を算出
- リスク 1 単位削減便益と比較する

## 放射線のリスク係数

- 生涯超過がん死亡率
  - ICRP(2007)... $5.7 \times 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$
  - UNSCEAR(2006)...0.1Sv被曝で $3.6 \sim 7.7 \times 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$
- しかし、リスク削減便益は、年死亡率減少へのWTP  
VSL (value of a statistical life)
- 生涯超過がん死亡率では、便益に結びつけられない。
- 損失余命でリスクを表す

## 広島・長崎原爆被爆生存者の疫学調査から

- Preston et al. (2003) の式
  - ERR 遞減モデル
    - \* 男で  $ERR = 0.35dExp[-0.038(x - 30) - 0.7\log(y/70)]$
    - \* 女で  $ERR = 0.59dExp[-0.038(x - 30) - 0.7\log(y/70)]$
  - ERR 一定モデル
    - \* 男で  $ERR = 0.37dExp[-0.045(x - 30)]$
    - \* 女で  $ERR = 0.63dExp[-0.045(x - 30)]$
- 被曝後 11 年目から上の式に従って超過がん死が現れるとし、2009 年の人口動態統計の年齢別男女別がん死亡率と、2009 年の簡易生命表の年齢別男女別死亡率にこれを当てはめると

## プレストンらのモデルに基づく 10mSv 被曝の損失余命と超過がん死亡率

	年齢	すべての固形がん				甲状腺がん	
		ERR遞減モデル		ERR一定モデル		ERR遞減モデル	
		損失余命 (日)	10万人あ たり超過 がん死数	損失余命 (日)	10万人あ たり超過 がん死数	損失余命 (日)	10万人あ たり超過 がん死数
男	0	14.7	318	18.4	434	0.036	0.79
	5	12.1	262	14.8	347	0.030	0.65
	15	8.2	179	9.4	221	0.020	0.44
	27	5.1	113	5.4	128	0.013	0.28
	42	2.7	62	2.6	64	0.007	0.15
	60	0.8	23	0.7	22	0.002	0.06
	平均	3.8	86	4.2	101	0.009	0.21
女	0	20.1	362	25.2	406	0.125	2.83
	5	16.6	299	20.1	406	0.104	2.34
	15	11.2	204	12.8	259	0.070	1.59
	27	6.8	128	7.3	150	0.045	1.01
	42	3.3	69	3.3	74	0.024	0.56
	60	1.0	28	1.0	27	0.009	0.25
	平均	4.7	91	5.2	109	0.031	0.73
男女	0	17.3	339	21.7	420	0.079	1.78
	5	14.3	280	17.4	375	0.066	1.47
	15	9.7	191	11.0	239	0.045	1.01
	27	6.0	120	6.3	139	0.028	0.64
	42	3.0	65	3.0	69	0.015	0.36
	60	0.9	26	0.9	25	0.006	0.16
	平均	4.2	89	4.7	105	0.021	0.48

5歳は0～9歳、15歳は10～19歳、27歳は20～34歳、42歳は35～49歳、60歳は50歳以上をそれぞれ代表。

2011年3月16日から4月28日までの福島県産の出荷制限対象野菜の放射性物質濃度

	件数	放射性ヨウ素	放射性セシウム
キャベツ	55	152.2	226.3
ほうれんそう	105	1219.6	2340.8
春菊	2	44.0	35.0
ブロッコリー	44	1071.8	1342.5
レタス	11	9.0	0.0
ねぎ	6	11.2	20.5
ニラ	20	164.3	16.9
その他	185	688.9	1914.9
加重平均		444.8	729.5

厚生労働省発表資料から計算。加重平均の加重値は2008-09年の出荷量。NDは0と見なした。



## 経口摂取の被曝線量係数

(mSv/Bq)

	乳児(3ヶ月)	幼児(5歳)児	大人(20歳)
セシウム 134(全身)	$2.6 \times 10^{-5}$	$1.3 \times 10^{-5}$	$1.9 \times 10^{-5}$
セシウム 137(全身)	$2.1 \times 10^{-5}$	$9.6 \times 10^{-6}$	$1.3 \times 10^{-5}$
ヨウ素 131(甲状腺)	$3.7 \times 10^{-3}$	$2.1 \times 10^{-3}$	$4.3 \times 10^{-4}$

注) セシウムはICRP(1995), p.27、ヨウ素はICRP(1992), p.153.

放射性ヨウ素を444.8Bq/kg、放射性セシウムを729.5Bq/kg含む野菜を1kg  
 食べることによる預託線量と損失余命

		乳児(3ヶ月)	幼児(5歳)児	大人(20歳)
預託線量 (mSv)	セシウム(全身)	$1.7 \times 10^{-2}$	$8.2 \times 10^{-3}$	$1.2 \times 10^{-2}$
	ヨウ素(甲状腺)	1.6	0.93	0.19
損失余命 (年)	セシウム	$8.1 \times 10^{-5}$	$3.2 \times 10^{-5}$	$1.9 \times 10^{-5}$
	ヨウ素	$3.6 \times 10^{-5}$	$1.7 \times 10^{-5}$	$1.5 \times 10^{-6}$
	合計	$1.2 \times 10^{-4}$	$4.9 \times 10^{-5}$	$2.1 \times 10^{-5}$

## 福島県産葉茎野菜出荷価格

	出荷量 (t)	平均価格 (円/kg)
はくさい	7630	67.2
キャベツ	5220	76.6
ちんげんさい	596	209.7
ほうれんそう	3830	345.5
しゅんぎく	1060	388.1
アスパラガス	1720	979.8
ブロッコリー	5560	275.9
レタス	2472	160.2
ねぎ	1609	267.4
にら	3100	441.4
		252.2

『福島県農林水産統計年報』(2008-2009)から。  
平均価格は福島といわきの青果物卸売市場の平均。

## 1年余命延長費用 CPLYS (cost per life-year saved)

乳児	幼児	大人
220万円	510万円	1200万円

出荷制限の余命延長費用—福島・茨城・栃木・群馬・千葉—

	放射性物質濃度 (Bq/kg)		CPLYS(万円/年)		
	ヨウ素	セシウム	乳児	幼児	大人
福島県野菜	445	730	220	510	1200
茨城県野菜	3940	289	120	260	2100
栃木県野菜	1020	189	420	910	5100
群馬県野菜	443	186	760	1700	6800
千葉県野菜	740	45	660	1400	12000
原乳(福島・茨城)	214	8	460	980	8900

茨城県、栃木県、群馬県のハウレンソウとカキナ、茨城県のパセリ、千葉県のハウレンソウ、春菊、チンゲンサイ、サンチュ、パセリ、セルリー、および、福島県と茨城県の原乳が対象。非結球葉菜の平均価格を、平成20年青果物卸売市場調査から429円/kg、原乳の農家販売価格を、農業物価統計から83円/kgとした。

## 牛肉の出荷制限

- 汚染された稲藁を使用した農家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(7月25日まで)...最高 4350Bq/kg、平均 457Bq/kg。
- 牛肉汚染問題が起こる前の福島県産牛肉(105件)の放射性セシウム濃度は平均40Bq/kg。

## 福島県産牛肉を1kg食べたときの平均被曝量と損失余命

汚染稲藁 農家比率	放射性セシウム 濃度 (Bq/kg)	被曝量(mSv/kg)		損失余命(分/kg)					
		幼児	大人	0-9 歳	10- 19歳	20- 34歳	35- 49歳	50歳 -	全年 齢
16/314	61	$6.9 \times 10^{-4}$	$9.7 \times 10^{-4}$	1.4	1.4	0.84	0.42	0.13	0.54
32/314	82	$9.3 \times 10^{-4}$	$1.3 \times 10^{-3}$	1.9	1.8	1.1	0.56	0.17	0.73
1	457	$5.2 \times 10^{-3}$	$7.3 \times 10^{-3}$	11	10	6.2	3.1	0.96	4.1

## 牛肉出荷価格

	和牛			乳牛		その他の牛		平均
	めす	去勢	おす	めす	おす	めす	おす	
価格(円/kg)(全国)	1545	1798	409	901	966	1013	973	1246
福島県出荷頭数	6350	7669	7	12161	6855	4	16	

2009年度畜産物流通統計から計算。

## 福島県産牛肉廃棄による余命1年延長費用

汚染稲藁 農家比率	CPLYS(億円/年-獲得余命)					
	0-9歳	10-19歳	20-34歳	35-49歳	50歳-	全年齢
16/314	4.6	4.8	7.8	19	51	12
32/314	3.4	3.6	5.8	12	38	9
1	0.62	0.64	1	2.1	6.8	1.6

## 福島県産牛肉出荷遅れによる余命1年延長費用

汚染稲藁 農家比率	CPLYS(億円/年-獲得余命)					
	0-9歳	10-19歳	20-34歳	35-49歳	50歳-	全年齢
16/314	0.45	0.47	0.76	1.5	5	1.2
32/314	0.23	0.27	0.38	0.76	2.5	0.59
1	0.023	0.024	0.039	0.078	0.25	0.06

## 過去の化学物質対策のCPLYS

事例	余命1年延長費用 (万円/年-LLE)	出典
シロアリ防除剤クロルデンの禁止	4500	Oka et al. 1997
苛性ソーダ製造での水銀法の禁止	57000	Nakanishi et al. 1998
乾電池の無水銀化	2200	中西 1995
ガソリン中のベンゼン含有率の規制	23000	Kajihara et al. 1999
ごみ焼却施設でのダイオキシンの規制		Kishimoto et al. 2001
(緊急対策)	790	
(恒久対策)	15000	

岡 (2006)。

## 死亡リスク削減便益 VSL (value of a statistical life)

- リスク削減便益は、リスク削減への支払意思額 (WTP) で測られる。
- 年死亡率削減への WTP を当の年死亡率削減幅で割ったものは確率的生命の価値 (VSL: value of a statistical life) と呼ばれる。
- 米国では、環境政策の評価に使う VSL として、1986年に160万～850万ドルが妥当という報告が出た。1997年の大気浄化法の評価では480万ドルが用いられた。
- イギリスで1990年代に公共政策評価に使われたのは90万ポンド。
- 日本では3億5000万円という計測結果がある (Tsuge et al. 2005)。
- 米国の1986年の160万～850万ドルは、2010年価格にすれば、280万～1500万ドルである (米商務省経済分析局が発表している名目 GDP と実質 GDP とからデフレーターを逆算すると、2010年と1986年のデフレータの比が1.76になる)。
- 2010年の平均的な円相場87.8円/ドルで円に換算すると、2.5億～13億円になる。1997年の480万ドルは5.5億円に相当。日本の3.5億円もこの中に入っている。
- 年1件の死亡は平均的に40年の余命を失わせるから、余命1年延長に対する WTP (Value of a life-year) は630万円～3300万円である。日本の3億5000万円は880万円に当たる。

## 規制の効率性

- 今回の野菜と原乳のCPLYSは、特に乳児と幼児については、この880万円よりも小さい。
- したがって、おおむね便益が費用を上回る効率的な制限をしたのではないかとと思われる。
- それに対して牛肉の規制では、費用を上回る便益があったとは言い難い。
- ちなみに、出荷制限対象外の野菜、制限解除後の野菜をもし規制していたとしたら

	CPLYS(万円/年)		
	乳児	幼児	大人
福島県対象外野菜	1300	3000	9000
茨城県対象外野菜	2500	5500	28000
茨城県解除野菜	6900	16000	58000
栃木県対象外野菜	2100	4500	28000
栃木県解除野菜	19000	48000	82000
群馬県対象外野菜	8100	18000	89000
群馬県解除野菜	17000	40000	120000
千葉県対象外野菜	1200	2700	20000
千葉県解除野菜	72000	170000	420000
原乳対象外地域	8200	18000	15000
原乳解除地域	65000	140000	1400000



## 費用が便益を超えない基準値

- 余命1年延長便益を  $v$  円、10mSv 当たり損失余命を  $l$  年、飲食物中の放射能1Bq 当たりの預託線量を  $d$  mSv、飲食物1kg 当たりの放射能を  $q$  Bq、飲食物1kg 当たりの出荷制限等規制の費用を  $p$  円とすると、規制の費用がその便益を超えないためには、

$$\frac{vldq}{10} \geq p$$

でなければならない。ここから、費用が便益を超えない基準値の下限を

$$q = \frac{10p}{vld} \quad [\text{Bq/kg}]$$

として求めることができる。

## 費用が便益を超えない放射性セシウムの基準値 (Bq/kg)

(a) 1年余命延長便益が880万円するとき							
年齢	乳児	0-9	10-19	20-34	35-49	50-	全年齢
非結球葉物野菜	438	1105	1155	1871	3746	12246	2884
葉物野菜	255	643	671	1088	2178	7120	1677
牛乳	85	213	223	361	723	2364	557
荒茶	1529	3856	4028	6527	13066	42719	10061
飲料水	102	257	269	435	871	2848	671
牛肉	1325	3342	3491	5657	11324	37023	8720
(b) 1年余命延長便益が3300万円するとき							
年齢	乳児	0-9	10-19	20-34	35-49	50-	全年齢
非結球葉物野菜	117	295	308	499	999	3266	769
葉物野菜	68	171	179	290	581	1899	447
牛乳	23	57	59	96	193	630	148
荒茶	408	1028	1074	1741	3484	11392	2683
飲料水	27	69	72	116	232	759	179
牛肉	353	891	931	1508	3020	9873	2325

非結球葉もの野菜、葉もの野菜、牛乳、荒茶、牛肉の出荷価格をそれぞれ、430円/kg、250円/kg、83円/kg、1500円/kg、1300円/kgとし、これを出荷制限の1kg当たり費用とする。飲料水の摂取の制限の費用は、消費者がボトルの水を買うことによってかかる余分の支出とし、これを100円/kgとする。

## むすび

- 野菜・牛乳・水は、現在の暫定規制値500Bq/kgでも、Value of a life-year = 3300万円の下で、全年齢平均でおおむね効率的。
- 茶と牛肉は非効率的。茶と牛肉の規制値は2000Bq/kgでよい。
- 効率性以外の要素はもちろん重要である。特に特定の人口集団に高いリスクが集中しないかどうかということが。この規制値で規制したときに、実際にどれくらいの濃度の食品が出回り、その中で、極端に高いリスクを負う人が出てこないかかどうかの分析が必要だ。
- 牛肉の規制値が野菜よりも緩くてよい理由は、1kgあたりの価格が高いからである。
- 価格を考慮してよくなったのは、放射線のリスクに閾値がないからである。安全値がないから、特定の食品を1回摂取したときに危ないかどうかは意味がなく、総被曝量または平均被曝量だけが問題になる。そうすると、費用の安い対策からとっていくのが合理的で、したがって、1kgあたりの価格の高いものの1kgあたりの規制値は緩くてよくなるのである。

福島県の米の放射性セシウム(2011年8月24日～10月31日)―厚生労働省―

データ数		度数	
ND	1058	ND	1058
非ND	218	6-20	98
計	1276	20-40	77
濃度 (Bq/kg)		40-60	27
非ND平均	29.5	60-80	4
非ND最大	470	80-100	5
非ND最小	6.3	100-120	3
ND=0と見なした平均	5.0	120-140	1
ND=3と見なした平均	7.6	140-160	0
非NDのSD	38.7	160-180	2
		180-200	0
		200-	1