

農業における放射能汚染対策の費用便益分析

岡 敏弘

(福井県立大学経済学部 oka@fpu.ac.jp.)

環境経済・政策学会 法政大学 2014年9月13日

1 はじめに

2011年3月原発事故後、政府は暫定規制値—野菜・穀物・肉卵魚の放射性セシウムで500Bq/kgなど—を決めて、汚染食品の出荷制限等の規制を始めた。2011年の規制の費用と効果は表1(岡2014)。

Table 1: 福島県の野菜と米の出荷制限の費用と効果

	野菜			米		
	2011年 3月	4月	5月	大波 地区	500Bq超 え地域	100-500Bq 地域
費用(億円)	19	22	9.4	0.45	10	76
損失余命回避(人・年)	21	4.3	0.87	0.14	1.5	7.3
余命1年あたり費用(億円)	0.080	0.51	1.0	3.1	6.6	10

岡(2014)。

ここで「費用」は出荷制限を受けて廃棄された農産物の価値である。「余命1年あたり費用」と対比されるべき余命1年あたり便益は約2000万円である(岡2014)。初期の野菜を除いては、政策の効果に対して費用は非常に大きい。

2012年4月からは新基準値—一般食品で100Bq/kg—が適用されている。農産物がこの基準値を決して超えないようにするために、

- 1) 果樹の除染、
- 2) 水田の吸収抑制
- 3) 米の全量全袋検査

などが行われている。これらの対策が、出荷制限を受けた場合の「廃棄」に比べて安く放射性セシウムの摂取を防げたのなら、新基準による規制は効率的だったことになる。果たしてそうか。

2 果樹除染

福島県伊達地方を中心産地とする、モモ、ナシ、リンゴ、カキなど主要な果実の2011年の放射性セシウムは、当時の暫定規制値500Bq/kgを超えず、出荷制限にはならなかったが、カキの加工品であるあんぼ柿は、試験加工の結果、暫定規制値を超えるものが多く見られたので、加工自粛の措置がとられた。2011年秋から2012年にかけて、2012年産果実とその加工品が新基準値を満たすことをめざして、果樹の樹皮表面を高圧洗浄する除染が行われた。カキでは、粗皮剥ぎも行われた。試験加工されたあんぼ柿の放射性セシウム濃度の平均は表2のとおりである。

Table 2: 試験加工あんぼ柿の放射性セシウム濃度

	(Bq/kg)		
	Cs-134	Cs-137	合計
2011年	-	-	247.7 (SD 197.9)
2012年	50.0 (SD 34.1)	80.0 (SD 53.4)	130.0 (SD 87.1)
2013年	22.1 (SD 13.7)	48.9 (SD 28.8)	71.0 (SD 42.0)

福島県データ。

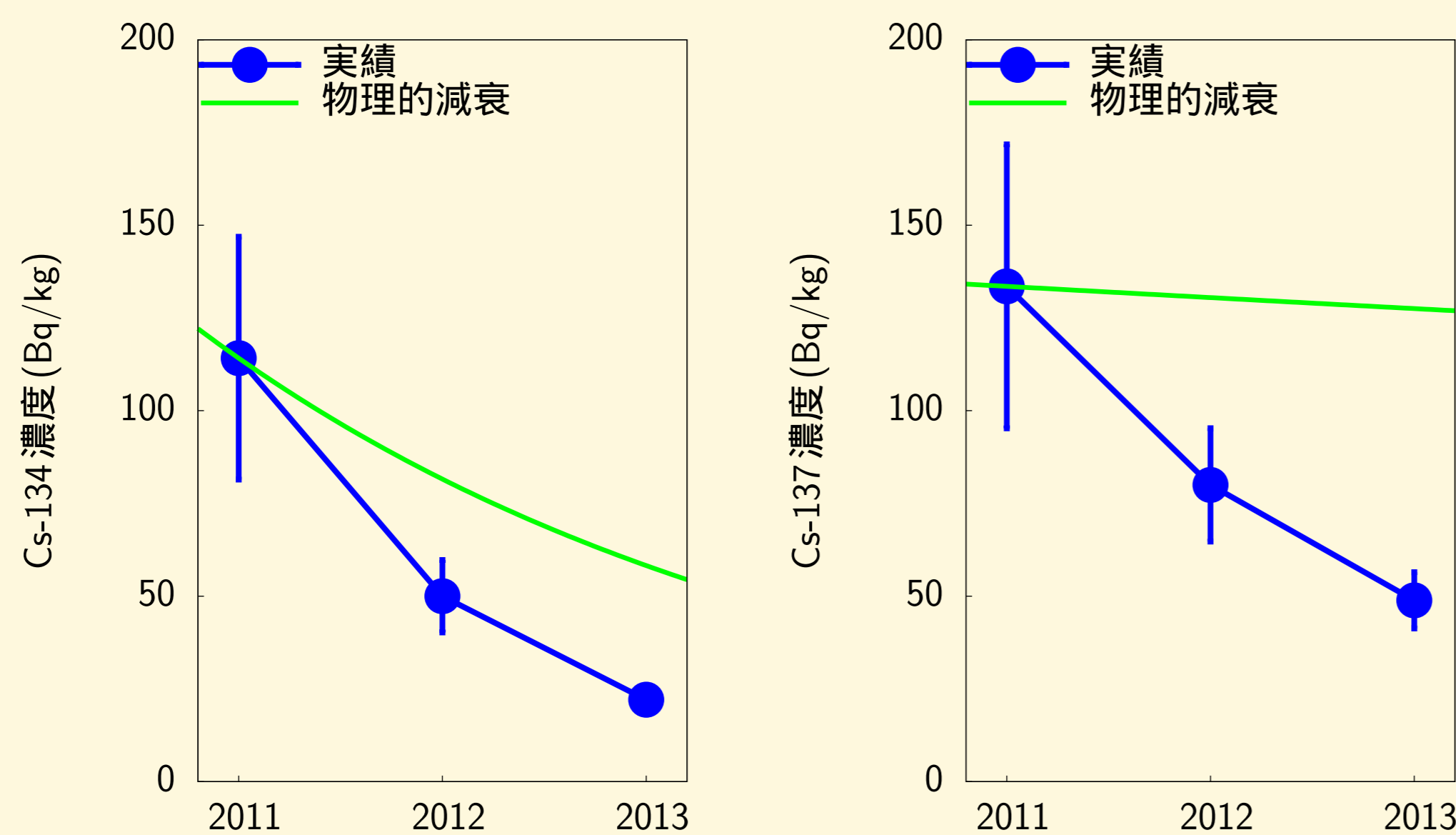


Figure 1: あんぼ柿試験加工の放射性セシウム濃度の推移(伊達地方分)。福島県データ。エラーバーは母集団平均の90%信頼区間。

この実績濃度の推移(図1)は、物理的減衰と自然の生物的減衰と除染による減衰をすべて含んだものである。指数関数的に減衰するとした場合、物理的減衰を除いた減衰係数は

	Cs-134	Cs-137	合計
2011-2012	-	-	0.489
2012-2013	0.480	0.470	0.473

であり、2ヶ年を通してほぼ一定である。

福島県農業総合センターの佐藤守の研究によれば、2011年12月のカキの樹皮の洗浄は、2012年と2013年の果実中の放射性セシウム濃度を下げる効果を持った(佐藤2014)。佐藤ら(2014)は、果実中の放射性セシウム濃度 y [Bq/kg] が原発事故からの経過年数 x とともに指数関数的に減衰していくモデル

$$y = K \exp(-Dx)$$

で、減衰係数 D を

$$\begin{cases} \text{洗浄の場合} & D = 1.19 \quad (95\% \text{CI} : 1.10, 1.28) \\ \text{無洗浄の場合} & D = 0.846 \quad (95\% \text{CI} : 0.772, 0.920) \end{cases}$$

と推定した。除染は、果実の減衰係数を0.344上昇させるのである(95%CI: 0.229, 0.459)。

そこで、除染を行わなかったという仮想ケースでは、物理的減衰を除いた減衰係数が0.344だけ低下すると仮定すると、あんぼ柿中の放射性セシウム濃度への除染の長期的な効果は図2で表されるものになる。

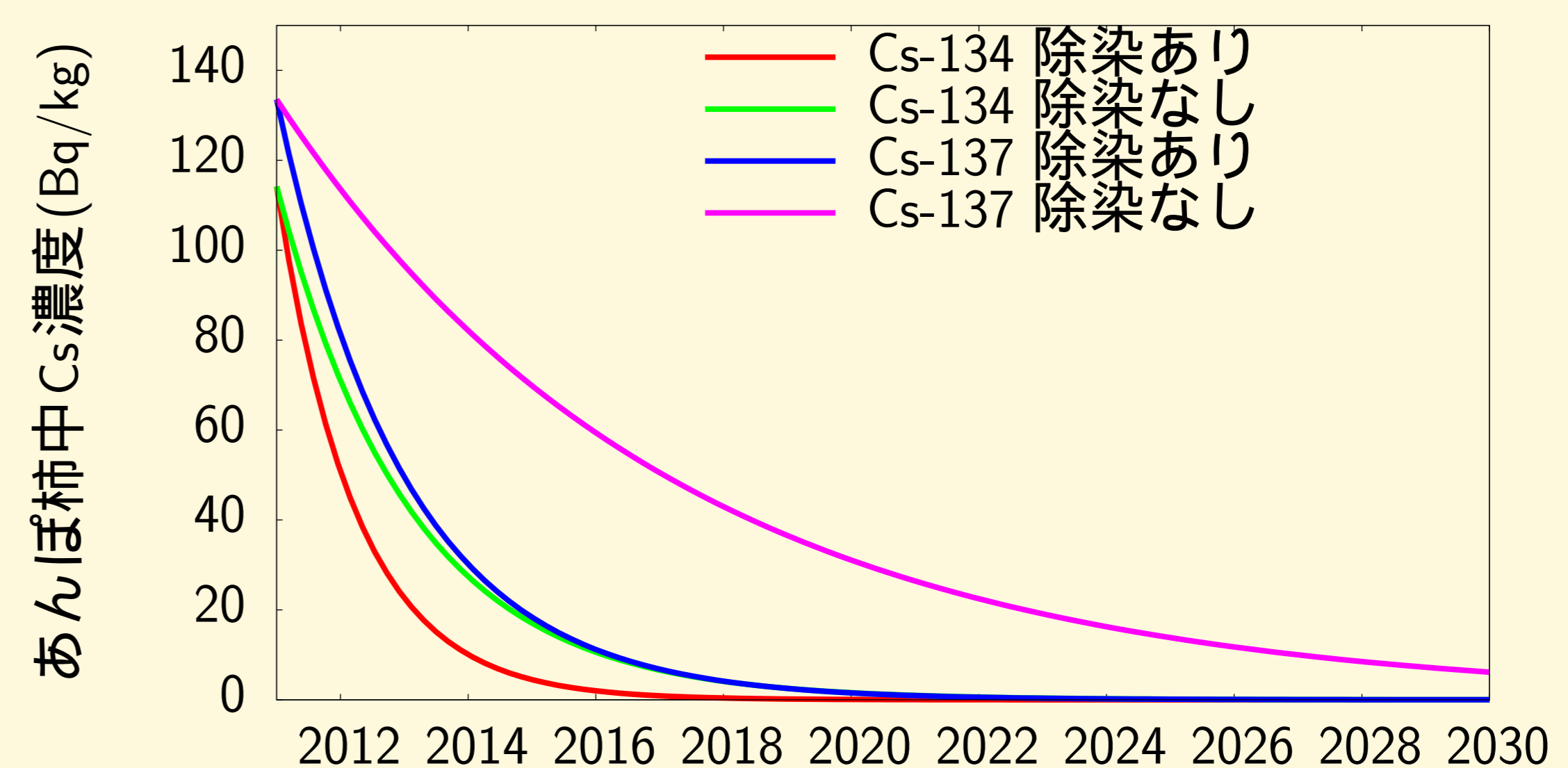


Figure 2: 除染の有無によるあんぼ柿のCs濃度の推移の差

図2の除染の有無による濃度の差に伊達地方のあんぼ柿生産量1737t/年を乗ずれば、あんぼ柿を人々が食べた場合の、除染による放射性セシウム摂取削減量が得られる。これに表3の損失余命係数をかけると、除染による、年々の損失余命の回避量が得られる。

Table 3: 放射性セシウムの損失余命係数

	Cs-134	Cs-137
経口摂取の線量係数 (mSv/Bq) ¹⁾	1.9×10^{-5}	1.3×10^{-5}
線量の損失余命係数 (年/mSv) ²⁾	1.1×10^{-3}	
経口摂取の損失余命係数 (年/Bq)	2.0×10^{-8}	1.4×10^{-8}

1) ICRP(1996), 2) 岡(2014)

図3は累積の損失余命回避を示している。

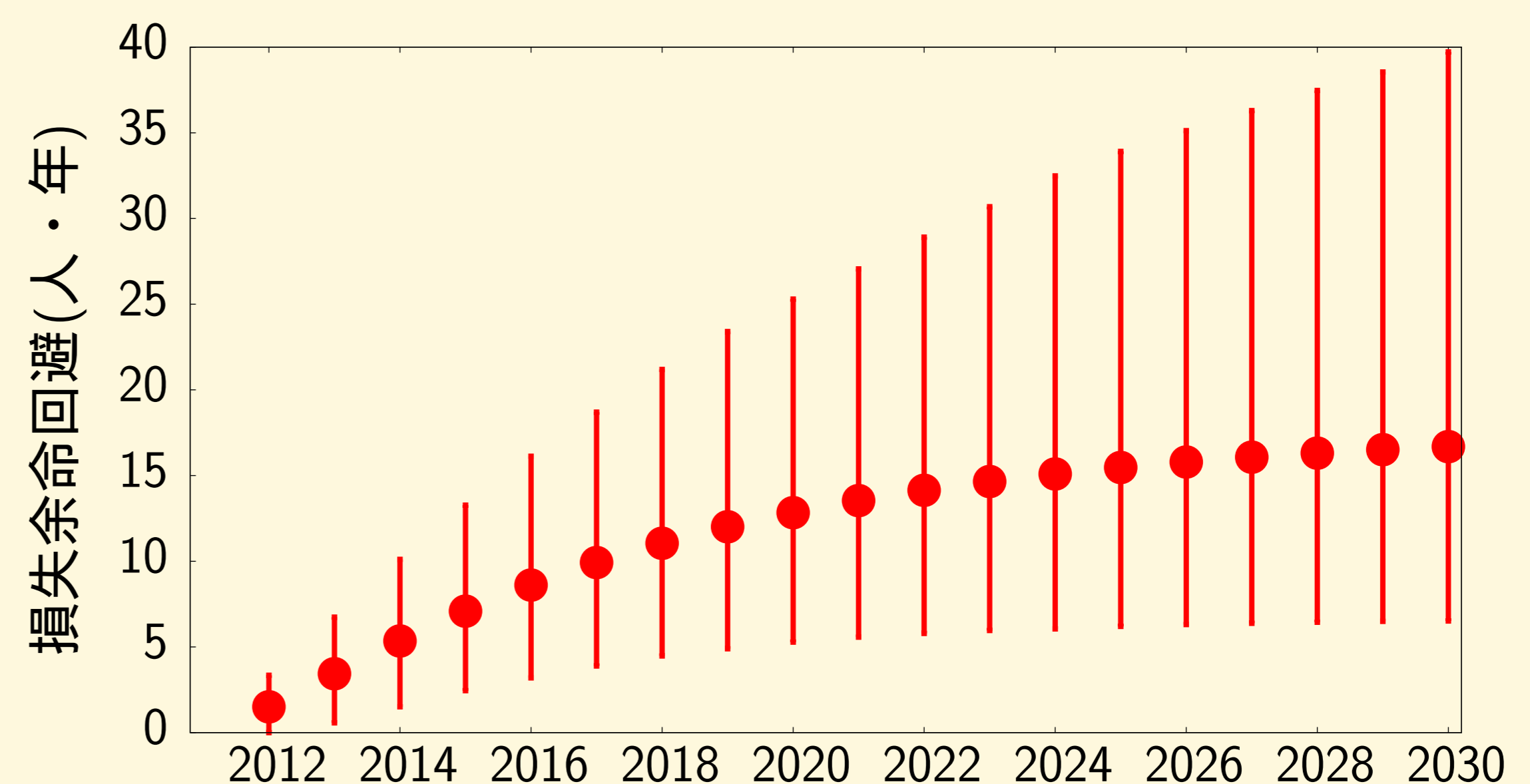


Figure 3: カキの除染による累積損失余命回避。エラーバーは、放射性セシウム濃度の標準誤差と減衰係数の差の標準誤差を反映したシミュレーションの結果による90%信頼区間を示す。

伊達市の果樹除染費用7億3411万円から、国見町と桑折町を含む伊達地方のカキに限った費用を推定すると、6億9890万円となる。これから、損失余命1年回避費用を計算すると、図4のようになる。2012年と2013年の2年で効果を見た場合の1年余命延長費用は2億300万円、5年では8100万円、10年では5200万円、19年では4200万円である。

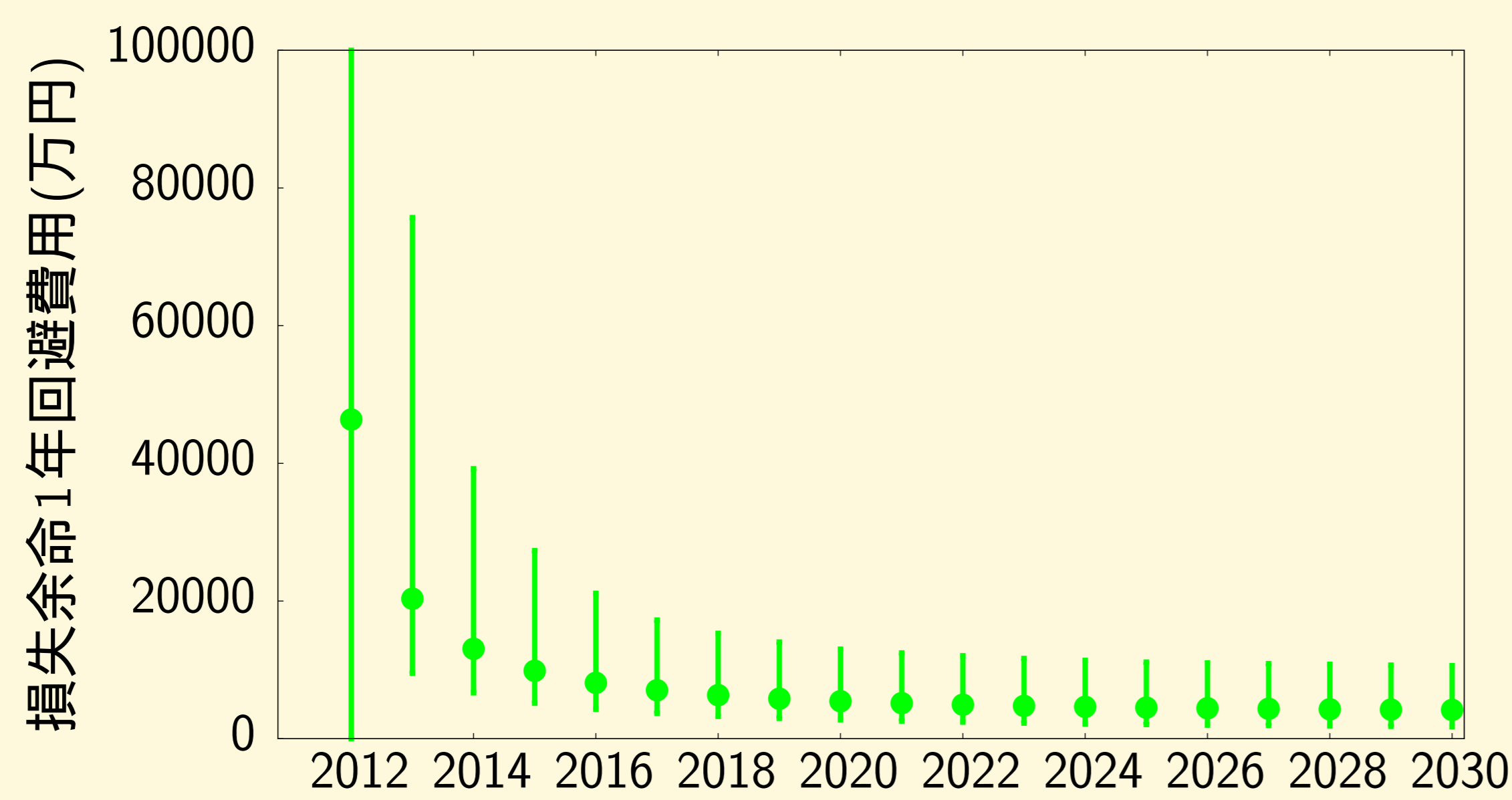


Figure 4: カキの除染による損失余命1年回避費用。エラーバーの意味は図と同じ。

3 水田の吸収抑制策

2011年産米で、14地区(旧町村)で100Bq/kgを超える米を産出した(うち6地区で当時の暫定規制値500Bq/kgを超える米を産出した)伊達市では、珪酸カリとゼオライトをそれぞれ200kg/10a施用し、深耕するという対策を行った。その結果、2012年産米では、すべての米(161632袋)が全袋検査(スクリーニングと詳細検査)で100Bq/kg以下となった。その割合は表4のとおりである。

Table 4: 2012年産米全袋検査の結果(伊達市)

放射性セシウム濃度(Bq/kg)	ND	25-50	51-75	76-100
割合	99.707%	0.255%	0.037%	0.001%

2011年には、14地区の農家のうち、2012年に作付制限となったと思われるものを除いた2603軒の農家の4.495%で100Bq/kgを超える米が産出され、18.440%で100Bq/kg以下の米が産出され(検出限界50Bq/kg)、77.065%で放射性セシウムを検出されない米が産出されていた。これらの米が表4の濃度に移行した。

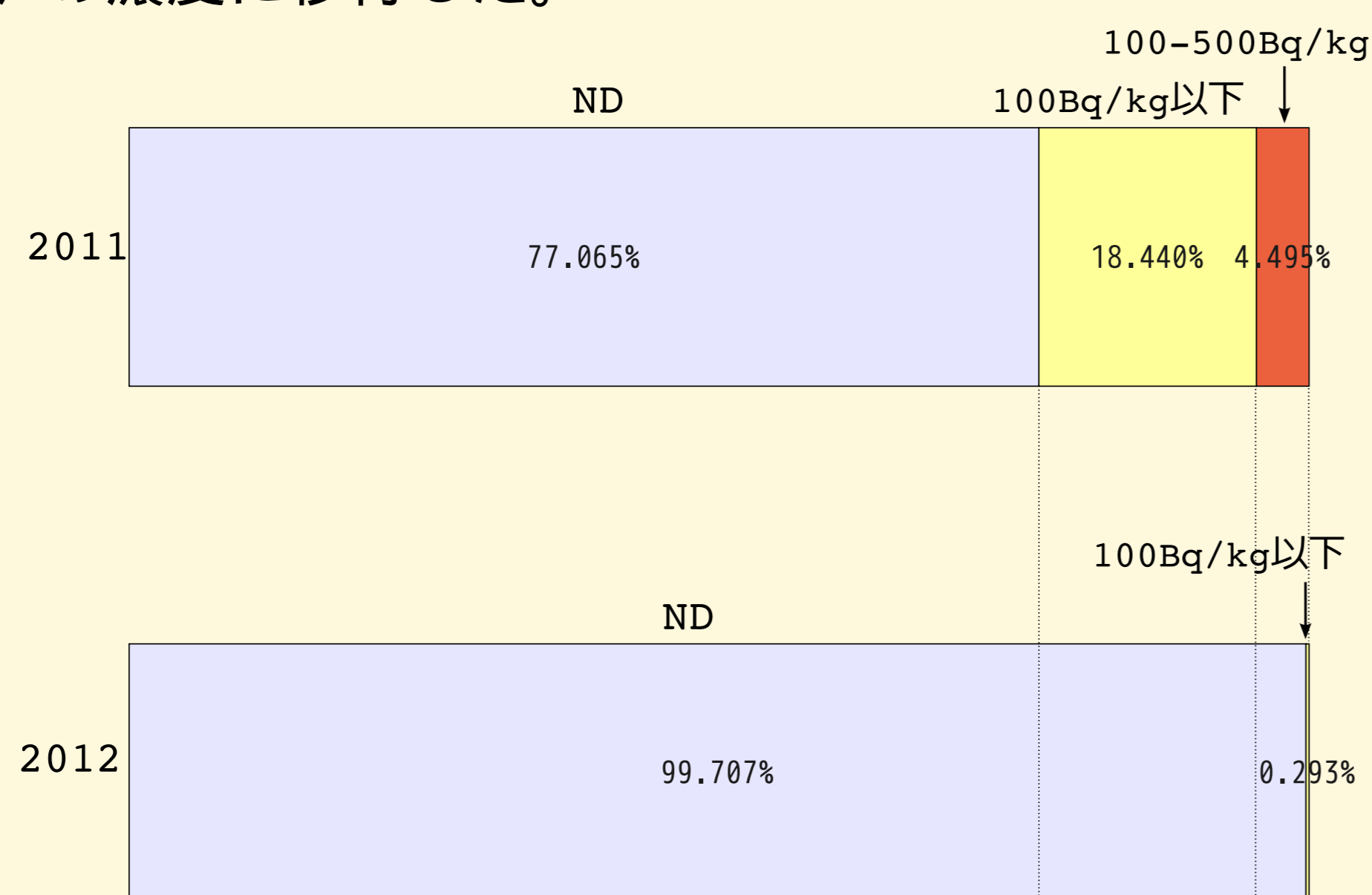


Figure 5: 米の放射性セシウム(伊達市2011年と2012年)

2011年に100Bq/kgを超えた4.495%のうち0.293%が2012年には25~100Bq/kgになり、残りの4.202%は「検出せず」になり、また、2011年に100Bq/kg以下だった18.440%が「検出せず」になったとすれば(図5)、0.293%について平均148Bq/kgの削減、4.202%について平均173Bq/kgの削減、18.440%で平均57Bq/kgの削減があったと推定できる(表5)。

Table 5: 伊達市の水田の吸収抑制策の効果と費用

2011年産の放射性Cs濃度区分	100Bq/kg以下	100-500Bq/kg	500-1000Bq/kg
全体に対する割合	18.440%	4.202%	0.293%
平均濃度(2011年)(Bq/kg)	69	186	186
平均濃度(2012年)(Bq/kg)	13	13	38
削減幅(Bq/kg)	57	173	148
自然減(Bq/kg)	23	61	61
物理減(Bq/kg)	8.3	22	22
対策減(玄米)(Bq/kg)	26	90	65
対策減(白米)(Bq/kg)	11	40	29
費用(万円/ha)	87		
収量(t/ha)	4.4		
単価(円/kg)	197		
単価(円/Bq)	17	5.0	6.9
損失余命(年/Bq)	1.6×10^{-8}		
損失余命1年回避費用(億円/年)	11	3.0	4.2

しかし、この中には物理的減衰とそれ以外の自然の減衰が含まれている。玄米中のCs-137の2011年から2012年にかけての物理的減衰分を含めた自然減衰係数が0.424であるという報告がある(新妻・藤村2014)。物理的減衰係数を差し引くと0.401になる。これがCs-134にも当てはまるとすると、自然の減衰を除いた、対策による削減は、上の区分ごとに、65Bq/kg、90Bq/kg、26Bq/kgと推定される。白米ではそれぞれ、29Bq/kg、40Bq/kg、11Bq/kgとなる。対策の費用が87万円/haであることから、収量を4.4t/haとすると、米1kgあたりの費用は197円になる。よって、白米で40Bq/kg削減したケースで費用は最も安く、5.0円/Bqとなる。1Bq摂取による損失余命 1.6×10^{-8} 年から、損失余命1年回避費用は最も安い場合で3.0億円である。

4 結論

カキの除染は、効果を比較的長く見た場合には、数千万円で1年の損失余命を回避する対策であった。便益2000万円と比べて低いとは言えないが、除染を終えたカキの果実をあんぼ柿に加工して出荷していたら、これは比較的小さい費用でリスクを下げた対策だったと言えるだろう。しかし、2012年は加工自粛が続けられた。その年に強化された新基準値を満たせなかったからである。これによって初年に引き続いて約20億円の価値が捨てられ、それによる損失余命回避費用は1年あたり5億円を超えることになった。

2013年は、50Bq/kgを確実に下回りそうな地域をあんぼ柿加工再開のモデル地区に指定して、加工が再開され、全量検査態勢を整えて出荷が再開されたが、出荷量はまだ原発事故前の10分の1である。

水田の放射性セシウム吸収抑制対策は、最も効率的なごく一部の米(全体の4~5%程度)でも3~4億円かけて損失余命1年を回避する対策であり、それ以外の大半の部分については、前年の汚染米の廃棄を上回るくらい非効率的な対策であると推察される。さらに、福島県の米は、2012年から全量全袋検査を経て出荷されているが、これには県全体で年間約60億円かけ、それによって、2012年産では1000万袋中71袋の基準超えの米を見つけて流通から排除した。これによる損失余命回避はわずかに0.0020年であり、損失余命1年回避費用は2兆円を超える。

これらの対策は、基準値100Bq/kgを超える農産物が流通することを100%防いで、何とか福島産農産物の市場での信頼を回復するためにとられている。規制と風評という状況に対応した当然の対策であるが、それを引き起こした規制の正当性は、効率性を基準にして問うてよいだろう。基準値が一律100Bq/kgでなかったら、これらの対策のいくつかはとられる必要がなかったし、除染を行ったカキの加工をもっと早く再開できただろう。また、基準値に基づいているリスクが元々確率的なものだということを考えると、基準値を超える食品が100%流通してはいけないという性格のものではない。効率的な規制を行うためには、政策決定者と社会通念に確率的な思考を浸透させる必要がある。

謝辞

この研究はJSPS科研費25340144の助成を受けた。

References

- [1] ICRP(1996), Publication 72, *Annals of the ICRP*, **26**(1).
- [2] 新妻和敏・藤村恵人(2014)「同一水田における玄米中の放射性セシウムの経年変化」福島県農業総合センター放射線関連支援技術情報 (http://www4.pref.fukushima.jp/nougyou-centre/kenkyuseika/h25_radiologic/h25_radiologic_22.pdf).
- [3] 岡敏弘(2014)「福島第一原発事故1年目の食品放射性物質規制の費用便益分析—野菜と米の放射性セシウム汚染の場合—」『日本リスク研究学会誌』24(2)掲載予定。
- [4] 佐藤守(2014)「休眠期に汚染された落葉果樹における放射性セシウム移行メカニズムと吸収抑制対策」『日本土壌肥料学雑誌』85(2), 1-4.
- [5] 佐藤守他(2014)「カキ‘蜂屋’葉、果実および樹皮中¹³⁷Cs濃度の経年推移に及ぼす除染の影響」福島県農業総合センター放射線関連支援技術情報 (http://www4.pref.fukushima.jp/nougyou-centre/kenkyuseika/h25_radiologic/h25_radiologic_33.pdf).