

# 環境リスク管理の政策評価—人健康リスクから 生物多様性リスクまで—

岡 敏弘 (福井県立大学経済学部)

日本雑草学会第 54 回大会  
ミニシンポジウム「環境リスク便益分析を学ぶ」  
2015 年 4 月 19 日

# 生物多様性保全にかかる費用

- 2014 年度予算での国の「環境保全経費」は 1 兆 7182 億円で、そのうち「生物多様性の保全及び持続可能な利用」は 1379 億円あるが、そのほとんどは、国営公園、自然公園、森林の維持管理費である。
- 真に生物多様性保全と言える事業は、例えば、特定外来生物防除だが、その経費は、年々 3～4 億円である。
- 福井県では (2014 年度)
  - 「里地里海湖」研究活用推進事業で 5648 万円、コウノトリ飼育繁殖事業で 2106 万円
- 九頭竜川下流農業水利事業の事業費は 1672 億円。
- 生物多様性保全は、数億円、数千万円の事業でも、その効果を厳しく問われる。

- 環境省「外来種被害防止行動計画」(2015年3月26日)に  
沖縄本島やんばる地域と奄美大島の**生態系の経済価値**—環境サービス(生態系サービス)の変化(マングースによるヤンバルクイナやアマミノクロウサギなどの希少な固有種の個体数の減少)の防止に対する年間支払意思額—が、両地域とも**1319億円**  
という記述(13頁)。
  - これが本当なら、年1億数千万円程度のマングース防除事業は簡単に正当化される。
  - 環境保全の「便益」とは何か。
    - 「円」で測られる(金額)。
    - 費用と比較される。

# 便益とは何か

- 便益—市場経済から持ち込まれた概念
- 人が自由市場で商品を買うとき、買う方が効用が高まるから買う。
- 商品を手に入れるのと引き換えにある貨幣額  $x$  円を手放すとき、効用が増えも減りもしないならば、この金額  $x$  円を「支払意思額 (WTP: willingness to pay)」と言う。
- 支払意思額 (WTP) は、その商品を手に入れるのと引き換えに手放してもよいと思う最大金額である。
- $WTP >$  対価なら、購入によって効用が増す。
- WTP が便益である。

## 費用—「便益」の対概念—

- 逆に、ある商品を手放すのと引き換えに要求する最小金額を考えることができる。
- これを「受入補償額 (WTA: willingness to accept)」と言う。
- その商品を手放して、WTA を受け取るとき、効用は増えも減りもしない。
- **対価 > WTA** なら売り手の効用が増す。
- 売るために商品を生産している人は、費用を下回る対価では生産しようとはしないだろう。
- WTA が費用である。

## 費用—「便益」の対概念—

- 逆に、ある商品を手放すのと引き換えに要求する最小金額を考えることができる。
- これを「受入補償額 (WTA: willingness to accept)」と言う。
- その商品を手放して、WTA を受け取るとき、効用は増えも減りもしない。
- **対価 > WTA** なら売り手の効用が増す。
- 売るために商品を生産している人は、費用を下回る対価では生産しようとはしないだろう。
- WTA が費用である。

市場が効率的であるというのは  
**便益  $\geq$  費用**であるものしか供給されないという意味である

# 市場で売られない財の便益

- 公共財

- 学校、図書館、美術館、道路、港湾、ダム...
- 医療、教育、保育、治安、消防...
- 安全や環境も

これらの多くは、市場で(私的主体によって)ではなく、市場外で(公共部門によって)供給される。

- 対価の支払は全く要求されないか、一部しか要求されない。
- 公共財の便益も市場財と同じように測って、公共財供給の効率性を判定しようとするのが費用便益分析—公共事業でも規制でも

# 市場で売られない財の便益

- 公共財

- 学校、図書館、美術館、道路、港湾、ダム...
- 医療、教育、保育、治安、消防...
- 安全や環境も

これらの多くは、市場で(私的主体によって)ではなく、市場外で(公共部門によって)供給される。

- 対価の支払は全く要求されないか、一部しか要求されない。
- 公共財の便益も市場財と同じように測って、公共財供給の効率性を判定しようとするのが費用便益分析—公共事業でも規制でも

つまり、人は公共財にも WTP をもつと仮定する



- 「人の命はお金で測れない」という考え。
- 死亡率の微小な増減はお金と引き替えにしている。
  - 危険な職業の選択、安全度の高い器具や装置の購入
- **リスク** (危険度) の概念
  - 死亡確率、発がん確率、損失余命
- 実際に測る
  - 賃金と職業リスクとの関係を観察
  - 仮想評価法—アンケートやインタビューで聞き出す方法

例えば、年死亡率を1万分の1下げることへの支払意思額の平均が10万円だったとすると

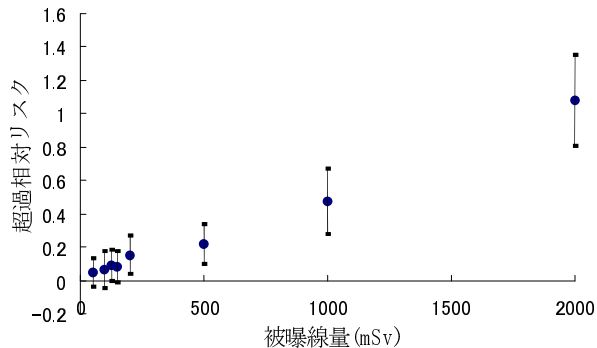
# 確率的生命の価値 (VSL)

- すると、10万円を1万分の1で割った値—10億円—は、(確率的な)人命1件あたりの価値を意味する。
- これは「確率的生命の価値 (VSL: value of a statistical life)」と呼ばれる。
- VSLは確定的な生命の価値ではない。
- (確定的な)人命はあいかわらずお金には代えられない。
- 事故補償や生命保険とは何の関係もない概念である。
- ただ、具体的な、**事前**のリスク増減を伴う公共事業や公的規制の費用便益分析に使えるのみ。

# 日本のVSLの計測例

手法	出典	実施年	VSL(億円)		GDP デフレータ	VSL2012(億円)	
			中央値	平均値		中央値	平均値
表明 選好法	山本・岡 (1994)	1993	16.7	22.4	110.9	13.8	18.5
	今長 (2001)	2000	4.6	14.4	110.1	3.8	12.0
	松岡ら (2002)	2001	2.5	4.2	109.5	2.1	3.5
		2001	3.1	5.3	109.5	2.6	4.4
	Tsuge et al. (2005)	2004	3.5	-	101.3	3.2	-
	内閣府 (2007)	2005	4.6	6.9	96.2	4.2	6.3
		2005	2.3	2.7	96.2	2.1	2.5
	Itaoka et al. (2007)	1999	0.3	1.0	106.1	0.3	0.9
		1999	0.8	3.4	106.1	0.7	3.0
栗山ら (2012)	2012	5.8	-	91.6	5.8	-	
顕示 選好法	古川・磯崎 (2004)	1998	-	8.9	110.1	-	7.4
	宮里 (2010)	2002	-	19.5	104.4	-	17.1

- 原爆被爆生存者の疫学調査から



(Preston et al. 2003 から作成)

# 放射線被曝の健康リスク

- リスクの性質—線形閾値なしの仮定  
安全量はない。安全と危険の境目がない。
- 被曝ゼロをめざす？
- このリスクだけを見れば。しかし、
  - 別のリスクが大きくなる。
  - 他の便益が犠牲になる。
- 実際、様々な基準値は被曝ゼロではない。
  - 避難指示の基準—20mSv/y
  - 職業被曝の線量限度—100mSv/5y, 50mSv/y
  - 食品中の放射性セシウム—100Bq/kg
- これらは「我慢値」

- このうち、食品の放射性セシウムの基準値は、2012年4月から施行されているもので、それまでは暫定規制値—多くの食品で500Bq/kg—が適用されていた。
- この、500Bq/kg から 100Bq/kg への規制強化は何をもたらしたか。
  - 2011年産米で100Bq/kgを超える米を産出した地域の大量の米が廃棄された。
  - 2012年産で、基準値超えを決して出さないように、水田のセシウム吸収抑制対策が行われた。
    - カリウム施肥、深耕
  - 2012年以降、基準値超えの米が決して流通しないよう、全量全袋検査が行われるようになった。
  - 果樹除染でセシウム濃度が低下した2012年産の柿もあんぼ柿に加工して出荷することができなくなった。

# 食品規制の費用—米の場合

- 2011年11月、最初に当時の暫定規制値 500Bq/kg を超える米が見つかった福島市大波地区は出荷停止となり、192t の米が廃棄され、4500 万円の価値が失われたと推定される。
- このほかに 500Bq/kg を超える米が出て出荷停止となった伊達市の6地区と二本松市の1地区では、4400t 分 10 億円の価値が失われたと推定される。
- さらに 100 ~ 500Bq/kg の米を産出した地域の米も出荷されず、32000t 分 76 億円の価値が失われた。

# 食品規制の効果—米の場合

	大波 地区	500Bq 超 え地域	100-500Bq 地域	
白米の平均セシウム濃度 (Bq/kg)	52	24	16	
廃棄された玄米 (t)	192	4400	32000	
回避されたセシウム摂取量 (MBq)	9.1	97	470	
回避された 被曝量	集団 (人 Sv)	0.14	1.5	7.1
	1人あたり * ( $\mu$ Sv)	47	22	14

\* 白米 60kg 食べた場合。

- この被曝回避効果は、費用に見合ったものだろうか。

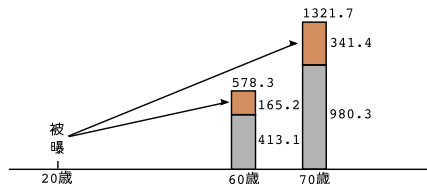
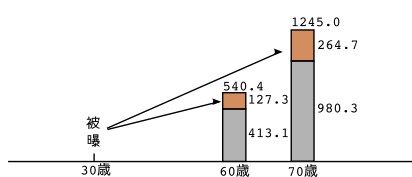


# 被曝回避の効果—損失余命低減—

## ● 放射線影響研究所が出しているモデル—

- 30歳で1Sv被曝して70歳に到達したとき、がん死亡率が、男で27%、女で57%増える。
- この増加率は、被曝時年齢が10増す毎に29%下がり、到達年齢の-0.86乗に比例する。
- この増加率は、被曝線量に比例する。

を使って、放射線によって増えるがん死数と損失余命を計算できる。



# 放射線被曝の損失余命

- 1mSv 被曝の損失余命

被曝時年齢	損失余命 (日)			生涯超過死亡数 (10万人あたり)
	男	女	男女	
0-9 歳	0.98	1.60	1.28	22
10-19 歳	0.63	1.05	0.76	16
20-34 歳	0.40	0.67	0.53	10
35-49 歳	0.27	0.39	0.33	6.8
50 歳-	0.09	0.11	0.10	2.6
全年齢	0.32	0.47	0.39	7.8

- 0.39 日は  $\frac{1.1}{1000}$  年に相当する。

# 米の規制による損失余命低減

		大波 地区	500Bq 超 え地域	100-500Bq 地域
回避された 被曝量	集団 (人 Sv)	0.14	1.5	7.1
	1人あたり* ( $\mu\text{Sv}$ )	47	22	14
回避された 損失余命	集団 (人年)	0.14	1.5	7.3
	1人あたり* (秒)	1.6	0.76	0.49
余命1年あたり費用 (億円)		3.1	6.6	10

\* 白米 60kg 食べた場合。

岡 (2014)

# 食品規制の費用と便益

- 日本の VSL の平均—8 億円。  
死亡 1 件の平均的損失余命は 40 年。  
よって、余命 1 年の価値は 2000 万円—これが損失余命回避の便益。  
5000 万円を超えることはなからう。
- 損失余命 1 年回避の費用は
  - 米の出荷規制では  
3.1 ~ 10 億円
  - 水田のセシウム吸収抑制策では  
(最も安くて) 3.0 億円
  - 柿の樹皮除染では  
(2012 年のあんぽ柿が出荷された場合) 4200 万円
  - 2012 年のあんぽ柿加工自粛  
5 億円
- 効率的な基準値 米の場合 720Bq/kg

# 生物多様性保全の便益

- やんばる地域と奄美大島の生態系の経済価値 (年間支払意思額) **1319 億円** (環境省 2015 年)—どうやって測ったのか。
- インターネット調査 (京都大学他 2013)

以下は仮の質問です。現在、奄美大島ではマングースの防除が行われていますが、防除をやめてしまうと、マングースの生息域が拡大し、アマミノクロウサギが生息する環境が悪化、近い将来に絶滅してしまう可能性があります。そこで、マングース導入前の環境に回復させるため、奄美大島からマングースを 10 年間で完全に駆除することとします。新たに地元を設置された研究機関と NPO が中心となり、政府や鹿児島県などと協力して対策を実施するとします。そして、これらの対策を支援するために「アマミノクロウサギ保護基金」を設置し、皆さんから募金を集めるとします。この基金のお金は、奄美大島のマングースを完全駆除するためだけに使われます。この基金に募金すると、あなたの自由に使える金額が募金した分だけ少なくなることにご注意ください。

問 奄美大島からマングースを 10 年間で完全駆除するためには、あなたに毎年 **1000 円**募金してもらう必要があるとします。募金を集めるのは 10 年間継続し、毎年同じ金額をお支払いしていただくものとします。あなたは、マングース完全駆除のために 10 年間、毎年 **1000 円**を募金してもかまいませんか？

# 仮想評価法による推定

- 金額をいろいろに変えて「はい」「いいえ」の答えを集め、統計的に分析して、WTPの平均値を出す。
  - それが、奄美で2539円、沖縄では2538円だった(中央値はそれぞれ571円、451円)。
  - これに全国世帯数(5195万)をかけた値が、1319億円。
  - このような値を、生物多様性保全の便益として政策決定に用いて良いのか？ 信頼できる値なのか？
  - 疑問の原因は...
    - 様々なバイアス(偏り)が指摘されてきた
      - 戦略的バイアス、仮想性のバイアス、質問の仕方の影響、支払手段の影響...
- しかし、「バイアス」とは真の値を捉え損なうこと。
- 問題はもっと根本的なものだ(岡 2006)。

# 仮想評価法の問題 (1)

- 値が対象の大きさに反応しないこと
  - 面積や個体数が変わっても WTP が変わらない。
  - やんばる地域の面積は奄美大島の面積の半分程度だが、ほぼ同じ WTP になっている。
  - 対象とされているものの保全への WTP ではなく、社会的に良いとされていることに貢献することの満足感だけを測っているのではないか (Kahneman and Knetsch 1992)。
- 保全の WTP と破壊の WTA とが大きく乖離する。
  - 多少の乖離は理論上あり得る。保全によって少し生活水準が上がるのが WTP を上げる効果で。
  - しかし、観察された乖離は WTA が WTP の 4 倍も 6 倍もあるようなもので、理論の予想をはるかに超える。
  - これは、回答者の対象への選好が不安定で、確立していないことを意味する。そうすると、便益評価の基礎が崩れる。

## 仮想評価法の問題 (2)

### ● 支払方法の問題

- 仮想評価法で人の健康や安全上のリスクを削減することへの WTP を聞き出す場合には、安全性を高める具体的な商品を想定してそれを購入するかどうかを問う。仮想だが、私的な商品を購入する状況を設定。
- 入手も支払も私的な出来事で、起こったかが明確である。
- これに対して、生物多様性保全で私的な商品を設定するのは困難だ。そこで、公共的な対策への寄付や税金での貢献意思を問うている。
- しかし、そうして引き出されるものは WTP とは言えない。
  - WTP とは、対象物の入手と引き換えにそれを手放したとき、効用が増えも減りもしない金額のことだった。
  - 1000 円払えばマンゲースが完全に駆除され、払わなければ駆除されないという状況でなければ、1000 円の質問に「はい」と答えた人の WTP が 1000 円以上であるとは言えない。
  - 寄付によって、マンゲースが完全駆除されるかどうかはわからない。なぜなら、私の寄付だけでそれが完全に駆除されるとはとても思えないからだ。それは他の人の寄付にも依存する。



# 仮想評価法の問題 (2-続き)

- 支払方法の問題

- 引き出されるものが WTP とは言えないこと

- さらに、寄付の集まり状況とマンガース完全駆除との間の関係も全く不明である。実際、質問調査の前の方の段階で、

奄美大島では 1979 年に導入されたマンガースの生息域拡大による影響によりアマミノクロウサギの生息数が減少していると考えられています。2003 年の調査ではアマミノクロウサギは 2,000 頭から 4,800 頭が奄美大島に生息すると推定されています。2005 年にマンガースを捕獲する専門チームが作られ、それ以降本格的な防除事業が実施されています。2006 年に 2,712 頭のマンガースが捕獲され、マンガースの生息数は次第に減少してきています。2011 年には 2006 年の約 2 倍のワナによるマンガース駆除を試みましたが、261 頭にまで捕獲数が減少してきています。マンガースの生息数が減少した結果、アマミノクロウサギの生息密度と分布域は回復してきたと推定されています。奄美大島では、現在も完全駆除を目指してマンガース探索犬を導入するなど、一層の対策を実施しています。

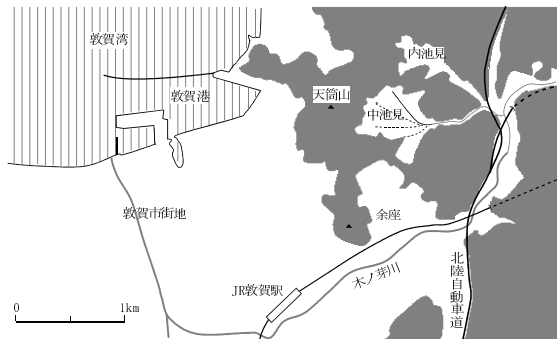
と説明されていた。これは、寄付をしなくてもマンガースは駆除されると思わせる。

- 完全駆除のためには新たな基金が要ると仮定されているようでもあるが、どんな方法かは不明。そしてアマミノクロウサギがどうなるかも...

# 保全の指標の必要性

- 保全対象が曖昧なまま、保全の貨幣価値を求めるというやり方は有望とは言えない。
- まず、政策によって何が保全されるかを示す客観的な指標を作るのが先決だ—一人の健康での損失余命回避のような。
- そのような指標に求められる性質
  - 生物多様性を反映した指標であること
  - 具体的な行為—土地の開発、特定種の保護、外来生物駆除など—の評価ができること
- 「期待多様性損失 (ELB: expected loss of biodiversity)」指標
  - 系統分類を使った多様性尺度
  - 生育地の消失による種の絶滅確率上昇  
(Oka, Matsuda and Kadono 2001, 岡 1999.)

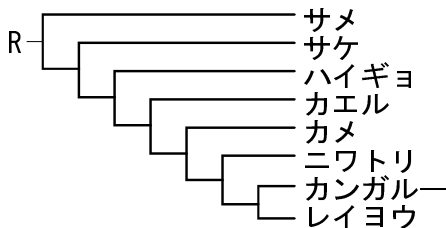
# 中池見 (福井県敦賀市)



- 袋状埋積谷に作られた 25ha の湿田。圃場整備なく、部分的に休耕も進み、多様性に富んだ湿地生態系になっていた。
- 1997 年の植物レッドリストで絶滅危惧、準絶滅危惧とされた植物 15 種。昆虫も豊富。
- 1992 年大阪ガス LNG 基地計画 1996 年にアセスメント終え、3.3ha の保全エリアを設けて開発する計画に。

# 系統分類と多様性尺度 (1)

- 分岐度 (Williams et al. 1991)

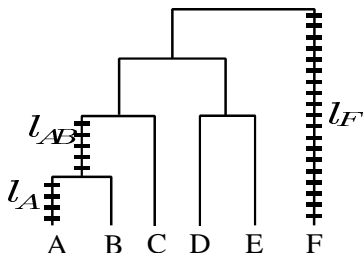


3種を選択する問題では

- $\sum 1/S_{ij} \rightarrow \{ \text{サメ、サケ、その他} \}$  が選ばれる。
- $\sum (U_{ij} + U_{ji})/S_{ij} \rightarrow \{ \text{サメ、カエル、カンガルーまたはレイヨウ} \}$  が選ばれる。

## 系統分類と多様性尺度 (2)

- 系統樹の枝の長さ (Weitzman 1992)

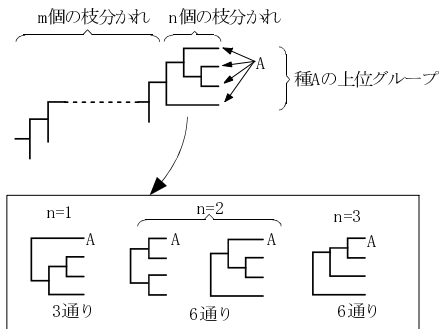


- A の寄与は  $l_A$
- F の寄与は  $l_F$
- B が絶滅した後の A の寄与は  $l_A + l_{AB}$

# 特定の土地の評価に使える指標

- 1つの土地には、何千種の生物がいる。
- 分岐度は、少数の種からなる近縁のグループの中の評価にしか使えない。それらばかりがまとまって生息しているような土地は存在しない。
- 系統樹の枝の長さは、単一の種について定義できる。よって、1つの土地の評価に利用できる。しかし、枝の長さがわかるとは限らない。
- 枝分かれの数の逆数-分岐度定義の中の  $1/S_{ij}$  を枝の長さの代わりに使う。
- 系統関係がわかっていないとき、1グループの中の種数から、枝分かれの数の逆数の期待値を計算する。

# 枝分かれの数の逆数の期待値 (1)



- あるグループ (例えば科) に  $n$  種いるとき、その種からグループの根までの間に  $k$  個の枝分かれがある場合の数は

$$\begin{cases} f_1(n) = f(n-1) \\ f_k(n) = \sum_{i=1}^{n-k} {}_{n-1}C_i f(i) f_{k-1}(n-i) \quad (k = 2, 3, \dots, n-1) \end{cases}$$

を満たす  $f_k(n)$ 。ただし、 $f(n) = \sum_{i=1}^{n-1} f_i(n)$ 。

## 枝分かれの数の逆数の期待値 (2)

- 維管束植物全体の系統樹の根から科までの枝分かれの数が  $m$  で、科内に  $n$  種いるとき、維管束植物全体の系統樹の根と種との間の枝分かれの数の逆数の期待値は

$$E_n \left[ \frac{1}{m+k} \right] = \frac{1}{f(n)} \sum_{k=1}^{n-1} \frac{f_k(n)}{m+k}$$

ただし、 $n > 100$  のときは、近似式

$$\frac{1}{m+1/E_n[1/k]}, \quad \left( E_n[1/k] = E_{n-1}[1/k] \frac{2n-4}{2n-3} \right)$$

- これを維管束植物の最初の枝分かれが起こってからの時間 4 億年にかけたものを種の固有の枝の長さで見なす。



# 絶滅確率の増加

- 1つの生育地がなくなったからといって、種が絶滅するわけではない(固有種を除いて)。
- しかし、例えば全国での絶滅の確率が増すであろう。
- 1997年の植物レッドリストでは、絶滅危惧種の指定に絶滅確率による定量的基準が取り入れられた。
  - CR(絶滅危惧 IA 類): 10年間もしくは3世代のどちらか長い期間における絶滅の可能性が50%以上と予測される場合
  - EN(絶滅危惧 IB 類): 20年間もしくは5世代のどちらか長い期間における絶滅の可能性が20%以上と予測される場合
  - VU(絶滅危惧 II 類): 100年間における絶滅の可能性が10%以上と予測される場合
- この判定に使われた絶滅シミュレーションを使って、中池見の個体群が消失した場合の、絶滅確率の増加(絶滅までの待ち時間の短縮)を計算できる。

# 中池見消失の期待多様性損失 (ELB)

種	生育地数	中池見の個体数	絶滅までの年数 $T$		絶滅確率増分 $\Delta(1/T)$	枝分かれの数	科内種数	多様性への種の寄与		ELB $\Delta(1/T)Y$ (年)
			消失前 (年)	消失後 (年)				$B$	$Y$ (年)	
ミズニラ	149	10-100	89.96	89.89	$8.9 \times 10^{-6}$	3	68	0.073	$2.9 \times 10^7$	260
デンジソウ	51	10-100	32.32	32.26	$6.4 \times 10^{-5}$	9	67	0.049	$2.0 \times 10^7$	1300
サンショウモ	104	10-100	54.57	54.56	$5.7 \times 10^{-6}$	10	10	0.071	$2.8 \times 10^7$	160
オオアカウキクサ	80	100-1000	52.76	52.65	$4.1 \times 10^{-5}$	10	6	0.077	$3.1 \times 10^7$	1300
ヤナギヌカボ	33	1-10	54.00	53.87	$4.3 \times 10^{-5}$	20-21	1000	0.018	$7.1 \times 10^6$	300
ヒメビシ	50	100-1000	85.08	84.06	$1.4 \times 10^{-4}$	25-29	15	0.031	$1.2 \times 10^7$	1800
ミズトラノオ	17	100-1000	35.99	35.54	$3.6 \times 10^{-4}$	29-33	580	0.0085	$3.4 \times 10^6$	1200
オオニガナ	98	100-1000	119.59	118.87	$5.1 \times 10^{-5}$	28-29	20000	0.0053	$2.1 \times 10^6$	110
アギナシ	128	10-100	162.02	161.91	$4.4 \times 10^{-6}$	17-19	249	0.028	$1.1 \times 10^7$	49
イトトリゲモ	29	10-100	37.73	37.51	$1.5 \times 10^{-4}$	17-19	205	0.029	$1.2 \times 10^7$	1800
ミズアオイ	52	10-100	56.44	56.23	$6.7 \times 10^{-5}$	22-26	34	0.030	$1.2 \times 10^7$	800
カキツバタ	81	10-100	102.22	102.15	$6.3 \times 10^{-6}$	18-18	1400	0.016	$6.3 \times 10^6$	40
ミクリ	148	10-100	185.15	185.08	$1.9 \times 10^{-6}$	22-27	20	0.031	$1.3 \times 10^7$	24
ナガエミクリ	114	100-1000	202.22	201.77	$1.1 \times 10^{-5}$	22-27	20	0.031	$1.2 \times 10^7$	140
ミズトンボ	121	1-10	81.80	81.79	$1.5 \times 10^{-6}$	17-21	20115	0.0056	$2.2 \times 10^6$	3.3
合計										9200

(Oka, Matsuda and Kadono 2001)

- ① 絶滅のおそれのある生物種を多くもっている土地ほど重く、
- ② 絶滅のおそれにある生物種の個体数を多くもっている土地ほど重く、
- ③ 系統的に孤立している種を多くもっている土地ほど重く評価される。

# 費用との対比

- 保全エリアによって多様性が保全されると見なした場合
    - 初期投資 10 億円、維持管理費 6000 万円/年 年 1 億 2000 万円
    - 13000 円/年-ELB
  - 保全するためにはガス基地を他の土地に作らなければならないという場合
    - 消費地からの距離が敦賀と同程度の土地に造る—余分の費用 270-470 億円
    - 福井港に造る—余分の費用 910-1000 億円
    - 大和川河口の大阪ガス境製造所跡地に造る—余分の費用 360-440 億円
- 年費用に直すと、10～39 億円 11～42 万円/年-ELB
- しかし、ガス基地計画は経営上の理由から撤回されたので、この費用は 0 であった。
- 現在敦賀市が保全のためにかけている費用。
    - 2009 年～2014 年の年平均で 3400 万円 3700 円/年-ELB

# アゼオトギリ丸岡個体群への適用

- 維管束植物の共通祖先から 29 回の枝分かれでオトギリソウ科にたどり着く (Stevens 2001 onwards)。
- オトギリソウ科の中に 560 種あるので、オトギリソウ科の共通祖先からアゼオトギリまでの枝分かれの逆数の期待値が 0.037。
- これから、維管束植物の共通祖先からアゼオトギリまでの枝分かれの逆数の期待値は 0.018 である。これは 720 万年に相当する。
- 2000 年の植物レッドデータブックで、アゼオトギリの個体群は 25、個体数は 808 で (環境庁 2000)、絶滅までの待ち時間は 45.0 年と評価されていた<sup>1</sup>。丸岡個体群 (250 個体) が加わると、46.3 年に伸びる。
- これによって 1 年あたりの絶滅確率は 1 万分の 6.2 減る。
- 以上から、丸岡個体群の生物多様性への貢献分は

$$720 \text{ 万年} \times \frac{6.2}{10000} = 4500 \text{ 年}$$

<sup>1</sup>回帰式  $T = 2.709 - 4.65 \frac{\log N}{\log(1-R)} + 4.559 \log L$  による ( $N$  は全個体数、 $R$  は平均個体数減少率、 $L$  は個体群の数) (Matsuda et al. 2003)。

# アゼオトギリ保全費用

- 板倉地区での移植等によってアゼオトギリの個体群は保全されつつある。国営九頭竜川下流農業水利事業によって、農業用水の幹線はパイプライン化されるが、板倉地区は、県営の圃場整備が行われず、開水路の用水が残っているから、移植・保全もできたわけである。
- 仮にこの地区のすべての水田が末端までパイプライン化されれば、この事業の恩恵を十全に受けることになるが、アゼオトギリを保全することはできないだろう。
- 末端までのパイプライン化の純便益は、事業の費用便益分析の結果などから推定すると、1ha あたり年 50 万円程度と思われる<sup>2</sup>。10ha を保全のために残すとしても、それにかかる費用（つまりそれによって失われる純便益）は 500 万円程度である。 1100 円/年-ELB
- 丸岡で開水路の用水と畔を残すことは、中池見よりも小さい費用で生物多様性を保全する対策である。

<sup>2</sup>詳しくは、次ページ。

# 九頭竜川下流農業水利事業の純便益

「費用対効果分析の結果 (変更計画:H21.2月確定—国営かんがい排水事業「九頭竜川下流地区」—) (www.maff.go.jp/hokuriku/nnjigyuu/pdf/090623kuzu\_data5.pdf) によれば、九頭竜川下流農業水利事業の年間便益は 101.77 億円で、そのうち、農業生産向上効果が 2.6 億円、農業経営向上効果が 22.41 億円、生産基盤保全効果が 73.54 億円である。総事業費は 1671.66 億円で、このうち国営事業が 1134.62 億円、県営事業が 537.04 億円である。

便益の内、生産基盤保全効果は、施設更新による現況機能の維持であるから、事業費で按分して、県営の部分が年 23.62 億円としよう。これを 0.0581 で割って初期費用に直すと、406.64 億円である。廃用損失額 42.48 億円も事業費で按分すると、県営分が 13.59 億円になる。

県営事業全体の事業費は 641.22 億円 (北陸農政局九頭竜川下流農業水利事業所提供) である。この事業費から上の生産基盤保全効果の県営分 406.64 億円を差し引き、廃用損失額 13.59 億円を足すと、248.17 億円となる。

農業生産向上効果と農業経営向上効果とはすべて県営事業に帰属するとし (過大評価だろうが)、その合計 25.01 億円を 0.0581 で割って初期便益にすると、430.46 億円である。よって、純便益は 182.29 億円。0.0581 をかけて 1 年あたりにすると 10.59 億円になる。この便益が発生する面積が 2100ha なので、50.4 万円/ha になる。

- トマトなどの受粉に使われてきたセイヨウオオマルハナバチが、2005年12月に特定外来生物に指定された。
  - 野菜のハウスから逃げ出し、野外で定着している。
  - 餌資源や営巣場所をめぐって在来種と競合している。
  - 一部のマルハナバチ媒花の繁殖を阻害する。
  - 在来種と交尾する。
- 指定されると、輸入・飼養・保管・運搬・譲渡が原則禁止される。
  - ただし、生業や学術研究目的では、条件をつけて飼養が許可される。
  - 条件は、逃亡を防ぐネット展張と巣箱の処分。

# セイヨウオオマルハナバチ規制の費用

- ネット展張費用
  - かまぼこ形ビニルハウスの場合
    - 5万円/10a 1万円/10a/年
    - これは、夏秋トマトの粗収益—150万円/10a/年—の0.7%
    - 蜂を使わないことの不利益は、余分の労働マイナス蜂の費用で1.7万円/10a
  - 大規模な屋根型ハウスの場合
    - 45万円/10a 9万円/10a/年
    - これは、冬春トマトの粗収益—310万円/10a/年—の3%
    - 蜂を使わないことの不利益は、余分の労働マイナス蜂の費用で10万円/10a
- 全国で4.9～7.5億円/年。これは蜂利用トマト推定出荷額の0.6～1%。トマト出荷額全部の0.3～0.4%。(岡 2006)
- ネット展張には、黄化葉巻病予防という便益もある。



# セイヨウオオマルハナバチの期待多様性損失 (試算)

- 北海道鶴川町で セイヨウオオマルハナバチの占有率が 1.85 倍になった (2003-2005) とき、エゾオオマルハナバチ占有率が 12 分の 1 になった (観察率も 10 分の 1 に)(Inoue et al. 2006)。
- これが北海道全土で起これば、絶滅危惧 II 類 (VU) に相当。
- VU が 100 年で 10%以上の絶滅確率なら、1 年で 0.1%。
- エゾオオマルハナバチの多様性寄与は 260 万円。
- よって、セイヨウオオマルハナバチ規制で減る ELB は 3000 年。
- 16 万 ~ 20 万円/年-ELB。

- 人の健康リスクを減らす対策の効率性を費用便益分析で測るのは有効だ。費用便益分析以外に、例えば食品中の放射性セシウムの基準値を合理的に決める方法はない。
- 生物多様性保全政策に費用便益分析を適用するには、保全便益の信頼できる値が必要だが、それはまだ得られていないし、原理的に困難。
- 健康での損失余命のような、生物多様性リスクの客観的な指標が必要だ。
- 絶滅危惧植物が生育する土地を開発するリスクは期待多様性損失で測ることができる。
- 保全にかかる費用をそれで割れば、いくつかの対策を相互比較できる。
- それ以外の生物多様性への危険を定量的・横断的に表すのは難しい。
- 個別政策の規制の経済的影響を測り、それが重大かどうかを見ることがはできる。

- 環境省・農水省・国交省 (2015) 『外来種被害防止行動計画—生物多様性条約・愛知目標の達成に向けて—』 (平成 27 年 3 月 26 日).
- 環境庁 (2000) 『改訂・日本の絶滅のおそれのある野生生物—レッドデータブック—8 植物 I(維管束植物)』 自然環境研究センター。
- 京都大学・長崎大学・北海道大学・東北大学・甲南大学 (2013) 「平成 24 年度環境経済の政策研究 わが国における効果的な生物多様性の経済価値評価手法及び経済価値評価結果の普及・活用方策に関する研究報告書」平成 25 年年 3 月。
- 岡敏弘 (1999) 『環境政策論』 岩波書店。
- 岡敏弘 (2006) 『環境経済学』 岩波書店。
- 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』 第 24 巻 2 号、101-110 頁。
- Kahneman, D. and Knetsch, J.L. (1992), 'Valuing Public Goods: the Purchase of Moral Satisfaction', *Journal of Environmental Economics and Management*, **22**, pp. 57-70.
- Matsuda, H., Serizawa, S., Ueda, K., Kato T. and Yahara, T. (2003), 'Assessing the impact of the Japanese 2005 World Exposition Project on vascular plants' risk of extinction', *Chemosphere*, **53**, 325-336.

- Oka, T. Matsuda, H. and Kadono, Y. (2001), 'Ecological risk-benefit analysis of a wetland development based on risk assessment using "Expected Loss of Biodiversity"', *Risk Analysis*, **21**, 1011-1023.
- Ozasa et al. (2012), *Radiation Research*, **177**, 229-243.
- Preston, et al. (2003), *Radiation Research*, **160**, 381-407.
- Stevens, P. F. (2001 onwards). Angiosperm Phylogeny Website. Version 12, July 2012 [and more or less continuously updated since].  
<http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/>.
- Williams, P. H., Humphries, C. J. and Vane-Wright, R. I. (1991), 'Measuring biodiversity: taxonomic relatedness for conservation priorities,' *Aust. Syst. Bot.*, **4**, 665-679.
- Weitzman, M. L. (1992), 'On diversity,' *The Quarterly Journal of Economics*, **107**, 363-406.