リスク論

- ヒトが生活するための環境開発や産業活動は，利便性を高める一方，有害作用を起こすリスクもある→定量的な risk-benefit 評価手法としてのリスク論ニーズ
- 教科書的な参考文献
  - 栗山浩一『環境の価値と評価手法』，北海道大学図書刊行会，1998
  - 吉田文和・北畠能房編『岩波講座　環境経済・政策学第 8 巻　環境の評価とマネジメント』，岩波書店，2003
  - 中西準子・益永茂樹・松田裕之編『演習：環境リスクを計算する』，岩波書店，2003
  - 中澤　港「開発と環境保全の相互関連性―マルチエージェント・モデルによる分析」大塚・篠原・松井編『生活世界からみる新たな人間 - 環境系』東京大学出版会，2004
  - 東　賢太朗・市野澤潤平・木村周平・飯田卓『リスクの人類学：不確実な世界を生きる』世界思想社，2014.
  - 吉川肇子『リスクを考える―「専門家まかせ」からの脱却』ちくま新書，2022.
  - 福田充『リスクコミュニケーション：多様化する危機を乗り越える』平凡社新書，2022.
  - Baker D, Nieuwenhuijsen MJ: "Environmental Epidemiology: Study Methods and Application." Oxford Univ. Press, 2008.
  - WHO: “Microbiological Risk Assessment: Guidance for Food”, WHO, 2021. https://www.who.int/publications/i/item/9789240024892
- 具体的な事例研究
  - 中西準子『原発事故と放射線のリスク学』日本評論社，2014.
  - 牧野淳一郎『被曝評価と科学的方法』岩波書店，2015.
  - 竹村和久編著『社会心理学の新しいかたち』誠信書房，2004.

リスクの種類

- リスク＝観察対象に何らかの（通常，価値が損なわれる）事象が発生する確率
  - 環境リスク＝環境の価値が損なわれる
  - 生態リスク＝生態系の価値が損なわれる
  - 健康リスク＝健康が損なわれる
- 中西・益永・松田 (2003)「環境リスクを生態リスクと健康リスクに二分して考える」

環境の価値のいろいろ

- 利用価値
  - 直接的利用価値：消費可能な生産物として得られる価値。木材生産，食糧生産など。
  - 間接的利用価値：消費できないが間接的に利用することで得られる価値。レクリエーション機能，水源涵養機能，国土保全機能，Nature Service 等。
  - オプション価値：現在利用されていないが将来的には利用される可能性があるので，それまで自然環境を残しておくことで得られる価値。
- 非利用価値
  - 遺産価値：遺すものがあるという価値
    （cf. 世界遺産白神山地 https://www.shirakami-visitor.jp/nyuuzan.html）
  - 存在価値：存在するという情報によって得られる価値

（例）干潟の価値

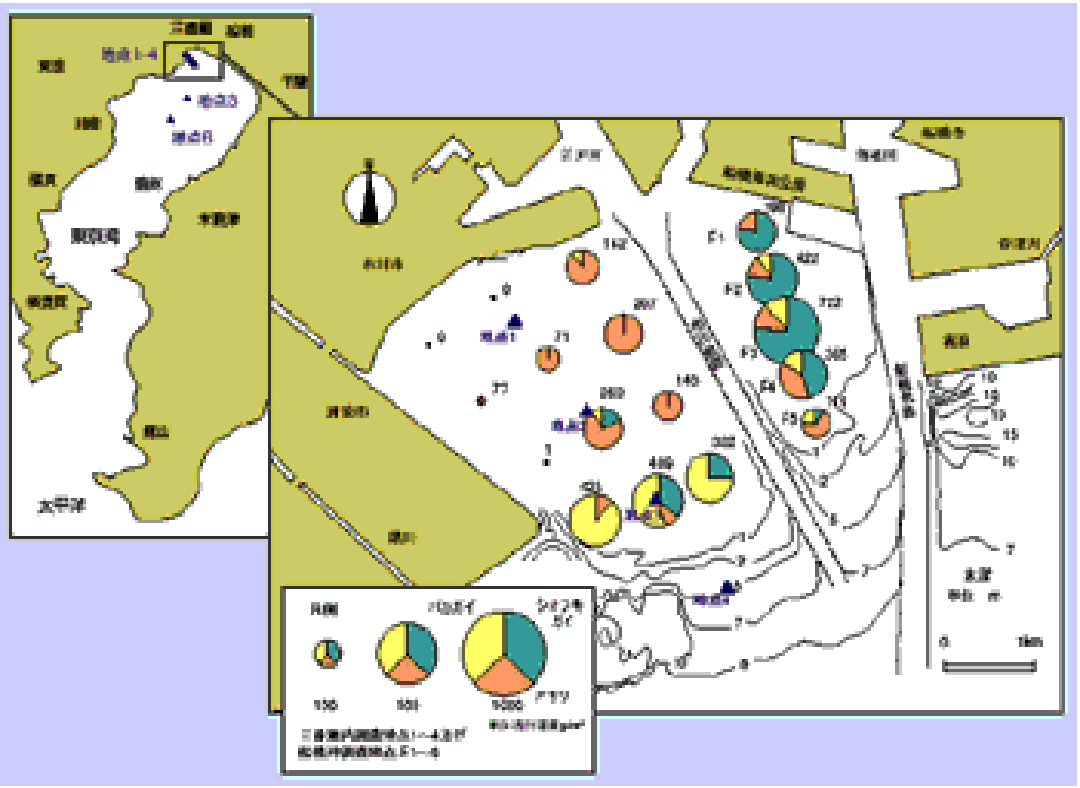
- 利用価値
  - 直接的利用価値：漁師にとってはアサリや海苔や魚を育んでくれる場（財源・食料）
  - 間接的利用価値：観光客にとっては遊び場，アサリなどの水棲生物が川を流れてくる汚水を浄化してくれる，湾の環境保全機能（Nature Service）
  - オプション価値：将来に向けて干潟環境を残しておくと，価値が見いだされるかもしれない（例えば，東京湾外で捕れる魚の産卵場所の多くが三番瀬のアマモであることは，長い間知られていなかった）
- 非利用価値
  - 遺産価値：人工干潟をいくらつくっても定着しないので，自然の干潟を残すことは世界遺産として意味がある
  - 存在価値：渡り鳥が休める干潟があるだけで嬉しいからラムサール条約 (https://www.env.go.jp/nature/ramsar/conv/) で保護

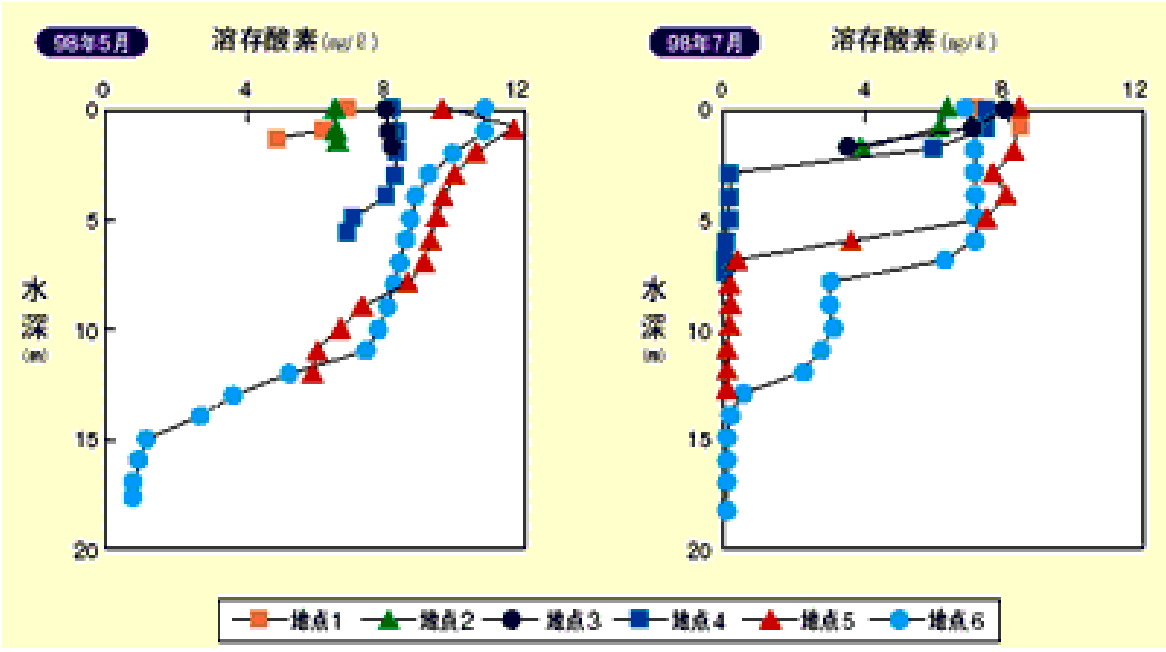
（参考）ラムサール条約湿地

- 1971 年２月２日にラムサール（イランの都市）で開催された国際会議で採択された湿地に関する条約「特に水鳥の生息地として国際的に重要な湿地に関する条約」を「ラムサール条約」と呼ぶ。
- ３つの柱
  - 保全・再生：水鳥の生息地としてだけでなく，生活を支える重要な生態系として，幅広く湿地の保全・再生を呼びかける
  - ワイズユース：地域の人々の生業や生活との両立のため，湿地の生態系を維持しつつそこから得られる恵みを持続的に活用する
  - 交流・学習：保全・再生やワイズユースを進めるための教育や啓発活動
- 世界のラムサール条約湿地は下記サイトで一覧可能
  https://rsis.ramsar.org/
- 環境省のラムサール条約のページ
  https://www.env.go.jp/nature/ramsar/conv/
  - 日本のラムサール条約湿地一覧
    https://www.env.go.jp/nature/ramsar/conv/RamsarSites_in_Japan_popup.html
  - 英文パンフレット
    https://www.env.go.jp/en/nature/npr/ramsar_wetland/pamph/ramsarpamphen/ramposter52.pdf

Nature Service: 東京湾三番瀬の例

- https://www.nies.go.jp/kanko/kankyogi/03/09-11.html
- 底質は細かい砂が多く二枚貝が多い
- 夏季に溶存酸素が低下することがあるが生物の生育には十分な水質
- 二枚貝だけで１日当たり44 cmの高さの水を濾過。水深 2m 程度の三番瀬では，数日で海水を全て濾過。





人工物の価値も同様？　原発？

- 利用価値
  - 直接的利用価値：発電（福島原発の場合，受益者は東京電力管内の都市住民），事故が起きた時の放射能汚染（負の利用価値：負担を被るのは周辺住民）
  - 間接的利用価値：交付金によるインフラ整備や原発労働者が周辺に落とす金，税収（受益者は周辺住民や行政）
  - オプション価値：高レベル放射性廃棄物からプルトニウムを精製すると原爆が作れる
- 非利用価値
  - 遺産価値：高レベル放射性廃棄物が安全に処分できずに貯まっていく不安（30km 圏はもちろん，100km 離れていても風下に位置する可能性がある場所の住民にとって負の遺産価値）
  - 存在価値：脱原発できないことは国際的に恥ずかしいと考えたら負の存在価値（国民なら誰でも），反面，国力を示すために有効と考える人もいる
- 「リスク＝価値が損なわれる」と考えれば，再稼働するリスクと再稼働しないリスクの両方が存在する

リスク評価と管理の枠組み

- 昔はゼロリスクを目標にしていたが，ほとんどの場合に不可能とわかりパラダイムシフト⇒リスク管理が必要
  - ただし、感染症の場合、根絶 (eradication) あるいは排除 (elimination) という形で、一時的にでもゼロリスクにすることは可能
  - そのために必要なコストをどう考えるか？　が問題
- リスク管理は，リスク評価，リスクコミュニケーションとは別管轄
  - （例）食品のリスクについては，リスク管理は農林水産省が担うけれども，リスク評価とリスクコミュニケーションは食品安全委員会が担う（機能しているかどうかは別にして，とりあえず管轄は異なっている）
- 健康リスクや環境リスクについては，リスク管理もリスク評価もリスクコミュニケーションも，管轄省庁が同一。健康はすべて厚生労働省，環境はすべて環境省。（放射線はすべて経産省だったが 2012 年 4 月から原子力安全庁が環境省外局に）

リスクコミュニケーション

- 「あるリスクについて直接間接に関係する人々が意見を交換すること」（出典：ミレニアムプロジェクト），「環境リスクに関する正確な情報を，行政・事業者・国民・NGO・専門家などすべての者が共有しつつ，相互に意思疎通を図ること」（森，2002 より改変）
  - リスクマネージメントにおいて当然行われる Public Involvement の前提としても非常に重要
  - 環境倫理学でいう environmental justice とも関連。
  - 人間の価値観の多様性が根底にあるので，互いに異なる価値観の存在を認め合って初めて利害の調整や合意形成が可能に
- ガイドライン
  - 環境省「自治体のための化学物質に関するリスクコミュニケーションマニュアル」→「リスクコミュニケーションチェックシート集」：主催者，司会者，参加者それぞれに対して，説明会や勉強会が十分に有効に機能したかどうかを会議の前後にチェックするための要点が示されている。
- 岩田健太郎 (2014)『「感染症パニック」を防げ！　リスク・コミュニケーション入門』光文社新書も参考になる。平時のリスクコミュニケーションと災害被災時などのクライシスコミュニケーションの違いも重要

リスクトレードオフ

- 1つのリスクを下げると別のリスクが上がること
  - 南アジアで深井戸を掘って飲料水にしたら，細菌感染は減るが砒素中毒リスクが上昇
  - ダムの治水は洪水リスクを下げるが，計画を超えた雨量があると，ダムを守るために一気に大量放水→下流は大洪水；放水せずにダムが決壊したらさらに被害は莫大→ダムを造らない方が被害が小さかった可能性も
- 健康リスクの場合はより本質的
  - 公衆衛生や栄養の水準が低ければ，少しコストをかけてそれらを向上すると，それらの改善と同期して平均寿命や健康寿命は延びる（集団レベルで健康リスク削減ができる）。この場合はリスクトレードオフの問題は生じにくい
  - 既に公衆衛生や栄養の水準が高くなって，低栄養や感染症による死亡がほとんど見られなくなったあとは，健康リスク対策に金をかけても効果が出にくい。より低いリスクへの対策ほどリスクトレードオフの問題が生じやすい
  - 薬やワクチンには確率は低いが有害副作用もあるため，個人レベルではある疾病リスクへの対策が別に疾病リスクを上げることはある。死亡リスクが下がってもQOLが下がる可能性もある。これも一種のリスクトレードオフ。
- 健康リスクと生態リスクのトレードオフは多くの先進国が通った道
  - 水路の三面コンクリ張り護岸や農薬によって日本住血吸虫の宿主であるミヤイリガイが激減し日本住血吸虫症も根絶できたが蛍の幼虫の餌となる貝もいなくなり蛍も激減し水田や川の生態系が激変するなど

環境リスク管理の原則

- 環境保全は，人類の存在そのものや生活の利便性，福祉といったものと相反する面があるので，環境保全策を実施するには，環境保全の効果と他の面への多様な負の効果をうまく調整しなければならない。この調整が環境リスク管理の役割
- 環境リスク管理（環境リスクマネジメント）は，
  - 環境リスク削減を目的（環境の価値の損失を防ぐ）
  - その削減策がより大きな別のリスクを生まない
  - 限られた資源の下で削減の優先順位をつける
  - 他の原因による健康リスクや生態リスク削減策との整合性を考える
- つまり，総体としてベネフィットがコストを上回らねばならない
  - ただし，そのためには正負の効果やトレードオフ関係（リスクトレードオフ）の正確な把握が必須

環境汚染物質への曝露評価の原則

- 発生源
  - 空気(大気汚染):複数の汚染物質が低濃度で混ざった状態で曝露する。
  - 水:飲用量は人によって違うが，通常少数のソースから。
  - 土壌とホコリ:空気，作物，家畜，地表水などを通じて間接的に影響することもある。
  - 食物:水俣病では魚介類からのメチル水銀，イタイイタイ病ではコメからのカドミウム曝露
- 曝露経路
  - 呼吸器系から経気，胃腸を通しての消化吸収，皮膚からの吸収
- 曝露パラメータ
  - 持続時間，濃度，頻度

環境リスクアセスメント

- 環境リスクアセスメントをするのは，環境管理を目的にしているのだから，コストの評価も重要
- 環境影響評価法では，一定規模以上の公共事業を実施する前に，環境影響評価をすることが義務付けられている。1000 ページくらいの評価書ができ，それが公開されて Public Involvement (PI) を行うのが普通。
  - そうはいっても，1000 ページの専門用語と数字が散りばめられた文書を読める一般人はそうそういないので，多くの場合，PI は一般の人の意見も聴きました，という行政のアリバイ作りになっているのが現状
- 小規模の開発では義務付けられてはいないが，環境問題や生態系のような複雑系では間接影響の非決定性のために多面的なアセスメントの意義は大きい（非決定性ゆえに，幅が重要）。

リスクアセスメントの方法

- 直接的評価（点推定量であることが多いが，リスクコミュニケーションを考えると幅が重要）
  - リスクそのもの（なんらかのエンドポイントの生起確率そのもの）：例えば発がんリスクなら，観察対象者のうち，観察期間内にがんを発症した割合となる。対策の評価は，リスクをどれだけ下げるのにどれだけコストがかかるかという視点で行われる
  - リスクはハザード（評価対象物質の毒性）と曝露量の積によって決まる
  - 逆に考えると、リスクが許容水準以下であるためには、各評価対象物質について、ハザード比（＝曝露量／許容曝露量）が1未満でなくてはならない
  - エンドポイントの包括的指標として、損失余命またはDALYs
- 間接的評価（ヒトによる価値観の反映を含む）
  - CVM（ Contingent Valuation Method ）
  - コンジョイント分析……アンケートで良さそうなプロファイル（シナリオ）を選んでもらう方法。DCE（ Discrete Choice Experiments ）。候補の出し方にさまざまな工夫がある。
    https://www.who.int/hrh/resources/dceguide/en/
  - CRA（ Comparative Risk Assessment ）

ハザード比

- がんの場合は，死亡をエンドポイントとしてリスクが評価されるが，一般に発がん確率＝がんによる死亡の確率とみなされる。致死的な事故による障害も死亡をエンドポイントとしてリスクが評価されるので比較可能。致死的でない疾患はエンドポイントが異なるので比較できない。
- がん以外の疾患に伴うリスクはハザード比で評価するのが普通
  - ハザード比は曝露量を許容量（無影響曝露量を安全率 [= 不確実性係数] で割った値）で割った値。
    - ハザード比が1未満ならリスクはゼロ（複合効果を無視すれば）。
    - ハザード比が1を超えるとリスクはある（大きさは不明）

損失余命とDALYs

- 人は誰でもいつかは死ぬので，死をエンドポイントとすると，低いリスクの削減効果をみるためには長い観察期間が必要となって，観察からの脱落が増える。
- 死亡そのものでなく，死によって失われた寿命の長さを評価するのが損失余命 (YLL; Years of Life Lost) という考え方
- 障碍調整生存年 (DALYs; Disability Adjusted Life Years) は，YLL と障碍をもって生存する年数 (YLD; Years of Life lived with Disability) の和
- Graham ら（ハーヴァード大学リスク解析センター）の YLL
  - 実態でなく死が発生する状況に応じて損失余命を割り付け
- 蒲生らの YLL
  - 生命表で，その死因による死亡がなかったら平均余命がどれだけ延びるかを計算し，その死因による損失余命と考える
- R の yll [https://doi.org/10.32614/CRAN.package.yll] パッケージ
- R の DALY [https://doi.org/10.32614/CRAN.package.DALY] パッケージ
  - https://github.com/brechtdv/DALY/

CVM

- CVM とは，Contingent Valuation Method（仮想評価法）の略：環境（健康を含む）の価値を仮想的な金銭に換算して考える。即ち，リスク削減のためにいくらなら払ってもいいか（支払い意思額：WTP: Willingness To Pay ），いくら貰えばリスクが増えてもいいか（受入れ補償額：WTA: Willingness To Accept ）を質問紙で調べる方法論
  - 直接金額を尋ねる代わりに、いくつかの選択肢を用意して1つを選んでもらう DCE (Discrete Choice Experiment) も一種の CVM
- 健康リスクなら QOL をみるような場合に使われるが，保健医療政策の実施前評価にもっと使われてもおかしくない。環境リスク評価には良く使われる
  - 近年のヘルスケア分野での CVM の適用についてのレビュー論文
    - https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1050(199806)7:4%3C313::AID-HEC350%3E3.0.CO;2-B
    - https://doi.org/10.1016/S0168-8510(99)00010-X
- 欧米では裁判でも使われる（例：バルディーズ号の事故における CVM 評価）。
- 実施ガイドライン：NOAA Blue-Ribbon Panel (1993)
- 限界：仮想の妥当性，とくに日常的に現金経済に接していない人が対象の場合の WTP と WTA の不一致，質問のバイアス等

バルディーズ号の事故

- 1989 年3月，アラスカ沖でエクソン社のタンカー「バルディーズ号」が座礁し，4200 万リットルの原油が海洋流出
  - 推定 40 万羽のウミガラス，3000 匹のラッコが死亡
  - 海洋生態系に大きな影響
- エクソン社は原油除去のため 30 億ドルをかけたが，沿岸に流れ着いた原油を取り除いたり，岩に付着した原油を熱湯で除去するといった原始的な対応策しかとれず，生態系の完全な修復は不可能
  - 既に破壊された生態系をどう見るか？
  - エクソン社は失われた生態系に対し賠償責任あり？
- 全米一般市民を対象にした CVM のアンケートで生態系の価値が一世帯当たり 30 ドルと推定され，全米世帯数をかけて 28 億ドルと評価された。この結果を元に連邦・州政府とエクソン社が交渉し，10 億ドルの補償がなされた
  →「バルディーズ原則」：環境に対する企業の社会的責任が確立
- < 参考 URL> https://darrp.noaa.gov/oil-spills/exxon-valdez

CVM のバイアス

- ゆがんだ回答を行う誘因によるもの
  - 戦略バイアス，追従バイアス（調査機関，質問者）
- 評価の手がかりとなる情報によるもの
  - 開始点バイアス，範囲バイアス，関係バイアス，重要性バイアス，位置バイアス
- シナリオ伝達ミスによるもの
  - 理論的伝達ミス，評価対象の伝達ミス（シンボリック・バイアス，部分全体バイアス，地理的部分全体バイアス，便益部分全体バイアス，政策部分全体バイアス，測度バイアス，供給可能性バイアス），状況伝達ミス（支払手段バイアス，所有権設定バイアス，供給方法バイアス，予算制約バイアス，評価質問方法バイアス，説明内容バイアス，質問順序バイアス）
- サンプル設計とサンプル実施バイアス
  - 母集団選択バイアス，サンプル抽出枠バイアス，サンプル非回答バイアス，サンプル選択バイアス
- 推量バイアス
  - 時間選択バイアス，集計順序バイアス（地理的，複数財）

NOAA（米商務省国家海洋大気管理局）ガイドライン

https://people.uwec.edu/jamelsem/papers/CC_Literature_Web_Share/WTP/CV_NOAA_Panel_Arrow_1993.pdf

- 訴訟に耐えうる信頼性を CVM が確保するために必要な条件のリスト（ NOAA, 1993 ）
- 一般項目として，これだけは必須
  - 統計学的に十分なサンプルサイズ
  - 十分に高い回収率
  - 個人面接（電話を含む）
  - 質問者による影響のチェック
  - サンプル定義，サンプルサイズ，回収率なども含めてすべての情報の厳密な報告
  - 質問項目は事前にパイロットスタディをしてチェック済みであること
- その他，調査項目として既に優れた CVM では満たされてきたもの，目標項目としてこれまでは満たされていないが満たすべき項目も記載している
- （参考）https://www.mlit.go.jp/tec/hyouka/public/pdf_kentoukai06/03.pdf

CVMの質問項目の例

- 例えば，原発再稼働前に，関西電力の電力供給区域住民対象に以下の質問をすることは可能だったはず
  - 「いくら金銭的な保障が貰えれば，大飯原発の再稼働を容認しますか？」WTA
  - 「あなたは，大飯原発再稼働を阻止するために，いくらなら払いますか？」WTP
- 2013年3月東京都の風疹流行に対する緊急提言【CRS防止のための情報提供と普及啓発，妊娠を予定している女性や定期接種対象外だった男性への接種勧奨，そのための財政措置等】について
  - 「あなたは，緊急提言実現のために，いくらなら払いますか？」 WTP
  - 「あなたは，いくら貰えれば，緊急提言が実施されなくても許せますか？」 WTA
- COVID-19関連ならば、例えば、2020年夏に、流行がまるで収まっていない状況なのにGo To キャンペーンが行われようとしていたときに、
  - 「Go To キャンペーンを取りやめて貰うために、いくらなら払いますか？」 WTP
  - 「いくら貰えればGo To キャンペーンが行われることを容認しますか？」 WTA

CRA (Comparative Risk Assessment)

- 米国環境保護庁 (EPA) が環境問題の優先順位付けのために開発した手法
- ある地域に関する環境問題の包括的なリストを作成し，問題の影響の大きさをリスクの側面から比較評価して（この際，健康リスクだけでなく，生態系リスクや生活の質へのリスクなども加味）ランクをつける
- 評価するのに専門家だけでなく，市民代表など幅広い人が参加して住民の立場からの意見も取り入れる点が特徴。
- （例）国立環境研究所が中心になって，環境庁，地方自治体，大学，コンサルタント，環境研究所から，関係者 24 名がパネルとなって，年2回泊り込みで，環境問題のリストづくりとランクづけをした。結果は 15 の問題領域 [地球規模の大気変動，有害化学物質汚染，電磁波・放射線など] ごとの４つの側面 [健康，生産，生物，精神] への影響の大きさの，参加者の平均値として得られた（高月紘「自分の暮らしがわかるエコロジー・テスト」講談社ブルーバックス参照）

CRA の応用：エコポイントチェック

- 参加したパネルメンバーが思いつく問題領域のリスト作り
（思いつくままあげていき，後で似たものをまとめたりして絞る）
- 絞り込まれた 15 の問題領域から，日常生活に関連が深いものとして温暖化，廃棄物，水質汚染，大気汚染，有害物質の 5 分野を取り上げる
- 各分野について，パネルがつけた 4 つの側面［健康，生産，生物，精神］での得点を加算，得点比率を分野ごとの重みとする（環境研 CRA では，温暖化問題 24.3 %，廃棄物問題 18.6 %，水環境問題 10.9 %，大気環境問題 15.9 %，有害化学物質問題が 30.3 %となった）。総得点が 100 点満点になるように，重みの合計を 10 にする（同じく 2.4, 1.9, 1.1, 1.6, 3.0 となった）
- 各分野について 10 点満点になるよう，25 の日常行動（各分野について予め5つずつ決めておいたもの）に評点を割り振る。基準は，現状の環境負荷全体をひとつの環境容量とみて，この容量に対してどれだけ負荷を削減できるかという視点で
- 25 の日常行動それぞれのエコポイントが，5分野での評点に重みを掛けて合計したものとして得られる
- 回答者が 25 の日常行動それぞれについて，「いつも取り組んでいる」から「まったく取り組んでいない」まで5段階で自己評価できるように，「いつも」にその行動のエコポイントの満点，「まったく」を 0 点，その間を4等分して評点とする
- https://minato.sip21c.org/humeco/ecopoint.html

その他のアセスメント法

- エネルギー消費量や資源消費量や二酸化炭素負荷量などに還元して1つの軸で比較評価する方法（CVMも金銭という1つの軸にするので思想的には近い。仮想でなくても，実際に除去や予防に必要なコストを計算して金銭という軸で評価する方法もある。タイムスパンが問題）
- 科学的あるいは政治的に定められた環境上の目標に対する距離を用いる方法（環境影響スコアを特定の場所と期間における実測値で割ることによって正規化でき，さまざまな問題の間での相対的な比較が可能になる）
- コンジョイント分析を行う際に用いるシナリオを，マルチエージェントモデルで予測する方法 (MAM-CA)

コンジョイント分析（仮想例）

- A 県で戦後何十年も運用され，ブランドとして確立している生鮮食品の卸売市場 B について，施設老朽化の対策が必要となった。A 県は工場跡を造成して更地になっている C を移転候補として買収した。
- 移転計画では C には盛り土をして土壌汚染も基準値以下にするとした。しかし実際には C には盛り土をせず，土壌汚染が基準値を超える場合もあった。専門家は地下水を利用するわけではないから安全と評価した。
- B でも調査をすると，土壌からは基準値を超える汚染物質が出る場合があることも判明した。
- C に卸売市場を移転後，B の跡地を国に売却して国道を通す計画がある。国道が通ると，数年後に予定されている国際的なスポーツイベントの選手村と試合会場の交通が便利になる。
- B に入っている仲買商の多くは C の予定面積の狭さや B というブランド名を失うことに加え，盛り土するという約束を破ったことで県への信頼をなくし，移転計画への反対運動が起こった。

コンジョイント分析（仮想例）―続き

- この状況でコンジョイント分析を行うために，以下４つのシナリオのアウトカムを予測した
  - （1. 移転案）Ｂに入っている事実上全ての仲買商をＣに移転。仲買商の店舗面積は約７割になる。Ｂの跡地は国に売却し国道が通る。
  - （2. 改修案）移転せずＢで卸売市場を営業しながら改修（ただし空き地がないのでペースは遅い）。Ｃは民間の大型複合商業施設等に売却。
  - （3. 両立案１）いったんＢの仲買商はＣに移転して貰い，Ｂを全面的に改修してから戻って貰う。その後Ｃは売却。
  - （4. 両立案２）Ｂの仲買商のうち移転を希望する者はＣに移転して貰い，そのスペースを活用することで卸売市場を営業しながらＢを改修。
- アウトカムはそれぞれ県が支払う費用 (1<2~3<4)，扱われる生鮮食品の安全性 (大差ない)，入居している仲買商の負担 (1>3>2~4)，営業収支予測 (1~3<2<4)，持続可能性 (1<2~4<3) のように予測
- 仲買商，Ａ県民，Ａ県以外の国民，専門家，行政等に評価して貰う。評価方法は最も良い案を１つ選ぶ，それぞれ点数を付ける，等。評価者による重み付けも考慮する→合理的な対立解消が可能かも？
- https://minato.sip21c.org/envhlth/cvm-ca-test.html から試せます

MAM-CA (multi-agent-modeling based conjonint analysis)

- 政策的介入が狙っているアウトカムは1つあるいは少数だが，常に副次的な（複数かつ多面的な）アウトカムをもたらす
- 通常，コンジョイント分析 (conjoint analysis) では，複数のシナリオを提示して住民などにどれがいいか選んでもらう（あるいは評定してもらう）が，シナリオで提示されるアウトカムが限定的である点が問題（副次的アウトカムを出さなかったり数値予測が点推定だけだったり）
- 介入候補別にマルチエージェントモデルを作成し，そのシミュレーション結果（偶然起こりうる変動幅も含め，かつ複数のアウトカムを見ることができる）をシナリオとして提示することでこの問題に対応する試み

沖縄・西表島における農地開発 (1)

- 西表島で，沖縄県による土地改良事業が採択され，いったん工事に着手されながら，外部の自然保護団体（西表自然史研究会，日本哺乳類学会，日本自然保護協会）が希少野生生物の生息環境を守るために工区変更を求めたことをきっかけに開発が問題化した事例
- 住民は，土地改良された国有地を農地として払い下げてもらうことを望んでいた。農地になった場合の収入は農産物の価格にも依存する。
- 現実の経過としては，東工区では農家，自然保護団体，町，県の4者協議を経て，工区を変更して農地開発がなされた。一方，西工区ではイリオモテヤマネコの生息地を守るために，完全に工事が中止された。
- 意思決定の前にMAM-CAがなされれば違う展開もあったかも？

沖縄・西表島における農地開発 (2)

- この問題を MAM 化すると，下左図のようになる。土地改良事業をしない場合，そのままでは明らかに現金収入が低下するので，代替案としてエコツーリズムを実施する場合を考えてみる
- シミュレーション結果（下右図）が示すように，シナリオによって期待値もばらつきも異なるので，住民にこの結果を示し，説明して理解してもらった上で議論して選択するのが CA

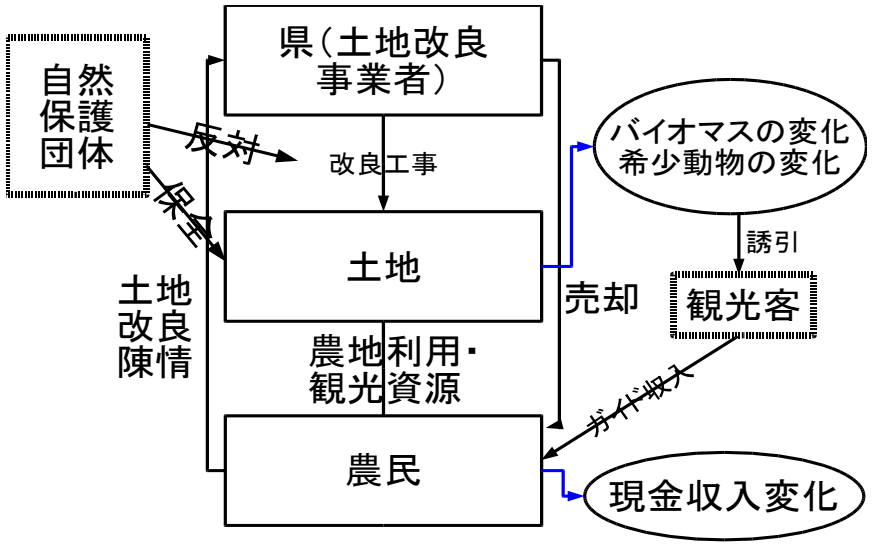


図5．西表島大富地区の土地開発モデル

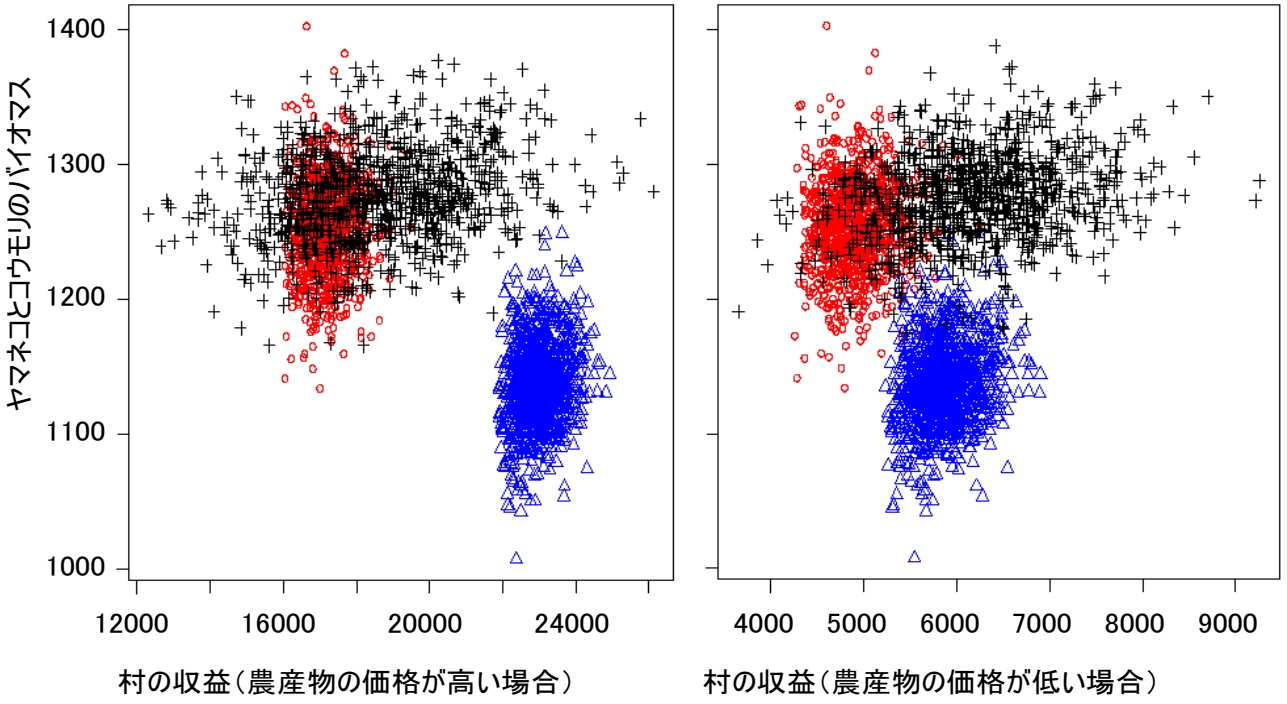


図6．村の収益とバイオマスの関係（○：実際通り，△：全面土地改良，＋：エコツーリズム導入）

中西 (2014) による放射線曝露リスク評価 (1)

- 化学物質の曝露では経口摂取，吸入摂取，皮膚吸収により異なる標的臓器を評価するが，放射線は経口と吸入が内部被曝，皮膚に付着した放射性物質が体表面周囲に引き起こすのと，離れたところに存在する放射性物質からγ線が飛んでくるのが外部被曝。2つの区別は重要。
- 外部被曝量＝実効線量＝(**空間線量**) × (空間線量から人の実効線量への年齢別換算係数) × (遮蔽などの補正係数)＝(**空間線量率**) × (滞在時間) ×1 (日本では。UNSCEAR では大人で 0.7 ～ 0.8) × 0.6
  - 福島県葛尾村役場 (2013.9.15 夕刻) の空間線量率は 0.257μSv/h だったので，ここに1年間住むと外部被曝量は，0.257・24・365・0.6 = 1351μSv (≒1.4mSv) となる
  - Chernobyl の補正係数は農村 0.36 , 都会 0.18 (国連科学委員会)
- 内部被曝は実効線量係数(放射性核種によって異なる，Bq から Sv への換算係数)を使って，内部被曝量＝実効線量≒(ベクレル単位の摂取量) × (実効線量係数)＝(ベクレル単位の日摂取量) × (摂取日数) × (実効線量係数)
  - 放射性 Cs 濃度が基準値ギリギリの 100Bq/kg のコメを 170g/d (ご飯として約 375g/d)，毎日食べると，Cs134 と Cs137 が半々として(それらの実効線量係数は 1.9×10^{-8} と 1.3×10^{-8} Sv/Bq なので平均 1.6×10^{-8})，100・0.17・365・1.6・10^{-8} = 0.1mSv/ 年

中西 (2014) による放射線曝露リスク評価 (2)

- 外部被曝を評価するための**「空間線量率」**は，実は「空気吸収線量」「周辺線量等量」の2種類の指標について混用されている
  - 空気吸収線量：モニタリングポストで測定。空気中の放射線がもつエネルギー。本来は Gy で 1mGy=1mSv として表示。
    UNSCEAR が空間線量としているのはこれ。
  - 周辺線量等量：リアルタイム計測や文科省の航空機モニタリング（地表面から 1m の高さ）や 20 万円程度の携帯サーベイメータで測定。人の被曝線量を最大限の安全率をみて計算した値で，mSv で表示。ICRP によると Cs による放射線が四方と上方から照射される場合，空気吸収線量の 1.2 倍
- 伊達市の市民がガラスバッジをつけて1年間の外部被曝を実測した結果（但し後に屋内に置いていた人もいたので過小評価になっている等の批判もある）に比べ，前述の計算式での外部被曝は2～3倍
  http://www.city.date.fukushima.jp/uploaded/attachment/10030.pdf
  （伊達市民データの分析結果についての研究倫理的問題が生じ，既に削除
  ← https://www.ourplanet-tv.org/40072/）
- 放射線の人体影響は原爆被爆コホートの 60 年以上の追跡による寿命調査 (LSS) が元なので信頼性が高い。
  - 白血病は発症数が比較的少なく線量反応関係が下に凸
  - 固形がんの過剰死亡リスクは，200mSv 以上の実効線量で線形増加。1Sv では被曝なしに比べ 1.5 倍の固形がん死亡。125mSv 未満では線形関係が有意でないが，
    ICRP(2007) は LNT（閾値なし線形）を仮定。他に仮定できる合理的なモデルがないため。

美味しんぼ鼻血問題～事実と解釈と先入観

- 原作者である雁屋哲氏の取材中の体験から，「美味しんぼ」の登場人物である山岡が福島原発取材後に鼻血をだした描写
- 「ありえない」「風評被害をもたらす」等大バッシング（医師を含む専門家も）
- 実は作中でも全身の急性障害リスクをもたらす線量があったはずはないことは明記
- 雁屋氏は「答える」本で微粒子による局所曝露を想定（牧野 2015 もほぼ同様の可能性指摘）
- 鼻血を出す人に多く出会ったのは観察事実なので，局所曝露か心理的ストレスか自己診断による発見兆候バイアスかは別にして，「本当に有病割合が高いか」調べるのが公衆衛生学
  →津田敏秀教授らの調査では３倍以上
  http://www.saflan.jp/wp-content/uploads/47617c7eef782d8bf8b74f48f6c53acb.pdf

参考： https://minato.sip21c.org/bulbul/20150323.html
https://apjjf.org/2014/11/25/Eiichiro-Ochiai/4138/article.html