

「さとやまの生態系サービスと放射能汚染」

東京大学保全生態学研究室 鷲谷いづみ

——はじめに——

皆さん、こんにちは。ご紹介いただきました東京大学の鷲谷です。今日はエコ・フィロソフィの学際研究のセミナーにお招きいただきましてありがとうございます。エコ・フィロソフィという響きに私はとても私も魅力を感じておりまして、私自身も勉強させていただければと楽しみにしております。

今日は、「さとやまの生態系サービスと放射能汚染」というタイトルをつけさせていただきました。もし原子力災害がなければ、「さとやまの生物多様性と生態系サービス」というようなお話をしたところなのですが、やはり3・11以降は、大震災もそうなのですけれども、私たちが放射能汚染を伴う災害をどう考え、それにどう立ち向かったらいいかということが重大な課題になっています。すべての分野できっとそうだと思うのですが、生物多様性の保全と持続可能な利用について研究する私どもの分野でもそのことは避けて通れなくなっています。まだまだデータもありませんし科学的な知見はございませんが、30年近く前にチェルノブイリで同様の災害が起こってしまして、そこでの研究成果やデータがかなり蓄積しておりますので、今日は、放射能汚染については主にそちらを紹介することになります。

——生態系サービスとは——

「生態系サービス」という言葉は、もしかすると皆さんはあまり聞き慣れない言葉かもしれません。これまで使われた言葉との関連でいえば、「自然の恵み」というような言葉、あるいは農業や林業などで「多面的機能」という言葉がよく使われましたけれども、そのようなものも含むより広い概念です。また、これは人間の社会にとっての便益なのですが、生態系の働きによって生み出されるあらゆる便益を指す用語です。あらゆるということですから、もちろん貨幣価値で把握することができないものも多く含まれていまして、精神的な利益などもとても大きいと思います。ただ、何が生態系サービスとして重要かというのは、人により、また時代により、場所により、一様ではありません。

例ですけれども、イメージを持っていただくための漫画が下のほうにあります。「さとやま」という言葉で皆さんがイメージするものは、私の使っているさとやまもそうなのですが、多くの方にとってはこのようなイメージになるのではないかと思います。生態学の用語でいえば「複合生態系」、つまり、いろいろなタイプの生態系が集まった生態系です。

では、そうした生態系サービスは私たちにとってどんな利益があるかといえば、農地や樹林などの多面的機能といわれてきたものです。例えば、災害の防止や緩和の機能、二酸化炭素の吸収源としての働きもありますし、また、土壌は有機の炭素を多く蓄積することができますから、この吸収・蓄積の機能によって気候を安定化するという利益をもたらしてくれます。あるいは、そこでどんな営みが

行われているかに大きく依存していますので化学肥料や農薬がたくさん使われているような場所だとそうはいかないのですが、適切に管理されていれば安全な水を供給してくれる水資源としての機能を果たします。もちろん農地からは作物が生まれます。このように、さとやまの生態系のあり方によっては多様な価値を私たちにもたらしてくれることになります。

——人間に利益をもたらす生態系のはたらきを認識するキーワード——

こういうものすべてが生態系サービスなのですが、少し整理をして、生物多様性と生態サービスはどういう関係にあるのか、また、生態系サービスを私たちがもし評価するとすればどんなふうに分類されるのかということを図に示しました。

生物多様性というのは、多様性ということですから、それにはさまざまな要素が含まれています。それぞれの要素は、ばらばらな機能もありますし、その要素がつながり合って集合として機能を提供してくれることもあります。生物多様性の要素によって構成された機能を持つものを生態系と私たちは認識するわけですが、その生態系の働きによって生態系サービスは生まれるということです。ので、限定されたサービスを考えるならば、その要素が生態系サービスをもたらしているととらえることができます。そして、2000 年以降、ドイツをはじめとしたヨーロッパなどでは、貨幣経済の価値にとどまらない生態系サービスを評価する活動が大変活発になっています。

——心身ともに豊かなくらしを支える生態系サービスと生物多様性——

その生態系サービスの分類なのですが、直接私たちにもたらしてくれる利益の種類に応じて、例えば、衣食住など私たちが暮らしていくのに必要な資源を供給してくれるサービス、水質を一定に維持するとか気候を安定化するなど私たちにとっての環境を調節する調節的サービス、それから、さまざまな精神的便益をすべて含めて文化的サービスといっていますが、このように直接私たちが享受できるサービスというカテゴリーもあります。また、それらのサービスが生態系の働きによって生み出されるとしたら、その生態系の働き自体をつくり出すサービスというのも基盤的サービスとして重要だと考えなければなりませんので、それを第4のサービスとして基盤的サービスと呼んでいます。これらのサービスは部分的に評価できることもありますので、最近になってそういうものに目が向けられるようになりました。

——国連のミレニアム生態系評価の枠組（Millennium Ecosystem Assessment）——

この「生態系サービス」という言葉は 1990 年代から文献などにあらわれるようになった言葉なのですが、それが広がりましたのは、2000 年から 2005 年にかけて国連が主導で実施した地球規模での生態系の評価である Millennium Ecosystem Assessment という大規模な環境アセスメントがきっかけです。このときに生態系サービスを通じて生態系を評価するという枠組みが用いられ、この「生態系

サービス」という言葉が広く使われるようになりました。

そのミレニアム生態系評価という大規模な評価は、国際的には千数百人の専門家が参加して実施されたのですが、評価の枠組みとしてここにあらわしたようなものが使われています。まず、human well-being ですが、これは人の幸せな暮らしといえますか、福利や福祉という日本語ももちろんありますけれども、意味として「良き暮らしの条件」というようなことなのではないかと思います。

実は、これは非常に還元主義的な分析の枠組みを提示しておりまして、そういう良き暮らしの条件とか、幸せとか福祉に欠かせない要件として、例えば選択と行動の自由というものが重要ですし、安全や、物質的な豊かさとしての衣食住、健康、そして良き社会関係ということがあってはじめて幸せな暮らしが成り立つわけですが、この下の4つの生態系サービスのそれぞれのサービスが、場合によってはとても強く、あるいはやや間接的に関係しているというとらえ方になっています。

——ミレニアム生態系評価の結論——

ミレニアム生態系評価をお話ししていると、もうそれだけで何倍もの時間がかかってしまいますので、今日は、そういう評価によってどういうことが結論として得られたかということだけをご紹介しますと思います。

先ほど枠組みを提示しましたが、どのような生態系サービスであっても簡単に評価できるわけではありません。統計資料などで評価が可能なものは24のサービスで、食料生産に関わるサービスは一番評価が容易です。そういうものをいくつか評価したところ、そのうちの15のサービスが、劣化あるいは持続可能とはいえない形で利用されていました。また、一部のサービスは、そのサービスを強化するためにかなり活発な人間活動が行われていました。食料生産に関わるようなものがそうなのですが、そのこととも関連しながら劣化している生態系サービスがかなり多くありまして、今の人間活動は、持続可能ではない、生態系が劣化せざるを得ないような形で特定の生態系サービスを強化しているため、後の世代にツケを回すことになっています。

もう少し具体的にいいますと、この評価では過去50年間についてのデータを分析して評価を行い、これからの50年間について予測するという仕事になされたわけですが、過去50年間、人類は今までのどの時代とも比べものにならないほど急速に、また広範に、生態系を変化させました。それは、食料、真水、材木、繊維、燃料など、物質的な豊かさのために必要な資源の需要を満たすためであり、その結果、可逆的な生物の多様性の損失をもたらしたというのが一つの結論です。

このようにして生態系にもたらされたさまざまな変化は、人間の物質的幸福の改善と経済的な発展に寄与しましたが、それは多くの生態系サービスの劣化や非線形的な変化のリスクの増大といった多大なコストのもとに得られたものであって、コストが増大し続けています。また、恩恵はすべての地域のすべての人々が享受したわけではなく、むしろ、極めて深刻な貧困などの犠牲を負った人々もいます。特定の供給サービスの人為的強化が多様な生態系サービスと基盤的サービスを損なってしまう

ということは、将来の多様なサービスの享受に問題をもたらしているということですが、このような結論が得られています。

——生物多様性条約とその成果——

このような問題に一番関わりのある国際的な枠組みが生物多様性条約です。生物多様性条約は、昨年、第 10 回締約国会議が日本で開催され、その折にマスコミがずいぶん報道していましたので、皆さんも言葉と内容の一部についてはご存じかもしれません。これは、1992 年の国連の環境会議の際に、温暖化対策のための気候変動枠組条約とともに、その両輪の一つとして採択された条約です。

目的は、生物多様性の保全、構成要素の持続可能な利用、遺伝資源の利用から生じる利益の公正で衡平な配分ですが、この 3 番目が経済的な事項でもあるために、今年の締約国会議のマスコミ報道ではずいぶん関心が集まっていたように思われます。非常に多くの国が参加していきまして、アメリカ合衆国とヨーロッパの非常に小さい国に加盟していない国があるだけで、世界中のほぼすべての国がこの条約に加わっています。

生物多様性条約という言葉も既に使ってきましたけれども、条約の中の定義では、種の多様性、つまり生物の種類の多様性という一番分かりやすい多様性が真ん中にあります。また、同じ種の中で見られる種内の多様性です。これは遺伝的な違いを背景にした多様性であることから、遺伝子の多様性とか遺伝的多様性と呼ばれることもあります。そして生態系の多様性ですが、こういうものも含めて、生命にあらわれているあらゆる多様性を含むものとして定義されています。

各国が生物多様性条約を批准して、それぞれの国でこの条約に矛盾しないような政策も進めてきてから、もうだいぶ時間がたっております。締約国会議も 2 年に 1 度ほど開催され、10 回目の節目の会議が昨年名古屋で開催されました。そのときに、ABS といって、利益の公正で衡平な配分の部分に注目が集まっていますが、それらとともに重要な目標がありました。それは、これまで条約締約国が決めていた 2010 年目標、大きく見ますと 2010 年までに生物多様性の減少スピードを顕著に減少させるという目標だったのですが、その達成状況の評価をして新たな条約の枠組みで各国が進めるべき戦略計画を設定するということが主要な議題でした。

この 2010 年達成状況の評価ですが、失敗という結論が出ています。生物多様性の減少スピードを顕著に減少させるという状況のところでは、損失は非常に深刻なものであると評価した文書を条約事務局がつくり、その失敗ということと深刻な状況を締約国で確認をして、それを踏まえて新しい新戦略計画がつくられました。その新戦略計画の中には比較的具体的に「2020 年までに実現すべき 20 の目標（20-20-20 ターゲット）」と呼ばれる目標が含まれています。国際的には 20-20-20 なのですが、開催地の愛知県にちなんで「愛知ターゲット」と呼ばれています。

このことも含めて、日本は議長国としてすばらしい働きをしました。こういう国際舞台で日本が世界中の国々から称賛されるような成功を収めることというのは非常に少ないのですが、そのま

れな例になっていて、大事な文章はすべて採択されています。「名古屋議定書」というABSに関する議定書も採択されましたし、この戦略も採択されています。それとともに、次に説明いたします「SATOYAMAイニシアティブ」も採択されています。さらに、日本は去年の国連総会において、2011年から2020年までを「国連生物多様性のための10年」として活動を集中的に行うべきだと提案したのですが、今回の会議を成功させたということもあって、それも採択されています。生物多様性に関する議論に関して、日本はオピニオンリーダーの役割をある程度果たしているといえます。

——SATOYAMAイニシアティブ——

「SATOYAMAイニシアティブ」というもののなのですが、まず、先ほどの新戦略計画の中において、2050年ぐらいまでにこういう世界をつくれればよいというような国際的な長期目標として「自然共生社会の実現」というものが採択されています。これは、日本の環境政策の柱の一つでもあります。そして、それに寄与するものとして3つの行動指針が示されています。

その一つが「多様な生態系サービスと価値の確保のための知恵の集結」です。生態系サービスは一部のサービスしか認識されないことが多いのですが、多様なサービスの価値ですから、すぐに市場で評価されるような価値以外の価値も含めた価値を確保していくための知恵を集めるということです。

それから、「伝統的知識と近代科学の融合」です。さとやまや世界のほかの国々に見られるさとやまに類する伝統的システム、これは農業とか一次産業に関わるシステムですが、今まで、これらの伝統的知識は時代遅れということで省みられず、新しいテクノロジーが重視されるということがずっと続いてきましたけれども、伝統的知識と近代科学の両方を使っていくというようなことです。

また、「新たな共同管理のあり方の探求」です。さとやまやさとやまに類する地域では、コモンズという共有地の資源を使うということも共通に見られましたが、このことについて新たな管理のあり方を模索していくなどの行動指針です。

これらを、社会・経済との関係を重視するとか多様な主体の参加と協同を重視する、また、地域の伝統・文化の価値と重要性を認識したり自然資源の循環利用の視点を持つなど、こういうようなことに関して知識を整理するということから始めるわけですが、知識を整理したり国際的に情報交換するようなものとして「SATOYAMAイニシアティブ」というものが提案させて採択されています。ここに書いてありますが、日本のさとやまや世界の類似したシステムに学ぶ」というところが一番のポイントで、学んで自然共生社会の実現に資するようなイニシアティブです。

——さとやま：定住地と周囲の土地・生物資源の持続可能な利用——

「さとやま」と平仮名で書いているのは、漢字で書くとイメージするものが分野によって大きく異なるためです。漢字で「里山」と書きますと、森林に関わる方は樹林を思い浮かべますし、奥山、里

山、それから町といったゾーンのようなものを思い浮かべる方もいらっしゃると思います。あるいは、昔ながらの農や林業のあるような風景を思い浮かべる方もいらっしゃると思います。

環境省などが使っている政策の用語で、「里地里山」という言葉があります。里地というのは集落や農地あたりですが、里山というのは自然の資源をとってくる場所という定義もできます。山というときに、地形の山ではなくて、片仮名の「ノラ」に対する片仮名の「ヤマ」という使い方が日本全国にあります。ノラでは作物を育ててそれを使いますが、ヤマのほうは自然に生えてくるものを切ったり落ち葉をかいたり、管理はするのですけれども、カルティベーションではなく、自然にそこにあるものをとってくるところです。

人類の歴史を考えれば、古くから採集という行為がありました。生活を成り立たせるための最も古い営みが採集ですけれども、そういう採集の場、例えば、カヤをとってきて屋根を葺いたり、下草を刈ったり落ち葉をかいて肥料にしたり、樹林を燃料にしたりというように、とってきて使わなければいけないいろいろなタイプのものがあります。そういう採集地のほかに、水田で稲作をする水を確保するためのため池や用水路のようなものもあるということになると、あの景色ができていくわけです。

そして、そこに住む人はどんな資源がどのくらい必要かに応じて土地の量や配置が決まるわけですが、生物にとっては、樹林あり、草原あり、湿地あり、水辺ありという、多様な棲み場所がそこにでき上がります。また、水辺と樹林が隣接しているのが普通ですから、水辺と樹林と両方を利用しないと生きていけない両生類やトンボなどが棲む非常に生物多様性の高い空間になります。

自然の資源を刈ったり切ったりする採集という行為の場は、農地のように非常に一様な環境で同じ植物だけが育つようにしたものとは異なります。また、そこに火があるのですけれども、これが大変重要です。火を入れて管理するというのは、それこそ 10 万年規模で行ってきた人間の重要な自然の管理の手法ですが、この管理が生き物にとってはほどほどの攪乱というものをもたらします。生態学的に見ると、そうやって競争力の強いものだけが優先しないような条件をつくり出すことによって多様性も高まったわけです。

農業生態系というと、世界的に見れば単一栽培のモノカルチャーの農地が一般的です。近代になればなるほど農地開発によって広大な土地を同じような条件することが少なくありません。そのモノカルチャーのあり方とは非常に違って、生物多様性を維持することと矛盾しない持続可能な農業生態系がさとやまであるわけです。

——農業生態系の生態系模様を測るさとやま指標——

最初にお話ししたように、いろいろな環境が組み合わせられることによって多様な生物の棲み場所ができるわけですが、土地利用のデータがあれば、それがどのくらいなのかということの数値化して計算することができます。やり方については飛ばしますが、資料の中に入っていますのでイメージはつかんでいただけたと思います。

これを農地のある場所で計算して、区画面積の中でさとやまらしい土地利用がなされているかどうかを色で表してみました。真っ赤というのは、そういうさとやま的なきめ細かい生育場所の組み合わせがないモノカルチャー的な土地です。アジアでも、インドはやや真っ赤になっていますが、日本や東南アジアあたりは比較的緑ですし、どの場所にさとやまらしい場所があるのかということをこれで把握することができます。

——「チェルノブイリ」の四半世紀から学ぶ——

ここまで、里山の特性について、資源を採集する場がある程度多様な形であることによって生物の多様な生活場所が維持されていたり、そこでの人間活動があまり強くないために、あるいは、ほどほどの人間活動があるがゆえに、生物の多様性を高める可能性があるということをお話ししました。

そういう場というのは、まだ世界にも比較的広く存在するわけですが、では、そういうところで原子力災害が起こったときにどんな影響もたらされるのでしょうか。日本で災害が起こって影響を受けている地域もちょうどそういう地域です。それを考えるためにチェルノブイリで起こったことについての生データがばらばらにありますので、それを少し整理してみようと思います。

災害が起こると、例えば選択や行動の自由がかなり侵されます。例えば、ある場所に住んではいられなくなるといったこともありますし、健康上の心配など直接の問題が起こります。もちろん生態系サービスの利用に関しての影響もあるはずですので、なるべくトータルな影響を知るとしたら、こういう枠組み全体を頭に入れて何が起こったかということを整理してみることが必要なのではないかと思います。

多くの場合、こういう災害が起きると、健康への直接的な影響があるかないかとか、それはどの程度把握されるのかというところに限定されて議論がなされがちですが、できるだけトータルに見る場合に使えるのは野性動物等に関する影響です。これについてはあまり人々が関心を持っていないのですが、災害の影響を考える上で、そのデータがどう役に立つかというところに中心を置いてこの後のお話をさせていただきたいと思います。

——健康影響をめぐる対立と野生生物に注目する意義——

放射能汚染によるヒトの健康への影響に関して、実は野生生物への影響に注目することはとても意義があります。その一つが社会的な問題構想です。

原子力の利用に関しては、温暖化対策という理由もあって、2000年ぐらいから原子力を積極的に利用していく方向に政策を転換したり強化したりした国が多いのですが、そういうこともきっかけになって、チェルノブイリの影響をあまり認めないといえますか、アピールしないような傾向が国際的に大変強くなっています。そのこともあって、データがどのくらいあるか、また、どういう情報を重視するかといった情報の解釈の仕方にも、極端に分けてしまえば2つの大きなグループがあります。

1 つは、原子力を推進していく立場をとる国際機関や各国、そして、そのことに関わる研究者です。「チェルノブイリ・フォーラム」というシンポジウムが3年間ぐらい開催され、こういう方たちが関わった「チェルノブイリの遺産：健康、環境および社会経済的影響」というレポートが出されたのですが、これにはそうした見方が顕著にあらわれています。

実はこの中にも齟齬や対立があるらしく、後で訂正されたり数字がまちまちだったりということが若干ありますけれども、大きくどういう見方をしているかといいますと、影響を受けた地域ではがんや心疾患をはじめいろいろ不健康なことが増えたことは確かで、寿命が短くなっていたりという事実も認められたのですが、ソ連が崩壊したという社会的に大きな出来事もありましたので、心理的なトラウマや貧困、飲酒、喫煙などが原因であるとするものでした。今、日本でもそういう宣伝が強められていると思いますけれども、放射能による健康被害はあまり問題にならない、むしろ心理的トラウマが重要であるとされ、災害関連死は多く見積もっても1万人以下だろうということでした。

それには異議を唱える研究者もたくさんいます。特にその地域の方たちです。英語の論文もある程度出ているのですが、多くがスラブ語系の論文なのでなかなか世界には伝わりにくい状況もありましたが、そういうものも含めてレビューした「チェルノブイリ：人々と環境への大災害の帰結」という総説集が2009年に出ていて、生データに近いたくさんのデータがここに集められています。

そちらを見てみますと、低線量の長期被曝というものの健康に広範な影響をもたらしているということ、それから、どのくらいの方が亡くなったかということに関しても、前述したグループのデータとは桁違いの大きな災害関連死があっただろうと見ています。2005年までに事故の処理に当たった人が80万人ぐらいいらっしゃるらしいのですけれども、そのうちの12万人が亡くなっているとされています。どういう健康被害のようなものがあつたらしいのかといいますと、若いのに老化と見られるような状態が起こり、心臓血管系の疾患などの率が高くなる、あるいはいくつかの病気を合併する合併症なども見られたとされています。

しかし、病気というのはいろいろな複合的ストレスの結果として起こるものですから、1つに因果関係を決めるのはなかなか難しいことです。確かに貧困の影響も受けますし、最近では受動喫煙が健康に良くないというデータも出ているくらいで、喫煙の影響は軽視できません。そういうものと放射能の影響などが複合して作用しているわけですから、単純な医学的な研究によって放射能の影響があるとかないというのは難しいのです。

けれども、野生動物であれば心理的影響はありません。災害が起こったかどうかもしりませんし、放射能に汚染されているかどうか野生動物は知らないためです。また、貧困の問題も関係ありませんし、飲酒も喫煙もないということですから、いくつかの複合して作用していると考えられるかなり重要な要因を取り除くことができるわけです。このように、野生の動物に注目するというのは単純化できますので、低線量で長期の影響などがあるかどうかについてのヒトのモデルとして意義があると思われる。

——汚染の時空間パターンの予測——

今、福島の関係でも、いろいろな地域でいろいろなことが起こり始めています。事故によって一度放射能が大気にもたらされて、それが大気の動きに伴って動き、あとは雨で落ちるという一時的な汚染のほかに、それ以外の要因も関わりながら、時間がたてばたつほどもっと複雑な汚染のパターンが生じます。最初は大気と水の物理的な動きですから、シミュレーションなどで広域的な予測をしやすく、公開はされていなかったのですが、初期のころから予測のマップはありました。

それに対して、いったん土壌などが汚染された後は、生物の体に取り込まれて移動したり濃縮されたりというプロセスもありますし、また、生物の体の中に入ったものが山火事のときにまた大気に散るというプロセスもあります。汚染の時間・空間的な変動について考えることはヒトへの内部被曝の予測において重要な意味があるわけです。これからどのように汚染のパターンが変わっていくかというときに、単に大きなスケールだけではなく、この林とその隣の池とではどのくらい汚染が違うのだろうかということも理解しておかなければならないのですが、それに関しては生物抜きには考えられないということがあります。また、もちろん生態系サービスを介した影響も評価する必要があります。

——チェルノブイリ原子力発電所事故の汚染の規模——

そうすると、野生生物がどう汚染され、また、どんな影響があったかということにも目を向ける必要があるということですが、これがチェルノブイリ原子力発電所事故の最初の汚染マップです。公称の福島の放射性物質の推定量よりは多い推計値で、かなり広範に汚染されています。スカンジナビア半島などにもホットスポットがありますし、そんなに濃くはないのですがイギリスでも汚染が認められています。現在でもウェールズやスコットランドでは汚染によって羊が出荷できない地域があるのですが、そのくらいヨーロッパには広範な影響があります。

汚染規模なのですが、95 年までの汚染地区の状況を見てみますと、高度に汚染されているところにはもう人が住めませんから、移住の義務といいますか、移住しなければなりません。中程度のところは移住の権利がある地域です。ほかに、それほどではないけれども放射能を管理しなければならない地域があります。20 年後においても、かなり高度に汚染されている地域、つまり、人が住むことが禁じられている地域だけで 2,000 キロ平米あるということです。

——もっとも大きな影響を受けた産業は農林業——

これは、農林業関係の生態系サービスとも非常に大きく関わるのですが、汚染によって利用できなくなった農地と林地がどれくらいあるかという数字です。ほかのホットスポットにもそういうところがあるので、ウクライナ、ベラルーシ、ロシア共和国の合計のみを見てみると、もう使えなくなった農地が 80 万ヘクタールくらいあります。特に深刻なのがベラルーシで、優良な農地の多くが汚染で使えなくなっています。今になってもう解決しているということではありません。それか

ら、材木生産をやめている森林も 70 万ヘクタールくらいあります。

最初のころ子どもの甲状腺がんなどの関連で注目された牛乳ですけれども、ヨーロッパ全域で汚染が起きました。それは牧草を通じた食物連鎖による汚染です。牛の内部被曝でそのようになったのです。牛乳の暫定基準値があるのですけれども、2000 年になってもまだそれを超える牛乳の生産が続いてしまって出荷ができない、あるいは羊が出荷できないというようなところはまだ広く存在しています。

——植物・菌類の汚染の大きな不均一性——

いろいろな研究を総合しますと、作物、薬用植物、野生植物、菌類（キノコ）の汚染を報じた論文は少なく見積もっても数千編ぐらいあるようです。このあたりは生薬に依存する度合いが大きい場所なので、薬用植物の汚染が社会にとってもそれなりに問題になりました。また、野生の植物やキノコですが、キノコは子実体が調査しやすいですし、いろいろな問題も生じるため、非常に多くの論文が出されています。

それらのデータが、先ほどご紹介した総説集の中にある程度整理された形で引用されているのですが、それを見ると、土壌や気候、生態系のタイプや季節、また、地域というよりはもっと小さい規模での汚染状況、生物の種類、場合によると亜種や品種などの個体群などによって非常に大きく異なるというように、一般論が言いにくいような汚染の状況が報告されています。

核種の比較からいいますと、ストロンチウム 90 は測りにくいのであまり測られていないということがあるように思われます。セシウムのほうがずっと測りやすいのでセシウムのデータはたくさんありまして、ストロンチウム 90 はセシウム 137 より蓄積しやすい傾向にあるとされています。

もちろん植物は、キノコもそうですけれども、それが生えている場所の土壌との関係が大きいので、土壌の汚染と生物内の汚染との関係を見るとどのくらい吸収しやすいかという目安にできるのですけれども、そういう係数が移行係数と蓄積係数です。土地面積当たりのバイオマスの汚染が移行係数で、両方が重さになっているのが蓄積係数なのですけれども、これもとても変動していて、これで何か一般論を把握するのは難しい状況です。

——森や湿地の生態系サービスを損なった放射性汚染——

さとやま的な採集利用がなされるものの汚染を見てみますと、野生のベリー類とキノコが特に注目されました。それは、汚染が特に高いということと、議論の対象であるがゆえにより注目が集まったということがあると思います。

まず、ベリー類なのですけれども、これは太古の昔、私たちがまだホモサピエンスではなかったころから、こういうものでビタミンCを確保してきました。ビタミン類はすべてそうなのですけれども、私たちは体内で合成できません。それは普通の食生活をしていればとれたものなので合成できないわ

けですが、葉っぱを食べたり果実を食べたりと、ビタミンCをとるためにこういったものを採集して食べてきました。今では買ったものや、最近では錠剤でビタミンCをとったりしていますけれども、伝統的な暮らしに関わっている人々はこれを採集することが重要です。しかし、こういうものの汚染がかなり大きくて利用できなくなりました。

——菌糸から子実体・共生植物への移行・蓄積、循環——

それからキノコなのですが、どうしてキノコの汚染がそんなに顕著なのかについて生物としての特徴から紹介いたしますと、それは生態的な必然なのです。日本でもかなり高いキノコの汚染が記録されていまして、福島関連でもキノコの汚染は早い時期からマスコミで報道されたりしていました。

キノコは菌糸を土壤中に広く張り巡らせて水や養分を吸収しています。こうして広い範囲から吸収されたものが、繁殖のためにできる子実体というものに貯められます。あるいは、多くの菌類が植物と共生していて植物の栄養吸収や水分吸収を助けていますので、それらが樹木のほうに移行したりしています。特に栄養の乏しい樹林とかツンドラのような場所では、ますます広く菌糸を張り巡らせて集めます。セシウムというのは植物の三大栄養素の一つであるカリウムと化学的な性質がよく似ていますから、こういうものがカリウムを集めるべく広い範囲から吸収すればセシウムが貯まるのはあたりまえです。こうして集められたものを子実体に貯めたり共生する樹木に提供したりしているのです。

樹木や植物と共生している菌類を菌根菌というのですが、マツや落葉樹は菌根菌と共生しているのが非常に一般的です。植物の根だけでは十分に水分やミネラルを吸収できないので菌類と共生しているのです。植物は光合成産物を菌類に提供し、菌類はミネラルや水を植物に提供するという関係がありますので、こうやって広く集めると移行係数は高くなるのですが、それが樹木に行くので、マツなどが汚染されるというのは当然といえば当然です。いろいろな断片的な報道がありますが、こういう生態を考えると納得のいくことです。

その後なのですが、今言ったように、養分を菌糸が吸収して、菌根をつくって共生しているとすれば、その菌根を通じて樹木に放射性のセシウムが移行します。落葉樹であればそれが落ちますので、また土壤にそれが付加されるという物質循環が起こります。こうやってちょっと厄介な物質も生態系の中で循環することになります。

——サーミ人がこうむったきわめて大きな被害——

チェルノブイリの事故においても、こういうさとやま的な資源利用に依存している人たちが非常に大きな被害を受けたわけですが、その中で話題として大きかったのはサーミの人たちです。日本ではラップランドとかラップ人という言い方がありますが、ラップランドというのは辺境の地という差別用語ですので、サーミと言います。

サーミ人は、スカンジナビア半島やロシアの北極圏で、主にトナカイに依存した放牧生活をしています。最近では定住政策もあって牧場のようにしてトナカイを飼っている人たちもいます。

トナカイは、皆さんもよくご存じのように、主に食べるのはトナカイゴケと呼ばれるハナゴケです。ハナゴケというのは地衣類で、菌類と藻類の共生体です。菌類は貧栄養な場所で広くミネラルを集め、藻類は光合成をするという共生関係にあるものですから、やはりセシウムなどを集めやすいのです。汚染度合いを見ると、キログラム当たり4万ベクレルくらいのハナゴケの汚染のデータが報告されていまして、さらにトナカイに移行すると濃縮されて10万ベクレルという汚染がありました。これによって、寒いツンドラのような地域の生態系をうまく利用したサーミの人たちの生活が成り立たなくなってしまったという被害があります。

——チェルノブイリ放射能汚染が鳥類の繁殖、生存、分布に及ぼした影響——

次に、ヒトのモデルともとらえられる動物への広範な影響なのですが、いろいろな度合いに汚染されているものが報告され、また、形態的なもの、生理的なもの、遺伝的な異常など、さまざまなことがレポートされています。

ひどい汚染が遠くで見つかった顕著な例としては、事故から10年もたった後にフランスの山岳地帯で非常に線量の高いイノシシが見つかりました。そこは汚染のホットスポットなのですが、そこで見つかった野性のイノシシは、英語で書くと「蛍光を発するくらいのイノシシ」というような表現がなされていました。また、淡水魚ですけれども、事故からだいぶたった1994年においても、スウェーデンやフィンランドでは水産物の安全基準を超えていたスズキ科の魚類が見つかっています。

このように、非常に長期にわたって、また、かなり遠い場所であっても、汚染というのは問題だということです。23年ぐらいたったときにレビューしたもののでも、まだヨーロッパのいくつかの地域においては危険なレベルに汚染された動物が認められています。

しかし、モニタリングや研究は不十分です。なぜなら、こういうたぐいの研究は国の政策と合わない研究であるためです。財政の保障が十分なされていないので、研究をする人たちがボランティアで、自分たちが手弁当で、データを取っているという感じです。

その代表的なグループ、「チェルノブイリ・リサーチ・イニシアティブ」というものをつくって研究されている人たちが鳥類などほかの分類群の影響も見えていまして、特にツバメをモデル生物として詳しく調べています。やはりツバメにもいろいろな影響が出ていまして、目で見てすぐ分かるものとして、ツバメはのどが赤いですが、そこが一部白くなってしまう異常が認められました。こうしたツバメは事故の前にはほとんどいませんでしたし、チェルノブイリから遠いところではあまり比率が高くないのですが、チェルノブイリの近くでは事故後かなりの比率でそういう部分白化したツバメが見つかっています。

——鳥類の生理、遺伝形質への影響——

また、生育的な調査等をいろいろしてみますと、血液や肝臓中のカロチノイドやビタミンAやEという抗酸化物質が対照地域と比べて有意に減少しています。細胞の正常な機能のためには抗酸化物質が重要です。細胞の中では活性酸素ができてしまいますので、それを抑えるためなのですが、その抗酸化物質が少なくなってしまうということです。また、精子の異常や部分白化、免疫機能の低下など、関連が推測されるようなデータがいろいろ出ています。

これは、汚染の高い地域ほど野生生物の種類や個体数が少なくなっているというデータですが、ツバメにしてみると、汚染がひどい地域では早死にしたり繁殖がうまくいかないということがあったり、また、もっと広く種数などで見てもかなり明瞭な傾向があります。

——脳容積への影響——

また、脳の大きさの研究というものがあります。これは、ヒトが胎児のときに被曝すると、かなり低線量なのですが、青年期になってから知能の面で影響があらわれるという研究です。しかし、ヒトですといろいろな原因が輻輳して結論を出すのが難しいので、鳥でそれに類するものがないかどうかを調べました。いろいろな種類の鳥が含まれていますので、種類や年齢などでコントロールして統計的な評価をすると、汚染の大きい地域ほど統計的に有意に脳が小さくなっています。脳における放射線の電離作用は抗酸化物質減少させますが、これはその効果ではないかと推論しています。

——汚染地域は動物個体群のシンク——

これでそろそろ最後にしたいと思うのですが、高汚染地域は立入禁止になりますので人間活動が停止します。そうすると、野生生物にとってはある意味で暮らしやすい条件ができることになります。みかけはいろいろな野生生物がいるので、「野生生物の楽園」という言い方なされることがありますが、個体群の動態としての繁殖や寿命などをいろいろ調べてみますと、そうではないということが分かります。

そこは動物の集団のシンクになっていて、シンクは周りから個体を引き寄せますが、そこでは寿命が短く繁殖が失敗するので、周りに個体を供給することはできません。生態学にはメタ個体群という概念がありまして、個体群というのは空間的な構想を持っています。それを見て、ソースになっているところなのかシンクになっているところなのかを判断すると、シンクになっているところは早晚なくなってしまうので、保全ということからすると一生懸命に頑張ってもしょうがないのですが、ソースを保護しないと全部がだめになってしまうというようなことがありますので、このメタ個体群の動態を見るというのはとても重要です。

そういう見方をしますと、高汚染地域は野生生物の楽園ではなくて、「巨大な罠」のようになっている、引き寄せてしまうけれども、そこでは寿命が短く繁殖はうまくいかないという場になっている

のではないかとということが総合的に明らかになっています。このようにかなりいろいろな影響を受けていて、どれも問題があるような状況になってきているということが分かります。

——汚染はさまざまな面で人々の健康と暮らしの基盤に影響——

最後に、人の社会なのですけれども、移住の権利があるような地域に関しては、やはり若い人や何か技術を持っているような方たちはほかに移り住んで新しい生活を始めるので、コミュニティが高齢者ばかりになってしまいます。このことも、社会的な問題としてはとても重要な問題であるのではないかと思います。

時間が押してしまって申し訳ありませんでした。やや中途半端ですけれども、これで終わりにしたいと思います。ありがとうございました。

発表資料 鷺谷いづみ

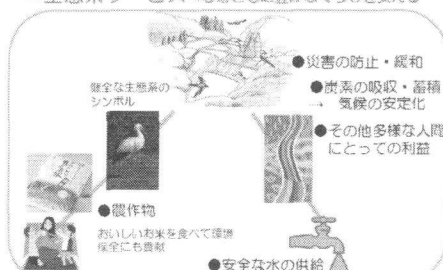
さとやまの生態系サービスと放射能汚染



東京大学 保全生態学研究室
鷺谷 いづみ

人間に利益をもたらす生態系のはたらきを認識するキーワード

生態系のはたらきにより生みだされるあらゆる便益
＝生態系サービス→心身ともに豊かなくらしを支える



- 災害の防止・緩和
- 炭素の吸収・蓄積 → 気候の安定化
- 健全な生態系のシンボル
- 農作物
- 安全な水の供給
- その他多様な人間にとっての利益

おいしいお米を食べて健康 安全にも貢献

心身ともに豊かなくらしを支える生態系サービスと生物多様性

生態系サービスをうみだす生物多様性

生態系のはたらき
↑
生態系
↑
構成
生物多様性 (の多様性や豊かさ)



人間の幸 安全で、健康とよき社会 構築に恵まれ衣食住もみ ちがいの豊かなくらしは 自然と生態系サービスに 支えられている

生態系サービス＝生態系のはたらきにより生みだされるあらゆる便益

生態系サービス＝生態系のはたらきにより生みだされるあらゆる便益

国連のミレニアム生態系評価の枠組 (Millennium Ecosystem Assessment)

Millennium Ecosystem Assessment (MA)：2001～2005年にかけて国連の呼びかけで実施された大規模な地球環境アセスメント。95ヶ国から1360人の専門家が参加

human well-being 良き暮らしの条件・福祉

選択と行動の自由

安全 衣良住 健康 良き 社会関係

生態系サービス

資源の供給 サービス 調節的サービス 文化的サービス

基盤サービス

ミレニアム生態系評価の結論

- 評価対象とされた24のサービスのうち約60%にあたる15のサービスは劣化、あるいは、持続可能とはいえない形で利用
- 現代は、その生態系劣化のつけを後の世代にまわすことに

結論

- 過去50年間、人類は、いかなる時代とも比べものにならないほど急速に、広範に生態系を変化させた。それは、急速に増加する食料、真水、材木、繊維、燃料などの需要を満たすためでもあった。そして不可逆的な生物の多様性の損失をもたらした。
- 生態系にもたらされたさまざまな変化は、人間の物質的幸福の改善と経済的な発展に寄与したが、その利益は多くの生態系サービスの劣化、非線形な変化のリスク増大といった多大なコストのもとに得られたものであり、コストは増大し続けている。恩恵はすべての地域のすべての人々が享受したわけではなく、むしろ、極めて深刻な貧困化などの犠牲を負った人々もいる。
- 特定の供給サービスの人為的強化が多様な生態系サービスと基盤サービスを弱体化。

生物多様性と生態系サービス

生物多様性 生態系の多様性 / 種の多様性 / 種内の多様性

●生態系サービスの源泉/安定的なサービス提供を保障

生態系の多様性：異なるタイプの生態系は異なる生態系サービスのセットを提供

種の多様性：異なる種は単独でまたは生物間相互作用を介して異なる生態系サービスを提供。類似した生態系機能をもつ種が何種も存在すれば冗長性を通じて生態系サービスの安定的な提供が可能

種内の多様性：種の存続性を通じて生態系サービスの安定的な提供に寄与

●生態系サービスのバランスのよい利用 (生態系の健全性)の指標 (行司役)

生物多様性条約COP10の成果

生物多様性条約第10回締約国会議 (COP10) :
2010年目標*の達成状況の評価と新たな戦略計画の設定が主要議題

- 2010年目標*の達成は失敗 / 生物多様性の損失は深刻

*2010年までに生物多様性の
減少スピードを顕著に減少させる

評議文書GBO3

新戦略計画：愛知ターゲット（＝2020年までに
実現すべき20の目標）を含む

- 生物多様性と生態系サービスに関する政府間科学政策プラットフォーム (IPBES) 早期設立の勧告

- SATOYAMAイニシアティブを採択

- 2010年12月 国連総会 日本からの提案
「国連生物多様性のための10年 (2011-2020)」採択

- 生物多様性に関する国際社会のオピニオンリーダー

生物多様性条約

- 1992年、ブラジルのリオデジャネイロで開かれた国際会議「地球サミット」で気候変動枠組条約と共に採択

目的

- 1) 生物多様性の保全
- 2) 生物多様性の構成要素の持続可能な利用
- 3) 遺伝資源の利用から生じる利益の公正で衡平な配分

- 現在192カ国とEUが締約 (世界中のほぼすべての国)

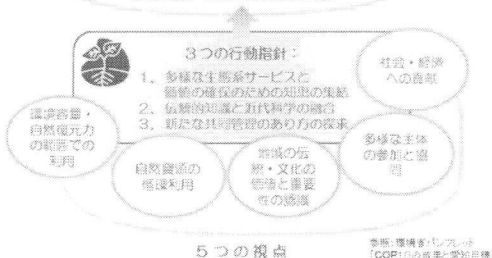
「生物の多様性」の定義 (生物多様性条約 第二条)
「生命にあらわれているあらゆる多様性」

- 種内の多様性
- 種の多様性
- 生態系の多様性



SATOYAMAイニシアティブ

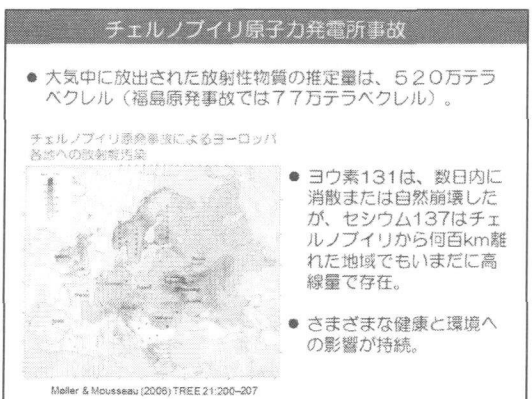
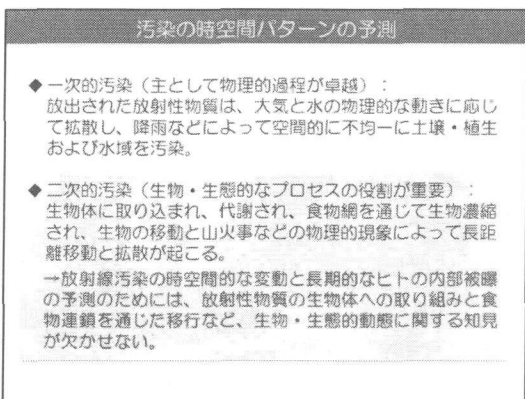
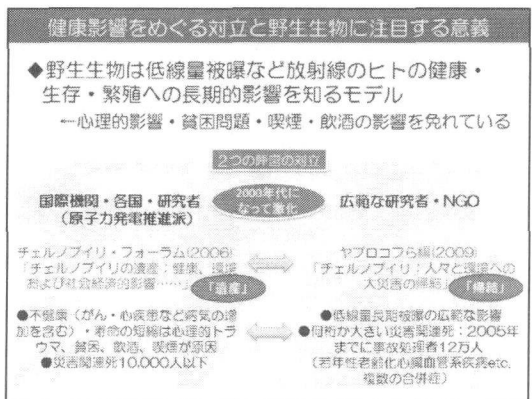
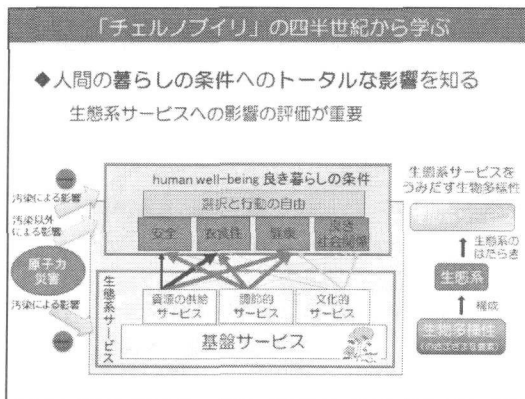
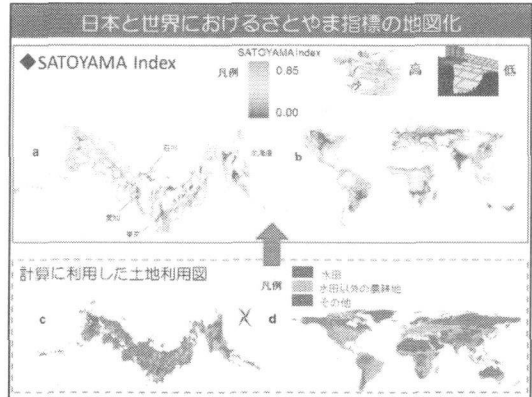
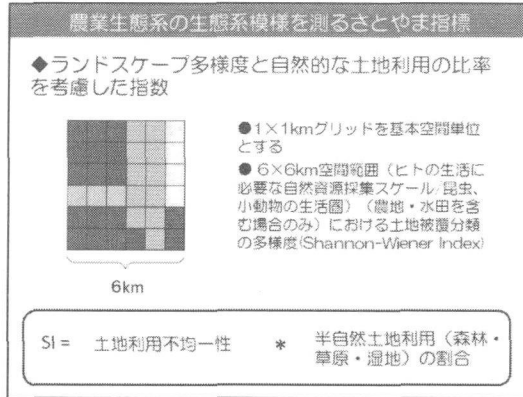
長期目標：自然共生社会の実現



日本のさとやまや世界の類似したシステムに学び、
自然共生社会の実現に資する

さとやま：定住地と周囲の土地・生物資源の 持続可能な利用





汚染の規模

表2-1995年におけるベラルーシ、ロシア、ウクライナの汚染地域割合推定値*

Cs-137(Bq/m ²)	ベラルーシ	ロシア	ウクライナ	合計
37~185**	1,543,000	1,654,000	1,189,000	4,386,000
185~555**	239,000	234,000	107,000	580,000
555~1,480***	98,000	95,000	300	193,300
合計	1,880,000	1,983,000	1,296,300	5,159,300

*風汚染区域、放射能管理強化区域

**中等汚染区域、居住権利区域

***高汚染区域、居住厳禁区域

(出典：岩波科学 81:1157)

20年後の高汚染地域の面積 2044.4km²

もっとも大きな影響を受けた産業は農林業

- ◆放射能汚染により利用できなくなった農地と林地（ウクライナ、ベラルーシ、ロシア共和国のみの合計）

・耕作・放牧を休止した農地 784,320ha

ベラルーシではもっとも産量な農地が汚染で使えなくなった

・材木生産を休止した森林 694,200ha

※立入禁止地域面積 2044.4km²

- ◆牛乳は、ヨーロッパ全域で放射性物質により汚染（牧草からの食物連鎖）

→ヨウ素131による内部被曝で多くの子どもが甲状腺癌に

・2000年代になっても暫定な基準値（Cs-137 100Bq/kg）を超える牛乳の生産が継続

植物・菌類の汚染の大きな不均一性

作物、薬用植物、野生植物、菌類（キノコ）の汚染を報じた論文は数千編

- 土壌、気候、生態系のタイプ、季節、局所的汚染状況、種、個体群（亜種、品種）などによって大きく変動。

- 放射核種の比較では、Sr-90はCs-137よりも蓄積しやすい傾向。（しかし、報告された多くのデータが測定の容易な放射性セシウムに関するもの）。

◎植物の放射性核種の濃度と土壌汚染との関係を表す移行係数（TR transition coefficient）と蓄積係数（CA coefficient of accumulation）は同じ種でも時間と場所でも大きく変動。



$$TR \text{ (移行係数)} = (Bq/kg \text{ 植物バイオマス}) / (Bq/m^2 \text{ 土壌面積})$$

$$CA \text{ (蓄積係数)} = (Bq/kg \text{ 植物バイオマス}) \cdot (Bq/kg \text{ 土壌})$$

特定の時、場所における特定の植物種の汚染の程度を予測することはきわめて困難。

森や湿地の生態系サービスを損なった放射性汚染

- ◆野生のベリー類およびキノコ類のCs-137による汚染が特に注目された

●ベリー類

- ・コケモモ類（ツツジ科スノキ属）、イチゴ（野生）、キイチゴ（*Rubus idaeus*）、ブルーベリーなどで大きな移行係数（TR = (Bq/kg 植物体) / (kBq/m² 土壌））が認められた
- ・ウクライナのビルベリー（*Vaccinium myrtillus*）125±18、コケモモ（*Vaccinium vitis-idaea*）（葉）78±6、ブルーベリー（*Vaccinium uliginosum*）63



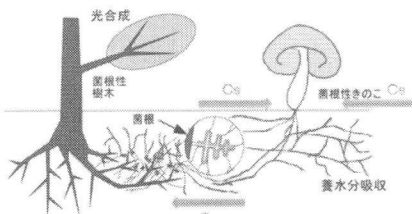
●キノコ類

- ・広域にわたる汚染：ドイツ（Cs-137 8,300Bq/kg）、日本（Cs-137 16,300Bq/kg）、フランス（Cs-137/Cs-135 24,000Bq/kg）
- ・子実体Cs-137の濃度と土壌の汚染度との間には相関
- ・一層汚染地域（ホットスポット）でのキノコの汚染
- ・フクシマによるキノコ汚染の危険性を示唆する食料汚染データ
飯沼村シイタケ（露地）（Cs-134/Cs-137 3,600Bq/kg）（4/6/21/67）
長野県佐久チヤナメツタケ（野生）（Cs-134/Cs-137 720Bq/kg）（10/8/17/61）



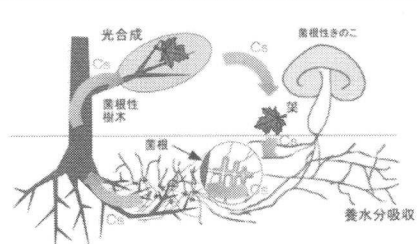
「森や湿地の恵み」は放射能汚染によって「災い」に

菌系から子実体・共生植物への移行・蓄積



- 菌類は、栄養の乏しい樹林やツンドラで菌糸を広く張り巡らしてミネラルを吸収 **大きなTR値**
- K（植物の三大栄養素のひとつ）と性質がよく似たCs-137を吸収
- 子実体に貯めたり、共生する樹木等（菌根菌は樹木等と共生）や藻類（地衣類は菌類と藻類の共生体）に提供

循環する放射性物質



- 樹木の葉が落ちると再び菌類の菌糸が吸収
- 食物連鎖／菌生連鎖や物質循環の営みは、生きものにとって厄介な放射性物質も循環させる

サーミ人がこうむったきわめて大きな被害

◆ サーミSami人 狩猟・遊牧民族 (今日、ほとんどが定住生活)

- ・スカンジナビア半島やロシアの北極圏に住みトナカイに依存した生活



トナカイのCs-137汚染で放牧生活が崩壊

食物連鎖	汚染データ (Bq/kg)	参照
ハナゴケ (トナカイゴケ)……………	40,040	ベクレル/kg (ノルウェー 1986)
↓		
トナカイ ……………	100,000	ベクレル/kg
↓		
サーミ人		(「帰結」)



汚染は今後も長期にわたって継続!? (道産)

動物への広範な影響

- 原子炉爆発による高線量放射能汚染およびその後長期にわたって持続している慢性的な低線量汚染は、研究対象となったあらゆる動物種(哺乳類、鳥類、両生類、魚類および無脊椎動物)に、形態的、生理的および遺伝的な異常を引き起こしていた。

● 顕著な汚染例: 事故10年後 フランス山岳地帯(12000~24000Bq/m²のホットスポット)で野生のイノシシ(*Sus scrofa*)の高濃度汚染(11,3000Bq/kg)を記録
1994年までスウェーデンとフィンランドで湖の淡水魚Percid *fluviatilis* (スズキ科)は水産物の安全基準を超えていた

- 23年を経ても、ヨーロッパのいくつかの地域において、哺乳類、鳥類、両生類、魚類に取り込まれた放射性核種の濃度は、危険なレベルにある。(「帰結」)

- ◆ しかし、モニタリングも研究も不十分
(公的な財政的保障がなされていない)

チェルノブイリ放射能汚染が鳥類の繁殖、生存、分布に及ぼした影響

チェルノブイリ リサーチ イニシアティブ

体系的な研究により多くの情報を蓄積



Moller, A. P. (左) & Mousseau, T. A. (右)

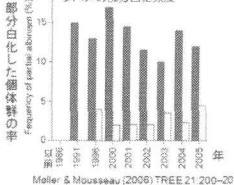
Chernobyl Research Initiative

MÖLLER, A. P. Université Pierre et Marie Curie, France
MOUSSEAU, T. A. University of South Carolina, USA
MILNEVSKY, G. Ukrainian Antarctic Center, Ukraine

モデルとしてのツバメ



部分白化したツバメ(左)と正常なツバメ(右)



Moller & Mousseau (2006) TREE 21:200-207

鳥類の生理、遺伝形質への影響

● 抗酸化、免疫、ホルモンなどの諸機能への影響

チェルノブイリの高濃度汚染地域で調べられたツバメの例では、血液や肝臓中のカロチノイドやビタミンAやEといった抗酸化物質の量が、対照地域と比べて有意に減少。

(Moller et al. 2006; Proc. Royal Soc. B 272:247-253)

→ 雄の精子異常などと密接に関連

→ 部分白化個体の増加

チェルノブイリのツバメでは、白血球や免疫グロブリン量の減少、脾臓容積の減少なども認められている。

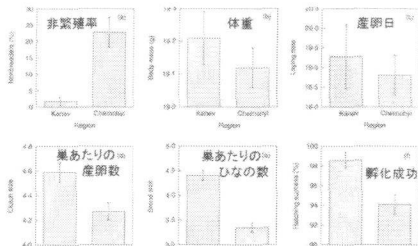
(Campani et al. 1999; Proc. Royal Soc. B 266:1111-1116)

→ 免疫機能の低下を示唆

生活史形質への影響

チェルノブイリ汚染地域と220km以上離れたKareevで、1991年から2004年にかけて、ツバメの繁殖成功率や生存率などを調査。

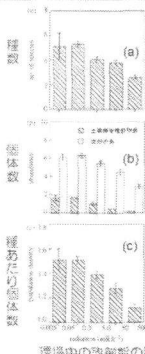
→ 繁殖率も生存率もチェルノブイリで低下



*: P<0.05

Moller et al. 2005; J. Anim. Ecol. 74:1102-1111

野生生物の種数や個体数に及ぼす影響



環境中の放射能の量と鳥の種数(a)、個体数(b)、種あたり個体数(c)の関係。平均±標準誤差。

- 種数、個体数、種あたり個体数のどれも放射線量の増加にともなって減少。

- 土壌中の無脊椎動物を主食にする鳥の減少が顕著。
土壌汚染が影響

Moller & Mousseau (2007) Biology Letters 3:483-486

Møllerらの鳥類の脳サイズの研究の動機

子宮内低線量電離放射線被曝が青年期の認知機能に及ぼす影響
(Crawford & Wilson 1996)

- 1983-1988年にスウェーデンで生まれた562,637人のデータを用いた研究：発達しつつある脳の感受性の高い時期に子宮内被曝を受けた子どもたちは、中等学校の成績が劣る（該当者の40%が中学校を落第、成績の階級が平均して5%ほど低い）
- ウクライナ、ベラルーシで子宮内被曝をした子どもたちの言語的および非言語的IQが有意に低いことが示す研究⇒ それに対して、そのような影響が見いだされなかったという研究成果も。

●子宮内で8-15週の間に比較的低線量の汚染を受けた場合、将来、認知能力に検出可能な影響があるのではないかの疑問

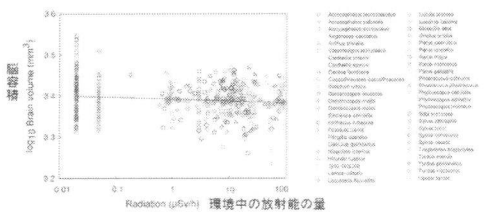
被曝集団と対照集団でIQを比較

子宮内低線量電離放射線被曝が青年期の認知機能に及ぼす影響
(Crawford & Wilson 1996)

- 事故後18ヶ月の平均外部被曝線量：
0.935mSv（高汚染域） v.s. 0.011mSv（低汚染域）
- 被曝者（18歳）高汚染域84名、低汚染域94名
- IQ（WASI検査の語彙推理およびマトリックス推理のサブテスト）の成績を統計手法MANCOVAおよびANCOVAを用いて比較。
- 言語的な認知能力（語彙推理サブテスト）に関するT-スコアが統計的に有意に低かった。
- 高汚染域の被曝者のうち、もっとも感受性が高い妊娠第8-16週に被曝した者より感受性が低いそれ以外の時期に被曝した者を比較するとグループ間に有意差があり、前者が低かった。
- 子宮内でもっとも感受性の高い時期（8-16週間）に低線量の被曝を受けた子どもは、青年期になって対照群と異なる（低い）認知能力を示す。

脳容積への影響

- 汚染の著しい地域ほど、鳥の脳容積が減少する傾向→生存力の減少を示唆
- 種による違い、同一種内の年齢による違い（若い個体の方が小さい）を考慮すると影響は顕著→発達期の脳における電離作用による抗酸化物質減少の効果？！



汚染地域は動物個体群のシンク

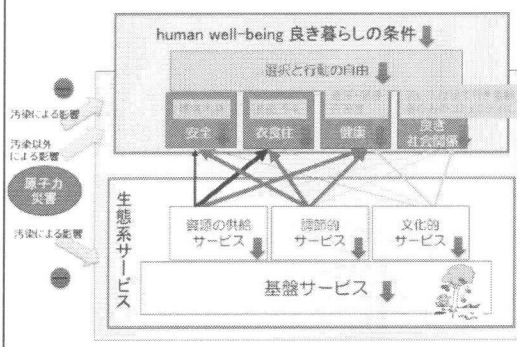
- 人間活動が停止した高汚染域では野生動物が増えた（リバウンドした）といわれてきた
- みかけは「野生生物の楽園」

- 個体群動態を考慮するとそこは個体群のシンク
- まわりの地域（ソース）から移入個体を吸収
- そこでは寿命は短く、繁殖は失敗



そこは野生生物の楽園ではなく、危険を認識できない動物たちを欺く「巨大な罠」

汚染はさまざまな面から人々の健康と暮らしの基盤に影響



ご清聴ありがとうございました

