

岡山泰史（司会） あらためてご紹介させていただきます、東京大学の保全生態学研究室の鷺谷いづみ先生です。私は先生が筑波大学時代に研究室の学生だったというご縁があり、編集者になって何冊か本も一緒につくらせていただきました。そのようなご縁で今日お越しいただきました。この 20 年間、先生の学会での発表なども含め、ご活躍をそばで見させていただいたり、メディア等でお話をされているのをフォローさせていただいております。

「生態学」という言葉は昔からポピュラーだったのですが、十数年前を振り返ると、「生態学は社会とどういう接点があるか」ということは、科学者のほうからあまりアプローチがなかったように思います。それを矢原徹一先生（現・九州大学大学院生態科学研究室教授）と鷺谷先生とで保全生態学の教科書を書かれて、それが学生たちに非常に人気を博し、それから徐々に時代が動いていきました。

「保全生態学」あるいは「保全生物学」という学問が徐々に認知されていって、そこで科学と社会との接点ができて、先生ご自身も政策提言とか、地域 NGO/NPO との連携というようなことを非常に精力的に、サイエンティストという立場からご発言、ご活躍されてきました。この辺は皆さん、ご存じの方も大勢いるのではないかと思います。

今日は「生態系サービス」というテーマと、「さとやま」という接点でお話をさせていただきます。お手元に資料として「科学」（岩波書店）バックナンバーのコピーがあります。国連ミレニアム評価の概説を、何年か前に先生に日本語でご紹介いただいたものです。評価本文は非常なボリュームがあつてポイントがなかなかわかりづらいところがあるのですが、これを読んでいただくととてもずっと腑に落ちる感じがあると思いますので、参考に読んでいただければと思います。

鷺谷いづみ 今日はお招きいただきましてありがとうございます。「保全生物学」というのは生態学の応用分野ですが、生物多様性の保全と持続可能な利用という社会的な目標の実現に必要な科学的な課題を扱うということになっておりますので、非常に幅が広いのです。かなり生物学、生態学寄りのところから、地域の人々の営みに関わることまで幅広く言及しています。また、自然再生が政策になっていきますので、自然再生の科学的な推進に関する研究などもしております。

今日は生態系サービスについての勉強会ということでしたので、2005 年くらいにミレニアム生態系評価のレポートが出た頃、まだ日本でそれがあまり話題にもならなかったもので、一部紹介するような記事を岩波の「科学」に書きました。それから 10 年も経たないうちに今はもう当たり前の用語になってしまいました。私の中ではもうブームが去っているところもあるのですが、昔のことも思い出しつつ、「さとやま」というテーマを今日は重要なテーマとして扱わせていただきます。それだけではなく、原子力発電所の事故による放射能汚染と生態系サービスというようなことも重要なテーマではないかと思っておりますので、それにつながるようなことを若干お話させていただければと思います。

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

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



ワードを軸にして行われました。生態系の働きによって生み出される人間社会にとってのあらゆる便益を「生態系サービス」と言いますし、地域によって何がサービスとして重要なのかは異なりますが、そこの地域での心身ともに豊かな生活を支えるのが「生態系サービス」であると言えます。

今日は「さとやま」もテーマですので、このようにいかにもさとやましい風景の場所があったとして、その生態系サービスというのを考えてみると、まずここでできる農作物も生態系サービスの一つですが、それが環境保全と結びついてブランド化されていると、より価値の高い生態系サービスとして提供されることになります。

そして、水田や樹林などが組み合わさっていますので、保水の効果などもありますし、そういうことを介して災害の防止や緩和に役に立つというサービスもありますし、植生と土壌が炭素を吸収して蓄積しますので、気候の安定化にも役に立つというサービスもあります。水源域にあまりに農薬や化学肥料がたくさん使われていればこれは実現しませんが、そうではなく最近の環境保全型農業が行われていれば、きっと下流域の安全な水の供給にも寄与するというサービスを提供することにもなります。



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

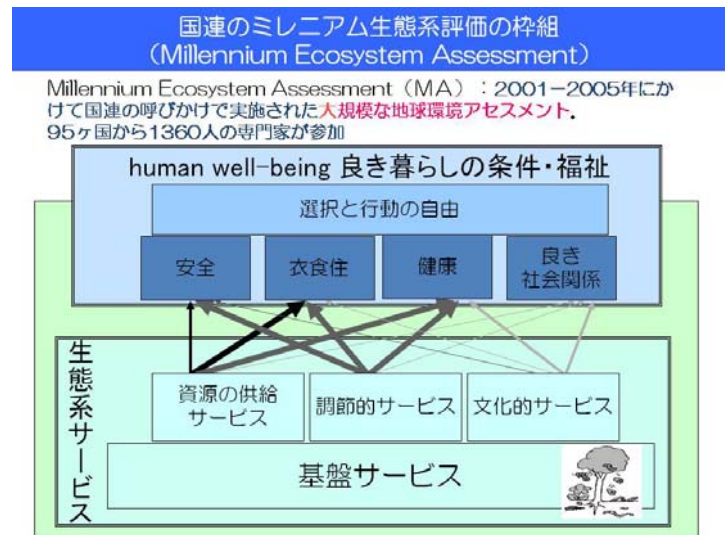


「生態系サービス」が世界の中に現れたのは非常に最近で、1990 年の後半くらいにアメリカの生態学者たち、デイリーというしばらく前にコスモス賞を受賞した女性の研究者などが中心でした。生態系の働きや生物多様性という価値を世界に認識してもらおうということで、「生態系サービス」という言葉を宣伝し始めたのが 1990 年の後半です。すぐにそれは功を奏して、国連のミレニアム生態系評価は「生態系サービス」というキーワード

生物多様性と生態系サービスの関係ですが、生物多様性のさまざまな要素によって生態系が構成されていて、生態系と生物多様性の言葉の関係は複雑で、お互いに交錯している関係があるので、生態系も生物多様性に含まれているのですが、構成されて生態系の働きによって生態系サービスが生まれてくる。そういう意味では生態系サービスを生み出しているのは、もとをたどっていくと生物多様性であるという言い方もできなくはありません。

生態系サービスは、普通四つのカテゴリーに分けて理解するというのが一般的になっています。①資源を供給するサービス。②調節的サービス。③文化的サービス。それから、直接人が便益を受けるサービスが生み出されるわけですが、そのような生態系が維持されていなければサービスは生まれないので、生態系全体の健全性を保つような働きを④基盤的サービスと呼んでいます。この基盤的サービスも入れますと、生態系サービスは非常に広い概念になります。

ミレニアム生態系評価は、資源供給のサービス、調節的サービス、文化的サービス、基盤的サービスという面から生態系評価をしたのですが、それと Human Well-Being との関連を重視しながら評価が行われました。Human Well-Being の Being という言葉が日本語ではピッタリした言葉がなく、幸福とか、福利、福祉という言葉もありますが、なかなかピンと来ないので、ここでは「良き暮らしの条件」とか、「福祉」という書き方をしています。これとの関連を重視しながら生態系の評価が行われたわけです。



良き暮らしの条件としては、まず選択や行動が束縛されないこと。自由がなければ良き暮らしはあり得ないわけです。そして安全。衣食住に満ち足りていること。そして健康であること。そして良き社会関係に恵まれていること。非常に幸福や Well-Being を観念的に捉えると、やはりこれくらいの要素になるだろうという常識的な分類がなされています。資源の供給サービスは衣食住を支えるものですし、健康も、食べるものがほとんどないということでは健康は保たれないというふうに、こんな関係があるだろうと想定され、分析がなされました。

ミレニアム生態系評価とは、国連の呼びかけで実施された大規模な地球環境のアセスメントで、ほぼ5年をかけて実施されて、2005年に出された報告書は全部インターネットで読むことができます。各国から1,360人の専門家が参加したそうですが、欧米の専門家が多いです。日本からの貢献はあまり大きくありませんでした。

まず、生態系と生態系サービスを把握したり、分類したりという基本的な作業が行われ、先ほど概念図をお見せしましたが、人間社会と生態系サービスの結びつきがどんなものかという、この辺りは概念的な整理が多いです。そして、そういうことに及ぼす直接的、間接的な要因というものを洗い出して把握し、適切な指標なり、評価項目みたいなものを選んでいき、それに基づいて今どんな現状にあるかという傾向評価。まず生態系の方の評価をして、それと先ほどの人類の Well-Being との関係に基づいて、それへの影響を評価するということをしています。

今日は時間がないので紹介できませんが、これまでの50年間について評価して、この先50年を予測するという作業をしましたので、先の予測はシナリオに基づいて予測しますの

で、シナリオを軸としてシナリオ評価などをし、シナリオというのはこれからいろいろな問題にどう対処するかというものですが、それぞれ対処の仕方の違うシナリオを分析することになります。そして、当然不確実性がたくさんあります。気候変動のレポートなども同様ですが、ある程度は不確実性についても意識した記述をしています。

ごく一部だけ紹介しますと、枠組みを先程もご紹介しましたが、あれを具体的な問題に若干落としてみると、例えば **Well-Being**。人々が幸福に暮らす、貧困を撲滅するということは国連の非常に重要なテーマですので、貧困の問題が大変重視されています。これも先ほど出ていましたが、こういうものが重要だという概念が整理されて、これも先ほどの図と同じですが、生態系サービスは、その **Well-Being** や貧困にも影響しますが、他のもの、たとえば人工的な変動とか社会政治的な要因など **Well-Being** に影響するものもたくさんあります。土地利用が変化するという事とか、気候変動とか、外来種のことなども若干入っていますが、そういうようなものは生態系サービスを介して影響する。こういう直接影響だけではなく、間接的影響についても考慮する枠組みによって評価を進めたいということが特徴です。

このように膨大なことなので、なかなかポイントを捉えてというのは難しいのですが、この 50 年間くらいに生態系がどうなったかということに関して、重要な数字だけここに挙げています。

大きく人為的に改変されたというのが、地球の生態系の一つの特徴です。例えば水ですが、人間が使う水というのは 400 年間で 2 倍になって、使うためにはダムなどを設置するわけですが、貯水量が 4 倍になっています。農地は放棄と共に開発が進んでいるというのが今の現状です。1950 年からの 30 年間に農地に変化された土地の面積というのは、1700 年くらいから 150 年の間が農地開発が盛んだった時代ですが、それよりも広いとか、今はもうすでに農地として放棄されているところも含めて、農地になっている土地は陸地面積の 4 分の 1 になっているとか、あるいは農業に関係あることでしたら、ここ 30 年間に肥料の使用料や農地の蓄積量が 3 倍になった。窒素に関しては、生物が利用可能な窒素が 2 倍以上に増えています。これはどうしてかということ、自然のプロセスによって大気中の不安定な窒素が生物が利用できる窒素に変えられていますが、それよりも人間が工業的に窒素を固定して農地に投入する量のほうが多いので 2 倍以上になっています。海では乱獲によって漁業資源の枯渇が全地球的に問題になっていますが、資源が枯渇しつつある魚種が 4 分の 1 になるとか、こういう数字が示されます。

生態系サービスについてですが、評価が可能なのは、統計などによって量的にある程度把握されるもの、もしくは量的把握が難しくても、非常に明瞭に何が起きているかを共通に認識できるものです。そうすると限られていて、評価できたのが 24 です。資源の供給サービスですと食料です。穀物、家畜、魚、水産養殖、野生状態の食物などいろいろあります。供給的サービスは、穀物や家畜は非常に強化され、農地が開発され、農業の効率化が図られてということで、こういうものの供給量は大幅に増加しています。それ以外はみんな下向きだということがわかんと思います。

気候の制御は地球全体で上向き、調節的サービスが上昇しているとなっていますが、これは地球全体が白っぽくなったので、そうすると温暖化と逆の効果があります。その効果

についてだけ評価しているの
で上向きです。アルベド（地
表面が太陽の光を反射する割
合）が増加して冷却効果が生
じている。緑が少なくなると
白くなる。砂漠化すると白く
なる。その効果についてだけ
はプラス。それをどう解釈す
るか。

害虫の制御も、生態系によ
る制御は低下しているとか、
植物の受粉は農業生産の一部
にとっても重要ですし、野生

の植物が実を实らせるために重要ですが、花粉媒介、これはポリネーターの働きですが、
大幅に低下しています。評価された頃より今のほうがもっとこの問題は深刻に捉えられて
います。

自然災害の制御に関しては、緩衝的な機能、要するにマングローブ林、海岸近くの湿地
や干潟。そういうものがおしなべて減少しつつありますので、緩衝帯がなくなって自然災
害に社会が弱い状態になっていることもあります。

ある生態系サービスの強化というのは行われたのですが、それと裏腹に、あるいは独立
に低下したサービスのあおりということ、将来に向けてもますます生態系サービスの低下
はもたらされるだろうという予測になっています。

大きな結論ですが、評価対象とした 24 のサービス、先ほど言いましたが、評価が統計
資料等で可能なサービスのうち 60%にあたる 15 のサービスは劣化、あるいは持続可能で
はない。将来には不足してくる可能性がある。現世代は生態系劣化のつけをのちの世代に
回すことになっているということです。

過去 50 年は大きく生態系が変化した時代で、それは食料や、水や、材木、燃料などの
需要が高まったことと関連して、その需要を満たすためにあるサービスを強化するよう人
間活動が強化されたわけですが、不可逆的な他の生態系サービスのポテンシャルの低下が
生物多様性の損失によってもたらされた。さまざまな変化というのは、人間の物質的な幸
福の改善と経済的な発展に寄与したけれども、その利益を受けた一方で多くの生態系サー
ビスの劣化と、非線形的な変化——最近では **Tipping Point** という言葉がよく使われるよう
になりましたが——ある限界を超えて生態系が変化してしまうと、急にいくつもの生態系サ
ービスが失われるとか、不可逆的な変化でなかなかもとに戻すことが難しいというよう
なリスクが増大しているということです。それと一方で、ある生態系サービスを強化するこ
とによる利益、恩恵というのが、全ての地域の全ての人が享受したわけではなく、一方で
極めて深刻な貧困化などの犠牲をまねく。開発の在り方によってはその地域の人達が伝統
的に利用していた生態系サービスが利用できなくなって、もっとも貧しい層が生態系サー
ビスの利用可能性を失って一層貧困になるということが起こっています。

特定の供給サービスの人為的強化——これは 50 年間の大きな傾向だったわけですが——

アセスメントの評価対象とした 24の生態系サービスのバランスシート

生態系サービスの機能	サブカテゴリ	状況(↑:増加 ↓:減少 +/-:どちらともいえない)
供給的サービス		
食糧	穀物	↑ 生産量は大幅に増加
	家畜	↑ 生産量は大幅に増加
	漁獲	↓ 過剰漁獲のため生産量低下
	水産養殖	↑ 生産量は大幅に増加
	野生状態の食物	↓ 生産量は減少
繊維	木材	+/- 森林面積が減少した地域もあれば、増加した地域もある
	綿、麻、絹	+/- 繊維の種類によって増減はまちまち
	木質燃料	↓ 生産量は減少
遺伝子資源		↓ 絶滅や過剰採取のため減少
生物化学品、自然薬品、医薬品		↓ 絶滅や過剰採取のため減少
淡水		↓ 飲料水・工業・灌漑のための非持続的な利用
調節的サービス		
大気質の制御	地球全体 地域スケール	↓ 大気質の自浄能力の低下
気候の制御		↓ アルベドの増加による冷却効果が炭素放出による温暖効果を相殺 負の影響の方が勝っている
水の制御	+/-	↑ 生態系の変化と場所によって異なる
土壌浸食の制御		↓ 土壌の劣化の進行
水質浄化と排水処理	+/-	↓ 水質の悪化
疾病の制御		↓ 生態系の変化によって異なる
害虫の制御	↓	↓ 殺虫剤の使用のため、生態系による制御能力は低下
花粉媒介		↓ 世界的に送粉昆虫は減少傾向にある
自然災害の制御	↓	↓ 緩衝的な機能を有する生態系(湿地など)の衰退
文化的サービス		
精神的・宗教的な価値	↓	↓ 信仰のよりどころとなる種や生態系の急速な減少
審美的価値	↓	↓ 自然な景観の質的・量的な衰退
レクリエーション、エコツーリズム	+/-	↑ アクセスは向上、生態系の質は劣化

—それが多様な生態系サービスと基盤的サービスを損なう傾向にあったことがわかったことの一つでもあります。

生態系サービスと生物多様性について、もう少し細かくお話しします。

生物多様性は、概念としては種内の多様性、遺伝子の多様性、そして種の多様性、生態系の多様性まで含んでいます。そのため、それぞれの多様性と生態系サービスの関係について見てみると、生態系の多様性がある空間的な範囲に保たれていれば、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する可能性があるので、多様な生態系サービスの提供ポテンシャルが、生態系の多様性によって保障されます。

種の多様性ですが、それぞれの種は単独で、あるいは生物間相互作用などを介して、異なる生態系サービスを提供する「生態系の機能」に関わっています。

類似した生態系における機能を持つ種が何種も存在すると、それを冗長性（Redundancy）と呼びますが、それがあると、ある種のあり方が変わっても他の種がきちんと役割を担っているということになりますので、生態系サービスの安定した提供が可能になります。似たような働きをする種が多く存在すれば、安定的に生態系サービスが提供される。そういう意味で、種の多様性というのは生態系サービスの安定的な提供に寄与していると考えられます。

種内の多様性ですが、種内に多様性があることが、その種の存続性にとても大きな意義を持ちます。環境が変動しても、ある程度変化して種が維持されるとか、同じようなタイプの環境変化で個体群全体が失われることはないという意味で、種内の多様性というのは、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しています。これは生態系サービスを提供する機能そのものに「生物多様性」がどう働いているかということなのですが、私たちの生物多様性についての利用方法としては、生態系サービスをバランスよく利用するとか、ある生態系サービスだけではなく、多様な生態系サービスを提供するポテンシャルを考えると、これは生物多様性がある健全な生態系が成り立つわけですから、その指標と考えることができます。ある特定の生態系サービスにだけ注目するというのは簡単で、それを強化することは簡単なのですが、それによって他の生態系サービスを提供するポテンシャルが失われたら、後の世代にそのことが保障されないというようなことをなくすためには、生物多様性などを失われないようにしながら多様な生態系サービスをバランス良く提供するポテンシャルを残していくことが重要です。このように、両者の間に関係があると見ることもできます。

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した提供が可能

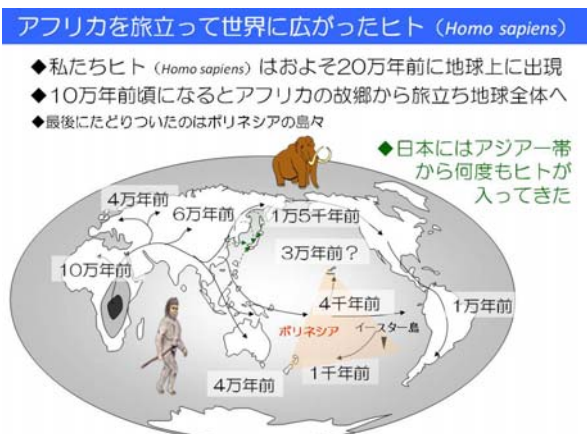
種内の多様性：種の存続性を通じて生態系サービスの安定的な提供に寄与

●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）

人間の対環境戦略

次に、少し根源的な話になります。人の対環境戦略という視点から今の危機を眺めるとどうなるかということなのですが、対環境戦略というのは、生物としての人の対環境戦略です。皆さんよくご存知だと思いますが、私たちと一番近いのはチンパンジーです。チンパンジーの遺伝的変異の中にヒトとチンパンジーの違いが含まれるほど、DNA や遺伝子レベルで見ると私たちはチンパンジーそのものなのです。チンパンジーの研究をしている人は、チンパンジーのことを「チンパン人」と呼ぶこともあります。私もチンパン人だろうというくらい近い。よく似ています。いろいろな哺乳動物を考えてみて、他に何も無かったら変異の一つと言えるくらい似ているのですが、すごく大きな行動上の違いが最近注目されています。

それは、ヒトは母親以外の大人が子育てに参加する、しかも集団で協力して子育てをするということです。これは、人間とチンパンジーを分ける行動上の一番大きな違いです。チンパンジーは母親だけで、他の大人はほとんど関係ない。集団による子育て行動が（進化的に）起こるための心理的な保障がなければいけないのですが、幼いもの、弱いものに心を向ける性質とか、言語があるのも重要なのですが、それだけではなく「人の心を読む」という特性がヒトにはあります。チンパンジーの行動を研究している方たちがよくその違いを強調されています。



男性について言えば、戦争や狩猟以外で協力するというのは、チンパンジーにはなくてヒトにはある。ヒトには、平和な時に協力関係を結ぶという行動上の特性があります。それはその子育てのあり方から派生して心理的な人のあり方に依存したものと解釈できない。人類は、チンパンジーとは 200 万年とかそのくらい前に分かれているのですが、私達自身、ホモサピエンスは 20 万年くらい前に地球に出現しました。この辺り、人類はこ

ここにいたのですが、ホモサピエンスは 10 万年くらい前になるとそこを旅立って、世界各地に広がっていったわけです。最後にたどり着いたのはポリネシアです。イースター島などもそうですが、その辺りの島です。日本には何回もアジア一帯から、南から北から入ってきたことがわかっていますが、この 10 万年とかの時間になると、地球の環境は大きく変動しています。

その前に、生物の戦略の進化を考えます。戦略というのは日常用語の戦略ではなく、生物学、生態学の用語としての戦略ですが、これは自然選択によってできる進化した遺伝的な形質を言います。しかし固定的なものではなく、環境に応じて発言は順応的です。これは単純な植物の例をイメージしていただくために描いてあるのですが、『葉っぱの秘密』（山と溪谷社刊）という本を書きましたが、この本の中で論じていますが、葉っぱは光の強さと葉のかたちの間にとても大きな関係があって、暗いところでは薄い葉をつくるのが一般的で、明るくなると厚くて小さい葉をつくります。そういうのは割合広くある性質なので

すが、種によって明るさに対する葉のかたちの反応が違います。例えば A という種は、暗い時は非常に大きな葉をつくるのですが、ちょっと光が強くなったら、わりあい小さい葉をつくります。このような反応の曲線を描く。B はだんだん反比例で小さくなるような反応をする。この反応の曲線のことを、ここでは「反応基準 (reaction norm)」と言います。これが適応進化します。大きい小さいかが適応進化するのではなく、環境に応じてどう変化するかです。というのは、生物のさらされている環境というのは変動に満ちていますので、それを頭に入れておいてください。

動物の行動も同じです。固定的な反応が進化しているのではなく、条件に応じてどう変化するか。それが進化しているわけです。

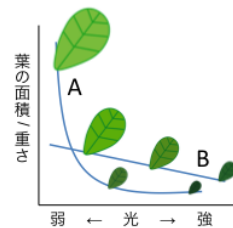
次に人ですが、人は生物としての適応もいろいろあって、どんな食生活をしてきたかによって、地域によって腸内の酵素のあり方が違ったりという進化が起きています。一方で文化的な適応がかなり著しい。つまり倫理とか、社会的信念とか、場合によっては科学とか、そしてそんな仰々しい名前と呼ばないまでも、人に特有のさまざまな行動の規範のようなものがあって、私たちの日々の行動が形作られています。生物としての適応と文化的な適応とが不可分に結びついて行動がありますので、なかなか複雑ではありますが、これら全体を含めて人の行動が進化するという捉え方ができると思います。

いずれにしてもそこの変動環境に合わないものであれば、今に伝わっていないと考えられます。どこかで淘汰されてしまったはずです。広義の進化として扱うことができます。

人の戦略などについて考える場合、現実には複雑ですし、人の歴史は 20 万年もあるので、いろんなことの歴史を背負って一人ひとりの個人がいるわけです。集団についても言えるわけなので、こういう時に戦略を考えるということは、極端なものを考えるとよい。つまり「モデル」を考えるということです。だいたい科学はそうです。理想、期待について検討する。実際には期待はないけれども、人間の行動戦略を考えるというかたちです。

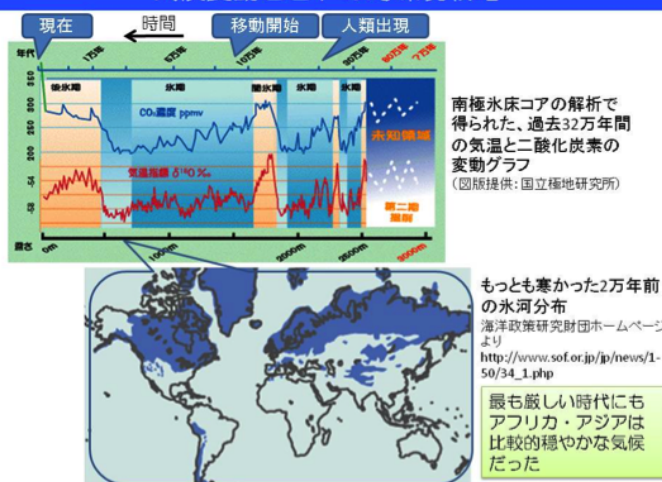
反応基準としての生物の戦略

- **戦略**：自然選択によって適応進化した遺伝的形質（環境に応じて発現は順応的）
- **行動の戦略**：固定的な行動ではなく、環境に応じてどのような行動が起こるかの「**反応基準 (reaction norm)**」が進化する



◆ 例えば、植物の反応基準の例
光の強さと葉の形に関する**反応基準**
Aタイプ v.s. Bタイプ

気候変動とヒトの対環境戦略



人類がアフリカに生まれ、その後地球の各地をさまよって生活に適した場所を見つけて住みついて、長くその場に住んでいた人達もいれば、また違うところに移動した人達もいます。その間は気候変動がかなり大きく、氷河期と間氷期の繰り返しがあります。二酸化炭素の濃度と気温のグラフが描いてありますが、人類の出現がこの辺りです。移動が始まったのが（これは幅を持って考えたほうがいい

のですが)、この辺りです。現在がここで、これが気温です。

地球上で一番寒い時代に注目する必要があると思っています。それが2万年前くらいから始まった時代です。他の時代にもいろいろな淘汰は起こったのですが、2万年前を生き残ったかどうかということが、今に伝わるいろいろな性質を決めていると考えられるからです。

穏やかな気候と自然の恵みのもとでの戦略

◆最寒冷期にも温暖で穏やかな気候が

続いた場所（アフリカ・アジア）

→豊かな自然の恵みが持続→果実、葉、根、きのこ、魚貝などの採集

-共生戦略（ヒトの戦略の基調）

定住地の周囲は **さとやま=生物資源の採集地**に

↓
多様な生物資源の持続可能な利用のための共生の知恵と知識が蓄積



二つの極端な戦略をこういうことを念頭において考えてみることにすると、最寒冷期である2万年くらい前にも、温暖で穏やかな気候が続いていた時期や、アフリカやアジアという地域があった。それは豊かな、その前の時代からずっと継続したような自然の恵みが持続していたと思われます。もともとサルとしての私たちは果実や葉っぱが大事な食べ物だったのですが、人になってから貝というものが非常に重要になった。水からの資源を得たといろいろなことから想像されるのですが、こういうようなものが採取して手に入った。つまり、頑張って攻撃性を持って何かをしなくても食べ物が手に入る状態であった。

もともと人の行動戦略というのは、チンパンジーと何が違うということからも、かなり強制的な行動のあり方や心理のあり方があると思いますので、これは人の戦略の基調にあるのが共生なのではないかと考えることができます。これは私が勝手に考えている仮説なのですが、そういう戦略で十分やっていける。今のさとやまの原型、いろいろな食物だけにしても資源の取れる場所を使いながら、それを持続可能なかたちで取っていく。共生の知恵のようなものが大変重要だったのではないかと考えています。

一方で、北のシベリアやヨーロッパ、その北の方を回ったアメリカ大陸のアメリカの先住民ですが、すぐよく動きまわりましたし、南アメリカまで行って、寒いところに行った人々もいる。全部一緒にして非常に単純

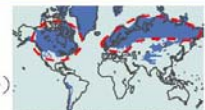
2万年前に氷河がどう分布していたか。これは場所によって違います。2万前にどこにいたかということで試練が違っていただと考えられます。見てみると、地球全体が広く氷河に覆われていますが、アフリカやアジアはあまり氷河に覆われていません。この氷河に覆われた地域にいた人たちと、あまり覆われていない辺りに定住していたか動いていた人たちは、ぜんぜん違う環境にさらされたということに注目する必要があると私は思います。

厳しい気候と単純な自然環境のもとでの戦略

◆寒冷で厳しい気候のもと（ヨーロッパ、

シベリア、北回りでのアメリカ大陸への移住経路）

→限られた資源→狩猟による大型哺乳類の利用が主



-征服戦略（ヒトにとって新戦略）

攻撃性 集団での統率のとれた行動

集団の生き残りのため、**効率性・衡平性**が重要な規範

新天地を求めて移動・植民

→ **大型哺乳類の大絶滅**（一万年前）

モノカルチャー（近代から現代）



な議論をしているのですが、資源が限られています。ツンドラのような気候や、寒い草原のようなところが大型哺乳類の世界です。植物の資源などは直接人が消化できるようなものはあまりないけれども、お肉になれば食べられる。理想的なすべての栄養がそれで賄えます。ですから、マンモスとか大型哺乳類を狩るというのが、餌を確保する唯一の手段。しかも肉が腐りませんので、取ってきて少しは保存がきく。先ほどの暖かい地域では、肉はたくさんいっぺんにとれても腐ってしまって、貝とか果実とかをいつも取って食べるということが必要だったと思います。

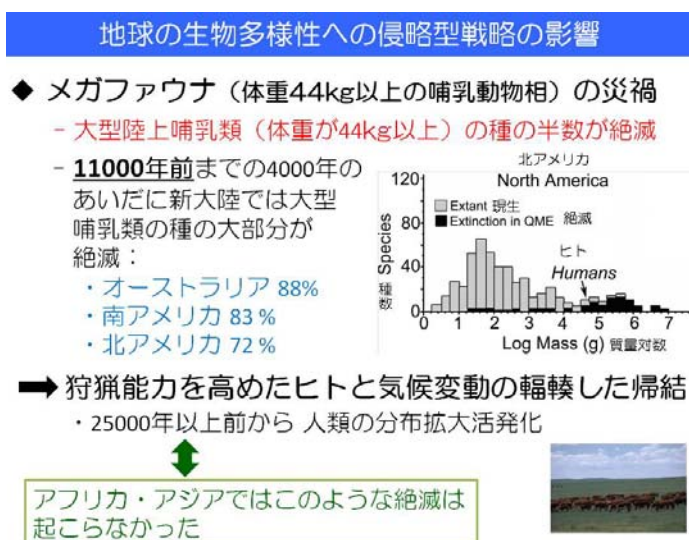
そういうふうにするとしたら、言語があってみんなで一緒に狩りができてよかったということなのですが、やはり集団での統率がとれた行動が必要ですし、攻撃性がなければ大型哺乳類はとても狩ることができません。そして、乏しい資源のもとで集団が生き残りを図るような厳しい場面にしょっちゅう遭遇することがあったと思われます。効率性や公平性などの規範というのは、こういう生活の中で生まれ、培われてきたものではないかと想像されます。新天地を求めて常に移動したり、植民したりということもしてきた人類のグループもあったと思われます。

1 万年前に何をもたらしたかということ、大型哺乳類の大絶滅をもたらしました。そして植民地の時代から現代までの間にモノカルチャーの農地が広がることで地球環境が単純化するということをもたらしたのではないかと。本当に極端なモデルにして単純な議論をするとういうふうな考え方ができるのではないかとというのが、最近私が考えている仮説でもあります。

一方の厳しい環境の下で行動戦略が進化したとしたら、その行動戦略はある意味では「侵略」だった。しょっちゅう先に動いていかなければいけない。新しい新天地を求めるという意味でも、あるいは他の大型動物を狩るという意味でも「侵略型」です。

その行動もあって、地球では1万年くらい前までに大型哺乳類の半分が絶滅してしまいました。大型哺乳類というのは体重44kg以上の哺乳類を言います。これはもともとの哺乳類の体重の分布です。対数になっているのでわかりにくいのですが。そうすると、小さいものがそれなりに多くて、もうひとつ大きい山があるのですが、大きい方の限界くらいが44kg。人も大型哺乳動物になります。平均すれば44kgくらいです。

半分が絶滅してしまったので、この黒いところが絶滅です。大きいほうもだいぶ絶滅しましたので、地球の哺乳類の体重平均はここ1万年くらいにガクッと減りました。それだけではなく、トータルも個体数も含めて大型動物がかなり絶滅したので、一旦ガクッと体重の合計量が減りました。オーストラリアでは88%、南アメリカでは83%、北アメリカでは72%、ヨーロッパは、数字は上がっていない



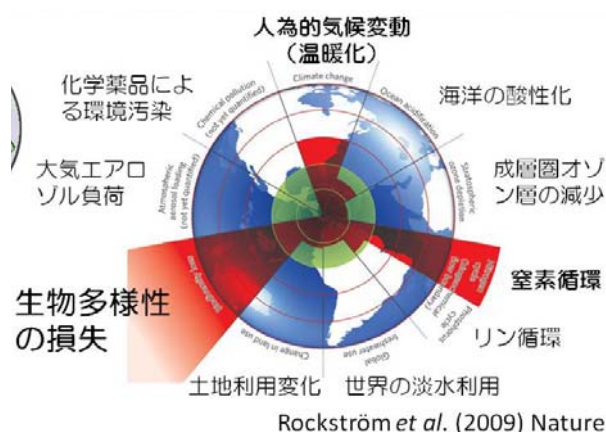
のですが、ヨーロッパでも大絶滅は当たり前なので、ここでは特に書いてなくて、欧米の研究者が一生懸命「こういうところの先住民も絶滅させた」というデータを出してくるのでこのようになっています。

もちろん気候変動も影響していて、人の狩猟だけが原因ではないかもしれませんが、人の狩猟がかなり大きな要因になって絶滅が起こったと考えられています。ヨーロッパや新大陸での大型哺乳類の絶滅に比して、アフリカやアジアでは大型の野生動物が今でも残っています。大型の野生動物の宝庫はアフリカです。アジアにもそれなりに大型のものが残って、こういう絶滅は起こらなかった。大型哺乳類を狩るという生活がそれほど重要ではない 20 万年の間、アフリカではそんなには大きな力は発揮しなかったということになります。それに対して最近人類が入っていった地域では大型哺乳動物が絶滅している。

このような二つの戦略があったとすると、征服型の戦略の帰結として今の地球環境問題があるというふうにも言えなくはないと思います。効率の良い生産。モノカルチャーの農地。植生がツンドラとか、寒いところの草原は本当に一様に広大な地域で、農地もそれに倣ったような農地になっていくと、熱帯地域で作物をつくる時でさえ同じような植物を一面に植えたパームヤシのプランテーションをつくるとか、ふるさとの植生のあり方がそのまま持ち込まれていると言えなくもないような「モノカルチャー」が発達しています。

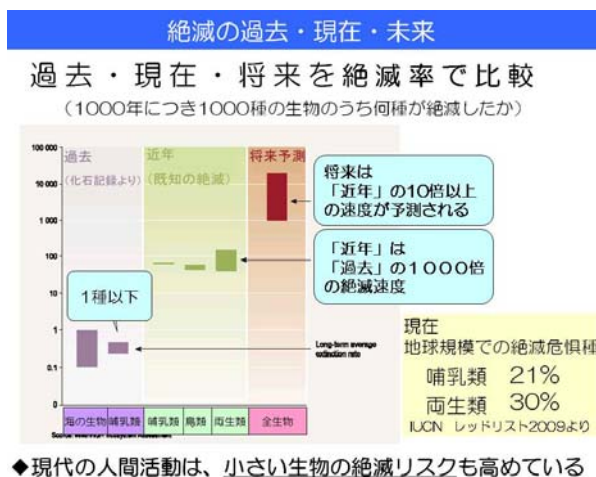
地球の限界を超えて

いろいろな地球環境問題と言われているものの中で、何が限界を超えているかを評価した 2009 年に論文が出ているものの絵を持ってきました。30 人くらいの欧米の研究者の共同研究です。この緑の範囲でしたら一応まだ地球の限界を超えていない。赤いところにいくと限界を超えたという評価です。限界を超えているのが地球温暖化と呼ばれている人為的気候変動と、窒素が多くなっている問題と、生物多様性の損失。



生物多様性の損失ですが、やはりあらゆる影響を全て生物多様性は受けますので、一番限界を超えているというのは当然と言えば当然です。

何をもって限界を超えたと言っているかという一番の根拠は、絶滅率です。絶滅率というのは、ある時間内に 1000 種のうち何種が絶滅したか。1000 年につき 1000 種のうち何種が絶滅したか。もしくは掛け算をして、100 万年での絶滅の可能性とか、そういうふうに見ることができるのですが、

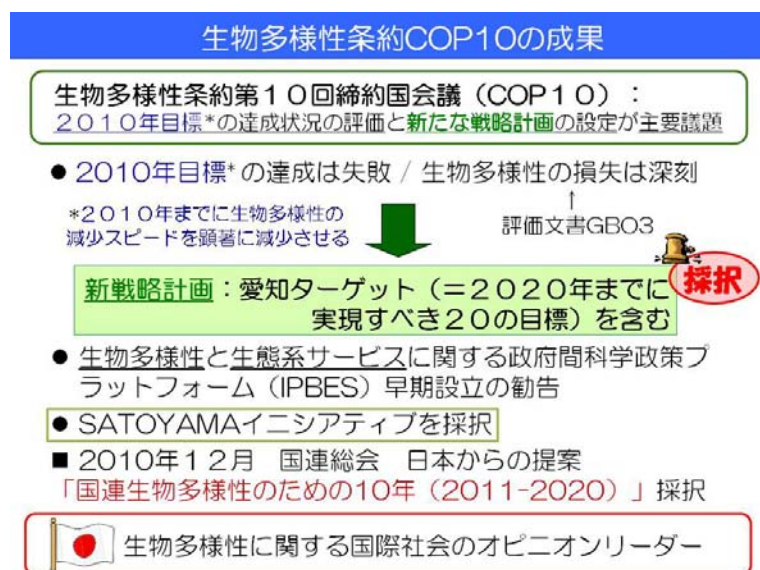


化石で把握される過去の絶滅というのは、1000 年につき 1000 種のうち 1 種以下であったと考えられています。近年についてはいろいろな絶滅がもう知られていますので、その率を計算してみると、過去の絶滅の 1000 倍程度になっています。そして、将来予測もいろいろな研究者がしていますが、今のままの人間活動では、将来は 10 倍以上の絶滅率になるだろうと言われていて、これは昨年の COP10 に向けた生物多様性の評価もこういうデータに基づいて行われています。

1 万年くらい前の人間活動というのは、大型哺乳類を特に危機に陥れたわけですが、現代の人間活動による絶滅リスクの高まりは、もちろん大きな生物にとっては一番厳しいのですが、それだけではなく、小さいものの絶滅リスクも高めているということに特徴があります。哺乳類で絶滅が危惧されるものが、今まだ生き残っているものの 21%、両生類は 30% 程度です。

先ほど大型哺乳動物の体重合計の話をしました。一旦大型哺乳類が大量絶滅して合計値が下がった後、人間が増えてきたので、人間の体重で少しずつ増加してきて、今は家畜の体重が凄まじい増加を示しているの、野生動物と人間の体重合計よりも家畜の体重合計のほうがずっと多く、しかも指数関数的に増えているという現状にあります。そういうことも、その飼料がどうなっているとか、排泄物がどうかとか、いろいろ考えたら大きな負担になっているだろうということがわかります。いろいろな数字が危うさを示しているので、このままですと生態学的に見ると「破局」にならざるを得ないというところがあります。そうしないために、生物多様性条約等のいろいろな条約などや、国連の活動などもありますが、もっと根本的にやってみたら、「征服戦略」というのには将来がないことははっきりしています。やはりこれまで隅においやられてきた「共生的な戦略」を見なおしていくということが非常に重要で、効率や競争の呪縛にしばられてしまっているのですが、現代の先進国の人々は特にそうですが、やはり共生や持続可能性のようなことをむしろ重視した価値判断をしていくということなしには破局を防ぐことはできないのではないかと思います。

そういう意味で、このアルファベットの「SATOYAMA」に生物多様性条約の枠組みの中



だけですが、目が向けられるようになったということが一筋の希望でもあるのではないかと思います。生物多様性条約は国際的な枠組みですが、強制的な戦略の一つの拠り所になっていると思います。生物多様性の保全は人間以外の動植物に目を向けることでもありますし、将来世代のことを考えても、保全とか持続可能な利用というのは強く意識していますので、これはまさに「共生戦略」です。

目的はこういうところであって、先ほど紹介しましたが、2010年にCOP10でいろいろなことが決められて、他の国際的な取り組みに比べると、ずいぶん日本がリーダーシップを発揮できた国際会議だと思います。重要な文書は全部採択されました。新しい戦略計画の愛知ターゲットを含む計画も採択されましたし、多くの方が興味を持っていたのが名古屋議定書ですが、共生型の戦略の抑制ということを考えると、愛知ターゲットは非常に重要です。そして、「SATOYAMA イニシアティブ」も採択されました。そして、日本からの提案で、2011年から10年間を国連で「生物多様性のための10年」として取り組みを強化していくという提案も採択されています。これは2010年12月に開催された国連総会でも認められて、2011年から「生物多様性のための10年」が始まっています。

IPCCにあたる政府間の科学政策のプラットフォーム、IPBES（Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services）と言われているものの早期設立の勧告も受け入れられて、今準備が進められているところです。こういうことで、日本はこのことに関してはそれなりにオピニオンリーダーの役割を果たして、日本のNGOの活動や、それを受けての政府の動きなどは国際的に見ると大変評価されるものになっています。

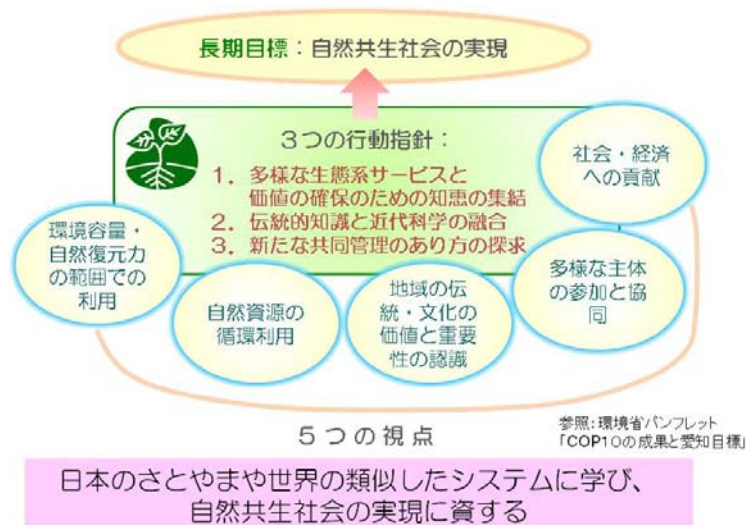
この議論に資するために、生物多様性事務局が公表した地球規模生物多様性概況というものがあります。これも項目をミレニアム生態系評価のように（ミレニアム生態系評価は生態系サービスで評価しましたが）、項目を決めて地球規模で生物多様性の減少速度を低下させることができたかどうか。この前の目標がそれだったので、うまくいかなかったということがわかったわけです。「現状は、生態系が人類にとって重要な生態系サービスを提供する能力を破局的に減少させるいくつかの潜在的な臨界点に近づきつつある」と国連総長が前書きに書いています。

採択された愛知目標を含む新戦略ということですが、長期計画は自然と共生する世界ですので、タイトルからして共生型の目標が掲げられています。内容はいろいろあって、まだ人々の認識は十分でないので、認識するというのを第一の目標に掲げているということです。

「さとやま」と

「SATOYAMA」

「SATOYAMA イニシアティブ」ですが、長期の目標が自然と共生する社会を実現することが長期的な目標になりましたので、それに資するために多様な生態系サービスと価値の確保のための知恵を集めることが必要なのですが、そこに伝統的な知識というものもおろそか



にしない。近代科学のみならず、伝統的な知識や新たな共同管理のあり方を探求する。ここに地域の伝統文化の価値と重要性の認識があります。循環、持続可能な利用とか、こういう視点でイニシアティブと言っても、今まで認識が十分でなかったのも、それについての情報を整理するとか、認識するというのが今の課題になっています。これで何か具体的な事業を展開するとか、そういうものではありません。日本のさとやまとか、世界の類似したシステムに学んで自然共生社会の実現のために情報として役立てていくというようなものです。

日本のさとやまの生態学的な特徴として、どうして生物多様性が高いのかということと関わる生態学的な特徴をお話しましょう。「さとやま」をわざわざひらがなで書いて漢字で書かないのは、漢字で書く「里山」というのはそれぞれいろいろなイメージをもっていらっしゃると思うので、それと違いますということです。政策の用語で言えば、「里地里山」という用語があります。それとは近いです。そして、アルファベットの SATOYAMA を表したいということで、ひらがなを使うことにします。漢字で書くと、みんなそれぞれのイメージで捉えてしまうので伝わらないことがあります。

定住しているところは農業が必ず行われていますので、居住地と農地と、そして資源を採集してくる場所が山です。それを総合した場所がさとやまです。このようなイメージになります。どんな資源が必要かに応じて、樹林あり、草原あり、溜池とか水辺がありますので、いろいろな多様な生息場所が集まっているということで、それぞれ異なる生息環境を要求する生物がこういう空間だったら住めるという、こういうモザイク性を最近では「生態系模様」という言葉で表しています。さとやまは生態系模様がきめ細かいです。それに対してアメリカのプレーリーの辺り（穀倉地帯）の農業生態系は同じような農地ばかり続いているので、生態系模様が非常に単純で粗いという言い方をします。これは土地利用ですので、いくらでも資料からいろいろな計算等ができます。

農業生態系の生態系模様を測るさとやま指標

◆ランドスケープ多様度と自然的な土地利用の比率を考慮した指数



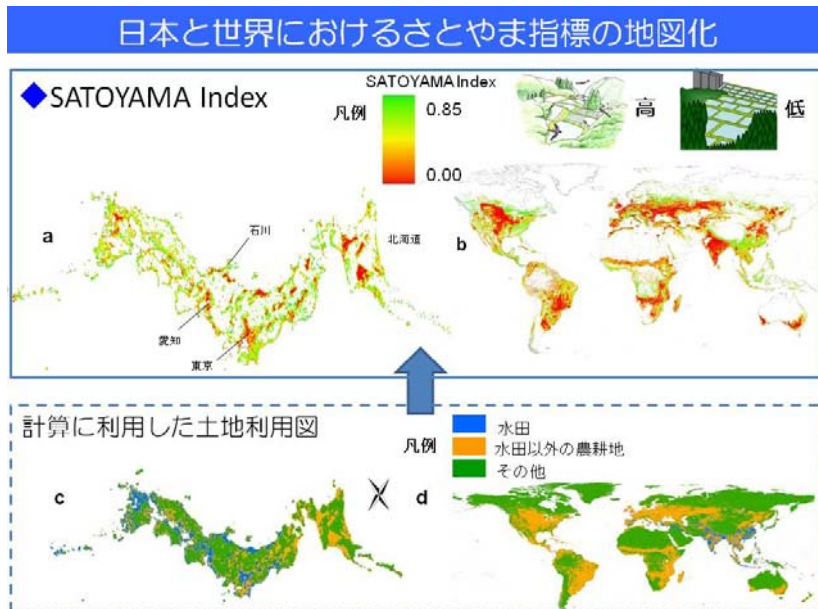
- 1×1kmグリッドを基本空間単位とする
- 6×6km空間範囲（ヒトの生活に必要な自然資源採集スケール/昆虫、小動物の生活圏）（農地・水田を含む場合のみ）における土地被覆分類の多様度(Shannon-Wiener Index)

$$SI = \text{土地利用不均一性} \quad * \quad \text{半自然土地利用（森林・草原・湿地）の割合}$$

人間活動がもたらす効果ですが、火入れは非常に重要な、これは石器時代からの人類の生態系の管理の手法です。石器時代と言いましたが、鹿などの狩猟をしやすい場所をつくるとか、人間は体の中でつくりえないビタミンCを摂らなければいけない。ちょっと涼しいところで果実などがあまり無かったら、木苺やブルーベリーが重要です。明るい立地でなければそういうものはできないので、火入れをしてそういうものが育ちやすい場所をつくる。木苺などは種子にそれこそ光熱の影響を受けると発芽できるようになるので、そういう営みが今でもあります。阿蘇では火入れで草原を管理する。もうずっと古い時代からの伝統です。昔はアマゾン地域も、もっと人が使っていた時代があって、火入れをして植生

管理をしていた考古学的な痕跡が残っていたりします。

それで、こういう伝統的な管理くらいの人為のかけ方ですと、「中程度の撓乱」と私たちは呼んでいるのですが、それほど強すぎないので、むしろ多様性を高める効果があります。人手が加わらなければさとやまの多様性は維持できないと言いますが、人手のあり方が伝統的で今までずっと続けてきて、そこで生きている生き物が適応しているようなあり方であれば多様性が高まるということになります。

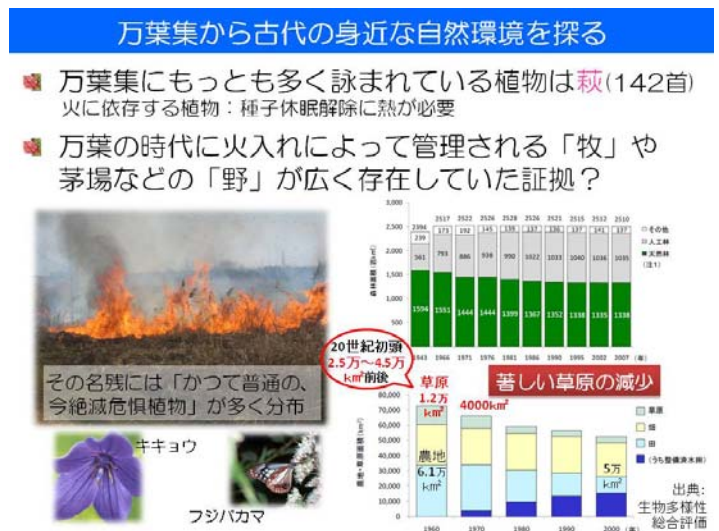


ようになります。世界地図で見ていただくと、プレーリーとか、世界の穀草地帯というのは真っ赤です。インドが真っ赤なのが気になります。どういう国の植民地だったかということと非常に関連があります。それに対して、アジアはそんなに赤くない。逆に白いところは農地がないところですので計算していないのですが、本当は白かったのに緑になったという見方もできます。こういう土地利用図を使って計算しています。日本では、石川県は能登のさとやま地域などは非常に重視していて、いろいろ政策をつくっていますが、そういうところは確かに緑色です。あとは千葉もさとやまの政策がかなり重視されています。このような計算もできます。

野焼きや火入れが今、非常に難しくなっているのですが、生物多様性の保全には非常に重要です。

万葉集に一番多く読まれているのは植物の萩です。萩というのはまさに火入れをした野の植物で、それこそ種子も火の作用がなければ発芽しません。万葉時代の人々の周りには、萩があるような野が

一方の多様な環境があるようなことに関しては、「さとやま指標」というものを私たちは開発して評価できるようにしました。土地利用がどのくらい、一様ではないか、モノカルチャーではないという指標と、生物の生息の場としても、人間が資源を取る場としても重要な半自然的な土地利用、森林や草原や湿地の割合、そういうものを考慮して、地図に描くとこの



いっぱいあった。その一部は「牧」。牧というのは、昔は、馬が交通のためにも戦のためにも非常に重要でしたので、全国に牧がありました。日本は火入れをしないと森になってしまいます。ですから、もともと草原が発達しやすい火山の周りとか、川のほとりなど野焼きにして火を入れる。そういう伝統が今はほとんど失われつつありますが、広範囲に頑張っているのが阿蘇です。そして、川の周りの葦原、荻原などで、関東地方でしたら渡良瀬用水池は火入れをして葦や荻の草原を維持しています。資源として使われなくなってきましたが、ああいうものをバイオマスとして利用するということになると、生物多様性にも気候変動にも寄与するような新しいやり方が生まれるのですが、そういうものにはどの省庁も興味を持っていません。作物でもないですし、誰も興味を持っていません。

原子力のあやうさ

原子力発電の事故と生態系サービスに関わることを簡単に言ってみたく思います。

放射能というのは完全に閉じ込めることはできていない。人間の今持っているテクノロジーではまだ全くできていないということがあります。日常的な管理放出というのでも若干ありますが、ドイツ政府の調査で原発周囲の 5km 圏内で小児白血病が非常に高い率で発症しているという調査があります。ただ、これはメカニズムがきれいに証明できていないので、検討中です。そして、事故が起こったのは、どんなことになるのか私たちが一番経験しているところです。

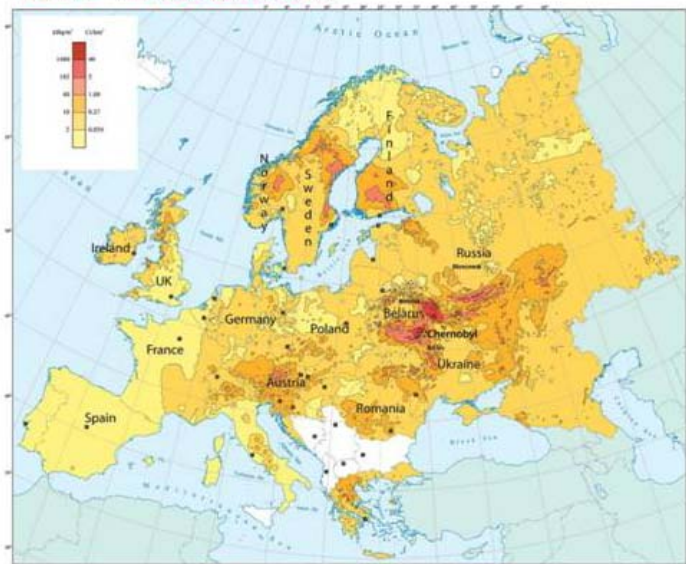
放射性廃棄物ですが、1t あたり 10^{18} ベクレルの放射能があつて、それが徐々にそれぞれの半減期で減っていきます。私たちが進化を考えるタイムスケールが 100 万年オーダーです。もっと早く進化するものもいっぱいあります。新しい種が出てくるのは 100 万年オーダーの出来事です。100 万年経っても廃棄物 1t あたり 10^{12} ベクレルです。一つの原子力発電所から 1 年に出てくる廃棄物が 25t くらいです。それが溜まっていて、その処理についていろいろ計画はありますが、うまく進んでいないというのは皆さんご存知だと思います。それは日本だけではなく、世界全体としても同じです。日本だけが中間処理をしてもう一度燃料にしてということをお願いして、他の国はやめてしまいました。そうすると、最終処分を、今まで溜まった分、これから溜まる分をしなければいけないのですが、処理方法が決まっているのはフィンランドともう 1 カ国くらいです。まだ決まっていない。ですから、見切り発車で「そのうち技術が開発され、できるだろう」ということで、今廃棄物が溜まっているという現状です。

処分や保管というのは非常に長期にわたります。何万年とか、場合によってはもっと長いタイムスケールで保管管理が必要になります。どこに処理するにしても同様です。発電の恩恵を受けなかった人や、生態系や生物多様性へ将来甚大な影響が及ぶかもしれないということを考えると、現世代の利益だけではなく将来世代の利益も考えることが持続可能性ですので、ちょっとサステナビリティの思想と合い入れないような廃棄物のあり方ではないかという感じがします。まずそれが環境、生物多様性の保全に関わっている立場から見えて思うところです。

福島原発は進行中でこれからいろいろなことが起こると思うのですが、チェルノブイリ

のほうは 25 年経っていて、膨大なレポートや論文があります。そういうもので生態系サービスに関するところを若干見てみたいと思います。

チェルノブイリ原発事故によるヨーロッパ各地への放射能汚染



Møller & Mousseau (2006) TREE 21:200–207

事故の規模はチェルノブイリのほうが若干大きい。福島はどのくらい出たかがはっきりとわからず、「政府がこう言っている」というだけです。チェルノブイリはまずはヨウ素 131 の汚染。ミルクが汚染されて子供たちの多くが甲状腺癌になったということがあります。これは半減期が短いので、事故後の短期間の汚染が問題になったのですが、セシウム 137 は測りやすいということもあって、半減期が長いものの指標にもなるような核種ですが、これはいまだにかなりの線量で存在していて、半減期で減ったくらいしか減っていない。除染など一部で試みられたと

ころはありますが、あまりうまくいっていません。ごく局所的にうまくいったところがあっても、ほとんどがうまくいっていない状況です。

本当に健康と環境への影響はさまざまで、なかなかそれから取り出してくるのは難しいのですが、生態系サービスということで、特に資源の供給サービスに関わる数字を拾い出してみます。汚染によって利用できなくなった農地と林地の面積について、ヨーロッパに広くいろいろな影響があるのですが、狭く限定してウクライナ、ベラルーシ、ロシア共和国のみ合計をしてみると、78 万 ha くらいは放棄せざるを得なかった農地です。さらに材木の生産ができない。材の汚染が問題になってしまうので、外には出せません。燃料にもできないので、大文字焼きで松のことが話題になりましたが、あるメカニズムがあって樹木は汚染されやすいのです。それで 69 万 ha は生産林としての機能を失いました。

ベラルーシは悲劇的なのですが、最も優良な農地が汚染されてしまったという問題が起きました。牛乳が一番話題になりましたが、初期の頃はヨウ素の汚染で、その後はセシウムですが、牧草から牛の体に取り込まれるというルートでの汚染です。それからそれが出すミルクの汚染です。ちょっと油断すると、そのミルクを子供が飲んで甲状腺癌のリスクが高まるとか、そういうようなことになります。資料に「多くの子供が甲状腺癌に」と書いてあるのは、数字がいろいろどういう機関が発表しているかによって違います。原子力を推進するという立場が強い機関のものは少し少なめの評価ですが、それでも 4,000 人の子供が甲状腺癌になったという数字が出されています。

2000 年代になっても暫定的なその国等の基準値を超える牛乳の生産がまだ続いています。これはヨーロッパ全域です。

もう一つ、私は、今日のお話の流れでわかるように、伝統的な営みで採集して利用しているような食べ物、そういうものに強く依存している地域—感覚から言うと貧しい地域ということになります—伝統的なあり方をずっと持続している地域があります。そういうところの食料というのは、生態系サービスとして大変重要な価値があると思うので、そういうもののデータの例として、ベリー類があります。冷涼な気候ですので、コケモモ類というのはブルーベリーなどです。野生のいちごとか、キイチゴ類などというのはけっこう放射能を集めてしまう性質があることがわかっています。これは m^2 あたりの土壌、キロボクセルあたりその植物体のベクセル数。こういうものを移行係数と呼んで、作物とかそれぞれ違いますので、合計数の値を比較されたりしていますが、比較的大きい合計数を示しています。

きのこ類は汚染が激しい。なぜかという、セシウムはカリウムと同様に振る舞います。カリウムは植物の三大栄養素の一つですが、不足しがちで、植物は菌根に依存して、きのこの仲間は菌子を広く張り巡らせて、そういうミネラルを効率よく吸収します。子実体(きのこ本体)にも貯めますし、樹木その他共生している菌根を持っている植物に供給することですので、まずきのこが汚染されるだろうというのは、生態学的には非常に納得のいくことです。日本でもチェルノブイリの時にかなり汚染されたきのこが見つかって報告されているようです。今回はまだこれからではないかと思えます。

こういう汚染というのは、場所によって非常に大きく変動があります。ですから、なかなか「このものは危ない」と言いにくい部分はあるのですが、それでも子実体に含まれているセシウム 137 の濃度と土壌の汚染度には相関が認められています。すごく変動は大きいけれども、土壌が汚染されているところではきのこがより汚染されているという関係はあるということはわかりました。

最近ホットスポットという言葉をよく聞きますが、チェルノブイリの事故後にもホットスポットはヨーロッパ全域にいくつかあるのですが、そういうところでのきのこが問題になっています。4月に飯舘村のしいたけでかなりの汚染が報告されているという報道がありましたが、これがそうやって菌糸（菌根）から吸収された汚染なのかどうか。あるいは降ってきたものが付着したのか、まだ4月ですから何とも言えないのですが、この秋きのこがどうなるかということ—野生のきのこです—今私たちが食べているきのこはみんな工場の中でつくっているのです、汚染はあまり心配ないと思うのですが、きのこ採りが好きな人たちは慎重に行動したほうがいいのではないかと思います。このことは生態系サービスという言葉を使ってもいいのですが、森や湿地の恵みが放射能汚染によって災いになってしまったと見なければいけない。

今説明しましたが、菌類というのは放射性物質を貯めやすい。多くの樹木が菌類と共生しています。菌類が集めたセシウムが樹木に移ります。それで葉が落ちると、またそれをきのこの菌糸が吸収するということで、チェルノブイリの後では完全に循環が起こっていて、食物連鎖と物質循環の営みというものがやっかいで、放射性物質も循環させるという事態になっているようです。

伝統的な暮らしをずっと続けていた人たちが最大の被害者になるということがこのこ

とからも予想されるのですが、スカンジナビア半島やロシアの北極圏に住んでいるサーミ人がそうです。古い時代に大型哺乳類を狩る生活をしていて、そういうスタイルがずっと残ってきた人たちなのではないかと思いますが、もともと狩猟遊牧民族です。トナカイに依存した狩猟遊牧民族ですが、今はほとんどが定住生活をしているのだけれども、トナカイを牧場のようなところで飼っていたり、トナカイ依存の生活です。それでトナカイの肉が汚染されてしまって、放牧生活が崩壊してしまいます。

これの食物連鎖ですが、ハナゴケは地衣類です。菌類と藻類の共生体。非常に貧栄養で寒いところというのは植物が生えないのですが、地衣類はそういう過酷な環境でも一次生産者になります。菌類が栄養のないところでミネラルを吸収して、藻類が光合成をする。そういう共生体で、これをトナカイはそれだけをほぼ食べてお肉に変えるわけです。こういう汚染でトナカイが利用できなくなった。

この話も IAEA のブックレットに書いてあります。チェルノブイリで何が起こったかということ。汚染のデータについては出ていなかったのですが、お話だけ出ていたので、私が他から調べて入れましたが、サーミ人がこういう被害を被ったということは、IAEA のブックレットにも書いてあるような事実であるということです。

動物や生態系の影響もかなりよく研究されて、国際的なレベルの高いジャーナルにいっぱい論文があります。有名なのが、ツバメの話です。研究された人たちですが、チェルノブイリ・リサーチ・イニシアティブというグループを自分たちでつくって研究をして、精力的に論文を発表している方たちです。ツバメが重要な研究対象です。写真



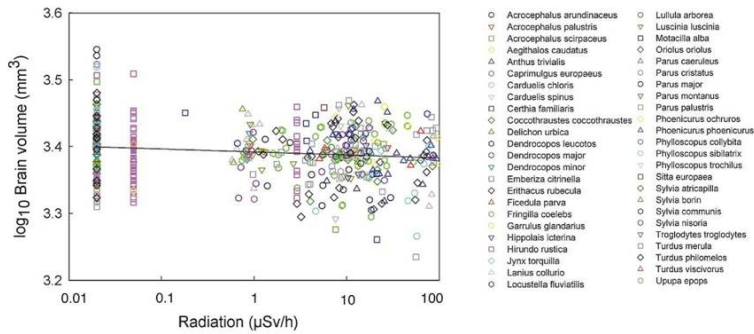
正常のツバメ(左)と部分白化したツバメ(右)
Møller & Mousseau (2006) TREE 21:200-207

真に出ている、この白くなったツバメというのが一つのシンボルです。ここが白いツバメは普通はいません。ですが、事故後チェルノブイリの汚染地域と対象地域で、対象地域でもそういうものが若干出てきているのですが、汚染したチェルノブイリでは非常に率が高い。カロチノイドの合成に異常が起きると白くなります。色素というのは免疫系とか色々なことにつながりがあります。赤いのはメスにアピールするオスのツバメです。ですから、繁殖がうまくいかなくなるということがあります。

いろいろなことを調べているのですが、免疫やホルモンとか、諸機能への影響を調べているのですが、血液や肝臓中のカロチノイドとか、ビタミン A、E など抗酸化物質の量が対象時期に比べて統計的に有意に減少している。これと、ここが白くなっているということは相関する事実です。部分白化个体が増えて、オスの精子異常なども多くなっていて、いろいろな機能的変化がチェルノブイリのツバメで見られて、いろいろなものを対象地域と比較してみると、繁殖成功率とか、生存率など、全体に落ちているということがわかります。

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がある
(若い個体の方が小さい)



Møller et al. (2011) PLoS ONE 6(2): e16862. doi:10.1371/journal.pone.0016862

れたデータなのですが、この図は右にいくほど汚染が大きいのですが、いろいろな鳥で脳の容積の低下が起こっている。統計的に有意な結果です。

こういうものを総合すると、まず人間活動が停止し、立ち入り禁止になります。ですから、野生動物が増えたと言われている、ある時に調査すると、野生動物の種類が多かったりするので、野生動物の楽園なのではないかという見方が広がったことがあります。でも違うということがだんだんわかってきました。寿命とか、繁殖をしっかりと調べて、チェルノブイリでは今ツバメは移入個体と考え、いろいろなところから入ってきたと考えられるグループがあります。ずっとそこの土着のツバメではないということがわかっていて、そういうことを考慮すると個体群のシンク (sink) になっている。sink というのは台所のシンクと同じで、集めて沈めてしまうものです。source と sink という考え方があって、ソースというのは供給源です。シンクというのは、吸収してなくしてしまうものです。周りの地域から移入個体を吸収している。人間活動がないので、やはり野生動物にとっては魅力的に見えるので入ってきてしまう。ですが、寿命は短く、繁殖は失敗してしまう。ですから、野生生物の楽園ではない。人間は危険だということを知っているので立ち入り禁止にしたり、行かないのですが、危険を認識できない動物たちは引き寄せられて、そこからどんどん個体群が消耗される。そういう意味で、危険を認識できない動物たちをあざむく「落とし穴」ではないかと思っていますのです。

取り留めもない話にもなってしまいましたが、生態系サービスというキーワードで、今考えていることをお話させていただきました。

司会 鷲谷先生、ありがとうございました。ミレニアム評価のお話から始まって、人類の生存戦略の違いから、最後は放射能による影響と、非常に幅広くて、初めて聞くような話もあり刺激的だったと思います。ご質問のある方はどうぞ。

ツバメに限らず、いろいろな鳥その他の生物に影響が認められるのですが、放射能の量が違う地域が横軸に取ってあって、これは鳥の種数や種あたりの個体数ですが、いずれにしても放射能が高い地域では種類が減り、個体数が減るという現象が起きている。

もう一つ、土壌中の昆虫などを食べている鳥。土壌がまず汚染されます。土壌の虫が汚染されて、それを餌にするものほど影響が大きいということです。一番最近に発表さ

関智子 ドイツに住んでいる知り合いから、バイエルンきのこを食べる野生のイノシシが汚染されていて、という話を聞いたのですが。

鷺谷 ドイツだけじゃないです。フランスでもすごく

関 もう一つ質問したいのが、NHKのBSで4月頃放映したドキュメンタリーで、チェルノブイリの森についての番組でしたが、どうお感じになりましたか。

鷺谷 ちょっと私は存じ上げません。

関 その番組の中で、鳥に奇形が出てきたりしていました。元凶が大きかったのですが、ネズミはほとんど影響がなかったということでした。

鷺谷 ヨーロッパヤツネズミという、英語ではバンクボールと言うのですが、それは線量も高く、繁殖や個体群を調べると影響があるというレポートがあります。もともとはロシア語のレポートで、そういう情報を集めた英語のかなり厚い「チェルノブイリ」というレポートがあるのですが、ニューヨーク科学アカデミーが出した特集号によると、バンクボールの影響が一番いくつも数字が出ていましたが、ネズミの個体群の減少をもう少し広く報告されていました。

関 それ（番組）を見ていると、けっこう野生の楽園みたいに見えるというような話も出てきて、鳥はそうだけど、ネズミはそうじゃなくて、かなりムラがあったりするのかなと。

鷺谷 分類群によって影響はずいぶん違うと思うのですが、一瞬見た目で「そこにいろいろな生物がいるから楽園」という捉え方を一般にはなされているようなので、楽園と言うのであれば、そこでの個体群の動態を見る必要があるだろうというのが生態学や鳥類学をやっている者の見方です。先ほどの研究者の方たちは、そういうことまで含めて詳しく研究をされたところ、寿命は大変短くなっているし、繁殖もうまくいっていないし、個体群の移入もあるので、引き寄せて落とし穴みたいな状態になっているのだけれども、入ってきてたくさんいることは事実だから楽園に見えるという解釈をしたほうがいいのではないかと思います。そして、ネズミに害がないというのも、もしかしたらIAEAのパンフレットなどではそんな感じの扱いになっているのかもしれませんが、もう少し幅広く情報を集めたら、影響をレポートしているものも少なからずあると思います。

水口哲 どうもありがとうございます。二つ教えて下さい。まず、チェルノブイリ事故が生態系サービスに与えた経済的評価がされているかどうか。

鷺谷 ないと思います。例えばサーミの人たちと限定して、どなたかが評価しようと思えば、わりあい容易にできるのではないのでしょうか。

水口 日本の生態学者の中で、今回の事故による東北を中心とした生態系サービスの経済的評価をしようという動きがあるのかどうか。

鷲谷 それもまったくない。こういう観点でものを見ている生態学の研究者がいるかどうか。私は個人的な見解として、今日は最近考えていることをお話ししましたので、生態学の研究者の中で共有されているわけではないので、これから問題提起などはしていこうと思っているのです。ただ、生態系サービスも貨幣価値で評価するということもあれば、もっと広く経済学の中でももっと哲学的に価値を捉える評価のあり方もあるので、ただ生態学者の仕事ではないのです。それは経済学の仕事になるのではないかと思います。

水口 環境経済学者と一緒にやってやろうという動きもないのですか。

鷲谷 日本にはそういうことに関心のある、と言いますか、幅広い視野を持った環境経済学の研究者の方はそれほどいらっしゃらないかもしれません。ドイツでは TEEB (The Economics of Ecosystems and Biodiversity : 生態系と生物多様性の経済学) というプロジェクトが進んでいます。

原剛 大きな質問で恐縮なのですが、この研究会の目的は、どうもおっしゃるように非常に重要な報道対象になるべきこの課題について、ほとんど皆無の報道しかできていない。どうすればこういう問題を、先生がおっしゃるように社会との接点でジャーナリズムで伝えることができるのか。報道手法をどうするかという非常に原点的なところで迷っているのですが、先生はずっと 3.11 以後の報道をご覧になっていて、その辺りをどう評価されていますか。

鷲谷 情報源が狭いという印象があります。研究者も忙しいですけど、きっとジャーナリストの方も忙しくされていて、信頼のできる情報源として確実にアプローチできるものというのはそんなに広くないのかもしれないですね。

先ほどの特集番組の作り方についても、さらに深めてそういう個体群動態のことまでは目を向けていらっしゃらないようですし、でもそれは難しいので当然と言えば当然です。非常に複雑です。生態系に関わることとか、生態系と人との関わりという、考慮すべき要素があまりに多いケースが大半です。事故に関しても、人の健康に関しては皆さん非常に関心を持っていらっしゃると思うのですが、逆に野生生物をモデルにしたほうがいいこともあると思います。

それは、人に関しては非常に大きな論争があります。発癌に関して、どのくらい放射能汚染が寄与しているかということに関して、人の場合は他の要因がいくつもあります。飲酒とか、受動喫煙でさえ例えば放射能を 1 年間に 100 ミリベクレルを浴びるのと同じくらいというような話もあって、いろんな要因があって発癌というのは複合的に起こることです。複合が足し算なのかということもよくわかっていないけれども、複合的であることは確かなので、論争がすごくあるのは、この地域には癌で死んだ人はたくさんいます。だけど、それはみんなショックを受けたり、トラウマになったりしてお酒を飲み過ぎたせい

はないとか、タバコのせいではないかと言われても、水掛け論になってしまいます。

ですが、野生動物はショックも受けていませんし、タバコもお酒も関係ないので、野生動物で癌が増えたとか、免疫系の低下が認められるとしたら、人間もそういう効果があるのではないかと考えることができるので、そういう意味では人間の健康が大問題な今頃、なぜ野生動物のモニタリングを提案するんだと言われてがちなのですが、やはり日本でも野生の動物のモニタリングはまったくないです。環境省にお話をしたりはしているのですが、なかなか簡単には進みそうにないので、学術会議で1回シンポジウムをしたり、提言をつくったりという作業。今期が終わってしまうので、なかなかそういう仕事はしにくいのですが。次期が始まったら、私はお世話役をいろいろやっているのですが、統合生物学委員会というところの委員長をやっているのですが、統合生物学委員会というのは、マクロな生物学をカバーしていて、生体科学とか、生物行動学とか、自然史・古生物学とか、まだいくつかあるのですが、そういう分野ですので、生態科学分科会の方とか、自然人類学の方もいらっしゃるって、自然人類学というのは遺伝学と非常に結びつきが強い分野なので、遺伝的な影響がどうかについて、日本ではまだ何もないままですが、チェルノブイリでは事故後2ヵ月以内にラットやマウスの実験系統が、今までの経過がわかっているものを入れています。

日本はもっと科学技術の資源があるはずですので、ラット、マウスだけではなくてショウジョウバエの突然変異のこととかよくわかっています。ですから汚染地域に入るとか、やはり人間活動が少なくなってきたので、逃げ出した馬などがいるという話がありますが、そのうち鹿や熊が来る可能性があります。そういう大きいものも、ツバメなども含めて汚染や、汚染の影響と思われるいろいろな効果。繁殖などについてもモニタリングをするべきではないかと思います。

ただ、そういうことをボランティアにでもやろうと思っていらっしゃる研究者はそれほどいないかもしれませんし、研究費が付くようになれば、そういうモニタリングに参加される方がいらっしゃるのではないかと思います。ツバメなどは市民参加型のモニタリングもできると思います。「この白いツバメを見たら報告してください」というやり方です。今はゼロに近い野生の動物等に着目したり、野生の動植物の線量を測るとか、もちろん近いのですが、遠回りのようだけど、人間に対する危険を正確に把握したりするのは、そのモニタリングが必要ではないかと思います。

全体としてモニタリングは日本では低調です。測っている場所の数の少なさとか、非常に不均一でスポット的なので、かなり細かく見る必要があると思われるのですが、そんなにもなされていない。何しろ汚染の実態が細かくわからない限りは、どんな対策もあり得ないと思うのですが、いろいろヤキモキすることがいっぱいあるのですが……。

原 先生のサーミ人の話で、私は実はチェルノブイリの現場にいましたので、サーミ人の現場も見っていますが、非常に悲劇的なのは、あの連中には国家がないのです。国家を持たずにノルウェー、スウェーデンと、スカンジナビア半島を行ったり来たりしている国家なき民なのです。それで文化とおっしゃいましたが、十万頭単位でを殺したんです。ものすごい汚染だったのです。壊滅状態でした。ですから、一つの文化が消えてしまった。そういう理解をすべきではないかと思いますので、生態系の多様性を考える時に、その上に乗

っている人間の文化というものは、いかに劇的に破壊されたか。

鷺谷 もうまったくかつての生活はなくなってしまった。きっとこの汚染の状況だとそうなのではないかという想像はしていたのですが、私がお話として把握できたのは、こういう被害が起こったということだけだったのです。

原 ちょうど5月です。寒いものですから、牧草は草がポヤポヤッと出たのですが、その前に前年の枯れたやつが牧草地帯を、山も同じように、それをおっしやるようにそれを食べていたので猛烈な勢いで濃縮してしまったのです。10万、20万、そういう単位でやられました。本当にそういう意味では（原子力という）制御できないものについ手をかけたという印象があります。

鷺谷 そうですね。日本では伝統的な文化が消えるというよりも、環境保全型の農業を志していたような方たちが、すごく制約を受けたり、今のままではできなくなるという大変残念な事態になっているのではないかと思います。

原 ありがとうございます。

降旗信一 私は教育をやっているので、子供たちへの教育の観点からお聞きしたいのですが、今日のお話の中の「生態系模様」ですが、生態系サービスとか、生物多様性というものを評価しようとする時に、最低のエリア、面積はどのくらいのところで評価するべきなのでしょう。

鷺谷 目的に応じていろいろだと思います。

降旗 例えば、小学校などで子供たちに話す時に、一番彼らにとって身近に感じるのは。都市部と農村部で違うと思いますが、どういうふうに考えればいいのでしょうか。

鷺谷 都会などですと非常に難しく、生活自体が他の土地の生み出される生態系サービスで成り立っています。そうすると、生態系サービスを輸入しているという感じになってしまうと思います。もうちょっとそうではない、生産も行われているような地域でやや広く見ると、防災ということも含めてポテンシャル、生態系サービスそのものを評価するというよりも、ポテンシャルを評価する。使っていないものも、今たくさんあるので、後の世代の人たちのことも考えると、ポテンシャルを残しておくということが重要ではないかと思います。その地域の生態系サービスは使われていないことのほうが多い。日本は食料も外から輸入していますし。

降旗 この6km×6kmの空間ですが、この6×6というところの根拠があるのですか。

鷺谷 はい、根拠が二つ。計算上のメリット。地球全体を取り扱うとなると、6というの

はどこにも足りないところや重複が出ないでカバーできる。データの特徴から一つあります。そして、私たちが考えたのは、人間が歩いて行動していた時の生活圏の範囲というのはそのくらい。何か仕事をして帰ってくるとしたら、そんなに何十 km も先にはまれにしか行けないので、日常的な行動範囲。そして、動植物の移動能力なども考えました。

さとやまの生き物の移動能力を考えても、6km くらいが妥当なのではないかと考えて、6km×6km で農地が含まれて。そこを 1km ずつに区切っているのですが、それで計算をするわけです。

降旗 ありがとうございます。

原 魚つき保安林と水源涵養保安林に限定して考えた時に、森林のサクセションの中でたぶんそれとの関連で水があったり、そういう関係もあったと思いますが、こういうものは生態系サービスとは呼ばないのですか。

鷺谷 生態系サービスは広い概念で呼ぶと思います。本当にそこに森があることで魚が増えているとしたら、資源を涵養する調節的サービスではないでしょうか。

原 当然対象と考えてよい。

鷺谷 保安林は本当に災害防止に機能しているのであれば、すべて調節的サービスを提供する場ということ。

原 保安林的なものも含めておっしゃるような効果的な次元で考える必要がある。

鷺谷 そうです。あまり人工的で土壌が浅いとか、土壌に根の層が浅いということがなければ、いろいろな機能を果たしているはずですので、同じ樹種ばかりですと根の層が、針葉樹は特に浅いので、浅いところだけ根の層です。でも、多様な樹種があるとか、そうすると崩れたりしにくくなります。ただ、同じ樹種だけですと、逆に滑ってしまったりとか、その保安林のあり方によって、どんなサービスをどのくらい提供してくれるかはかなり大きく変化します。

原 相当莫大なコストを掛けて政府が維持しています。

鷺谷 何もしないのがいいかもしれない。

原 こういう場合には、考え方として生物多様性に対して国家がコストを支出しているというふうに理解してよろしいでしょうか。

鷺谷 生物多様性のためではないと思います。生物多様性のための支出はあまりなされていない。保護区のようなものとか、ラムサール条約の湿地とかを、環境省がお金を出して

何かを調査するとか、それは国家が支出していることになります。保安林やその他は、違う目的で設置されて、その目的のために支出がなされているので、生物多様性のためとは見にくい。

原 土砂崩壊防備保安林。あるいは水源涵養保安林。つまり、それを置き換えて土砂防備にそれがなかった場合に保安を計算していくと。

鷲谷 生態系サービスではあると思います。

原 そういう意味では、制度化されている部分もあるということですか。

鷲谷 生態系サービスのある個別の生態系サービスに関しては。生物多様性との関連で私たちが従事しているのは、生態系サービスをバランスよく提供するポテンシャル。それが生物多様性と関わりがあって、今あるサービスだけに着目して、そのことだけ強化してしまうと、他のポテンシャルが失われるので、将来世代の人たちの可能性を狭めてしまうのではないかと。そういう観点で生物多様性と生態系サービスの関係を考える。

原 どうもありがとうございました。

質問 きのこと類に特に汚染が大きいという話はわかるのですが、汚染された地域の再生に何が有効かということはある程度わかってきているのでしょうか。

鷲谷 チェルノブイリはとってもそこまで手が回っていないみたいです。今でも汚染されていることはわかっているのだけれども、食べ物が他になくてきのこにかなり依存して生活して、放射線の汚染にさらされてしまう不安を持ちながらも食べ物はきのこが主体という人が、やはり貧しい人たちは生態系サービスに直接自分の地域のサービスに頼らざるを得ない。汚染された時の悲劇みたいなものがあります。

質問 例えば日本で再生できるか。

鷲谷 日本にはその問題が直接深刻になるということはないかもしれませんが。ただ、きのこを採ったりすることはリクリエーションとしては非常に重要かと言えば、ある人々にとっては重要なので、その可能性は損なわれる可能性があります。きのこ狩りが、もしかしたら危なくなる。まだわからないですけどね。どんな状況になっていくのか。チェルノブイリに学ぶということも起こる可能性がある。

質問 4月か5月頃、今はどうかかわからないのですが、水産庁が水生生物が魚の個体に放射性セシウムが生態系を通して蓄積しないという断定の情報が入っていました。カリウムは筋肉に蓄積しないからだというのが理由だったみたいですが、今回が大気中の放射性よりも海に流れたのはダラダラ流れていたもので、海のモニタリングみたいなものがかなり必

要なのではないかと思って、そんな情報は入ってこないし、水産庁は断定してしまったものに関しては撤回しないのではないかと。

鷺谷 ちょっと違うのではないのでしょうか。チェルノブイリの報告を見ると、淡水魚類の汚染についてもレポートはありますので、ないと断定する根拠がどういうところにあるのかわかりませんが。

質問 ほとんどのひとが同意しない、ほとんどの研究者が同意しないのではないかと。

鷺谷 鯉とか何種類かのもので汚染とか影響に関わる研究もあると思いますので、その断定もよくわかりません。だから食品になるもので汚染の可能性は低いので心配しないでいいとか書いてあるのですでしたらいいけど、汚染はないというのはどういうことを言っているのかちょっとわかりにくいですね。

司会 お時間が過ぎましたので、ここで終わりたいと思います。今日はありがとうございました。