

## 論文題目 野生鳥類個体群におけるダイオキシン類の生態リスク評価

ダイオキシン類は、環境中に遍在して長期間残留し、ヒトの健康や生態系に及ぼす影響が危惧されている。日本においてもダイオキシン類汚染の低減のための法的な整備や排出源対策が進展し、ヒトの健康の保護を目的に環境基準等が設定された。しかし現在のところ、これら基準値等の根拠に生態系保全の観点が含まれていない。生態系も視野に入れた対策の必要性の判断、生態系保護の観点からの環境基準値等の設定のために、野生生物への影響を定量的に把握することは意義のあることと考えられる。

生態リスク評価は従来、個体レベルの評価が行われてきた。しかし野生生物へのリスク評価は、ヒトと同じに個々の個体の生死をエンドポイントとするのではなく、種あるいは集団レベルの尺度のほうが適切であると考えられる。野生生物への影響は、個体数の極端に少ない絶滅の危ぶまれる種以外は、集団としての存続が問題となるためである。個体数の減少や絶滅といった個体群レベルのリスクの指標は直感的にとらえやすく、汎用性を備えていることが要求されるリスク評価のエンドポイントとして適切であると考えられる。

以上のような観点を踏まえ、本論文では以下の二点を目的として研究が進められた。一つは、日本におけるダイオキシン類の生態系へのリスクを定量化することであり、もう一点は既存情報を用いた個体群レベルの生態リスク評価の具体例を提示することである。

論文は全6章から構成されている。

### 第1章 緒論

研究の背景と必要性および目的について述べ、対象種を選定し、本論文の構成について記した。

### 第2章 既存知見の整理

ダイオキシン類の野生鳥類への影響と、生態リスク評価手法について既存の研究をレビューし、以下の知見を得た。これらは対象種を選定、生態リスク評価手法の枠組みづくりの基礎となった

1. ダイオキシン類の野生鳥類への影響のなかで、胚の致死がもっとも敏感な悪影響のひとつである。
2. ライフステージで感受性が異なる毒性影響を個体群レベルの応答に反映するには、齢構成射影行列モデルの適用が有望である。

第3章と第4章では、ダイオキシン類の体内や卵への蓄積レベルが高いことが確認され、かつ、生態リスク評価に必要な情報が充実しているカワウを対象としてリスク評価を行った。情報量の多いカワウにおける解析によって、手法の確立とともに、他種や他物質など

の事例間の比較を行う場面で比較対照となる、確度の相対的に高いリスク評価結果の取得を企図した。

### 第3章 カワウにおけるダイオキシン類の過去回帰的・決定論的な影響評価

1970～80年代の上野不忍池のカワウを対象に、決定論的な解析を行い、過去における影響を定量化した。東京湾周辺のカワウが、底質中のダイオキシン類に魚食という経路で曝露し、卵死亡率が上昇する悪影響を個体群レベルに外挿した。個体群レベルの影響の指標は、内的自然増加率と延べ個体数とし、ダイオキシン類の影響を受けていない対照個体群と比較した。その結果、以下の成果が得られた。

1. 東京湾周辺のカワウ個体群の人口学的パラメータ（齢別繁殖率、生存率、内的自然増加率）を推定した。
2. 1974～1986年のダイオキシン類の推定曝露レベルにおいて、カワウ集団が被っていた影響は、以下のように予測された。対照集団と比較して
  - ・内的自然増加率は89%に低下
  - ・延べ個体数は86%に低下
3. 対象期間およびそれ以前の汚染レベルの高かった時期においても、東京湾周辺のカワウは、ダイオキシン類への曝露による卵死亡率の上昇という単独の影響のみによっては、個体数の減少には至らなかったであろうと推定された。
4. 実在した集団の推定曝露レベルから、比較対照とするコントロール集団のパラメータを逆算する方法を提示した。
5. 推定曝露レベルの影響尺度への感度解析を実施した。曝露個体群と対照個体群の内的自然増加率や延べ個体数の絶対値ではなく、比を影響尺度とするならば、その尺度は推定曝露レベルに大きく左右されないことを確認した。

第3章の解析により、環境中のダイオキシン類と野生鳥類集団の個体群レベルの影響とを関連づける道をつけた。ただし、本章の解析は平均的な値を使った決定論的推定であり、次章への課題を残した。

### 第4章 魚食性鳥類3種におけるダイオキシン類の確率論的リスク評価

第3章における解析を発展させ、曝露や毒性への感受性に確率分布を考慮する確率論的リスク評価手法と、保全生態学分野で使われる個体群存続可能性分析を連結させて、リスクの現況評価を行った。東京湾周辺のカワウを対象とし、カワウが環境中のダイオキシン類に魚食という経路で曝露し、曝露に応じて卵死亡率が上昇すると、将来の個体数にどのように影響するかを個体数減少リスクで表現した。その結果、以下の点が明らかになった。

1. ダイオキシン類のなかの 15 コンジェナーを対象とし、環境中濃度からカワウ卵中濃度を確率論的アプローチで予測した結果、実測値より高めに推定された。局所的に高濃度の地点が集団レベルの卵中濃度の分布に大きく寄与していることが示唆された。
2. 個体レベルのリスク評価の手法によるシミュレーション結果を野外調査結果と比較し、検証した。シミュレーション結果は観察された卵死亡率を比較的良好に再現でき、本解析の手法とデータの妥当性を支持した。
3. 現況の東京湾汚染レベルにおけるカワウの個体群減少リスクは、6000 個体の集団が 10 年で 20%以上減少する確率が 16%から 32%と 2 倍となり、50%以上減少するリスクは 0.17%から 0.63%に 3.7 倍になると予測された。
4. 個体群存続可能性にかかわるリスクの尺度は、個体レベルのリスクや個体群レベルでも個体群増殖率のみではイメージしにくいリスクが実感しやすく表現でき、化学物質の生態リスク評価に適用可能であることを示した。
5. ダイオキシン類の影響を Toxicity quotient、内的自然増加率、個体数減少リスクなど異なる尺度で表し、比較した結果、複数の尺度で判断する必要性が示唆された。特に、内的自然増加率と個体数減少リスクの組み合わせは、生態学的意義と実感のしやすさを兼ね備えており、化学物質の生態リスクの解釈に有用な情報を提供できることを示した。

第 4 章の解析を通じて、現況汚染レベルでのカワウ個体群へのリスクを定量化するとともに、個体群レベルの生態リスク評価の新しいアプローチ方法を確立した。

#### 第 5 章 種の特性と個体群レベルの生態リスク

カワウにミサゴとカワセミを加え、魚食性鳥類 3 種を対象にリスク評価を行った。これらは生活史や曝露量、ダイオキシンへの感受性などが異なり、種の特性が個体群レベルのリスクにどう表れるかを検討した。第 4 章で構築した手法を適用し、底質の汚染レベルを現況バックグラウンドレベル、東京湾現況レベル、東京湾の過去最高レベルの 3 段階に設定した。ここでは地域は特定せず、日本におけるリスクの幅を試算した。解析の結果、以下の成果が得られた。

1. 全国平均（バックグラウンド）レベルのダイオキシン類の曝露では、魚食性鳥類へのリスクはほぼないと推定された。
2. ミサゴでは現況汚染レベルでの個体数 50%以上減少リスクが比較的高いおそれがあることが示唆された。
3. 情報の少ない種（カワセミ）のパラメータ（BMF）を情報の多い種（カワウ）から外挿する手法を提案した。

4. ミサゴにおいて、東京湾の平均レベルの曝露を受けつづけた場合、Toxicity quotient (曝露の95パーセンタイル/NOAEL)が0.2である一方で、個体数50%以上減少リスクは14%から32%に2.3倍と予測された。個体群存続可能性に関わるリスク尺度は、個体レベルのリスク尺度よりも実感しやすいかたちで鋭敏にリスクを検出することが明らかになった。
5. 個体群レベルのリスク尺度の検討を行った結果、個体数減少リスクは減少率の大きなリスクほどバックグラウンドとの比が大きくなり、リスクの高い種とそうでない種との差が明瞭になる傾向が認められた。そこで、個体数50%以上減少リスクを個体群レベルのリスク尺度の一つに提案した。
6. 生態リスク評価は単独の尺度では解釈が難しくまた誤るおそれがあり、内的自然増加率の変化と、50%以上個体数減少リスクなど、複数の尺度を併用することが望ましいことが確認された。それにより、相互に補完しあい生態学的な意味付けと実感しやすさを兼ね備えた生態リスク評価が可能になると考察した。

## 第6章 総括

本研究を総括した。

以上のように、本研究は日本におけるダイオキシン類の魚食性鳥類個体群へのリスクを定量化するとともに、環境中の化学物質による野生生物への影響を個体群の存続可能性を尺度とするリスクとして定量化する手法を構築し、化学物質のリスク管理に有用な情報を提供できることを示した。