

放射能汚染が鳥類の繁殖、生存、分布に及ぼす影響  
—チェルノブイリ原発事故 25 年後の鳥の世界—

樋口 広芳（東京大学大学院農学生命科学研究科）

福島第一原子力発電所からの放射性物質の大量放出、そして今なお事故の終息のめどが立たない状況の中、私たちの生活は日々不安にさいなまされている。放射能の影響は、私たちの健康にどのように影響するのだろうか。また、私たちの生活をさまざまに支える自然や生きものの世界には、どのような影響を及ぼすのだろうか。残念ながら、この答はまだ得られていない。また、今後どのように得られるのかもよくわかっていない。本報告では、これらの問題への参考になる事例として、旧・ソ連（現・ウクライナ）のチェルノブイリ原発事故が生物多様性や生態系に及ぼした影響、とくに鳥類の繁殖や生存などへの影響についての研究事例を紹介する。紹介するのは、フランスのピエール&マリー・キュリー大学＝パリ第6大学の A. P. メラー（Anders P. MØLLER）教授らの研究グループによる一連の研究である。鳥類をとくにとりあげるのは、メラ教授らの研究が鳥類中心に行なわれているからであり、また、後述のように、放射能の影響が鳥類に現れやすいからである。

1986年4月26日、チェルノブイリ原子力発電所で起きた事故により、放射性降下物がウクライナ、白ロシア（ベラルーシ）、ロシアなどの広範囲な地域を汚染した。放出された放射性物質の量は、520万テラベクレルと推定されている（福島原発で事故後数日以内に放出された量は77万テラベクレル）。放射能汚染による影響は現在もなお続いており、原発から半径30km以内の地域での居住は禁止されている。原発から北東へ向かって約350kmの範囲内には、ホットスポットと呼ばれる局地的な高濃度汚染地域が約100か所にわたって点在する。メラ教授らは、立ち入り制限地域から周辺域に沿って、ツバメをはじめとしたいろいろな鳥類を対象に遺伝、生理、生態などの諸形質を調べている。調査は観察や捕獲によるもので、個体を殺傷せずに行なっているところに研究上の特色がある。

生物への影響は、人間の健康への影響を探るよい指標ともなる。人間の場合には、放射能汚染が経済活動の低下などから地域の貧困をもたらし、それが健康を損なうことにつながることもある。したがって、放射能の直接の影響を評価するのがむずかしい。動植物の場合には経済や貧困などがかわることはないので、生物学的な影響を直接探るよい指標となるのである。

遺伝、生理、生活史形質などへの影響

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している（Møller et al. 2006: Proc. Royal Soc. B 272, 247-253）。抗酸化物質の減少は、雄の精子異常や羽色の部分白化などをもたらす可能性がある。実際、チェルノブイリのツバメでは、部分白化個体の割合が原発事故前にはゼロであったのに対して、事故後には10～15%

に増加している (Møller & Mousseau 2006 : TREE 21, 200–207)。部分白化がより著しい個体ほど、つがい形成率は低い (Møller & Mousseau 2003, Evolution 57:2139-2146)。雄の喉などの白化は、雌によるつがい選択に負に影響するからである。チェルノブイリのツバメでは、白血球数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 (Camplani et al. 1999:Proc. Royal Soc. B 266, 1111-1116)。これらの減少は、免疫機能の低下を示唆している。

生活史形質の変化については、チェルノブイリ汚染地域とそこから 220 km 以上離れたカネフで、やはりツバメを対象に調べられている (Møller et al. 2005: J. Anim. Ecol. 74, 1102-1111)。チェルノブイリのツバメは、23%の雌が非繁殖個体で、繁殖のための抱卵に必要な抱卵斑をもたない。このような状況はほかの地域では見られない。汚染地域では一腹卵数や孵化率も有意に減少している。生存率は、カネフと比べて雄で 24%、雌で 57%減少している。既知の成鳥の生存率や分散率などの情報にもとづくと、1986 年の事故以降、チェルノブイリへの移入率は他地域への移入率よりも高くなっていると推定できる。羽毛を用いた安定同位体分析でも、原発事故以降、より広範囲の地域から移動があったことが示唆されている (Møller et al. 2006:Ecological Applications 16, 1696-1705)。

こうした生活史形質の変化をもたらす仕組みとしては、次のようなことが考えられる。前記のように、放射能汚染はカロテノイドやビタミン A や E などの抗酸化物質の量を減少させる。抗酸化物質は、遊離基によって引き起こされる DNA などの分子の損傷を防ぐ役割をもつ。雌の繁殖は、抗酸化物質の量によって制限される。したがって、放射能汚染による抗酸化物質の減少は、鳥の繁殖時期、一腹卵数、生存率などに影響をおよぼすことになるのである。

環境中の放射能の量と単位面積あたりの鳥の種数や個体数を調べた研究では、種数、個体数、種あたりの個体数のいずれも放射線量の増加にともなって減少している (Møller & Mousseau 2007: Biology Letter 3, 483-486)。とくに、土壌中の無脊椎動物を主食にしている鳥の減少が著しい。土壌汚染による影響がより強く表れているためと思われる。また、57 種の異なる生活史をもつ鳥を対象に調べた結果では、長距離の渡りや分散をする種、大卵多産の種、カロテノイドによる羽色をもつ種などで減少が著しいことがわかった (Møller & Mousseau 2007 : J. Applied Ecology 44, 909-919)。これらの鳥は移動、卵生産、色素形成などに多量の抗酸化物質を消費するためであると考えられる。抗酸化物質の大量消費は、鳥の繁殖や生存などに影響をおよぼす。

最後に、メラー教授らは脳容積への影響も調べている (Møller et al. 2011 : PLoS ONE 6(2) : e16862. doi:10.1371/journal.pone.0016862)。といっても、鳥を解剖して調べたのではなく、捕獲した鳥の頭部を中心に体サイズを細かく計測して推定した結果である。さまざまな種を対象に調べているが、総じて汚染の著しい地域ほど鳥の脳容積は減少する傾向にある。脳容積の減少は、生存力の減少を示唆している。減少の程度は種によって、あるいは年齢によって違いがある。年齢については、若い個体の方が影響を受けやすい傾向がある。

### 鳥類以外への影響

メラ教授らは、鳥類以外の動物、および植物への影響も調べている。クモの巣網の数、バッタ、トンボ、ハチ、チョウ、両生類、爬虫類、鳥類、哺乳類それぞれの個体数（密度）と環境中の放射線量との関係を調べた結果では、地域の放射線量の増加に対してどの分類群の密度も減少する傾向がある。とくに鳥と哺乳類で減少の程度が顕著である。鳥と哺乳類には影響が出やすいといえる。哺乳類では調査が容易ではないことを考えると、鳥が放射能の影響を知るよい指標動物といえる。

植物については、環境中の放射線量の増加にともなって花粉の形態異常や花粉退化の頻度が増加している（Møller 私信）。影響の程度はやはり種や分類群によって異なり、ゲノムサイズが小さい植物ほど異常を示す個体の割合が高い。

### 福島原発事故への今後の対応

以上のように、チェルノブイリの原発事故は生物多様性や生態系にさまざまな影響を及ぼしている。生物多様性や生態系への影響は、単に自然や生きものの世界の出来事にとどまらず、私たち人間の生活にもかかわる重大な問題である。人間はさまざまな形で、自然や生きものの世界から恩恵を受けているからである。食物や水の提供、気候の安定、心身の安らぎなど、いわゆる生態系サービスと呼ばれる恩恵である。また、生物への影響は人間の健康への影響を探るよい指針にもなるのである。

本年3月に起きた福島の原子力発電所の事故も、今後、さまざまな形で生物多様性や生態系、そして私たちの生活に影響を及ぼしていくことが予想される。影響はおそらく国内だけでなく、海外にも及ぶと考えられる。それがどんなものであるか、私たち日本人は責任をもってモニタリングしていく必要がある。チェルノブイリでの研究成果を参考にしながら、以下のような提言をしておきたい。

まず、原発事故の起きた地域からおそらく200キロ圏内くらいまで、いろいろな分類群を対象に放射能汚染による個体数などへの影響を調査する必要がある。そうした中で、モニタリングに適した指標生物を選定していき、それら指標生物を中心にその後の動向を長期にわたって調査する。対象生物を選定するにあたっては、生きものどうしのつながり、生物間相互作用にも配慮する必要がある。同時に、個体数の減少にかかわる突然変異率、生存率、繁殖率などについて、汚染による影響をくわしく調査する必要がある。

福島原発関連で重要なのは、陸に加えて海の生物多様性や生態系への影響を調査することである。福島原発はチェルノブイリの原発とは違って沿岸部にあり、放射性物質は海にも流れ出ている。海への影響は、チェルノブイリの例から探ることはできない。新たな視点と方法によって、海の生物の個体数、突然変異率、生存率、繁殖率などを広範囲にわたって調べていく必要がある。私たち日本人は、食生活のうえで魚介類や海藻など海の生物多様性に大きく依存している。海の生物多様性や生態系への影響を探ることは、きわめて重要な課題である。

さらに海の場合には、放射性物質は空中からだけでなく海流によっても拡散する。国内だけでなく、近隣諸国の水産業などへの影響も考えなくてはならない。この点でも日本は

重大な責任を負っている。

モニタリングにあたっては、長期にわたって広範囲に実施できるしっかりとした体制を構築する必要がある。また、異なる地域、異なる時期で比較できる方法の統一が重要である。継続して実施するためには、競争的資金によらない継続性のある研究費を設定する必要があるだろう。