

野生動物観察の重要性

井口泰泉

自然科学研究機構 基礎生物学研究所 岡崎統合バイオサイエンスセンター

Needs of Longterm and Close Monitoring of Wildlife in Japan

Taisen IGUCHI

Okazaki Institute for Integrative Bioscience, National Institute for Basic Biology, National Institute of Natural Science

抄録

内分泌かく乱物質の生態系への影響を評価する目的で、経済協力開発機構(OECD)では、ラット、魚類、両生類、鳥類、無脊椎動物を用いた試験法の構築が行われている。環境省は、メダカを用いた試験を行い、ノニルフェノール、オクチルフェノール、ビスフェノールが女性ホルモン作用を及ぼして、オスに卵黄タンパク前駆体のビスフェノールを産生させ、精巣卵を誘起するなどの影響を及ぼすことを明らかにした。両生類を用いた変態試験やオオミジンコを用いた無脊椎動物の試験法開発も進んでいる。しかし、日本の実環境では、身近なメダカやカエルがどのような影響を受けているのかは不明である。この期に、身近な動物であるメダカやカエルの動向を、長期にわたって調べるためのモニタリングのシステムを構築することが必要である。

キーワード：内分泌かく乱化学物質、生態学、野生生物、モニタリング、カエル、メダカ

Abstract:

Various testing methods for endocrine disrupting chemicals have been under construction using rats, fish species, amphibians, avian and invertebrate species in the OECD. Medaka has been used to test effects of various chemicals including nonylphenol, octylphenol and bisphenol A by Ministry of Environment, Japan. These estrogenic chemicals induced possible adverse effects on medaka, including induction of vitellogenin and ovotestis in males and reduction of fecundity. Tadpoles of *Xenopus laevis* have been used for metamorphosis assay in order to identify thyroid hormone agonistic and antagonistic activities of chemicals. In Japan, monitoring of endangered species has conducted, however, no national monitoring data of the medaka and frogs are available in Japan. We need to establish monitoring systems of these animals close to our own lives in Japan, which may make people to look the environment closely.

Keywords : endocrine disrupting chemicals, ecology, wildlife, monitoring, frogs, medaka

1. 化学物質の生態学的な影響の研究とは？

内分泌かく乱物質の生物への影響は、「生態学的影響を調べる必要がある」といわれるが、そもそも生態学がカバーする範囲はどの程度であり、どのような研究が生態学的な研究と言えるのであろうか。1304ページにも及ぶ「生態学—個体・個体群・群集の科学」（ペゴン他、堀監訳、京大出版会、2003）のIntroductionを用いて、簡単に生態学の扱う領域を要約する。

1869年にErnest Haeckelが初めて生態学（ecology）という名称を使い、「生物と環境の相互作用を解明する科学」とした。Ecologyのecoはギリシャ語で家を意味するoikosからとられたので、生物の生活を調べる科学と言ってもよい。これに対して、Krebsは、「生物の分布と密度を規定している相互作用を解明する科学」を提案した。ある生物にとっての環境とは、物理的・化学的（非生物的）作用であれ、他の生物からの（生物的）作用であれ、その生物に外から影響を与える要因と現象を全て含めたものである。

生態学が扱う対象は、「生物の分布と密度」という定義が簡潔であるが、生き物の世界の3つの階層、生物個体、個体の集まりである個体群、そして、多数または少数の個体群の集まりである群集を対象とする。

生態学が個体のレベルで扱う問題は、各個体が生物学的および非生物的環境からどのような作用を受けているか、そしてどのような作用を環境に及ぼしているかである。個体群のレベルで扱う問題は、特定の種の分布、その個体数、およびその増・減少、あるいは不規則な変動などである。個体群レベルの問題へのアプローチの仕方には、個体のふるまいを調べ、次にそれが寄り集まった個体群の特性を検討するアプローチと、個体群の特性自体を調べ、それと環境条件との対応を検討するアプローチの2つがある。群集生態学は群集の種構成、すなわち群集構造を、そしてその構造に沿ったエネルギーの流れや栄養塩その他の化学物質の循環を扱う。そのパターンとプロセスを解明するために構成要素の個々の個体群のふるまいを検討するアプローチや、群集の特性自体を、たとえば種の多様性、生物体量の生産速度などを直接取り扱って解こうとするアプローチがある。

- 生態学は、生物がどのように生まれ、どのように死に、そしてどう移動するかなど、主に分布と密度に影響する要因に注意を集中する。生態学は、群集、個体群、個体を対象とするが、それを自然の中だけで扱うとは限らない。人工的な環境や人手の加わった環境（果樹園、小麦畑、穀物倉庫、自然保護区など）の中でも扱うし、さらに人間活動の影響（汚染、地球温暖化など）を強く受けている環境でも扱う。室内での実験系や数学モデルに関心を持つようになる生態学者も多い。こうした研究も生態学を発展させるのに大きな働きをしてきたし、おそらくはこれからもそうだろう。
- 生態学的階層の全てのレベルで、さまざまなことができる。まず、説明し、理解しようとする。それをするには、まず記述しなくてはならない。これ自体、生物についての知識をもたらす。
- 生態学では、何かを予測することも多い。特定の状況下で個体、個体群、または群集にどんなことが生じるかを予測する。そして、この予測に基づいて、制御したり、利用しようとする。希少種を絶滅から守るために、どの保護策が有効かを予測する。なぜそうなるのかを説明または理解できずに予測したり制御できる場合も、あるにはある。しかし、確実な予測、正確な予測、異常事態で何が起るかの予測は、何がどうなっているのかを説明できて初めて可能である。
- 生物学で何かを説明する場合、その説明の仕方には、至近的説明（proximal explanation）と究極的説明（ultimate explanation）がある。生態学には、進化的観点から究極的説明をしなければならぬ問題も多い。自然を深く理解するためには至近的説明と究極的説明の両方が必要なのである。
- 現在の、化学物質の生物への影響評価（環境省、2004）は、

生物個体への影響を見ている段階である、これも生態学的な影響の一端を調べているとはいえるが、一般的な生態学的影響として、個体群への影響を調べるための実験系の確立が急務である。

2. 野生生物の調査

環境省では、「内分泌攪乱化学物質に関する野生生物蓄積状況調査」として、関東および琵琶湖のカワウ、東京都のハシブトガラス、座礁したスナメリ、東京と近郊のニホンザルおよび東京都のタヌキなどを用いて、内分泌かく乱作用が疑われる化学物質32物質の中で、分解性の高い13物質を除いた19物質の体内蓄積量を分析測定して、化学物質の体内蓄積のモニタリングを継続している（環境省、2004）。その結果、ヘキサクロロヘキサン、クロルデン、オキシクロルデン、DDTの代謝物質（DDE、DDD）、マイレックス、トキサフェン、オクタクロロスチレン、フタル酸ジ-2-エチルヘキシルなどがほとんどの動物種から検出されている。また、「内分泌攪乱化学物質による野生生物影響実態調査」としては、食物連鎖の高位にある猛禽類のクマタカの繁殖状況調査、観察中に得られた未孵化卵および死体を回収して化学分析を行い、ダイオキシン類やデイルドリンなどが見出されている。また、トウキョウダルマガエルとトノサマガエルを用いた精巣卵の調査とともに、体内の化学物質の分析も行われ、ダイオキシン類やオキシクロルデンやtrans-ノナクロル、フタル酸ジ-n-ブチルなどが検出されている。カエルの精巣卵の出現と化学物質との関連は不明である（環境省、2004）。

除草剤のアトラジンがカエルの生殖腺の分化に影響し、精巣卵を誘導するのではないかとの報告もある（Hayes et al., 2003）。カエルの精巣卵はかなり以前から知られていた（岩澤, 2003）。しかし、日本のトノサマガエルやトウキョウダルマガエルの調査結果から見ると、これらのカエルでは、生殖腺の分化が短期間に起こるのではなく、精巣に分化してもまだ卵をもつ状況が長く続く可能性がある。日本のカエルの生殖腺分化の詳細な検討が不可欠である。

3. 世界的な両生類の個体数の減少

カエルが世界的に減少していることが大きな問題となっている（Phillips, 1998）。両生類の個体数がどの程度減少したら生態学的に問題となるかは議論されていない（Pechmann et al., 1991, 1994）が、汚染地域に限らず非汚染地域でも個体数は世界的に減少しており（Vos et al., 2000）、絶滅や個体数減少、棲息地の移動などが、オーストラリア、ヨーロッパ、北米で報告されている（Sarkar, 1996; Green, 1997; Lannoo, 1998; Corn, 1999）。アジアとアフリカでは個体数の変動に関する情報が少ない。環境汚染物質によるカエルへの悪影響を調べた結果、多くの事例では化学物質との因果関係が明らかではない（Carey and Bryant, 1995）。Western spotted frogでは、個体数減少とDDTの散布に強い相関がある（Krik, 1998）が、不確であるという報告もある（Drost and Fellers, 1996; McConnell et al., 1998）。1993年にカナダの国立公園のポイ

ントペレーでアマガエルの一種を調べたところ、1967年まで撒布されたDDT, DDE, DDD, デイルドリンの濃度が正常値を超えていた (Russell et al., 1995). 1972年以来、一部の地域ではcricket frog, grey tree frog, ウシガエルが絶滅した。棲息地は改善され酸性雨は減少しているのに、両生類の減少は数十年前の農薬の使用が重要な原因であると考えられるが、化学物質との因果関係は不明である。

日本では猛禽類などの絶滅危惧種に関してモニタリングが行われているに過ぎない。全国47の管区・地方気象台が環境の変化を見守るために気象台の周辺で続けている生物季節観測では、今まで見られていたトノサマガエルが観察されなくなった地域が増えている。トノサマガエル、トウキョウダルマガエルやツチガエルなどが減少していると思われるが、クマタカなどの猛禽類と異なり、個体数や分布を定期的に調査して記録することが行われていないために、現状を判断することが困難である。市民生活の中に溶け込んでいた身近なカエルは、文化の一翼を担ってきた (確井, 1989)。カエルについてもモニタリングを開始すべきであろう。

4. イギリスの両生類のモニタリング

ブルーネル大学のDaniel Pickford博士から情報では、イギリスでは、簡単な統一された調査方法により、国を挙げての両生類のモニタリングが行われ、記録が残っている。イギリスで行われている、モニタリング方法、データの記録方法などを詳細に検討して、日本での両生類のモニタリングに応用することを検討したいとかがえている。イギリスでの調査の概要版では、各地区で設定された調査対象の池等で、カエルの産卵時期に観察し、その数を記録する。また、オタマジャクシについても記録を残すと同時に、同じ時期に3種類の有尾両生類も産卵するので、それらの数も記録を残し、産卵された卵についても記録することになっているようである。水草や藻が多い調査場所では、網を用いた捕獲や、ペットボトルを加工したトラップも利用している。イギリスの記録から、どのような個体数の推移が見られるのか、まだ記録を解析中とのことであり、詳細は判明していない。しかしながら、生物個体数の調査記録が残されていることは、生態学的影響を調べるための基本である。翻って、我が国では、カエルやメダカなど、身近な生物種の個体数の調査は行われていない。国土交通省の河川調査の一環として、1級河川の定点での生物調査があり、これが有効なデータとして利用できると思われるが、定量的な記録ではなく、捕獲できたかできなかったかの、定性的な記録である。現時点では、定量的はおろか定性的にも身近な生態系の変化を示すことは困難である。内分泌かく乱物質問題を契機に野生生物への視点が開かれた今こそ、身近なカエルやメダカのモニタリングのシステム作りが必要である。

5. 外来種の排除

環境省は、特定外来生物等専門家会合を開き、輸入や放流などを規制する特定外来生物を検討し、哺乳類はタイワンザ

ルやアライグマなど11種類、鳥類はガビチョウなど4種、爬虫類はカミツキガメなど6種、両生類はオオヒキガエル、魚類はコクチバスなど4種、その他、昆虫類、無脊椎動物、植物3種など、計37の動植物が候補となっている。ニホンザルとタイワンザルの交配、ニホンザルとアカゲザルの交配が確認されたり、オクチバスやコクチバスなどによる在来魚種の減少が推測されている。身近な生物種の長期に渡るモニタリングの記録があれば、在来種への外来種の影響を推定する場合にも大きな力になったに違いない。

6. メダカについて

内分泌かく乱作用が疑われる化学物質の魚類試験のために、環境省はメダカを用いており (環境省, 2004)、経済協力開発機構 (OECD) も試験魚として、メダカ、ファットヘッドミノー、ゼブラフィッシュ、トゲウオ (イトヨ) を用いている。日本のメダカは世界に配布され、毒性試験や発ガン試験に用いられている。

メダカ属 (*Oryzias*) はアジア固有の淡水魚で、メダカ、ハイナンメダカ、ルソンメダカ、メコンメダカ、タイメダカ、ジャワメダカ、インドメダカ、セレベスメダカ、チュウゴクメダカなど、十数種が東南アジアを中心に、インドから日本まで広く各地に分布している。小川や池、水田に見られるが、マングローブ帯などの汽水域に生息している種類もある。

酒泉 (1987, 1990) によると、メダカは遺伝的に4つの主要なグループに分けられる。すなわち、北日本集団、南日本集団、東韓集団、中国-西韓集団である (図1)。北日本集団は、青森県の東部から日本海沿いに丹後半島の東側まで分布している。奥羽山脈の西側に並ぶ各盆地の集団もこのグループに含まれる。北日本集団は遺伝子の変異性は低く、均一な集団であり、南日本集団の分布域との境界は明らかであり、ハイブリッド集団以外では、遺伝子移入の形跡は認められない。日本に生息するメダカのうち、北日本集団の分布域以外のは全て南日本集団にまとめることができる。このグループは、南日本集団に共通の遺伝子型を持つが、変異に富んでおり、東日本型、東瀬戸内型、西瀬戸内型、山陰型、北部九州型、有明型、大隈型、薩摩型、琉球型など、特徴のある遺伝子型を持つ地域集団に分けられる。

東日本型は、岩手県の南部から紀伊半島の東側に分布し、長野県全域と伊賀上野、高知県にも分布している。瀬戸内型は、瀬戸内海をはさんで、本州側、四国側、九州側に分布し、岡山県の中央部を境にして東瀬戸内型と西瀬戸内型に分けられる。宮崎県中部以北の集団は西瀬戸内型である。山陰型は、中国山地で隔てられており、丹後半島以西、隠岐も含まれる。北部九州型は、対馬/壱岐・五島と九州北部に分布する。大隈型は、志布志湾周辺に分布する。有明型は、佐賀県から熊本県にかけての有明海沿岸地域に分布する。

東韓集団は、韓国の日本海側から南部にかけて分布しており、韓国西部では中国-西韓集団とは分布が異なる。中国-西韓集団は、朝鮮半島の西側から華北、華中にかけて、黄海を取り囲む広い地域に分布している。雲南地方のメダカもこの

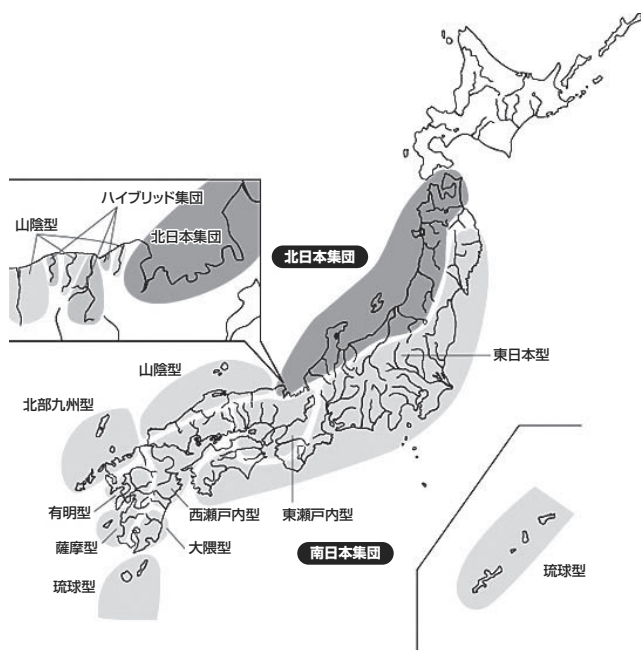


図1 日本産メダカの地域分布（酒泉, 1990及び愛知メダカの学校調査

(<http://www.cbr.mlit.go.jp/chugi/topics/medaka/final/index.htm>)より一部改変して引用)

グループに属している。このグループには、韓国西北部の漢江型と、韓国中西部の錦江流域とソムジン江の上流に分布する錦江型に分けられる。

野生メダカの体色は褐色であるが、橙色のメダカ（ヒメダカ, orange-red variety）が古くから愛玩用として保存されてきた。このヒメダカが世界に配られて実験や試験研究に用いられている。ヒメダカの起源について、Yamamoto (1975) は、「ヒメダカと他の体色変異の起源は定かではない。ヒメダカは江戸時代の浮世絵師によって描かれているので、少なくとも200-300年前に野生型からの突然変異によって生じたに違いない。ヒメダカとその他の2,3の変異系統はそののち金魚養殖業者によって維持されてきた」と述べている。

7. メダカの減った原因は？

メダカは様々な名前でも呼ばれており、メダカを食べる地域もある。いまではメダカが絶滅危惧種になっている（小澤, 2000）。原因として、農薬などの化学物質の影響と単純に考えられがちであるが、田んぼの宅地化などによる生息域の減少も大きな要因と考えられる。しかし、最も大きな要因は、田んぼの側溝をコンクリートにし、メダカの生息場所を奪ったことと思われる。小さな田んぼを統合して、比較的大きな田んぼに整理し、トラクターやコンバインなどが田んぼに入りやすくする、いわゆる農業の機械化を目指すとともに、日本住血吸虫の被害を防ぐことを目的として、田んぼの側溝をコンクリートにする事業が行われた。日本住血吸虫は扁形動物の一種で、農業用水に棲むミヤイリガイを中間宿主として

いる。日本住血吸虫の子虫は皮膚などからヒトや家畜の体内に入り、静脈に寄生して血液を吸う。田んぼの側溝をコンクリートにして水の流れを速くし、ミヤイリガイが棲めなくして、日本住血吸虫の中間宿主を減少させることが必要であった。日本住血吸虫は岡山県や山梨県などの一部で問題となっていたので、これらの地域で側溝をコンクリートにすることは役に立ったであろう。流れが速い場所では、メダカをはじめとして多くの水生昆虫も棲めないであろう。

田んぼの側溝のコンクリート化は、日本住血吸虫のいないところまで、全国的に進められた。環境への影響を考えれば、ミヤイリガイがいなくなった段階で、側溝のコンクリートを取り除くべきだったが、日本中の田んぼの側溝は、ほぼ全てコンクリート化され、それに伴ってメダカをはじめ、タガメやゲンゴロウなどもいなくなった。田んぼの側溝に生息していたメダカを含めた生物の生態系は大きなダメージを受けてしまった。田んぼの側溝をコンクリート化する時点で、メダカを含めた生態系への影響に関しては考慮されたとはいえない。環境問題を考える場合予測が不可能な場合が多いので、メダカの減少も、人間が自然をコントロールできると考えた結果として起こったとも思われる。

自然のシステムは巨大であり、汚染物質を放出しても自然が浄化してくれるという過大な期待もあったであろう。自然に対して謙虚な姿勢がなかったことが環境問題を生み、さらに大きくしたとも考えられる。

生物多様性条約が1993年に発効し、日本を含め180カ国以上が条約締約国となっている。この条約に基づき、環境省は生物多様性問題に取り組むための国家戦略をまとめている。生物多様性の現状として、1) 開発や乱獲などにより多くの種が絶滅の危機にあること、2) 人間の生活スタイルが変化したことによる里山などの荒廃、3) 移入種や化学物質による生態系への影響、が挙げられている。また、生物多様性の保全と持続可能な利用の理念として、1) 人間生存の基盤、2) 有用性の源泉、3) 豊かな文化の根源、生物多様性の目的として、1) 種・生態系の保全、2) 絶滅の防止と回復、3) 持続可能な利用、が挙げられている。ようやく、自然のシステムを破壊しているという認識ができてきたとも言える。いったん破壊した自然を、完全に元に戻すことは不可能である。

2003年に、日本最後のトキが死亡し、絶滅した。トキの絶滅の原因は環境変化と思われる。絶滅する前にトキを増やすことができたとしても、もとの棲息場所には返せなかったであろう。このような、絶滅しそうな生物を保護しても自然から切り離されており、自然のシステムからは絶滅したと同じことである。自然のシステムは、多くの生物が影響しあって微妙なバランスを保っているのだから、一部の生物が欠けたときにどのような影響が現れるかはわからない。自然のシステムを構成する要素は、システムを維持するために何らかの役割を果たしている可能性がある。したがって、システムの構成要素を減らすことは慎むべきである。このためにも、生物の多様性を維持する必要がある。

日本では、オオカミが明治時代に絶滅した。犬の伝染病の

ジステンバーに感染したためと考えられている。このために、オオカミの餌となっていた動物が増えている代表例はシカであり、地域によっては駆除されている。

8. メダカのモニタリング

多摩川でコイの調査をしたことがあるが、30センチ以上のコイの捕獲はできたが、小さなコイは捕獲できなかった。大きな河川には養殖したコイが放流されているため、捕獲したコイがその河川で生まれ育ったものか、放流されたものかは不明であった。野生生物の観察には、観察地で育ったものか、あるいは他所から移入されたものかを知っておく必要がある。メダカには、特定の地域で長期間隔離されて棲息している集団が知られている。このような集団に、他からメダカを移入することなく、大切に保護することも必要である。メダカに関しては、愛知県の調査が行われており、ホームページも充実している (<http://www.cbr.mlit.go.jp/chugi/topics/medaka/final/index.htm>)。「めだかの学校」として、子供向けのページも準備されている。メダカやカエルの地道な調査を継続されてきた全国の市民団体や学校に呼びかけて、過去のデータも含めて、理科クラブや総合学習の成果を集積するとともに、今後の長期にわたる観察の道筋を確立すべき時である。

参考文献

- Begon M, Harper JL, Townsend, C.R. 堀道雄, 監訳. 生態学. 原著第3版. 京都: 京都大学出版会; 2003.
- Carey C, Bryant CJ. Possible interrelations among environmental toxicants, amphibian development, and decline of amphibian populations. *Environ Health Perspect*. 1995 May;103 Suppl 4:13-7.
- Corn PS. In: Sparling DW, Bishop CA, Linder G, editors. *Ecotoxicology of amphibians and reptiles*. Pensacola (FL): SETAC Press; 1999. pp. 663-96.
- Drost CA, Fellers GM. Collapse of a regional frog fauna in the Yosemite area of the California Sierra Nevada, USA. *Conservation Biology* 1996;10:414-25.
- Green DM, edited. *Amphibians in decline. Canadian Studies of a Global Problem*. Herpetological Conservation Vol. 1. St. Louis (MO): Society for the Study of Amphibians and Reptiles; 1997. 306 pp.
- Hayes T, Haston K, Tsui M, Hoang A, Haeffele C, Vonk A. Atrazine-induced hermaphroditism at 0.1 ppb in American leopard frogs (*Rana pipiens*): laboratory and field evidence. *Environ Health Perspect*. 2003 Apr;111 (4):568-75.
- 岩松鷹司. メダカ学全書. 岡山: 大学教育出版; 1997.
- 岩澤久彰. 環境ホルモン説登場前夜のカエルの研究. 両生類誌 2003;11: 33-6.
- 環境省総合環境政策局環境保健部. 平成16年度第2回内分泌攪乱化学物質問題検討会資料. 2004.
- Kirk JJ. Western spotted frog (*Rana pretiosa*) mortality following forest spraying of DDT. *Herpetol Rev* 1988; 19:51-3.
- Lannoo MJ, edited. *Status and conservation of midwestern amphibians*. Iowa City (IA): University of Iowa Press; 1998.
- McConnell LL, Lenoir JS, Datta S, Seiber JN. Wet deposition of current-use pesticides in the Sierra Nevada mountain range, California, USA. *Environ Toxicol Chem* 1998; 17: 1908-16.
- 小澤祥司. メダカが消える日. 東京: 岩波書店; 2000. p.224.
- Pechmann JHK, Scott DE, Semlitsch RD, Caldwell JP, Vitt LJ, Gibbons JW. Declining amphibian populations: The problem of separating human impacts from natural fluctuations. *Science* 1991; 253:892-5.
- Pechmann JHK, Wilbur HM. Putting declining amphibian populations in perspective: natural fluctuations and human impacts. *Herpetologica* 1994;50:65-84.
- Phillips K. 長谷川雅美, 他訳. カエルが消える. 東京: 大月書店; 1998. p.248.
- Russell RW, Hecnar SJ, Haffner GD. Organochlorine pesticide residues in southern Ontario spring peepers. *Environ Toxicol Chem* 1995;14 (5): 815-7.
- 酒泉満. メダカの分子生物地理学. 水野信彦, 後藤晃, 編. 日本の淡水魚類—その分布, 変異, 種分化をめぐって. 秦野: 東海大学出版会; 1987. pp.81-90.
- 酒泉満. 遺伝学的にみたメダカの種と種内変異. 江上信雄, 山上健次郎, 嶋昭紘, 編. メダカの生物学. 東京: 東京大学出版会; 1990. pp.143-61.
- Sarkar S. *BioSci* 1996; 46: 199-207.
- 碓井益. 「蛙」モノと人間の文化史64. 東京: 法政大学出版局; 1989. p.367.
- Vos JG, et al. Health effects of endocrine-disrupting chemicals on wildlife, with special reference to the European situation. *Crit Revs Toxicol* 2000; 30: 71-133.
- Yamamoto T. *Medaka (killifish) — Biology and strains*. Tokyo: Keigaku Pub., 1975. p.365.