

農薬流出事故が起こった河川で見られた魚類とその農薬耐性並びに、 生息数の回復状況について

辻本 始

Fishes found in the river affected by pesticide spills, their resistance to pesticides and their recovery status.

Hajime TSUJIMOTO

キーワード：農薬流出, 農薬耐性, 魚類相, エンドスルフアン, ヘキサクロルヘキサヒドロメタノベンゾジオキサチエピンオキサイド

Key words: pesticide spill, pesticide resistance, fish fauna, Endosulfan,

Hexachlorohexahydromethanobenzodioxathiepinoxide

はじめに

戒外川（大和川水系）は、奈良県高市郡明日香村奥山を発し、同県橿原市、桜井市を流れ最終的に米川に合流する流程約3.3kmの小河川である。2009年1月3日、地元住民より奈良県桜井土木事務所に戒外川で多数の魚が死亡しているとの通報があり、奈良県桜井保健所によって水質検査が行われたところ高濃度の農薬が検出され、農薬流出事故が起こっていることが判明した（奈良県, 2009）。検出された農薬は1月3日に採水された検体で、殺虫剤であるエンドスルフアン α 体0.004 mg/l, その異性体であるエンドスルフアン β 体0.002 mg/l, 除草剤であるアラクロール0.004 mg/lであり、1月4日に採水された検体ではエンドスルフアン α 体0.003 mg/l, エンドスルフアン β 体0.002 mg/l, アラクロール0.003 mg/lであった（奈良県 2009）。これらの農薬の魚毒性についてはコイ *Cyprinus carpio* の48時間半致死性濃度がエンドスルフアンでは0.0071mg/l, アラクロールでは0.5-10 mg/lとされている（奈良県, 2009）。住民の通報は魚の大量死亡が起こってしまったからのものであり、その通報を受けた後の水質検査であるにもかかわらず2日間の検査ではどちらも特に魚毒性の強いエンドスルフアンがコイの48時間半致死濃度に近い数値で検出されたことから、水生生物にとって相当に毒性の強い濃度の農薬が本河川に流入し、数日間河川内に残留したと考えられる。

筆者は、当時橿原市役所の環境政策を担当する課に

所属しており、奈良県より情報を受けて同僚や奈良県桜井保健所職員らとともに1月4日に現場を訪れた。その際、本河川の上流をたどり農薬の流入原因の特定に努めたが、上流に行くにつれ、ある地点から上流では魚の死体がなくなり、正常に生存するカワムツ *Nipponocypris temminckii* が確認できたため、農薬が流入した大まかな場所の特定はできたものの、その場所には何の痕跡も無く、どのように農薬が流入したかはまったくの不明であった。また、他の関係機関の調査でも流入原因は判明しなかったようである。

その後、このまま魚の死体を放置しておく、悪臭等環境衛生面や景観の点で問題が生じることが考えられたため、1月7日に戒外川流域の自治体で死亡した魚の死体の回収を行った。また1月9日には、1月7日の時点では大きなダメージを受けて横たわってはいなかったものの、死亡していなかったために回収しなかったドジョウ *Misgurnus anguillicaudatus* が背側を上にして定位するなどの回復傾向が確認できたため、本事故は収束に向かったと思われる。

本研究の目的は、農薬により死亡した魚を回収することにより、戒外川に生息する魚類相とその比率を解明することと、死亡頻度により種ごとの農薬耐性の違いを比較すること、その後定期的に採集調査を行うことにより農薬により影響を受けた小河川で魚類を中心とした動物の生息がどのように回復するのかを明らかにすることを目的に行った。

方法

農薬流出で死亡した魚から魚類相とその比率を解明する方法としては、筆者が1月7日の死体回収を担当した本河川の檀原市南山町地内の約360mの範囲で、胴長靴を履いた上で河川に入って手で死体を回収したり、河岸からたも網で回収したりすることにより行った（以後、死体回収と呼称）（図1）。回収した魚はそのつど種を目視で同定し、死亡していた個体はすべて回収してゴミ袋に入れ、瀕死状態にあるものは生存確認や種の同定、数を把握するためにいったん取り上げたものの、回復を期待してその場で直ちに河川に戻した。なお、回収した死体は焼却炉に搬入され、焼却処分された。

種ごとの個体数は、速やかな魚の死体の除去が目的となる作業の中で行ったために正確な数を数える余裕は無かったが、大まかな数を記憶しておき、後に+：1-3個体，++：4-10個体，+++：11-100個体，++++：101個体以上の4つに分類して記録した。また、魚類以外では河川内生物としては比較的大型で特に目に付いたウシガエル *Lithobates catesbeianus*（幼生と変態後の個体）とアメリカザリガニ *Procambarus clarkii* についても同様に記録し、他に目についた生き物についても数は数えなかったが状況を記録した。

農薬耐性の比較は、種ごとにA：すべて死亡，B：死亡した個体と瀕死状態の個体が半々程度，C：死亡した個体も見られるが、瀕死状態のものが多く、の3つの分類に分けた。なお、数を記録した種ではまったく農薬の影響が見られていないような種はなかった。

その後、2009年2月から2010年4月の間、ひと月に一度胴長靴を履いた上でたも網を使って魚類等の採集調査を行った（以後、定期採集調査と呼称）。調査範囲は農薬流出時に筆者が回収を担当した360mのうち、その後イネ科草本などが河川に覆いかぶさるようになり伸びたために河川内に入れなかった範囲で分断された3か所合計約140mの範囲で行ったが（図1）、6月から9月の農繁期には一部70mの範囲が本河川内にある堰や農業用水の流入によって水深が深くなり、胴長靴を履いても入ることができなかったために調査できなかった。

採集は下流より少しずつ上流方向に歩いていきながら魚が潜んでいそうなところをたも網で探ることにより捕獲する方法で、調査範囲の再上流に到達するまで

行ったが、草本で入れない場所は岸辺に上がって避け、入れる場所まで来ると再び河川に入って採集を行った。

採集された個体は草本で分断された場所に到達する、もしくは最上流に来るまでいったんバケツに回収し、個体ごとに種を同定した上で数を数え、数えた後には本河川は農薬により大きく打撃を受けたことを鑑み、生物保全の観点から直ちにすべて元の場所に放流した。外来種についても月ごとの状況の変化を観察するため、駆除は行わずそのまま放流した。

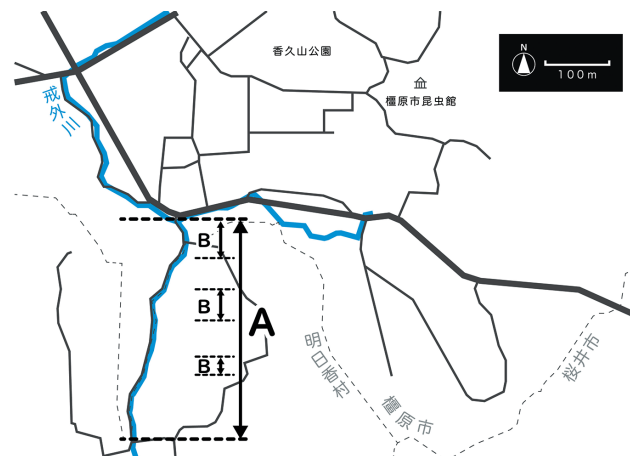


図1. 調査地付近の戒外川の地図と調査範囲。A：死体回収の範囲。B：定期採集調査の範囲。

結果

死体回収により、11種の魚類が確認された（表1）。このうち、カマツカ属は現在日本には3種が確認されており、分布的に本河川周辺地域には2種が生息する可能性がある（Tominaga & Kawase, 2019）。しかし死体回収当時はまだ日本に産するのはカマツカ *Pseudogobio esocinus* のみとされていたため種が現在の分類では同定できなかった。したがってカマツカ属の一種 *Pseudogobio* sp. とした（ただし複数種含まれているかどうかは不明）。フナ属は体形と分布域からギンブナ *Carassius* sp. かオオキンブナ *C. buergeri buergeri* と思われたが（川那部ほか, 2001）、確実ではないためフナ属の一種 *Carassius* sp. とした。ヨシノボリ属は周辺地域ではカワヨシノボリ *Rhinogobius flumineus* とシマヒレヨシノボリ *R. tyoni* の2種が確認されていることから波戸岡（2005）を参考に同定したものの、一部に変色や腐敗により種が同定できない死体があった。しかし同定できた死体はすべてカワヨシノボリであったこと、定期採集調査でカワヨシノボリとシマヒ

表 1. 死体回収と定期採集調査で確認された生物・死体回収数（瀕死個体含む）と状況において、数は + : 1 ~ 3, ++ : 4 ~ 10, +++ : 11 ~ 100, ++++ : 101 以上で示した。回収時の状況は A : すべて死亡, B : 死亡した個体と瀕死状態の個体が半々程度, C : 死亡した個体も見られるが、瀕死状態のものが多いで示した。

種名/月日	死体回収数 (瀕死個体含む) と状況		定期採集調査捕獲数														合計
	2009/1/7	回収時の状況	2009/2/9	2009/3/8	2009/4/5	2009/5/8	2009/6/11	2009/7/15	2009/8/18	2009/9/17	2009/10/14	2009/11/21	2009/12/19	2010/1/16	2010/2/20	2010/3/26	
カワムツ <i>Nipponocypris temminckii</i>	++++	A	17	35	75	125	204	113	177	123	55	107	119				1150
オイカワ <i>Opsarichthys platypus</i>	+++ or ++++	A															0
アブラハヤ <i>Rhynchocypris lagowskii stendachneri</i>	0	A							1							1	2
ムギツク <i>Pungtungia herzi</i>	+	A															1
カマツカ属の一種 <i>Pseudogobio</i> sp.	+++	A															0
モヨコ <i>Pseudorasbora parva</i>	++	A							1							2	7
キンギョ <i>Carassius auratus</i>	0	A					1										1
フナ属の一種 <i>Carassius</i> sp.	+	A															0
コイ科の一種 <i>Cyprinidae</i> sp.	0	A					7										7
ドジョウ <i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	++++	B							10								33
ギギ <i>Pelteobagrus nudiceps</i>	++	A							4								0
ドジョ <i>Odontobutis obscura</i>	++	A															0
カワヨシノボリ <i>Rhinogobius flumineus</i>	++++	A							1								229
シマヒレヨシノボリ <i>Rhinogobius tyoni</i>	0	A							9								2
タウナギ <i>Monopterus albus</i>	+++	C							1								3
ウシガエル <i>Lithobates catesbeianus</i> (tadpoles)	+++	B							4								97
ウシガエル <i>Lithobates catesbeianus</i>	+	A															1
ヌマガエル <i>Fejervarya kawamurai</i> (tadpoles)	0	A							13								13
ヌマガエル <i>Fejervarya kawamurai</i>	0	A							10								11
不明カエルの幼生 <i>Anura</i> sp. (tadpoles)	0	A															1
アメリカザリガニ <i>Procambarus clarkii</i>	+	A							14								83
スズエビ <i>Palaemon paucidentis</i>	0	A															1
サワガニ <i>Geothelphusa dehaani</i>	0	A							1								1
合計			0	19	39	45	40	94	103	172	248	154	193	140	86	141	169

レヨシノボリの生息が確認されてはいるが、圧倒的にカワヨシノボリの個体数が多かったことからすべてカワヨシノボリとした。

数の比率としてはカワムツ、ドジョウ、カワヨシノボリが多く、次いでオイカワ、そしてカマツカ属の一種やタウナギ *Monopterus albus* が多いという結果となった(表1)。

また、魚類以外の生き物としてはウシガエルの幼生は死亡しているものと瀕死の状態のものが半々程度であったが、変態後の個体はすべて死亡していた(すべて未成熟の小型個体であった)。アメリカザリガニはすべて死亡していた(表1)。

他に表1には無いが、魚の死体をすくった際にガガンボ類と思われる双翅目昆虫の幼虫が多くとも網に入ったがすべて死亡していた。カワニナ *Semisulcospira libertina* に関しては河川内に多数見られたが、農業により影響を受けている様子は見られず、死んだ魚に集まって食べているものさえ見られた。また、マジミ *Corbicula leana* も魚の死体を砂ごとすくってしまった際にたも網に多く入ったが、取り上げた際に殻は硬く閉じていて死亡しているようには見えなかった。

定期採集調査では10種の魚類が確認された(表1)。このうち死体回収で確認されたにもかかわらず採集されなかったのはオイカワ *Opsariichthys platypus*、カマツカ属の一種、フナ属の一種、ギギ *Pelteobagrus nudiceps*、ドンコ *Odontobutis obscura* で、死体回収されていない種で採集されたのはアブラハヤ *Rhynchocypris lagowskii steindachneri*、キンギョ *Carassius auratus*、コイ科の一種 *Cyprinidae* sp.、シマヒレヨシノボリであった。アブラハヤに関しては周辺地域に姿の極めてよく似たタカハヤ *Rhynchocypris oxycephalus jouyi* が生息するが(辰巳, 1974)、捕獲された2個体とも尾鰭基底中央に暗色斑が明瞭に認められたことからアブラハヤと同定した(中坊, 2013)。コイ科の一種はすべて同じ種と思われる稚魚が6月のみ7個体採集されたが、それ以外はまったく採集されず、標本も残さなかったことから種が同定できなかった。念のため写真を掲載しておく(図2)。

また、魚類以外では死体回収されたウシガエルやアメリカザリガニのほか、目立ったものとしてヌマガエル *Fejervarya kawamurae*、スジエビ *Palaemon paucidens*、サワガニ *Geothelphusa dehaani* などが採集された(表1)。



図2. 定期採集調査で6月に採集されたコイ科の一種 *Cyprinidae* sp.

考察

戒外川は全長3.3kmほどの小河川で、川幅も筆者が調査した範囲では1~2mほどである(筆者観察)。このような人が川に直接入れるような河川での魚類の調査は通常投網・たも網等で採集するが(国土交通省水管理・国土保全局河川環境課, 2016)、この調査方法の場合、同じ場所であっても一度にすべての種類が捕獲されることは極めてまれであると思われる(筆者経験による)。よって魚類相、ましてやおおよそではあってもその生息数の比率まで調査しようと思えば何度も同じ場所を調査する必要があり非常に難しい。今回の農業流出事故によりその難しい調査を一度でかなりの精度で行うことができたのは何とも皮肉である。

現在までのところ明日香村や橿原市で確認されている魚類は外来種や、古い記録はあるが最近の記録がなく既に周辺地域から絶滅している可能性があるもの、最近の分類学の変遷により種が判明していないものを含めれば37種前後が確認されているが(辰巳, 1974; 改訂橿原市史編纂委員会, 1987; 今西, 2004; 奈良県水循環・森林・景観環境部水資源政策課, 作成年不明; 筆者未発表)、本河川からは農業流出直後だけでなく、その後の調査も含めれば約3分の1を大きく超える15種が確認された。つまり小河川であっても多くの魚類の生息地になっており、魚類の生息地として軽視してはいけないと考えられた。

また、農業における耐性に関しては、高濃度の農業流出により多くの種がすべて死亡している中、ドジョウとタウナギにある程度の耐性が見られた。この2種はエラ呼吸だけでなく、皮膚呼吸や空気呼吸(ドジョウが腸呼吸、タウナギが咽頭呼吸)も行っていること、冬季は休眠状態になることといった共通の習性を持っている

が(岩田, 2014; 中島, 2020), それらが農薬耐性に関係している可能性があるのかもしれない。さらに, 魚類以外ではウシガエルの幼生にはある程度の, カワナやマシジミには魚類よりかなり強い農薬耐性があることも確認された。

農薬流出によるダメージからの魚類の生息状況の回復に関しては, 6月の定期採集調査以降, 急激に生息数の回復が見られた(表1)。この時期は農繁期で吉野川から奈良盆地へ農業用水を送る吉野川分水による水の供給が行われており, 本河川周辺はその受益地に入っていることから(奈良県農林部農村振興課, 2018), 本河川の水量が増えた時期であった。また暖かくなる季節であり魚類の活動範囲が広がる時期であると考えられた。吉野川分水には吉野川水系の魚類が大和川水系に流入するという問題があるものの(今西, 2004; 大阪市立自然史博物館, 2007; 石井ほか, 2011), この水量の増加と活動範囲の広がりが生息数の回復に大きく寄与したと考えられる。

しかしながらオイカワ, カマツカ属の一種, フナ属の一種, ギギ, ドンコは死体回収では確認されたにもかかわらず, 定期採集調査では確認されなかった。このうちギギは2011年10月20日に, ドンコは正確な日付は不明ながら2015年に本河川の調査範囲近くで採集されたのを筆者が確認しており, オイカワについても定期採集調査終了後に確認年は不明ながら調査範囲と同場所で泳ぐ姿を筆者が目撃している。しかしカマツカ属の一種とフナ属の一種については何度か本河川内で魚類採集を行う機会があったにもかかわらず現在までのところ確認されていない。特にカマツカ属の一種に関しては死体回収の際には比較的多くの数が確認されていることから, 農薬流出事故前にはある程度の数が生息していたと思われるにも関わらず定期採集調査で全く確認されないのは, 農薬流出事故が本河川内の個体群に壊滅的な影響を与えてしまった可能性を示している。このような小河川における農薬流出事故が場合によってはその河川内の特定の個体群を消滅させてしまう危険性をはらんでいる証左となるのかもしれない。

また, 死体回収ではウシガエルの幼生にある程度の農薬耐性が確認され, その後の定期採集調査でも流出事故からそれほど時間が経っておらず魚類がほとんど採集されていない時期に幼生が多く採集されたことは, 天敵や競合者の消失・減少という意味でその後のウシガエルの生存や成長に有利に働く可能性がある。この点に関して

は今回はっきりとした結論が出せるわけではないが, 不測の農薬流出事故が思わぬ生物相の変化につながることは十分に留意しておく必要があると思われる。

引用文献

- 波戸岡清峰, 2005. 大和川のヨシノボリ類. *Nature Study*, 51 (9) : 3-4.
- 今西塩一, 2004. 曾我川(大和川水系)に侵入する淡水魚類. 関西自然保護機構会誌, 26 (1) : 21-28.
- 石井文子・安齋有紀子・伊藤玲香・小山直人・北川忠生, 2011. 吉野川分水による吉野川水系から大和川水系へのカワムツの移入. *魚類学雑誌*, 58(1) : 65-74.
- 岩田勝哉, 2014. *魚類比較生理学入門*. 224pp. 海游舎, 東京.
- 改訂橿原市史編纂委員会(編), 1987. *橿原市史 本編 下巻*. 1011pp. 橿原市役所, 橿原.
- 国土交通省水管理・国土保全局河川環境課, 2016. II平成28年度版河川水辺の国勢調査基本調査マニュアル[河川版] (魚類調査編). http://www.nilim.go.jp/lab/fbg/ksnkankyo/mizukokuweb/system/Download/H28KK_manual_river/H28KK_01.gyorui.pdf (2022年12月28日最終閲覧)
- 川那部浩哉・水野信彦・細谷和海(編), 2001. *日本の淡水魚 改訂版(山溪カラー名鑑)*. 719pp. 山と溪谷社, 東京.
- 中坊徹次(編), 2013. *日本産魚類検索 全種の同定 第3版*. 2,530pp. 東海大学出版会, 秦野.
- 中島淳, 2020. ドジョウの実態とその保全. *農業および園芸*, 95(2) : 113-122.
- 奈良県, 2009. 大和川水系寺川支川戒外(かいげ)川における魚のへい死について. 県政公開ニュース. 平成21年1月6日発表. http://www.pref.nara.jp/koho/hodo/h20/html/073000-090107090316_M14588.html (リンク切れ)
- 奈良県水循環・森林・景観環境部水資源政策課, 作成年不明. *奈良の川にすむ魚たち*. <https://www.pref.nara.jp/18511.htm> (2022年12月28日最終閲覧)
- 奈良県農林部農村振興課, 2018. 「吉野川分水」～豊かな水を求めて～. 22pp. 奈良県, 奈良.

大阪市立自然史博物館, 2007. 大和川の自然 . 132pp.

東海大学出版会, 秦野 .

辰巳利文 (編), 1974. 明日香村史 下巻 . 686pp. 明

日香村史刊行会, 明日香 .

Tominaga, K. and S. Kawase, 2019. Two new species of *Pseudogobio* pike gudgeon (Cypriniformes: Cyprinidae: Gobioninae) from Japan, and redescription of *P. esocinus* (Temminck and Schlegel 1846). *Ichthyological Research*, 66 (4): 488-508.