

第 4 章

調査結果

都内のトウキョウサンショウウオの生息状況を総合的に把握したのは、1979 年に環境庁の第 2 回自然環境保全基礎調査の一環として行われた金井郁夫氏による調査が最初である [26]。20 年にわたって蓄積したデータに基づき、都内全域で 113 箇所の産卵場が確認され、卵嚢数などから、都内の全生息個体は 3,000 頭前後と推定された。しかし、すでにこの時点で、それ以前に知られていた産卵場の多くが消失しており、生息地が開発される傾向にも歯止めがかかっていなかったことから、急速に絶滅に向かう危険性が指摘された。その後、丘陵地の開発はさらに進んだが、都内全域にわたっての生息分布調査は 20 年近く行われず、1998 年によくトウキョウサンショウウオの本格的な調査が再び行われた [60]。その調査の 10 年後の追跡調査では、1998 年の一斉調査で確認した産卵場を中心に、10 年後の状況の把握に務めた [61]。また、2008 年の一斉調査後も多くの地域で調査を継続し、繁殖状況に関する情報の収集に努めた。幸い更に 10 年後の 2018 年にも 3 回目の一斉調査を行うことができた。今回の報告では、一段と厳しくなってきた東京都多摩地区でのトウキョウサンショウウオの個体群の衰退を定量的なデータで解析し報告したい。

4.1 産卵場と周囲の環境

今回の第 3 回一斉調査では、2017–2019 年の 2–5 月にかけて現地調査を行い生息状況を確認した。そのため、産卵場によっては複数年のデータが収集できた地点も多数存在する。卵嚢数に関しては、複数年のデータがある場合は、最大値をその調査地の代表値としてデータ解析に用いた。そのため第 5 章の各地の報告での単年度のデータと必ずし

表 4.1: 行政区別の産卵場繁殖状況のまとめ。稲城市の産卵場 2 箇所も含める（消滅した産卵場 1 箇所と現在人為的に管理されている産卵場 1 箇所も含む）。

自治体	1998 年				2008 年				2018 年			
	絶滅	存続	不明	卵嚢数	絶滅	存続	不明	卵嚢数	絶滅	存続	不明	卵嚢数
東村山市	0	1	0	2	0	1	0	2	1	0	0	0
東大和市	0	2	5	20	1	1	5	7	2	5	0	106
武蔵村山市	0	9	1	67	0	7	3	25	2	2	6	5
瑞穂町	0	18	3	381	1	19	1	373	2	17	2	13
青梅市	6	42	59	1,543	16	88	3	1,674	56	45	6	371
日の出町	2	45	34	2,214	10	68	3	2,273	13	65	3	2,101
あきる野市	2	48	35	2,089	13	49	23	1,429	19	56	10	2,800
八王子市	5	77	42	2,258	9	98	17	2,875	14	88	22	1,774
羽村市	0	1	0	2	0	1	0	1	0	1	0	10
日野市	0	3	3	53	1	5	0	371	3	2	1	46
稲城市	0	1	1	8	0	1	1	16	1	1	0	67
合計	15	247	183	8,637	51	338	56	9,046	113	282	50	7,293

も一致しないケースも有ることに注意して欲しい。産卵場の状況は原則として卵囊で確認したが、幼生・成体などや聞き込み情報で確認できた場合でも、充分信頼性が確保されると判断された場合は存続産卵場として扱った。その場合は、卵囊数のデータは欠損値として扱った。

行政区別の産卵場の数を表 4.1 に示した。絶滅確認も含め東京都内で 443 箇所（稲城市の産卵場は除く）の産卵場を記録した。残念ながら 50 箇所については産卵場の状況を把握することが出来なかったが、231 箇所の産卵場で 7,226 卵囊を確認することが出来た。ただし、この 443 箇所の産卵場のうち、今回新たに 62 箇所の絶滅（産卵場集団の消滅）を確認し既存の絶滅産卵場と合わせて合計 113 箇所の産卵場が消えたことになる。これらの産卵場の状況については、後ほど詳細に解析した結果を紹介したい。

稲城市の産卵場に関しては複雑な事情があるので、ここで少し我々の知る情報について記録しておきたい。第 1 回一斉調査直後に、我々はその存在を知ることになったが、稲城市でのトウキョウサンショウウオの記録は過去には見当たらず、その発見の経緯からも自然分布と考え難い状況だった。予備的な DNA 解析の結果からも、東京多摩地区の集団よりも房総半島南部集団と近く、地域外からの人為的な持ち込みの可能性が強く示唆された（吉澤賢治・菅原弘貴両氏私信、第 5.6 節参照）。今回もとりあえず多摩地区の産卵場の自治体別集計結果（表 4.1）に含めたが、後述する詳細な分析の際には場合によっては除外した。稲城の産卵場に関しては、我々は現時点では在来の集団とは認めがたいという立場をとっているが、今後とも注意深く取り扱う必要があるだろう。現在、もともとの産卵場は造成工事により谷が埋め立てられ完全に姿を消している。ただし、工事前より開発区域内緑地に移植し人為的に管理された産卵場での繁殖は持続している。

行政区別の産卵場の確認数を表 4.1 に示した。第 2.2.2 節の「生活史と個体群動態」の節で述べたようにトウキョウサンショウウオの性比は 3 ♂ : 2 ♀ と考えられ（11 ページ参照）、1 メスが 2 卵囊産卵することから、成熟個体の数はカウントされた総卵囊数より約 9,000 頭と推定される。ただし、正確な産卵卵囊数が把握できなかった産卵場も少なからずあり、これはあくまで概数に過ぎない。より詳しい推定については後述する（第 4.4 節、27 ページ参照）。表 4.1 を見ると、前述したようにトウキョウサンショウウオの生息が 7 市 2 町で確認されたが、東村山では既知の 1 箇所の産卵場が絶滅と判断され、東大和・羽村・日野という多摩地区東部の 3 市では、それぞれ 1-5 箇所の小さな産卵場しか確認されていない。生息の中核は、青梅・あきる野・八王子の 3 市と日の出町が担っている。この 3 市と 1 町が産卵場の 90% および産卵卵囊数の 97% を占め、東京都の繁殖個体群のほとんどが集中している。

前回 2 回の一斉調査では各産卵場ごとの調査表に記入された項目を整理し、産卵場の環境をまとめた [60, 61]。トウキョウサンショウウオの産卵は周囲の地形をみると谷凹地で、周囲の植生はコナラを主体としたいわゆる落葉広葉樹の二次林と、杉林の中に雑木林が混じる混交林が大半を占めている。そしてそのような場所に存在する、休耕田や林内の湧き水などがたまった水路が主要な産卵場となっている。特に、休耕田の占める割合が高い。

産卵場は、丘陵地帯の標高 68-333 m の範囲に分布し、その平均は 188 m であった（SD=43.1, N=435; 図 4.1）。最も低いのは、日野市高幡不動の産卵場で、最も高かったのは青梅市大荷田川上流の二つ塚峠付近の産卵場であったが、ほとんどは標高 200m 前後の丘陵地に存在した。繁殖集団が絶滅した産卵場も存続している産卵場も標高に関してはほぼ同様な分布を示し、絶滅と存続（不明も含む）に標高は影響していないように見える（Welch's t-test, $t=1.63$, $df=184.5$, $P=0.105$ ）。

産卵場となる水場の大きさは 10 m^2 以下の小さなものが多く、水深の浅いところが好まれる。前回の報告では、平均水深は 15.0 cm でほとんどが 20 cm 以下で、5 cm 以下が最も多かった。産卵場の水質に関しては、最低 pH 5.5 から 8.0 と比較的変異が少なく、平均は pH 6.7 でほとんどの箇所でも pH 7.0 前後の値を示した [60]。

以上の結果をまとめると、東京都多摩地区のトウキョウサンショウウオは、主として標高 100-300 m の丘陵地帯の

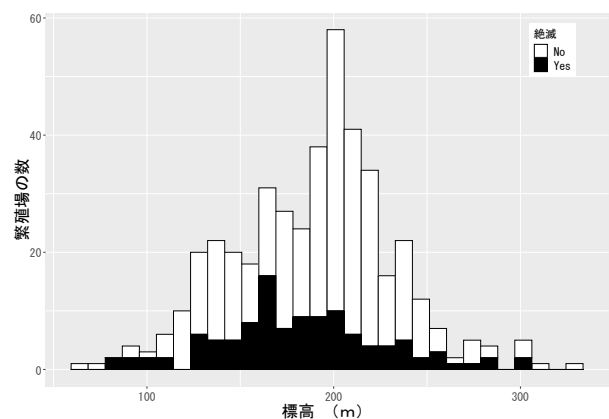


図 4.1: 産卵場の標高分布。稲城市の産卵場は除く。

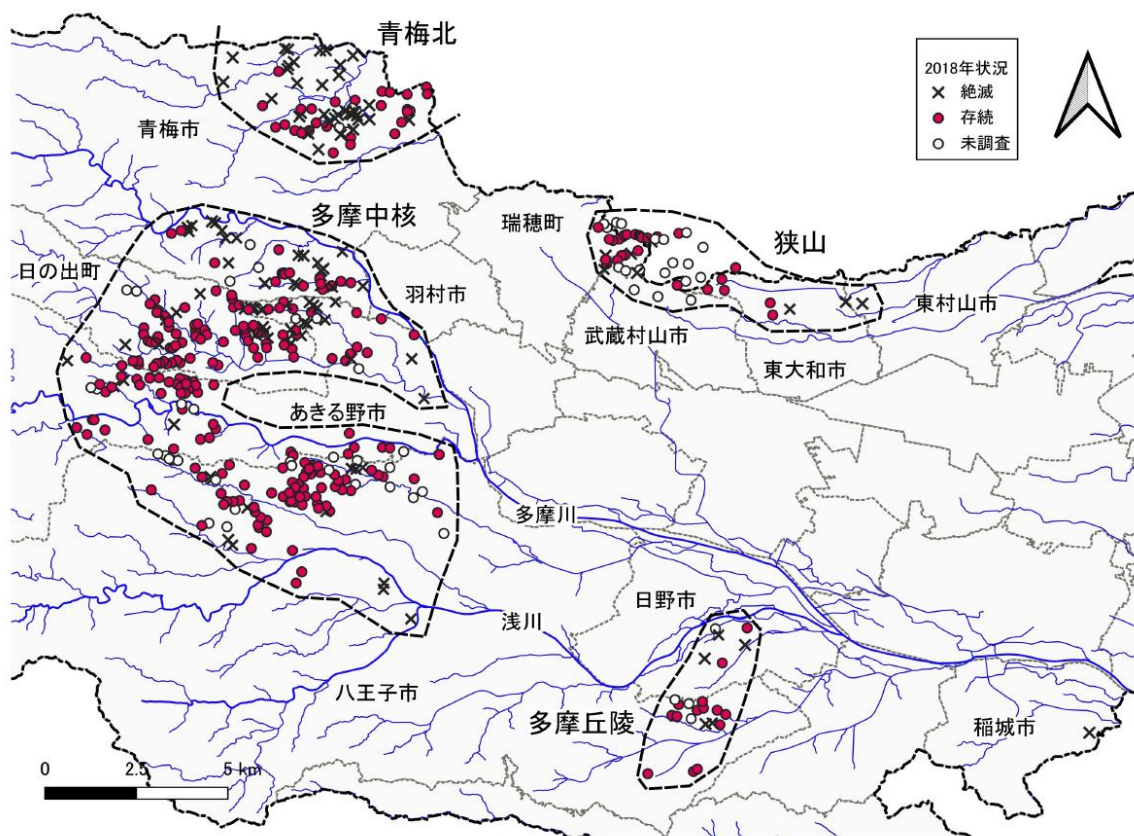


図 4.2: 東京多摩地区におけるトウキョウサンショウウオの産卵場の分布。都内の狭山地区の産卵場に隣接する埼玉県側の産卵場も示した。破線は自治体の境界を、実線は河川を示す。背景の地図は国土地理院基盤地図情報（縮尺レベル 25000）を基に作成した。

落葉広葉樹林または混交林内に生息し、その林の中の谷部の水深 15 cm 程度の浅い水溜りやそれに接する休耕田の湿地を主な産卵場としている。

4.2 産卵場の分布と産卵卵嚢数の現状

今回の調査で繁殖が確認された稲城市の産卵場も含む 282 箇所の産卵場および現況が不明の産卵場 50 箇所、絶滅が確認された 113 箇所の地理的分布を図 4.2 に示す。産卵場の分布域を大雑把に囲った生息面積は多摩地区全体で 102.5 km² となった。この図から明らかなように、トウキョウサンショウウオの生息地は都内においては、奥多摩山地と平野部が接する丘陵地帯に帯状に分布し、大きく 4 つの地域に分断されている。一見するとどの地区でも絶滅した産卵場が広く分布しているようにも見えるが、後述する解析では（第 4.5 節、29 ページ参照）、特に埼玉県との県境に近い地域や分布末端部の地域で絶滅のリスクが高いと推定されている。生息分布に関しては 1998 年の調査時から大きな変化は見られていないが、都心部から伸びてきた開発の波がじわじわトウキョウサンショウウオの生息環境を脅かしている様子が現れている。以下に 4 つの地区別に産卵場の状況を概観する（表 4.2）。

狭山地区： 埼玉県と境を接する、東村山・東大和・武蔵村山市から瑞穂町にかけての狭山丘陵は、孤立した分布域の一つである。ここには、約 11.5 km² の地域に 24 箇所 124 卵囊（それぞれ全体の 9.7、1.7%）が確認された。ここは小規模な産卵場が多いが、首都圏に飲料水を供給する貯水池の周辺は東京都水道局が管理する水源林が多くを占め、開発が厳しく規制されており、生息環境が消える心配はひとまずない。しかし、産卵場の多くは乾燥して、植生の遷移が進み、保全のためには水路の整備などが必要となってきた。実際すでに、今回の調査でも産卵が見られなくなってきた産卵場が多く、産卵卵囊数が大幅に減少している。水道局の水源林ということで環境が保全されている反面、一般市民の立ち入りが厳しく制限され、近年十分な調査や繁殖場である

湿地の管理が行えないという状況が続いている（第 5.1.1、33 ページ参照）。

今回の調査では、東京都側だけでなく隣接する埼玉県側の一部の地域についても調査を行った。丘陵の緑地の埼玉県側にもトウキョウサンショウウオの生息は確認されているが、個体数は決して多くはないようだ。今まで情報が殆どなかった飯能市における生息状況については第 5.5.1 節（72 ページ）を参照されたい。

青梅北地区： 第 2 の地域は、青梅市北部に位置する加治丘陵である（図 4.2）。この地域も、埼玉県側の生息地と連なる大きな生息地の南端にあたる。約 16.5 km² に産卵場 27 箇所 132 卵囊（それぞれ 9.1、1.8%）と、前回の調査時に比べて大幅に減少した。サンショウウオの生息できそうな環境も少ないことはなく、産卵場の密度は低いものの小規模の産卵場が多く絶滅が確認された産卵場も急増している。その原因については必ずしもよく分かっていないが、外来種のアライグマによる捕食の影響も無視できないようだ（第 5.2.1 節、44 ページ）。

多摩中核地区： 今回の調査地域の中で、青梅市の多摩川南岸から日の出町・あきる野市を経て八王子市浅川に至る地域には、草花・伊奈・加住・川口といった丘陵が広がり、雑木林や谷戸田も多く、良好な生息環境がまだ比較的多く残っている。この地区は秋川で大きく 2 分されており、北と南にさらに細分して集計した。

中核北地区には、まずトウキョウサンショウウオの基準産地である青梅・あきる野市から日の出町にまたがる草花丘陵、日の出町とあきる野市にまたがる大久野山地・伊奈丘陵、あきる野市の秋留台地崖線が含まれ、約 35.8 km² の地域に 124 箇所所の産卵場で 4,858 個の卵囊（それぞれ 41.1、67.2%）が確認された。100 個以上の卵囊が見つかった場所が 11 箇所と大規模な産卵場も他の地区に比べ多く、都内の生息域の核心部と考えてよいだろう。特にあきる野市の横沢入は 1990 年代より西多摩自然フォーラムを中心に調査や繁殖場の整備等が行われ、東京都でも最大の繁殖地となっている（第 5.3.3 節、55 ページ）。しかしながら、詳しくは後述するが絶滅産卵場の多くもこの地区に集中し、特に日の出町の川北地区（草花丘陵）の個体群の衰退が目立つ（第 5.3.2 節、52 ページ参照）。

秋川の南側の中核南地区には、あきる野・八王子市にまたがる加住丘陵と八王子市の川口・元八王子丘陵が含まれ、約 31.2 km² の地域に 92 箇所 1,557 卵囊（それぞれ 34.7、21.5%）が確認された。中核北地区とともに、この地区は東京都の産卵場および産卵卵囊数のほぼ 8 割前後を占め、名前通りトウキョウサンショウウオの生息分布の中核となっている。中核北地区と異なり、南地区は産卵場集団の最近 10 年間の絶滅率が低いことが分かった。川口丘陵を中心に、地元ボランティアグループによるビオトープ整備などの保全活動の成果が上がっているのかもしれない。しかしながらこの地区でも、物流センター建設のため大規模な土地整理事業が始まり、今後の影響が危惧される（第 5.3.6、60 ページ参照）。

バブル時代の乱開発から取り残されていたこの多摩中核地域も、圏央道計画が具体化するのを機に、20 年前の調査時にはいくつかの丘陵部開発プロジェクトが動き始めていた。あきる野市の菅生インダストリアルパーク構想に基づく開発、青梅市長淵・日の出町平井の草花丘陵の産業・住宅複合地区計画、伊奈丘陵のあきる野市横沢入の JR 東日本による住宅開発、加住丘陵の八王子市川口町川口リサーチパーク構想など、トウキョウサンショウウオの将来を危惧させる事態が迫っていた。幸い、重要な産卵場を直撃する計画の一部はバブルの崩壊とともに中止または保留となって、危惧した事態にまでには至っていない。しかしながら、今回の調査でも狭山・青梅北地区では多くの産卵場集団がこの 10 年間で失われたことが明らかとなったが、特に中核地区の北部でも同様に多くの産卵場が消滅している。その状況については次節で詳しく論じたい。

多摩丘陵地区： 最後の地域は、八王子市の東南部と日野市の南端にまたがる多摩丘陵である。この地域のトウキョウサンショウウオは、多摩中核地域とは八王子市街をはさんで完全に分断され、他の地域から完全に孤立した小集団を形成している（図 4.2）。約 7.5 km² に、14 箇所 555 卵囊（それぞれ 5.4、7.7%）が確認できた。多摩丘陵は、多摩ニュータウン等の大規模宅地開発により緑地の分断化が激しいにもかかわらず、幸い産卵場もまだそこそこ見られる。しかしながら、大規模な産卵場は減り続け、残ったところでも外来生物であるアメリカザリガニやアライグマの被害が目立つところも見受けられる。他地区に比べ市街化率が高いこともあり、人により管理された産卵場が目立つのも特徴だろう。そういった管理された産卵場では、順調に個体数が増加したり、増えないまでもある程度のレベルが維持されている。この地区では、今後人による積極的な保全管理により必要になってくるかもしれない（第 5.4.1 節、65 ページ）。また、最近の DNA による遺伝子解析の結果、トウキョウサンショウウオの各地の集団の中でも、この地区の集団が最も特異的な遺伝子構造を持つことが分

表 4.2: 産卵場の地区別状況のまとめ。稲城市の産卵場は集計に含まず。

地区	1998 年				2008 年				2018 年			
	絶滅	存続	不明	卵囊数	絶滅	存続	不明	卵囊数	絶滅	存続	不明	卵囊数
狭山	0	30	9	470	2	28	9	407	7	24	8	124
青梅北	0	13	52	331	3	60	2	1,075	35	27	3	132
中核北	10	110	68	5,197	36	132	20	4,032	52	124	12	4,858
中核南	5	77	46	1,754	8	99	21	2,588	13	92	23	1,557
多摩丘陵	0	16	7	877	2	18	3	928	5	14	4	555
総計	15	246	182	8,629	51	337	55	9,030	112	281	50	7,226

かってきた [94]。

この地域に隣接する町田市側には、まだ比較的良好な環境が残された谷戸があるにもかかわらず、トウキョウサンショウウオの生息はやはり今でも報告されていない [59]。この点が、東京のトウキョウサンショウウオの生息分布を考える際、残された最大の疑問の一つだろう。ばらばらに分断され、やっと残された緑地にしがみつこうように生き残っているこの地域のサンショウウオは、今決して安全と言うわけではない。「多摩ニュータウン最後の事業」ともいわれる第 19 住区での開発計画は一部見直しが行われたようだが、着々と工事が進んでいる。ここでの生息地のほとんどは丘陵の山裾に点在する民家の裏庭の水路や谷戸田である。後背地である雑木林の多くが土地造成によって消えてしまったため、湧水の枯渇による産卵場の消失が危惧される。多摩丘陵の分布域は、都内の他の地域からは孤立しており絶滅リスクの高い地区であることは間違いないだろう。

1970 年代後半の金井の調査 [26] 以降絶滅したと考えられる地域を大雑把に推定すると、その面積は約 50 km² にも達し、その後約 20 年で 3 分の 1 の面積が失われたことになる [60]。このような生息域の急速な減少は、本種の個体群の保全を考えるとときに大変な脅威である。さらに、現在残された地域では安心なのかと言うと、実はこれも大変心もとないのが現状である。図 4.3 に、初回調査時以降および今回の調査時の各産卵場の産卵卵囊数の頻度分布を示した。50 卵囊以上観察された産卵場の割合が減り、中央値は 20 から 10 へと半減した。生息面積はこの 20 年大きな変化は見られなかったが、個々の産卵場の集団サイズは確実に縮小している。

すべての動物個体群は多かれ少なかれ毎年の個体数がいろいろな要因によって変動しているが、その個体数が少ない個体群ほど偶然の変動によって絶滅する確率が高いことは良く知られた事実である。このような絶滅を免れることができる（たとえば 100 年間に 95% の確率で）、現在の最低限の個

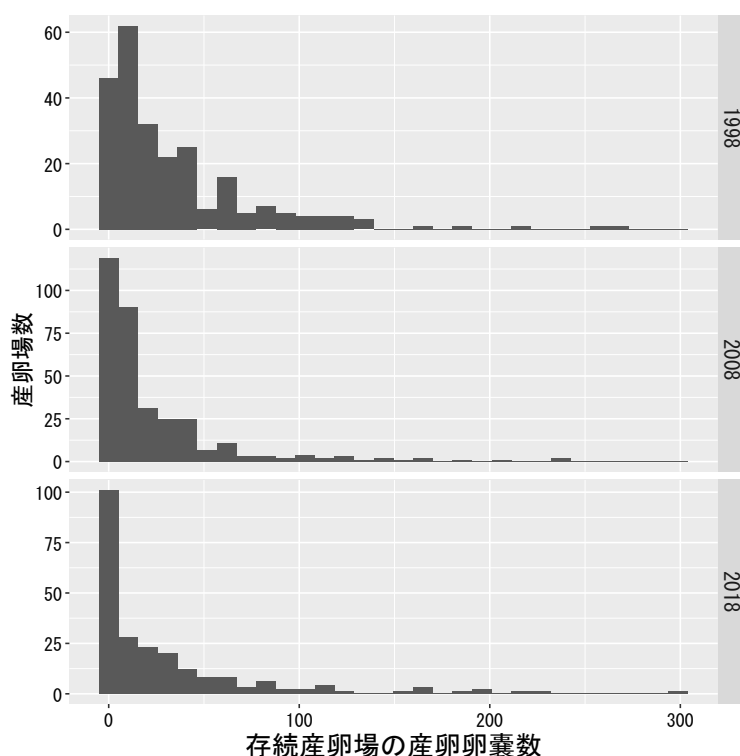


図 4.3: 各産卵場毎の卵囊数の頻度分布。中央値 (N) は、1998 年では 20 (246) だったが 2008 年は 10 (337)、2018 年も 10 (231) と減少傾向。右に大きく外れた 300 卵囊以上の 4 箇所のデータは除外した。

表 4.3: 産卵場当たりの産卵卵囊数の地区別集計結果

地区	1998 年				2008 年				2018 年			
	中央値	平均	SD	N	中央値	平均	SD	N	中央値	平均	SD	N
狭山	8.0	15.7	17.3	30	7.0	14.5	17.1	28	1.0	5.6	16.0	22
青梅北	15.0	25.5	29.8	13	2.5	17.9	89.2	60	0.0	4.9	21.6	27
中核北	34.0	47.2	48.4	110	14.0	30.5	40.1	132	17.5	43.4	70.3	112
中核南	13.0	22.8	23.7	77	12.0	26.1	40.6	99	19.0	27.3	32.7	57
多摩丘陵	36.5	54.8	64.6	16	11.0	51.6	89.7	18	14.0	42.7	70.1	13

体数は MVP (Minimum Viable Population)*¹ と呼ばれ、個体群存続可能性分析 (Population Viability Analysis, PVA) によって推測され、さまざまな動物群の個体群保全に利用されるようになってきた [9, 16, 89, 106, 107]。サンショウウオなど両生類ではこのような試みはまだ少ないが [1]、初回の報告書で東京都多摩地区のトウキョウサンショウウオの MVP を予備的に推定したところ、メスで約 100 個体、卵囊数で言うと 200 卵囊という目安が得られた [60]。産卵場一つ一つが一つの個体群を形成しているわけではないので、産卵場単位で評価することはできないが、卵囊数がこの値 200 を超える産卵場は今回の調査でもわずか 5 箇所（そのうち 4 箇所は横沢入）しか確認されていない。その 5 箇所ともボランティアにより繁殖場が手厚く管理されている場所でもある。産卵卵囊数が 10 未満のごく小規模な産卵場は今回 113 箇所も記録されたが、これらは、今後数十年で絶滅するリスクが極めて高い繁殖集団と考えられる。次節 4.3 節では、第 1 回調査から 20 年間の産卵場の変化を追跡した分析結果について詳しく報告する。

4.3 産卵場繁殖集団の絶滅と衰退

1990 年代末以来 3 回の一斉調査を含み各地区で独自の調査を 20 数年間継続してきたが、前述したように総計 443 箇所の産卵場を確認した（表 4.2）。第 1 回の一斉調査後の調査でも新規の産卵場が数多く確認されてきた。ただし、人為的に創出されたビオトープ等の人工的な産卵場もごく稀に存在するが、産卵場が新たに自然に創出される可能性は極めて小さいと考えられる。そこで、今回の解析では、このような新規産卵場はすべて 1998 年の一斉調査時にすでに存在し見過ごされてきた産卵場として扱った。その上で、それぞれの産卵場の絶滅が確認された年代を整理するために、すべての産卵場について調査年と繁殖状況（存続、不明、絶滅）を記録し、そのデータを基に生存時間分析の一手法である Kaplan-Meier 法にて産卵場の生存曲線を推定した [74]（図 4.4）。推定された生存曲線から、時間の経過とともに産卵場がどのように消えていくのかがよく分かる。多摩地区全体で見ると、10 年後の生存率は 97.9%（95% 信頼区間: 96.4–99.3）で 20 年後は 62.6%（56.8–69.1）と推定され、絶滅率は時間とともに増加している。20 年では 37% が絶滅したことになるが、この率でいくと 30 年で多摩地区の産卵場の数は半減することになる ($0.626^{\frac{30}{20}} = 0.495$)。またこの生存率は地区により異なり（ログランク検定: $\chi^2 = 106, df = 4, P \ll 0.001$ ）、青梅北では 20 年後の生存率は 3.9%（0.6–26.2）と最低で、狭山が 55.4%（35.0–87.6）、中核北が 67.3%（58.9–76.9）、多摩丘陵が 69.8%（50.8–96.0）と続き、中核南が 82.9%（74.4–92.3）と最も高い値を示し、地区による産卵場をめぐる事情の違いが大きいことが伺われた（図 4.4）。

狭山・青梅北とともに絶滅率が高かった中核北地区では、この 20 年間の絶滅産卵場は、日の出町の川北地区・あきる野市の菅生地区および青梅市の大荷田川周辺の地区に集中する傾向が見られた（図 4.2）。これらの地区は中核北地区の東部に位置し、大荷田川と平井川に挟まれた丘陵で落葉広葉樹林に覆われた地域である。放棄された水田跡が多く、急速な乾燥化と外来種アライグマによる捕食が産卵場の消失の大きな原因と考えられる。さらに、繁殖場の個体群サイズも絶滅確率に影響を与えている可能性も考えられる [61]。これに関してはより詳しい解析の結果を後ほど紹介する。

今回の追跡調査で 20 年後に 40% 弱の産卵場集団が絶滅したことが分かったが（図 4.4）、なんとか生き残り存続している集団でも実は繁殖個体群サイズの減少が続いていることも明らかとなった（図 4.3）。産卵場当たりの産卵卵囊数

*¹ 日本語では最小存続可能個体数と訳されることが多い。

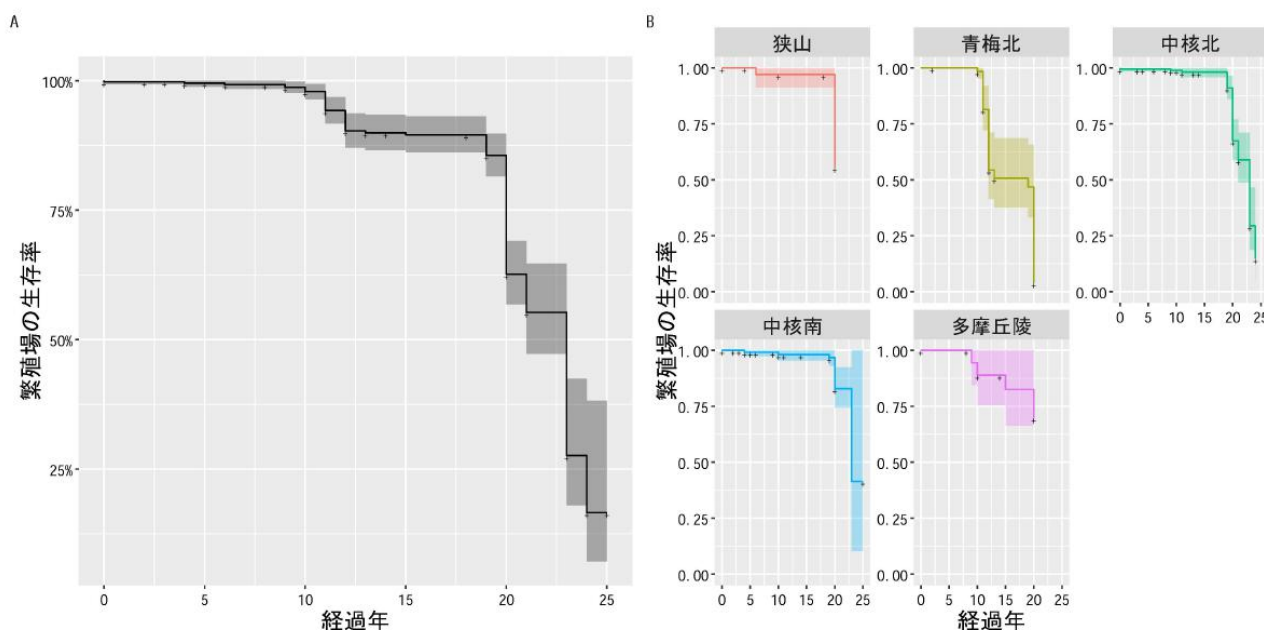


図 4.4: 東京多摩地区におけるトウキョウサンショウウオの産卵場の生存曲線。多摩地区全体 (A) と各地区別 (B) の Kaplan・マイヤー法による推定生存曲線を示す。薄い帯は 95% 信頼区間。

の 20 年後の変化を地区ごとに追跡し、その傾向を表 4.3 にまとめた。産卵場当りの卵嚢数は正規分布から外れ、右側に大きく尾を引く歪んだ分布をしていて、外れ値である大きな値に引っ張られる傾向が強く不安定である。そこで、今回は分布の代表値として平均値ではなく中央値^{*2}を採用した。中核南を除き、全てで 1998 年から産卵場繁殖集団の個体群サイズ (卵嚢数) が減少している。特に狭山と青梅北では減少が顕著で、中央値で見るとほぼ 0 か 0 に近い数値となっている。今回の調査では、産卵場の環境が完全に消滅しているか、数年に渡って産卵が見られていない産卵場を絶滅と判定した。もともと産卵卵嚢数が少ない産卵場では、年により産卵が見られないこともあるので、調査当時たまたま産卵が見られなくとも状況により存続とみなした産卵場も少なくない。つまり、今回存続と見なした産卵場のうち、これらの地区では半数が産卵卵嚢数が 0 となっていたということだ。これらは近い将来絶滅と判定される確率が高いかもしれない。多摩地区全体では産卵場当りの産卵卵嚢数は、20 から 10 へと 2 分の 1 に減少しているが (図 4.3)、地区ごとに見るとやはりその状況はかなり異なるようだ。中核南だけは、ほぼ変化なしかむしろ少し増加しているように見える。地元のボランティアによる調査や産卵場の環境整備の結果によるものかもしれない。ただし、調査箇所数が他に比べて減っているため、2018 年の調査では小規模産卵場の把握が十分できなかった可能性も否定できない (表 4.3)。

4.4 多摩地区における総個体群サイズとその変遷

前節で述べたように今回の調査では 281 箇所 (稲城市を除く) の存続産卵場を確認することができたが、産卵状況が確認できず不明な箇所も 50 箇所と多く存在する (表 4.2)。そこで前節 (第 4.3 節、26 ページ参照) で報告した地区ごとの産卵場の絶滅率と産卵卵嚢数を用いて状況不明の産卵場のデータを補完し、各地区及び多摩地区全体の 1998 年、2008 年及び現在 (2018 年) の個体群サイズを下記の手順で推定した。さらに信頼できる十分なデータの無い 1978 年当時の個体群サイズもいくつかの仮定のもとに大胆に推定を試みた。

1. 地区ごとに情報の得られた産卵場の総産卵卵嚢数を年度・地区ごとに集計した (表 4.2)。
2. 卵嚢数のデータが無い存続確認産卵場に関しては、その地区のその時点の中央値を採用した (表 4.3)。
3. 未調査 (状況情報欠損) 産卵場のうち、各年度 (10 年後及び 20 年後) に存続していた産卵場数は地区ごとの

^{*2}数値をその値の大きさにより並び替えたときに、ちょうど真ん中に位置する数値。

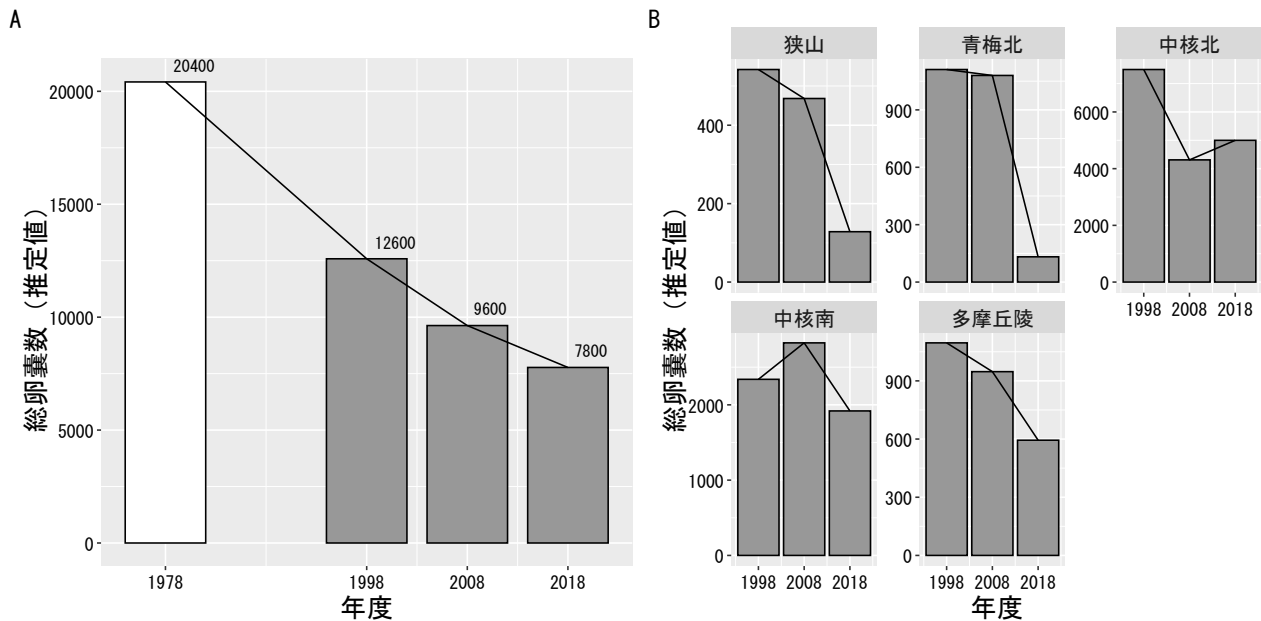


図 4.5: 東京多摩地区におけるトウキョウサンショウウオの個体群サイズの変遷。多摩全体 (A) と各地域ごと (B) の総産卵卵嚢数の推定値を示す。推定法については本文を参照のこと。左図の各バーの右肩の小さな数字は推定卵嚢数。

不明産卵場数から推定生存率 (図 4.4) を用いて推定した。その産卵場の産卵卵嚢数は、上記と同様その地区のその時点の中央値を用いた (表 4.3)。

4. 存続していた、および存続していたと推定された産卵場の卵嚢数を集計し、その時点の多摩地区の個体群サイズを総卵嚢数 (繁殖メス個体数の 2 倍) で推定した。
5. 1998 年以降と異なり、1978 年については残念ながら我々はデータを持たない。そこで当時の存続産卵場の数については、多摩地区における生息面積が 1998 年には 3 分の 2 に減少したと仮定し [60]、これに加え 20 年間の産卵場の推定存続率 62.6% (図 4.4) を用いて 1998 年の値から逆算して求めた。
6. 1978 年の産卵場当たりの卵嚢数は、1998 年の中央値 20 を用いて当時の総産卵卵嚢数を推定した。

推定結果を図 4.5 に示した。地区別に見ると、狭山・青梅北地区での個体群の衰退が際立つことが分かる。特に 2008 年から 2018 年の 10 年間で個体群サイズが激減した。この地区は多摩地区の北に位置し埼玉県と接する地区であり、東京都の個体群の分布の辺縁部にあたる。もともと中核北及南や多摩丘陵に比べて、規模の小さな産卵場が目立っていた。やはり小規模な集団ほど衰退が厳しい傾向があることがここでも伺われる。ただ、比較的産卵場密度が高く大規模な産卵場が多かった中核北でも個体群の衰退が進行していることは間違いない。多摩地区全体では 1978 年当時の個体群サイズも推定してみた (図 4.5A)。1978 年から 20 年で個体群サイズはほぼ半減に近く減少し、同じ率で次の 20 年も減少していることが分かる。結局、産卵卵嚢数は 1970 年代末から 40 年間でほぼ 3 分の 1 (38%) に縮小したと推定された。

現在多摩地区全体で約 7,800 卵嚢と推定されたが、1 メスが 1 対の卵嚢を産卵すること、トウキョウサンショウウオの繁殖個体群の性比を 3 : 2 とすると [45]、東京都には繁殖個体がオス 5,800 頭、メス 3,900 頭、合わせて総計 9,700 頭生息すると推定される。この数値を多いと見るか少ないと見るかは難しい問題だが、個体群の保全上重要なのは変化率である。図 4.5A の個体群サイズの年変化傾向から、近い将来東京都からトウキョウサンショウウオの姿が消える日が来るのを否定できなくなりつつあるように見える。

現在、トウキョウサンショウウオは環境省のレッドリストでは絶滅危惧 II 類 (絶滅の危機が増大している種)、東京都のリストでは北多摩で絶滅危惧 IA 類 (ごく近い将来における野生での絶滅の危険性が極めて高いもの)、南多摩・西多摩で絶滅危惧 IB 類 (IA 類ほどではないが、近い将来における野生での絶滅の危険性が高いもの) とされている [32, 103]。環境省・東京都ともレッドリストのカテゴリーの評価は原則として IUCN の基準 [22] に即して行わ

れる。個体数の過去の縮小が観察・推定・推量、あるいは推論され、縮小やその原因がなくなっていない、あるいは理解されてない、あるいは可逆的でないような場合は、10年あるいは3世代の長い方の期間において、個体群サイズの減少率が30%以上でII類、50%以上でIB類、80%以上でIA類と評価される。トウキョウサンショウウオの多摩地区の個体群では、繁殖個体の平均年齢が約10歳弱であるので[49]、3世代は30年となる。そこで今回のデータを用いて、東京都多摩地区の個体群の30年間の減少率を郡毎に推定してみた。図4.5の各地区のデータを郡毎に再整理したところ、北多摩では88%、南多摩では37%、西多摩では54%となった。レッドリストの基準では、それぞれ絶滅危惧IA類、II類、IB類となり、都全体では減少率は51%と推定されIB類と評価されることになる。東京都のレッドリストのカテゴリー評価は[103]、今回の解析で推定された結果から定量的に概ね妥当であると思われる。

4.5 産卵場繁殖集団の存続確率の空間分布と影響を与える要因

前節（第4.3節、26ページ参照）では、ある基準の時刻からある反応（イベント）が起こるまでの時間を解析するため、イベントを産卵場の絶滅として生存時間分析を行った。さらに、この絶滅にどのような環境要因が関係しているかを解析するため、機械学習の一手法であるランダムフォレストを打ち切り生存データである今回の産卵場ごとの追跡データ（422箇所）に適用した[5,21]。ただし、空間データでは、近隣の調査地点間での相互作用の影響を受ける特徴をもつため（例えば、近い調査地点間では似たような応答が見られがちという）、調査地間での独立性の前提が成立しないという問題がある（空間自己相関）。そのため、この空間自己相関を考慮せず分析した結果には偏りが生じる恐れがある。今回は、空間自己相関を調整するために、ユークリッド距離場を予測変数に組み込むことで対応した[3,15]。

各調査地の緯度・経度に加え、多摩地区の調査地点すべてを含む矩形の領域を設定し、その領域の西北端（左上）から各調査地点までの直線距離（C1）・東北端（右上）からの距離（C2）・西南端（左下）からの距離（C3）・東南端からの距離（右下）及び領域の中央からの距離（CC）の計7個の値を測定してモデルの予測変数に加えた[3]。更に環境要因として、産卵卵嚢数（初発見時）・隣接する集団の総卵嚢数・生息好適度・地区（カテゴリー変数）の4つの変数を導入し、各変数の絶滅率への影響を評価した。各産卵場の個体群サイズを目安として、今回は産卵場の初発見時の卵嚢数を用いたが、データが欠損している場合は、第4.4節同様その地区のその時点の中央値で補完した。また、調査産卵場毎に半径500mの範囲に入

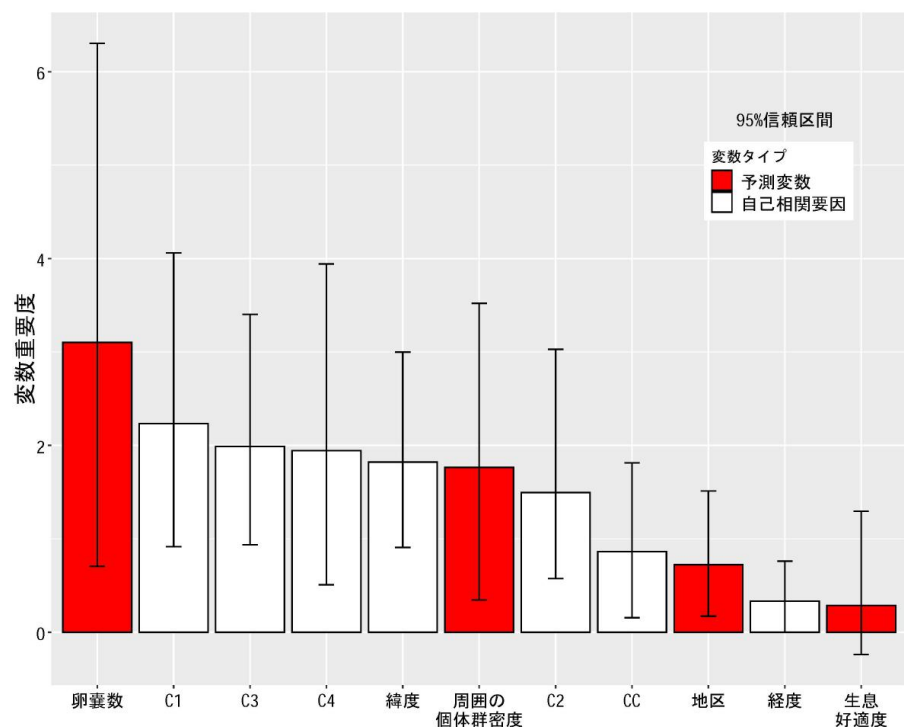


図 4.6: 産卵場の存続確率に影響を与える要因。ランダムフォレストによる変数重要度を示す。縦棒はブートストラップによる95%信頼区間（100回試行）。白いバーは空間自己相関調整のためのユークリッド距離場に関する要因（詳細については本文参照のこと）。

る産卵場の総産卵卵嚢数を求めた。その際、産卵場の卵嚢数のデータが最も豊富で、かつ調査期間のちょうど中間期でもある2008年のデータを用いた。各産卵場の周囲の自然環境を目安として、種分布モデルであるMaxentにより

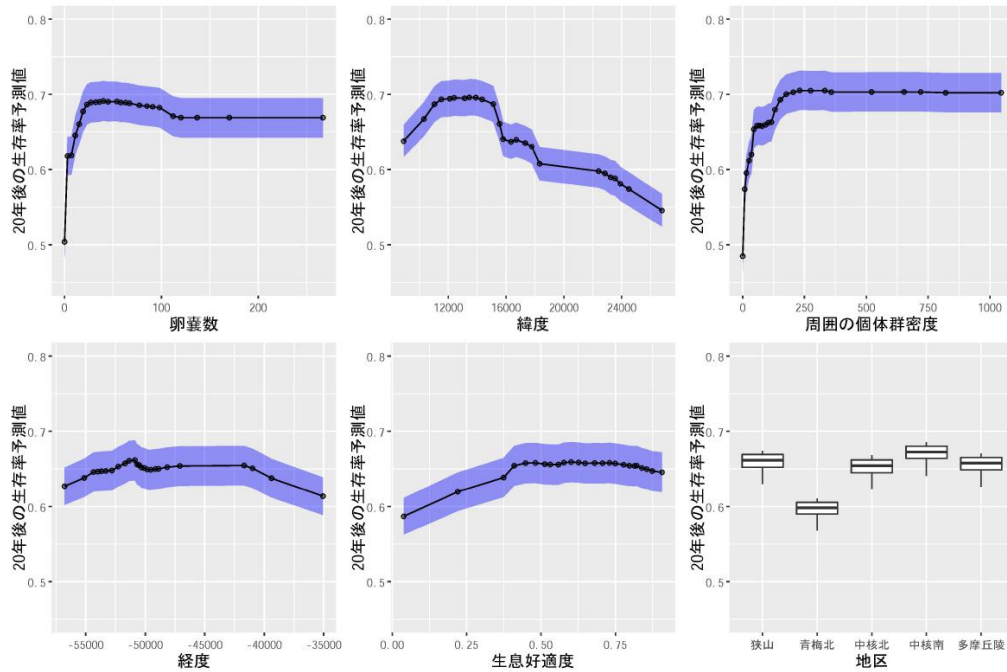


図 4.7: 産卵場繁殖集団の絶滅に関する要因の部分従属プロット。薄い帯は 95 % 信頼区間を示す。縦軸は 20 年後の存続確率の予測値。緯度経度は平面直角座標 IX 系（単位は m）。

推測された生息好適度を用いた。東京に加え近郊の神奈川・埼玉両県の産卵場分布データから Maxent により気象要因（気温・降水量・日照時間・日射量）・土地利用（2016 年度版の森林割合・建物面積割合）・地形要因（標高・斜度・地形区分）・自然度を用いた種分布モデル（AUC = 0.965）を作成して多摩地区全体の生息好適度の空間分布を 100 m × 100 m グリッド単位で推測した（詳しい方法は文献 [59] を参照）。さらに、各産卵場の生息好適度は半径 500 m のバッファ内の平均値として求めた（500 m はサンショウウオの分散距離を考慮して決めた）。

図 4.6 は、ランダムフォレストによる解析の結果から予測変数の絶滅率への影響の重要度を示す [93]。具体的には、当該の変数をランダムに並び替えたときのモデルでの予測誤差の増大により変数の影響の大きさを評価している。つまり、ランダムに並び替えたときに予測誤差が大きくなるほど、その変数の予測への効果が大いであると評価する。予測誤差が変化しない場合は、その変数の予測への効果はないと判定することになる。すべての変数の中で、産卵場の集団サイズを表す産卵卵囊数（初回発見時）が最も影響が大きいことが分かった。やはり小集団は絶滅の確率が高いようだ。空間自己相関の調整に用いたユークリッド距離場関連の変数を除くと、隣接する周囲の産卵場集団の個体群サイズ・地区・生息好適度が次に続く。ただし、重要度が 0 から有意に高いのは周囲の周囲の個体群密度と地区のみであった。次にこれらの要因への応答変数である産卵場の存続確率の具体的な反応パターンを部分従属プロットで示した [93]（図 4.7）。

図 4.7 から、産卵場の卵囊数および周囲の個体群密度が最も大きな影響を与えていることは明らかである。つまり、発見時の繁殖集団サイズが大きく、周囲に多数の大きな産卵場があるほど存続確率が上がると予測される。以前から示唆されていた産卵場の個体群サイズと絶滅リスクの関係 [61] は、やはり今回の結果からも示唆された（図 4.7）。この図より、卵囊数が 20–30 を切ると急速に絶滅率が上がると推測された。2008 年及び 2018 年の調査では、多摩地区の各地区における多くの産卵場では産卵卵囊数はこの値を遥かに下回っていることが分かっている（図 4.3）。また、半径 500 m 以内に総計 200 卵囊以上の産卵がある環境では、20 年後の存続率は高めの値（約 0.7）で安定するが、それ以下になれば急速に絶滅のリスクが高まると推測された。サンショウウオ類は他の動物群の種に比べて分散能力はかなり劣ると考えられるが、それでも意外に移動している可能性もあり（第 2.2.2 節、13 ページ参照）、特に幼体時には数 100 m 単位での移動が環境によっては可能かもしれない。そのため、周囲に大きな産卵場集団が存在すれば、外部からの移入により絶滅が回避される可能性も考えられる。このようなメタ個体群構造の存在の可能性が今回の結果からも示唆されるかもしれない。

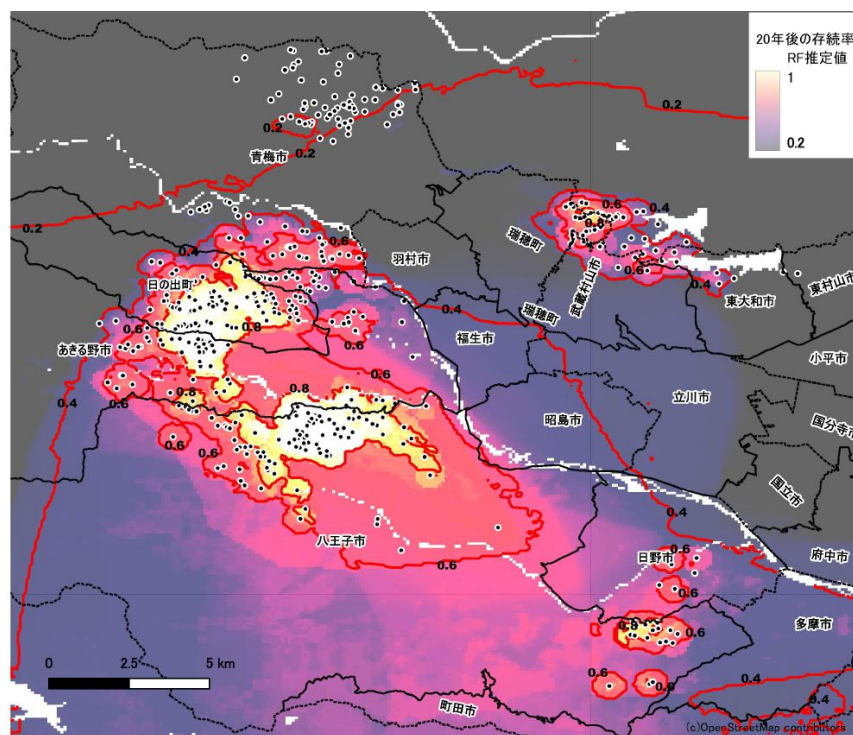


図 4.8: 東京都多摩地区における産卵場の 20 年後の存続確率の予測値の空間分布。黒い小点は解析に用いた産卵場の位置。実線は予測存続確率の等高線。また、色が暗い区域ほど絶滅率が高い。

図 4.7 では、地区ごとの産卵場の存続確率の違いも示されている。特に青梅北地区の絶滅率の高さが分かる。それと関連してか緯度が高いほど絶滅率が上昇している様子も伺える。東京都多摩地区では、生息分布域の末端、特に北部の埼玉県境に近い地域ほど絶滅のリスクが高いと推定された。生息好適度も産卵場の存続確率へ正の影響を与えていることが示されたが、意外にその程度は大きくないように見えた。

図 4.8 には、ランダムフォレスト・モデルにより、20 年後の産卵場の存続確率を 100 m × 100 m グリッドの解像度で予測した。ただし、産卵場の卵嚢数として、1998 年当時の平均的な産卵場を想定して、当時の中央値である 20 卵嚢 (図 4.3 参照) の値を採用し、現在までに生息が確認されていない地域に関しては変数の地区に、多摩地区で最も存続確率が低い青梅北地区を割り当て存続確率を予測した。その結果から、多摩地区全域での存続確率の空間分布を示した。この図からは、前述した生息域の末端部、特に埼玉県側の多摩北部での存続確率の極端な低下がはっきり見て取れる。20 年後に 90% 以上の確率で存続が予測される産卵場は、主に八王子市川口地区周辺とあきる野市横沢入・日の出町大久野地区周辺部の 2 箇所のみと予測された。存続確率 50% 以下の地域は、あきる野市の東部、青梅市の多摩川周辺から北部、及び狭山丘陵の中央から東部全域となっている。これらの地域は数十年以内にトウキョウサンショウウオが見られなくなる可能性が高いかもしれない。そうだとすると、東京都の生息域は現在なんとか 100 km² を維持できているが、これが数十年単位で半減することもありえる。その場合は、多摩中核地区の一部の地区にだけトウキョウサンショウウオの産卵場が散在する状況になるかもしれない。

埼玉県境付近の青梅北及び狭山丘陵地区における個体群の絶滅と衰退が顕著で有ることが明らかとなってきたが、その原因は何であろうか。実際のところよく分っていないのが現状である。ただ、調査結果から青梅市の多摩川周辺から北部の地区では、特定外来生物であるアライグマの被害が頻繁に観察されているのは確かである。青梅市南部・あきる野市北東部の草花丘陵周辺や青梅市北部の加治丘陵では、前回の報告書 (第 5.3 節) でもすでにアライグマによる捕食が深刻な状況であったことが記述されている [61]。今回の調査でも被害が収まらない様子が分かった。外来種による捕食圧がこの地区の個体群の衰退に大きく関与しているのかもしれない。ただ、狭山丘陵地区での衰退の原因が同じかどうかはまだはっきりしていない。当然アライグマの被害も考えられるが、他の地区と異なり直接的な被害の証拠は多くはない (観察者が少ないのが原因かも)。一つの明らかな要因は、産卵場環境の乾燥化であるが、原因は一つではないのだろう。近年は人による採集も一部の地域では問題となってきている [100]。幸い、採集に関して

は2020年冬に本種が第2種国内希少野生動植物種に指定され販売目的の採集が規制されることになった（第A章、80ページ）。この法的規制がどの程度採集圧を減らせるかはまだ未知であるが、良いニュースの一つであることは間違いない[98]。

いずれにしても、今後原因を究明し適切な対策を早急に講じなければ、これらの地域でのトウキョウサンショウウオの絶滅は避けられないだろう。