（2019）はこのワックスが紫外線を反射し、雄の縄張り行動を有利にするようはたらいていることを示した。こうした特異な遺伝子形質がこの地域の個体群に定着している可能性が考えられるが、どうして紫外線や太陽の輻射熱が多いであろう鉄とコンクリートのこの地でこうした特徴の個体が存在するのであろうか。

臨海部の捕獲種の動向

2019 年度調査結果を含めた過去 17 年間の捕獲状況を表３に、そのうちの年ごとの捕獲種数、捕獲個体数の推移を図２に示した。前年までの 16 年間の捕獲種数の平均は信頼区間 95%で 9.6±1.1 種であったのに対して、2019 年は 9 種（JERA の１種を含む）と平均年の範囲内にとどまった（P<0.05）。2015 年度以降の種数推移が７種→８種→10 種→６種→９種であり、ここ５年間で捕獲種数が信頼区間内であったのは 2017 年と本年度の２年だけに、近年は低迷傾向にあったと考えられた（P<0.05）。一方、捕獲個体数はというと、2019 年度はウスバキトンボを除いて 415 頭と、過去 16 年間の平均 314.9±38.8 頭（信頼区間 95%）と比べて、本年は有意に多くの個体数が捕れたと言えた。2017 年には 226 頭しか捕獲されていず、個体数のこのような年による乱高下は、夏の調査になってからはよくある変動の１つと考えられる。

次に、種類の内容についてである（表３）。2015 年度まで夏の調査では毎年必ず捕獲されていた基本６種のうちの 1 種チョウトンボが、2016 年、そして 2018 年と捕獲されなかった（チョウトンボが抜けたことにより、以後、基本的種類と呼ぶ）。そして、今年度もこの種の捕獲数がゼロとなり、臨海部での存続が危ぶまれる状況になっている。2017 年はそれでも、前年の 2016 年に JFE、北２、入船の３地点で計３頭目撃記録されていたが、2018 年はそうした目撃記録も高田池での１頭にとどまっていて、かつて多数みられた JERA での消滅が大きいものと思われる。臨海部の孤立的な状況か、それとも小さな個体群に依存していたせいか、あるいは新たな捕食者の出現か、いまのところその原因は想像の域を出ていない。ただ、隣接した内陸部の二ツ池において本調査期間中に本種の若い個体の乱舞が観察されており（写真1）、今後の復活を期待したい。次に優占３種（シオカラトンボ・ショウジョウトンボ・オオシオカラトンボ）についてだが、2018 年このうちのシオカラトンボに注目すべき動きとして、捕獲数が 134→257 頭と一挙に倍加したことがあったが、本年度 2019 年も 257→231 頭とそのまま高い水準を維持した。かたや、ショウジョウトンボは 52→110 頭と倍加したがシオカラトンボには遠く及ばず、オオシオカラトンボは 19→66 頭と急増したものの、これには JERA を加算した影響が大きい。以前のようなシオカラトンボ一強状態が固定化する気配がみられるが（図３）、基本的種類ばかりという状態は脱却したようだ。

では、基本的種類以外の種の動向はどのようになっているであろうか（表３）。2017 年はこれら以外にコシアキトンボ、ネキトンボ、マルタンヤンマ、ヤブヤンマの４種が現れたため、2018 年はさらに期待されたが、出現したのはこのうちネキトンボのみということがあった。本年（2019 年）では、10 年前の 2009 を最後にしたハラビロトンボが 1 頭東芝で捕獲されたのが注目されるほか、近年全国的に減少が叫ばれているアキアカネが 2013 年以来、久しぶりに姿を見せた。本来、この種の羽化は水田などでは６～７月ごろに行われるが（田口，1997）、ここ臨海部では以前より真夏の８月であることが知られていた。その再現が、東芝とＪＶＣの２地点で同時に確認できたことは大きい。また、本調査ではないが並行して同地域の池群で行われた６～10 月の継続調査（トンボとり大作戦）では、コオニヤンマ（富岡総合公園）が初めて捕獲されたほか、コノシメトンボ、ナツアカネなどのアカネ属が記録されている（本報告別ページ参照）。

2019 年までの内陸部の動向

2019 年度までの内陸部２池の調査結果を表４に示した。まず三ツ池だが、捕獲されたのは 8 種 163 頭であった。2017 年からだと７種 143 頭、６種 234 種、そして８種 163 頭ということになり、ここ数年特に種数については大きな変化はない。前年は基本的種類のみであったが、本年度（2019 年）は再びオニヤンマが捕獲された。

一方、前年（2018 年）は 10 種 228 頭と種数、個体数とも回復傾向がはっきりしてきた二ツ池では、基本的種類の他にコシアキトンボが 21 頭、そして過去ここだけでしか捕獲されていないコフキトンボが５頭捕獲された。これに加えて、昨年の 6 頭に引き続きウチワヤンマが一挙に 9 頭捕獲され近年の増加傾向を裏付けたほか、さらに、初めてタイワンウチワヤンマも 2 頭捕獲された。ただ、2016 年を最後に捕獲されていないリスアカネは、今年（2019 年）も確認することができなかった。この池が都市化の進行の中で生き物の避難所としての機能があるとされていることからも（横浜市環境創造局・日本環境株式会社，2011；田口，2017b）、この種の回復を期待したい。

次に市街地の地点だが、前年の報告書でも記述したが、こうした場所は景観生態学的には生物の生息空間であるパッチ間を占めるマトリクス空間となっていて、トンボのメタ個体群を構成する局所個体群

表２　2019 年臨海部地点別の捕獲種類と個体数

トンボの種類	JFE	SF高	キリン	マツダ	東芝	入船	北2	JVC	技園	貴森	JERA	合計
①シオカラトンボ	38	22	43	8	9	35	26	25	9	9	7	231
②ウスバキトンボ		2	2			27	2					33
③ショウジョウトンボ	2	43	20				5	7	1	7	25	110
④ギンヤンマ			1				1					2
⑥オオシオカラトンボ	7	4	8				3			16	28	66
⑦クロスジギンヤンマ											1	1
⑧コシアキトンボ			2									2
⑬アキアカネ					1			1				2
⑮ハラビロトンボ					1							1
合　計	47	71	76	8	11	62	37	33	10	32	61	448
種類数	3	4	6	1	3	2	5	3	2	3	4	9

写真１　二ツ池でみられたチョウトンボの乱舞

表３　臨海部１７年間の種類別捕獲状況（合計）

トンボの種類	調査年																
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
①シオカラトンボ	65	150	154	173	189	171	118	141	206	170	86	253	265	226	134	257	231
②ウスバキトンボ	63	122	179	229	231	105	418	125	81	128	116	95	62	182	382	28	33
③ショウジョウトンボ	16	42	57	46	81	72	104	69	146	234	91	69	47	40	52	52	110
④ギンヤンマ	3	8	24	4	17	11	11	9	9	7	6	8	5	8	4	4	2
⑤チョウトンボ		8	8	6	9	19	26	6	2	2	9	2	3		1		
⑥オオシオカラトンボ	2	5	2	15	14	26	38	55	12	7	8	2	3	20	28	19	66
⑦クロスジギンヤンマ		2								1		1	1				1
⑧コシアキトンボ		1	2	6	1	1				3	3			1	1		2
⑨ナツアカネ	11	1	2							4							
⑩ノシメトンボ	42	1		4		1		3									
⑪コノシメトンボ	12	1		1		1			1								
⑫ネキトンボ	6	1		3	1	2	28	5	1		3			8	4	1	
⑬アキアカネ	88		232	27			2	1	4	7	15						2
⑭リスアカネ	1			1													
⑮ハラビロトンボ				8		1	1										1
⑯マイコアカネ				1													
⑰マルタンヤンマ						1		1		2					1		
⑱ウチワヤンマ									1								
⑲オオヤマトンボ														1			
⑳ヤブヤンマ															1		
個体数計	309	342	660	524	543	411	746	415	463	565	337	430	386	486	608	361	448
種類数	11	12	9	14	8	12	9	10	10	11	9	7	7	8	10	6	9
調査季節	9月	8月	8月	8月	8月	8月	8月	8月	8月	8月	8月	8月	8月	8月	8月	8月	8月
調査地点数	5	10	9	10	10	10	10	9	10	9	8	10	10	10	10	10	11
アカネ属種数	6	4	2	6	1	3	2	3	3	2	2	0	0	1	1	1	1
アカネ属個体数	160	4	234	37	1	4	30	9	6	11	18	0	0	8	4	1	2

2017 と 2018 年は JERA を除く。

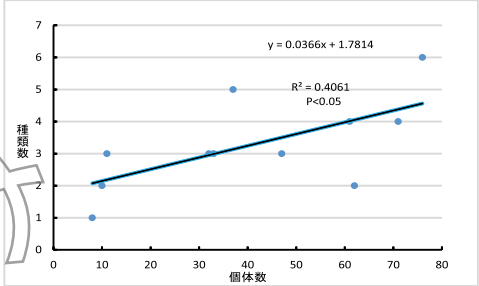

図１　捕獲種類数と個体数の関係

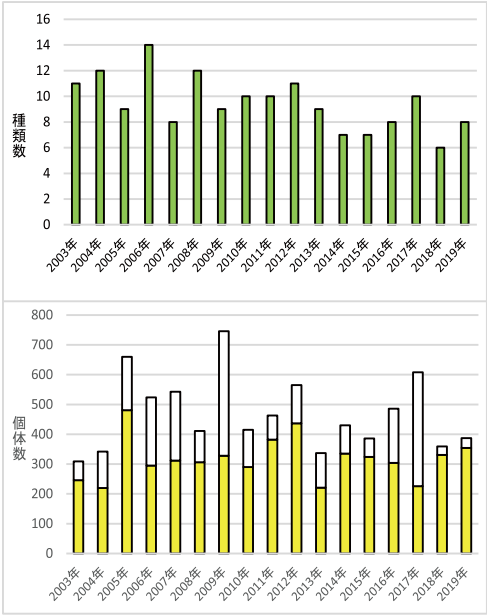

図２　臨海部 17 年間の捕獲種類数と個体数の推移
下図棒グラフの白部分はウスバキトンボ、黄部分はその他のトンボ種の個体数を示す。
2017～2019 年は JERA は除く。

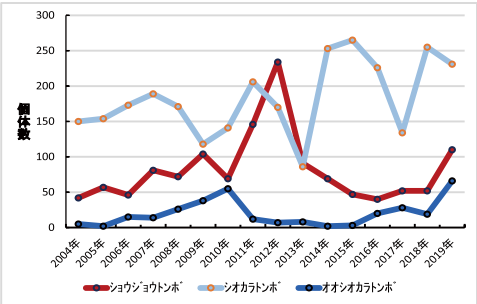

図３　臨海部優占３種 16 年間の捕獲個体数の動向
2003 年は９月の調査のため、比較から除く
2019 年より、JERA を加算

京浜工業地帯にトンボネットワークは形成されているか

XVII　2019 年度の調査結果、及びトンボ目群集の形成の特徴

田口正男（明星大学理工学部非常勤講師 / 東京農業大学昆虫学研究室客員研究員）

2019 年度で 17 年目を迎えた京浜臨海部の「トンボはドコまで飛ぶか調査」、その最大の特徴はなんといってもトンボという生き物の研究をするのに、わざわざ自然の乏しい大工業地帯を選んだことである。そこには横浜で始まった大都市で「自然と共生したまちづくり」を推進するという戦略的思想が大きくかかわっているようだ。その先頭に立っていた森（2002）によると、街の自然とはよく見るトンボなどの生き物のことであり、このような普通種が日本固有の自然文化を育んできたのであるから、これらが身近にたくさんいられる都市づくりが自然共生の基本課題になるという。都市に重要なのは、生態学的に貴重な「自然の保護」ではなく、楽しく生活に潤いをもたらしてくれる「自然と自然文化の保護」であると言い残している。京浜臨海部はいわゆる都市空間ではないが、横浜という日本有数の大都市に隣接してそこの環境に少なからず影響を及ぼしているし、しかも人工空間という意味では一般の都市よりも都会的である。そこにおいて市民、企業、行政が協働して環境創造、そして自然再生を成し遂げられれば、それは日本中の大都市において「自然と共生したまちづくり（自然共生都市）」を達成したのも同然と考えられよう。

もちろんこうして選ばれた京浜臨海部は、科学的にも理にかなったものであった。河口や海に囲まれたこの地域では水辺の立地特性が種の多様化、環境の自然化の進行に有利にはたらき、これに隣接する丘陵域からの種の供給が合わされば、劇的な環境改善が期待できよう（トンボはドコまで飛ぶかフォーラム，2007）。また、もともと海であって埋め立てられゼロから出発した空間であるがゆえに、事象の確認や比較・検証がしやすく、科学するものにとってはまたとない壮大な実験場となりうるのである。日本のような国土が狭く人口過密な国では、生物多様性問題のほとんどは都市化やそれにともなう開発がかかわっていると言ってよい。では、かつて横浜で生息していながら都市化の進行にともなって姿を消していった多くの種がいるなか、現在、街中のあちらこちらで見かけるシオカラトンボのような普通種が、人と自然の共生を担う象徴となりえるのであろうか。実は、こうした基本的な部分についてでさえ、現状ではまだまだ科学的に裏付けられた解答が十分にはそろえられていない。研究者の関心が希少種や減少種に向けられることが多く、そうでなくともどこにでもいる普通種は通常の研究対象としては敬遠されがちである。しかし、都市化の影響による生物の衰退の仕組みやその過程といった都市自然の根本的な課題については、いまそこで繁栄しているシオカラトンボのような種類を無視していては何も前に進めないのである。そういう意味において、2019 年本調査と兼ねて行ったシオカラトンボ雄の変異の研究は、高いポテンシャルを有する取り組みと考えられる（田口，2020 発表準備中）。

そのようななか、都市化によるトンボ目の衰退に関してのほとんど唯一と言える理論があるので、再びとりあげてみる。議論そのものが進んでいないだけに、これを一般論と言ってよいかはわからないが、要は都市化によるトンボ目の衰退の仕方は、他の生物と異なる独自の過程を経て進行するというものである。2017 年度活動報告でも触れたが、「トンボ目は都市化に直面して、その種構成が変化するのではなく、種類数が減少していく。都市で優占する種類は自然状態でも広く分布するもので、これは都市化にともなって自然度の減退につれて種の欠落がおきた結果である」というのだ（長田他，1993；長田，1995；上田，1998 など）。

反証の詳細は 2017 年度報告書を見ていただくとして、この考えだが、もしこの通りだとしたら、トンボ相は都市郊外から都市の中心に向けて歯が抜けるようにして順に種数を減少させていくかたちで成立していることになる。そこで実際にそのようになっているのかを、当時そのまま京浜臨海部の 2011 年から 2017 年までの 7 年間にわたる調査結果にあてはめてみたのである。トンボはドコまで飛ぶかフォーラムが蓄積した膨大なデータは、すでにこんなことができてしまうすごいデータバンクになっている。

さて、そのトンボはドコまで飛ぶかの調査結果であるが、内陸 2 池、特に二ツ池と臨海部のトンボの出現種数は 7 年間ほぼ同数で、しかも両者間で捕獲された種のうちの独自種（相手方の地点では捕れていない種）が半数近く占め、しかもその数に差が見られないことより、それぞれの池では独自のトンボ目群集が形成していることが結論付けられた（田口，2018）。つまり、大工業地帯とトンボという野外ではまたとないきわめて単純な構図の地域でありながら、都市化の生物衰退についての影響を論じたほとんど唯一のその理論が成立しないのであった。考えてみれば、そもそも都市化が進むほどどこでもいる種類（いわゆる普通種）ばかりになるということは、トンボ目独自にみられる特徴というよりも、普通に一般の昆虫で見られる現象ではないだろうか。そしてむしろトンボ目こそ、その高い飛翔能力から形成された郊外から都会の中心までをも届く広いネットワークにより、これら離れている両者の距離を縮めるという特性を有する群集だと考えられるのだが。実際、過去京浜臨海部において、オオヤマトンボ、ヤブヤンマ、ヨツボシトンボ、マルタンヤンマ、マイコアカネなど県内都市近郊では見つけようと思ってもなかなか見られないような種類の突発的な出現が繰り返されている。また、環境問題でトンボ目が注目される理由の 1 つとして、その高い飛翔能力による移動性から、都市のビオトープなどでの自力再生能力が高いことがあげられているくらいなのである（田口，2018a；2018d）。

さらにトンボ目にはもっと不思議、かつ重要なことがある。ほぼすべての種が肉食であり、生活様式も似ているため同じ生活要求を持つことより、種相互が激しい競争関係にあると考えられる点である（渡辺，2007；2014）。では、そうした強い競争関係にありながら、なぜ同じ池や水田で共存し多様な種構成の群集を成立させることができるのであろうか。

今回は 2019 年度調査結果の報告とともに、この疑問について以上のような取り巻く状況と観点から、トンボとり大作戦の一部の成果を活用して、トンボ目が示す特有の生物多様性について検討を進めてみたい。

表１　2019 年各調査地点の調査実施日

調査地点	7月 29日	30日	31日	8月 1日	2日	3日	4日	5日	6日	7日	8日	9日	調査回数
キリンビール		○	○	○									3
トンボみち								○	○	○			3
JVC								○	○	○			3
マツダ										○	○	○	3
入船公園										○	○	○	3
横浜SF高校	○	○	○										3
北二		○		○	○								3
横浜技調								○	○			○	3
東芝			○	○	○								3
貨物線の森					○	○	○						3
JERA ※1	○	○	○										3

調査地点	8月 12日	13日	14日	16日	17日	18日	20日	21日	22日	23日	24日	調査回数
三ツ池	○	○	○									3
二ツ池				○	○	○						3
高田池				○	○	○						3
SMS									○	○	○	3
東横							○	○	○			3
本牧									○	○	○	3

※1　2018 年度まで東京電力として記載

調査地点及び方法

2019 年の臨海部と内陸部の各調査地点、及びその調査実施日を表１に示した。臨海部での予定調査日数は前年と変更なく３日間で、調査地点もこの地域のほぼ全体をカバーできる JERA を含む前年同様の 11 地点が設定された。内陸部と横浜南部でも前年同様２池の他に、都市内４ヶ所を設定した。この年は天候等にも恵まれ、これら調査地点すべてにおいて３日間の調査が完了できた。

調査時間も、引き続き 2014 年に設定し直した原則午前９時から 12 時までの３時間のうちの２時間実施を踏襲した。実際、各調査地点ではおおむね午前９時から 11 時までの２時間が採用された。調査方法もいままで通りで、不均翅亜目のトンボ成虫のみを対象とし、これを捕虫網で捕獲し、油性黒色フエルトペンを用いて後翅裏面へ個体識別番号を施して放した（田口，1997a；1998b；2006a；田口・田口，2013；2014；2019 を参照）。なお、本年度の参加人数はのべで 304 名であった。

結果及び考察
2019 年の臨海部における地点別捕獲種と個体数

表２に 2019 年度の臨海部 11 地点で捕獲・標識された種類とその個体数を示した。まず全調査地点の合計だが、種類は９種、個体数は 448 頭であった。前年は６種であったことより、３種増加したことになるが、臨海部の集計に 2019 年度から JERA もそのまま加えているので、今回 JERA だけで捕れたクロスジギンヤンマ 1 種を差し引いた 2 種増加が正しいともいえる（図 2 参照）。地点別に見ると、臨海部で最も捕獲種数が多かったのは前年に引き続きキリンビールで（6→6 種）、北二がこれに次いだ（4→5 種）。

捕獲個体数については、今までと同様に臨海部についてはウスバキトンボを除外して比較・集計すると、キリンビール（90→74 頭）、SF 高（50→69 頭）、JFE（37→47 頭）の 3 地点が上位となり、貨物線の森と入れ替わった。ちなみに、昨年も１位だったキリンビールではその時捕獲個体数の内の 79%をシオカラトンボが占めていたが、本年度は 58%にとどまった。これらの捕獲状況からウスバキトンボを含む全捕獲個体数と種類数の関係を調べたところ、両者には有意な正の相関がみられた（図 1；$r2=0.406$, $P<0.05$）。捕獲種類数が多いところほど、捕獲個体数も多くなるということになる。

なお、今年度はシオカラトンボにおいて、8月2日北 2 で標識・放逐された雄１頭が、8月 22 日鶴見川河畔で捕獲されたもので、これにより 2.3 ㎞離れた地点への移動と 20 日間の生存が確認された。この個体は 2018 年に JVC において捕獲されたシオカラトンボと同様の腹部背面の白いワックス部の発達の弱い黒色部が腹部全体の半分を占める雄であった（田口，2018c）。Futahashi　et al.,