引用文献

石川一（2004）神奈川の昆虫誌Ⅰ：114．（神奈川昆虫談話会）
伊藤嘉昭（1977）昆虫生態学の基礎①．インセクタリウム，14：14-19.
上田哲行（2011）イネの苗箱処理剤が赤トンボを減らしていた．月刊現代農業，６月号．農文協.
高桑正敏・勝山輝男・木場英久（2006）神奈川県レッドデータ生物調査報告書２００６，神奈川県生命の星・地球博物館.
島村雅英・小野勝義（2004）エコロジカルネットワーク調査「トンボはドコまで飛ぶか」調査結果．横浜市環境科学研究所報，28：52-57.
田口正男(1997)トンボの里～アカトンボからみた谷戸の自然．信山社.
田口正男（2001a）里山山林の環境と蜻蛉目．昆虫と自然，36（11）：10-13.
田口正男（2001b）市街地緑地で見られたトンボ目昆虫．生物教育学雑誌．12：13-18.
田口正男（2006a）京浜臨海部の工業地帯にトンボネットワークは形成されているか（Ⅰ）種構成と池環境．トンボはドコまで飛ぶかフォーラム～３年間の記録，14-23．（横浜市環境まちづくり協働事業）
田口正男（2006b）京浜臨海部の工業地帯にトンボネットワークは形成されているか（Ⅱ）緑地環境の役割．トンボはドコまで飛ぶかフォーラム～３年間の記録，24-29．（横浜市環境まちづくり協働事業）
田口正男（2006c）京浜臨海部の工業地帯にトンボネットワークは形成されているか（Ⅲ）トンボ目群集の維持と変化．トンボはドコまで飛ぶかフォーラム～３年間の記録，30-34．（横浜市環境まちづくり協働事業）
田口正男（2007）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（Ⅳ）群集構造の形成．トンボはドコまで飛ぶか２００６活動報告書，24-29．（横浜市環境まちづくり協働事業）
田口正男（2009）都市部のトンボの生息に必要な山林面積ならびに山林内のトンボ群集による環境評価．TOMBO，51：43-51.
田口正男（2010a）トンボが飛び交うまちづくり10年目の再考．理科部会会報，54：42-44.
田口正男（2010b）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（Ⅴ）工業地帯の池・緑地と種多様性．トンボはドコまで飛ぶかプロジェクト活動報告書：19-24.（全労済地域貢献助成事業）
田口正男（2013）特集課題研究　トンボを科学する．昆虫と自然，48（8）：8-11.
田口正男・田口方紀（2010a）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（Ⅵ）見えてきた臨海部の生物ネットワークと生物多様性．トンボはドコまで飛ぶかプロジェクト活動報告書：25-37.（全労済地域貢献助成事業）
田口正男・田口方紀（2010b）京浜工業地帯におけるトンボネットワークと生物多様性の市民参画．URBIO2011：383.
田口正男・田口方紀（2011）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（Ⅶ）種交代の行方と生物多様性．トンボはドコまで飛ぶかプロジェクト活動報告書：7-14.　（全労済地域貢献助成事業）
田口正男・田口方紀（2012）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（Ⅷ）優占種間の関係とトンボネットワークの機能．トンボはドコまで飛ぶかプロジェクト2011年度活動報告書：13-20.（全労済地域貢献助成事業）
田口正男・田口方紀（2013a）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（Ⅸ）「トンボはドコまで飛ぶかプロジェクト」10年目の検証．トンボでつなぐ京浜の森－10年の記録　2003～2013年活動報告書：29～37．トンボはドコまで飛ぶかフォーラム
田口正男・田口方紀（2013b）京浜臨海部トンボプロジェクトに見るCSRとシチズンサイエンス．2013年日本トンボ学会大会講演要旨集p10.
田口正男・渡辺守（1987）谷戸水田におけるアカネ属数種の生態学的研究　Ⅴ．マユタテアカネの空間分布と日影域の消長．三重大学教育学部研究紀要、38（自然科学）：57-67.
Watanabe, M & M.Taguchi (2000) Behavioural protandry in the damselfly Manais pruinosa costalis Selys in relation to territorial behaviour (Zygoptera: Calopterygidae). Odonatologica 29:207-316.
Watanabe, M, H.Matsuoka & M.Taguchi (2004) Habitat selection and population parameters of Sympetrum infuscatum (Selys) during sexually matuer stages in a cool temperate zone of Japan (Anisoptera: Libellulidae). Odonatologica 33:169-179.
武内和彦（1994）環境創造の思想，東京大学出版会.
横浜市環境創造局・日本環境株式会社（2011）二つ池生物生息環境調査委託報告書．横浜市環境創造局.

一部が生息している形となっているのではと考えたが、実際は、臨海部にも内陸部並みの種類数のトンボ目群集が形成されており、それぞれの地でトンボ目（不均翅亜目）が適応し、独自の群集を形成していることがわかった。

内陸、臨海部のトンボ目群集内の偏り

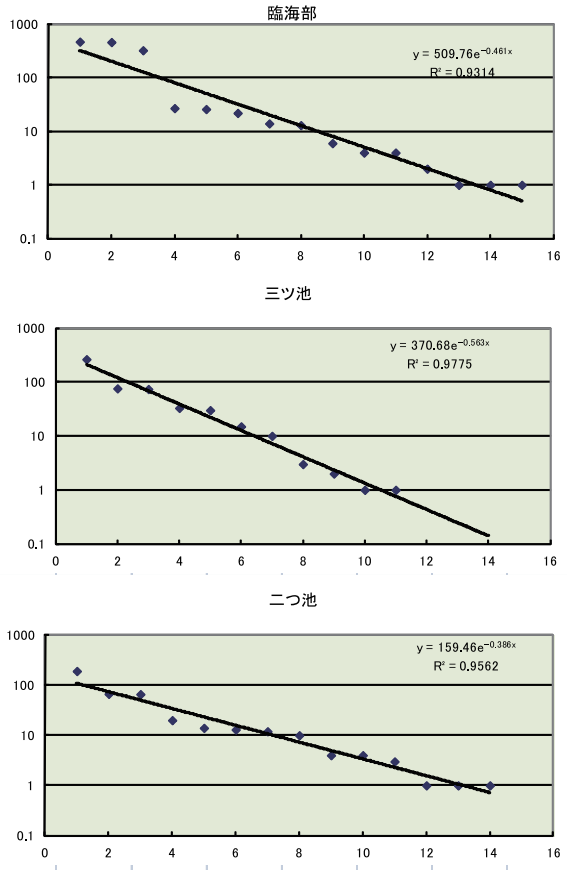
臨海部、三ツ池、二つ池の三者で、８月の総種類数には大きな違いがないので、その群集の種多様性の一つの尺度として、内容の偏り（均等度）を見ることにした。捕獲した種類とその数からこうした情報を得る手法としては、古典的ではあるが視覚的に理解しやすい元村の等比級数則がある。計算は、まず表３の三年間の捕獲データをそれぞれ種名にかかわらず多い種類順に並べその個体数をプロットする。そして、それぞれで得られた個体数ー順位曲線について指数回帰式を求めるのだ（田口，2013）。その直線の傾きが大きければ偏った、緩やかならば均等的な生物群集と評価される。

図４にこの方法により得られたそれぞれの回帰直線を示した。その傾きは臨海部で−0.461、三ツ池で−0.563、二つ池で−0.386であった。つまり、３つの地点では、三ツ池の偏りが最も大きく、一方、二つ池の群集の偏りが少なくかなり均等度の高いものであることが確かめられた。本池は関東地方ではほとんど残っていない農業用ため池として江戸時代に設置されたもので、文化的遺産としての価値も高い（横浜市環境創造局・日本環境株式会社，2011）。こうした池が大都市の真っ只中に残されていて、かつ、多様で独自種を多く含む生物群集をより均等的に育んでいることはたいへん興味深いことであると同時に、都市部が有する大きな財産と言える。

2013年調査で見えてきたこと

都市および都市近郊では自然再生を目的に公園や小学校などでトンボ池などのビオトープが設置されて久しい（田口，2010a）。トンボはドコまで飛ぶかフォーラムでも、都市部の代表的工業地帯として、京浜臨海部の自然再生の観点から工場緑地やビオトープの質の改善を促し、内陸部から伸びるとされるトンボネットワークに対応できる生物の生息空間の再生・充実に努めてきた。興味いのは、このような社会の流れの中、今回、東京ガス環境エネルギー館水田で多数のアキアカネの発生が見られたことである。2011年では１頭、2012年は５頭（田口・田口，2012；2013）、そして2013年は15頭と設置後、年々その数は増していった。特に今回は本調査終了以降に、さらに多数の発生が観察されたという。

本種は、近年、イネの箱処理剤の影響で全国的に激減しているトンボ種である（上田，2011）。こうした種が自然の乏しい工業地帯において、意図的に設置された水田で多くの発生が見られたことは、新たな意義を持つ。本トンボプロジェクトがこうした減少種に新たな生息場所を提供し、その減少傾向を補える役割が持てることを示しているからである。しかも、その隣接内陸部には二つ池のような現代の都市にとって貴重な池が残されていることもわかった。これは都市部工業地帯での環境努力が、都市自然再生という回復段階からさらに一歩を踏みだしたことを意味する。今後、そうして回復した都市環境を活用して希少種を積極的に保全・育成し、我が国の生物多様性へ貢献する段階に達しつつあると言えるからである。



図ー４　2011 ～ 2013 年の捕獲種の個体数ー順位曲線

新たな移動の確認

いままで標識により直接移動が確認された個体は、この10年で４種、10個体にのぼっている（田口・田口，2013a）。2013年の調査では、これらには含まれない新たな種で、さらに臨海部での移動が確認された。それは８月４日入船公園で標識されたウスバキトンボの♀１頭（標識番号4P25）で、８月12日午前10時に、そこより北北東の方向約６㎞離れた川崎市夢見ヶ崎動物公園で一般市民に確認されたものである。

ウスバキトンボはすでに何度も述べたとおり風等に浮遊して飛ぶ移動性の高い種で、全国的に見ても標識調査における再捕獲は知られていない。そういう意味において、今回のこの記録は貴重なデータと考えられる。

内陸２池との比較

内陸２池が調査地に加わった2011～2013年の３年間の捕獲種類、及び個体数の合計を臨海部、三ツ池、二つ池に分けて集計し、表３に示した。

これら３地点で捕獲されたそれぞれの種の構成については、田口・田口（2012）により2011年に得られた調査結果の個体数順位の比較から、三ツ池よりも二つ池の方がより臨海部と異なったトンボ目群集であることが示されたが、さらに３年間の合計のデータについて以下の数式を用い、その違いを共通性の観点から数値的に示した。

Jaccard（1951）の共通係数CC＝ｃ／（ａ＋ｂ－ｃ）　ａ＝群集Ａの種数、ｂ＝群集Ｂの種数、ｃ＝ＡとＢの共通種数

（０≦CC≦１：種構成が全く異なると０、同じだと１となる）

表－３　2011～2013年の捕獲種類と個体数

	臨海部	三ツ池	二つ池
ショウジョウトンボ	471	30	20
シオカラトンボ	462	264	66
ウスバキトンボ	325	74	4
オオシオカラトンボ	27	76	10
アキアカネ	26	1	
キンヤンマ	22	3	12
チョウトンボ	13	33	191
コシアキトンボ	6	15	67
ネキトンボ	4		
ナツアカネ	4		
マルタンヤンマ	2		
コノシメトンボ	1		
ウチワヤンマ	1	1	3
クロスジギンヤンマ	1		1
オニヤンマ		2	
リスアカネ			14
コフキトンボ			4
アオヤンマ			1
オオヤマトンボ			1
合計種数	14	10	13

その結果、臨海部と三ツ池との種の共通係数は0.60であったのに対して、臨海部と二つ池とでは0.50とより異なることが示され、2011年のみの個体数順位による結果ともほぼ一致した。

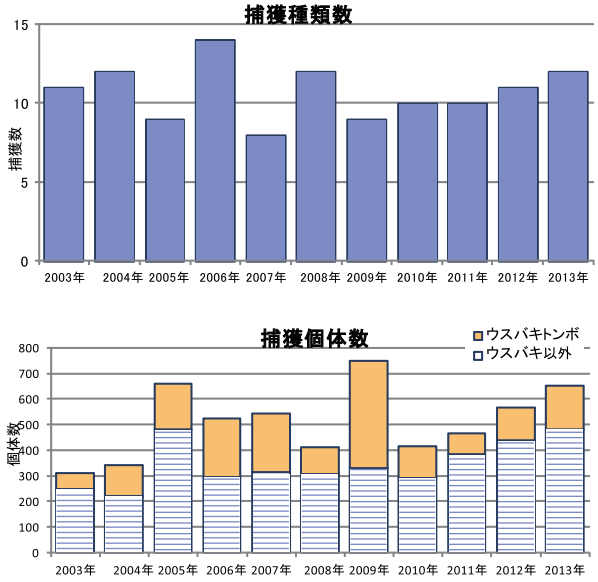
捕獲個体数から見た単純な上位３種の優位順位を見ると、臨海部ではショウジョウトンボ、シオカラトンボ、ウスバキトンボの順であったのに対して、三ツ池ではシオカラトンボ、オオシオカラトンボ、ウスバキトンボとオオシオカラトンボが２位を占めた。オオシオカラトンボはここで近年設置された水田域に多いことより、三ツ池での水田環境創造による効果と考えられた。一方、二つ池では、チョウトンボ、コシアキトンボ、シオカラトンボの順であった。かつて、神奈川県内にあって絶滅を危惧されたチョウトンボ（高桑他，2006）が、この大都会の地で最優占順位を占めていることになる。

さらに、臨海部、三ツ池、二つ池それぞれの独自種とその個体数の割合を見ると、表４のようになった。臨海部ではアカネ属を中心に４種、三ツ池はオニヤンマの１種、二つ池はアオヤンマ等の注視的希少種を含む４種があげられた。しかも、これらの種の総捕獲個体数に占める割合は、臨海部で0.8%、三ツ池で0.4%とともに低かったが、二つ池では5.1%と高く、この池の特性、希少性が際だつ。

この三年間の捕獲種数は臨海部は14種、内陸２池はあわせて15種と、両者でほとんど差がなかった。しかしそれにもかかわらず、それぞれの構成種約1/3（臨海部で４種、内陸部で計５種）が８月期、互いに独自種（非共通種）であったことは注目に値する。当初、内陸２池の調査計画段階では、池周囲の自然豊かなこれら２池の方に豊かなトンボ目群集が形成され、自然の乏しい臨海部はその隣接地として延長線的にそれらの種の

表－４　2011～2013年の合計捕獲種に見られる地点独自種

地点	臨海部	三ツ池	二つ池
種名	ネキトンボ	オニヤンマ	リスアカネ
	ナツアカネ		コフキトンボ
	コノシメトンボ		アオヤンマ
	マルタンヤンマ		オオヤマトンボ
合計種数	4	1	4
個体数と割合	11(0.8%)	2(0.4%)	20(5.1%)



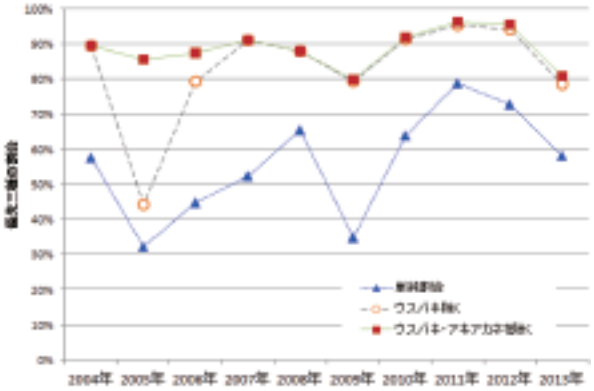
図ー１　11 年間の臨海部の捕獲数と個体数

一般に昆虫の個体群動態は作物害虫など植食性の害虫で研究されることが多く、桁が違うほどその振れ幅は大きいのが普通である（伊藤，1977）。肉食性であるトンボ目の長期間にわたる個体群動態の研究はあまり多くないが、谷戸においてマユタテアカネ（田口・渡辺，1987）、コノシメトンボ（田口，1997）、アサヒナカワトンボ（Watanabe & Taguchi, 2000）、ノシメトンボ（Watanabe et al., 2004）などで安定的であることが知られている。工業地帯であっても、トンボ目昆虫の個体群はその環境に適応し、比較的安定していると言えそうだ。

優占種と種交代

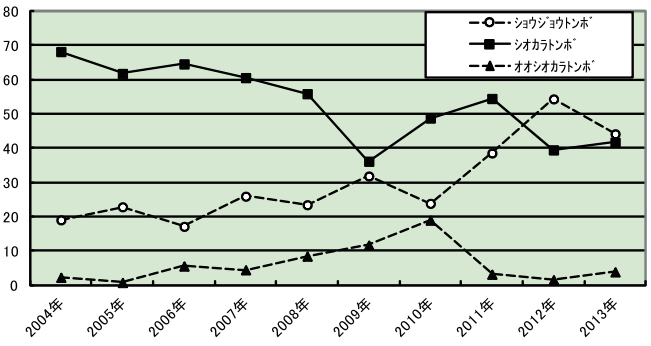
京浜臨海部での過去の９年の調査で、シオカラトンボ、ショウジョウトンボ、オオシオカラトンボが８月期に優占種であることが知られている（田口・田口，2013）。図２に過去10年間のこれら優占３種の占める割合（%）を示した。優占３種の合計が占める割合は、一見、年によりかなり不安定に見えた。しかし、ウスバキトンボ及びアキアカネを順に除外すると、過去10年間、その個体数の合計の割合は安定していて、ほぼ90%前後を推移していたことがわかった。

すでに、田口・田口（2010a；2011；2012；2013a）により、かつて臨海部で圧倒的に優占的であったシオカラトンボが、近年、ショウジョウトンボに取って代わられる現象がおきつつあることを報告し、その主因がショウジョウトンボ側の増加であることを示した。しかしながら、2013年は総捕獲個体数の激減のため捕獲個体数をそのまま比較するのをやめ、ウスバキトンボ、アキアカネを除外しての個体数割合（%）で検討することにした（図３）。



図ー２　臨海部優占三種の割合

2004年当時、総捕獲個体数に対する割合が、シオカラトンボで約70%、ショウジョウトンボで約20%と両者には約50%もの開きがあったが、その差はしだいに縮まり、2009年にはほぼ同じ割合となって、2012年には逆転し、現在、両者がほぼ同じ割合であることがわかる。今回、前述の事情によりショウジョウトンボの個体数の多い横浜SF高校の捕獲個体数が過小になっていることを考慮すると、臨海部でのショウジョウトンボの高い優占状態は続いているものと考えられる。



図ー３　臨海部における優占３種の全個体数
（ウスバキトンボ・アキアカネを除く）に対する割合%の変化。

曇天または異常なまでの高温の日々に遭遇し、思うように捕獲が進まなかった地点が見られた。加えて、横浜SF高校３日目の調査では、調査メンバー配置不備のため、ほとんど捕獲成果をあげることができなかった。

臨海部８地点、及び内陸２池の調査日は表１に示した通りである。調査は各地点例年通り午前９～１２時の３時間で３日間実施し、捕獲・標識方法等も変更はない（詳しくはトンボはドコまでフォーラム，2013　トンボでつなぐ京浜の森－10年の記録参照）。

結果及び考察

2013年の地点別捕獲種数と個体数

表２に2013年の臨海部８地点と内陸部２池で捕獲・標識された不均翅亜目の種類と個体数を示した。臨海部で捕獲種類数が最も多かったのはキリンビールで７種、２位がJFEトンボ道の６種、次いで東京ガス、入船公園、北部第二の４種となった。変化が目立ったのは横浜SF高校で、前年の６種から2013年３種と半減した。一方、内陸部ではため池的環境と多くの希少種を有する二つ池が一地点のみで９種を示した。

ウスバキトンボを除外した個体数では、臨海部では東京ガスの51頭が１位、横浜SF高校が44頭で２位、次いでキリンビールが38頭で３位につけた。ここでも変化が目立ったのは横浜SF高校で、前年は総捕獲個体数190頭だったものが44頭（1/4以下）と激減した。主な理由は前述の通りであるが、JFEトンボ道でも69→27頭、キリン53→38頭など、前年（田口・田口，2013参照）と比べてのきなみ減少が見られており、調査地域全域にまたがるものとして気象による影響は無視できないであろう。

一方、東京ガスと入船公園ではそうした影響は

表－１　各調査地点の調査実施日

調査地点	7月			8月						
	29	30	31	1	2	3	4	7	8	9
キリンビール		○	○	○						
東京ガス		○	○	○						
JFEトンボみち	○	○	○							
JFEケンウッド	○	○	○							
マツダ	○	○	○							
入船公園					○	○	○			
横浜SF高校								○	○	○
北二	○			○	○					
				19	20	21	22	23	24	
三ツ池				○	○	○				
二ツ池							○	○	○	

表－２　2013 年の調査地点別捕獲種類と個体数

種類名	キリン	東ガス	トンボ道	JVC	マツダ	入船	横SF	北二	ニツ池	三ツ池	合計
ショウジョウトンボ	7	29	17	5	0	0	28	5	23	7	121
シオカラトンボ	20	6	4	0	1	20	15	20	111	21	218
オオシオカラトンボ	3	0	0	0	0	5	0	0	26	0	34
チョウトンボ	1	1	3	0	0	3	1	0	16	24	49
ギンヤンマ	4	0	2	0	0	0	0	0	1	9	16
リスアカネ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5
アキアカネ	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	15
コシアキトンボ	0	0	1	1	0	0	0	1	0	10	13
コフキトンボ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
ネキトンボ	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
オオヤマトンボ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
ウスバキトンボ	1	0	1	0	0	104	0	10	49	4	169
合計個体数	39	51	28	6	1	132	44	36	226	83	646
種類数	7	4	6	2	1	4	3	4	6	9	
	臨海部8種								内陸部10種		

上位3種は2004年以降の京浜工業地帯優占種（除くウスバキトンボ、アキアカネ）を示す。

少なく、前者では59→51頭と減少はわずかで、後者に至っては24→28頭とむしろ総捕獲個体数は同じか増加していた。東京ガスではアキアカネの発生など独自に設置された水田に依存したトンボ種の発生影響が考えられる。また、入船公園はもともと水域ではなく、臨海部内で里山的役割をはたしていることが考えられることより（田口，2006b）、2013年調査当日の気象の影響で、こうした場所をねぐらとしていた多くのトンボが池などの水域へ移動せず、緑地内に留まっていた可能性が高い。

なお、キリンビールではギンヤンマが２年連続４頭捕獲されており、大型のトンボ種の着実な定着が想定される。また、マツダの池では全体でシオカラトンボ１頭のみの捕獲であったが、その水域は生物に富み、ヤゴもけっして少なくないことより、景観的な理由などによりトンボ成虫の滞在時間が短く、本調査のような方法では多くの捕獲個体数が見込めないためと考えられ、おおいに工業地帯の生物多様性には貢献しているとしてよいであろう。

１１年間の種数の変化と個体群の動態

図１に2013年までの11年間における臨海部全体の年ごとの捕獲種類数と個体数を示した。種類数はほぼ例年10種前後で推移しており、2013年の捕獲種類数も９種なので大きな変化はなかった。しかし、捕獲個体数（浮遊飛来するウスバキトンボを除外）については、221頭と近年最大であった前年の437頭から半減したばかりでなく、過去最低であった2004年の220頭にほぼ並んだ。臨海部８地点という調査地点数の減少、天候不順、近年トンボが増加傾向にあった横浜SF高校の３日目の調査員の不備など、マイナス要因が重なったためと思われる。

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
X　2013年調査結果及び内陸２池と臨海部の３年間

田口正男（東京農業大学昆虫学研究室）・田口方紀（相模原市）

はじめに

京浜臨海部トンボプロジェクトは、明治期以降、埋め立てにより誕生した企業緑地や池において、トンボネットワークの存在を検証する「トンボはドコまで飛ぶかフォーラム」の調査活動である。2003年、横浜市環境まちづくり協働事業として多くの市民グループ、事業所、行政機関が集まり発足し、毎年８月の３日間、のべ180人程度の市民の参加により不均翅亜目の標識調査を行ってきた（島村・小野，2004；田口，2006a）。2003年からの10年間の調査で捕獲されたトンボ目は、2011年より追加された内陸２池を含め合計21種、5562頭、参加者はのべ1800人に達した（田口・田口，2013a）。

10年間、毎年の捕獲種類数はほぼ10種で、ウスバキトンボ、アキアカネといった飛来・出現の不安定な種を除外すると、臨海部全体の捕獲個体数はおおよそ300頭前後と昆虫としては驚くほど安定していた（田口・田口，2013b）。企業や公園の緑地では雌や羽化後間もない若い個体が中心に捕獲され、このような緑地がこうしたトンボたちの休息や生育の場として工業地帯の中で里山的役割をはたしていることが考えられた（田口，2006b）。また、新たに設置、または生じた池や湿地では２～３年でトンボ目群集が形成されることもわかった（田口，2007；田口・田口，2010a）。マイコアカネ、ハラビロトンボ、マルタンヤンマ、ウチワヤンマなどこの地域では希少と言える種の飛来・出現もあいついで見られている（石川，2004；田口，2010b；田口・田口，2013a）。

一方、この10年間には東京電力の池を起点としたチョウトンボの増加と臨海部での分布の拡大も見られた（田口・田口，2011）。種の構成内容では、当初には圧倒的な優占種であったシオカラトンボが、しだいにショウジョウトンボにとって代わられ、臨海部全体において優占種間で種交代に似た現象がおきつつある（田口・田口，2010a；2011；2012；2013a）。また、内陸部の三ツ池、二ツ池の調査からは、京浜の臨海部内はもとより、臨海部と内陸部両地域間で個体の交流があることも確認された（田口・田口，2013a）。

こうした調査成果からは臨海部のトンボネットワークの存在の検証がなされただけでなく、そのネットワークの機能の高さも推し量られようとしている（田口・田口，2013a）。そのため当初の期待通り企業の環境努力が評価され、いくつかの参加事業所等で新池が設置されたほか、池のエコアップ、本フォーラムへの新規参加などもおきた（田口・田口，2013b）。

企業にとって本プロジェクトへの参加ハードルは低く、生物多様性ＣＳＲや市民との交流、相互理解の場ともなっている。また一方では、都市における環境保全・再生への新たな市民参画とシチズンサイエンスのあり方として、海外の関係者からの関心も集めている（田口・田口，2010b）。温帯の、しかもこうした生物多様性のあまり高くない地域においても、そこでの独自の生物多様性が求められており（武内，1994）、その活動の今日的意義は大きいものと思われる。

2013年、10年の節目を越え、あらたに再スタートを切った私たち「トンボはドコまで飛ぶかフォーラム」には、前述した当初の継続目的に加え、内陸部との関係というより広い視野に立った視点が求められようとしている。2013年の調査結果、そして追加した内陸２池の３年間の調査結果を中心に報告し、都市における環境保全・自然再生の道について、新たな役割と貢献を模索したい。

なお、二つ池の調査にあたっては石川一氏に貴重な協力を得た。ここに感謝の意を表する。

調査地及び方法

2013年は、東京電力の池が調査地点として復帰することはなかった。また、９年間続いていた国交省横浜技調の不参加、2011年に新規参入した東芝京浜事業所のビオトープ整備工事による休止などにより、2004年に10地点に拡大して以来、初めての８地点と臨海部で最も少ない調査地点数となった。

天候についても、この10年間、ほとんどの調査日が晴天に恵まれ、ほぼ予定通りに調査が実施されてきたが、2013年は開始当初より朝からの