

## 4. 飼育による系統保全

### (1)飼育による系統保全の概要

ヒヌマイトトンボの飼育による系統保全は、国立環境研究所による増殖、旧飼育舎における飼育実験、新飼育舎における飼育が行われてきた。新飼育舎による飼育は、平成25年に確認した成虫を新生息地に放流し、終了した。

#### 国立環境研究所

平成12年度～15年度には、国立環境研究所による増殖が行われている。当初生息地から捕獲した個体を増殖し、平成12年度～14年度に新生息地に放流している。また、平成16年度に全個体を新飼育舎に移植した。

#### 旧飼育舎

平成8年度～13年度に、旧飼育舎においてヒヌマイトトンボの飼育実験が行われ、人工的な環境での飼育が可能なが確認された。

#### 新飼育舎

新飼育舎は、平成15年度に造成された。造成後に国立環境研究所において増殖したヒヌマイトトンボ幼虫を移植した。

飼育は平成22年度までは順調であり、多くの幼虫・成虫が確認されたが、平成23年度以降は震災による影響、飼育舎の劣化による水位の不安定化により、個体数が大きく減少した。平成24年度には水位の不安定な行徳1号・2号飼育舎から空いていた八潮飼育舎への生育基盤・個体の移植が行われ、平成25年度には272個体のヒヌマイトトンボが確認された。確認された個体はすべて新生息地に放流され、飼育は終了し、飼育舎は閉鎖された。

(2)国立環境環境研究所による系統保全

ヒヌマイトトンボ増殖用幼虫捕獲と放流の状況

堰上流左岸新生息地へのヒヌマイトトンボの放流を目的として、平成12年度、13年度に当初生息地から幼虫を捕獲して、増殖を行ったのち、平成12年度・13年度・14年度に堰上流左岸新生息地へ放流を行った。

第3回ヒヌマイトトンボ専門委員会資料、H12.12

捕獲状況、放流状況を以下に示した。

表4. 1 当初生息地からのヒヌマイトトンボ幼虫捕獲個体数

年月	幼虫捕獲個体数
H12年6月	180
H13年6月	232
合計	412

表4. 2 堰上流左岸新生息地へのヒヌマイトトンボ幼虫放流個体数

区分	年月	幼虫放流個体数
H12年6月捕獲 →増殖分	H12年11月	3,000
	H12年12月	2,500
	H13年4月	2,000
	H13年5月	6,000
	H13年6月	1,000
H13年6月捕獲 →増殖分	H13年12月	8,600
	H14年6月	6,780
合計		29,880

## 増殖の方法

### ヒヌマイトトンボの飼育・管理

ヨシ原からヒヌマイトトンボ幼虫を捕獲して独立行政法人国立環境研究所に運び、当研究所水生生物実験棟(アクアトロン)の人工環境室で十分な餌を与えて成虫に羽化させて大量の卵を確保する。さらに、孵化した幼虫に十分な餌を与え適切に管理することにより、新生息地に放流するためのヒヌマイトトンボ幼虫の大量生産を行うことを目的とする。

なお、ヒヌマイトトンボの幼虫および成虫の飼育は、すべて当研究所アクアトロンの人工環境室内において行う。

資料：平成 15 年度中川・八潮環境保全対策業務報告書 H16.3

### 捕獲幼虫の飼育・管理

現生息地から捕獲してきた幼虫をサイズごとに分別し、大型の幼虫については低温室で成長を抑え、小型の幼虫については高温室で十分量の餌を与えて成長を促し、両者が同時に羽化するようコントロールして飼育する。なお、自然環境下では 5～6 月に捕獲するヒヌマイトトンボ幼虫のほとんどは 6 齢以上である。幼虫はミジンコを餌として与えて飼育する。

### 成虫の飼育、管理

ヒヌマイトトンボの卵を大量に産ませるためには、以下の手順で成虫の飼育管理を行う。

- A. 羽化直前の幼虫を、羽化用ネットを設置した羽化専用ケージに移し、順次羽化させる。
- B. 羽化した成虫は雌雄別々の羽化用ケージに移し、ユスリカ成虫を餌として与える。成虫の成熟および産卵まで約 1 週間かかる。
- C. 成熟した雌雄のヒヌマイトトンボ成虫は採卵用ケージに移して交尾をさせて、ケージ内に設置した産卵用シートに卵を産ませる。なお、餌として十分量のユスリカ成虫を与える。

### 卵の管理

産卵用シートに産卵された卵は、以下の手順で管理して孵化させる。

- A. 水を入れた 1 リットルのプラスチック製の孵化用容器に産卵用シートを移し、27℃ にコントロールしたインキュベータに入れる。
- B. 約 1 週間から 10 日で卵は孵化を始める。孵化は 10 日間ほど続く。
- C. 産卵用シートを入れた孵化用容器内の飼育水は、毎日交換する。

## 孵化幼虫の飼育・管理

ヒヌマイトトンボ幼虫の死亡率を抑えながら大量に生産するためには、以下の手順で飼育を行う。なお、餌は毎日、飼育水の交換は数日ごとに行う。

- A. 孵化した幼虫は毎日孵化用バットから取り除き、5 リットルの若齢幼虫飼育用バットに移し、餌のワムシを与えて 23℃ の人工環境室内で飼育する。
- B. 約 1 カ月で 4 齢まで育った幼虫は 10 リットルの万能バントに移し、餌のミジンコを与えながら育てる。
- C. 孵化した幼虫は、孵化した順に 500 個体ずつ分けて飼育し、個体群の多様性が保たれるようにする。
- D. ヒヌマイトトンボ幼虫の成長は、早い個体と遅い個体がある。成長のばらつきをなくすために、順次、幼虫のサイズごと分けて飼育し、餌の種類・量、水温をコントロールして成長速度を合わせ、同時に放流できるように飼育する。

## 餌の飼育・生産

ヒヌマイトトンボの人工繁殖には、幼虫の餌としては動物プランクトンのワムシとミジンコ、成虫の餌としてはユスリカを与えて飼育する。
---

資料：平成 15 年度中川・八潮環境保全対策業務報告書 H16.3

ヒヌマイトトンボの若齢幼虫(1～ 3 齢)は、体長も数ミリと極めて小さいため、ワムシを食べて育つ。幼虫の体長が約 4 mm(4 齢)になったら、餌を大型動物プランクトンのミジンコに変えて終齢(10 または 11 齢)まで育てることができる。幼虫が羽化して成虫になると、餌はさらに変わり、ユスリカの成虫を食べる。このように成長につれて餌も変わる。

なお、ヒヌマイトトンボは幼虫期に摂食した餌量が少ないと成虫のサイズも小さくなり卵数も減る。また、幼虫の生存率も低くなる。したがって、ヒヌマイトトンボ幼虫を大量に生産するためには、上記の動物プランクトンおよびユスリカの大量生産および安定的供給が不可欠である。

なお、ヒヌマイトトンボ幼虫が羽化するまでに要する期間は約 145.1 日で、それまでの摂食量は幼虫 1 個体当たり、ワムシ約 1,400 個体(1～3 齢、約 21.4 日間)、ミジンコ約 5,200 個体(4～ 終齢、約 123.7 日間)である。

## ワムシの飼育生産

当研究所で継代飼育している淡水性のワムシを大量に培養・供給してヒヌマイトトンボ幼虫に与えている。ワムシの培養は、下記の3段階の培養手順を経て初めて、幼虫に与えられる量のワムシが確保される。

- A. 種ワムシの繁殖培養(30m l シャーレ)
- B. 前培養の中規模培養(5 リットル・ビーカー)
- C. 大量培養(80 リットル・水槽)

数万匹のヒヌマイトトンボ幼虫を同時に育てるためには、大量のワムシを数ヵ月間連続して培養できることが条件である。培養中に競争種他のワムシに置き換わったり、細菌に汚染されないための監視体制とクリーンルームやインキュベータでの種ワムシの無菌的な維持管理施設が本種の培養には不可欠である。

## ミジンコの飼育生産

当研究所では継代飼育しているタマミジンコをヒヌマイトトンボの餌用に大量培養を行っている。タマミジンコは良好な環境で育てると雌のミジンコは単為生殖により雌のミジンコのみを産み増え続けるが、環境が悪くなると雌は耐久卵を産み増殖が止まる。したがって、ミジンコの大量培養には、単為生殖により雌のミジンコが産み続けられる飼育水の環境を維持することが重要である。

ミジンコについても下記の3段階の培養手順を経て大量生産される。

- A. 種ミジンコの繁殖培養(1 リットル・ビーカー)
- B. 前培養の中規模培養(5 リットル・ビーカー)
- C. 大量培養(150 リットル FRP 水槽)

なお、ワムシと同様にミジンコについても飼育環境の変化による生産性の低下と寄生性のツボワムシや細菌類の混入を防止のための監視体制および種ミジンコの維持管理が必要である。

## ユスリカの飼育生産

当研究所で継代飼育しているセスジユスリカをヒヌマイトトンボ成虫の餌として与えている。ユスリカは、幼虫時は泥を集めて巣を作り成長する。約1ヶ月で蛹を経て成虫になる。ユスリカ成虫は1週間ほどで卵を産む。成熟したヒヌマイトトンボ成虫のため、1日に約10個体のユスリカ成虫を羽化させることが要求される。

なお、ヒヌマイトトンボ成虫は、羽化後1週間でユスリカ成虫を摂食するため、ヒヌマイトトンボの成虫期には大量のユスリカ成虫を必要とする。また、ヒヌマイトトンボ成虫

の羽化に合わせて約 2 週間で、一生涯に約 150 個体のユスリカ成虫を摂食することになる。ユスリカ成虫の大量生産については、下記の手順により行う。

- A. ユスリカ卵の採集・管理(30m l シャーレ)
- B. 幼虫の飼育・管理(10 リットル丸型バット)
- C. 成虫の羽化・交尾(50 リットル成虫羽化用ケージ)

なお、ユスリカについても継代飼育による系統の維持と繁殖率の低下防止策が必要とされる。

ヒヌマイトトンボ幼虫および成虫の餌の摂食量について

ヒヌマイトトンボ幼虫および成虫の餌の摂食量についてヒヌマイトトンボの幼虫は、4 齢幼虫になるまではワムシ(カメガタツボワムシ)、それ以降、終齢幼虫まではミジンコ(タマミジンコ)を餌として与えた。また、ヒヌマイトトンボ成虫にはユスリカ(セスジユスリカ)成虫を餌として食べさせる。ヒヌマイトトンボを増殖するためには、どのくらい餌が必要なのかについて、ヒヌマイトトンボの摂食量の実験結果で示す。

ヒヌマイトトンボ幼虫が孵化して 4 齢になるまでの日数は約 21.4 日間で合計 1,392 個体のワムシを摂食した。ヒヌマイトトンボ幼虫が 4 齢から羽化するまでの日数は約 123.7 日間でミジンコを約 5,152 個体摂食した。ヒヌマイトトンボ成虫についてみると、成虫の寿命は約 2 週間で、約 110 個体のユスリカ成虫を摂食した。

したがって、単純にかけ算しても、1,000 個体のヒヌマイトトンボを成虫になるまで育てるには、139 万個体のワムシ、515 万個体のミジンコが必要となる。また、産卵させるために成虫を 1,000 個体育てるには、11 万個体のユスリカが餌として必要になる。

このように、ヒヌマイトトンボを大量に飼育・増殖させるためには、餌のワムシ、ミジンコおよびユスリカ成虫を大量に増殖できる技術が不可欠となる。また、ヒヌマイトトンボの成長段階により餌の種類が変わることから、餌生物のいずれの種についても、四季を問わず、いつでも大量増殖できる技術と施設が必要とされる。

## ヒヌマイトトンボの生活史について

通常、ヒヌマイトトンボは6月頃に羽化し始め、7月中旬ころに最盛期をむかえ、8月中旬頃まで成虫が見られる。成虫は1週間ほどで成熟し、卵を産み始める。成虫の寿命は2～3週間で、その間に数百個の卵を枯れたヨシの茎葉、カヤツリグサなどの柔らかい茎などに産卵管を差し込んで産みつける。卵は1～2週間ほどで孵化して幼虫となる。幼虫は6～8齢に育って越冬する。

孵化直後の幼虫(1齢幼虫)の体長は1mmほどで透明である。したがって、生息地で発見するのは難しい。1～2ヶ月で体長2.5mmほどの4齢幼虫になる。1～4齢頃のヒヌマイトトンボ幼虫は、微少な動物プランクトンのワムシなどを食べて育つ。10～11月ころには、幼虫は体長5～7mmほどの6～8齢幼虫に育つ。少し大きく育った幼虫は、ミジンコなどの大型動物プランクトンを食べて成長する。越冬して再び暖かくなるとヒヌマイトトンボ幼虫は成長し始め、4～5月ころには体長10～12mmの終齢幼虫になる。ヒヌマイトトンボの成虫は、もっぱらヨシ原の中で生活する。成虫はユスリカや蚊の成虫などの小昆虫を食べる。

当研究所においては、ヒヌマイトトンボの1～4齢幼虫にはワムシ、それ以降の幼虫についてはミジンコを餌として与え育てている。また、ヒヌマイトトンボの成虫については専らユスリカの成虫を与えて育てている。



5. 成虫(雄)



6. 交尾



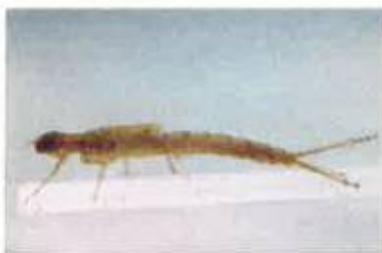
7. 産卵



4. 羽化



1. 卵



3. 終齢幼虫



2. 孵化直後の幼虫

図 4. 1 ヒヌマイトトンボの生活史



カメガタツボムシ *Brachionus urceolaris*



タマエジンコ *Moina macrocephala*



セスジユスリカ *Chironomus yoshinotai*

図 4. 2 ヒヌマイトトンボの餌



種ワムシの  
植継ぎ作業



インキュベータ  
での中規模培養



大量培養

図 4. 3 ワムシの飼育生産



種ミジンコの維持

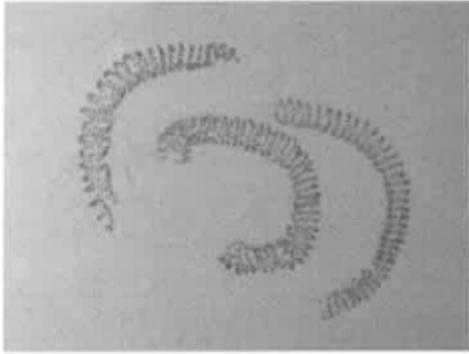


大型水槽での  
ミジンコの大量培養



温室でのミジンコの  
大量培養の様子

図 4. 4 ミジンコの飼育生産



ユスリカの卵



ユスリカ幼虫の大量飼育



羽化したユスリカの成虫

図 4. 5 ユスリカの飼育生産

### (3)旧飼育舎による系統保全

#### 旧飼育舎

将来の行徳可動堰改築の際に、現在のヒヌマイトトンボ生息地が工事区域内に含まれる可能性もあったため、人工的にヒヌマイトトンボが飼育できることを確認し、飼育舎に一時的に避難させ別の場所に移設する技術を確立する実験として、平成8年度に旧飼育舎を建設し、ヒヌマイトトンボを飼育した。

資料：平成13年度 行徳地区におけるヒヌマイトトンボの飼育実験 平成13年度の結果概要

平成21年度 江戸川河口部希少種保全調査業務

ヒヌマイトトンボを野外で、できるだけ自然の環境に近い状態で管理することを目標として、平成8年4月末～5月初旬に、飼育舎を2ヶ所(国土交通省江戸川河口出張所(市川市行徳)内及び、新日本気象海洋株式会社(当時)、環境創造研究所(静岡)内)に設置した。各々は江戸川河口飼育舎、静岡飼育舎と称する。

江戸川河口飼育舎の施設概要を写真、図に示す。静岡飼育舎の施設は河川水の貯留タンクがないが、飼育舎の外形はほぼ同じである。

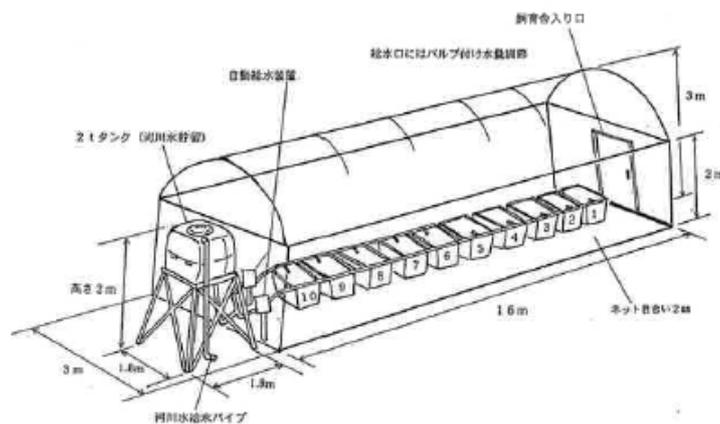
ポリエチレン製大型容器(縦80cm、横100cm、高さ45cm;以下「水槽」と呼ぶ)を江戸川河口飼育舎および静岡飼育舎に各10個用意し、その中に底質とヨシを移植し、淡水を注入して飼育舎内に設置してある。平成9年4月に江戸川河口飼育舎、静岡飼育舎とも自動給水装置を設置し、水槽内の水量が安定するよう配慮した。ヨシと底質の採取は、平成8年5月11日、千葉県行徳野鳥観察舎敷地内のヨシ原において行った。

幼虫と成虫の移設は、平成8年度に表に示す個体数で行った。以降、幼虫、成虫の追加は行っていない。

旧飼育舎の成虫確認個体数の経年変化を表に示した。放流後平成11年度までは順調に個体数が増加し、870個体となったが、平成12年度からは減少に転じ、平成16年度は4個体と激減し、平成19年度以降は成虫は確認されていない。



写真 4. 1 既存飼育舎外観（平成 21 年 4 月 24 日）



構造：ビニールハウスの骨組みを農業用防風網（目合い 2 mm）で被覆

規模：高さ-3.0m 間口-3.0m 奥行-18.0m

給水：旧江戸川水閘門上流部の汽水を給水タンクへ供給。タンク内の水圧を利用して自然流下により自動給水装置まで送水。自動給水装置で一日 2 回(10 時、15 時) 30 分間の給水ができるように設定。

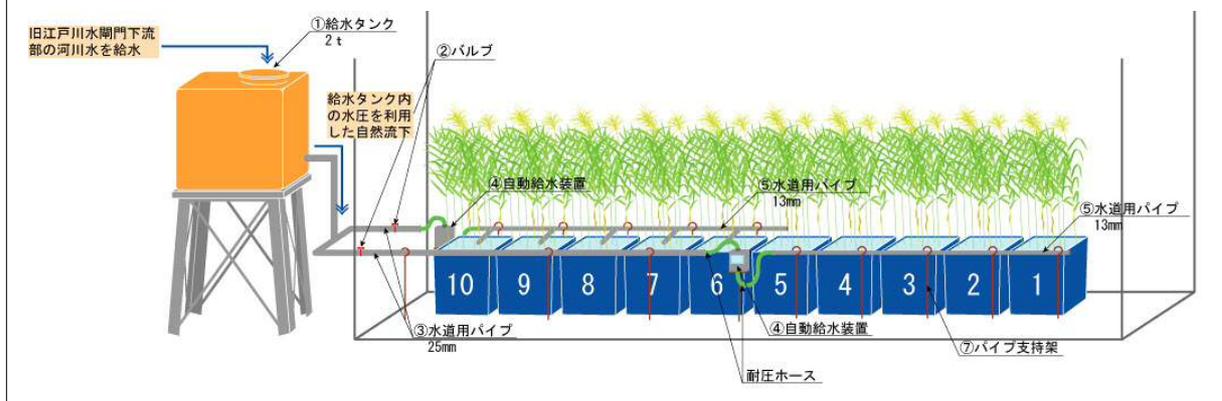


図 4. 6 旧飼育舎の概略図

表 4. 1 平成 8 年度のヒヌマイトトンボ移設時期と個体数

	江戸川河口出張所	静岡飼育舎	合計
幼虫	9 個体 (6/26)	7 個体 (6/26)	1 6 個体
成虫	オス 2 6 個体 (7/3)	オス 2 4 個体 (7/3)	オス 5 7 個体
	メス 2 5 個体 (7/3)	メス 2 4 個体 (7/3)	メス 6 4 個体
	オス 7 個体 (7/18)		
	メス 1 1 個体 (7/18)	メス 4 個体 (8/1)	
小計	6 9 個体	5 2 個体	1 2 1 個体
合計	7 8 個体	5 9 個体	1 3 7 個体

表 4. 2 旧飼育舎における成虫確認個体数の経年変化

年度	個体数
9	213
10	575
11	870
12	372
13	157
14	データなし
15	データなし
16	4
17	10
18	6
19	0
20	0
21	0

## 旧江戸川分派点試験地

平成15年に旧江戸川分派点試験地を設置した。旧江戸川分派点は新生息地の候補地であったが、継続的にヒヌマイトトンボを生息させるには面積が小さく（30×30m）、また水の供給はポンプアップに依らなければならず、ランニングコスト面やあまりに人工的施設過ぎるとの考えから、当面は新生息地としてではなく、各情報収集の試験地として位置付けられた。試験終了後は施設を撤去することとなった。

資料：平成15年度 行徳可動堰周辺環境調査検討業務

平成21年度 江戸川河口部希少種保全調査業務

## 試験地の目的

当該試験地はヒヌマイトトンボ新生息地の創設にあたり、具体的な施設を設計するためのデータの収集を目的とし、主に以下の情報を収集する。

- ・ヒヌマイトトンボが生存するのに適した塩水状況を設定するための塩水・淡水等の供給量
- ・ヒヌマイトトンボが生存するのに適した水位変動を設定するための淡水等の供給量
- ・塩水・汽水・淡水等の供給システムの検証

なお、試験一年目は、試験地においてヒヌマイトトンボが生息できるか否かを検証することを目的として行う。

## 設計条件の概要

### 試験区A

コントロール（各試験区での生存個体数等を比較する際の基準情報とする）として淡水条件での生息状況を確認するために設定した。

### 試験区B

旧江戸川水閘門下流の水を利用してのヒヌマイトトンボの育成が可能かを水位変動がある条件下で確認する。

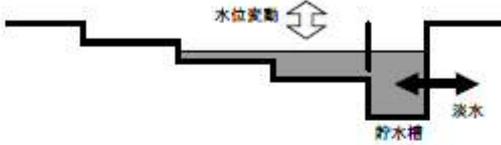
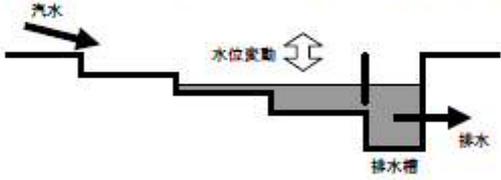
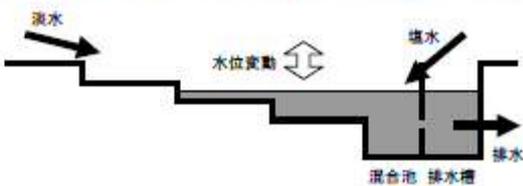
### 試験区C

堰跡地新生息地を想定し、海水及び淡水を混合した水による生息状況を確認する。本試験により、ヒヌマイトトンボの生息に適した塩水状況の把握及び淡水と海水の供給量を把握する。

各試験区では、10cm ずつの高低差を付けた3段の環境を設定しており、3段階の水深条件を作り出すことが可能である。ヒヌマイトトンボの幼虫は、そのストラテジーとし

て、ある程度干上がった条件下でも生存することが可能と言われており、ヒヌマイトトンボの幼虫が生存しやすい水位変動パターンの試験を行うことができる。

表 4. 3 各試験区の概要

試験区名称	水域区分	創出する環境
試験区A	淡水	<p>・サイフォン構造を用い、試験区内に旧江戸川水閘門上流の水位変動に追従した淡水を供給することにより、水位変動環境を創出する。</p> 
試験区B	汽水	<p>・旧江戸川水閘門下流の汽水を供給し、干満をポンプ操作によって人工的に造り出すことにより、水位変動環境を創出する。</p> 
試験区C	汽水	<p>・上段側より、旧江戸川水閘門上流から取水した淡水を供給し、下段側の混合池には可動堰下流から取水した海水を供給する。供給された淡水は、各段の表層を流れた後、混合池にて海水と混合し、ポンプ操作によって人工的に造り出された干満により、水位変動環境を創出する。</p> 

#### 幼虫の放流

ヒヌマイトトンボの再生産確認調査を行うため、平成 15 年 6 月 3 日に、試験地内の 36 箇所、1 箇所当たり 100 個体、計 3,600 個体のヒヌマイトトンボの幼虫を放流した(図)。放流する箇所については、宮下委員の現地観察により、環境が幼虫に適した場所を選定した。

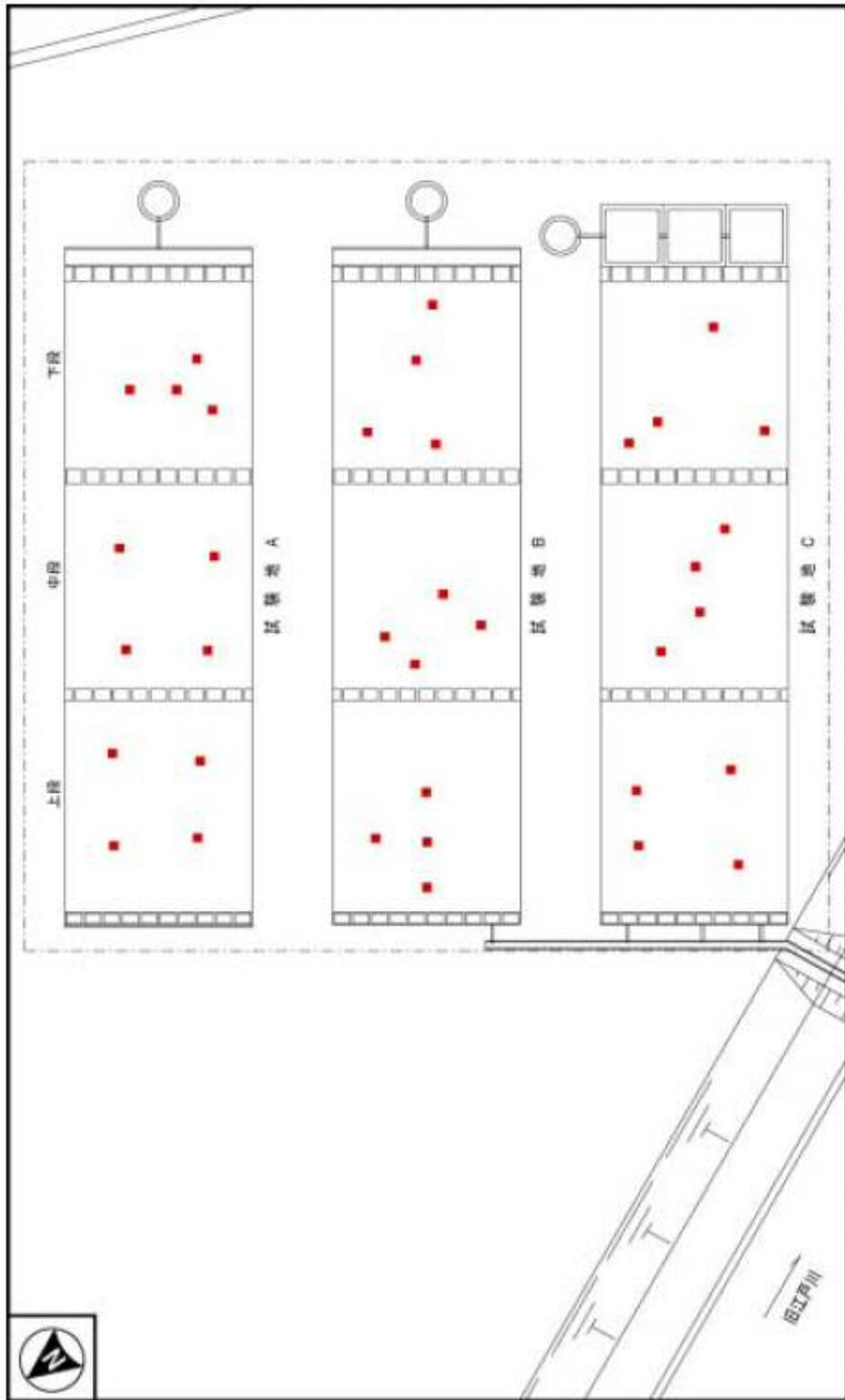


图 4. 7 幼虫放流箇所

### 成虫の確認状況

試験区毎のヒヌマイトトンボ確認個体数の経年変化は図4.8のとおりである。

平成19年度以降、いずれの試験区においてもヒヌマイトトンボの確認個体数は減少を続けている。平成21年度の確認個体は試験区Bの7個体のみであり、試験区A、Cについては個体群が消失した可能性も否定できない。

ヨシが密に生育する試験地の環境に顕著な変化は認められず、本種の個体数が減少している原因は不明である。

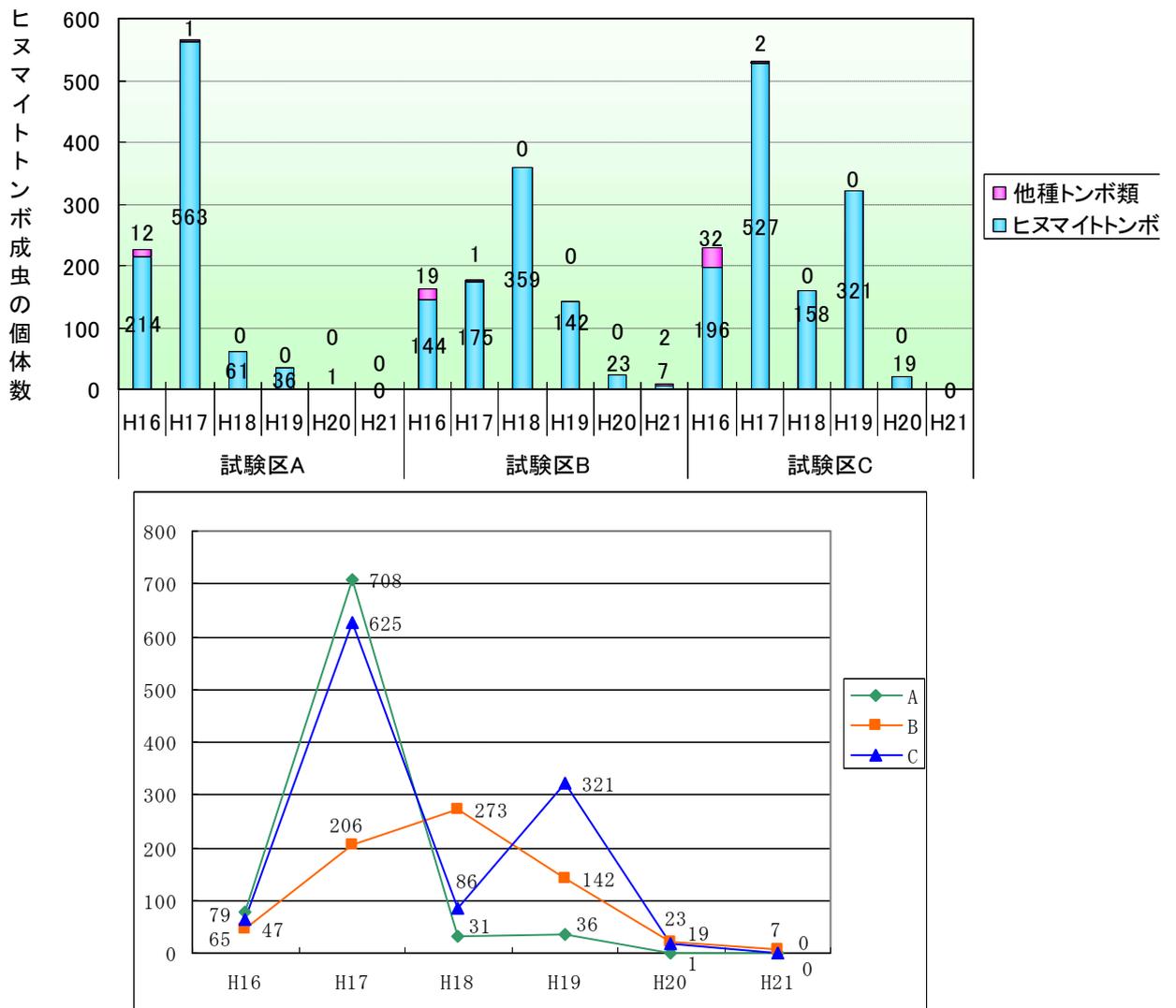


図4.8 試験区毎のヒヌマイトトンボ成虫個体数の推移

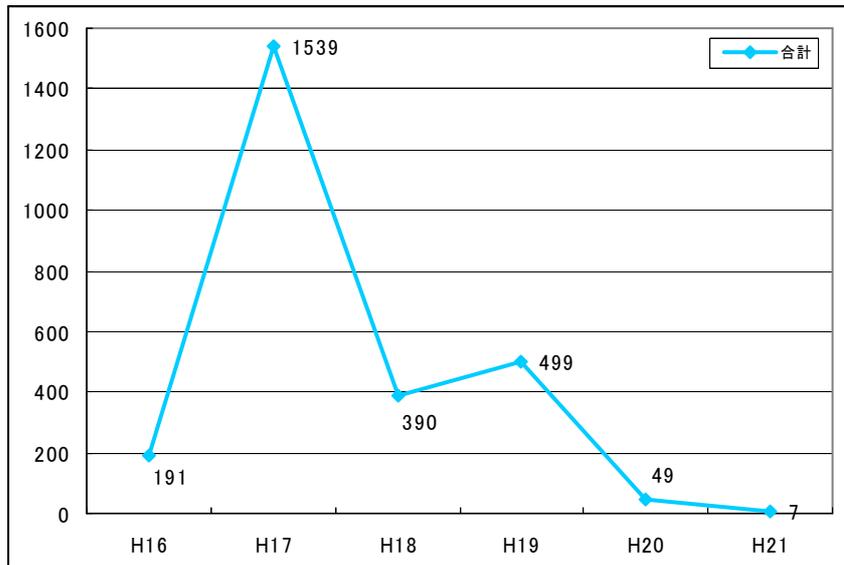


図 4. 9 試験地のヒヌマイトトンボ成虫個体数の推移



写真 4. 2 試験地におけるヨシの生育状況（平成 21 年 7 月 24 日）