

南浅川流域のヒガシカワトンボ生活史 にみられる気候温暖化の影響

2004年

田口 正男
神奈川県立弥栄東高等学校教諭

目 次

はじめに-----	1
調査地及び方法	
過去のヤゴサンプルの体サイズ-----	2
水温の年変化-----	3
ヤゴの体サイズの季節変化-----	5
成虫の分布と体サイズの変異-----	5
結果	
ヤゴの体サイズと化性-----	6
水温の変化-----	11
成虫の体サイズの変異-----	13
考察-----	19
引用文献-----	22

南浅川流域のヒガシカワトンボ生活史にみられる気候温暖化の影響

代表研究者	神奈川県立弥栄東高等学校	田口正男
他	秋田大学工学部大学院	谷浩 樹
	根本フィリンツェ工務店	根本弘志
	神奈川県立弥栄東・西高校	環境生態部
	神奈川県立上溝高等学校	科学同好会

はじめに

近年、化石燃料の使用などにより大気中のCO₂が急増する中、大気の温室効果にともなう地球規模の温暖化が進んでいる。その自然への影響は、極地や高山の氷が溶けることによる海水面の上昇にとどまらず、生物界においても少なからず報告されている。例えば、我が国では西南日本や暖温帯域を主な生息域としていたナガサキアゲハ、クロコノマチョウといった種の分布域が着実に北上してきている（石井，1998 など）。気候温暖化により高緯度地域での冬の寒さが緩和され、より北の地域においても生活・越冬が可能となったことによると考えられている。

一般に、変温動物である昆虫類では、生活史の基本となる化性（何年で一世代をおくるか）は生育期である幼虫期の発育ゼロ点以上の温度とその日数を掛け合わせ累積した有効積算温度（日度）によって決定される。そのため、南北にわたって広く分布する種では、ある地域から次第に北へ行くと仮定した場合、一世代に必要な積算温度が成虫になるための量に達しなくなった時点で、生育期を翌年まで持ち越す形の化性の変化を示すことになる。日本に侵入したことで有名なアメリカシロヒトリでは、原産地北アメリカでは南部から北部にかけてその化性が年数化から年1化まで変化することが知られている（伊藤他，1972）。また、トンボ目でも、Waage（1979）により北米のアオハダトンボの一種で、北上するにつれて1年一化が2年一化へとその化性を変化させることが指摘されている。

日本でも本研究代表研究者の田口により、従来2年一化性とされていたヒガシカワトンボの生活史が、南の分布地である関東地方（神奈川県北部）では1年一化であることが明らかにされた（田口・渡辺，1993）。さらに、田口指導のもと神奈川県立橋本高等学校生物科学研究部の生徒たちにより、神奈川県北部に接する東京都地域にて、2年一化性との境界域がその北方わずか数kmの南浅川流域にあるらしいことがわかってきた（田口，未発表）。

その後、この研究は田口による指導で、約10年後の2000年、県立弥栄東高校環境生態部生徒たちによって再開された。ところが、かつて2年一化性が指摘された南浅川流域での同様の調査で、その証拠は発見することができなかった。化性の境界域であることを考慮すると、この間に起きた気候温暖化が境界域の変化に影響を及ぼした可能性がある。もし、これが事実であるならば、地球温暖化の影響が生物の基本的な生活史の変化にも及ぶ始めていることが示された。また、同時に生物における化性の境界域での生活史変異の実態を解明することにもなり、環境変化の激しい都市近郊における生物種の保護に重要な情報を提供するものと期待できる。

本研究では、県立橋本高等学校生物科学研究部が残した十数年前のヒガシカワトンボ幼虫の採取サンプルから、あらためて当時の南浅川流域での本種の化性を検証・確認するとともに、現時点での水温やヤゴサイズの季節変化、上流から下流にかけての温度較差、成虫サイズの変異を明らかにする。そしてこの10年間に当地点のヒガシカワトンボの化性に、どのような気候温暖化の影響がもたらされたかのを検討したい。

調査地及び方法

過去のヤゴサンプルの体サイズ

過去の化性状態を検証するため、現在まで保存されていた1992年、1993年（すべて12月下旬に採集）のヤゴの液浸標本について、その体サイズを計測した。調査地点は南浅川中流の日影（上流から1700mの地点）で、採取は数名の県立橋本高等学校生物科学研究部生徒によって、約50mの範囲で30分間プラスチック製のザルにより行われた。採取以後、容器はいつさい開封されず、現在に至ったものである。また、保存液はすべて純粋アルコールが用いられた。

水温の年変化

一河川内において同時期上下流でどの程度の水温較差があるのか、また、年間南浅川(東京都八王子市裏高尾町)を中心に近隣の河川はどのような水温の季節変化を示すかを知るため、南浅川の上流から下流にかけて「寶珠寺下」(上流より 250mの地点)、「日影」、「老人ホーム前」(上流より 3000mの地点)、「分校脇」(上流から 3600mの地点)の4地点、及び丘陵を越えてその北方約 3.2 kmに位置する北浅川(駒木野)、南方約 3.6 kmに位置する神奈川県城山町穴川の計6地点を調査地に設定した(図1)。

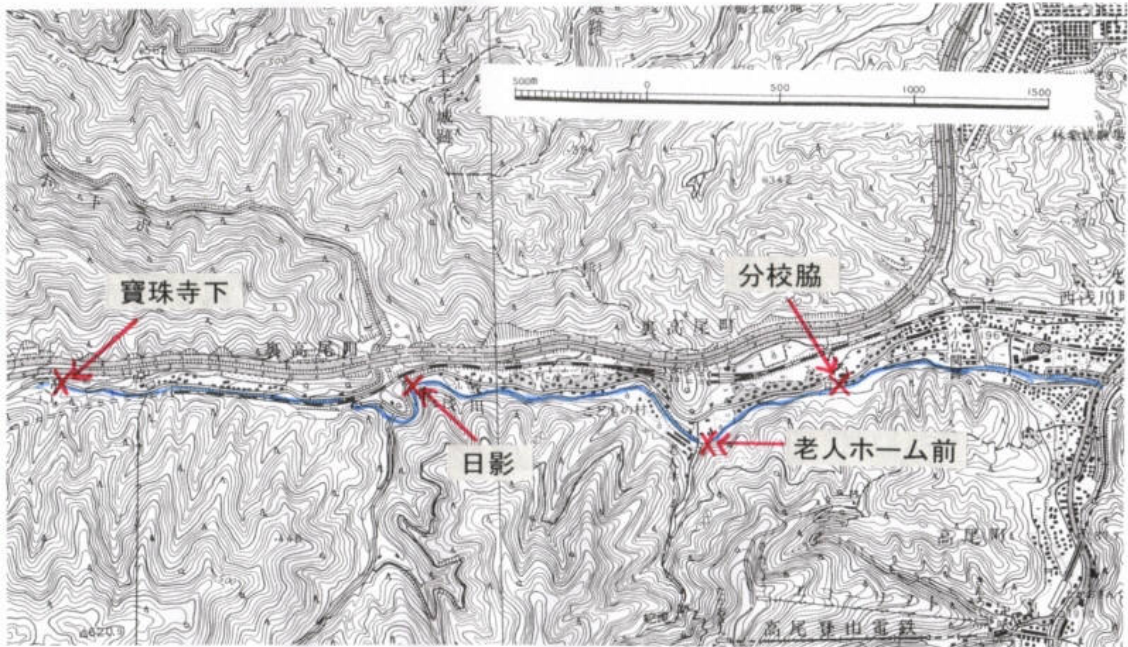
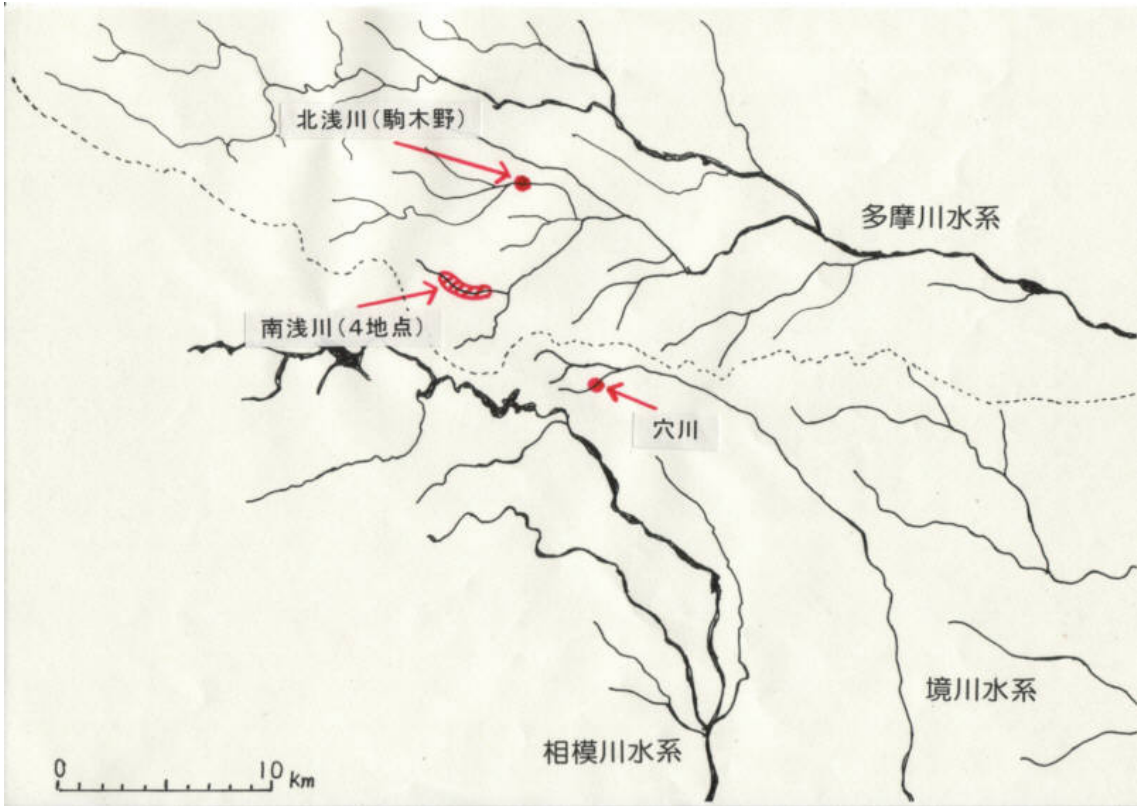


図1 調査地

非多摩川水系である穴川をこれに加えた理由は、南浅川の南側に丘陵を挟んで接する近隣水域であることの他に、1990年、日本ではじめてヒガシカワトンボで年一化性地域であることが確認された地点であることによる。つまり、多摩川水系の調査地点との比較対照としての意味を持つ。

水温測定は2003年4月より毎月下旬の一回、11:00～13:00の間に流水の中心部の水深20cm程度のところで、すべて同一のアルコール棒温度計を用いて行った。

ヤゴの体サイズの季節変化

ヤゴの成長と一世代の長さを解明するため、南浅川「分校脇」、穴川の2地点において、2003年6月より毎月一回、2人の調査員により30分間、ザルによるヤゴ採取を行った。南浅川において4地点のうちから「分校脇」を選んだ理由は、現在、1年を通して比較的多数のヤゴが可能であることによる。採取されたヤゴは、頭部から気管鰓の先、同付け根までの長さ、及び頭幅の3ヶ所についてデジタルノギスにより測定後、すべて採取場所へ戻した。また、可能な大きさになったものについてはさらに性別を判定、記録した。

なお、これらの方法は、かつて神奈川県立橋本高等学校生物科学研究部が用いた方法とまったく同一である。

成虫の分布と体サイズの変異

南浅川について、発生初期（5月10日）、ピーク時（5月24日）、発生後期（6月7日）の計3日間、一日約4時間を費やし、2人の捕獲員と記録員により源流域から下流の「小仏関所脇」までの約4kmで成虫を採集し、上流からの分布と体サイズの関係調べた。また、北浅川、穴川の二河川の調査地点においても、出現する成虫を捕獲し、その体サイズを調べた。採集された成虫はその場で性別、翅色（雄のみ翅色二型があるため）、腹長、後翅長、成熟度、捕獲地点等を記録した後、後翅裏面に油性黒色マーカーにより個体識別番号を施し放逐した。なお、成熟の判定は、Watanabe & Taguchi（1990）によった。

結 果

ヤゴの体サイズと化性

均翅垂目幼虫（ヤゴ）では、一般に尾端に数枚の気管鰓が見られる。この気管鰓は水中でのヤゴの呼吸に用いられるものであるが、比較的もろく、しばしば一部または全部が取れてしまった個体が観察された。また、取れてしまった後再生されたと思われる極端に小さい気管鰓の個体も希ではなかった。そのため本研究では、こうした誤差が大きく含まれるであろう気管鰓部分を排除し、気管鰓の付け根までの長さを体長として用いた。

残された液浸標本から得られた 1992 年 12 月 28 日、1993 年 12 月 29 日に南浅川で捕獲されたヤゴの体サイズの頻度分布をそれぞれ 図 2・3 に示した。捕獲個体数は 1992 年は 27 頭、1993 年は 39 頭で、いずれの年でも 12～13 mm と 19～20 mm 付近を中心に 2 つの体サイズのピークが見られた（写真 1 参照）。一方、現在（2003 年 12 月）の南浅川のヤゴの体サイズの頻度分布には一山の頻度分布しかみられず、その位置はちょうど過去の南浅川の二山のうちの大きい方のピークに一致するものであった（図 4）。年一化性であることが明らかになっている穴川の 12 月の体サイズの頻度分布も一山型で、現在の南浅川のそれと似かよっていた（図 5）。

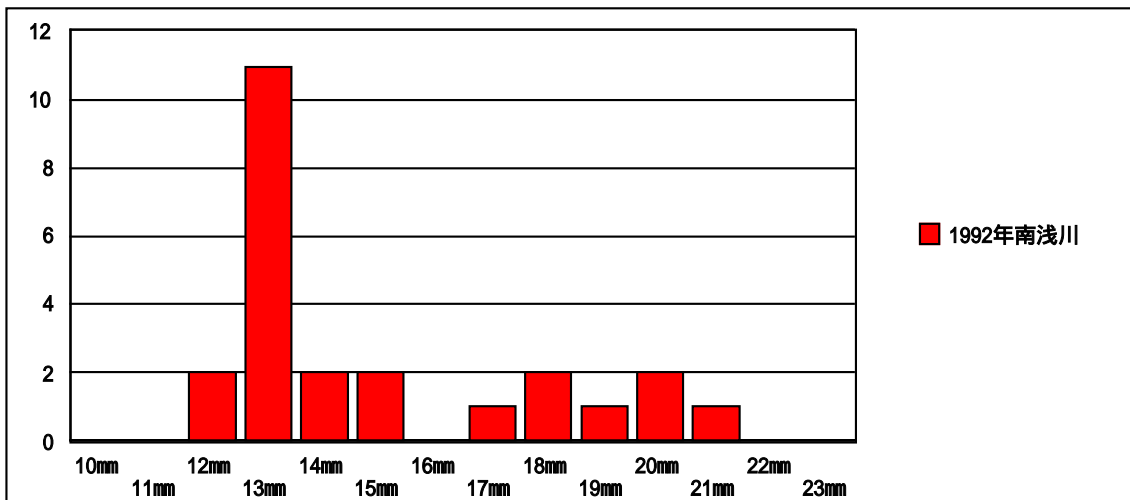


図 2 12月のヤゴ体サイズ頻度（南浅川，1992年）

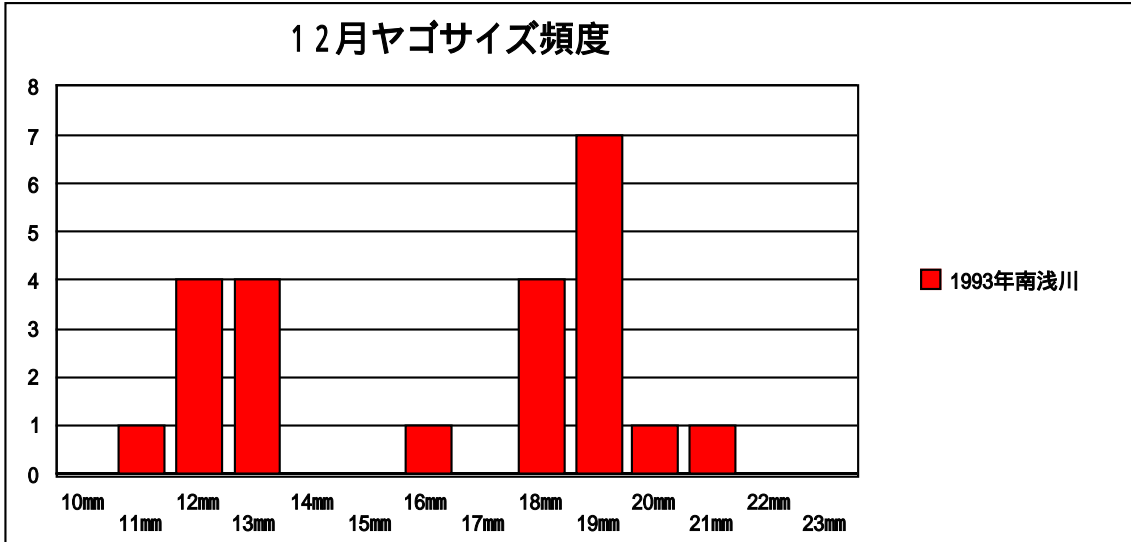


図3 12月のヤゴ体サイズ頻度（南浅川，1993年）

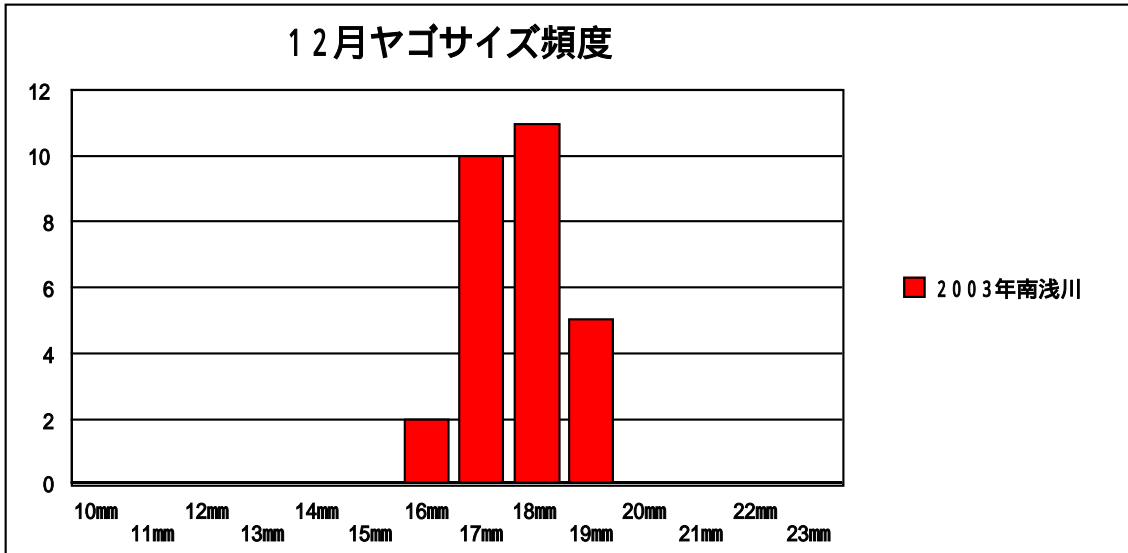


図4 12月のヤゴ体サイズ頻度（南浅川，2003年）

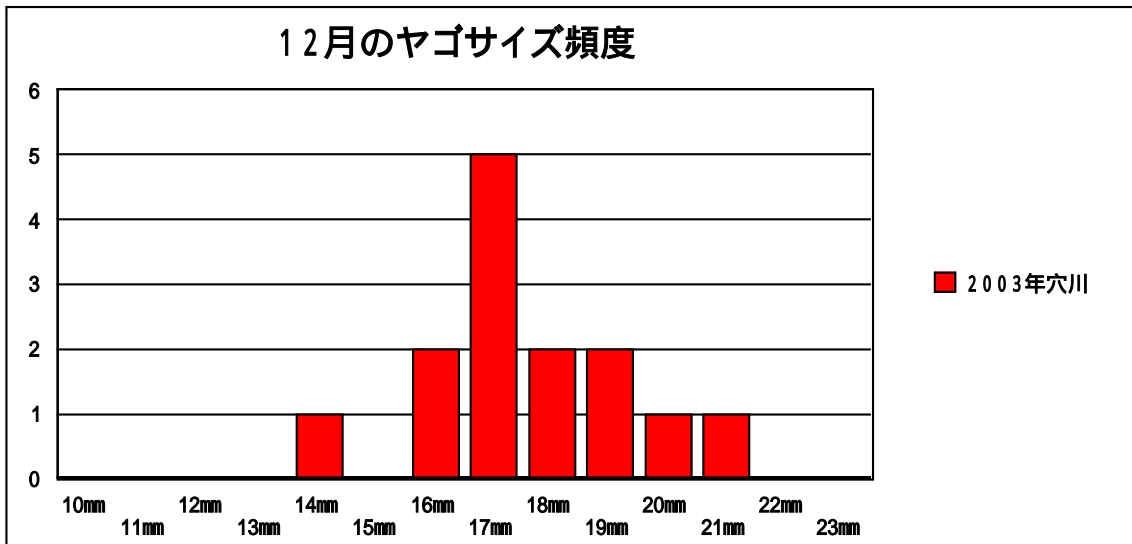


図5 12月のヤゴ体サイズの頻度 (穴川, 2003年)

2003年より行っている南浅川と穴川の月ごとの捕獲個体数を図6に示した。

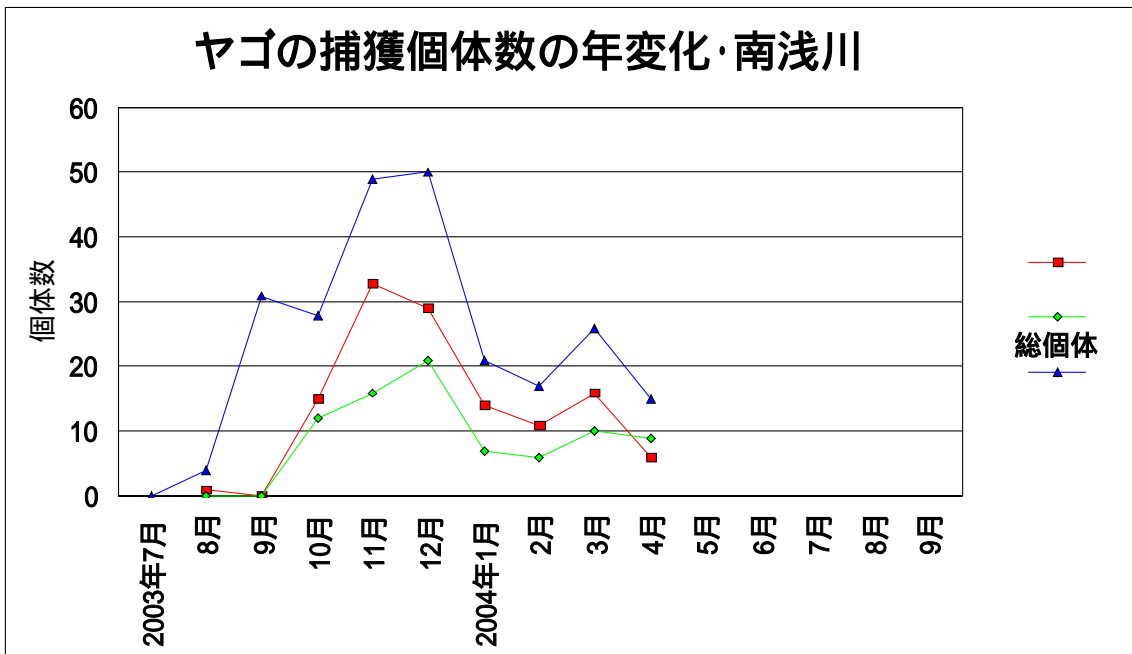


図6 ヤゴの捕獲個体数の年変化・南浅川

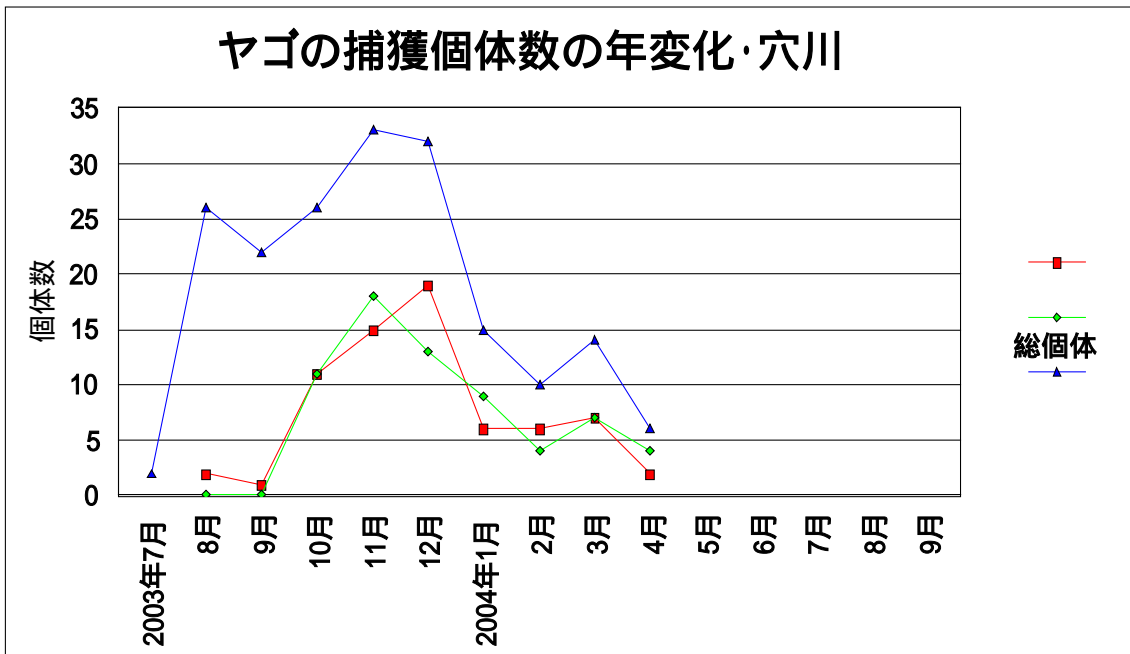


図6 ヤゴの捕獲個体数の年変化・穴川

その年生まれたと思われる若いヤゴは、南浅川では7月、穴川では6月に姿を見せはじめた。両地点とも捕獲個体数はその後順調に伸び、11～12月にピークをむかえ、一月からは減少を始めた。夏から秋にかけて捕獲個体数が増えていったのは、幼虫が成長して捕獲しやすくなったための思われた。また、1月の大きな減少は、ここで比較的多数の個体が死亡したためと思われた。この月、両地点ともに流水量が減少し、水質の悪化が見られたからである。それ以外の成虫がある程度成長してからの捕獲個体数の若干の増減は、水量の多い少ないによる捕獲のしやすさの違いによる。

年間を通して捕獲されたヤゴの体サイズの変化を 図7 に示した。

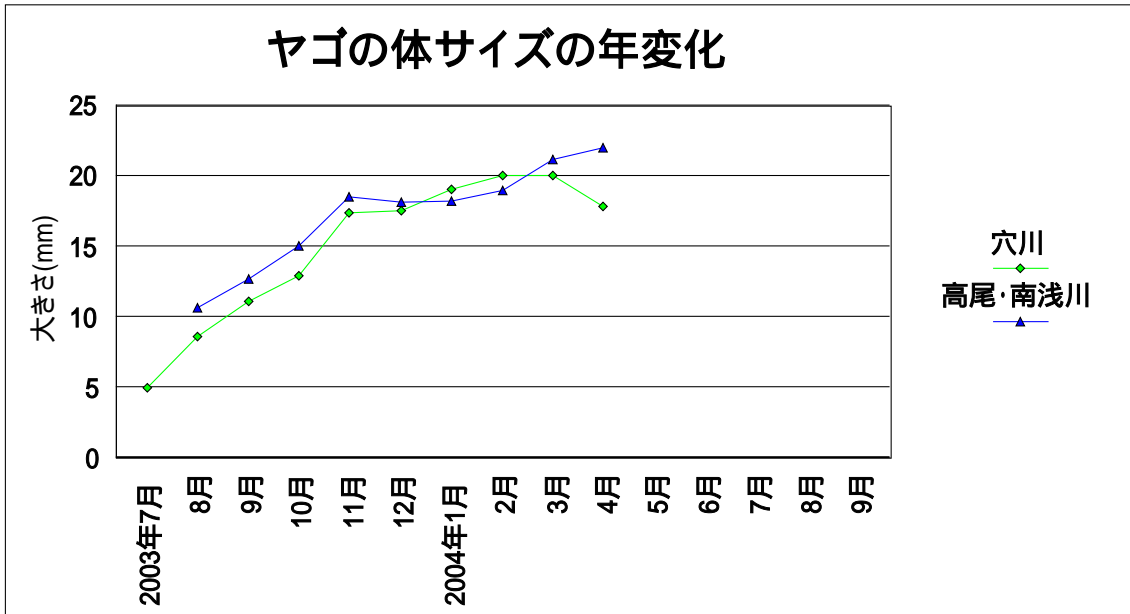


図7 ヤゴの体サイズの年変化

両地点の体サイズは9月以降、やや南浅川が大きい傾向があるものの大差はなく、両地点とも11月までは17~18mmに達するなど年内にある程度の大きさにまで成長した。12月以降は南浅川では成長がいったん鈍ったのに対して、穴川では緩い成長をみせた。その南浅川も水温が回復し出す3月には再び成長が始まり、穴川と同等の体サイズに達した。2004年4月24日、穴川で最初の羽化がはじまったことよりどちらも、3月にはほぼ羽化期直前の体サイズまでに成長したことになる。

これら南浅川、穴川両地点のヤゴの捕獲個体数の年変化、及び成長パターンと羽化時期のタイミングより、現在、南浅川下流部の本種の生活史は年一化性であると結論づけられる。また、羽化時点での直前の体サイズを考慮すると、1992年、1993年のヤゴの体サイズにみられた二山のピークのうちの小さいサイズのヤゴたちは、この調査で得られた3~4月の成長速度を考慮してもここでの主な羽化期である5月までに羽化サイズに達することができるとは考えられず、かつて、この地点の本種は2年一化性の生活史を送っていたこ

とは間違いない。

水温の変化

南浅川 4 調査地点における年間の水温の変化を各調査日、上流から下流の順に並べて示した（図 8）。

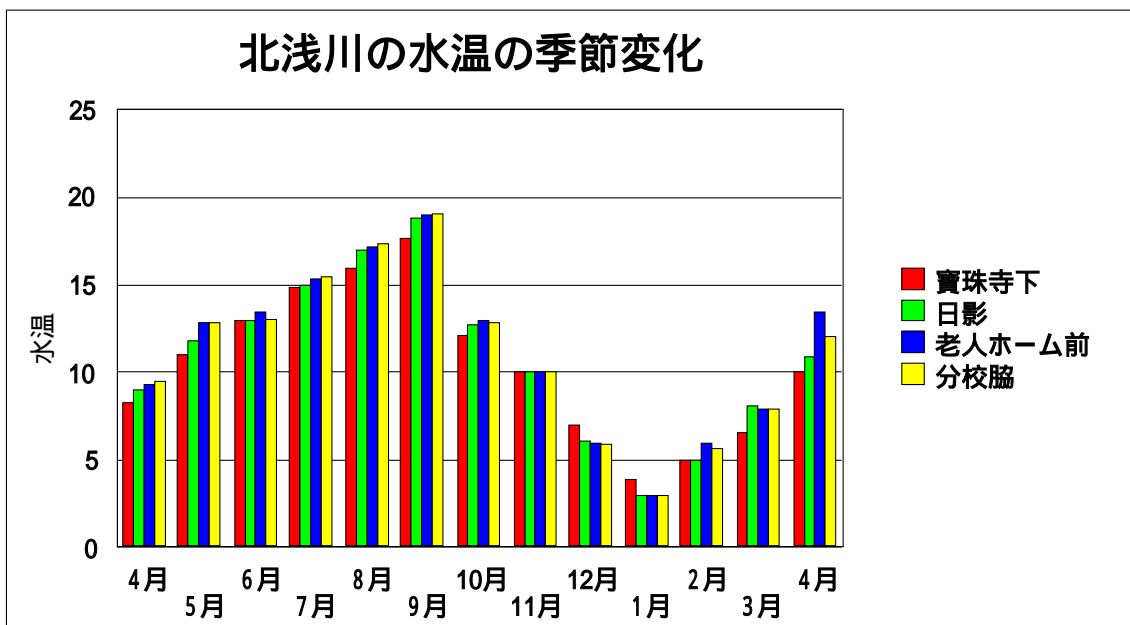


図 8 南浅川の水温の季節変化

4～10月は6月を除き上流ほど水温が低いことが示された。6月がはっきりした傾向が見られなかったのは、降雨による河川の増水によるものと考えられた。また、11月には上流から下流までの水温の差が無くなり、以後、むしろ上流の方が水温が高い傾向をみせた。これは気温が低下する冬季には、湧水源に近い上流の方がその影響を受けないためと考えられた。水温が上昇を始める2月以降は再び上流ほど水温の低い傾向が見られた。結果として、昼の年平均水温は上流の「寶珠寺下」から「日影」、「老人ホーム前」、「分校脇」

の順に、10.5、10.8、11.1、11.1 と上下流で最大 0.6 度の差が認められた。

南浅川（4 地点平均）、北浅川、穴川の三河川の水温の季節変化は 図 9 のとおりである。

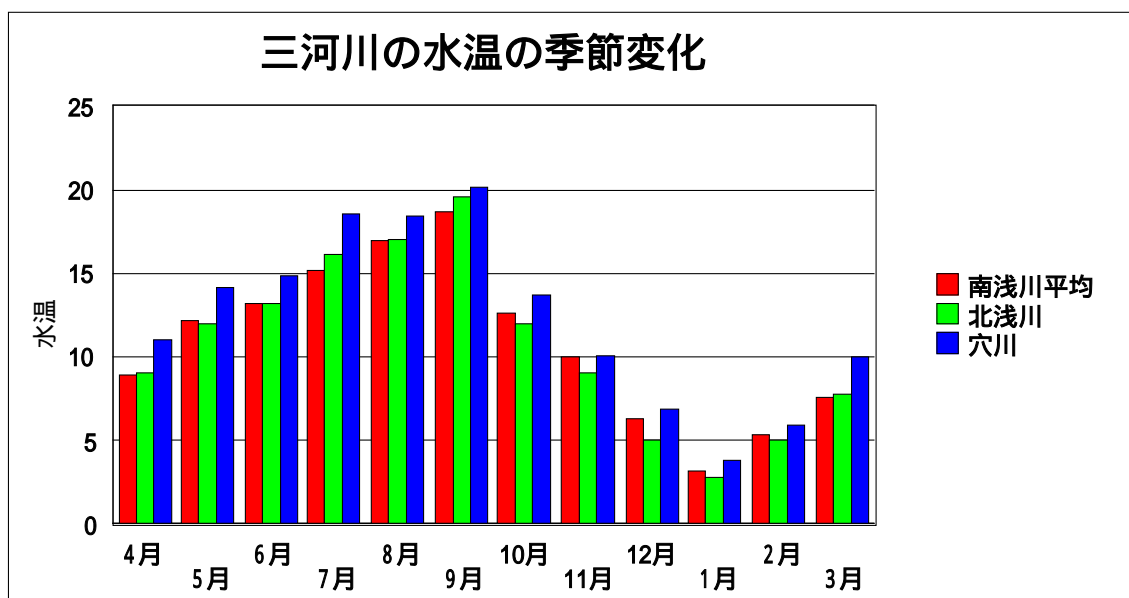


図 9 三河川の水温の季節変化

南浅川の水温は、北浅川と比べて 4～6 月まではほぼ同じだったものの、7～9 月はむしろ低く、10～2 月の秋から冬季にかけては逆に高かった。穴川はこれら 2 つの河川より南の、しかも平地に位置しているため、1 年を通して最も高い水温を示した。結果として、昼の年平均水温は南浅川、北浅川、穴川の順に、10.9、10.7、12.3 となり、浅川の 4 地点平均水温と北浅川ではほとんど差が見られなかったのに対して、穴川とは 1.4 度の温度差がみられた。また、すべての地点の年間の平均水温においては、南浅川上流の「寶珠寺下」が最低値で、最高値の穴川との差は 1.8 度であった。南浅川の 3600 m の流域範囲で上流から下流にかけての水温勾配が確認され、さらに三河川間においても水温較差がみられたことより、これらの地点間での成虫サイズの変異の比較は、有効積算温度と化性の関係を知るうえで大きな意味を持つことになる。

成虫の体サイズの変異

南浅川の約4 kmの成虫調査では、5月10日橙色雄6頭、透明雄14頭、雌4頭、5月24日橙色雄12頭、透明雄55頭、雌12頭、6月7日橙色雄5頭、透明28頭、雌8頭が捕獲された。橙色雄は南浅川の個体群では雄全体に占める割合が少なかったため、絶対捕獲個体数は比較的少ないものとなった。橙色雄、透明雄、雌の体サイズはそれぞれ異なる傾向があるので（Watanabe & Taguchi, 1990）、それぞれに分けてこれらの捕獲個体の上流からの距離と腹長の関係を示した（橙色雄、図10～12、透明雄、図13～15、雌、図16～18）。

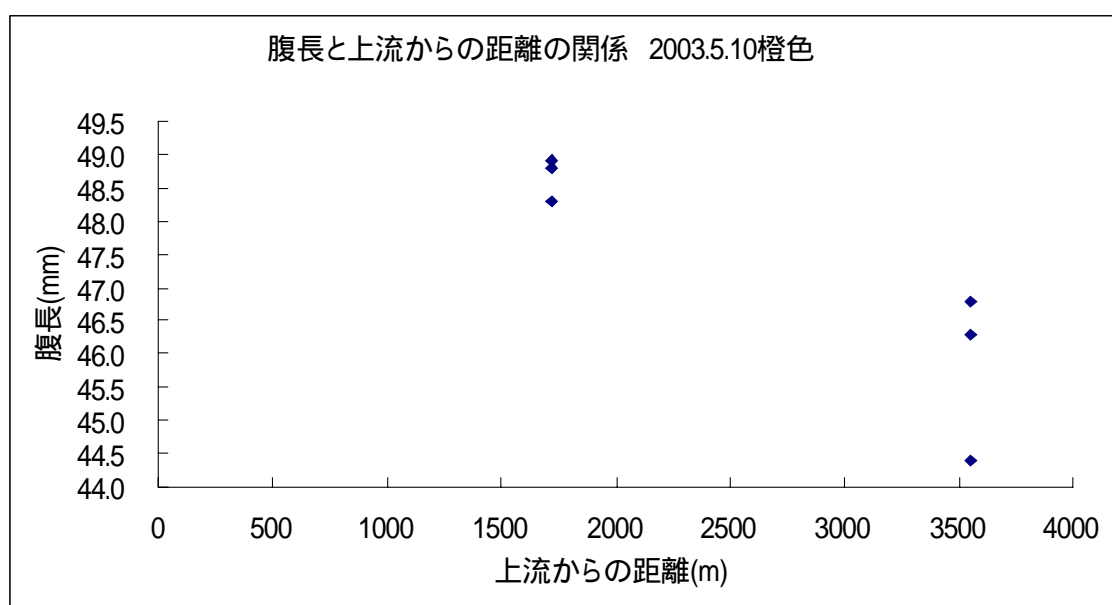


図10 腹長と上流からの距離の関係 (2003.5.10 橙色雄)

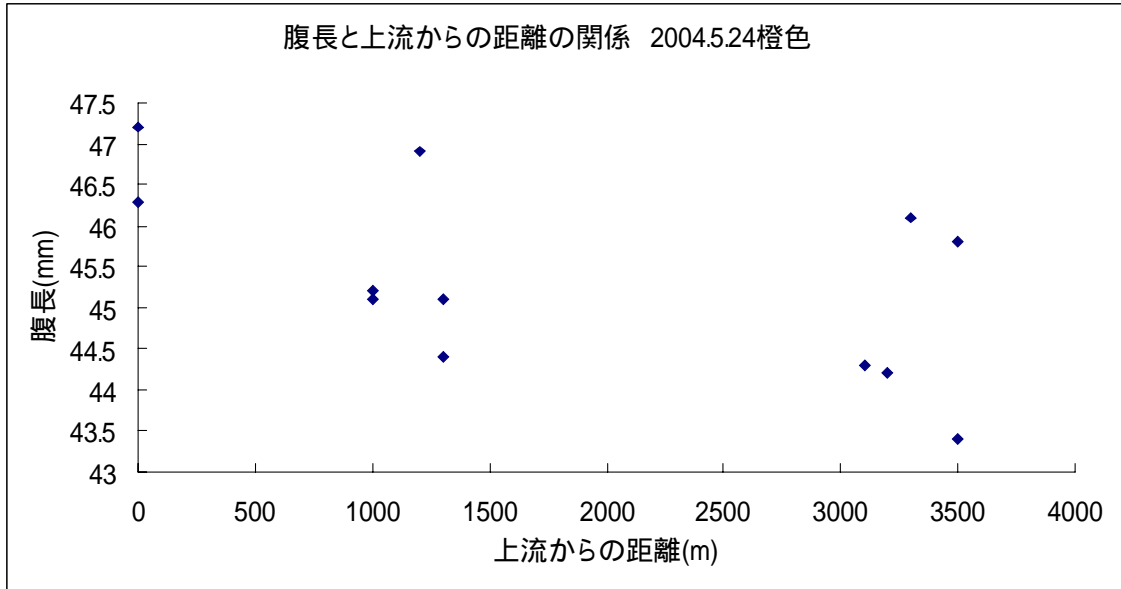


図 1 1 腹長と上流からの距離の関係 (2003.5.24 橙色雄)

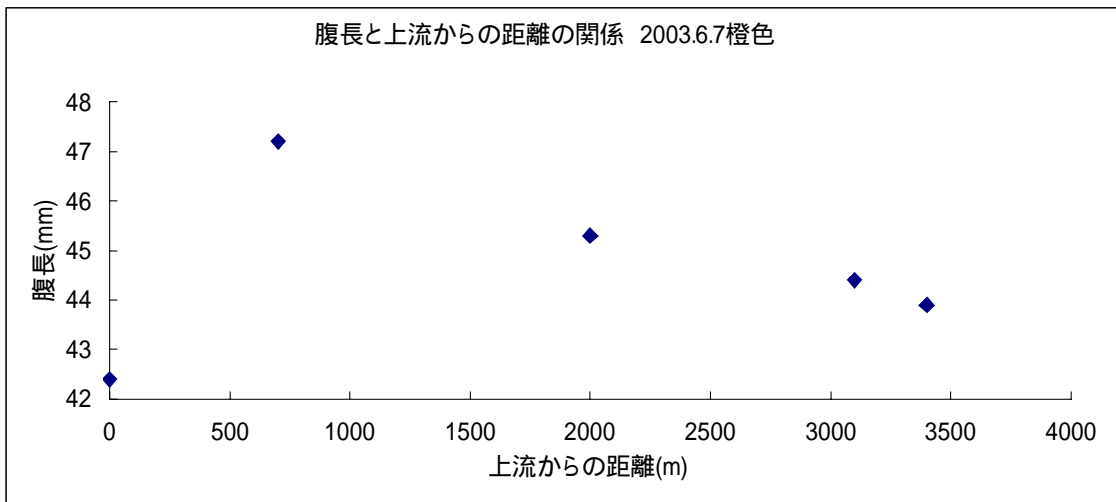


図 1 2 腹長と上流からの距離の関係 (2003.6.7 橙色雄)

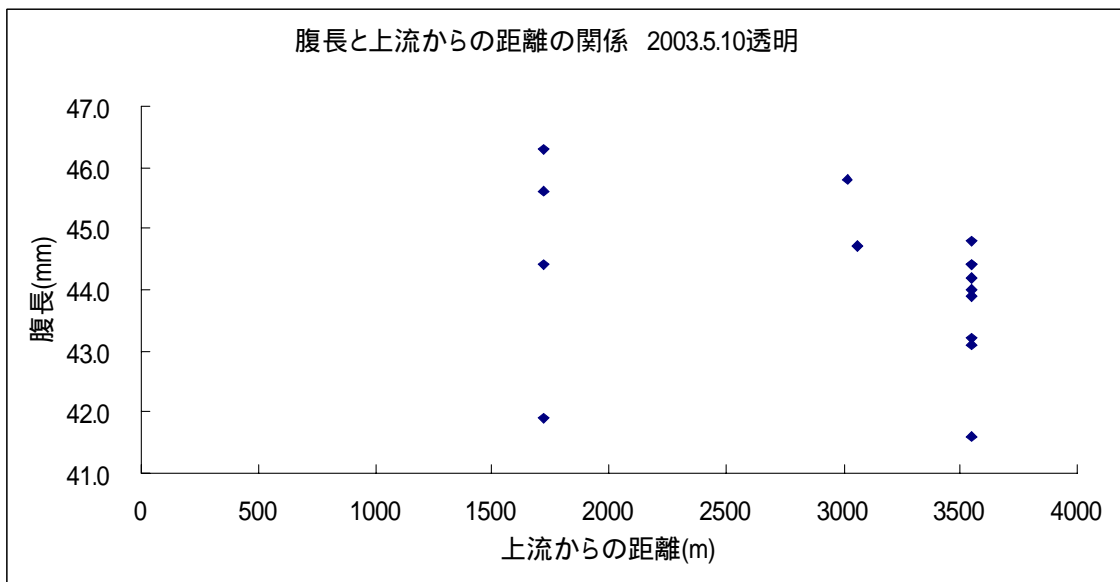


図 1 3 腹長と上流からの距離の関係 (2003.5.10 透明雄)

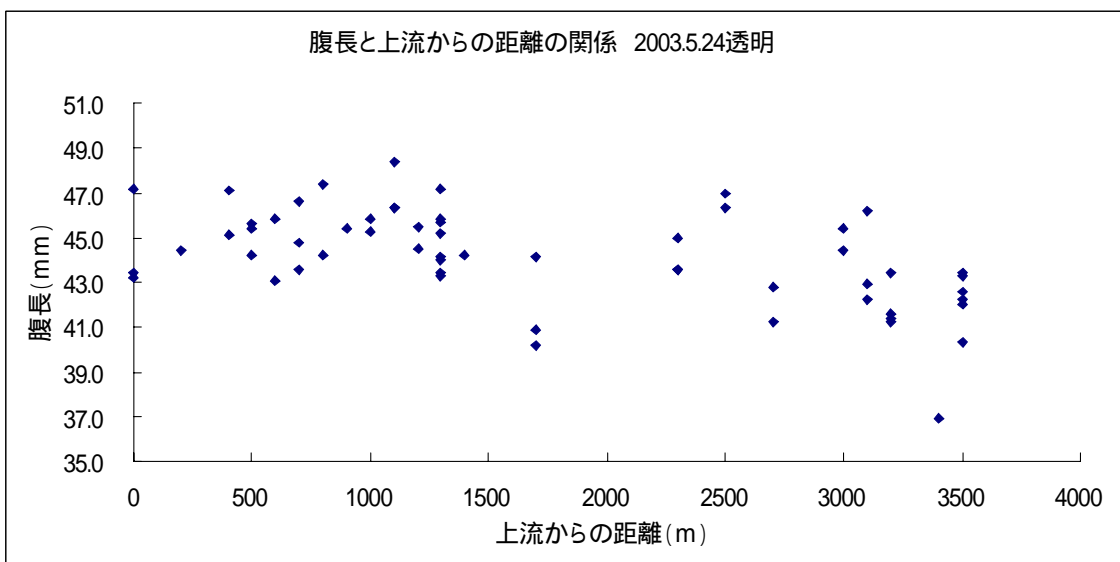


図 1 4 腹長と上流からの距離の関係 (2003.5.24 透明雄)

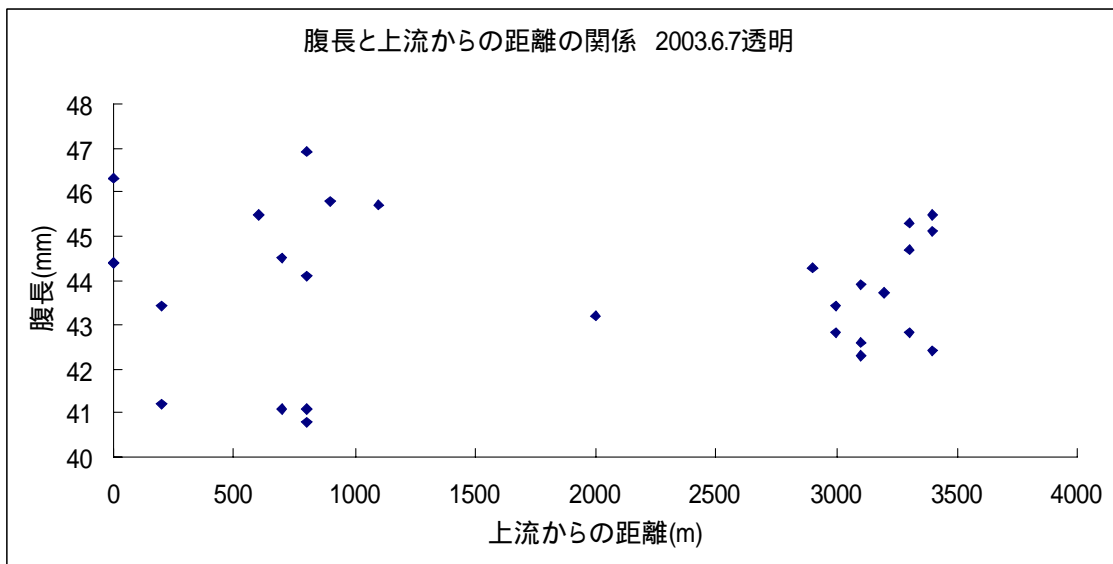


図 1 5 腹長と上流からの距離の関係 (2003.6.7 透明雄)

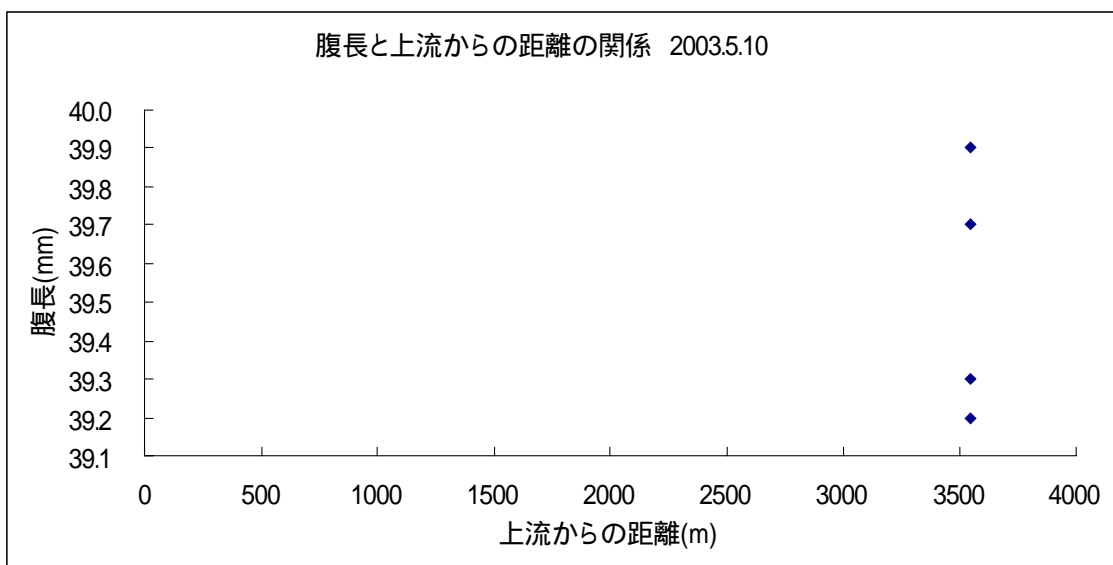


図 1 6 腹長と上流からの距離の関係 (2003.5.10 雌)

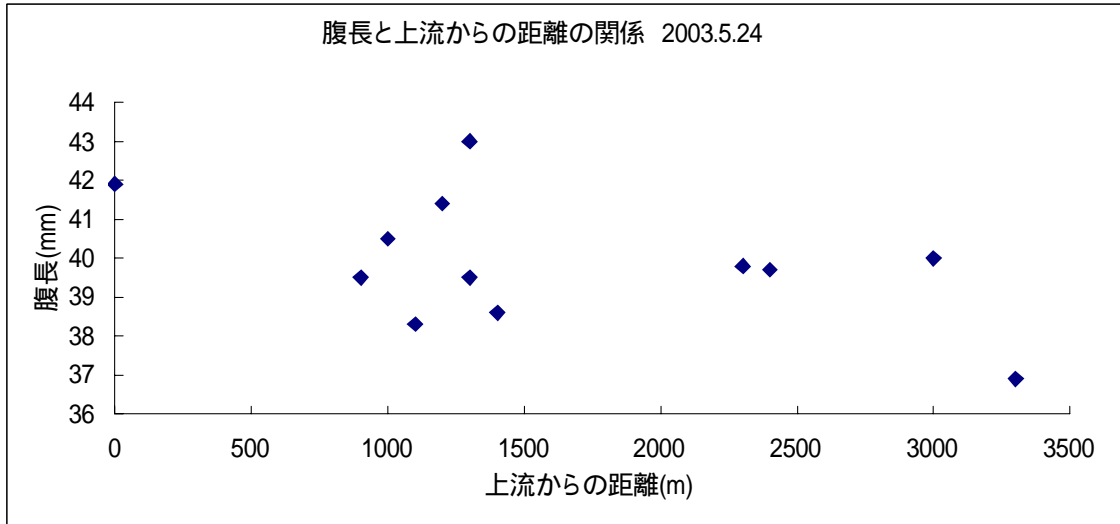


図 1 7 腹長と上流からの距離の関係 (2003.5.24 雌)

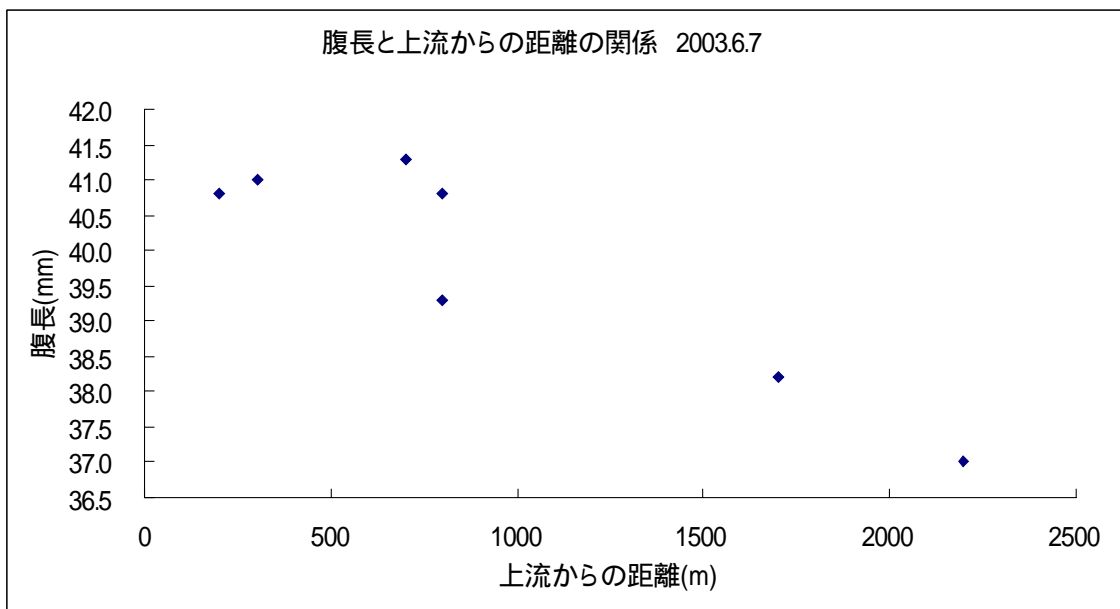


図 1 8 腹長と上流からの距離の関係 (2003.6.7 雌)

田口・渡辺()が明らかにしたとおり、本種は成虫になった後大きな移動はしないので、ある程度成虫の捕獲地点は羽化場所を反映していると思われる。ただし、比較上念のため同じ捕獲日に含まれる個体同士の羽化時期に大きな隔たりがでないように、極端に老化した個体についてはこれを除外した。

発生初期(5月10日)、橙色雄は調査範囲の中流域と下流域の二地点のみで捕獲され、橙色雄では個体数は少ないものの両地点を比較して、下流域の個体が小さい傾向が見られた。一方、透明雄では3地点で捕獲があったものの、上流からの距離と腹長の関係ははっきりしなかった。雌では下流の小仏関所脇付近一ヶ所で4個体が捕獲され、これらの個体間の腹長は39.2~39.7 mmとすべてが1 mm内におさまるばらつきの小ささを示した。

ピーク時(5月24日)になると、橙色雄では最上流部の起点ゼロm付近で大きな個体が捕獲されたが、それより下流では上流からの距離による体サイズの違いははっきりしなかった。透明雄では上流から約1500m地点までの体サイズはそれより下流の個体に比べて明らかに大きい傾向を示した。雌では、上流からの距離による違いははっきりせず、さらに発生初期とうってかわって36.9~43.0 mmと最大6.1 mmという大きなばらつきがみられた。

発生後期(6月7日)になると、橙色雄では捕獲個体数が少ないとはいえ、上流部0~1000mで42.4 mmと47.2 mmという極端に隔たった大きさの2個体が捕獲された。捕獲個体数の多かった透明雄でも上流部0~1000mで、40.8~41.2 mmに4個体が、そして43.4~46.9 mmに残り8個体が集中する形で二極化の傾向がみられた。一方、上流から3000m以上下流で捕獲された個体は、二極化することなく、むしろ42.3~45.5 mmの範囲にひとまとまりとなった。雌でも上流0~1000mで捕獲された4個体が40.8~41.0 mmというわずか0.2 mmの範囲に納まり、残り1個体が39.3 mmと離れた大きさであった。全体的に発生後期には成虫の体サイズは大きく2つに分かれる傾向がある。

2003年に北浅川と穴川で捕獲・計測したヒガシカワトンボ成虫の腹長を表1に示した。北浅川ではヒガシカワトンボの個体群密度が低く、あまり多数の個体を捕獲することはできなかった。また、橙色雄の割合は低かった。北浅川のサンプル数が少ないため両地点の体サイズを比較することは難しいが、透明雄において北浅川の方がやや大きい傾向がみられるとよいであろう。

表1 成虫の腹長 (mm ± S.E)

	穴 川	北浅川の駒木野
橙色雄	44.6 ± 0.2 (n = 64)	45.2 (n = 1)
透明雄	42.9 ± 0.3 (n = 47)	43.6 ± 0.8 (n = 6)
雌	39.2 ± 0.2 (n = 42)	40.5 ± 1.9 (n = 2)

次に穴川の成虫の体サイズを年一化性の基準サイズとして、これを南浅川で捕獲された個体の体サイズと比較した。橙色雄では調査日の三日間とも、上流域にみられた個体のうちの小型のもの、及び5月10日を除く下流域の個体の体サイズとおおむね一致した。5月10日の下流域個体とは体サイズが一致しなかったが、発生初期に下流側で比較的大きい個体が羽化してきたことによる。これはトンボ目としては一般的な現象であり、穴川のヒガシカワトンボもこれと同じ傾向があるので、両地点の発生初期の個体だけを抽出して比較すればこの不一致は解消される。

透明雄でもその傾向があり、5月10日の下流域の個体は一部が一致せず大きい傾向がみられたが、それも同時期の上流域の大型な個体よりは小さかった。多くのサンプルが得られた5月24日の透明雄については、約1700mより下流の個体と穴川の個体との体サイズがよく一致した。さらに、6月7日では上流域にみられた2つのグループのうちの小さいグループは、穴川よりもむしろ、小さい傾向を示した。

雌では5月7日、5月24日とも下流の個体はほぼすべて穴川と一致し、5月24日、6月7日の上流域の個体では比較的小さい個体と一致した。

考察

一般に昆虫のような変温動物では、活動性だけでなく成長速度もその生活空間の温度に規制されている。北半球では、高緯度地方へ行くほど温度の低下が進み、これにともなって有効積算温度量も少なくなる。年一化性の昆虫の場合、ついには一年で成虫に成るのに必要な有効積算温度量が得られなくなり、その生活史は二年にまたがったものになる。では、その境界域ではどのようなことが起こると推察できるであろうか。一年ぎりぎりでも有効積算温度に達している地域の個体は成長にゆとりがないだけに、ぎりぎりの体サイズ、

つまり小さな個体となるはずである。ところが、そのすぐ境界の向こうでは二年と一挙に得られる有効積算温度量に余裕が生まれる。つまり、体サイズは前者と比較して大なものとなることが予測される。実際、田口・渡辺（1993）はヒガシカワトンボ成虫の体サイズの比較より、気温の低い北海道の一世代に2年以上かかると思われる水温域の体サイズが、年一化性の地域よりも大きいことを報告している。

同一河川に生息するすべての個体が同一化性であるならば、一般に河川では源流域に近づくほど水温が低下するので、有効積算温度量は上流ほど少なり、それとともに上流の成虫ほど小さくなることが考えられる。南浅川の約 3.6 kmの範囲、4地点の水温の計測結果では、上下流で年平均において最大 0.6 度の温度差が確認された。しかも、著しい成長をとげる高温の季節（7～10月）のほとんどでは上流部ほど水温が低く、その差は最大で約2度にも達していた。一方、冬季の水温は発育ゼロ点かそれ以下と考えられ、その時期は上流の方がむしろ水温は高かった。つまり、年平均気温では計算上この差が相殺されてしまっている。実際には、上流と下流では、成長への影響という観点では、年間で実際に計測された平均水温の差以上の違いが生じていたとが考えられる。

過去10年以上前に中流域で採取された12月のヤゴサンプルの体長計測結果からは、双山型の頻度分布が見いだされ、その双山のうちの小さい方の山にみられる体サイズでは、年間を通して調べたヤゴの体長の変化から得た成長速度を考慮しても、羽化期である翌年5月までに成虫に達するとは考えられなかった。つまり、かつてはこの範囲の南浅川流域のヒガシカワトンボは2年一化性の生活史を送っていたに違いない。ところが、今回、分校脇でのヤゴの成長調査結果は基本的に年一化性を示した。少なくとも、現在、南浅川ではその下流域では、ヒガシカワトンボは年一化性の生活史を送っている。

河川に沿って上流へ向かうほど水温が低下する温度勾配が存在し、かつ餌条件が同じですべての個体が同一化性を送っているのなら、本種成虫の体サイズは上流へ向かうほど小さくなるはずである。また、より温暖な南方平野部にある穴川の個体と比べて、はるかに低温の南浅川の個体は小さいことが考えられた。ところが、上流から下流への成虫の体サイズの調査結果は必ずしもそのとおりにならなかった。発生初期、ピーク期には上流側ほど体サイズの大きな個体が見られたのである。また、穴川との比較においても、同様の結果となった。さらに、発生後期では特に上流域側において個体による体サイズの大きなばらつきが見られたのである。

有効積算温度の不足とともに成長も遅れている小さな幼虫は、その分羽化期を季節

の後ろへ延ばして成虫にいたる積算温度を確保する必要があるであろう。としたら、上流部のような低い水温域ほど、季節を遅れて、その年ぎりぎりまで成長をとげた年一化性の、小さな個体が出現しやすいことになる。実際、透明雄の発生後期において、上流域で発生初期、ピーク期から見られた大型の個体の他に、小さな個体の出現が観察された。下流域の個体はすでにヤゴの成長調査によりすべて年一化性であることが確認されている。としたら、同一水系でそこより緩い勾配で水温が低くなる上流域に出現したより小さな個体が、二年以上を費やして成虫となったグループとは考えられない。そこで、これらを同一の年一化性の世代としてみたところ、図 19 の下にある回帰直線が得られた。これが年一化性の生活史を送るヒガシカワトンボの上流から下流への温度勾配にそった体サイズの勾配と考えられよう。

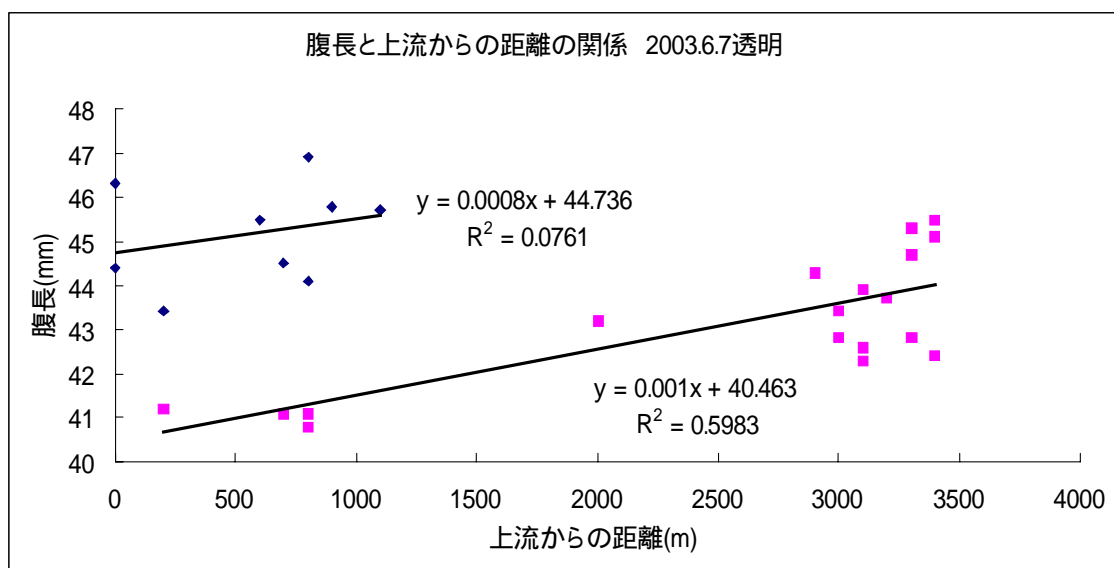


図 19 腹長と上流からの距離の関係と回帰直線 (2003.6.7 透明雄)

一方、穴川の年間の水温と成虫の体サイズと比較して、水温の低いしかも南浅川の上流に位置する地域で出現する大型の成虫グループは、有効積算温度の観点からいっても少なくとも一年で羽化したものとは考えにくい。おそらく、以前からの2年一化性を保ち続けている生活史グループと考えられる。

近年の気候温暖化の傾向は1989年以降顕著で(大島他, 1993)、この化性の変化がこうした背景のもと有効積算温度の増加にともなう温度上昇によってもたらされたことは十分

に説明がつく。気候温暖化にともない、南浅川ではヒガシカワトンボにとって下流域から一年で成虫になるのに足りる有効積算温度の領域が広がり、すでにその領域は上流部に達してしまっただと考えられる。しかも、その上流部では1年間で成虫になるのに必要な有効積算温度の境界域近くの状態にあると思われる。おそらく、個体の微妙な生理的変異の程度で年一化性と2年一化性の生活史が分けられている可能性がある。気候温暖化が及ぼす化性への影響は、一斉にその地域全個体に起こるのではなく、その境界域において両者の混在という形で進んでいることは間違いない。

D. グロスマン(2004)は一世紀近くにわたる父親の自然観察結果をもとに、地球の気候温暖化が鳥の渡りや繁殖時期といった生物季節を早ませ、捕食者と被食者などの関係を不一致にするミスマッチが生じ始めていることを指摘している。これが進めば、場合によっては特定生物の繁殖の低下や絶滅を招き、生態系へ著しい影響があるのではと危惧されている。南浅川のヒガシカワトンボでは、さらに化性の変化という基本的な生活史の部分にも気候温暖化が影響していることが明らかとなった。生活史の変化はその生物が依存する種、その生物に依存する種など、同生態系内の餌生物、捕食者などに多大な影響を及ぼす可能性があり、その大きさは場合によっては生物季節の前後によるミスマッチなどより、より深刻なものかもしれない。ヒガシカワトンボに起きているこの事実を、一生物のことと考えず、重く受け止めるべきものと考えられた。

引用文献

- 伊藤嘉昭他(1972)アメリカシロヒトリ, 中公新書
- 石井 実(1998)地球温暖化とチョウ類, 昆虫と自然. 33(14): 2~3.
- 大島康行(2003)理科年表環境編, 丸善株式会社
- 田口正男・渡辺守(1993)ヒガシカワトンボ幼虫の生活史, 日本昆虫学会誌. 61: 371~376.
- グロスマン, D(2004)早まる春・崩される生物たちのリズム, 日経サイエンス. 34(4): 66~73.
- Waage, J.K(1979) Reproductive character displacement in *Calopteryx* (Odonata: Calopterygidae). *Evolution*, Lancaster, pa., 33: 104 ~ 116.
- Watanabe, M & M. Taguchi (1990) Mating tactics and male wing dimorphism in the damselfly, *Mnais pruinosa costalis* Selys (Odonata: Calopterygidae). *J. Ethol.*, 8: 129~137.

「^{みなみあさかわりゅういき}南浅川流域^{せいかつし}のヒガシカワトンボ生活史^{きこうおんだんか}にみられる気候温暖化^{えいきょう}の影響」

(研究助成・一般研究 VOL.26-NO.150)

著者 ^{たくち}田口 ^{まさお}正男

発行日 2005年3月31日

発行者 財団法人 とうきゅう環境浄化財団

〒150-0002

東京都渋谷区渋谷1-16-14 (渋谷地下鉄ビル内)

TEL (03) 3400-9142

FAX (03) 3400-9141