

学 位 論 文

香川県産カスミサンショウウオの産卵に水深が及ぼす影響
－水深から考える保護方法－

Effects of water depth at spawning sites on clutch size and clutch number of
Hynobius nebulosus in Kagawa, Japan
－ The protection methods considered from the water depth －

07G121

檜原 大明

平成 19 年度入学

香川大学大学院教育学研究科修士課程 教科教育専攻 理科教育専修

指導教員

松本 一範

目 次

ページ数

目 次

要 旨	・ ・ ・ 01
1. はじめに	・ ・ ・ 02
2. 材料と方法	
2-1. 材 料	・ ・ ・ 03
2-2. 調 査 地 点	・ ・ ・ 03
2-3. 方 法	
2-3-1. 卵に関する調査	・ ・ ・ 05
2-3-2. 幼生に関する調査	・ ・ ・ 07
3. 結 果	
3-1. 卵に関する調査	・ ・ ・ 08
3-2. 幼生に関する調査	・ ・ ・ 10
4. 考 察	・ ・ ・ 11
謝 辞	・ ・ ・ 14
引用文献	・ ・ ・ 15
付表・図	・ ・ ・ 16

要 旨

香川県産のカスミサンショウウオ *Hynobius nebulosus* は絶滅危惧Ⅱ類に指定されている。本種の生息地で 2005 年，2006，及び 2008 年の 3 回，産卵数および産卵環境の調査を行った。2005 年以降の本種の卵嚢数，総産卵数，及び卵嚢に含まれる卵数は減少傾向にある事がわかった。

卵嚢数，総産卵数，及び卵嚢に含まれる卵数の年変動と産卵水域の環境要因の年変動との関係を調べたところ，前者の年変動と卵嚢を産み付ける水深の年変動が連動しており、卵嚢及び卵数は卵嚢を産み付ける水深が浅くなれば低下する傾向にある事がわかった。また産卵場所の最大水深が 30cm 以上の地点では、卵嚢を産み付ける水深の変動は大きいですが、卵嚢に含まれる卵数の変動は小さかった。つまり卵嚢を産み付ける水深が大きく変動しようとも、最大水深が 30cm 以上あれば安定した卵数を得られる可能性があるということがいえる。また産卵場所の最大水深が 5cm 以下では産卵がほとんど確認できなかったことと、卵嚢を産み付ける水深や、産卵数の変動は産卵場所の周辺環境、COD、及び水温と関連がなかったことから、産卵場所の水深を 30cm 以上にすることで、産卵場所や産卵数の減少を防ぐ事ができると考えた。また 2005 年と 2008 年に、孵化後の幼生の生存数や生息環境を調べた結果、上陸まで安定した水深を保ち続ける事が幼生の生存にとって重要であるとわかった。

以上のことから、産卵場所や産卵数の減少を防ぎ、次世代の個体数を確保するためには、産卵期(2-4月)の産卵場所の水深を 30cm 以上にし、幼生が上陸する 8 月まで安定した水深を保ち続ける事が重要だといえる。

1. はじめに

カスミサンショウウオ *Hynobius nebulosus* は有尾目サンショウウオ科に属する日本固有種で、本州西部，四国，九州の平野から低山にまで広く分布している（佐藤，1943）。本種は卵嚢を止水，または緩やかな流れのある水中に産み付ける。孵化した幼生は水中で生活し，亜成体となった個体は陸上に上がり，産卵場所近くの林床で生活する（夏原ほか，2002）。

四国では、香川県と愛媛県においてカスミサンショウウオの生息が確認されている（佐藤，1943）。香川県では 1930 年代に三豊地方の沖積平野の田畑に生息していた（佐藤，1943）。また篠原（2006-a）は，かつては県南部の塩江村，美合村，財田村，坂出市の平野部，「各種溶岩をのせた山塊群」の山麓一帯に普通に生息していたと述べており，香川県の平野部を中心に広く生息していた事が伺える。しかし現在では生息地の減少に伴い，主に平野部では本種の生息は確認されていない。カスミサンショウウオの産卵には，水域が不可欠であるため，住宅地の広がりや圃場整備による産卵場所の減少・消失が，その地点のカスミサンショウウオの存続に大きな影響を与えていると考えられている（篠原 2006-a）。さらに篠原（2006-b）は，香川県のカスミサンショウウオの生存や繁殖に影響を及ぼす環境要因（pH，COD， PO_4 ， NO_2 ，水温，水深，水域面積）について詳しい検討をしており，産卵場所の水深が産み付けられる卵嚢数に影響する事を示唆している。

榎原（2007）は，1つの卵嚢に入っている卵の数が 2005 年から 2006 年にかけて，減少傾向にあることを確認している。本研究では 3 年間の野外調査に基づき，様々な環境要因（pH，COD，水温，水深等）の変化と卵嚢数，卵数の変化との関係を調べ，卵数の低下の原因を主に水深の変化との関係に注目し考察する。さらに，香川県のカスミサンショウウオの保護に関して，個体数の維持の観点から保護方法を提案する。

2. 材料と方法

2-1. 材料

カスミサンショウウオ *Hynobius nebulosus* は、2月～4月上旬頃にかけて、100個前後の卵が入っているバナナ状の卵嚢を一对、水中に産み付ける（図1）。孵化した幼生は、4月～8月頃まで水中で生活し、ミジンコやユスリカ幼虫など水生動物を捕食し、成長する（夏原ほか、2002）。変態し亜成体となった個体は陸上に上がり、産卵場所近くの林床で、節足動物やミミズ等を捕食する。雌は生後3年で性成熟し、寿命は約10年である（夏原ほか、2002）。現在では多くの生息地で個体数が減少しており、香川県では絶滅危惧Ⅱ類に分類されている。

2-2. 調査地点

調査地点は、篠原（2006-b）によって定められた27地点で行った（図2）。調査地点は、篠原（2006-b）と同じように4つの群に区別した。すなわち、A地点群（ため池とその周辺14地点）、B地点群（谷川6地点）、C地点群（用水路3地点）及び、D地点群（湧水4地点）である。

A地点群（ため池とその周辺14地点）

ため池（図3）が4地点、ため池周辺の枡（図4）が4地点、ため池周辺の側溝（図5）が6地点である。「枡」とは、汚水や廃水を流す排水管（下水管）にゴミや汚泥が流れ込み詰まる事を防ぐ目的で、配水管の曲点や合流部に埋設された蓋付の四角形の箱を示す。ゴミや汚泥などは、その箱に溜まり水だけが配水管を流れる。調査地の枡は全て蓋が無く、コンクリート製である。側溝の底層は土が5地点、コンクリート製が1地点である。

B地点群（谷川6地点）

幅5m以内の谷川の小さな水たまり（図6）で、水深は1m未満である。水底には砂や礫が堆積している。

C地点群（用水路3地点）

雨水や用水路の水が流れる水路の途中にできた水たまり(図 7)で、水深は全て 50cm 未満である。コンクリート製の用水路が 1 地点、コンクリート製の枡が 1 地点、残り 1 地点は土でできている。

D 地点群 (湧水 4 地点)

湧き水がたまった小さな水たまり (図 8) で、水深は全て 50cm 未満である。底層がコンクリート整備されているものには地点名 A～D のあとに K を記し、五色台の地点には地点名 A～D のあとに G を記した。

地点名の次に K (コンクリートの用水路や枡 9 地点)

篠原 (2006-a) において多数のカスミサンショウウオの生息が確認された水域であり、底層が全てコンクリートで作られた地点である (図 4, 7)。水底には砂や土が堆積している。作られてから数年は経過していると推測される。

地点名の次に G (五色台周辺 6 地点)

平野部の山塊 (五色台) にある産卵確認地点である (図 6, 8)。谷川のたまりが 3 地点、用水路のたまりが 1 地点、湧水のたまりが 2 地点である。

2-3. 方法

2-3-1. 卵に関する調査

卵嚢調査は、2006 年においては 2 月 27 日から 4 月 8 日まで、2008 年においては 2 月 11 日から 4 月 19 日にかけて行った。2005 年については、篠原（2006-b）のデータを用いた。

水域内に存在している卵嚢を目視で数え、卵嚢数とした。卵嚢を水で張ったバットにいれ、中にある卵数を目視で数えた。一対の卵嚢の 2 つの袋に入っている卵数を平均し、片卵嚢中の卵数を算出した。データ分析には各地点で確認した全卵嚢の平均値を用いた。

卵嚢数及び、卵数の変化と環境要因の関係を調べるため、水質(COD)、水温、卵嚢水深、最大水深及び、水域面積を測定した。COD（化学的酸素要求量）は、各地点で確認された卵嚢付近の水を採取し、採取直後に市販のパックテスト（株式会社 共立理化学研究所 型式 WAK-COD）を用いて調べた。水温は、卵嚢が確認された水深に水温計を 3～5 分間沈め測定した。同地点で別の日に繰り返し卵嚢を確認した場合、確認した卵嚢の数が最も多かった日の水温を、その地点の水温とした。卵嚢水深は、水面から卵嚢が付着している位置までを金属性のメジャーを用いて測定した（最小目盛り 1mm）。香川県の降水量は、調査時期である 2 月下旬から 4 月上旬では非常に少なく（図 9）、調査地点の水量が大幅に変動することはないと考えられることと、調査期間を通じて、各地点での卵嚢水深の値に大幅な変動が見られないこと（表 1）から、最も多く卵嚢を確認した時点で測定した値を、その地点での卵嚢水深とした。最大水深については、水面から底までの深さを金属性のメジャーを用いて測定した。ため池などの地点では、水域内に入り測定することに危険が伴うため、A1, A3 地点では測定を省いた。水域面積については、複雑な形の水域は、水域をいくつかの三角形に分け、その三辺の長さを巻尺を用いて測ることにより、三辺測量を用いて計算した（最小目盛り 0.01 m）。柵のような方形の水域については、縦横の長さをもとに計算した（最小目盛り 0.01m）。篠原（2006-b）によると、 PO_4 、 NO_2 濃度は全地点において 0ppm だったので、本研究では測定を省いた。また pH につい

ては、2005 年、2006 年ともに平均 6.6 と同じ値をとり、有意差は認められなかった（U 検定， $Z=0.475$ ， $P=0.635$ ）ので 2008 年の調査では測定を省いた。

各調査項目の値の幅と平均は、表 2 に示した。各調査項目において 3 年間の値を統計分析にかけ、年間の変動を検討した。その分析に先立って、Bartlett 検定を用いて各調査項目の分散の均一性を検定した。その結果、卵嚢数、総卵数、片卵嚢中の卵数、最大水深、COD は分散が均一であったが、卵嚢水深、水域面積、水温は分散が不均一であったため、今回はすべての項目で Friedman 検定（ノンパラメトリック検定）を用いて比較した。多重比較には Wilcoxon の順位符号検定を用い、Bonferroni の方法で P 値を補正した。

卵嚢数、総卵数、および片卵嚢中の卵数の変化と産卵環境の変化の関係を探るため、以下の操作を行った。①卵嚢数、総卵数及び、片卵嚢中の卵数において、それぞれの多重比較で有意な差が認められた年と年の間で各地点の調査項目ごとに値の差を求めた。②年間で同じ変動を示しているもの（ともに増加、減少、変化なし）のグループ（同変動型）と、違う変動を示しているグループ（異変動型）の 2 グループに分けた（図 10）。③同変動型、異変動型の数を数え、比較した 2 つの調査項目では、どちらの変動が顕著かを示すために、 χ^2 適合度検定を行った。

また卵嚢数、総卵数、および片卵嚢中の卵数のそれぞれの年と年の差と卵嚢水深・COD の年と年の差の関係を明らかにするため、各調査項目それぞれについて Spearman の順位相関係数を求めた。その結果、有意な相関が認められた片卵嚢中の卵数と卵嚢水深の間の同変動型を、卵嚢水深の変動が 10cm 以上のものと 10cm 未満のもの 2 群に分け、最大水深や周辺環境を比較した。また、片卵嚢中の卵数で有意な差が認められた 2005 年と 2006 年の間、2005 年と 2008 年の間の卵嚢水深の差を求め、その値の大小と周辺環境や地点の位置との関係性を調べた。

2-3-2. 幼生に関する調査

幼生調査は、2008年に4月19日から8月4日にかけて行った。2005年については、篠原（2006-b）のデータを用いた。幼生数は、プラスチック製の枠（20×27cm）を用いて水域を仕切り、その中を網で3回すくう操作を別の場所で3回繰り返し、採集数を合計し算出した。幼生の採集は、各地点3箇所、幼生が潜んでいそうな場所を選んで行った。水質、水温は幼生を採集した場所で、卵嚢調査で行った方法と同様に測定した。水深は、幼生を採集した地点の水面から水底までを、金属製のメジャーを用いて測定した（最小目盛り1mm）。

総卵数と幼生数の関係を見るために、各地点の総卵数と、その地点で最後に卵嚢が確認された時から約1ヶ月後の幼生数を比較した。

なお幼生の発育状態や上陸時期を調査するため、A11地点とDG3地点から幼生を6個体採取し、実験室の水槽で飼育した。それらの地点については、幼生に関する調査のデータから省いた。

3. 結 果

3-1. 卵に関する調査

全 27 調査地点中，卵嚢が確認された地点数は 2005 年では 23 地点，2006 年では 19 地点，2008 年では 14 地点で減少傾向にあった（図 11）。確認された卵嚢の総数は 2005 年では 178 対，2006 年では 154 対，2008 年では 99 対，確認された卵の総数は 2005 年で 25463 卵，2006 年で 16668 卵，2008 年で 9775 卵であり，卵嚢数，総卵数ともに減少傾向にあった。篠原（2006-b）は，最大水深が 5cm 以下のときには産み付けられる卵嚢数が少なくなることを指摘しており，2008 年の調査で産卵が確認できなかった 13 地点中，最大水深の測定を省いた地点を除く 12 地点で，最大水深が 5cm 以下だった地点が 6 地点と半数を占めている。残り 6 地点においては，2006 年と 2008 年の間で最大水深に有意な差が認められた（2006 年：平均 \pm SD=56.40cm \pm 35.80，2008 年：平均 \pm SD=37.50cm \pm 28.02，Wilcoxon， $Z=2.023$ ， $P=0.043$ ）。

各調査地点で 3 年間の卵嚢数，総卵数，及び片卵嚢中の卵数の変化を見ると，3 つの項目ともに有意な変動が認められた（図 12，13，14）。卵嚢数には多重比較による年間の差は認められなかったが，2005 年と 2008 年の差はほぼ有意であった（Wilcoxon， $Z=2.296$ $P=0.06$ $n=26$ ）（図 12）。総卵数では 2005 年と 2006 年の間（ $Z=2.743$ $P<0.05$ $n=27$ ）及び 2005 年と 2008 年の間（図 13）に，そして片卵嚢中の卵数では 2005 年と 2006 年の間及び 2005 年と 2008 年の間に有意な差が認められた（図 14）。

各調査地点の年と年の卵嚢数，総卵数，及び片卵嚢中の卵数の値の増減と環境要因（卵嚢水深，最大水深，水域面積，COD，水温）の値の増減との関係をそれぞれ分析した結果，総卵数の増減と卵嚢水深の増減の間においては，同変動型の数と異変動型の数の間に有意な偏りが見られ，両者が連動する傾向にあった（表 3）。卵嚢数の増減，および片卵嚢中の卵数の増減と卵嚢水深の増減の間にも，有意ではないが連動する傾向があった。おそらく標本数が少ないために同変動型と異変動型の割合に

有意な偏りが出ないという可能性が考えられる。また片卵囊中の卵数と COD の間でも同変動型の数と異変動型の数の間に有意な偏りがあった（表 3）。これは COD の値が変化せずとも片卵囊中の卵数が減少したため（図 15 の D），異変動型の割合が大きくなったためである。

各調査地点の年と年の，卵囊数の差，総卵数の差及び，片卵囊中の卵数の差と卵囊水深の差との相関関係をそれぞれ分析したところ（図 15），片卵囊中の卵数と卵囊水深が共に減少している地点群においてのみ負の相関が見られた（図 15 の B）。これは卵囊水深の変動が大きいものほど，片卵囊中の卵数の変動は小さくなることを示している。また片卵囊中の卵数の差と卵囊水深の差が共に減少している地点群で，卵囊水深の変動が 10cm 以上の地点と 10cm 未満の地点に分け，その 2 地点群間で最大水深と周辺環境を比較した。卵囊水深の変動が 10cm 以上の地点の最大水深の値（min=30cm max=100cm 平均値±SD=54.0cm±26.8 n=5）は，卵囊水深の変動が 10cm 未満の地点の最大水深の値（min=5cm max=35cm 平均値±SD=15.8cm±9.8 n=13）に比べ，有意に大きかった（U 検定、U=0 p=0.001）。また卵囊水深の変動が 10cm 以上の全ての地点では，最大水深が 30cm 以上になっていたが、卵囊水深の変動が 10cm 未満の地点で最大水深が 30cm を越えていた地点は 13 地点中 2 地点だけであった。これは最大水深が 30cm 以上と深いところほど，卵囊水深の変動が大きいことを示している。最大水深と片卵囊中の卵数の変動との関係を見ると，最大水深が深いほうが片卵囊中の卵数の変動が小さい傾向にあった（図 16）。

片卵囊中の卵数で年間の有意な差が認められた 2005 年と 2006 年の間では A 地点群（ため池とその周辺）については卵囊水深の変動が少ないように見られるが，2005 年と 2008 年の間では地点群と卵囊水深の変動に関係は認められず，両年間通してみると，卵囊水深の変動と周辺環境には関連はないと考えられる（図 17）。卵囊水深の変動が 10cm 以上の地点は A 地点群が 1 地点，B 地点群が 2 地点，C 地点群が 0 地点，D 地点群が 2 地点，卵囊水深の変動が 10cm 未満の地点は A 地点群が 8 地点，B 地点群が 1 地点，C 地点群が 2 地点，D 地点群が 2 地点と，卵囊水深

の変動が 10cm 未満の地点の方が 10cm 以上の地点に比べて、A 地点群（ため池とその周辺）がやや多い事がわかる。卵囊水深と地点の位置については、2005 年と 2006 年の間では讃岐山脈に位置する地点で、卵囊水深の差が 10cm 未満の地点が 12 地点であったが、2005 年と 2008 年を比較すると、卵囊水深の差が 10cm 未満の地点が 4 地点と、非常に少なくなっており（図 18）、讃岐山脈付近の産卵地点では卵囊水深が変化しやすいことが分かった。

5-2. 幼生に関する調査

2008 年の調査で幼生が確認できた地点は、A2, AK6, BK1, CK1, CK2, DG2 の 6 地点で、4 月上旬から 8 月上旬まで幼生が確認された（図 19）。確認された幼生の数を見ると、4 月から 8 月にかけて幼生数が減っていく様子が分かる（図 20）。これは幼生が変態し、上陸した為であると考えられる。実験室で飼育していた個体は、8 月下旬には全ての個体が上陸した。

幼生数と総卵数の間には、正の相関関係が見られた（図 21）。これは総卵数が多い地点は幼生数も多いことを示している。

AK6 地点において、2008 年 5 月 7 日に COD が 50ppm と非常に高い値を記録したが、幼生は生存しており、その後の 2008 年 6 月 4 日の調査でも生存が確認された。幼生の生息できる温度の限界（高温限界）は、篠原(2006-b)によると約 20℃である。しかし DG2 地点で 7 月 22 日に 23.5℃を記録し、幼生を 11 匹確認した。DG2 地点は、その後の 8 月 4 日に水域が完全に干上がってしまい、幼生は確認できなくなった。

4. 考 察

産卵が確認された地点が3年間で減少していることは、香川県におけるカスミサンショウウオの生息地がなくなりつつあることを示している。最大水深が5cm以下の地点ではほとんど卵嚢を確認できなかったことから、産卵場所での水位の低下が産卵場所の減少に繋がっていると考えられる。

産卵場所ごとの総卵数が減少しているのは、その地点での卵嚢数の減少と片卵嚢中の卵数の減少が要因と考えられる。一方が増加すると他方も増加する、一方が減少すれば他方も減少するというように、卵嚢数、総卵数、および片卵嚢中の卵数の増減と卵嚢水深の増減は連動する傾向にあった。従って卵嚢数、片卵嚢中の卵数の減少は、卵嚢水深の低下と関係していると考えられる。卵嚢数は、一腹一卵のカスミサンショウウオにおいて産卵に参加した雌の数を表している。森・夏原(2004)は、幼生が水位低下による渇きのストレスに対し、変態時期を早めるといった適応能力を有していることを述べており、成体の雌も産卵場所の水位の低下を察知する能力を有しているならば、水位の低下を感じ取り、産卵するかどうかを選択している可能性が考えられる。片卵嚢中の卵数と卵嚢水深を結びつける要因として、Wells(2007)は、何種かのカエルで水の多い年と乾いた年で産卵数と卵の大きさに違いがあることを紹介しており、カスミサンショウウオもこれらのカエルと同様に水量の変化に合わせて産卵数を調節する能力を有している可能性がある。また、片卵嚢中の卵数に直接影響を及ぼす可能性がある要因として餌量が考えられる。*Rana temporaria*などのカエル類では産卵数の年変化に、産卵期間の前の期間に捕食した餌量が関わっている可能性が示唆されている(Wells, 2007)。産卵場所の栄養状態と水量が関係しているとすれば、栄養状態の悪化が片卵嚢中の卵数の低下に影響している可能性が考えられる。しかし藤谷・伊原(2006)は、カスミサンショウウオの卵数および卵の体積は、頭胴長、体重および肥満度と有意な相関は無いと述べている。どのような要因から卵嚢数、片卵嚢中の卵数の変化と卵嚢水深の変

化が連動するかは今後の研究で明らかにするほか無いが、産卵場所での水位の低下が産卵場所の減少だけでなく産卵数の減少にも影響しているようである。

卵嚢数と総卵数の増減は卵嚢水深の増減と連動しているが、卵嚢数、総卵数の年間の差と卵嚢水深の年間の差には有意な相関は認められなかった。つまり両者の増減の程度は関係なく、前年と比べて卵嚢水深が増えたか減ったかということが卵嚢数と総卵数の増減に関係しているということである。また片卵嚢中の卵数の年間の差と卵嚢水深の年間の差については、負の相関があった。これは卵嚢水深が大きく減少しているところほど、片卵嚢中の卵数はあまり変化しないことを示している。もともと最大水深が 30cm 未満の地点の方が卵嚢水深の変化が少ない地点が多く、最大水深が 30cm 以上の地点は卵嚢水深が変化しやすい所であり、そのような地点では片卵嚢中の卵数の変化はあまり無いということになる。また、卵嚢水深の変化が少ない地点は A 地点群に多い。これは、A 地点群には廃棄水田の側溝など、もともと最大水深の浅い地点が多いからだと考えられる。また卵嚢水深の変動は、調査地点の位置関係から見ると、讃岐山脈付近の地点の卵嚢水深が変動しやすくなっている。さらに今回の調査から、COD の変動は卵嚢数などに影響を及ぼしていないと考えられる。

以上のことを踏まえると、香川県全体での卵嚢数や卵数の減少は、産卵場所の水深の低下による影響が最も大きいといえる。篠原(2006-b)は、カスミサンショウウオの産卵場所を確保するためには、水深を人為的に 5cm 以上に掘り下げる必要があると述べているが、30cm 以上に掘り下げることで、産卵場所の確保と合わせて安定した産卵数を確保でき、よりカスミサンショウウオの保護に繋がると考えられる。

一般的に言われているカスミサンショウウオの COD の限界値は 13ppm である(篠原, 2006-b)が、幼生調査ではため池とその周辺のコンクリート整備された地点では、COD が 50ppm と非常に高い値になりやすく、その様な地点でも幼生の生存が確認された。篠原(2006-b)の調査でも AK5 地点で 5 月に COD が 50ppm, AK6, AK8 地点で 6 月に COD が 50ppm を

記録しており，AK6，AK8 地点では確認された幼生数は少なかったものの，生存を確認している。これは環境省がまとめた水質汚濁に係わる環境基準の農業用水の基準値 5ppm と比較しても，非常に高い値である。また高温限界の 20℃を超えても幼生が生息しているのを確認した。DG2 地点においては，8 月 4 日に水域が完全に干上がってしまうまで幼生が確認できた。DG2 地点が干上がった時点で，DG2 地点の幼生と同等の成長段階にあった実験室での飼育個体はまだ上陸していなかったため，DG2 地点の幼生は全滅してしまったと考えられる。これらのことから香川県のカスミサンショウウオの幼生の COD や水温の変化に対する耐性は，一般的に言われるものよりも高いのではないかと思われる。今回の調査結果を踏まえ，篠原(2006-b)により報告された香川県のカスミサンショウウオの幼生の限界値を補正すると，最大水深が 5cm 以上，水温が 3 月下旬～7 月下旬まで 7～約 23℃，pH は 5.5～8.5，COD が 13ppm 以下(限界値は約 50ppm)である。

各地点での総卵数と幼生数の関係を見ると，卵が多いところほど幼生が多い事が分かる。しかし，幼生が多く生き残っていたとしても DG2 地点のように上陸前に水域が干上がってしまうと，その地点の幼生は全滅してしまう。カスミサンショウウオの保護のため，上陸する幼生数を確保し次世代の個体数を維持するためには，2 月からの産卵期の水深を 30cm 以上に掘り下げ，産卵場所と安定した産卵数を確保し，幼生が上陸するまでの半年間，安定した水深を維持し続けることが非常に重要だといえる。

謝 辞

今回の報告をまとめるにあたり、調査方法の指導、調査への同行をしていただき、また貴重な調査資料をいただいた丸亀市立飯山南小学校教諭 篠原望氏、ならびに論文作成の際にご指導いただいた香川大学教育学部生物学研究室名誉教授 金子之史氏、准教授 松本一範氏及び、2006年の調査に同行いただいた筒井俊輔氏に御礼を申し上げます。

引用文献

- 藤谷武史 伊原禎雄 (2006) 名古屋市産カスミサンショウウオの一腹卵数と体サイズの観察, 爬虫両棲類学会報 (1), 要旨集, 70.
- 樫原大明 (2007) 2年間のカスミサンショウウオの産卵の変化, 香川大学教育学部理科学研究室卒業論文.
- 森啓彰 夏原由博 (2004) カスミサンショウウオの幼生期間における水位低下と水温, 捕食者の影響について, 爬虫両棲類学会報 (1), 3-11.
- 夏原由博 三好文 森本幸裕 (2002) メタ個体群存続可能性分析を用いたカスミサンショウウオの保護シナリオ, ランドスケープ研究 65(5), 523-526.
- 佐藤井岐雄 (1943) 日本産有尾類総説, 日本出版社, 21-433.
- 篠原望 (2006-a) 香川県におけるカスミサンショウウオの現在の分布, 香川県自然科学館研究報告 27, 長期研修生の部, 1-4.
- 篠原望 (2006-b) 香川県におけるカスミサンショウウオの生息環境の分析, 香川県自然科学館研究報告 27, 長期研修生の部, 5-12.
- Wells, K. D. (2007) The Ecology and Behavior of Amphibians, The University of Chicago press, 508-509.

表 1. 各調査地点の卵嚢水深 (2008 年)

地点名	卵嚢水深			
	min(cm)	max(cm)	差	平均(cm)±標準偏差(n)
A1	2.0	3.0	1.0	2.43±0.51(3)
A2	3.1	3.1	0	3.10 (1)
A3	—	—	—	—
A4	—	—	—	—
AK5	30.0	34.0	4.0	32.00±2.82(2)
AK6	5.0	5.0	0	5.00(1)
AK7	—	—	—	—
AK8	—	—	—	—
A9	—	—	—	—
A10	—	—	—	—
A11	18.0	18.0	0	18.00(1)
A12	—	—	—	—
AK13	—	—	—	—
A14	—	—	—	—
BK1	1.0	18.0	17.0	9.50±12.59(2)
BK2	15.0	15.0	0	15.00(1)
BG3	4.5	4.5	0	4.50(1)
BG4	—	—	—	—
BG5	—	—	—	—
B6	—	—	—	—
CK1	15.0	20.3	5.3	17.65±3.75(2)
CK2	3.7	3.7	0	3.70(1)
CG3	3.0	3.0	0	3.00(1)
D1	—	—	—	—
DG2	3.0	3.5	0.5	3.25±0.35(2)
DG3	3.1	3.1	0	3.10(1)
D4	7.0	7.0	0	7.00(1)

データ内の平均値は、卵嚢を確認した時点での全卵嚢を平均したもの。複数回にわたって卵嚢を確認した場合には、その全ての日の平均値を平均した。

データの「—」は、卵嚢が確認できず測定不能だった地点を示す。

表 2. 3 年間の卵嚢調査の結果

	年	最小値	～	最大値	平均±SD(n)
卵嚢数(対)	2005	0	～	18	6.59±5.03(27)
	2006	0	～	20	5.70±6.26(27)
	2008	0	～	21	3.81±5.37(26)
総卵数(個)	2005	0	～	3028	934.04±746.08(27)
	2006	0	～	2640	617.30±724.55(27)
	2008	0	～	1519	375.92±497.79(26)
片卵嚢中の卵数(個)	2005	55.5	～	127	81.44±17.38(22)
	2006	19.1	～	89.5	55.33±18.12(19)
	2008	31.5	～	76.8	52.66±14.25(14)
卵嚢水深(cm)	2005	2	～	95	16.40±19.77(23)
	2006	0.5	～	76	16.37±18.07(19)
	2008	1	～	34	9.39±9.31(14)
最大水深(cm)	2005	3	～	100	22.00±21.19(27)
	2006	3	～	94	29.31±27.21(26)
	2008	0	～	80	17.33±19.84(23)
水域面積(m ²)	2005	0	～	76.8	11.17±21.35(27)
	2006	0	～	96	11.40±21.83(26)
	2008	0	～	255.5	18.09±52.33(26)
COD(ppm)	2005	0	～	13	5.75±2.95(24)
	2006	0	～	13	6.04±2.67(27)
	2008	0	～	10	5.68±2.80(22)
水温(°C)	2005	3.8	～	10.8	7.55±1.93(24)
	2006	4.3	～	10.3	7.33±1.49(27)
	2008	3.6	～	15.2	8.58±3.66(22)

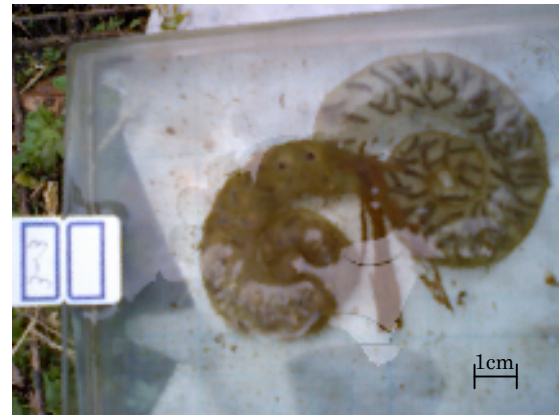
表 3. χ^2 適合度検定の結果

		同変動型	異変動型	χ^2	P 値
卵嚢数	卵嚢水深	10	3	3.769	0.0522
	最大水深	12	11	0.044	0.8348
	水域面積	12	13	0.040	0.8415
	COD	9	10	0.053	0.8185
	水温	8	11	0.474	0.4913
総卵数	卵嚢水深	21	10	3.903	0.0482
	最大水深	25	24	0.020	0.8864
	水域面積	20	30	2.000	0.1573
	COD	16	27	2.814	0.0934
	水温	16	27	2.814	0.0934
片卵嚢中の卵数	卵嚢水深	18	11	1.690	0.1936
	最大水深	12	15	0.333	0.5637
	水域面積	15	13	0.143	0.7055
	COD	6	24	10.800	0.0010
	水温	12	18	1.200	0.2733

値は、片卵嚢中の卵数において有意な差が出た年と年(図 14)の間の変動型の数を合計したもの。



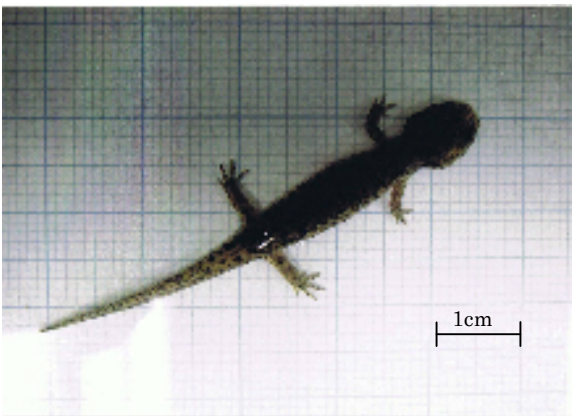
A



B



C



D



E

図 1. カスミサンショウウオと卵囊

- A : カスミサンショウウオの卵囊
- B : カスミサンショウウオの卵囊 (尾芽胚が含まれている)
- C : カスミサンショウウオ幼生
- D : カスミサンショウウオ亜成体
- E : カスミサンショウウオ成体

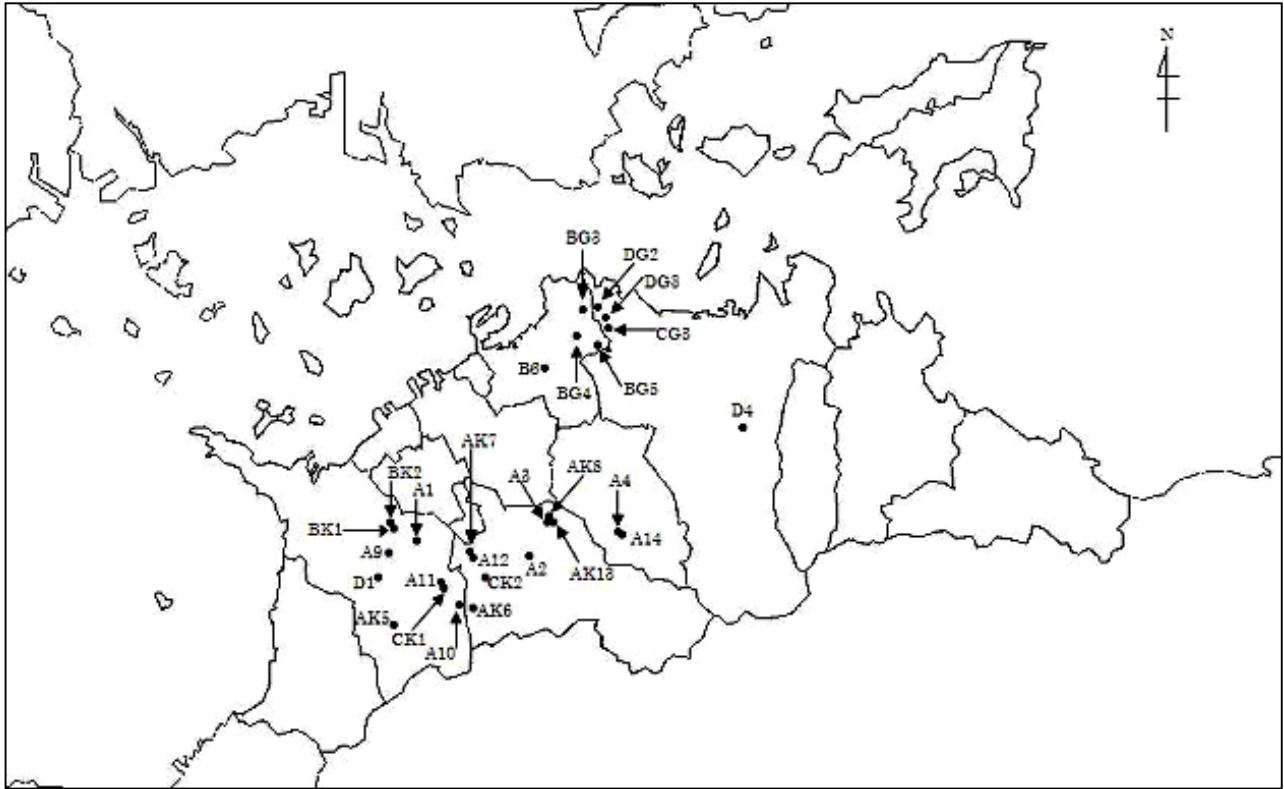


図 2. 全 27 調査地点

アルファベットは、その地点の環境を表す。

A ; ため池とその周辺 (14 地点)

B ; 谷川 (6 地点)

C ; 用水路 (3 地点)

D ; 湧水 (4 地点)

K ; コンクリートの用水路や柵 (9 地点)

G ; 五色台周辺 (6 地点)



図 3. A 地点群の代表的な調査地 (A4 : ため池)

底層は土でできている。写真左上部の“ゆる”から水をぬき、
下流の水田へ水をひいている。



図 4. A 地点群の代表的な調査地 (AK5 : ため池周辺のコンクリート柵)

写真下方にため池有り。ため池側の上流から撮影した。

COD は 10 前後であったが、表面に油が浮いている。



図 5. A 地点群の代表的な調査地 (A9 : ため池周辺の側溝)

廃棄水田の側溝。写真左上側にため池があり、土手から染み出した水が溜まっている。

2008 年の調査では、水が干上がった。



図 6. B 地点群の代表的な調査地 (BG3 : 五色台の谷川)

写真上部の土管から、谷川の水が流れ込んできている。



図 7. C 地点群の代表的な調査地 (CK1: コンクリート整備された用水路)

休耕田の横を通っており、谷川から澄んだ水が流れ込んでいる。



1



2

図 8. D 地点群の代表的な調査地 (1)DG2 : 五色台の湧水, (2)DG3 : 五色台の湧水)

1, 2 共に五色台の湧き水の溜まりで写真上部から湧き水が滴り落ちている。

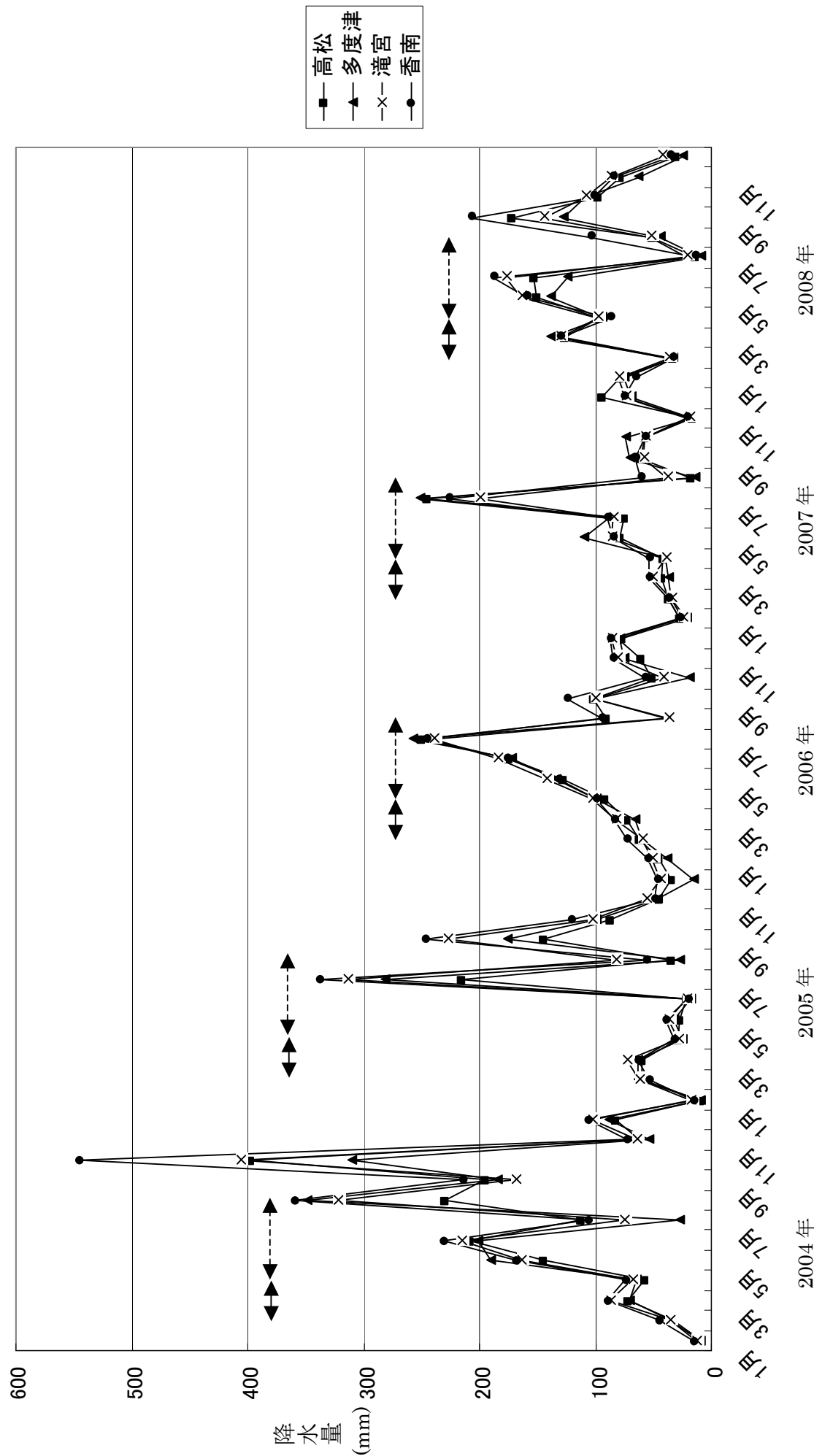


図9. 調査地点周辺の降水量

図中の矢印は、実線が卵嚢を確認できる期間、破線が幼生を確認できる期間を表す。

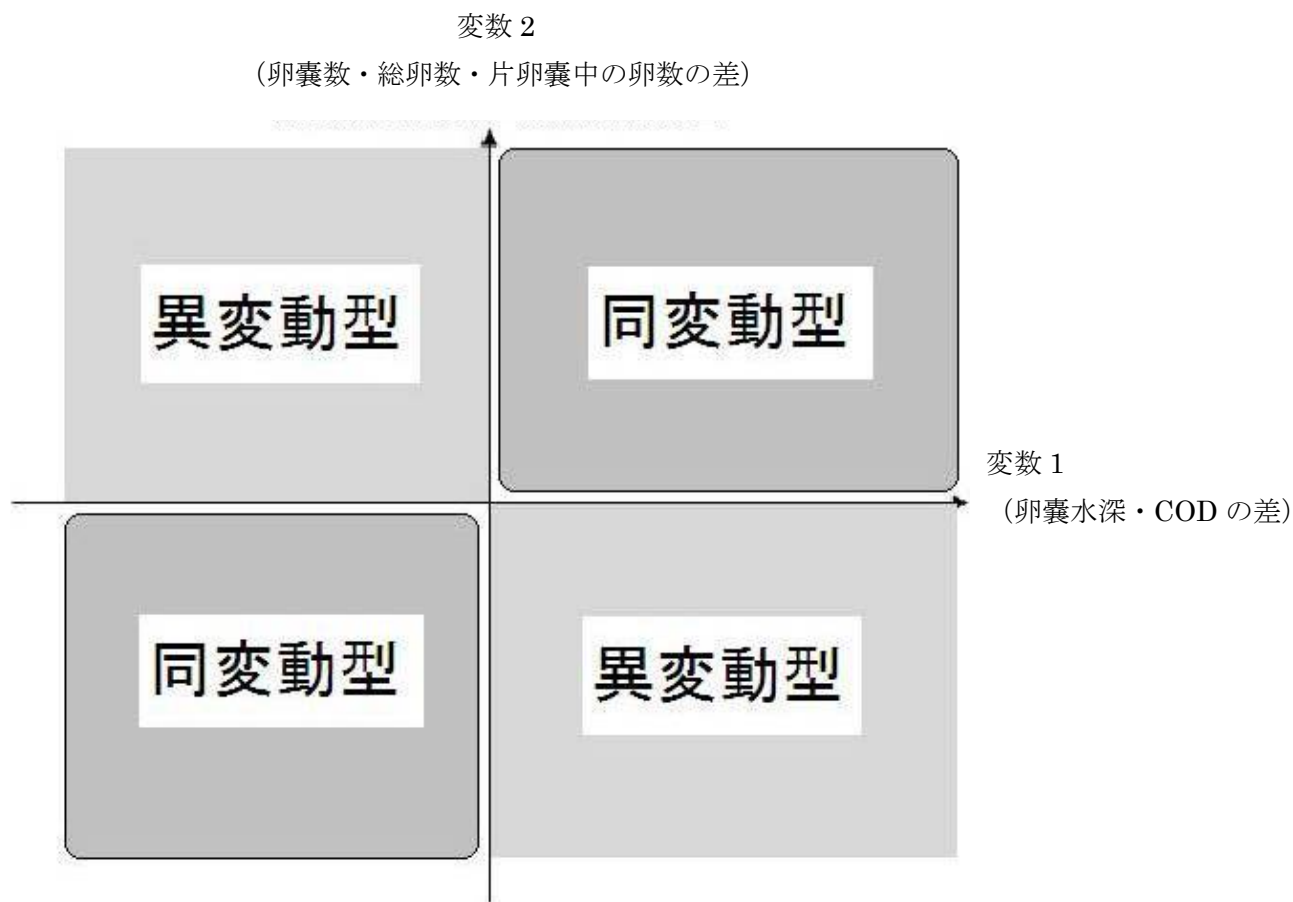
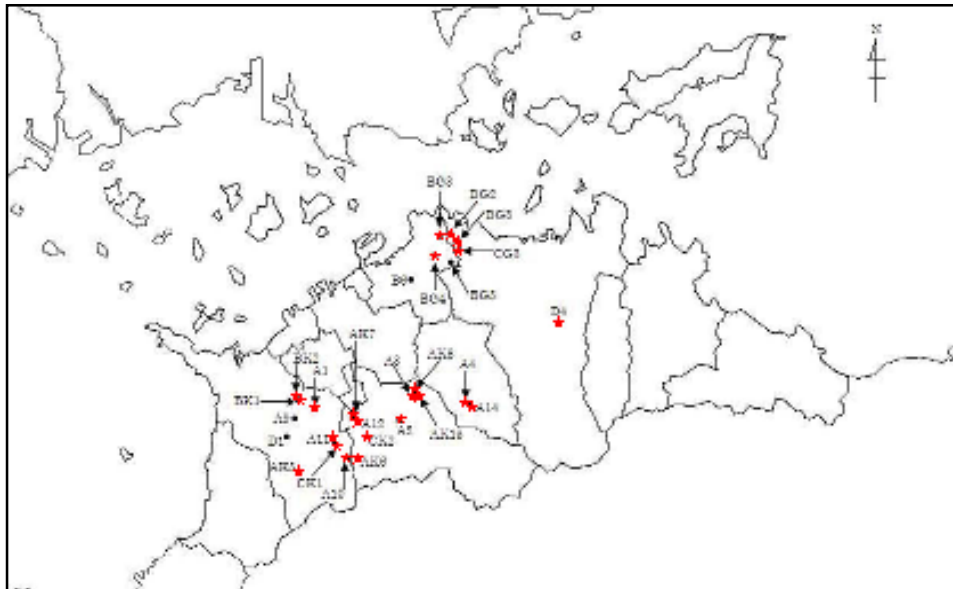


図 10. 同変動型と異変動型

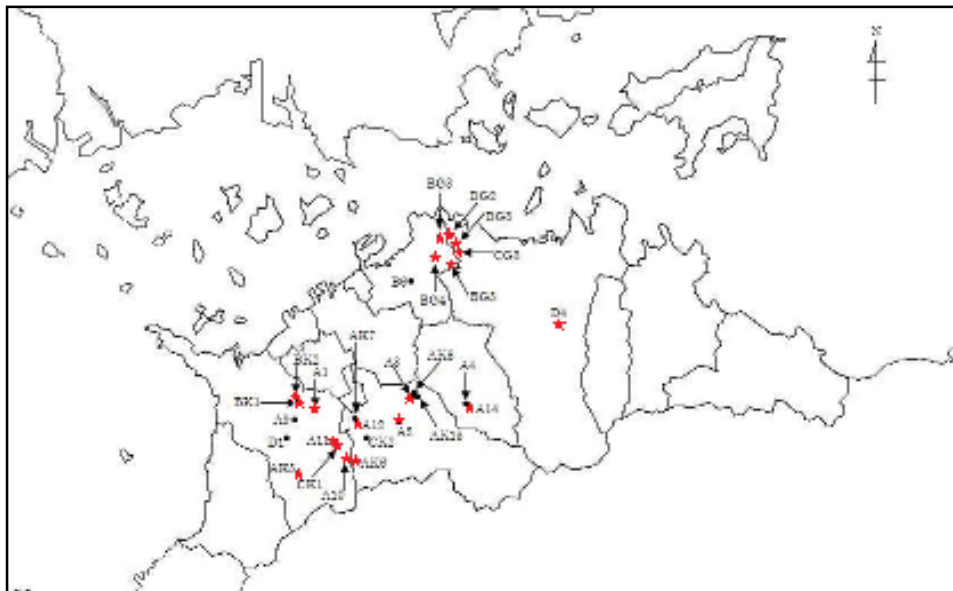
同変動型は変数 1 (卵囊水深・COD の年と年の差) と変数 2 (卵囊数・片卵囊中の卵数・総卵数の年と年の差) がどちらとも増加, どちらとも減少, 両方とも変化なし, の 3 系統を含んでいる。

異変動型は変数 1 と変数 2 の一方が増加・他方が減少, 一方のみが増加または減少・他方変化なし, の 2 系統を含んでいる。

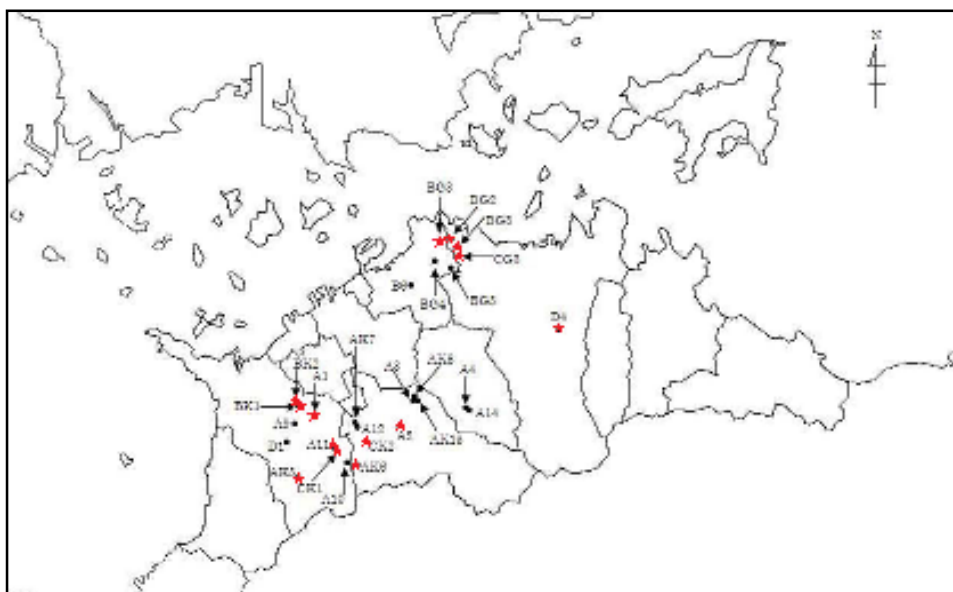
2005 年



2006 年



2008 年

**図 11. 卵囊が確認された地点**

赤色の星印の地点が卵囊が確認された地点を表す。

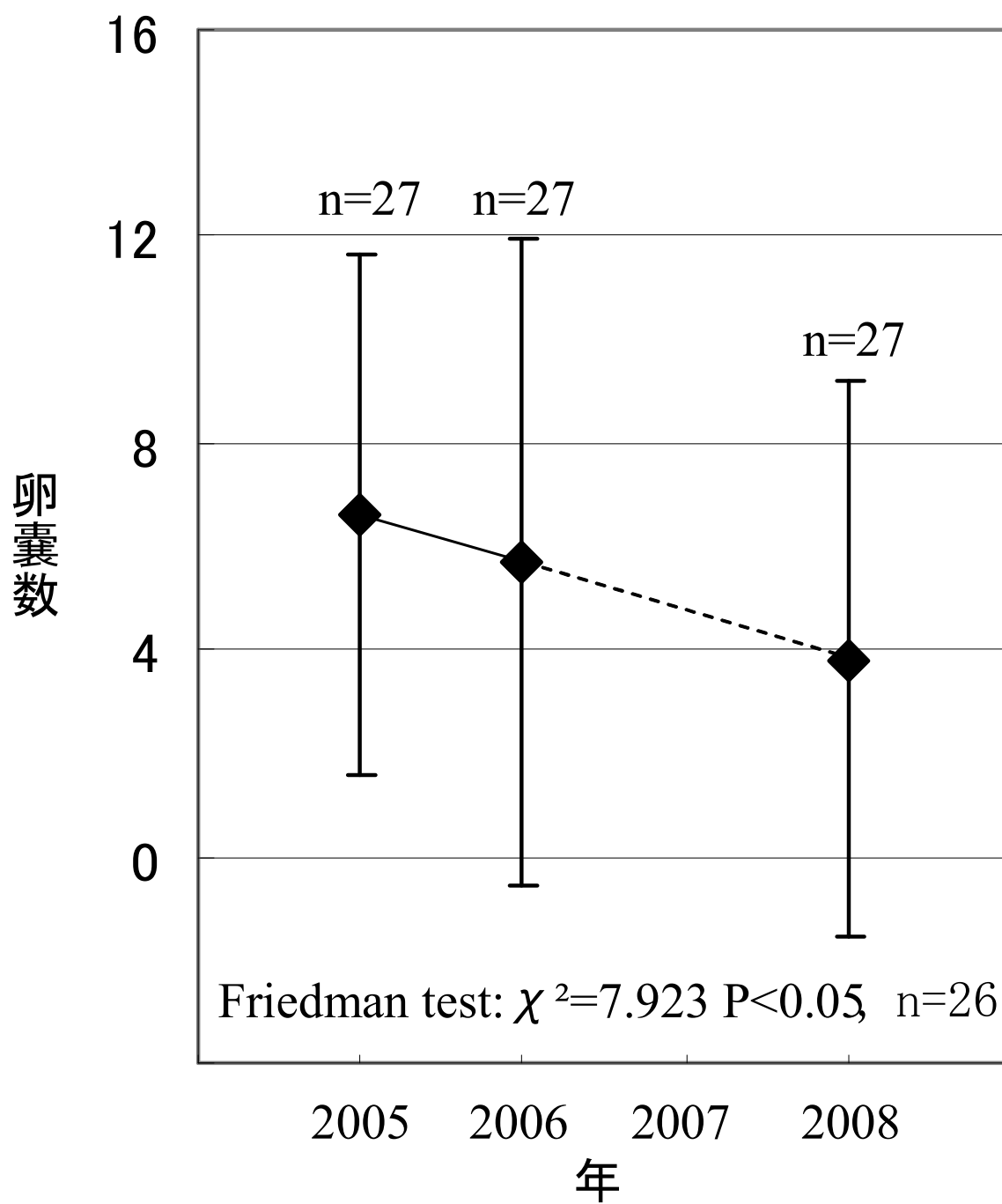


図 12. 調査地点全体における卵嚢数の変化

四角は平均値を，バーは標準偏差を示す。

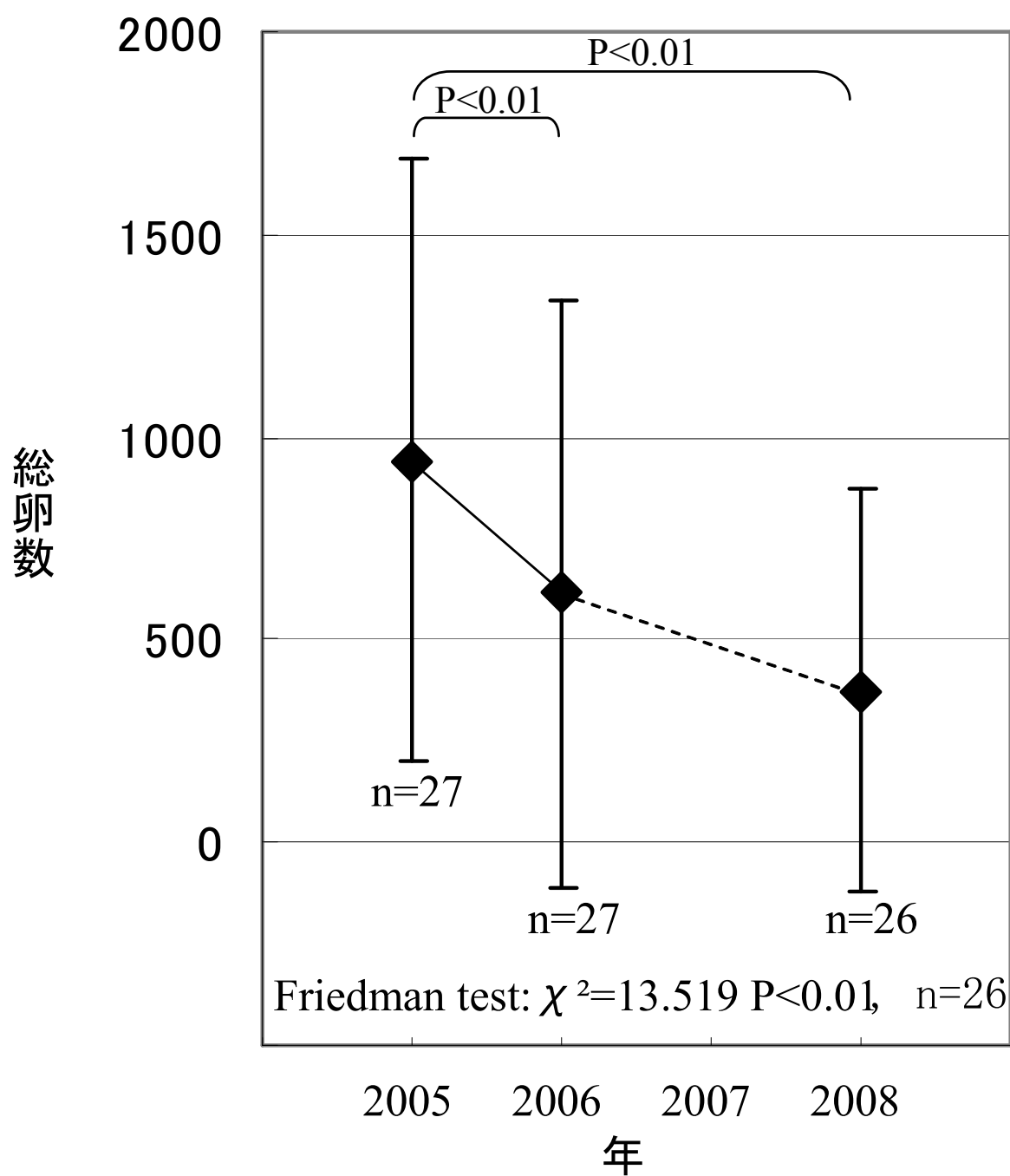


図 13. 調査地点全体における総卵数の変化

四角は平均値を、バーは標準偏差を示す。

「」は多重比較により有意な差が認められた年と年の間を表す。

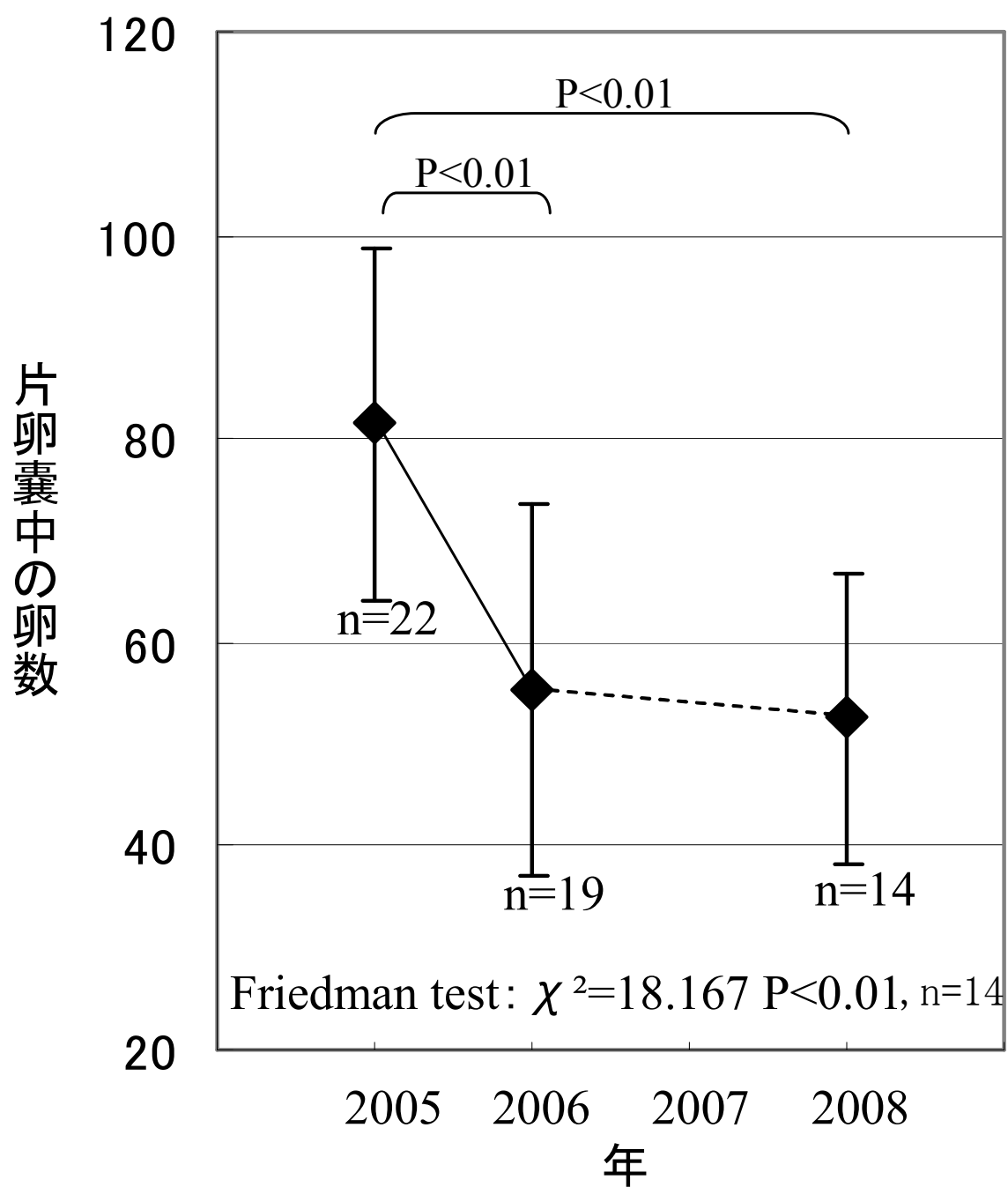


図 14. 調査地点全体における片卵嚢中の卵数の変化

四角は平均値を，バーは標準偏差を示す。

「」は多重比較により有意な差が認められた年と年の間を表す。

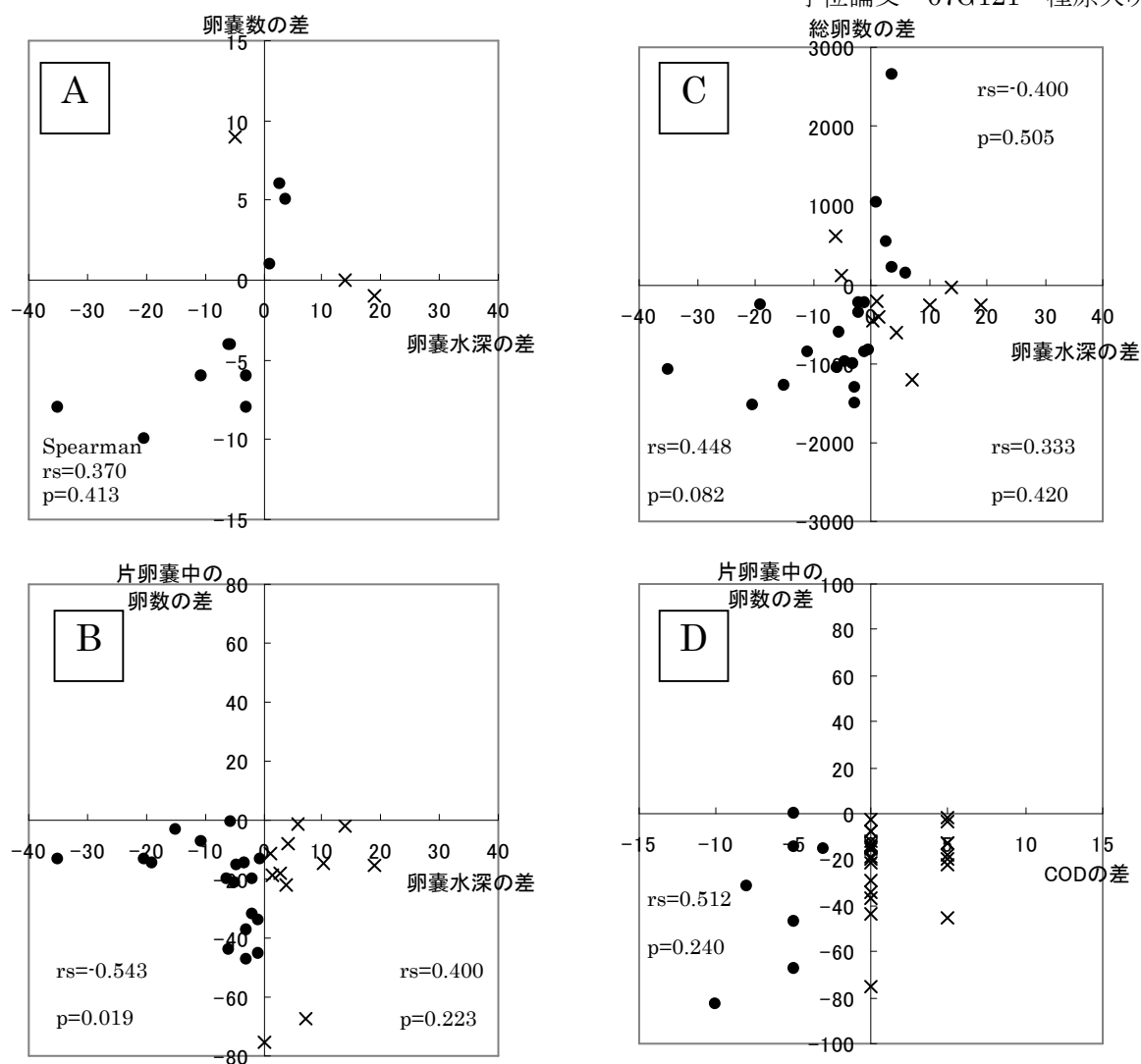


図 15. 卵嚢水深・COD の変動と卵嚢数・総卵数・片卵嚢中の卵数の変動の相関

A : 卵嚢数の差と卵嚢水深の差。値は有意な差が認められた 2005 年と 2008 年の間の差を使用。

B : 片卵嚢中の卵数の差と卵嚢水深の差。値は有意な差が認められた 2005 年と 2006 年の間の差と 2005 年と 2008 年の間の差を使用。

C : 総卵数の差と卵嚢水深の差。値は有意な差が認められた 2005 年と 2006 年の間の差と 2005 年と 2008 年の間の差を使用。

D : 片卵嚢中の卵数の差と COD の差。値は有意な差が認められた 2005 年と 2006 年の間の差と 2005 年と 2008 年の間の差を使用。

●は同変動型, ×は異変動型。

rs:Spearman の順位相関係数

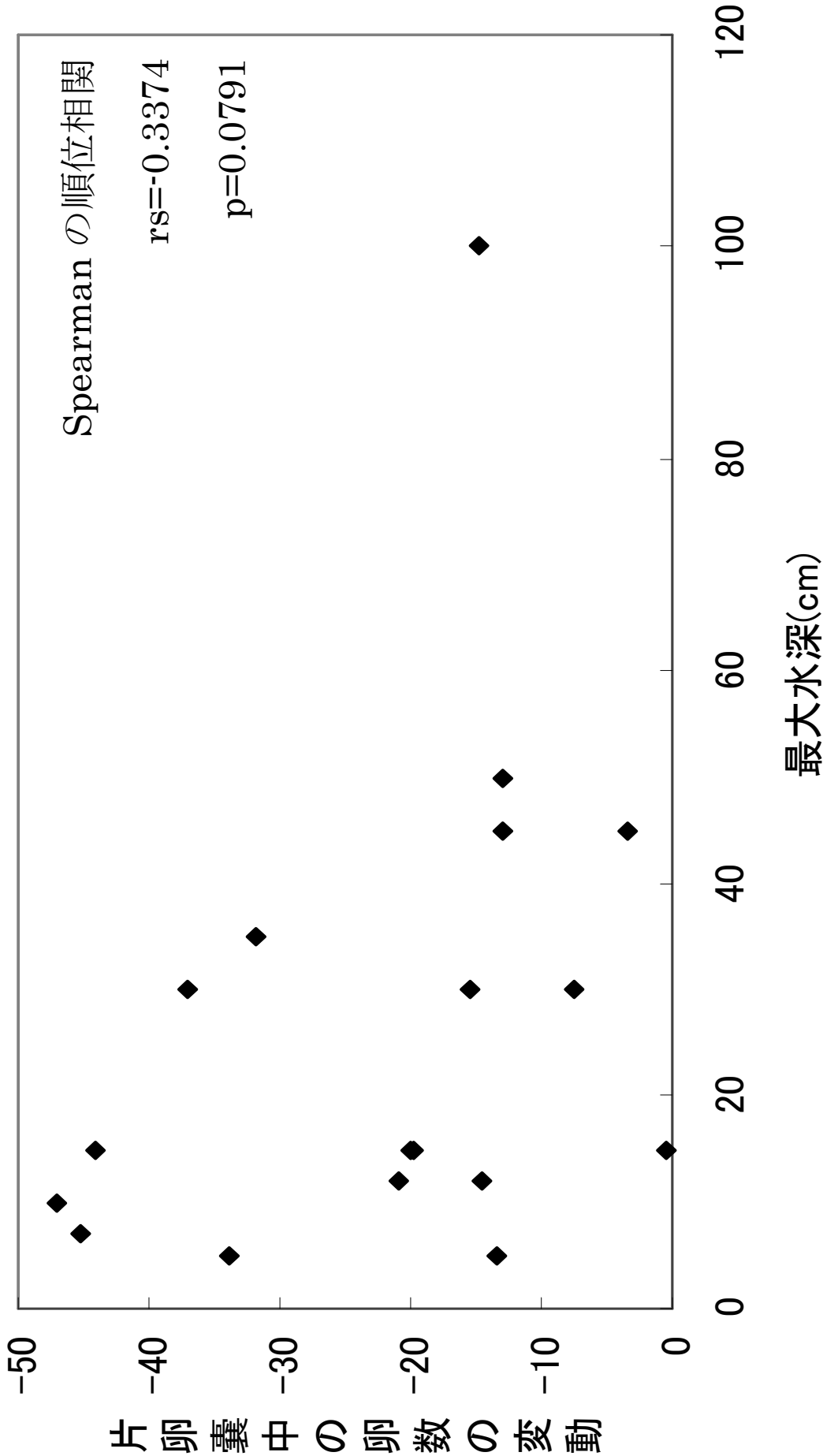


図 16. 片卵囊中の卵数と最大水深の関係

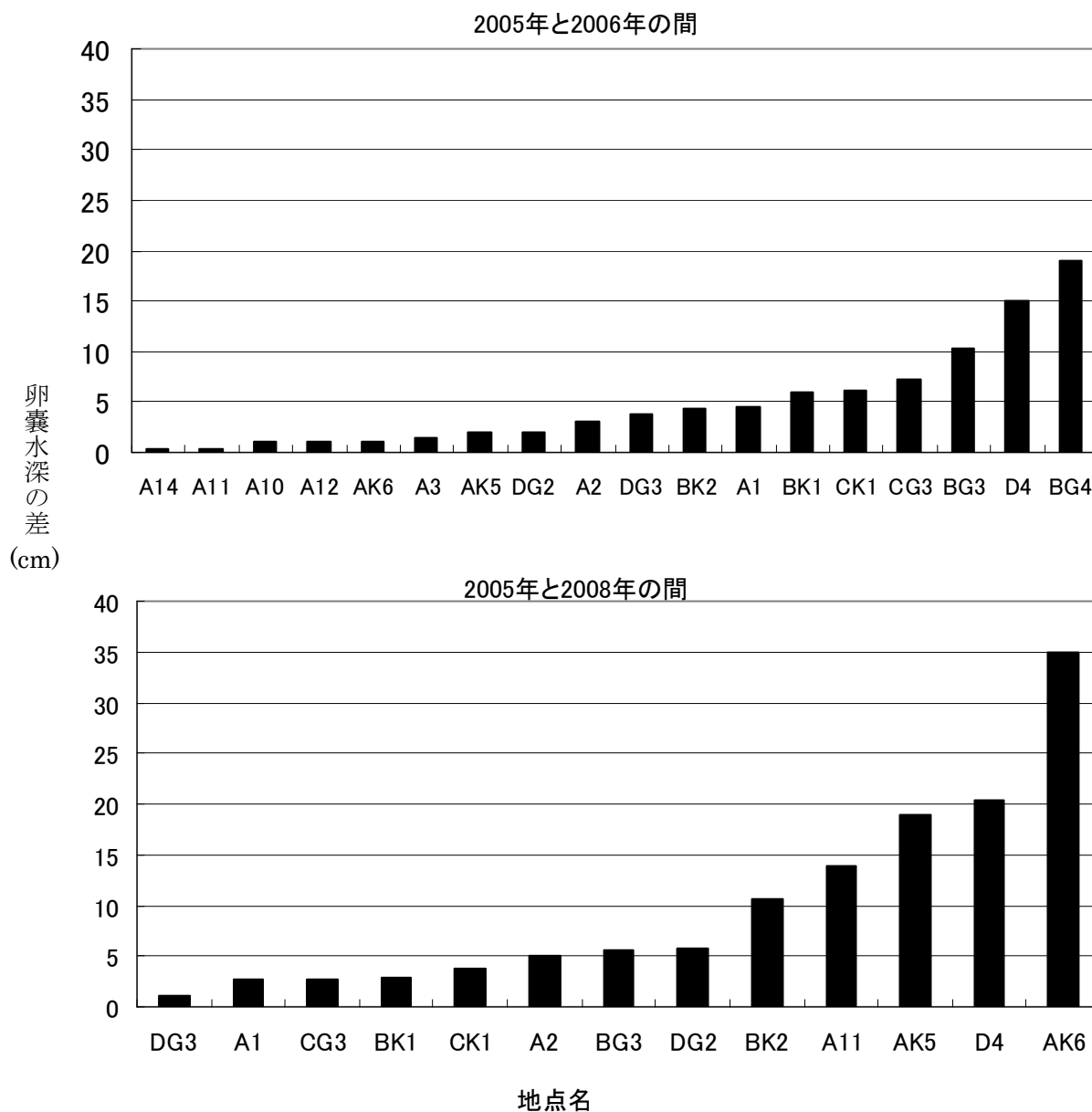
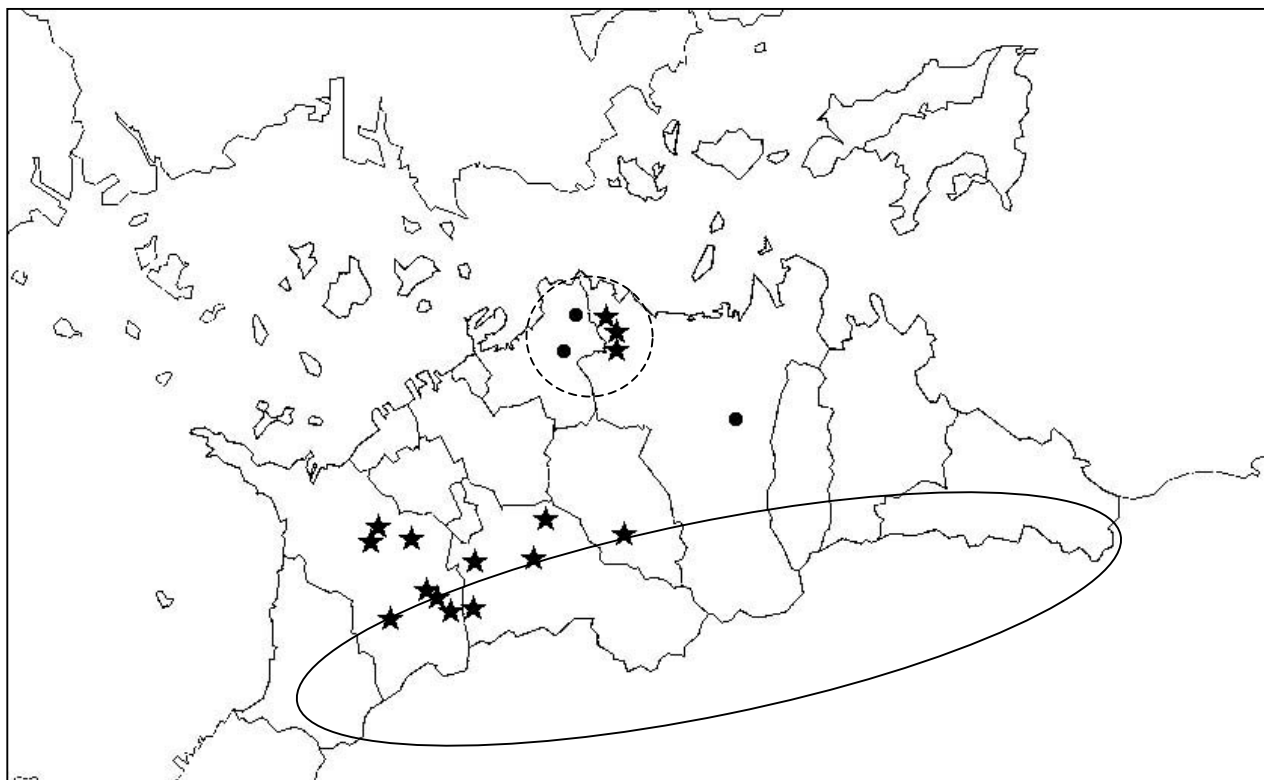


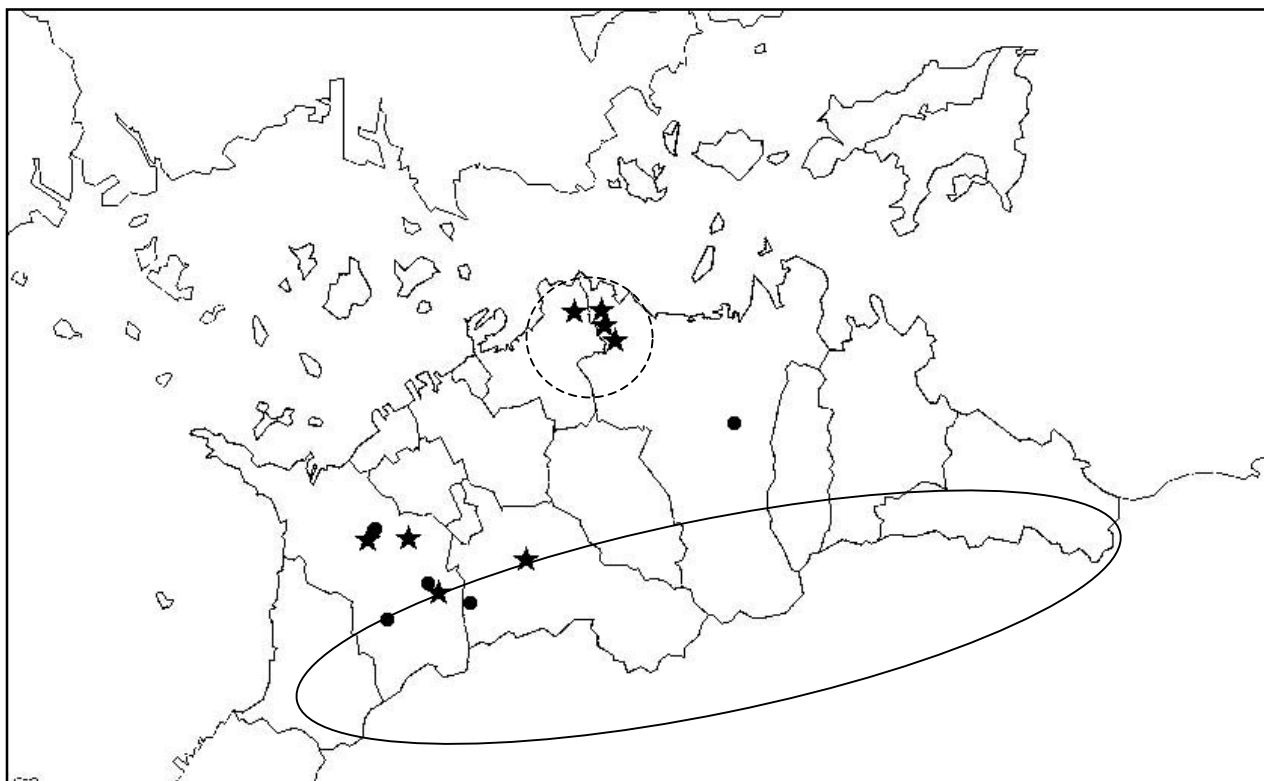
図 17. 各調査地点における卵嚢水深の差

片卵嚢中の卵数の差で、2006 年と 2008 年の間は、Wilcoxon の検定で有意な差が認められなかったため、比較からは省いた。

2005 年と 2006 年の間



2005 年と 2008 年の間

**図 18. 卵囊水深の差と調査地点の位置関係**

●は比較した年と年の間の卵囊水深の差が 10cm 以上であった地点。

★は比較した年と年の間の卵囊水深の差が 10cm 未満であった地点。

実線で囲った範囲は讃岐山脈周辺。

破線で囲った範囲は五色台周辺。

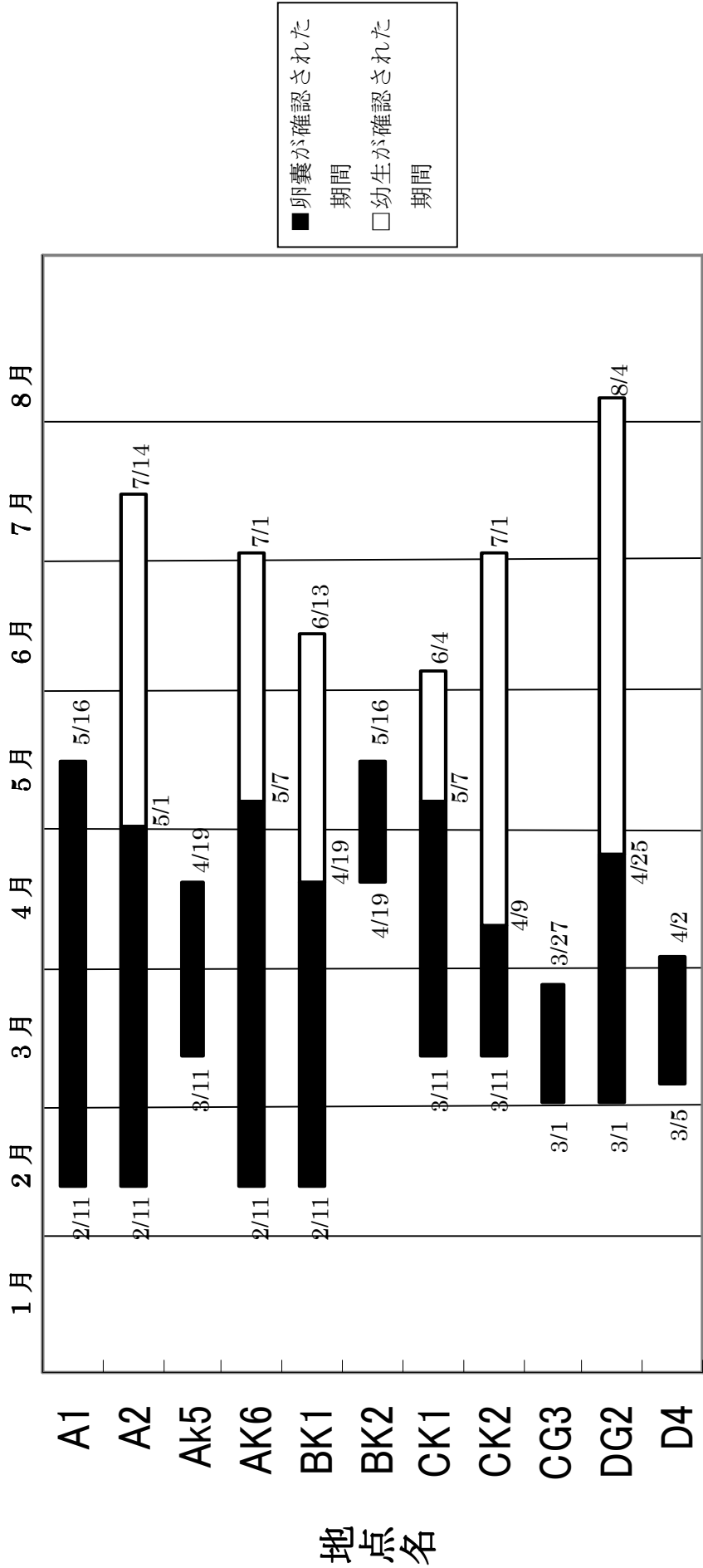


図 19. 各調査地点における卵嚢が確認された期間と幼生が確認された期間 (2008 年)

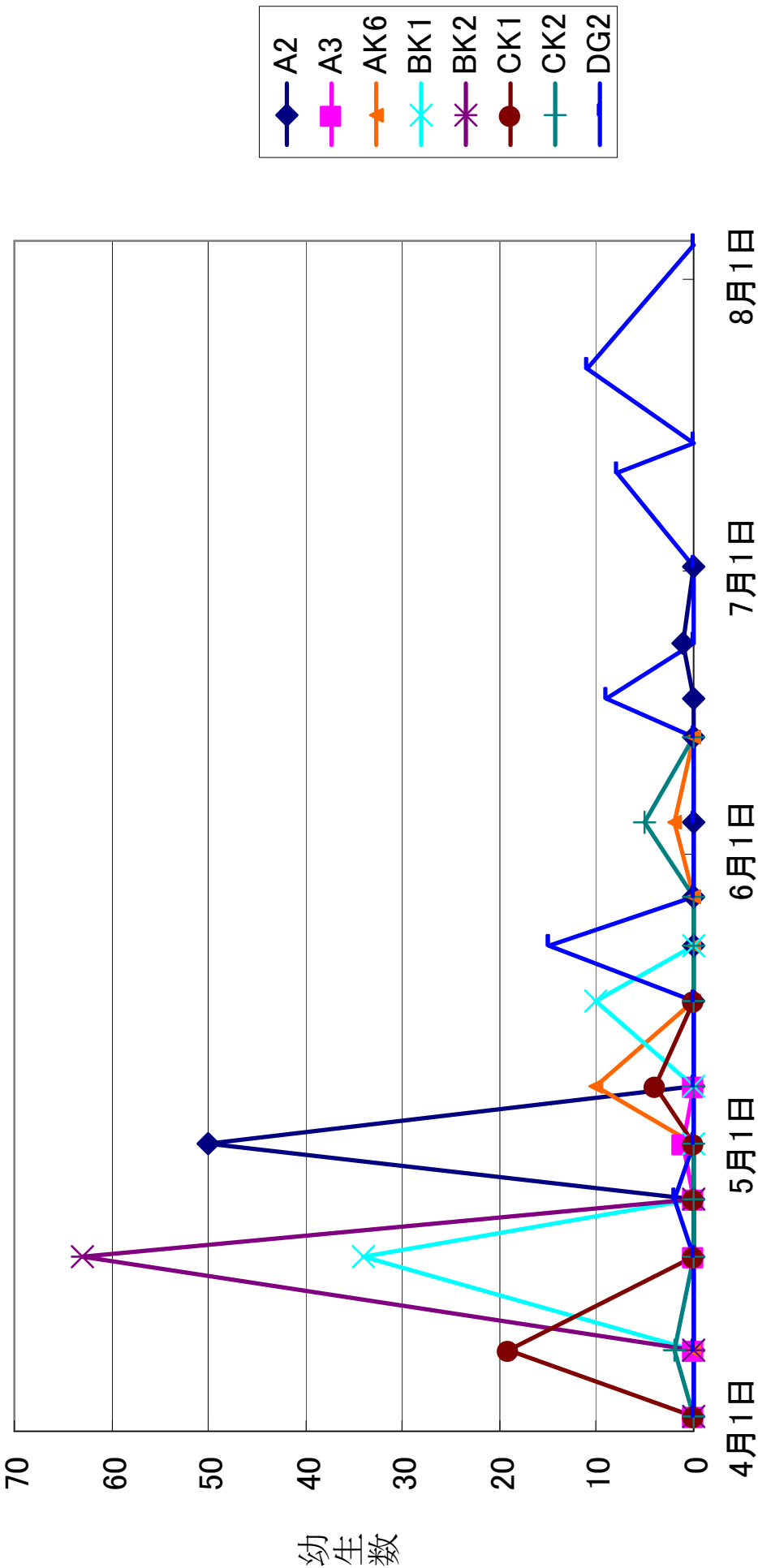


図 20. 確認された幼生の数

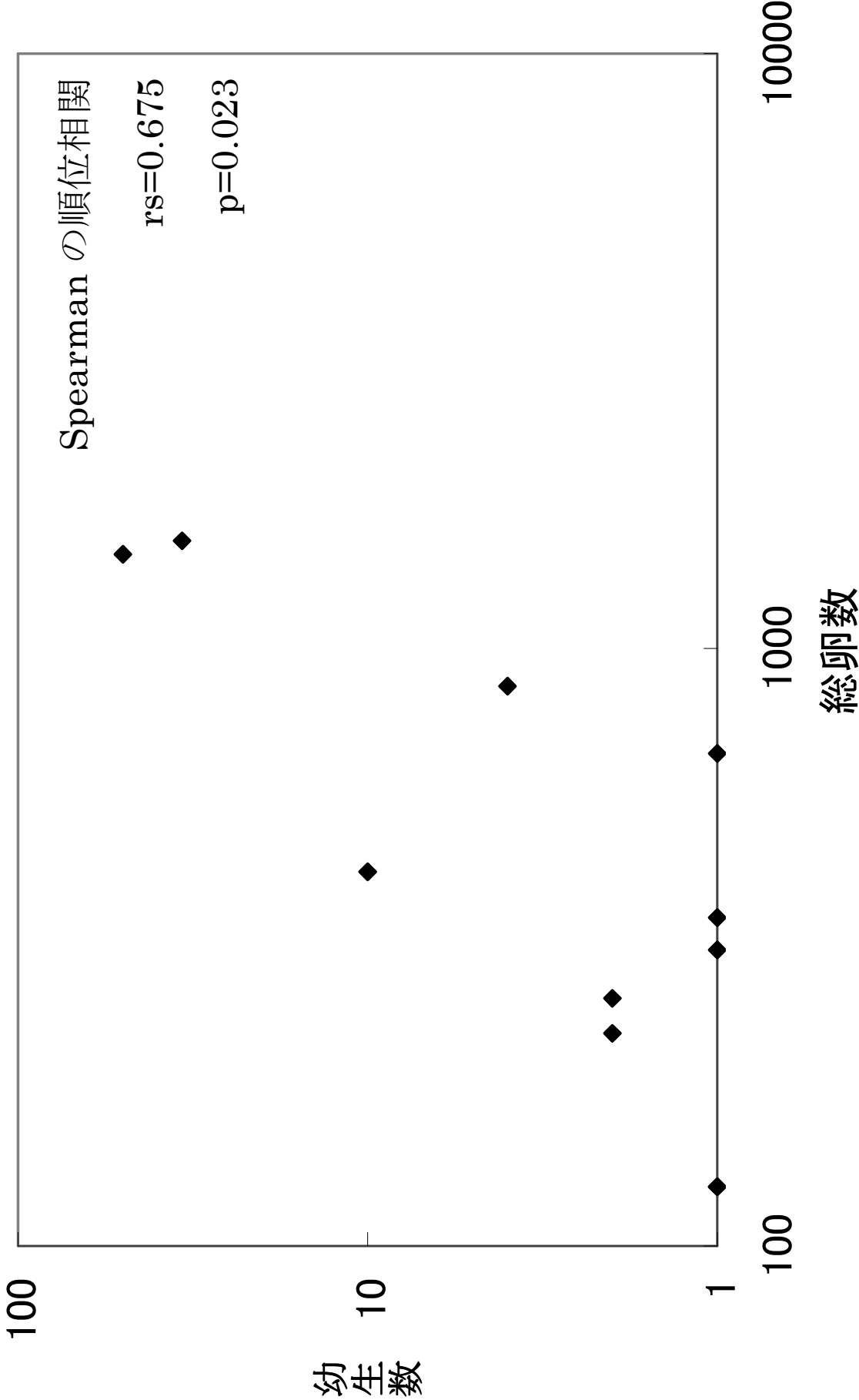


図 21. 総卵数と幼生数の関係