

三方五湖自然再生事業  
三方五湖外来生物対策ガイドライン

特に 2009 年に新たに侵入し急増しているブルーギルに関して

平成 28 年 3 月

三方五湖自然再生協議会外来生物等対策部会

## 目次

1. はじめに	3
2. 三方湖のブルーギルの特徴	4
2.1 三方五湖におけるオオクチバスとブルーギルの侵入	4
2.2 従来の除去方法と三方湖の特徴	6
2.3 ブルーギルの産卵期推定	7
2.4 前期群と後期群の特徴	8
2.5 産卵場の探索	10
2.6 越冬場の発見	11
2.7 成魚群の季節的移動	12
2.8 個体数変化を引き起こす要因 ヒシの被覆面との関係	15
2.9 個体数変化を引き起こす要因 スズキによる捕食との関係	16
2.10 個体数変化を引き起こす要因 ブルーギル・スズキ・植生の室内実験	17
3. 低密度管理のための手法	18
3.1 ブルーギル除去方法の確立	18
3.2 ブルーギル除去漁法の選定	21
3.3 ブルーギルモニタリング法の提案	22

## 1. はじめに

北米原産のブルーギルは、1960年に日本に持ち込まれて以降全国の湖沼・河川に分布を拡大した(全国湖沼河川養殖研究会, 1989)。本種と同じく北米原産のオオクチバスの侵入によって捕食や餌の競合により、国内在来魚に甚大な影響を与えることが数多く報告されており(日本水産資源保護協会, 1985 など)、環境省によって特定外来生物にも指定されている。こういった国外外来魚が侵入した際の対策として日本各地の民間や行政団体によって様々な除去方法が考案されてきたが(全国ブラックバス防除市民ネットワーク, 2009; 全国内水面漁業協同組合連合会, 1992)、人工的な貯水池などを除いて完全に除去することは不可能である。このような場合には水域ごとに除去目標を課し、在来生物に影響がないと判断される一定水準以下の個体数レベルに抑制することが必要になる。

福井県嶺南地方の若狭町と美浜町にまたがる三方五湖は、2005年にラムサール条約湿地に登録された。5つの湖のうち最上流に位置する三方湖は淡水の湖であり、イチモンジタナゴなど日本固有の魚類を含む豊かな魚類相を支え、水産資源(ウナギ、エビ類、コイ・フナ類など)の漁場としても重要である。しかし、2009年にはブルーギルが確認され、以後個体数が急増した。ブルーギルはオオクチバスに比べると比較的小型であるため、直接的要因(捕食)よりも間接的要因(餌・生息地の競合)による影響が懸念されるが、このことによる在来魚への影響はまだ明らかになっていない。三方湖ではブルーギルが初めて確認された2009年から2015年にかけてモニタリング調査を行っており、今後も継続することでブルーギル増加に伴う在来魚への影響評価が可能であると考えられた。また、今後の個体数増加による生態的・社会的リスクを考えると、現段階で効率的な個体数管理方法を確立しておく必要がある。

本ガイドラインでは、これまでの外来生物、特にブルーギルの調査結果から三方五湖でのブルーギルの生態を整理して低密度で管理するための手法を検討する。

## 2. 三方湖のブルーギルの特徴

### 2.1 三方五湖におけるオオクチバスとブルーギルの侵入

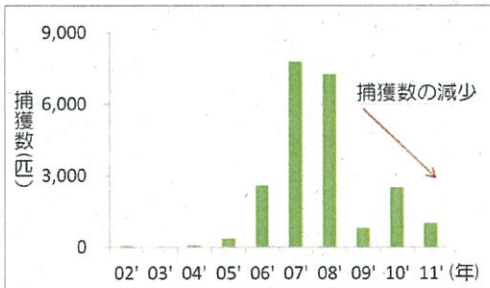
オオクチバスは 2000 年に初めて確認された後、当初は個体数が少なかったが、2006 年から急増し 2007 年に最大となり、その後減少している。一方、ブルーギルは 2009 年に初めて三方湖で確認され 2011 年にかけて急増した。(図 1) しかし、2015 年に実施した地域住民へのアンケート調査によると、ブルーギルは三方湖で 2000 年頃から確認されている。顕著に増加し始めたのが 2009 年の可能性がある。

2011 年から 2014 年に採集されたブルーギルの年間の体長組成(図 2) から当歳魚の CPUE をみると、新規加入群が毎年認められることから、大きく減少する可能性は少ないと考えられる。

オオクチバス (2000年)



体長: 50cm  
餌: 魚類、甲殻類など

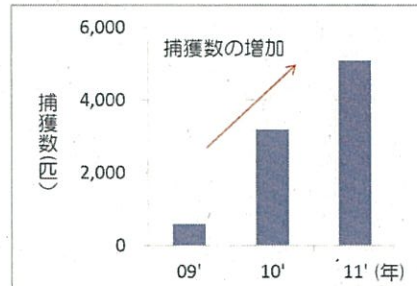


※福井県内水面総合センター(2011年10月末)

ブルーギル (2009年)



体長: 20cm  
餌: 甲殻類、昆虫、魚卵など



※福井県内水面総合センター(2011年10月末)

図 1 三方湖へのオオクチバスとブルーギルの侵入年およびその後の個体数変化

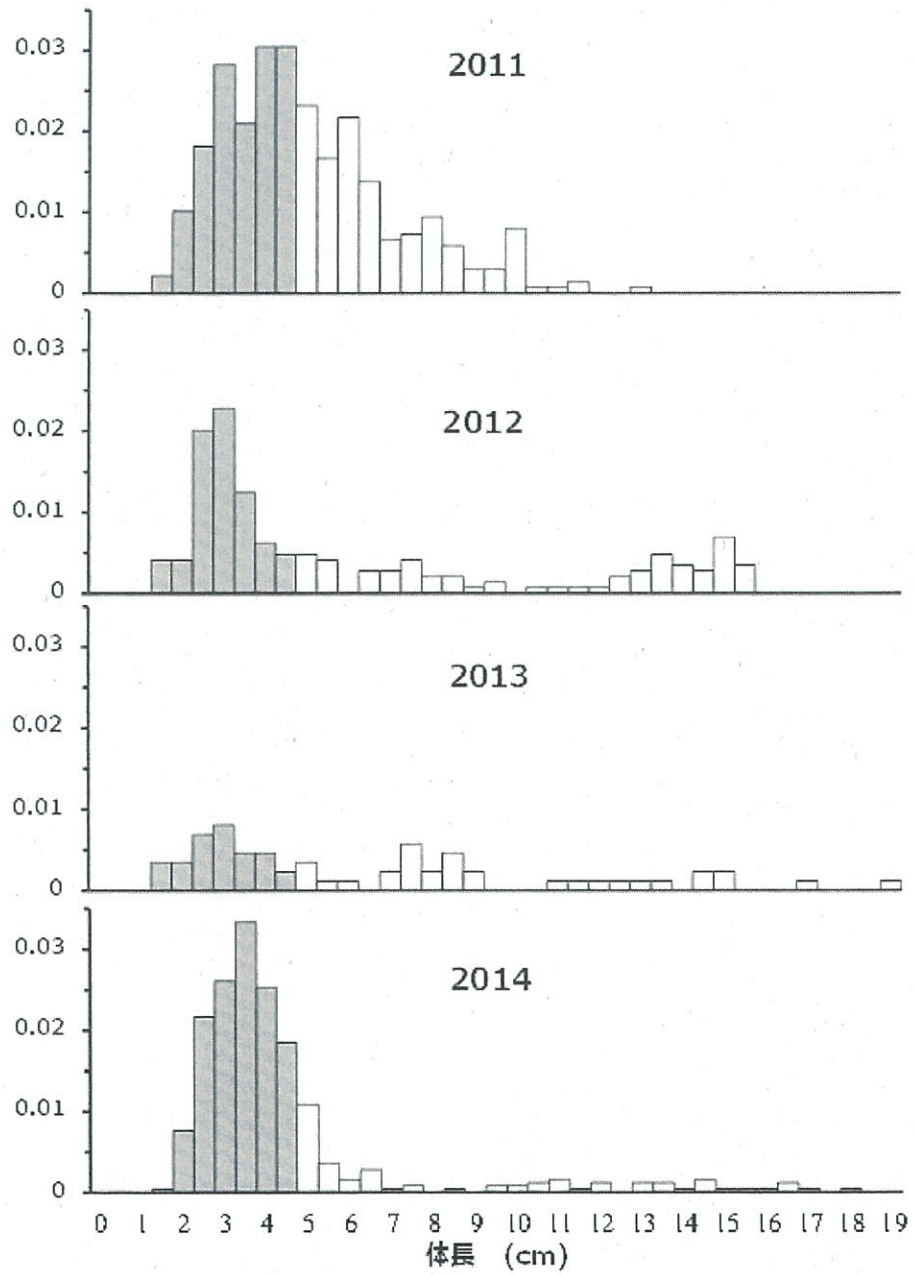


図2 2011年から2014年の各年に採集されたブルーギルの体長組成。灰色部分は推定当歳魚

## 2.2 従来の除去方法と三方湖の特徴

従来、ブルーギルの有効な除去方法として、繁殖時期にコロニーと呼ばれる産卵床の集まりを目視によって探索し、そこにいた親魚や卵・仔稚魚を集中的に除去するという、繁殖阻害法がとられることが多い、しかし、三方湖は水の透明度が著しく低いうえに、湖岸の大部分を占める矢板護岸によってエコトーンが消失しており、どこでも産卵が起り得る浅い水深であることが産卵場所の候補を絞りやすくしている。(図3)

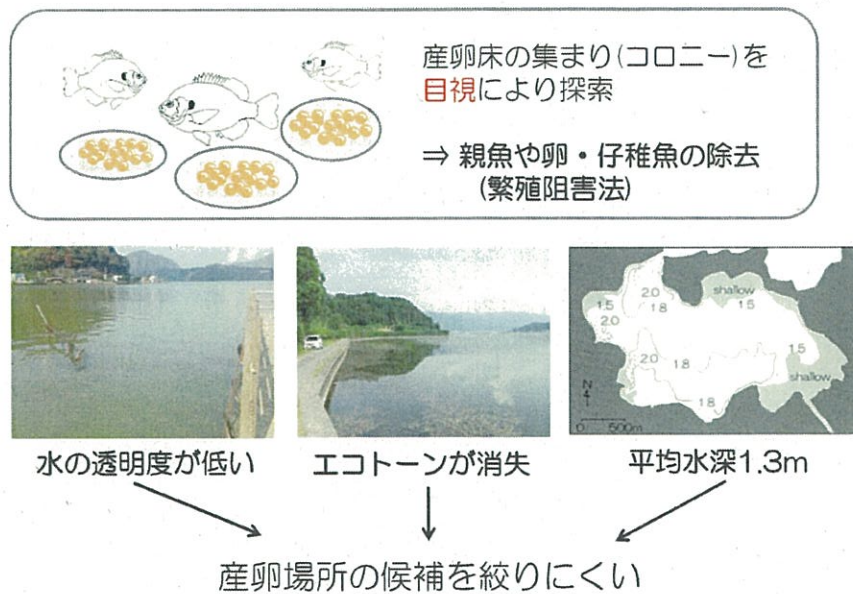


図3 三方湖の写真 透明度が低く・エコトーンが消失・平均水深が1.3m

### 2.3 ブルーギルの産卵期推定

産卵場の破壊は有効な除去方法であるが、そのために産卵期を明らかにする必要がある。2011年3月から2012年4月の1年間にわたり三方湖を網羅するように設定した10点でかご網（後述）を用いてブルーギルを採集した。沈めたかご網を24～72時間後に引きあげ、採集したブルーギルの体長を測定した。また、各地点の水温はデータロガーによって1時間おきに自動的に計測した。（図4左）

6月と7月に採集したブルーギルの体長組成を正規分布に分解しコホート（出生群）ごとに分解したところ、7月には6月にみられなかった平均体長2.5 cmのコホートが現れた。（図4右）さらに、7月から3月に採集されたブルーギルの耳石日周輪を解析したところ産卵盛期は5月下旬から6月中旬（前期群）と7月中旬から8月中旬（後期群）の2回認められた。これらの期間はブルーギルの産卵適水温の20℃以上と符合していた。（図5）

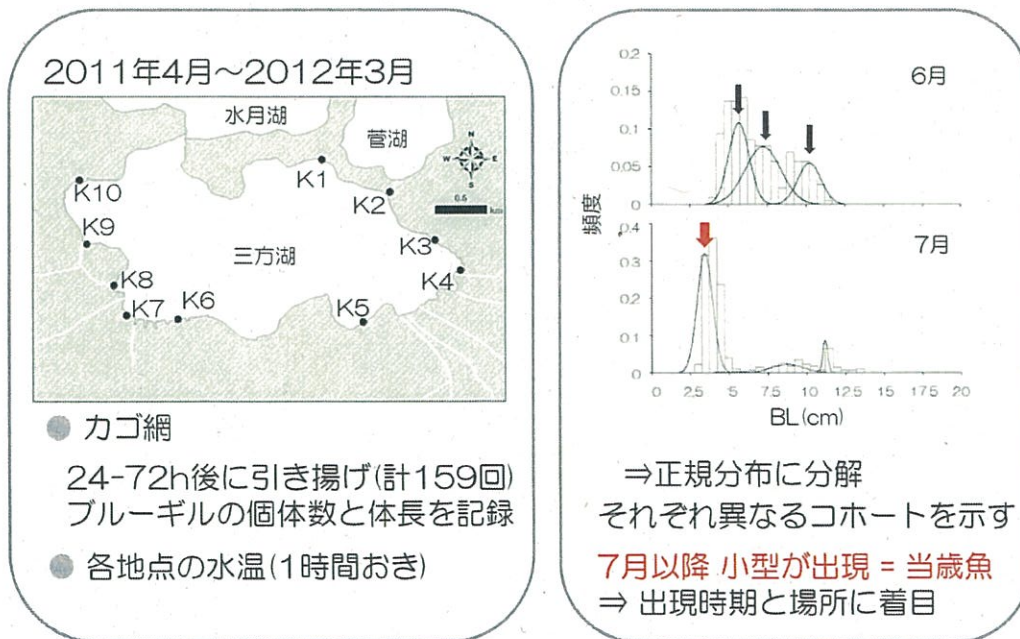


図4 2011年4月から2012年3月の期間に実施したかご網調査点と6月および7月に採集されたブルーギル体長組成とその正規分布分解

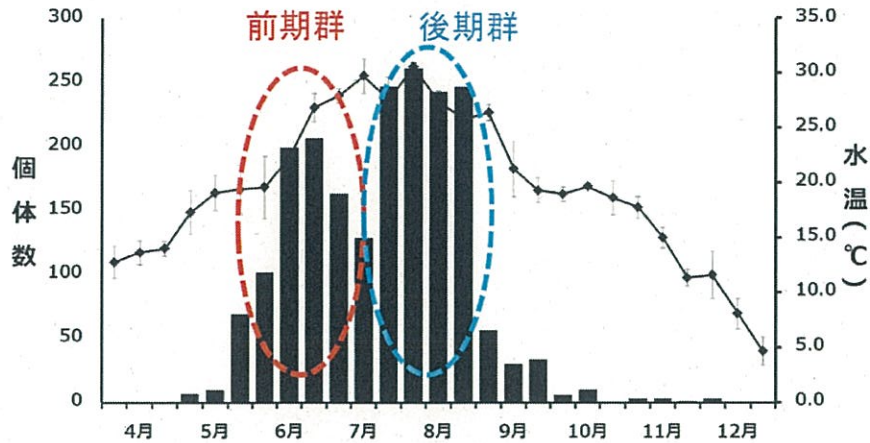


図5 耳石日周輪解析により推定された2011年のブルーギル当歳魚の推定孵化日組成

## 2.4 前期群と後期群の特徴

2013年と2014年の稚魚の月別CPUEを比較すると、2013年では7月のCPUE（おもに6月に孵化した前期群）が高く、2014年は10月のCPUEが高かった。（図6上）両年の10月に採集された稚魚の体長組成を正規分布に分解して前期群と後期群の割合を推定すると、前期群:後期群の割合は、2013年が1:2に対して2014年は1:9であった。（図6下）このように、後期群の割合が前期群より高いものの、その割合は年により変動する。

月別の前期群と後期群の割合をみると、10月から12月は後期コホートが卓越するが、湖内の水温が0°C付近まで低下する冬季以後は大型の前期群（体長で約3cmの差）の割合が相対的に高くなり、後期群の多くが越冬に失敗する可能性が高い。（図7）



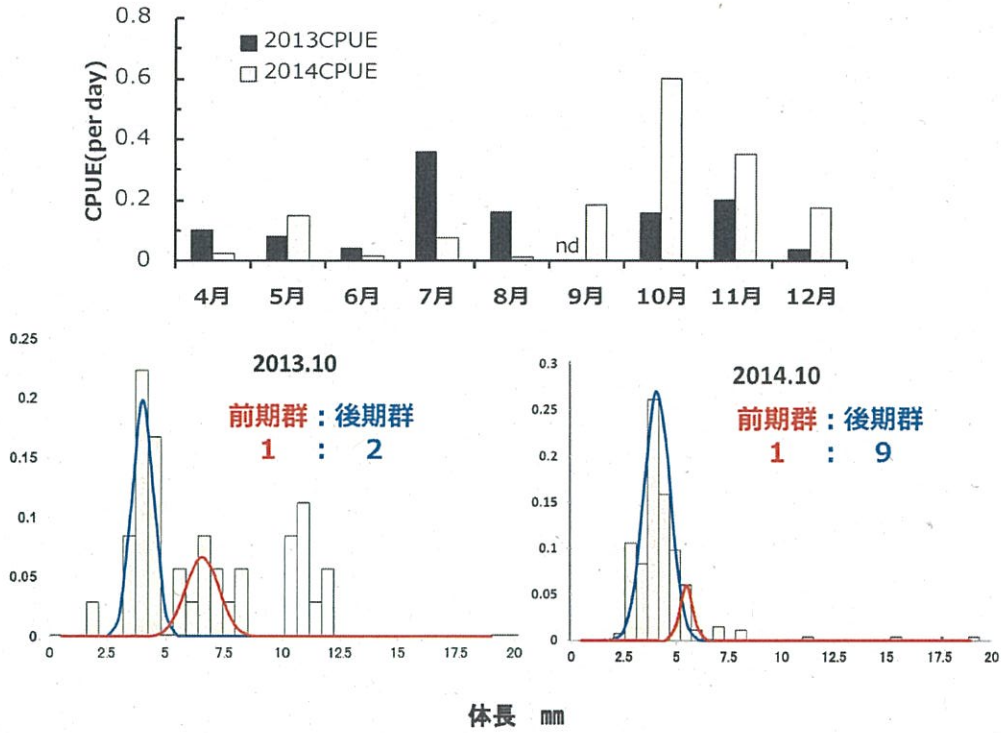


図6 2013年と2014年におけるブルーギルの月別CPUEおよび10月の体長組成を正規分布分解した前期群および後期群の比率

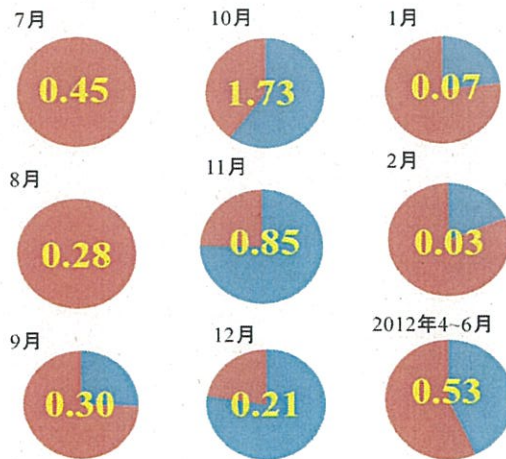


図7 月別の前期群(赤)と後期群(青)の割合 円内の数字は1かご当たりの採集個体数

## 2.5 産卵場の探索

1年間を通して実施したかご網調査では、7月20日から7月25日に湖の南東から東部で当歳魚が採集され始め、その後16日の間隔をあけて西部でも採集されるようになった。(図8) 8月における当歳魚の体長を湖東と湖西で比較すると、東西間で平均値に有意な差は認められなかった。(図9) また、水温上昇の傾向も東西で違いがなかったことから、ブルーギルの当歳魚については東西で産出時期にずれがあるのではなく、東で生まれ、西へ移動すると考えられた。

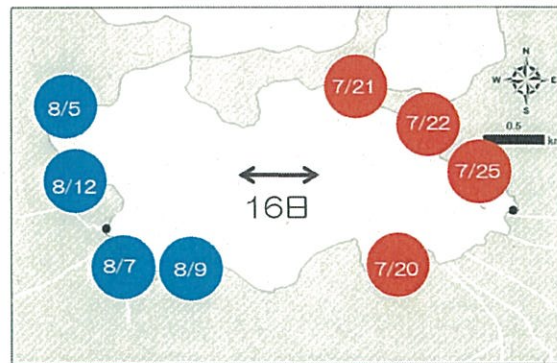


図8 ブルーギル当歳魚が初めて採集された場所と月日

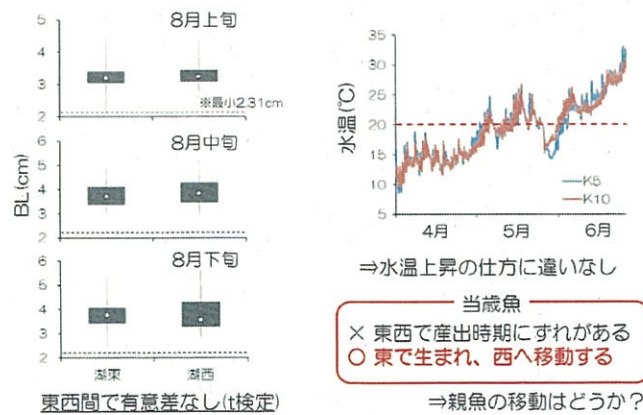


図9 8月上旬・中旬・下旬の東西間の平均体長比較(左)と水温変化

## 2.6 越冬場の発見



図 10 2月における三方湖内の CPUE と地下水が生息環境（水温）に及ぼす効果

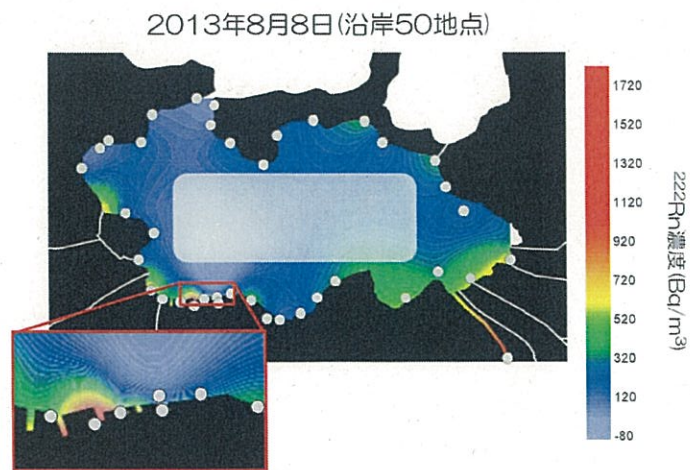


図 11 夏季三方湖の <sup>222</sup>Rn 濃度の水平分布 潜在的越冬場の推測

湖内の1年間の水温は0.02°Cから35.0°Cまで幅広く変動した。2月1日には湖内全域が最も寒冷化したと考えられ、各地点の最低水温が0.05°Cから0.44°Cであったが、三方湖南西部のSt. K6においては2.21°Cと高い値となった。さらに、1月から3月の寒冷期においてもSt. K6で観測された最低水温は他の地点よりも安定的に2°Cから4°C高い傾向がみられた。(図10) 2月のかご網のCPUEは水温が高くなるSt. K6で最も大きく、特に大型のブルーギルが継続して採集された。St. K6は民家の湖畔に位置するが、その民家に湧水井戸があり、地下水の効果により水温が上昇することが予想された。そのため、地下水トレーサーである<sup>222</sup>Rn(ラドン)濃度と水温の関係をみると、強い正の相関が認められた。潜在的な越冬上を探索するために、2013年8月8日に湖内の46点で<sup>222</sup>Rn濃度を測定した結果、湖南西部と南東部に位置するハス川河口において高い傾向がみられた。(図11)

## 2.7 成魚群の季節的移動

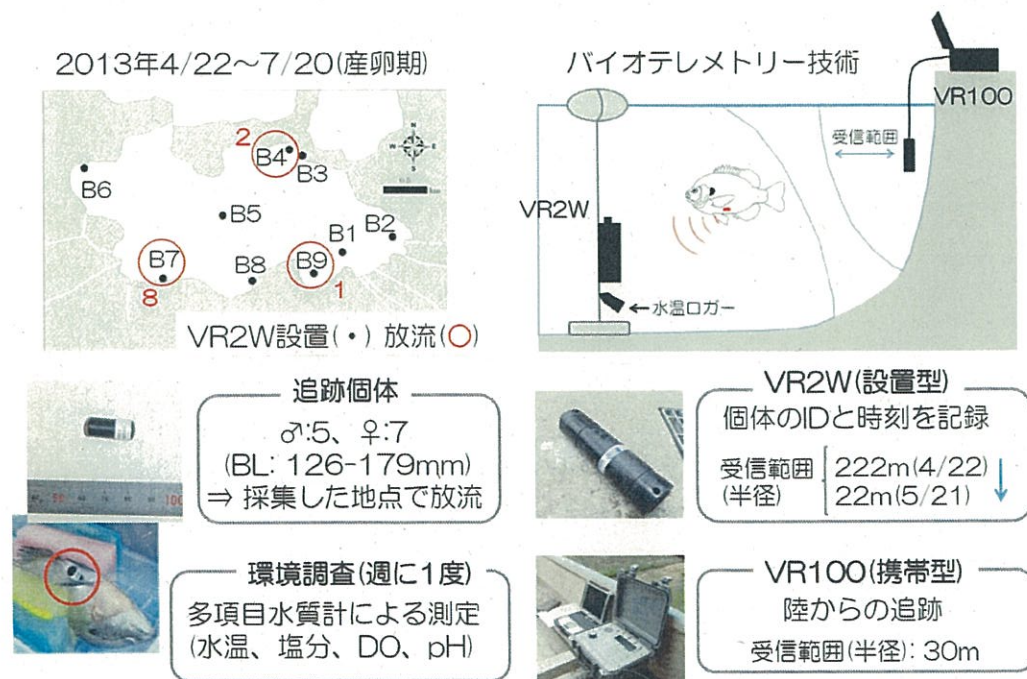
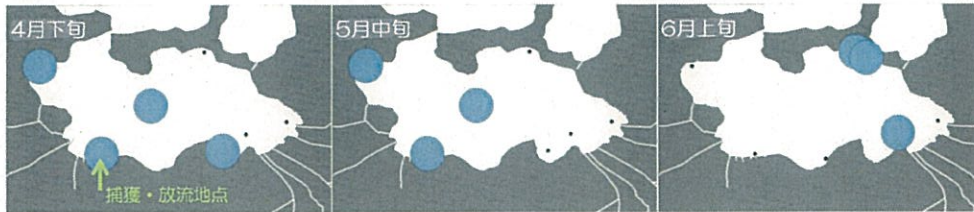


図12 ブルーギル移動解析のためのバイオリギング装置

例: 個体No.3(♂)



例: 個体No.6(♀)

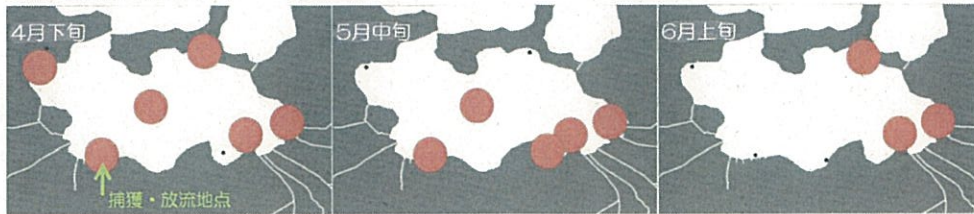


図 13 バイオテレメトリーで解析された雌雄それぞれ 1 個体の 4 月下旬・5 月中旬・6 月中旬の分布域

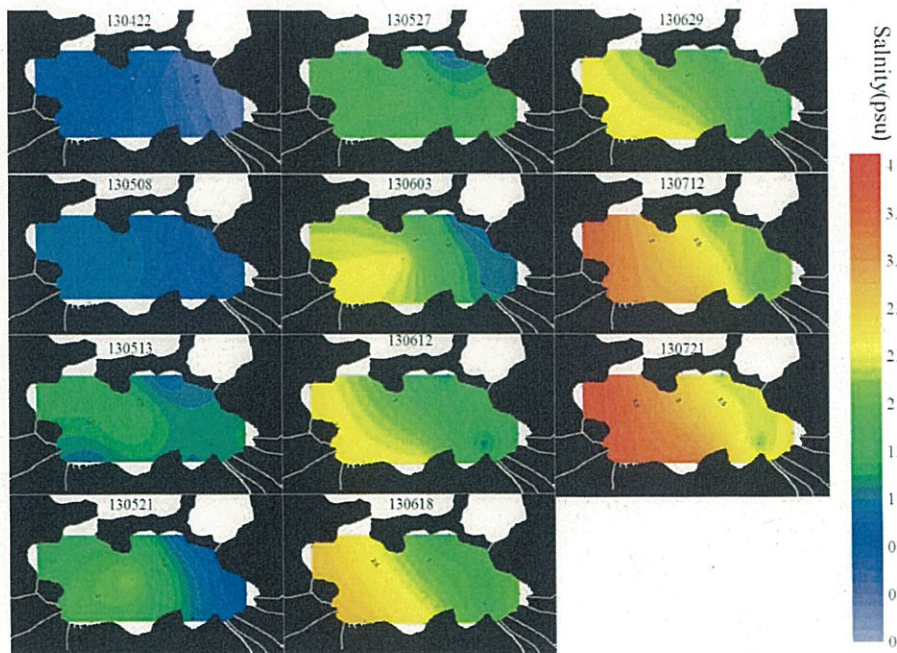


図 14 4 月 22 日から 7 月 21 日の期間における三方湖内の塩分水平分布

産卵場と越冬場を推測することができたがそれらの間の時間的つながりについてバイオリギング法を用いて検討した。(図 12) 雌雄それぞれ 1 個体の受信は、4 月から 5 月は広い範囲に分布していたが、6 月には雌雄ともに湖の東側に偏って分布した。(図 13) この結果は、越冬場が湖南西部に主に位置し、産卵場が東側に形成されることに符合した。

湖底環境については湖西側で塩分が高い傾向がみられた。(図 14) ブルーギルの塩分耐性については、5.6 では死に至り、3.6 は逃避するレベルであることが報告されている。塩分 3.6 以上、D03.0mg/l 以下の高塩分低酸素の傾向は湖西で顕著にみられ、ブルーギルの生息場所を制限する要因として十分に考えられる。湖西でこのような環境になる要因として考えられるのが三方湖の北西(下流側)に位置する水月湖からの流入である。調査期間中における St. K6 の塩分と潮位が正の相関を示したことから、海面が上昇することによって水月湖由来の水が三方湖に流入したと考えられた。4 月から 7 月にかけて潮位が上昇する傾向は毎年みられることから、この時期における水月湖からの流入は毎年起こっていると考えられる。

## 2.8 個体数変化を引き起こす要因 ヒシの被覆面との関係

2015年に実施した地域住民へのアンケート調査によると、ブルーギルは2000年頃から確認されている。5月下旬から10月上旬頃まで湖面を覆うヒシ群落の面積の年変化をみると、ヒシの増加に伴いブルーギルのCPUEが増加し、2011年以降のヒシの減少傾向に符合してブルーギル稚魚のCPUEも低下傾向を示した。2013年は台風18号の影響で稚魚が減耗したことが考えられるが、2014年以降再び増加傾向を示した。2015年のヒシの湖面被覆面積は、野外調査時の観察結果から判断して増加傾向が認められた。(図15)

ヒシ帯の中と外でブルーギルのCPUEを比較したところヒシ帯ではブルーギルが採集されたが、ヒシ帯の外では採集されなかった。採集された稚魚の体長は約2cmであり、産卵床から移出した間もない日齢個体であった。(図16)

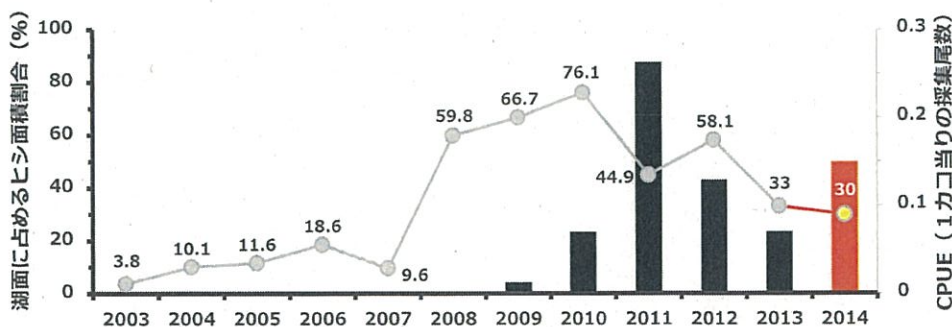


図15 ヒシの最大被覆面積（折れ線グラフ）とブルーギルのCPUE（棒グラフ）

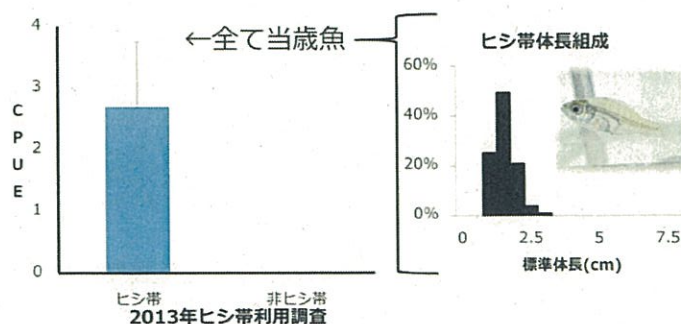


図16 ヒシ帯の内外で採集されたブルーギル稚魚のCPUEと体長組成

## 2.9 個体数変化を引き起こす要因 スズキによる捕食との関係

ヒシがブルーギルの生残に性的効果を及ぼす可能性が示されたが、負の効果を示す要因としてスズキの捕食が考えられた。スズキは近年、資源が増加しており三方湖で2009年から実施してきた定置網（袋網）調査でも増加傾向が認められた。（図17）また、スズキの胃内容物分析の結果、体長10 cmから30 cmの間のスズキが個体数割合で34%をブルーギル稚魚に依存していることが示された。（図18）これらの結果からヒシ帯がブルーギル稚魚の捕食者回避の場として重要な役割を果たしていることが示唆された。なお、タモロコ、フナ類、モツゴなどのCPUEも共通して減少していることが示された。

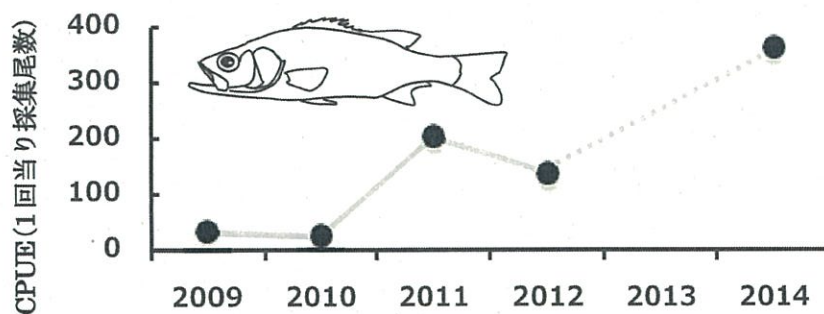


図17 定置網（袋網）調査1回当たりのスズキの採集個体数

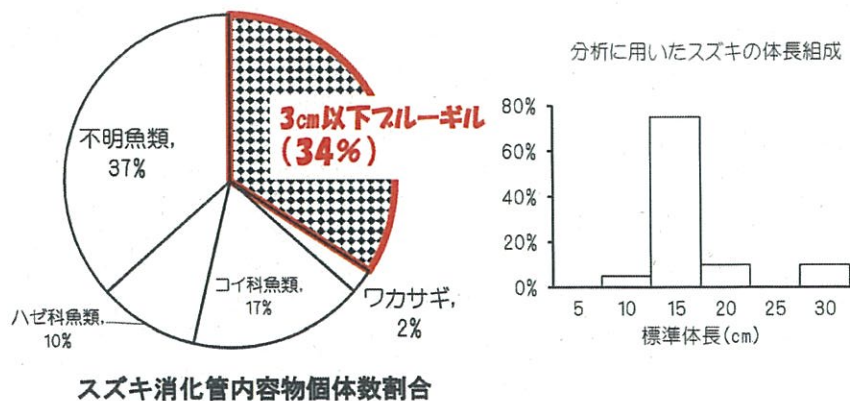


図18 スズキ胃内容物分析の結果と分析に用いたスズキの体長組成



## 2.10 個体数変化を引き起こす要因 ブルーギル・スズキ・植生の室内実験

近年、6月から10月まで三方湖を利用する魚食性魚類のスズキが増加している。スズキの胃内容物調査の結果ブルーギルが捕食されていることが示された。そこで、ヒシ群落が捕食者回避に機能することを検証するために室内大型水槽を用いて、植生の密度とスズキによるブルーギル捕食の実験を行った。その結果、スズキがいない場合はブルーギルの死亡率は0であったが、スズキが存在すると植生密度が高くなると生残率が高くなること示された。特に、植生がない場合の生残率は0であった。(図19)

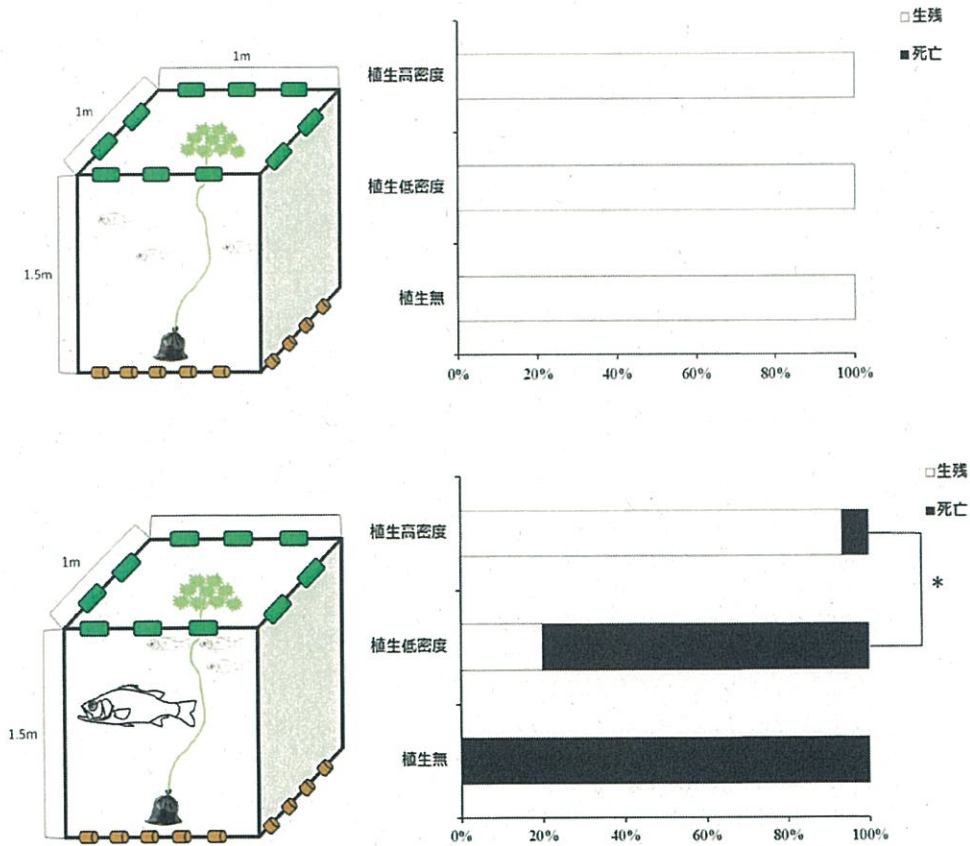


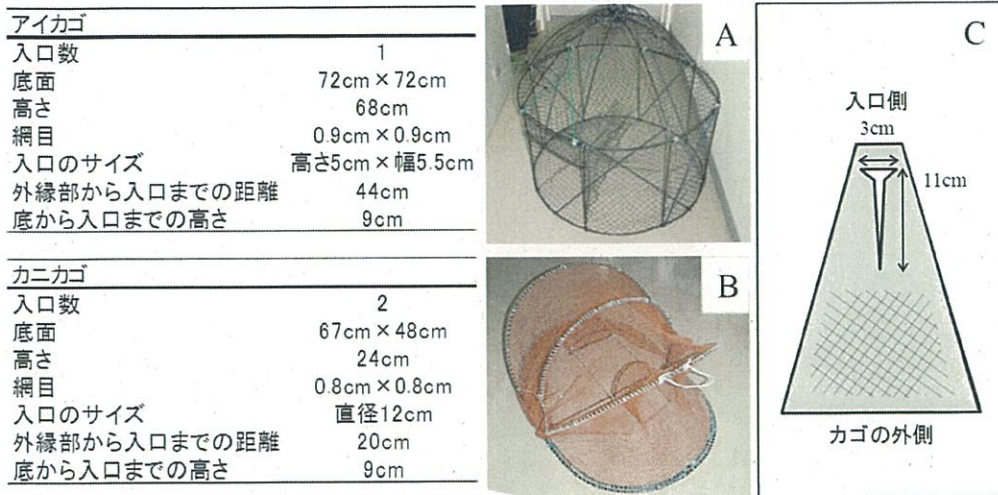
図19 植生密度とスズキの存在の有無によるブルーギル生残率の室内比較実験結果

### 3. 低密度管理のための手法

#### 3.1 ブルーギル除去方法の確立

本調査ではブルーギルの除去率だけでなく、混獲される生物への影響も考慮したことに加えて、継続的に個体数管理を行うための多面的な意味での効率的な個体数管理について検証を行った。

カゴ網はブルーギルの大型個体に有効とされるアイカゴと体長 60mm 以下の小型個体に有効とされるカニカゴ（全国内水面漁業協同組合連合会，2007）の 2 種類を基本型とした。アイカゴにおける通路入口の末端は 5cm×5.5cm と狭かったため、大型魚の侵入を考慮して通路末端の手前 3cm の部分に、横 3cm 縦 11cm の T 字型切り込みを入れた。（図 20）ブルーギルを誘引する条件の有無を確認するため、2 種類のカゴ網の内部構造を 3 タイプに分けた。実験池においてブルーギルは小型のものほど狭い間隙を好み、大型になるにつれて広い間隙を好むことが報告されていることから (Johnson et al., 1988)、細かい枝のついた全長約 60cm の竹の枝を 3 本から 4 本入れたもの（枝）、カゴ内に何も入れないもの（中身なし）を用意した。さらにエビ漁で従来行われている笹漬漁を参考に、全長約 40cm の笹を 3 本から 4 本入れたもの（笹）を用い、それぞれのカゴにおけるブルーギル捕獲の有用性を確認した。本調査では光条件の違いによるアイカゴとカニカゴの捕獲率への影響を取り除くために、すべてのカゴ網に遮光ネットを被せた。ブルーギルについては体長 50mm 未満を小型、50-90mm を中型、90mm 以上を大型とした。



研究に用いたカゴ網 写真Aは通称アイカゴとよばれているものである。写真Bはカニ用の罠でカニカゴと呼ばれている。これら2つのカゴをベースに、中身なし(中に何も入れないもの)、枝(60cmほどの竹の枝を3から4本入れたもの)、笹(40cmほどの笹を3から4本入れたもの)、6種類のカゴを用いた。アイカゴの入口は狭かったため、大型個体の侵入を考慮して通路の底部に切り込みを入れた(C)。すべてのカゴに遮光ネットを被せた。

図 20 調査に用いたかご網の形状

カゴ別の CPUE からブルーギル捕獲率と在来生物の混獲率を算出したところ、3種類のア  
イカゴでブルーギルの捕獲率が高く(中身なし: 28.7%、枝: 28.8%、笹: 23.1%)、在来生  
物の混獲率が低くなった(中身なし: 62.2%、枝 64.8%、笹: 68.0%)。一方で、3種類のカ  
ニカゴは、ブルーギルの捕獲率が低く(中身なし: 2.7%、枝: 4.6%、笹: 5.2%)、混獲率が  
高くなった(中身なし: 89.3%、枝: 91.9%、笹: 88.5%)。(表 1)

表 1 ブルーギル、その他外来生物、在来生物の CPUE とブルーギルの捕獲率および  
在来生物の混獲率

カゴ	CPUE				捕獲率(%)	
	ブルーギル	その他外来生物	在来生物	全生物	ブルーギル	在来生物
<b>アイカゴ</b>						
なし	0.24	0.08	0.51	0.83	28.7	62.2
枝	0.34	0.08	0.77	1.19	28.8	64.8
笹	0.27	0.10	0.78	1.15	23.1	68.0
<b>カニカゴ</b>						
なし	0.02	0.05	0.53	0.59	2.7	89.3
枝	0.06	0.05	1.24	1.35	4.6	91.9
笹	0.05	0.06	0.90	1.02	5.2	88.5

それぞれのカゴにおける体サイズ別の捕獲効率は、アイカゴ・中身なしを基準として各月における捕獲効率の平均値から通年の捕獲効率を算出した（標準化）。体サイズは小型（50mm未満）、中型（50-90mm）、大型（90mm以上）に分類し、それぞれの区画においてアイカゴ・中身なしの捕獲効率を基準（1.00）として他のカゴ網の捕獲効率を算出した。小型（50mm未満）の捕獲効率はカニカゴ・中身なしで有意に低くなり、中型（50-90mm）においてはカニカゴ・中身なしとカニカゴ・筐で有意に低くなった。また、大型（90mm以上）ではカニカゴ・中身なしのみ有意に低い結果となった。全個体数を合計した捕獲効率はカニカゴ・中身なしにおいてのみ有意に低い結果となった。（表2）それぞれのカゴ網において混獲される在来生物について、主要なエビ類、チチブ、ウキゴリ、フナ類で同様に捕獲効率を算出したところ、エビ類においてはアイカゴ・枝、アイカゴ・筐、カニカゴ・筐の3種のカゴで有意に高い結果となった。また、フナ類ではカニカゴの3種で有意に低い結果となった。（表3）

表2 ブルーギルの小型（50mm以下）、中型（50-90mm）、大型（90mm以上）の漁獲効率

	小型		中型		大型		計	
	平均	95% CI	平均	95% CI	平均	95% CI	平均	95% CI
アイカゴ								
なし	1.00		1.00		1.00		1.00	
枝	1.53	0.61	1.21	0.64	0.64	0.67	1.48	0.60
筐	1.38	0.47	2.24	2.43	1.59	1.82	2.58	2.11
カニカゴ								
なし	0.12	0.11	0.02	0.02	0.01	0.03	0.36	0.42
枝	0.60	0.48	0.52	0.54	0.29	0.70	0.66	0.54
筐	0.60	0.62	0.35	0.37	0.00	nd	0.52	0.49

表3 主要な在来生物の漁獲効率

	エビ類		ウキゴリ		チチブ		フナ類	
	平均	95% CI	平均	95% CI	平均	95% CI	平均	95% CI
アイカゴ								
なし	1.00		1.00		1.00		1.00	
枝	2.37	0.97	1.73	0.91	1.64	0.76	1.21	0.59
筐	2.42	1.08	1.69	1.06	1.47	1.03	1.41	1.06
カニカゴ								
なし	3.22	3.19	1.20	0.51	2.31	1.52	0.22	0.24
枝	10.29	9.93	3.59	3.27	3.70	2.92	0.30	0.31
筐	5.22	3.66	1.25	1.13	1.35	1.13	0.30	0.24

### 3.2 ブルーギル除去漁法の選定

カニカゴで在来生物の混獲率が高いことが示されたため、アイカゴをブルーギルの除去に用いる方法を考察する。季節によっては、カゴ内に枝や笹を入れることで間隙をつくり、小型個体を多く捕獲しやすいことが分かったが、カゴの中に何も入れないことでより大型個体の捕獲率が高くなることも示された。しかし、1年間を通したブルーギルの捕獲効率には、有意差が認められなかった。ブルーギルは障害物の間などを好むことが報告されており、カゴ本体のみでも蟻集性が十分にあると考えられる。一方、混獲生物の大部分を占めたエビ類の捕獲効率は枝入り、笹入りで有意に高くなった。三方湖においてはブルーギルとエビ類がカゴ網に多く捕獲される時期が同調していることに加えて、カゴに枝を入れることで網が破れやすくなり、随時修繕の必要がでてくることや、1月ほどで枯死する笹の葉を定期的に交換するなどの労力も加えて必要となる。このため、エビ類の混獲を避けながらブルーギルの除去を効率的に行うためには、**アイカゴ・中身なしが最も効率的**であると考えられた。(図 21)

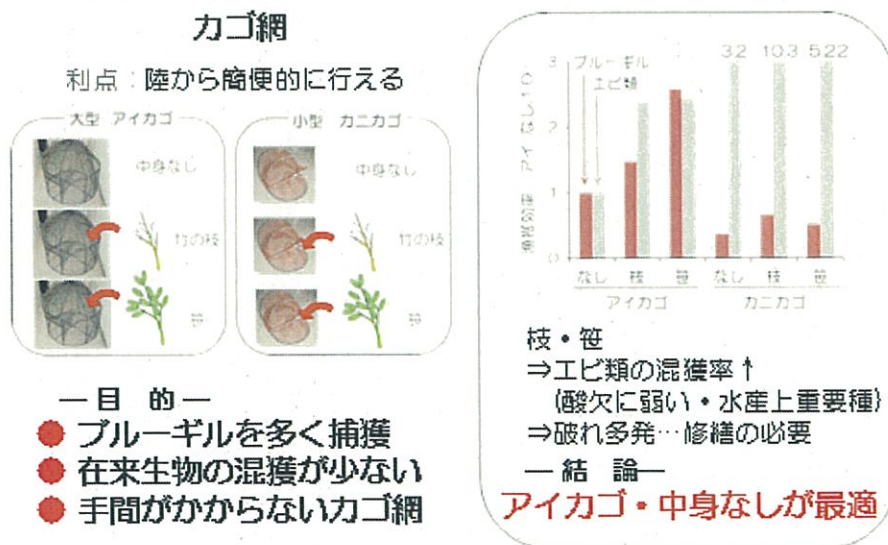


図 21 かご試験の結果のまとめ

### 3.3 ブルーギルモニタリング法の提案

外来生物除去のためには毎年モニタリングを実施し、個体数の増減に合わせて除去努力量を調整する必要がある。そのため、どの時期に何処で、どれくらいの個体数の基準で増減を判断し、努力量を決定しなくてはならない。2011年から実施しているかご網によるモニタリングは湖内を網羅するように多数の調査点を設定していたが、2013年以降は、その中からCPUE算定で代表できる4点を候補地として選んだ。(図21)これらは、湖内を網羅できることとCPUEが高いことを理由として選んだ。(表4、表5)また、毎月モニタリング調査を実施することが望ましいが、労力を考慮すると産卵期前の6月から8月の期間に毎月5日程度と新規加入が認められる10月から12月に毎月5日間実施することで可能と考えられる。特に、10月と11月には体長組成から前期群と後期群の割合が判断でき、ヒシの繁茂予想と合わせて、個体数の変化予測が可能となる。さらに、9月にヒシ帯で稚魚の密度を記録すると前期群の生残率を推定することができる。

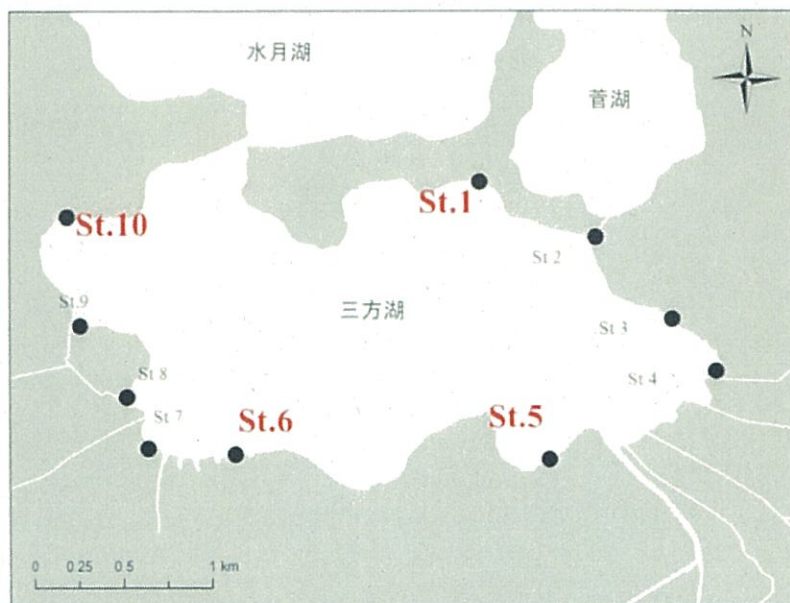


図22 かご網によるモニタリングのための候補地点 Sts. 1, 5, 6, 10

表 4 2011 年のかご網調査結果で採集された生物の採集地点別 CPUE

2011年

定点	ブルーギル	オオクチバス	アカミミガメ	ウシガエル幼体	ウシガエル成体	アメリカザリガニ
1	572	34	2	7	0	1
2	316	30	0	4	2	0
3	385	27	5	99	0	3
4	186	16	9	41	15	3
5	330	35	7	73	1	3
6	330	27	1	48	1	1
7	221	69	4	6	5	10
8	80	31	2	22	6	1
9	547	34	2	515	1	0
10	287	12	9	170	3	0
	3254	315	41	985	34	22

表 5 2011 年 4 月から 2012 年 3 月の期間にかご網で採集された生物の CPUE

	ブルーギル	オオクチバス	アカミミガメ	ウシガエル幼体	ウシガエル成体	アメリカザリガニ
2011年4月	237	4	6	21	9	6
2011年5月	246	5	6	7	1	5
2011年6月	253	29	6	26	1	3
2011年7月	285	96	5	502	0	1
2011年8月	198	23	4	201	0	0
2011年9月	135	49	3	155	0	2
2011年10月	1112	42	11	42	17	1
2011年11月	559	35	0	14	2	1
2011年12月	119	12	0	4	0	0
2012年1月	51	7	0	9	2	2
2012年2月	42	10	0	3	1	1
2012年3月	17	3	0	1	1	0