

着色ドライアイスによるカワウ繁殖抑制作業の効率化

加地弘一・青柳敏裕

繁殖抑制はカワウ *Phalacrocorax carbo* の個体数を低位安定させる手法として有効であることが知られている^{1,2)}。山梨県では、山梨県カワウ管理指針³⁾に基づき、カワウの繁殖コロニーを県内1か所に封じ込めて繁殖抑制を行うことで個体数管理を行っている。繁殖抑制の方法として、巣内の本物の卵と偽物の卵と置き換える方法（以下、擬卵置き換え）や、本物の卵をドライアイスで処理する方法（以下、ドライアイス処理）で行っており、いずれの手法も高い繁殖抑制効果が得られている^{4,5)}。しかし、擬卵置き換えは擬卵作成や巣の中から卵を取り出す作業に高度な技術と多大な時間を要すること、ドライアイス処理は処理卵と本物の卵の識別ができず1巣に対して複数回処理する必要があるなど、それぞれデメリットがある。そこで、卵を取り出す作業が必要なく、処理回数が少なく済む手法の開発を目的に試験を行った。

材料及び方法

調査場所

調査は、甲府市下曾根地先の笛吹川左岸河川敷にあるカワウの繁殖コロニーで実施した。繁殖コロニーには、河岸に沿って約20本のエノキの木が生えており、繁殖期にはカワウの巣が100～200巣形成される。繁殖コロニー内を、営巣木本数がほぼ均等になる位置で上流と下流に区分して、上流区では擬卵置き換えを、下流区ではドライアイス処理と着色ドライアイス処理を実施した。

擬卵置き換え

2019年4月3日～6月19日の間、2週間に一度、営巣数、巣内の卵の有無、ふ化巣数、ふ化雛数を確認した。巣内に卵が確認された場合は本物の卵を取り出して、取り出した卵と同数の擬卵を投入した（図1）。擬卵には谷沢（2015）⁶⁾に従って作成した紙粘土製擬卵を用いた。調査期間中、毎回営巣状況を確認し、巣内に擬卵のみの場合は作業を行わず、擬卵以外の卵（新規営巣の卵、または擬卵処理巣に産み足された卵）が確認された場合のみ、巣内の卵を取り出し、取り出した卵と同数の擬卵を投入する作業を行った。また、毎回の作業時間（巣内の観察開始から最後の巣の処理が終了するまでの時間）を記録した。

ドライアイス処理

2019年4月18日～5月22日の間、2週間に一度、営巣数と巣内の卵の有無、ふ化巣数、ふ化雛数を確認した。巣内に卵が確認された場合は、ドライアイスによる処理を実施した（図1）。ドライアイスは坪井ら（2008）⁵⁾に従いペレット状のものを用い、1巣あたりの投入量を約250gとし卵の数により適宜調整した。調査期間中、毎回営巣状況を確認し、卵のある巣全てに対してドライアイス処理を実施した。また、毎回の作業時間（巣内の観察開始から最後の巣の処理が終了するまでの時間）を記録した。

着色ドライアイス処理

2019年5月22日～7月24日の間、2週間に一度、営巣数と巣内の卵の有無、ふ化巣数、ふ化雛数を確認した。巣内に卵が確認された場合は、食品添加物色素を混和したドライアイスによる処理を実施した(図1)。食品添加物色素には青色1号(株)丸紅商会)または黄色4号(株)丸紅商会)を使用し、ドライアイス250gあたり付属の匙に一杯(約0.2g)を添加してよく攪拌した。調査期間中、毎回営巣状況を確認し、巣内に色素材の付着している卵のみの場合は作業を行わず、色素材が付着していない卵(新規営巣の卵、着色ドライアイス処理巣に産み足された卵、または処理卵が退色した卵)が確認された場合のみ着色ドライアイス処理を行った。また、毎回の作業時間(巣内の観察開始から最後の巣の処理が終了するまでの時間)を記録した。

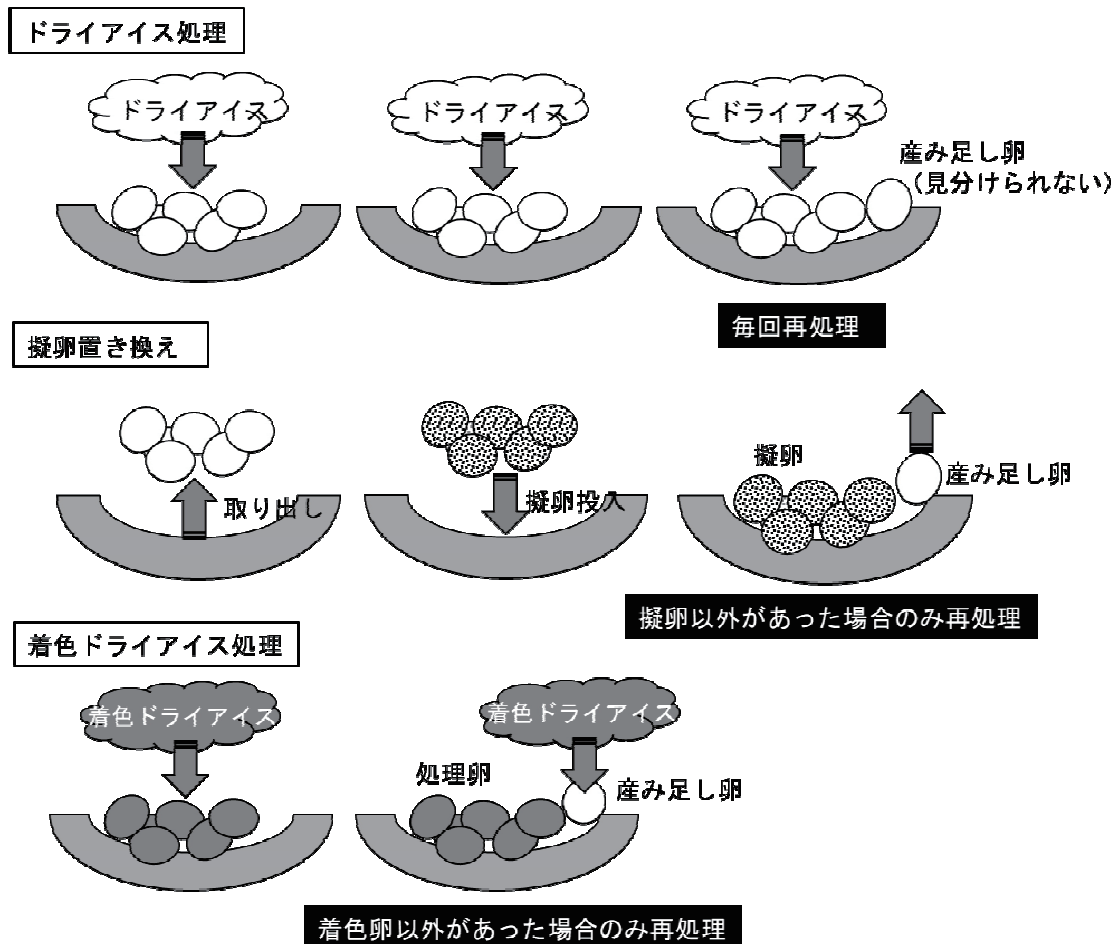


図1 繁殖抑制のイメージ(上段:ドライアイス処理,中段:擬卵置き換え,下段:着色ドライアイス処理)

1 巣あたりの作業時間, 処理巣率, ふ化抑制率の算出

手法別の比較を行うために、次式により「1巣あたりの作業時間」,「処理巣率」,「ふ化抑制率」を算出した。

$$1 \text{ 巣あたり作業時間} = \text{調査期間中の作業時間} \div \text{調査期間中の確認巣数または処理巣数}$$

$$\text{処理巣率} = (\text{調査期間中の処理巣数} \div \text{調査期間中の確認巣数}) \times 100$$

$$\text{ふ化抑制率} = 100 - ((\text{調査期間中の最大ふ化巣数} \div \text{調査期間中の最大確認巣数}) \times 100)$$

擬卵と着色ドライアイス処理卵の残存率の算出

次の式により、擬卵と着色ドライアイス処理卵の残存率を算出した。

$$\text{擬卵の残存率} = (\text{調査日における残存擬卵数} \div \text{調査日までの累積置き換え擬卵数}) \times 100$$

$$\text{着色卵の残存率} = (\text{調査日における残存着色卵数} \div \text{調査日までの累積着色卵数}) \times 100$$

結果

擬卵置き換え

表1に擬卵置き換え区の営巣確認状況と処理状況を示した。擬卵置き換えは6回実施し、1回あたりの作業時間は47～196分、確認巣数は13～17巣、処理巣数は1～7巣、置き換え卵数は3～13個であった。

調査期間中の最大確認巣数は17巣で、ふ化巣数は0巣であり、ふ化抑制率は100%であった。

表1 擬卵置き換え区の営巣確認状況と処理状況

実施日	作業時間(分)	確認巣数(巣)	処理巣数(巣)	置き換え卵数(個)	ふ化巣数(巣)	ふ化雛数(羽)
4月3日	92	17	6	13	0	0
4月18日	47	13	3	3	0	0
4月24日	196	14	7	7	0	0
5月9日	122	13	3	10	0	0
5月22日	62	13	2	5	0	0
6月19日	117	14	1	5	0	0
合計	636	84	22	43		

ドライアイス処理

表2にドライアイス処理の営巣確認状況と処理状況を示した。処理は4回実施し、1回あたりの作業時間は68～202分、確認巣数は27～42巣、処理巣数は14～33巣、処理卵数は38～93個であった。

調査期間中の最大確認巣数は42巣で、2巣で2羽のふ化が確認され、ふ化抑制率は95.2%であった。

表2 ドライアイス処理区の営巣確認状況と処理状況

実施日	作業時間(分)	確認巣数(巣)	処理巣数(巣)	処理卵数(個)	ふ化巣数(巣)	ふ化雛数(羽)
4月18日	114	29	16	38	0	0
4月24日	150	34	27	66	0	0
5月9日	202	42	33	93	0	0
5月22日	68	27	14	39	2	2
合計	534	132	90	236		

着色ドライアイス処理

表3に着色ドライアイス処理区の営巣確認状況と処理状況を示した。処理は5回実施し、1回あたりの作業時間は84～220分、確認巣数は22～67巣、処理巣数は3～39巣、処理卵数は6～102個であった。

調査期間中の最大確認巣数は 67 巣で、8 巣で 12 羽のふ化が確認され、ふ化抑制率は 88.1%であった。ふ化巣数には開始時に既に孵化を確認した 2 巣が含まれる、これを除外するとふ化抑制率は 91.0%であった。

表3 着色ドライアイス処理区の営巣確認状況と処理状況

実施日	作業時間 (分)	確認巣数 (巣)	処理巣数 (巣)	処理卵数 (個)	ふ化巣数 (巣)	ふ化雛数 (羽)
5月22日	121	22	20	59	2 [※]	2
6月6日	220	60	39	102	4	6
6月19日	173	67	14	33	8	9
7月5日	119	62	7	20	8	12
7月24日	84	59	3	6	6	6
合計	717	270	83	220		

※ 前半はドライアイス処理を行ったエリアであるため初回からふ化巣が存在する

1 巣あたりの作業時間と処理巣率

確認巣当たりの作業時間は、擬卵置き換え 7.6 分/巣、ドライアイス処理 4.0 分/巣、着色ドライアイス処理 2.7 分/巣であった。また、処理巣当たりの作業時間は、擬卵置き換え 28.9 分/巣、ドライアイス処理 5.9 分/巣、着色ドライアイス処理 8.6 分/巣であった。いずれも擬卵置き換えの作業時間が多く、特に処理巣あたりの作業時間は他の手法の 3~4 倍の時間を要した。着色ドライアイス処理とドライアイス処理を比べると、処理巣あたりの作業時間は着色ドライアイスの方が多かったが、確認巣当たりの作業時間は短かった。

また、延べ確認巣数に対する延べ処理した巣数の割合である処理巣率は、ドライアイス処理が 68.2%と最も高く、擬卵置き換え 26.2%は着色ドライアイス処理 30.7%と同程度であった。

表4 調査期間中の作業状況と 1 巣あたり作業時間、処理巣率

	A	B	C	1巣当たりの作業時間 (分/巣)		処理巣率 (%)
	作業時間 (分)	延べ確認巣数	延べ処理巣数	確認巣当たり (A/B)	処理巣当たり (A/C)	C/B×100
擬卵置き換え	636	84	22	7.6	28.9	26.2
ドライアイス	534	132	90	4.0	5.9	68.2
着色ドライアイス処理	717	270	83	2.7	8.6	30.7

擬卵と着色ドライアイスの残存率

擬卵置き換え処理卵の残存状況を表 5 に示した。7 月 5 日の調査時に残存していた擬卵は 43 個で、前回までの累積置き換え擬卵数 62 個のうち 69.4%が残存していた。また、調査最終日 (7 月 24 日) の残存数は 35 個で、残存率は 56.5%であった。

着色ドライアイス処理卵の残存状況を表 6 に示した。残存率は黄色 4 号が 15.3~86.4%、青色 1 号は 2.9~55.9%であった。いずれの色素も初回処理後の残存率が最も高く、黄色 4 号で 86%、青色 1 号で 55.9%であった。その後残存率は低くなり、最終的には黄色 4 号で 17.0%、青色 1 号で 2.9%と、擬卵置き換えに比べて残存率は低かった。

表5 擬卵の残存状況

	置き換え卵数	置き換え卵数 (累積)	残存数	残存率※ (%)
4月3日	13			
4月18日	3	16	未計数	
4月2日	7	23	未計数	
5月9日	23	46	未計数	
5月22日	11	57	未計数	
6月6日		57	未計数	
6月19日	5	62	未計数	
7月5日		62	43	69.4
7月24日		62	35	56.5

※ 残存率 = 残存数 / 前回の累積置き換え卵数×100

表6 着色ドライアイス処理卵の残存状況

	黄色4号				青色1号			
	処理卵数	処理卵数 (累積)	残存数	残存率※ (%)	処理卵数	処理卵数 (累積)	残存数	残存率※ (%)
5月22日	59	59	-	-				
6月6日	0	59	51	86.4	102	102	-	-
6月19日	33	92	9	15.3	0	102	57	55.9
7月5日	20	112	28	30.4	0	102	14	13.7
7月24日	0	112	19	17.0	6	108	3	2.9

※ 残存率 = 残存数 / 前回の累積処理卵数×100

考 察

繁殖抑制はカワウの個体数を低位安定させる手法として有効であることが知られており、山梨県では平成16年から県内唯一の下曾根コロニーで毎年実施し、カワウ個体数を低位に安定させることに成功している¹²⁾。繁殖抑制の方法として、本物の卵と偽物の卵と置き換える方法（以下、擬卵置き換え）や、本物の卵をドライアイスで処理して発生停止を行いふ化させない方法（以下、ドライアイス処理）などを開発し実施しており、いずれの手法も高い繁殖抑制効果が得られている⁴⁵⁾。

擬卵置き換えは、擬卵と本物の卵の判別が容易なため、一度置き換えを行った後の作業は、毎回巣内を確認して本物の卵があった場合だけ置き換え処理すれば良いため、シーズン中の作業回数が少なく済む。一方で、擬卵の作成作業が煩雑である事、巣の中から本物の卵を取り出す作業に高い技術と労力を要すること等の欠点があった。これまでに、擬卵作成作業については擬卵の素材を石膏から紙粘土に変更することや、本物の卵から作成した型枠を使用する方法から手でこねて作成する方法への変更など、簡便化が図られてきた⁶⁾。卵を取り出す作業についても取り出しに使用する器具を改良することで改善を図っているものの、いまだに高度な技術と作業時間を要している。この点は、新規作業において顕著であり、技術の習得にも長期間を要する。

ドライアイス処理については卵を取り出す作業が無い場合、擬卵置き換えよりも技術的に容易であるが、発生停止処理卵と本物の卵が識別できないため、シーズン中はすべての巣で毎回ドライアイス処理を行う必要があり、作業回数が膨大になるデメリットがあった。

そこで、卵を取り出す作業が必要なく、処理卵と未処理卵が識別できる手法として、色素材で着色したドライアイス（着色ドライアイス）による処理を検討した。その結果、着色ドライアイス処理は、処理卵が未処理卵と識別が可能のため、確認巣数に対して処理が必要な巣数である処理巣率は 30.7%と、毎回処理が必要なドライアイス処理の 68.2%と比較して大幅に少なく、擬卵置き換えの 26.2%とほぼ同程度の処理巣率であった。また、処理 1 巣当たりの作業時間は 8.6 分であり、擬卵置き換えの 28.9 分と比べて大幅に短縮でき、技術的に容易な手法といえる。以上のことから、着色ドライアイス処理は擬卵置き換えやドライアイス処理に比べて作業効率が高い手法であることが明らかになった。

一方で、着色ドライアイス処理した卵の残存率は、擬卵の残存率と比べて低かった。その原因として、親鳥による着色卵の排除、カラスなどの動物による持ち出し、着色卵の退色などが考えられた。今後、その要因を明らかにし、残存率の向上を図る必要がある。

ふ化抑制率については、擬卵置き換えが 100%であったのに対し、着色ドライアイス処理は 90.1%と若干低かったものの、実用レベルの繁殖抑制手法と考えられた。ふ化抑制率が低かった原因として、色素材が付着した卵はすべて処理卵として再処理しなかったが、一部で冷却が不十分な卵があったためと推測された。今後、着色ドライアイスの投入量や巣内に均一に拡散する方法を開発することで、ふ化抑制率を高めることが出来ると考えられた。

今後も着色ドライアイス手法について年次を反復し、更なる効率化について検討していく必要がある。

謝 辞

古口大雅氏、田口風太氏をはじめとする帝京科学大学の学生諸氏には、現地での作業補助にご尽力いただいた。ここに記して感謝の意を表します。

要 約

1. 食品添加物色素を添加したドライアイス（着色ドライアイス）でカワウの卵を処理することによる繁殖抑制作業の効率化を検討した。
2. 着色ドライアイス処理は、処理 1 巣当たりの作業時間が 8.6 分と、擬卵置き換えの 28.9 分に比べて大幅に短く、技術的に容易な手法であった。
3. 着色ドライアイス処理は、着色により処理卵が未処理卵と識別が可能のため、確認巣数に対して処理が必要な巣数（処理巣率）は 30.7%と、毎回処理が必要なドライアイス処理の 68.2%と比較して少なく、擬卵置き換えの 26.2%とほぼ同程度であった。
4. 着色ドライアイス処理のふ化抑制率は 90.1%と、実用レベルの繁殖抑制手法であった。
5. 以上のことから、着色ドライアイス処理は、擬卵置き換えや通常のドライアイス処理に比べて作業効率が高い手法であった。

文 献

- 1) 坪井潤一・芦澤晃彦（2012）：山梨県におけるカワウ繁殖コロニー管理。日本鳥学会誌，61(1)，38-45.
- 2) 芦澤晃彦・坪井潤一（2011）：魚類食害軽減のための繁殖抑制によるカワウ個体群管理。山梨県水産技術センター事業報告書，38，38-43.

- 3) 山梨県 (2017) : 第3期山梨県カワウ管理指針
- 4) 坪井潤一・桐生 透 (2007) : 卵の置き換えがカワウ繁殖成功および個体数に与える影響. 日本鳥学会誌, 56(1), 33-39.
- 5) 坪井潤一・桐生 透・岩間貴司・阿部正人・石黒輝雄・宮本博永 (2008) : カワウの繁殖抑制を目的とした卵発生停止技術の検討. 山梨総合理工学研究機構報告書, 3, 48-51.
- 6) 谷沢弘将 (2015) : カワウの繁殖抑制に使用する擬卵の簡易作成手法の検討 (短報). 山梨県水産技術センター事業報告書, 42, 30-31.