

## (2) ベイト瓶を用いた中庭試験

沖縄県環境科学センターの中庭に設置した蚊帳（縦×横×高さ＝2.0m×3.0m×1.8m）内で平成30年8月3日から11月4日まで誘引試験をした。

### a) 試験方法

#### a-1 装置

蚊帳内に杭（縦×横×高さ＝4cm×4cm×135cm）を4本立て（杭間：40cm）、2本の細い角材で橋渡し各杭を雌のアノールが自由に移動できるようにした。また杭先端に屋根を設置し日陰部分を設けた（写真3-1-7.3）。



写真 3-1-7.3 中庭におけるベイト瓶の誘引試験（試験①）

黄矢印：雄アノールが投入された穴あきベイト瓶，赤矢印：コントロールベイト瓶

#### a-2 ベイト

ベイトには試験①として、生きた雄アノールを穴あき透明瓶に投入したもの（以後、雄ベイト）、試験②として雄アノールの匂いだけを空気ポンプを用い、穴あきベイト瓶に送気したもの（以後、匂いベイト）、試験③として雄アノールを密閉瓶に投入したもの（以後、姿ベイト）を用いた。この姿ベイトへの送排気口は試験区系外に位置させた。さらに試験④として、試験区系外からの空気を姿ベイトに送気し、その排気先を穴あきベイト瓶内で行ったもの（以後、匂い&姿ベイト）を用いた（表3-1-7.2、写真3-1-7.4）。

表 3-1-7.2 各試験のベイト瓶の条件

試験期間	試験 No.	ベイト瓶形状	ベイト	目的	詳細
8/3～ 11/14	①	穴あき瓶	雄アノール	生きた雄アノールの誘引	直径5mmの空気穴の開いた透明瓶に雄アノールを入れる。
8/10～ 9/21	②	穴あき瓶	雄アノールの匂い	嗅覚因子の誘引	蚊帳外から生きた雄アノールの臭気を穴あき瓶に導入する。
8/27～ 9/3	③	密閉瓶	雄アノール	視覚因子の誘引	密閉瓶に雄アノールを入れる。送排気は試験区系外で行う。
10/16～ 10/30	④	密閉&穴あき瓶	雄アノール&雄アノールの匂い	視覚&嗅覚因子の誘引	密閉瓶の雄アノール臭気(排気)を穴あき瓶に導入する。



写真 3-1-7.4 各試験のベイト瓶設置状況

- ①：雄ベイト（穴あき瓶＋雄アノール）
- ②：匂いベイト（穴あき瓶＋雄アノールの匂い）  
雄アノール臭気の排気ホース（黄矢印）。ベイト内に雄アノールはいない。
- ③：姿ベイト（密閉瓶＋雄アノール）  
試験区系外からの送排気ホース（オレンジ矢印）、試験区内に雄アノール臭気を排気しない。
- ④：試験②と③の組合せ（匂い&姿ベイト）  
試験区系外からの送気（赤矢印）、穴あきベイト瓶への排気（緑矢印）、雄アノールからの排気気（緑矢印）。

### a-3 試験手順

4本の杭の前に、雌が入ったままその飼育ケージを置き、蓋を開け30分以上放置する（雌個体の蚊帳内への馴化）。その後、杭に各種ベイト瓶を設置し試験開始とした（雌アノール4個体/試験、写真3-1-7.3）。すべての試験において、コントロール瓶を杭一本離れた位置の杭に設置した（写真3-1-7.3赤矢印）。これら杭へのベイト瓶の設置は、試験毎に位置をそれぞれ移動させた。

中庭誘引試験は、気温が25℃以上になるのを待ってから日中の3時間程度行った（9:30から16:00の間）。誘引活性の評価は、図3-1-7.2に示す両矢印のエリアに雌アノールの頭部が侵入した場合（例：図3-1-7.2の♀2）を誘引活性ありと判断し、その回数が多いほど誘引活性が強いと判断した。また誘引試験は、2方向からビデオカメラによって記録した（杭に対して正面側と後方側）。

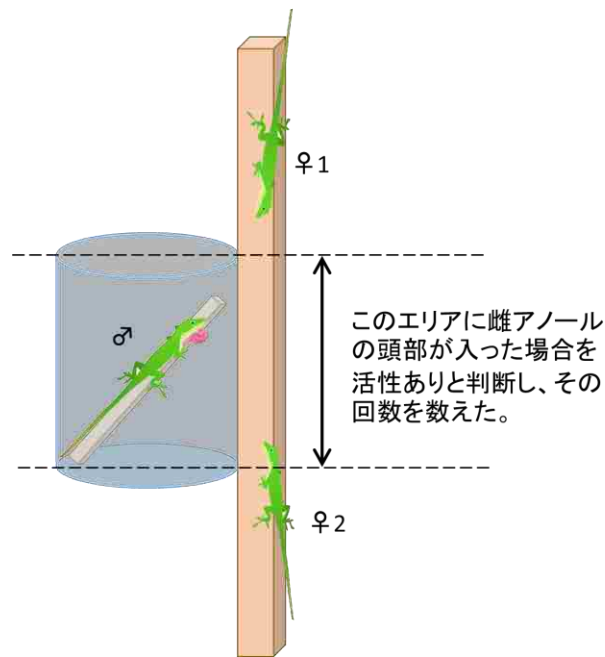


図3-1-7.2 誘引活性の評価

## b) 結果及び考察

試験期間における雄ベイトへの雌アノールの平均誘引回数を図 3-1-7.3 に示す。また、各種ベイト瓶への平均誘引回数を図 3-1-7.4 に示す。

### b-1 雄ベイトに対する雌アノールの誘引反応

雄ベイトに対する雌アノールの平均誘引回数は、試験期間によって大きく変化した(図 3-1-7.3)。8・9月における雄ベイトの平均誘引回数は  $9.3 \pm 2.8$  (SD, n=4) となり、コントロールの  $1.5 \pm 1.9$  (SD, n=4) に比べ有意に誘引された (Wilcoxon rank sum test,  $p < 0.01$ )。10月でも雄ベイトへの誘引は観察されたが、8、9月に比べその数は減少した (雄ベイト: 平均誘引回数  $2.3 \pm 0.6$ , コントロール瓶: 平均誘引回数  $0.0 \pm 0.0$  SD, n=3)。また11月の雄ベイトへの誘引回数は、コントロール瓶への誘引回数とほぼ同程度であり、雄ベイトとコントロールの誘引活性に差がなくなった。(雄ベイト; 平均誘引回数  $3.0 \pm 1.7$ , コントロール瓶; 平均誘引回数  $3.0 \pm 0.0$  SD, n=3)。したがって、ベイト瓶を用いた中庭誘引試験は11月で終了とした。

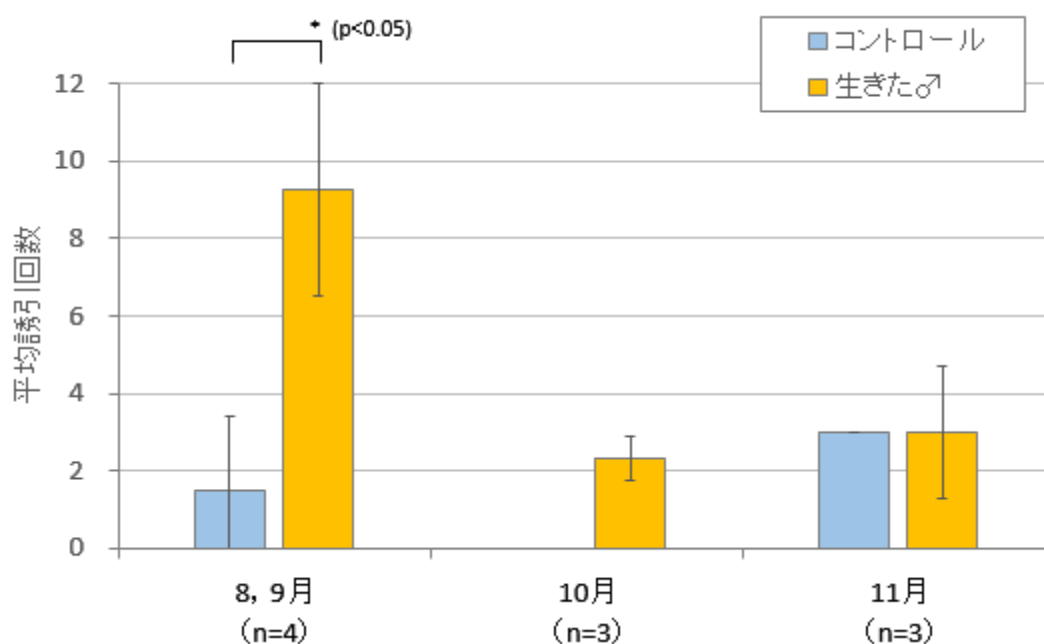


図 3-1-7.3 雄ベイトに対する雌アノールの誘引反応 (試験①)

この生きた雄をベイトとして用いたベイト瓶は、そのまま野外トラップとして適応できる。繁殖期に雄ベイトと粘着テープを組み合わせた方法を用いたトラップとしての有効性を野外で検証する予定である。

## b-2 雄アノールの誘引因子の決定

雄ベイトの誘引因子を嗅覚（匂いベイト）と視覚（姿ベイト）に分けて試験した。その結果、匂いベイトにも姿ベイトにも、それぞれのコントロールに比べ有意な差はなかった（図 3-1-7.4）。特に姿ベイトは、雄ベイト（8・9 月）に比べ急激にその誘引活性を失った（平均誘引回数：0.8 ±1.7 SD, n=4）。また姿ベイトの平均誘引回数も、誘引活性の低下とばらつきの増大が確認された。これら誘引活性の低下を多過ぎる雄アノール臭気量と判断し、臭気吐出量を 1.65L/min から 0.05~0.08L/min に低減させ、さらに視覚因子も合わせた試験（匂い&姿ベイト）を行った。その結果、雄ベイト（10 月）と同程度の平均誘引回数を得ることができた。しかし、匂い&姿ベイトによる平均誘引回数とコントロールに有意な差はなかった。

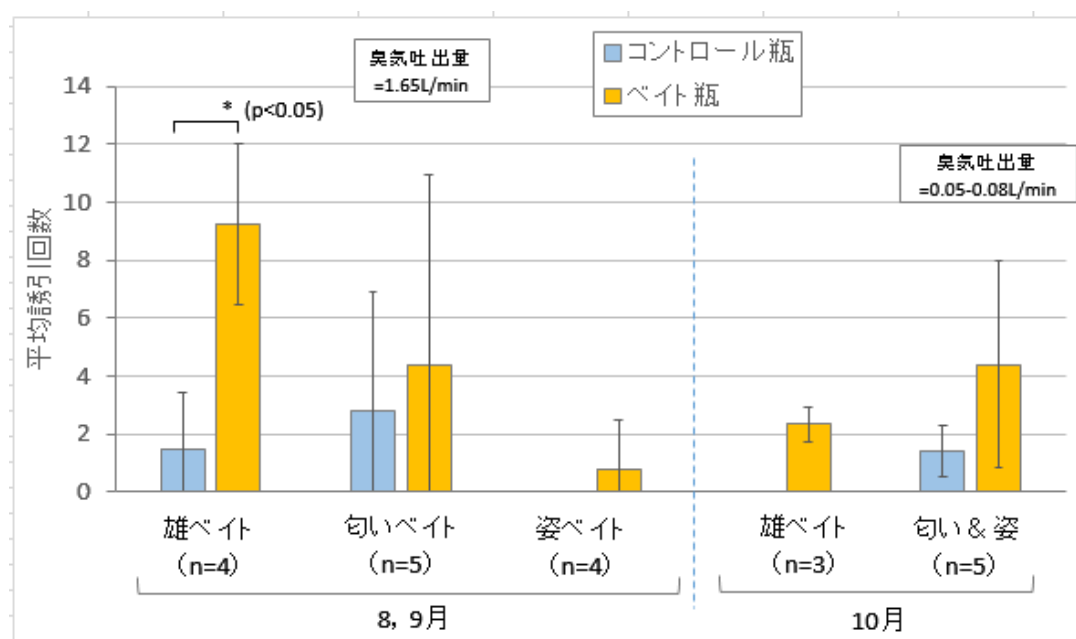
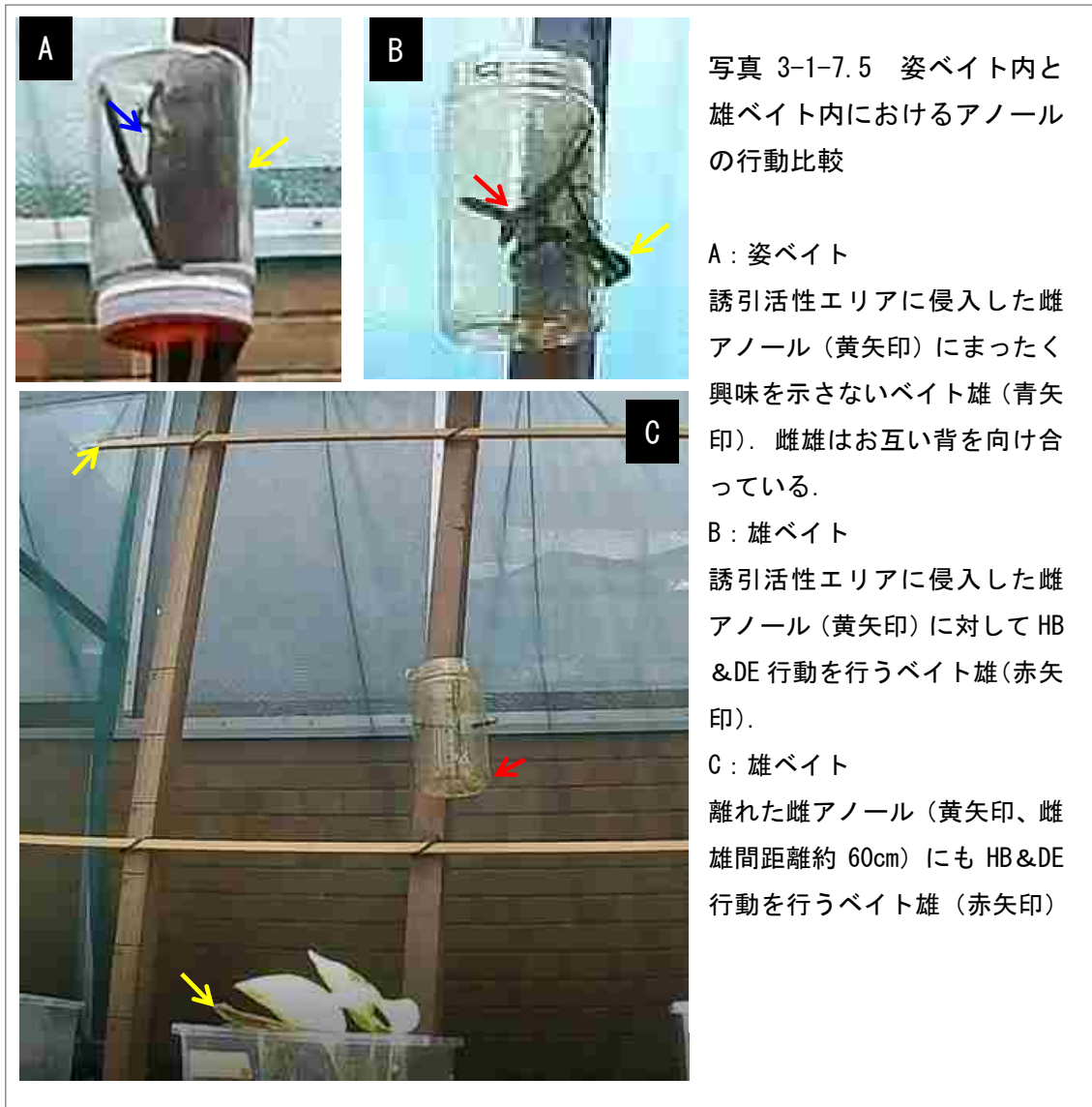


図 3-1-7.4 各種ベイト瓶に対する雌アノールの誘引反応

以上のことから、雄アノールの匂いと姿の組み合わせベイトでは、雄ベイトの誘引活性を再現できないことが判った。そこで、雄ベイトと他のベイト試験におけるアノール行動に差がないかを知るため、雄ベイト（8~10 月, n=7）と姿ベイト（n=4）の全試験映像を再観察した。その結果、雄ベイト内の雄アノールがに雌アノールに対して、ヘッドボビング・デュラップ伸縮行動（HB&DE 行動）を 15 回行っているのに対し（雌雄間距離=0~60cm, 平均距離=5.4cm）、姿ベイト内の雄アノールは、1 度もそのような求愛アピール行動を行っていないことが判った（写真 3-1-7.5）。これら観察結果から、視覚因子には「姿」ではなく「HB&DE 行動」が適していると考えられる。



### c) 今後の予定

雄ベイト（雄アノール）は雌アノールを誘引する能力があることが判った。姿ベイトでの誘引力の低下を考えると雄の匂いは重要であると判断できるが、雄ベイトの誘引力を「匂い」だけでは再現できない。今後の予定を以下に示す。

- ・「匂いベイトと姿ベイト」、「匂いベイトと DE 行動」の組合せ試験（中庭誘引試験）
- ・雄ベイトを用いた野外誘引試験
- ・雄個体由来の糞尿・体表成分の抽出（エタノール、ヘキサン）（中庭誘引試験）



(3) ベイト装置（アノールロボット）の中庭・野外試験、改良

a) 試験場所と試験日

試験場所および試験日は表 3-1-7.4 に示す。

b) 試験方法

試験方法は表 3-1-7.4 に示す。

b-1 ベイト装置

ベイト装置として、今回新たに2種類を作製した（写真 3-1-7.6）。構造および特性を表 3-1-7.3 に示す。

表 3-1-7.3 ベイト装置の構造および特性

名称	駆動	デュラップ素材	利点	欠点
ノイジー型 （従来型）	サーボ	プラスチック板	・装置はコンパクト ・安価	・車両用12Vバッテリー ・サーボ駆動ノイズ
ラジコン(RC)型 （新型）	サーボ	タイツ生地	・ヘッドボビング・デュラップ開閉のタイミングを任意に遠隔操作できる ・小型7.4Vバッテリー(軽量) ・コンパクト	・サーボ駆動ノイズ ・サーボ位置修正ノイズ ・高価
サイレント型 （新型）	ステッピングモーター	タイツ生地	・サーボ駆動ノイズがない	・車両用12Vバッテリー ・サーボ駆動より装置が大きい

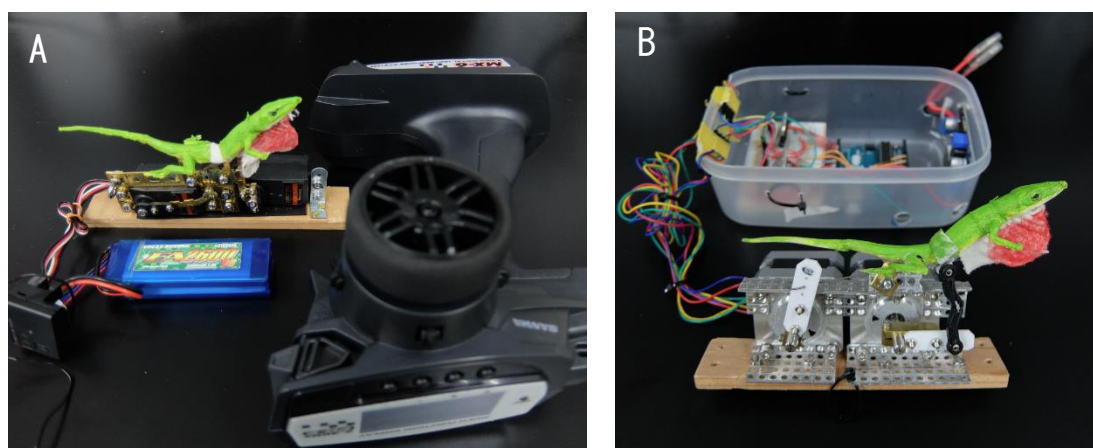


写真 3-1-7.6 ベイト装置 (A: ラジコン型, B: サイレント型)

ラジコン型ベイト装置は、軽量・小型（バッテリーも含め）のため、どこでも設置できる。また雌アノールの動きに応じて、ヘッドボビングやデュラップ開閉を遠隔操作できる特徴がある。野外試験におけるラジコン型ベイト装置の設置は、可能な限り野生個体に近づけた。

サイレント型ベイト装置は、車両用 12V バッテリーを用いており、ラジコン型に比べ設置場所の制限がある。また装置の運動は、マイクロコントローラーによって制御しているため、ラジコ

ン型のようにオペレーターを要さず、長時間無人で可動できる。野外試験におけるベイト装置の設置は、斜面の上部など装置が目立つ場所（雌アノールの視界に入り易い）を選択した。

#### **b-2 雌の誘引活性**

雌のベイト装置への誘引活性は、以下の2つとし装置の評価を行った。

- ・雌のベイト装置に対するヘッドボビング
- ・ベイト装置周囲 10cm 以内への雌の接近

#### **c) 結果**

試験の結果を表 3-1-7.4 に示す。



表 3-1-7.4 ベイト装置の中庭・野外試験結果

No.	試験日	場所	ベイト装置	方法【試験時間】	試験回数	結果	評価
1	4/9	真嘉比遊水地 北側街路樹, 西側	ラジコン (RC)型	♀固体を見つけて、その 付近に設置。【10min程 度、計3h】(図8-5A~D)	11	RCタイプに誘引される♀個体な し、♂個体の反応もない	×
	4/12	真嘉比遊水地 北側街路樹, 西側	RC型	延べ棒の先にRCタイプを 設置し、♀個体に近づけ る。【3-15min、計3h】 (図8-5E)	5	♂♀共に後ずさりして逃げる (♂:3, ♀:2)	×
2	4/19, 20	沖縄県環境 科学センター 中庭	RC型	♀4-5個体を放ったメッ シュケージ(W45xH88xD 45cm)の止まり木にRCタ イプを設置。【2, 5h】	2	<1回目> ・開始6分、RCへ? ♀のヘッドボ ビング確認(図8-6) ・RC設置止まり木に2回♀が登る <2回目> ・RCが動作し出すと逃げる♀個 体あり	△ ×
3	4/23, 4/26, 27	沖縄県環境 科学センター 中庭	RC型	♀3個体を放った蚊帳 (W3xH1.7xD2.5m)内に杭 を4本立て、そのうち1本 の杭にRCタイプを設置 (設置高さ:80, 30cm)。 【2-3h】	3	RC設置の杭に登る♀個体なし	×
4	5/14, 15, 6/14	沖縄県環境 科学センター 中庭	ノイジー型 と サイレント 型	<1, 2回目> ♀4個体を放った蚊帳内 に杭(止まり木)を4本立 て、ノイジータイプとサイ レントタイプをそれぞれ別 の杭に設置。【3, 7h】 <3回目> 前日に♀4個体を放ち馴 化期間を長くする。また、 杭同士を横棒で連結さ せ、杭から杭への移動を 容易にした。【7h】	3	<1回目> ・開始79分、サイレントタイプ設置 杭に♀個体が登る ・開始122分、サイレントタイプ周 囲10cm以内に♀個体が接近(ボ ビングなし) <2回目> ・ベイトに近づく♀個体なし <3回目> ・開始100分、サイレントタイプ周囲 10cm以内に♀個体が接近(ボビ ングなし)(図8-7A)	○ × ◎
5	5/25, 28 6/11	赤嶺緑地 西側	ノイジー型 と サイレント 型	緑地西側の植込み斜面 の上部に繁殖しているギ ンネムに設置。【6, 6, 3h】	3	<1回目> ・ノイジータイプ設置の隣の枝で アノール確認(♂♀不明・ボビ ングなし) <2回目> ・ベイトに近づく♀個体なし <3回目> ・サイレントタイプ周辺の枝に、♂ 3個体確認	△ × ×
6	6/4, 8	真嘉比遊水地 北側街路樹	サイレント 型	♀が生息する街路樹に装 置を設置し、♀の行動観 察。【4h】	1	3時間で計3回、ベイト装置設置位 置まで♀が降りてきた。しかし♀ 個体は、装置周辺10cm以内には 進入しなかった(ボビングもなし) (図8-7B)	△

グリーンアノールの野外での繁殖期を考慮して、まずラジコン型ベイト装置を用いて、野外試験を行った（試験 1）。真嘉比遊水地北、西側の樹木（ギンネム）、道路ガードレール、橋周辺、街路樹（写真 3-1-7.7 A~E）で発見したそれぞれの野生アノールに対して試験したが、誘引活性を示す雌個体はなかった。また雄アノールも同様に試験したが、ベイト装置に接近する個体はなかった（威嚇行動）。野生雌アノールは、雄に比べ警戒心が強く、ベイト装置設置時の調査員動作を見て逃げ出す個体が多く観察された。そこでラジコン型ベイト装置を延べ棒の先に固定し、調査員と野生アノールの距離を離し装置を設置する工夫をした（表 3-1-7.4，試験 1 下段）。その結果、野生アノールの視界 50cm 以内にベイト装置を設置することができたが、それらベイト装置に誘引活性を示す雌個体はなかった（写真 3-1-7.7 E）。逆に装置を警戒し、後ずさりする個体が観察された（忌避行動）。



ラジコン型ベイト装置は、同じサーボ駆動の従来型（ノイジー型）より、サーボ駆動音は低減されているものの独特なサーボ音は発生する。ラジコン型ベイト装置を接近させた場合、これらサーボ音は野生アノールにとって大きなストレスになり、忌避行動をとったと考えられる。

これら装置のサーボ音によるアノールの反応は、沖縄県環境科学センター中庭設置のメッシュケージ内（W45cm×H88cm×D45cm）でも同様に観察されている。ラジコン型ベイト装置が駆動するとその瞬間に、忌避行動を起こす雌個体が確認されている（表 3-1-7.4，試験 2 の 2 回目）。また試験 2 の 1 回目では、雌のヘッドボビングが観察されているが、ラジコン型ベイト装置に対しての行動かは判断できなかった（写真 3-1-7.8 赤矢印）。

飼育ケージを大型化し、センター中庭設置の蚊帳内（W3.0m×H1.7m×D2.5m）でも、ラジコン型ベイト装置を用いた試験を行ったが、誘引活性を示す雌アノールは確認されなかった（試験 3）。

ノイズを低減させたベイト装置として、ステッピングモーターで駆動するサイレント型ベイト装置を作製し、センター中庭設置の蚊帳内で試験 4 を行った。比較のため昨年度作製したサーボ型ベイト装置も同時に試験した。その結果、雌アノールがサイレント型ベイト装置に対して 10cm 以内に接近する行動が 2 回観察された（表 3-1-7.4）。特に 3 回目に観察された雌アノールの行動は、装置頭部側からベイトを視界に入れながら接近しており、誘引行動を示したと考えている（写真 3-1-7.9 A，赤矢印）。一方、ノイジー型ベイト装置に誘引活性を示した雌個体は確認されなかった。

これらサイレント型とノイジー型は、赤嶺緑地（野外試験）でも試されたが、誘引活性を示す野生雌個体は観察されなかった（試験 5，写真 3-1-7.9 B）。

サイレント型ベイト装置の試験 5 において（3 回目）、装置周辺を通過する 3 個体の野生雄が確認されている。それら雄個体が、装置駆動時にノイズに驚いて忌避行動をとるような様子は観察されない。よってベイト装置の駆動には、ステッピングモーターの方が、サーボより適切であることが判った。

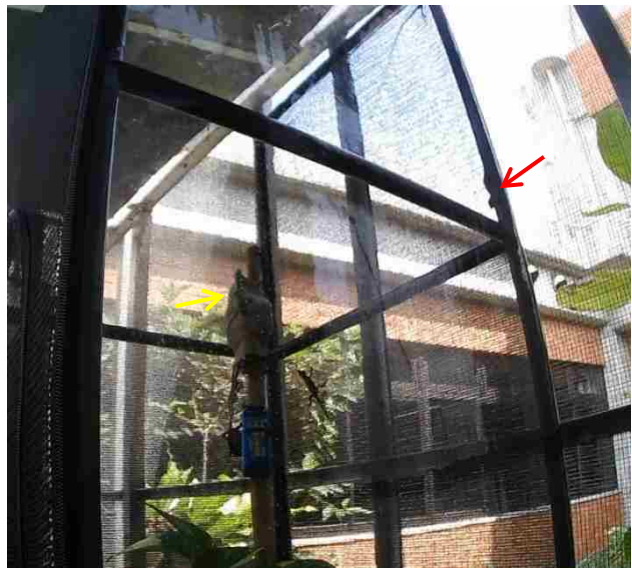


写真 3-1-7.8 メッシュケージ内での誘引試験（ラジコン型ベイト装置）  
黄矢印：ベイト装置，赤矢印：ヘッドボビング行動した供試体（♀）。





写真 3-1-7.9 サイレント型ベイト装置を用いた誘引試験

A : 蚊帳における誘引試験の様子 (赤矢印 : ベイト装置に接近する供試体♀).

B : 赤嶺緑地西側の植込み斜面における誘引試験の様子 (黄矢印 : ベイト装置). ノイジー型ベイト装置は、約 7m離れた同条件の樹木に設置した.

試験 6 では、真嘉比遊水地北側の街路樹に生息する雌アノールに対して、サイレント型ベイト装置を用いて試験した。その結果、試験開始時に街路樹上部茂み内にいた雌アノールが 3 時間で 3 回ベイト設置位置まで降りてくるのが観察された（写真 3-1-7.10, オレンジ矢印）。しかし、ベイト装置 10cm 以内に接近したり、装置に対するヘッドボビング行動（誘引活性）は観察されなかった。



写真 3-1-7.10 街路樹におけるサイレント型ベイト装置を用いた誘引試験  
オレンジ矢印：街路樹上部茂みからベイト装置設置高さまで降りてくる野性雌個体

野外におけるベイト装置を用いたアノール捕獲は、粘着テープ方法に比べ下記に示す 2 つのまたは、いずれかの特徴が必要と考える。

- ・広域な雌アノールの誘引（最低でも隣接する樹木の雌アノール誘引）
- ・素早い雌アノールの誘引（1 時間程度）

現在のところ、どちらの特徴もベイト装置にはない。今後、サイレント型ベイト装置に雄アノール表皮の匂いを加え（視覚&嗅覚因子）、上記 2 つの特徴を満たすトラップ開発を目指す。

#### (4) ベイト装置（アノールロボット）の改良

野外でのアノールロボットによる雌アノールの誘引には未だ成功していない。前回報告のサイレント型では、直流ステッピングモーターを用いモーター自身のノイズ低減には成功したが、モーターとフィギュアを直接ピアノ線（金属軸）や ABS 樹脂で接続しているため、その接続間でのノイズ（メカニカルノイズ）は、残された問題であった（表 3-1-7.5）。そこでモーターとフィギュアを直接接続しない磁気を利用した方法を用いてさらにノイズを低減させたロボットを試作した（写真 3-1-7.11）。

表 3-1-7.5 ベイト装置の性能比較

名称	駆動	デュラップ素材	利点	欠点
ラジコン (RC) 型	直流サーボモーター	タイツ生地	<ul style="list-style-type: none"> <li>・HB&amp;DE行動のタイミングを遠隔操作できる</li> <li>・小型7.4Vバッテリー(軽量)</li> <li>・コンパクト</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・サーボ駆動ノイズ</li> <li>・サーボ位置修正ノイズ</li> <li>・高価</li> <li>・自動操縦不能</li> <li>・モーターとフィギュアを直接連結しているためメカニカルノイズがある</li> </ul>
サイレント型	直流ステッピングモーター	タイツ生地	<ul style="list-style-type: none"> <li>・自動操縦可能</li> <li>・モーター駆動ノイズがない</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・車両用12Vバッテリー</li> <li>・サーボ駆動より装置が大きい</li> <li>・メカニカルノイズがある</li> </ul>
マグネット型 (新型)	交流低速モーター	なし	<ul style="list-style-type: none"> <li>・モーター駆動ノイズがない</li> <li>・マイコンは不要(安価)</li> <li>・モーターとフィギュアを直接連結しないためメカニカルノイズが低減できる</li> <li>・自動操縦可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・デュラップの構造は簡素化される</li> </ul>

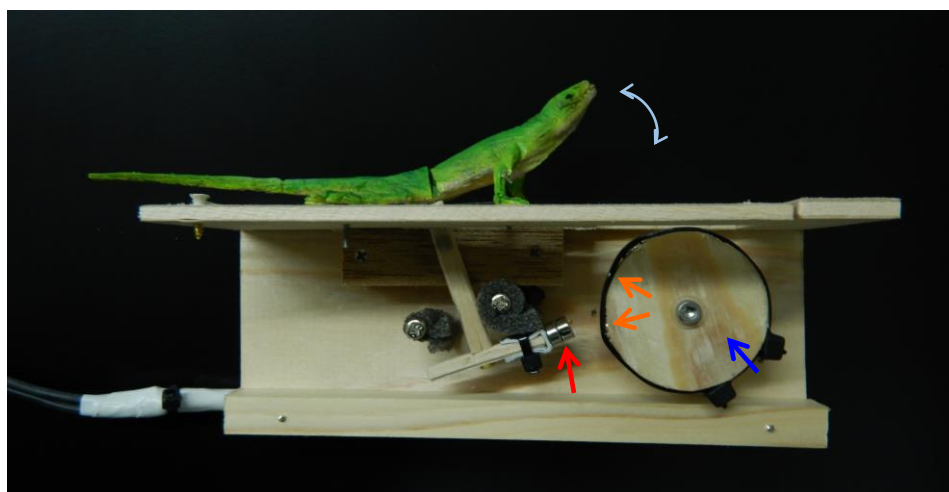


写真 3-1-7.11 マグネット型ベイト装置

交流モーターの木製プリー（青矢印）に埋め込まれたマグネット（オレンジ矢印）とアノールフィギュア側のマグネット（赤矢印）が引合いフィギュアの上半身が駆動し HB 運動を行う仕組み。（右側面図）デュラップも同じ駆動原理で伸縮させる予定。

現在のところ試作のマグネット型ベイト装置はHB 行動しか行えないが、DE 行動も作製可能である。しかし、磁力を利用するマグネット型ベイト装置の駆動力は、モーターとフィギュアを直接連結するタイプに比べ弱く、デュラップの構造は簡素化する必要がある。

<今後>

雌アノール誘引現象における視覚因子は、現在生きた雄アノールを用い検証している。生きた雄の代わりになりえるかを検証する。今後の予定を以下に示す。

- ・DE 行動を模倣するマグネット型ベイト装置の作製
- ・「匂い」と「ベイト装置」の組合せ試験（中庭誘引試験）