

忌避音による鳥害防止効果

千葉大学文学部 岡ノ谷一夫
農業研究センター 中村 和雄

1. はじめに

鳥たちは美しいさえずりと姿でわれわれを和ませてくれるが、われわれの活動や環境に好ましくない影響を与えるものもある。これらの影響を鳥害とよぶ。鳥が航空機のエンジンに飛び込みエンジンの動作不良を引き起こすもの、鳥が送電線に巣築することで停電の原因となるもの、ハトなどが駅やアパートに営巣し糞を巻き散らすものなど、いろいろな形の鳥害があるが、なんといっても深刻なのは、農作物に対する被害である。鳥による農作物の被害は、人類が農耕を始めた当初から存在していた。現在では、スズメ、ハト類、カラス、ムクドリ、ヒヨドリなど10種前後の鳥類が農作物に害を与えている。

これらの鳥害を防ぐため、昔からいろいろな努力がなされてきた。我が国では、鳥を捕獲したり殺したりすることは法律で禁じられており、有害鳥獣駆除の許可を受けない限り、こうした方法で鳥害に対処することはできない。そのため、鳥に何らかの方法で刺激を与えて、行動学的に鳥を追ひ払う工夫が必要となってくる。なかでも、現在は音を使った鳥害防除が注目されている。

音を鳥害防除に用いることにどんな利点があるのだろうか。まず、音は比較的広範囲にわたる効果を及ぼせることがあげられる。果樹園などでは、視覚刺激であれば効果の波及する範囲

が狭いが、音声刺激であれば込み入った植生を抜けて伝わってゆくことができる。次に、音は必要なときのみ提示できるのが利点である。臭覚刺激ではいったん提示したならば臭いが立ちこめてしまうが、音ならば提示をやめた途端に刺激は消える。また、音は鳥類のコミュニケーションの主要な媒体であることから、音を使った防除には動物行動学の成果が適用しやすいことが考えられる。行動的な手段による鳥害防除法のなかでは、音を使った方法が一番現実的な解法となろう。以下に音を使った防除法の基礎知識を与え、より効果的な防除法を考察する。

2. 鳥類の聴覚

音による追ひ払いを検討する前に、鳥類の聴覚について正しい知識をもっておくことが不可欠である。鳥のたてる音はたいてい甲高く聞こえるし、鳥のうたう歌は音響的に複雑に聞こえることから、われわれは鳥の聴覚能力を過大評価しがちであるが、実際に鳥の聴覚能力は人間のそれを超えるものではない(岡ノ谷, 1994)。もちろん、暗闇で狩りをするフクロウや、上空から獲物をとらえるワシ・タカなどの猛禽類は、特殊な聴覚能力をもつことが予想されるが、鳥害にかかわる鳥では、人間の聴力をこえた能力はない、と考えて問題ない。

1) 鳥の可聴範囲

哺乳類では鼓膜の振動を内耳に伝える耳小骨は3本であるが、鳥類ではこれらは1本にまとまってしまっている。このことで、空気の振動をリンパ液に伝える際の効率に若干の差が生ずるであろう。哺乳類では3本の耳小骨がレバーとして働き、20 kHz 以上の高周波も効率よく伝えるが、鳥類では10 kHz 以上で伝達効率が落ちる。哺乳類では、内耳はらせん状になっており蝸牛管と呼ばれるが、鳥類では一本の筒状になっている。

このように、鳥類の聴器は哺乳類のものに比べ単純にできているが、基本的な情報処理の様式は哺乳類と同じである。ただし、内耳の受容細胞がのっている膜（基底膜）の長さが、一般に鳥類のほうが哺乳類より短いため、鳥類の可聴範囲は哺乳類のそれより狭い。60 dB 以下の音圧で聞ける範囲を可聴範囲であると定義すると、ほとんどの鳥類は100 Hz から7 kHz 程度までしか聴こえない。これに対して哺乳類の多くは30 Hz から50 kHz の間の音を聴くことができる。人間の可聴範囲もこの間にある。

図-1に、鳥害にかかわる鳥数種と人間の聴力曲線を示す。音の高さや大きさ、時間差を聴

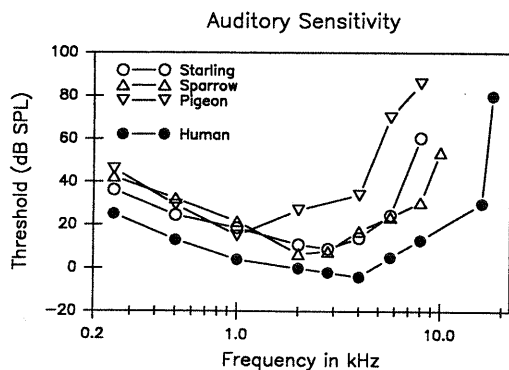


図-1 鳥害にかかわる鳥類の聴力曲線

○ホシムクドリ、△イエスズメ、▽ドバト、の聴力曲線と●ヒトの聴力曲線を比較する。データはFay (1988)より引用。

き分ける能力に関しても、鳥は人間に迫ることはあっても、勝ることはない。高さの聞き分けは人間と鳥とともに中心周波数の2%前後、大きさの聞き分けは1 dB 前後、時間の聞き分けは4ミリ秒前後である(岡ノ谷, 1994)。

2) 超音波は無効

超音波とは、人間の耳に聴こえないほど高い周波数を持つ音のことである。人間の可聴範囲より高い音を超音波、低い音を赤外音という。哺乳類の可聴範囲を超える聴力をもった鳥類は存在しない。鳥には人の可聴範囲を超える音は聴こえないのである。したがって、「超音波で鳥を追い払う」とうたった防鳥機器はインチキ商品であるといわざるを得ない。

3. 人工音による追い払い

つぎに、人工音を使った追い払い法の適用と限界について説明する。

1) 爆音

音を利用した防除法でもっとも広く使われているものは爆音機であろう。爆音機の効果は一定に認められるが、わが国においては騒音の問題が深刻で、居住環境から離れたところでないと実用にはできない。

ラゾーミサイルと呼ばれる防鳥機器は、プロパンガスの爆発によって羽状の物体が高く打ち上げられるもので、爆音という聴覚刺激に羽の動きという視覚刺激を複合させたものである。ラゾーミサイルは、ハト、カラス、ヒヨドリ、カルガモに対して効果が高く、7~70mの有効半径を持つ(中村, 1990)が、果樹園などのように見通しのきかないところでは有効範囲は20m程度である(星川ら, 1982)。

2) 電子音

電子的に合成した音を発する防鳥機も国内外

のメーカーより販売されている。これらの機器の効果を実験的に示した数少ない論文では、効果は判然としないものが多い（例えば、清水ら、1988）。また、これらの電子音が鳥を追いつかうという行動学的な根拠はまったくない。

3) 旗 の 音

以上は近代的な技術に基づく人工音であったが、日本も含むアジアやアフリカなどで古くから用いられてきたものに旗がある（中村、1993）。旗を振り回すことで視覚刺激と聴覚刺激の複合刺激を構成しているわけだが、後述するように、旗の音だけでもずいぶん高い追い払い効果があることがわかった。特に、“ぼい旗”と言われる旗の音は、小鳥にとってはワシ・タカ・フクロウのような猛禽類の羽ばたきに聞こえるとされており、高い追い払い効果をもつ（中村、1993）。

4. エソロジカル・アプローチ

以上説明した人工音による方法は、みな多少とも経験的なもので、それらの音が鳥に対して忌避効果をもつ生物学的な保障はない。これに対して、鳥が本来忌避するような生物由来の音を用いた防除の方法を、エソロジカル・アプローチとよぶ。音声をつかった鳥害防除のエソロジカル・アプローチとは、まず動物の自然な生活の中でその動物はどんな音声に対して逃避行動をとるのかを記述し、次にその音声信号の中から逃避行動を解発する鍵刺激を探しだし、これを増幅することでより効果的な刺激をつくる、といった手順を踏むことになる。こうした考え方から、現在注目されている信号が2種類ある。ひとつはアラーム・コール、他のひとつはディストレス・コールである。

1) ディストレス・コール（遭難声）

ディストレス・コール（以下、DCとする）とは鳴鳥類が天敵に追い詰められたとき、または捕獲されたときに発する音声である（Bre-

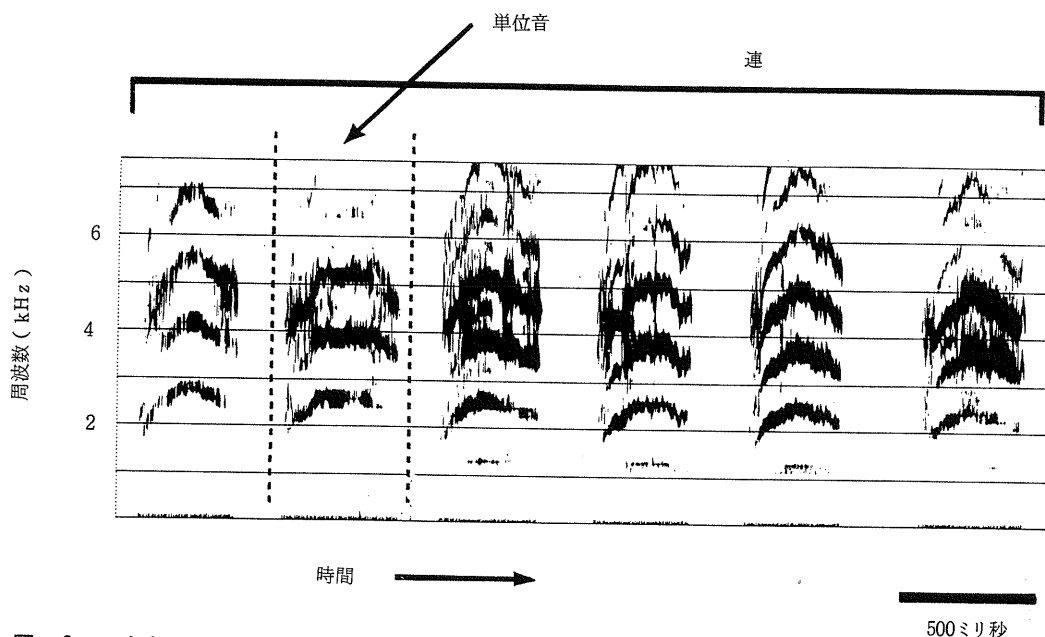


図-2 ムクドリディストレス・コールの構造

単位音がいくつか繰り返され、連を構成する。中村・岡ノ谷（1992）より。

mond et al., 1968)。DCの構造は種ごとに異なるが、多くの種に共通に見られる特性もいくつか存在する(Aubin, 1991)。時間構造を見ると、DCは300～600 msの音を400～1,000 msの周期で数秒間繰り返すものが多い。この一つ一つの音を単位音、これが繰り返されたものを連とよぶことにしよう(図-2)。鳥類の音声信号は多くの場合倍音の欠けたシンプルなものだが、DCの単位音の音響構造を見ると、鳥の音声としては例外的に多くの倍音を含み、帯域が広い。また、一つ一つの単位音は複雑な周波数変調のパターンを持っている。こうした種を超えた共通性から予想できるように、DCは同種他個体のみならず、他の鳥類にも忌避反応を起こさす効果がある(Aubin, 1981)。DCから忌避反応を起こさす鍵刺激を抽出しこれを増幅すれば、効果の高い忌避音を合成することができよう。

2) AubinによるDCの分析

フランスのAubinは古典的エソロジーの考えにもとづき、DCが嫌悪性を誘発する際の鍵刺激は周波数変調成分であると仮定して実験をつづけている。彼の典型的な実験は、DCに似せた合成音を作り、それを野外で採餌中のホシムクドリ群れに放鳴し、反応をスコア値で記録する、といった手順でなされる。合成音と本物のDCとの効果の違いから、忌避反応を生じさせる要素について探ろうという研究方法だ。Aubinは、こうした研究方法から二つの結論を導いている。一つは周波数変調の方向についてである。FMの方向は下から上(上昇音)でなければならない。他の条件はすべて同じ合成音でも、FMの方向が逆(下降音)だと、ホシムクドリはほとんど反応しない。もう一つはFMの強度についてである。合成音が忌避効果を

持つためには、実際のDCに見られる程度の周波数変化率がなければならない。また、実際のDC以上に大きな周波数変化率をもつ合成音を作っても、本物以上の効果は持たないこともわかった(Aubin, 1989)。

Aubinの結論は興味深いが、結果の一般性には疑問がある。たとえば、われわれがムクドリ、ヒヨドリ、シロガシラ、スズメのDCを分析した結果では、FMの方向は上昇音ばかりではないことがわかっている(横山ら, 1991)。同じムクドリでも、ヨーロッパのホシムクドリで言えたことが日本のムクドリには通用しない。

また、Aubinの実験方法は、実際の防除の場面とはあまりにかけ離れている。Aubinは放鳴実験のたびに異なるムクドリ群れを使っているため、ムクドリが刺激に慣れてしまうという問題は生じない。だが、実際の防除の場面では、同じ群れが同じ畑や果樹園に飛来することが普通である。したがって、Aubinの実験からではどんな刺激が慣れを生じさせないかについて知見は得られない。

Aubinは単位音の分析から効果ある成分を取り出そうとしている。DCを同一の単位音の繰り返しとして単純化しているのである。ところが実際のDCを聞いてみると、どの種の、どの個体のDCでも、単なる単位音の繰り返しには聞こえない。FMの方向性や強度も、一つの連の中で大きく変化している。基本的な倍音構造にも、はっきりと重合音に聞こえるものも、倍音と倍音の間に多くのノイズがあり濁って聞こえるものもある。DCに見られるこうした多様性にこそ、鳥に対する忌避効果を持続させる要因があるかもしれない。

3) 合成DCの効果の測定

われわれは電気通信大学との共同研究で、

Aubin の研究への批判をふまえ、合成DCの嫌悪性をより厳密に測定することを目標とした研究を計画した。実験心理学の手法を用いて、オペラント行動の抑圧率によるDCの嫌悪性測定を行ったのである。

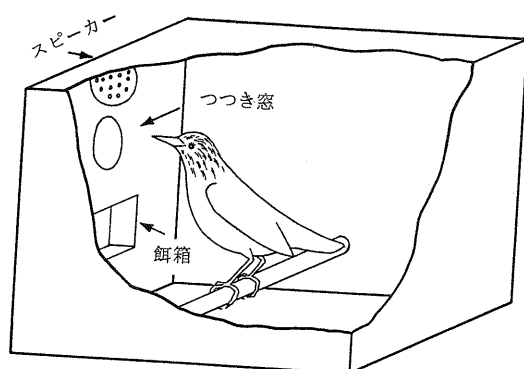


図-3 ディストレス・コールの嫌悪性を測定するためのオペラント装置

つつき窓を何度かつつくと餌箱より餌が提示される。スピーカーからいろいろな音を出して、つつく行動が抑制される割合を測定する。中村・岡ノ谷(1992)より。

具体的には、数時間餌を絶った鳥(ドバトとムクドリを用いた)を図-3に示す装置に入れ、キーつつくと平均して30秒に一度餌がもらえるスケジュールで訓練する。しばらく訓練すると、鳥は一定のペース(約1秒に1回)でキーをつつき続けるようになる(梅田ら, 1993)。この、キーをつつく行動は、客観的な計測が可能な採餌行動であるといえる。この状態で鳥に嫌悪性のある刺激を与えると、キーをつつく率が嫌悪性に応じて抑制される。われわれは、この抑制の度合いが嫌悪性の厳密な尺度となると仮定した。

用いた刺激はムクドリのDCから取り出した単位音と、それに基づきFM成分とAM成分とを抽出して合成した合成音(Normal), FM上昇成分のみにもとづく合成音(Up), FM下降成分のみにもとづく合成音(Down), 通常の音声と異なり、下降し、上昇する合成音(Down-Up), そしてFM成分を取り去った合成音(Constant)である(図-4)。1

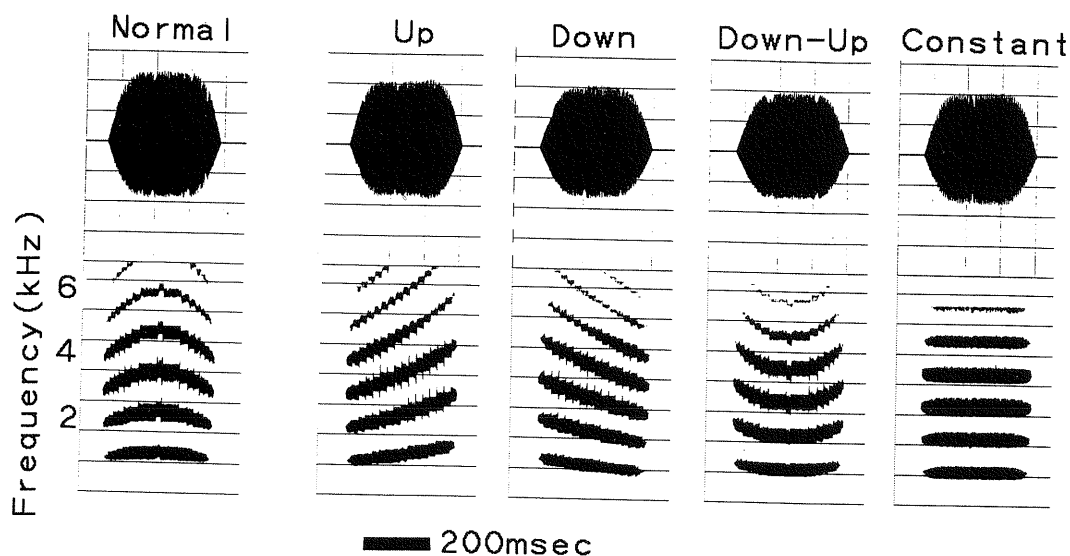


図-4 ムクドリのディストレス・コールをもとに作成された合成音

左は実際のムクドリのディストレス・コールに基づき作成した標準合成音(上昇-下降)。つづいて、順に、上昇, 下降, 下降-上昇, 定常音。堀(1993)より。

種類の刺激音を毎秒1回の割合で30秒間連続提示したものを1試行、5種類の刺激をランダムに提示したものを1ブロックとし、1日15ブロックをテストした。この結果、FM上昇成分のみにとづく合成音がムクドリのキーつつき反応を抑制する効果がもっとも高かった(堀, 1993)。しかし、この合成音は極めて種特異性が高く、ドバトにたいしてはまったく効果を持たなかった(図-5)。

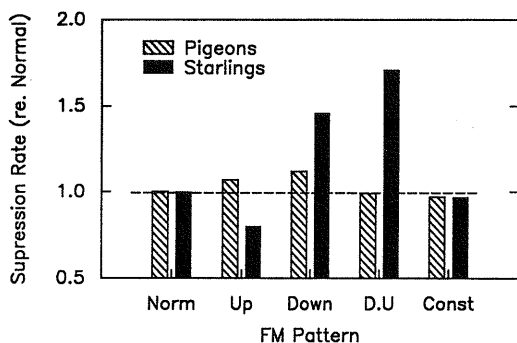


図-5 標準合成音に対する反応を1としたときの、図-4の各合成音のキーつつき抑制効果

ムクドリ(黒いバー)にとっては上昇音がいちばん抑制効果が高かったが、ドバト(斜線のバー)はどの音声もまったく効果がなかった。

この結果は Aubin のデータをサポートする。Aubin の放鳴実験とは異なり、この実験では同じ個体に対して複数の刺激の効果を測定できた。この手続きでは、さらに、慣れを避ける提示方法の工夫も可能であろう。

4) アラーム・コール(警戒音)

アラーム・コール(以下、ACとする)とは鳥が天敵を発見し、その時点で危険を回避できる可能性が大きい場合に発する音声である(Klump and Shalter, 1984)。図-6にみられるように、ACもまた、種を越えた特徴を持った音声である。ACはピッチが高く周波

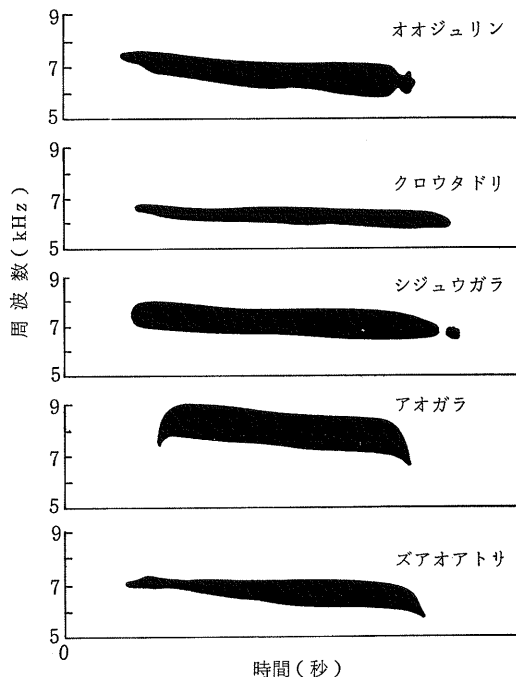


図-6 5種の鳥のアラーム・コールのソナグラム

いずれも、比較的高い周波数で純音に近い音声であり、かつはじまりとおわりがわかりにくくなっている。Marler (1955) より。

数帯域の狭い音声で、単発的に発せられる。これらの特徴から、ACはDCに比べずっと音源の定位がしにくく(Marler, 1955)、ACを発した個体自身が捕食される危険は少ない。

残念ながら、ACはDCに比べ収録しにくいことから、ACを使った実験例はほとんどない。しかしACに似た音声を人工的に合成することは極めて簡単であるので、合成音声による防除実験が行われることを期待する。

5. ディストレス・コールを用いた防除装置の開発

これまで述べてきた知見をもとに、農業研究センター鳥害研究室では効果的な防鳥機器の作成に取り組んでいる。現在までに二つのモデル

を制作し、その効果を測定する実験を行ってきた。

1) 単位音の利用：KZ-01型

KZ-01型DC発生機は、マウビック社（浜松）の音声ROM再生ボードZ2mをベースに作成された。KZ-01の理念は、1台に複数の種のDCを組み込み汎及性を持たせることであった。KZ-01にはムクドリ、ヒヨドリ、シロガシラ、スズメのDCと、カラスの鳴き声、および“ばい旗”音より切りだした単位音が複数ずつ入っており、これらのうち一つを連続して放鳴することができる。

登熟したイネの種子を摂食中のスズメの群れに対して、KZ-01から取り出したスズメのDCを放鳴すると、スズメは一斉に飛び立って行き、近くの木や人家の屋根などに退却した。しばらくするとまた徐々にもといた場所近くに戻ってきて、また摂食を開始した。そこで、50m以内にいるスズメに対してDCを聞かせ、飛び立って行った個体が大半戻ったところで、また同じ音を聞かせた。こうして、同じ群れに対して3回連続してDCを聞かせたところ、飛び立ったスズメのうち最初の個体に戻ってくるまでの時間は放鳴の回数が増すにしたがって短くなっていた。わずか3回の放鳴によってスズメには慣れがついてしまったのである。

KZ-01型はひとつの単位音を繰り返し提示することで、連をつくる。ディストレス・コールの節で説明したように、実際の連は同一の単位音の繰り返しで構成されるわけではない。むしろ、連を構成する単位音のダイナミックな変化に、生物学的な情報が織り込まれているのである。KZ-01ではそうしたダイナミズムが欠けていた。この点で、KZ-01は既存の防鳥機器を越えるものではなく、慣れがつきや

すいという欠点を持っていた。

2) 慣れをつけさせない工夫：KZ-02型

われわれはヒヨドリのDCを何連か分析し、連の中程で周波数変調の強度と音圧とがともに強まるといったダイナミックな変化を見いだした。このダイナミズムを模倣するため、複数のヒヨドリのDCの連から大量の単位音を取り出し、それぞれ本来あった時間的な位置に現れる確率を高め、しかし毎回の連は異なる単位音から構成されるように、ランダムさを持たせた提示法を考案した（岡ノ谷ら、準備中）。こうした自然のゆらぎに近い変動をもった合成DCを放鳴する装置をマウビック社（浜松）と共同開発し、これをKZ-02と名づけた。

イネ種子を摂食中のスズメの群れに対して、KZ-01あるいは-2からのDCを、-01の場合と同じように3回連続して聞かせて両者に対する慣れ速度を比較した。ここではDCを聞かせたときの飛び立った個体の割合（反応率）を指標にとった。その結果、KZ-01では放鳴の回数が増すにしたがって反応率は急激に減少したのに対して、KZ-02では

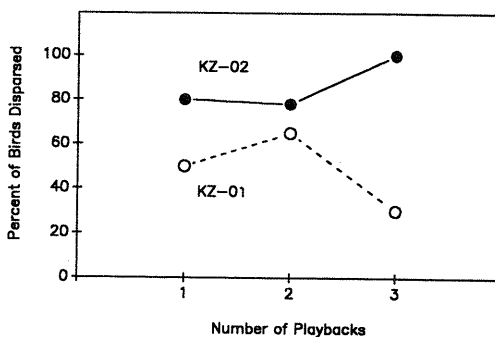


図-7 主としてカキの実を摂食中のムクドリの群れにムクドリのディストレス・コール KZ-01とKZ-02からのものを連続して聴かせたときに飛び立った個体の割合

反応率は減少するものの-01に比べて緩やかで、両者の減少率には有意差が認められた。同じような実験をカキの実を摂食中のムクドリに対して行ったところ、KZ-01では3回の放鳴でやはり慣れが生じたが、-02では慣れは認められなかった(図-7)。

6. お わ り に

視覚刺激を用いた防鳥器具として、「目玉風船」が一時脚光を浴びた。目玉風船はしかし、はじめは効果があるが、じきに鳥が慣れてしまい、防鳥効果がなくなってしまう(Nakamura et al., 1995)。

本稿では音声の利用について考えてきたが、ここでもやはり最終的な問題は慣れをどうするかに帰着する。KZ-02型で、音声の提示方法にゆらぎを取り入れたのは、慣れを避けるための工夫のひとつである。慣れを避けるための他の工夫としては、刺激の提示回数をできるだけ減らすことと、他の感覚次元の刺激と連合させて提示することが挙げられよう。前者に関してはセンサーの導入で鳥が近くにいるときの音を提示する方法(北沢ら, 1991)、後者に関しては、視覚刺激と連合させて提示する方法が考えられる。これらの工夫で、今までにない効果をもつ追い払い法を開発することができよう。

DCやACなど鳥自身が発する危険信号を用いた研究が進んでゆく中で、補食者の発する信号を用いた研究は少ない。日本で用いられてきたばい旗は、猛禽類の羽ばたきを模したものとされているから、ばい旗の利用は先人の知恵にもとづく「エソロジカル・アプローチ」と言えよう。ばい旗は音声刺激と視覚刺激を組み合わせた複合刺激である点でも効果が持続しやすい。

われわれはさきに開発したKZシリーズの発するDCとばい旗の音との効果を比較する実験を行った。表-1は、ねぐら内のスズメに対していろいろな音を聞かせたときの飛び立った鳥の割合を示す。ばい旗の圧倒的な効果に驚くであろう。われわれは現在、ばい旗の音を単位音とし、これに無限のバリエーションをつけた連を発することのできる装置を開発中である。音自体の嫌悪性と提示方法の工夫とを組み合わせたこの装置が画期的な効果を持つことを期待している。

表-1 ねぐら内のスズメに対してディストレス・コールとばい旗の音を聞かせたときの飛び立った鳥の割合

DC(KZ-01)	DC(KZ-02)	ばい旗
0.00	0.01	0.57

引 用 文 献

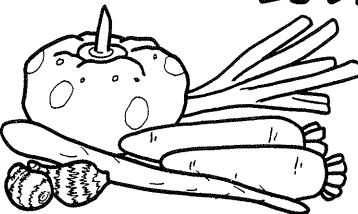
- Aubin, T. (1989): Behaviour 108: 57-72.
 Aubin, T. (1991): Behav. Proc. 23: 103-111.
 Bremond, J-C. et al. (1968): J. Appl. Ecol. 5: 521-529.
 Fay, R. R. (1988): Hearing in Vertebrates, Hill-Fay Associates, Illinois.
 星川三郎ら(1982): 群馬園試報告 10: 30-50.
 堀 哲郎(1993): 電気通信大学電子工学専攻修士論文.
 Klump, G. M. and M. D. Shalter (1984): Z. Tierpsychol., 66: 189-226.
 北沢俊二ら(1991): 信学技報 EA 91-95, pp. 1-7.
 Marler, P. (1955): Nature, 176: 6-7.
 中村和雄(1990): 植物防疫講座, 害虫・有害動物

編, 第2版, 日植防, 東京, pp. 291-306.
 中村和雄 (1993): 鳥害研究会ニュース No. 10:
 10-12.
 中村和雄・岡ノ谷一夫 (1992): 日本音響学会誌
 48 (8): 577-585.
 Nakamura, K. et al. (1995): Appl.
 Entomol. Zool., 30: 383-392.

岡ノ谷一夫 (1994): 聴研資料 H-94-30,
 pp. 1-7.
 清水祐治 (1988): 応用鳥学集報 8: 21-48.
 梅田直円ら (1993): 日本鳥学会誌 41 (1):
 9-16. 4
 横山広行ら (1991): 日本動物学会関東支部大会予
 稿集.

新発売

粒剤タイプの 野菜・畑作用除草剤



- 1年生イネ科雑草から1年生広葉雑草まで広範囲の畑地1年生雑草に優れた除草効果を示します。
- 除草効果の持続期間が長い除草剤です。
- こんにやく, にんじん, さといもなど幅広い畑作物, 野菜類に使用できます。
- 粒剤タイプなので, 使い易く, 手撒きもできます。

コンボラル®



シオノギ製薬
大阪市中央区道修町3-1-8 〒541

'95.3作成B52

新刊

SHIBUYA INDEX

—Index of Pesticides—

(英語版)

1996年版

渋谷成美・ほか／編集 A4判 850頁 定価30,000円 (税込)

1978年に第1版を発行して以来, 簡便に使える農業リストとして知られていた本書の第7版。世界の農業すべてを網羅し, 一般名, 商品名, コードナンバー, メーカー名, 構造式, 適用場面, 特性を記載。単剤3,300余種を構造別に整理し, 関連化合物の検索も容易にできる。また, 混合剤で4,100余種も掲載。

全国農村教育協会

〒110 東京都台東区台東1-26-6(植調会館) 電話/03-3833-1821 FAX/03-3833-1665

呈内容見本