生息頭数変化に及ぼす捕獲効果のシミュレーション

誌名	兵庫ワイルドライフモノグラフ
ISSN	18838219
著者名	坂田,宏志
発行元	兵庫県森林動物研究センター
巻/号	1号
掲載ページ	p. 11-18
発行年月	2009年3月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council Secretariat

第　2　章
生息頭数変化に及ぼす捕獲効果のシミュレーション

要　点

- 文献から得られた出生率、死亡率を元に、アライグマの個体数の増加率と捕獲の効果に関するシミュレーションを行った。
- 初期生息頭数が 100 頭の場合、生息頭数を減少させるためには、捕獲頭数では毎年 40 頭以上、捕獲率では年当初の生息数の 25%以上を毎年捕獲する必要がある。
- 捕獲圧、捕獲率ともに値を高くするほど、根絶に要する期間は短くなった。また、通算して捕獲しなければならない累積捕獲頭数も少なくなった。
- 地域に侵入したアライグマ個体群を、減少あるいは根絶させるためには、侵入初期に強い捕獲圧を掛けることが重要である。
- シミュレーションの際に仮定した数値は、年や地域によって変動する可能性があるため、結果の解釈には注意が必要であり、継続的なモニタリング調査によって生息状況の動向を確認していく必要がある。

2-1. はじめに

アライグマの個体数増加の抑制や根絶に向けて、捕獲は必要不可欠な手段である。そこで本章では、簡便なモデルを用い、アライグマの捕獲数によって、生息頭数の経年変化がどのように変わるかをシミュレーションすることで、捕獲によるアライグマの個体数調整の効果を検討する。

シミュレーションに必要な出生率や死亡率の値は、時期や地域によって変動する。これらの兵庫県での値は不明であり、生息頭数についても把握はできていない。このような限界を踏まえ、本章では、文献資料から過去の他の地域のデータを元にして、可能な範囲のシミュレーションを行った、。

したがって、結果の解釈や活用の範囲は、その限界を十分にわきまえる必要がある。本章の結果は、外来生物対策における、個体数の増加と捕獲目標の設定に関する基本的な原理を理解し、大まかな目安を検討するためには有用である。一方で、実際に必要な捕獲頭数の推定や、実施した施策の効果検証などについては、別途、計画的なモニタリングをおこない、十分なデータと適切なモデルを用いて解析を行う必要がある。

2-2. モデル

ある年 t における 1 歳以上のアライグマの個体数 N(t) を以下の等式で表す。

$$N(t)=N_{2f}(t)+N_{2m}(t)+N_{1f}(t)+N_{1m}(t), \quad (1)$$

但し、$N_{2f}(t)$は 2 歳以上の雌の個体数 $N_{2m}(t)$は 2 歳以上の雄の個体数、$N_{1f}(t)$は 1 歳の雌の個体数、 $N_{1m}(t)$は 1 歳の雄の個体数である。

毎年の捕獲頭数が明らかな場合、等式(1)右辺各項の t 年から t+1 への値の変化はそれぞれ以下の等式によって計算できる。

$$N_{2f}(t+1)=(1-M_2)N_{2f}(t)+(1-M_j)N_{1f}(t)-CH_aH_f \quad (2)$$

$$N_{2m}(t+1)=(1-M_2)N_{2m}(t)+(1-M_j)N_{1m}(t)-CH_a(1-H_f) \quad (3)$$

$$N_{1f}(t+1)=f(1-M_i)(1-M_j)[P_2Y_2N_{2f}(t)+P_1Y_1N_{1f}(t)]-C(1-H_a)H_f \quad (4)$$

$$N_{1m}(t+1)=(1-f)(1-M_i)(1-M_j)[P_2Y_2N_{2f}(t)+P_1Y_1N_{1f}(t)]-C(1-H_a)(1-H_f) \quad (5)$$

（各略式記号は表 1 を参照。）

次に、個体群当たりの毎年の捕獲割合が明らかな場合は、等式(1)右辺各項の t 年から t+1 の値の変化はそれぞれ以下の等式によって計算できる。

$$N_{2f}(t+1)=[(1-M_2)N_{2f}(t)+(1-M_j)N_{1f}(t)](1-h_{af}) \quad (6)$$

$$N_{2m}(t+1)=[(1-M_2)N_{2m}(t)+(1-M_j)N_{1m}(t)](1-h_{am}) \quad (7)$$

$$N_{1f}(t+1)=[P_aY_aN_{af}(t)+P_jY_jN_{jf}(t)]f(1-M_i)(1-M_j)(1-h_{jf}) \quad (8)$$

$$N_{1m}(t+1)=[P_2Y_2N_{2f}(t)+P_1Y_1N_{1f}(t)](1-f)(1-M_i)(1-M_j)(1-h_{jm}) \quad (9)$$

したがって、等式(2)～(5)あるいは等式(6)～(9)の右辺各変数の値（つまり t 年の値）を与えれば、各等式で求まった値を等式(1)に代入することにより、t+1 年の値を計算することができる。

表１　略式記号のリスト

記号	記号の意味
C	捕獲頭数
f	地域個体群中の雌の割合
H_a	捕獲頭数当たりの成獣(1 歳以上)の割合
H_f	雌の捕獲割合
h_{af}	1 歳以上の雌の捕獲割合
h_{am}	1 歳以上の雄の捕獲割合
h_{jf}	1 歳未満の雌の捕獲割合
h_{jm}	1 歳未満の雄の捕獲割合
M_2	2 歳以上の個体の自然死亡率
M_i	巣立ち前の個体の自然死亡率
M_j	巣立ちから 1 歳の期間の個体の自然死亡率
N_{1f}	1歳の雌の個体数
N_{1m}	1歳の雄の個体数
N_{2f}	2 歳以上の雌の個体数
N_{2m}	2 歳以上の雄の個体数
P_1	1歳の雌の妊娠率
P_2	2 歳以上の雌の妊娠率
Y_1	1歳の雌の産子数
Y_2	2 歳以上の雌の産子数

2-3. 仮定した値

上述のモデルを用いて行うシミュレーションの変数の値は以下のように仮定した。

① 初期生息頭数 N(0)=100 頭
② 初期の齢構成割合は 1 歳 40%、2 歳以上 60%と仮定する。
③ 初期の性比は、1：1 と仮定する。
④ 捕獲アライグマの齢構成は、当年仔 40%、1 歳以上 60%と仮定する。
⑤ 捕獲アライグマの性比は雌雄 50%ずつと仮定する。
⑥ 雌の妊娠率は、2 歳以上で 96%、1 歳で 66%と仮定する。
⑦ 雌の産子数は、2 歳以上が 3.9 頭、1 歳が 3.6 頭と仮定する。
⑧ 自然死亡率は 2 歳以上が 15%、巣立ち後 1 歳までのものが 30%。
⑨ 巣内の幼獣の死亡率は 35%と仮定する。
⑩ 年間の捕獲頭数は 30、40、50、60、70 頭/年の 5 段階、捕獲率は 5%、10%、25%、33%、50%の 5 つのケースを仮定する。

なお、⑥⑦で示した値は Asano et al. (2003) による北海道のアライグマ個体群の調査結果の値を用いている。⑧は Gehrt and Fritzell (1999) によるアメリカ合衆国での調査結果の値を用いた。

また、モデルの計算に当たって、等式(2)～(9)はいずれも右辺が 1 未満の場合は 0 となることとした。

2-4. 結果

（1）捕獲を全く行なわない場合の個体数変化

捕獲を全く行なわない場合のアライグマの個体数は、仮定した条件の下では、6年後には10倍、12年後には100倍に増加する。初期生息頭数を100頭とすれば、6年後には1086頭、12年後には11543頭という計算になる(図1)。年増加率は48%となった。

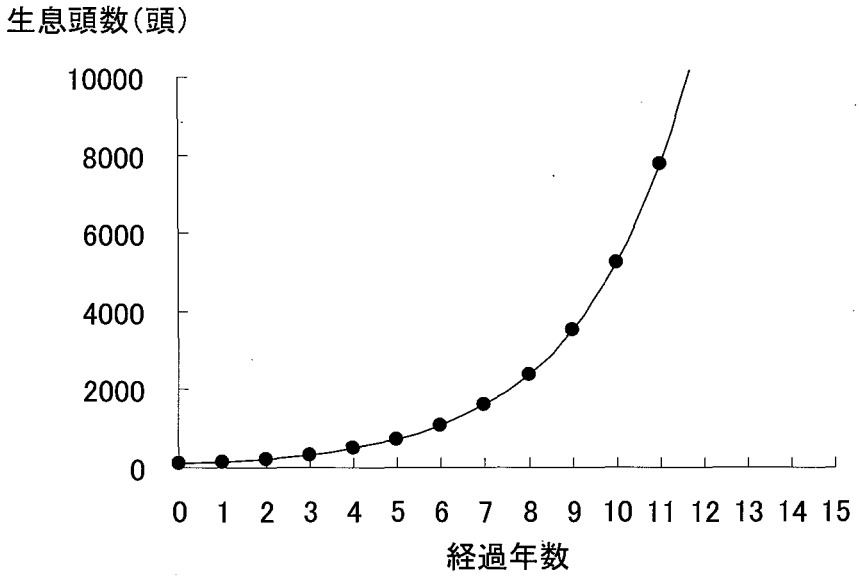

図1　捕獲を行なわない場合のアライグマの個体数変化の予測
(初期個体数を100と仮定した場合)

（2） 捕獲を行なう場合の個体数変化

＜捕獲頭数一定の場合＞

(1)の条件で、初期生息頭数を100とした場合に、年間50頭捕獲する場合は、9年目に生息頭数は0となり根絶される。

一方、毎年30頭の捕獲を行う場合、その個体数が初期値の10倍に達するのは9年目、100倍に達するのは15年目となった(図2、表2)。捕獲を行なわない場合に比べて個体数の増加速度は低下したが指数関数的に増加する傾向は変わらなかった。

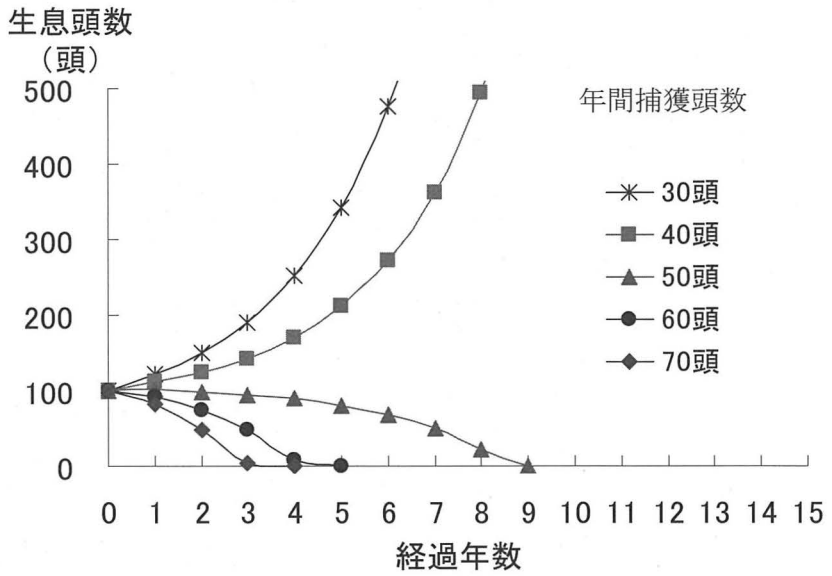

図２　年間捕獲頭数に応じたアライグマの個体数変化の予測
（初期個体数を 100 と仮定した場合）

年間 50 頭捕獲した場合、根絶までのアライグマの累積捕獲頭数は 450 頭となった（表3）。年間捕獲頭数が 50 頭以上では、年間捕獲頭数を増加させるほど生息頭数が０となる年数は早まり、根絶までに必要な累積捕獲頭数も減少した。

一方、年間 30 頭を捕獲する場合には、15 年目で累積捕獲頭数が 450 頭となるが、生息数は 1400 頭を越える。

表２　年間捕獲頭数別のアライグマの生息頭数の推移予測

経過年	30頭	40頭	50頭	60頭	70頭
0	100	100	100	100	100
1	122	112	102	92	82
2	149	124	99	74	48
3	190	143	95	47	5
4	251	170	89	8	0
5	341	211	81	0	
6	475	272	68		
7	674	362	49		
8	968	495	22		
9	1405	693	0		
10	2052	986			
11	3011	1420			
12	4434	2065			
13	6544	3020			
14	9673	4437			
15	14312	6538			

表３　年間捕獲頭数別のアライグマの累計捕獲頭数の推移予測

経過年	30頭	40頭	50頭	60頭	70頭
0	0	0	0	0	0
1	30	40	50	60	70
2	60	80	100	120	140
3	90	120	150	180	210
4	120	160	200	240	280
5	150	200	250	300	280
6	180	240	300	300	
7	210	280	350		
8	240	320	400		
9	270	360	450		
10	300	400	450		
11	330	440			
12	360	480			
13	390	520			
14	420	560			
15	450	600			

＜捕獲率一定の場合＞

生息数の一定の割合を捕獲するという設定でシミュレーションを行うと、年間捕獲率が生息頭数の 5%の場合、7 年目で、個体数が初期値の 10 倍、14 年目で 100 倍に達する(図 3、表 4)。年間捕獲率を高めると、個体数増加の速度は緩やかになるが、25%までは、指数関数的に増加する傾向には変わりがない。捕獲率 33%で、個体数は緩やかに減少し、50%では 11 年目に生息頭数が 0 となった。各捕獲率での 11 年目の累積捕獲数をみると、捕獲率が高いケースほど累積捕獲数は少なくなっていた(表 5)。

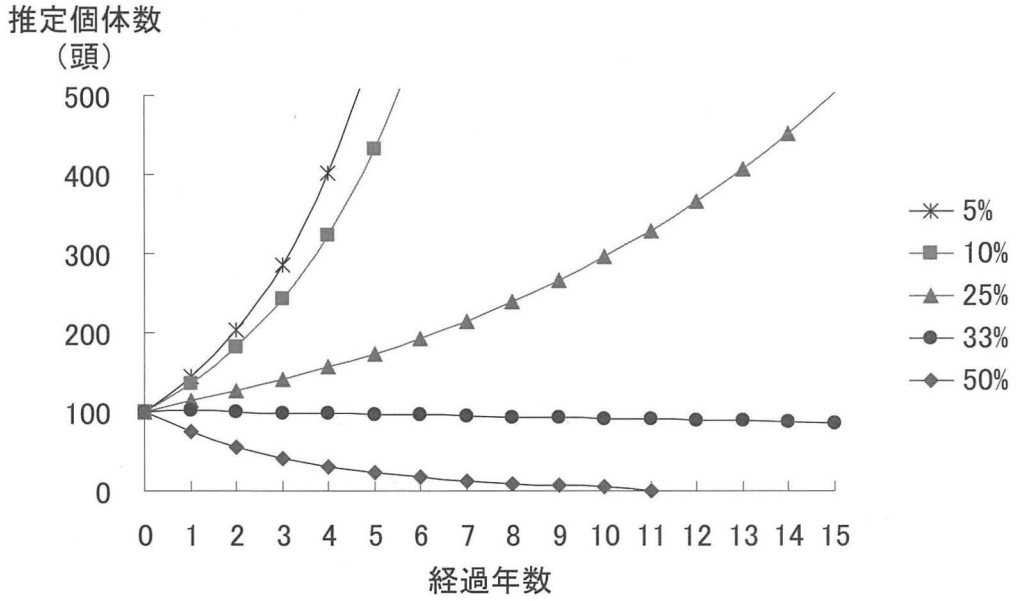

図３　年間捕獲率に応じたアライグマの個体数変化の予測

表４　年間捕獲率別のアライグマの生息頭数の推移予測

経過年	5%	10%	25%	33%	50%
0	100	100	100	100	100
1	144	137	114	101	76
2	203	182	126	100	56
3	286	243	141	99	42
4	402	324	156	98	31
5	567	433	174	97	23
6	798	577	193	96	17
7	1125	770	215	95	13
8	1584	1028	239	94	9
9	2232	1372	266	93	7
10	3144	1831	296	92	5
11	4428	2443	329	90	0
12	6238	3260	366	90	
13	8786	4351	407	89	
14	12377	5806	452	88	
15	17435	7748	503	87	

表５　年間捕獲率別のアライグマの累積捕獲頭数の推移予測

経過年	5%	10%	25%	33%	50%
0	0	0	0	0	0
1	7	15	37	50	75
2	17	35	79	99	131
3	32	61	125	148	172
4	53	97	177	196	202
5	82	145	234	244	224
6	124	209	298	291	240
7	183	294	369	338	252
8	266	408	448	384	261
9	383	560	536	430	267
10	548	763	634	475	272
11	781	1034	743	520	275
12	1109	1396	864	564	
13	1571	1879	999	608	
14	2222	2524	1149	651	
15	3139	3384	1316	694	

2-5. 考察

シミュレーション結果からは、捕獲を全く行なわない場合、モデルに想定していない要因が働かないとすれば、アライグマの個体数は年増加率 48%という高い割合で増加することが明らかとなった。実際に北海道に侵入したアライグマ個体群においても年増加率 20～25%という高率で増加したことが推定されている(Asano, et al. 2003)。

兵庫県内においても、アライグマの出没する集落数、被害額、捕獲数は急激に増えている。これらの状況をふまえると、捕獲数の増加にも関わらす、アライグマの生息個体数は、かなりのスピードで増加しているものと考えられる。

アライグマは、農業被害や家屋侵入などの衛生被害を引き起こす動物であるため、仮に特定外来生物として根絶することを放棄するとしても、被害対策として一定の割合の個体の捕獲は避けられない。シミュレーション結果は、生息するアライグマの３分の１以上を捕獲していかないと、アライグマは増加を続け、累積の捕獲数も多くなってしまうことを示している。アライグマの増加を許すことは、さらに多くのアライグマの捕獲を地域全体に強いることにつながる。

外来生物対策は、侵入初期に強い捕獲圧を掛けることが重要である。このような強い捕獲圧を掛けることは、短期的には行政あるいは地域住民にとっての経済的・労力的負担が大きくなる。しかし、長期的に被る被害や必要な捕獲数を考えると、このシミュレーションの示すとおり、当初から一定以上の強い捕獲圧かけることが、結果的には、捕殺しなければならないアライグマの数を減らすことにつながる。その結果、行政・地域住民にとっての経済的・労力的負担が軽減されるだろう。したがって、地域におけるアライグマ被害を最小限におさえ、無益な殺処分の数を増やさないためには、地域へのアライグマの侵入の早期発見と積極的な捕獲を行なうことが望ましい。

引用文献

1. Asano, M., Matoba, Y., Ikeda, T., Suzuki, M., Asakawa, M. and Ohtaishi, N. (2003) Reproductive characteristics of the feral raccoon (*Procyon lotor*) in Hokkaido, Japan. J. Vert. Med. Sci. 65(3): 369-373.

2. Gehrt.D and Fritzell. E.K. (1999) Survivorship of a Nonharvested Raccoon Population in South Texas Stanley. J. Wildl.Manage., 63(3): 889-894.