

독립성이 강한 ‘거미의 세계’에도 사자처럼 협동사냥하는 종 있다



글 | 김길원 _ 서울대 기초과학연구원 선임연구원 kilwon@snu.ac.kr

동 종살육에 형제자매는 물론 배우자와 부모 자식간에도 서로 잡아먹는 행동을 하는 거미들에게 사회성을 기대하기란 쉽지 않아 보인다. 함께 모여 사는 일도 어려워 보이는데 서로 협력해서 뭔가 이루어 낸다는 것은 도무지 일어날 것 같지 않은 일처럼 여겨진다. 하지만 분류되고 이름 붙여진 3만 9천 종의 거미들 가운데 어떤 형태로든 일정기간 동

안 집단을 이루어 생활하는 종들이 상당수 있으며, 이 중 분류상 서로 다른 그룹에 속해 있는 30여 종의 거미들은 여러 세대가 함께 살며 제법 큰 규모의 사회를 진화시켰다. 태어나서 죽을 때까지 한 곳에서 함께 살며, 많은 수의 거미들이 그 안에서 짝을 찾고 부화된 새끼를 기른다. 소위 영구사회조직으로 불리는 이들의 집단생활은 공동건축과 협동사냥, 협동양육 등의 체계를 가지고 있다.

〈그림 1〉 남아메리카에 서식하는 꼬마거미과의 사회성 거미인 아넬로지무스거미의 공동건축 (사진 A. Bernard)



거미 3만9천종 중 30여 종만이 집단생활

비교적 많은 연구가 이루어진 아넬로지무스(*Anelosimus eximius*) 거미의 경우, 큰 규모의 공동의 집을 짓고 그 안에 모여 산다. 보통 수십에서 수천 마리가, 많게는 수만 마리가 넘는 개체들이 집을 짓고 보수하는 일을 함께 하고 덩치가 큰 먹이는 함께 사냥한다. 어른들은 사냥한 먹이를 어린 개체들에게 기꺼이 내어준다. 어미거미는 이동이 어려운 새끼거미들을 위해 사냥한 먹이를 가져다준다. 때때로 다른 거미의 새끼들을 먹이기도 한다. 영구사회성을 보이는 거미는 서로 잡아먹지 않는 상호인내와 함께 모여 있으려고 하는 집단응집력, 그리고 협동 행동을 가지고 있고, 이 세 가지는 그들의 사회조직이 유

지되게 하는 가장 중요한 특징이다.

대부분의 거미는 독립생활을 한다. 짝을 만나는 것도 잠시 짝짓기 때뿐이고, 새끼들은 부모의 보살핌 없이 부화되서부터 스스로의 힘으로 살아야 한다. 이와는 다른 생존전략을 가진 거미들도 있다. 생의 일정 기간만 서로 모여서 사는 거미들도 있고, 같은 장소에 각각의 집을 짓고 모여 사는 거미들도 있다. 또 적은 수의 알을 낳고 천적들로부터 새끼들을 돌보는 거미들이 있다. 일부 어미거미들은 알집에서 새끼들이 부화되어 나온 이후에도 새끼거미들과 일정기간 함께 살면서 그들을 보호하고 먹이를 잡아주는 행동을 보이기도 한다. 이들의 경우 어미의 돌봄이 새끼들의 생존에 절대적인 역할을 한다. 비탈거미과에 속하는 아모로비우스 페록스(*Amaurobius ferox*)는 이런 모사회성(母社會性)을 보이는 거미종이다.

새끼들간의 힘의 균형을 만드는 양육전략

아모로비우스 거미는 평생 단 하나의 알집을 만들어 알을 낳고 새끼들이 부화해 나올 때까지 알집을 돌본다. 먹이 사냥 시간도 그 이전에 비해 현저히 줄이고 대부분의 시간을 알집 옆에 딱 붙어있다. 어미가 돌보지 않는 알집은 다른 동물이나 곰팡이의 공격을 받을 확률이 높다. 모든 새끼들이 알집 밖으로 나오면 어미거미는 스스로 영양성 알을 생산해서 새끼들을 먹인다. 어미의 영양성 알은 새끼들에게 충분한 영양을 주어 무사히 첫번째 탈피를 마치게 한다. 알에서 나온지 일주일이 지나면 새끼들은 어미거미를 잡아먹는다.

‘영양성 알’의 생산과 ‘마트리파지’라고 불리는 어미를 먹는 새끼들의 행동은 어미와 새끼간의 정교한 상호작용의 결과로 일어난다. 영양성 알을 생산할 준비가 된 어미는 새끼들을 불러 모으는 행동을 하고 주변에 흩어져 있던 100여 마리의 새끼들은 어미의 배 안쪽 면에 뽁뽁하게 모여든다. 새끼들은 어미의 행동에 반응해서 어미가 놓은 거미줄 다리를 타고 어미의 배위에 촘촘히 올라가서 어미가 만들어



낸 맛있는 먹이를 기다린다. 매트리카지의 경우도 어미가 새끼들을 불러 모으는 행동을 하고 어미의 신호에 반응하여 새끼들은 어미의 몸에 다닥다닥 붙는다. 어미는 자신의 양분을 서둘러 탐내는 새끼가 있으면 과감히 뿌리친다.

자신의 몸을 내어 줄 시점이 되면 어미거미는 새끼들에게 특별한 행동을 보인다. 영양성 알의 생산과 매트리카지, 두 경우 모두 최후의 한 마리까지 모든 새끼들이 완벽히 준비된 시점에서 어미거미는 의

〈위-그림 2〉 각자의 집을 짓고 함께 모여 사는 접시거미과에 속하는 한 거미종의 군집. 대부분 자기 영역 안에 머물면서 자신의 집에 걸린 먹이만을 사냥하지만 이웃하는 개체와 거미줄을 통한 커뮤니케이션이 가능하고 큰 먹이가 걸렸을 경우 이웃하는 개체들이 함께 사냥하는 행동도 보임. 개개의 집은 구조상 공동건축을 어렵게 하는 요소가 될 수 있으며, 전체적인 공동 건축에 지지대를 형성하기도 한다.

〈아래-그림 3〉 아모로비우스 페록스 암컷



〈그림 4〉 아모로비우스 거미의 집. 주로 어두운 땅속 굴이나 습기가 있는 바위에 집을 짓는다. 불규칙한 그물 구조는 공동건축에 유리한 형태로 집단생활에 대한 전적응적 특성을 보인다.



〈그림 5〉 어미의 보호를 받고 있는 아모로비우스 새끼거미들



〈그림 6〉 마트리파지 이후 새끼거미들의 모습. 새끼거미들에게 먹힌 어미거미는 다리 위턱 부분만 보인다.

사 결정을 내린다. 모든 새끼들이 어미의 양분을 흡수하는 일은 불과 수초면 끝난다. 모든 새끼들이 거의 동시에 거의 똑같은 양의 양분을 흡수하게 하는 어미의 양육전략은 이후 새끼들만으로 이루어진 약한 달간의 집단생활에서 중요한 역할을 한다. 영양성 알을 생산하지 못하고 새끼들로부터 격리된 어미는 이후 평균 9일이 지나면 또 다른 알집을 만들어 알을 낳고 두 번째 배의 새끼들을 키운다. 마트리파지 직전에 격리된 어미거미의 경우도 마찬가지로 일정 기간 후 두 번째 배의 알로 새로운 새끼들의 번식을 할 수 있다.

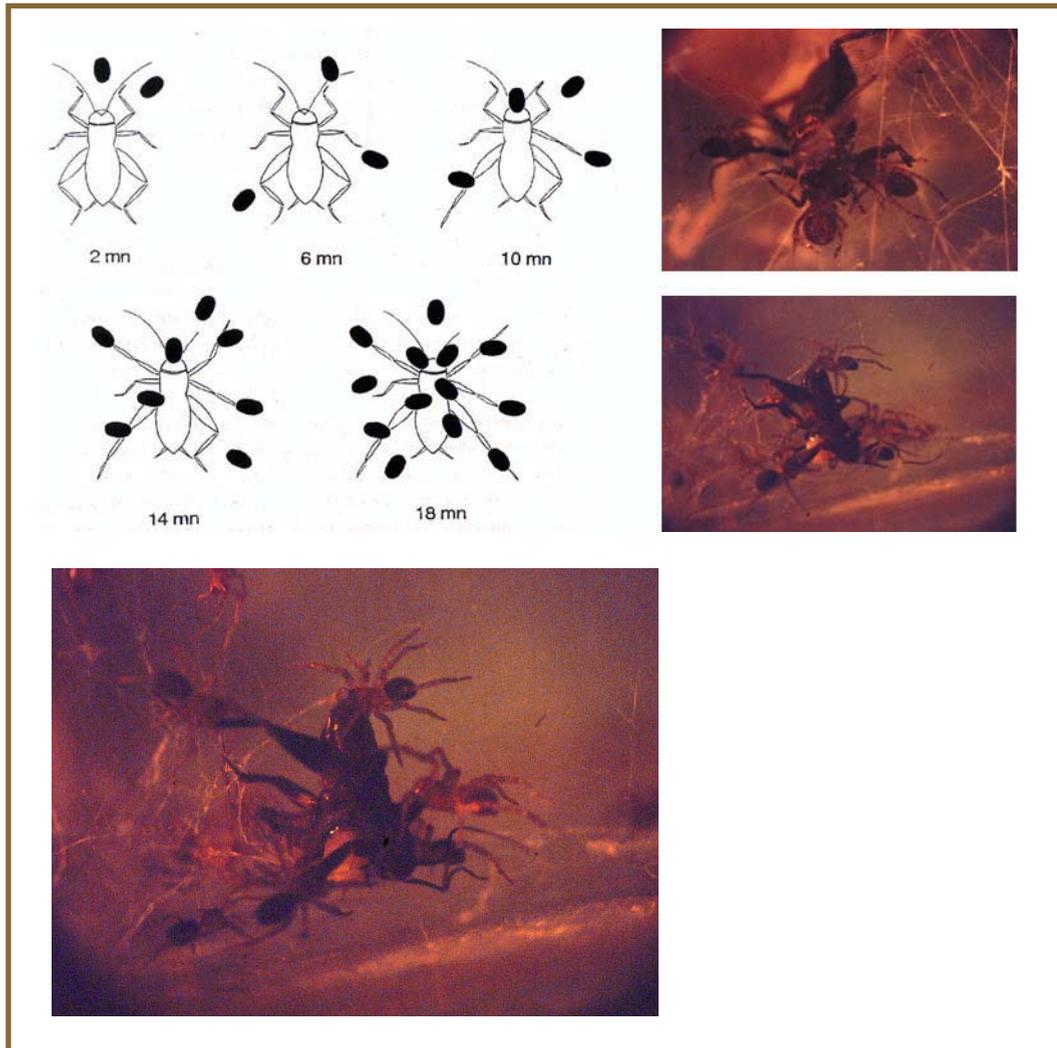
모(母)사회조직을 보이는 거미들의 경우, 어미거미가 떠나거나 죽으면 새끼들은 곧바로 흩어져서 각자 독립생활을 시작한다. 다른 거미들과는 다르게 아모로비우스 거미는 어미의 집에 머물면서 그들만의 집단생활을 한다. 발달 상태가 거의 동일한 새끼들간의 다툼이나 살육은 일어나지 않는다. 마트리파지 이후 또 한 번의 탈피를 거친 새끼들은 이제 배고픔을 스스로 해결해야 할 때가 되었다. 먹을 것을 얻기 위해 사냥을 해야 하는데, 어미거미가 지어 놓은 그물에 걸린 커다란 동물을 잡는 것은 좁쌀만 한 새끼거미에게는 만만치 않은 일이다. 아모로비우스 형제자매들은 서로 협동함으로써 이 문제를 해결하고 있다.

팀워크를 살린 협동사냥

새끼거미보다 10배 무거운 먹이(귀뚜라미)가 그물에 걸린 경우, 한 마리나 두 마리의 새끼들로 이루어진 그룹들은 포획에 실패하였다. 다섯 마리로 이루어진 집단의 경우부터 포획률이 증가했고, 10마리, 20마리, 40마리 등 집단의 크기가 증가할수록 포획률도 높아졌고, 사냥에 참여하는 개체의 수가 증가하면서 포획에 걸리는 시간도 줄어들었다.

이들의 협동포식은 마구잡이식의 공격과는 거리가 멀다. 새끼들의 집단은 일정한 순서의 공격행동을 보이면서 개체들간의 팀워크를 보여주었다. 공격 개시는 거의 대부분의 경우 한 마리의 개체에 의해서 이루어졌고, 이어서 뒤를 따르는 개체들은 먹이의 말단 부위를 물고 당기는 행동을 보였다. 먹이의 움직임이 둔해지면 뒤이어 도착한 개체들이 먹이의 몸체 부위를 점령했다. 10마리의 새끼들로 이루어진 집단에서 총공격 횟수의 90%가 초기 공격에 가담한 3마리에 의해 이루어졌으며, 집단의 68%에 해당하는 개체들은 협동포획이 진행되는 동안 아무런 공격행동을 보이지 않았다. 먹이가 완전히 마비된 후에 먹이에 도착한 개체들은 아무 위험 없이 먹이의 가장 영양분이 많은 몸체 부분을 차지했다. 먹이를 초기에 제압하는데 참여하는 개체들은 먹이로부터의 위협을 감수하며 먹이의 안테나, 꼬리, 다리의 말단 부위 등을 잡아당기는 행동을 하는데 반해, 사냥이 이루어진 이후에 다가와서 먹이를 나눠먹는 '부당 이득자'로 보이는 개체들도 관찰되었다.

아모로비우스 거미의 협동포식은 집단 크기의 증가에 따른 비용 관점에서도 접근할 수 있다. 집단의 크기가 커지면 절대적인 포획률은 증가하지만 한 개체당 돌아가는 순이익은 감소한다. 한 개체보다 10배 무거운 먹이(귀뚜라미)의 경우 포획 성공률과 개체당 먹이 섭취량을 따져보면, 40마리로 이루어진 집단에서 보다 10마리로 이루어진 집단이 훨씬 유리한 것으로 나타났다. 또 집단의 크기가 커질수록 부당 이득자의 비율이 증가하는 것으로 나타났다.



〈그림 7〉 새끼 아모로비우스 거미들의 협동사냥 모습. 먹이가 걸린 시간(0mm)에서 2분(2mm)마다 가장 높은 빈도로 기록된 새끼 거미들의 위치.

‘영구사회조직으로의 진화 경로’ 모델

아모로비우스 거미의 이러한 생존전략은 독립생활을 하는 거미에서 영구사회조직을 보이는 사회적 거미로의 진화 경로를 추측하게 한다. 대부분 거미는 혼자 살아가는 사냥꾼이지만, 생의 가장 초기에 모든 거미들은 집단생활을 한다. 알 껍질을 부수고 나온 새끼거미들은 알집 안에서 그들의 형제자매들과 몸을 부대끼며 일정 기간을 보낸다.

그리고 알집 밖으로 나온 이후에도 곧바로 헤어지지 않고 짧게는 하루 이틀을 함께 보낸다. 이 기간에 이들 새끼거미들은 상호인내와 집단응집력이라는 사회적 거미의 특징을 가지고 있다. 아모로비우스

거미에서 어미의 새끼 돌보는 행동은 새끼들간의 상호인내와 집단응집력이 지속될 수 있도록 하는 역할을 했고, 이후 새끼들만으로 이루어진 사회생활 기간 중 협동 행동을 가능하게 하는 근간을 제공했다.

새끼들은 먹이가 풍부한 환경에서는 더 오랫동안 집단생활을 한다. 생태 환경과 관련된 다양한 조건들은 이들의 사회조직을 더 오래 지속시키기도 하고, 더 빨리 헤어지게 할 수도 있을 것이다. 아모로비우스 거미 새끼들의 집단생활은 모사회조직을 통한 영구사회조직으로의 진화 경로에 하나의 가설을 제공하는 모델이 되고 있다. ㉓

글쓴이는 한국교원대학교 생물교육과를 졸업하고 프랑스 낭시대학교에서 동물행동학으로 이학박사학위를 받았으며, 미국 위스콘신대학교 연구원과 서울대 생명과학부 계약제 조교수로 근무했다.