포획-재포획

뉴욕- 전세계에 서식하고 있는 자이언트 판다 중 적어도 1/4 혹은 그 이상이 자연의 급격한 변화로 인하여 사라진 것 같다. 이것은 이 동물의 중요한 먹이인 대나무 두 종이 유전적인 문제로 인하여 멸종함에 따른 것이다.

샬러는 한 인터뷰에서 다음 달에 중국을 방문하고 싶다고 말했다. "우리는 그 지역에 대한 예비 연구를 하고, 그 연구를 바탕으로 일을 어떻게 진행시킬 것인가를 결정할 것이다. 어느 시점부터는 무선으로 조종되는 원격탐지기를 사용하게 될 것이다. 이것은 동물들에게 작은 무선송신기를 달아준다는 의미이다. 그들이 언제 돌아다니는가와 지리적으로 어떻게 분포되어 있는가를 알기 위해서 말이다.

『웨스트 팜 비치 포스트(West Palm Beach Post)』1980년 4월 8일

우리가 신문 기사나 TV 프로그램을 통해 너무나 잘 알고 있는 것처럼 여러 종류의 동물들과 물고기들이 계속 멸종되어가고 있다. 멸종될 위험에 처한 동물이나 물고기들을 다른 지역으로 옮겨주거나 산업 공해를 줄이고 사냥을 금지함으로써 이러한 비극을 막기 위한 조치를 할 수 있다.

그러나 이러한 조치를 취하기 전에 정확하게 알아두어야 할 것은, 현재 얼마나 많은 물고기들이 남아 있고 그들이 지리적으로 어떻게 분포되어 있는가 하는 사실이다. (논의를 간단하게 하기 위해서 지금부터는 위험에 처한 종을 그냥 물고기라고 부르겠다. 물론 이러한 멸종 문제는 물고기뿐만 아니라 동물이나 곤충들에게도 그대로 해당되는 문제이다.)

이런 전제 덕분에 우리는 어느 정도 단순화된 상황에 이르렀다. 어떤 호수에 멸종되어가는 물고기가 살고 있는데 그 수가 얼마인지는 알려져 있지 않다고 하자. 우리는 이 물고기가 어느 정도 남아 있는지를 추정하고 싶어한다. 물론 이 물고기들을 하나하나 잡아서 그 수를 확인할 수는 없다. 그러면 어떻게 해야 하겠는가?

통계학자들은 아직 알지 못하는 물고기의 숫자를 추정하는 아주 훌륭한 방법을 개발해왔다. 멸종되어가는 물고기를 몇 마리, 예를 들면 열 마리 정도 잡는다. 이 물고기들에게 모두, 물고기를 다치게 하지도 않고 물고기가 움직이는 데도 불편하지 않도록 번호표를 조심스럽게 달아놓는다. 그리고는 호수로 돌려보낸다. 이 물고기들이 호수 여기저기로 흩어질 만큼 시간이 충분히 지난 다음에 다시 낚시를 시작하여 똑같은 종류의 물고기를 열 마리 잡는다. 계산을 간단하게 하기 위해 그중 다섯 마리에 번호표가 붙어 있다고 해보자.

이제 우리는 다음과 같은 추론을 할 수 있다. 다시 잡힌 물고기의 표본을 근거로 판단해볼 때 멸종되어가는 물고기의 절반이 번호표를 달고 있다. 이

사실을 근거로 추정해보면 호수에 살고 있는 이 종류의 물고기는 무도 20마리일 것이다. 번호표를 달아준 물고기가 열 마리였는데 다시 잡힌 물고기 가운데, 번호표가 달린 물고기와 번호표가 달리지 않은 물고기가 각각 절반을 차지하고 있으니까 말이다.

물론 문제의 해답이 가지고 있는 중요한 특징들이 분명하게 드러나도록 하기 위해서 문제를 단순화시켰다. 그렇다면 실제 상황에서는 우리가 앞에 제시한 간단한 예에서는 언급되지 않은 어떤 복잡한 문제들이 도사리고 있을까? 한 가지 분명한 사실은 실제 상황은 **동적**이라는 것이다. 실험을 하고 있는 동안 새로운 물고기가 태어날 수도 있고, 번호표가 달린 것이든 달리지 않은 것이든 물고기가 죽을 수도 있다. 또 물고기마다 잡힐 확률이 같다고 가정하는 것도 너무나 단순한 가정이다. 어떤 물고기는 다른 물고기보다 미끼에 걸리기 쉬울 수도 있다. 또 다른 요소들이 영향을 미칠 수도 있다. 그러나 상황을 더 복잡하게 만드는 것은 날씨의 변화가 어떤 물고기에게는 이렇게, 다른 물고기에게는 저렇게 영향을 미치기 때문에 미끼에 걸릴 확률이라는 면에서는 상반된 영향을 미칠 수도 있다는 사실이다.

그러나 이런 복잡한 상황들도 적절한 통계학적 분석을 통하여 극복할 수 있다. 어쨌든 이렇게 복잡한 모형에 대해서는 언급하지 않기로 하겠다. 그 대신 이러한 포획-재포획 모형에 대해서 몇 가지 짚고 넘어가기로 하자.

주의1 : 대부분의 추정 문제에서 통계학자들은 모집단이 무엇으로 구성되어 있는가는 알고 있지만, 모집단의 구성원 중 어느 정도가 어떤 특성을 소유하고 있는지는 모른다. 예를 들면 유권자들의 모집단일 경우, 어느 정도의 유권자들이 민주당 대통령 후보에게 표를 던질 것인가 하는 문제라든가 미국 인구의 얼마 정도가 적어도 65세까지 사는가 하는 문제는 모르는 것이다. 지금 우리가 다루는 문제에서는 통계학자들이 모집단의 크기를 모르고 있으며 그 크기를 추정하고 싶어한다.

주의2 : 번호표를 붙이는 방법은 단순히 모집단의 크기만이 아니라 우리가 관심을 가지고 있는 모집단의 특성들을 추정하는 데도 사용될 수 있다. 예를 들면 생태학자들은 모집단의 다양한 구성원들이 어떻게 이동하는가를 알고 싶어할 때 이 방법을 사용한다. 생태학자가 번호표를 붙인 시간과 장소를 기록해둔다면 표본이 된 그 동물을 다시 잡았을 때, 번호표를 붙인 후 다시 잡힐 때까지 그 동물이 어느 방향으로 얼마만한 거리를 이동해왔는가를 알 수 있다.

주의3 : 우리는 지금 '재포획'이라는 용어를 사용하는 모형에 대해서 논의하고 있다. 이것은 물고기의 경우에는 아주 적절한 방법이다. 왜냐하면 물 속에 사는 물고기는 육안으로는 볼 수 없기 때문이다. 그러나 모집단이 동물일 경우에는, 특히 큰 동물일 경우에는 물리적으로 다시 포획하기보다는 시각적으로 관찰할 수 있다. 예를 들면 어떤 과학자는 망원경으로 주위를 살피면서 자신이 연구하는 동물들의 수를 알 수 있고 그중에서 번호표를 달고 있는 동물들의 수를 셀 수 있다. 그러나 우리가 강조하고 싶은 것은 이러한 과정을 정확하게 수행하기 위해서는 관찰되는 대상이 번호표를 달고 있는가, 그렇지 않은가 하는 것을 정확하게 판단할 수 있어야 한다는 사실이다.

주의4 : 우리는 포획-재포획의 방법을 통해 답을 얻을 수 있는 문제, 즉 모집단의 크기를 결정하는 문제를 살펴보았다. 다른 문제들도 이런 방법으로 해결할 수 있다. 예를 들면 다음과 같은 문제들이다. 어떤 종(種)의 물고기를 연구하는 경우, 그 물고기의 세포 조직 속에는 평균적으로 얼마나 많은 공해물질(예를 들면 납과 같은)이 들어 있는가? 공해물질이 축적된 비율은 어떤가? 어느 정도의 물고기들이 특정한 종류의 질병으로 죽어가는가?

요 약

1. 어떤 호수에 사는 물고기의 모집단이 어느 정도 규모인지를 모를 때 다음과 같은 방법을 통해서 추정할 수 있다. 몇 마리의 물고기를 잡아서 번호표를 붙인 다음, 호수에 풀어준다. 적당한 시간이 지난 후에 다시 '새로운' 표본을 포획해서 이중 번호표가 달린 물고기들의 수를 세어본다.
2. 동물들의 모집단일 경우에는 물리적으로 다시 포획하기보다는 관찰을 통해서 추정할 수 있다.

출처 : 통계마인드 길들이기
마일즈 홀랜더, 프랭크 프로쉬안 지음, 도서출판 새날