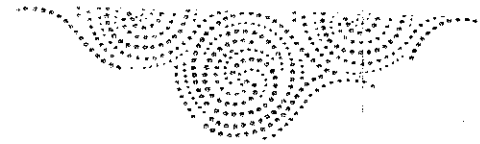


chapter 5

## 위대한 미즐리, 괴물 프레온을 만든다

"우리 행성은 절묘한 아름다움을 지닌 행성이다. 가이아는 존재해온 내내 생명의 수호자 역할을 해왔는데, 우리는 가이아의 보호를 거부하면서 위험을 초래하고 있다."

- 제임스 러브록 -



### 우리를 보호하는 첫 번째 보호막

오존은 아름다운 기체이다. 눈에 보이지 않는 가까운 친척인 산소와는 달리 오존은 파르스름한 색조를 띠고 있다. 더블린의 과학자 하틀리(W. M. Hartley)는 1881년에 이 기체를 연구하기 시작했을 때, '맑은 날의 하늘처럼 파란' 그 색에 매료되었다. 어떤 사람은 오존의 자극적인 냄새를 불쾌하게 느끼지만, 하틀리는 심한 뇌우가 지나간 뒤 온 세상이 깨끗해진 것 같은 상쾌한 기분을 느꼈다. "오존으로 포화된 공기는 절대로 놓칠 수 없는 아주 독특한 냄새가 나는데, 남서쪽에서

미풍이 불어오는 사우스다운스의 공기를 연상시킨다.”

하틀리는 불과 40년 전에 발견된 이 새로운 기체에 큰 흥미를 느꼈다. 그것은 지구에 자연적으로 존재했지만, 지표면 근처에서는 아주 극소량만 존재했고, 그것도 번개가 친 뒤처럼 특별한 조건에서만 존재했다. 일부 연구자들이 얼마 전에 오존이 산소 원자로 이루어져 있다는 사실을 밝혀냈다. 그러나 보통 산소 분자( $O_2$ )는 한 쌍의 산소 원자로 이루어져 있는 반면, 오존 분자( $O_3$ )는 산소 원자 3개로 이루어져 있다. 이 추가된 산소 원자 때문에 오존은 산소보다 반응성이 더 큰 것 같았다. 오존을 들이마시는 것은 고통스러운 경험이었다. 가슴 통증과 염증을 초래했고, 생쥐 같은 작은 동물은 그 속에서 오래 살아남지 못했다. (현대 세계의 지표면 근처에서 오존은 자동차 배기 가스의 한 성분으로 배출되며, 천식의 주요 자극 물질이다.)

그렇지만 그게 전부가 아니었다. 하틀리는 높은 상공에서 오존이 우리의 삶에 아주 다른 역할을 담당한다는 사실도 발견했다. 지상 약 32km 지점부터 오존은 보호막을 형성하고 있는데, 이것은 우주의 가혹한 공격에 대해 모든 생명을 보호해주는 세 겹의 보호막 중 첫 번째 것이다.

하틀리는 햇빛 성분 중 일부가 빠져 있다는 흥미로운 관측 사실로부터 오존층을 발견하게 되었다. 햇빛에는 우리 눈으로 볼 수 있는 것 외에 다른 종류의 복사도 포함돼 있다. 무지개의 빨간색 너머에는 지구를 따뜻하게 데우는 역할을 하는 적외선이 자리 잡고 있다. 연속되는 그 마루와 골은 간격이 너무 넓어서 우리의 제한적인 시각에는 보이지 않는다. 그런데 적외선의 사촌 격인 자외선도 있는데, 자외선은 무지개의 파란색 바깥쪽에 위치한 복사로, 파장이 너무 짧아서 우리

눈에 보이지 않는다.

비록 우리의 눈은 자외선과 적외선을 볼 수 없지만, 하틀리의 시대에는 그것들을 포착할 수 있는 도구가 많이 개발돼 있었다. 바로 여기서 문제가 발견되었다. 적외선은 제대로 포착되었으나, 자외선은 어디론가 사라지고 없었다. 가시광선은 약 400나노미터(1나노미터는 10억분의 1미터)의 파장에서 끝난다. 그것보다 파장이 짧은 복사는 자외선에 해당하는데, 그렇다면 400나노미터부터 200나노미터에 이르기까지 모든 파장대에서 자외선이 포착되어야 할 것이다. 그러나 293나노미터보다 더 짧은 파장에서는 자외선이 전혀 없었다. 그 파장에 해당하는 자외선이 지표면까지 도달하지 않은 게 분명했다. 그렇다면 답은 태양에서 이 파장대의 자외선을 방출하지 않거나 중간에서 어떤 물질이 자외선을 차단했다는 것밖에 없었다.

하틀리는 이 문제에 대해 생각하다가 오존이 자외선을 흡수하는 성질이 있다는 사실에 주목했다. 만약 모든 파장의 자외선을 오존 기체가 들어 있는 파란색 판에다 비춰주면 어떻게 될까? 그 결과는 오존이 자외선 무지개의 한쪽 끝부분을 잘라내는 것으로 나타났다. 293나노미터보다 파장이 더 짧은 자외선은 오존 기체를 통과하지 못했다. 하틀리는 이 실험을 묘사한 논문을 다음과 같은 문장으로 결론지었는데, 평소와는 달리 격식을 차린 표현이었다.

앞의 실험과 고찰을 통해 나는 다음과 같은 결론에 이르렀다.

첫째, 오존은 상층 대기의 정상적인 구성 성분이다.

둘째, 그곳의 오존은 지표면 근처에서보다 더 높은 비율로 존재한다.

셋째, 대기 중의 오존의 양은 태양 스펙트럼이 자외선 영역에서 부족하게

나타나는 것을 설명할 수 있을 만큼 충분하다.

그의 주장은 옳았다. 우리 머리 위에는 약 50억 톤의 오존이 떠다니면서 고에너지 자외선을 차단하여 지표면에 도달하지 못하게 한다. 우리의 오존 방어막이 통과시키는 에너지가 낮은 자외선은 사람에게 이롭다. 이 자외선은 우리 피부가 구루병과 그 밖의 뼈 질환 예방에 도움을 주는 비타민 D를 합성하도록 자극하며, 피부를 갈색으로 보기 좋게 태우기도 한다. 그러나 만일 모든 자외선이 자유롭게 지표면에 도달한다면 아주 위험한 사태가 발생할 것이다. 자외선 B와 자외선 C라 부르는 자외선은 닿는 것은 무엇이건 공격한다. 인간의 면역계를 약화시키고, 피부암과 백내장을 일으키며, 해양 먹이 사슬의 기초를 이루고 있는 조류(藻類)를 파괴한다.

오존층은 우리를 아주 편안하고도 효율적으로 보호해주고 있어서, 우리는 머리 위 불과 몇 킬로미터 상공에 존재하는 위험들을 잘 모르고 살아간다. 오존 보호막은 지뢰밭과 같은 방식으로 작용한다. 자외선이 오존 분자에 충돌하면, 오존 분자가 폭발하면서 세 산소 원자 중 하나가 튀어나간다. 그렇지만 이 지뢰밭은 끊임없이 복구된다. 폭발에서 튀어나온 파편들 즉, 길 잃은 산소 원자와 보통 산소 분자가 다시 결합하여 오존이 다시 탄생하는 것이다.

이것은 히틀리의 발견이 있고 나서 50년 후인 1930년대에 시드니 채프먼(Sidney Chapman)이라는 영국 화학자가 알아냈다. 그런데 그가 오존층이 얼마나 강력하고 중요한지 보여주는 방정식을 쓰고 있던 바로 그 무렵, 또 다른 화학자는 오존층을 파괴하는 화학 물질을 만들고 있었다. 강한 것이 흔히 그렇듯이, 오존층 역시 한편으로는 아주

취약한 측면이 있었다.

### 미즐리의 괴물

1920년대에 미국에서는 한 사업가가 또 하나의 발명품을 막 내놓으려 하고 있었다. 토머스 미즐리(Thomas Midgley)는 열정과 정력이 넘치는 유쾌한 사람이었다. 그는 친구들이 아주 많았는데, 적은 거 없었다.(그렇게 큰 성공을 거두고도 적이 없었다는 것은 놀랍다.) 보름달처럼 동그란 얼굴에서는 보는 사람을 기분 좋게 하는 광채가 났는데, 특히 풀어야 할 공학 문제를 새로 발견했을 때 그랬다. 그는 남은 시간에도 기계에 관한 문제에 몰두하곤 했다. 시골을 산책할 때면 절반의 시간은 바닥에 등을 대고 누워 개미집의 건축 뒤에 숨어 있는 원리를 생각하곤 했다. 골프를 배우기 시작했을 때에는 그런 상태가 좋지 않은 걸 알고는, 집에서 새로운 종류의 잔디를 심으며 실험을 했다. 그는 타고난 발명가였다.

미즐리가 발명가의 눈을 갖고 태어난 것은 놀라운 일이 아니다. 그의 가족들 모두가 실험하길 좋아했다. 외할아버지는 동근톱을 발명했고, 아버지는 새로운 종류의 타이어와 자전거 바퀴에 대한 특허를 여러 개 갖고 있었다. 미즐리가 처음 일을 시작한 직장은 오하이오 주 데이턴에 있던 미국 현금등록기회사의 '발명 3과'였고, 1916년에는 제너럴모터스 사\*의 연구 부서로 옮겼다. 그가 만든 것 중 가장 유명

\*제너럴모터스사—미즐리가 그곳에 들어갔을 때, 그 회사는 데이턴공학연구소(Deko)였으나, 4년 뒤에 제너럴모터스사로 이름을 바꾸었다.

한 발명품이자 아주 유용하고 강력하며 결국에는 치명적인 것으로 드러난 발명품을 만든 곳도 바로 이곳이었다.

당시에는 그 사실을 몰랐지만, 미즐리는 자신의 발명품들 때문에 훗날 큰 불운을 겪게 된다. 제너럴모터스사에서 그가 맨 처음 한 일 중 하나는 기술린에 납을 첨가하라고 권한 것이었다. 그럴 만한 이유가 충분히 있었다. 실제로 그것은 아주 성가신 문제를 해결해주는 천재적인 방법으로 환영받았다. 그 당시 자동차와 비행기는 아직 발명된 지 얼마 되지 않았는데, 엔진의 효율성을 높으려는 시도는 항상 똑같은 문제에 봉착했다. 연소가 불균일하게 일어나면서 쿨에 거슬리는 폭음이 일어나고 엔진의 작동 효율을 떨어뜨렸다. 미즐리는 기술린을 균일하게 연소하게 해줄 수 있는 첨가제를 찾는 데 착수했다. 처음에는 전혀 진전이 없었다. 그는 “녹은 버터와 장뇌에서부터 아세트산에 톨과 염화알루미늄에 이르기까지 모든 것을 다 시험해보았지만…… 대부분은 5대호에 침을 뱉는 것에 불과할 정도로 효과가 없었다.” (톨루르와 셀렌을 포함한 화합물이 효과가 있는 것처럼 보였지만, 작업자들의 몸에서 마늘 냄새가 강하게 나는 과중한 부작용이 있었다.)

그러다가 1921년 12월, 수천 가지의 화합물을 시험한 끝에 기술린에 납을 첨가하면 모든 문제가 싹 해결된다는 사실을 발견했다. 기술린에 납을 타면 위험할 것이라는 소비자들의 편견을 극복하는 게 관건이었다. (실제로 위험하다. 체내에 축적된 납은 몸을 쇠약하게 만드는 여러 가지 질환을 일으킨다. 그 때문에 지금은 납을 섞는 게 금지돼 있다.) 그러나 그 당시에는 미즐리의 주장이 설득력이 있었다. 최초의 유연 기술린은 1923년에 판매가 시작되었고, 그것은 곧 널리 퍼졌다. 이제 자동차와 비행기 엔진들은 훨씬 효율적으로 작동했고, 미즐리는 영웅으로

대접받았다.

그 다음 번 발명은 제너럴모터스사의 냉장 부문 회사인 프리지메이사에서 의뢰한 문제를 해결하려고 하다가 일어났다. 기계적 냉각은 나온 지 얼마 안 된 기술이었다.\* 그 전에는 캐나다에서 얼음을 배로 실어와 다양한 종류의 냉각제로 사용했는데, 얼음은 비쌌고, 날씨에 큰 영향을 받았으며, 널리 사용할 수 없었다. 미국 남부의 병원은 여름에는 견디기 힘들 정도로 무더위 병으로 죽는 사람이나 열기 때문에 죽는 사람이나 엇비슷할 정도였다. 음식은 금방 상했고, 황열병이나 말라리아 같은 열대성 질환이 만연했다. 따라서, 기계적 냉각은 기계처럼 보였다. 건물은 에어컨으로 시원해졌고, 가정에서는 음식을 며칠 동안이나 상하지 않게 보관할 수 있게 되었으며, 한여름에도 얼음을 만들 수 있게 되었다.

냉장고는 관 속에 든 물질을 액화와 증발을 계속 반복시킴으로써 작동한다. 그 물질은 처음에는 기체이지만, 냉장고 밖의 관 속에서 압축되어 액체로 변한다. 이때 열 에너지가 방출되는데, 냉장고 뒤쪽이 뜨거운 이유는 이 때문이다. 액체로 변한 이 물질은 다시 냉장고 안으로 들어가 팽창하면서 다시 기체로 변한다. 이 과정은 액화와 정반대 과정이다. 기체로 변하는 과정에서 주변의 열 에너지를 흡수하여 냉장고 내부를 냉각시킨다.

문제는 쉽게 액체로 압축했다가 다시 기체로 변할 수 있는 물질로 무엇을 선택하느냐 하는 것이었다. 그때까지 사용된 모든 냉장고에는 일종의 경고문이 붙어 있었다. (독성을 경고한 것도 있었고, 불에 불기 쉽

\*기계적 냉각은 나온 지 얼마 안 된 기술이었다—최초의 상업적 냉각 장치는 1873년에 특허를 얻었으나, 산업적 규모로 생산이 시작된 것은 그후였다.

다는 경고도 있었고, 두 가지 다 경고한 것도 있었다.) 막힌 관 속에 안전하게 들어 있기만 하다면야 아무 문제가 없었다. 그러나 언젠가 어디선가는 새는 곳이 생기게 마련이고, 바로 그때부터 문제가 시작된다. 1929년까지 프리지데어 사는 가정용 냉장고를 100만 대나 팔았고, 사고 건수는 점점 증가하고 있었다. 사람들은 냉장고를 뒷배란다에 내놓았다. 클리블랜드의 한 의료 센터에서 치명적인 누출 사고가 일어난 뒤, 병원들은 냉장고를 사용하지 않게 되었다. 프리지데어사의 기술자들은 심지어 그들이 맨 처음 사용한 냉매인 이산화황을 다시 사용하자고 제안했다. 이산화황은 독성이 아주 강하긴 하지만, 그래도 숨 막히는 자극적인 냄새가 위험을 알려주지 않는다는 게 그 이유였다.

미즐리가 맡은 임무는 이 모든 문제를 싹 해결할 수 있는 방법을 찾아내는 것이었다. 불에 잘 붙지도 않고 독성도 없는 냉매를 찾아야 했다. 그것은 절대적으로 안전해야 했다.

미즐리는 언제나처럼 헌신적으로 이 임무에 임했다. 먼저 다양한 화학 물질을 상상하고 그 물질이 나타낼 성질을 추정하는 것으로 시작했다. '끓는점을 도표에 그리고, 독성 자료를 찾고, 수정하고, 그리고 과학 투시자가 이용하던 찾잎과 수정 구슬을 대신하는 계산자와 로그 모눈종이, 지우개 뚱과 연필 부스러기, 그 밖의 온갖 장비들을 사용해 그 일을 했다. 마침내 완벽해 보이는 물질을 하나 찾아냈다. 끓는점도 적당했고, 불에 타지도 않는 것이었다. 만약 그의 추정이 옳다면, 그 화학적 평온함을 방해할 것은 아무것도 없었다.

남은 문제는 이 새로운 화학 물질이 독성이 없음을 확인하는 것뿐이었다. 그런데 여기서 미즐리는 전체 계획을 완전히 포기할 뻔했

다.(이런 아이러니는 그의 많은 발명품에 따라다녔다.) 새로운 화학 물질을 만들기 위해 미즐리는 삼플루오르화안티몬을 다섯 병 샀다. 그 중 임의로 한 병을 선택해 훗날 '프레온(Freon)'이라 부르게 될 물질을 몇 그램 만들었다. 그리고는 그것을 기니피그와 함께 유리병 속에 넣어 두었다. 그는 기니피그가 새로운 기체를 호흡하면서 어떤 반응을 보이나 지켜보았다. 기니피그는 아무런 지장도 받지 않는 것처럼 보였다. 미즐리가 예측한 것처럼 그 물질은 독성이 없는 것으로 보였다.

그러나 만전을 기하기 위해 미즐리는 두 번째 병에 든 삼플루오르화안티몬을 가지고 또다시 그 물질을 만들었다. 그런데 이번에는 기니피그가 죽사하고 말았다. 왜 프레온이 한 동물에게는 독성을 나타내고, 다른 동물에게는 독성을 나타내지 않는 걸까? 그는 세 번째 병을 조심스럽게 맡아보았다. 그가 맡은 냄새는 분명히 제1차 세계 대전 때 독가스로 사용되었던 포스젠이었다. 조사해보니, 다섯 병의 삼플루오르화안티몬 중에서 네 병에 바로 이 치명적인 불순물이 들어 있었다. 첫 번째 시도 때 이 불순물이 섞이지 않은 병을 선택한 것은 순전히 행운이었다. 만약 다른 병을 선택했다면 첫 번째 기니피그가 죽었을 텐데, 그래도 그는 그 연구를 계속했을까? 아니면, 그는 프레온을 포기하고 결국엔 대기에 덜 치명적인 것으로 판명될 다른 물질을 발견했을까?

그는 훗날 이렇게 말했다. "성공 확률은 4대 1로 우리에게 불리했다. 나는 가끔 만약 첫 번째 기니피그가 갑작스럽게 죽었다더라면 새로운 물질이 독성을 가졌을 리 없다는 우리의 확신이 완전히 뒤흔들렸을까 궁금하다. 또 그리고 나서도 그 연구를 계속 진행할 만큼 우리가 현명했을까 하는 생각도 든다. 만약 연구를 계속했다더라도 우리가 순

수한 원료를 사용할 확률은 여전히 3대 1로 불리했다. 나는 아직도 그랬더라면 어떻게 되었을까 궁금하다.”

이번에는 순수한 원료만 사용해 처음에 얻은 실험 결과를 재차 확인했다. 그때부터는 모든 기니피그가 무사했다. 프레온은 사람이나 동물에게 아무런 영향도 미치지 않았다. 그것은 미즐리가 추정한 것처럼 반응성이 전혀 없었다. 다시 말해서, 그것은 완벽하게 '안전'했다.

미즐리는 1930년 4월에 애틀랜타에서 열린 미국 화학회에서 자신의 발명품을 발표했다. 그는 주체할 수 없는 쇼맨십을 발휘해가며 새로운 기체의 안전성을 입증했다. 뉘을 잃은 화학자들 앞에서 그는 프레온을 깊이 들이마시고는 불타고 있는 촛불 위로 천천히 내뿜었다. 그러자 촛불이 꺼졌다.

프레온은 단지 불에 타지 않고 독성이 없기만 한 게 아니었다. 그것은 공기보다 무거웠다. 영업 사원은 계단의 단마다 불이 켜진 양초를 하나씩 놓아두고 프레온을 쏟아 부음으로써 이 사실을 극적으로 보여 주곤 했다. 그 기체는 보이지 않았지만, 촛불이 차례로 꺼지는 것으로 그것이 흘러가는 길을 추적할 수 있었다.

미즐리의 새 화학 물질은 즉각 큰 성공을 거두었다. 프레온은 그것과 밀접한 관련이 있는 가축 물질들(이것들을 뽕뽕겨려 CFC, 즉 클로로플루오로카본이라 부르는데, 그 분자가 염소와 플루오르와 탄소로 이루어져 있기 때문이다.)과 함께 금방 미국에서 최고의 인기를 누리는 냉매가 되었다. 그것은 안전성이 보장되었기 때문에 미즐리의 회사는 그것을 경쟁 회사들에 파는 데 동의했고, 그것은 곧 미국 전역의 냉장고에 보편적으로 쓰이게 되었다.

제2차 세계대전이 터지자, 프레온은 새로운 용도로 쓰이게 되었다. 태평양의 정글에서 싸우던 병사들은 곤충이 매개하는 질병으로 고초를 겪고 있었다. 그래서 미국 농무부는 '벌레 폭탄'을 발명했는데, 그것은 휴대용 살충제 분사기로, 프레온을 추진제로 사용해 정확한 목표 지점에 살충제를 뿌렸다. 이것이 에어로졸 스프레이 캔의 원조가 되었다. 방취제에서부터 헤어 스프레이에 이르기까지 모든 것을 미즐리의 프레온을 이용해 정확하고 말쑥하게 분사할 수 있게 되었다. 그 다음에는 드라이클리닝 산업에 사용되었다. 또 CFC는 가구용 발포 고무를 만드는 데에도 이상적인 재료로 판명되었다. 프레온은 화학의 만병통치약처럼 보였다.

그러나 미즐리가 발명하여 세상에 제공한 '안전한' 화학 물질은 그 속에 괴물을 감추고 있었다.

처음에는 그 누구도 짐작조차 못했다. 평생 동안 미즐리는 자신의 업적에 대해 칭송을 받았다. 그는 화학 분야의 중요한 상은 거의 전부 휩쓸었고, 그 밖의 상과 명예 학위도 수십 개나 받았다. (그는 노벨상을 받지 못했다. 다만, 그의 연구가 훗날 노벨상을 낳은 연구에 영감을 주긴 했다.) 1944년에 오하이오 주립대학에서 명예 박사 학위를 수여할 때, 학위 수여 이유를 진지하게 다음과 같이 언급했다.

미즐리 씨의 연구는 광범위한 인정을 받았습니다. 인류의 지식에 대한 그의 기여를 가장 잘 평가할 자격을 갖춘 단체들로부터 받은 수많은 상들이 그것을 증명합니다. 비전문가라도 자신의 삶을 더 즐겁고 효율적으로 만드는 데 그렇게 큰 기여를 한 사람에게 큰 신세를 졌다는 사실을 경험을 통해 알 것입니다. 그는 과학을 해방자로 만들었습니다. 그리고 우리는

자신이 기울인 노력의 결실을 보고 만족하는 그와 함께 기쁨을 나누고자 합니다. 후세는 그것들의 영원한 가치를 인정할 것입니다.

미즐리가 죽은 지 3년 후인 1947년, 그의 사장이었던 찰스 케터링(Charles Kettering)도 미국 과학아카데미에서 한 연설에서 비슷한 이야기를 했다. 케터링은 미즐리의 장례식 때 목사가 한 “우리는 이 세상에 빈손으로 왔다가 빈손으로 떠납니다.”라는 말을 인용했다. “그렇지만 미즐리의 경우에는 여기에 한 마디를 덧붙이는 게 적절하지 않을까 싶습니다. ‘그렇지만 우리는 세상의 행복을 위해 많은 것을 남길 수 있다.’라고요.”

그러나 불운한 미즐리는 실로 엄청난 유산을 남겼다. 세상을 더 나은 곳으로 만들고자 즐거운 마음으로 지칠 줄 모르는 노력을 기울였던 그는 의도치 않게 지구의 대기에 지금까지 지구상에 살았던 어떤 생명체가 저지른 것보다 큰 손상을 초래했다.\*

미즐리는 우발적으로 저지른 그 실수가 얼마나 큰 파괴를 가져오는지 보지 못했다. 1940년 가을, 그는 갑자기 급성 소아마비에 걸려 양 다리가 마비되었다. 고비를 넘기고 나자 미즐리는 51세 남자가 소아마비에 걸릴 통계적 확률을 계산해보고는, 그것은 “엠파이어 스테이트 빌딩만 한 높이로 쌓아놓은 카드 중에서 특정 카드를 뽑을 확률과 같다.”라고 결론 내렸다. 그러고는 “하필이면 내가 그것을 뽑은 것은 모질게도 운이 나쁜 것이다.”라고 덧붙였다.

\* 지금까지 지구상에 살았던 어떤 생명체가 저지른 것보다 큰 손상을 초래했다—매일이 《Something New Under the Sun》에서 미즐리가 “지구 역사상 다른 어떤 생명체가 저지른 것보다 더 많은 영향을 대기에 미쳤다.”라고 한 말을 변형시킨 것이다.

그리고 나서도 그는 전화를 통해 연설을 하고, 심지어는 자신을 침대 밖으로 끌어 옮기는 도르래 장치까지 고안하면서 집에서 연구를 계속 지시했다. 그러나 1944년 11월 2일 오전, 토머스 미즐리는 불운하게도 도르래 줄에 몸이 끼여 자신의 발명품에 목이 졸려 죽었다.

## 안개와 CFC

미즐리의 기적적인 냉매에 뭔가 문제가 있을지도 모른다는 주장을 처음 제기한 사람은 부드러운 곱슬머리에 반짝이는 눈, 수심에 잠긴 듯한 미소를 지닌, 점잖고 과묵한 남자였다. 정신적으로나 관심사 면에서 제임스 러브록(James Lovelock)은 오늘날의 전문화된 연구자보다는 옛날의 자연철학자에 더 가까워 보인다. 그는 자기 집 뒷마당에 지어놓은 연구실에서 혼자 일하는 것으로 유명하다.(오늘날의 전문 과학자치고는 참 별종이라 할 수 있다.) 그는 또한 장난꾸러기처럼 뼈딱하다. 한 동료는 그를 ‘내가 만난 사람 중 가장 독창적으로 심술궂은 사람’이라고 말한 적이 있다.

러브록은 대학이나 연구소에 신세를 지며 묶여 사는 걸 싫어했다. 그렇지만 그도 최소한 한 번은 ‘정상’ 궤도를 추구한 적이 있다. 1930년대에 화학자로 교육받은 그는 런던의 의학연구위원회에서 일을 시작했다. 그러나 그는 갈수록 전통적인(그는 ‘완고한’이라고 표현했다.) 환경에 불편을 느꼈다. 동료들은 모두 표준적인 흰색 실험복을 입은 반면, 그는 획일성이 싫어 외과 의사 복장으로 일했다. 1959년에 40번째 생일이 다가올 무렵, 러브록은 더는 참을 수가 없었다. “나는 매일 연구

소에 나가 일을 하고 다시 집으로 돌아온다. 나는 5행 속요에 나오는 남자가 된 듯한 느낌이 들었다.”

한 젊은이가 살았는데, 그는 이렇게 말했다.

‘벌어먹을! 나는

자동차도 버스도 전차도 아닌데,

이미 정해져 있는 흐름 따라

움직여야 하는 존재 같다는 느낌이 들어.’

무덤까지 이어져 있는 궤도를 따라 죽 걸어가면서 살아야 한다는 생각에 러브록은 숨이 막힐 것 같았다. 그는 상사에게 그만두겠다고 말하고 나서 달아났다. 처음에는 텍사스 주 휴스턴으로 가서 대학에서 잠깐 동안 일하며 두둑한 미국식 봉급으로 돈을 저축한 뒤, 영국으로 돌아가 남부의 윌트셔 주에 있는 작은 마을에 연구실을 지었다.

러브록은 곧 독립적인 과학자가 되는 데에는 현실적인 장벽이 약간 있다는 사실을 깨달았다. 유선, 주소가 명성 높은 연구실이 아니라 외딴 시골의 오두막집이라면 학술지를 받아보는 데 어려움이 있었다. 실험실 장비를 구하는 것은 더 어려웠다. 비록 테러의 위험이 그다지 크지 않던 시절이라도 수 킬로그램의 시안화칼륨이나 방사성 물질을 집 주소로 주문한다면, 배달 운송차보다는 경찰이 찾아올 가능성이 더 높았다. 이런 문제를 피하기 위해 러브록은 회사를 설립하기로 결정했는데, 회사 이름은 브라조스(Brazzos)라 지었다. 이런 이름을 지은 것은 상당히 실용적인 이유에서인데, 휴스턴 근처를 흐르던 브라조스(Brazos) 강의 이름에서 딴 것이었다. 철자를 살짝 바꾼 것은 제

안한 회사명과 일치하는 게 있는지 한 번 확인하는 데 25파운드가 들었기 때문이다. 두 번의 시도가 실패한 끝에 러브록은 아무도 사용하지 않았을 것이라고 확신할 수 있는 이름을 선택했다.

브라조스의 우산을 쓴 러브록은 의학연구위원회에서 그가 한 연구를 알고 있던 큰 회사 여러 곳과 재빨리 컨설턴트 계약을 맺었다. 이제 그는 자신의 독창적이고 때로는 기이한 과학 개념을 자유롭게 추구할 수 있게 되었다. 그 중에서도 가장 유명한 것은 지구상의 생명이 지구가 너무 뜨거워지거나 차가워지거나 혹은 아주 적대적인 곳으로 변하지 않도록 주변 환경을 조절한다는 개념일 것이다. 그는 1965년에 NASA의 제트추진연구소에서 화성의 생명을 찾기 위한 실험에 참여해 일하다가 이 개념을 생각해냈다. 화성과 금성의 대기에 대해 생각하다가 러브록은 두 행성이 지구하고 너무나도 다르다는 사실에 주목했다. 화성은 푹푹 얼 정도로 춥고, 금성은 펄펄 끓을 듯이 뜨겁지만, 두 행성의 대기의 화학 조성은 안정돼 있고, 방정석과 거의 일치했다. 그러나 지구는 그렇지 않았다. 지구의 대기에는 예를 들면 반응성이 아주 강한 산소가 많이 포함돼 있는데, 순전히 화학적 작용만으로는 그렇게 많은 산소가 대기 중에 존재할 수 없었다.

그 산소는 생명에서 나왔다. 러브록은 생물들이 환경을 자신이 살아가기에 알맞게 극적으로 변화시켰기 때문에 산소가 대기 중에 존재한다는 사실을 깨달았다. 그 다음에는 생명이 지구를 변화시키거나, 반대로 지구에 의해 변화를 겪은 다른 예들을 찾기 시작했다. 어디를 보건 간에 러브록은 생명과 공기와 암석 사이에 긴밀한 상호 작용을 발견할 수 있었다. 마치 행성 자체가 살아 있는 것처럼 보였다.

그는 특유의 낭만주의를 발휘하여 자신의 이론을 그리스 신화에 나



오는 대지의 여신 이름을 따 '가이아(Gaia) 가설'이라 이름 붙였다. (그 이름을 제안한 사람은 이웃에 살던 《파리 대왕》의 작가 윌리엄 골딩이었다. 러브록은 '그렇게 유능한 문장가의 도움을 받아 자신의 이론에 이름을 붙인 과학자는 거의 없을 것'이라고 말했다.) 이 가설은 대체로 옳다. 생물이 지구를 자신이 살아가기에 알맞게 변화시킨 방법은 아주 많다. 그러나 러브록의 가설이 풍기는 전체론적인 '히피' 분위기와 결합된 가이아라는 이름 때문에 많은 동료들은 그의 이론을 조금 삐딱한 눈으로 바라보았다. 그의 연구는 신중하고 건전한 것이었고, 세계에서 유명한 학술지에 발표되었음에도 불구하고, 일부 과학자는 여전히 그것을 신뢰하지 않으려고 했다. 러브록은 그다지 신경 쓰지 않았다. 한 유명한 과학자가 그를 '신성한 바보(holy fool)'라고 묘사했을 때에도 그는 오히려 자부심을 느꼈다. 그 특유의 자학적인 유머로 그 과학자가 의미한 게 혹시 '완전한 바보(wholly fool)'가 아니었을까 하고 고개를 가웃하긴 했지만.

러브록은 1960년대 중반에 자신이 머물던 시골 풍경을 가끔 흐릿하게 만들곤 하던 여름철의 안개에 대해 호기심을 품으면서 오존 이야기에 발을 들여놓게 되었다. 어린 시절에 그런 것을 전혀 본 적이 없었던 그는 기상청의 친구를 만나 그 현상을 설명할 수 있는지 물어보았다. 러브록은 영국 기상청이 공식적으로는 국방부 산하에 있다는 사실을 알고 흥미롭게 생각했다. "우리 영국 국민은 늘 날씨에 대해 과민 반응을 보여왔지만, 이것은 좀 지나치다 싶었다. 이제 우리는 그것을 군대로 보호해야 할 필요가 있는 국가 자원이자 보물로 여기는가?"라고 그는 말했다. 그는 미국 기상청이 상무부 산하에 있다는 이야기에 마찬가지로 재미있다는 반응을 보였다. "아마도 그들은 날

씨도 팔 수 있는 상품으로 생각하는 모양이지."

기상청의 어느 누구도 그 안개의 원인이 무엇인지 알지 못했고, 그것이 자연적으로 일어나는 현상인지 인공적인 산물인지도 알지 못했다. 그때, 러브록에게 아이디어가 하나 떠올랐다. 그는 미즐리의 CFC에 대해 잘 알고 있었는데, 그 당시 그것은 영국의 모든 스프레이 캔과 냉장고에 사용되고 있었다. CFC는 반응성이 없고 안전했지만, 다른 산업 오염 물질의 '표지'로 사용될 수 있었다. 만약 안개가 낀 날에 CFC 농도가 높다면, 그 안개는 인공 산물이라는 것을 시사한다.

러브록은 그것을 조사해보기로 결심했는데, 마침 그 일에 딱 알맞은 도구를 갖고 있었다. 미즐리와 마찬가지로 러브록도 타고난 발명가였다. 열 살 때 처음으로 달리는 기차 창 밖으로 내밀어 기차의 속도를 측정할 수 있는 풍력계를 만든 이래 그는 발명을 계속했다. 러브록은 자신의 발명품으로 과학 연구 자금을 댈 수 있을 만큼 충분한 돈을 벌었다. 그 중에 다른 것보다 훨씬 중요한 기계가 있었는데, 이것은 오존 이야기에서 아주 중요한 역할을 담당한다. 러브록은 CFC를 포함해 많은 종류의 화학 물질을 미량이라도 탐지할 수 있는 장비를 발명했는데, 그것을 사용해 안개의 원인을 조사해보기로 했다.

자신이 머물던 시골에서 다양한 여름날에 안개와 CFC의 농도를 측정해보았다. 그해 후반에는 아일랜드 서해안에서 같은 실험을 반복해보았다. 안개가 더 짙게 낄 때에는 공기 중의 CFC 농도가 더 높았다. 의심한 것처럼 안개는 산업에서 배출된 물질이 원인인 게 분명했다.

러브록은 자신이 얻은 결과를 발표하고, 그냥 그것에 만족하고 말수도 있었다. 그런데 CFC에 관한 어떤 점이 호기심을 끌었다. 만약 자신이 살고 있는 외딴 시골 마을 보워초크에까지 CFC가 퍼져왔다

면, 그 밖에 또 어디까지 갈 수 있을까? CFC는 반응성이 없어 아주 안전하므로, 어떤 것도 그것을 파괴할 수 없다. 어쩌면 CFC는 대기 중의 모든 곳에서 축적되고 있을지도 몰랐다. 심지어 전 세계 도처에서 해로운 오염이 어디서 일어나는지 추적할 수 있는 추적자로 사용할 수 있을지도 몰랐다.

이것을 시험해볼 수 있는 한 가지 방법은 자신의 도구를 이용해 비교적 많이 오염된 북반구에서부터 오염이 덜 된 남반구에 이르기까지 바다에서 CFC 농도를 측정해보는 것이었다. 북반구는 육지가 더 많고 산업 시설도 더 많아 직접적인 오염이 훨씬 많이 일어난다. 그래서 러브록은 국립자금지원기관인 자연환경연구위원회(NERC)에 연구선 새클턴 호에 승선할 수 있게 해달라고 요청했고, 그 결과 1971년 11월에 새클턴 호를 타고 항해에 나서게 되었다.

측정 첫째 날, 러브록은 예상치 못한 난관에 부딪혔다. 자신에게 제공된 '공식적인' 물 시료가 아무 쓸모 없는 것이란 사실을 발견한 것이다. 문제는 자신의 장비가 아니라 배 자체였다. 새클턴 호는 연구선이었기 때문에, 과학자들이 측정하는 데 필요한 시료를 연속적으로 공급하기 위해 뱃머리 쪽에서 바닷물을 자동적으로 펌프로 퍼올렸다. 보통 목적의 측정이라면 그것은 아무 문제가 없었다. 그러나 러브록이 측정하고자 하는 것은 그 배가 통상적으로 행하던 것보다 훨씬 미묘한 것이었다. 아주 극소량의 CFC도 측정해야 했기 때문에, 물이 지나가는 '깨끗한' 관도 그의 목적에 비하면 너무 오염된 것이었다. 그래서 바다에서 깨끗한 시료를 얻을 수 있는 다른 방법을 찾아야 했다.

러브록에게 그 첫 번째 시도는 마지막 시도가 될 뻔했다. 그냥 뱃줄에 물통을 매달아 뱃전 너머로 던지는 단순한 방법을 사용하기로 결

정했다. 그러나 배가 14노트의 속도로 달리고 있었기 때문에, 바닷물의 저항을 받은 물통에 끌려 하마터면 바닷속으로 빠질 뻔했다. 러브록은 스스로에게 화가 났다. "14노트로 달리는 배에서 바닷속으로 던진 물통은 100파운드 이상의 힘으로 끌어당긴다는 사실을 미리 계산했어야 했다." 단단히 혼이 난 그는 배에 탄 기술자에게 좀더 작은 수 집병을 만들어달라고 부탁했다. 그러나 이용 가능한 것은 실험실에서 쓰던 유리 비커밖에 없었는데, 그것은 깨지기 십상이었다. 뭔가 임시 변통책이 필요했다.

러브록은 주방으로 가서 쓸 만한 게 없을까 하고 찾아보았다. 자루가 달린 스투 냄비는 밧줄 끝에 매달고 조절하기가 힘들 것 같았다. 그때 마침 쓰지 않고 방치된 낡은 알루미늄 찻주전자에 눈에 띄었다. 그때부터 러브록은 이 찻주전자로 매일 즐겁게 물 시료를 퍼올렸는데, 배에 탄 다른 과학자들은 놀라움과 비웃음이 뒤섞인 시선으로 바라보았다.

승무원들은 께짜이긴 하지만 실용적인 머리가 뛰어난 이 손님을 좀더 너그러운 태도로 대했고, 무엇보다 그의 안전을 챙기려고 애썼다. 한번은 러브록이 폭풍 속에서 시료를 채취하고 있었는데, 갑판장이 자기 뒤에 몰래 서 있는 것을 발견했다. 혹시라도 그를 갑판에서 끌어갈 만한 큰 파도가 덮치기라도 하면 그를 붙잡기 위해서였다.

배가 북반구에서 남반구로 넘어갈 때, 러브록은 어떤 차이를 눈치챘다. 공기가 갑자기 신선하고 깨끗해졌고, 안개도 적어졌으며, CFC 농도도 떨어졌다. 북반구에서는 CFC 농도가 70ppm 수준이었지만, 남반구에서는 그 절반 이하 수준으로 떨어졌다. 그렇지만 그 측정 결과는 러브록이 의심했던 바를 입증해주었다. CFC는 점점 모든 곳에

나타나고 있었다.

러브록의 새클턴 호 여행은 비용이 겨우 수백 파운드밖에 들지 않은 과학 탐사치고는 아주 중요한 성과를 거두었다. 그는 그 결과를 <네이처>에 발표하고, 말미에 추가 사항을 덧붙였는데, 훗날 그것에 대해 후회하게 된다. 논문의 요점은 CFC가 전 세계 도처에서 나타나고 있음을 보여주는 것이었지만, '화학적'인 거라면 덮어놓고 불안에 떠는 사람들을 놀라게 하고 싶진 않았다. 어쨌든 CFC는 비활성 기체라서 그것을 1조분의 몇 정도 농도로 들이마신다 하더라도 건강에 해가 될 리는 없었다. 그래서 "이 화합물의 존재는 상상 가능한 어떤 위험도 제기하지 않는다."라고 덧붙였던 것이다.

#### 세상의 종말이 곧 다가올 것 같아

그 다음 몇 달 동안 러브록이 얻은 결과는 대서양에서 미국으로 흘러 갔는데, 어빈 소재 캘리포니아 대학의 화학 교수 셔우드 롤랜드(Sherwood Rowland)는 그것을 보고 의문이 생겼다. 러브록이 측정 한 대기 중의 CFC 농도는 비록 아주 작은 것이었지만, 그것을 모두 합하면 그때까지 생산된 모든 CFC와 맞먹었다. 그것은 아주 이상한 일이었다. 대기 중에 머무는 대부분의 물질은 겨우 몇 주일 정도만 머물다가 반응을 해서 사라지거나 비에 씻겨 내려가기 때문이었다. 만약 러브록의 측정 결과가 옳다면, CFC는 대기 중에 아주 오랫동안 머문다는 이야기가 된다. 롤랜드는 이 사실에 대해 경각심을 느끼진 않았으며, 단지 호기심을 느꼈을 뿐이다. 그는 영원히 지속되는 것은 없다는

사실을 알고 있었다. 그렇다면 CFC는 결국 어떻게 될까 하는 의문이 떠올랐다.

롤랜드는 학과 운영과 관련된 업무뿐만 아니라 방사능 관련 연구로 몹시 바빴다. 다행히도 박사 후 연구 과정 중인 총명한 학생이 있어 그 문제를 검토해보라고 넘겨줄 수 있었다. 마리오 몰리나(Mario Molina)는 멕시코시티에서 대사의 아들로 태어났다. 그의 총명함은 배경과 함께 앞길에 많은 길을 열어주었고, 그는 유럽에서 명성 높은 대학들에서 공부했다. 그렇지만 그는 미국의 대학원 제도를 선호했고, 얼마 전에 버클리에서 박사 학위를 마쳤다. 이제 그 다음에 할 일을 찾고 있었다.

롤랜드가 제안한 것은 아주 흥미로운 과제처럼 보였다. 대기 중의 CFC를 추적하여, 거기에 무슨 일이 일어나는지 알아보려는 것이었다. 몰리나의 계산에서 맨 먼저 나온 결론은 대기 하층부에서는 CFC에 대해 전혀 염려할 게 없다는 것이었다. CFC는 물에 녹지 않으므로 비에 씻겨 땅으로 돌아가지도 않으며, 다른 화학 반응을 통해서도 파괴되지 않았다. 결국 CFC는 바람과 구름과 날씨를 일으키는 대기의 천장 위로 올라가 밝고 회박한 성층권까지 올라갈 것이다.

그런데 바로 여기서 문제가 시작되었다. 위로 계속 올라가던 CFC는 오존층에 이르러 처음으로 자외선과 마주치게 된다. 가미카제 오존 분자와의 충돌을 피하고 침투해온 자외선이 CFC 분자와 충돌할 수 있다. 이것은 소형 번갯불처럼 CFC를 폭발로 변신시킨다.

위험은 CFC에 염소 원소가 포함돼 있기 때문에 발생한다. 염소가 분자의 틀 속에 안전하게 갇혀 있을 때에는 아무 문제가 없다. 그러나 자외선의 작용으로 염소가 풀려나는 순간, 염소 원자는 광란의 파괴

행위를 시작한다. 일련의 복잡한 반응을 통해 염소 원자 하나는 오존 분자(O<sub>3</sub>)에서 여분의 산소 원자를 효과적으로 떼어내고, 정상적인 산소 원자(O<sub>2</sub>)를 남겨놓는다. 그리고 나서도 같은 염소 원자는 다른 오존 분자에 대해 같은 과정을 반복하고, 떨어져나온 산소 원자 2개는 서로 반응하여 산소 분자가 된다. 그 결과, 우리를 보호해주는 오존 분자 2개가 무력한 산소 분자 3개로 변한다.\* (화학식으로 표현하면, 2O<sub>3</sub> → 3O<sub>2</sub>)

그러나 정말로 문제가 되는 부분은 염소 원자가 이 일을 수행하는 효율성이다. 각각의 염소 원자는 반응이 끝나고 나서도 처음 반응을 시작할 때와 똑같은 상태에 있기 때문에, 그 과정을 얼마든지 계속 반복할 수 있다. 성층권에 풀어놓은 염소 원자 하나는 소형 팩맨과 비슷하여\*\* 다른 것과 반응하여 이탈할 때까지 오존 분자 수천 개, 심지어 수만 개를 먹어 치운다. 몰리나의 계산에 따르면, 염소 원자 하나는 평균 10만 개의 오존 분자를 파괴할 수 있다.

그렇다고 해도, 오존층에 심각한 영향을 미치려면 염소 원자의 수가 꽤 많아야 한다. 몰리나는 계산을 좀더 해보았다. 현재 방출되고 있는 CFC의 양을 계산하고, 그것이 성층권까지 날아오르는 데 걸리는 시간을 계산한 몰리나는 그만 얼굴빛이 새하얗게 질리고 말았다. 100년 만에 오존층은 현재 존재하는 오존 분자 중 10%를 잃는 것으로 나왔다. 그는 당장 롤런드 교수에게 달려갔다. 두 사람은 계산을

\*무력한 산소 분자 3개로 변한다—실제 반응은 이것보다 훨씬 복잡하며, 중간 단계가 많이 있다. 자세한 내용을 보고 싶으면, 리처드 웨인(Richard Wayne)이 쓴 훌륭한 교재 《Chemistry of Atmospheres》(3rd Edition, London: Oxford University Press, 2000)를 추천한다.

\*\*소형 팩맨과 비슷하여—나는 이 기억할 만한 이미지를 샤런 로언(Sharon Roan)의 《오존 위기(Ozone Crisis)》에서 빌려왔다.

검토하고 다시 검토했으나 매번 똑같은 답이 나왔다. 그리고 10%는 시작에 불과했다. 만약 CFC 배출을 억제하지 않는다면, 그것은 지구 상의 모든 생명에게 크나큰 위협을 제기할 것으로 예상되었다. 그날 밤, 집으로 돌아온 롤런드는 마음이 무거웠다. “연구는 잘돼가고 있어. 그렇지만 세상의 종말이 곧 다가올 것 같아.” 그는 아내에게 이렇게 말했다.

그 다음 몇 주일 동안 롤런드와 몰리나는 다시 수치를 검토하고 또 검토했다. 그것을 발표하기 전에 혹시라도 실수가 없나 만전을 기해야 했다. 계산이 맞다고 확신을 얻었을 때, 롤런드의 아내인 조앤은 집 안에 있는 모든 에어로졸을 수거해 갖다 버렸다.

이 연구에 대한 소문이 입에서 입으로 과학계 내에서 퍼져나갔다. 러브록은 두 사람을 만나거나 이야기해본 적이 없었지만, 그들이 예상한 결과에 대해 듣고는 큰 흥미를 느꼈다. 그는 CFC가 성층권까지 도달하는 게 가능하다고 생각했고, 그곳에서 정말로 CFC가 몰리나-롤런드의 가설처럼 분해되는지 궁금했다. 흥미로운 가설을 시험해볼 기회를 놓칠 사람이 아닌 러브록은 곧 비행기를 구하는 데 나섰다.

맨 먼저 찾아간 곳은 정기적으로 성층권으로 비행기를 띄워 보내는 기상청이었다. 그러나 그곳의 관료주의는 끔찍할 정도였다. 그의 장비에 대해 필수적인 안전 점검을 거치고 관련 문서에 도장을 다 받으려면 최소한 2년은 걸릴 것 같았다.

성질 급한 러브록으로서 그때까지 도저히 기다릴 수 없었다. 대신에 그는 국방부에 있는 몇몇 친구와 이야기했다. 성층권으로 날아오를 비행기 중 자그마한 승객 한 사람과 그보다 더 작은 공기 시료 채취 원통을 태워다줄 여유가 있는 비행기가 혹시 없을까? 물론 있고

말고. 허큘리스 기가 1만 3500m 상공으로 시험 비행을 떠날 예정인데, 러브록이 거기에 탑승해도 좋다고 했다. 일 년 중 그 시기에는 성층권이 9000m부터 시작되었으므로, 4500m 높이에 이르는 성층권을 조사할 수 있었다. 물론 공식적으로는 그는 탑승하지 않은 것으로 되어 있었으므로, 설사 추락 사고가 나더라도 그의 가족은 아무 보상금도 받지 못하게 돼 있었다. 반면에, 비용은 하나도 들지 않았고, 게다가 문서 같은 건 하나도 작성하지 않아도 됐다.

몇 주일 뒤, 러브록은 윌트셔 주의 라인햄에서 출발한 허큘리스 기의 조종실에 앉아 있었다. 비행기가 고도를 높이자, 그는 기술자 옆에 앉아 공기 시료를 채취했다. 비행기는 내려갈 때, 실속(失速)에서 회복하는 것을 포함해 일부 연습 비행을 했다. 러브록은 다소 불안하여 만약 비행기가 나선식 강하를 하면 어떤 일이 일어나느냐고 물었다. “걱정할 것 없어요!” 파일럿이 자신만만하게 대답했다. “이 비행기는 반 바퀴를 돌기도 전에 날개가 떨어져나갈 테니까요.” 그리고 나서 파일럿은 입을 다물었다고 러브록은 말한다.

러브록은 집으로 돌아오자마자 시료를 분석했다. 하층 대기에서는 CFC 농도가 일정한 수준을 유지하다가 성층권에서는 감소했는데, 이것은 몰리나와 롤런드가 예측한 바와 같았다. 그들의 가설이 옳은 것처럼 보였다.

#### 거대 자본기업과의 시투

몰리나와 롤런드의 연구 결과는 1974년 6월에 <네이처>에 실렸다.\*

그 반응은…… 조용했다.

두 사람은 논문 발표 뒤에 뒤따를 혹독한 비판에 대비해 마음의 준비를 단단히 했지만, 그들이 발표한 그 놀라운 소식을 아무도 보지 않은 듯했다. 문제는 결과를 과장하지 않도록 너무 신중을 기한 나머지, 그것이 의미하는 바를 소심한 과학적 연사로 포장하는 바람에 어떤 경중도 경고 사이렌도 울리지 못한 데 있었다. 그들은 논문 말미에서 모호한 문장 가운데에 “대기는 성층권에서 만들어진 [염소] 원자를 흡수하는 능력이 제한돼 있는 게 명백하며, 여기서 일어날 수 있는 환경 문제의 시작을 비롯해…… 중요한 결과가 초래될 수 있다.”라고 썼다.

그러한 ‘일어날 수 있는 환경 문제’에는 우리를 치명적인 복사로부터 보호해주는 층의 잠재적 파괴도 포함되지만, 이것은 아직 일어나지 않은 것이 분명했다. 몰리나와 롤런드는 자신들의 메시지를 과학계와 세상에 좀더 분명하게 전할 때가 왔다고 판단했다. 9월에 애틀랜틱시티에서 미국 화학회 주관으로 전 세계의 유명한 과학자들이 모이는 회의가 열릴 예정이었다. 이것은 자신들의 연구를 동료들에게 직접 알릴 수 있는 절호의 기회로 보였다. 그렇지만 두 사람은 좀더 극적인 행동을 취하기로 결정했다. 기자회견을 열기로 한 것이다.

과학자와 언론 사이의 관계는 아무리 좋은 시절이라도 불편한 편이다. 만약 과학자가 언론의 관심을 끌 만한 어떤 행동을 한다면, 많은 동료들로부터 조롱과 질시를 당하게 된다. 이러한 행동에는 ‘제이건

\*몰리나와 롤런드의 연구 결과는 1974년 6월에 <네이처>에 실렸다—(Nature), vol. 249(June 28 1974), pp. 810-12. 러브록의 성층권 측정 결과도 포함되어 <네이처>에 실렸다.

효과'라는 이름까지 붙어 있는데, 텔레비전 프로그램을 통해 전 세계의 많은 사람에게 우주의 신비를 보여주었지만, 다른 천문학자들로부터는 곱지 않은 시선을 받은 천문학자 칼 세이건(Carl Sagan)의 이름에서 딴 것이다. 과학자들의 일반적인 정서는 되도록이면 언론에 휘말리지 않는 게 좋다는 쪽이다. 만약 휘말리게 되더라도, 어떤 일을 하건 간에 절대로 정치적 입장이나 사회적 입장을 취해서는 안 된다. 과학자는 오로지 연구 결과를 발표하기 위해서 그 앞에 선다. 필요하다면 해석은 나머지 세상에 맡겨라.

이것이 최소한 그 당시의 지배적인 분위기였다. 그러나 폴리나와 롤런드는 이 규칙을 깨려고 했다. 기자 회견에서 그들은 자신들의 연구 결과와 과학적 의미를 조심스럽게 설명했다. 그들의 예상은 이전보다 훨씬 비관적이었다. 새로운 계산에 따르면, 1995년까지 오존 감소량은 5%, 2050년까지는 30%로 나왔다. 그리고 나서 두 사람은 정상적인 과학의 경계를 넘었다. 그들은 전 세계적으로 CFC의 사용을 금지할 것을 요구했다.

80억 달러 규모의 이해가 걸려 있는 제품을 금지시키자고? 겨우 몇 번의 계산을 근거로? CFC 산업계는 경악했다. 게다가 당시에는 때마침 잠재적 환경 재앙에 대한 경고의 목소리를 내기에 아주 적절한 시기였다. 1970년대 초는 환경이 정치적 이슈로 부상하기 시작한 때이고, 환경 운동이 막 태동하던 무렵이었다. 레이철 카슨(Rachel Carson)이 《침묵의 봄 Silent Spring》이라는 책에서 살충제의 위험에 대해 경고해 몇 년 전에는 환경보호국까지 탄생했다. 기술 변화 속도에 대한 흥분보다는 기술이 초래할지도 모르는 해악에 대한 우려가 커지고 있었다. 전국의 라디오에서는 조니 미첼(Joni Mitchell)의 환경 우화 노래가

울려나오고 있었다. “잃기 전에는 우리가 무엇을 가지고 있는지 알지 못하는 법.”\*

1974년 12월 11일, 미국 의회에서 공중보건 및 환경 소위원회 위원장인 폴 로저스(Paul G. Rogers) 하원 의원은 폴리나와 롤런드의 발표에 대한 반응으로 소집된 청문회를 주재하고 있었다. 그는 “전체 문제는 공상과학 이야기처럼 들립니다. 우리는 그런 이야기를 하나 들었습니다. 지금은 황량한 불모의 땅으로 변한 행성이 바로 거기 살던 주민에 의해 파괴되었다는 이야기를. 과학계의 믿을 만한 사람들이 증거를 제시하지 않는다면, 이것은 씹쓸한 블랙 유머처럼 들릴 것입니다. 지구가 위협에 처할지도 모르는데, 그런 상황을 초래하는 악당 수십억 개의 에어로졸 캔이라는.”

롤런드는 키가 195cm에 차분하고 위풍당당하고 대단한 과학자처럼 보이는 인상적인 인물이었다. 그는 명확하고 간결한 용어로 그 문제를 설명했다. 그러나 문제는 항상 불확실한 부분에 있다. 많은 과학자들은 오존층이 CFC 때문에 파괴될지 모른다고 생각했다. 문제는 그 피해가 어느 정도인지 아무도 모른다는 데 있었다.

뒤풍 사가 앞장선 CFC 산업계는 폴리나와 롤런드의 주장에서 취약한 점을 공략하기로 단단히 벌렸다. 그들이 내세운 스타 증인은 다름 아닌 러브록이었다!

왜 러브록이 ‘영똥한’ 편에 가서 섰을까? 한 가지 이유는 자신이 만난 CFC 과학자들이 마음에 들었기 때문이다. 뒤풍 사와 그 밖의 CFC

\* 잃기 전에는 우리가 무엇을 가지고 있는지 알지 못하는 법—그 당시의 해를 상징하는 것처럼 보이는 메시지이다. 2003년, 나는 프린스턴 대학에서 환경과학에 관한 글을 가르치는 수업 시간에 3학년과 4학년 학생들에게 이 노래를 들려주었다. 그리고 그 노래 제목과 가수 이름을 아는 사람에게 가산점을 주겠다고 말했다. 그러자 그들은 모두 “존 미첼의 ‘빅 엘로 텍사요’”라고 말했다.

제조업체를 위해 일하는 사람들은 토머스 미즐리와 마친가지로 만화에 나오는 악당이 아니었다. 그 회사들은 모두 그들을 존경할 만한 사람으로 여겼다. 정부의 권고도 없는 상황에서 자발적으로 프리지데어사가 명백하게 위험한 냉매를 대체할 안전한 물질을 찾으려고 하다가 CFC를 발명했다는 사실을 상기하기 바란다. 뒤퐁 사는 심지어 1972년에 다른 CFC 제조업체들과 함께 CFC가 위험하지 않다는 것을 확인하기 위해 회의를 개최하기까지 했다. (불행하게도 그들은 현재 수준의 CFC로는 아무런 위험도 없는 하층 대기에 국한해 건강에 대한 직접적인 위험 가능성만 따졌다.) 러브록은 자신에게 자문을 구하러 온 뒤퐁 사의 연구자들하고 친해졌다. “내가 아주 어리석었다고 말할 수도 있겠죠. 그렇지만 나는 그냥 자연스럽게 행동했을 뿐이라고 생각합니다. 나는 [CFC 업계] 사람들을 좋아했고, 그들은 아주 존경할 만하고 품위 있는 과학자들처럼 보였으니까요.”

게다가, 러브록은 비록 그들이 CFC 산업을 보전하는 데 큰 이해 관계가 걸려 있다는 사실을 알고 있었지만, 그들의 생각이 옳다고 믿었다. 러브록은 실제로 CFC가 그렇게 심각한 해를 끼치지 않는 것이라고 생각했다. 그의 가이아 가설에 따르면, 생물은 늘 지구를 자기 치유 메커니즘으로 가득 채워왔다. 러브록의 책에서는 자연은 아주 강력한 존재로 등장하여 약간의 CFC 때문에 큰 영향을 받을 것으로 보이지 않았다. 설사 일부 자외선이 오존층을 통과하더라도, 생명은 충분히 거기에 대처할 수 있을 것 같았다. 게다가 그는 판에 박힌 반응을 천성적으로 싫어했고, ‘화학적’인 것은 무조건 나쁘고 ‘자연적’인 것은 좋다는 유약한 개념을 경멸했다.

청문회의 성과는 그 문제를 좀더 공론화시켰다는 것 말고는 별로

없었다. 관련 과학자들은 이제 모두 그 열기를 느꼈다. 몰리나와 롤런드는 산업계로부터 끊임없는 공격을 받았다. 한편, 러브록은 환경 운동가들의 표적이 되었다. 영국의 한 심술궂은 신문기자는 그가 ‘에어로졸 산업계의 호주머니 속에 들어 있다.’라고 표현했다. (이 모든 상황을 감안할 때, CFC를 추진제로 사용한 에어로졸을 맨 먼저 버린 사람이 러브록의 가족이었다는 것은 아이러니로 보인다. 그런데 그들은 그럴 수밖에 없었다. 그러지 않았더라면, 헤어 스프레이나 방취제에서 나온 CFC가 러브록의 미세한 축적을 방해했을 것이기 때문이다.)

훗날 러브록은 생각을 바꾼다. 그는 가이아의 자기 치유 메커니즘도 압도당할 수 있으며, 오존 감소가 자신이(그리고 어느 누가) 생각한 것보다 훨씬 심각하다는 사실을 결국 깨달았다. (그리고 그는 그렇다고 말하는 것을 두려워하지 않았다.) 그러나 그 당시 그는 비과학적인 히스테리로 보이는 것에 대해 여전히 반대하고 있었다. 몰리나와 롤런드 이야기가 터져나오고 나서 얼마 후 그는 한 신문기자에게 이렇게 말했다. “저는 롤런드 교수를 화학자로서 존경합니다. 그렇지만 저는 그가 선교사처럼 행동하지 않았으면 합니다.…… 미국인은 이러한 일에 대해 공황 상태로 빠져드는 경향이 있습니다.” 정말로 필요한 것은 ‘영국인의 신중함’이라고 러브록은 말했다.

1975년 4월, 미국 과학아카데미는 12명의 과학자로 팀을 꾸려 오존 문제를 조사하게 했다. 그들은 다시 두 집단으로 나뉘었다. 한 집단은 몰리나와 롤런드의 주장을 과학적으로 검토하는 일을 맡았고, 한 집단은 어떤 대응 조치를 취해야 할지 권고하는 일을 맡았다. 두 팀은 지루한 청문회와 권고와 논쟁 과정을 시작했고, 몰리나와 롤런드는 불안해졌다.

그럴 수밖에 없는 것이 모든 것이 자신들의 계산에 달려 있었기 때문이다. 러브록의 CFC 측정과 그 후에 올려 보낸 일부 기구의 측정 결과 말고는 몰리나와 롤런드에게는 성층권에 대해 직접 측정한 결과가 전혀 없었다. 그들은 그곳에서 어떤 일이 일어나는지 상상에 의존할 수밖에 없었고, 자신들의 개념을 검증하기 위해 인공 성층권을 실험실에 만들었다.

성층권은 아주 기묘한 장소이다. 공기는 희박하고, 온도는 높고, 에너지가 강한 자외선이 날아다니면서 좀더 정상적인 상황에 존재하는 분자들을 분해한다. 지표면 근처에서는 1000분의 1초도 살아남을 수 없는 기묘한 화학 물질들이 이 소용돌이 속에서는 보편적으로 존재한다. 몰리나와 롤런드는 또 자신들의 수치에 모든 가능성을 다 포함시켰다고 확신할 수 있어야 했다.

예를 들면 그들은 영웅이 될 수도 있고 악당이 될 수도 있는 화학 물질 두 가지를 알고 있었다. 염화수소(HCl)와 질산염소(ClNO<sub>3</sub>)는 염소 저장고이다. 두 물질은 성층권에서도 아주 안정한 물질인데, 일단 염소 원자가 이 두 물질 중 하나 속에 갇히게 되면 그 파괴적인 행동은 끝나게 된다. 몰리나와 롤런드는 두 물질을 계산에 포함시켰다. 그러나 그렇게 한 것이 과연 옳을까?

만약 염소 원자에 재갈을 물리는 두 물질의 능력을 과대평가하기라도 한다면, 오존 파괴 정도를 과소평가하는 결과를 낳게 될 것이다. 반대로 두 물질의 능력을 과소평가한다면, 위험을 과대포장한 결과가 나오게 될 것이다. 오존 감소를 확인해주는 최초의 단서가 나타나기 전까지는 어느 누구도 몰리나와 롤런드의 계산이 옳은지 알 수 없었다.

결국 1976년 9월에 두 보고서가 발표되었다. 첫 번째 보고서는 몰

리나와 롤런드의 계산이 옳다고 결론 내렸다. CFC는 오존층을 심각하게 위협했다. 두 번째 보고서는 그 위협의 정도가 얼마나 심각한지 아직 확실하지 않기 때문에, 당장 엄격히 규제하기보다는 좀더 두고 보는 게 좋겠다는 결론을 내렸다. 몰리나와 롤런드는 훗날 두 보고서는 각각 '그렇다'와 '그렇지만'이라는 한 단어로 요약할 수 있었다고 말했다. 그러자 혼란이 일어났다. 신문들은 입맛에 따라 둘 중 하나를 지지했다. <뉴욕 타임스>는 '과학자들이 대기 중의 오존을 보호하기 위해 새로운 에어로졸 규제를 지지했다.'라고 선언했고, <워싱턴 포스트>는 '과학계에서 에어로졸 금지에 반대했다'라고 썼다.

어느 정도 대응 조치가 취해지긴 했다. 1978년에 미국은 최소한 CFC를 추진제로 사용하는 것을 금지했다. 캐나다와 노르웨이, 스웨덴도 그 뒤를 따랐다. 그러나 문제의 불씨를 살리기 위한 몰리나와 롤런드, 그리고 많은 동료 과학자들의 계속된 노력에도 불구하고, 오존과 CFC는 정치 의제에서 소리 없이 밀려났다. 카터가 물러나고 레이건이 들어섰다. 녹색의 1970년대는 탐욕의 1980년대에 밀려났다.

문제는 이제 몰리나와 롤런드조차도 의심의 여지가 없는 오존 감소 징후가 최초로 나타나기까지는 수십 년은 걸릴 것이라고 생각한 데 있었다. 그때까지는 CFC는 눈에 띄지 않게 조금씩 오존층을 갉아먹어 그 심각한 효과에 대한 구체적인 증거가 나올 무렵에는 이미 때가 늦을 것 같았다. 1984년 여름에 롤런드는 <뉴욕>와의 인터뷰에서 낙담하여 이렇게 말했다.

지난 10여 년 동안 내가 지켜본 바로는, 심각한 오존 감소가 일어났다는 추가적인 증거가 없는 한, 이 문제에 대해 아무런 대책도 취해지지 않을



것입니다. 불행하게도, 이것은 성층권의 구조에 장애가 발생할 경우 우리는 그것을 피할 방법이 없다는 것을 의미합니다.\*

오존 감소에 관한 새로운 증거가 없이는 별다른 대책이 나오지 않을 것이라는 롤런드의 생각은 옳았다. 그러나 그는 그러한 증거가 얼마나 빨리 그리고 얼마나 극적으로 나오게 될지 꿈에도 모르고 있었다. 바로 그해 가을, '영국인의 신중함'을 지키느라 몇 년 동안 미적거리던 한 과학자가 마침내 침묵을 깨고 자신이 발견한 것을 온 세상에 알리기로 결심했다.

#### 하늘에 뚫린 구멍

1950년대의 남극 대륙은 험하고 혹독한 장소였는데, 그 중에서도 영국 남극조사단이 헬리 만에 세운 전초 기지만큼 험하고 혹독한 기지도 없었다. 이 기지는 남극점에서 약 1600km 떨어진 빙봉(남극 대륙과 이어져 바다에 떠 있는 얼음덩어리)에 설치돼 있었다. 기온은 어느점위로 올라가는 법이 결코 없었고, 겨울에는 영하 50°C까지 내려갔다. 더 심각한 문제는 바람이었는데, 편평한 빙봉 위로 매섭게 몰아치는 바람은 몸에서 남아 있는 온기를 모조리 앗아갔고, 실 새 없이 눈보라를 뿌리면서 처음에 지은 작은 목제 오두막집을 목덜미까지

\* 피할 방법이 없다는 것을 의미합니다—Razin, 《Ozone Crisis》, p. 124. 당시에는 여전히 국제적 불만이 일부 남아 있었다. 막 태동한 국제연합환경프로그램은 1985년에 비엔나 협약을 체결했다. 그렇지만 서평국은 겨우 20개국에 불과했고, 그나마 구속력도 없었다. 오존 구멍이 발견된 직후의 대처치고는 언 발에 오줌 누기에 지나지 않았다.

묻어버렸다.\*

헬리 기지에는 나머지 세계에서는 없어진 지 오래된 옛날 관습이 여전히 남아 있었다. 턱수염을 기르고, 남극 대륙에서만 통하는 불가사의한 속어를 쓰면서 조잡한 유머를 말하는 남자들이 있었다. 셀매를 끄는 개도 있었고, 지평선 끝에서 지평선 끝까지 텅 빈 하얀 빙원이 끝없이 편평하게 펼쳐져 있었다. 부드러운 것이나 안락한 것이나 여성이 들어설 자리는 없었다.\*\*

과묵하고 파이프 담배를 피우는 보수적인 영국인 조 파먼(Joe Farman)은 1957년부터 이 황량한 전초 기지에서 연구를 지휘해왔다. 매년 남반구의 봄과 여름에 영국 남극조사단의 과학자들은 헬리 기지까지 내려가 상공의 오존 농도를 측정했다.

왜 오존을 측정했을까? 그것도 하필이면 그곳에서? 처음에는 오존의 움직임을 이용해 상층 대기의 흐름 지도를 작성하기 위해서였다. 나중에는 그냥 그것을 측정하는 게 습관처럼 되어버렸다. 1970년대에 몰리나와 롤런드가 CFC에 관한 연구 결과를 발표한 것이 이 연구에 조금 자극을 주긴 했지만, 파먼은 그것이 없었더라도 어쨌든 측정을 계속했을 것이다. 흥미로운 대기 요소를 장기간 기록한 것은 결국에는 어디엔가 유용한 것으로 드러날 때가 많다. 기록을 축적하는 것은 아무 보람도 없이 끝나는 일도 종종 있지만, 어떻게 될지는 아무도

\* 목제 오두막집을 목덜미까지 묻어버렸다—그 후로 연속으로 네 번째 기지까지 눈에 땅가졌고, 다섯 번째 기지는 강렬 지주 위에 세워졌는데도 불구하고 얼마 후 다시 세워야 했다.

\*\* 안락한 것이나 여성이 들어설 자리는 없었다—겨울철에 여성이 그곳을 방문해도 좋다는 허락이 떨어진 것은 1977년이 되어서였다. 최초로 여성이 그곳을 방문한 것은 1973년이었으나, 정식 방문객으로 인정하지 않는다. 그녀는 배를 들고 간 선장의 아내였는데, 고압 선원들의 저녁 식사 후에 야회복 차림으로 땀권과 사진을 찍기 위해 잠시 얼음 위로 상륙했을 뿐이다.

알 수 없다. 파면은 이 연구 프로젝트에 대한 연구 기금을 많이 지원받진 않았지만, 비용도 그렇게 많이 들지 않았고, 측정을 하려는 자원은 항상 넘쳐났다.

1984년 초에 기금 집행 기관의 상사가 찾아와 파면에게 왜 그렇게 불확실한 기록을 계속 측정하고 있는냐고 또다시 물었다. 파면은 “CFC를 생산하는 거대 산업이 있지요. 또 사람들은 오존이 변할 것이라는 논문을 쓰고 있어요. 만약 오존이 변한다면 그것을 알 수 있는 방법은 놀라웠어 그것을 계속 측정하는 것밖에 없지 않습니까?”라고 대답했다. 그러자 상사는 “그래, 자네는 후손을 위해 이 측정을 하고 있는 거로군. 그런데 말이야, 후손은 자네에게 무슨 일을 해주었는가?”

조 파면이 그 일이 CFC와 관련된 것이라고 말한 것은 다소 솔직하지 못한 답변이었다. 그는 이미 비밀을 하나 간직하고 있었기 때문이다. 그는 그 비밀을 3년 동안 마음속에 담아놓고 있다가, 그해 후반에 그것을 공개하기로 결심했다. 이 길고도 반복적인 측정에서 뭔가 나타났는데, 처음엔 파면도 믿을 수가 없었다. 헬리 기지에서는 어두운 겨울철이 시작될 때부터 해가 다시 돌아올 때까지 오존 농도가 항상 조금씩 변했다. 그러나 1977년에는 뭔가 색다른 것이 나타나기 시작했다. 그해 10월, 봄이 시작될 무렵에 오존 농도가 큰 폭으로 감소하기 시작했다. 매년 그 하락 폭은 조금씩 더 커졌다. 1983년, 파면은 평소라면 약 300단위의 오존을 기대했겠지만, 측정된 값은 200단위 미만이었다.

처음에 파면과 두 동료는 아무 말도 하지 않았다. 무엇보다도, 바보처럼 보이기 싫었다. 지난 5년 동안 NASA의 인공위성이 남극 대륙

전체에 걸쳐 오존 농도를 측정해오고 있었는데, 오존 감소는 전혀 감지되지 않았다. 파면이 사용한 장비에 뭔가 문제가 있는지도 몰랐다. 아니면 헬리 기지 자체에 뭔가 이상한 일이 일어나는지도 몰랐다. 그래서 1983~1984년 시즌에 파면은 새로운 장비를 헬리 기지로 보냈다. 또 북쪽으로 1600km 이상 떨어진 아젠틴 제도에 있는 또 다른 영국 기지의 기록도 살펴보았다. 두 측정 결과는 앞서 헬리 기지에서 측정된 것이 옳음을 확인시켜주었다. 이제 매년 남반구의 봄이 시작될 때마다 오존이 약 40%나 감소하고 있었다. 하늘에 구멍이 뚫린 것이다.

이것을 보고서 파면은 영국인의 신중함을 바람에 날려 보냈다. 두 동료와 함께 쓴 파면의 논문은 크리스마스이브에 <네이처> 사무실에도 도착했고, 1985년 5월에 발표되었다. 몰리나와 홀런드의 논문은 즉각적인 반응이 미미했지만, 파면의 논문은 엄청난 파문을 일으켰다. 가장 놀란 사람들은 NASA 고다드 우주비행센터에서 일하던 도널드 히스(Donald Heath) 연구팀이었다. 그들은 NASA의 님부스 7호 인공위성이 측정한 오존 농도를 분석하고 종합하는 일을 맡고 있었다. 그렇지만 그들이 얻은 자료에는 오존 구멍 따윈 없었다. 도대체 파면 팀은 무슨 이야기를 하고 있는 걸까?

히스 팀은 부랴부랴 데이터를 꺼내 다시 검토해보았다. 그리고는 소스라치게 놀랐다. 데이터 복구 프로그램은 연구자들이 결과를 보기 전에 의미 없는 수치들을 무시하도록 설계돼 있었다. 그렇게 하면 측정상 발생할 수 있는 쓸데없이 성가신 문제들에 신경을 쓰지 않을 수 있었다. 180단위 미만의 오존 수치는 터무니없는 것으로 보였으므로 그냥 무시했다. 인공위성은 파면의 오존 구멍을 제대로 보았으나, 지

나치게 의욕적으로 일한 프로그램 때문에 연구자들은 그것을 볼 수 없었던 것이다. 이번에는 1979년부터 1983년까지의 정확한 데이터를 보았더니, 남극 대륙 상공에 미국만 한 크기의 구멍이 점차 나타나는 것을 선명하게 볼 수 있었다. 때로는 오존 농도가 150단위 아래까지 떨어졌다.

히스 팀은 지구 대기에 대해 중요한 교훈을 얻었다. 설령 우리의 공기 바다가 움직이는 방식을 이해하고 있다고 확신한다 하더라도, 항상 예기치 못한 일이 일어날 가능성을 염두에 두는 것이 현명하다는 것을.\*

한편, 오존을 연구하던 나머지 사람들은 일대 혼란에 빠졌다. 몰리나와 롤런드가 생각한 최악의 시나리오도 극단적인 상황이 이렇게 빨리 닥치리라고는 예상하지 못했다. 지구상의 나머지 장소에서는 이와 같은 구멍이 생겼다는 징후가 없었다. 그렇다면 이것은 남극 대륙의 극한적인 조건과 관련이 있는 게 분명한데, 과연 그게 뭘까?

전 세계 대학의 연구실에서는 남극 대륙의 성층권이 지닌 가장 두드러진 특징에 초점을 맞추기 시작했다. 그것은 지구상에서 가장 고립된 공기였다. 매년 겨울이 되면 얼음으로 덮인 남극 대륙의 가장자리 주변에서 바람이 불어올라 거대한 소용돌이를 만드는데, 그 소용돌이의 벽은 북쪽에서 불어오는 더 따뜻한 미풍을 차단시킨다. 이 거대한 회오리바람 속에 갇힌 남극 대륙의 공기는 점점 더 차가워진다. 그러다가 남극 대륙의 하늘에 새로운 종류의 공기가 나타난다.

\*예기치 못한 일이 일어날 가능성을 염두에 두는 것이 현명하다는 것을—히스는 훗날 자신의 팀은 파면의 논문이 발표될 무렵에 이미 데이터의 이상을 눈치 채고 비밀리에 그것을 해석하려 노력 중이었다고 말했다. 어쨌든 그는 세기의 과학적 발견 중 하나를 먼저 발표할 기회를 놓쳤다.

보통 구름은 액체 상태의 물방울로 이루어져 있고, 우리가 바람과 날씨 변화를 경험하며 살아가는 장소인 대류권(대기권 중에서 가장 낮은 층) 안의 모든 고도에서 생길 수 있다. 대류권 안에서는 위로 올라갈수록 기온이 점점 떨어져 대류권 꼭대기에서는 가장 낮아진다. 바로 그 위에서부터 성층권이 시작된다. 이제 햇빛을 붙들고 공기를 따뜻하게 해주는 오존 분자가 있기 때문에 여기서는 기온이 다시 상승하기 시작한다. 이 두 층 사이의 차가운 지점에서는 모든 수증기가 구름으로 변해 비가 되어 땅으로 도로 떨어진다. 이 방수 장벽은 지구 전체를 거대한 방수 범포처럼 둘러싸 하층 대기를 축축하게 하고 상층 대기를 바짝 마르게 한다. 성층권에 구름이 전혀 없는 이유는 이 때문이다.

그렇지만 성층권에도 아래에서 새어 들어온 물이 약간 있는데, 기온이 충분히 낮기만 하다면 이것이 얼어서 작은 얼음 알갱이가 될 수 있다. 겨울철에 남극 대륙 상공의 성층권에서 바로 이런 일이 일어난다.

도저히 하늘의 색 같지 않게 전복 껍데기 안쪽 면처럼 분홍색과 자주색의 영롱한 광채를 내는 이 구름은 정말 아름답다. 긴 극야가 지나고 해가 돌아오는 봄철이 되면, 이 구름은 일출이나 일몰 무렵에 열린 공기에서 생겨난 것처럼 나타난다. 사실 이 구름은 항상 그곳에 있지만, 태양이 지평선에 걸릴 무렵에만 비스듬하게 비치는 마지막 광선이 스포트라이트처럼 비춰 구름이 드러날 뿐이다. 그 순간 갑자기 하늘은 반짝이는 공작 깃털로 가득 찬 것처럼 보인다. 초기의 탐험대원들은 그 효과를 아름다운 수채화로 남겼다. 그들은 그것이 얼마나 위험한 존재로 드러나게 될지 꿈에도 생각지 못했다.

많은 연구자들은 이 성층권 구름이 남극 대륙의 오존 구멍을 설명

해줄지도 모른다고 주장하기 시작했다. 그 중에 콜로라도 주 볼더에 있는 미국 해양기상청에서 일하던 30세의 이론과학자 수전 솔로몬(Susan Solomon)이 있었다. 젊은 나이에 도 불구하고 솔로몬은 능력이 탁월했다. 그녀는 조 파먼의 논문을 맨 처음 검토한 사람 중 하나인데, 그것을 읽는 순간 큰 충격을 받았다. 그 후로 그녀의 머릿속에서는 그 데이터가 떠나지 않았다.

솔로몬은 컴퓨터에 매달려 남극 대륙 상공의 성층권에서 일어날 수 있는 모든 반응을 설명하기 위해 여러 가지 모형을 차례차례 돌려보았다. 그 중 어느 것도 이 정도 규모의 구멍을 만들어내진 않았다. 그리고 나서 솔로몬은 그 구름에 대해 생각하기 시작했다. 혹시 이 구름이 어떤 차이를 빚어내는 것은 아닐까? 겨울 동안에 남극 대륙의 공기에 어떤 영향을 미쳐, 봄에 햇빛이 들어왔을 때 파괴 활동이 본격적으로 진행되는 것은 아닐까?

구름 표면은 화학 반응에 큰 차이를 빚어낼 수 있는데, 특히 성층권처럼 공기가 희박한 곳에서는 더욱 그럴 수 있다. 공기 중에서 화학 반응이 일어나려면 두 원자나 분자가 서로 만나야 한다. 그러나 공기가 희박한 곳에서는 그런 접촉이 아주 드물게 일어난다. 게다가 반응에 참여하는 두 입자가 적당한 에너지를 지니고 있어야 한다. 만약 두 입자의 에너지가 낮아 활발하지 못하다면, 서로 만나더라도 별일이 일어나지 않는다.

그러나 어떤 화학 물질이 구름 표면에 붙어 있다면, 가능성이 아주 커진다. 구름은 두 입자를 만나게 하고 에너지를 제공해 반응을 진행시키는 중개자 역할을 할 수 있다. 솔로몬은 구름 변수를 모형에 집어 넣자마자, 바로 이런 결과를 얻었다.

문제의 열쇠는 염소 원자를 붙들어 문제를 일으키지 않게 만드는, 반응성이 없는 '염소 저장고' 분자들이 쥐고 있는 것처럼 보였다. 긴 겨울밤 동안 이 분자들(질산염소와 염화수소산)이 구름 표면에 내려앉아 반응을 일으킬 수 있다. 일련의 반응을 거치고 나면 염소 기체(Cl<sub>2</sub>)가 생겨난다. 이 분자는 구름에서 떨어져나가 햇빛이 돌아오길 기다린다. 떠오르는 태양과 함께 나타난 자외선은 염소 기체를 치명적인 원자 상태로 분해시키고, 염소 원자들은 오존층을 무차별적으로 파괴하고 돌아다닌다. 그러자 오존 구멍이 생긴 이유가 설명되었다. 오히려 그것이 더 악화되지 않은 게 놀라울 정도였다.

그렇지만 이것은 아직 가설에 불과했다. 미국 전역에서 많은 연구 집단도 비슷한 결론에 도달했지만, 더 많은 데이터를 얻기 전까지는 아무도 그것이 옳다고 확신할 수 없었다. 누군가 남극 대륙으로 가서 24시간 내내 어둠에 잠겨 있는 겨울이 끝날 무렵부터 봄이 시작되고 나서 처음 몇 주일 동안 일어나는 그 반응들을 측정해야만 했다.

솔로몬은 그 일에 자원하고 나서면서 스스로도 놀랐을 것이다. 그녀는 어디까지나 이론과학자였다. 평소의 업무는 컴퓨터 앞에서 앉아서 연구하고 분석하는 일이 다이고, 밖으로 나가 직접 조사하는 일은 없었다. 그렇지만 실험과학 분야에 최초로 발을 들여놓으면서 그녀는 12명으로 이루어진 팀을 이끌고 지구상에서 가장 춥고 혹독한 장소로 떠나게 되었다. 그것도 겨울에.

솔로몬은 아직도 왜 자기가 가겠다고 했는지 그 이유를 명확하게 설명하지 못한다. 아마도 평소에 하던 일이 가만히 앉아서 하는 일인데도 불구하고, 대기의 위력에 압도당했는지도 모른다. 그녀는 폭풍과 천둥과 번개를 좋아했는데, 이것들은 자연이 얼마나 강하고, 그에

비해 인간이 얼마나 보잘것없는 존재인가를 느끼게 해주었다.\*

이유야 무엇이건 간에, 몇 달 뒤 솔로몬은 모피로 장식된 빨간색 파카를 입고 안전 장비와 생존 의류가 가득 든 캔버스 천 가방을 들고 땀을 뻘뻘 흘리면서 뉴질랜드의 크라이스트처치 공항에서 있었다. 이제 허큘리스 군 수송기를 타고 8시간 동안의 위험한 비행에 나서야 한다. 파일럿이 브리핑을 위해 다가와 12명의 남자와 한 젊은 여성 앞에 섰다. “책임자가 누구요?” 하고 그가 물었다. 솔로몬이 손을 들었다. 파일럿은 다소 놀란 표정을 짓더니 간신히 “잘됐군요.”라고 더듬거리며 말했다.

솔로몬은 비행기에서 내리는 순간부터 남극 대륙을 사랑하게 되었다. 텅 빈 광활함과 진인함, 용서가 없는 야만성을 사랑했다. 흔히 그림엽서에 표현된 것처럼 아름다운 것은 아니었다. 그 아름다움은 잔인한 아름다움이었고, 솔로몬은 거기에 반했다.

미국의 주연구 기지인 맥머도에 도착했는데, 이곳은 남극 대륙의 비공식적 ‘수도’였다. 때는 1986년 8월로, 남반구의 겨울이 끝나갈 무렵이었다. 날씨가 따뜻해지고 낮 시간이 24시간으로 길어지기까지 앞으로 약 한 달간은 여름철 방문객이 찾아오는 일은 없을 것이다. 기지에 머물고 있는 사람들은 그곳에서 고립된 채 겨울을 난 사람들뿐이었는데, 이들은 나름의 파벌과 적대 감정으로 단단하게 뭉쳐져 있어, 잘 모르고 식탁에서 남의 의자에 앉거나 외투를 ‘다른 사람’의 옷걸이에 걸거나 하는, 새로 온 사람들을 의심의 눈초리로 바라보는 경

\*그에 비해 인간이 얼마나 보잘것없는 존재인가를 느끼게 해주었다—그녀는 2011년 9월 중순에 런던에서 나와 떠날 때 이 이야기를 들려주었는데, 바로 직전에 그녀는 비행을 타고 대서양을 건너 런던으로 가겠다는 계획을 취소하려는 권고를 무시했다. 그녀는 9/11 후에 비행을 계한 최초의 비행기들 중 한 대를 탔다.

향이 있었다.

솔로몬이 맡은 임무는 건물 지붕 위에 어떤 장비를 설치하는 것이었다. 달빛을 이용해 성층권 중간에 떠다니는 화학 물질을 포착해 측정하기 위한 것이었다. 측정 장비 자체는 건물 안에 있지만, 빙 돌면서 달빛을 특정 경로로 유도하는 거울을 지붕 위에 설치해야 했다.

솔로몬 팀은 녀 달 일정으로 여행에 나섰다. 그래서 달이 하늘을 가로질러 여행하는 동안 거울을 거기에 맞춰 회전시키는 추적 장치를 설치할 시간은 없었다. 대신에 영하 40°C의 혹한과 가끔 어디선가 불기 시작하는 격렬한 바람을 견뎌내며 누군가 그곳에 붙어 있어야 했다.

어느 날 밤, 솔로몬은 자기 차례가 되어 지붕 위로 올라갔는데, 하늘에는 구름이 잔뜩 끼어 있었다. 달빛이 없으면 그 장비는 무용지물이었다. 그래서 거울을 그냥 내버려둔 채 잠시 눈을 붙이기 위해 실험실로 도로 내려왔다. 나중에 돌아갈 때쯤이면 달빛이 나와 있겠지 하고 생각했다. 솔로몬은 슬리핑 백 속으로 들어가 잠이 들었다. 눈을 떴더니 눈보라가 심하게 몰아쳐 최악의 화이트아웃(whiteout, 극지에서 천지가 온통 백색이 되어 방향 감각이 없어지는 상태—옮긴이)을 연출했고, 바깥에서는 거의 본 적이 없는 맹렬한 바람이 웅웅거리며 건물을 지나갔다. 솔로몬은 얼굴이 새하얗게 변했다. 거울은 아직도 지붕 위에 있었다. 만약 거울이 손상되더라도 한다면 이 프로젝트는 끝이다.

생각할 겨를도 없이 모래처럼 날아오는 눈보라에 얼굴을 가리면서 나무 사닥다리를 타고 지붕으로 올라갔다. 몸을 던져 지붕 위에 사지를 뻗고 앞드린 다음 거울을 향해 기어가기 시작했다. 배가 심하게 당기면서 그만 포기하고 싶은 생각이 굴뚝같았다. 그렇지만 그녀는 거

을을 꼭 붙잡고 사닥다리를 내려와 간신히 실험실로 돌아왔다.

솔로몬은 그럴 만한 가치가 있었다고 말한다. 솔로몬의 연구와 그 뒤에 잇따른 연구들은 성층권의 얼음 구름이 실제로 오존층에 손상을 입히고 있다는 사실을 의심의 여지 없이 보여주었다. 겨울이 될 때마다 얼음 구름은 염소 저장고를 흡수하여 활성화시켜 남극 대륙 상공의 공기를 수류탄으로 변화시킨다. 이것은 아무도 살지 않는 남극 대륙에서만 일어나는 문제이다. 북극지방조차도 성층권 구름을 오랫동안 유지시킬 만큼 충분히 기온이 내려가지 않으며, 북반구에서는 오존 구멍이 나타난 적이 한 번도 없다. 남극 대륙만의 문제라면 그곳에 사는 펭귄과 극소수 과학자에게만 영향을 미치는 문제가 아니냐고 말할지 모르지만, 치명적인 광선이 하늘에 뚫린 구멍을 통해 쏟아져 들어온다는 생각은 오존에 대한 생각을 확 바꾸어놓았다.

1987년 9월 16일, UN 환경프로그램의 후원하에 21개국과 유럽공동체가 환경에 유해한 물질의 배출을 제약하기 위해 만든 최초의 국제 협약인 몬트리올 의정서에 서명했다. 이 협약에서는 20세기 말까지 CFC 생산량을 50% 감축하기로 합의했다.

1988년 3월, 미국, 캐나다, 일본, 북유럽 상공에서 측정한 오존 농도를 새로 분석한 결과, 비록 남극 대륙만큼은 아니지만 북반구 상공의 오존층 역시 얇아지고 있는 것으로 드러났다. 2주일 뒤, 세계 최대의 CFC 제조업체인 뒤퐁 사는 CFC 생산을 중단하겠다고 발표했다.

오존 구멍이 점점 커져가고, 오존 감소 현상을 미즐리가 발명한 CFC와 연관짓는 과학적 증거가 쏟아져나오자 이행 목표는 점점 더 엄격해졌다. 1990년, 런던에서 서명된 수정안은 20세기 말까지 CFC 생산을 완전히 금지할 것을 요구했다. 2년 뒤, 코펜하겐에서는 또 한

번 규정이 바뀌어, 1996년까지 CFC의 생산과 사용을 완전히 금지시키기로 했다.

1995년, 물리나와 롤런드는 CFC의 위험을 밝혀낸 공로로 노벨상을 수상했다.\* 그 밖의 관련 연구자들도 나름의 상과 찬사를 받았다. 솔로몬의 경우에는 심지어 남극 대륙의 한 빙하에 그녀의 이름이 붙어 있다. 솔로몬은 팩스로 이 소식을 처음 들었을 때 농담이겠거니 했다. 설사 솔로몬 빙하가 있다 하더라도, 남극 대륙을 탐험한 동명이인의 이름이 붙은 거겠지 하고 생각했다. 그녀는 팩스를 받고 나서 그것을 그냥 그 자리에 놔두었다가 일주일 후에 그 밑에 있는 작은 글자들을 읽어보고 나서야 그게 사실이란 걸 알았다.

솔로몬은 이것을 자신에게는 '최상의 영광'이라고 말한다. 그리고 관련자 모두가 과학 연구자로서는 드물게 얻는 개인적 상을 받았는데, 그것은 바로 자신의 연구가 세상을 구하는 데 도움이 되었다는 뜻밖의 사실이었다.

미즐리의 괴물은 수명이 아주 길다. 그것들은 21세기가 끝날 때까지도 대기에 머물러 있을 것이다. 여러분이 숨을 한 번 들이쉴 때마다 그 공기 속에 이 괴물들이 약간 들어 있을 수 있다. 남극 대륙 상공에는 매년 봄이면 오존 구멍이 계속 나타날 테고, 상황이 호전되기 전까지 계속 커져갈지 모른다. 그러나 아마도 21세기 말쯤에는 결국 구멍은 치유되고, 우리의 보호막은 다시 원상을 회복할 것이다.

오존 구멍 이야기에서 유의해야 할 게 하나 더 있다. 많은 사람들은

\*CFC의 위험을 밝혀낸 공로로 노벨상을 수상했다—질소 산화물도 오존을 파괴할 수 있음을 밝혀내 오존층이 위협해질 수 있다는 사실을 처음 발견한 파울 크루젠(Paul Crutzen)도 공동 수상했다.

오존 구멍과 지구 온난화라는 두 유령을 혼동하는데, 실제로는 이 둘은 별개의 문제로, 발생 원인도 서로 다르다. 그렇지만 양자 사이에는 불길한 연관성이 있다. 지구 온난화는 대류권과 성층권 사이의 방수 범포 장벽을 좀더 잘 세계 만들기 때문에, 지구가 더 따뜻해지면 성층권의 습도가 약간 더 높아진다. 게다가, 대류권이 따뜻해진다는 것은 성층권이 추워진다는 것을 의미한다. 이 두 가지가 합쳐지면, 남극 대륙뿐만 아니라 북반구에서도 성층권 구름이 더 많이 만들어지는 데 유리한 조건이 생겨난다.

지금까지 북극지방은 오존 구멍이 생길 위험에서 제외돼 있었다. 주변의 산악 지형이 공기의 흐름을 차단해 거대한 소용돌이가 생기는 것을 막기 때문에, 성층권 구름을 오랫동안 지속시킬 만큼 아주 추웠던 적이 없었다. 그러나 지구 온난화는 이 상황마저 변화시킬지 모른다. 2004년 11월 말부터 3개월 동안 북극지방 상공에는 성층권 구름이 과거 그 어느 때보다도 많이 생겼고, 평소보다 훨씬 오랫동안 지속되었다. 그리고 2005년 봄에는 오존층의 약 50%가 사라졌다. 이것은 남극 대륙 상공에 뚫린 구멍과 비교하면 아무것도 아니라고 할 수 있지만, 그 사이로 새어들어오는 자외선은 인간이 거주하는 지역에 내리쬐 가능성이 훨씬 높다. 완전히 고립된 남극 대륙의 대기와는 달리, 북극지방의 소용돌이는 비틀거리는 팽이처럼 비틀거리는 경향이 있다. 같은 해에 그것은 북유럽까지 흘러내려와 남쪽으로는 이탈리아까지 뻗었다.

우리는 CFC의 위험을 절감한 러브록의 말을 가슴에 담아둘 필요가 있을지도 모른다. 80세가 다 되어가던 1999년에 그는 이렇게 썼다.

우리 행성은 절묘한 아름다움을 지닌 행성이다. 그것은 우리 조상들의 습결과 피와 뼈로 만들어져 있다. 우리는 지구를 하나의 생명체로 본 조상들의 감각을 상기하고 다시 숭배할 필요가 있다. 가이아는 존재해온 내내 생명의 수호자 역할을 해왔는데, 우리는 가이아의 보호를 거부하면서 위험을 초래하고 있다.