

유전공학의 저울추: 디스토피아와 유토피아 사이에서

홍성욱



유토피아와 디스토피아
어울릴까요?



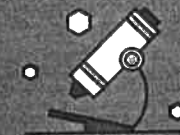
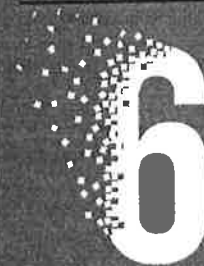
결합한 결과물이 만들어지
는지



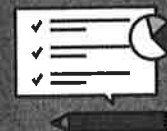
중국, 인간 유전자를 조작하다



유전자 편집으로 만든 첫 번째
원숭이



과학 기술로 만들어낸
생물에서 인간을 뱌면 좋다면



유전자 편집기구의 안전성이
확정될 때까지



그해에 DNA를, DNA가
인간을 지배하는 세상



DNA: 당신의 장래를
달라붙 40%, 성공할 60%,
실패할 60%, 원개수 44세대



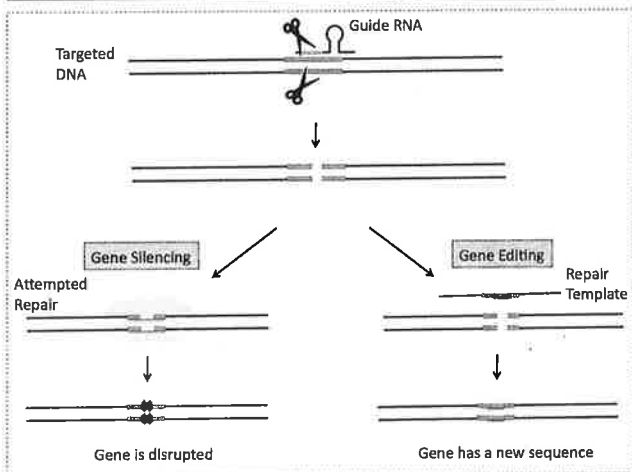
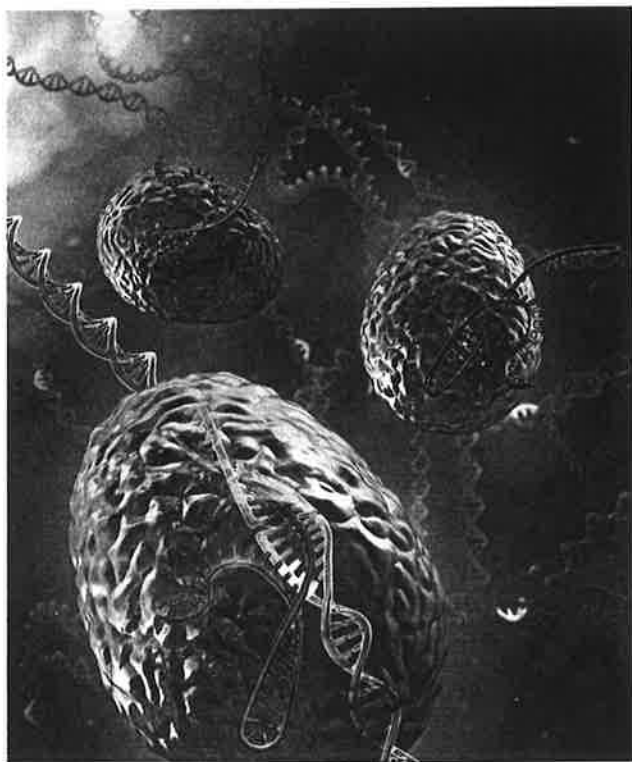
생명과학은 제 안에
새로운 종교의 싹을 품고 있다.
(중략) 어쩌면 지금 북반구의
사회들에는 기존 종교들이
거의 모든 구속력을 잃은 이 시점에
그 사회들이 자초한 미성숙이라는
유령이 재림하는 것인지도 모른다.

알렉산더 키슬러, 《복제인간, 망상기계들의 유토피아》

2015년 4월 22일, 중국 광저우의 중산대학교 연구실에서 과학계를 뒤흔든 커다란 사건이 벌어졌습니다. 크리스퍼 유전자 가위(CRISPR)를 이용해서 인간 배아를 편집한 것이지요. 연구진은 수십 개의 인간 배아를 편집했습니다. 그 결과를 저명한 과학잡지 <네이처>와 <사이언스>로 보냈다고 하는데, 이 최고 저널들은 연구결과를 출판하는 것을 거절했다는 이야기가 있습니다. 이게 사실이라면, 아마도 황 교수 팀 연구의 윤리적 문제 때문이었을 것입니다.

중국, 인간 유전자를 조작하다

중산대학교 준지우 황(Huang Junjiu) 교수와 연구진은



* CRISPR란 동식물의 유전자와 결합시켜서 특정 DNA 부위를 자르는 데 사용하는 인공 효소를 뜻한다. 유전자 편집 기술에 사용되며 각종 난치성 유전질환을 사전에 방지할 수 있다는 장점이 있다. 하지만 '맞춤형 아기' 등 여러 윤리적 문제가 있으며 돌연변이 발생에 대한 안정성도 미흡한 상황이다.

〈네이처〉와 〈사이언스〉가 자신들의 연구 결과를 출판하지 않기로 하자 〈프로틴&셀(Protein&Cell)〉이라는 잡지에 자신들의 논문을 출판했습니다. 이후 곧바로 마침내 '인간의 유전자 편집에 성공했다'는 기사가 전 세계로 퍼져 나갔죠. 당연히 과학계와 대중의 반응은 엄청났습니다. 유전자 연구의 역사에 남을 일이라는 의견과 결국 우려했던 일이 벌어졌다는 의견이 교차했습니다. 이런 생명윤리의 문제에 대해 황 교수는 "자궁에 착상했을 때 사람이 될 수가 없는 배아를 편집했기 때문에 윤리적으로 문제가 없다"고 해명했습니다. 사실 유전자 편집 실험은 이것만이 아니었습니다. 인간 배아를 편집하기 직전에 중국의 다른 연구진은 원숭이 배아를 편집하여 연구진이 원하는 '맞춤 원숭이'를 만들었습니다. 원숭이에게 크리스퍼 기술을 적용할 수 있다는 것을 발견하고, 곧이어 인간 배아를 대상으로 실험을 했던 것입니다.

인간의 유전자를 원하는 대로 편집할 수 있다는 것은 어떤 의미일까요? 예를 들어 질병 유전자를 가진 아이를 낳게 되었을 때, 그 유전자를 제거하여 미래에 병에 걸릴 위험이 없는 아이를 낳을 수 있다는 것입니다. 물론 유전자 기술이 더 발전한 훗날의 시나리오이지만요. 배아 단계에서 먼저 '해로운' 유전자를 제거하고 배아를 착상시켜서 태아로 자라게 한다는 것입니다. 치명적인 유전적 질환이 있을 때 이런 작업을 하면 된다는 것이죠. 과학자들이 이러한 유전자 기술에 주목하는 이유는 더 있습니다. 그건 바로 배아 단계가 아니라 성인도 유

전자 치료가 가능할 수 있기 때문입니다. 예를 들어 질병 요인을 가진 성인에게 교정된 유전자가 담긴 혈액이나 줄기세포를 주입하여 질병을 완화시키거나 완전히 치료할 수 있는 길이 열릴지도 모릅니다.

언뜻 보면 인간의 생로병사에 새로운 지평이 열린 것처럼 보이지만 왜 생명윤리의 문제가 될까요? 그 이유는 유전자 가위 기술에 각종 난치성 유전 질환을 사전에 방지할 수 있는 순기능이 있지만 동시에 맞춤형 배아와 같은 역기능도 존재하기 때문입니다. 게다가 불확실성과 위험도 있습니다. 개인적으로 싫어하는 유전자를 잘라냈는데 다른 유전자까지 잘라내는 경우가 생길 수 있기 때문입니다. 이후에 아이를 낳아보니 전혀 의도하지 않은 아이라는 것이죠. 유전자 기술을 연구하는 과학자들은 이런 불확실성을 줄일 수 있다고 확신합니다. 지금 당장은 안 되지만 더 시간이 지나면 99.9%의 확실성을 가질 수 있다고 합니다.

유전자 편집은 인류에게 축복일까요, 재앙일까요? 아마 답은 ‘축복이자 재앙이다’일 겁니다. 문제점을 해결하면서 긍정적인 효과를 취하는 방법을 고민해야 하는 시점입니다.

유전자로 운명이

결정되는 미래

그럼 최근에 주목받는 유전자 가위 기술은 어떤 것일까

요? 현재 활용하고 있는 크리스퍼 기술은 3세대 유전자 편집 기술로 원래는 크리스퍼-캐스나인(CRISPR-cas9)이라고 불렸는데, 보통 줄여서 크리스퍼라고 합니다. 또는 게놈 편집이라고 하기도 하죠. 크리스퍼 가위의 기술은 게놈 과학의 혁명이라고 할 정도로 굉장히 큰 관심을 끌고 있습니다. <네이처>, <사이언스>, <셀>과 같은 세계 3대 과학 잡지의 표지에 CRISPR가 종종 등장할 정도로 최근에 가장 이슈가 되는 기술이죠. 개념만 말씀드리면, 인간의 DNA 가운데 어떤 특정한 타깃을 잘라내는 기술입니다.

인간의 지능이나 성격을 결정하는 단일 유전자가 존재하지는 않습니다. 특히 환경과의 상호작용은 결코 무시할 수 없죠. 하지만 머리카락 색이나 눈동자 색은 하나의 유전자에서 결정되기도 합니다. 유전병은 여러 유전적 요인에 기인하지만 특정한 유전병은 하나의 유전자에 의해 발현됩니다. 하나의 유전자에서 발현되는 유전병 중에서 일단 병세가 나타나면 현대의 의학으로도 속수무책인 것이 있습니다. 그런데 이 유전자를 잘라내고 비활성화하는 일이 크리스퍼 기술로 가능하게 되었습니다. 또는 유전병을 유발하는 유전자를 잘라내고 대신 다른 부분을 이어 붙여서 다른 유전자를 만들어내는 것도 가능합니다.

유전자 편집의 성공률은 100%가 아닙니다. 100개로 실험을 하면 20개가 되기도 하고 10개가 되기도 합니다. 실수로 다른 부분을 잘라내는 경우도 종종 있습니다. 그렇지만 다른 기술에 비해 떼어내고

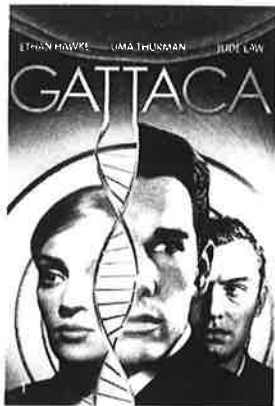
자 하는 유전자를 정확하게 떼어내어 새로운 유전자를 붙일 수 있는 가능성이 획기적으로 높아졌습니다. 특히 이 크리스퍼 기술의 가장 큰 특징은 시술의 가격이 매우 저렴해졌다는 것입니다. 이 기술이 없을 때에는 이 작업 한 번에 적게는 500만 원부터 많게는 1000만 원까지 들었다고 합니다. 그런데 지금 크리스퍼 기술은 한 번 자르는 데 불과 3만 원에서 5만 원 정도의 돈이 든다고 합니다. 이전 가격의 1%도 되지 않습니다. 가히 혁명이라고 할 수 있지 않겠어요? 이것을 유전자 조작의 민주화라고 말하기도 합니다. 왜냐하면 모든 연구자들이 이런 기술의 혜택을 받을 길이 열렸기 때문이죠. 이 기술의 시초는 정립된 지 오래되었지만 주목을 받기 시작한 것은 2~3년밖에 되지 않았습니다. 과거에는 매우 제한된 환경에서 숙련된 사람만 작업할 수 있었지만 지금은 전 세계의 모든 곳에서, 심지어 대학원생이나 대학생들이 작업을 하기도 합니다. 이렇듯이 크리스퍼 유전자 조작 기술은 이제 대중적인 것이 되어버렸습니다.

아직 유전자 조작을 생각도 할 수 없었던 시절에 매우 흥미로운 영화가 등장했습니다. 1997년에 개봉한 영화 <가타카>입니다. 이 영화에 등장하는 미래 인류 사회는 매우 흥미롭습니다. 유전공학의 발달에 힘입어 인간은 태어나는 순간부터 예상 수명과 질병, 성격 등이 판별됩니다. 그리고 이에 따라 사회적 지위가 부여되지요. 언뜻 보면 과학적으로 합리적이며 사회적으로 효율적인 것처럼 보입니다. 하지만 우리 인류는 이러한 사회를 이미 한 번 겪었습니다. 바로 20세기

초중반 독일에서 나치에게서 말입니다. <가타카>의 세계는 과학의 탈을 쓴 우생학이 지배하는 사회입니다. 유전공학은 인간의 행복을 노력이 아니라 유전자라는 운명에 맡기는 세상의 과학적 근거가 될 지도 모릅니다. 참고로 '가타카'라는 제목은 작품 속에서 태양계를 탐사하는 우주선을 발사하는 기업의 이름입니다. 그리고 동시에 인간 DNA의 성분인 네 가지 염기서열을 구성하는 알파벳이기도 하지요. 제목부터 의미심장합니다.

영화에는 DNA와 인간이 함께 등장합니다. 이에 관련된 상징적인 장면이 하나 있습니다. 바로 건물 내부의 나선형 계단이죠. 유전자의 모습을 형상화한 이미지입니다. 하반신이 마비된 제롬이란 인물은 죽을힘을 다해서 DNA 모양의 나선계단을 올라갑니다. DNA, 즉 유전자라는 자신의 운명을 그냥 받아들이지 않겠다는 의지의 표상이지요. <가타카>에는 두 명의 제롬이 등장합니다. 올림픽 수영에서 은메달을 땀으며 유전자 점수 10점 만점에 9.3을 받은 우월한 제롬이 있습니다. 하지만 시골에서 자동차 사고를 당해서 하반신이 마비됩니다. 방금 DNA를 닮은 나선형 계단을 올라갔다는 이가 바로 이 제롬입니다.

두 번째 제롬은 사실 빈센트라는 이름으로 살아왔던 청년입니다. 우주항공 기업 가타카에서 근무하며 토성과 타이탄으로 여행을 가는 순번을 기다리고 있는 우주 비행사입니다. 영화 속 미래 사회에서 빈센트는 출생과 동시에 유전자 검사를 받아 심장병, 근시, 기대수명 30



1 <가타카>의 포스터.

2 자신의 메달을 보면서 과거를 회상하는 제롬.

3 극중 나선계단.

영화 속 세계에서는 유전자의 우열로 신분이 결정된다. 사진에서 휠체어를 탄 제롬은 올림픽 수영 은메달리스트였으나 사고 반신 마비가 된다. 그가 힘겹게 DNA 모양의 계단을 기어 올라가는 장면은 유전자와 인간 존재에 대해 많은 생각을 하게 해

세를 선고받습니다. 절대 우주인이 될 수 없는 존재죠. 하지만 빈센트는 진짜 제롬에게 돈을 주고 신분을 사서 가타카에 몰래 취직합니다. 가타카에서는 매일 혈액과 소변으로 본인 확인을 하기 때문에 빈센트는 제롬의 피와 오줌을 빌려서 슬쩍 사용함으로써 검사의 문제를 해결합니다. 빈센트는 여러 우여곡절 끝에 드디어 우주여행에 나서게 되지만 회사에 살인 사건이 일어나면서 상황이 좀 복잡하게 전개됩니다.

DNA

: 당신은 당뇨병 발병률 40%,

심혈관 질환 60%, 한계수명 44세다

영화 속의 인간 사회는 두려울 정도입니다. 사회는 두 개의 그룹으로 구성되어 있습니다. 적격자와 부적격자입니다. 기준은 유전적 성향입니다. 우월한 사람은 적격자이고 열등한 사람은 부적격자로 구별되지요. 부적격자들 중에 아주 일부가 이 적격자의 신원을 빌려서 불법적으로 적격자 행사를 하는 사람들이 있습니다. 이들을 “빌린 사다리”라고 부릅니다. 신분을 잠깐 빌려서 이용한다는 것이죠. 현대 사회는 냉정하게 말해서 경제력과 권력으로 신분이 나눠집니다. 영화에서 묘사하는 미래 사회는 유전적인 차이로 나눠집니다. 적격자들은 유전적으로 우성이고, 부적격자들은 사회 밖으로

밀려나 노숙자처럼 살아가야 합니다.

또 하나 흥미로운 게 있습니다. 영화의 미래 사회에서도 ‘유전자에 따른 차별은 불법’이라는 사실입니다. 헌법에서는 사람을 유전적으로 차별해서는 안 된다고 명시되어 있습니다. 그렇지만 차별은 이 사회의 곳곳에서 은밀하게 이루어집니다. 예를 들어서 회사에서의 면접은 유전자를 검사하는 것으로 대체합니다. 유전적인 성향을 검사해서 합격과 불합격을 가르지요. 설령 검사를 거부한다 해도 악수를 해서 유전자를 채취하는 등 다른 방법은 얼마든지 있습니다. 살인의 단서도 유전자에 숨겨진 폭력적인 성향을 발견해서 해결하려고 합니다. 배우자를 고를 때도 상대의 DNA 검사에 의존합니다.

세상이 과학적으로 더 발전했을 때, 이런 사회가 오지 않는다고 누가 단언할 수 있을까요? 요즘에도 결혼할 때 종합건강검진 결과를 교환하고 한다고 하죠. 미국에서는 곧 유전자를 전부 조사하는 비용이 100만 원 이하로 떨어질 것으로 예측합니다. 이걸 건강검진 비용과 같습니다. 기업에서도 지원자에게 신체검사를 요구하여 만약 결핵균 보유자라면 뽑지 않습니다. 미래 사회는 “당신의 게놈 정보를 제출하십시오”라고 통보한 후 폐암에 걸릴 확률이 40%라면 안 뽑는 곳이 될지도 모릅니다. <가타카>에서는 신입사원 면접을 볼 때 혈액을 확인해보고는 끝났다고 합니다. 지원자가 어떤 사람인지 자세히 알아볼 필요가 없습니다. 지금 우리가 하고 있는 일들이 조금 더 극단적으로 발전했을 때 이런 사회가 올 수도 있습니다.

<가타카> 첫 장면에서는 미래에 아이가 유전적 조작을 통해서만 들어져서 미리 조정되고, 그렇게 자라난 아이들 사이에서 차별이 발생하는 이유가 묘사됩니다. 20세기에는 다소 황당한 미래 세계라는 시각으로 봤지만 이미 원숭이의 유전자를 편집하는 작업의 상황에서는 정말 우리가 맞닥뜨리게 될 미래일지도 모른다는 불안감이 엄습합니다.

유전자로 모든 게 결정되는 세상, 어떤가요? <가타카>가 명작으로 꼽히는 이유는 이 영화에서 묘사하는 미래가 우리가 사는 세상과 멀리 떨어져 있지 않기 때문입니다. 앞으로는 결혼뿐만 아니라 진학, 취업, 스포츠 방면에서도 유전자를 스캔하여 “당신은 당뇨병 걸릴 확률이 60세 이전에 40%다” 혹은 “당신은 30살 이전에 심혈관 질환을 앓을 확률이 60%다” 하고 일종의 선고를 한다고 상상해보십시오. 유전자 스캔의 결과는 결코 100%로 나오지 않습니다. 이때 결혼 상대자가 향후 발병 부위에 대해 수술을 요구하는 것이 당연하게 받아들여질지도 모릅니다. 교육에서부터 유전자에 따라 학생들을 감별하여 교육의 질을 달리하는 차별이 일어날지도 모릅니다. 이런 사회가 정상적인 사회일까요? 하지만 이런 사회가 큰 저항 없이 도래하게 될 수도 있습니다. 지금부터 경각심을 가질 필요가 있습니다.

유토피아와

새로운 아틀란티스

생명공학이 더 발전한 미래는 유토피아일까요? 유토피아란 어떤 곳이고 정말로 존재했거나 앞으로 만들어갈 수 있을까요? 이에 대한 답을 찾기 위해서는 먼저 유토피아란 어떤 곳인지 살펴봐야겠습니다.

유토피아는 영국의 인문학자 토머스 모어가 1516년에 《유토피아》라는 소설을 출간하면서 세상에 처음 소개되었습니다. 유토피아에는 ‘좋은 곳’과 ‘어디에도 존재하지 않는 곳’이라는 두 가지 뜻이 있습니다. 소설 《유토피아》에 등장하는 유토피아는 섬과 같이 고립된 형태입니다. 유토피아에 사는 사람들은 외부와 스스로 격리되어 오랫동안 행복하게 살아가는 형태입니다. 반면에 섬 주위는 매우 험난하고 주변은 온통 암초라서 길을 모르는 외부인들은 유토피아로 진입할 수 없습니다.

유토피아와 대척점에 있는 세계는 디스토피아입니다. 굉장히 힘들고 고난이 가득 찬 세상이지요. 디스토피아는 유토피아보다 더 나중에 등장한 개념입니다. 존 스튜어트 밀이 1868년에 영국의회에서 영국 정부의 아일랜드 억압정책을 비판하며 처음 사용했다고 알려져 있습니다. 세계의 배경은 주로 산업혁명 이후 공업이 발달한 사회이며 발달된 과학기술이 개인을 억압하고 통제합니다. 언뜻 유토피아처럼 보이지만 자신들이 만들어낸 과학기술에 자유와 인권을 빼앗겼기 때문

에 결코 행복한 사회가 아닙니다.

토머스 모어의 《유토피아》에는 과학이 등장하지 않습니다. 이곳은 사람들이 스스로 선하게 사는 걸 선택하여 만들어진 세상입니다. 과학기술이나 자본처럼 외부의 것으로 행복을 추구하지 않지요. 사람들이 도덕적으로 선하게 사는 것을 택할 수 있었던 이유는 ‘화폐’를 없앴기 때문입니다. 토머스 모어는 이미 500년 전에 돈이 사회악의 근원이라고 생각했습니다. 모어의 유토피아는 돈이 아닌 덕을 위주로 사는 것을 택한 사회입니다. 이 사회에서 사람들은 모두 조금씩 일하고 그 결과를 평등하게 나눕니다.

《유토피아》에는 과학기술에 대한 소재가 딱 하나 등장합니다. 바로 인공 달갈부화기입니다. 그런데 유토피아에는 왜 하필 인공 달갈부화기가 등장한 것일까요? 그건 아직 이유를 알 수 없습니다. 어쩌면 그 시대에 가장 필요한 기술 가운데 하나였을 수도 있죠. 《유토피아》가 출간된 후 100년 정도가 지난 다음에 유럽에서 코르넬리스 드레벨(Cornelis Drebbel)이라는 엔지니어가 인공 달갈부화기를 발명하여 특허를 냈습니다. 부화기의 특징은 달갈에서 병아리가 태어날 수 있을 정도로 온도를 일정하게 유지하는 것입니다. 17세기 기술로 인공 달갈부화기를 만드는 건 보통 일이 아니었습니다. 드레벨은 알코올을 이용했습니다. 더우면 알코올이 팽창하여 뚜껑을 열리게 만들었어요. 온도가 다시 내려가서 알코올이 수축하면 뚜껑이 닫힙니다. 그래서 이 장치를 최초로 피드백(feedback)의 원리를 구현한 장치라고

부름니다.

드레벨이 유명한 이유는 인공 달걀부화기가 아니라 최초로 잠수함을 만들었기 때문입니다. 그래서 실험도 했는데 실험 단계에서 더 나아가지는 못했어요. 결과적으로 해군에서 쓰이지는 못했지만 최초로 수중항해라는 개념을 떠올렸다는 게 중요합니다. 드레벨의 잠수함 개념은 근대 철학자 베이컨으로 이어집니다.

영국 과학혁명의 시조라 불리는 프랜시스 베이컨(Francis Bacon)도 유토피아에 대한 소설인 《새로운 아틀란티스》를 썼습니다. 이 소설은 영국 선원들에 의해서 우연히 발견된 유토피아의 이야기입니다. 이 유토피아는 토머스 모어의 유토피아와 달리 많은 과학기술이 등장합니다. 드레벨의 잠수함도 등장하고, 현대의 전화와 같은 장치가 묘사되기도 합니다. 심지어 비행하는 기계도 나옵니다. 빛을 모아서 굉장히 먼 거리까지 비추으로써 배를 섬으로 인도하는 장치도 있습니다. 인간 시력의 한계를 넘어서 먼 곳을 보는 망원경도 있습니다. 이처럼 새로운 아틀란티스에 나오는 것들은 현대의 발명품과 유사한 점이 많으며 현대의 생명공학과 관련된 것도 적지 않습니다.

예를 들어, 어마어마하게 큰 열매나 거대한 닭처럼 생명공학과 관련된 소재들도 등장합니다. 한 번 먹으면 이후 오랫동안 음식을 섭취하지 않아도 체력이 유지되는 고기나 빵, 음료수가 나오기도 합니다. 성장을 크게 한 동물들, 성장을 작게 한 동물들, 성장을 멈춘 동물들도 등장합니다. 종을 섞어서 새로운 종을 만드는 기술도 소개됩니다.



※ 토머스 모어의 《유토피아》는 사유재산 철폐와 짧은 노동시간이라는 소재가 등장하여 공상적 사회주의의 시초로 여겨지기도 한다. 또한 프랜시스 베이컨이 《새로운 아틀란티스》에서 자연세계의 계획적, 체계적 탐구를 주창한 부분은 훗날 영국왕립학회를 창립한 이들의 철학이 되었다.

다. 토머스 모어의 유토피아에는 이런 이야기가 등장하지 않습니다. 이런 편리한 발명품이 없어도 사람들은 행복합니다. 사회에 차별과 빈부귀천이 없습니다. 모두 평정히 행복하고 만족스럽게 살고 있는 세상입니다. 이에 반해 베이컨의 소설 속 유토피아는 과학기술 발전이라는 달콤한 열매를 먹으며 사는 사회입니다. 이 두 유토피아는 평정히 다른 두 흐름을 형성하고 있습니다.

토머스 모어는 인간의 불행은 불평등에서 온다고 생각했습니다. 불평등의 가장 큰 원인은 화폐라고 봤고요. 그래서 화폐를 폐지한 세상만이 불평등을 없앨 수 있다고 믿었습니다. 반면에 베이컨은 인간의 불행은 빈곤에서 온다고 생각했습니다. 또한 빈곤은 생산기술의 나태에서 온다고 믿었습니다. 그래서 이 빈곤을 극복하는 방법은 생산기술을 끌어올리는 것입니다. 생산기술을 향상시키기 위해 반드시 필요한 것이 획기적인 과학기술이었습니다. 두 유토피아는 분명히 다른 세계입니다. 과연 어느 쪽이 옳은 세계일까요? 그 답을 찾기 전에, 저 두 세계를 하나로 합친 이를 소개해야겠습니다. 바로 칼 마르크스(Karl Marx)입니다. 마르크스는 두 가지 전제조건을 제시했습니다. 첫째, 화폐가 없어야 하고, 둘째, 기술을 발전시켜야 한다는 것입니다. 국민이 서로 평정한 상황에서 생산력을 끌어올리면 세상은 행복할 것이라는 거죠. 이를 실제로 행한 국가가 있으니 바로 소련입니다. 역사를 봐도 알겠지만 사실상 소련의 사회주의 실험은 실패했죠. 중국도 이를 실험하다가 지금은 어느 나라보다도 자본주의적인 나라

가 되었습니다.

우리는 정치·경제적으로 평정하며 과학기술의 혜택을 공평하게 누리며 행복한 삶을 영위하는 미래 유토피아를 맞이할 수 있을까요? 지금의 역사를 보면 그렇게 낙관적이지만은 않습니다.

과학기술로 만들어낸 세상에서 책임을 외면한다면

과학기술이 발전한 미래 세계가 디스토피아로 치닫는 것을 막으려면, 우리 스스로 멸망의 길로 들어서는 것을 막으려면 어떻게 해야 할까요? 무엇보다도 인류가 개발한 기술에 책임을 지는 것이라고 생각합니다. 특히 생명공학은 미래에 우리 인간을 닮은 생명체를 만들어내는 일이 가능케 해줄 겁니다. 그럴 때 우리는 생명공학의 기술과 새로운 생명체에 책임을 져야 합니다. 새로운 기술, 새로운 생명에 대한 인류의 책임 문제는 역사가 오래되었습니다.

18세기 말에 이탈리아의 루이지 갈바니(Luigi Galvani)라는 과학자는 재미있는 현상을 발견합니다. 수프에 넣을 죽은 개구리를 철제 쟁반에 올려놨는데, 기전기와 연결된 철사가 닿자 개구리 다리가 경련을 일으켰던 겁니다. 갈바니는 연구를 거듭한 끝에 동물의 근육에는 ‘동물전기’라는 생명의 기가 들어 있다고 발표했습니다. 갈바니와 친분이 있었던 알렉산드로 볼타(Allessandro Volta)는 동물전기에 의구심

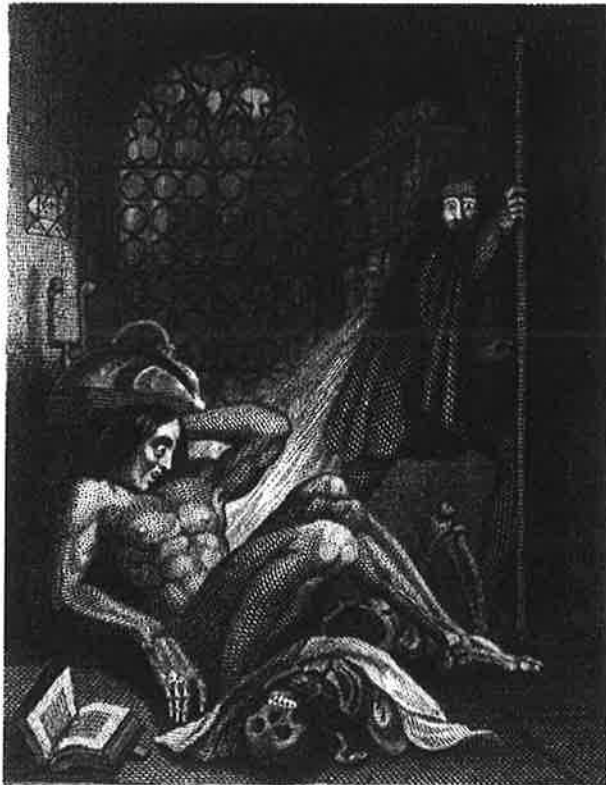
을 품었습니다. 전기는 근육이 아니라 금속에서 온 것이라고 생각한 것이죠. 그래서 서로 다른 금속 사이에 개구리 다리를 놓고 금속 사이의 전하량 차이로 다리가 움직이게 만드는 실험에 성공했습니다. 결국 당시에는 불타가 웠은 것으로 판명되어 백작 작위까지 받는 등 승승장구했지만 갈바니는 아내도 죽고 쓸쓸한 말년을 보내다 죽었습니다. 하지만 갈바니는 사후에 전지의 발명에 기여한 공로를 인정받았고, 동물전기라는 개념도 ‘전기 신호를 전달하는 신경’의 발견으로 부분적으로 옳았던 것으로 밝혀졌지요.

지금까지 전기 이야기를 한 이유는 전기에 특수한 힘이 숨겨져 있을 것이라는 18세기 사람들의 믿음 때문입니다. 당시 프랑스의 의학 저널에 실린 그림 중에는 시체를 가지고 실험을 하는 장면을 그린 것이 있었습니다. 전기를 만들어 시체에 붙여넣으면 개구리 다리가 움직였듯이 인간의 다리도 움직일 수 있는지 살펴보는 실험 장면을 묘사한 것이었죠. 여기서 더 나아가 전기를 이용하면 죽은 사람도 살릴 수 있는 것 아닌가라는 생각을 하게 되었죠. 죽은 사람의 몸에 전기를 흐르게 하여 되살릴 수 있다고 추측하기도 했습니다. 당시 사람들은 이러한 가능성에 고무되기도 하지만 두려워하기도 했습니다. 권력을 가진 자가 시체를 전기로 되살려서 죽은 자들의 군대를 만들 수 있지 않겠어요? 이미 죽은 어머니를 부활시키는 것은 멋지지만 동시에 두려운 일이기도 합니다.

시체에 전기를 흐르게 하는 실험을 했던 과학자들 가운데 린트 박

사라는 사람이 있었습니다. 그는 런던에서 실험을 통해서 인기 있는 대중강연을 했습니다. 그 대중강연 참여자 중에 젊은 여성이 한 명 있었어요. 이름은 마리 울스톤크래프트 고드윈(Mary Wollstonecraft Godwin)이었습니다. 당시 최고 지성인이자 최초의 자유주의 페미니스트로 일컬어지는 매리 울스톤크래프트의 딸이었죠. 이 젊은 여성은 곧 시인 퍼시 셸리와 결혼을 해서 마리 셸리가 됩니다. 그녀는 결혼하기 전에 전기로 사람을 되살릴 수 있을지 모른다는 희망과 동시에 끝을 알 수 없는 두려움을 모두 이해했습니다. 그리고 소설을 쓰지요. 이 소설이 바로 모든 장르문학의 어머니로 불리는 《프랑켄슈타인》입니다. 처음에 나온 소설에는 책 표지에 그림이 없었습니다. 저자도 익명이었습니다. 그런데 《프랑켄슈타인》이 출간과 동시에 큰 인기를 얻습니다. 이 프랑켄슈타인은 사실 소설의 주인공 과학자의 이름이고, 그가 만든 괴물은 이름이 없었습니다. ‘그’, ‘그것’, ‘몬스터’로 불리죠. 이름이 한 번도 등장하지 않습니다.

프랑켄슈타인 박사는 피조물들이 신에게 감사하듯이 자신이 만들어낸 ‘그것’이 자신에게 감사할 것이라고 생각합니다. 그런데 막상 만들고 나서 밀려드는 그 감정들을 어떻게 표현해야 할지 모릅니다. 회한이 밀려오자 박사는 도망을 칩니다. ‘그것’은 자기 아버지를 찾아가는데 그 과정에서 살인을 저지르는 등 복잡한 플롯이 전개됩니다. 괴물은 박사에게 “나를 만든 것에 책임을 다하라. 그렇지 않으면 통제 불능이 무엇인지 보여주겠다”고 말합니다. “나에 대한 의무를



* 18세기 사람들은 시체에 전기를 통하게 하면 다시 살아날지도 모른다는 믿음이 있었다. 아래는 그런 방식으로 창조된 '피조물'인 괴물과 그가 어떤 존재인지 확인하지도 않고 숲으로 도망치는 '창조주' 프랑켄슈타인 박사의 그림.

다하십시오. 나는 당신의 너그러움과 애정을 받아야 하오. 나는 당신의 피조물이잖소. 나만 영원히 기쁨을 누리지 못할 수는 없어요”라고도 하지요.

“사람이 만든 기술들을 책임감 있게 다루지 않았을 때, 그것들은 역습을 할 것이다.”

이 소설의 메시지는 나날이 발전해가는 과학기술을 경계해야 하는 우리가 반드시 새겨들어야 하는 것입니다. 이는 단순히 문학이나 영화와 같은 공상의 수준에 그치는 문제가 아닙니다. 우리는 미래에 분명히 뭔가를 만들어낼 것이고, 거부감을 느끼며, 선택의 기로에 서게 될 것입니다. 그것이 외견만 인간 같은 로봇이든, 정말로 모든 게 완벽한 생물인 새로운 창조물이든, 프랑켄슈타인이 자신의 피조물 앞에서 도망을 쳤듯이 우리 역시 최소한의 책임마저 도외시한다면 기술과 피조물은 독이 되어 돌아올 게 확실합니다. 이는 과학자들이 과학 지식과 함께 도덕과 윤리를 고민해야 하는 이유이기도 합니다.

‘불쾌한 골짜기’에 들어서기 전에

소설 《프랑켄슈타인》이 출간된 지 수십 년 후에 허버트 조지 웰스(Herbert George Wells)라는 유명한 소설가가 《모로 박사의 섬》이라는 기괴한 소설을 발표합니다. 에드워드 프레딕과 몽고메리

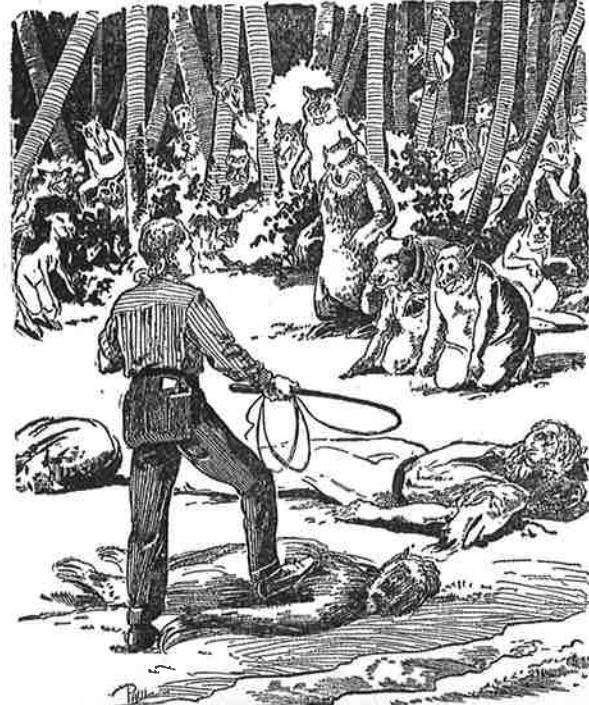
가 어떤 무인도에 들어가게 되었는데 인간과 비슷하지만 인간은 아닌 것들과 조우하게 됩니다. 그 섬은 본래 런던의 저명한 생리학자였던 모로 박사의 섬이었습니다. 인간과 비슷한 동물들은 '수인'이라고 불리며 동물들을 생체 실험하여 인간과 비슷하게 만든 것이었어요. 그리고 육식을 금지하고 인간처럼 생각하고 걷고 행동하는 법을 지키도록 했습니다.

《모로 박사의 섬》은 출간 당시보다 현대에 와서 더 큰 인기를 얻었습니다. 인간의 DNA가 유전물질이며 이중나선 구조라는 점, 유전자 재조합이 가능하다는 점이 과학적으로 증명되기도 전에 생명체에 대한 조작이 작가의 상상력으로 소개되었기 때문이죠.

요즘은 유전자 재조합 기술로 새로운 생명체들이 태어납니다. 유전자 조합 작물 중 하나인 '무르지 않는 토마토'를 예로 들어보죠. 토마토는 비타민이 풍부하고 맛도 좋아서 수많은 요리에 쓰입니다. 하지만 수확 후 신선도 유지가 어렵다는 단점이 있습니다. 1994년에 미국의 칼젠이라는 기업은 유전자 조작을 해서 미국 전역으로 유통될 때까지 토마토가 무르지 않게 막 뚫을 때 특성을 유지하는 데 성공했습니다. 이후 유전자 재조합 방식으로 수많은 생명체들이 탄생했습니다. 생명체뿐만 아니라 인슐린처럼 인류의 질병 치료에 반드시 필요한 물질도 만들어냅니다. 인슐린은 원래 소와 돼지의 이자에서 추출했기 때문에 매우 비쌌습니다. 그러다가 1980년대 초에 유전자 재조합 기술을 이용하여 인공적으로 생성하는 데 성공했고, 1982

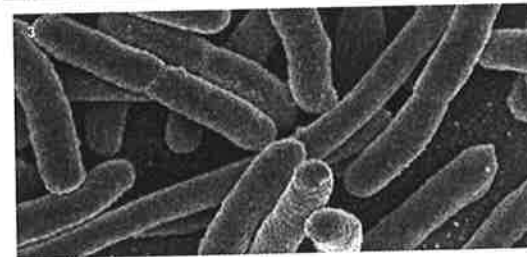
The ISLAND of DR. MOREAU By H.G. Wells

Author of "The War of the Worlds", "The Abyss", etc.



I faced these people, facing my fate in them, shag-headed men—literally shag-headed, for I had a broken arm. In my pocket was a revolver with two empty chambers. I looked squarely into the face of the shag-headed creature. They avoided my eyes, and their quivering nostrils investigated the holes that lay beyond me on the beach. I took half-a-dozen steps, picked up the blood-stained whip that lay beneath the body of the Wolf-man, and cracked it. They stopped and stared at me.

702



- 1 소설 《모로 박사의 섬》.
- 2 세계 최초로 인공적으로 생성한 인슐린 '휴물린'.
- 3 생명체 최초로 특허를 받은 '기름 먹는 박테리아'.

년에 엘라이릴리이라는 기업이 사람의 인슐린이라는 뜻의 ‘휴물린’을 제품화했습니다.

여기서 진정한 의미의 프랑켄슈타인이 등장합니다. 기름 먹는 박테리아입니다. 1970년대 초반에 개발되어 여러 논란이 있다가 1980년 미국 대법원은 이 생명체에 최초로 특허를 허가한 것이죠. 그전까지만 특허는 기계에만 허용이 됐습니다. 그 뒤에 아버지 원콤 하우스라는 특정한 암유전자를 가지고 있는 쥐에도 특허가 부여되었습니다. 쥐 같은 커다란 생명체에도 특허가 된 거예요. 경제적인 측면에서 보자면 긍정적입니다. 그렇지만 유전자 변형 식품은 사회적, 환경적인 이유에서 계속 논란의 대상입니다. 여러분에게 무르지 않는 토마토를 먹으라고 하면 즐겁게 먹겠어요? 꺼림칙하죠. 유전자 변형 작물들은 미국에서는 판매되지만 유럽은 수입을 거의 하지 않습니다. 우리가 영화관에서 먹는 팝콘의 옥수수도 유전자 조작으로 만들어진 겁니다. 유전자 조작 농산물이 먼 이야기처럼 들리지만 이미 우리가 일상에서 섭취하고 있습니다. 미국에서는 먹어도 된다는 쪽으로 가고 있고, 유럽에서는 안 먹는 게 좋지 않겠느냐는 입장입니다.

유전자 조작을 이용해서 실험실에서는 기괴한 실험들도 많이 합니다. 인간의 뇌를 가진 동물을 만들어 실험을 하기도 하죠. 윤리적으로 논란이 될 수 있는 것도 있습니다. 이게 사실은 괴물 같은데, 한편으로 보면 어떤 사람에게는 희망을 줄 수도 있습니다. 사람의 조직과 비슷한 부분을 이식받아서 쓸 수 있다면 생명공학과 의학의 혁명이

라 할 수 있겠죠.

유전자 조작 생명체의 존재 자체에도 희망과 두려움이 공존합니다. 패트리샤 피치니니(Patricia Piccinini)라는 작가는 미래 생명공학의 가능성과 공포를 잘 표현하는 예술가로 꼽힙니다. 우리의 아이들이 미래에 모종의 생명체와 함께 살아가는 사진을 만듭니다. 굉장히 기묘한 경험이 아닐 수 없습니다. 정체를 알 수 없는 기묘하고도 불쾌한 느낌이 드는데 아이들은 크게 두려워하지 않습니다. 사진에는 미래에 대한 낙관과 희망과 함께 두려움과 공포가 공존하고 있습니다.

에두아르도 카츠라는 이름의 예술가는 꽃을 만들었습니다. 그 꽃은 평범한 꽃이 아닙니다. 본래 페투니아라는 꽃인데, 여기에 자기의 유전자를 섞었어요. 유전자 재조합으로 새로운 종을 만든 것이죠. 그리고 그 종의 이름을 ‘에듀니아’라고 지었습니다. 에듀니아는 식물(plant)과 동물(animal)의 유전자를 결합한 플랜티멀(plantimal)의 대표적인 예입니다. 사람들이 에듀니아의 작품성을 의심하자 카츠는 유전자 분석을 의뢰합니다. 페투니아 꽃에서는 볼 수 없는 유전자들이 존재하는 것으로 판명되었죠. 이런 작품을 만드는 예술가들은 의외로 많습니다. 아무것도 모르고 보면 아름답게 보입니다. 그런데 탄생에 대한 설명을 들으면 소름이 돋는 것들이 있죠. 그 소름이 바로 현재와 미래의 생명공학에 대한 ‘불쾌한 골짜기’입니다.

생명공학이 극에 달한 유토피아와 디스토피아는 어떤 세계일까요? 처음에 이야기했던 크리스퍼 유전자 가위 기술로 돌아가 봅시다.



- 1 패트리샤 피치니니 작가의 작품 <완전한(Undivided)>
- 2 피치니니는 사람들에게 "당신은 생명공학과 같은 현대 기술의 성공을 좋아하는 만큼 그 실패도 좋아할 수 있을 것인가?"라고 묻기 위해 작품을 만든다고 한다.
- 3 예술가 카츠는 연분홍 꽃잎의 붉은 임맥 세포 하나하나에 자신의 유전자가 발현되어 있다고 주장한다.

미래에 이 기술을 활용하면 맞춤형 베이비를 만들 수 있을지 모릅니다. 홍채와 머리카락 색은 한 가지 DNA에서 뽑을 수 있기 때문에 쉽게 편집할 수 있습니다. 반면에 유감스럽게도 키는 조작이 조금 어렵습니다.

이와 관련하여 2014년에 미국에서 유전자 편집 아기에 대해 어떻게 생각하는지 설문조사를 해봤습니다. 아이를 똑똑하게 하기 위해서 유전자 조작을 하는 게 정당하다는 질문에 예상 외로 많은 부모들이 부정적으로 답했습니다. 무려 83%의 부모들이 적절하지 않다고 생각했습니다. 물론 어떤 유전자가 똑똑한 것에 관련이 있는지 모르는 상태여서 현실적인 답을 한 것으로 볼 수도 있습니다.

이번에는 심각한 질병의 위험을 줄이는 것에 대해서 어떻게 생각하느냐고 물었습니다. 이번에는 적절하다는 의견이 46%나 나왔습니다. 생명공학이 더욱 발전하여 유전자 편집이 가능해진다면 똑똑해지는 것보다 건강 요소에서 시작될 확률이 높다는 것입니다. 자기 아이가 심각한 유전병을 가지고 태어날지도 모르는 상황에서 유전병에 관련된 유전자를 편집하는 걸 주저할 이유가 없다는 겁니다.

부모는 더 건강한 아이를 원하는 게 당연합니다. 하지만 아직은 생명공학의 발달로 인간 유전자 편집을 어떻게 어디까지 할지, 어떻게 받아들여야 할지 전혀 준비되어 있지 않습니다. <가타카>는 그저 영화라고 치부할지 모르지만 이미 인간 유전자를 편집할 준비는 끝났습니다. 유전자 편집의 정확도가 증가하고, 유전자에 대한 이해가 더

깊어지기만 하면 됩니다. 앞으로 얼마나 가까운 미래일지 알 수 없습니다.

유전자 편집이 지금은 뭔가 거창하고, 위험하고, 꺼림칙한 것처럼 느껴질지 모릅니다. 하지만 유전자 편집이 거의 모든 아기들에게 적용되고 성인도 필요할 경우 얼마든지 가능하다고 생각해 보세요. 마치 현재 신생아들이 태어난 지 8시간 안에 백신 주사를 맞는 것처럼 말이죠. 백신 주사를 맞는 이유는 질병의 예방이잖아요? 유전자 조작으로 더 광범위하고 치명적인 질병들을 예방할 수 있다고 가정해보죠. 유전자 조작은 지금의 백신 주사와 똑같은 게 되는 겁니다. 그리고 이게 사회 전체가 이런 유전자 조작을 시작하는 첫발일 수 있습니다.

유전자 편집 가위의 창시자가 유전자 편집을 반대하다

생명공학의 발전이 가져올 유토피아와 디스토피아는 어떤 세계일까요? 1976년에 전 세계 140명의 저명한 과학자들이 캘리포니아 아실로마에서 유전자 재조합법에 대한 회의를 열었습니다. 많은 학자들은 윤리를 잊은 과학 발전에 경종을 울렸고, 극단적으로는 유전자 재조합 과학 연구를 잠정적으로 중단해야 한다는 주장까지 등장했습니다. 크리스퍼가 유전자 가위로 활용되는 데 결정적으로 기여한 제니퍼 다우드나(Jennifer Doudna) 교수는 인간 배아에 관



- 1 미래에는 아기의 키, 홍채 색, 머리 색, 피부색 등을 선택해서 낳는 시대가 열릴지도 모른다.
- 2 유전자 재조합법에 대해 토론을 벌인 아실로마 회의.
- 3 제니퍼 다우드나 교수는 CRISPR-cas9 기술을 개발했지만 인간 배아 연구는 윤리적인 이유로 반대하고 있다.



련된 유전자 가위 연구를 그만두어야 한다며 모라토리엄(moratorium: 연구 중단)을 제안하기도 했습니다.

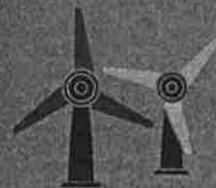
생명공학의 유토피아는 제니퍼 다우드나 교수처럼 과학의 발전에

윤리적 고찰을 더해서 생각할 줄 아는 이들이 많을 때 가능합니다.
반대로 과학을 인간 본위의 학문이 아니라 자본과 편리함만으로 다
룬다면 인간은 과학의 굴레에 갇히고 억눌릴 겁니다.

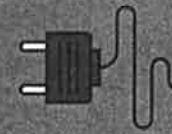
생명공학이 디스토피아를 낳지 않으려면 과학 공동체 스스로 과학
에 대해 반성과 비판적 사고를 해야 하며, 시민도 적극적으로 참여하
여야 합니다. 과학이 전진하는 발걸음을 조금 느려지더라도 신중하
게 내딛어야 합니다. 과학이 낳을 여러 혁신과 발전에 대해서 충분히
검토를 해야 합니다. 이렇게 하면 생명공학 발전의 혜택은 취하면서
도 디스토피아는 막을 수 있다고 생각합니다. 무엇보다도 중요한 것
은 전문가들 못지않게 시민들도 과학에 적극적으로 참여하여 과학의
발전을 만들어가는 것입니다. “미래를 예측하는 유일한 방법은 우리
가 그것을 만드는 것이다”라는 말이 있습니다. 우리가 미래를 확실하
게 알 방법은 없습니다. 우리가 할 수 있는 최선은 재앙의 원인을 제
거하고 새로운 희망을 만들어나가는 것 뿐입니다. 미래에 대해 한 가
지 확실한 게 있습니다. 정해진 것은 아무것도 없다는 것입니다. 우
리의 성찰, 참여, 노력만이 균형 잡힌 미래를 가져올 것입니다.

원자력에 대한 집착과 에너지독립

이 필 렐



박 회장 단장이 서 있어야
하는 힘은 어디에 있을까



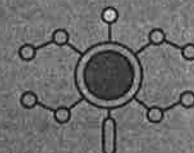
에너지 부족의 시대



국립기업에 걸치는 광범위한
사찰권



식은 머리, 패시용의 에너지독립
100%



독일이 원자력발전소를 포기하게 만든
원동력, '자연 원소'



원자력발전소를 반대하는 시민
참여의 힘



우리는 국가로부터 에너지독립을
실현할 수 있을까



비극의 시작, 후쿠시마
원자력발전소 사고