



생명복제, 어떻게 볼 것인가

황우석 | 서울대 수의학과 교수

I. 생명복제의 시대는 열릴 것인가

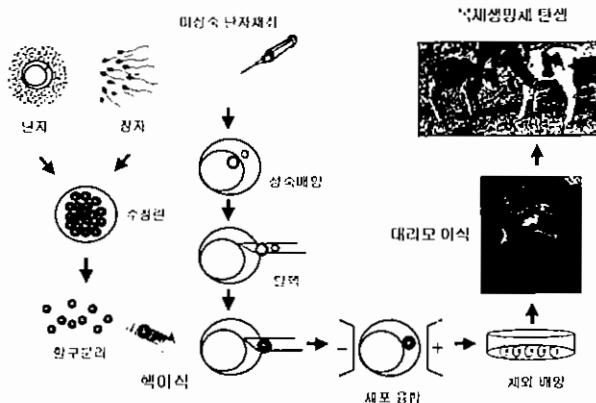
최근 외계인의 존재를 신봉하는 외국인이 방한하여 인간복제를 진행 중이라고 하였고 국내에서도 지원자가 줄을 잇고 있다고 발표했다. 이로 인해 생명복제에 관한 뉴스가 주요 이슈로 등장하여 세인들의 관심을 집중시키고 있다. 얼마 전 미국의 부시 대통령은 취임 후 첫 정책 발표에서 차년도 연방연구기금 중 2억 5천만 달러를 배아줄기세포 연구에 투입시키겠다고 하였다. 여기에는 이미 확립된 64개 세포주에 국한시킨다는 단서가 달려 있지만, 미국의 과학 기술 정책이 보수 기조로부터 전향적이며 능동적으로 전환한다는 신호로 보고 싶다. 그러나 인간 개체 복제나 배아 복제 또는 냉동배아 등을 파괴하여 이루어지는 새로운 연구는 기금 지원 대상에서 제외시켰다.

잘 알려져 있는 바와 같이 부시 대통령은 선거 공약에서 인간배아 연구를 반대했으며 교황도 부시 대통령에게 인간배아에 관련된 어떤 연구도 허용하지 말아 달라는 부탁을 하였다. 부시 대통령 그 자신이 기독교 신자이면서, 또 많은 종교계의 반대 여론이 일 것을 뻔히 알면서도 이와 같은 결정을 한 배경은 무엇일까?

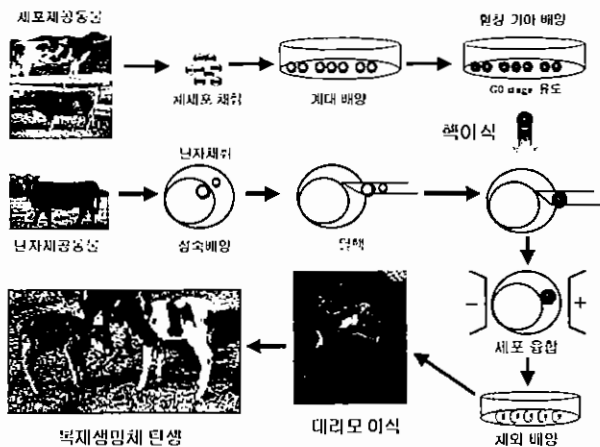
필자 나름대로의 판단으로는 수많은 난치·불치

질환의 해결 가능성이 있는 과학기술분야를 도외시할 수 없었을 것이고, 2010년부터 500억 달러의 잠재 시장이 예견되는 산업분야를 놓치고 싶지 않았을 것이다. 즉 인간유전체사업(Human Genome Project)에 이어 생명과학의 두 번째 영역을 미국이 주도하고 세계를 제패하겠다는 야심을 읽을 수 있을 것 같다. 이 정책은 당장 줄기세포 연구를 비롯한 생명복제 관련 연구 영역에 넓은 지평을 열 것으로 본다. 이번 결정으로 인해 세계 각국은 자국의 기술 경쟁력 확보 및 국민보건복지 향상을 위해 적극적인 과학기술 정책을 펼칠 것이다. 또한 생명윤리와 과학기술 발전 사이에서 논란과 갈등을 벌이고 있는 적지 않은 국가들에게 과학기술 개발 쪽에 무게중심을 이동시키는 촉매제로 작용할 것이다. 바야흐로 국가경쟁력을 놓고 치열한 선두 다툼과 산업 재산권 확보에 매진할 것으로 예측된다.

우리나라도 올해 초 과학기술부 장관의 위촉을 받아 생명윤리자문위원회가 발족되어 생명윤리기본법 시안이 마련되었고, 정부도 이를 토대로 여러 측면을 검토한 후 후속 조치를 취할 것으로 예측된다. 이 시안은 과학기술 발전과 생명윤리 존중이라는 동전의 양면을 조화롭게 만족시키고자 고뇌를 거듭한 결과일 것이다. 여기에 대해 일부 종교계에 서는 윤리적으로 미흡한 내용이라는 지적도 있었으



〈그림 1〉 생식세포 복제 과정



〈그림 2〉 체세포 복제 과정

며 반대로 관련 학계와 산업계에서는 지나치게 규제 일변도여서 과학기술 발전을 크게 위축시킬 것이라는 우려를 표명한 바 있다. 그 핵심은 인간과 동물의 세포를 상호 융합시키는 행위 금지 및 인간 배아 복제 금지 사항이다.

도대체 생명복제란 어떤 기술이며 무슨 잠재력과 문제점을 지니고 있기에 과학기술계만의 문제가 아닌 사회·정치적 이슈로까지 등장하는 것일까?

II. 생명복제 과정과 기술 개발 역사

생명체의 복제는 20세기 과학사 가운데 최대 사

건 중의 하나가 될 만큼 큰 사안이었다. 그러나 이에 대한 과학적 접근보다는 일부 측면의 지나친 부각과 함께 인간복제에의 연계 등 발전적 논의가 오히려 차단되고 있는 상황이다. 복제 기술이 개발되기 전까지는 암수 생식세포간의 결합(수정)에 의해서만 정상적인 개체발생이 가능한 것으로 알려져 있었으나 최근 세포융합 또는 세포 직접주입과 같은 체세포 핵이식 기술이 발전되면서 생명체의 복제가 본격적으로 이루어지고 있다.

복제 기술은 〈그림 1〉과 〈그림 2〉에서와 같이 생식세포 복제와 체세포 복제로 나눌 수 있다. 생식세포 복제란 암컷의 난자와 수컷의 정자가 결합된 수

“

생명체의 복제는 20세기 과학사 가운데 최대 사건 중의 하나가 될 만큼 큰 사안이었다. 그러나 이에 대한 과학적 접근보다는 일부 측면의 지나친 부각과 함께 인간복제에의 연계 등 발전적 논의가 오히려 차단되고 있는 상황이다.

”

정란의 분할 과정에 있는 난세포(할구)를 공여핵세포로 이용하는 방안으로, 이는 현존하는 생명체의 복제 기술이 아니고 향후 태어날 생명체를 복제하는 것으로 일란성 쌍둥이 또는 일란성 다둥이 생산과 같은 의미이다.

이에 비해 체세포 복제는 현존하는 생명체의 몸을 구성하는 세포(체세포)를 떼어 내어 이를 공여핵세포로 하는 진정한 생명복제 기술이라 할 수 있다. 복제하고자 채취한 체세포는 몇 단계의 준비 과정을 거쳐 복제에 적합한 상태로 유도한다. 그리고 현재까지 인공난자 제조 기술이 개발되지 않았기 때문에 복제 과정에서 필수적인 난자는 동물의 난소에서 채취하여 핵을 제거한 후 복제용 세포를 이곳에 주입하게 된다(핵이식). 그 후 세포융합과 인큐베이터에서의 체외배양 과정을 통해 복제 난자로 발육시켜 대리모의 자궁에 주입, 임신과 출산 과정을 거쳐 복제 생명체가 태어나게 된다. 이와 같은 체세포 복제는 난자와 정자가 결합하는 수정 과정이 없이도 생명체를 탄생시킬 수 있기에 바로 신의 영역을 침범하는 행위가 아닌가 하는 논란을 불러 일으키기도 한다.

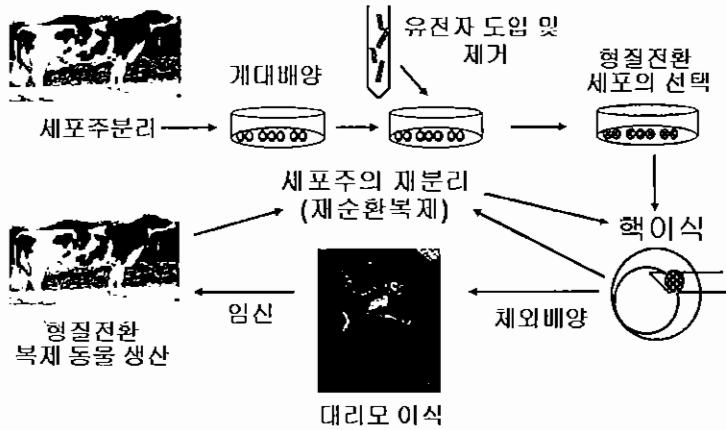
이중 생식세포 복제는 1983년 맥그라스와 솔터라는 과학자가 생쥐를 복제한 이후 윌라슨이 1986년 면양을 복제하는 등 각종 동물에서 성공 예가 이어지고 있었다. 그러나 복제양 돌리가 체세포 복제 기술에 의해 1997년 2월 23일 탄생 발표가 나오면서 생식세포 복제는 더 이상의 설자리를 잃고 체세

포 복제에 그 자리를 내주고 말았다. 돌리 이후 각국에서는 생쥐, 소 등의 복제가 뒤따랐고 우리나라에서도 1999년 복제 젓소 영롱이와 한우 진이가 탄생되면서 복제 기술에 관한 한 선진국 대열에 동참하여 치열한 선두 다툼을 벌이고 있다. 드디어 2000년에는 어렵다는 돼지의 복제에도 성공하여 인간에게 장기를 제공할 수 있는 유전자 적중 돼지의 출현을 기대하게 되었으며 각종 암이나 치매, 당뇨병과 같은 난치성 질병을 극복할 수 있는 치료용 세포 생산에의 길에 바짝 다가서고 있다. 아울러 이종간(異種間) 복제도 국내 연구진에 의해 그 가능성이 확인되어 복제 기술의 적용 영역은 그 한계가 어디까지일까 예측할 수 없을 정도로 확대, 심화되고 있다.

Ⅲ. 생명복제 기술의 적용 영역과 전망

생명복제 기술은 그 잠재 영역 중 대부분이 바이오 의학이나 바이오 농업에 적용될 것이며 그 외에 환경 보전 및 바이오 에너지 분야 등에도 이용될 수 있을 것이다. 또한 머지 않은 장래에 유전자 적중 기술이 복제 기술과 어우러져 실용화된다면 각각의 기술이 지닌 특성에 시너지 효과가 발휘되어 인간의 삶의 질 향상에 가장 중요한 역할을 할 것이다.

향후 10년 전후의 시기에 실용화 될 것으로 예측되는 기술을 열거하면 다음과 같다.



〈그림 3〉 치료용 단백질 생산용 형질전환 젖소 복제 과정

1. 동물의 번식과 개량

유전적 진보는 유전적 다양성을 탐색하여 그 중 제한된 개체를 대량으로 번식시키는 기술의 수준에 달려 있다. 산업적으로 중요한 몇 가지 유전 특성들은 그것을 완전히 밝혀 내려 해도 환경 요인에 의해 심하게 영향을 받아 개체의 유전적 장점을 정확하게 파악하기가 어렵다. 젖소에서 경제적 손실을 초래하는 주요 질병인 유방염과 부제병 등이 그 대표적인 예이다. 형질이 우수한 젖소를 번식에 이용할 지 결정하기에 앞서 동일한 개체를 몇 번 복제하여 1두로는 밝혀 내기 어려운 질병 감수성 등 경제형질을 정확하게 파악하여 향후 우량형질 보존에 바로 적용할 수 있게 된다.

다시 말해 수많은 산업동물 중에서 우량동물을 선발하고 이를 복제하여 단기간 내에 능력 개량을 이룬다면 축산업의 생산성은 획기적으로 향상될 것이다. 이와 같은 복제 기술의 실용화는 3~5년 후에는 기대할 수 있을 것으로 예상된다.

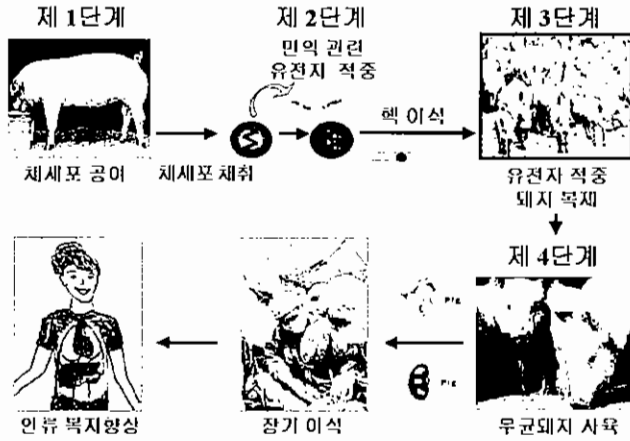
아울러 체세포 복제 기술은 형질전환동물 생산 기술에 획기적 전기를 가져왔다. 즉 세포에서 특정 유전자를 제거하거나 변화시켜 유전 적중된 세포를

복제에 이용하면 원하는 유전형질로 변화된 동물을 대량 생산할 수 있어 기존의 형질전환동물 기술이 지니고 있는 한계를 극복, 실용화 단계로 적용할 수 있을 것이다.

2. 치료용 단백질의 생산

치료용 단백질은 질병 치료에 유익한 수단으로 이용되고 있으나 공급이 부족한 상태이다. 일부는 혈액에서 정제하기도 하나 비용이 많이 소요되며 시료에 에이즈, C형 간염 또는 광우병 등 감염성 요인의 오염 가능성도 있다.

이에 비해 형질전환동물의 젖이나 오줌, 혈액에서는 대량으로 생산이 가능하며 가격은 상대적으로 저렴해진다. 이런 방법으로 복제된 형질전환동물을 생산한 후 적용할 수 있는 예에는 혈청알부민이 있다. 전세계적으로 화상이나 창상 치유에 필요한 인간 혈청알부민은 600t 이상이 된다. 〈그림 3〉에서와 같이 유전자 적중(gene targeting)에 의해 소에서 동등한 부위를 인간의 알부민 유전자로 대체하는 방법으로 특정 단백질을 대량생산하는 동물을 개발할 수 있다. 이 기술은 미국 및 영국에서는 이



〈그림 4〉 장기제공용 돼지 생산 개요

미 일부 성공 예가 발표되기도 했으며 국내에서도 가까운 장래에 기대했던 결과를 얻을 것으로 예측된다.

3. 장기이식용 동물의 생산

심장, 안구 등 인간 장기이식 적용 예는 20여 년이 경과되어 최근에는 일반 치료술로 인식되고 생명 구제의 중요한 영역으로 자리잡고 있다. 그러나 절대적으로 부족할 수밖에 없는 장기 공급원의 해결책은 제한된 사후 기증 예가 아니라 제 3의 공급방안에서 찾아야 할 것이다.

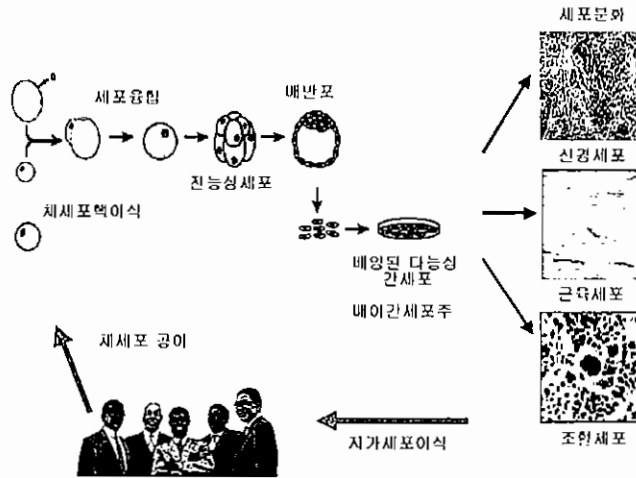
여기에는 의공학적인 기술에 의한 인공장기의 개발과 형질전환 기법에 의한 장기 제공용 동물의 생산의 방안이 있다. 형질전환동물에 의한 인간 장기의 공급은 완벽한 결과를 얻기 전까지는 면역조직학적 거부 반응, 종 특이성과 같은 난제 및 미생물학적 상이성 등 해결되어야 할 과제가 산적해 있다.

그러나 최근 생명공학기술의 발전은 형질전환 및 체세포 복제술을 적용하여 이를 해결코자 하는 시도가 이루어지고 있으며 점차 가시화되고 있다.

〈그림 4〉에 나타난 바와 같이 인간의 장기와 유사한 특성을 지닌 돼지의 세포에 인간과의 거부 반응이 약한 면역체계를 적응하여 형질전환된 돼지를 복제하고 여기에 미생물을 통제할 수 있는 사육 시스템을 적용한다면 인간에게 적합한 장기제공용 돼지를 대량생산 할 수 있을 것이다.

4. 세포·유전자 치료(줄기세포 연구)

백혈병, 파킨슨씨 병, 당뇨병 등 세포성 질병의 환자에 대한 세포이식은 이미 시도되고 있다. 이러한 치료용 세포는 면역 거부 반응에 대한 문제를 피할 수 있는 대상으로부터 얻어야 한다. 인간 세포가 난자 없이도 리프로그래밍되는 과정을 더 이해하게 되면 환자 자신의 세포를 이용할 수 있게 되어 조직의 불일치에서 발생하는 문제를 줄일 수 있다. 즉, 환자 자신으로부터 세포를 채취하여 원하는 세포 타입으로 만들고 이를 다시 치료 목적으로 환자에게 이식하게 된다는 것이다. 그러나 현재까지는 난자를 이용하지 않은 채 세포를 완전히 리프로그래밍하여 역분화 시키는 방법은 없으며 이 때문에 세



〈그림 5〉 배이간세포의 복제생산 과정

계 각국에서는 배아복제를 통한 배아줄기세포의 확립에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다.

그러나 여기에는 인간개체 복제로 오·남용 될 수 있는 가능성이 있어 각국마다 적절한 가이드라인과 법적 규제 장치를 마련해 가고 있다. 이 기술은 이미 자연수정란에서는 간세포를 배양하는데 성공했으며 복제 기술을 이용한 배아줄기세포 생산도 가까이 접근하고 있다.

Ⅳ. 생명복제는 학문 영역인가, 어디까지 허용되어야 할까

대부분의 생명공학 기술은 그 쓰임새에 따라 인류에게 축복이 될 수도 있고 재앙으로 작용할 수 있다. 특히 생명의 창조에 건줄 수 있는 생명복제 기술은 선용이나 오·남용이나에 따라 극단적 영향을 끼칠 수 있을 것이다. 악용시의 해악은 타 분야 과학기술과 비교할 수 없을 정도의 엄청난 규모가 될 것이기에 이 기술 개발 과정 및 적용 영역에 대한 철저한 준비와 사회적 합의가 수반되어야 한다.

세계 각국에서는 생명복제 기술에 대한 가이드

라인과 법적 장치가 속속 마련되고 있으며, 국내에서도 국회 과학기술정보통신위원회를 중심으로 입법 과정을 밟은 적이 있으나 15대 국회의 마감과 함께 자동 폐기되었고 제 16대 국회에서 입법청원된 상태이다. 최근에는 보건복지부에서 생명안전윤리법을 제정하겠다고 하여 용역 사업 후 공청회를 개최, 찬반양론을 불러일으킨 적이 있다. 또한 과학기술부 산하의 생명윤리자문위원회가 구성되어 가치 "생명윤리 기본법시안"을 마련 중이지만 이에 대해서도 기술개발을 통제해야 한다는 시민단체, 종교계 등의 의견과 이에 반대하는 과학계 및 산업계의 의견이 팽팽하게 대립되고 있다.

이에 대한 각국의 규제 수준은 독일과 같이 2차 대전시 생체 실험의 악몽을 겪은 나라에서는 통제가 기초를 이루고 있으며 영국에서는 허용 범위가 의회를 통과하였고, 미국이나 일본 등에서는 인간개체 복제는 금하되 과학발전과 의료 기술 개발 측면은 지원 내지 허용하는 기초를 띄우고 있다. 우리나라는 일부 과학자들이 척박한 환경에서도 관련 기술의 선도국 내지 선진국으로 위치하도록 기술개발에 진력해 왔으나 최근 생명윤리 및 사회의 건강

성을 내세우는 시민단체 등의 강력한 이견이 제기되고 있다.

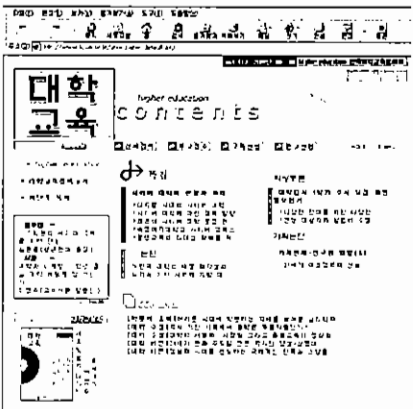
과연 생명복제는 학문 영역일까? 물론 학문 영역이며 여러 학문분야에 큰 영향을 끼칠 수 있는 필수영역이다. 그렇다면 그 연구의 허용 범위는 어디까지일까? 생명공학은 생명 현상 그 자체를 탐구 대상으로 하며 그 결과는 인간의 생활에 직접 영향을 끼치는 특성을 지니고 있어 다른 학문 영역과 동일한 무제한적 연구의 자유를 요구할 수는 없다고 본다. 따라서 그 허용 범위는 과학계, 철학계, 종교, 시민단체, 산업계 등의 폭넓은 논의의 바탕에서 컨센서스를 모으고 학문의 국제적 추세와 발전 정도

등을 종합적으로 검토하여 정해야 될 사안이 아닐까? **■**

황우석

서울대 수의학과를 졸업하고 동 대학원에서 석·박사 학위를 취득하였다. 일본 북해도대 수의학과 객원연구원을 거쳐 서울대 부속동물병원장과 서울대 수의과대학 부학장, 대한수의학회 학술위원장 등을 역임하였다. 현재 서울대 수의학과 교수로서 한국임상수의학회 부회장, 국가과학기술위원회 정책전문위원, 한국발생생물학회 부회장 등으로 활동 중이다. 저서로는 『이것이 첨단 과학이다—어떻게 양을 복제할까?』, 『동물유전공학』(공), 『농업과학기술총서 1—유전공학실험법』(공), 『수의산과학』(공) 등이 있다.

더욱 새로운 모습으로, 보다 가까이 다가가겠습니다.
『대학교육』 웹진이 새롭게 선보입니다.



독자 여러분의 다양한 욕구를 충족시켜 드리고, 언제 어디서나 PC만 있으면 『대학교육』을 손쉽게 접할 수 있도록 대교협에서는 『대학교육』의 웹진을 새롭게 준비하였습니다. 독자 여러분의 변함없는 관심과 애정을 기대합니다.

▶ 『대학교육』 홈페이지 주소 : www.kcue.or.kr 초기화면 왼쪽 메뉴의 "대학교육지" 선택