

세계가 놀란 한국의 복제기술 '경이적'

글_이은정 경향신문 과학전문기자 ejung@kyunghyang.com

2005년 6월 6일 경상대 연구팀의 염소 복제 성공, 7월 19일 엠젠바이오의 당뇨병 치료 복제 돼지, 8월 서울대 연구팀의 세계 최초 개 복제, 8월 24일 '항암 치료보조제 유전자이식 돼지' 생산 성공 등 최근 국내 연구팀이 잇따라 동물복제 성공 소식을 정하면서 갑자기 동물복제 바람이 불고 있다. 한동안 줄기세포에 쏠려있던 관심이 다시 동물 복제로 돌아서는 분위기다. 여기에 지난해 순천대팀이 발표한 고양이 복제까지 합하면 우리나라는 동물 복제의 왕국이라 할 수 있다.

한국의 동물 복제는 1999년 2월 황우석 교수팀이 복제소 '영롱이'를 탄생시키면서 시작했다. 최근 황 교수팀이 다시 개 복제에 성공하면서 1999년 2월부터 2005년 8월까지 우리 나라가 복제에 성공한 동물은 소, 돼지, 개, 고양이, 염소 등 5종이다. 전세계에서 복제에 성공한 동물 종류가 모두 13종인데 국내에서 5종을 복제했으니 한국의 복제 기술은 가히 세계 수준이라 할 수 있다.

한국의 동물복제 기술은 세계 수준

세계 최초의 복제양 '돌리'는 1996년 영국에서 탄생했고 우리 나라 최초의 복제동물인 영롱이는 1999년에 탄생했다.



2005년 8월 서울대 연구팀(황우석 외)이 탄생시킨 복제 개 '스너피'(오른쪽)와 체세포를 공유한 '타이'

이 때만 해도 약 3년 정도의 격차가 있었다. 복제된 동물별로 '세계 최초'와 '국내 최초'를 비교해 봐도 2~3년의 차이가 있다. 소의 경우 1998년 미국의 시벨리 박사가 최초로 성공했고, 우리 나라는 이듬해인 1999년 가능해졌다. 돼지는 세계 최초 기록이 2000년이지만 국내에서는 경상대 축산과학부 김진희 교수팀이 2003년에 성공했다.

복제 연구가 진행되면서 선진국과의 기술 격차는 점점 줄어들었다. 대표적인 애완동물인 고양이, 개의 경우 복제 기술은 세계 수준이라고 할 수 있다. 2004년 순



천대 동물자원학과 공일근 교수팀은 세계에서 두 번째로 고양이를 복제하는데 성공해 큰 관심을 불러일으켰다. 세계 최초의 복제고양이는 2002년 텍사스A&M대학에서 만든 '씨씨(Cc)'이다.

8월초 우리 나라는 드디어 세계 최초라

는 타이틀을 거머쥐었다. 서울대 수의학과 황우석·이병천 교수가 복제 개 ‘스너피’를 탄생시켜 전세계로부터 인정을 받은 것이다. 개 복제는 미국의 텍사스 A&M대학이 1998년부터 시도했으나 결국 실험을 접어야 했던 동물 복제의 최후의 보루였다. 또 언론에 크게 부각되지는 않았지만 진주산업대 동물생명과학과 박희성 교수팀은 염소의 복제에 도전, 지난 6월 복제 염소를 탄생시키는데 성공했다. 서울대 이병천 교수는 “초창기에 우리나라의 동물 복제 기술이 선진국에 비해 2~3년 정도 뒤졌으나 점점 격차가 줄어들어 이제는 한국이 동물 복제에 있어 세계 수준이 됐다”고 평가했다.

한국연구팀 동물복제에 강한 이유 있어

동물복제에서 눈에 띄는 부분은 국내에서 훈련을 받은 ‘토종 박사’들이 연구의 최전선에 있다는 점이다. 또 순천대, 경상대, 진주산업대 등 소위 지방 대학의 연구팀들이 우수한 성과를 내놓는 것도 특이한 현상이다.

먼저 동물 복제는 노동집약적인 산업이다. 처음으로 동물을 복제하기가 어렵지, 일단 한 연구팀이 성공했다고 하면 다음에는 얼마나 엉덩이를 붙이고 오래 연구를 하느냐가 성패를 좌우한다. 이번에 서울대팀이 성공한 개 복제도 1천95개의 난자와 123마리의 대리모를 이용했는데, 이러한 끈기 있는 작업에 한국인들이 강하다. 또 한국의 젓가락 문화로 대변되는 손기술도 복제 연구의 시점을 앞당기는데 작용했다. 엠젠바이오 박광욱 박사는 “한국 사람들이 변화에 민감하고 새로운 기술을 받아들여 접목하려는 욕망이 강하다”며 “스핀지처럼 새로운 기술을 받아들



박광욱 사장

여 이를 자기 것으로 만들고 있다”고 설명했다.

두 번째는 축산·수의학 분야 기술이 꾸준히 발전해왔다는 점

이다. 우리 나라는 1980년대부터 우수한 품종의 소를 생산하기 위해 인공수정에 많은 관심을 기울여왔다. 이 과정에서 소의 난자를 많이 다루었으며 이러한 기술이 체세포배아복제와 대리모 임신에 잘 활용되었다고 할 수 있

다. 경상대 김진희 교수는 “체세포 핵이식을 이용한 복제기술이 갑자기 언론의 주목을 받아서 그렇지 사실은 오래 전부터 해오던 일”이라고 말했다.



김진희 교수

세 번째는 우리 나라가 축산분야에서 일본과 밀접한 학문 교류를 해오던 터라 인공수정 강국이었던 일본의 기술을 쉽게 받아들일 수 있었다는 것이다. 1998년 생쥐를 복제한 하와이대학의 교수도 일본인이며, 일본의 긴키대학은 미국의 시벨리 박사와 거의 비슷한 시기에 소의 복제에 성공했다.

그 외 해외에서 활동중인 우수한 인재들과 국내 연구진이 네트워크를 이뤄 국내 복제기술을 발전시키는데 공헌을 했다.

단순 복제에서 실용화 복제 연구로

소, 돼지, 쥐, 토끼, 고양이, 개 등 이미 우리가 접할 수 있는 동물들은 거의 복제가 되었다. 앞으로는 이러한 동물 복제 기



해외

- ▲ 1996년 = 면양 ‘돌리’ 복제(영국 로슬린연구소)
- ▲ 1998년 5월 = 소 복제(미국 매사추세츠대학)
- ▲ 1998년 7월 = 생쥐 복제(미국 하와이대학)
- ▲ 2000년 6월 = 염소 복제(중국 서북농림과학기술대학)
- ▲ 2001년 = 가우르 복제(미국 ACT사)
- ▲ 2002년 8월 = 돼지 복제(영국 PPL 세라퓨틱스사)
- ▲ 2002년 2월 = 고양이 ‘씨씨’ 복제(미국 텍사스A&M 대학)
- ▲ 2002년 3월 = 토끼 복제(프랑스 농학원·INRA)
- ▲ 2003년 5월 = 노새 복제(미국 아이다호대학)
- ▲ 2003년 5월 = 말 복제(이탈리아 생식기술연구소)
- ▲ 2003년 5월 = 사슴 복제(미국 텍사스A&M 대학)
- ▲ 2003년 9월 = 쥐 복제(프랑스 농학원·INRA)

국내

- ▲ 1999년 2월 = 젓소 ‘영롱이’ 복제(서울대)
- ▲ 2002년 7월 = 국내 첫 돼지 복제(경상대)
- ▲ 2004년 7월 = 국내 첫 고양이 복제(순천대·세계 2번째)
- ▲ 2005년 6월 = 국내 첫 염소 복제(진주산업대학)
- ▲ 2005년 8월 = 세계 최초의 개 복제(서울대)

술을 어떻게 활용하느냐에 초점을 맞추어야 한다. 방향은 크게 2가지다. 하나는 인간의 질병치료에 도움이 되는 치료용 복제이며, 다른 하나는 멸종위기동물이나 특수동물을 복제하는 길이다.

치료용 복제를 위해서는 형질전환 기법이 필요하다. 우리가 원하는 유전자를 끼워 넣은 뒤 이를 복제해 복제한 동물에게서 유용한 결과물을 얻어야 한다. 복제 대상 동물은 대부분 돼지이다. 돼지는 인간에게 장기를 제공하거나 신약개발에 유용한 물질을 생산하는 도구로 활용된다.

세계적으로는 미국 미주리대 연구팀이 형질전환 복제돼지 생산에 처음으로 성공했다. 국내에서는 황우석 교수팀과 엠젠 바이오팀이 2003년 형질전환 복제돼지

생산에 성공했다. 또 국내 최초로 돼지 복제에 성공했던 경상대팀도 여기에 도전하고 있다.

서울대 황우석 교수팀이 만든 무균미니 돼지는 인간에게 장기를 이식할 후보로 각광받고 있다. 황 교수팀은 이들 돼지의 췌도세포(인슐린분비세포)를 떼어내 당뇨병 환자에게 주입하면 인슐린 분비가 가능해질 것으로 보고 영양류 실험에 들어갈 예정이다. 또 이러한 돼지들에게서 면역 거부반응을 없애 심장, 신장 등의 각종 장기를 인간이 이식받을 수 있을 것으로 기대하고 있다. 현재 이종이식 연구는 돼지의 심장을 개나 다른 동물에게 시험적으로 이식하는 수준까지 발전했다.

엠젠바이오도 지난 7월 당뇨병 치료가



가능한 복제돼지를 만들었다. 이 회사가 최근 발표한 백혈구 증식인자(GM-CSF)

한국 복제기술, 국제적인 네트워크 이뤄 급격히 발전

세계 최초의 체세포 복제동물은 영국 로슬린연구소의 복제양 '돌리'이다. 돌리는 1996년 태어났으며 6개월 후인 1997년 2월에 세상에 공개됐다. 포유류에서 불가능하다고 생각했던 체세포 복제가 가능했다는 사실이 알려지자 전세계는 동물 복제의 열기로 넘쳐흘렀다. 1998년 한 해 동안 미 하와이대학의 와카야마 박사가 생쥐를 복제했고, 미 매사추세츠주립대의 시벨리 박사가 소를 복제하는데 연이어 성공했다. 또 일본 긴키대학의 쓰노다박사도 비슷한 시기에 소 복제에 성공했다.

한동안 잠잠하던 복제 연구는 2000년 다시 불이 붙었다. 영국의 생명공학벤처기업인 PPL

세라퓨틱스가 인간에게 장기를 공급할 수 있는 동물인 돼지를 복제했다. PPL사와 경쟁 관계에 있던 미국 미주리대 연구팀은 복제돼지를 먼저 탄생시켰으나 발표를 미루다 '세계 최초'의 타이틀을 영국에 넘겨줘야 했다. 또 2002년에는 토끼, 고양이, 물고기가 차례로 복제됐으며, 2003년에는 말, 사슴, 쥐가 뒤를 이었다. 새끼를 낳을 수 없는 동물인 노새와 멸종위기에 놓인 아시아황소 '가우르'도 복제에 성공했다.

치열한 동물 복제 경쟁의 역사에서 한국인 과학자들도 큰 활약을 했다. 가장 눈에 띄는 인물은 동물 복제의 종본산이라 할 수 있는

텍사스A&M대학의 신태영 박사이다. 신 박사는 서울대 수의대에서 박사학위를 받은 후 텍사스A&M대학에 박사후연구원으로 건너갔다. 이 곳에서 신 박사는 개와 고양이의 복제에 도전했다.

텍사스A&M대학 연구팀은 2001년 말 세계 최초로 복제고양이 '씨씨(Cc)'를 만들어내는데 성공했다. 2002년 2월 네이처에 발표된 이 논문에는 미국의 마크 웨스트후신 박사와 함께 한국인 신태영 박사의 이름이 나란히 실렸다. 신 박사는 한국인으로 세계 최초의 복제동물종을 생산한 사람으로 기록된다. 그는 또 2003년에는 마크 웨스트후신 박사와 함께 세계 최초의 사슴 복제도 성공적으로 이끌었다. 신 박사는 현재 고양이 복제기업인 '지네틱 세이빙 앤 클로닝'사로 옮겨 복제 연구를 계





영롱이



무균돼지



당뇨병 치료 돼지


생산용 형질전환복제돼지는 신약 개발용 복제에 해당된다. 돼지의 젖에서 백혈구

증식인자를 추출해 이를 농축, 암 치료에 사용한다는 계획이다. 이와 비슷하게 경

상대 김진희 교수팀도 적혈구 촉진인자를 가진 돼지, 혈소판 촉진인자를 가진 돼지 등을 개발하고 있다.

체세포 복제기술을 이용하면 이미 멸종한 동물이나 멸종위기에 있는 동물을 대량으로 만들어낼 수 있다. 지난 2000년 복제를 시도했던 백두산호랑이를 비롯해 삼, 한국여우, 한국늑대 등 우리 주위에서 사라지고 있는 토종 동물이 보존 대상으로 떠오르고 있다.

이들 동물의 복제는 생각보다 쉽지 않다. 멸종 위기 동물은 기본적으로 개체 수가 적기 때문에 난자를 구하기가 어렵고, 결과적으로 다른 동물의 난자에서 빌려와야 한다. 미국의 생명공학벤처기업인 ACT사는 멸종 위기에 놓인 아시아황소 가우르를 복제하기 위해 소의 난자를 이용했으나 복제된 가우르는 태어난 지 48시간 만에 죽어버렸다.

그러나 일부 생명공학자들은 가우르가 태어난 사실 자체만으로 큰 의미를 부여하고 있다. 소의 난자를 이용해 체세포복제배아를 만들었고, 임신에 성공했으며 출산까지 가능했다는 것이다. 많은 과학자들이 포유류의 복제가 불가능하다고 생각해왔으나 결국 복제양 돌리가 태어났고 수많은 동물들이 복제되고 있지 않은가. 복제 전문가들은 현재의 생명공학발전 속도에 비추어볼 때 백두산호랑이나 판다곰, 매머드의 복제도 언젠가는 가능하리라 점치고 있다. 



이병천 교수



신태영 박사



이기영 박사

계 학교를 다닌 수의대 트리오다. 이병천 교수는 “한국 출신이 해외의 복제 연구소에서 우수한 성과를 내놓음에 따라 복제 연구의 국제적인 네트워크가 가능했으며, 한국의 복제기술이 빨리 발전할 수 있었다”고 밝혔다.

속하고 있다.

또 다른 인물은 현재 텍사스A&M대학에 있는 최영호 박사이다. 그는 서울대 수의학과에서 석사를 마친 후 일본 연합대학 박사학위를 받고 미국 유타주립대에서 박사후연구원을 지냈다. 텍사스A&M대학에는 신 박사보다 늦게 합류했다. 지난 3월 미국에서 발표한 ‘파리 텍사스’라는 말 복제 연구에 최 박사가 함께 참여했다. 지금도 텍사스A&M대학에서 맹활약중이다.

이번에 개 복제에 성공한 이병천 교수와 신태영, 최영호 박사는 나란히 서울대 수의대 선후배 사이다. 대학 입학이 이병천 교수부터 차례로 83학년도, 84학년도, 85학년도로 함

여류의 복제에서 또 하나 눈에 띄는 한국인 과학자가 있다. 미국 로스앤젤레스 캘리포니아주립대(UCLA)의 이기영 박사다. 그는 군산대 해양개발학과 출신으로 물고기 전문가였다. 남들은 모두 포유류를 연구했으나 그는 물고기가 좋아 여류의 형질전환과 복제에 매달렸다. 결국 2002년 열대어의 일종인 ‘제브라피시’를 복제하는 데 성공했다. 제브라피시는 녹색 형광유전자를 끼워 넣은 뒤 복제한 동물이라는 점에서 큰 의미가 있었다. 이 박사가 세계 최초로 유전자를 조작한 복제 동물을 생산하는데 성공함에 따라 형광 유전자를 넣은 돼지 복제 연구가 진척될 수 있었다.



글쓰는 서울대 미생물학과를 졸업 후, 서울대 의대에서 박사학위를 받았다. 1995년 경향신문사에 입사해 사회부와 경제부 등을 거쳐 현재 과학전문기자로 활 동중이다.