

생명복제기술의 현황과 전망

黃 禹 錫*

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> □ 생명공학의 특징 및 중요성 <ul style="list-style-type: none"> ○ 생명공학의 특징 ○ 생명공학의 중요성 ○ 국내 생명공학 육성정책 추진실적 및 현황 □ 21세기 생명기술의 목표 □ 생명복제 과정과 기술 개발 역사 □ 생명복제과정 <ul style="list-style-type: none"> ○ 수핵세포질의 준비 ○ 공여핵세포의 준비 및 핵이식 ○ 난자활성화 ○ 리프로그래밍 | <ul style="list-style-type: none"> ○ 핵이식란의 체외배양 및 대리모 이식 □ 생명복제기술의 적용영역과 전망 <ul style="list-style-type: none"> ○ 동물의 번식과 개량 ○ 치료용 단백질의 생산 ○ 특정 영양물질의 생산과 이용 ○ 장기이식용 동물의 생산 ○ 질환모델 동물의 생산 ○ 세포·유전자 치료(줄기세포연구) □ 생명복제는 학문영역인가. 어디까지 허용되어야 할까. |
|--|---|

□ 생명공학의 특징 및 중요성

생명공학이란 산업적으로 유용한 생산물을 만들거나, 생산공정을 개선할 목적으로 생물학적 시스템, 생체, 유전체 또는 그들로부터 유래되는 물질을 연구·활용하는 학문과 기술을 총칭하는 것이다(과학기술부의 분류).

여기에는 의·약학, 동·식물·미생물 등 생물학, 생화학, 분자생물학, 농·축·수의·수산학 등 관련 학문분야가 매우 다양하다.

○ 생명공학의 특징

생물공학기술은 기초과학 의존적이나 그 연구결과는 산업화로 직결되

* 서울대 교수

는 특성을 지니고 있다.

예를 들면 인체유전자연구(Human genome project)은 매우 기초적이거나 질병 관련 유전자를 탐색하여 치료제나 신약 등을 개발하는 산업적 응용 분야로 직결된다.

또한 안정적이며 오랜 연구개발기간이 필요하다는 점과 이로 인해 투자회임기간이 수년 또는 수십년이 소요된다는 특징도 있다.

예를 들면 특정유전자가 적중된 동·식물을 생산하기 위해서는 십수년이 소요되며 체세포 복제동물이 태어나기까지 각국에서는 십오륙년의 연구과정이 있었다.

○ 생명공학의 중요성

생명공학은 인간의 질병퇴치, 식량증산, 환경보존, 에너지대체 등을 통한 삶의 질을 향상시키는 도구기술이 될 것이다. 1990년부터 미국을 중심으로한 선진국들이 추진한 인간유전체연구(Human genome project)의 결과가 그 대표적 예로서 인류생활에 막대한 영향을 끼칠것으로 예견되고 있다.

또한 생명공학기술은 정보·전자나 신소재기술 등과 상호 결합하여 생명정보학(Bioinformatics) 형태 등으로 발전해가면서 성장속도가 점점 가속화되는 추세이다.

아울러 지식기반의 고부가가치 창출이 가능한 기술분야로서 생산물은 극소량일지라도 매우 고가이며 잠재효력이 막강하다는 특징으로 국가사회적 중요성을 더해가고 있다.

○ 국내 생명공학 육성정책 추진실적 및 현황

우리나라의 생명공학기술은 1983년에 제정된 생명공학육성법이 기초가 되어 생명공학종합정책심의회가 구성되었으며 뒤이어 생명공학육성기본계획(1994~2007년)등을 토대로 추진되어오고 있다.

공공연구비 투입현황은 1994년부터 1999년까지 7개부처에서 6,579억원이 집행되었으며 2000년에는 2,140억원이 투자되었다. 이들 연구비지원에

의해 수행된 연구성과물로서 체세포 복제동물의 생산, 인공씨감자 개발, 에이즈DNA백신 기술개발 등이 대표적으로 제시되고 있다.

아울러 「21세기 프런티어 연구개발사업」과 같은 대형사업으로 본격 추진하고 있으며 첫 번째 사업으로 1999년에 “인간 유전체 기능연구 사업단”을 설치하였고 2009년까지 총 1,770억원을 투자하여 위암·간암 등 한국인 호발질병의 치료생존율을 현재 20%에서 2010년까지 60% 수준으로 제고하는 목표가 설정되어 있다.

2000년에는 “자생식물이용 기술개발 사업단”을 설치하여 2009년까지 1,650억원을 투자, 식품의약·기능성 향장품 25종, 식물백신 5종을 개발하고 있다.

또한 2001년도에 “식량작물의 분자육종 기술개발 사업단”과 “생체기능 조절물질 개발 사업단”이 선정되어 사업이 착수되었다.

□ 21세기 생명기술의 목표

아프리카 지역에서는 영양결핍과 질병으로 매년 수많은 「인간」이 죽어간다. 가까운 우리의 이웃에서는 우리 「동족」이 기아선상에서 고통을 받고 있다.

사회학자들의 분석에 의하면 커다란 국지전이나 세계대전은 대개 식량과 인구의 불균형이 심화된 시점에서 발생했다고 한다.

일부 논자들은 지구에서 생산되는 식량의 절대량은 세계인구를 충족시키고도 남는다고 한다. 단지 왜곡된 경제체제와 분배구조가 문제라는 지적이다. 일응 타당한 논리일 수도 있다.

그러나 자본주의와 시장경제원리가 거역할 수 없는 세계적 조류인 현실에서 이와같은 이상적 지적이 현실적 대안이 될 수 있겠는가 하는 점이다.

개간이나 간척사업등으로 아무리 재배면적을 확대시켜도 개발이나 사막화에 의해 잠식당하는 경작지를 상쇄할 방안은 못된다.

재래영농기술은 농작물의 소출량을 향상시키기에는 거의 한계점에 도달했다.

즉, 전세계의 먹거리 총량은 정체 또는 감소되고 있으나 지구인구는 아직도 증가일로다.

해결방안은 전쟁이나 치사율이 높은 전염병으로 강제적 인구도태를 유도하든지, 인간의 소화생리를 아예 바꿔, 먹지 않고도 살아갈 수 있게 하거나 신기술을 개발하여 식량증산을 달성하는 방법밖에는 없다.

이 가운데 이성적 판단력을 지닌 인간이 택할 수 있는 유일한 방안은 자명하다고 하겠다.

죽음의 고통에 짓눌리던 어린 백혈병환자, 치매상태의 가장을 구완하느라 정상적 사회활동을 포기해야 했던 가정, 난치성 질병으로 생의 중간지점에서 날개를 접어야 했던 엘리트중견인, 이들에게 환한 미소를, 활기찬 삶의 역동을, 재도약을 향한 날개짓을 가져다 줄 수 있는 길은 무엇일까.

현대의학은 이들에 대한 완벽한 해법을 제시하지 못하고 있다.

그러나 미래 생명공학기술은 우리에게 해결의 실마리를 던져주고 있다.

바로 생명복제기술을 중심으로한 생명공학기술은 인류의 영원한 3대 숙제인 식량, 질병, 생태 및 에너지 문제를 해결할 수 있는 열쇠를 우리 손에 넘겨줄 것인가 여부를 숙고하고 있는 것 같다.

우리는 이 열쇠를 넘겨받아 안락하고 희망찬 21세기 삶의 지평을 열 것인가, 고통과 갈등을 함께하는 20세기적 생활양식을 답습할 것인가.

여기 21세기 과학기술의 핵심이자 판도라의 상자이기도 할 수 있는 생명복제기술의 현황과 미래에 대해 살펴보기로 한다.

□ 생명복제 과정과 기술 개발 역사

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

복제기술이 개발되기 전까지는 암수 생식세포간의 결합(수정)에 의해서만 정상적인 개체발생이 가능한 것으로 알려져 있었으나 최근 세포융

합 또는 세포직접주입과 같은 체세포 핵이식 기술이 발전되면서 생명체의 복제가 본격적으로 이루어지고 있다.

복제기술은 그림1과 그림2에서와 같이 생식세포 복제와 체세포 복제로 나눌 수 있다. 생식세포 복제란 암컷의 난자와 수컷의 정자가 결합된 수정란의 분할과정에 있는 난세포(할구)를 공여핵세포로 이용하는 방안으로, 이는 현존하는 생명체의 복제기술이 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 떼어내어 이를 공여핵세포로 하는 진정한 생명복제기술이라 할 수 있다. 복제하고자 채취한 체세포는 몇 단계의 준비과정을 거쳐 복제에 적합한 상태로 유도한다. 그리고 현재까지 인공난자 제조 기술이 개발되지 않았기 때문에 복제과정에서 필수적인 난자는 동물의 난소에서 채취하여 핵을 제거한 후 복제용 세포를 이곳에 주입하게 된다(핵이식). 그 후 세포융합과 인큐베이터에서의 체외배양 과정을 통해 복제난자로 발육시켜 대리모의 자궁에 주입, 임신과 출산 과정을 거쳐 복제 생명체가 태어나게 된다. 이와 같은 체세포 복제는 난자와 정자가 결합하는 수정과정 없이도 생명체를 탄생시킬 수 있기에 바로 신의 영역을 침범하는 행위가 아닌가 하는 논란을 불러일으키기도 한다.

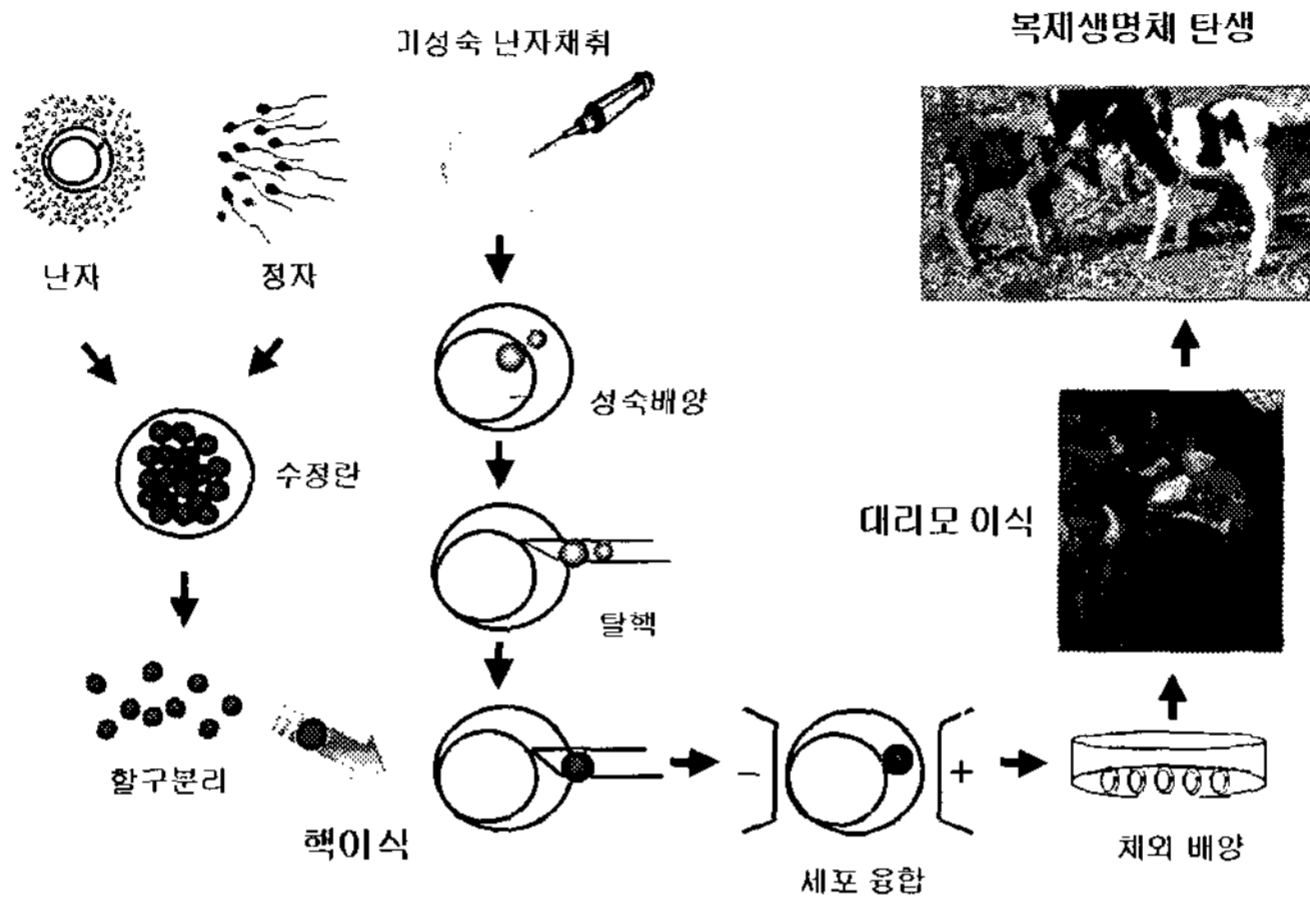
이중 생식세포 복제는 1983년 맥그라스와 솔터라는 과학자가 생쥐를 복제한 이후 윌라슨이 1986년 면양을 복제하는 등 각종 동물에서 성공에 이어지고 있었다. 그러나 복제양 돌리가 체세포 복제기술에 의해 1997년 2월 23일 탄생발표가 나오면서 생식세포 복제는 더 이상의 설자리를 잃고 체세포 복제에 그 자리를 내주고 말았다.

돌리이후 각국에서는 생쥐, 소 등의 복제가 뒤따랐고 우리나라에서도 1999년 복제 젓소 영롱이와 한우 진이가 탄생되면서 복제기술에 관한 한 선진국 대열에 동참하여 치열한 선두다툼을 벌이고 있다.

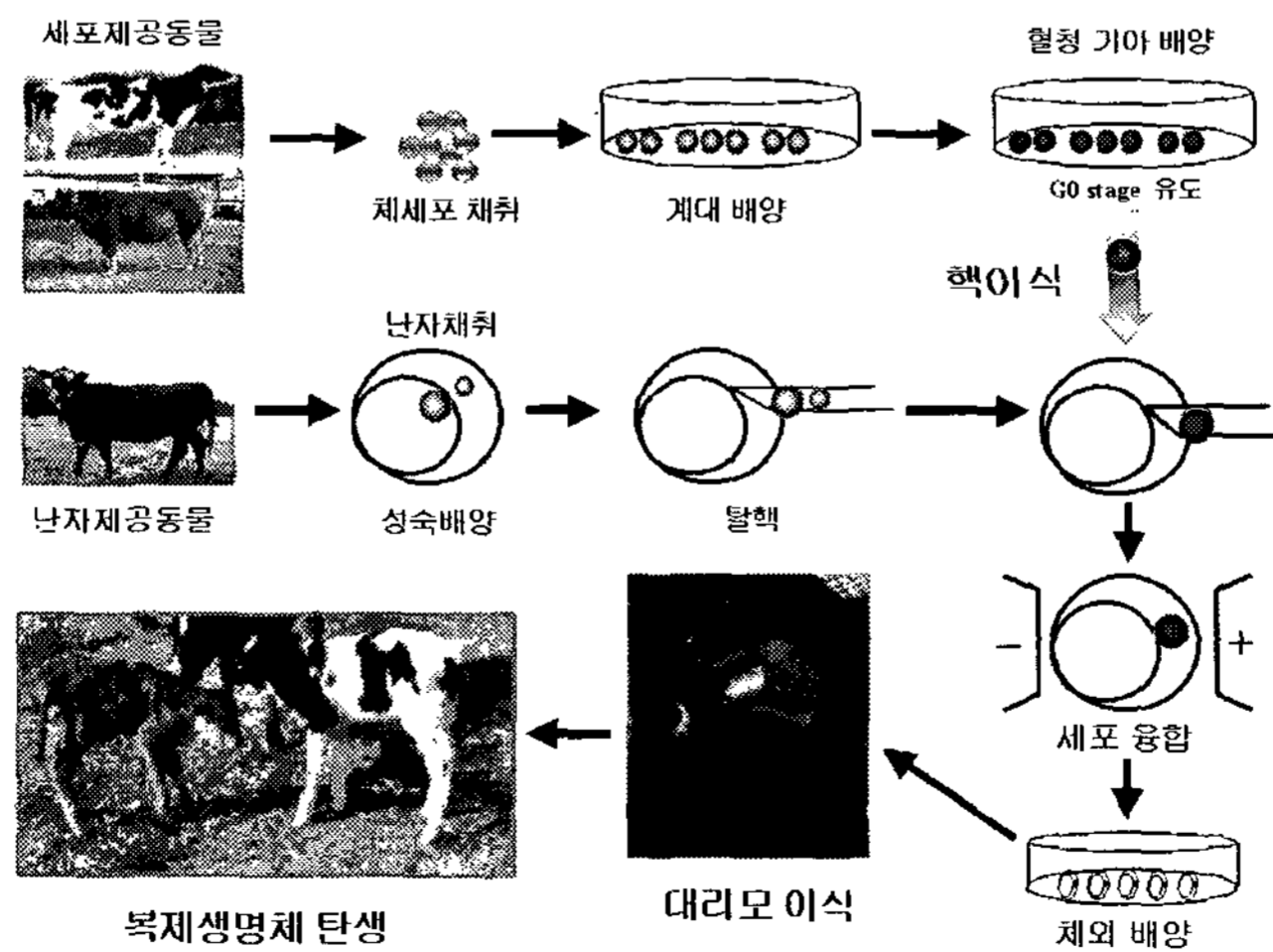
드디어 2000년에는 어렵다는 돼지의 복제에도 성공하여 인간에게 장기를 제공할 수 있는 유전자적중 돼지의 출현을 기대하게 되었으며 각종 암이나 치매, 당뇨병과 같은 난치성 질병을 극복할 수 있는 치료용 세포

생산에의 길에 바짝 다가서고 있다.

아울러 이종간(異種間) 복제도 국내 연구진에 의해 그 가능성이 확인되어 복제기술의 적용영역은 그 한계가 어디까지일까 예측할 수 없을 정도로 확대, 심화되고 있다.



<그림1> 생식세포 복제과정



<그림2> 체세포 복제과정

□ 생명복제과정

생명복제기술의 실용성을 이해하기 위해서는 복제과정에 대한 대강을 알아야 할 것이며 이를 간략하게 설명하면 다음과 같다.

생명체 복제과정은 그림2에 나타난 바와 같이 수핵세포질(난자)의 준비, 공여핵 세포의 준비와 핵이식, 난자활성화와 리모델링, 리프로그래밍, 복제수정란의 배양, 대리모 이식 등 복잡한 단계를 거치게 된다.

○ 수핵세포질의 준비

수핵난자는 복제대상이 되는 체세포를 받아들여 생명체로 발육시키는 배지와 같은 역할을 하며 현단계의 기술로서는 인공난자를 제조할 수 없어 아직까지 생체에서 채취한 난자를 이용하고 있다.

실용적 입장에서 미성숙난자를 인큐베이터에서 배양시켜 성숙난자로 만들고 이로부터 세포질 일부와 함께 핵을 제거하여(탈핵), 핵이식되는 체세포와 융합할 수 있는 상태로 유도한다. 최근에는 탈핵의 간편화와 핵이식 효율의 증진을 위해 투명대를 절개한 후 곧바로 squeezing하여 극체 및 주변세포질을 제거하는 방법이 개발·적용되고 있다.

○ 공여핵세포의 준비 및 핵이식

체세포를 이용한 핵이식 복제기술에서는 세포의 재프로그래밍에 장시간이 요구되며 이미 분화된 세포를 미분화상태로 돌리기 위해서는 세포시계를 분열 및 분화가 정지된 상태인 G-0기로 조절해야 하는 것으로 알려져 있다.

돌리를 탄생시킨 로슬린 연구소팀이 바로 이 기술을 개발하였으며 이들은 배양액중의 혈청농도를 일반적인 수준보다 20배정도 희석하는 혈청기아배양을 적용하여 세포시계를 일종의 휴지상태인 G-0기로 유도할 수 있었다.

공여핵원세포를 수핵난자의 세포질내 이식하는 방법은 세포융합법과 세포질내 직접주입법으로 나눌수 있다. 세포융합법은 핵이식후 화학물질

에의 노출, 불활화된 센다이 바이러스주입, 전기자극 등의 방법이 있으나 간편성과 재현성을 감안, 전기자극법이 주로 이용되고 있다.

○ 난자활성화

난자가 정자와 결합하여 이루어지는 자연수정에서는 정자로부터 특정 성분이 작용하여 난자를 활성화시켜 난분할 등 생명체 탄생의 길을 걷게 된다.

체세포 복제에서도 자연수정에서 이루어지는 것과 같은 난자의 활성화 과정이 있어야만 정상 개체 발생이 가능하기 때문에 인위적으로 난자의 활성화를 유도해야 한다. 이때 이용되는 방법으로 전기자극법이나 칼슘이온과 단백질합성억제제의 병용처리법 등 몇가지 기술이 동원된다.

이와같은 난자활성화 유도 조치는 핵이식란의 융합전 또는 후 활성화 등처럼 시기에 따라 상이한 성적을 보인다.

○ 리프로그래밍

리프로그래밍이란 일반 수정란에서처럼 난분할 및 발육에 적응하는 과정이며 핵이식란에서도 일반 수정란과 같은 과정과 현상을 보인다. 이것이 바로 체세포 복제에서도 자연수정과 마찬가지로의 과정을 거친다는 증거가 되며 그과정을 리프로그래밍이라 한다. 이와같이 핵이식 수정란은 리프로그래밍에 의해 자신의 생물학적 시계를 되돌리게 되며, 이와 관련하여 복제생명체는 조기 노화가능성이 있다는 학설이 제기되기도 한다.

그러나 이에 대해서는 아직 상반된 견해가 계속 나오는 등 해답을 구한 상태는 아니다. 향후 노화와 관련된 텔로미어(유전자 말단부) 연구가 진행되어야 최종 결론을 내릴수 있을 것 같다.

○ 핵이식란의 체외배양 및 대리모이식

핵이식란을 대리모에 이식하여 착상시키기 위해서는 일정 단계까지 체외에서 발육시켜야 한다. 이를 위해서 세포융합이 완성된 핵이식란은 동물종이나 세포의 종류에 따라 각각 특정배양조건을 갖춘 인큐베이터에서

체외배양과정을 거쳐 난분할 및 발육과정을 밟게 된다. 이과정에서 일정 발육단계에서 다음단계로 분할되는 것을 막아주는 동물종 특유의 일명 세포장벽(cell block) 현상을 극복해야 한다.

초기에는 이세포장벽을 극복하기 위해 동종 또는 이종동물의 체내시스템(나팔관내 일시적 가이식)을 응용하기도 했으나 최근에는 인큐베이터 내에서의 단순배양에 의해서도 문제를 해결할 수 있는 단계에 도달되어 있다. 그러나 아직도 체세포 복제기술이 지니고 있는 기술적 한계, 즉 낮은 수태율, 높은 유산율, 거대태아증 등은 바로 이 배양기술과 관련된 것으로 추정되고 있어 앞으로도 체외배양 기술은 한층 향상시켜야 할 부분이다.

또한 현재의 체세포 복제기술은 수핵세포질내에 존재하는 미토콘드리아 DNA의 영향을 배제할 수 없는 수준이기에 완전한 복제인가에 대해서는 이론의 여지가 남아 있다.

그러나 이와같은 미토콘드리아 문제가 규명되면 현재 심혈을 기울여 추진중인, 인간의 모계유전병 극복, 멸종되었거나 멸종위기에 직면한 희귀동물의 보존에도 적용할 수 있어 많은 과학자들이 이 부분에 전력을 기울이고 있다. 이와같은 과정을 통해 후기상태로 발육된 복제수정란은 성주기가 수정란의 발육단계에 일치된 대리모의 자궁내에 이식하여 착상, 수태에 이르게 된다.

□ 생명복제기술의 적용영역과 전망

생명복제기술은 그 잠재영역중 대부분이 바이오의학이나 바이오농업에 적용될 것이며 그외에 환경보전 및 바이오에너지 분야 등에도 이용될 수 있을 것이다.

또한 머지않은 장래에 유전자적중 기술이 복제기술과 어우러져 실용화 된다면 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.

○ 동물의 번식과 개량

유전적 진보는 유전적 다양성을 탐색하여 그중 제한된 개체를 대량으로 번식시키는 기술의 수준에 달려있다. 산업적으로 중요한 몇가지 유전 특성들은 그것을 완전히 밝혀 내려해도 환경요인에 의해 심하게 영향을 받아 개체의 유전적 장점을 정확하게 파악하기가 어렵다. 젓소에서 경제적 손실을 초래하는 주요질병인 유방염과 부제병 등이 그 대표적인 예이다. 형질이 우수한 젓소를 번식에 이용할지 결정하기에 앞서 동일한 개체를 몇 번 복제하여 1두로는 밝혀내기 어려운 질병 감수성 등 경제형질을 정확하게 파악하여 향후 우량형질보존에 바로 적용할 수 있게 된다.

다시말해 수많은 산업동물중에서 우량동물을 선발하고 이를 복제하여 단기간내에 능력개량을 이룬다면 축산업의 생산성은 획기적으로 향상될 것이다.

이와같은 특성으로 인해 과학기술부에서 개발한 복제기술을 농림부가 2000년부터 실용화를 위한 보완연구를 병행하며 전국의 축산농가에 시험 보급을 하게되었다.

물론 일부 정치권과 시민단체 등이 복제된 축산물의 안전성과 효율성에 대한 문제를 제기하여 이에대한 검증과 보완기술을 개발하고 있는 상태이다. 이와같은 복제기술의 산업적 적용사례는 국내에서 처음 시도되었으며 이점에서 외국의 관심이 집중되고 있다. 일부에서는 우리와 동일한 산업적 목표를 설정하여 접근하고 있으나 전략적 방법은 좀 다르게 적용하고 있다.

이와같은 복제기술의 실용화는 3~5년후에는 기대할 수 있을 것으로 예견된다.

아울러 체세포 복제기술은 형질전환동물 생산기술에 획기적 전기를 가져왔다.

즉 세포에서 특정 유전자를 제거하거나 변화시켜 유전적중된 세포를 복제에 이용하면 원하는 유전형질로 변화된 동물을 대량 생산할 수 있어

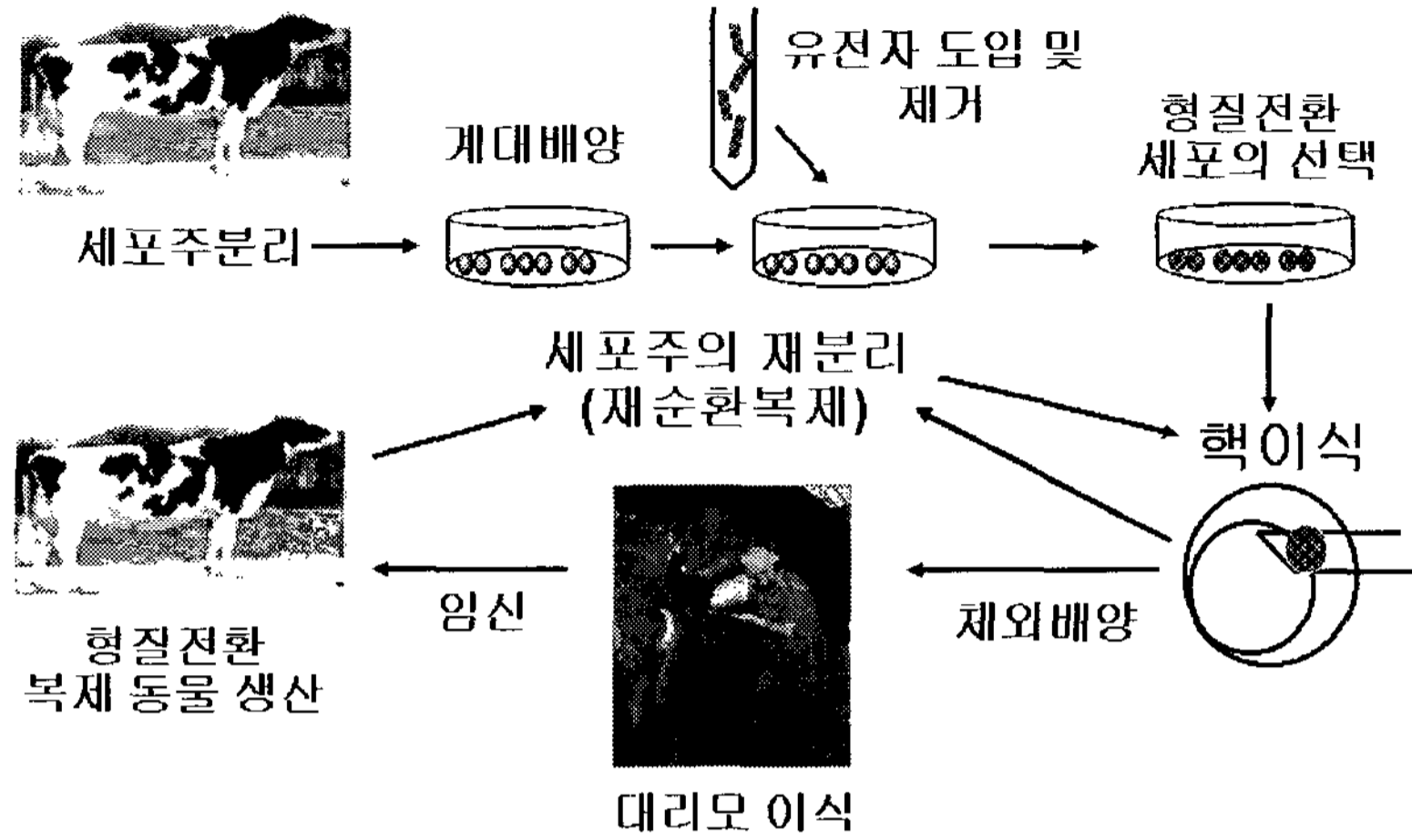
기존의 형질전환동물 기술이 지니고 있는 한계를 극복, 실용화 단계로 적용할 수 있을 것이다.

○ 치료용 단백질의 생산

치료용 단백질은 질병치료에 유익한 수단으로 이용되고 있으나 공급이 부족한 상태이다. 일부는 혈액에서 정제하기도 하나 비용이 많이 소요되며 시료에 에이즈, C형간염 또는 광우병 등 감염성 요인의 오염 가능성도 있다. 이런 단백질은 세포배양에 의해서도 생산될 수 있으나 극소량에 그친다. 물론 세균이나 효모에 의해 대량생산하는 방법도 있으나 생성된 단백질의 정제가 쉽지 않다. 이에 비해 형질전환 동물의 젖이나 오줌, 혈액에서는 대량으로 생산이 가능하며 가격은 상대적으로 저렴해진다.

체세포 핵이식에 의한 형질전환 복제동물생산은 전핵에 직접 주입하는 등의 전통적 기법에 비해 절반 정도의 실험동물로도 실용화 할 수 있는 장점이 있다. 일년반 정도면 원하는 성을 지닌 소수의 복제동물로 실험군을 조성하여 임상적용 하기에 충분하게 된다. 이런 방법으로 복제된 형질전환동물을 생산한 후 적용할 수 있는 예에는 혈청알부민이 있다. 전세계적으로 화상이나 창상 치유에 필요한 인간 혈청알부민은 600t 이상이 된다. 이런 알부민은 단지 외래유전자를 도입한 형질전환 젖소에서는 원래 소의 것과 분리해내기가 어려워 분비한다 해도 많은 양을 정제하기가 쉽지 않다. 이와같은 문제를 그림3에서와 같이 유전자적중(gene targeting)에 의해 소에서 동등한 부위를 인간의 알부민 유전자로 대체하는 방법으로 특정단백질을 대량생산하는 동물을 개발할 수 있다. 이 기술은 미국 및 영국에서는 이미 일부 성공예가 발표되기도 했으며 국내에서도 가까운 장래에 기대했던 결과를 얻을 것으로 예측된다.

이런 분야의 연구성과는 향후 3~5년간 관련기술의 보완연구가 진행되면 10년 이내에 임상적용 수준까지 도달될 수 있을 것이다



<그림3> 치료용단백질 생산용 형질전환 젖소 복제과정

○ 특정 영양물질의 생산과 이용

예를 들어 우유는 송아지에는 이상적이지만 인간의 유아에게는 모유보다 못하다. 따라서 우유의 구성성분을 인간에게 가장 적합하도록 변화시킬수 있다면 인간이 이용하는데 있어 가치가 훨씬 향상될 것이다. 체세포 핵이식기술과 유전자적중 기술은 인간 단백질을 소나 양의 단백질과 전환시켜 특정 소비자군에게 적합한 형태로 영양성분이 전환된 우유를 생산할 수 있을 것이다. 사람들 중에는 우유의 특정 단백질에 면역반응을 보이거나 락토오스 같은 성분을 분해하지 못하는 사람이 있어 이들에게 공급할 수 있는 우유를 젖소를 복제하여 생산할 수 있다. 또한 특정 환자군에게 적합한 성분의 우유를 생산할 수 있는 형질전환 복제 젖소의 출현도 가능할 것이다.

이기술은 향후 5년이내에 실용화될 것으로 예측된다.

○ 장기이식용 동물의 생산

심장, 안구 등 인간장기 이식 적용예는 20여년이 경과되어 최근에는 일반치료술로 인식되고 생명구제의 중요한 영역으로 자리잡고 있다. 그러나

절대적으로 부족할 수 밖에 없는 장기공급원의 해결책은 제한된 사후기 증예가 아니라 제3의 공급방안에서 찾아야 할 것이다.

여기에는 의공학적 기술에 의한 인공장기의 개발과 형질전환 기법에 의한 장기제공용 동물의 생산의 방안이 있다.

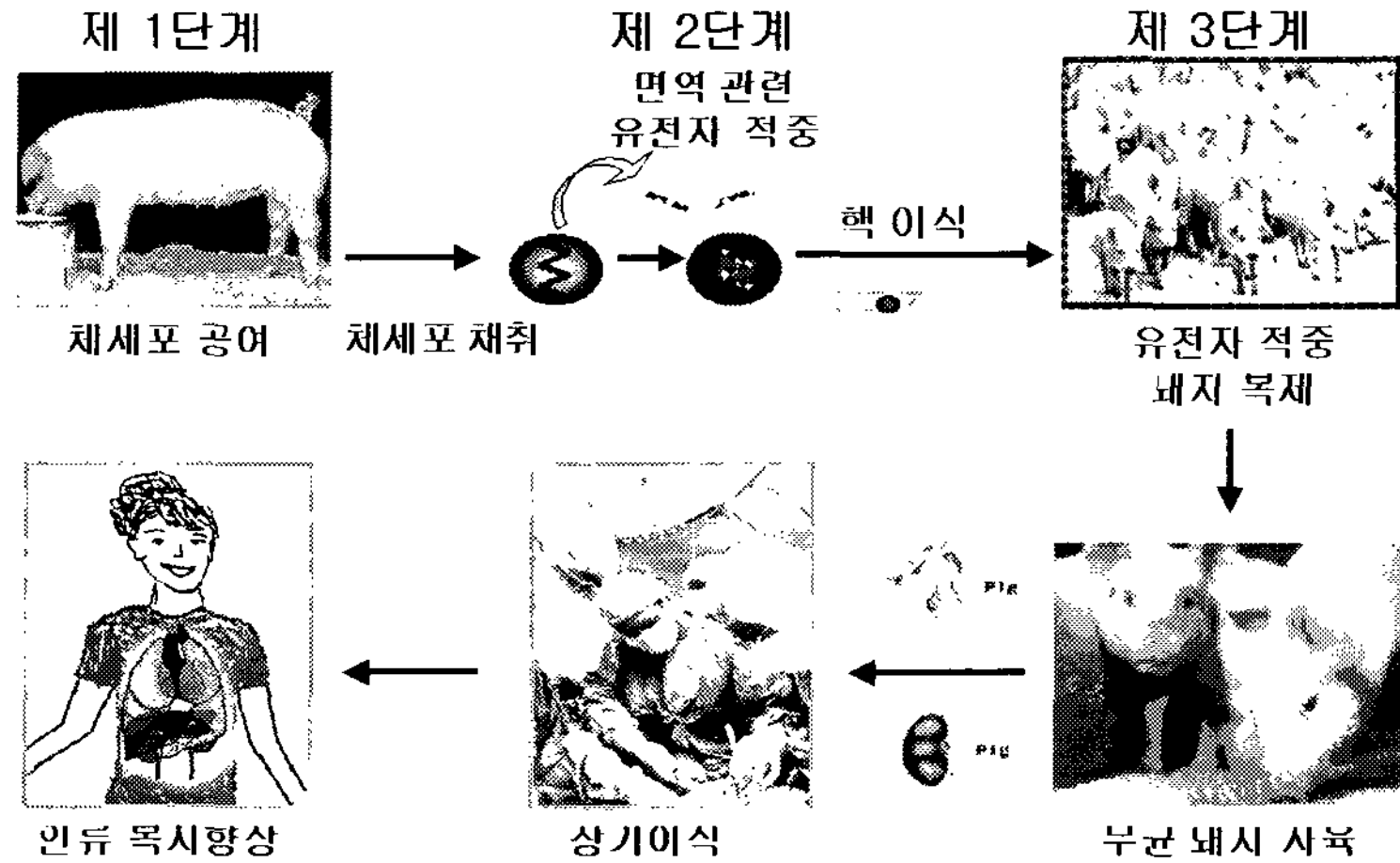
형질전환동물에 의한 인간장기의 공급은 완벽한 결과를 얻기전까지는 면역조직학적 거부반응, 종특이성과 같은 난제 및 미생물학적 상이성 등 해결되어야 할 과제가 산적해 있다.

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

동물로부터 인간장기를 공급받기 위해서는 우선 동물과 인간간에 장기의 해부학적 유사성, 생리학적 적합성 및 대량공급의 가능성 등 전제조건이 충족되어야 한다. 이와같은 조건에 부합되는 동물로서 돼지를 으뜸으로 꼽고 있으나 돼지는 인간과 면역체계가 상이하며 병원성 미생물의 전파가능성도 있어 당장 실용화 하기는 요원한 상태이다. 그러나 그림4에 나타난 바와같이 인간의 장기와 유사한 특성을 지닌 돼지의 세포에 인간과의 거부반응이 약한 면역체계를 적중하여 형질전환된 돼지를 복제하고 여기에 미생물을 통제할 수 있는 사육시스템을 적용한다면 인간에게 적합한 장기제공용 돼지를 대량생산 할수 있을 것이다. 이에 관련된 연구는 2000년 3월 12일 미국 버지니아주에서 5두의 돼지를 복제생산하였으며, 일본에서도 제나라는 이름의 복제돼지가 출산되어 긴 여정의 한발을 떼어놓은 상태이다.

국내에서도 10여개 연구팀에서 관련 연구가 한창 진행되고 있으며 머지않은 장래(1~2년후에)에 국내 혹은 외국에서 형질전환된 복제 돼지의 탄생을 지켜볼 수 있을 것이다.

그후 전임상실험과 임상실험을 거쳐 본격 적용되기는 장시간이 소요될 것이나 적어도 20년 또는 30년과 같은 먼 미래의 일은 아니다.



<그림4> 장기제공용 돼지 생산개요

○ 질환모델 동물의 생산

마우스나 토끼와 같은 실험동물은 인간을 대상으로한 질병관련 실험을 대신할 수 있는 질환모델 동물로서 적합하다.

이와같은 질환모델 동물은 그 종류도 다양하며 대량으로 이용되고 있다.

그러나 질환모델 동물간에 존재하는 다양한 유전형질의 차이는 약물투여나 사양실험에서 예기치 않았던 유의차를 초래할 수 있다.

그러므로 특정 유전형질 보유개체를 체세포 복제 방식으로 대량복제하여 실험에 적용하면 실험의 질적향상과 고부가가치의 창출이 가능할 것이다.

이와같은 이유로 이분야 연구가 가속화 되고 있으며 10년이내의 실용화를 목표로 정진하고 있다.

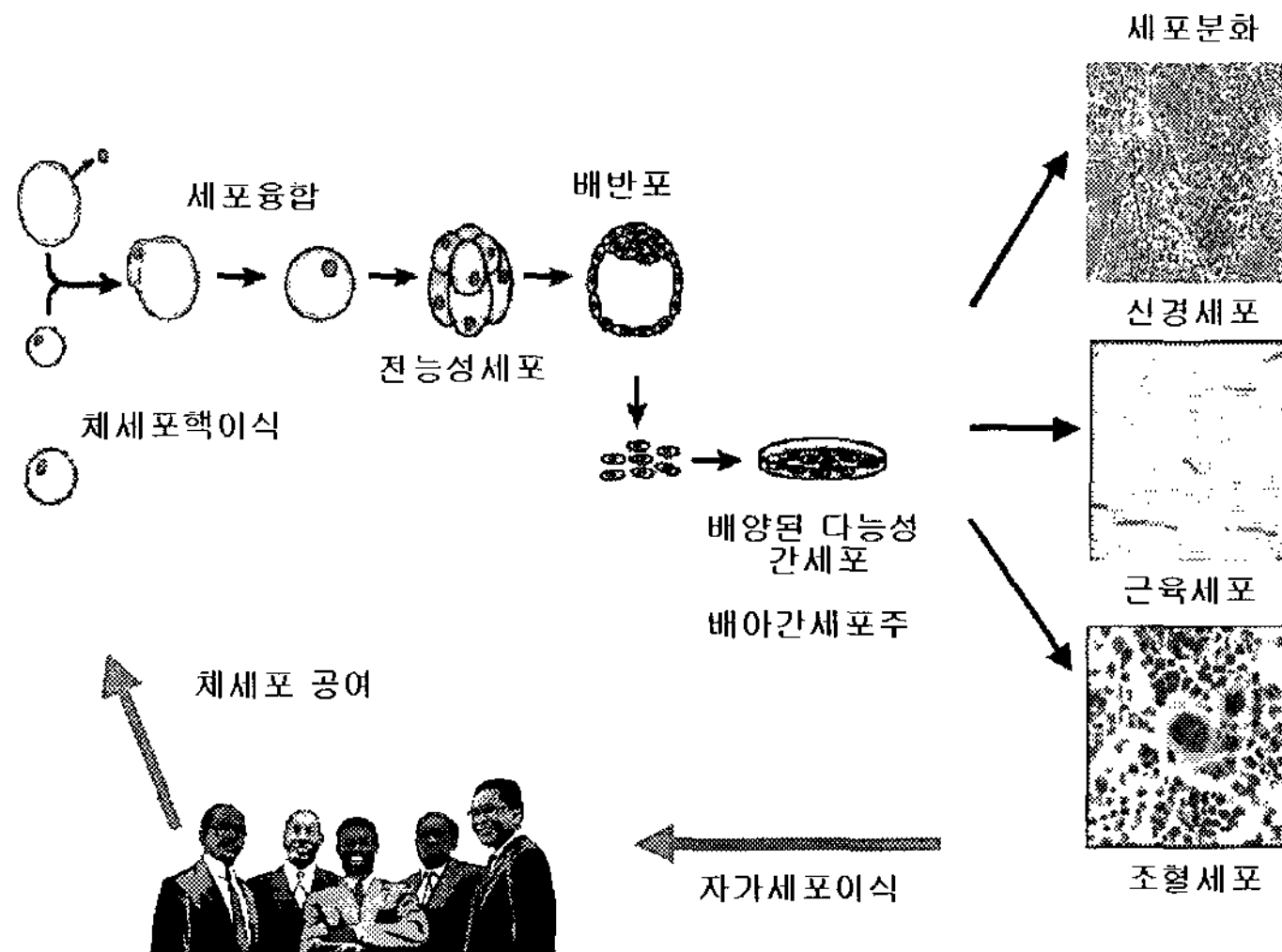
○ 세포·유전자 치료(줄기세포연구)

백혈병, 파킨스씨병, 당뇨병 등 세포성 질병의 환자에 대한 세포이식은 이미 시도되고 있다. 이러한 치료용 세포는 면역거부반응에 대한 문제를 피할 수 있는 대상으로부터 얻어야 한다. 인간세포가 난자 없이도 리프로

그래밍되는 과정을 더 이해하게 되면 환자 자신의 세포를 이용할 수 있게 되어 조직의 불일치에서 발생하는 문제를 줄일 수 있다. 즉, 환자 자신으로부터 세포를 채취하여 원하는 세포타입으로 만들고 이를 다시 치료목적으로 환자에 이식하게 된다는 것이다. 그러나 현재까지는 난자를 이용하지 않은채 세포를 완전히 리프로그래밍하여 역분화시키는 방법은 없으며 이 때문에 세계각국에서는 배아복제를 통한 배아줄기세포의 확립에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다.

그러나 여기에는 인간개체 복제로 오·남용 될 수 있는 가능성이 있어 각국마다 적절한 가이드라인과 법적 규제장치를 마련해가고 있다. 이기술은 이미 자연수정란에서는 간세포를 배양하는데 성공했으며 복제기술을 이용한 배아줄기세포 생산도 가까이 접근하고 있다.

체외수정란에서의 배아간세포 생산은 미국, 호주, 싱가포르에 이어 2000년에 국내에서도 마리아산부인과 기초의학연구소의 박세필박사팀과 미즈메디병원 윤현수박사팀 및 중문의대 차병원의 정형민박사팀도 배양에 성공하였다. 체세포 복제에 의한 배아간세포 구축에는 아직 국내외에서 성공예는 없으나 그 직전단계인 배반포까지의 배양에는 미국과 필자 등의 연구팀에서 각각 성공하여 국제특허가 출원된 상태이다.



<그림5> 배아간세포의 복제생산 과정

□ 생명복제는 학문영역인가. 어디까지 허용되어야 할까.

대부분의 생명공학기술은 그 쓰임새에 따라 인류에게 축복이 될수도 있고 재앙으로 작용할 수 있다. 특히 생명의 창조에 견줄수 있는 생명복제기술은 선용이나 오·남용이나에 따라 극단적 영향을 끼칠수 있을 것이다.

악용시의 해악은 타분야 과학기술과 비교할 수 없을 정도의 엄청난 규모가 될 것이기에 이 기술개발과정 및 적용영역에 대한 철저한 준비와 사회적 합의가 수반되어야 한다.

세계 각국에서는 생명복제기술에 대한 가이드라인과 법적 장치가 속속 마련되고 있으며, 국내에서도 국회 과학기술정보통신위원회를 중심으로 입법과정을 밟은 적이 있으나 15대 국회의 마감과 함께 자동폐기되었고 제16대 국회에서 입법청원된 상태이다. 최근에는 보건복지부에서 생명안전윤리법을 제정하겠다고 하여 용역 사업후 공청회를 개최, 찬반양론을 불러일으킨 적이 있다. 또한 과학기술부 산하의 생명윤리자문위원회가 구성되어 가칭 “생명윤리 기본법시안”을 마련중이지만 이에 대해서도 기술개발을 통제해야 한다는 시민단체, 종교계 등의 의견과 이에 반대하는 과학계 및 산업계의 의견이 팽팽하게 대립되고 있다.

이에대한 각국의 규제수준은 독일과 같이 2차대전시 생체실험의 악몽을 겪은 나라에서는 통제가 기초를 이루고 있으며 영국에서는 허용범위가 의회를 통과하였고, 미국이나 일본 등에서는 인간개체 복제는 금하되 과학발전과 의료기술개발 측면은 지원내지 허용하는 기초를 띄우고 있다.

우리나라는 일부 과학자들이 척박한 환경에서도 관련 기술의 선도국내지 선진국으로 위치하도록 기술개발에 진력해 왔으나 최근 생명윤리 및 사회의 건강성을 내세우는 시민단체 등의 강력한 이견이 제기되고 있다.

과연 생명복제는 학문영역일까? 물론 학문영역이며 여러 학문분야에 큰 영향을 끼칠수 있는 필수영역이다. 그렇다면 그 연구의 허용범위는 어디까지일까? 생명공학은 생명현상 그 자체를 탐구대상으로 하며 그 결과는 인간의 생활에 직접 영향을 끼치는 특성을 지니고 있어 다른 학문영역과

동일한 무제한적 연구의 자유를 요구할수는 없다고 본다. 따라서 그 허용 범위는 과학계, 철학계, 종교, 시민단체, 산업계 등의 폭넓은 논의의 바탕에서 쟁점을 모으고 학문의 국제적 추세와 발전정도 등을 종합적으로 검토하여 정해야 될 사안이 아닐까?