

동물생명공학활용 신소재 개발기술 강화

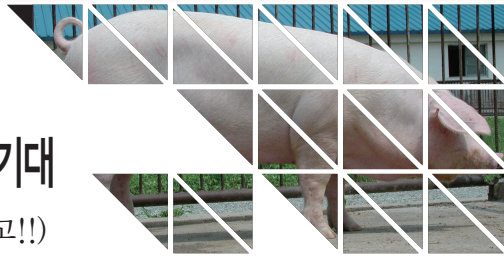
1. 바이오장기용 돼지의 신장과 심장을 원숭이에 이식 성공,
의료용 축산업 발전 기대
2. 정부 우수 특수목적견의 복제 생산 및 보급
3. 대형닭 생산으로 가슴살 수요 해결
4. 멸종위기 백한우, 체세포 복제로 복원 성공
5. 사후 복제된 제주흑우 씨 암·수소에서 송아지 '흑우돌이' 탄생



국가연구개발사업 우수성과 100선

바이오장기용 돼지의 신장과 심장을 원숭이에 이식 성공, 의료용 축산업 발전 기대

(의료용 축산, 사람을 살리고 축산업도 살리고!!)



동물바이오공학과, 황성수 ☎ 031-290-1627 ✉ hwangss@korea.kr

연구요약

이종장기이식이 가능한 바이오장기용 돼지를 개발 및 대량으로 생산하였고, 국내 최초로 이들 바이오장기용 돼지의 신장 및 심장을 원숭이에 이식하여 초급성 면역거부반응 제어 가능성을 확인하였다.

추진배경

현재 우리나라의 고형장기(심장, 간, 신장 등) 이식대기자는 매년 10~15%씩 증가하고 있으나, 초고령화 및 핵가족화에 따른 사회현상으로 장기를 공여할 수 있는 공여자는 급격히 감소하여 장기를 기증받을 수 있을 가능성은 매우 희박해지고 있는 실정이다. 하지만 이런 심각한 수급불균형이 오히려 바이오 인공장기 분야의 확대를 가져와서 세계시장은 연평균 14%씩 성장할 것으로 예상되며, 2015년 865억불, 2020년에는 1,625억불로 급성장할 것으로 보고되었다('07, 삼성경제연구소). 본 연구는 국내 최초로 돼지-영장류간의 이종이식에 성공함으로써 장기이식 대기자와 가족들에게 '삶의 질 향상'이라는 희망을 드리는 것과 동시에 바이오장기용 형질전환돼지 생산분야를 '의료용 축산업'이라는 새로운 고부가가치 산업분야로 확대시키는데 있다.

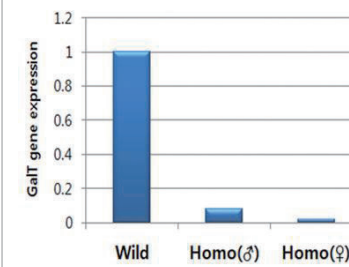
연구성과 돼지-원숭이간의 장기이식 성공에 따른 국내 이종장기이식 분야 활성화

2009년 돼지의 장기를 영장류에게 이식할 경우 즉시 발생하는 초급성 면역거부반응을 일으키는 유전자를 없앤 복제돼지 개발을 시작으로 다수의 바이오장기용 돼지를 생산하고 있으며, 이들 돼지들로부터 동일한 형질을 가진 후대를 대량으로 생산하는데 성공하였다. 이렇게 생산된 바이오장기용 돼지를 이용하여 국내 최초로 성공한 돼지-원숭이간의 신장 및 심장 이종이식 수술에서 각각 25일과 24일 생존함으로써 초급성 면역거부반응에 대한 극복 가능성을 확인하였다. 또한, 초급성뿐만 아니라 급성 면역거부반응까지도 극복할 수 있는 바이오장기용 돼지를 추가적으로 생산함으로써 우리나라의 바이오장기용 형질전환 돼지 생산 기술을 세계적 수준으로 끌어올려 놓았다.

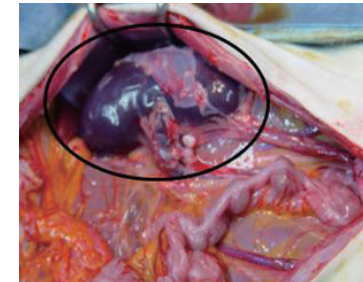
활용방향 및 기대효과 바이오 장기용 형질전환 돼지 - 의료용 축산업으로 성장동력

본 연구 성과는 순수 국내 연구진에 의해 바이오장기용 복제동물 생산과 안정적 생산 시스템을 구축하였으

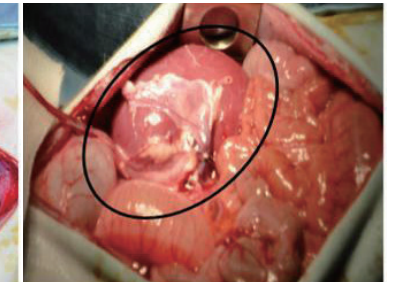
며 국내 최초로 돼지-원숭이 간 고형장기의 이종이식을 성공함으로써 국내 이종장기 이식 분야에서 전환점을 마련하였다고 하겠다. 현재 세계적으로 이종이식에 성공한 나라가 미국, 호주 등 극히 일부 국가인 점을 감안하면 이번 이종장기이식을 통해 면역억제제 선택 및 용량 결정 등 이종장기 이식의 핵심인 수술 및 면역억제 프로토콜 수립에 큰 기여를 하였으며, 향후 다중 형질전환 돼지의 장기를 활용할 경우 이식된 고형장기의 장기간 생존 가능성을 높일 수 있을 것이다. 또한, 이번 이종장기이식은 동물생명공학 분야와 의료 분야와의 협업에 따른 시너지 효과를 입증한 좋은 사례라 할 수 있으며, 이종장기이식 분야에서 세계와의 격차를 빠른 시간 내에 좁힐 수 있을 것이라 판단된다.



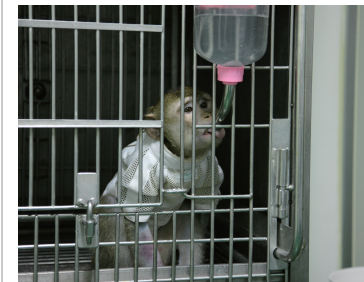
GalT 발현 억제 확인
(알파갈 제어 돼지 체세포)



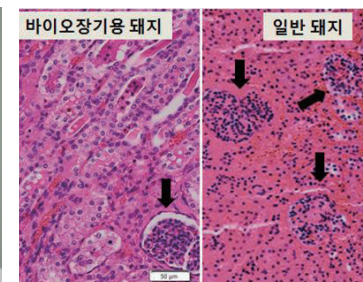
초급성 면역거부반응 발생
(일반돼지 신장 이식 후)



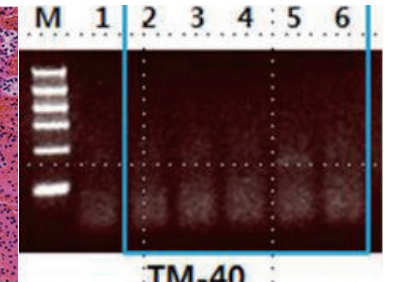
초급성 면역거부반응 억제
(알파갈 제어 돼지 신장 이식 후)



바이오심장 이식 원숭이



조직병리 분석
(초급성 거부반응 억제 확인)



돼지내재성레트로바이러스
(PERV) 비 감염 확인

* 용어해설

면역거부반응 단계

- 초급성: 혈관연결 후 수분 내지 수 시간 내에 발생
- 급성: 혈관연결 후 수일에서 수주에 걸쳐 발생
- 세포성: 혈관연결 후 수주에서 수개월 후에 발생

정부 우수 특수목적견의 복제 생산 및 보급

(우수 특수목적견의 국가적 차원의 생산 및 보급기반 마련)

동물바이오공학과 김동훈 ☎ 031-290-1632 ✉ kimdhj@korea.kr

연구요약

정부 협업과제의 일환으로 농촌진흥청 국립축산과학원에서는 정부 5개 기관(국방부, 농림축산식품부, 경찰청, 관세청, 소방방재청)의 우수 특수목적견의 복제생산 연구를 추진하였으며, 그 결과 2013년 복제 검역탐지견, 경찰견, 군견 등 12두를 생산하여 정부기관에 보급하였다.

추진배경

국가차원의 우수 특수목적견 생산·보급의 필요성을 인식하고, 정부 협업과제의 일환으로 2011년 행정안전부 주관 하에 5개 특수목적견 운영기관(국방부, 농림축산식품부, 관세청, 경찰청, 소방방재청)과 업무협약을 체결하여 정부 특수목적견의 복제생산 연구를 추진하였다.

연구성과 정부 우수 특수목적견의 복제생산 및 보급

국립축산과학원은 각 부처에서 운용하는 우수 특수목적견의 체세포를 채취 및 배양 후 동결보존 중에 있다. 2013년도에 보존 중인 체세포를 이용하여 검역탐지견 1종 1두, 경찰 폭발물탐지견 2종 5두, 육군 폭발물탐지견 2종 6두 등 총 12두의 복제견을 생산하였으며, 이러한 복제견은 농림축산식품부 농림축산검역본부(검역탐지견), 육군 군견교육대(폭발물탐지견) 그리고 경찰청 특공대(폭발물탐지견)에 각각 보급하였다.

활용방향 및 기대효과 우수 특수목적견의 양성률 향상 및 국민안전에 기여

각종 탐지견, 수색견, 인명구조견 등 정부기관 내에서 보유 중인 우수한 특수목적견을 체세포 복제를 통해 체계적으로 생산하고, 각 정부기관에 보급함으로써 특수목적견의 양성을 제고와 생산·구매비용 절감에 기여할 것이다. 또한, 우수한 복제 특수목적견이 일선에서 활동함으로써 국가 검역과 국경안보 등 국민안전에 크게 기여 할 것으로 기대된다.

복제견



복제 검역탐지견(좌측)과 세포제공견(우측)



복제 경찰폭발물탐지견



복제 육군폭발물탐지견



복제 육군폭발물탐지견

복제 검역탐지견 인수인계



복제 검역탐지견 인계



복제 육군폭발물탐지견 인계



복제 경찰폭발물탐지견 인계



복제견 인수인계식

대형닭 생산으로 가슴살 수요 해결

(육계 초기성장억제로 보상성장유도 생산비 절감)

가금과 나재천 ☎ 041-580-6705 ✉ jcna6730@korea.kr

연구요약

닭고기 가슴살 수요가 폭발적으로 증가함에 따라 부족한 부분육을 대부분 수입에 의존하고 있는데, 이러한 부분육의 수요를 충족시키고 닭고기 수출 기반을 조성하기 위하여 부분육 생산이 가능한 대형육계 사육을 위한 사양기술을 정립하였다.

추진배경

국내 육계는 1.5kg정도의 소형계 생산방식으로 육계산업의 발전 저해 요인으로 작용하였는데, 최근 건강에 대한 관심 집중으로 가슴살 등 부분육 수요 급증 및 경쟁력 제고를 위해 대형육계 사육기술에 대한 계열업체 및 농가의 관심이 높아지고 있다. 그러나 아직 국내산 생산은 없는 실정으로 다리 1개에서 정육이 250g 이상을 생산할 수 있는 대형육계의 사양관리체계의 재정립이 필요하다.

연구성과 대형육계 생산을 통한 가슴살 수요 해결 및 수입 부분육 대체

대형육계 생산을 위해서는 환기 시설이 설치된 유창 또는 무창계사 등 완전계사에서 사육해야하며, 사육밀도는 출하체중을 기준으로 m²당 30kg를 준수해야 한다. 사육 중 암컷의 체중이 1.5kg 정도가 되면 출하하고 수컷은 대형 닭으로 출하하는 암·수 분리사육과 급사증후군(SDS)을 예방하기 위하여 사육초기에는 제한점등 방법으로 성장을 억제하고 후기에 보상성장을 할 수 있도록 점등 방법을 개선하여야 한다. 42일에 생체 무게가 2.5~2.8kg인 대형육계는 체중이 1.5kg인 일반육계보다 닭고기 생산량이 급격히 증가하며 맛인자인 이노신산(Inocinic acid) 등이 많아 맛이 좋고 고기가 쫄깃하다. 이러한 대형육계는 도체수율이 높고, 부분육 생산이 가능하고 가슴살 생산량이 많으며 입추시 병아리에 대한 가격 부담이 낮아져 경영비는 29%까지 절감된다.

활용방향 및 기대효과 생산비 절감에 의한 닭고기 수출 및 수입부분육 대체

대형육계를 생산함에 따라 인접 닭고기 수입국인 러시아(세계1위), 일본(2위), 중국(4위)에 신선냉장육을 수출할 수 있는 지리적 잇점을 최대한 활용하여 수출동기를 부여할 수 있을뿐만 아니라, 부분육 생산이 가능한 대형육계를 사육함으로써 수요가 급증하고 가슴살의 안정적 생산으로 수입되고 있는 부분육의 대체가 가능하다.

또한 부분육을 대형급식장의 식재료 제공 확대 및 계육가공 활성화에 따라 닭고기의 소비확대가 기대된다.

- 생산비절감 : 최소 11%(암수분리 사육시 최대 29%까지 가능)
 - 생산비 절감(원/kg) : 1,168 → 827

대분할육



일반 : 대형닭고기



가슴부위



다리부위

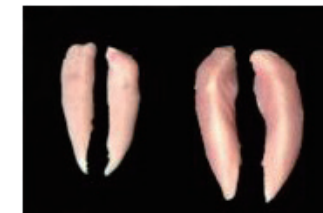


날개부위

부분육



가슴살



안심



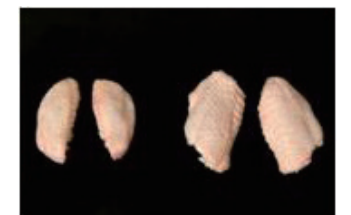
북채



넓적다리



봉



윙

멸종위기 백한우, 체세포 복제로 복원 성공

(가축유전자원 활용과 고부가치 종축 복원 의미 가져)

가축유전자원시험장 고응규 ☎ 063-620-353 ✉ kog4556@korea.kr

연구요약

멸종단계에 있는 백한우를 체세포 복제방법에 의해 복원하고 체계적으로 생산할 수 있는 기술적 시스템을 확보하였고, 더 나아가 구제역과 같은 재앙을 맞아 소멸되는 종축도 체세포만 보존된다면 언제든지 복원가능하게 되었다.

추진배경

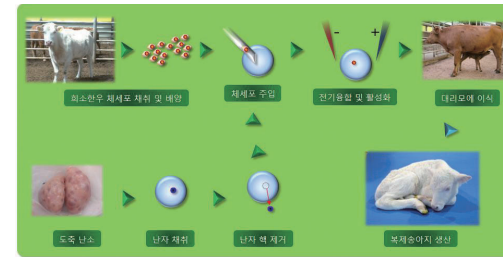
'조선우마의방'의 기록을 살펴보면 과거에는 칠폐, 흑우, 백(한)우, 청우, 황우 등 다양한 모색을 가진 한우가 존재했으나, 일제 강점기부터 황색 한우를 제외한 특이 모색을 지닌 칠폐, 흑우와 백(한)우 등은 거의 사라져 사실상 멸종 위기 상태가 된 희소한우 유전자원을 되찾기 위한 노력을 경주하였고, 과거 기록에 존재 하던 한우의 전부는 아니지만 그 일부인 칠폐, 흑우, 백(한)우의 유전자원을 복구하기 위한 다양한 연구를 추진하여 백한우 복원을 성공하였다.

연구성과 동결보존 된 폐사한 씨수소 체세포로부터 백한우 복원

백한우는 우리 민족의 대표적 재래가축 중에서 알비노증을 가진 희소 품종으로 우리나라에서는 이번에 복제 한 개체 포함 암소 8마리와 수소 7마리 등 15마리가 사육되고 있는 멸종위기의 가축유전자원이다. 씨수소로 활용할 백한우가 폐사하기 전에 채취된 체세포를 배양하여 세포주를 구축하였고 난자의 핵을 제거하고 백한우 체세포를 난자와 융합하여 복제수정란을 만든 후, 사전에 준비된 대리모에 이식하였다. 임신된 개체 중 1두에서 2013년 3월 7일 제왕절개 수술을 통해 34kg의 건강한 복제 백한우를 생산하는데 성공하였다.

활용방향 및 기대효과 유효축군 조성 및 새로운 가치 창출 연구 추진

백한우 같은 멸종단계에 있는 희소한우를 복원하고 체계적으로 생산할 수 있는 기술적 시스템을 확보함으로써 과거 문헌에서만 존재하던 잃어버린 유전자원의 복원에 대한 희망은 꿈이 아니라 실현 가능한 일이 되었고, 나아가 구제역과 같은 악성가축질병 맞아 소멸되는 종축도 체세포만 보존된다면 언제든지 복원 가능하게 되었다. 이러한 성과를 바탕으로 하여 현재 15두 밖에 없는 백한우 외에 희소한우들의 유효축군을 수정란 대량생산 이식방법을 이용 조기 축군 조성 희소한우들의 새로운 가치창출을 위한 연구자원으로 활용할 예정이다.



체세포복제 백한우 생산 모식도

처리구	공시 난자 (개)	핵이식 융합 복제란 (%)	분열된 복제 란수(%)	배반포 발달율 (%)	이식 대리모 (두)	60일 수태율 (%)	150일 수태율 (%)
대조구	229	202 (88.2) ^a	178 (88.1) ^a	42 (20.8)	16	4(25) ^a	2(12.5) ^a
카페인 처리	213	169 (79.3) ^b	137 (81.1) ^b	37 (21.9)	15	5(33) ^b	4(26.6) ^b
합계	442	371(83.9)	315(84.9)	79(21.3)	31	9(29)	19.4

P < 0.05

백한우 복제란의 발달과 수태율



희소한우(백한우)



체세포 복제 송아지



TV 보도

* 용어해설

- 체세포복제(Somatic cell Nuclear Transfer) : 복제대상 동물의 피부 등에서 체세포를 분리해 배양하고, 난자 제공 동물로부터는 난자를 채취해 핵(난자 고유의 유전물질인 DNA)을 제거한 뒤 체세포를 주입해 복제수정란을 만들고, 이러한 복제수정란을 대리모 동물에 이식해 체세포를 제공한 동물과 유전정보가 동일한 복제 동물을 만드는 기술
- 백한우(White Hanwoo) : 백한우는 털이 흰색인 샤로레 등과 같은 외래 품종에서 나타나는 흰색 유전자가 아니라 우리 고유의 품종인 황색 한우의 변이종으로 같은 흰색계통이라도 외래품종 알비노증과 분명히 구별되는 특징 보유

사후 복제된 제주흑우 씨암·수소에서 송아지 '흑우돌이' 탄생

(멸종 위험 가축의 보존 및 복원 기반 구축 마련)

난지축산시험장 조상래 ☎ 064-754-5711 ✉ chosr@korea.kr

연구요약

노령으로 도축된 제주흑우 씨수소와 씨암소의 체세포를 동결 보존 후 핵이식 기법을 활용하여 복제된 '흑우돌이'와 '흑우순이' 수컷과 암컷 사이에서 '흑우돌이'가 태어나 멸종 위험동물인 제주흑우 씨 암·수소의 종 복원과 개체생산 체계가 확립되어 우수한 종 복원·보존 및 증식이 가능하게 되었다.

추진배경

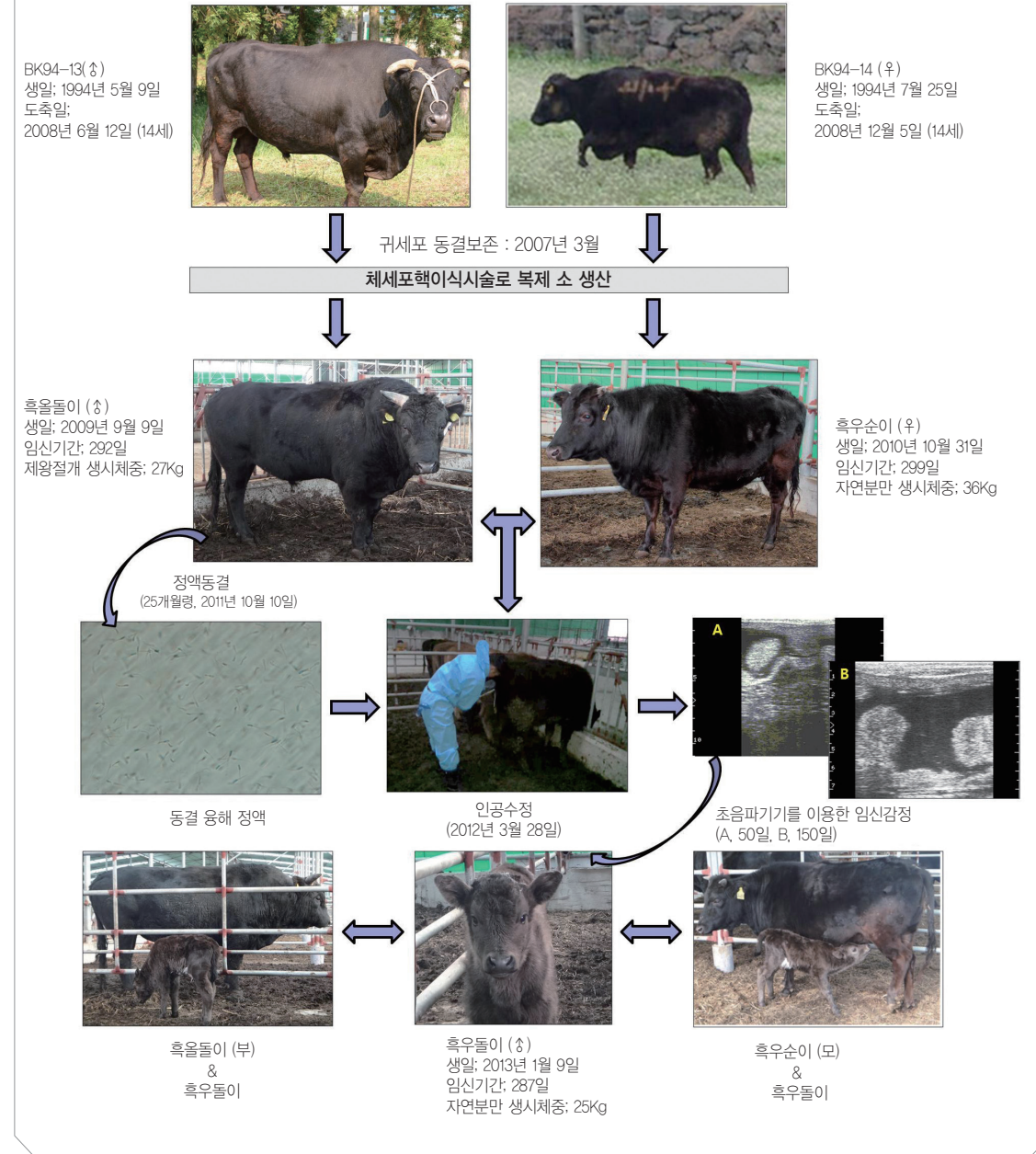
제주특별자치도에서 사육 중인 제주흑우의 특징은 전신의 털 색깔이 흑색이며, 체구가 작으나 체질이 강건하고 지구력이 좋은 특징을 가지고 있으며, 조선왕조실록, 탐라순력도 등 옛 문헌에 제향과 진상품으로 공출된 기록을 볼 때 나라의 보호 아래 사육이 되어 왔음을 짐작할 수 있다. 하지만 현재 순수 제주흑우로 남아 있는 개체수가 약 480여 마리로 적어 국제연합식량농업기구(FAO)에 멸종위험 동물로 지정되어 있으며, 2013년 7월 22일에는 문화재청으로부터 대한민국 천연기념물 제546호로 지정되어 국가의 보호를 받게 되었다. 따라서 제주흑우의 개체수 증식을 통한 유전자원 보존을 위한 연구 기술개발이 필요하였다.

연구성과 노령으로 도축된 체세포 활용으로 복제된 제주흑우에서 송아지 탄생

'흑우돌이'는 사후 복제된 멸종위기 제주흑우 씨수소 '흑우돌이'와 씨암소 '흑우순이' 사이에서 인공수정기술을 통하여 2013년 1월19일 287일 만에 정상 분만으로 태어났다. 생시체중 25kg으로 태어난 '흑우돌이'는 친자감별 유전자 분석(DNA finger printing) 결과 연구에 사용된 11개의 유전자 마커(STR)에서 복제수소 '흑우돌이'와 복제암소 '흑우순이'의 사이에서 탄생한 것임을 확인하였다.

활용방향 및 기대효과 종 복원기술의 개발로 응용영역 확대 가능

멸종위험 동물인 제주흑우의 씨 암·수소의 종 복원과 개체생산 기술 체계 확립을 통하여 유사시에 발생하게 될 위험요소로부터 안전한 종축의 보존이 가능하며 우수한 개체의 증식을 위한 기술개발 활용성 증대와 질환모델동물개발 등의 다양한 응용기술개발에도 활용이 가능할 것이다.



* 용어해설

- 멸종위기군 : 번식가능 암컷이 100마리 이하이거나 암수의 합이 120마리 이하
- 멸종위험군 : 번식가능 암컷이 1,000마리 이하이거나 암수의 합이 1,200마리 이하
- 희소군 : 번식 가능한 암·수의 합이 5,000마리 이하