

신기술을 이용한 흑한우의 증식

양 보 석

제주농업시험장 연구관

I. 서 론

한우(Korean native cattle, *Bos taurus coreanae*)는 유럽우(*Bos taurus*)와 인도견봉우(*Bos zebu*)가 교잡되어 성립된 얼굴이 긴 장안우로 추정되며 중국대륙, 몽고, 만주를 거쳐 한반도에는 기원전 2000년경에 전래되었음이 정설로 보인다. 그러나 문헌상에 한우가 한반도에 사육되었다는 기록으로는 신라말기 지증왕 3년 (502년)에 권농의 목적으로 우경을 장려하였다는 것이 시초이나 고대 부족국가 시대의 『삼국지동이전 부여조』 기록에 의하면 “우가, 마가, 저가 및 견사” 등 가축의 이름으로 관명을 삼고있다는 사실을 비롯하여 기원전 1세기경의 유적인 경남 김해 유적지에서 우골의 발굴로 소사육이 한반도에서 그 유래가 깊음이 과학적으로 밝혀졌다.

제주 한우의 사육 기원을 살펴보면 1800~2000년 전 제주 한우 사육이 시작되었고, 중국 삼국위지와 후한서에 마한의 서남쪽에 큰섬(제주도)에 소를 잘 기르는 선비족이 살았으며, 삼성개벽설화에도 소 사육 사실이 기록되어 있다. 동국여지승람 제38권에 선사시대부터 야생 우마군이 한라산 밀림지대(초원)에서 농경민들과 상당한 기간동안 유목생활을 기록하고 있으며,

고려 충렬왕 2년(1276년)에 몽고의 다루가치가 북방으로부터 우마를 들여와 입목하므로서 목마장 시초가 되었고, 세종실록에 의하면 제주한우 고기는 고려시대 및 이조시대의 삼명일(임금생일, 정월초하루, 동지)에 정규진상품으로 공출되기도 했다.

제주 한우 중 흑한우의 사육에 관한 기록으로는 숙종 28년(1702)에 제주목사로 부임했던 병와 이형상선생이 1년여간 제주 관내를 순력하면서 조사하여 만든 『탐라순력도』에 의하면 당시 제주에는 64개 목장에 소(國牛)가 703두 사육되었으며 흑우는 별방성에 247두, 정의현에 229두, 대정현에 228두를 사육하였다는 기록이 남아있다. 현대에 와서는朴과韓(1971)이 제주도내 남쪽지방에서 사육되고 있는 제주한우 6,339두의 모색을 조사한 결과 흑색은 수컷이 1,056두 암컷이 769두로 전체의 28.8%가 흑우로 조사되었으나 현재에는 제시와 도축진원에 63두밖에 사육되고 있는 실정이다.

그러므로 예로부터 왕실에 진상되고 육질이 좋아 많이 사육되었으나 현재 멸종위기에 있는 흑한우를 보존하고 증식하여 제주 특유의 관광 상품화하기 위하여는 기존의 증식방법인 자연종부와 인공수정에 의존하는데는 한계가 있다. 따라서 본 고

에서는 1970년대부터 연구가 수행되어 현재 산업화단계에 있는 수정란이식 기술을 비롯하여 생체내 난자 채취술을 이용한 체외수정 및 최근 각광을 받고있는 체세포 복제에 의한 흑한우의 증식 방안에 관하여 논하고자 한다.

II. 증식 신기술

가. 수정란이식

소는 출생시 난소에 수만 개의 난모세포를 가지고 태어나나 이들 많은 난자의 대부분은 성성숙 이전, 발정주기 중, 임신 및 비유기 중에 퇴행을 하여 12~13세의 노령우의 난소에는 수천 개의 난자만 보유하게 된다. 또한 한 마리의 번식우는 일생을 통하여 생산할 수 있는 송아지는 10두 내외로 능력이 우수한 암소라 할지라도 한번의 발정주기에 1개의 난자만 발

육·배란하여 한 마리의 송아지만 생산하므로 유전능력이 우수하거나 흑한우와 같이 멸종위기의 가축으로부터 자손을 빨리 증식하기가 불가능하다. 그러나 흑한우에서 한 발정주기에 인위적으로 여러 개의 난자를 배란시켜 혈통이 확실한 흑한우 종모우의 정자와 수정시켜 수정란을 생산하여 이를 교잡우 또는 육지한우의 자궁을 이용 흑한우를 생산한다면 교잡우나 한우에서도 우수한 흑한우 송아지를 대량생산할 수 있다. 이와 같이 순수한 흑한우 암소로부터 수정란을 생산 이를 교잡우나 육지 한우에 이식하여 송아지를 생산하는 일련의 과정을 수정란이식이라 한다.

이러한 수정란이식 기술은 최초로 영국의 Heap(1890)가 Angora 토끼 4세포기 수정란을 Belgian종 토끼에 이식하여 2두의 자태를 생산한 이래 1930년대에 들어가서 산양, 흰쥐, 면양 등에서도 성공하였다. 그 후 1951년에는 소와 돼지에서도 자축 생산에 성공하였으며, 1970년대에 접어들면서

표 1. 1998년도 세계 체내 수정란이식 현황

대 력	채란두수	이식가능 수정란	이식 수정란 수		
			신선란	동결란	계 (%)
아프리카	1,672	945	1,992	1,019	3,011 (0.7)
북 미	46,593	245,925	101,532	95,301	196,833 (44.5)
남 미	8,412	60,886	39,390	24,657	64,047 (14.5)
아 시 아	11,324	67,780	12,294	34,948	47,242 (10.7)
(한 국)	(150)	(537)	(125)	(212)	(337)
유 럽*	25,744	141,742	59,086	61,274	120,360 (27.4)
오세아니아**	2,432	11,410	5,929	3,873	9,802 (2.2)
계	96,177	528,688	220,223	221,072	441,295

* 1999년 AETE(유럽 수정란이식학회) 자료

** 호주의 성적 미비로 1997년도 성적의 10%를 증가시킨 성적임

(Thibier, 1999; 손, 2000)

동결에 관한 연구가 본격적으로 수행되어 1972년에는 생쥐에서 1973년에는 소에서 동결수정란이식에 의하여 산자 생산에 성공하였다. 이후 소를 중심으로 수정란이식 기술은 산업화가 가속화되어 1998년에 전 세계적으로 96,177두의 공란우가 채란되었으며 441,295개의 수정란이 이식되었으며 대부분은 북미와 유럽에서 이루어졌다.

1) 수정란이식 기술의 단계

수정란이식 기술은 수정란을 생산할 공란우를 선정하여 다수의 수정란을 생산하기 위한 다배란 처리 과정, 이들 배란된 난자를 수정시키는 인공수정 과정, 수정란을 체외로 회수하여 이식 여부를 검사하는 채란 및 질 평가 과정, 이식 가능한 수정란을 체외에서 조작하거나 보존하는 과정, 수정란을 이식하기 위한 수란우의 선정과 발정동기화 과정 및 수정란이식 과정의 여러 단계로 나뉘어 진다. 이들 과정 중 본 고에서는 실험실에서 수행되는 과정을 제외한 과정, 즉, 수정란의 생산 단계인 공란우의 선종과 다배란 처리, 그리고 이식 단계인 수란우 선정 및 발정동기화와 수정란이식 과정에 대하여 살펴보고자 한다.

(가) 공란우의 선정과 다배란 처리

공란우는 수정란을 제공하여주는 암소로서 무엇보다도 유전능력이 우수하여야 한다. 즉 흑한우로서 유전적으로 모색 유전자에 홀스타인이나 앵게스와 같은 유전자형이 없어야 한다. 또한 수정란을 다수 생산하기 위하여 번식능력이 좋아야 할 뿐만 아니라 번식기록이 정확하고 발정주

기가 주기적으로 반복되고 유산의 원인이 되는 질병이 없는 정상 번식우이어야 한다. 또한 너무 마르거나 과비되지 않고 번식기관이 충분히 발달한 16개월령 이상부터 10세 이하의 비교적 번식기능이 활발한 개체를 중심으로 선정한다.

공란우의 다배란 처리의 원리를 살펴보면 발정주기중에 난포의 발육을 자극하는 FSH(난포자극 호르몬)이 분비되어 난소 내 난포들이 발육을 시작하여 하나의 난포가 먼저 충분한 발육을 하면(우세난포; dominant follicle) 이 우세난포로부터 인히빈(inhibin)이라고 불리는 FSH의 분비를 억제하는 물질이 분비되어 발육중인 다른 난포의 발육을 억제하여 한 발정주기에 하나의 난포만 발육·배란하게 한다. 또한 발정주기 중 황체기에 난포의 발육주기가 1~2회 존재하나 난소내 황체로부터 분비되는 progesterone(황체 호르몬)에 의하여 시상하부의 GnRH pulse generator(성선자극 호르몬 방출인자 맥동적 분비조절 부위)의 활성을 억제하여 성선자극 호르몬의 분비를 억제한다. 그러나 외부로부터 FSH를 주사하면 체내 FSH의 양이 많아져서 많은 수의 난포가 발육되어 배란되는 난자수도 증가하게 된다.

다배란 유기를 위하여 현재 널리 이용되고 있는 방법은 FSH를 발정주기 9~14일부터 4일간 하루 2회 총 8회 주사하고 공란우의 발정 동기화를 위하여 FSH의 6회 처리 시 황체 퇴행을 유기하는 PGF₂α를 주사하는 방법이 있다. 그러나 공란우의 발정주기 확인이 곤란할 경우에는 PGF₂α 또는 progesterone 제제인 PRID나 CIDR을 이용 발정을 동기화 한 후 위의 방법

표 2. 다배란 반복처리에 따른 흑한우의 수정란 생산

반복	채란두수	총 회수 수정란 수 (개/두)					
		미수정	상실배	초기배반포	배반포	확장배반포	계
1 차	3	6 (2.0)	1 (0.3)	3 (1.0)	8 (2.7)	3 (1.0)	21 (7.0)
2 차	3	6 (2.0)	4 (1.3)	1 (0.3)	15 (5.0)	-	26 (8.7)
계	6	12 (2.0)	5 (0.8)	4 (0.7)	23 (3.8)	3 (0.5)	47 (7.8)

(제시, 2000)

을 이용하면 다배란 처리가 가능하다. 표 2는 금년에 제주농업시험장에서 수행한 흑한우의 다배란 반복처리에 따른 수정란의 생산성적으로 CIDR를 이용 발정동기화 하여 2회 반복하여도 수정란의 생산은 두당 평균 7.8개로서 문제가 없음을 보여주고 있으며, 정상 수정란의 생산은 다배란 처리시 공란우 두당 평균 5.8개, 공란우를 기준으로 할 경우 두당 11.7개의 수정란을 회수하여 흑한우의 조기 증식에 유용한 기술로 입증되었다.

(나) 수란우의 선정과 발정동기화

수란우는 공란우와는 달리 유전능력이 우수할 필요는 없으나 번식기능이 정상으로 임신이 잘 되는 것이어야 한다. 따라서 일반적으로 분만에 따라 발생할 수 있는 문제가 없었던 미경산우를 선호하는 경향이 있으나 현재 이용되고 있는 비외과적인 자궁경관경유법에 의한 경우에 약 10%의 미경산우에서 자궁경관 통과에 문제점이 나타날 수 있으며, 일반적인 수란우 선정 기준은 ① 정상적인 발정주기가 최소 2회 이상 반복하여야 하며, ② 2회 이상 수정란이식 시 임신이 안되는 번식우는 제외하고, ③ 강건하고 내병성이 있으며 임신에 장애가 되는 질병이 없고, ④ 송아지 포유능력이 좋아야 하며, 마지막으로 체격

은 표준이상으로 임신에 충분하여야 한다. 특히 제주도의 경우에는 교잡우를 수란우로 이용한다면 좋을 것으로 사료된다.

수정란이식을 위하여 수란우는 공란우 (또는 수정란)의 발정주기와 동기화를 시켜주어야 하는데 자연적으로 발정주기가 동기화된 수란우를 이용하는 방법과 인위적으로 약제를 이용하여 수란우의 발정을 유도하는 방법이 있다. 자연적으로 발정이 동기화된 수란우를 이용하는 방법은 많은 수의 공태 번식우를 사육하여 발정관찰을 하여야 하므로 수란우의 관리비와 대규모 사육시설이 필요하며 정확한 발정 파악을 위하여 항상 발정관찰을 위한 관리자의 주의가 필요하다는 단점이 있다. 따라서 발정주기가 각기 다른 번식우를 공란우와 동일한 발정주기가 되게 인위적으로 약제를 이용하여 발정을 동기화하여 수란우로 이용하는 방법이 널리 이용되고 있으며, 이러한 약제로 PGF2 α 제제와 progesterone 제제인 PRID 또는 CIDR가 사용되고 있다. 이들 제제의 작용 원리는 PGF2 α 의 경우는 기존에 난소내 존재하는 황체를 퇴행시킴으로서 차기 발정을 유도하는 것이며, progesterone 제제의 경우는 발정주기중의 황체기에 해당하는 기간동안 progesterone을 투여하여 가성 황체의 기능을 유지시켜주고 이 제제를 제거하여줌으로서 높게

유지되었던 혈중 progesterone 수준의 급격한 저하로 의하여 발정을 유도하는 것이다.

(다) 수정란의 이식

수정란을 수란우의 자궁에 이식하는 방법은 수란우를 마취하여 자궁을 절개부위로부터 끄집어내어 황체가 있는 쪽의 자궁각 선단에 구멍을 내어 이식하는 외과적 방법과 수술하지 않고 자궁각 내로 수정란을 넣어주는 비외과적 방법이 있다. 수태율은 일반적으로 외과적 방법이 10% 정도 높으나 수술에 따른 비용과 번거로움 때문에 현재에는 비외과적 방법이 일반화되어 있다.

비외과적 수정란이식 기술은 1960년대부터 1970년대 초에 이식 기구에 관한 많은 연구들이 수행되어 1970년대 중반 인공수정과 같은 Cassou 주입기를 이용하는 방법이 확립되어 인공수정과 같이 수정란을 자궁경관을 경유하여 황체가 있는 쪽의 자궁각 선단에 이식하는 방법이 농가 또는 야외에서 널리 이용되고 있으며, 수정란이식 수태율도 연구자들에 따라 다소의 차이가 있으나 숙련된 시술자는 50%를 상회하고 있다.

나. 생체내 난자채취와 체외수정

앞에서 서술한바와 같이 다배란 처리에 의한 수정란의 생산은 흑한우의 증식을 위한 도구로 이용될 수 있으나, 최근 20여 년의 많은 연구에도 불구하고 아직까지 공란우 개체간에 수정란 생산 반응의 변이가 심하며 두당 평균 이식 가능한 수정

란의 수도 5개 내외에 불과하며 공란우가 임신되었거나 성성숙 이전의 육성우에는 이용하지 못하는 실정이다. 따라서 도축되는 암소의 난소를 이용하는 체외수정기술의 발달과 더불어 1988년 Pieterse 등이 사람의 불임 클리닉에서 난자를 회수하는 방법과 동일한 방법인 초음파 진단기를 이용 공란우로부터 난자를 채취하는데 성공한 이래, 이 기술은 공란우에 대하여 손상이 적고 높은 반복력으로 소의 다배란 처리를 대체할 수 있는 기술로 또한 기존의 도축장 유래 난소를 이용시 암컷의 유전능력을 확인할 수 없는 단점을 극복하는 기술로서 최근 네덜란드를 중심으로 유럽에서 활발히 산업화되고 있다.

이 기술은 난자를 채취할 공란우를 보정한 후 초음파 진단기의 탐촉자(probe)를 질내에 삽입하고 직장을 통하여 난소를 자궁경 부근에 고정시킨 탐촉자 앞에 위치시켜 난소내 난포를 관찰한 후 난포를 확인하면서 질벽을 통하여 주사바늘을 난포 내로 진입시킨 후 미세 진공펌프를 이용 난포액을 흡인하여 난자를 채취, 이를 체외수정 기술에 의하여 수정란을 생산하는 방법이다.

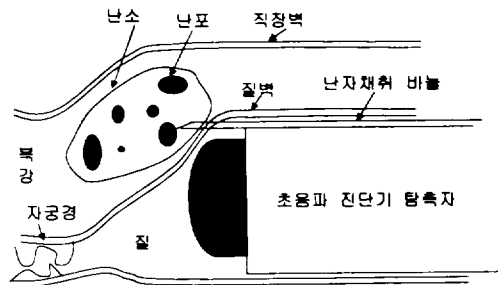


그림 1. 생체내 난자채취 ; 난소와 초음파 진단기의 탐촉자

이러한 생체내 난자채취법은 일반적으로 주 2회까지 반복하여 시술이 가능하며, 시술당 채취 난자수는 5개 내외이다. 이 기술은 정상적인 번식우 뿐만 아니라 임신 90일 이전의 난소 축진이 가능한 임신우 및 성성숙 이전의 육성우에서도 시술이 가능하며, 시술후 1주일 이내에 도축하여 난소를 검사할 경우에도 난소는 난자채취시의 바늘 자국이외에는 손상을 입지 않으며 반복 시술 후에도 발정이 바로 재귀될 뿐만 아니라 임신도 가능하므로 흑한우의 조기 증식에 이 기술의 이용 범위는 클 것이다.

그러나 이 기술에 의하여 채취한 난자의 50% 내외는 난구세포의 부착이 불충분한 상태로 채취되는 단점을 가지고 있으므로 난자채취시 사용하는 채취 바늘의 굵기와 흡입압을 적절히 조절하여야 한다. 일반적으로 널리 이용되는 채취 바늘의 굵기는 18~21 게이지이며 흡입압은 40~400mmHg를 이용하나 같은 굵기의 바늘을 이용할 경우 흡입압을 증가시키면 난자의 회수율은 증가하나 난포란의 질은 떨어지므로 흡입압은 적게하는 것이 좋다.

이렇게 채취한 난자는 체외수정 기술에 의하여 수정란을 생산하는데 이 체외수정 기술이란 체내에서 일어나는 정자와 난자의 수정과정으로부터 수정 후 수정란의 초기 발달인 난할 과정을 체외에서 인위적으로 재현시키는 기술로서 채취 난자의 체외성숙, 정자의 체외수정능 획득과 체외수정 및 체외수정된 수정란의 체외 배양 등 여러 단계로 구성되어 있다. 이들 각 기술 단계별 기술수준을 보면 난자의 배양 후 체외 성숙율은 90% 내외이며 정자의 체외수정능 획득 후 수정율은 80%내외, 체외 수정란의 배양 후 비외과적 이식이 가능한 배반포로의 발육율은 30% 내외로 표 3에서 보는 바와 같이 개체간에 수정란 생산에는 다소의 변이가 있으나 주 2회 난자채취를 하여 이를 체외수정할 경우 11~16주 동안 6~21개의 수정란 생산이 가능하다.

다. 복제 가축 생산

유전적으로 우수하거나 흑한우와 같이 적은 축군의 가축을 조기에 증식시키는

표 3. 한우에 있어서 생체내 난자채취 빈도와 체외 수정란 생산

명 호	주당 1회 채취			주당 2회 채취		
	가	나	다	라	마	바
채취기간(주)	16	16	11	15	15	15
채취 회수	32	32	21	15	15	15
총 채취난자수	151	98	85	40	88	17
난자채취 실패 %	6.3	9.4	4.7	0.0	6.6	40.0
채취당 난자수	4.8±0.5	3.1±0.5	4.3±0.6	2.7±0.8	5.8±0.7	1.1±0.7
총 배반포 수	14	6	21	4	7	2

(박 등, 2000)

기술로서 수정란의 미세분리에 의한 일란성 다태 생산, 수정란 세포 또는 최근 각광을 받고 있는 체세포의 핵이식 기술을 이용한 복제 가축생산 기술 등이 있다.

1) 수정란의 미세분리

수정란의 미세분리 기술이란 유전적으로 우수한 가축의 생산효율을 높이기 위하여 고능력 가축으로부터 생산된 수정란의 수정란 세포(할구)분리 또는 두 개로 미세분리하여 유전적으로 동일한 가축을 생산하는 방법으로서 가축의 경우 Willadsen 등에 의하여 1979년에 면양에서 그리고 1981년에는 소에서 이 기술에 의하여 일란성 3자 생산에 성공하였으며 우리나라에서도 축산기술연구소에서 송아지 생산에 성공하였다.

이 기술은 소의 경우 초기 수정란의 할구 분리보다는 상실배 또는 배반포의 2분

법이 널리 이용되고 있으며, 이 기술의 효율을 살펴보면 미세분리 후 이식할 때 투명대의 유무와 관계없이 임신이 가능하며 미세분리전의 수정란 수를 기준으로 할 경우 송아지 생산율은 71~127%이며 일란성 쌍자율은 34~58%로서 전술한 일반적인 수정란이식 기술보다는 송아지 생산효율을 높일 수 있어 흑한우의 증식에 이 기술을 적용한다면 수정란이식 기술보다는 조기에 증식이 가능할 것이다.

2) 핵이식에 의한 복제가축 생산

전술한 수정란의 미세분리 기술은 생산 가능한 일란성 자축의 수가 4두 이내로 제한되어 있어 이러한 단점을 극복하고자 미수정란의 핵을 제거하고 수정란 또는 체세포의 핵을 이식하여 복제가축 생산기술이 개발되었다. 수정란 할구를 이용한 복제 가축 생산은 최초로 1986년 면양에서

표 4. 수정란 미세분리후 투명대 내의 분리 수정란 수에 따른 수태율

	투명대 내에 존재하는 분리 수정란 수		
	2	1	0
미세분리 시도 난수	55	15	74
미세분리 난수	110	30	148
이식 두수	55	15	74
임신 두수	29	12	41
분만 송아지 두수	39	19	63
송아지/최초 수정란 (%)	71	127	85
송아지/미세분리난 (%)	35	63	43
단태 두수	19	5	19
쌍태 두수	10	7	22
쌍태/최초 수정란 (%)	18	47	30
쌍태/임신 두수 (%)	34	58	54

(Kippax 등, 1991)

성공하였으며, 1987년에는 소에서 산자생산에 성공하였다. 1990년에는 Bondioli 등에 의하여 소에서 하나의 수정란으로부터 11두의 복제 송아지가 생산되었으며, 1993년에는 Stice와 Keefer에 의하여 핵이식된 복제 수정란을 다시 복제하는 재순환을 3회 반복하여 수정란을 복제하는데 성공하기에 이르렀다. 그 후 1997년에는 영국의 Wilmut 등에 의하여 세계에서 최초로 언론에 공개되어 세계적인 파문을 일으켰던 복제양 "Dolly"라는 성장한 암양의 체세포인 유선상피세포를 이용한 복제양이 생산되었으며 우리나라에서도 서울대와 축산연에서 한우와 젓소에서 체세포를 이용한 복제 송아지 생산에 성공하였다.

이 기술은 핵을 제공할 공핵 수정란 또

는 체세포의 준비, 핵을 이식 받을 수핵 난자의 준비, 전기자극에 의한 공핵 세포와 수핵 난자의 융합(핵이식), 융합 난자의 난할을 위한 활성화, 핵이식 수정란의 체외 배양 및 수정란이식 등의 단계로 구분되며 특히 체세포를 이용한 복제 가축 생산 기술은 무한대로 체세포를 제공한 가축과 동일한 개체를 생산할 수 있으므로 흑한우 증식에 꼭 필요한 기술로 사료된다.

III. 맺는말

수정란이식, 생체내 난자채취와 체외수정 및 복제 가축생산 기술과 같은 번식관

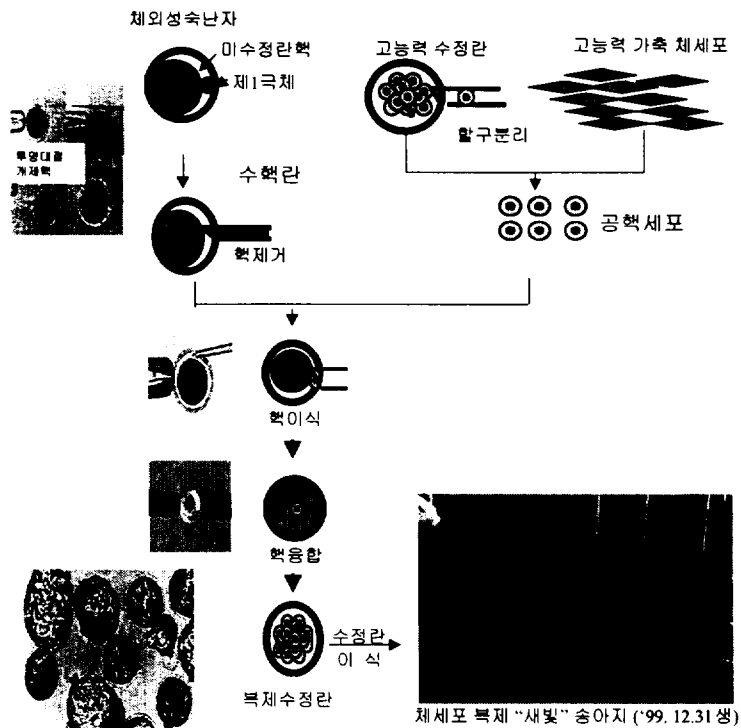


그림 2. 핵이식에 의한 복제가축 생산 기술

런 신기술은 흑한우의 증식뿐만 아니라 가축의 개량, 고품질과 고부가가치의 축산물 생산, 멸종되는 유전자원의 보존 수단으로 국제적으로 널리 이용되고 있다. 그러나 전술한 기술들을 흑한우의 증식에 이용하는데 있어서 수정란이식과 생체내 난자채취에 의한 체외수정 기술은 현재 보존 중인 흑한우의 절대 두수가 적고 이들 중에도 유전적으로 우량한 공란우 두수가 적어 이 기술들에 의한 흑한우 증식에는 한계가 있는 실정이다. 따라서 조기에 흑한우를 증식하기 위하여는 유전적으로 우량한 흑한우를 선정하여 이 들로부터 체세포를 채취 체세포 복제 송아지 생산에 박차를 가해야 할 것이다. 그러나 이 기술은 아직까지 수정란이식 수태율이 낮

으며, 임신이 되더라도 유산율이 높고 태어난 송아지의 생시체중이 크고 이로 인한 난산의 위험이 높으며, 태어나더라도 폐사율이 높은 여러 단점을 가지고 있다. 또한 제주도의 경우 이 기술을 이용 흑한우 증식에 이용할 경우 도내 도축장의 암소 도축두수가 적어 산업화에는 다소 제약이 따를 것으로 사료된다. 그러나 이들 단점에도 불구하고 멸종 위기의 가축 증식 측면에서 이미 개발된 어떠한 기술보다도 효율이 높으며 여러 선진국을 비롯하여 우리나라에서도 이 기술에 관한 문제점을 해결하기 위한 많은 연구가 진행되고 있으므로 금후 흑한우의 조기 증식을 위하여 이 기술을 적극 활용하여야 할 것이다.