

酪農施設의 飼養管理시스템 現狀과 展望

The Status and Prospects of Husbandry Management System for Dairy Housing

洪志亨

吳東煥

(순천대 농업기계공학과 교수)

(순천대 축산학과 교수)

1. 서론

UR 농산물 협상으로 농축산물의 수입이 자유화됨에 따라 국제 경쟁력 강화를 위한 우리나라의 낙농업을 실현하기 위해서는 사료생산과 사양관리 작업의 체계화로 비용절감, 노동력 경감, 고능율화, 작업자와 유우의 쾌적한 사육환경 및 환경오염방지 등이 요망된다.

현재 우리나라 우사는 개체별 관리를 위한 스톨(stall)우사가 대부분이나 이제부터는 群 관리를 위한 프리스톨(free stall)우사로의 사양관리 작업체계를 개선하여 대규모, 전업화되어 가는 낙농업을 합리적이고 효율적으로 관리할 수 있도록 하여야 한다고 생각한다.

1992년 낙농가의 호당 사육두수는 18두로서 10년전 보다 거의 2배 증가하였다¹⁾. 이러한 추세에 부응하여 사양관리 작업의 효율성 제고와 기술 집약형의 낙농시설이 크게 발전될 것으로 예상된다. 따라서 착유우사, 육성우사, 사료조제실, 우유처리실, 사이로, 사료탱크 및 분뇨처리 시설 등 零細의 형태의 낙농시설에서 尖端 형태의 시설로 개선이 필요한 실정이다.

낙농경영은 사료생산 부분과 사양관리 부분으로 대별되는 복합경영으로 노동시간 단축과 환경보전적인 관리작업이 큰 비중을 차지하고 있다. 그러나 관행의 관리작업체계로는 이와 같은 요구를 충족하기가 어려우므로 새로운 사육방식에 따른 유우 사양관리시스템의 도입이 요망되

고 있다.

유우 사양관리 작업의 구성요소로는 급이작업, 착유작업 및 분뇨처리작업 등이며 착유우 두당 연간 작업별 노동시간 비율은 사료혼합, 급여 및 급수가 22.9%, 착유 및 우유처리 53.5%, 분뇨처리 11.8%, 기타 관리 11.8% 등으로서 착유 및 급이작업이 총 노동시간의 70% 이상을 차지하고 있다.

사양 두수와 작업노동시간의 관계를 보면 사양 두수가 5~9마리의 소규모와 50마리 이상의 대규모 낙농업을 비교할 때 약 절반정도의 노동시간이 단축될 수 있는데 이것은 기계화 도입으로 생력 효과를 나타내어 노동생산성이 향상된 결과라고 한다²⁾. 따라서 미래의 낙농업은 사료생산은 물론이지만, 사양관리작업의 효율화와 가축능력을 최대한 발휘시킬 수 있는 낙농시설 기계의 자동화가 크게 기대됨으로 여기에서는 관행의 사양관리시스템의 문제점과 저비용과 생력화를 추구하는 새로운 사양관리시스템의 연구 개발 동향을 중심으로 논하고자 한다.

2. 飼養管理시스템

가. 급이시스템

유우에 취급되는 사료는 조사료, 농후사료, 특수사료 등으로 대별되나 이 가운데 조사료 급여 작업이 중량, 용적, 취급, 저장 등의 측면과 자급

적인 성질로 인하여 급여작업의 중심이 되고 있다. 유우는 관리단계별로 착유우, 분만우, 포육우, 육성우 등이며 급여방식은 무제한 급여와 제한급여가 있으나, 최근에는 조사료와 농후사료를 혼합조제하여 급여하는 TMR(total mixed rations)시스템을 급여작업의 효율을 증대하고자 이용하고 있다. 이와 같이 사료종류, 급여방식과 급여량등은 유우의 사육단계, 우사의 형식, 사육규모 등에 따라 서로 상이 하므로 급여시설 기계의 종류와 작업이 다양하다. 그러나, 기본적인 급여작업시스템은 그림 1과 같이 저장된 사료를 취출, 운반, 혼합 및 급여하는 4단계의 작업순서로 구분된다.

따라서, 급여작업의 효율화는 조사료의 취출과 혼합공정의 자동화, TMR제조로서 자동급여할 수 있는 조건 등이 구비되어야 한다. TMR도입은 유우의 유량증가, 유질개선, 번식성적의 향상, 소화기병과 대사장애의 감소 등 효과가 있으며, 또한 저질의 조사료활용이 가능하여 저비용화도 가능하다. 그러나, 이 방식은 혼합과 배합양 조작에 고도의 정밀화가 요구된다. 여러 번에 걸쳐서 급여하는 TMR 급여는 시스템의 자동화가

가능하여 급여기의 크기를 적게 할 수 있어 우사의 설비를 작게 하는데 효과가 크다.

스톨우사는 개체관리, 제한 급여가, 프리스톨우사는 群관리, 무제한 급여가 기본이다. 그러나, 다두 사육에 의한 급여 작업의 생력화, 가축의 스트레스 경감, 유우의 쾌적함(dairy welfare)등의 측면에서 프리스톨 우사로 바뀌가는 추세다. 프리스톨우사에서 개체별 비유능력을 최대한 얻기 위해서는 고도의 기술적인 개체관리와 제한급여가 필요하며 스톨과 프리스톨우사의 장점을 조합한 하이브리드(hybrid)식 관리방식도 있지만 프리스톨에 의한 고능을 개체관리, 제한급여방식을 급여작업시스템의 기본요소로 하는 것이 바람직하고 급여시스템은 착유시스템에 연결하여 급여로봇, 착유로봇 등에 의한 유우의 개체별 정보(유량, 유질, 체중)와 외부정보(사료성분과 함량)등에 대한 시스템을 온라인(on line)화하는 것이 바람직하다고 본다¹⁾.

1) 조사료 급여시스템

사이레지 급여에 있어서 가장 노력이 많이 드는 작업은 사이로에서의 취출작업이며 이것은

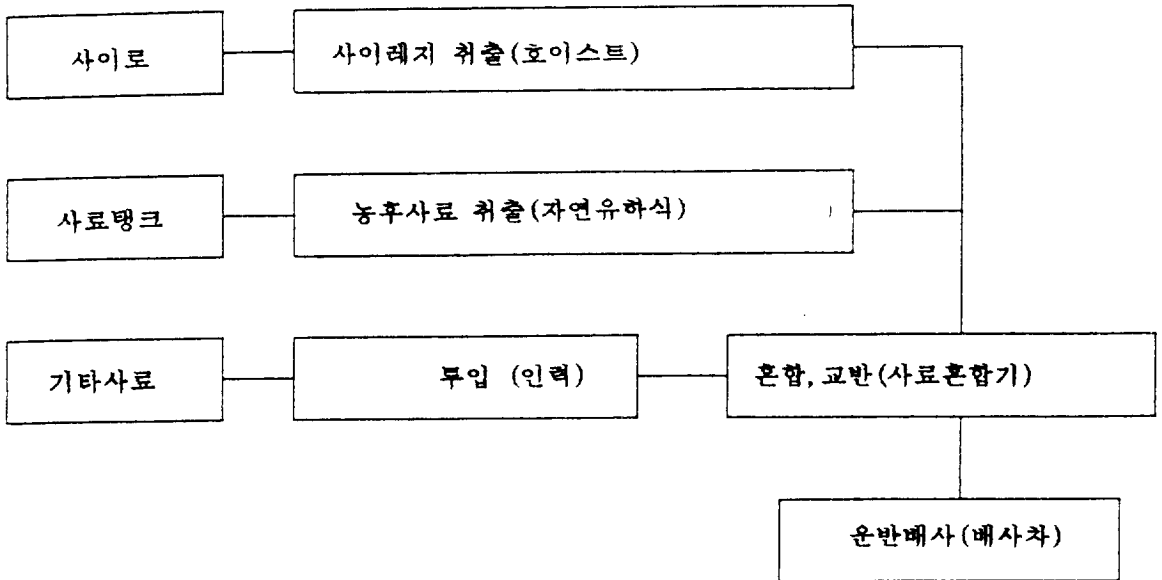


그림. 1. 급사작업 시스템의 개념도

인력에서 언로우더(unloader)까지 있다. 운반과 급여작업은 급여차가 이용되고 있으나, 언로우더와 콘베어 등, 수송기를 결합한 사이레지 자동 급여 시스템을 도입하고 있으며 또한, 지하각형 사이로의 보급으로 사이레지를 인력과 호이스트(hoist)로서 취출하여 농후사료와 연속 혼합할 수 있도록 연결되어져 사육 두수별 소요 급여량을 자동적으로 혼합조제하는 기술체계등이 실용화 되고 있다¹⁰⁾.

2) 농후사료 급여시스템

농후사료용 자동급여장치는 돼지, 닭 등에 널리 보급되고 있으며 이 자동급여장치는 사료탱크에서 스크류콘베어로 급이기(또는 사조)에 보내는 방식과 콘베어에서 자동급여장치의 호퍼에 사료를 투입하여 급여하는 방식이 있다. 후자의 경우는 각 우상마다 급여량이 컴퓨터에 의한 개체별로 제어되는 시스템으로 스톨우사에서 高泌乳牛의 효율적인 개체관리에 활용되고 있다¹⁰⁾.

3) 혼합사료 자동급여시스템

경영규모 확대로 급여작업의 합리화와 사료 배합의 효율적 개선 관점에서 조사료와 농후사료를 혼합급여하는 작업관리가 보급되고 있는 추세다. 이 방식은 프리스틀 우사에 가장 적합한 시스템으로서 개체별로 유량과 체중을 정확히 파악하여 에너지 요구량이 비슷한 유우를 그룹별로 나누어 자유급이하는 群관리가 기본이다. 따라서, 그룹별로 소요 에너지 요구량에 따른 여러가지 농후사료와 조사료를 균형적으로 배합하는 것이 중요하다.

사료배합기(complete feeder)는 중량 계측장치가 있어 배합되는 사료의 량을 정확히 측정할 수 있으며 그룹별로 요구량에 따라 사료를 적절히 배합할 수 있다. 이 시스템은 사이로와 사료탱크의 취출에서 급여까지 완전 자동화된 급여 시스템(그림 2)으로 상당히 합리적인 반면에 관리자의 고도한 처리관리 기술이 요구된다¹⁰⁾.

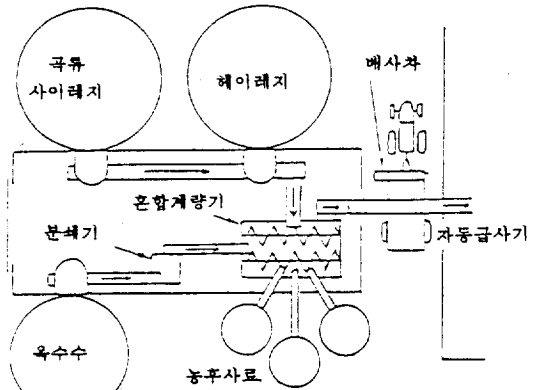


그림. 2. 혼합사료 자동급사 시스템

4) 개체 식별장치에 의한 TMR급여시스템

유우의 다두 사육화로 작업의 생력화가 날로 증가되어 프리스틀 방식에 의거한 그룹별 또는 개체별로 관리할 수 있는 TMR급여시스템은 최적량을 여러번 나누어 급여하므로써 고비유우의 능력을 충분히 발휘 시키는 것을 목적으로 한 것이다. 이 시스템은 유우마다 서로 다른 개체식별 번호를 유우 목부위에 부착해 놓고 유우가 사료를 먹기위해 급이기에 머리를 넣으면(그림 3) 수신기에 의해 개체별로 식별되어 컴퓨터에 등록된 개체의 급여 설계에 따라 자동적으로 급이기에 사료가 공급되는 장치로서 개체별 급여설계가 모두 컴퓨터에 의해 실행관리 되고 있는 것이다¹⁴⁾. 따라서, 소프트웨어로 부터 하루의 급여량과 잔유량을 판정할 수 있고 급여량의 조절이 가능하여 개체에 알맞은 고효율적인 급이가 가능하다.

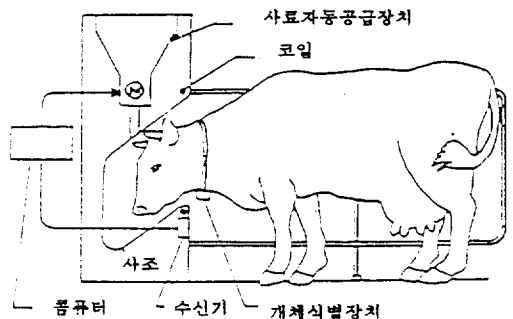


그림. 3. 개체식별 TMR급사장치

나. 착유시스템

착유작업은 우유라는 최종 생산물을 얻는 중요한 작업으로서 유두컵(teat cup)을 유유의 유두에 장치하는 작업, 이탈하는 작업, 착유전후의 작업, 유방염우의 처리, 착유기의 세정 및 우유의 냉각저장 등으로 구성되어 있으며 하루에 2번 작업을 반복한다. 착유시스템은 착유우 사양방식에 따라 스톨과 프리스톨우사가 있으며 스톨우사 착유시스템은 버킷트 밀커와 파이프라인 밀커가 사용되며 작업자가 크러스트(cluster)를 이동하면서 순차적으로 착유하는 것이고, 프리스톨우사 착유시스템은 밀킹파러(milking parlor)방식으로 전용착유실에서 파이프라인 밀커를 설치해 두고 작업자가 착유우를 출입시켜 착유하는 것으로 스톨 착유시스템보다 착유시간과 노동량이 경감되어 착유작업의 합리화와 효율화가 기대되어 최근에는 프리스톨 밀킹파러의 보급이 증가 추세에 있다. 밀킹파러 시스템은 착유우와 착유실 우상의 배열, 착유우의 출입방법에 따라 착유작업 능률이 서로 다르므로 밀킹파러의 형식별 특성을 파악하고 사양방식, 경영규모, 작업인원을 고려하여 선정하는 것이 중요하다. 착유시스템의 기본적인 구조는 라이너(liner)

및 맥동실을 진공압으로 하여 착유된 우유를 송유하기 위한 진공펌프, 진공압을 일정하게 제어하기 위한 진공압 조절기, 유두에 장착해 착유하는 크러스터, 맥동실 내부를 진공압과 대기압으로 상호교환하는 펄세이터(pulsator), 진공을 전달하는 파이프, 우유를 보내는 파이프와 보내진 우유를 공기와 분류하여 밀크쿨러(milkcooler)에 보내는 릴리저(releaser)로 구성되어 있다.

1) 밀킹파러 시스템

밀킹파러 시스템은 고능률적인 착유작업이 가능하며 착유실의 작업통로(pit)에서 작업자가 허리를 굽히지 않고 착유작업을 하므로서 간편하고 위생적이다. 최근에는 밀킹파러에 티트컵의 자동이탈장치, 유량계측의 자동화등이 도입되어 작업능률이 훨씬 높아지고 있다(그림 4).

밀킹파러의 구조는 착유 우상이 고정된 정치식과 회전이동하는 로터리식이 있으며, 우상의 배열에 따라 탄뎀(tandem)형, 헤링본(herringbone)형 및 병렬(parallel)형 등이 있다.

2) 착유작업 자동화 기술

가) 진공 2계통 파이프 라인 시스템

파이프 라인 착유시스템은 착유와 우유수송을

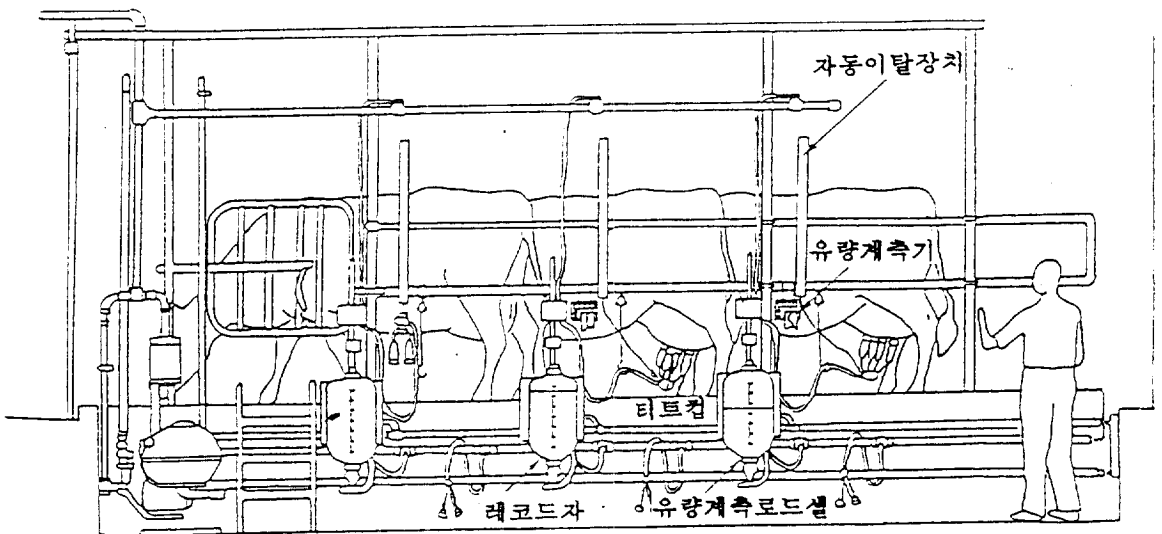


그림. 4. 밀킹파러시스템¹⁸⁾

동일한 진공전달계에서 하고 있다. 따라서, 우유 수송관과 수송관의 저항등 변동이 밀크크로우 (milk claw)내의 진공압에 변동을 주므로서 착유와 수송을 같은 진공압하에서 하는 것이 부적당하다. 이러한 문제를 개선하기 위해서 착유와 수송을 2계통의 진공압에서 처리하는 착유기가 개발보급되고 있다⁸⁾.

나) 진공압가변 착유기와 자동마사지 착유기

진공압가변 착유기는 밀크크로우 내압을 우유 유출량이 많을 경우에 설정 진공압(35~38 cmHg)보다 낮은 30cmHg 이하로 저하시키고, 적은 경우는 설정 진공압이 되게하는 것으로서 착유초기와 말기의 유출량이 적은 시기에 유두의 부담을 경감하는데 있다.

이것은 유량계측기로 부터 유량이 200gr/min. 이하에서는 25cmHg의 압력으로 조정하고 그 이상이 되면 자동적으로 설정 진공압으로 조절되는 구조이다⁸⁾.

자동 마사지 착유기는 착유전에 유두를 마사지 하는 것으로서 원활한 비유를 하기위하여 착유개시의 경우에 약 15cmHg의 저 진공압으로 매분 30회의 맥동수로 유두컵을 진동하여 유두를 40~90초 동안 마사지 하며 마사지 후에는 진공압이 높아지고 맥동수도 저하되면서 정상상태의 진공압, 맥동수, 맥동비로 이행되는 형식이다⁷⁾.

다) 유두컵 자동 이탈장치와 유량계측의 자동화

착유작업 종료후에 작업자가 유두컵 유니트 (unit)의 진공을 차단하면서 유두컵을 작업자의 손으로 떼어낸다. 그러나, 우유가 비유 정지된 후에도 착유상태가 계속되면 과도한 착유가 되어 유방염의 발생원인이 되므로 작업자가 언제나 착유작업을 감시하면서 작업을 하여야 하므로 작업자가 취급하는 유두컵 유니트의 감시한도 때문에 착유작업 능률에 제한을 가져온다. 따라서, 과착유방지와 착유작업 능률의 향상을 위

하여 유두컵 자동이탈 장치를 도입하고 있다. 이 장치는 착유가 종료되는 시점에서 비유량이 일정량으로 감소되면 유량계측기로 부터 신호를 발생하여 그 이후에 유량감소 추이와 설정된 프로그램에 의해 종료시기를 판단하여 유두컵 유니트의 진공이 차단되고 에어실린더(aircylinder)가 작동하여 유두컵이 자동 이탈되는 구조로 되었다.

현재 시판되고 있는 각종 유량계는 착유작업 종료후에 작업자가 작업중에 측정기록하여야 하므로 번잡한 일로 되고 있다. 그러나, 고비유우의 도입으로 개체별 유량데이터에 따른 착유관리가 점차 확대되어져서 밀킹파러 시스템에서 그림 4와 같은 레코드자(record jar)에 3개의 로드셀(load cell)을 조립하여 직접 중량을 측정하는 자동유량계측 장치로 레코드자에 유입된 유량을 측정함과 동시에 컴퓨터에 입력되어 프린터로 출력되므로서 개체식별장치와 병용되어져 완전 자동화가 가능하게 되어 있다⁸⁾. 따라서, 사양관리의 효율화와 더불어 고능력 착유우의 도입으로 개체능력을 최대한 발휘하는 고능률의 급이 및 착유 시스템이 필요한 실정이므로 앞으로는 개체별 각종 정보를 기초로 하여 급이와 착유작업을 계측제어하는 관리시스템이 기본이 되는 사양관리시설의 자동화 기술 개발이 실용화가 보급될 것으로 전망된다.

다. 분뇨처리 시스템

1992년도의 가축사양두수와 분뇨의 연간 배설량은 표 1에서 보는 바와 같이 배설 총량은 약 3,600만톤이며 우유배설량은 670만톤으로 전체의 약 19% 정도이다. 사육두수의 증가로 더욱 늘어날 것이 예측되므로 축산공해에 대한 환경보전 문제가 심각한 실정이다.

우유분뇨의 처리이용은 우사의 구조에 따라서 배출되는 분뇨의 性状이 서로 다르므로 처리방법도 상이하다. 일반적으로 낙농경영에서 축사 구조별 배출분뇨의 성장과 처리시스템은 그림 5

표 1 우리나라의 가축분뇨 연간 배출량 (1992년도)

축종	사육두수 (x10 ³)	배출량 (x10 ³ t)		
		분	노	합계
유우	508	3,977	3,713	6,690
육우	2,019	9,205	6,182	15,387
돼지	5,463	3,417	7,370	10,787
닭	73,324	3,378	-	3,378
	-	19,977	16,265	36,242

와 같다. 부료와 분뇨의 혼합상태는 충분한 부료의 확보가 어렵고, 분뇨분리 상태는 고액분리가 불충분하여 뇨오수가 분에 혼입되어 분의 수분

이 높게되는것이 문제이며, 분뇨혼합상태는 고액의 시설비, 년중 처리이용과 액비 살포시에 발생하는 악취가 문제이다. 그러나, 유우분의 처리

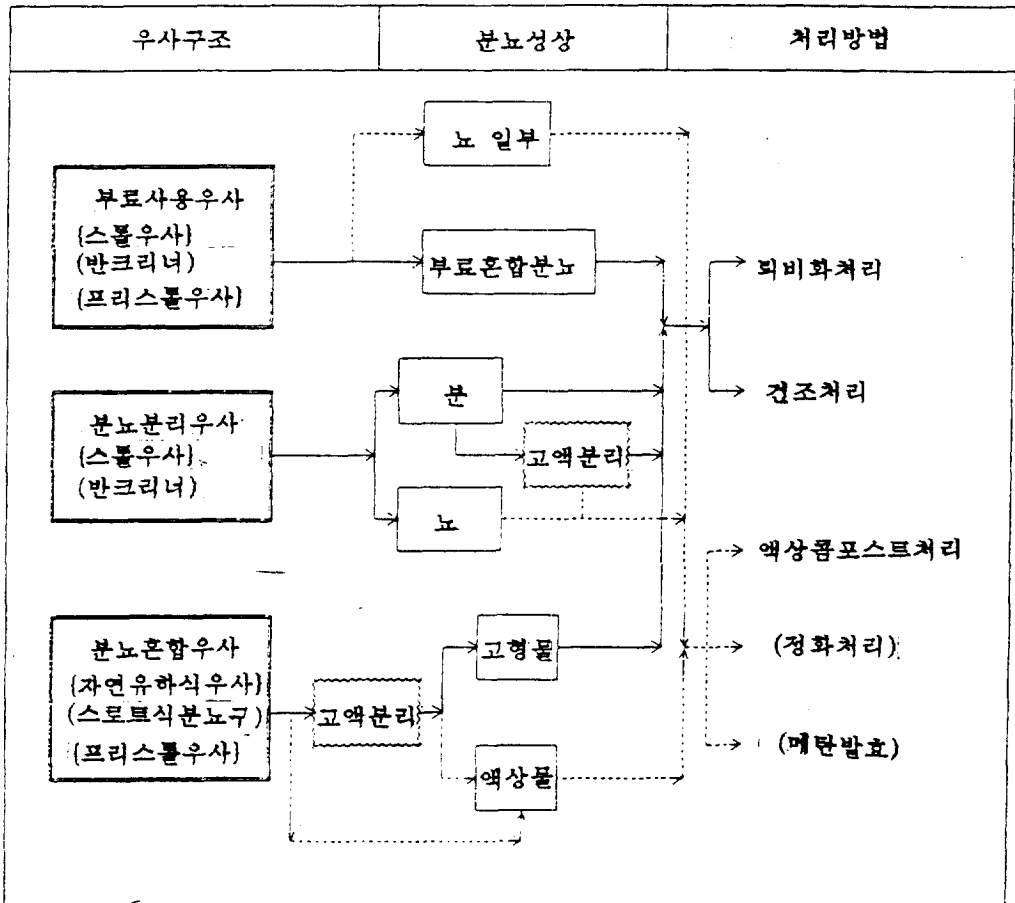


그림 5. 낙농경영의 분뇨처리 시스템

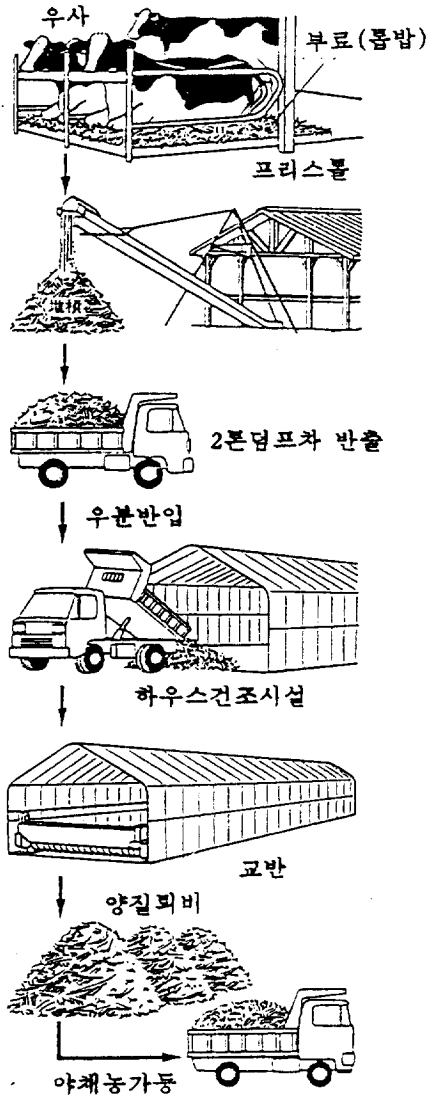


그림. 6. 똥밥이용의 하우스 우분건조처리

이용 시스템은 고행퇴비화처리, 액상컴포스트화처리, 건조발효처리 및 정화처리등이 기본이다.

퇴비화처리 시스템은 유우분에 내재된 유기물을 호기성 미생물이 분해하는 과정으로 퇴비화처리와 액상컴포스트화 처리 시스템으로 대별된다. 전자는 고행물과 부료 또는 부재료를 혼합하여 처리하고 후자는 액상물의 뇨수수를 발효조에 넣어 공기를 주입하면서 발효 처리하는 것이

다. 건조발효처리는 화력건조기 또는 자연건조에 의해 발효 퇴비화(그림 6) 하는 것을 말한다³⁾.

1) 고행퇴비화 처리와 액상컴포스트화 처리시스템

고행퇴비화처리는 축사내에서 고액분리상태로 배출되거나 축사 외부로 배출된 분뇨를 고액분리기로 분리한 固形物을 톱밥, 볏짚, 왕겨, 폐지류등의 부재료와 혼합하여 수분과 탄소율을 조절하는 전처리 공정, 퇴비재료에 산소를 공급하여 발효시키는 주발효 공정, 퇴비를 숙성, 건조, 선별하는 공정, 발효도중 배기가스를 열교환하여 발효열은 회수하여 건조작업에 이용하고, 악취가스는 컴포스트필터(compost filter)가 있는 컴포스트 베드(compost bed)로 흡입하여 탈취하고 최종적으로 처리된 퇴비는 경지에 환원 이용하는 방식이다^{4,5)}.

액상컴포스트화처리는 분리된 액상성분의 뇨수수를 수집탱크에 담아 교반하면서 미생물 발효를 시키는데 이 때 미생물이 잘 배양되도록 영양원이 되는 유기물, 산소, 발효온도 등을 유지하여 하고 부숙시킨 뒤에는 포장에 액비로 이용되는 방식이다¹⁸⁾.

퇴비화시스템은 밀폐형, 개방형이 있으나 가축분뇨의 퇴비화처리는 개방형이 효율적이며 시설비가 저렴하고 최근에는 탈취처리장치가 도입되어 처리과정에서 배출되는 악취가스를 제거할 수 있게 되었다⁹⁾.

2) 새로운 분뇨처리 시스템

낙농업의 경우 일반적인 분뇨배출 방식은 자연유하식, 스토티(slotted)床式, 번크리너(barn-cleaner)식 등 3가지 형태가 있다. 축사 외부로 배출된 분뇨는 고액분리시킨 후에 퇴비화, 액비화, 정화처리 되고 있다. 그러나, 유우분을 고액분리처리할 때에 고행물 회수율은 50~80%로서 액상성분에 미세한 고행물이 유입되어 오염도가 높게되어 액비화, 정화처리화 등에 문제가 되고 있다. 따라서 최근에는 유우분을 고액분리

한 후에 液狀物과 뇨를 濾床(filter bed)처리 시킨 다음에 액상컴포스트화 또는 정화처리하거나, 유우분을 고액분리하여 배출된 액상물에 뇨를 혼합하여 증발농축장치에 의해 분뇨를 분리 처리하는 시스템이 개발단계에 있다^{12, 14)}.

가) 액상물의 濾床고액분리 기술

뇨오수 처리법은 액상컴포스트화처리로서 포장에 환원이용하는 것이 기본적인이었으나 최근에는 사양규모 확대와 주변환경 조건의 변화, 시설비의 과다 등으로 경지환원이 불가능 한 경우가 발생되고 있다. 그림 7의 액상물의 여상고액분리 시스템은 분리된 액상물 오염성분을 제거하는 것으로서 오수정화처리 시설로 오수의 오락농도가 저하되고 정화처리 시설비와 운전비 절약이 가능하다. 그리고 톱밥, 파쇄왕겨, 퇴비 등의 濾材(biofilter)는 퇴비화 처리되어 경지이용에 가능하다. 그러나, 여상재료의 투입, 배출작업의 기계화로 인하여 액상컴포스트처리 보다 여상고액분리 정화처리가 비싸다. 따라서 정화처리시설에 투입되는 오수오염도를 저하하여 시설규모를 축소화 시키는 것이 여상고액분리기술에 의의가 있다고 본다. 액상물을 여상의 여재에 살수

여과하면 여재표면에 균열이 일어나 여과능력이 저하되므로 여상의 상부에 교반기를 두어 여재를 혼합시키고, 여상 하부에 송풍기를 두어 여재에 통풍시켜 빈틈을 방지하여 안정적인 여과능력을 확보하면서 고액을 분리하고 모여진 여과액을 RW(rock wool)여재에 살수하여 오수를 정화하는 신 기술이다.

나) 액상물의 증발농축 기술

증발농축장치는 음용수원이 되는 수원지 주변에 분뇨살포 경지를 필요로 하는 낙농가에서 유지가 가능하고, 또한 이 방식은 뇨오수의 농축에 의한 처리로 전체 뇨오수량을 감량할 수 있으며 농축액은 여름철에 별도의 퇴비화 처리장치로 처리가 가능하다. 처리비용은 오수정화시설 수준과 같이 경비가 많이 든다. 증발농력은 하우스 내에서 상온 통풍의 건조능력에 따라 달라지므로, 여름과 겨울의 건조능력의 차이가 크다. 따라서, 온난지역에서 이용이 적합하다.

증발농축 방식(그림 8)은 뇨오수를 고액분리기로 직경이 0.5mm 정도의 고형물을 제거하고 폭기하여 악취성분을 비산제거 한 다음 프라스

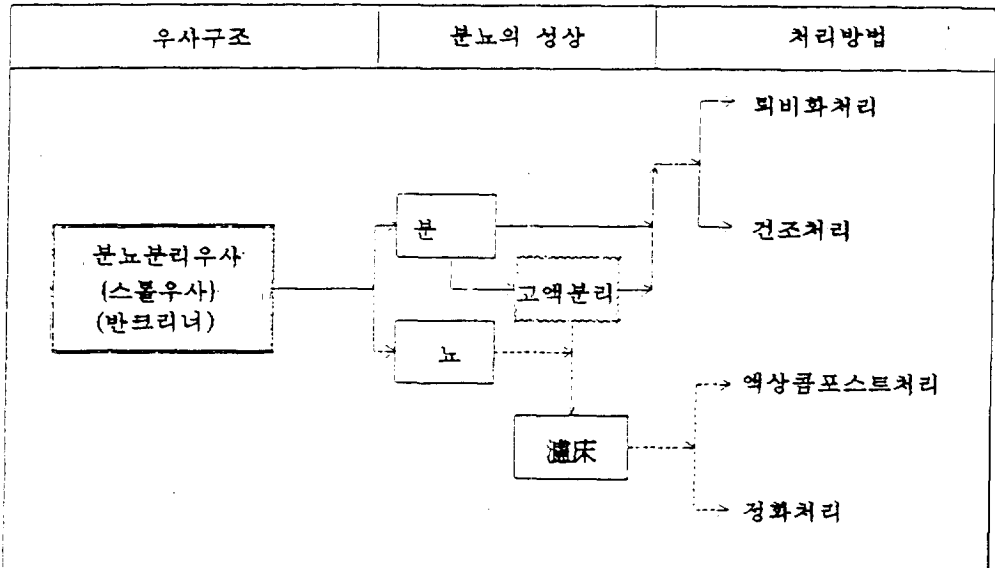


그림 7. 液狀物의 濾床고액분리 시스템

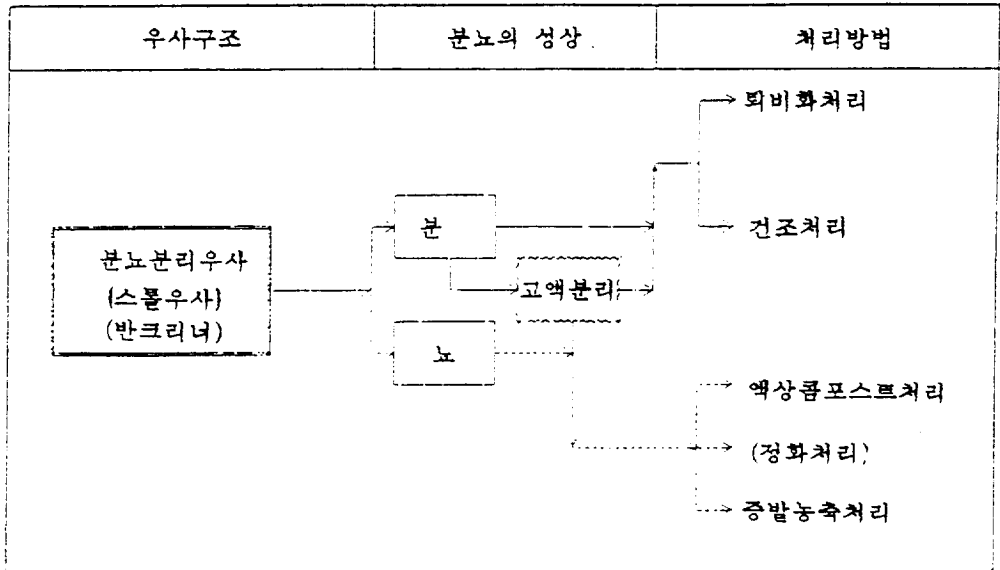


그림. 8. 液狀物의 蒸發濃縮처리 시스템

틱 하우스 내에 안개상태로 오수를 분무시키면서 대량의 공기를 송풍 오수를 증발농축하는 방식이다.

다) 유우사내 분뇨 예비건조, 부료로서 폐지류 이용 퇴비화 및 생물학적 탈취 기술

유우사 내부의 공간에 송풍덕트 또는 교반건조 장치를 하여 분과 부료 혼합물을 예비 건조하므로 축사 외부로 운반과 취급이 용이하게 한 것이다¹⁸⁾. 폐지류의 부료이용으로 퇴비화 시설 규모의 축소가 가능하여 퇴비화처리 시스템이 간편하고, 부료의 구입가격을 절감할 수 있다¹⁴⁾.

생물학적 탈취는 퇴비, 톱밥, 왕겨, 벚지 등의 여재수분이 암모니아등의 악취가스를 용해, 흡착하면서 여재내의 미생물 활동으로 무취화 시키는 탈취방식이다²⁰⁾.

3. 결론

낙농시설의 사양관리 시스템은 유우의 사양두 수 증가로 보다 합리적이고 생력적인 작업의 체

계화가 기본 목적이다. 이제까지는 낙농업의 영세성으로 인하여 이와 같은 목적이 대부분 적용되지 못하였으나, 대규모 전업낙농의 발달로 환경보전과 정보과학 기술을 도입으로 한 유우 사양관리 작업의 고능율화가 필요 불가결하다. 따라서 향후 한국 낙농 사양관리 작업은 노동부담의 경감, 비용절감, 환경오염 방지를 중심으로 프리스플우사에서 TMR급사, 밀킹파라착유, 퇴비화 분뇨처리등의 저비용, 고능율의 관리 시스템의 도입이 당면 과제라고 본다.

참 고 문 헌

1. 농림수산부. 1993. 1993년도 농림수산부 주요통계, pp. 269.
2. 홍 지형. 1994. 유우분 퇴비화 발효열 회수, 한국유기성폐기물자원화협의학회지, 1(2) : 221-225.
3. 홍 지형. 1990. 축산폐기물처리이용, 한국폐기물학회지, 7(2) : 147-153.
4. 홍 지형. 1988. 호기성퇴비화에 의한 농축산 및 기타 폐기물의 녹농지이용, 한국농업기계

- 학회지, 13(3) : 81-90.
5. Hong, J.H. 1993. Some technical aspects of composting, Proceedings of the ICAMPE, KSAM, 2 : 526-537.
 6. Williams, T. O. et al. 1993. Composting facility odor control using biofilter, Science and engineering of composting, Renaissance Pub., pp. 262-281.
 7. Pikelmann, H. 1992. Rechnergesteuerte kraftfutter fütterung für milchkühe, Landtechnik, 42(4) : 179.
 8. Mottram, T. T. et al. 1991. Development of an improved automatic cluster removal system for dairy animals, JAER 49 : 73-84.
 9. Impeda, A. H. et al. 1987. Automated individual feeding of cattle, Proceedings of the 3rd symposium automation in dairying, IMAG, Wageningen, The Netherlands : 85-92.
 10. Puckett, H.B. et al. 1987. Sequence control of automatic batch mixing and distribution in dairying, Proceedings of the 3rd symposium automation in dairying, IMAG, The Netherlands : 85-92.
 11. Midwest Plan Service. 1985. Livestock waste facilities handbook, pp. 86-90.
 12. 長谷川 三喜. 1994. 家畜飼養管理作業の新技術, 日本農業機械學會誌, 56(2) : 172-177.
 13. 誠澤健三. 1993. 飼料生産, 飼養管理作業の合理化, 省力化, 家畜の研究, 47(9) : 979-982.
 14. 日本農業機械工學會. 1993. 農業機械の技術革新に関する關調査研究事業報告書. pp. 236-253.
 15. 道宗直昭 他. 1992. ロックワール 濾材とした汚水の浄化試験, 生研機構研究成績, 3(2) : 27-76.
 16. 福森 功. 1991. 糞尿處理を考慮した畜舎構造の現状と問題點, 平成 3年度家畜糞尿處理利用研究會資料, pp. 19-24.
 17. 千場秀雄 他. 1991. 新版農産機械學, 朝倉書店, pp. 19-24.
 18. 松田從三. 1991. マニユアコントロール, テリイマン社, pp. 146-176.
 19. 北村 誠. 1989. 家畜飼養管理におはる自動化技術, 研究シヤナル, 12(12) : 27-32.
 20. 加茂幹男. 1993. フリーストール 牛舎における糞尿處理作業技術 問題點と新技術, 平成 5年度 家畜糞尿處理利用研究會資料, pp. 51-61.