

낙농 전업농의 기계장치 최적 규모 추정

유병기 · 이용범 · 장진택 · 이동현 · 권두중* · 기광석* · 성시흥** · 이대원***

농업기계화연구소

Estimation of the Optimum Number of Machines and Equipments for Professional Dairy Farm

Byeong-Kee Yu, Yong-Beom Lee, Jin-Tack Chang, Dong-Hyeon Lee, Du-Jung Kweon*,

Kwang-Seok Ki*, Si-Heung Sung** and Dae-Weon Lee***

National Agricultural Mechanization Research Institute, R.D.A.

Summary

A survey was conducted for dairy farmer to estimate the optimum number of machine and equipment in 1994. Labor hours, operation costs and operation methods for each dairy processing were investigated and analyzed for the farmers to find the expected numbers of machine and equipment on the basis of the desired farm scale. And also, the estimated models were compared and analyzed with the conventional models which more than half dairy farmers used bucket milker in tie stall barn.

Some of the results are as follows :

1. Analysis results of conventional model showed that a dairy farm could raise to 15 heads of dairy cow with family labor of 1.5 men, labor hours of 2,700 in year and total operation costs of 734 thousand won per head.
2. The result, used in conjunction with minimum operation costs in tie stall barn, showed that 28 dairy cows could be raised by using concentrates feeding by hoppers, water supply by water cups, milking by pipeline milker, and manure cleaning by barn cleaner with total operation costs of 520 thousands won per head.
3. The total operation costs of a loose barn system is higher than those of tie stall barn system to raise about 30 heads. For the loose barn system, the herringbone parlour was used for milking, concentrate feeding by automatic concentrate feeder, water supply by thermal insulation feeder, and manure cleaning by scraper with total operation costs of 582 thousands won per head every year.

*축산기술연구소(National Livestock Research Institute, R.D.A.)

**건국대학교 농업기계공학과(Dept. of Agricultural Machinery Engineering, Kon Kuk Univ.)

***성균관대학교 생물기전공학과(Dept. of Agricultural Machinery Engineering, Sung Kyun Kwan Univ.)

4. 41 dairy cows can be raised in loose barn system with concentrate feeding by automatic concentrate feeder, water supply by thermal insulation water feeder, milking by herringbone parlour(2 row×4 head), and manure cleaning by scraper with total operation costs of 501 thousands won per head.
5. 52 dairy cows can be raised in loose barn system with concentrate feeding by automatic concentrate feeder, water supply by thermal insulation water feeder, milking by tandem parlour(2 row×3 head) and automatic cluster removal(ARC), and manure cleaning by scraper with total operation costs of 500 thousands won per head.

(Key words : Optimum System, Machinery, Professional Dairy Farm)

서 론

우리 나라 낙농업은 1960년대에 본격적으로 시작되어 1980년대 중반까지 급속도로 발전하였다. 1985년에는 43,760가구가 390,135두를 사육하는 수준에 이르렀으나 평균 사육 두수는 8.9두에 불과한 副業農 중심이었다. 그후 10년간 낙농가의 수는 점차 감소하고 사육 두수는 증가함에 따라, 1995년 23,519가구가 553,467두를 사육하여 호당 사육 두수도 23.5두로 증가하였다.¹⁾ 이는 專業化가 급속히 증가하고 있음을 의미한다.

또한 호당 사육 규모의 확대와 병행하여 착유기, 냉각기 등의 기계장치들의 보급도 확대되고 있다. 서울우유협동조합의 조사 보고에 의하면 착유기와 냉각기의 보급률이 1978년 각각 45.9%, 7.7% 이었던 것이 착유기는 1984년에, 냉각기는 1985년에 100% 보급된 것으로 나타났다. 搾乳 방식에 있어서도 1986년 양동이식 착유기, 파이프라인 착유기, 착유실의 비율이 각각 98.6%, 1.3%, 0.1% 이었던 것이 1994년에는 각각 59.4%, 39.4%, 1.2%로 나타나 專業化 되어 가면서 착유기 등의 飼養관리 기계의 기종 변화 현상도 나타나고 있다.^{13,14)}

지금까지 우리 나라 낙농은 급속히 발전하였지만, 그러나 앞으로 시장 개방 하에서 낙농 선진국과 경쟁하기 위해서는 우유 생산비의 28.4%를 차지하며 미국의 약 3배에 달하는 인건비를 줄이기 위해 생력기계장치의 투입이 절실히 요구되고 있다. 정부에서도 2001년까지 1만 호

의 낙농 전업농을 육성할 계획이나 낙농 전업농의 규모와 그 규모에서 어떤 기계장치 체계를 갖추는 것이 바람직한가에 대한 연구는 미미한 실정이다.

水稻作에서 적정 농기계 투입 규모 결정 등의 연구는 주로 선형계획(Linear Program)이나 비선형계획(Nonlinear Program)의 분석 기법을 이용해 왔으며, 이 이론들은 주로 자원의 배분이나 할당 문제를 해결하기 위한 목적이었다.¹⁾ 즉, 농가 소득을 최대로 하기 위하여, “농기계를 포함하는 투입 자본과 생산작목을 어떻게 배분할 것인가, 또는 어떤 기종 조합을 선택할 것인가?”에 대한 응용으로 활용되어 왔으나 우리 나라 낙농업 분야에서는 심포지엄과 전문잡지를 통하여 전업농 모델만 몇 차례 예시되었을 뿐이다.^{5,6)} 이에 본 연구에서는 전업 낙농 농가의 사육 규모별로 각 작업 단계에서 최소 작업 비용 기계장치 체계를 반복적 비선형(Iterative Nonlinear) 방법에 의해 구한 모델을 제시하고, 그런 체계 하에서 가족 노동 중심으로 사육 가능한 두수와, 飼養 관리에 소요되는 총 작업 비용을 제시하였다.

자료 및 방법

낙농 전업농의 최적 기계장치 모델 설정을 위한 자료를 수집하기 위하여 경기도 내의 농가에 대한 현지 조사를 설문지를 이용하여 실시하였다. 낙농 기자재 업체와 국내외 자료들을 종합 분석한 후 사육 규모별로 최소 작업 비용 기계

장치 투입 모델을 예측하였다.

1. 농가 현지 조사

經産牛 30두 미만, 30~50두, 50두 이상 등 3규모로 분류한 후 15농가에서 표본 조사하였다. 비교적 다양한 기계 장치들이 포함되도록 임의

의 선정하였다. 조사 지역은 경기도 화성, 안성, 용인, 가평 등이었다. 분석 방법으로는 설문 및 현지 조사에 의한 자료들을 이용하여 조사료 생산 작업을 제외한 飼養 관리 작업에 대하여 노동 투하 시간 및 작업 비용 등을 분석하였다. 조사 농가의 현황은 표 1과 같다.

Table 1. Status of the investigated farms

Item	Cow number less than 30	30~50	More than 50
Type of cattle barn	Tie stall barn	Tie stall barn Loose barn Tie stall barn and loose barn	Tie stall barn Loose barn Tie stall barn and loose barn
Kinds			(Unit : average head)
Milking cow	12.8	28.2	61.4
Dry cow	5.2	6.8	14.0
Heifer	7.4	16.6	66.8
Calf	5.2	9.2	14.4
Total(Converted cow*)	30.7(22.3)	60.8(44.3)	155.6(108.7)
Management type			(Unit : person)
Family labor male	1.4	1.4	0.6
female	1.0	0.8	0.2
Hired labor male	0.0	0.2	3.8
Total	2.4	2.4	4.6

* Converted cow = Milking cow + Dry cow + Heifer × 0.46 + Calf × 0.18.

2. 사육 규모별 최적 기계장치 모델 예측

현지 조사에서 얻은 자료들과 국내의 문헌 자료, 낙농 기자재 업체들에 의한 자료 등을 종합하여 經産牛 30두 전후 규모, 40두 전후 규모, 50두 전후 규모에서의 가족 노동 중심 최소 작업 비용 생력 기계화 모델을 예측하였다.

가. 모델 분석 기준

(1) 설정 기준

낙농 농가의 경영 형태는 搾乳牛의 대체우를 제외한 송아지는 판매하는 형태를 대상으로 하

여 환산두수를 經産牛 두수의 1.25배로 하였다. 모든 작업은 환산두수를 기준으로 계산하였다. 牛舍는 繫留式과 放飼式으로 각각 작업 동선이 짧은 단일 牛舍를 기준으로 하였다. 가족 노동 시간 산정 기준으로는 남자는 8시간, 여자는 4시간을 1일 작업 시간으로, 작업 일수는 300일을 기준으로 설정하였다. 이는 실제로 365일 계속 작업하여야 하나 남, 여 교대 작업이 가능하다고 보고 1명 작업시 다른 사람이 휴식할 수 있는 시간을 65일에 해당하는 것으로 간주하였다. 조사료 재배 시간은 연간 총 노동 투하 시간의 25%로 감안하여 나머지를 飼養 관리 시간으

로 간주하였다. 또한 작업 종류별 낙농 기계 장치들을 조합한 작업 성능이 연속적인 값이 아니고 가족 노동 사육 가능 두수를 정확히 고정시킬 수 없어 각 규모별 經産牛 ±2두 범위 내에서 분석하였다. 따라서 연간 총 노동 투하 시간은 남자 노동 투하 시간 8시간/1일에 300일을 곱한 2,400시간, 여자 노동 투하 시간 4시간/1일에 300일을 곱한 1,200시간을 더한 3,600시간이 되며, 연간 飼養관리 총 노동 투하 시간은 연간 총 노동 투하 시간 3,600시간에 飼養관리 작업 비율 0.75를 곱한 2,700시간으로 하였다.

(2) 작업 비용 분석에 사용된 요인

(가) 고정비

고정비는 기계장치의 사용 시간에 관계없이 설치 후 일정하게 들어가는 비용으로 감가상각비, 이자, 수리비, 보험료, 세금 등이 있으나, 우리나라 여건에서는 보험료와 세금은 실질적으로 적용되지 않으므로 제외하였다. 감가상각비는 직선법을 사용하였다. 기계장치 설치 가격은 기자재 업체들을 방문 또는 전화나 팩스로 조사하여 안전성이 인정되는 제품 중 가장 저렴한 것을 기준으로 하였으며 잔존 가격은 구입가의 10%로 하였다. 이자는 정부 융자금 이자율인 년 5%를 적용 산출하였고, 수리비는 수리비 계수를 定置式 기계 및 장비와 스킵드로더에 대해 2%로 하여 계산하였다. 내구년한은 定置式 기계는 10년, 스킵드로더는 8년으로 계산하였다.

(나) 변동비

변동비는 인건비, 연료비, 전기료와 원동기 사용료로 구성되는데 인건비는 조사 농가들의 관리인 평균 노임을 시간당으로 환산하여 사용하였다. 연료비는 면세유를 기준으로 하였으며, 전기료는 농업용 병을 기준으로 하였다. 트랙터, 경운기 트레일러 등의 전작용 기계들은 조사료 생산에 사용되므로 연간 작업 시간에 대한 비율로 시간당 고정비를 계산하여 원동기 비용 계산 식으로 구하였다.

(3) 수학적 모델

목적 함수는 총 작업 비용을 최소화하는 함수로 설정하였다.

(가) 목적 함수의 식과 계수

Minimize Operation Costs per head : OC

$$OC = \sum_{j=1}^m \frac{[FIX_j + HW_j \times VAC_j] \times X_j}{HC} \dots\dots\dots \textcircled{1}$$

여기서 OC는 환산두당 연간 총 작업 비용으로 각 작업 공정별 두당 작업 비용의 합으로 구성된다. 각 작업 공정별 작업 비용은 기계장치를 사용한 경우에는 두당 기계장치의 연간 고정비와 연간 변동비의 합으로 구성되며, 기계장치를 사용하지 않는 작업은 인건비만 고려되었고 단위로는 환산두당 연간 작업 비용을 원 단위로 하여 나타내었다. i는 작업별 기계장치의 종류로서 착유기의 경우 즉, 양동이식 착유기, 파이프라인식 착유기, 헤링본 1열×5두, 헤링본 2열×4두식 착유기, 텐덤 2열×3두식(유두캡 자동탈락 장치 포함) 착유기로 나타났다. 다른 형식의 착유실은 우리나라에서는 많이 사용되지 않거나 위 착유실 형식에 비하여 전업농 규모에서는 비경제적인 것으로 분석되어 제외하였다. 이 기계장치의 종류를 바꾸어 가며 OC를 최소화하는 방법을 찾는 것이다. j는 작업 공정 종류로서 농후사료 급여작업, 조사료 급여작업, 급수작업, 착유작업, 분뇨 청소 작업 등을 나타내는 숫자이다. FIX_j는 작업 공정별 기계장치의 고정비, HW_j는 작업 공정별 연간 작업시간, VAC_j는 작업 공정별 시간당 변동비, X_j는 기계장치 대수, HC는 사육규모를 환산두수로, m은 飼養 관리 작업 공정수를 나타낸 것이다. 그러나 작업 공정에 따라서는 스크레퍼와 농후사료자동급여기 같이 기계장치 작동 시간과 노동 투하 시간이 다른 경우와 소몰이 공정과 같이 인력 작업인 경우가 있어서, 인력 작업인 경우는 작업 공정별 연간 작업 시간 대신 작업 공정별 연간 노동 투하 시간으로 하여 인건비만으로 공정별 작업 비용을 대신하였고, 기계장치 작동 시간과 노동 투하 시간이 다른 경우는 인건비는 노동 투하 시간을 기준으로 구하여 더하여 주었다.

고정비, 변동비는 식 ②, ③에 의해 구하였다.

$$FIX_j = (P_i - S_i)/Y_i + (P_i + S_i)/2 \times I + P_i \times RC_i \dots ②$$

여기서 P_i 는 설치 가격, S_i 는 폐기시 잔존 가격, Y_i 는 내구년수, I 는 이자율, RC_i 는 수리비 계수이다.

$$VAC_j = (L_i + F_i + O_i + E_i + T_i) \dots ③$$

여기서 L_i 는 인건비, F_i 는 연료비, O_i 는 운할유비, E_i 는 전기료, T_i 는 원동기 사용료이다.

(나) 제약함수

식 ④는 정해진 기계장치 체계에서 가족 노동으로 사육 가능한 두수를 구하는 식으로 AHC는 사육 가능 두수(환산두수 기준), 2,700시간은 1.5인 기준 가족 노동의 飼養 관리 가능 시간, HW_j 는 작업 공정별 노동 투하 시간을 나타낸다.

$$AHC = \frac{2,700}{\sum_{j=1}^m HW_j} \dots ④$$

여기서 가족 노동의 연간 飼養 관리 가능 시간이 2,700시간 이하이어야 하는 식 ⑤와 같은 제약함수가 생겼다.

$$AHC \times \sum_{j=1}^m HW_j \leq 2,700 \dots ⑤$$

사육 가능 經産牛 두수(ACN)는 식 ⑥으로 구하였다.

$$ACN = \text{round} (AHC/1.25) \dots ⑥$$

또한 사육 가능 經産牛 두수가 초기 설정 규모와 차이가 심하면 각 규모 전후에서의 모델이라 할 수 없으므로 초기 경산우 설정치 30, 40, 50두를 ACNI라 할 때 ACN과 ACNI의 최대 차이를 2두로 하여 식 ⑦과 같은 제약함수가 생겼다.

$$| ACN - ACNI | \leq 2 \dots ⑦$$

이외에 기계장치와 작업공정에 대한 제약함수로는 다음과 같은 것들이 있다.

호퍼식 농후사료급여기, 워터컵, 양동이식 착유기, 파이프라인 착유기, 반크리너는 繫留式 牛舍용 기계장치이므로 繫留式 牛舍에만 착유실 착유기, 농후사료자동급여기, 스크레퍼는 放飼式 牛舍용 기계장치이므로 放飼式 牛舍에만 적용하였다.

TMR과 톱밥우상은 농가마다 기술 편차가 심하므로 제외하였고 트랙터는 조사료 작업용이므로 50PS급(50마력 이상 60마력 미만) 이상으로 하였다. 냉각기의 경우 밀폐식이 판매 되는 1.5톤 이상의 경우는 청소 용이성과 위생을 고려하여 밀폐식을 선택하였으며 전자식 유량 기록 장치는 작업의 생력화에 비하여 가격이 너무 비싸므로 제외하였다. 톱바닥우상은 부제병 등의 문제와 넓은 초지가 없는 경우에는 분뇨처리를 위한 많은 추가 투자가 요구되고 두당 시설비도 높으므로 제외하였다. 繫留式 牛舍에서는 착유 전후와 농후사료급여 전후에 牛舍와 운동장 사이에 소물이 공정을 고려하여 기타 시간에 포함하였다. 繫留式 牛舍 사육의 경우 운동장 청소 시간을 포함시키고 放飼式 牛舍의 경우 운동장이 따로 없는 것으로 간주하였다. 착유 관련 작업시간은 1회 착유시 2시간 즉 하루 4시간 이내로 하는 경우로 하였으며, 이외에도 산유량과 위생에 관한 제약함수는 기계장치별로 많으므로 나온 결과 값을 계산 후 모델의 적합 여부를 검증하였다.

결과 및 고찰

1. 농가 현지 조사

조사 대상 농가들의 사육 규모별 牛舍 형태는 經産牛 30두 미만에서는 모두 繫留式이었으며, 톱밥 발효 운동장을 繫留式 牛舍와 같이 사용하는 경우도 있었다. 사육 규모가 커질수록 繫留

式 牛舍 보다 放飼式 牛舍가 증가하고 있었다. 또한 오래 된 농가들은 사육 규모를 확대 할 때마다 牛舍를 추가로 지어 한 농가에 여러 개의 상이한 구조의 작은 牛舍들이 있는 농가가 많았다.

조사료 수확에 있어서는, 經産牛 30두 미만에서는 벗짚 수확은 인력으로, 청예 예취는 휴대용 예취기를 사용한 반면 30두 이상에서는 벗짚은 사각베일러로, 청예 예취는 트랙터용 예취기가 사용되고 있었으며, 옥수수 수확을 위해 콘하베스터를 사용하는 농가가 많았다.

조사료 급여에 있어서는, 50두 이상 규모에서의 한 농가만이 조사료 급여차를 사용하고 있을 뿐 모두 인력으로 급여하고 있었다. 조사료는 종류가 다양하고, 계절별로 다른 조사료를 다른 방법으로 급여하는 경우가 많아 기계화가 어려울 것으로 추정되었다. 농후사료자동급여기의 사용은 30두 미만 규모에서는 전혀 없었으나, 30두 이상 규모에서는 사육 규모의 증가에 따라 증가하는 추세였다. TMR 급여를 하는 농가는 30두 미만에서는 없었고, 30두 이상규모에서는 트랙터 견인형 TMR 배합기를 사용하고 있었고 TMR 배합기를 사용하는 농가에서는 비교적 사료 급여 시간이 짧은 것으로 나타나 TMR에 의한 유량증가 외에도 노동 투하 시간 절감 면에서도 유리한 것으로 나타났으나 일부 농가에서는 질병 등으로 피해를 본 경우도 있었다. 급수에 있어서는, 30두 미만에서는 한 농가만이 워터컵과 무가온 보온 급수기를 사용하고 있었고 나머지 농가들은 모두 수도꼭지 개폐방식이었으나, 30두 이상 규모에서는 무가온 보온 급수기를 사용하는 농가가 50%였으며 수도꼭지에 수세식 화장실에서 사용하는 부레니들벨브를 사용하는 농가도 30%를 차지하였다. 또한 가온 급수기를 사용하는 농가도 20%나 차지하고 있었다.

착유방식에 있어서는, 30두 미만 규모에서는 모두 양동식 착유기나 파이프라인 착유기를 사용하고 있었다. 30두 이상 규모에서는 파이프

라인식, 헤링본식, 탠덤식 등이 사용되고 있었으며 헤링본식 농가중 파이프라인 착유기를 헤링본 착유기로 개조하여 사용하는 농가들도 있었다. 같은 시설에서 두당 착유시간이 낙농 선진국에 비해 많이 나타났는데 이는 젖소 사육 환경이 청결하지 않아 유방 세척 시간이 많이 소요되기 때문으로 추정되었다. 우유 냉각에 있어서는 50두 이하 규모에서는 모두 벌크개폐형 냉각기를 사용하고 있었으며, 50두 이상에서는 한 농가를 제외하고는 벌크밀폐형 냉각기를 사용하고 있었는데 이는 1.5t 이상의 규모에서는 개폐식일 경우 사람이 매일 청소하기가 곤란하고 밀폐식이 청결도 유지가 용이하기 때문으로 추정되었다.

분뇨 청소방식에 있어서는 30두 미만에서는 대부분 인력으로 청소하고 있었으며 톱밥우상을 사용하는 곳도 있었다. 30~50두 규모에서는 톱밥 우상을 사용하는 농가, 소형 트랙터에 그레이더와 로더를 부착하여 청소하는 농가, 중력식 깊은 분뇨구를 사용하는 농가 등이 있었다. 50두 이상 규모에서는 톱바닥을 사용하는 농가, 인력 청소 농가, 스크레퍼를 사용하는 농가가 있었다. 톱밥 우상을 사용하는 농가들은 농가의 기술 수준에 따라 작업 효율이 다양하게 나타났으며, 톱바닥을 사용하는 농가의 경우는 슬러리를 처리 할 수 있는 넓은 사료포를 가진 경우였고, 50두 이상 규모에서 인력 청소 농가는 牧夫의존형 경영을 하는 농가였다.

분뇨 살포 방법에 있어서 50두 미만 규모에서는 주로 트랙터용 트레일러로 분뇨를 운반하여 인력으로 살포하던가, 굴삭기 임작업자에게 임작업을 주어 살포하고 있었다. 50두 이상 규모에서는 트랙터용 액비살포기를 사용하는 농가가 많았고 퇴비살포기를 사용하는 농가와 트랙터 트레일러로 운반하여 인력으로 살포하는 농가도 있었다.

농가들의 사육 규모별 노동 투하 시간 분포는 표 2와 그림 1에 나타내었으며 여기서 포장에서의 조사료 재배 작업 시간은 제외하였다.

Table 2. Labor hours per head in each process by farm size

unit : hour/year · head

Item		less than 30 head	30~50	more than 50
Harvesting and processing of feed	Rice straw	11.1	4.2	2.2
	Ensilage	4.9	4.8	4.3
	Green chop	7.5	6.4	0.7
	Hay	0.2	0.3	1.0
	TMR	0.0	0.9	0.3
	Concentrate	0.4	0.1	0.0
Feeding	Roughage	13.6	9.0	8.3
	Concentrate	13.5	7.8	3.1
	TMR	0.0	3.1	4.6
	Pasturage	0.2	0.3	0.0
	Water supply	1.1	0.1	0.2
Milking	Preparation	8.6	7.5	3.7
	Milking	33.9	19.9	19.0
	Rearrangement	7.5	6.9	4.4
	Management of milkcooler	2.2	2.3	0.4
Management of manure	Cleaning	25.2	10.3	10.5
	Disposal	3.8	1.9	2.1
	Miscellaneous	12.2	4.1	2.7
	Total	145.9	89.9	67.5

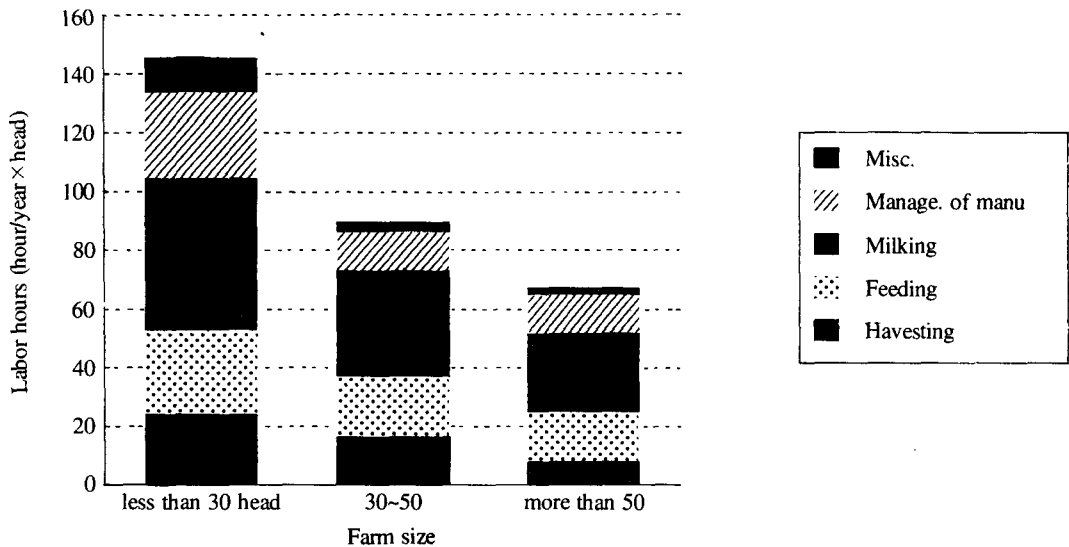


Fig. 1. Labor hours per head in each process by farm size

사육 규모별 작업 공정별 작업 비용은 표 3과 그림 2와 같이 나타났으며, 표 3과 그림 2에서는 조사료 수확 등을 제외한 사료급여 착유 등 飼養관리 작업만을 나타내었다. 그러나 항목은 사료 급여로 볼 수도 있으므로 전기목책기의 이용 비용은 포함시켰다.

30두 미만 규모에서는 작업비용의 대부분이

인건비이므로 노동 투하 시간 비율과 작업 비용 비율이 비슷한 경향이었으며 繫留式 牛舍에서 운동장과 축사 사이 소물이 공정을 기타 작업에 포함시켜서 繫留式 牛舍만 있는 30두 미만 규모에서의 기타 작업 시간 및 비용이 다른 규모에서보다 크게 높게 나타났다.

Table 3. Operation costs per head in each process by farm size

		unit : 1,000 won/year · head		
Item		less than 30 head	30~50	more than 50
Feeding	Roughage	85	56	58
	Concentrate	62	43	27
	TMR	0	61	63
	Pasturage	2	2	0
	Water supply	5	3	3
Milking	Preparation	39	34	17
	Milking	229	180	189
	Rearrangement	34	32	20
	Cooling milk	40	35	29
Manure treatment		122	93	85
Miscellaneous		73	28	22
Total		691	567	513

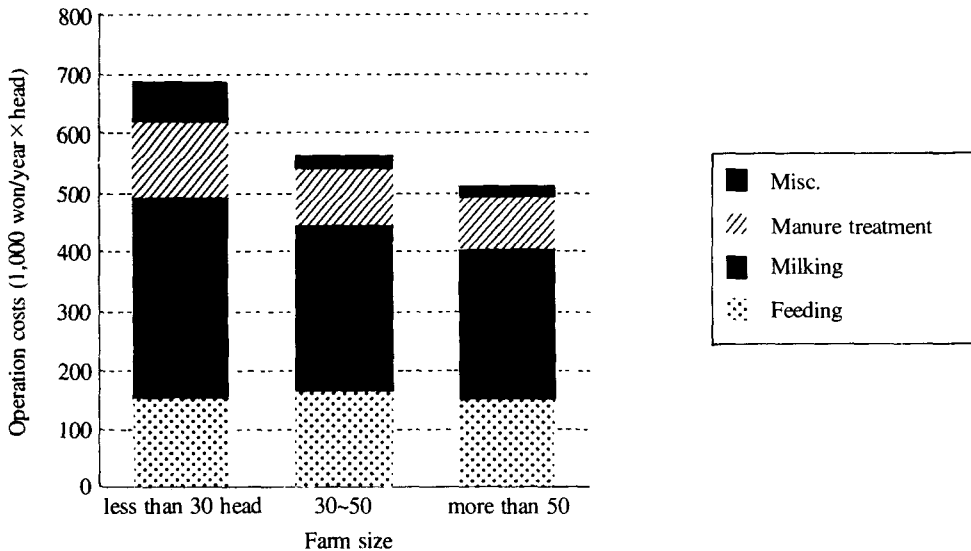


Fig. 2. Operation costs per head in each process by farm size

2. 가족 노동 중심 사육 규모별 생력기계화 모델 설정

현지 조사에서 얻은 기계장치들의 성능과 국내의 문헌을 참고하여 작업 성능을 추정하고 낙

농 기자재 업체들로부터 가격 정보를 입수하여, 繫留式 牛舍와 放飼式 牛舍에서의 가족 노동력 기준 최소 작업 비용 모델을 설정하였다. 표 4에 농가조사에서 얻은 작업별 주요 기종들의 작업성능을 참고로 표시하였다.

Table 4. Work efficiency of machine

	Item	Work efficiency (min/day×head)	Type of barn
Feeding	hopper type	0.2	Tie stall barn
	automatic feeder	0.2	Loose barn
Milking	bucket (2 unit)	12.0	Tie stall barn
	pipeline (3 unit)	5.6	Tie stall barn
	herringborn (1 row × 5 head)	7.2	Loose barn
	herringborn (2 row × 4 head)	5.5	Loose barn
	tandem (2 row × 3 head) and ACR	3.8	Loose barn
Manue treatment	barn cleaner	0.2	Tie stall barn
	scraper	0.13	Loose barn
	skidloader	0.5	Loose barn

모델 설정 순서는 먼저 經産牛 30두 40두 50두 규모에서 계류식과 방사식 우사 각 작업 공정별 기계 장치의 작업 비용을 식 ⑧로 구한 후 비교하였다.

$$OC_i = [FIX_i + HW_i \times VAC_i] \times X_i \dots\dots\dots ⑧$$

기술적인 문제가 생기지 않는 범위 내에서 작업 비용이 가장 적게 드는 기종들로 작업 체계를 선정 한 후 다시 이 기종 조합으로 작업하였을 때 가족 노동으로 사육 가능한 두수를 식 ④에 의하여 구하였다. 식 ④에 의해 계산된 사육 가능 두수에 맞게 다시 기계장치들을 선정하고 작업 비용과 사육 가능 두수를 산정하는 작업을 반복하여, 사육 가능 두수가 바로 전 단계와의 차가 0.5두 이하로 될 때까지 반복하였다. 그림 3은 50두 전후 규모의 방사식 우사를 위한 흐름도를 나타낸 것이다.

현재 낙농가 중 절반 이상을 차지하는 繫留式 牛舍에서 양동이식 착유기에 의한 착유와, 인력에 의한 사료급여 및 분뇨처리를 하는 관행 체계와 연간 두당 노동투하시간, 연간 두당 작업 비용, 가족 노동 사육 가능 두수 등을 비교하여 표 5에 나타내었다.

표 5에서 볼 수 있는 것처럼 현재 우리 나라 낙농가의 절반 이상을 차지하는 繫留式 牛舍, 양동이식 착유기 착유(2 unit), 인력사료급여, 수도꼭지급수, 인력분뇨청소 체계에서는 가족노동 1.5인 기준 년 2,700시간의 飼養 관리시간으로 經産牛 15두까지 사육 가능하고, 이때 필요한 작업비용은 734천원/년·두로 산출되었으나, 繫留式 牛舍에서 최소작업비용을 나타낼 수 있는 체계를 구한 결과 파이프라인 착유(3 unit), 호퍼식 농후사료 급여, 워터컵 급수, 반크리너 분뇨청소의 체계에서 經産牛 28두까지 사육 가능한 것으로 나타났으며, 작업비용은 520

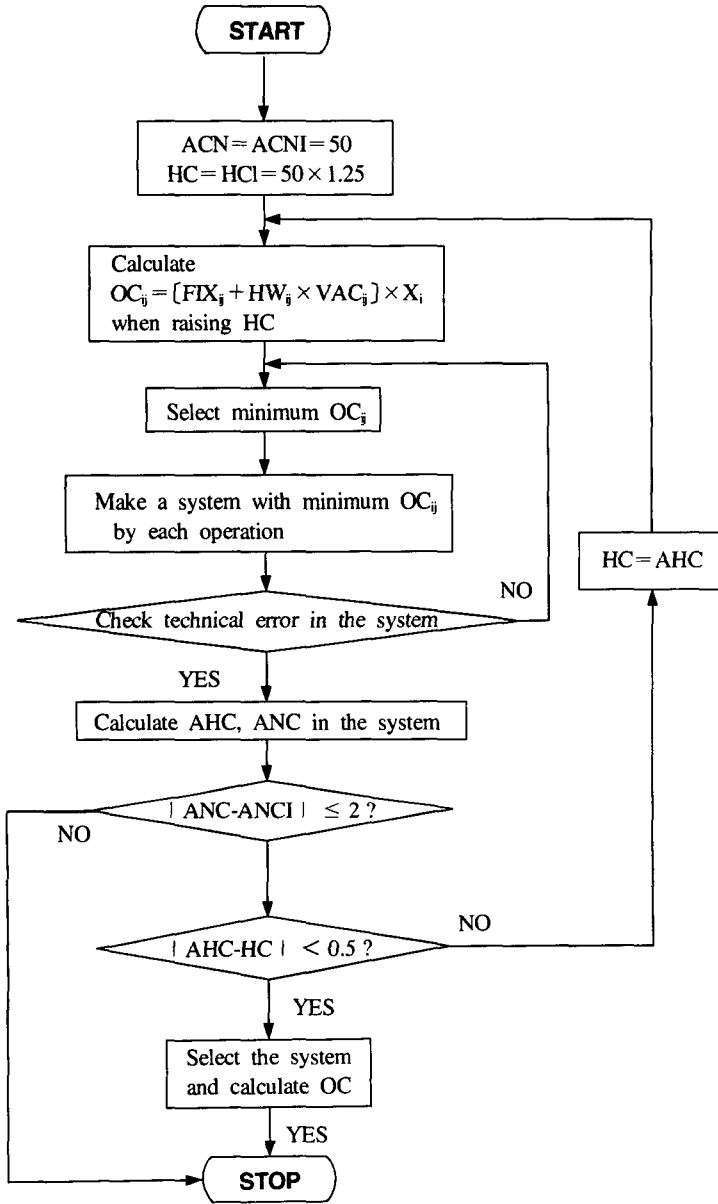


Fig. 3. Flow chart describing the model performed by 50 head scale in loose barn.

천원/년·두로 산출되었다.

放飼式 牛舎에서 30두 내외에서는 작업비용이 582천원/년·두로 나타나 繫留式보다 비경제적인 것으로 나타났으며, 40두 내외의 규모에서의 최소 작업 비용 체계는 2열×4두식 헤링본

착유실 착유, 농후사료자동급여(20~25두용 station 2개), 무가온보온급수(3개), 스크레퍼분뇨 청소 체계로 經産牛 41두까지 사육가능하며 작업비용은 501천원/년·두로 나타났다. 50두 내외의 규모에서의 최소 작업 체계는 2열×3두식 탠

Table 5. The Optimum systems for machinery and equipment of professional dairy farm

Item	Conventional system		Optimum system			
	Tie stall	Tie stall	I	II	III	IV
			hopper type	Loose barn	Loose barn	Loose barn
Concentrates	manual	hopper type	automatic feeder (2 station)	automatic feeder (2 station)	automatic feeder (3 station)	
Feeding	Roughage	manual	manual	manual	manual, tractor (50ps)+ loader (ensilage unloading)	manual, tractor (50ps)+ loader (ensilage unloading)
Operations	Water supply	tap	water cup	thermal insulation water feeder(3)	thermal insulation water feeder(3)	thermal insulation water feeder(4)
Milking	Milking	bucket (2 unit)	pipeline (3 unit)	herringbone (1×5)	herringbone (2×4)	tandem(2×3) and ACR
	Cooling	bulk open type (350 ℓ)	bulk open type (700 ℓ)	bulk open type (700 ℓ)	bulk open type (1,200 ℓ)	bulk closed type (1,500 ℓ)
	Manure treatment	manual	barn cleaner	skidloader (10ps)	scraper (infloor)	scraper (infloor)
	Labor hours (hrs/year · head)	143.7 (100%)	76.4 (53.2%)	72.2 (50.2%)	53.3 (37.1%)	41.8 (29.1%)
	Operation costs (1,000 won/year · head)	734 (100%)	520 (70.8%)	582 (79.3%)	501 (68.3%)	500 (68.1%)
	Available cow numbers [Converted cow numbers]	15 [18.8]	28 [35.4]	30 [37.4]	41 [50.7]	52 [64.4]

덤 착유실에 유두캡 자동 탈락 장치와 자동문을 설치하고, 농후사료 자동급여(20~25두용 station 3개), 무가온보온급수(4개), 스크레퍼 분뇨청소 체계를 한 경우 經産牛 52두까지 사육 가능하고, 작업비용은 500천원/두로 나타나 작업비용

측면에서 가장 경제적인 것으로 추정된다.

적 요

낙농 전업농의 최적 기계장치 모델을 설정하

는데 필요한 자료를 수집하고자 경기도 낙농가 중 사육규모 별로 經産牛 30두 미만, 30~50두, 50두 이상 각 5농가씩 15농가를 현지 방문하였다. 작업공정별 작업방법, 노동투하시간, 작업비용 분석자료를 조사, 분석하고 관련 자료들을 수집하여, 經産牛 30두 내외규모, 40두 내외규모, 50두 내외규모에서의 최소 작업비용 기계장치 사육체계를 설정하여 우리나라의 절반 이상 낙농가에서 이용하고 있는 繫留式 牛舍, 양동이식 착유기 중심의 관행 작업 체계와 비교 분석한 결과는 다음과 같다.

1. 관행작업체계에서는 가족 노동 1.5인 기준년 2,700시간으로 經産牛 15두까지 사육 가능하며, 이 때 필요한 총작업비용은 734천원/년·두로 산출되었다.

2. 繫留式 牛舍에서 최소작업비용을 구한 결과 호퍼식 농후사료 급여, 워터컵 급수, 파이프라인 착유, 반크리너 분뇨청소에서 經産牛 28두까지 사육가능한 것으로 나타났으며, 총작업비용은 520천원/년·두로 산출되었다.

3. 放飼式 牛舍는 繫留式 牛舍 보다 30두 내외로 사육하는 경우에는 총작업 비용이 더 높았다. 放飼式 牛舍의 최소 작업비용체계는 1열×5두식 헤링본 착유실 착유, 농후사료 자동급여, 무가온보온급수, 스키로더 분뇨청소의 체계로, 經産牛 30두까지 사육가능한 것으로 나타났으며, 총작업비용은 582천원/년·두로 나타났다.

4. 放飼式 牛舍 40두 내외의 규모에서의 최소 작업비용체계는 2열×4두식 헤링본 착유실 착유, 농후사료자동급여, 무가온보온급수, 스크레퍼 분뇨청소 체계로, 經産牛 41두까지 사육가능하고 작업비용은 501천원/년·두로 나타났다.

5. 放飼式 牛舍 50두 내외의 규모에서의 최소 작업비용체계는 2열×3두식 텐덤 착유실, 농후사료 자동급여, 무가온보온급수, 스크레퍼 분뇨청소체계로, 經産牛 52두까지 사육가능하고 작업비용은 500천원/두로 나타났다.

인 용 문 헌

1. 기광석 외 4인. 축산시험장, 1993 : 낙농 牛舍 형태와 관리 자동화 수준이 관리노력, 우유 생산성 및 경제성에 미치는 영향, 시험연구보고서, 187-197.
2. 권두중 외 3인. 축산시험장, 1992 : 牛舍 형태에 따른 농후사료 급여방법이 우유 생산성 및 관리 노력에 미치는 영향, 축산시험연구보고서, 218-222.
3. 농림수산부, 1994 : '93 가변형 축사표준설계도 해설 및 시방서.
4. 맹원재 외 5인. 향문사, 1992 : 乳牛생산학, 451-570.
5. 박민수. 1995 : 가족노동 중심의 낙농 전업경영모형, 연구와 지도. 제36권 2호 : 107-110.
6. 신덕현, 축산시험장 1993 : 가족 노력형 전업낙농의 규모 설정과 경영구상, 젖소관리 생력화에 관한 심포지움, 67-70.
7. 유병기 외 5인. 농업기계화연구소, 1994 : 낙농전업농가 기계화 실태분석, 농사시험연구사업보고서, 46-55.
8. 이기종 외 5인. 축산시험장, 1992 : 가족규모 낙농협업단지 종합기술 개선시험, 시험연구보고서, 228-234.
9. 이기종 외 5인. 축산시험장, 1990 : 乳牛舍 형태 및 관리 방식에 따른 노동력 절감 효과, 시험연구보고서, 188-197.
10. 이기종 외 4인. 축산시험장, 1991 : 젖소의 사료급여 형태에 따른 노동생산성 및 소득에 관한 연구, 시험연구보고서, 150-155.
11. 이운용 외 5인. 한국농업기계학회, 1990 : 농기계 투입모형 설정 및 기계이용 비용 분석 연구, 한국농업기계학회지 제16권 제4호 284-298.
12. 이용범 외 4인. 농업기계화연구소 1991 : 젖소, 닭 飼養시설 및 기계의 개량요인 조사연구, 시험연구보고서, 27-45.
13. 정상복. 서울우유협동조합, 1995 : '94년 목장 종합 실태조사 분석, 월간 서울우유 '95년 7월호, 59-77.

14. 정형섭. 서울우유협동조합, 1986 : '85년 목장 종합 실태조사, 월간 서울우유 '86년 7월호, 57-64.
15. 축협중앙회, 1996 : 축협 조사월보 '96년 1월호 25-27, 54, 62-67.
16. 축협중앙회, 1995 : '94 축산물 생산비 조사보고, 71-80.
17. 축협중앙회, 1994 : 축산 기자재 편람.
18. 축협중앙회, 1993 : 낙농기자재 목록집.
19. 長島守正, 1984 : 畜産施設, 文永堂, 57-83.