

제 2 주 제

에너지절약형 농업기계화

김 영 복 교수 / 경상대학교 농업기계공학과

에너지절약형 농업기계화

김 영 복 교수

경상대학교 농업기계공학과

I. 서 언

에너지 절약형 농업기계화를 위해서는 산업의 발전방향이 농업생산물의 요구에 따라 진행하고 그 생산을 위한 작업의 종류도 자연스럽게 규정될 것인 바 이에 따라 에너지절약형 농업기계를 만드는 것이 첫 번째 관건이고 규모와 소용에 맞게 적절하게 선택하는 것이 두 번째이며, 에너지절약형으로 사용하는 것이 세 번째일 것이다. 이와 관련하여 본 주제에서는 국내의 농업에너지 소비실태를 개관하고 주로 농업기계가 여하히 에너지 절약형으로 만들어져 있는가를 분석하고 그 향상 가능성과 방안을 논하였다. 즉, 1991년부터 1997년까지의 농업기계검사성적을 토대로 에너지 다사용기계와 보급이 많이 되어 있는 기종을 중심으로 농용엔진과 동력경운기, 트랙터, 온풍난방기, 곡물건조기 및 농산물 건조기의 에너지 사용효율, 즉, 연료소비율, 열효율, 품질관계를 분석하고 다른 기계특성들과의 관계를 분석함으로써 에너지 사용효율이 높은 기계를 설계하기 위해 어떠한 관점에서 접근해야 하는가를 알아보고, 또한 어느 정도까지 효율을 높일 수 있는지 그 가능성도 알아보았다. 그리고 농산물의 저온저장시설에 필수적인 냉동기계의 성능계수를 시중에 나와 있는 제품을 중심으로 분석함으로써 그 성능향상의 가능성을 알아보고자 하였다. 또한 대체에너지의 개발과 관련하여 국내의 개발 가능량과 개발방향을 알아보고 농업기계의 에너지효율 향상을 위한 일반대책에 대하여도 논하여 보았다.

II. 농업에너지 사용현황

1. 농업에너지 소비량과 소비구조

국내의 농업에너지 소비량을 살펴보면 <표 2.1.1>에 나타난 바와 같다. 우리나라는 1995년 기준으로 세계 총에너지 사용량의 1.85%를 사용하고 있으며, 그 중 농업에서 사용하고 있는 비율은 2.14%를 차지하고 있다. 농림업 에너지소비량을 에너지 사용업종별, 에너지원별로 살펴보면 <표 2.1.2>에 나타난 바와 같은데 농림업 에너지사용량 중 91%가 석유류이며, 나머지 9%가 전력으로 나타났다. 그리고 농림업에서의 석유류 소비량은 1980년도부터 1995년까지 약 670%가 증가하였던 바 에너지 절감의 기본은 석유소비를 줄이는 것이 1차 목표가 될

<표 2.1.1> 국내외 에너지 소비량과 국내 농업에너지 소비량의 비교

(1995년도 1차에너지 기준)

(단위 : 천 TOE)

구분 에너지원별	세계 총에너지 소비량(A)	국내 총에너지 소비량(B)	국내 농림업 에너지 소비량 (C)	B/A (%)	C/A (%)	C/B (%)
석유류	3,234,600 (39.8)	93,955 (62.5)	2,935 (91.0)	2.9	0.09	3.1
석탄류	2,205,300 (27.1)	28,092 (18.7)	-	1.27	-	-
가스류	1,883,800 (23.1)	9,213 (6.1)	-	0.5	-	-
전력	814,200 (10.1)	18,126 (12.0)	290 (9.0)	2.2	0.04	1.6
신탄 기타	-	1,051 (0.7)	-	-	-	-
합계	8,137,300 (100)	150,437 (100)	3,225 (100)	1.85	0.04	2.14

자료 : 한국에너지 경제연구원, BP Stat. Review

주 : ()내는 에너지원별 소비 구성비(%)

자료출처 : 농업에너지 이용현황과 전망. 송현갑. 농업용에너지의 효율적 이용과 대체에너지 개발 심포지엄발표문. 1998.

<표 2.1.2> 농림업 에너지원별, 부문별 최종 에너지 소비구조(1995년)

(단위 : 천 TOE)

업종별 에너지원별	농업 설비용 (모일러, 난로, 부하, 건조 포함)	수송용	농기계용	합계	에너지원별 소비구성율(%)
석유류	601.74	317.57	1,060.89	1,980.2	87.8
석탄류	25.0	-	-	25.0	1.1
가스류	5.17	-	-	5.17	0.23
전력	245.97	-	-	245.97	10.9
합계	877.88	317.57	1,060.89	2,256.34	
부문별 구성비율 (%)	38.9	14.1	47.0	100	

자료출처 : 농업에너지 이용현황과 전망. 송현갑. 농업용에너지의 효율적 이용과 대체에너지 개발 심포지엄발표문. 1998.

것이다. 그리고 농림업에서의 전력소비량은 같은 기간 811% 증가하였으나 최근 약 10년간 농림업 전체 에너지원별 구성비로 볼 때 약 10% 정도로 유지되고 있는 것으로 나타났다. 농업용 에너지의 부문별 소비구성 비율을 보면 일반농기계용이 47%로서 가장 큰 비중을 차지하고 있고 농업설비용이 약 39%로서 두 번째를 차지하고 있다. 농업용 설비의 경우 1992년부터 농업용 난방기가 집중적으로 보급되어 에너지를 많이 소비하고 있는 것으로 나타나고 있다. 그리고 에너지원별로는 석유류가 87.8%, 전력이 10.9%로 나타났다.

2. 농업에너지의 사용 효율

우리나라의 에너지 사용효율을 에너지소비효율지표인 GDP기준 에너지원단위(에너지소비량/GDP)를 중심으로 살펴보면 <표 2.2.1>에 나타난 바와 같다. 에너지원단위는 우리나라가 일본보다 2.9배 높은 것으로 나타나고 있는데 이처럼 우리나라 에너지소비 효율이 저조한 것은 에너지가격이 전반적으로 낮은 것에

기인한 바 크며 이로 인해 에너지효율이 높은 기계를 위한 대체나 효율적 가동, 에너지효율을 높이기 위한 기술개발투자와 같은 노력을 소홀히 하게 되는 것이다(강, 1997).

<표 2.2.1> 주요국의 GDP기준 에너지원단위 비교 (1995)

(단위 : TOE/'90불변)

한 국	일 본	영 국	독 일	프 랑 스	미 국
0.418	0.144	0.194	0.189	0.175	0.335

자료 : 에너지경제연구원, 『국가에너지기본계획』, 1996

농업용 에너지의 사용효율을 국민총생산에 기여하는 비율을 기준으로 하여 살펴보면, <표 2.2.2>에 나타난 바와 같이 1995년 농림업이 국민총생산에 기여하는 비율은 약 5.8%인데 같은 연도의 농림업의 에너지 사용비율은 <표 2.1.1>에 나타난 바와 같이 약 2.14%로 나타났다.

<표 2.2.2> 농림업의 국민총생산량 비율 (1995)

국민총생산(10억원)(A)	농업(10억원) (B)	임업(10억원) (C)	(B+C)/A(%)
348,979.3	19,678.3	891.4	5.8

자료 : 농업기계연감(1997)

3. 농업자재 투입 현황

우리나라의 농업자재형태로서 투입된 에너지현황을 살펴보면 <표 2.3.1>과 같다. 비료와 농약소비는 1970년대 이후 꾸준히 증가하였으나 1990년대를 정점으로 정체되고 있다. 비료의 경우 1990년까지 ha당 투입량은 급격히 증가하였으

나 1990년을 기점으로 완만히 감소하고 있다. 이는 우리나라의 비료 소비량이 적정 수준에 도달해 있음을 의미한다. 그러나 농기계 보급은 1980년대 이후 지속적으로 증가되고 있다. 이는 농업 기술 발전의 성격이 1980년을 기점으로 생화학적 기술 단계로 이행되었음을 의미한다. 따라서 생화학적 기술이 가져오는 토지 생산성의 향상이 정체되면서 노동생산성을 향상시키는 기계적 기술이 발전하는 단계라 할 수 있다. 실제로 우리나라의 토지 생산성은 선진국수준에 접근하고 있으며, 앞으로 비약적인 증가를 기대하기는 어렵다. 그러나 노동 생산성은 기계화의 진전에 따라 더욱 향상될 여지가 크다고 할 수 있다(박, 1998).

그리고 주요국의 경지면적당 트랙터 동력을 살펴보면 <표 2.3.2>에 나타난 바와 같이 우리나라는 농업여건이 비슷한 일본의 약 37% 정도를 나타내고 있다. 그리고 농업기계 보유상황을 살펴보면 농용트랙터와 건조기 등 에너지를 많이 사용하는 기계가 계속 늘고 있으며, 특히, 농용난방기의 경우 1992년부터 급격하게 증가하고 있어 농업에너지의 소비량을 증가시키고 있다.

<표 2.3.1> 주요 농업 자재 투입량의 연도별 추이

구분/연도	1970	1975	1980	1985	1990	1995
비료소비량 (kg/ha)	162	282	285	311	458	434
농약소비량 (kg/ha)		2.7	5.8	7.0	10.4	11.8
경운기(대)	11,844	85,772	289,779	588,962	756,489	868,870
트랙터	61	564	2,664	12,389	41,303	100,412
이앙기		16	11,061	42,138	138,005	248,009
콤바인		56	1,211	11,687	43,294	72,268
농업 총생산 (10억원)	645.8	2258.9	4772.9	8691.9	13261.7	19678.3
임업 총생산 (10억원)	48.4	135.0	373.6	581.1	648.2	891.4

자 료 : 농림부, 농림업 주요 통계. 농업기계연감. 각 연도
 자료출처 : 한국의 농업기계화. 박원규. 1998. 한국농업기계학회

<표 2.3.2> 주요국의 경지면적당 트랙터동력 (1993)

(ps/h)

	한국	일본	이태리	독일	프랑스	영국	미국
동력	4.6	12.3	4.0	3.1	3.6	3.7	1.4

자료 : 일본 농업기계연감(1997), 한국 농기계공업협동조합(1993).

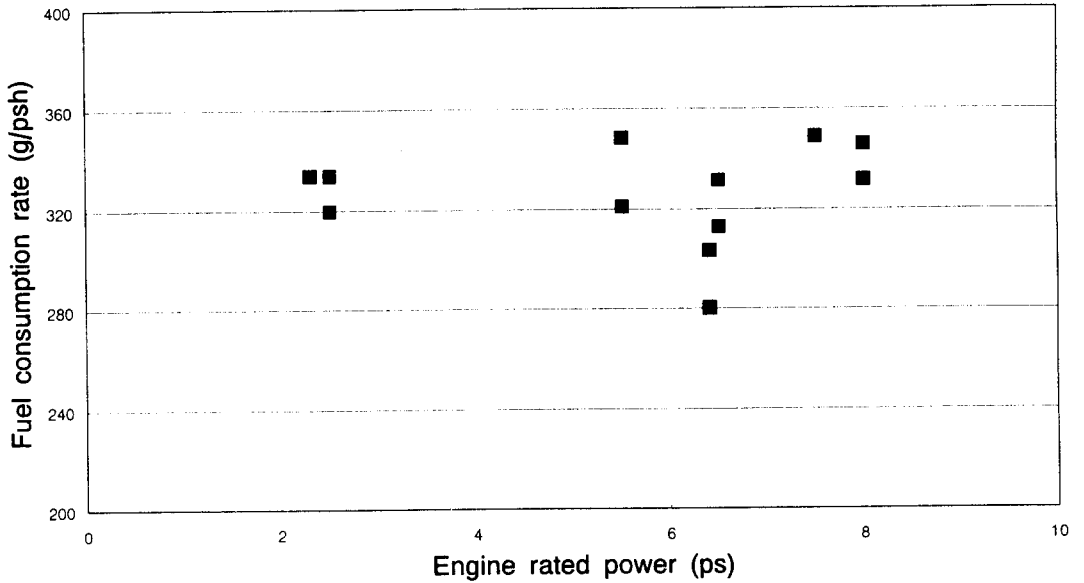
한편, 농업기계화 지표로서의 헥터(ha)당 농업기계투입마력을 살펴보면 지난 20년간 트랙터와 일반기계 투입마력은 지속적으로 증대해 왔으며 국내여건과 주요국의 경지면적당 트랙터동력을 비교하면 이러한 증가현상은 어느 정도 더 진행될 것으로 보인다.

Ⅲ. 농업기계의 에너지 효율분석과 향상방안

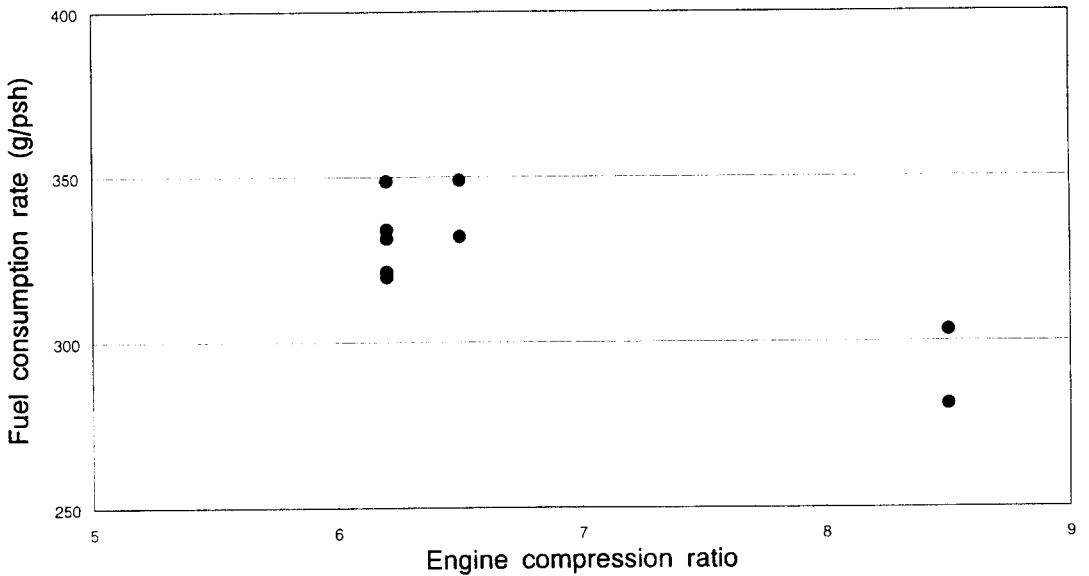
1. 농용엔진, 동력경운기 및 트랙터

<그림 3.1.1>은 농업용 가솔린 엔진의 정격출력의 크기에 따라 연료소비율이 변하는 관계를 나타내고 있는데 전체적으로 보아 출력의 크기에 따라 연료소비율이 변한다고 보기는 어려운 것으로 나타났다. 다만, 출력이 약 6.5 ps부근에서는 비슷한 출력이라 하더라도 연료소비율은 최저 281 g/psh에서 332 g/psh까지 약 18% 정도로 차이가 나고, 또한 5.5ps일때는 349 g/psh를 나타낼 때도 있는 바 이러한 엔진은 설계를 재검토할 필요가 있다.

가솔린기관의 열효율은 압축비에 영향을 많이 받는데 이러한 관계를 측정 엔진에서 알아보면 <그림 3.1.2>에 나타낸 바와 같다. 연료소비율은 압축비가 6.2, 6.5일 때 보다 8.5일 때 낮게 나타났는데 그것은 고압축에 의해 신기(新氣)의 초기온도가 높아져서 피스톤 팽창압력이 증대되어 열효율이 증대되기 때문인데 지나친 압축비는 노킹현상으로 인해 오히려 연료소비율을 높이게 된다. 그리고 동일한 압축비라 하더라도 연료 소비율에 차이가 나는데 이것으로 보아 연료

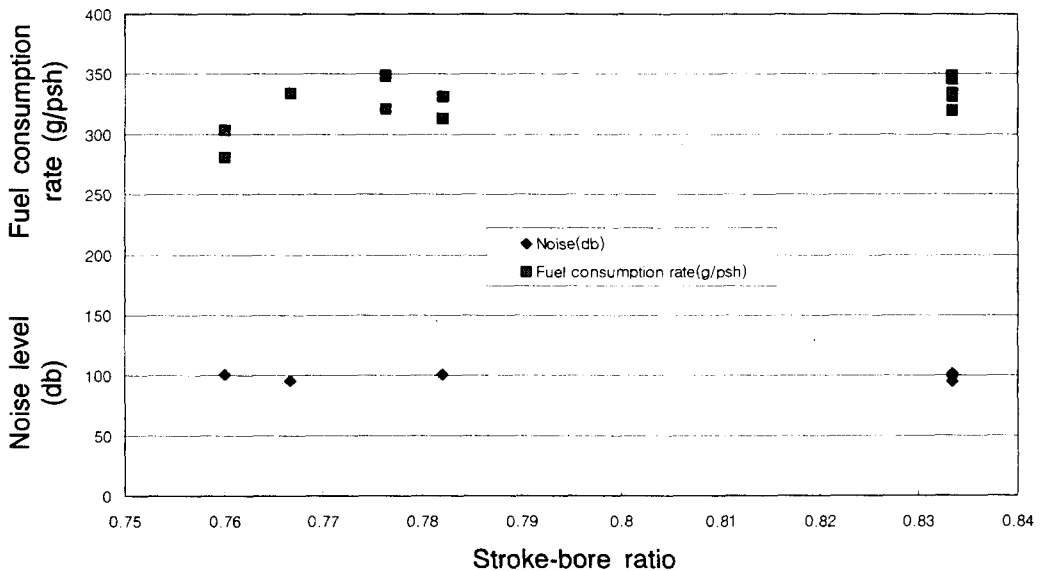


<Fig. 3.1.1> Fuel consumption rate depending on the rated power of the gasoline engine(1993~1997).



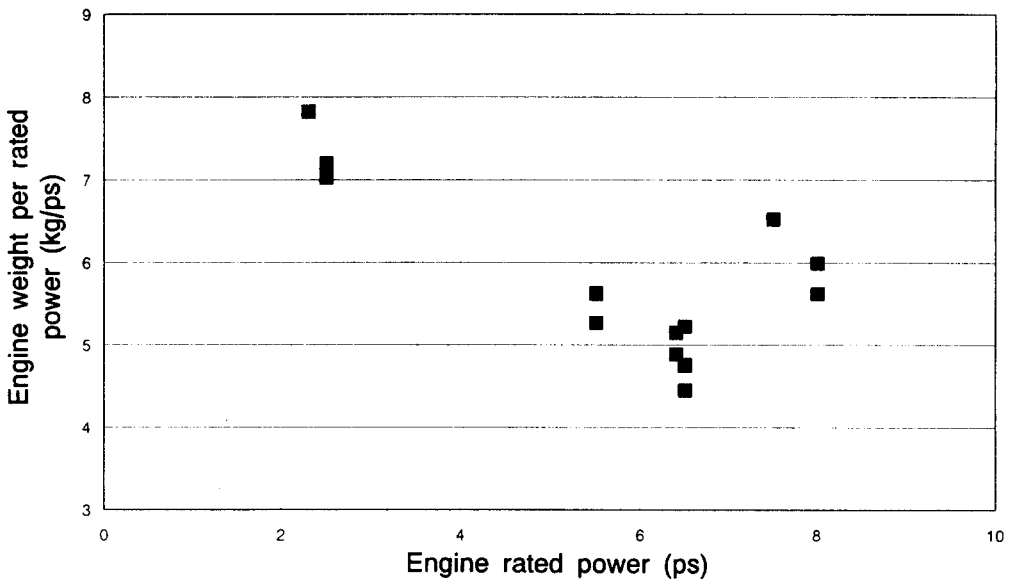
<Fig. 3.1.2> Fuel consumption rate depending on the compression ratio of the gasoline engines.

소비율은 압축비 이외의 요인이 영향을 크게 미치는 것을 알 수 있다. 그리고 또 다른 인자로서 피스톤의 행정-직경비가 연료소비율의 변화에 미치는 영향을 알아보면 <그림 3.1.3>에 나타난 바와 같다. 연료소비율은 행정-직경비가 증가하면 적으나마 상승하는 것으로 나타나고 있다. 그러나 동일한 피스톤 직경이라 하더라도 행정거리가 변하게 되면 신기의 흡입과정에서의 관성효과의 이용측면에서 행정체적에 영향을 주게 되고 이것은 또한 연소실내의 가스유동과 혼합에 영향을 주게 된다. 고속엔진의 경우 운동부의 관성력은 회전속도의 제곱에 비례하기 때문에 엔진의 응력이 증대하고 베어링 운전조건이 가혹해진다. 따라서 동일 회전속도를 유지하면서 피스톤과 밸브운동기구의 속도를 감소시키려면 장행정(over-square) 엔진이 되는데 이러한 현상이 심해서 극단적인 오버스퀘어 엔진이 되면 연소성능이 저하하는 경향이 있기 때문에 이를 피하기 위해 피스톤의 행정-직경비가 1인 스퀘어엔진으로 설계해 가는 경향이 있으나 측정 엔진은 상당한 단행정(under-square)엔진을 나타내고 있다. 그리고 엔진의 소음은 약 100db정도로 나타나고 있었다. 엔진의 설계상의 문제를 분석하기 위해 농업용



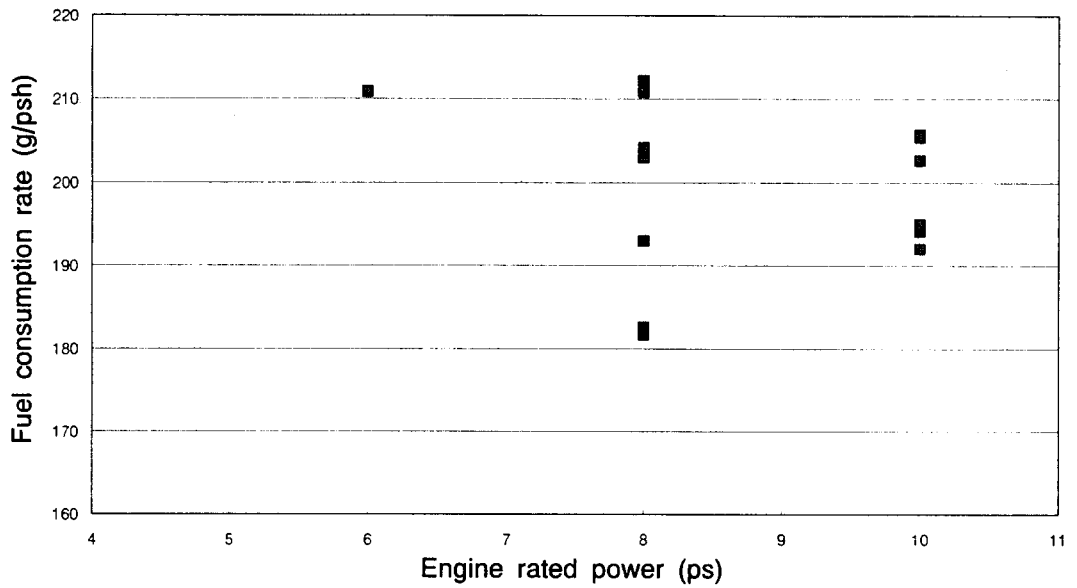
<Fig. 3.1.3> Relation between the fuel consumption rate, noise level and the stroke-bore ratio of the agricultural engines.

가솔린 엔진의 무게를 알아보면 <그림 3.1.4>에 나타난 바와 같다. 일반적으로 출력을 증대시키려면 배기량을 증대시키게 되고 이에 따라 엔진은 커지게 되고 무게가 증가한다. 그림에서 살펴보면 그 경향은 직선적으로 변하지는 않았으며, 6.5마력 부근에서 비교적 낮은 값을 나타내고 있었다. 엔진의 기본부품을 고려하면 출력의 크기가 증대하면 마력당 무게는 감소해야 할 것으로 짐작되는데 8마력 부근의 엔진의 설계상 무게를 재검토할 필요가 있을 것으로 판단된다.

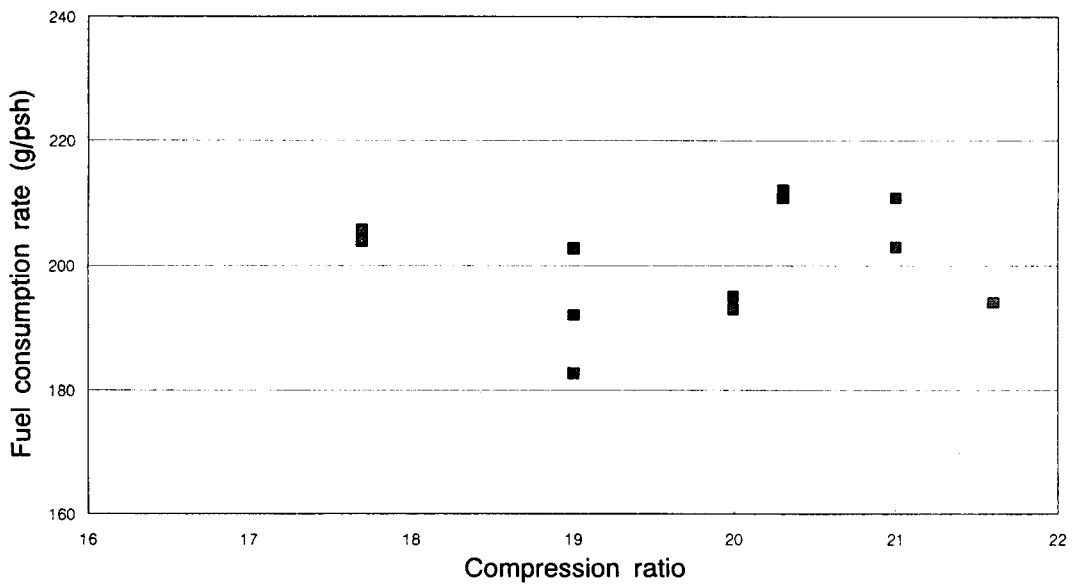


<Fig. 3.1.4> Engine weight per rated power depending on the rated power of the gasoline engine(1993~1997).

동력경운기에 탑재하는 엔진의 연료소비율을 살펴보면 <그림 3.1.5>과 같다. 동력경운기 탑재엔진은 8마력과 10마력이 많이 검사되었으며, 출력의 크기에 따라 뚜렷한 차이는 없으나 같은 8마력 수준의 출력이라 하더라도 연료소비율이 182 g/psh에서 212 g/psh까지 변하는 것으로 나타나 약 16.5% 정도의 차이가 나는 것을 알 수 있는 바 연료소비율 저감의 필요성과 가능성을 확인 할 수 있다. 연료소비율에 영향을 미치는 인자로서 압축비의 영향을 알아 보면 <그림 3.1.6>에 나타난 바와 같은데 압축비와 연료소비율은 뚜렷한 경향을 가지고 변



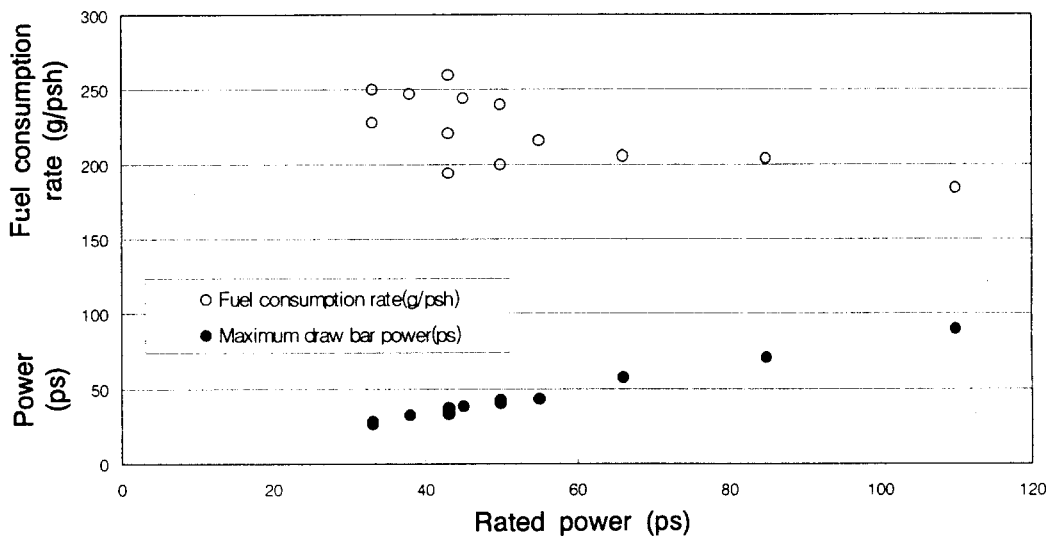
<Fig. 3.1.5> Fuel consumption rate depending on the rated power of the diesel engine for the power tiller.



<Fig. 3.1.6> Fuel consumption rate depending on the compression ratio of the diesel engine for the power tiller.

하는 것으로는 나타나지 않았다. 고속 디젤엔진의 경우 열효율은 압축비, 압력 상승비, 연료차단비 등에 의해 영향을 받는데 측정된 동력경운기 탑재용 디젤 엔진의 경우 압축비 보다는 다른 요인에 의해 연료소비율이 변하는 것으로 나타났다. 한편 배기량과 연료소비율의 관계에서 뚜렷한 상관관계는 확인되지 않았으며, 비슷한 640cc 정도의 배기량이라 하더라도 연료소비율이 183 g/psh에서 212 g/psh까지 변하는 것으로 나타났다.

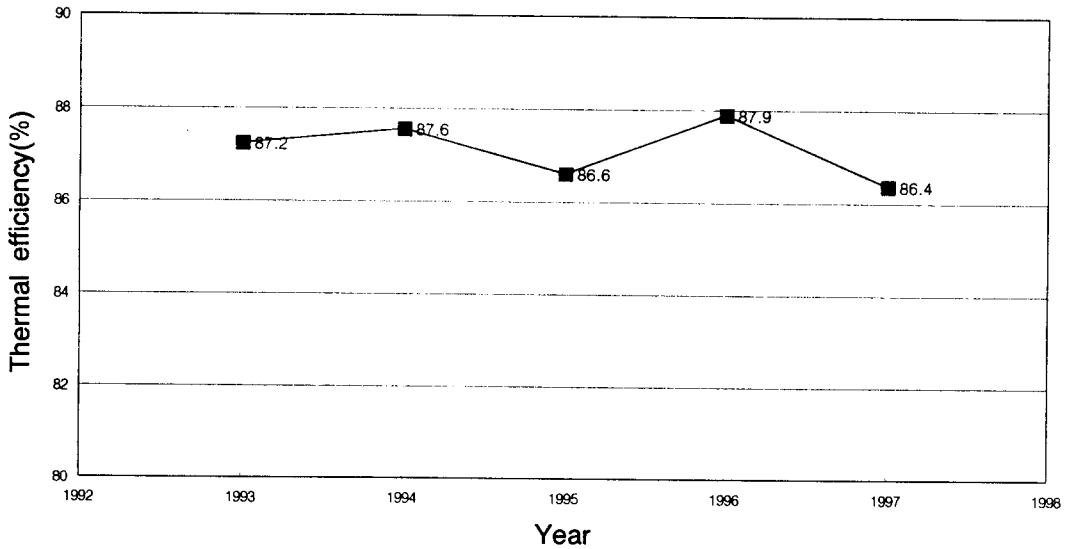
트랙터 구동엔진의 연료소비율을 살펴보면 <그림 3.1.7>에 나타난 바와 같이 약 200~250 g/psh 정도로서 출력이 증대할수록 적게나마 감소하고 있는 것으로 나타났다. 그러나 약 40마력 부근에서는 최저와 최대 연료소비율값 사이에 약 34%의 차이가 나는 것을 알 수 있는 바 개선의 여지가 많은 것을 알 수 있다.



<Fig. 3.1.7> Fuel consumption rate and maximum draw bar power depending on the rated power for tractor(1997).

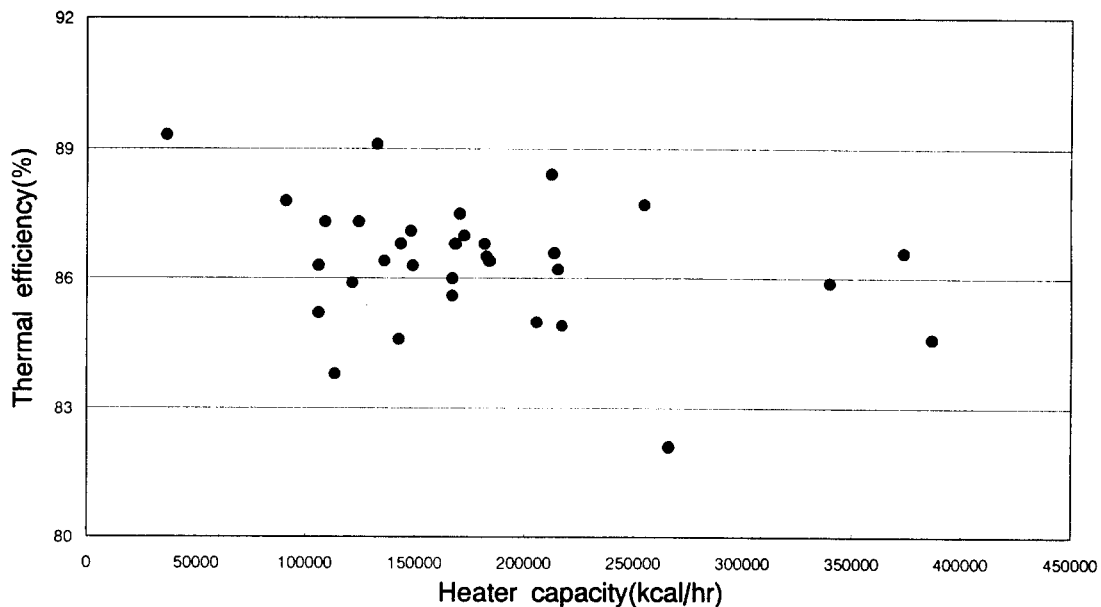
2. 온풍난방기

농업용 온풍난방기의 연도별 열효율변화를 살펴보면 <그림 3.2.1>에 나타난

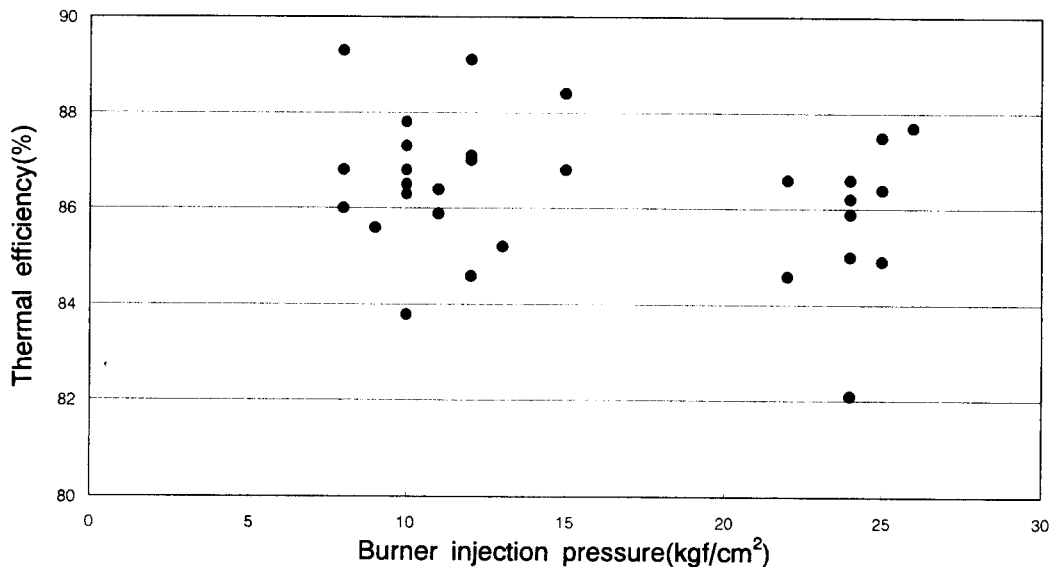


<Fig. 3.2.1> History of the average thermal efficiency of the air heaters.

바와 같이 약 87%를 중심으로 변하고 있는 것을 알 수 있다. 기술의 발전이나 에너지효율 향상의 측면에서 열효율은 시간에 따라 향상되어야 할 것이 예상되는 데도 실제로는 그렇게 나타나지는 않았다. 특히 난방기가 에너지 다소비 기계인 점을 감안한다면 열효율 향상을 위한 노력이 절실한 것으로 판단된다. 이와 같은 목적에서 난방기의 열효율이 어떠한 특성에 영향을 받는지 알아보기 위해 난방기의 가열용량별 열효율을 알아보면 <그림 3.2.2>에 나타난 바와 같다. 1997년에 측정된 온풍난방기의 열효율은 약 86 %를 기준으로 분포하고 있는데 가열용량이 증대하면 열효율이 약간 감소하는 것으로 보이나 뚜렷하지는 않고, 다만, 같은 가열용량이라 하더라도 열효율이 약 6% 정도까지 차이가 나는 것을 알 수 있는 바 전체적인 열효율 상승과 편차축소를 위한 노력이 필요하다는 것을 알 수 있다. 그리고 연료 분사장치의 버너 분사압력의 크기에 따른 열효율의 변화관계는 <그림 3.2.3>에 나타난 바와 같이 농업용난방기의 연료 분사압력은 대개 두 그룹으로서 약 10 kgf/cm²와 25 kgf/cm² 부근으로 양분되고 있는 것을



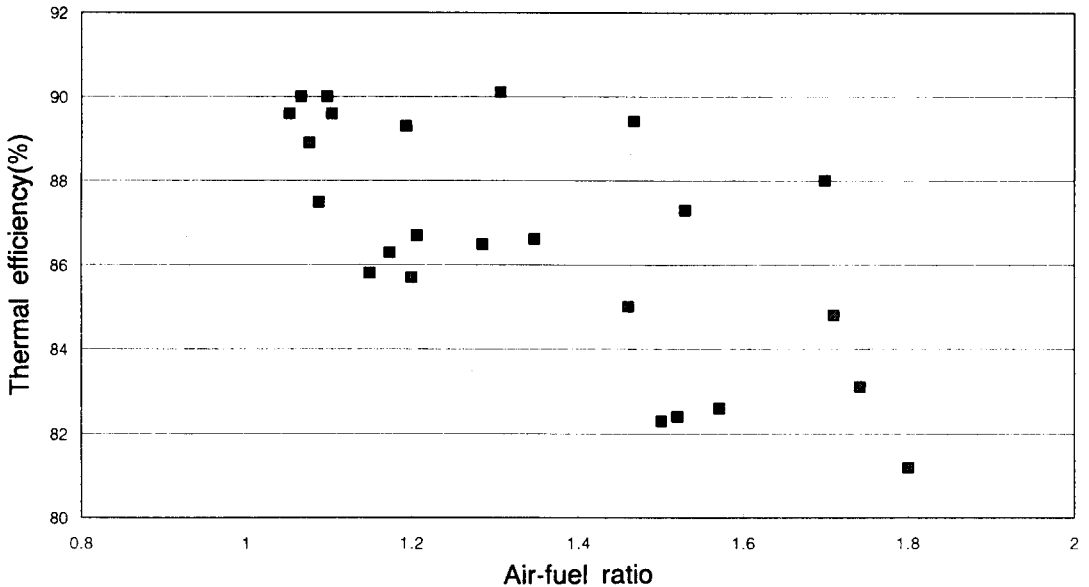
<Fig. 3.2.2> Relation between the heating capacity and thermal efficiency for the air heater(1997).



<Fig. 3.2.3> Relation between the burner injection pressure and thermal efficiency for the air heater(1997).

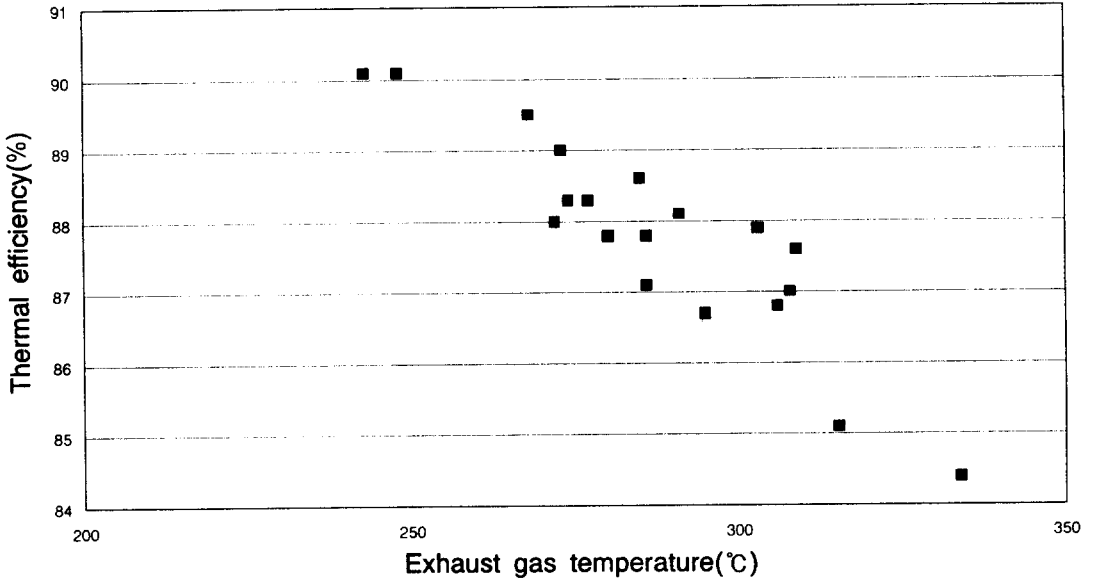
알 수 있는데 10 kgf/cm^2 인 경우 열효율이 다소 높은 것을 알 수 있다. 그러나 같은 연료 분사압력이라 하더라도 열효율의 차이가 약 5% 정도까지 차이가 나는 등 범위가 넓게 분포하고 있기 때문에 연료 분사압력 이외의 요인에 보다 많은 영향을 받는다는 것을 알 수 있다.

난방기의 열효율과 공기-연료비(Air-fuel ratio)와의 관계를 알아보면 <그림 3.2.4>에 나타난 바와 같이 공기-연료비가 높아질수록 열효율이 감소하는 것으로 나타났는데 공기-연료비를 1보다 크게 하는 것은 완전연소를 도모하기 위한 것으로 완전연소가 보장되는 범위 내에서는 불필요하게 공기-연료비를 크게 할 필요는 없다. 공기-연료비가 커지게 되면 연소온도가 낮아지고 이에 따라 열교환 가능성이 줄어들 뿐만 아니라 배기가스량이 증대하게 되어 배기 열손실이 많아지게 되므로 열효율이 떨어지게 된다. 따라서 완전연소여부를 판정하는 검사 항목을 추가하는 대신 연료-공기비를 완전연소 범위내에서 가능한 낮춤으로서 열효율을 높일 수 있을 것으로 판단된다.



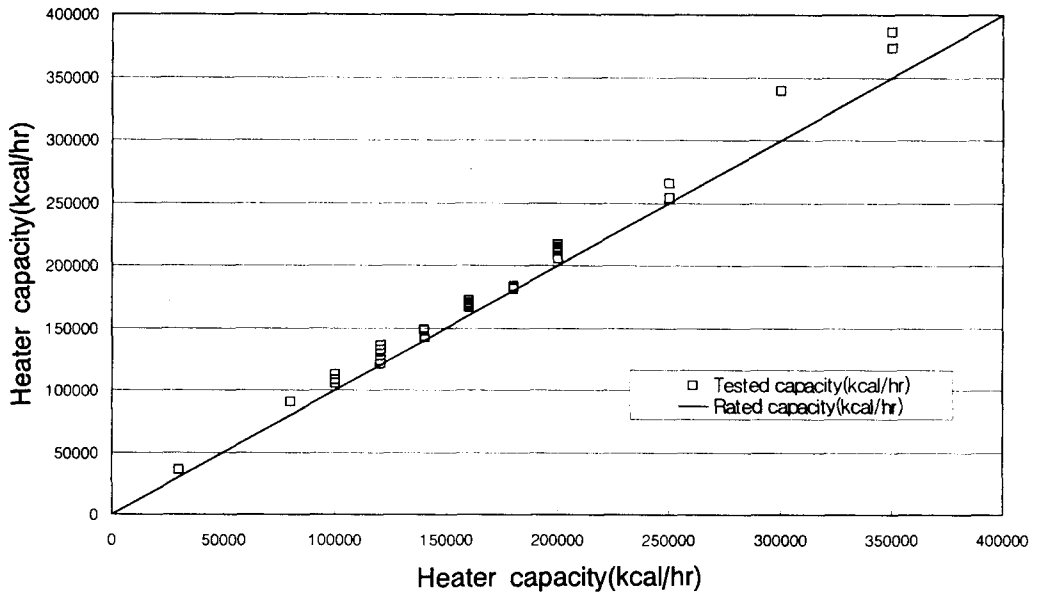
<Fig. 3.2.4> Relation between the air-fuel ratio and thermal efficiency for the air heater.

한편, 배기가스의 온도와 열효율의 관계를 살펴보면 <그림 3.2.5>(1996년 자료)에 나타난 바와 같이 배기가스의 온도가 낮아질수록 공기와 연소가스가 충분한 열교환을 했기 때문에 열효율이 높아지는 것이다. 그런데 온풍난방기의 배기가스 온도가 243 °C에서 334 °C까지 약 89 °C 정도까지 차이가 나는데 비록 배

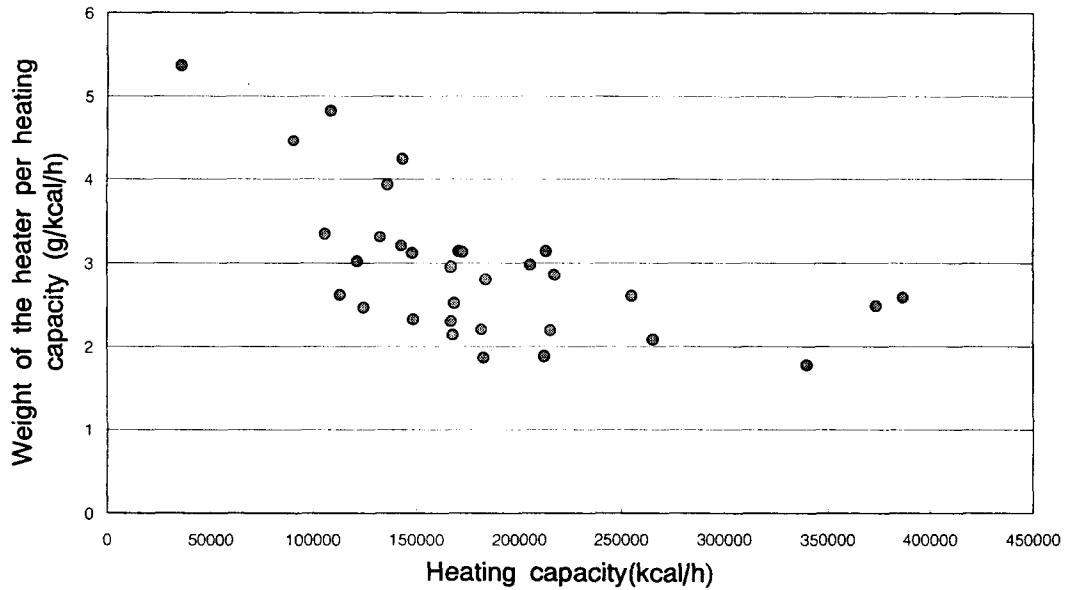


<Fig. 3.2.5> Relation between the temperature of the exhaust gas and the thermal efficiency for the air heater.

기가스의 온도가 낮아져서 열교환기의 부식이 우려된다고 하더라도 연료 중의 황성분에 대한 규제가 강화되고 있기 때문에 그런 문제는 줄어들 것이므로 열교환을 좀더 충분히 시켜서 열효율을 올릴 필요가 있다. 그리고 온풍난방기의 규격표시 용량 대비 실제 발생 용량을 비교하여 보면 <그림 3.2.6>에 나타난 바와 같은데 용량이 증가할수록 규격용량보다 실제 용량이 커지는 것으로 나타나고 있다. 이것은 사용자가 알지 못하는 사이에 큰 용량을 구입하게 되는 결과가 되고 생산자는 규격표시용량을 보장받지 못하게 되는 결과가 되므로 시정하여야 할 사항으로 판단된다. 온풍난방기의 무게가 가열용량별로 어느 정도로 차이가 나는가를 알아보면 <그림 3.2.7>에 나타난 바와 같다. 난방기의 가열용량당의



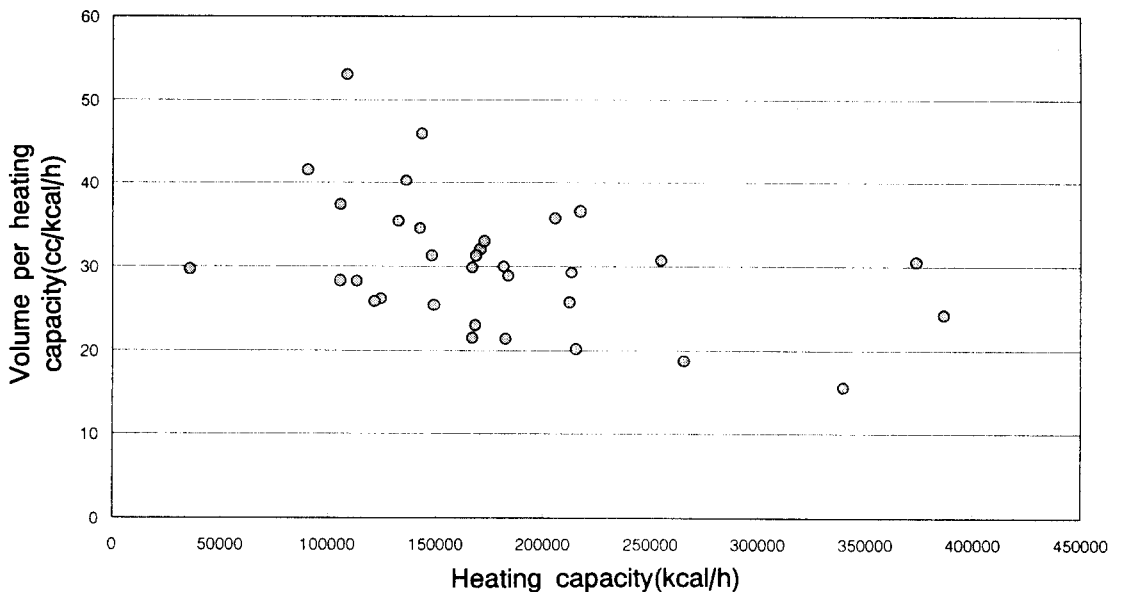
<Fig. 3.2.6> Comparison of the rated and tested capacity of the heater(1997).



<Fig. 3.2.7> Relation between the heating capacity and the weight per heating capacity of the heater.

무게, 즉, 비중량은 규격용량이 증가할수록 작아지게 되는 것이 일반적인데 대용량이 될수록 그 감소경향은 줄어들어 가는 것으로 나타났다. 뿐만 아니라 같은 규격의 가열용량이라 하더라도 비중량이 2배에 달하는 난방기도 있어서 설계상의 재검토가 필요한 것으로 판단된다. 즉, 온풍난방기는 무게가 무거워야 할 필요가 없기 때문에 투입재료의 절감으로 원가를 줄이기 위해서 무게를 줄이는 것이 필요하다고 판단되며, 그 가능성은 충분한 것으로 나타나고 있다.

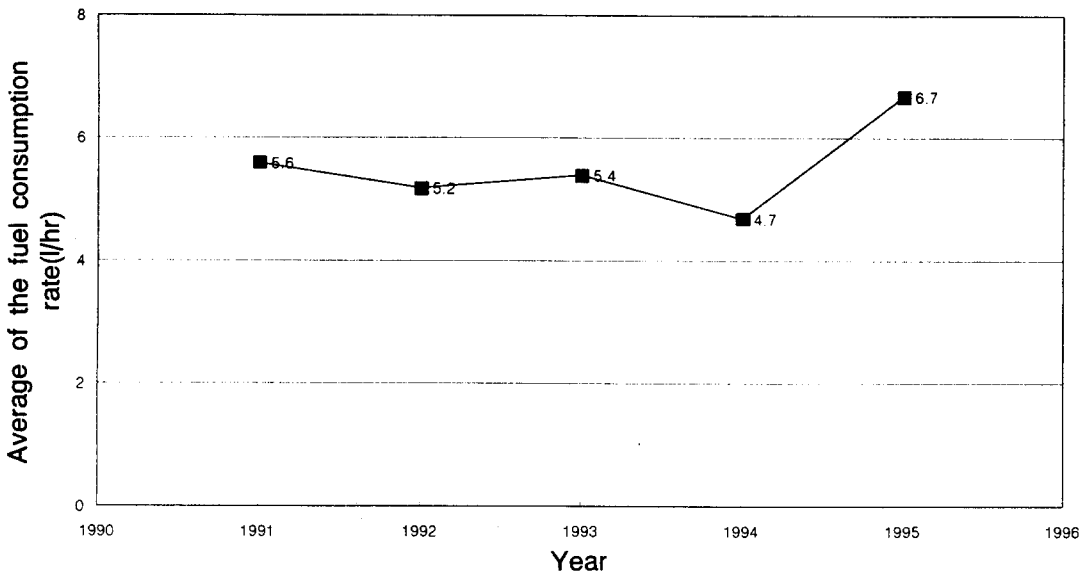
그리고 온풍난방기의 가열용량별로 난방기의 부피가 어떻게 변하는가를 알아보면 <그림 3.2.8>에 나타난 바와 같다. 가열용량이 증가하면 온풍기의 가열용량당 체적, 즉, 비체적은 감소할 것이 예상되는데 그림을 살펴보면 적으나마 그러한 경향을 나타내고 있는 것을 알 수 있다. 그러나 100,000~200,000 kcal/h 범위의 가열용량에서는 같은 가열용량이라 하더라도 그 체적이 약 2배 정도 되는 난방기도 있어서 불필요하게 부피가 커진 것을 알 수 있다. 따라서 이러한 모델은 그 제작재료와 배치를 재검토하여 투입에너지의 손실을 막고 사용상 불필요하게 공간을 차지하지 않도록 하여야 한다.



<Fig. 3.2.8> Relation between the heating capacity and the volume per heating capacity of the heater.

3. 곡물건조기 및 농산물건조기

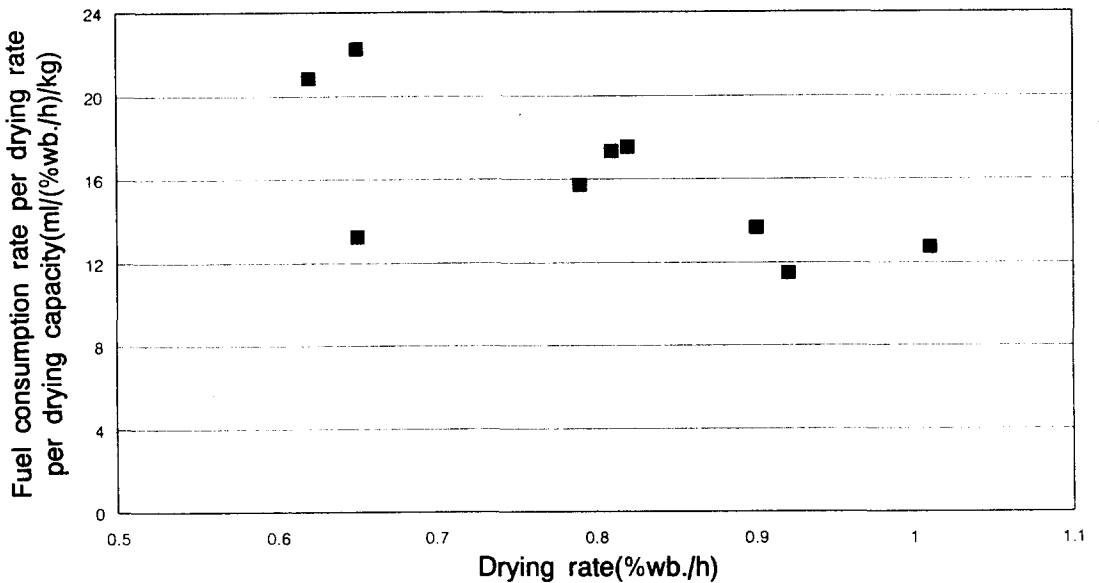
곡물건조기의 에너지 사용효율의 한 척도로서 연료소비율은 매우 중요하다. <그림 3.3.1>은 국내에서 검사된 1991년부터 1995년까지의 연도별 연료소비율의 추이를 나타낸 것으로서 연료소비율은 곡물건조기의 규격용량을 고려하기 위해 처리용량별 연료소비율로 나타내었다. 연료소비율은 연도별로 상당한 기복을 보이고 있었는데 전체적으로는 약 1.2 ml/h/kg 부근에서 변화하고 있었다. 그러나 연도별로 최고 0.9 ml/h/kg에서 1.7 ml/h/kg까지 변하고 있어서 약 90% 정도까지 연료소비율 차이를 나타내고 있고 곡물건조기가 수분을 제거하기 위해 에너지를 많이 소비하는 기계인 점을 감안한다면 연료소비율 감소를 위한 대책이 필요하다는 것을 알 수 있다.



<Fig. 3.3.1> History of the average fuel consumption rate per drying capacity of the grain dryer.

곡물건조기에서 곡물의 건조속도에 따라서 연료소비율이 변화하는 관계를 살펴보면 <그림 3.3.2>에 나타난 바와 같은데 이때 연료소비율은 건조속도가 빨라지게 되면 건조시간이 줄어들어 전체 연료소비량은 줄어들고 또한 건조용량도

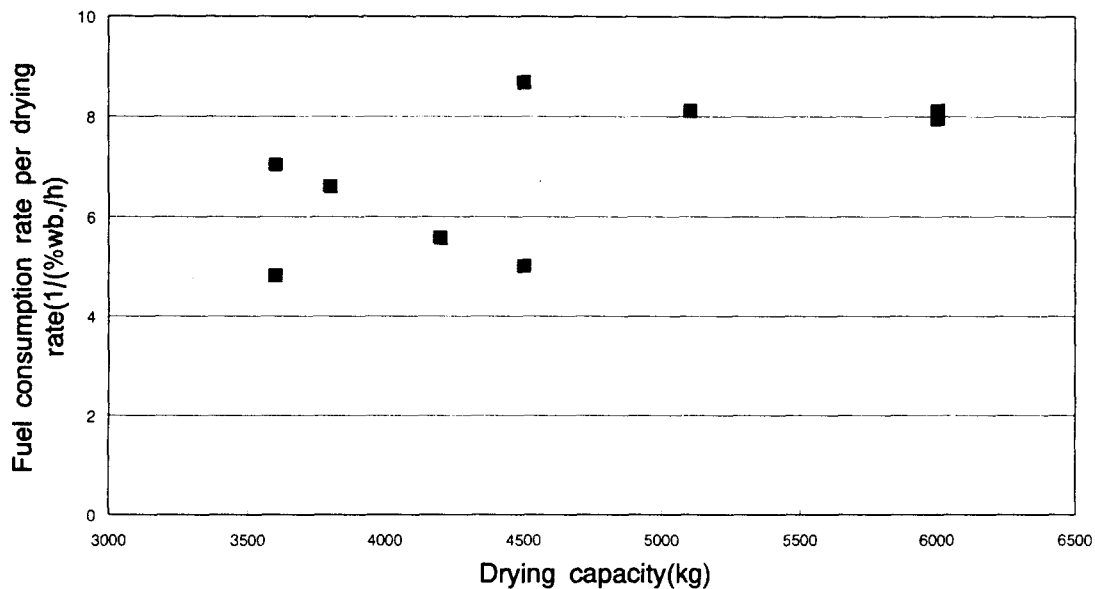
고려하여 시간당 연료소비율을 총건감율과 건조기의 용량으로 나눈 값으로 나타내었다. 그림을 살펴보면 건조속도가 빨라지면 연료소비율은 전체적으로 보아 줄어드는 것으로 나타났다. 따라서 건조속도를 크게 함으로서 곡물의 품질이 영향을 받지 않는다면 건조속도를 높여서 연료소비율을 줄일 수 있을 것이다. 그런데 동일한 건조속도로서 0.65 %wb./h이라고 하더라도 연료소비율은 최저 12.3 ml/(%wb./h)에서 최대 22.3 ml/(%wb./h) 까지 나타나고 있는 바 약 80% 이상 연료를 더 소비하고 있는 경우도 있으므로 대책이 필요한 것을 알 수 있다.



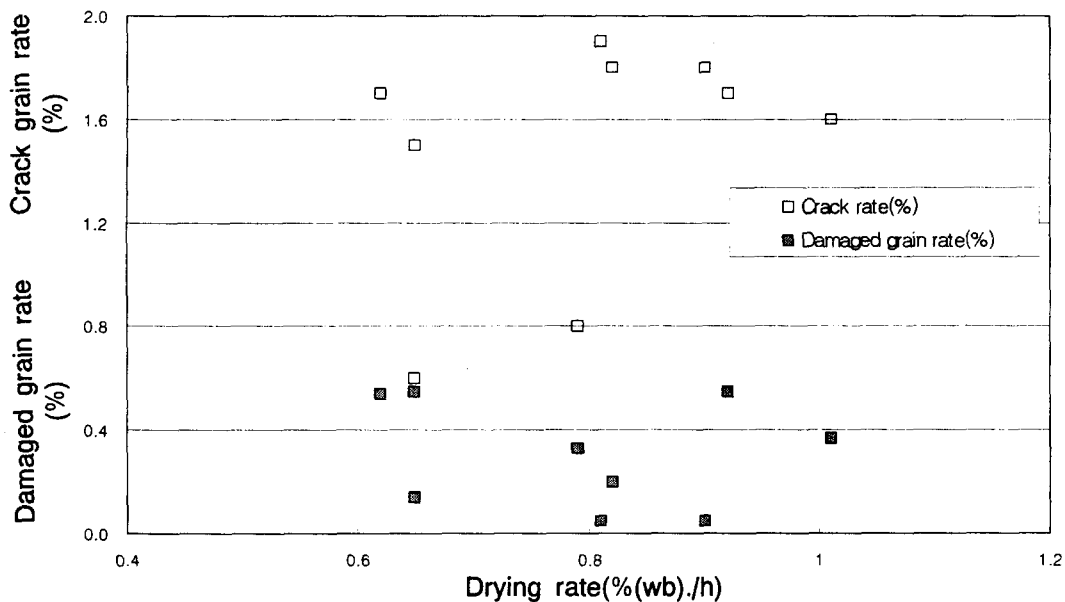
<Fig. 3.3.2> Relation between the fuel consumption per drying rate per drying capacity depending on the drying rate for the grain dryer.

곡물건조기의 용량에 따라 연료소비율이 변하는가를 알아보기 위해 <그림 3.3.3>을 살펴보면 곡물건조기의 용량이 증가하면 곡물 중의 함수율 1%wb.를 감소시키는데 소비되는 연료는 오히려 증가하는 것으로 나타났으며, 이는 대용량의 곡물건조기의 에너지소비 효율을 개선시킬 필요가 있다는 것을 나타낸다. 그리고 곡물건조기의 용량을 선택할 때에 참고해야 할 사항으로 판단된다.

건조속도는 곡물의 품질에 영향을 미칠 수 있는데 이러한 관계를 알아보기 위해 <그림 3.3.4>를 살펴보면 품질의 한 척도로서 곡물의 동할율(crack rate)과



<Fig. 3.3.3> Relation between the fuel consumption rate per drying rate depending on the drying capacity for the grain dryer.



<Fig. 3.3.4> Relation between the drying rate and the crack rate and the damaged grain rate for the grain dryer.

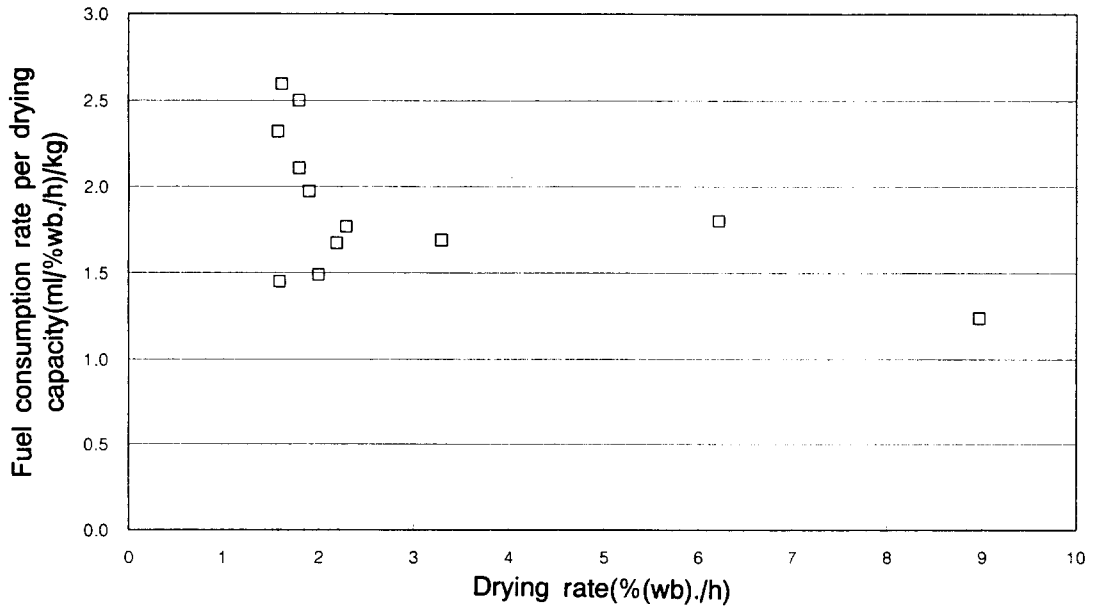
손상율(damaged grain rate)는 건조속도와는 상관관계를 나타내지 않는 것으로 나타났는데 곡물의 품질은 건조 이후 시간이 경과함에 따라 지속적으로 관찰할 필요가 있을 것이다. 그림을 살펴보면 총건감율이 0.6~1.4 %wb./h 범위에서 변하고 있을 때 동할율은 0.6~1.9%, 손상율은 0.05~0.55% 범위에서 변하고 있었다.

건조속도와 품질과의 관계가 유의하지 않다면 <그림 3.2.2>에 나타난 바대로 건조속도가 빠를수록 연료소비율이 줄어들므로 건조속도를 조절할 수가 있을 것이다. 그런데 비슷한 건조율이라 하더라도 동할율이나 손상율에 큰 차이를 나타내었는데 특히, 손상율의 경우 그 범위가 0.05%에서 0.55% 까지 약 11배가 차이가 나는 경우가 그 원인을 분석할 필요가 있다고 판단된다.

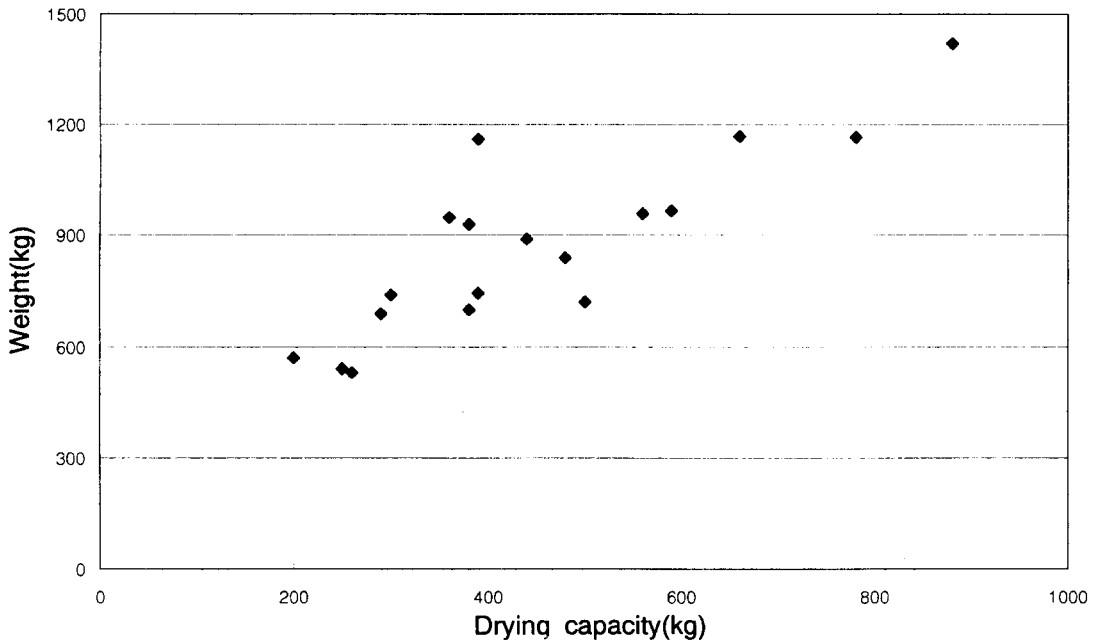
곡물건조기의 형상과 관련하여 건조용량별 무게를 조사해 본 결과 건조용량이 증가하면 건조기의 무게가 증가하는 것은 예상되는 사실인데 비슷한 건조용량이라 하더라도 건조기에 따라서는 약 77% 정도 더 무거운 건조기도 있으므로 불필요한 무게를 줄임으로서 제작상의 투입에너지를 줄이고 제조원가도 감소시킬 필요가 있다.

농산물건조기의 에너지 소비효율로서 시료중량당 건조속도당 연료소비율을 나타내면 <그림 3.3.5>와 같다. 연료소비율은 건조기에 따라 상당히 차이가 나는데 특히, 건감율 약 2% wb./h 부근에서는 연료소비율이 1.5~2.6 ml/(%wb./h)/kg 범위에 걸쳐 분포하고 있는 바 약 73% 정도의 차이를 나타내어 연료소비율이 높은 건조기의 경우 그 감소를 위한 가능성과 필요성을 보여주고 있다.

한편, 농산물건조기의 건조용량별 무게를 나타내면 <그림 3.3.6>과 같은데 무게는 용량에 따라 비교적 직선적으로 증가하지만 건조기 용량이 약 400 kg 부근에서는 700 kg에서 1160 kg에 걸쳐 분포하므로 불필요한 중량을 줄임으로서 원가절감과 투입에너지 감소를 도모할 필요가 있다. 그리고 건조기의 무게와 체적을 비교해 본 결과 서로 비례적으로 변하기 때문에 무게를 줄이는 것은 사용공간을 줄이는 효과도 있다.



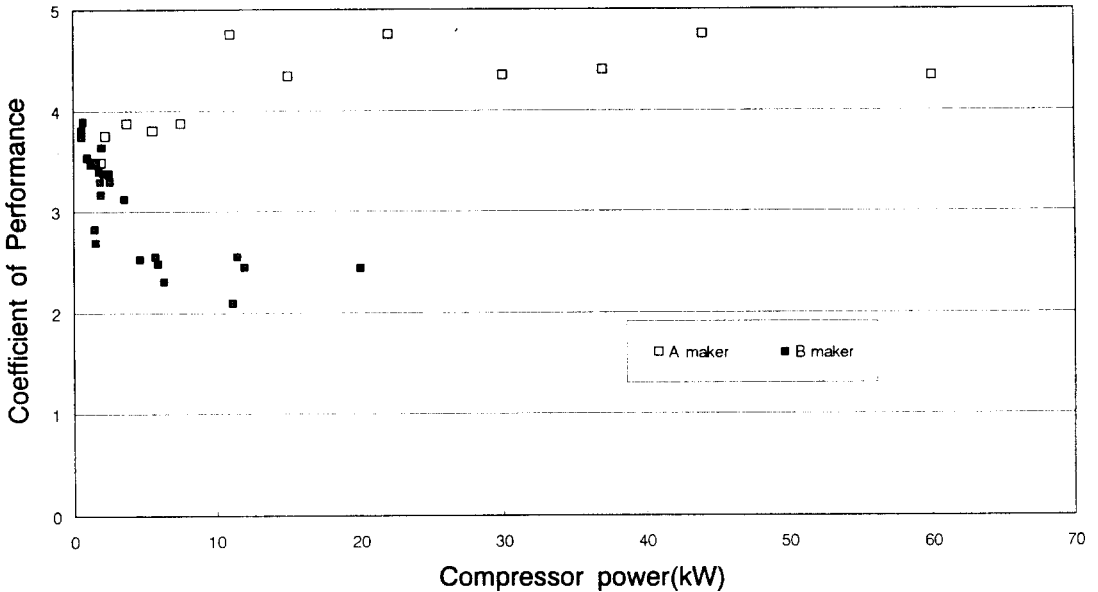
<Fig. 3.3.5> Relation between the fuel consumption rate per drying rate per drying capacity depending on the drying rate for the agricultural products.



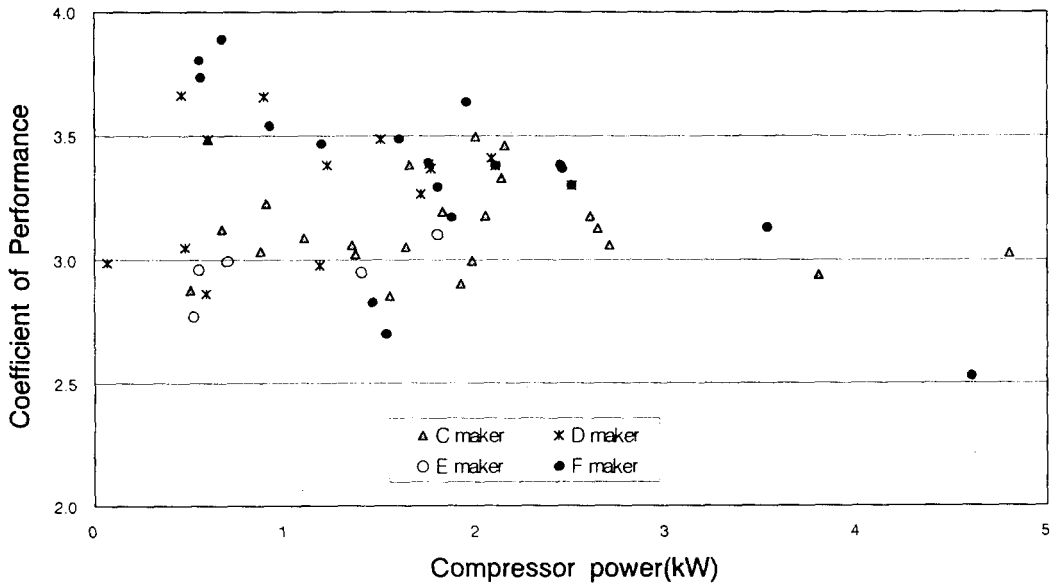
<Fig. 3.3.6> Relation between the weight and the drying capacity of the agricultural products dryer.

4. 냉 동 기

농업기계산업에 있어서 농산물의 저장을 위해 저온저장시설이 증가해 왔던 바 이를 위해 필수적인 냉동기계의 에너지소비효율을 분석해 보는 것도 필요하다. 냉동기의 에너지소비효율은 냉동기 성능계수(성적계수, COP:Coefficient of Performance)로 나타낼 수 있는데 이 값은 냉동기의 투입동력에 대한 냉동능력의 비율로서 나타낸다. <그림 3.4.1>은 시중에 시판되고 있는 비교적 큰 용량의 냉동기들의 성능계수를 나타내고 있는데 회사에 따라 상당한 차이를 보이고 있다. A 회사는 약 4.5 정도의 성능계수를 나타내고 있으나 B 회사는 약 2.5 이하로 나타나고 있어서 회사에 따라 거의 2배에 가까운 성능계수를 나타내고 있는 바 제조회사로서는 성능계수 향상을 위한 노력이 필요하고 수요자들은 선택에 신중을 기하여야 할 것으로 판단된다. <그림 3.4.2>에는 비교적 소용량의 냉동기에 대한 성능계수를 나타내고 있는데 회사별로 모델별로 상당한 차이를 나타내고 있다.



<Fig. 3.4.1> Coefficient of Performance of the refrigeraror in market.



<Fig. 3.4.2> Coefficient of Performance of the refrigerators in market.

IV. 농업에너지 일반 대책으로서의 제언

1. 대체에너지

농업용 에너지에서는 비록 화석에너지인 석유류를 많이 사용하고 있기 때문에 그 사용효율을 높이는 것도 중요하지만 대체에너지를 개발함으로써 화석에너지를 사용함에 따르는 여러 가지 문제를 줄이는 것이 중요하다. 그리고 농업은 에너지를 사용하여 에너지를 생산하는 산업으로서 자연에너지 같은 것을 이용하기에 비교적 유리한 조건을 갖추고 있기 때문에 특히 그 개발의 필요성이 크다고 하겠다. 우리나라의 대체에너지 자원을 평가해 보면 <표 4.1>과 같다. 자원베이스를 기준으로 할 때 지구에 가장 풍부히 보존되어 있는 에너지원은 지열로서

<표 4.1> 국내 대체에너지 자원 평가량

(단위 : TOE, %)

	부존량	확인 또는 개발가능 잠재량 (A)	가채잠재량 (B)	(B/A) × 100
태양에너지	116억 (98.88)	28억 (99.43)	10,097천 (48.15)	0.36
풍력	1,688만 (0.14)	255만 (0.09)	1,558천 (7.43)	61.8
소수력	64만 (0.01)	46만 (0.02)	321천 (1.53)	69.7
바이오매스 (알콜포함)	10,467만 (0.89)	511만 (0.18)	3,668천 (17.49)	71.78
일반폐기물	158만 (0.01)	131만 (0.05)	1,222천 (5.83)	93.28
산업폐기물	297만 (0.03)	224만 (0.08)	1,256천 (6.16)	56.07
조력	469만 (0.04)	435만 (0.16)	2,850천 (13.67)	65.52
합계	117억 3143만 (100.0)	28억 1602만 (100.0)	20,970천 (100.0)	0.74

자료 : 에너지경제연구원.

출처 : 민철구. 신에너지기술의 외부경제성을 고려한 R & D 추진전략연구. 과학기술정책관리연구소.

총매장량의 99% 이상을 점하고 있으나 실제로 인간에 유용한 가채매장량은 태양열이 1000TW로 기술적으로 이용가능한 지열의 20배에 달하고 있다. 우리나라 가채잠재량은 2.097×10^7 TOE로서 그 중 태양에너지가 약 48% 정도를 차지하고 있으며, 그 다음으로 알콜을 포함한 바이오매스가 약 17.49%를 차지하고 있다. 이러한 신에너지의 기술개발 우선 순위는 공급의 잠재력과 더불어 보급의 용이성, R & D의 용이성, 파급효과, 입지·환경 등을 고려할 때 태양열이 우선되고 그 다음으로 바이오에너지로 나타나고 있다(민, 1994). 태양에너지의 주요 세부기술 중 선진국에 비해 특히 부족한 분야는 냉난방에서의 시스템설비기술과 축열기술, 온수기에서의 집열 및 축열기술, 집열판 표면처리기술 등으로 나타나고 있다(민, 1994).

2. 표준화

농업기계에 있어서 부품의 표준화 정도는 통일·단순화 명령 30, 조합단체규격 86, 합계 116로서(1997. 6월 현재) 농업에너지소비의 약 39%를 차지하는 온풍난방기, 건조기 등의 설비 기계에서는 한 건도 없는 실정이다. 일반적으로 표준화의 필요성은 기계의 생산자와 수요자의 측면에서 장단점은 있지만 에너지의 다소비 기계인 농업용 난방기와 같은 경우 제조업체가 29개 업체(1995년 현재)에 달하지만 표준화된 부품규격이 없으므로 원활한 생산과 유통, 원가절감을 위해 그 표준화 작업이 필요하다.

3. 연구개발의 강화

농업기계의 에너지문제와 관련하여 연구현황을 살펴보면 1976년부터 1996년까지 한국농업기계학회지에 발표된 총 418편의 논문 중 에너지 분야가 7.4%, 연료 및 동력분야가 5.3%로 나타난 바 연구개발이 활발하지는 못한 실정이다. 이는 국내 에너지의 가격, 정부차원의 연구지원에 대한 관심도, 연구인력의 분포와도 관련이 있는 것으로서 그 개선을 위한 유인책이 필요한 시점이다. 그리고 농업기계화연구소의 특허 출원현황을 보면 1970년대 1건, 1980년대 11건, 1990년대 38건으로서 그 절대적인 건수가 증가하고 있고 분야에 있어서도 1990년대 이전에는 경종용 기계에 관한 특허가 대부분이었으나 1990년대에는 특허내용이 다양화 되고 있는 추세이지만 건조·저장용 기계 분야 3건으로 에너지 다소비기계에 대한 관심은 아직 부족한 실정으로 볼 수 있다. 따라서 에너지문제와 관련한 연구과제에 대한 연구자금의 특별 지원 등 관심과 조치가 요구된다고 하겠다. 특히, 농업기계 전반에 대한 에너지효율과 에너지효율에 영향을 미치는 기계특성들을 보다 정밀하게 분석하여 그 개선가능성과 개선점을 제시함으로써 에너지효율향상을 위한 계기로 삼을 필요가 있다. 그리고 이와 관련한 심포지움이나 세미나 등의 수시 개최 등 분위기 조성을 통한 문제인식을 확산시키는 것도 필요하다고 판단된다.

4. 농업기계 검사 항목의 보완

우리나라의 농업기계의 형식검사와 출하전 자체검사는 최근 몇 년 사이에 급증하고 있는데 에너지효율이 높은 기계의 개발 보급을 위해서는 검사항목 중 연료소비율, 열효율과 같은 항목을 반드시 측정, 표기하도록 하고 에너지효율 향상을 위해 공기-연료비나 열교환율 등의 관점에서 완전연소 여부를 판정하고 환경문제에 대한 기계의 신뢰성을 제고하는 의미에서 배기가스 시험성적도 표기할 필요가 있다고 생각된다.

5. 농업기계 에너지효율 개선 추진팀 구성

농업에너지 문제는 농업기계의 사용자와 생산자, 연구개발하는 학계나 연구소, 정책과 자금과 관련한 조합과 정부, 모두의 노력으로 해결할 수 있을 것인 바 기존의 농업기계에 대한 에너지효율 분석을 통하여 설계 제작상의 문제점과 개선점을 제시하고, 이를 연구개발, 지원관리하며, 농업기계의 사용상의 에너지절감대책으로서 에너지 낭비요소를 집중 분석하고 대안을 제시할 수 있는 종합기구로서 가칭 「농업기계 에너지효율개선 추진위」와 같은 기구를 한시적으로나마 운영할 필요가 있다고 생각된다. 이와 같은 기구에는 한국농업기계학회, 농업기계화연구소, 한국농기계공업협동조합이 공동으로 참가하여 서로 역할을 분담하며 일을 추진해 나갈 수 있을 것이다.

6. 수요자에 대한 교육·홍보

농업에너지의 효율증대를 위해서 근본적으로는 시장수요에 맞추어 연구·개발·생산하는 것이 바람직하므로 각종의 농업기계에 대하여 에너지소비효율과 무게, 부피, 가격 등 제반 농업기계의 특성들에 대해 용량별 평균연료소비율, 평균열효율, 용량별 부피, 무게 등을 제시하여 구매시 판단 자료로 활용토록 함으로서 에너지효율이 높은 기계를 개발 보급하도록 자연스럽게 유도하는 것도 한

방법이 될 것이다. 이러한 효율 분석자료는 3년~5년마다 재검토하여 제시하면 될 것이다.

V. 결 언

본 주제에서는 에너지절약형 농업기계화를 위해 농업기계의 설계 제조과정에서 결정된 에너지효율과 그것에 영향을 미치는 제반 기계특성들과의 관계를 고찰해 보고 에너지절감형 농업기계의 설계생산의 방향을 제시하고자 하였다.

- 1) 농림업에너지는 우리나라 에너지소비량의 약 2.14%를 소비하고 있었으며, 이 중 91%가 석유류이며 나머지 9%가 전력으로 나타났다. 부문별로는 일반농기계용이 47%, 농업설비용이 약 39%를 차지하고 있었다. 우리나라의 농업자재형태로서 투입된 에너지현황은 비료와 농약소비는 1990년대를 정점으로 정체되고 있으나 농기계 보급은 1980년대 이후 지속적으로 증가되고 있다.
- 2) 농업용 가솔린엔진과 동력경운기용 엔진, 트랙터구동용 엔진의 연료소비율을 출력, 압축비, 피스톤 행정-직경비, 엔진무게 등의 관계로 분석하였으며, 비슷한 출력이라 하더라도 연료소비율은 약 16.5~34 % 정도로 차이가 났다.
- 3) 온풍난방기의 열효율과 가열용량, 연료분사장치의 버너분사압력, 공기-연료비, 배기가스의 온도, 난방기의 중량과 체적과의 관계를 고찰하였다. 열효율은 약 87% 정도로 나타났으며, 같은 가열용량이라 하더라도 열효율이 약 6%정도까지 차이가 나는 것을 알 수 있었다. 배기가스는 모델에 따라 약 89 °C 정도까지 차이가 나는데 배기가스온도가 낮을수록 열효율이 높았다. 같은 규격의 가열용량이라 하더라도 비중량과 체적이 2배에 달하는 난방기도 있어서 설계상의 재검토가 필요한 것으로 판단되었다.
- 4) 곡물건조기 및 농산물건조기의 경우 연료소비율, 건조속도, 가열용량, 손상율, 동할율, 무게, 체적 등의 관계를 분석하였다. 곡물건조기의 연료소비율

은 약 90% 정도까지 차이를 나타내는 경우가 있었으며, 비슷한 건조속도라고 하더라도 약 80% 이상 연료를 더 소비한 경우도 있었다. 품질척도로써 손상율이 약 11배가 차이가 나는 경우가 있었으며, 비슷한 건조용량이라 하더라도 건조기에 따라서는 약 77% 정도 더 무거운 건조기도 있었다. 그리고 농산물건조기의 경우 연료소비율은 약 73% 차이가 나는 경우도 있었고 무게는 약 40% 차이가 나는 것도 있었다.

- 5) 저온저장을 위한 냉동기의 성능계수는 회사에 따라 약 2.5에서 약 4.5 정도의 성능계수를 나타내고 있었다.
- 6) 우리나라의 대체에너지 가채잠재량은 2.0970×10^7 TOE로서 그중 태양에너지가 약 48% 정도를 차지하고 있고, 그 다음으로 바이오매스가 17.3%를 차지하고 있다. 기술개발 우선순위는 태양열이 우선 검토할 필요가 있는 것으로 나타났다.
- 7) 에너지의 다소비 기계인 농업용 난방기와 같은 경우 제조업체가 29개 업체에 달하지만 표준화된 부품규격이 없으므로 원활한 생산과 유통, 원가절감을 위해 그 표준화 작업이 필요하다.
- 8) 에너지문제와 관련한 연구과제에 대한 특별한 지원과 관심이 요구되며, 관련 심포지움이나 세미나 등의 수시 개최 등 분위기 조성을 통한 문제인식을 확산시키는 것도 필요하다.
- 9) 농업기계 검사 항목 중 연료소비율, 열효율과 같은 항목을 반드시 측정, 표기하도록 하고, 완전연소의 확인과 환경문제에 대한 기계의 신뢰성을 제고하는 의미에서 배기가스 시험성적도 표기할 필요가 있다.
- 10) 농업기계의 에너지효율을 개선할 목적으로 한국농업기계학회, 농업기계화연구소, 한국농기계공업협동조합이 공동으로 참가하여 추진팀을 구성, 운영할 필요가 있다.
- 11) 농업기계의 특성들에 대해 용량별 평균연료소비율, 평균열효율, 용량별 부피, 무게 등을 제시하여 구매시 판단자료로 활용토록 함으로서 자연스럽게 에너지효율이 높은 기계를 개발 보급하도록 유도한다.

참 고 문 헌

1. 강관규, 1997, 대기보전정책과 에너지정책의 조화방안 연구-연료규제제도의 합리적 개선방안- 한국환경정책·평가연구원.
2. 농기계부품의 표준화 현황과 방향, 1996, 농촌진흥청 농업기계화연구소.
3. 농업기계검사연보, 농업기계시험·평가연보, 1991~1997, 국립농업자재검사소, 농촌진흥청 농업기계화연구소.
4. 농업기계연감, 1997, 한국농기계공업협동조합.
5. 농업용 난방기 수요추정 및 확대 방안에 관한 조사 연구, 1991, 서울대 농과대학 농업개발연구소.
6. 농업용 에너지의 효율적 이용과 대체에너지 개발, 1998, 심포지엄발표문, 농업기계화연구소, 한국농어민신문.
7. 민철구, 1994, 신에너지기술의 외부경제성을 고려한 국가 R & D 추진전략연구, 과학기술정책관리연구소.
8. 박원규, 1998, 한국의 농업기계화, 한국농업기계학회.
9. 성명재, 1997, 주요에너지원에 대한 수요분석과 석유류 과세정책의 개선방향, 한국조세연구원.
10. 현병구, 1996, 에너지와 그 자원, 서울대학교 출판부.
11. B. A. Stout, 1984, Energy use and management in agriculture, Breton Publishers.

『에너지 절약형 농업기계화』에 대한 토론

김 상 헌

강원대학교
교수

현재 국제적으로 자원이 고갈되어가고 있는 화석에너지의 의존도를 낮추는 현실속에서 농업생산을 위해 상당량의 에너지를 사용하고 있는 농업기계화의 에너지 절감방법의 연구 및 논의는 시급하며 시기적절한 과제라 생각된다.

에너지 절약형 농업기계화는 상대적으로 낮은 에너지를 투입하여 높은 농업생산성을 달성할 수 있는 방법으로 이루어져야 하며 지속적인 발전을 위해서는 그 과정이 환경 친화적 이어야 할 것이다.

에너지 절약형 농업기계화를 위한 방법으로는 발표자의 내용과 같이 에너지 절감형 농업기계를 개발하여 생산하고 규모와 소용에 맞게 선택함과 동시에 사용과정에서도 에너지를 절약하는 작업 방법을 적용하는 것이 바람직하다 하겠다.

발표자의 방법을 실천하는 과정에서 지속적인 농업(sustainable agriculture)을 이루며 우리나라의 농업현실에 적절한 에너지 절약형 농업기계화를 위해서 농업기계화의 적정기술(appropriate technology)에 관한 정의를 살펴보고 또한 그 적용에 관한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

적정기술(appropriate technology)의 한계에 관해 살펴보면 우선 적정기술은 우리농촌에 적용 가능한 기술이어야 한다. 예를 들면 농산물 건조에서 태양열 에너지가 최상의 가치있는 에너지원이라 할 수 있으나 세계적으로 개발되어 제품화된 태양열에너지 시스템은 때로는 부적절한 기술이 될 수 있다. 즉 가격이 엄청나게 비싸거나 시스템 자체가 너무 복잡하고 중앙 집중적인 운영체계를 갖는 등의 문제점을 들 수 있다. 따라서 개발된 기술의 가치 및 성능(효율)은 현재 사용되고 있는 시스템과 비교한 상대적인 가치를 고려하여 평가되어야 한다. 예

를 들면 농산물 건조에너지를 절약하여 농업경영의 경제적 이윤을 높이기 위해서는 처음부터 복잡하고 비싼 능동적 태양에너지 시스템을 개발할 것이 아니라 순서를 고려하면 먼저 개발과정에서 편의성에 관한 개념을 바꾸어서 반자동 등이 포함된 시스템을 설계하거나, 기존시스템의 에너지 손실을 극소화하는 방법을 고려하며, 다음단계로 단순한 태양열 집열등의 수동적 태양에너지 시스템을 도입하고, 최종적으로 더욱 효율적인 시스템이 필요할때 능동적 태양에너지 시스템을 도입하는 등의 단계가 바람직하다고 할 수 있다.

이러한 농업기계화의 에너지 절약형 적정기술을 개발하고 사용하는 데는 다음과 같은 조건 등을 고려하는 것이 바람직할 것이다.

첫째로는 생태계에 미치지 않는 영향을 고려한 기술

1. 폐기물이 많이 생산되거나 유해한 물질을 배출하지 않는가?
2. 자연상태를 파괴하는 작업이 이루어지는 것이 아닌가?
3. 토양유실이나 토양을 척박하게 하는 작업이 아닌가?
4. 유기물질을 재활용하지 않고 매립 등으로 폐기할 수 밖에 없는 것은 아닌가?

둘째로 에너지의 보존을 고려한 기술

1. 재생이 불가능한 자원은 적게 소모하는 기술 개발
2. 태양, 바람 등의 재생이 가능한 자원을 사용하는 간단하고 저렴하며 오래가는 기술
3. 재활용이 가능한 물질을 사용하는 기술
4. 운송에 소요되는 에너지의 감소하는 기술

셋째로 경제성 및 사회적, 문화적 영향을 고려한 기술

1. 수명을 증대시키고 가격이 낮은 기계설계
2. 개인소유와 공동이용의 목적에 따라 각기 다른 설계기준 이용
2. 경제성있는 작업을 위해서는 기계보다는 질높은 작업자의 기술에 의존하는 설계
3. 작업자의 안전 및 건강을 고려한 설계
4. 주요 작업여건을 작업자의 지역여건에 따라 스스로 결정할 수 있는 방법을 도입

5. 전문가의 전문지식에만 의존하는 것보다 문화적이고 지역적인 배경으로 이해되고 사용되며 유지되는 기술

에너지를 절약형 농업기계화는 첫째, 현재 인류가 사용가능한 에너지를 효율적으로 사용하는 방법과 둘째, 같은 에너지를 가지고 더 많은 일을 할 수 있는 방법의 두 가지로 나눌 수 있으며 본 심포지움의 발표자의 내용은 후자에 속한다고 할 수 있다.

본 토론자는 전술한 적정기술을 고려한 궁극적인 에너지 절약방안을 지향하는 농업기계화가 지속적인 에너지 절약형 농업기계화를 위하여 또한 필요할 것으로 판단된다.

환경 친화적인 방법의 농업을 경영하기 위한 노력은 전 세계적인 경향이며 따라서 농업기계화도 전술된 생태계를 고려한 기술 개발이 필요하다. 즉 생산성 향상에 크게 기여한 비닐 등은 그 회수에 어려움이 있어 환경을 오염시키고 있는 것이 현실이며 따라서 비닐을 사용한 기술을 개발할 때는 사용 후의 폐비닐의 회수 등을 고려하여 개발이 되어야 환경 친화적이며 장기적으로 회수 등에 따른 에너지 비용을 절감하는 방법이 될 수 있을 것이다.

즉 작물을 파종 재배하고 수확하는 과정에서 농업기계화는 단순히 필요한 기능을 대신하는 기계작업만을 위해 설계할 것이 아니라 작물의 재배 환경을 개선하며 지력을 보강할 수 있는 개념의 기계 개발이 이루어져야 하며 이러한 경우에 기계사용에 따른 문제점을 해결하기 위한 기계를 다시 개발하는 일을 막을 수 있다. 이러한 개발의 대표적인 예가 최소 경운방법이 있으며 또한 직파법을 사용할 때에 이앙작업기의 필요성이 없어지고, 콤바인에 의한 수확작업시에 바인더의 필요성을 줄일 수 있음을 들 수 있다.

자연의 청정에너지를 사용하는 기술은 지구자원의 한계를 인식하면서 절대적으로 필요하며 해결해야 할 당면 과제로 인식되고 있다. 1970년대에 적정기술에 관한 개념을 발전시켜서(LECKIE, 1981) 현재 세계적으로 풍력에 의한 발전시스템 및 수력과 태양열을 이용하는 기술과 생에너지(bioenergy)의 생산에 적용될 적정기술을 개발하고 있다. 농업기계화의 에너지 절감을 위해서는 재생 가능한 에너지를 사용하는 기술을 적극적으로 개발해야 할 것이다. 국내 외의 농촌에서는 전통적으로 재생에너지를 이용한 농업을 영위해 왔다. 우리나라 농촌에서는

태양열을 이용한 건조와 자연의 공기를 이용한 곡물건조 저장방법, 수력을 이용한 방아 등의 수 많은 방법이 사용되고 있으며 서구에서도 풍력을 이용한 양수기는 농가에서 흔하게 볼 수 있는 장치이다. 이러한 청정에너지를 사용하는 방법이 세계적으로 개량 발전되고 있으며 미국에서는 대단위 풍력 발전시설을 조성하고 있고 여러 가지 형태로 태양열 및 지열을 이용한 온실 및 주택난방기술이 개발되고 있다. 유럽에서도 풍력에너지의 활용에 관한 연구 및 실용화에 앞서가고 있으며 특히 폐기된 유기물질 및 농산 부산물 등을 처리하여 재활용을 하는 기술을 계속 개발하고 있다. 그러나 최근에는 첨단 농업의 개념으로 식물공장에서 작물을 생산하는 단계에 와 있으므로 인해 그 중요성이 너무 강조되어 우리나라 농민의 상당수는 논밭을 비닐 및 글래스 하우스로 하여 고소득 작물을 생산하는 것이 바람직한 것으로 인식되고 있으며 실제 운영시 새로이 기술을 개발하여 사용하여야 하는 재생 청정에너지 보다는 곧 고갈될 화석연료에 의존하는 현실이다. 따라서 재생가능한 에너지를 사용하는 농업기계화와 지속적인 농업을 위한 연구 개발을 해야 하며 이를 독려할 기구의 필요성이 대두된다.

또한 우리나라의 농촌 현실에 적합한 적정기술에 의한 농업기계화가 이루어져야 하나 첨단화와 편의성에 농업경영자는 너무 많은 경제적인 부담을 안고 있다. 실제적으로 트랙터 작업이 어려운 경사지 및 작은 경지에는 축력등을 이용하는 것이 적정한 기술이며 완전 자동화되고 첨단장비가 부착되어 이용비용이 높은 방제기 보다는 기본적으로 인체에 해를 미치지 않는 기능을 갖고 약액 손실을 최소화하는 반자동의 방제기 개발이 바람직할 것이다. 농업 경영자가 농업기계를 사용할 때는 사용자가 작업환경에 적합하게 수정 보완하여 사용하는 경우가 많으며 이러한 방법이 농업기계의 효율적인 활용에 도움을 줄 수 있으므로 농업기계 개발자 및 생산자는 사용자의 편의에 따라 보완 작업이 가능하도록 설계 생산하는 것이 바람직하며 경비를 절감할 수 있는 방법이 될 것이다.

참 고 문 헌

1. Leckie, Jim. etc, 1981, More Other Homes and Garbage, Sierra club books, San Francisco.
2. Nelson, Lynn. etc, 1976, Criteria for an Appropriate Technology, Office of Appropriate Technology, Sacramento, California.

『에너지 절약형 농업기계화』에 대한 토론

조 상 민

농어촌진흥공사 농업시설사업처
첨단농업시설부장

발표자께서 발표한 내용은 농업용 에너지 소비실태를 개관하고 농업기계가 어느 정도 에너지 절약형으로 만들어 졌는지 분석하여 에너지 절약 가능성과 그 방안을 또한 대체에너지 사용과 농업기계의 에너지 효율 향상을 위한 대책을 제시하였다.

농업생산성과 효율성을 향상시키기 위하여는 기계화 작업은 필수적이다. 기계화 작업이 증가하면 할 수록 에너지 사용량은 많아질 것이다.

우리 나라 경우 70년대 이후 공업화·산업화가 급속히 진전되면서 이농화에 따른 농촌노동력의 감소, 고령화가 되면서 농업기계화의 필요성이 대두되었다. 90년 이후 UR협상과 WTO체제에 대응하기 위하여 정부에서는 농업개방화에 대한 우리 농업의 경쟁력 강화를 위하여 농업구조 정책을 시행하게 되었으며 그 일환으로 90년 이후 7,438억원의 농기계 구입자금을 보조·용자 지원하는 등 농기계 보급을 추진하였다. <표 1>에서와 같이 농업기계화는 경운·승용용 트랙터와 관리기 및 농업설비용 난방기의 보급이 현저하게 증가되고 있으며 면세유류 년평균 증가율을 평균 19%로서 농업기계 보유 증가율보다 훨씬 상회하는 것으로 나타나고 있다.

이러한 현상은 <표 2>에서와 같이 농업기계의 이용을 증가보다는 트랙터, 관리기, 농업용 난방기 등 에너지 소비가 많은 기계류의 보급이 증가되면서 나타나는 현상으로 보인다.

<표 1> 주요 농기계 보유현황 및 면세유류 공급실적

(단위 : 천대)

구 분		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
동력경운기		751	768	768	799	836	868	910
농용트랙터		41	53	64	76	88	100	113
동력이앙기		167	167	185	211	229	248	271
관 리 기		50	78	106	162	201	239	272
수 확 기 계		106	125	134	143	147	150	153
탈 곡 기		266	244	222	160	138	121	109
병충해방제기		695	718	722	718	716	712	716
농용난방기		-	-	13	23	33	42	50
과일선별기		-	-	2	5	9	13	20
육묘과종기		-	-	34	44	47	49	52
면세유류	공급량 (1,000kℓ)	649	737	988	1,148	1,245	1,468	1,837
	금액 (억원)	1,122	1,319	1,820	2,339	2,337	2,914	3,697

* 1997. 농업기계연감.

<표 2> 주요작업기계의 연간 작업일수

(단위 : 일)

연도별 \ 항목	동력경운기	농용트랙터	동력이앙기	바인더	콤바인
1991	55	36	8	6	15
1992	54	43	8	5	17
1993	55	41	7	5	13
1994	56	43	7	5	14
1995	54	45	6	5	13
1996	54	48	6	4	13

* 1997. 농업기계연감.

발표문에서 에너지 소비량 중 일반농기계용이 47%, 농업설비용이 39%를 차지하고 있다고 발표되었다. 그러나 전체 340만대의 농업기계류 중 8%를 차지하고 있는 농업설비용 기계류가 전체에너지 소비량 중 39%를 차지하고 있다면 에너지 절감목표를 다시 설정할 필요가 있다고 본다.

효과적인 에너지 절감 방법에 대하여 몇 가지 제안을 한다.

첫째, 에너지 절감에 대한 原論보다는 各論을 제시

에너지 절감 노력이 효과적으로 추진되기 위하여는 농업기계의 최종사용자인 농민의 호응을 얻어야 하며 호응을 얻기 위해서는 농민이 피부로 느낄 수 있는 절감대책이 제시되어야 효과를 얻을 수 있을 것이다. 일반 농업기계류의 효율 향상으로 에너지 사용량을 줄이는 노력이나 대체에너지 개발 가능성을 거론하는 것도 필요하지만 실용화 측면에서, 작은 부분부터 연구·개발이 추진되고 이 결과가 제시되어 농민에게 도움을 줄 수 있어야 할 것이다.

둘째, 에너지 절약을 위한 사용방법 홍보 필요

생산성 향상을 위한 기계화는 계속될 것이고 에너지 사용량 증가는 필연적일 것이다. 제작자 측면에서 기계의 효율을 높이고 에너지 사용량을 줄이는 노력도 계속되어야 하지만 사용자의 농업기계 관리나 적절하지 못한 사용은 에너지 사용량에 현격한 차이가 있으므로 지나친 에너지 사용을 줄이는 것도 중요하다고 판단된다. 따라서 농업기계류 보급시 적절한 사용방법도 같이 제시하고 지속적인 교육·홍보가 필요하다고 생각된다.

셋째, 제작사는 정확한 시험결과를 제시

IMF 상황이후 특히 시설원예 부분에서 대체에너지 또는 에너지 절감 방안에 대하여 많은 방법이 제시되고 홍보되고 있다. 그러나 현장 적용시험 결과가 아

닌 가능성만을 홍보함으로써 농민을 현혹시키고 있는 사례가 종종 발생하고 있다.

대부분의 기자재가 그렇듯이 제작사의 영세성으로 기자재의 충분한 시험·분석 등의 검토 과정없이 영업에만 몰두하고 있다. 이제는 제작 ⇒ 시험·분석 ⇒ 보급이라는 절차를 거쳐 농업기자재가 보급되어야 할 것이다.

이제 우리 농업기자재 생산업체는 국내 뿐아니라 국외로 까지 발전할 수 있는 기반이 구축되었다. 세계적인 브랜드화를 위하여 우리 농민을 보호하는 차원에서 눈앞에 있는 이익보다 좀 더 멀리 볼 수 있는 의식 전환이 필요하겠고 정부에서도 정책이나 자금 지원 등의 필요한 조치가 지속적으로 지원되어야 할 것이다.