

米穀의 散物流通을 위한 모델시스템 研究⁺

Study on the Model Systems for the Rice Post-Harvest Bulk System

張 東 日

D. I. Chang

Summary

The objectives of this study were to analyze and develop the model systems of rice post-harvest systems from drying to processing, and to develop a bulk system among them which requires minimum system cost and less operating time.

The significance of this study was the development of a computer program (PPSARR). The PPSARR makes it possible to evaluate quantitatively the performance and economics of the rice post-harvest systems.

The results show that the rice post-harvest bulk system requires less time and cost such as 37-60% and 46-59% of those of the sack system, respectively. Also, the former requires less manpower than the latter.

For not more than 1,800 ton of rough rice production, the bulk system which is "drying & storage by IBDS-transport-milling" is recommended, and for more than 1,800 ton, the one which is "drying & storage by IBDS - transport - storing at flat storage improved - transport - processing by RPC" is recommended.

1. 緒 論

농가호당 평균미작소득이 1975년 이래 꾸준히 농업소득의 50~60% 수준을 유지함은 쌀이 그동안 농가의 가장 안정적인 주소득원으로써 농가경제를 지탱해 주는 지주역할을 감당해 왔음을 증명한다 하겠다. 이러한 미국의 생산량은 통일계 신품종의 도입으로 1975년부터 증가하기 시작하여 1985년에는 563만톤으로까지 증가하였다.

그러나 국민경제의 급속한 발전에 따른 농촌의 노동력 감소가 앞으로 加速化될 것으로 전망되고 있음을 볼 때 미국의 수확에는 省力의인 콤바인 수확이 점차 일반화 될 것이다. 이와같은 미국의 수확

방법의 변화로 인하여, 수확후의 관리체계에 변화가 진행되고 있으며, 특히 벼 건조상의 품질저하와 손실을 경험하고 있다. 또한 농가의 미곡 저장형태가 자가저장에서 도정공장 위탁저장형태로 전환되고, 도정공장은 건조, 저장, 가공등 미곡의 산지유통의 중심적 역할을 담당하기에 이르렀다. 그러므로 그간의 연구결과들은^{1),2),25),30)} 미국의 產地流通改善은 도정공장을 중심으로 이루어져야함을 지적하며, 도정공장의 영세성으로 인한 미곡의 변질 및 손실을 방지하며 수확후의 작업공정을 일관화할 수 있는 米穀綜合處理場(RPC)의 개발의 필요성을 제기하였다. 그러나 이를 위해서는 포장유통시스템의 단점을 개선하며, 작업의 機械化를 용이하게 할 수

⁺本 연구는 1986년도 KAIST의 연구비지원에 의하여 수행된 것임.

*忠南大學校 農科大學 農業機械工學科

있는 散物流通시스템의 導入이 先行되어야 하겠다.

그간의 미곡의 수확후의 작업기술연구는 수확에서 가공, 판매에 이르는 시스템중 일부의 소규모 단편적 기술개발에 그쳤으며, 산물유통시스템의 필요성과 장점을 강조하기는 했으나 연구결과를 종합적, 計量的으로 제시하기에는 미흡했었다.

그러므로 미곡의 건조, 저장, 운송, 조작등에 의해 발생하는 손실을 최소화하여 식량을 간접증산할 수 있으며, 이들 작업체계를 省力化 또는 機械化할 수 있는 散物流通시스템을 우리의 현실에 알맞게 개발함은 時宜適切한 연구로서 중요하고도 필요하다고 하겠다.

본 연구는 다음과 같은 目的을 갖고 수행되었다.

1) 농가에서 벼를 건조 및 저장하는 단계에서부터 조작, 운반, 저장, 가공의 단계까지 필요한 작업기술 및 시스템과 경제성을 분석하고 包藏流通과 散物流通을 위한 모델시스템을 設定한다.

2) 數學的 모델과 컴퓨터 프로그램을 개발하여 모델시스템의 所要時間, 所要에너지, 所要費用을 計量的으로 比較分析하여 適正散物流通시스템을 개발한다.

3) 適正散物流通시스템의 實用化 촉진방안을 고찰한다.

2. 流通시스템 分析

가. 농가의 미곡관리와 산지유통

경제성장에 따른 농업인구 및 노동력의 감소는 급격하고 심각한 지경에 이르렀다. 이러한 농가인구의 감소와 농업노동자의 노령화, 부녀화 현상이 농촌노동력의 부족과 함께 농업노동력의 부족과 함께 농업노동력의 질적저하를 야기시켰다. 특히 최근에

는 移秧期和 收穫期에 노동력 부족현상이 매우 심각하게 나타나고 있다.

벼의 수확방법은 벼 예취후의 미곡처리과정에 크게 영향을 주기 때문에 미곡의 유통시스템 분석에서 중요한 요인이 된다. 表1에 의하면 전국적으로 볼 때 콤바인 수확면적이 콤바인 작업가능면적 1,143천ha의 10% 내외에 해당하는 118천ha - 131천ha 수준으로 추정되고 있다.

벼 수확기계의 보급대수는 表2와 같이 매년 늘어나고 있다.

콤바인 수확작업은 낫 또는 바인더 예취에 비하여 노동력을 크게 절감할 수 있으며, 수확비용이 10a 당 약 3,500원이 절감될 수 있다.¹⁵⁾

특히 국민경제의 급속한 발전에 따른 농촌의 노동력 감소가 앞으로 가속화될 것으로 전망되고 있음을 볼 때 생력적인 콤바인 수확이 점차 일반화 될 것이다. 이와같이 콤바인 수확이 일반화 된다고 볼 때, 콤바인에 의해 탈곡된 물벼의 건조, 저장, 도정까지의 작업과정을 일괄처리할 수 있는 유통시스템의 확립이 요청되고 있다.

수확된 미곡의 저장과 도정을 위해서는 乾燥過程을 거쳐야 한다.

농협중앙회¹⁵⁾의 조사연구결과에 의하면 1984년산 벼의 건조방법으로 생탈곡건조방법에 의해 수확한 농가가 45.7%에 달했음을 알 수 있다.

또한 생탈곡건조방법에 의해 벼를 수확한 농가의 건조방법별 분포를 보면 태양열을 이용해 자연 건조한 농가가 84.7%로 주류를 이루고 화력건조한 농가는 15.3%에 불과하였다. 表3에 의하면 우리나라 화력건조기의 보급대수는 1985년말 현재 5,437대에 그치고 있으며, 건조와 저장기능을 동시에 수행하는 개량곳간도 1985년말 현재 2만여동에 그치

Table 1. Estimation of combine harvesting area (1984)

Combine	Unit: 1000 ha		
	Estimated combine harvesting area (A)	Combine harvestable area (B)	Percent of combine harvest (A/B, %)
I (15.6 ha/unit)	131	1,143	11.5
II (14.0 ha/unit)	118	1,143	10.3
III (14.8 ha/unit)	125	1,143	10.9

NACF (1986)¹⁵⁾

*III is the average of I and II.

Table 2. Ownership of major harvesting machinery

Year	Binder		Combine	
	Total unit	Farm household per unit	Total unit	Farm household per unit
1980	13,652	157.9	1,211	1,779.5
1981	15,580	130.3	2,130	953.1
1982	17,294	115.4	3,509	568.8
1983	19,816	100.9	5,689	351.6
1984	22,635	87.2	8,417	234.5
1985	25,538	75.4	11,667	165.1

Statistical Yearbook of AFF (1986)¹²⁾

Table 3. Ownership of grain dryer

Year	Batch dryer	Countinuous dryer	Farm household per dryer
1980	630	986	1,333.6
1981	746	1,397	947.1
1982	724	1,522	888.6
1983	777	2,039	710.4
1984	1,025	2,656	536.1
1985	1,911	3,526	354.2

Statistical yearbook of AFF (1986)¹²⁾

고 있다.

우리나라는 1960년대말까지만 해도 농가의 미곡 저장은 거의 전부가 自家貯藏이었는데, 1970년대 이후 벼 수확작업의 기계화, 도정업자의 유통기능 강화에 영향을 받아 점차 도정공장저장이 크게 늘어나고 있으며, 농가의 정부수매분을 제외한 미곡의 저장장소는 지역에 따라 다소 차이는 있지만, 도정 공장에 위탁저장하는 것이 보편화 되고 있다(表4).

미곡의 유통경로별 유통물량의 구성비를 보면 1984년의 경우 상인경로의 비중이 69.2%로 대종을 이루고 있으며, 정부경로는 29.3%, 농협경로는 1.5

Table 4. Ratio of storage by storing place at farm level

Place County	Warehouse	Farm storage		Warehouse of milling plant	Total
		Other	Subtotal		
Chulwon	10.6	—	10.6	89.4	100.0
Pyungtaek	30.2	—	30.2	69.8	100.0
Chungwon	92.6	7.4	100.0	—	100.0
Nonsahn	43.5	—	43.5	56.5	100.0
Dangjin	3.1	—	3.1	96.9	100.0
Kimjac	49.1	—	49.1	50.9	100.0
Kohchang	60.2	1.4	61.6	38.4	100.0
Naju	97.0	3.0	100.0	—	100.0
Sahngju	83.7	—	83.7	16.3	100.0
Woolju	90.0	5.0	95.0	5.0	100.0
Average	56.0	1.7	57.7	42.3	100.0

* Government purchasing portion was subtracted.
NACF (1986)¹⁵⁾

%에 불과하다.¹⁰⁾

나. 도정공장의 현황과 유통기능

賃搗精工場은 그 소유형태에 따라 개인소유의 賃搗精工場과 농협소유의 農協搗精工場으로 區分된다. 임도정공장의 허가기준은 各道別로 약간의 차이가 있으나 대부분이 自然部落 1個里洞에 1個所 설치를 원칙으로 하고 있으며, 다만 1개里洞의 농가호수가 150호이상이고 연간가공량이 100톤을 초과할 경우에는 1개소의 증설이 가능하다. 그러나 이미 허가된 공장과의 거리는 1.5~2km 이상으로 규정하고 있다.¹¹⁾

1984년말 현재 전국의 도정공장수는 表5와 같이 19,185개이며, 賃搗精工場이 18,711개이다. 도정공장의 연간미곡가공능력은 미곡생산량의 약5배에 달하는 34,635천톤에 이르고 있다.

이상에서 살펴본 바와 같이 우리나라의 도정공장은 개별적으로는 零細性を 면치 못하면서 전체적으로 볼때에는 施設過剩狀態에 있기 때문에 연평균稼動率이 매우 낮은 수준에 있다.

表6에 의하면 임도정공장의 공장당 평균총인력

은 4.4인이며, 이중 自家勞動力은 1.3人 雇傭勞動力은 3.1人이었다. 이를 종사기간별로 보면 년중중사인력이 2.0인이며, 계절중사인력이 2.4인으로 나타났다.

姜등¹²⁾에 의하면 우리나라의 임도정공장의 동력은 대부분(80%)이 전동기이며, 평균 16.9hp 정도이다. 또한 시간당 실추가공능력은 193-1,209kg으로서 공장의 규모에 따라 다양하게 나타났으며, 평균 586.1kg/h로 우리나라 소규모 공장에서 일반적으로 채택하고 있는 단좌식의 정미기 가공능력 200-800kg/h와 비교하여 중간규모 이상으로 판단할 수 있다. 또한 벼 가공작업일수를 보면 연 평균 251.1日, 월 평균 20.9日이었다.

도정공장은 도정시설이외에도 운반시설 및 보관시설을 필요로 한다. 조사도정공장의 운반시설 보유현황을 보면 表7과 같다.

農協中央會¹³⁾에 의하면 도정공장중 86.1%의 도정공장이 산지미곡시장에 직, 간접적으로 개입하는 것으로 나타났다.

조곡수탁보관상황을 보면 表8과 같이 전체의 64.1

Table 5. Operating capacity and rate of milling plant (Dec. 1984)

Item	Mill for government grain		Private custom mill	
	Total	Average	Total	Average
No. of mills	474		18,711	
Annual processing capacity (1000M/T)	4,950	10.4	29,685	1.6
Annual amount processed (1000M/T)	1,504	3.2	4,340	0.2
Daily ave. amount of processed (M/T)	5,013	10.6	14,466	0.8
Operating rate (%)	30.4	-	14.6	-

NACF (1986)¹⁵⁾

Table 6. Average number of labor of the surveyed milling plants

Region	Self-employed labor		Employed labor		Total	
	Permanent	Temporary	Permanent	Temporary	Permanent	Temporary
Rice dealing region	1.2	0.2	0.8	3.7	2.0	3.9
Rough rice dealing region	1.2	0.1	0.7	0.9	1.9	1.0
Average	1.2	0.1	0.8	2.3	2.0	2.4

NACF (1986)¹⁵⁾

Table 7. The transporting and storing facilities of the surveyed milling plants

Unit: unit/plant

Region	Transporting equipment			Storage facility	
	Cart	Power tiller	Truck	Home warehouse	Renting warehouse
Rice dealing region	—	1.0	0.3	0.7	0.1
Rough rice dealing region		0.8	0.3	0.2	—
Average	—	0.9	0.3	0.5	—

NACF (1986)¹⁵⁾

Table 8. Quantities of rough rice stored at the surveyed milling plants

Unit: sack (60 kg)

Region	No. of milling plant		Average rough rice stored/ plant*		
	Surveyed plant	Plant storing rough rice	Warehouse	Open storage	Total
Rice dealing region	81	65	6,890	4,732	11,622
Rough rice dealing region	34	10	3,290	—	3,290
Average	115	75	5,090	2,366	7,456

NACF (1986)¹⁵⁾

* Average for milling plants storing rough rice

%가 농가로부터 조곡을 受託받아 보관하고 있는 것으로 나타났다.

이상에서 분석한 것과 같이 산지미곡유통에 있어서 도정업자는 중추적인 역할을 담당하고 있으며, 그 기능과 역할은 앞으로 더욱 증대될 전망이다. 따라서 앞으로 산지미곡유통은 도정공장을 중심으로 한 개선방향이 모색되어야 하리라 본다.^{15), 22), 30)}

장기적으로 불매 米穀의 產地流通은 도정공장의 大型化 즉, 도정공장에서 벼의 수확후 작업공정인 건조→저장→정선→도정→포장까지의 전작업과정을 一貫處理할 수 있는 방향으로 발전되어야 할 것이며, 우리나라의 실정에 맞는 米穀綜合處理場의 건설에 관한 검토와 연구가 요청된다.^{22), 30)}

3. 모델시스템 設定

현행 미곡의 유통시스템을 분석한 결과와 가능한

산물유통시스템의 설정에 의하여 미곡의 유통시스템을 表 9, 10, 11, 12와 같이 모형화하였다. 모델 시스템은 포장유통시스템과 산물유통시스템으로 나누어지며, 포장유통시스템에는 도정공장을 중심으로 한 MODEL S-1, 산물유통시스템에는 농가단위 중심의 MODEL B-1, 도정공장 중심의 MODEL B-2, RPC 중심의 MODEL B-3로써 모두 4개의 시스템을 모형화하였다. 모델의 기본구상은 MODEL S-1 과 B-1은 소규모 시스템을, MODEL B-2는 중규모, MODEL B-3는 RPC를 중심한 대규모 시스템을 건조단계에서 도정단계까지 대표할 수 있도록 설정하였다.

가. MODEL- S-1

이것은 포장유통시스템을 모형화한 것이며, 유통의 흐름은 천일건조→포장 및 운송→저장→조작 및 해포→도정으로써, 현행 유통시스템 중에서 가장 보편적인 부락단위의 소규모 유통시스템이 되겠다. 운

Table 9. MODEL S-1 (Customary sack storage system)

System	Item	Place	Operation and method	Machinery and equipment
<div style="border: 1px dashed black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Cutting Binding Predrying Threshing</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px; text-align: center;">Sun-drying</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px; text-align: center;">Packing & Transporting</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px; text-align: center;">Storage</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px; text-align: center;">Handling & Unpacking</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px; text-align: center;">Milling</div> <div style="border: 1px dashed black; padding: 5px; margin-top: 5px; text-align: center;">Marketing</div>		Field		
		Field	Drying - manpower	Mat (3 x 7m) Vinyl (3 x 7m)
		Field	Weighing & packing Loading - manpower Transport - power tiller Unloading & warehousing - manpower	PP bag (54 kg) Weighing Lever type balance (100 kg) Power tiller - Diesel 8 hp capacity 18 sacks
		Milling plant	Storage management - manpower	Storage facility flat storage - 99.2m ² (30 Pyung)
		Milling plant	Unloading - manpower Weighing - manpower Unpacking - manpower	Weighing Lever type balance (2 ton)
		Milling plant	Milling - milling system	Milling system capacity - 600 kg/h power - 15.4 kW

반은 농촌의 主動力源인 경운기에 의하는 것으로 설정하였으며, 농업기계연감(1986)에 의하여 보급기종 중 약 53%를 차지하는 디젤 8hp를 선정하였다. 저장시설을 조사연구결과¹¹⁾에 의하여 평창고를 선정하였으며, 도정시설의 규모는 임도정공장의 전국평균규모인 도정율 600kg/h와 동력 15.4kW를 선정하였다(表9).

나. MODEL B-1

이것은 전국농가에 21,987(1985년말)동이나 보급되어 있는 개량곳간(KAIST, IBDS)을 중심으로 개발될 수 있는 부락단위의 소규모 산물화시스템을 나타낸다. 유통의 흐름은 건조 및 저장→운송→도정

으로 모델중에서 가장 단순한 특징이 있다 하겠다.

개량곳간은 규모가 3~5 ton(60-100가마) 정도이나 표준화되어 보급되고 있는 3톤규모를 선정하였으며, 벼의 입출고는 이동식오거(Portable anger)를 이용하도록 설정하였다. 이것의 용량은 10-30 ton/h 정도인데 소규모이고 우리의 형편에 쉽게 적용될 수 있는 10ton/h 규모를 선정하였다. 자료는 Behlen Mfg. Co.¹²⁾과 한국물가협회¹³⁾를 이용하여 준비하였다. 운송과 도정시설은 MODEL S-1과 같다(表10).

다. MODEL B-2

이것은 미국산지유통의 중심역할을 하는 임도정

Table 10. MODEL B-1 (Bulk storage system for farm level)

Item System	Place	Operation and method	Machinery and equipment
Harvesting & Wet threshing	field		
Drying & Storage	Farm house	Loading - portable auger	Portable auger capacity - 10 ton/h power - 0.75 kW length - 7 m
		Drying & storage - KAIST IBDS	
		Unloading - portable auger	KAIST IBDS capacity - 3 ton fan - 0.5 hp
Transporting		Transport - power tiller	Power tiller - Diesel 8 hp capacity - 1 ton
		Unloading - gravity, manpower	
Milling	Milling plant	Milling - milling system	Milling system capacity - 600 kg/h power - 15.4 kW
Marketing			

공장을 위주로 하는 큰 부락단위의 중규모시스템을 모형화한 것으로서 유통흐름은 운송 및 판매→화력 건조→조작→저장→조작→도정과 같다. 벼가 포장에서 생탈곡되면 트럭에 의하여 도정공장으로 직접 운반되고, 고수분의 벼는 즉각 화력순환식 건조기에 의하여 건조되어 개량평창고에 저장한 후 필요에 의하여 출고한 후 도정하는 시스템이다. 모델의 특징으로 시스템의 기계화와 현대화를 들 수 있겠다. 도정규모는 姜등¹⁾에 의하여 입도정공장의 최대규모인 1.2ton/h로 선정하였으며, 운반은 강등²⁾, 농협중앙회¹⁵⁾에 의하여 도정공장의 규모에 알맞게 2.5ton트럭을 선정하였다. 건조기는 농수산부^{10),12)}와 한국농업기계학회²⁷⁾에 의하여 정부보급기종의 주종을 이루고 있는 36식 규모를 선정하였다. 改良平倉庫란 기존의 양곡보관평창고에 산물화구조물과 평창고 내부를 분획하여 산물형의 소형 간이 저장시설을 건설한 평창고를 말하여 규모는 30평, 50평, 100 평형이 있

는데, 농촌에 보급되어 있는 농협창고가 100평 규모로서 이의 일부를 미곡저장시설로 개조한다면 50평 규모가 적절할 것으로 판단되어 50평 규모를 선정하였다. 따라서 미국의 입출고 조작은 이 개량평창고에 설치된 조작시설(Handling equipment)을 이용하여 되는데, 斗山機械¹⁷⁾의 개량평창고 설계도면을 이용하여 25ton/h를 조작용량으로 선정하였다(11).

라. MODEL B-3

이것은 米穀綜合處理場(RPC)을 중심으로한 대규모 郡單位 유통시스템을 모형화한 것으로, 한국 농촌경제연구원²⁰⁾과 농협중앙회¹⁵⁾의 건의내용을 반영한 시스템이다. 유통흐름은 건조 및 저장→운송 및 판매→저장→운송→도정과 같다. 이 모델의 특징은 건조 및 저장은 개량공간을 이용하고 수집 및 저장은 개량평창고 시설을 이용하며 운송은 경운기를 이용함으로써 소규모 미곡유통을 저장단계까지 가능케하였으며, 저장시설에 수집된 벼는 필요에 따라

Table 11. MODEL B-2 (Bulk storage system for milling plant)

Item System	Place	Operating and method	Machinery and equipment
Harvesting & Wet threshing	Field		
Transporting & Selling		Loading – Portable auger Transport – Truck Weighing & unloading – Gravity, manpower	Portable auger capacity – 10 ton/h power -- .75 kW length – 7 m Truck – Diesel 105 hp capacity – 2.5 ton
Heated air drying	Milling plant	Drying – Continuous flow dryer	Continuous flow dryer capacity – 3600 kg power – 2.2 kW (220 V)
Handling	Milling plant	Loading – Grain handling equipment	Bucket elevator Chain conveyer capacity – 25 ton/h power – 2.2 kW
Storage	Milling plant	Storage – Improved flat Storage	Improved flat storage size – 165.3 m ² (50 pyung) capacity – 250 ton
Handling	Milling plant	Unloading – Grain handling equipment	Bucket elevator Belt conveyer capacity - 25 ton/h power – 2.2 kW Aeration system 3 axial flow fan 2.2 kW motor
Milling	Milling plant	Milling -- Milling system	Milling system capacity – 1.2 ton/h power – 30.6 kW
Marketing			

RPC로 이동되어 가공된 후 판매된다는 것이다. 그러므로 RPC는 벼의 수집 또는 물량확보에 따른 문제점을 해소하고, 가동율을 증대시켜 시설의 효율을 최대화 시킬 수 있는 장점이 있으며 농가에서는 장기저장에 따른 손실과 부담을 덜 수 있게 된다. R

PC의 가공율은 2-10ton/h의 규모가 있을 수 있겠으나, 우리나라 郡단위의 조곡생산규모와 연간가동율을 고려하여 4 ton/h가 적절한 규모로 판단되어 모델의 RPC 규모로 선정하였으며,^{22),26)} 박등¹⁸⁾의 RPC설계자료를 이용하였다(表 12).

Table 12. MODEL B-3 (Bulk storage system for RPC)

Item System	Place	Operation and method	Machinery and equipment
Harvesting & Wet threshing	Field		
Drying & Storage	Farm house	Loading & Unloading Drying & Storage - Portable auger - KAIST IBDS	Portable auger capacity - 10 ton/h power - 0.75 kW length - 7 m KAIST IBDS capacity - 3 ton fan - 0.5 hp
Transporting & Selling		Transport Weighing & Warehousing - Power tiller - Grain handling equipment	Power tiller-Diesel 8 hp capacity - 1 ton Bucket elevator Chain conveyer capacity - 25 ton/h power - 2.2 kW
Storage	Storage warehouse	Storing - Improved flat storage	Improved flat storage size - 165.3 m ² (50 pyung) capacity - 250 ton
Transporting		Loading & Weighing & Unloading Transport - Grain handling equipment - Truck	Bucket elevator Belt conveyer capacity - 25 ton/h power - 2.2 kW Aeration system 3 axial flow fan 2.2 kW motor Truck - Diesel 115 hp capacity - 4.5 ton
Milling	RPC	Milling - RPC system	RPC system capacity - 4 ton/h power - 140.7 kW
Marketing			

4. 數學的 모델과 컴퓨터 프로그램

설정된 모델시스템의 기술성과 경제성을 비교분석하여 適正散物流通시스템을 개발하기 위하여 4가지

모델에 대하여 소요시간, 소요에너지, 소요비용을 計量的으로 분석해야 함은 필연적이며, 이를 위하여 각 모델시스템에 알맞는 수학적 모델을 개발하고 이것을 이용하여 컴퓨터 프로그램을 개발하였다.

가. 모델을 위한 가정

- 1) 벼의 수확은 수분함량 22% (w.b.)에서 실시하고, 포장에서 예건한 후의 수분함량은 18% (w.b.) 건조후의 최종 수분함량은 15% (w.b.)가 되는 것으로 한다(국립농산물검사소³⁾, 농협중앙회¹⁴⁾).
- 2) 벼는 일반미를 대상으로 하며, 가마당 무게는 54kg이라 한다(국립농산물검사소³⁾, 농협중앙회¹⁴⁾).
- 3) 벼의 가격은 85년산 2등급 기준 정부수매가 W 29,450/(54kg)을 기준으로 한다(농수산부¹²⁾).
- 4) 미곡유통시스템의 노동시간은 하루 10시간으로 한다(농협중앙회¹⁵⁾, 한국농촌경제연구원¹⁶⁾).
- 5) 농업노동력 成人 1人的 동력은 0.15kW로 한다(張 등^{23), 24)}).
- 6) 농촌노임은 농협연감¹⁴⁾에 의하여 W969.5/h로 한다.
- 7) 농업기계의 가격은 농수산부 대농민 가격(1986년)¹⁰⁾으로 선정한다.
- 8) 휘발유, 등유, 경유(저유황) 가격은 농수산부 대농민 면세유 공급가격(1986년)¹⁰⁾을 적용하고, 도정공장 소유의 트랙에는 일반 경유가격을 적용한다.
- 9) 전기요율은 도정시설단 산업용요율을 적용하고, 나머지는 농사용요율을 적용한다.²²⁾
- 10) 감가상각비는 10%의 폐기가와 적선법을 이용하여 계산하고, 고정비는 구입가에 대한 백분율을 이용하여 계산한다.
- 11) 도정공장의 조작요율은 정부양곡조작요율¹¹⁾에 기준한다.
- 12) 도정수율은 72%로 한다.^{12), 13), 16)}
- 13) 유통시스템별 감모량은 농가통거리 1.72%, 천일건조 0.1%, 농가창고 2.35%, 임도정공장 2.65%, 개량공간 1.2%, 개량평창고 0.5%로 한다.^{15), 17), 22), 20)}

나. 수학적 모델

- 1) 수학적 모델은 모델시스템의 공정별로 소요시간(L), 소요기계력(kW.h), 소요인력(man.h), 총소요에너지(kw.h), 소요비용(W)을 계산하도록 개발되었다.
- 2) 모델시스템의 전체값은 각 단계별로 측정된 값을 합산하여 구할 수 있도록 하였다.
- 3) 시스템변수는 벼 수확량이며, 시스템의 조건에 따라 시뮬레이션(Simulation)할 수 있도록 설계하였다.
- 4) 자세한 수학적 모델의 내용은 張²³⁾과 한국과학

기술원²⁶⁾을 인용하였다.

다. 컴퓨터 프로그램

각 모델시스템의 건조에서 도정까지 단계별로 수확량에 따른 소요시간, 소요기계력, 소요인력, 총소요에너지, 소요비용을 산정하고 이 결과를 각 시스템별로 합을 구할 수 있는 컴퓨터 프로그램을 개발하고 이것의 이름을 "Program for Post-harvest Systems Analysis of Rough Rice in Korea"라 명명하였으며, PPSARR로 표기하도록 하였다.

PPSARR는 대화형식에 의한 메뉴선택으로 시스템분석이 용이하고 누구나 쉽게 이용이 가능하도록 BASIC을 이용하여 개발되었으며, 그림 1과 같이 주프로그램과 11개의 부프로그램으로 구성되었다. 프로그램의 변수와 자료준비는 프로그램의 10-600 문번호안에 서류화하였으며, 분석결과는 그림 2와 같이 벼 수확량에 따른 모델시스템의 소요시간, 소요기계력, 소요인력, 총소요에너지, 소요비용의 합과 톤당평균값이 출력되도록 하여 수확량의 규모별 시스템분석이 가능하도록 하였다.

라. 분석을 위한 가정

- 1) 임도정공장의 허가기준인 이미 허가된 공장과 의 거리는 1.5~2.0km 이상으로 규정함에 의하여, MODEL S-1, B-1, B-2에서는 수확하여 도정시설 도정시설까지 운반해야 하는 거리를 2km로 가정한다.
- 2) 임도정공장의 평균가공능력과 최대가공능력에 맞추어 모형화된 도정시스템이 속한 MODEL S-1, B-1, B-2는 1일 10시간 가공에 연간 300일 작업으로 연간가공능력이 1,800톤(MODEL S-1, B-1)과 3,600톤(MODEL B-2)을 넘지 않으며 도정시설의 증설은 없는 것으로 한다.
- 3) RPC의 가공율은 4 ton/h로 하여 연간가공능력이 12,000톤을 넘지 않는 것으로 하고, 수확하여 미곡을 RPC까지 운반하는 거리는 郡內運送을 가정하여 20km를 운반하는 것으로 하며, RPC의 증설도 없는 것으로 한다.
- 4) 개량평창고의 분석은 表13을 이용한다.¹⁷⁾

5. 結果 및 考察

가. 기술성과 경제성

모델시스템별로 톤당 所要時間, 所要機械力, 所要

Table 13. Economic data of the improved flat storage of 50 pyung (165.3m²) (250 ton capacity)

unit: 100 won				
Item	System component	Capacity and size	Cost	Expected life
Silo	Concrete block silo		15,617	20
Handling equipment	Bucket elevator (I)	25 ton/h, 10 m(H)	3,583	
	Bucket elevator (II)	25 ton/h, 8 m(H)	3,427	
	Chain conveyer	25 ton/h, 12.5 m(L)	3,365	
	Belt conveyer	25 ton/h, 16 m(L)	2,493	
	Weigher	25 ton/h	1,130	
	Dust collector	1 set	1,627	17
	Aeration system	2 set	5,968	
	Discharge chute	40 set	5,424	
	Air flap	20 set	1,808	
	Two-way valve	6 set	1,006	
	Manual damper	4 set	1,070	
	Others		3,090	
	Subtotal		33,992	
Civil work	Concrete pit			
	Repair, etc.		6,710	20
Electrical	Electric panel & Wiring work		1,516	10
Grand total			57,835	

人力, 總所要에너지, 所要費用을 분석하였는데, 表 14와 그림 3, 4, 5에 표시된 바와 같다. 그림 3은 수확량에 따른 모델시스템의 소요비용의 변화를 보여주는데, 일반적으로 산물유통시스템은 포장유통시스템보다 유통시간을 적게 요하는 것으로 분석되었는데, 소규모 산물유통시스템인 MODEL B-1의 2.17-4.14h/ton은 같은 규모의 포장유통시스템의 5.91-7.33h/ton에 비하여 37%~56%의 유통시간을 요하는 것으로 나타났다. 이와같은 결과는 산물유통이 포장 및 해포동의 작업공정을 거치지 않고 機械化된 조작을 할 수 있기 때문인 것으로 판단된다.

그림 4는 수확량의 변화가 모델시스템의 소요에너지에 미치는 영향을 분석한 결과를 보여준다. 일반적으로 산물유통시스템이 포장유통시스템보다 人力은 적게 機械力은 많게 요하는 것으로 나타났으며, 총소요에너지는 포장유통시스템이 가장 적게 요

하는 것으로 분석되었다. MODEL B-1의 54.88 - 54.90kW·h는 포장유통시스템 (MODEL S-1)의 25.29 - 37.35kW·h의 147% - 217%에 달함을 알 수 있다.

그림 5는 수확량의 변화가 모델시스템의 소요비용에 미치는 영향을 보여준다. 모델시스템중 MODEL B-1은 소요비용이 30.00~47.43천원 / 톤으로 가장 적은 시스템비용을 요하는 것으로 나타났으며 같은 규모의 포장유통시스템인 MODEL S-1의 소요비용인 65.24-80.69천원/톤의 46-59%에 달하는 것으로 분석되었다. 규모가 중규모, 대규모인 MODEL B-2와 B-3의 경제성을 비교해 보면 소규모 시스템보다 소요비용이 높으나, 두 모델시스템만 비교해보면 미곡수확량이 약 1,500톤 규모까지는 MODEL B-2가 소요비용이 적으며, 1,500톤 이상에서는 RPC 중심의 MODEL B-3가 유리한 것으로 나타났다. 또한 MODEL B-3의 유통규모가 커짐에 따라 약 4,000톤 규모부터는 관행시스템인 MODEL

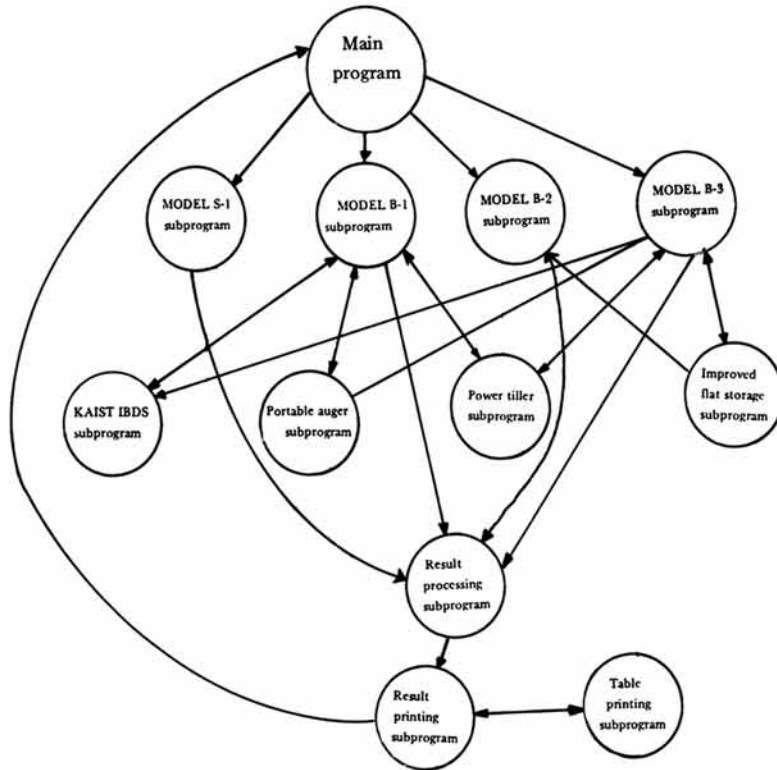


Fig. 1. System chart of PPSARR program.

MODEL: B-2

PADDY PRODUCTION(TON)= 600
 NUMBER OF DRYER= 5
 NUMBER OF STORAGE= 3

ITEM SYSTEM	TIME REQUIRED (H)	MECHANICAL ENERGY (KW.H)	MANUAL ENERGY (MAN.H)	TOTAL ENERGY (KW.H)	SYSTEM COST (1000 WON)
LOADING	60	45	60	54	456
TRANSPORT	13.7	1073.8	13.7	1075.9	936.7
UNLOADING	60	3131.9	120	3149.9	116.3
DRYING	283.4	4225.7	14167.7	6350.8	16590
HANDLING	22	387.8	220.3	420.8	231.9
STORAGE	1104	303.6	1380	510.6	21610
SHIPPING	21.9	289.4	219.2	322.3	226.2
MILLING	456.7	13963.2	1826.8	14237.2	12099.4
SUM	2021.7	23420.4	18007.7	26121.5	52266.5
AVE(per TON)	3.37	39.03	30.01	43.54	87.11

Fig. 2. PPSARR example output for MODEL B-2 of 600 ton harvesting.

Table 14. Time,energy and cost required by the harvesting amount for model systems

Item Model Harvesting amount (ton)		Time required (h/ton)	Mechanical energy (kW.h/ton)	Manual energy (man.h/ton)	Total energy (kW.h/ton)	System cost (1000 won/ton)
600	S-1	6.11	25.54	18.23	28.27	65.24
	B-1	2.66	53.90	6.69	54.90	34.47
	B-2	3.37	39.03	30.01	43.54	87.11
	B-3	2.20	74.08	6.13	75.00	164.08
1,000	S-1	5.93	27.81	22.31	31.15	67.61
	B-1	2.37	53.91	6.69	54.91	31.89
	B-2	3.24	39.21	40.53	45.29	84.96
	B-3	1.89	74.15	6.35	75.1	114.39
1,400	S-1	5.92	29.75	28.63	34.04	73.32
	B-1	2.24	53.91	6.69	54.92	30.58
	B-2	3.13	39.54	56.64	48.03	99.99
	B-3	1.77	74.23	6.80	75.25	68.33
1,800	S-1	5.95	31.96	35.94	37.35	80.69
	B-1	2.17	53.90	6.69	54.90	30.00
	B-2	3.08	39.71	72.03	50.51	111.10
	B-3	1.69	74.28	7.02	75.33	62.44
3,000	B-2	3.00	40.54	114.78	57.76	151.31
	B-3	1.59	74.46	7.92	75.65	75.43
6,000	B-3	1.52	75.01	10.42	76.57	66.96
10,000	B-3	1.49	75.66	13.38	77.66	60.62

S-1보다도 톤당 소요비용이 낮아지는 것으로 분석되며, 연간 수확량이 1,800톤을 넘어서면 MODEL B-3의 산물유통시스템의 도입이 정당화 될 수가 있겠다.

따라서 계량적으로 볼때, 산물유통시스템이 포장유통시스템보다 더 능률적이며, 경제적이고, 미국의 수확량이 연간 1,800톤 미만의 소규모일때는 MODEL B-1의 산물유통시스템의 도입과, 연간 1,800톤 이상의 대규모일때는 MODEL B-3의 RPC 중심의 산물유통시스템의 도입이 추천될 수 있겠다. 특

히 앞으로 농촌노동력 부족이 심각해 질 것을 고려할때, 모델시스템중 人力所要가 가장 적은 모델 B-1과 B-3의 유통시스템의 도입의 유리성은 더욱 정당화될 수 있겠다.

나. 散物流通시스템의 實用化方案 고찰

모델시스템의 분석결과로부터 MODEL B-1과 B-3를 適正散物流通시스템으로 선정할 수 있었는데 이들 모델시스템을 실용화하는 데에는 다음과 같은 몇가지 先決되어야 할 기술적, 경제적 문제가 있다.

MODEL B-1과 B-3의 건조 및 저장방법에는 개

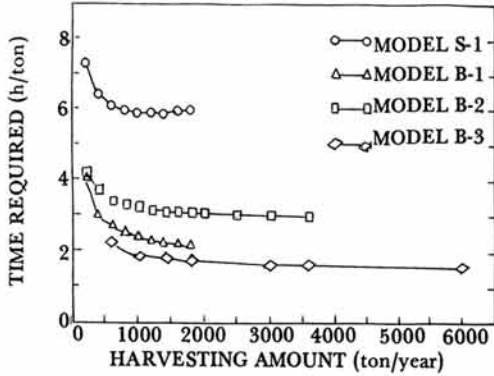


Fig. 3. Effect of the harvesting amount of rice on the time required by model systems.

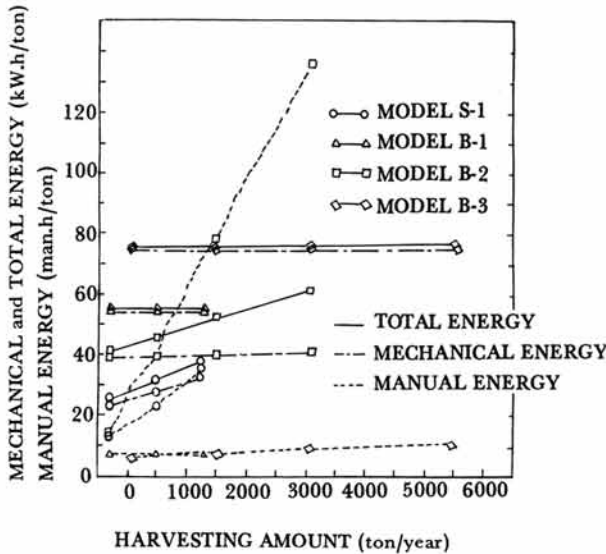


Fig. 4. Effect of the harvesting amount of rice on the energy required by model systems.

량곳간과 개량평창고가 있는데, 개량곳간을 이용합
에는 미국의 바인더나 콤바인에 의한 기계수확 및
생탈곡을 전제로 하고 있으므로 생산구조가 가능한
한 大型化와 機械化가 될수록 有利하다 하겠다. 그
러므로 대형화와 기계화가 가능한 지역부터 산물화
유통의 준비를 함이 적절하다 하겠다.

개량곳간에 조곡을 인출코할 때 이동식오거(Po-
rtable auger)를 이용하도록 되어 있는 점을 고려
하면 散物化를 위해서도 농가용 이동식오거의 개발
연구가 필히 병행되어야 하리라 본다.

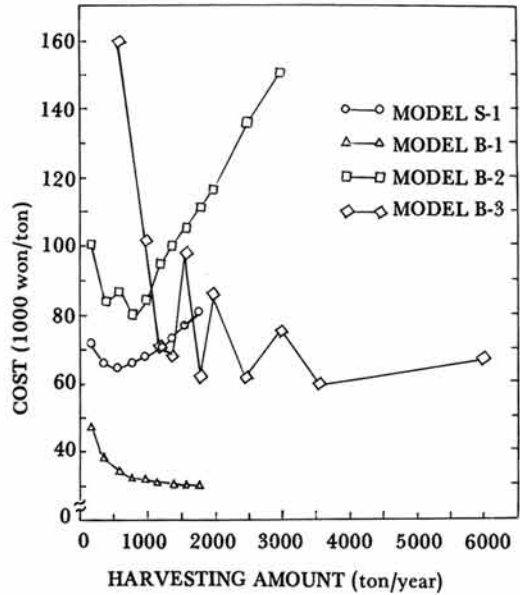


Fig. 5. Effect of the harvesting amount of rice on the cost required by model systems.

또한 MODEL B-3은 곡물을 수집하여 대단위로
저장하는 시설인 개량평창고의 개발이 필요하다. 현
재 우리나라에는 포장상태의 조곡저장을 위한 평창
고시설이 많이 있다. 농수산부¹⁰⁾에 의하면 우리나
라 총양곡보관능력이 1985년말 현재 3,911천톤인데
이중에서 1급이상의 보관능력은 3,505천톤으로써
전체의 87%에 해당하며 1급이상의 양곡 보관창고
는 개량평창고로 개조가 가능할 것으로 판단되는바,
이들 저장시설을 가능전것부터 산물화저장 가능창
고로 개발함은 미국의 산물유통시스템 실용화에 크
게 기여한다고 하겠다.

운송시스템에 경운기와 트럭이 포함되어 있는데,
트럭은 산물운반에 문제점이 없지만 경운기에 의한
산물운반은 현재로서는 어렵게 되어 있다. 그러므
로 경운기용 벌크 트레일러(bulk trailer)의 개발이
필요하겠으며, 수요만 있다면 현재의 기술수준으로
보아 생산은 어렵지 않으리라 생각된다. 그리고 시
설내의 미곡조작에서 기계화 입출고시의 物量移動을
정확히 計量할 수 있는 計測시스템의 개발도 필요
하겠다.

MODEL B-3의 운송 및 판매시스템에 의하면 농
민이 개량평창고에 미곡을 저장할 때에 자기소유 미
곡의 애착심과 上位等級判定 欲心에 의하여 산물화

저장이 어렵기 때문에 이 문제점의 해결을 위하여 저장고 입고전에 수매 또는 판매가 이루어짐이 타당하며, 이를 위해서는 정확한 미곡의 品質檢査 및 計量技術이 개발되어야 하며, 少數品種의 관리가 有利하므로 지역의 적정품종을 선정, 장려하는 정책적 뒷받침이 있어야겠다.

MODEL B-3의 미곡가공방법은 RPC를 이용하는 것인데, RPC시스템은 현재 모델을 개발중이므로 MODEL B-3의 실용화를 위해서는 RPC의 개발이 실현되어야 하리라 본다.

또한 산물유통시스템으로의 轉換 또는 擴大實施를 위해서는 사일로, 운반, 계량계측시스템등의 각종 관련산업을 육성하고²⁵⁾ RPC의 실용화를 위하여 미강유처리, 왕겨처리 및 가공, 청결미의 생산 및 소비등의 관련산업을 육성하고 이들의 필요기술을 개선, 촉진하여야겠다.

6. 結 論

본 연구는 미곡의 건조에서부터 도정까지의 유통시스템을 분석하고 모형화한 후 각 모델시스템의 기술성과 경제성을 비교분석하여 適正散物流通시스템을 개발하고자 수행하였으며, 다음과 같은 結論을 유도할 수 있겠다.

1) 수확작업의 노동력과 비용을 절감시킬 수 있는 콤바인 수확이 일반화될 추세이며, 콤바인에 의해 탈곡된 물벼의 건조, 저장, 도정까지의 작업과정을 일괄처리할 수 있는 수확후 작업기술시스템의 확립이 요청되고 있다.

2) 현재 이용되고 있는 벼의 건조방법인 천일건조방법과 화력건조방법은 미곡의 물적, 질적손실을 초래하는 요인이 되고있어 收穫作業의 機械化와 함께 乾燥作業의 合理化가 요구되고 있다.

3) 도정공장의 86% 정도가 산지미곡상에 적, 간접으로 개입하고 있으며, 산지미곡유통에서 중추적 역할을 담당하고 있으며, 그 기능과 역할은 더욱 증대될 전망이므로, 산지미곡유통은 도정공장을 중심으로 개선방향이 모색되어야하겠다.

4) 일반적으로 산물유통시스템은 포장유통시스템보다 유통시간을 적게 요하는 것으로 분석되었으며, 소규모 산물유통시스템인 MODEL B₁의 2.17-4.14 h/ton은 같은 규모의 포장유통시스템의 5.91-7.33

h/ton의 37-56%의 유통시간을 요하는 것으로 나타났다.

5) 일반적으로 산물유통시스템이 포장유통시스템보다 人力은 적게, 機械力은 많게 요하였으며, 총소요에너지는 더 많이 요하는 것으로 분석되었다.

6) MODEL B-1은 가장 적은 시스템비용을 요하였으며, 포장유통시스템의 65.24-80.69천원 / 톤의 46-59%에 달하는 것으로 분석되었다.

7) 계량적으로 볼때 散物시스템이 포장시스템보다 더 能率的이며, 經濟的이고, 연간 수확량이 1,800톤 미만일 때는 MODEL B-1과, 이상일 경우에는 RPC중심의 MODEL B-3가 適正散物流通시스템으로 추천될 수 있겠다.

8) 산물화 유통시스템의 實用化를 위해서 개량평창고, 이동식오거, 경운기용 벌크 트레일러, RPC등의 개발이 필요하겠으며, 이와 관련된 기계화 수확, 정확한 품질검사 및 등급기술, 계량계측기술등이 뒷받침이 되어야겠으며, 관련산업도 육성되어야겠다.

參 考 文 獻

1. 강화석, 금동혁, 정창주. 1978. 우리나라 양곡 가공공장의 현황분석. 한국농업기계학회지 3(1) : 47-63.
2. 고학균, 정창주. 1980. In-bin 건조 및 저장체계에 관한 실험적 연구. 한국농업기계학회지 5(2) : 15-25.
3. 국립농산물검사소. 1986. 농산물검사규격.
4. 국립농업자재검사소. 1985. 농업기계검사연보.
5. 김만수, 고학균. 1981. 곡물의 물리적 특성에 관한 연구. 한국농업기계학회지 6(1) : 73-82.
6. 김용환, 서상룡, 김성태, 나우정, 강화석, 민영봉. 1979. 입도정공장 미곡도정실태. 한국농업기계학회지 4(2) : 1-8.
7. 김용환, 서상룡, 김성태, 나우정, 민영봉. 1980. 농가의 미곡저장실태. 한국농업기계학회지 5(1) : 33-42.
8. 논산군청. 1985. 논산군 통계연보.
9. 농수산부. 1985. 정부양곡보관관리요령.
10. 농수산부. 1986. 농정주요지표.
11. 농수산부. 1986. 1986년도 정부관리양곡조작요

- 울표.
12. 농수산부. 1986. 농림수산물통계연보.
 13. 농업기계화학연구소. 1985. 시험연구보고서.
 14. 농협중앙회 양곡사업부. 1986. 미곡품질관리교육교재.
 15. 농협중앙회. 1986. 미곡유통과 농협의 대응.
 16. 농협중앙회. 1986. 농협연감.
 17. 두산기계주식회사. 1987. 양곡의 산물저장 방법 개발 경제성분석 기본자료.
 18. 박경규, 윤홍선. 1987. 미곡종합처리장의 모델 개발 및 이용비용분석. 연구보고서. 한국과학기술원.
 19. 서상룡, 이승규, 김용환. 1978. 농촌의 주곡 건조, 저장, 가공 작업체계 개선확립. 한국농업기계학회지 3(1): 33-46.
 20. 심영근. 1984. 개량곡간 이용에 따르는 효과분석. 연구보고서. 한국과학기술원.
 21. 양정국 보관수송과. 1984. 정부양곡도정공장 현황. 농수산부.
 22. 장동일. 1987. 미곡의 산물유통시스템에 관한연구. 연구보고서. 한국과학기술원.
 23. 장동일, D. S. Chung, C. L. Hwang. 1983. 벼조제 및 저장시스템의 최적화를 위한 비선형골프로그래밍(I)...모델링. 한국농업기계학회지 8(2): 69-85.
 24. 장동일, D. S. Chung, C. L. Hwang. 1984. 벼조제 및 저장시스템의 최적화를 위한 비선형골프로그래밍(II)...응용. 한국농업기계학회지 9(1): 46-52.
 25. 한국과학기술원. 1985. 미곡유통현황과 개선방향.
 26. 한국과학기술원. 1987. 미곡의 종합처리 가공기술 개발에 관한 연구.
 27. 한국농업기계학회. 1986. 농업기계연감.
 28. 한국농촌경제연구원. 1981. 정부양곡도정공장의 적정배치와 양곡수송모형에 관한 연구. 연구보고 34.
 29. 한국농촌경제연구원. 1983. 2,000년을 향한 국가장기발전구상-농업부문.
 30. 한국농촌경제연구원. 1986. 정부양곡관리제도 개선에 관한 연구.
 31. 한국농촌경제연구원. 1986. 정부양곡관리 가공임 및 포장임 조사보고서.
 32. 한국물가협회. 1986. 월간 물가자료.
 33. 한국은행. 1986. 경제통계연보.
 34. Behlen Manufacturing Co. 1977. Behlen Planning Manual for Grain Handling and Storage Systems.
 35. Bouland, H.D. 1966. Locating, Designing, and Building Country Grain Elevators. Agriculture Information Bulletin No. 310 ARS, USDA.
 36. Bridges, T.C., O.J. Lower, Jr., D.g. Overhults. 1979. The influence of harvest rate and storage facility selection. Transactions of the ASAE 22(1): 174-177.
 37. College of Agriculture, Seoul National University. 1978. Post-harvest Rice Systems in Korea.
- (原稿接受 1987年 5月 8日, 質問期限 1987年 7月 31日)