

미곡종합처리장의 에너지 모델 개발(II)⁺

— 시뮬레이션 모델 개발 및 소요 에너지 분석 —

Development of an Energy Model of Rice Processing Complex(II)

— Simulation Model Development and Analysis of Energy Requirement —

장홍희*

장동일*

김만수*

정희원

정희원

정희원

H. H. Chang

D. I. Chang

M. S. Kim

ABSTRACT

The rice processing complex(RPC) consisted of the rice handling, drying, storage, and milling processes. It has been established at 83 locations domestically by April 1994, and 200 of RPC will be built more throughout the country.

Therefore, this study has been performed to achieve two objectives as the followings :

- 1) Development of mathematical models which can assess the requirement of electricity, fuel, and labor for four model systems of rice processing complex.
- 2) Development of a computer simulation model which produce the improved designs of RPC by the evaluation results of energy requirements of four RPC models.

The results from this study are summarized as follows :

- 1) Mathematical models were developed on the basis of result of mass balance analysis and required power of machines for each process.
- 2) A computer simulation model was developed, which can produce the improved designs of RPC by the evaluation results of energy requirements. The computer simulation model language was BORLAND C⁺⁺.
- 3) The results of simulation showed that total energy requirements were ranged from 75.94kWh/t to 124.30kWh/t.
- 4) From the results of computer analysis of energy requirement classified by drying type, it was found that energy requirement of the drying type A{paddy rice(PR) for storage-natural air drying(15%), PR for milling-heated air drying(16%)} were less than that of the drying type B{1 step-natural air drying(PR for storage : 18%, PR for milling : 20%), 2 step-heated air drying(PR for storage : 15%, PR for milling : 16%)}
- 5) The energy efficient drying method is that all the incoming rough rice to RPC should be dried by national air drying systems. If it is more than the capacity of national air drying system, the amount of surplus rough rice is recommended to be dried by the heated air drying method.

주요 용어(Key Words) : 미곡종합처리장(RPC), 수학적 모델(Mathematical model), 에너지 모델(Energy model)

⁺ 이 논문은 1994년도 한국학술진흥재단의 공모과제 연구비에 의해 연구되었음

* 충남대학교 농과대학 농업기계공학과

1. 서론

국내의 미곡종합처리시설은 1994년 4월 현재 83개소가 설치되었으며, 앞으로 농림수산부의 재정적 보조에 의하여 전국에 200여개가 더 설치될 예정이다(고학균 외 12인, 1995). 이와 같이 많은 수의 RPC가 설립될 경우 RPC 경영의 합리화를 달성하기 위하여는 지속적인 기술개발이 요청되고 있는데, 이를 위해서는 기술개발의 기본이 되는 소요에너지 분석이 필요하다. 왜냐하면, RPC 운영비의 대부분을 에너지 비용이 차지하기 때문이다.

그러므로 현실적으로 에너지모델 개발을 통한 RPC의 소요에너지 분석이 절실히 요구되고 있는데, 이에 대한 연구가 아직 이루어지지 않고 있는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 RPC를 실제 운영함에 있어 주요 작업공정인 미곡의 이송, 건조, 저장, 도정에 대한 전력, 연료, 노동력과 같은 소요에너지를 분석할 수 있는 에너지모델을 개발하고자 연구를 수행하였으며, 그 구체적인 목적은 다음과 같다.

- 가. 국내에 보급된 RPC모델들의 각 공정별로 전력, 연료, 노동력을 분석하여 소요에너지를 산정할 수 있는 수학적 모델을 개발한다.
- 나. 미국의 처리량에 따른 소요에너지를 분석하여 기술개발 방안을 제시할 수 있는 컴퓨터 시뮬레이션 모델을 개발한다.
- 다. 선정된 RPC 모델들에 대한 소요에너지 분석을 실시하고 모델별로 기술개발 방안을 제시한다.

2. 재료 및 방법

본 연구의 목적을 효과적으로 달성하고자 Fig. 2.1과 같은 절차에 따라 에너지 모델을 개발하였다.

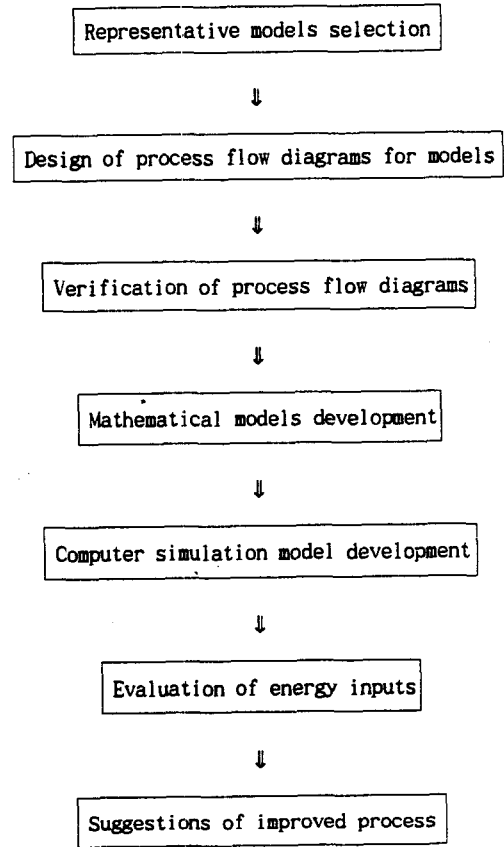


Fig.2.1 Procedures of model development.

가. 연구 모델 선정

1994년 4월 현재 한국식품개발연구원과 각 시공업체에서 총 9개의 RPC모델을 개발하여 전국에 83개소를 설치 운영중인데 이들 모델중에서 가장 많이 보급된 1000t/yr(건조)모델과 근래 정부의 보조에 의하여 설치될 예정인 200여개소중에서 주로 보급되게 될 1800t/yr(건조)모델을 연구모델로 선정하였으며, 시공업체들 중 대표적인 업체인 H사와 G사를 선정하여 이 회사들의 모델에 대하여 에너지모델을 개발했다. 그리고 각 모델명을 시공회사, 건조규모, 건조방식의 순으로 명명하였으며, H와 G는 시공회사, 1000과 1800은 건조규모, A와 B는 건조방식을 각각 의미한다.

나. 모델들에 대한 공정분석

위와 같이 선정된 RPC모델들에 대하여 농협 및 각 RPC 시공업체들의 협조를 얻어 공정도와 시방서를 수집하고 이들을 기초로 하여 각 모델의 공정을 조사 분석했다. 그후 분석자료를 이용하여 공정흐름도를 설계했다(고학균 외 12인, 1995 ; 푸른엔지니어링, 1994 ; 한성공업, 1994).

다. 현지방문 및 공정흐름도 검증

설계된 공정흐름도를 가지고 미곡종합처리장을 5개 방문하고, 현장조사를 통하여 공정흐름도의 정확성과 적정설계를 검증하여 모델 RPC의 공정흐름도를 완성했다.

라. 수학적 모델 개발

선정된 각 RPC모델의 공정흐름도에 따라 미곡의 이송, 건조, 저장, 도정, 포장의 단계별로 전력, 연료, 노동력의 3개 항목에 대하여 소요에너지를 분석하여 산정할 수 있는 수학적 모델을 개발했다. 그리고 모델 시스템의 총소요에너지는 각 단계별로 산정된 값을 합산하여 구할 수 있도록 했다.

마. 컴퓨터 모델 개발

각 모델에 대하여 미곡의 이송에서 포장까지의 단계별로 미곡의 처리량에 따른 전력, 연료, 노동력의 소요에너지를 산정하고, 이들을 합산하여 총소요에너지를 구하여야 하는데 이것은 결코 용이한 작업이 아니다. 따라서 본 연구에서는 개발된 수학적 모델을 기본으로 하여 상기 3개의 항목을 모델 시스템별로 분석할 수 있는 컴퓨터 프로그램을 개발했다.

바. Energy input 산정

개발된 수학적 모델을 이용하여 공정의 흐름 단계별로 전력, 연료, 노동력의 3개 항목에 대하

여 소요에너지를 분석하였다. 그리고 미곡종합처리장을 방문하여 소요에너지 산정결과와 현장 에너지 소요량을 계측하여 상호 비교분석 함으로써 수학적 모델을 검증했다. 소요에너지 계측에는 적산전력계, 디지털온도계, 유량측정계, 작업분석 등을 이용했다.

사. 개선책 및 새로운 공정 제안

각 모델의 공정별로 소요에너지를 분석한 후 총소요에너지와의 비를 각각 산출하여 현저하게 에너지가 소요되는 공정을 찾아낸 후 그 공정에 대하여 에너지를 가장 적게 소모할 수 있는 개선책 및 새로운 공정을 제안하였다.

3. 결과 및 고찰

가. Mass Balance 분석

모델 개발을 위해 기계 및 시설에 따라 원료의 입력량과 출력량은 같으며, 각각의 작업은 기본공정에 맞게 이루어진다고 가정을 하였다.

1) 공정흐름도

기본공정중에서 건조공정은 운영자의 운영방법에 따라 여러 가지 건조방식이 채택될 수 있으며, 채택된 건조방식에 따라 소요에너지가 달라지므로 현재 가장 많이 채택되고 있는 두 가지의 건조방식에 대하여 소요에너지를 분석하여 어느 건조방식이 에너지 절약면에서 효과적인가를 분석하고자 하였으며, Fig.3.1과 Fig.3.2는 공정흐름도의 예로서 H1000A RPC와 H1000B RPC에 대한 공정흐름도이다. Fig.3.1과 Fig.3.2에서 W()는 원료량(t)이며, PFM, PS 등은 원료량에서 발생하는 이물질이나 샘플량 등에 대한 비율(%)을 나타내는 계수이다.

가) A방식

반입된 벼를 저장용과 도정용으로 구분하여, 저장용은 Bin에서 함수율이 15%가 될 때까지 상온통풍건조를 하고, 도정용은 함수율이 16%

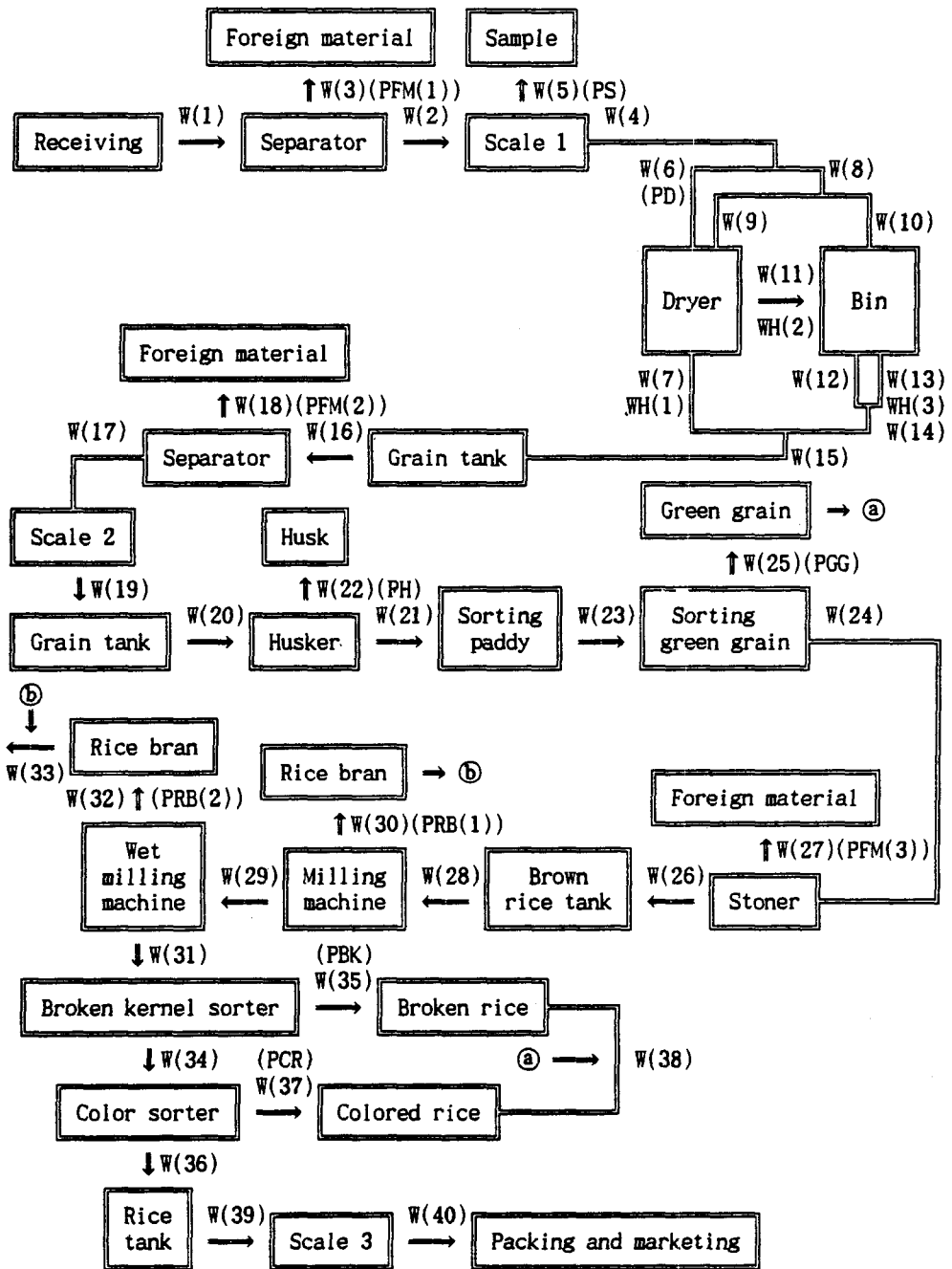


Fig.3.1 Process flow diagram of Model H1000A RPC with variables of mass balance analysis.

가 될 때까지 화력건조기로 화력건조를 한다(고학균 외 12인, 1995; 금동혁 외 1인, 1991; 푸른엔지니어링, 1994; 한성공업, 1994).

나) B방식

이 건조방식은 2단계로 건조를 하는데, 먼저 1

단계로 반입된 벼 전량을 Bin에서 상온통풍건조를 하는데 저장용은 함수율 18%까지, 그리고 도정용은 함수율 20%까지 건조를 한다. 2단계로 Bin에서 화력건조기로 벼를 이송하여 저장용은 함수율 15%까지, 그리고 도정용은 16%까지 화

식과 (2)식은 H1000A RPC에 대한 수학적 모델의 예로서 각 원료량은 계수와 원료량의 조합에 의해 모형화되었다.

$$W(6) = W(4) * PD \dots\dots\dots(1)$$

$$W(38) = W(25) + W(35) + W(37) \dots\dots\dots(2)$$

여기서,

$$W() = \text{원료량}(t)$$

$$PD = \text{건조시 화력건조기에서의 건조비율 (decimal)}$$

나. 에너지 모델

각 모델의 소요에너지를 분석하여 적정공정 및 모델을 제시하기 위해서는 각 모델에 대한 소요시간과 소요에너지를 계량적으로 분석해야 함이 필연적으로 요구된다. 따라서 소요전력, 소요인력 그리고 소요연료 및 총소요에너지의 수학적 모형을 다음의 (3)식~(6)식과 같이 나타내었다.

$$EE = T \times PM \dots\dots\dots(3)$$

$$ME = A \times T \times M \dots\dots\dots(4)$$

$$FE = B \times T \times RF \dots\dots\dots(5)$$

$$TE = EE + ME + FE \dots\dots\dots(6)$$

여기서,

$$EE = \text{소요전력}(kWh)$$

$$ME = \text{소요인력}(kWh)$$

$$FE = \text{소요연료}(kWh)$$

$$TE = \text{총소요에너지}(kWh)$$

$$T = \text{소요시간}(h)$$

$$A = \text{변환계수}(0.1864) (\text{Bowers 외 2인, 1980})$$

$$B = \text{변환계수}(10.36)$$

$$PM = \text{해당 기계들에 대한 동력의 합 (kWh)}$$

$$M = \text{작업인원}(M)$$

$$RF = \text{연료소모율}(\ell/h)$$

1) 수학적 모델을 위한 가정이
가) 원료의 반입은 수분함량 22% (w.b.)에서

실시하고, 건조후의 최종 수분함량은 도정용의 경우 16%, 장기저장용의 경우 15%로 한다(장동일, 1987; 푸른엔지니어링, 1994; 한성공업, 1994).

나) 벼의 반입은 포대로 하고, 포대당 무게는 54kg으로 한다(장동일, 1987).

다) 농업노동력 성인 1인의 동력은 0.1864kW로 한다(Bowers 외 2인, 1980).

라) 작업인원은 하차와 포장공장에서 각각 3명이 필요하며, 나머지 공정에서는 1명이 필요한 것으로 하였다. 그리고 집진기와 컴퓨터의 작동은 연관된 작업과 동시에 제어가 되어 특별히 조작인원이 필요 없으므로 소요인력을 제외하였다.

2) 수학적 모델

위의 (3)~(6)의 식에 소요시간(T)과 해당 기계에 대한 동력의 합(PM)을 대입함으로써 소요에너지를 구할 수 있도록 수학적 모델을 개발하였으며, Table 3.1은 수학적 모델의 한 예로서 H1000 RPC에 대한 수학적 모델이다.

다. 컴퓨터 시뮬레이션 모델 개발

개발된 수학적 모델을 기본으로 하여 소요에너지를 시스템별로 분석할 수 있는 컴퓨터 시뮬레이션 모델을 각 모델별로 BORLAND C++를 이용하여 개발하였다. 이 모델의 입력자료는 원료량, 함수율, 계수들, 반송기계의 이송거리, 기계들의 동력이 되도록 하였고, 출력자료는 Mass balance 분석결과, 공정별 기계선정결과, 시스템별 소요에너지와 톤당 소요에너지, 총소요에너지에 대한 공정별 소요에너지의 비율이 되도록 하였다.

라. 컴퓨터 시뮬레이션 결과

1) Mass balance 분석결과

Table 3.2는 Mass balance를 분석한 결과의 한 예이다. Table 3.2에서 1096t의 벼가 반입되어

미국종합처리장의 에너지 모델 개발(II)

Table 3.1 Mathematical model of Model H1000 RPC

Item		Required time (T)		Sum of power for involved machines (PM)	
Unloading system		$(\text{bag/man}) * (1/\text{unloading rate})$			
Receiving system		$(\text{harvested rate}) / (\text{average receiving amount})$		$Pw_A2 + Pw_A3 + Pw_A4 + Pw_A5 + Pw_A6 + Pw_A7 + Pw_A8 + Pw_A9 + Pw_A10$	
Drying & storage system	Heated air drying	Unloading	A	$\{W(6)+W(9)\} / \text{average receiving amount}$	Pw_B1
			B	$W(7) / \text{average receiving amount} + \{W(8)+W(10)\} / (15*0.7)$	"
		Discharging	A	$\{W(7)+W(11)\} / \text{discharging rate}$	$Pw_B3 + Pw_B4$
			B	$\{W(9)+W(11)+W(12)+W(13)\} / \text{discharging rate}$	"
		Electricity	A	$W(6) / \text{drying rate for milling after in-bin drying} + W(9) / \text{drying rate for storage in bins}$	Pw_B2
			B	$W(8) / \text{drying rate for milling after in-bin drying} + W(10) / \text{drying rate for storage after in-bin drying} + W(12) / \text{drying rate for milling} + W(13) / \text{drying rate for storage}$	"
		Fuel	A	$W(6) / \text{drying rate for milling after in-bin drying} + W(9) / \text{drying rate for storage in bins}$	--
			B	$W(8) / \text{drying rate for milling after in-bin drying} + W(10) / \text{drying rate for storage after in-bin drying} + W(12) / \text{drying rate for milling} + W(13) / \text{drying rate for storage}$	--
	Natural air drying	Unloading	A	$W(10) / \text{average received amount}$	$Pw_C1 + Pw_C2 + Pw_C3 + C7$
			B	$W(6) / \text{average received amount}$	"
		Discharging	A	--	$Pw_C5 + Pw_C6 + C7$
			B	$\{W(8)+W(10)\} / (15*0.7)$	"
		Drying for milling	A	--	--
			B	$\{(W(8)/0.975) / \text{dried amount per day for milling}\} * (\text{drying time per day for milling})$	Pw_C8
		Drying for storage	A	$\{(W(13)/0.951) / \text{dried amount per day for storage}\} * (\text{drying time per day for storage})$	"
			B	$\{(W(10)/0.951) / \text{dried amount per day for storage}\} * (\text{drying time per day for storage})$	"
Conveying to different bin after drying	A	$(\text{Conveyed amount}) / (15*0.7)$	$Pw_C1 + Pw_C2 + Pw_C3 + Pw_C5 + Pw_C6 + Pw_C7$		
	B	--	--		

* ex) Power of A2 : Pw_A2

Power of A9 : Pw_A9

Table 3.1 (Continued-1)

Item			Required time (T)	Sum of power for involved machines (PM)		
Drying & storage system	Storage	Ventilation	A	(Ventilation times per day) * (ventilated number)	2*Pw_C8	
			B	"	"	
		Unloading & discharging in bins	A		$W(11)/(15*0.7)$	Pw_C1 + Pw_C2 + Pw_C3 + Pw_C7
					$W(14)/(15*0.7)$	Pw_C5 + Pw_C6 + Pw_C7
			B		$W(14)/(15*0.7)$	Pw_C1 + Pw_C2 + Pw_C3 + Pw_C5 + Pw_C6 + 2*Pw_C7
Milling	Unloading	A	$W(7)/3.415+W(14)/3.375$	Pw_D2 + Pw_D3 + Pw_D5 + Pw_D6 + Pw_D7		
		B	$W(15)/3.375+W(14)/3.415$	"		
	Brown rice milling	A	W(20)(brown rice milling capacity per hour	Pw_D8 + Pw_D9 + Pw_D10 + Pw_D11 + Pw_D12 + Pw_D13 + Pw_D14 + Pw_D15 + Pw_D16 + Pw_D17 + Pw_D18		
		B	W(21)/brown rice milling capacity per hour	"		
	Rice milling	A	W(28)/rice milling capacity per hour	Pw_D20 + Pw_D21 + Pw_D22 + Pw_D23 + Pw_D24 + Pw_D25 + Pw_D26 + Pw_D27 + Pw_D28 + Pw_D29 + Pw_D30 + Pw_D31 + Pw_D32 + Pw_D33		
		B	W(29)/rice milling capacity per hour	"		
	Scale & packing	A	W(40)/packing capacity per hour	Pw_D35 + Pw_D36 + Pw_D37 + Pw_D38 + Pw_D39 + Pw_D40		
		B	W(41)/packing capacity per hour	"		

686.804t의 쌀이 생산되는데 이는 반입된 벼의 62.66%에 해당되는 쌀 생산량임으로 수학적 모델이 적절하게 개발된 것으로 분석되었다.

소요동력을 비교해 보면 대체적으로 기존 모델의 소요동력이 크게 산정되어 있음을 나타내고 있어 개선을 요하였다.

2) 공정별 기계선정결과

Table 3.3은 공정별 기계선정결과와 한 예이며, 기존 모델의 소요동력과 시물레이션에 의한

3) 시스템별 소요에너지와 톤당 소요에너지

Table 3.4는 각 모델의 시물레이션에 의한 소

Table 3.1 (Continued-2)

Item		Required time (T)	Sum of power for involved machines (PM)		
The others	Dust collection	Unloading pit & Handling system	unloading time	Pw_E1	
		Dryers	unloading and discharging time in dryers	Pw_E2	
		Milling system	Brown rice milling time	Pw_E3	
		Husk handling system	//	Pw_E4	
		Rice milling system	Milling machine	rice milling time	Pw_E5
			Wet milling machine	//	Pw_E6
		Rice bran sorting system	//	Pw_E7	
	Air mover	In-bin drying & storage system	unloading and discharging time in bins	Pw_F1	
		Milling system	Brown rice milling time	Pw_F2	
		Color sorter	rice milling time	Pw_F3	

요에너지를 종합한 것이다. 각 모델에 대한 A와 B의 총소요에너지를 비교해 보면 전체적으로 A가 B에 비하여 총소요에너지가 적게 나타났는데 이는 A가 B에 비하여 이송량과 화력건조량이 상대적으로 적기 때문에 결과적으로 에너지가 적게 소요되는 것으로 분석되었다. 그리고 톤당 총소요에너지는 75.94kWh~124.30kWh가 소요되는 것으로 분석되었다.

4) 총소요에너지에 대한 공정별 소요에너지의 비율

Table 3.5는 총소요에너지에 대한 공정별 소요에너지의 비율을 나타낸다. drying & storage system과 milling system이 총소요에너지의 대부분을 차지하였으며, Drying & storage system이 소요에너지의 가장 많은 부분을 차지하는 것으로 분석되었다.

다. 개선책 및 새로운 공정

이상의 결과를 고려해 볼 때 총소요에너지를

절감하기 위해서는 Drying & storage system에 있어서의 이송량과 화력건조량을 줄일 수 있는 공정이 필요하다. 따라서 반입되는 전량을 상온 통풍건조하고 수확말기에 건조빈의 층만에 의해 상온통풍건조를 못하는 양은 화력건조를 하는 방법이 에너지를 절감하는데 효과적인 방안이 될 것으로 사료된다.

4. 결론

본 연구는 RPC의 소요에너지를 분석하고 기술개발 방안을 제시할 수 있는 수학적 모델과 컴퓨터 시뮬레이션 모델을 개발하고자 수행하였다. 이를 위하여 대표적인 4개의 모델을 중심으로 수학적 모델과 컴퓨터 시뮬레이션 모델을 개발하였는데 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

가. Mass balance 분석결과와 공정별 기계들의 동력을 토대로 수학적 모델을 개발하였다.

나. 총소요에너지와 공정개선안을 제공할 수 있는 컴퓨터 모델을 BORLAND C++을 이용하여

Table 3.2 Results of mass balance analysis of Model HI000A RPC

Unit : ton

Harvested paddy rice(22%, w.b.)	W[1]	1096.000
Paddy rice(PR) after screening	W[2]	1088.328
Foreign materials from separator	W[3]	7.672
PR after scaling	W[4]	1087.240
Sample PR	W[5]	1.088
PR from scale1 to dryers for milling	W[6]	362.051
PR from dryers to grain tank	W[7]	336.190
Total PR for storage	W[8]	725.189
PR from scale1 to dryers for storage	W[9]	200.000
PR from scale1 to bins for natural air drying	W[10]	525.189
PR from dryers to bins after heated air drying	W[11]	183.529
PR from bins to grain tank after heated air drying	W[12]	183.529
PR from bins to grain tank after natural air drying	W[13]	481.938
Sum of total PR from bins to grain tank	W[14]	665.467
Total PR from dryers and bins to grain tank	W[15]	1001.657
PR from grain tank to cleaner	W[16]	1001.657
PR after cleaning	W[17]	1000.656
Foreign materials from cleaner	W[18]	1.002
PR from scale2 to grain tank	W[19]	1000.656
PR from grain tank to husker	W[20]	1000.656
Brown rice after husking	W[21]	800.525
Husks from husker	W[22]	200.131
Brown rice after sorting paddy	W[23]	800.525
Brown rice after sorting green grains	W[24]	768.504
Green grains from separator	W[25]	32.021
Brown rice after sorting stones	W[26]	767.735
Foreign materials from brown rice stoner	W[27]	0.769
Brown rice from brown rice tank to milling machine	W[28]	767.735
Rice after milling	W[29]	729.348
Rice bran from milling machine	W[30]	38.387
Rice from wet milling machine	W[31]	696.528
Rice bran from wet milling machine	W[32]	32.821
Total rice bran	W[33]	71.207
Rice after sorting broken kernels	W[34]	689.562
Broken rice from broken kernel sorter	W[35]	6.965
Rice from color sorter	W[36]	686.804
Colored rice from color sorter	W[37]	2.758
Sum of green grains, broken kernels and colored rice	W[38]	41.745
Rice from rice tank to scale3	W[39]	686.804
Rice from rice tank	W[40]	686.804

Table 3.3 Comparison of required power between the actual and simulation results of Model H1000 RPC
** : High

Symbol	Size (mm)	Distance (m)	Actual power (kW)	Simulation (kW)	Remark
A 2	400.000	10.000	1.500	0.560	**
A 3	305x178	12.000	2.240	2.240	
A 6	305x178	4.500	2.240	0.560	**
A 7	305x178	12.000	2.240	2.240	
A 9	305x178	12.000	2.240	2.240	
A10	305x178	12.000	2.240	2.240	
B 1	0.165(m ²)	12.000	2.240	1.490	**
B 3	400.000	10.000	1.500	0.560	**
B 4	305x178	12.000	2.240	2.240	
C 1	0.165(m ²)	7.700	2.240	1.120	**
C 2	0.165(m ²)	23.000	3.750	3.730	**
C 5	350.000	24.200	2.240	0.560	**
C 6	305x178	14.500	2.240	2.240	
D 2	300.000	5.000	1.510	0.370	**
D 3	300.000	10.000	1.500	0.370	**
D 5	203x127	7.500	0.750	0.560	**
D 7	203x127	5.100	0.750	0.370	**
D10	250.000	5.000	0.750	0.370	**
D11	203x127	8.300	0.750	0.560	**
D14	203x127	5.100	0.750	0.370	**
D17	203x127	7.200	0.750	0.560	**
D18	250.000	6.000	0.750	0.370	**
D20	300.000	6.000	0.750	0.370	**
D21	203x127	5.100	0.750	0.370	**
D23	203x127	4.500	0.750	0.370	**
D25	203x127	4.500	0.750	0.370	**
D27	203x127	6.000	0.750	0.560	**
D30	203x127	5.100	0.750	0.370	**
D32	203x127	4.500	0.750	0.370	**
D33	203x127	7.200	0.750	0.560	**
D35	300.000	4.000	0.750	0.370	**
D36	203x127	7.200	0.750	0.560	**
D38	203x127	7.200	0.750	0.560	**

개발하였다.

다. 컴퓨터 시뮬레이션 결과에 의하면 총소요 에너지는 75.94~124.30kWh/t으로 나타났다.

라. 건조저장시스템의 소요에너지를 비교하면 모델 A가 모델 B보다 소요에너지가 적게 분

석되었다. 이는 모델 A가 모델 B에 비하여 이송량과 화력건조량이 상대적으로 적기 때문에 결과적으로 에너지가 적게 소요되는 것으로 분석되었다.

마. 반입되는 전량을 상온통풍건조하고 수확

Table 3.4 Simulation results of total energy requirement of each model

Model		Time required (h)	Mechanical energy (kWh)	Fuel energy (kWh)	Manual energy (man-h/kWh)	Total energy (kWh)	
H 1000	A	Sum	6072.54	61583.48	20971.81	3612.34/673.34	83228.63
		Ave(per ton)	5.54	56.19	19.13	3.27/0.61	75.94
	B	Sum	7141.17	64457.23	33462.34	4494.69/837.81	98757.38
		Ave(per ton)	6.52	58.81	30.53	4.08/0.76	90.11
G 1000	A	Sum	5720.57	87959.87	22369.93	3697.10/689.14	111018.95
		Ave(per ton)	5.22	80.26	20.41	3.38/0.63	101.29
	B	Sum	6913.06	94720.40	35693.16	4631.81/863.37	131276.94
		Ave(per ton)	6.31	86.42	32.57	4.24/0.79	119.78
H 1800	A	Sum	10616.53	138231.97	37685.49	6322.05/1178.43	177095.89
		Ave(per ton)	5.41	70.45	19.21	3.22/0.60	90.26
	B	Sum	13485.55	140901.25	77615.27	8893.45/1657.74	220174.27
		Ave(per ton)	6.87	71.82	39.56	4.51/0.84	112.22
G 1800	A	Sum	10937.37	158972.22	46923.56	6853.22/1277.44	207173.22
		Ave(per ton)	5.57	81.03	23.92	3.49/0.65	105.59
	B	Sum	13879.66	164867.72	77274.44	9268.29/1727.61	243869.77
		Ave(per ton)	7.07	84.03	39.39	4.72/0.88	124.30

말기에 건조빈의 층만에 의해 상온통풍건조를 못하는 양은 화력건조를 하는 방식이 에너지를 절감하는데 효과적인 방안이 될 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- 1) 고학균 외 12인. 1995. 미국종합처리시설. 향문사.
- 2) 고학균, 금동혁. 1992. 미국종합처리시설의 추진방향. 한국농업기계학회지 17(1) : 91~99.
- 3) 금동혁, 김재열. 1991. 시뮬레이션에 의한 산물 저장 비의 온도, 함수율 및 품질변화의 예측. 한국농업기계학회지 16(1) : 49~59.
- 4) 박경규, 윤홍선, 김재열. 1986. 한국에 있어서 미국의 건조 및 저장을 위한 시스템의 모델 개발 및 적정 규모 선정에 관한 연구 (II). 한국농업기계학회지 12(1) : 31~38.
- 5) 장동일. 1987. 미국의 산물유통시스템에 관한 연구. 연구보고서. 한국과학기술원.
- 6) 장동일. 1987. 미국의 산물유통을 위한 모델 시스템 연구. 한국농업기계학회지 12(2) : 44~59.

미국종합처리장의 에너지 모델 개발(II)

Table 3.5 Comparison of energy requirement of each process to total energy requirement of each model Unit : %

Model		Receiving	Drying & storage	Milling	Dust collection	Air mover
H 1000	A	2.5	47.1	31.3	11.7	7.3
	B	2.1	54.0	26.4	10.8	6.7
G 1000	A	1.5	37.5	32.8	19.7	8.4
	B	1.3	43.7	27.7	19.9	7.4
H 1800	A	2.4	36.9	45.2	9.6	6.0
	B	1.9	48.8	36.2	8.2	4.9
G 1800	A	1.8	35.8	40.3	19.1	2.9
	B	1.6	43.5	33.5	18.8	2.6

- 7) 장동일, 신명근, 권태완. 1987. 미국종합처리장의 적정규모 분석연구. 한국농업기계학회지12(4) : 16-21.
- 8) 장동일. 1992. 벼의 수확후 관리기술의 현황과 전망. 심포지움 발표 논문집 : 미국종합처리기술의 현황과 발전 방향 : p6-19. 한국식품개발연구원.
- 9) 장동일. 1993. 미국종합처리장의 적정규모 분석 연구. 한국식품개발연구원 연구보고서.
- 10) 푸른엔지니어링. 1994. '94 미국종합처리장 제안설계서.
- 11) 한국식품개발연구원. 1992. 미국종합처리기술의 현황과 발전방향.
- 12) 한성공업. 1994. 미국종합처리장.
- 13) Bowers, W., B.A. Jones, Jr. and E.F. Olver. 1980. Engineering Applications in Agriculture. Stipes Publishing Co. Champaign, IL.