

# 春川地域の 奨励水稻品種の 用水量 測定試験

## The Measuring Experiment of Irrigation Water for Spreading Varieties of Rice Plant in Chuncheon Area

高 熙 元\*  
Ko, Heui Weon

### Summary

This Study was carried out at the experimental Plot of Kang-Weon Province, Institute of Agriculture experiment, to find out Irrigation Water requirement and suitable calculating formula of evapotranspiration on Spreading Varieties of rice plant such as Seul Oak, Bokkwang and Teaback in Chuncheon Area.

The evapotranspiration, infiltration, and consumptive use of water were measured by Micro Lysimeter for four years from '86yr. Also, yield of rice was investigated during same period. With the Kc Value taken from experimental value, evapotranspiration was calculated by methods of Blaney & criddle, Penman, Hargreaves and Thornthwaite by Computer using meteorological data in Chuncheon Area for twenty one yrs from '66yr to '86yr.

All analyses were conducted based on average value of experiment for four years and the results are summarized as follows :

- 1) The yield by varieties through this experiment showed 1.06 times in Seul Oak, 1.94 times in Bokkwang and 1.89 times in Teaback more than Standard Yield.
- 2) The consumptive use of water including infiltration were 1,068.4mm in Seul Oak, 1,102.6mm in Bokkwang and 1,195.6mm in Teaback.
- 3) The evapotranspiration by Actual measurement presented 520.1mm in Seul Oak, 540.1mm in Bokkwang and 598.4mm in Teaback.
- 4) The ratio of evapotranspiration and infiltration over Panevaporation showed 1.2 to 1.4.
- 5) The irrigation water requirement by water balance were shown to be irrigated more than 584 mm / yr in average during 21 years from '66yr to '86yr for all Varieties and those for 10yr frequency 693 mm in Seul Oak, 712 mm in Bokkwang and 728 mm in Teaback respectively.
- 6) Crop Coefficient (Kc Value) of the tested rice plant during the period were shown as Table 10.
- 7) Penman Method was the formula the most close to experiment Value among four different methods of Blaney & Criddle Penman, Hargreaves, and Thornthwaite.

---

\*農業振興公社 研修院

## I. 序 言

農業基盤造成事業에 있어 가장 기본이 되는 農業用水의 必要性은 날로 增加하고 있으나 可用水資源은 限定되어 있어서 他用途와의 競合이 深化되고 있다. 畚의 消費水量測定은 灌溉計劃의 樹立에 있어서 計劃用水量을 定하는데 必要한 것으로 國內外에서 많은 研究가 거듭되고 있다. 우리나라에서도 그동안 몇가지 實驗値가 있으나 時代의 進展에 따라서 地域別 多收穫品種의 開發과 IR 系統의 普及, 多收穫栽培技行의 發達, 移秧期의 早期化, 時限農營 等으로 많은 變化를 가져와서 水稻의 蒸發散量에 差異가 생기고, 이에 따른 用水量의 再檢討가 必要하게 되어 本 試驗을 着手하게 되었다. 더욱기 春川地方은 1982年 以前에는 水稻의 用水量을 測定한 자료가 없어서 地域的 變化趨勢를 알는데 不便을 느껴왔기 때문에 本 試驗은 더욱 큰 的의를 가지고 있다 하겠다. 本 試驗은 1983年부터 1986년까지 遂行 되었으며 分析은 4 個年間的 平均値를 適用하였다.

## II. 研究史

作物의 蒸發散量推定理論은 Dalton<sup>10</sup> 이 “蒸發散量은 蒸氣壓差에 比例한다고” 主張한 것을 嚆矢로 많은 學者들의 研究에 依하여 벼 生産量과 蒸發散量은 函數關係에 있다는 것이 밝혀졌으며, 蒸發散量에 미치는 外的要素는 日射量, 濕度, 氣溫, 風速, 日照時間, 降雨, 等の 氣象要素와 栽培密度, 生育期와 葉面積指數, 植物의 形態, 土壤水分, 灌水深 等이 影響을 미치는 것으로 알려져 있다. 많은 研究者들은 3, 8, 23, 26, 27, 29, 30, 31, 32, 50, 61, 63 蒸發散量은 諸氣象要素의 複合의 效果로 表現된 것이라 하여 이를 蒸發計蒸發量과의 比로 表現하고 있다. 日本은 일찍 1885年에 稻垣에 의하여 벼의 葉面蒸發量測定이 始作 되었으며 西原農業試驗場(1886~1889)에서 벼의 葉面 및 株間水面蒸發量과 滲透量에 關한 綜合的인 試驗이 實施되어 生育時期別 變化率과 生育期 및 全生育期間의 蒸發散量을 蒸發計蒸發量에 對한 比 또는 蒸散比로 表現하였으며 그 밖에 土質別 滲透量도 提示하였으며, 이를 土台로하여 1906年에 日本全國에 通用되는 用水量의 基準係數를 定하고 1940年代까지 利用하였다. 美國에서는 1902年에 Bond F<sup>1</sup> 等에 의하여 처음으로 벼 用水量에 關한 試

驗을 하였으며 그後 1917年에 California 州<sup>21</sup> 에서 벼農事에 適合한 灌溉時間, 灌溉水深에 關한 基礎係數를 策定하였으며, 1920年에 Adams<sup>11</sup> 에 依하여 美國에서의 基準를 提示하였다. 韓國에서는 1910年에 草野<sup>14</sup>가 처음으로 灌溉水量調査에 着手하여 葉水面蒸發量, 滲透量, 整地移秧用水 및 有效雨量을 觀測調査하였으며 福田<sup>15, 16</sup>, 飯島<sup>24, 25</sup>가 繼續研究하여 7 個年間的 平均値로 葉水面蒸發量과 蒸發計蒸發量과의 比를 1.15라 하였는데 이를 水深으로 表示하면 570mm이다. 그는 滲透量은 510mm이며 灌溉期間中の 降雨量의 有效率은 74%라고 報告하였다.

그 以後의 主要 研究業績을 보면 Downey는 어느 限界까지는 生産量은 灌溉水量의 函數가 되어 乾物量과 密接한 相關性이 있다고 主張하고 生育狀態에 따라서  $ET/EV=1.1\sim 2.0$ <sup>6</sup> 사이에 있으며 Meyer<sup>47</sup>, 村田, 黒田<sup>43</sup>, 高木<sup>9</sup>, Rijetema<sup>61</sup>, 玉井<sup>11</sup>는 日光是 蒸散作用 및 同化作用에 影響을 주는데 蒸散比는 氣象的 條件도 많이 作用하고 있다는 것을 認定한다고 하였고, Briggs & Shantz<sup>51</sup>는 蒸散量은 乾物量에 比例한다고 主張하였다. 그리고 Thornthwaite<sup>62</sup>는 이를 氣溫만의 計算試으로 誘導하였으며, Hargreaves<sup>21</sup>는 氣溫, 濕度, 晝間時間의 函數로 보아 蒸發散量算出式을 誘導하였다.

그 중에서도 Blaney & Criddle<sup>13</sup>은 平均氣溫 및 晝間時間이 크게 支配한다하여 蒸發散量算出式을 誘導하고 있다. 그런데 田邊<sup>8</sup>, 富七岡<sup>14</sup> 吉良<sup>12</sup>, 古木<sup>18</sup>, 松田<sup>16</sup> 等은 葉面蒸發量이 滲透量과 關係가 있다고 指摘하고 있으나 一般土壤에서는 역시 土質, 土性, 成層狀態, 地下水位, 水溫, 水深, 벼 뿌리의 吸水量에 따라서 크게 달라지므로 現地の 實測을 勸奨하고 있다. 그리고 모두들 用水量 가장 必要로 하는 時期는 穗孕期~開花出穗期라고 認定하고 있다.

近來에 와서 多收穫을 爲하여 大邱支場<sup>52</sup>, 狩野<sup>31</sup>는 深水灌溉(60mm以上)보다 10~30mm의 淺水灌溉가 生育과 收量이 높았다고 한다.

國內研究動向은 草野<sup>14</sup>의 報告以後 閱<sup>48, 49, 50, 51</sup>, 黃<sup>22, 23</sup>, 鄭<sup>28, 29</sup>, 農振<sup>55, 56</sup>, 權<sup>33</sup>, 韓<sup>20</sup>, 金<sup>34, 35, 36, 38, 39, 40</sup> 等이 品種別, 土性別로 蒸發散量, 蒸散比, 蒸發計蒸發量과의 關係 等を 報告하였다. 嚴<sup>65</sup> 等은 Hargreaves 式에 依하여 蒸發散量을 計算하였고 土聯<sup>64</sup>은 Blaney & Criddle 式에 依하여, 曹<sup>7</sup>, 李<sup>45</sup> 等은 Blaney & Criddle

式과 Penman 式으로 蒸發散量을 計算하고 있으며 손<sup>10, 41)</sup> 등은 作物係數 Kc를 計算하고 이를 다시 1057(乾物重 1,450kg/10a水準에서) 이라고 補正 하였으며 用水量<sup>10, 41)</sup>은 滲透와 關係가 깊다는 것을 밝히고 있다.

### III. 材料 및 方法

#### 1. 試驗材料

本 試驗은 江原道農村振興院 試驗圃에서 4年間(1983~1986) 實施하였다. 本 試驗에 利用된 供試品種과 施肥量 및 分施時期와 施肥率은 Table-1, Table-2, Table-3과 같다.

그리고 供試土壤의 土性과 그 化學的 成分은 Table-4와 같으며 國際土壤學會(I. S. S. S.)의 三角分類方法에 의한 土性은 壤土(Loam)이다.

Table-1. Varieties tested

Stage	Line	Race
Medium maturing variety	old home variety	Seul oak
Early maturing variety	old home variety	Bok kwang
Medium maturing variety	Tong il	Tea back

Table-2. Amount of fertilization  
(Unit : kg/10a)

Classi.	NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Remarks
Seul oak	11	7	8	
Bok kwang	11	7	8	
Tea back	15	9	11	

Table-3. Distributed fertilizer

Manuring	Basic manuring	Tillering manuring	Additional manuring	Date of fertilization
NO <sub>3</sub>	50%	30%	20%	• Basic manuring : may 23
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	100%	-	-	• Tillering manuring : June 2
K <sub>2</sub> O	70%	-	30%	• Additional manuring : July 7

Table-4. Chemical analysis of Soil

pH	OM (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	K (me/100g)	Ca (me/100g)	Mg (me/100g)	CEC (me/100g)	SiO <sub>2</sub> (ppm)	Mechanical analysis			Textural triangle classification
								Sand	Silt	Clay	
6.2	2.24	83	-	3.4	0.4	8.2	9.2	51	37	12	Loam

#### 2. 栽培方法

1983年 試驗畝에 Micro Lysimeter를 設置하고, 5月 23日에 移秧한 후 5月 25日부터 觀測을 始作하였다. 栽植距離 30cm×15cm, 3本植, 76株/坪로 密植하였으며, 栽培管理는 Table-5와 같이 實施하였다. 여기서 出穗日은 벼이삭이 80%以上 出穗한 日을 擇하였으며 出穗日부터 35日 後에 落水하였다.

#### 3. 圃場配置, 測定器具 및 測定方法

圃場配置는 水稻 3品種(雪岳, 福光, 太白), 7處理(水深), 3反復으로 分割集區法에 따라 配置하고 Fig 1과 같은 Micro Lysimeter를 使用하여 매일 午前 10時에 매일 實測하였다. 그리고 精密을 期하기 위하여 徑60cm의 大型 Lysimeter를

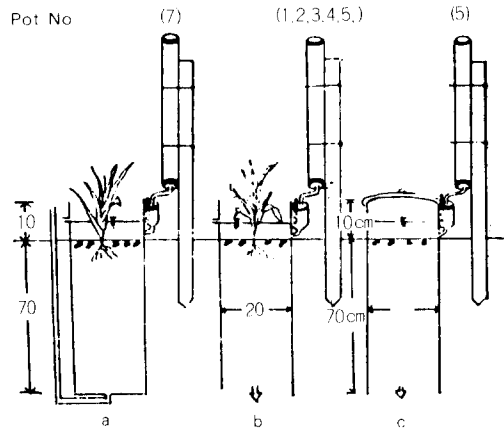


Fig. 1. Micro Lysimeter(unit: Cm)

Table-5. Cultivation

Classi.	Varieties	Seul oak	Bok kwang	Tea back	Remarks
• Transplant		May 23	May 23	May 23	
• Commencement of observation		May 25	May 25	May 25	
• Heading		July 26	July 30	Aug 4	
• Drainage of submerged paddy		Sep 1	Sep 5	Sep 10	
• Harvest		Sep 7	Sep 10	Sep 16	

補強하였다. 여기서水深 7處理는 Table-6 과 같이 물消費測定은 Micro Lysimeter를 이용하여 다음과 같이測定하였다.

1) 水稻 3品種에 對하여 Table-6의水深(處理)을 基準으로 全消海水量을 每日午前 10時에測定하였다.

2) Pot No. 3의變水位處理는 活着期(10日間) 幼穗形成期(25日間), 出穗期(10日間)는 60mm, 有效分蘗期(25日間) 乳熟期(10日間) 糊熟期(10日間)는 40mm 黃熟期(10日間)는 20mm로調節하였다(但, 無効分蘗期 10日間は落水함).

3) Pot No. 5(有蓋)의滲透量測定은 湛水深 50mm로固定하여 每日午前 10時에測定하여 減水深測定 Pot와 對比差引하여 滲透量을計算하였다.

4) Pot No. 7(有底)과大型 Lysimeter는 每日午前 10時에消費水量測定과 同時에 Lysimeter 底面의滲透水로 Pump를排水하여 이를測定하여서 Pot No. 1, 2, 3, 4, 5, 6의 減水深測定과 비교하여 蒸發散量을計算하고, 이를 다시 Pot No. 5의滲透量과 비교, 再檢하여 물소비량을計算하였다.

#### IV. 結果 및 考察

##### 1. 물管理(湛水) 狀況

本圃場은 砂壤土가 7 m以上堆積된 沖積地로 牛頭農組에서 本畝栽培期間 동안만 물을供給받고 있어서 移秧初期나 落水期에는 地下水가 急上昇 또는 急降下하는 關係로 滲透水量의 變化가 極히 銳敏하였다. 平素의 물管理는 圃場에 들어오는 用水路를 別途로 두고 물고를 開閉하였으며, Micro Cylinder 유리관의 물供給은 用水路의 물을 簡易濾過하여 깔때기付 주전자로 供給하였는데 1m 길이의 유리관에서 太陽光線의 直射로 水温이 相當히 上昇하면서 Cylinder에 供給되고 있

Table-6. Depth of water in paddy(treatment)

Pot No.	1	2	3	4	5	6	7
Depth (mm)	80	20	20, 40, 60 Control	40	50 infiltration	60	60 Bottom

어서 温水供給이라 볼 수 있다. 그러므로 江原道와 같이 冷害의 影響을 敏感하게 받는 地域에서는 收量增加의 要因으로 作用했으리라 推測된다.

##### 2. 벼生育 및 收量調査

江原道 農村振興院의 標準栽培法에 準하여 管理한 結果 Table-7과 같은 成長過程과 Table-8과 같은 收量을 얻었다. 즉 用水供給이 圓滑하여 標準草丈值(雪岳: 64.2cm, 福光 88.6cm, 太白 71.3cm)를 上回하여 栽培上으로는나 물관리 上으로 보아 試驗이 잘 遂行되었다고 判斷된다. 10a當 收量은 江原道 標準值보다 雪岳 1.06倍, 福光 1.94倍, 太白 1.89倍의 增收을 보아 679.7kg/10a, 1,307kg/10a, 1,379.9kg/10a를 얻었다.

##### 3. 用水量調査

###### 가. 灌溉期間과 물收支

Table-9에서 보는바와 같이 벼栽培에서 灌溉期間은 雪岳 99日, 福光 104日, 太白 109日이었는데, 99日~109日의 灌溉期間에 571mm~707mm의 降水量이 있었으며, 葉水面蒸發量, 滲透量, 減水深法에 依한 有效雨量을 適用하여 品種別로 21年間(1966~1986) 물收支分析을 한 結果 年平均雪岳은 573.6mm, 福光은 585.6mm, 太白은 592.9mm의 灌溉用水가 不足한 것으로 나타났다(Table 13, 14, 15 참조). 한편, 灌溉期間中의 有效雨量은 降雨量의 71%로서 飯島<sup>24,25</sup>가 報告한 74%에 近接한 값을 보였다.

###### 나. 消費水量

各品種別로 實測值에 依하여 整理한 旬別消費水量은 Table-9와 같이 全消費水量은 雪岳-

春川地域의 獎勵水稻品種의 用水量 測定試驗

Table-7. Surveying of growth

1) Plant height

(Unit : cm)

Date Line	Transplant	June 1	June 11	June 21	July 1	July 11	July 21	Harvest
Seul oak	21	23	30.4	37.6	49.9	59.7	69.6	83.5
Bok kwang	23.2	27	34.7	43.5	58	68.3	79.7	103.6
Tae back	16.5	18.4	29.5	39.1	52.9	65.8	83.1	90.1

2) Number of tillers

(Unit : cm)

Date Line	Transplant	June 1	June 11	June 21	July 1	July 11	July 21	Harvest
Seul oak	3	3	8.3	15.2	20.1	20.1	21.7	23.7
Bok kwang	3	3	8.9	16.4	23.4	25.5	26.5	27.1
Tae back	3	3	5.8	11.3	23.0	26.3	28.9	28.1

Table-8. Growth of rice and yields

Variety	Item Treatment	Plant height (cm)	Culm height (cm)	Per hill (g)				Number of grains per hill	Weight of 1,000 grains (g)	Yield for kg/10a	Remarks
				Number of tillers	Weight of unhusked rice	Weight of stran	S/R				
Seul oak	2cm	77.4	74.6	22.6	28	25.2		85.3	25.1	Standard 638.5	1.06times
	4cm	84.3	77.7	21.6	27.8	26.8		84.1	6.6		
	6cm	87	80.1	21.4	30.5	24.2		89.1	29.4		
	8cm	82.6	77	22	28.3	23.1		85.4	23.5		
	2.4.6cm	81.2	77.7	24.6	30	24.5		82.3	25.8		
	Bottom	88	80.4	21.9	30.4	26.2		82.7	30.1		
	Total	500.5	467.5	134.1	175	150		508.9	160.5		
	Mean	83.4	77.9	22.4	29.2	25	0.86	84.8	26.8		
Bok kwang	2cm	103.3	80.9	22.9	45.7	36.7		80.3	28	Standard 675.3	1.94times
	4cm	101.8	93.9	25.6	46	36.3		85	27.2		
	6cm	114.4	94.9	27.8	47.3	38.1		89	24.9		
	8cm	100.7	91.3	25.7	50.3	50		84.3	27.9		
	2.4.6cm	97.7	90	24.7	43.5	32.5		103.2	26.8		
	Bottom	114.8	92.3	31.2	55.6	48.5		88.2	26.4		
	Total	632.7	543.3	157.9	288.4	242.1		530	161.2		
	Mean	105.5	90.6	26.3	48.1	40.4	0.84	88.3	26.9		
Tae back	2cm	86.5	80.9	24.9	45.7	40.5		100.7	24.3	Standard 731.4	1.89times
	4cm	92.1	82	28.7	48.6	48.2		110.7	23.3		
	6cm	91.3	82.7	27.8	44.5	50.5		107.4	23.5		
	8cm	94	87.3	31.7	49.8	51.7		104.2	23.8		
	2.4.6cm	86.7	83.8	22.2	41.9	33.5		110.7	23.0		
	Bottom	90.2	82.5	25.1	46.5	42.5		107.2	23.5		
	Total	540.8	499.2	160.4	277	266.9		640.9	141.4		
	Mean	90.1	83.2	26.7	46.2	44.5	0.96	106.8	23.6		

1068.4mm, 福光1102.6mm, 太白1195.6mm이며, 消費水量 對蒸發計蒸發量의 比 U/V는 全生育期를 통하여 雪岳 2.5 福光 2.5, 太白 2.7이고 그 旬別最

高值는 福光과 太白은 7月上旬에 各各 3.0, 3.2로 雪岳은 7月中旬에 3.0으로 나타나 이때가 가장 旺盛한 生長期로서 水消費도 가장 많은 것을 알 수

Table-9. The Calculation of consumptive use of water by experiment

Classi- Period	Weather Condition			Seul oak(99days)						Bok kwang(104days)						Tea Back(109days)						
	Aver. T (°C)	Rainfall (mm) (R)	The days of R (days)	Pan Evapora- tion (mm) (V)	Consumptive use of water U (mm)		Infiltration P (mm)		Evaportrans- poration ET (mm)		Consumptive use of water U (mm)		Infiltration P (mm)		Evaportrans- poration ET (mm)		Consumptive use of water U (mm)		Infiltration P (mm)		Evaportrans- poration ET (mm)	
					U	U/V	P	P/V	ET	ET/V	U	U/V	P	P/V	ET	ET/V	U	U/V	P	P/V	ET	ET/V
May L	138.6	1.0	1(1)	36	85.9	2.4	43.9	1.2	33.1	0.9	81.6	2.3	47.2	1.3	36.7	1.0	78.6	2.2	40.6	1.1	34.2	1.0
E	210.2	12.6	3(2)	56.1	141.7	2.5	72.1	1.3	63.8	1.1	115.5	2.0	56.9	1.2	61.1	1.1	138.0	2.5	66	1.2	65.0	1.2
June M	213.9	39.3	4(1)	46.4	120.0	2.6	65.7	1.4	60.7	1.3	118.7	2.6	60.5	1.3	58.0	1.3	119.2	2.6	57.9	1.2	62.6	1.3
L	233.3	26.2	3(2)	45.6	121.09	2.7	58.6	1.3	53.6	1.2	119.7	3.0	61.4	1.3	53.7	1.2	116.8	2.6	59.3	1.3	55.6	1.2
E	230.0	98.7	5(3)	36.3	100.8	2.7	57.5	1.6	51.2	1.4	106.4	2.9	62.4	1.7	52.4	1.4	117.5	3.2	59.6	1.6	55.5	1.5
July M	237.8	104.6	5(2)	45.7	109.1	3.0	66.4	1.8	57.5	1.6	105.9	2.5	61.1	1.7	60.2	1.7	111.6	3.1	57.8	1.6	66.5	1.8
L	280.1	58.2	6(2)	43.6	114.0	2.5	50.6	1.1	59.9	1.3	113.6	2.5	62.9	1.4	55.0	1.2	121.5	2.7	57.3	1.3	59.0	1.3
E	262.1	63.0	4(2)	44.9	96.2	2.2	60.5	1.4	47.8	1.1	109.8	2.4	54.9	1.3	58.5	1.3	116.4	2.7	53.4	1.2	66.9	1.5
Aug M	253.4	55.0	4(2)	44.9	95.4	2.1	56.2	1.3	49.7	1.1	106.7	2.6	54.5	1.2	48.8	1.1	103.4	2.3	47.0	1.0	51.9	1.2
L	264.0	127.0	5(2)	36.6	76.7		53.4	1.5	40.9	1.1	95.2	2.6	55.7	1.5	42.3	1.2	97.6	2.7	49.0	1.3	48.0	1.3
Sep E	217.8	186.2	4(1)	** 15.5 *** 26.4	-	-	-	-	-	-	30.5	2.0	20.1	1.3	13.4	1.0	75.0	2.8	45.2	1.7	33.2	1.3
Total	2,541.2	771.8	44(20)	*428 **443.5 ***454.4	1,068.4	2.5	593.2	1.4	520.1	1.2	1,102.6	2.5	607.6	1.4	540.1	1.2	1,195.6	2.7	593.1	1.3	598.4	1.3

( ) : Number of rainfall day less than 5mm a day  
 Seul oak : from May 25 to Aug. 31( \*)  
 Bok kwang : from May 25 to Sep. 5 (\*\*)  
 Tea Back : from May 25 to Sep. 10 (\*\*\*)

春川地域의 獎勵水稻品種의 用水量 測定試驗

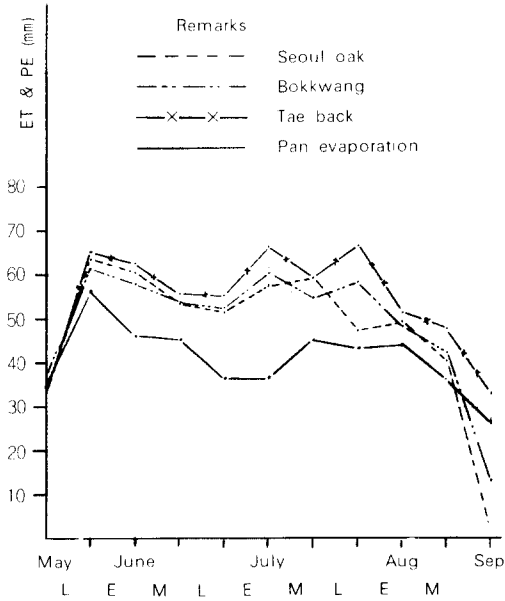


Fig. 2. The change of pan Evaporation and Evapotranspiration by Varieties

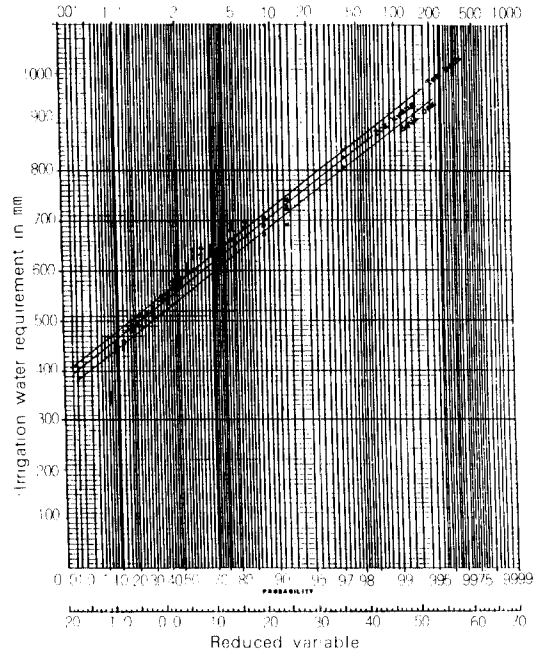


Fig. 3. Frequency of irrigation water requirement

있다. 葉水面蒸發量(ET)과 滲透量(P)의 蒸發計蒸發量에 對한 比는 雪岳: ET/V=1.2, P/V=1.4 幅光: ET/V=1.2, P/V=1.4, 太白: ET/V=1.3, P/V=1.3으로서 葉水面蒸發量과 滲透量이 若干 많아서 蒸發計蒸發量의 1.2~1.4倍 정도의 比率을 보여서 福田<sup>15, 16</sup>等이 報告한것과 같은 結果

를 나타냈다. 그리고 물消費의 全般的인 Pattern은 fig.2에서 보는바와 같이 大體로 蒸發計蒸發量의 變動에 거의 비슷하게 變動하고 있어서 氣象狀態의 變動과 密接한 關係에 있다는 것을 알수 있으며 그 밖의 若干의 差異는 植物本然의 生理的인 差異에서 오는 것으로 解析된다.

Table-10. Crop coefficient(Kc) by formula

Period	Line Method	Seul oak				Bok kwang				Tea back				Remarks
		B	P	H	T	B	P	H	T	B	P	H	T	
May	L	1.00	1.04	0.83	1.04	1.10	1.13	0.88	1.06	1.02	1.05	0.83	0.98	B: Blaney & criddle P: Penman
	E	1.18	1.20	0.96	1.39	1.14	1.15	0.93	1.32	1.19	1.22	0.98	1.40	
Jun	M	1.12	1.27	1.01	1.31	1.08	1.24	1.00	1.24	1.10	1.27	1.03	1.27	H: Hargreaves T: Thornthwait
	L	0.89	1.15	0.92	1.08	1.18	1.07	0.92	1.19	0.92	1.19	0.99	1.11	
July	E	0.88	1.24	0.94	1.09	0.92	1.17	0.96	1.13	0.98	1.26	1.02	1.20	
	M	0.94	1.42	1.12	1.17	1.00	1.54	1.22	1.23	1.09	1.69	1.33	1.36	
Aug	L	0.81	1.25	0.94	1.05	0.76	1.25	0.92	0.99	0.81	1.31	0.98	1.06	
	E	0.72	1.13	0.95	0.92	0.90	1.34	1.14	1.15	1.03	1.56	1.31	1.31	
Sep	M	0.78	1.03	0.86	1.00	0.78	1.07	0.89	0.99	0.87	1.20	1.00	1.12	
	L	0.66	0.97	0.76	0.84	0.72	1.02	0.85	0.93	0.81	1.15	0.95	1.06	
Sep	E					0.56	0.80	0.65	0.70	0.67	0.99	0.86	0.84	

Table-11. Evapotranspiration (ETO) by formula (1966~1986)

unit : mm

Varieties method Year	Seuloak (99days)				Bok Kwang (104days)				Tea Back (109days)			
	B-C	Penman	Harg	Thorn	B-C	Penman	Harg	Thorn	B-C	Penman	Harg	Thorn
1966	493	492	421	503	547	517	454	534	569	559	488	577
1967	524	504	471	522	582	532	512	556	606	575	553	601
1968	492	556	545	500	545	597	601	529	565	651	654	570
1969	476	496	446	493	527	521	481	523	549	565	519	564
1970	487	454	392	498	544	486	426	532	566	528	460	575
1971	500	481	403	507	554	511	438	537	575	555	473	579
1972	499	571	484	504	547	601	517	531	568	650	557	571
1973	546	576	486	536	599	610	525	567	625	659	566	611
1974	472	585	538	491	525	622	585	523	548	673	632	565
1975	501	505	503	507	557	538	552	540	580	583	599	583
1976	492	533	485	499	544	568	525	520	565	614	566	570
1977	509	581	498	509	567	617	542	542	587	670	587	584
1978	515	470	353	513	568	496	380	543	589	535	408	584
1979	492	504	424	502	544	537	462	532	565	583	502	573
1980	482	482	433	491	531	514	468	519	549	555	505	558
1981	500	509	430	505	551	541	468	534	572	587	507	575
1982	492	527	463	501	545	561	504	531	567	610	548	573
1983	494	518	508	498	549	545	546	529	569	591	590	571
1984	337	555	518	532	591	584	560	562	615	634	606	606
1985	525	484	529	524	583	514	571	558	606	558	616	602
1986	496	516	479	542	551	550	526	575	571	598	570	615
Total	10,524	10,899	9,809	10,677	11,651	11,562	10,643	11,326	12,106	12,536	11,506	12,207
$\bar{X}$	501.1	519	467.1	508.4	554.8	550.6	506.8	539.3	576.9	596.9	547.9	581.3
$\sigma$	18.5	37.6	49.9	14.3	19.6	39.9	55.1	15.0	20.7	43.7	60.3	15.9

Table-12. Comparison of Evapotranspiration

unit : mm

Method Varieties	By experiment	By formula			
		Blaney & criddle	Penman	Hargreaves	Thornthwaite
Seu loak	520.1	513.0	518	508.3	524.1
Bok kwang	540.1	568.7	548.4	550.8	556.0
Tea back	598.4	590.3	595.1	595.5	598.7

This figure indicate average value for four years from '83Yr to '86Yr

觀測調査된 旬別 葉水面蒸發量值로 誘導해 낸 Ke값과 春川觀測所의 21個年間(1966~1986)氣象資料를 Blaney & criddle, Penman, Hargreaves Thornth Waite 公式에 適用시켜 電算處理한 結果 Table-11과 같으며 이들 4公式中에서 Table-

12와 같이 本 實驗値와 計算値의 4年間 平均値가 가장 近接하게 나타난 公式이 Penmen式이었다.

따라서 Penman式을 利用하여 品種別로 長期間('66~'86)의 물 收支分析을 한것이 Table-13,14, 15이다.



Table-13. Water balance on seul oak(Cultivated period: 99days)

unit : mm

Year	Rainfall	Pan-Evaporation	Evapotranspiration	Effective Rainfall	Irrigation Water requirement
1966	1,298.9	398.8	492.6	632	439.1
1967	761.8	401.3	503.9	587	498.6
1968	745.2	467.9	556.3	536.7	597.9
1969	761.0	355.2	496.0	541.6	532.6
1970	934.1	377.2	453.9	738.8	352.6
1971	797.9	381.7	480.7	614.4	443.9
1972	995.6	479.8	571.5	501.7	690.5
1973	522.9	457.2	575.6	527.5	683.5
1974	564.3	403.2	585.1	481.7	681.0
1975	775.2	414.3	505.1	588	513.9
1976	682.4	437.2	533.7	533.2	624.9
1977	463.6	531.9	581.5	353.2	807.6
1978	1,043.8	432.3	470.4	542.8	504.4
1979	907.2	422.4	503.9	596.2	489.7
1980	615.2	420.7	482	511.5	563.8
1981	1,095.5	452.0	509.2	659.4	487.4
1982	505.7	467.8	526.7	473.8	658.9
1983	625.7	424.6	518.1	503.2	592.9
1984	715.9	312.8	552.9	518.1	672.2
1985	433	469.5	484.4	433.0	639.9
1986	575	422.7	516.6	568.1	570.9
Total	15,820.9	8,930.5	10,900.1	11,441.9	12,046.2
X	753.4	425.3	591.1	544.8	573.6
σ	221	46.6	37.6	79.9	104.9

Table-13에서 雪岳의 경우 年平均 573.6mm의 물을 供給해야 하며 600mm以上 不足한 年度는 8個年('72, '73, '74, '76, '77, '82, '84, '85)이며 福光의 경우는 585.6mm에 10個年('68, '72, '73, '74, '76, '77, '82, '84, '85)으로 太白의 경우는 592.9mm에 10個('68, '72, '73, '74, '76, '77, '82, '83, '84, '85)으로서 各 品種 共히 灌溉期間에 年平均 584mm의 用水量이 必要하였으며 10年頻度에 對한 必要水量은 雪岳의 경우 693mm/年, 福光의 경우 712mm/年, 太白의 경우 728mm/年로 各各 分析되었다(Fig.3 참조).

### V. 結 論

本 研究는 春川地域의 獎勵品種인 雪岳, 福光 및 太白에 對한 灌溉用水量과 이에 適合한 蒸發散量 計算公式를 究明하기 위하여 江原道 農村振興院 試驗圃場內에서 遂行되었다.

試驗圃內에 라이시미터를 設置하고 蒸發散量, 滲透量 및 消費水量을 1983년부터 1986년까지 4 個年間 測定함과 동시에 收穫量도 調査하였다.

本 實驗值에 의하여 求한 作物係數 Kc값과 春川測候所의 21年間(1966~1986) 氣象資料를 Blaney & criddle, Penman, Hargreaves 및 Thornthwaite 公式에 適用시켜 Computer로 品種別 蒸發散量을 計算하여 實測値와 比較하였다.

本 分析은 4個年間 實測한 平均値에 依하였으며 그 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 品種別 收穫量은 標準收穫量보다 雪岳이 1.06倍, 福光이 1.94倍, 太白은 1.89倍 增收 되었다.

2. 滲透量을 包含한 消費收量은 雪岳이 1,068mm, 福光이 1,102.6mm, 太白은 1,195.6mm이었다.

3. 實測値에 의한 蒸發散量은 雪岳이 520.1mm 福光이 540.1mm, 太白은 598.4mm를 보였다.

4. 蒸發散量과 滲透量에 對한 蒸發計蒸發量의

Table-14. Water balance on Bok Kwang(Cultivated period:104days)

unit : mm

Year	Rainfall	Pan-Evaporation	Evapotranspiration	Effective Rainfall	Irrigation Water requirement
1966	1,394.8	399.2	517.3	724.9	451.5
1967	814.5	404.4	531.8	685	512.2
1968	843.3	480.1	596.9	606.3	634.4
1969	821.1	360.8	521.3	612.1	546.9
1970	1,058.7	386.7	486.4	783.8	346.2
1971	869.0	388.2	511.6	694.9	456.6
1972	1,069.9	487.9	600.8	563.1	690.1
1973	593.4	468.4	610.0	551.1	686.2
1974	580.2	416.5	622.1	502	724.4
1975	924.7	422.7	538.5	681.8	514.8
1976	683.0	450.2	567.9	574.5	627.0
1977	496.5	545.5	617.5	390.6	827.5
1978	1,070.2	439.1	496.3	585.0	516.3
1979	911.4	433.9	536.7	597.5	545.1
1980	695.4	433	513.6	575.8	570.8
1981	128.9	457.4	541.3	698.0	479.1
1982	505.7	480.3	560.8	478.8	688.7
1983	757.9	430.9	544.9	589.5	602.7
1984	1,080.8	316.9	584.4	543.1	670.3
1985	573.0	464.4	513.8	523.5	634.3
1986	616.7	395.3	550.4	599.8	573.3
Total	17,647.1	9,061.8	11,564.3	12,566.5	12,298.4
$\bar{X}$	840.3	431.5	550.7	598.4	585.6
$\sigma$	245.4	48.7	39.9	87.9	108.1

Table-15. Water balance on Tea back(Cultivated Period:109days)

unit : mm

Year	Rainfall	Pan-Evaporation	Evapotranspiration	Effective Rainfall	Irrigation Water requirement
1966	1,490.9	408.6	559.3	729	454.9
1967	858.7	415.7	575.3	690.2	516.8
1968	857.2	503.0	650.7	608.3	648.9
1969	832.3	375.0	564.7	616.3	546.9
1970	1,094.9	408.3	528.0	788.3	345.7
1971	869.5	407.2	554.8	700.4	457.0
1972	1,082.1	502.5	650.0	568.0	697.2
1973	635.9	483.5	658.6	550.9	694.6
1974	582.9	435.5	673.3	503.9	740.1
1975	949.8	442.4	583.5	690.4	516.6
1976	720.2	473.7	614.5	570.4	640.3
1977	498.3	567.6	670.5	400.8	841.9
1978	1,100.8	448.0	534.6	584.3	521.4
1979	912.4	454.0	583.1	603.6	551.7
1980	698.3	450.0	555.5	575.3	572.2
1981	1,292.4	478.8	586.9	701.8	482.4

春川地域의 獎勵水稻品種의 用水量 測定試驗

Year	Rainfall	Pan-Evaporation	Evapotranspiration	Effective Rainfall	Irrigation Water requirement
1982.	505.7	499.5	610.3	476.4	706.8
1983	775.6	444.2	591.2	591.5	610.7
1984	1,043.3	304.3	633.7	544.6	679.2
1985	583.6	457.5	557.5	528.6	646.4
1986	616.7	411.6	598.1	601.7	579.2
Total	18,001.5	9,371.3	12,534.1	12,624.7	12,450.9
$\bar{X}$	857.2	446.3	596.9	601.2	592.9
$\sigma$	254.9	53.1	43.5	89.1	112.5

比는 1.2~1.4로 나타났다.

5. 1966년부터 1986년까지 21年間 물 收支分析에 의한 必要水量은 全 品種에 對하여 年平均 584mm이었으며 10年頻度 確率値에 對해서는 雪岳 693mm, 福光712mm, 太白 728mm로 分析되었다

6. 實驗된 品種에 對한 作物係數(Kc値)는 Table-10과 같았다.

7. Blaney & criddle, Penman, Hargreaves 및 Thornthwaite 式中에서 實測値와 가장 近接한 式은 Penman 式이었다.

參 考 文 獻

1. adams : Rice Irrigation Measurements and Experiment in Sacramento valley : Calif, Agri, Exp. Sta. Bul, 325 : 175~183(1920)
2. Biggs Rice Field sta, in Calif : Irrigation of Rice in Calif, Calif, Agr, Expt Sta, Bul. 279 : 134~138(1917)
3. Blaney H. F. and W. D. Criddle : Determining water Requirements in Irrigated Areas from Climatological and Irrigation Data. USDA (SCS), TP-96 : 489(1950)
4. Bond, F. G. H. Keeney : Irrigation of Rice in the united states. U. S. Dep. of Agr : Bul. 113 : 91~97(1902)
5. Briggs, L. J. and H. L. Shantz : Daily Transpiration during the normal growth period and its Correlation with the weather, J. Agr. Res. vol. 7(4) : 155~212(1916)
6. 千葉豪外 1名 : 水田의 垂直浸透について 農土 研 vol. 30(3) : 38~41(1962)
7. 曹喜九 : 벼의 蒸發散量에 關한 統計的 研

- 究, 氣象學誌 vol. 8(1) : 23~29(1972)
8. 高田雄之, 田邊邦美 : 灌溉用水에 關する 基礎的 研究. 農土研 vol. 16(1) : 35~41(1948)
9. 高木俊介 : 土壤水의 運動機構, 應用物理 vol. 17(8) : 241~251(1948)
10. Dalton, John : Experimental Essays on the Constitution of mixed gases. Manchester Lit. phil. Soc. Mem. Proc. vol 5 : 536~602 (1802)
11. 玉井處太郎 : 作物의 要水量, 作物生理講座 第 3卷, 戸刈義次 外 2人編 : 38~53. 朝倉書店 (1970)
12. Dan : Estimation and use of water production function in Crops. proc. of ASAE. Irr & Dra. Div vol 97 No IR2 : 291~302 (1971)
13. Downey Lloyd A : water-yield relations for nonforage Crops, Proc. ASCE, Irr., and Dra. Div. NO. IRI1 : 107~114(1972)
14. 富士岡義一 : 適期灌水灌溉と用水量について, 農土研 vol. 24(1) : 34~37(1954)
15. 福田文六 : 普通田に於ける灌溉水量調査 (I), 勸業模範場報告 vol. 5 : 64~68(1910)
16. \_\_\_\_\_ : \_\_\_\_\_ (II) \_\_\_\_\_ vol. 6 : 46~50 (1912)
17. \_\_\_\_\_ : \_\_\_\_\_ (III) \_\_\_\_\_ vol. 7 : 104~108(1913)
18. 古木敏也 : 水稻의 蒸散가 "浸透に及ぼす影響" についての 實驗的 研究. 農業土木試驗場報告, 第2號 : 1~8(1964)
19. Hanks R. J. and G. L. Ashcroft : Applical Soil physics. Soil water and Temperature Application, Springer-Verlag, Berlin Heid-

- elberg. New York(1980)
20. 韓旭東外2名：統一벼用水量에 관한 試驗, 農工利用研究所 試驗研究報告書：47~71(1972)
  21. Hargreaves, G. H : Estimation of potential and Crop Evapotranspiration. Tran. ASCE, vol. 17 (4)(1974)
  22. 黃根：各種 土性別 經濟的 用水量 決定試驗 農工誌 vol. 11(1)：43~61(1969)
  23. 黃根, 金哲基：新品種 統一벼(IR667)의 用水量 測定試驗, 農工誌 vol. 13(4)：21~26(1971)
  24. 飯島寛一郎：稻苗に於ける灌溉水量調査(Ⅰ) 勸業模範場報告 vol. 9：26~32(1915)
  25. \_\_\_\_\_：普通苗に於ける灌溉水量調査(Ⅱ), 勸業模範場報告 vol. 10：102~129(1916)
  26. 伊藤隆二：水稻の栽培(作物大系)：養賢堂：117(1962)
  27. Jensen, M. E.(Ed) : Consumptive use of water and Irrigation water Requirements, Rep. Tech. Con. on Irri, water Requirements, ASCE. Irri. and Dra. Div : 63~90(1974)
  28. 鄭斗浩, 홍송호：벼用水量에 관한 試驗 農工利用研究所 試驗研究報告：23~39(1976)
  29. \_\_\_\_\_： \_\_\_\_\_：117~139(1977)
  30. 金子良：水田用水量の水文學的 考察, 農工研 vol. 25(3)：147~152(1957)
  31. 狩野徳太郎：農業水利の新講, 農業及円藝 36(9)：162~170(1961)
  32. 河原卯太郎：節水栽培, 農工研, vol. 28(8)：46(1961)
  33. 權淳國, 鄭斗浩：新品種 統一벼의 蒸發散에 관한 研究, 農事試驗研究報告書 vol. 1：1~11(1976)
  34. 金哲基：벼 用水量計劃上의 葉面蒸發量 및 株間水面蒸發量에 관한 基礎的 研究, 農工誌11(2)：27~36(1969)
  35. \_\_\_\_\_：水稻의 葉水面蒸發量과 風乾物生産量의 關係에 對하여, 忠北大論文集 vol. 3：249~257(1969)
  36. \_\_\_\_\_, 劉漢烈：벼의 長短程品種의 蒸發散諸係數와 風乾物과의 關係에 관한 研究(Ⅰ) 農工誌16(2)：1~34(1971).
  37. \_\_\_\_\_： \_\_\_\_\_(Ⅱ), 農工誌 16(3)：28~68(1971)
  38. 金始源：早魃期에 있어서 用水管理方法이 水稻生育과 收量에 미치는 影響에 관한 研究, 農工誌 13(1)：33~46(1971)
  39. \_\_\_\_\_：乾霰直播番과 湛水直播番의 土壤物理性變化에 따른 用水量 및 合理的인 管理體系에 관한 研究, 建大學術誌 vol. 13：209~219(1977)
  40. \_\_\_\_\_外2人：水稻品種間의 必要水量 差異에 관한 研究, 農工誌 23(2)：35~44(1981)
  41. \_\_\_\_\_, 嚴泰營：農業用水 必要量算定에 관한 提言, 물의 과학 vol. 4(2)：72~85(1971)
  42. 吉良芳夫外2人：浸透가 土壤作物 ーに及ぼす影響, 農工研 25(3)：339~342(1958)
  43. 黒田昭太郎：光の強さと 光合成, 作物의 光合成と物質生産, 養賢堂：318~330(1971)
  44. 草野岳男：普通水田に於ける灌溉水量調査, 勸業模範場報告, vol. 4：51~56(1910)
  45. 李撓亨：蒸發量測定과 penman公式에 依한 蒸發量計算, 農工誌 8(2)：44~56. (1966)
  46. 松田松二, 富士岡義一：水稻の生育, 微氣象要素 E~TとEについて, 蒸發散量と 繁茂度との關係, 農工研別(10)：36~42. (1965)
  47. Meyer. B. S. and D. B. Anderson : plant physiology : pp 158~362. C. Van. Nostrand Co, Newyork. (1956)
  48. 櫻丙燧：水稻用水量에 관한 試驗研究(第2報) 農工誌2：49~59(1965)
  49. \_\_\_\_\_：벼 生育期中의 水에서의 水分消費에 관한 研究(Ⅰ), 農工誌 11(2)：1~27(1969)
  50. \_\_\_\_\_： \_\_\_\_\_(Ⅱ), 農工誌11(3)：1~10(1969)
  51. \_\_\_\_\_： \_\_\_\_\_(Ⅲ), 農工誌 11(4)：1~5(1969)
  52. 三浦直次郎：水稻에 關する 要水量調査, 勸業模範場 大邱支場 事業成績報告 No. 7：244~255(1912)
  53. 農林部：농업토목설계지침, pp. 193~196(1967)
  54. \_\_\_\_\_：토지개량사업 계획설계기준(관계편) pp. 172~176(1969)
  55. 農業振興公社, 農工試驗所：雷適正用水量調査報告書, pp. 9~41(1970)
  56. 農業振興公社, 農工試驗所：雷適正用水量調査報告書, pp. 12~24(1974)
  57. 農林部, 農業振興公社：農業用水開發用必要

- 水量準基, pp. 4~13(1980)
58. 農水産部, 農業振興公社: 農業用水開發試驗研究(Ⅰ), pp. 345~427(1982)
59. \_\_\_\_\_: \_\_\_\_\_(Ⅱ), pp. Ⅱ 16~34(1983)
60. Pruitt, W. O.: Empirical Method of Estimating Evapotranspiration Using Primarily Evaporation pans. Proc. Conf. on Evapotranspiration. Am. Soc. Agr. Engr. Chicago, Dec. pp. 57~61(1966)
61. Rijetema, P. E: On the Relation between Transpiration soil-physical properties and Crop production as a Dasis of water Supply plants, Institote for Land and water management Res. (1968)
62. Thornthwaite, C.W, II. G wilm anp Others: Report of the committe on Transpiration and Evaporation, 1943~44, Trans, Am. Geophys, Union vol. 25 pt. pp. 683~693 (1980)
63. Tomar. V. S. and J. C. O'Toole: Measurement of Evapotranspiration in Rice, IRRI, pp. 1~12, philipines(1980)
64. 土地改良組合聯合會, 農業土木試驗所: Blancy-Criddle公式에 依한 單位用水量決定法, pp. 8~13(1968)
65. 嚴泰營, 洪鍾震: Hargreaves式에 依한 必要水量算定에 關한 小考, 農工誌 18(3): 33~43 (1976).