

# 排水 設計를 위한 벼의 冠水深 및 冠水被害率 에 關한 研究

## Study on the Rice Yield Reduction and Over head Flooding Depth for Design of Drainage System

金 千 換\* · 金 始 源\*\*  
Cheon Whna Kim, Shi Won Kim

### Summary

The objective of this study is to contribute to drainage planning in the most realistic and economical way by establishing the relationship between rice yield reduction and overhead flooding by muddy water of each growth stage of paddy, which is the most important factor in determining optimum drainage facilities.

This study was based on the data mainly from the experimental reports of the Office of Rural Development of Korea, Reduction Rate Estimation for Summer Crops, published by Ministry of Agriculture and Forestry of Japan and other related research documentation.

The results of this study are summarized as follows

1. Damages by overhead flooding are highest in heading stage and have the tendency of decrease in the order of booting stage, panicle formation stage, tillering stage, and stage just after transplanting.

Damages by overhead flooding of each growing stage are as follows:

- a) It is considered that overhead flooding just after transplanting gives a little influence on plant growth and yield because the paddy has sufficient growth period from flooding to harvest time.
- b) It is analyzed that according to the equation  $y=11.12x^{0.908}$  which is derived from this study, damages by overhead flooding during tillering stage for 1, 2, 3 successive days are 11.1%, 20.9%, and 30.2% respectively.
- c) Damages by overhead flooding after panicle formation stage are very serious because recovering period is very short after damage and ineffective tillering is much. According to the equation  $y=9.58x+10.01$  derived from this study, damages by overhead flooding for 1, 2, 3, 5 successive days are 19.6%, 29.2%, 38.8%, 57.9% respectively.
- d) Booting stage is the very important period in which young panicle has grown up almost completely and the number of glumous flower is fixed since reduction division

\* 農業振興公社 設計1部

\*\* 建國大學校 農科大學

takes place in the microspore mother cell and embryo mother cell. According to the equation  $y=39.66x^{0.558}$  derived from this study, damages by overhead flooding for 0.5, 1, 3, 5 successive days are 26.9%, 39.7%, 72.2% and 97.4%, respectively. Therefore, damages by overhead flooding is very serious during the booting stage.

- e) When ear of paddy emerges, flowering begins on that day or the next day; when paddy flowers, fertilization will be completed 2-3 hours after flowering. Therefore overhead flooding during heading stage impedes flowering and increases sterilizing percentage. From this reason damages of heading stage are larger than that of booting stage. According to the equation  $y=41.94x^{0.559}$  derived from this study, damages by overhead flooding for 0.5, 1, 3, 5, successive days are 27.9%, 63.1%, 80.1%, and 100%.
2. Considering that temperature of booting stage is higher than that of heading stage and plant height of booting stage is ten centimeters shorter than that of heading stage, booting stage should be taken as a critical period for drainage planning because possibility of damage occurrence in booting stage is larger than that of heading stage. Therefore, it is considered that booting stage should be taken as critical period of paddy growth for drainage planning.
  3. Overhead flooding depth is different depending on the stage of growth. In case, booting stage is adopted as design stage of growth for drainage planning, it is considered that the allowable flooding depth for new varieties and general varieties are 70cm and 80cm respectively.
  4. Reduction Rate Estimation by Wind and Flood for Rice Planting of the present design criteria for drainage planning shows damage by overhead flooding for 1 to 2, 3 to 4, 5 to 7 consecutive days; damages by overhead flooding varies considerably over several hours and experimental condition of soil, variety of paddy, and climate differs with real situation. From these reasons, damage by flooding could not be estimated properly in the past. This study has derived the equation which shows damages by flooding of each growth stage on an hourly basis. Therefore, it has become possible to compute the exact damages in case duration of overhead flooding is known.

## I. 緒 論

全國의 總畝面積 130萬ha의 10%에 該當하는 127千ha의 논의 浸水被害 防止問題, 新規造成되는 40萬ha의 干拓地의 除鹽期間의 短縮問題, 農村人口의 減少에 따른 農業機械化時에 農機械의 適時作業 可能, 또는 作業效率의 提高 問題等을 解決하기 위하여 農地排水가 農地改良事業의 새로운 問題點으로 擡頭될 뿐만 아니라 急速히 發展하고 變化된 社會的 經濟的 與件을 勘案하고 營農環境改善이란 次元으로 農地改良事業이 推進 되어야 할 現實이다.

浸水, 流失, 埋沒等 破壞的인 被害防止로 食糧增產, 土壤中の 過剩水를 必要한 期限內에 排除하여 田畝 區分없는 營農으로 食糧의 計劃生産等은 排水改善事業이 施行되어야 解決될 問題이다. 이와같은 排水改善事業은 灌溉改善事業과는 分離해서 생각할 수 없으나 灌溉改善事業과는 相反되는 다음과 같은 特徵이 있다.

첫째, 가뭄 被害는 漸進的이고 長期的이기 때문에 被害에 따라서는 應急措置가 可能하나 浸水の 被害는 몇일사이에 發生되어 應急措置가 不可能하므로 事前에 充分한 施設을 해두지 않으면 그 被害가 크게 마련이다.

둘째, 排水에 對한 認識不足, 降雨나 外水位 및 流出 等の 資料가 不充分 할 뿐만 아니라 統制할 수 없는 自然現象이기 때문에 適正한 設計基準降雨量 및 外水位의 決定이 困難하며 設計時 考慮되었던 狀況 以上이던 언제든지 被害가 發生될 可能性이 있다.

세째, 浸水の 被害는 同一地域內라도 位置나 標高에 따라 浸水深이나 被害時間의 差異로 被害程度가 다르기 때문에 受益者 負擔原則에 따른 事業費의 公正한 賦課가 困難하다.

이와같은 特徵을 勘案한 排水施設의 合理的이고 經濟的인 設計를 위하여는 現實的이고 合理的인 設計基準이 있어야 하나 現 設計基準<sup>2)</sup>에서 使用되는 「벼의 風水害 減收 推定 尺度」는 1948년에 日本의 資料에 의하여 作成된 것으로 氣候, 土壤, 品種等이 韓國의 現實과는 다르며 被害時間單位가 2日單位로 되어있어 몇 時間程度의 冠水時間 差異라도 被害率이 크게 달라지기 때문에 正確한 被害量算定이 어려운 狀態 이므로 筆者는 排水施設의 規模를 決定할때 가장 重要한 因子가 되는 벼의 冠水深과 冠水被害率을 究明하므로써 今後 排水改善事業의 設計基準 改正이나 合理的인 排水施設 計劃에 寄與코저 本 研究를 試圖하게 된 것이다.

## II. 研究史

水稻作의 浸水被害에 對한 研究文獻을 紹介하면 다음과 같다.

日本 農林省 統計調查局<sup>1)</sup>(1948)에서 “農作物被害調查資料 5”에 의하면 벼 生育期中 穗朶期에 冠水被害가 가장크며 1~2日程度 濁水冠水時에도 70%의 減收가 發生된다고 하였고

日本, 宮城統計調查事務所(1952)의 調查報告書<sup>1)</sup>에 의하면 農林17號를 供試品種으로 하여 출수 10日前에 3日間 冠水는 100%의 減收라고 하였으며,

日本, 九州統計指導官室(1957)은 出穗 8日前 1日間 冠水이던 50%, 3日이던 75% 減收된다고 하였고,

日本, 三重縣에서(1963) 農林17號를 供試品種으로 生育期別로 冠水處理結果 出穗 10日前(減數분열기)에 0.5日冠水에 15% 1日冠水에 20%, 3日冠水에 40% 減收 된다고 하였다.

金<sup>16)</sup>(1966) 등은 “浸水 程度가 水稻生育 및 收量에 미치는 영향 調査試驗”에서 農林 6 號가 移秧後

5~15日頃에 1日間 冠水浸水時 15.5%, 3日間이면 24.4% 5日間이면 56.5%의 減收被害를 본다고 하였으며,

金<sup>16)</sup>(1966~7) 등은 “冠水의 程度가 水稻生育 및 收量에 미치는 영향에 關한 試驗”에서 幼穗形成期에 있어서는 12, 24時間의 冠水處理는 현저한 差異가 나타나지 않으나 穗朶期에 48時間 以上の 冠水處理區에서는 收穫皆無 狀態를 免치 못한다고 하였고,

趙<sup>1)</sup>(1972) 등은 “水稻의 冠水被害에 關한 調査研究”에서 穗朶期의 冠水被害는 出穗直前의 冠水被害보다 더 큰 경향을 보여 標準區에 比하여 收量은 0.5日間 冠水에서 21%, 1日間에서 36% 2日間에서 52% 3日間에서 76%, 그리고 4日間에서 94%의 減收를 보인다고 하였고,

朴<sup>2)</sup>(1972) 등은 “品種間 浸水抵抗性에 關한 生理的研究”에서 統一벼가 다른 品種인 밀성, 아끼바레 진흥 보다 越等이 收量性이 높고 浸水抵抗性이 強하였다고 하였으며,

咸<sup>1)</sup>(1979) 등은 “벼 生育後半期 冠水에 의한 被害調査”에서 穗朶期(밀양 23號)에 冠水被害는 出穗 直前으로 全部 不稔을 보인 現狀은 冠水被害의 特徵으로 生覺되며 영화(穎花)의 退化 및 不稔의 增加로 3日間 冠水에 66% 5日間 冠水時에는 96.5%의 減收를 보이고 幼穗形成期(밀양 15號)의 冠水被害는 地莖退化 및 穎花數減少로 1日間 冠水에 2.1% 3日間 冠水에 16.7%의 減收率을 보인다고 하였고

金<sup>16)</sup>(1981) 등은 “統一系 벼의 浸水被害 要因에 關한 實驗的研究”에서 벼 減收率은 浸水被害가 가장 큰 出穗始期에서 冠水의 境遇가 장크게 나타나고 이때 1日間の 浸水에도 密陽23號의 減水率이 73% 아끼바레는 55%로서 密陽23號의 浸水被害는 아끼바레보다 훨씬 致命的인 것으로 나타난다고 하였고 草長의 2/3 및 1/3 浸水時에도 密陽23號, 아끼바레 共히 20%와 10%의 減收를 나타낸다고 하였다.

## III. 資料 및 分析 方法

### 1. 資料

水稻作의 生育期別 冠水 被害率을 究明하기 爲하여 「農村振興廳 試驗研究報告書」<sup>1)1)10)17)18)22)28)24)</sup> 日本 農林省의 夏作減收推定尺度<sup>14)</sup> 및 關係 研究 文獻<sup>10)12)</sup>을 使用 하였으며 水稻作의 冠水深을 決定하기 爲하여 農村振興廳 作況 報告書<sup>1)</sup>를 本 研究資

자료 사용 하였다.

2. 分析 方法

水稻作의 生育期別, 冠水 時間別 被害率을 決定하기 위하여 生育期別로 調査 試驗한 資料를 Method of least Squares에 依하여 1次回歸方程式, 2次回歸方程式 및 指數方程式을 E.D.P.S를 利用하여 計算誘導하여 比較 分析 하였으며 各各의 方程式에 對한 相關係數(Correlation Coefficient)  $r$ 을 計算하고 R.A. Fisher and F. Yates의 Statistical Table(T 分布表)에 依하여 有意性 檢定을 하였다.

IV. 結果 및 考察

1. 移秧 直後(Just after trans planting stage)의 冠水 被害와 被害率

表-1, 및 Fig. 1, 에서 보는바와 같이 移秧 直後의 冠水 被害는 1日 冠水의 境遇 減收率이 10% 以內이고 3日間 冠水時 20% 以內 5日間 冠水時 30% 程度인데 宮城縣에서(1952)는 移秧後 7日頃에 冠水 處理 結果를 보면 冠水 5日이라도 被害가 없고 7日 冠水의 境遇 10% 程度의 被害가 있는 것으로 日本

Table-1. Experimental Data for Rice Yield Reduction by Flooding Completely under Muddy Water (Just after transplanting stage)

Stage	Flooding Duration(day)	Yield Reduction(%)								Remarks
		0.5	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	
Just after transplanting stage (Experimental Data)			9.5	—	17.1	—	—	—	51.2	—
			7.1	—	20.7	—	—	—	55.3	—
			—	—	27.0	—	—	—	—	—
			—	—	12.0	—	—	23.0	—	—
			—	—	11.0	—	—	47.0	—	—
			—	—	13.0	—	—	35.0	—	—
			—	18.0	—	22.0	—	58.0	—	—
Average			8.3	18.0	16.8	22.0	—	40.7	53.3	Calculation
	$y=7.40x-2.92$ ( $r=0.874$ )		4.5	11.9	19.3	26.7	34.1	41.5	48.9	''
	$y=0.88x^2+0.08x+8.80$ ( $r=0.890$ )		9.8	12.5	17.0	23.3	31.3	41.1	52.6	''
	$y=6.97x^{0.826}$ ( $r=0.866$ )	3.7	7.0	13.2	19.3	25.3	31.0	36.7	42.3	''

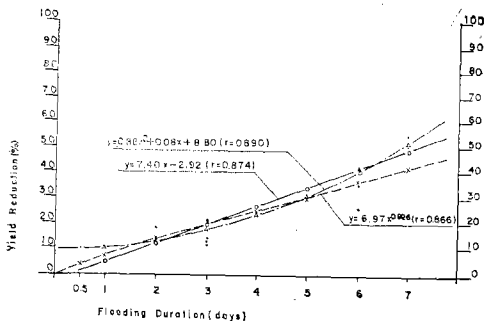


Fig. 1. Relationship between Rice Yield Reduction and Flooding Duration Completely under Muddy Water (Just after transplanting stage)

宮城統計調査事務所에서 發表 한것과는 差異가 있으나 宮城縣의 경우 8月 中下旬頃의 水害까지는 二段穂을 형성하여 玄米로될 收量을 豫상한 比率이라고 보고된 것을 보면 우리나라의 경우 8月 中下旬이면 出穂期에 해당되는 것이므로 試驗環境 조건의 차이인 것으로 생각된다. Fig-2, 및 Table-2, 에서 보는바와 같이 生育期別 冠水 被害는 活着期에 被害가 적은 것으로 나타난다.

이는 被害後 生育 期間이 긴데다 被害 部位가 回復됨으로써 生長力이 强하여 分蘖을 촉진시키어 穂數의 增加를 가져온 것으로 생각된다.

金<sup>10)</sup> 등의 發表에 의하면 苗莖期의 冠水는 無處理 時의 指數를 100으로 보면 12시간 처리때는 109.4, 24시간이상 72시간 까지 처리 결과도 100이상으로 나타나는데 이상에서 移秧直後는 被害後 收穫期가

Table 2. Table showing yield Reduction and Flooding Duration Completely under Muddy water for Different Growth stage.

Flooding Duration(day)	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	Remark
Stage															
Just after transplanting stage	4.	7.	10.	13.	16.	19.	22.	25.	28.	31.	34.	37.	39.	42.	$y=6.97x^{0.928}$
Tillering stage	6.	11.	16.	21.	26.	30.	35.	39.	44.	48.	52.	57.	61.	65.	$y=11.12x^{0.908}$
Panicle formation stage	15.	20.	24.	29.	34.	39.	44.	48.	53.	58.	63.	68.	72.	77.	$y=9.58x+10.01$
Booting stage	27.	40.	50.	58.	66.	73.	80.	86.	92.	97.	100.	—	—	—	$y=39.66x^{0.558}$
Heading stage	28.	42.	53.	63.	72.	80.	88.	95.	100.	—	—	—	—	—	$y=41.94x^{0.589}$

※ 비고란의 방정식은 피해율(감수율)계산에 사용된 방정식임.

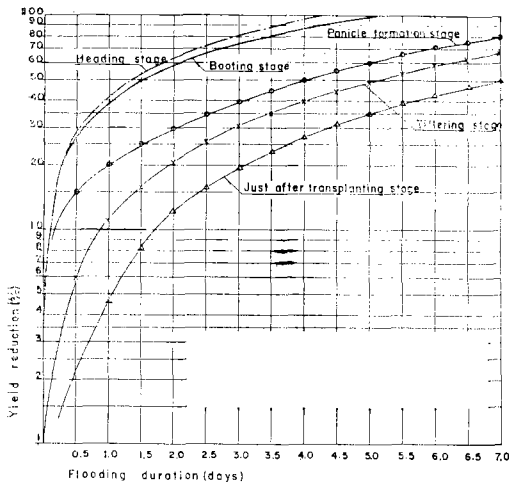


Fig. 2. Curve Showing Yield Reduction and Flooding Duration Completely under Muddy Water for Different Growth Stage

지의 充分한 生育 期間이 있어서 回復에 依한 生育이나 收量에 큰 影響이 없는 것으로 생각된다.

### 2. 分蘗期(Tillering Stage)의 冠水 被害 및 被害率

分蘗期는 Table2 및 Fig2에서 보는 바와 같이 移秧 直後 보다는 被害가 큰 것으로 나타나는데 金<sup>19)</sup> 朴<sup>24)</sup> 등이 調査된 資料에 依하면 1日 冠水에도 8.4% 15.5%로 平均 11%의 減收가 있는 것으로 나타나고 3日間 冠水 일때는 19.4~26.5%로 平均 23.4%의 減收를 나타내고 있으나 日本의 境遇 三重縣(1963), 宮城縣<sup>14)</sup>(1952) 등에서 調査된 것으로 보면 3

日 冠水라도 被害가 없는 것으로 報告 되어 있으며 福岡縣에서 農林 18號를 對象으로 調査 한것을 보면 最高 分蘗期에는 1日間 冠水 일때 5%, 2日間 冠水는 15% 3日間 冠水는 40%의 減收가 있었다고 發表되어 있다.

本研究 分析 結果는 Table-3 및 Fig.3에서 보는 바와 같이 資料가 分散되어 1, 2次 回歸方程式이나 指數方程式이 약간의 間隔이 있으나 相關係數가 크고 有意性이 가장 높은 指數方 式  $y=11.12x^{0.908}$ 에 依한 冠水 時間別 被害率을 計算한 結果 1日間 冠水 時에는 11.1% 2日間은 20.9% 3日間은 30.2% 5日 間이면 48%의 減收가 있는 것으로 나타난다.

### 3. 幼穗 形成期(Panicle Formation Stage)의 冠水 被害率

幼穗形成期の 冠水 被害率은 統一系統의 新品種과 農林 6號等 在來品種 7個 品種으로 試驗된 7個 調査報告書<sup>11)18)17)18)19)28)</sup>를 分析 해본 結果 1日間 冠水에서 2.1~21.8%까지 被害가 있고 2日의 境遇는 6.7~46.2%, 3日의 境遇는 16.7~50.8%까지 被害가 있으며 金<sup>19)</sup>(1968) 등은 2日間 冠水에도 46.2% 減收되고 4日間 冠水의 境遇에도 96.4%의 極甚한 被害가 있는 것으로 報告한바 있고 日本의 境遇 宮城縣 岩沼町<sup>14)</sup>(1952)에서 調査된바로는 3日 冠水일 때 30%, 福岡縣 筑後市(1957)에서는 35%의 減收率이 나타난다고 하였다.

이는 幼穗形成期 부터는 冠水 被害後 回復의 期間이 짧고 無効分蘗 등이 많아 收量이 떨어져 深刻한 程度가 되고 Table-4 및 Fig. 4에서 보는것과 같이 指數式  $y=17.33x^{0.699}$ 는 자료의 특수성 때문에 有意

Table-3. Experimental Data for Rice Yield Reduction by Flooding Completely under Muddy Water (Tillering stage)

Stage	Flooding Duration (day)		Yield Reduction(%)							Remarks
	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0		
Tillering stage (Experimental Data)	—	8.4	—	19.4	—	—	—	34.2	—	
	—	9.2	—	26.5	—	—	—	44.7	—	
	—	—	—	17.0	—	—	28.0	—	—	
	—	—	—	62.0	—	—	80.0	—	—	
	—	—	—	40.0	—	—	86.0	—	—	
	—	—	—	51.0	—	—	87.0	—	—	
	—	15.5	—	24.4	38.0	56.6	61.5	86.2	—	
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Average	—	11.0	—	34.4	38.0	56.6	68.5	55.0	Calculation	
$y=8.89x+6.42(r=0.696)$	—	15.3	24.2	33.1	42.0	50.9	59.8	68.7	"	
$y=-1.26x^2+19.28x-9.76(r=0.716)$	—	8.2	23.7	36.7	47.1	55.0	60.4	63.2	"	
$y=11.12x^{0.668}(r=0.814)$	5.9	11.1	20.9	30.2	39.2	48.0	56.6	65.1	"	

Table-4. Experimental Data for Rice Yield Reduction by Flooding Completely under Muddy Water(Panicle formation stage)

Stage	Flooding Duration (day)		Yield Reduction(%)							Remarks
	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0		
Panicle Formation stage (Experimental Data)	—	—	29.2	46.3	—	—	—	—	—	
	—	21.4	42.4	50.8	—	—	—	—	—	
	—	—	6.7	16.7	—	—	—	—	—	
	—	—	30.7	38.7	—	—	—	—	—	
	—	—	—	30.0	—	—	50.0	—	—	
	—	—	—	35.0	—	—	76.0	—	—	
	—	—	—	48.0	—	—	84.0	—	—	
	—	—	—	40.0	—	—	64.0	—	—	
	—	—	46.2	—	—	—	—	—	—	
	—	21.8	—	37.8	—	—	—	—	—	
	—	16.8	—	30.0	—	—	—	—	—	
	Average	—	20.0	31.0	37.3	—	—	68.5	—	Calculation
$y=9.58x+10.01(r=0.808)$	14.8	19.6	29.2	38.8	43.4	57.9	67.5	77.1	"	
$y=0.35x^2+6.94x+13.92(r=0.809)$	17.5	21.2	29.2	37.9	47.4	57.5	68.3	79.9	"	
$y=17.33x^{0.665}(r=0.665)$	10.7	17.3	28.1	37.4	45.7	53.4	60.6	67.5	"	

성이 떨어지고 2次回歸方程式보다는 1次回歸方程式이 統計的으로 有意性이 높아  $y=9.58x+10.01$ 式을 채택하여 피해를 계산한 결과 1日間 冠水에는 19.6%, 2日間 冠水에는 29.2% 3日間이던 38.8%, 5日間이던 57.9%의 減收가 나타나는 것으로 分析

되었다.

4. 穗孕期(Booting Stage)의 冠水被害와 被害率

韓國에서의 試驗 調査된 資料(5)(11)(18)(17)(19)를 보면

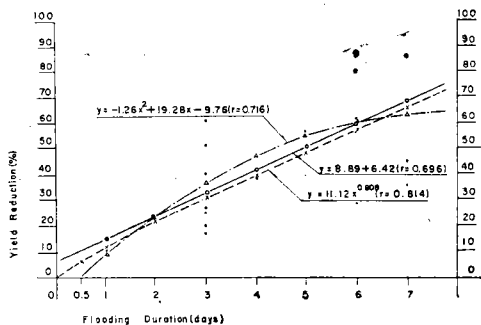


Fig. 3. Relationship between Rice Yield Reducing and Flooding Duration Completely under Muddy Water (Tillering stage)

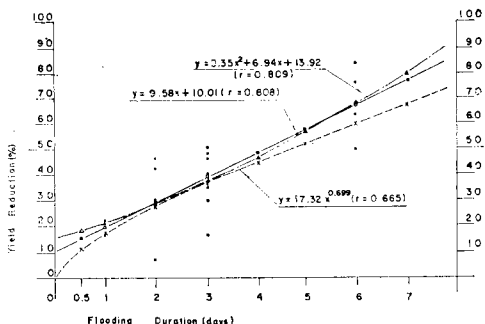


Fig. 4. Relationship between Rice Yield Reduction and Flooding Duration Completely under Muddy Water (Panicle formation stage)

12時間間 冠水 되어도 濁水의 境遇 18.4~48.4%의 減收率을 보이고 1日間의 境遇 29.8~62.1%, 2日間의 境遇는 45.8~94.5%의 減收率을 보이고 있는데 金<sup>16)17)</sup> 등은 農林 6號를 1/20,000 pot 試驗 結果 無處理區에 비해 24時間 以上 處理區에서는 收穫皆無의 狀態를 던치 못 하는바 이는 生育不振과 回復에 따른 旺盛한 生長力으로 分蘖을 促進 시키어 穗數는 確保하였다 하더라도 出穗가 늦어 稔實 및 登熟率이 낮아 完全粒 確保에 至大한 影響 때문인 것으로 생각 되고 全 生育期間을 通하여 穗孕期의 浸水는 가장 甚한 被害를 가져 온다고 하였고

趙<sup>4)</sup> 등은 農家畜에서 穗孕 中期 또는 穗孕 末期인 아끼바레를 對象으로 0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0日間의 冠水日數別로 調査 發表 된바에 依하면 0.5日間 冠水에도 最高 22.5%, 1日 冠水에도 42%, 2日 冠水에는 53.7%, 3日 冠水에는 89.1%, 4日間 冠水에는 94.8%의 減收率을 나타낸다고 하였고

金<sup>16)</sup> 등은 아끼바레와 密陽23號를 供試 品種으로 pot 試驗 調査 結果 穗孕期에 1日間 冠水時 29.8~40.2%, 3日間 冠水時에는 44.4%~43.7%, 7日間 冠水에는 68.0~73.4%의 減收率을 나타낸다고 하였고 日本<sup>14)</sup>의 境遇에도 宮城縣에서 調査 된바로는 出穗前 10日경이 1日間 冠水에 70%, 3日間 冠水에는 100%의 被害가 있다고 하였고 福岡縣에서 農林18號를 供試 品種으로 하여 冠水 處理 結果 1日 冠水에 50% 3日 冠水에 75% 5日에 90%의 減收率을 보인다고 發表 하였다.

Table-5, 및 Fig-5, 와 같이 이들 資料를 統計 處理 結果 99.5%의 有意水準인  $y = 39.66x^{0.558}$ 의 指數 方程式을 誘導하여 冠水 時間別 被害率을 計算한 結果 0.5日間 冠水時에는 26.9%, 1日間 冠水時 39.7%, 3日間 冠水時 73.2%, 5日間 冠水이면 97.4%의 減收를 나타내는데 이 時期는 벼의 全 生育期間 中에서 花粉母細胞 및 胚囊母細胞가 減數分裂로 分蘖이 減少되면서 幼穗形成이 急進되어 거의 完全히 자라며 穎花의 數도 確定 되는 가장 重要한 時期일 뿐만 아니라 韓國에서 水稻의 穗孕期는 品種이나 地域에 따라 多少 差異는 있지만 農村振興廳 作況報告書<sup>12)</sup>에 의하면 8月 初에 該當되어 氣溫이 가장 높은 時期이므로 이때의 冠水 被害는 致命的인 것으로 생각된다.

### 5. 出穗期(Heading Stage)의 冠水被害와 被害率

出穗期의 冠水 被害는 金<sup>19)</sup> 등이 密陽23號와 아끼바레를 pot 試驗한 資料에 依하면 1日 冠水에도 55~73.2%, 3日 冠水의 境遇에는 68.2~92.1%의 減收를 보이고 出穗期가 穗孕期보다 1日 冠水에는

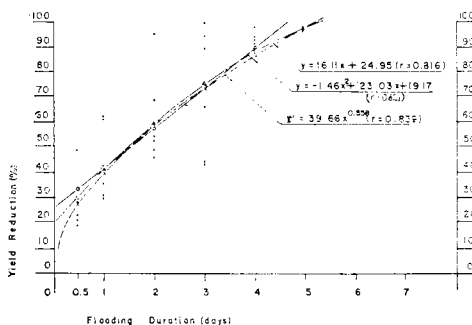


Fig. 5. Relationship between Rice Yield Reduction and Flooding Duration Completely under Muddy Water (Booting stage)

**Table-5. Experimental Data for Rice Yield Reduction by Flooding Completely under Muddy Water(Booting stage)**

Stage	Flooding Duration (day)		Yield Reduction(%)							Remarks
	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0		
Booting stage (Experimental Data)	48.4	61.3	68.3	75.7	—	—	—	—	—	—
	28.2	62.1	94.5	99.7	—	—	—	—	—	—
	—	—	45.8	66.0	73.2	96.5	—	—	—	—
	—	41.7	60.1	93.8	94.1	—	—	—	—	—
	—	40.2	—	44.4	—	—	—	—	—	—
	—	29.8	—	43.7	—	—	—	—	—	—
	22.5	42.0	53.7	89.1	94.8	—	—	—	—	—
	18.4	30.2	48.9	73.3	98.2	—	—	—	—	—
20.9	35.0	54.2	66.2	90.9	—	—	—	—	—	
Average	27.7	42.8	60.8	72.4	90.2	96.5	—	—	Calculation	
$y=16.11x+24.95(r=0.816)$	33.0	41.0	57.2	73.3	89.4	10.0	—	—	"	
$y=-1.46x^2+23.03x+19.17(r=0.821)$	30.3	40.7	59.4	75.1	87.8	97.7	100	—	"	
$y=39.66x^{0.658}(r=0.839)$	26.9	39.7	58.4	73.2	86.0	97.4	100	—	"	

**Table 6. Experimental Data for Rice Yield Reduction by Flooding Completely under Muddy Water(Heading stage)**

Stage	Flooding Duration (day)		Yield Reduction(%)							Remarks
	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0		
Heading stage (Experimental Data)	—	73.2	—	92.1	—	—	—	—	—	—
	—	55.0	—	68.2	—	—	—	—	—	—
	26.3	33.7	65.7	87.0	94.6	—	—	—	—	—
	55.5	56.9	73.2	88.0	—	—	—	—	—	—
	16.2	16.7	36.2	91.9	—	—	—	—	—	—
Average	32.7	47.1	58.4	85.4	96.6	—	—	—	Calculation	
$y=18.90x+25.57(r=0.798)$	35.0	44.4	63.4	82.3	100	—	—	—	"	
$y=-0.86x^2+22.39x+23.10(r=0.799)$	34.1	44.6	64.4	82.5	98.9	100	—	—	"	
$y=41.94x^{0.588}(r=0.723)$	27.9	41.9	63.1	80.1	94.9	100	—	—	"	

29.1% 3日間 冠水에는 36.1%나 被害가 크다고 發表 하였으며,

趙<sup>4)</sup> 등은 1972년 8월 京畿 地方의 豪雨로(345.5mm/2days) 水稻作 被害가 가장 甚한 金浦 富川 平澤의 3個 平野에서 出穗期인 統一 버를 對象으로 冠水 被害를 調査한 結果 0.5日 冠水에 16.2~55.5% 1日間 冠水에 16.7~56.9%, 2日間 冠水에 36.2~73.2%, 3日間 [冠水에 87~91.9%, 4日間 冠水

에는 94.6%의 減收率은 나타내어 出穗期의 冠水 被害가 穗孕期보다 0.5日에는 12%, 2日에는 6.1%, 3日에는 12.7%가 더 甚한 것으로 나타내고 日本 宮城縣<sup>14)</sup>에서(1952) 農林17號를 供試하여 pot 試驗 結果 出穗期의 冠水 被害는 1日間 冠水時 20%, 3日間 冠水時 65%, 5日間 冠水時라도 80% 라고 發表 되어 있으며 日本의 三重縣(1963)에서 農林17號와 도와다를 供試品으로 冠水 處理 結果 0.5日間 冠水



時 10%, 1日間 冠水時 20%, 3日間 冠水時 45%, 5日間 冠水일때 70% 程度의 減收 被害가 있다고 하였는데,

趙<sup>4)</sup> 金<sup>19)</sup>의 資料를 Method of least Square에 依하여  $y=41,946x^{0.689}$ 의 時間別 冠水 被害率 計算式을 誘導하여 冠水 被害率을 算計한 結果 0.5日間 冠

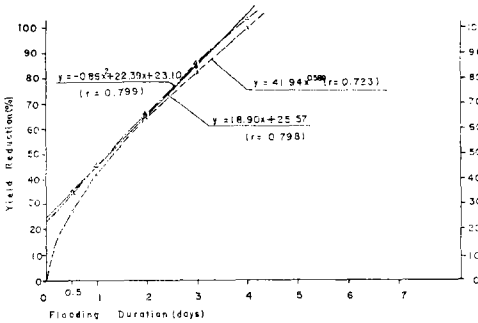


Fig. 6. Relationship between Rice Yield Reduction and Flooding Duration Completel yunder Muddy Water (Heading stage)

水일때 27.9%, 1日間 冠水時 41.9%, 2日間 冠水던 63.1%, 3日間 冠水던 80.1%, 4日間 冠水던 94.9%, 5日間이면 100% 의冠水 被害를 보는 것으로 나타난다.

金<sup>19)</sup><sup>17)</sup> 등은 벼의 全 生育期間을 通하여 穗孕期의 浸水 被害가 가장 甚하다고 하였으며 日本의 宮城縣 地方의 調査 內容과 日本<sup>13)</sup> 및 韓國의 農地 基盤造成事業計劃設計基準<sup>2)</sup>에는 穗孕期가 出穗期보다 冠水 被害가 큰 것으로 되어 있으나 趙<sup>4)</sup> 金<sup>19)</sup> 등의 調査 研究 結果는 出穗期가 穗孕期보다 冠水 被害가 크다고 發表 하였으며 日本의 三重縣에서 調査한바에 依하면 1日 以下의 冠水에서는 出穗期나 穗孕期가 被害率이 같으나 2日 또는 3日 冠水時는 5% 5日 冠水時에는 15% 7日 冠水時에는 20%가 出穗期가 穗孕期보다 被害가 큰것으로 報告 되어 있다

이와같이 出穗期와 穗孕期의 被害 差異는 被害當時의 水温 水质 被害前의 營農狀態나 施肥內容 處理 時期의 差異 등 여러가지 要因에 의한 것으로 생각 되며 벼는 出穗하면 그날 또는 다음날 부터 開花하기 始作하고 꽃이 피면 2~3時間 後에는 受精이 完了되기 때문에 出穗期에는 開花障得 및 不稔率이 높아 Fig-2와 표-2 에서와 같이 出穗期의 冠水 被害가 穗孕期보다 큰것으로 生覺된다.

그러나 Table-7에서 보는바와 같이 氣溫이 제일

높고, 草長이 10cm程度 적은 穗孕期가 同一한 降雨라도 被害 發生 可能性이 크므로 設計對象生育期는 穗孕期가 出穗期보다 合理的인 것으로 生覺된다.

## 6. 許容湛水深과 冠水深

벼는 湛水狀態에서 生育하는 作物이기 때문에 生育期間中의 一部를 除外하고는 全 生育期間동안 어느 程度의 浸水는 벼 生育에 支障이 없거나 작기 때문에 排水計劃 樹立時에 논의 浸水를 許容시키는 限界浸水深을 許容湛水深이라 하는데 金<sup>19)</sup>의 調査에 의하면 草長의 2/3가 露出되고 1/3이 浸水된 境遇(約 30cm깊이) 1日間の 浸水일때 10%内外 7日間の 浸水에도 15%를 넘지않는다고 하는 것으로보아 現 設計基準 許容浸水深을 30cm로 한것은 妥當한 것으로 生覺된다. 冠水深은 作物이 完全히 水中에 没하는 水深을 말하는데 作物의 生育期別 品種別로 草長과 關係가 된다.

벼의 境遇 一般品種인 진흥은 草長이 116cm이나 新品種인 수원 264號는 81cm밖에 되지않아 品種別로 差異가 많아 事業計劃 樹立時 冠水深을 얼마로 잡느냐는 問題가 된다.

事業計劃을 樹立할때 水稻作의 冠水深 決定은 그 地域의 主 栽培品種이나 今後 作付體系에 따른 品種에 依하여 決定 될것이나 栽培品種의 資料가 不充分할 境遇에는 新品種의 境遇 穗孕期에는 70cm 出穗期에는 80cm로 하면 될것이고 一般品種의 境遇는 穗孕期에 80cm 出穗期에는 90cm로 하면 될것으로 생각된다.

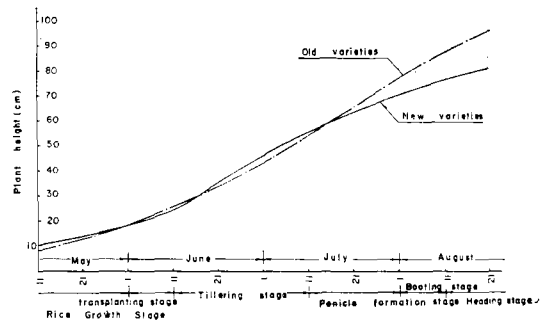


Fig. 7. Plant height of different rice growth stage

## V. 摘 要

本 研究의 目的은 現實的이고 經濟的인 排水改善 事業의 計劃 樹立을 위하여 適正한 排水施設 規模

Table-7. 10-days Average Temperature and Occurrence Times of Yearly Highest Temperature in Korea

Unit : °C

Station	July			August			Duration Analyzed	Remarks
	Early	Middle	Late	Early	Middle	Late		
Busan	21.0	23.6	25.5 7	26.1 10	25.9 7	24.7 1	25 years	Upper figures are 10 days mean Temperature Lower figures are occurrence Times of yearly highest Temperature.
Jeonju	24.2	25.9 2	27.1 8	27.2 8	26.7 4	25.3	22 "	
Jinju	24.2	25.9 4	27.6 5	28.2 9	27.5 4	26.1	22 "	
Suwon	23.3	25.0 1	26.2 9	26.3 5	25.9 7	24.9	22 "	
Daejeon	24.3	25.9 3	27.1 8	27.0 4	26.4 4	24.9 2	21 "	
Kwangju	23.8	25.6 1	26.8 10	27.1 4	26.7 9	25.1 1	25 "	
Mean or Total	23.6	25.3 11	26.7 47	27.0 40	26.5 35	25.2 4		

決定에 가장 중요한 因子인 冠水深과 生育期別 冠水被害率을 提示하여 排水改善事業 計劃樹立에 이바지 하고자 農村振興廳 試驗研究報告書 및 日本農林省의 夏作減收推定尺度 및 關係研究文獻을 資料로 하여 分析하였고 그 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 벼의 生育期別 冠水被害는 Table-2 및 Fig.2에 보는바와 같이 出穗期가 가장크고 다음이 穗孕期 幼穗形成期 分蘖期 移秧直後의 順으로 被害가 적어지는데 生育期別 被害內容은 다음과 같다.

가. 移秧直後의 冠水被害는 被害後 收穫期까지의 充分한 生育期間이 있어 回復되기 때문에 生育이나 收量에 큰 영향이 없는것으로 생각된다.

나. 分蘖期의 冠水被害는 本研究에서 誘導된 方程式  $y=11.12x^{0.998}$ 에 의한 冠水 時間別 被害率을 計算한 結果 1日冠水에는 11.1% 2日間이면 20.9% 3日間이면 30.2%의 減收가 있는것으로 나타난다.

다. 幼穗形成期부터는 冠水被害後 回復期間이 짧고 無効分蘖이 많아 收量이 떨어져 심각한 정도가 되는데 被害率을 計算하면 1日間 冠水에는 19.6% 2日間 冠水에는 29.2% 3日間 冠水이면 38.8% 5日間이면 57.9%의 減收가 나타나는 것으로 分析되었다.

라. 벼의 全生育期間中에서 花粉母細胞 및 胚囊母細胞가 減數分裂이 되어 幼穗가 거의 完全히 자라며 顯花의 數도 確定되는 가장 중요한 時期인 穗孕期에서의 冠水被害率을 計算式  $y=39.66x^{0.558}$ 을 誘導하여 冠水日數別로 被害率을 計算한 結果 0.5日 冠水면 26.9%, 1日冠水면 39.7%, 3日間이면 72.2%, 5日間이면 97.4%의 減收가 나타나 穗孕期의 冠水被害는 致命的으로 생각된다.

마. 벼는 出穗하면 그날 또는 다음날부터 開花하기 始作하고 꽃이피면 2~3時間後에는 受精이 完了되기 때문에 出穗期에 冠水는 開花障礙 및 不稔率이 높아 穗孕期보다 被害가 크며 出穗期의 冠水被害率을 計算式을  $y=41.94x^{0.589}$ 로 誘導하여 冠水時間別 被害率을 計算한 結果 0.5日에는 27.9%, 1日에는 41.9% 2日間이면 63.1%, 3日間이면 80.1%, 4日間이면 94.9%의 減收被害가 있는것으로 計算되었다.

2. 水稻의 排水計劃 對象生育期는 季節의 由로 水溫이 제일 높고 同一한 降雨狀態에서의 冠水深을 考慮하면 草長이 10cm程度 적은 穗孕期가 出穗期보다는 被害發生 可能性이 크므로 穗孕期를 設計對象 生育時期로 해야 할것으로 생각된다.

3. 冠水深은 生育時期別로 다르나 設計對象 生育

期를 穗孕期로 한다면 新品種에서는 70cm 一般品種에서는 80cm를 限界로 해야 할것으로 생각된다.

4. 現 排水計劃設計基準의 “벼의 風水害 減收推定尺度”의 被害時間單位가 1~2日, 3~4日, 5~7日의 2日單位로 되어 있어 몇時間程도의 冠水時間에도 被害率이 크게 달라지고 土壤, 品種, 氣候等の 條件이 現實과 다르기 때문에 被害率 推定에 客觀性이 없었으나 本 研究結果에 의하여 時間單位로 被害率을 計算할 수 있는 計算式을 生育期別로 誘導作成 하였으므로 冠水時間만 알면 現實的인 被害率이 計算될 것이다.

### 參 考 文 獻

1. 農村振興廳 “試驗研究 報告書(作況編)” 1980.
2. 農水産部 “農地改良事業計劃設計基準(排水編)” p.13 1970
3. 建設部 “河川施設基準(河川編)” 1980.
4. 趙民新, 金元權, 全浩錫, 李振九 “水稻의 冠水被害에 關한 調查研究” 韓國作物學會誌 Vol. 12. p.63~69, 1972
5. 池泳麟, 崔範烈, 崔鉉玉, 李正行, 李殷雄, 金熙泰, 趙栽與, 朴贊浩 “水稻作” 鄉文社 1976
6. ———, ———, ———, ———, ———, ———, ———, “栽培學汎論” 鄉文社 1976.
7. Charlesc. C. Shin “Study on Damage to Paddy Rice by Cleam Water Inundation” Taiwan Water Conservancy Quarterly Vol. 26, 1978.
8. 中央觀象臺 氣象年報 1950~1974.
9. 手島寅雄, 栽培學(耕種編), 養賢堂 東京 1952.
10. 郭炳華 任桐彬, 孫膺龍 “植物生理學” 鄉文社 1976.
11. 함영수 이종훈, 오윤진, 윤성호 “벼 生育 後 半期 冠水에 의한 被害調查” 作物試驗場 試驗 研究 報告書(水稻編) p. 484~488. 1979.
12. I.L.R.I, Drainage Principles and Applications, Publication 16. Vol. IV, Wageningen The Nether Lands, 1974.
13. 日本農林省 構造改善局 “土地改良事業計劃設計 基準(排水)” 1979.
14. 日本農林省 農林經濟局 “夏作減收推定 尺度” 1960.
15. 黑山奇正美 “農作物의 水害について” 農業及園藝 17(12), 1953.
16. 金有鑾 金容碩 “冠水의 程度가 水稻生育 및 收量에 미치는 影響에 關한 試驗” 全南振興院 試驗研究報告書 p.103~125. 1966.
17. 金有鑾 河鼎大 水稻冠水의 程度가 水稻生育 및 收量에 미치는 影響에 關한 試驗” 全南振興院 試驗研究報告書 p.213~239. 1967.
18. 김동수 김동균 “浸水日數가 水稻生育 및 收量에 미치는 影響 調查” 嶺南作物試驗場試驗 研究報告書 p.526~530. 1968.
19. 金哲基 朴明根 “統一系 벼의 浸水被害 要因에 關한 實驗的 研究” 忠北大學校 1981.
20. Murray R. Spiegel, Theory and Problems of Statistics, Schaum's Outline Series, McGraw-Hill Book Company, New York. 1961.
21. 岡部三郎 外 “農村排水” 地球社, 日本東京, 1979.
22. 박진구 권숙목은 “品種間 浸水抵抗性에 關한 生理的 研究” 嶺南作物試驗場 試驗研究 報告書, p.261~287. 1972.
23. ———, ———, “移秧直後 浸水程度가 벼 生育 및 收量에 미치는 影響調查” 嶺南作物試驗場 試驗研究報告書, p.288~291. 1972.
24. 朴來敬 金東秀, 朴振球 “浸水程度가 水稻生育 및 收量에 미치는 影響調查試驗” 嶺南作物試驗場 試驗研究報告書, p. 145~159. 1965.