

自脱型 콤바인의刈取作業法에 관한 研究

Studies on the Cutting Methods of the Self-feeding Type Combine

—混合刈取法을 中心으로 (第1報)—

—on the Mixed Cutting Method (1)—

崔 福 衍*
Bok Yun Choi

Summary

This experiment was carried out to investigate the efficient turning method which will be able to use every cutting methods, to calculate the width of the center field which must transpose from rotary cutting method to return cutting method, to investigate the effects of L/W and unit field on the operation efficiency.

The results are summarized as follows:

1. In case of cutting in the outer field, the efficient turning method is the "a" type turning method (half U-shaped turning method) at the first rotation, is the "β" type turning method (T-shaped turning method) at the second to fourth rotation.
2. In case of cutting in the inner field, the efficient turning method which takes the least turning time is the "a" type turning method (Δ-shaped turning method).
3. The width of the center field (W') changes by the length-width ratio (L/W) and width (W), W' is 9.0m in case that L/W is 2.5 and W is 30m.
4. The larger L/W and area of unit field (A) become, the more operation efficiency (E) increases, and the limits that E is affected significantly by L/W is 2 to 3.5 and A is within 5,000m².

I. 緒 論

自脱型 콤바인은 1961년부터 日本에서 大型 콤바

* 全南大學校 農科大學

인을 小型化하는데 重點을 두고 研究 檢討한 結果 아시아 地域의 水稻作에 알맞도록 開發하여 1967년부터 普及하기 始作한 收穫機의 一種으로서 아직도 開發中에 있으나 앞으로 期待되는 收穫機라고 報告되어 왔다. 1) 우리 나라에는 70年代 初부터 研究機

(1)과 같이 비모서리에서 機械가 旋回할 수 있도록 四方 3.4m의 마구리와 周邊部(C)를 40cm 가량 人力으로 刈取한 後 機械를 利用하여 回行法으로 作業을 계속한 後 一定한 地點에서 往復行法으로 轉換하여 作業하는 方法(混合刈取法이라 稱함)을 適用하였으며, 實驗測定時의 作業速度는 前進 3速 $V_{fs}=0.39\text{m/sec}$, 後進 1速 $V_{ri}=0.41\text{m/sec}$ 로 하였으며, 刈取幅은 $b=0.75\text{m}$ 이었다.

圃場은 實驗에 便利하도록 外側部(Outer field), 內側部(Inner field), 中心部(Center field), 人力刈取部(Manual cutting field)로 區分하였다.

旋回法은 外側部の α, β, γ 型, 內側部の a, b型, 畝³⁾, 居垣³⁾이 發表한 中心部の 8, Ω, Δ, u 字型的 9 가지를 擇하여 各部位에서 가장 效果의으로 利用할 수 있는 旋回法을 알기 爲하여 外側部와 內側部에서는 旋回方法別로 旋回時間을 3反覆測定하여 比較檢討하였고, 中心部에서는 旋回間隔에 따르는 旋回時間의 測定值를 回歸方程式으로 比較檢討하였다.

여기서, 外側部の α 型이라함은 그림 (2)에서와 같이 刈取날이 w 境界線에 왔을 때 刈取날을 올리고 前進하여 반지름이 75cm인 4分圓을 따라 方向轉換한다음 l 線上에서 刈取날을 내리고 刈取를 始作하는 方法을 말하며, 圓의상 半U字型으로 表示한다. 또 β 型은 그림 (3)에서와 같이 w 境界線에서 75cm 까지 前進한 後에 좌살포 方向으로 前, 後進하여 l 線上에서 刈取를 始作하는 方法이며 T字型으로 表示한다. 그리고 γ 型은 w 境界線에서 最少旋回반지름의 弧를 그리고 l 線上에서 刈取를 始作하는 方法을

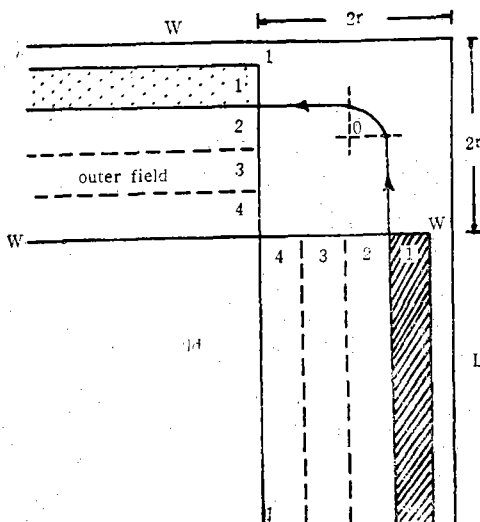


Fig. 2. " α " type turning method for outer field combining.

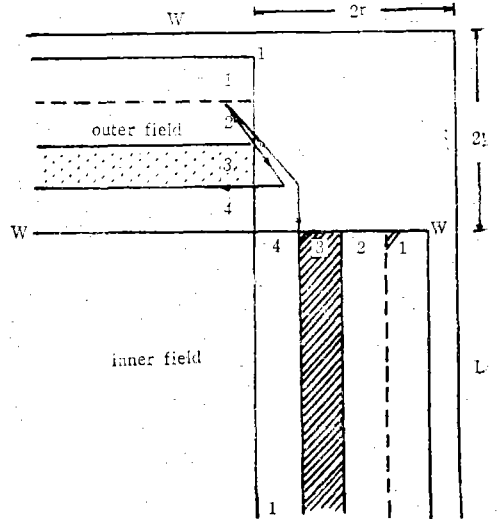


Fig. 3. " β " type turning method for outer field combining.

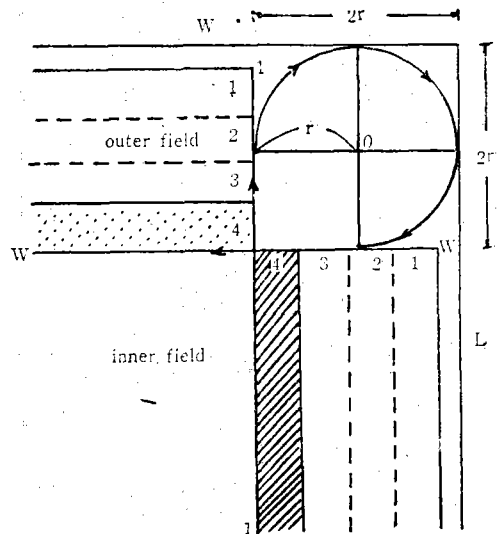


Fig. 4. " γ " type turning method for outer field combining.

말하며 O字型으로 表示코자 한다.

內側部の a型은 그림 (5)의 w 境界線에 刈取날이 왔을 때 刈取날을 올리고 (25-75)cm 地點까지 前進한 後에 좌살포 方向을 따라 旋回하여 刈取날이 ($w-75$)cm 地點에 이르렀을 때 刈取날을 내리고 刈取를 始作하는 方法을 뜻하며 4字型으로 表示한다. b型은 外側部の r型과 비슷한 旋回法이므로 O'字型으로 表示한다.

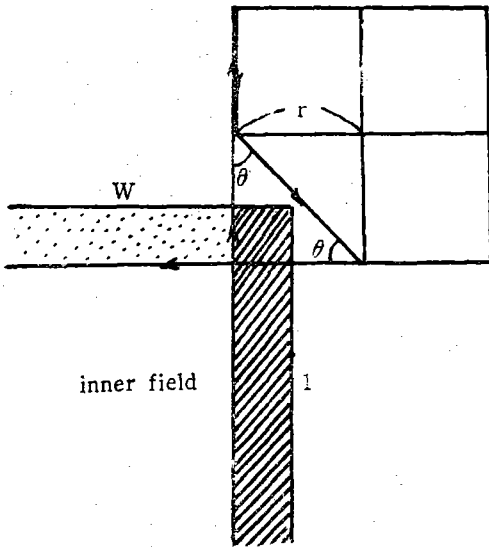


Fig. 5. "a" type turning method for inner field combining.

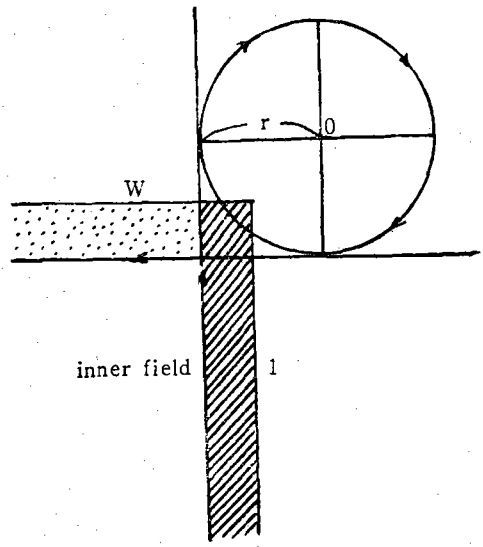


Fig. 6. "b" type turning method for inner field combining.

不刈取旋回距離는 그림 (2)~(6)의 w 境界線으로부터 l 線上까지의 旋回距離로 計算하였고 旋回時間은 이때 所要되는 時間을 測定하였다.

그리고, 回行法에서 往復行法으로 轉換하여야 하는 中心部幅(w)은 圃場의 크기와 長短邊 比率別로 回行法과 往復行法의 每單位回轉當 作業能率을 測定한 다음에, 이 測定值를 가지고 回歸方程式에 依해서 往復行法과 回行法의 作業能率을 나타내는 式을 求하여, 이 式으로서 中心部幅을 計算하였다.

圃場의 크기 및 長短邊 比率別 刈取所要時間은 上記方法에 依해 選定된 旋回方法과 中心部幅, 그리

고 人力刈取와 機械脫穀時間을 合하여 人力刈取面積으로 除한 人力刈取部의 作業能率에 依하여 各部位의 刈取所要時間 算出式을 誘導하여 計算하였다.

III. 實驗結果 및 考察

1. 旋回法

各刈取部位에 있어서 旋回方法別 不刈取旋回距離와 旋回時間에 對한 實驗結果는 表 2와 같다.

Table 2. Turning time and non-cutting turning distance for combining by various turning method.

Field	Outer field			Inner field		Center field			
	"α" type turning method	"β" type turning method	"γ" type turning method	"a" type turning method	"b" type turning method	U-shaped turning method	8-shaped turning method	Q-shaped turning method	V-shaped turning method
Turning time (sec)	16.67	21.33	41.6	34.3	39.4	* $4.5x + 14.5$	* $6.27x + 32.7$	* $2.5x + 31.5$	* $4.5x + 31.5$
Non-cutting turning distance(m)	$1.5/4\pi r + 3$	5.506	$1.5\pi r / 2r$	5.4	$1.5\pi r + r + 0.95$	$\pi r + (x - 2r)$	$8/3\pi r$	$3/5\pi r$	$\pi r + (2r - x)$

* Appendix 1

上記 表 (2)에서 보는바와 같이 外側部의 α型은 旋回時間과 不刈取旋回距離가 β, γ型에 比하여 짧아 外側部의 旋回法으로 效果의인 型임을 알수 있었다. 그러나 이型은 旋回間隔이 最少旋回半徑을 (r)보다

작을 경우에는 사실상 旋回가 不可能하므로 外側部의 1次回轉에서만 旋回를 할수 있었다. 이와 마찬가지로 γ型도 外側部의 제일 안쪽에 있는 4次回轉에서만 旋回를 할수 있었다. 그러나 β型은 그림

(3)에서 보는 바와 같이 1次回轉을 除外한 2,3,4次回轉에서 旋回를 할수 있었는데 4次回轉에서도 γ 型에 比하여 旋回時間 및 不刈取旋回距離가 짧아서 2,3,4次回轉에서 能率의으로 使用할수 있는 效果的인 旋回法임을 알수 있었다.

運轉은 α 型과 β 型이 γ 型에 比하여 쉽게 들었고, γ 型이 弧를 그리는 旋回를 하는데 反하여 α , β 型은 前進과 後進을 거의 一直線으로 하는 旋回를 하기 때문에 比較的 쉬운 便이었다. 그리고 γ 型은 旋回할때에 機械의 振動이 甚했을 뿐만 아니라 크로울러(crawler)에 미끄럼(slip)이 發生하여 刈取날을 1線에 正確히 接續시킬 수가 없어서 他旋回法에서는 必要치 않는 前,後進動作이 反復됨에 따라 아직 刈取되지 않는 벼가 機械의 刈取部나 側面에 밀리어 倒伏되거나 크로울러에 걸려 벼의 被害가 意外로 많았다.

따라서 外側部에서는 가능한 限 γ 型의 使用은 禁하고, α 나 β 型을 使用함이 바람직한데, α 型은 1次回轉에서만 使用 가능한 型이니 2,3,4次回轉에서는 β 型을 使用함이 좋을 것으로 思料된다.

그리고, 內側部에서는 a 型이 b 型에 比하여 旋回時間 및 不刈取旋回距離가 짧아서 內側部의 旋回法으로 合理的인 型임을 알수 있었다. 運轉은 a 型이 쉬웠고 b 型은 外側部의 γ 型和 비슷한 旋回를 하는 關係로 역시 어려운 便이었다.

中心部의 旋回法은 齋³⁾, 居垣³⁾이 發表한 旋回法을 引用하였기 때문에 調查하지 않아도 되나, 本實驗에서는 圃場別 刈取所要時間의 算出式을 誘導하여야 하는 關係로 實測해 보았던바, 그 結果는 表(2) 및 그림 (7)에서 보는 바와 같이 旋回間隔이 最

少 旋回間隔(2r)보다 클때는 U字型, 작을때는 Ω 字型임을 알수 있었다. 이러한 結果는 齋³⁾, 居垣³⁾의 實驗結果와 同一한 傾向이 있음을 보여 주었다.

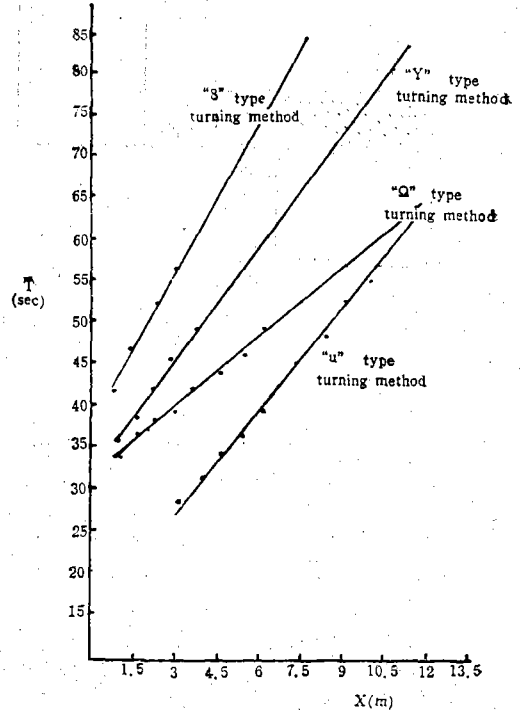


Fig. 7. Relationship between turning distance and turning time by turning methods.

2. 中心部幅

圃場周邊과 長短邊 比率의 變化에 따른 中心部幅(w^1)은 表 3과 같다.

Table 3. Variation of the width of the center field in accordance with length-width ratio and width of the field.

L/W	W (m)										
	1-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70	71-80	81-90	91-100	
1	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
2	4.5	7.5	9	9	9	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5
2.5	4.5	9	9	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5
3	4.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5
3.5	4.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	12
4	4.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	12
5	4.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	12
6	4.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	12
7	4.5	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
8	4.5	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
9	4.5	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
10	4.5	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

上記表 (3)에서 보는 바와 같이 內側部の 回行法에서 往復行法으로 轉換해야만 하는 中心部幅 W' 는 短邊 W 가 11~20m 일때와, 長短邊 比率 L/W 가 1일때에는 L/W 및 W 의 大小에 관계없이 모두 4.5m이었으며, 그 외는 7.5~12m의 範圍를 보여 주었다. 그리고 L/W 의 變化에 依해 w' 가 크게 影響을 받는 W 는 11~20m 일때였고, 大體적으로 W 의 값이 클때에는 w' 가 작게 影響을 받는 것으로 나타났으며, L/W 가 7以上 일때에는 W 의 크기가 w' 에 미치는 影響은 거의 없는 것으로 나타났다.

이 表에 依하면 本實驗圃場의 w' 는 9m이었고, 國內 耕地整理 標準區劃($W30\sim40m$, L/W 2.5~3.3)의 W' 는 10.5m임을 알 수 있었다. 따라서, 콤바인을 利用하여 作業할 때에는 圃場의 크기와 形狀에 따라 多少間의 差異는 있겠지만 大體적으로 上記表 (3)의 W' 값에 이르렀을때 回行法에서 往復行法으로 轉換하여야 될 것으로 생각한다.

이때 W' 의 理論上 根據과 計算方法은 다음과 같다.

그림 (8)에서 보는 바와 같이 內側部를 a型 旋回方法을 適用하여 回行法으로 作業하여 가면 w 가 變함에 따라 回行法의 單位回轉 作業能率도 變하는데 그 傾向은 w 가 減少할수록 減少하며, w 가 30m, L/W 가 2.5일때 大略 다음과 같은 式으로 表示할 수 있었다.

$$f = 0.0002w^2 - 0.008w + 0.337 \dots\dots\dots ①$$

이에 反하여 w 線上 一定한 地點에서 回行法에서 往復行法으로 바꾸어 旋回間隔이 2r보다 클때는 U字型, 작을 때는 Ω字型을 適用하여 作業하여 가면 往復行法의 單位回轉 作業能率은 w 가 減少함에 따라 오히려 增加한다. 또한 往復行法의 單位回轉 作業能率도 回行法에서 往復行法으로 轉換하는 w 의 값이 작아 질수록 增加한다. 따라서 w 의 間隔에 따른 單位回轉 作業能率間에서 가장 낮은 能率을 나타내는 點들을 連結하면 하나의 完만한 曲線을 나타내는 바 이 曲線이 往復行法의 全體의인 作業能率을 나타내는 曲線이 되며, 그 傾向은 W 가 減少함에 따라 增加하는데 大略 다음과 같은 式으로 表示할 수 있었다.

$$f = -0.0001w^2 + 0.004w + 0.249 \dots\dots\dots ②$$

그러므로 두 曲線에 交叉하는 點 P는 回行法과 往復行法의 作業能率이 서로 一致되는 點이라고 볼 수 있으며 이때 w 가 갖는 값이 w' 라고 말할 수 있다 따라서 w 가 w' 보다 클때는 回行法, 작을때는 往復行法으로 作業을 해야 全體적으로 作業能率이 增

少된다고 말할 수 있다.

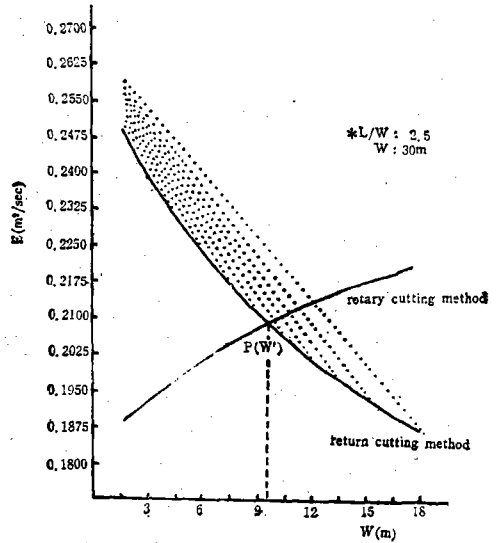


Fig. 8. Critical width of center field for operation efficiency.

3. 刈取所要時間

前項 1,2의 結果에 依하여 各刈取部位別로 刈取所要時間 算出式을 誘導해 보았던바 그 結果는 다음과 같다.

먼저 外側部를 1回轉에서는 α型, 2,3,4回轉에서는 β型의 旋回法을 適用하여 回行法으로 刈取하였을때 所要되는 時間을 t_{of} 라 하면 그 一般式은

$$t_{of} = \left(\frac{2(W+L)-16r}{V} + 4MK \right) n \dots\dots\dots ③$$

가 되는데 이때, $\frac{2(W+L)-16r}{V}$ 를 ξ 라 하면

$$t_{of} = (\xi + 4MK)n \dots\dots\dots ③' \text{로 表示할 수 있다.}$$

여기서, n (回轉數) : $\frac{2r-c}{b}$

- r (最少旋回半徑) : 1.7(m)
- b (刈取幅) : 0.75(m)
- V (速度) : 0.39(m/sec)
- c (周邊部) : 0.4(m)

MK (α型和 β型平均旋回時間): 20.16(sec)

이와 마찬가지로 a型 旋回法을 適用하여 內側部를 回行法으로 刈取하였을때 所要되는 時間을 t_{if} 라 하면 그 一般式은 다음과 같다.

먼저 內側部 i次回轉의 刈取所要時間 t' 는

$$t' = (\xi + 4f) - \frac{6(i-1)}{V} \dots\dots\dots ④ \text{가 된다.}$$

이러 $\frac{6}{V}$ 을 φ 라 하면

$$t' = (\xi + 4J) - \varphi(i-1) \dots\dots\dots ④'$$

따라서, 內側部 刈取所要時間 tif 는 ④'式에 依해

$$tif = \sum_{i=1}^n [(\xi + 4J) - \varphi(i-1)]$$

$$= n(\xi + 4J) - \frac{\varphi}{2}n(n-1) \dots\dots\dots ⑤$$

여기서, $n : \frac{(W-4r)-w'}{2b}$

J (a型旋回時間) : 34.3(sec)

또한, x 가 $2r$ 보다 클 때는 U字型, 작을 때는 Ω 字型을 適用하여 中心部를 往復行法으로 刈取하였을 때 所要되는 時間 tcf 는

$$tcf = \left[\frac{n \cdot 2l'}{V} + \sum_{i=1}^n \{(4.3(i-1.5) + 14.5) \times 2\} \right] +$$

$$\left[\frac{n' \cdot 2l'}{V} + \sum_{i=1}^{n'} \{(2.5(i-1.5) + 31.5) \times 2\} \right] \dots\dots\dots ⑥'$$

가 된다.

이때, $\frac{n \cdot 2l'}{V}$ 를 λ , $\frac{n' \cdot 2l'}{V}$ 를 λ' 라 하면

$$tcf = [(\lambda + \lambda') + n(4.3n + 24.7) + n'(2.5n' + 60.5)] \dots\dots\dots ⑥'$$

로 表示할 수 있다.

여기서, $n : \frac{w' - 2r}{2b}$

$$n' : \frac{r}{b}$$

$$l' : w' + (L - W)$$

그리고, 人力刈取部의 作業能率은 實驗結果 刈取

0.005m²/sec, 脫穀 0.043m²/sec(參照 Appendix 2)로 外側部나 內側部의 作業能率 0.216~0.222m²/sec에 比하여 매우 낮은 便이었으며, 이때 所要되는 時間 tmf 는

$$tmf = \frac{Z}{0.048} \dots\dots\dots ⑦$$

여기서, Z 는 人力刈取部 面積이 되며 圃場의 크기와 形狀에 따라 常數가 된다.

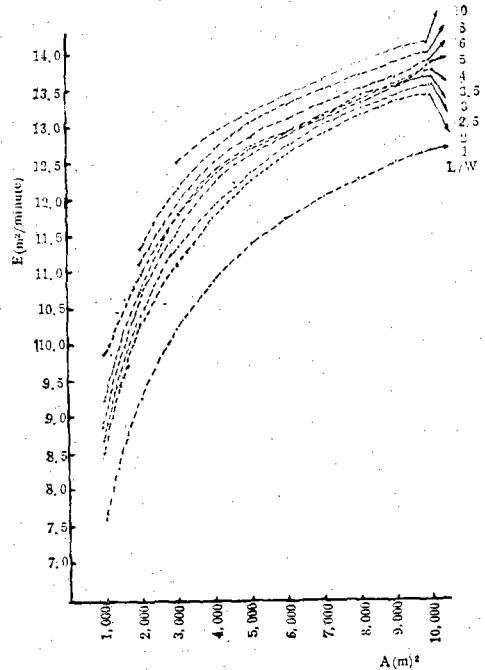


Fig. 9. Relationship between operation efficiency and harvesting area.

Table 4. Total combining time by cutting area and length-width ratio.

L/W	Total Combining time									
	A(m ²)	1,000	2,000	3,000	4,000	5,000	6,000	7,000	8,000	9,000
1	130.902	215.881	292.581	357.172	438.531	512.158	578.816	651.070	717.482	786.844
2	116.607	194.196	269.602	340.953	406.234	472.811	540.512	609.470	670.843	743.661
2.5	115.301	192.604	262.886	336.967	404.498	470.036	534.221	604.970	668.432	731.539
3	112.588	185.980	259.240	326.369	395.845	467.584	529.379	601.459	655.820	720.729
3.5	107.842	185.816	252.787	314.821	393.327	454.898	531.345	596.190	660.470	729.592
4	100.645	182.899	253.884	324.994	392.403	462.912	528.255	594.889	662.941	715.668
5		179.930	250.823	325.982	390.315	456.650	529.964	590.711	657.463	713.776
6		177.303	252.292	323.887	386.878	452.287	531.673	594.442	657.511	703.631
7		178.222	249.336	321.783	385.209	447.679	521.609	576.980	655.311	685.636
8		176.709	246.508	325.491	378.510	452.730	507.873	587.047	644.853	313.420
9			240.972	323.525	379.940	453.296	510.874	575.913	652.553	712.992
10			239.866	302.356	377.021	447.628	513.525	572.310	632.002	701.066

以上과 같이 求해진 式 ③, ④, ⑤, ⑥, ⑦에 依하여 圃場의 크기와 長短別 比率別로 收穫作業 所要時間을 計算하여 보았던바 그 結果는 表 (4)와 같다. 그러나 이같은 理論值이기 때문에 實際와는 若干의 差異가 있을 것으로 생각된다.

한편, 圃場의 크기 및 長短邊 比率이 콤바인의 作

業能率에 어떻게 影響을 미치는가를 알아보기 爲하여 表 (4)의 結果를 圖表로 表示하여 보았던바, 그림 (9)와 같이 作業能率은 圃場의 크기 A와 L/W의 增加에 依해서 增大되는 傾向이 있음을 알수 있었고, 作業能率이 크게 影響을 받는 範圍는 A가 5,000m², L/W가 3.5 以內일때 이었다.

Appendix 1. Turning time and turning distance for center field by various turning method.

(Mean value)

"Q" Shaped turning method	Turning distance(m)	0.75	1.5	2.25	3	3.75	4.5	5.25	6		
	Turning time (sec)	34.6	36	35.6	38	40.6	43	45.6	48.6		
"V" Shaped turning method	Turning distance	0.75	1.5	2.25	3	3.75					
	Turning time	35.3	37.3	42	45.3	49.3					
"g" Shaped turning method	Turning distance	0.75	1.5	2.25	3						
	Turning time	42	46.3	52	55.8						
"U" Shaped turning method	Turning distance	3	3.75	4.5	5.25	6	6.75	7.5	8.25	9	9.75
	Turning time	28	31.3	33.3	35.6	40.3	42	45.3	47.6	53.6	55

Appendix 2. Operation efficiency of the each side of the field.

Field	Outer field	Inner field	Center field	Manual cutting field
Area (m)	645.84	1,672.992	543.64	132.192
Cutting time (sec)	2,905.6	7,759.648	2,337.196	*0.048 (cutting 0.005, threshing 0.043)
Operation efficiency	0.222	0.216	0.235	

Area of unit field : 3,000m²

L/W : 2.5

*Mean value

IV. 結 論

自脫型 콤바인의 效果的인 刈取方法을 究明하기 爲하여 混合刈取法을 中心으로 몇가지 實驗을 하였던바 그 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 圃場外側部の 刈取에 있어서 가장 效果的인 旋回方法은 1次回轉에서는 α型(半U字型)이었고, 2, 3, 4次回轉에서는 β型(T字型)이었다.

2. 圃場內側部の 刈取에 있어서 旋回時間을 最少로 하는 效果的인 旋回方法은 a型(A字型)이었다.

3. 中心部幅(w')은 長短邊 比率(L/W) 및 短邊에 依하여 變化하며 L/W가 2.5, W가 30m 일때의 w'는 9.0m이었다.

4. 作業能率(E)은 圃場의 크기(A) 및 L/W가 크면 클수록 增加하였고, 作業能率이 크게 影響을 받는 範圍는 L/W가 2~2.5, A가 5,000m² 以內일때 이었다.

參 考 文 獻

1. 崔在甲外 四人(1974) : 農業機械學, 郷文社, pp. 277~296.
2. 清水 浩, 深山重信(1971) : 農業機械의 合理的 利用에 關する 研究(第1報), 日本農業機械學會誌, Vol. 33, No. 1, pp.39~44.
3. 居垣千尋(1963) : 四輪トラクター의 耕起能率에 關する 研究(第1報), 日本農業機械學會誌, Vol. 25, No.2, pp.71~75.
4. 농공이용연구소(1970) : 예취결속기의 기중 전달 및 실용화 시험, pp. 239~251.
5. ……(1971) : 예취결속기의 기중 전달 및 실용화 시험, pp. 359~376.

6. ……(1970) ; 롬바인에 관 : 연구, pp.253~253, 工學會誌, Vol. 12, No.2, pp. 23~32.
7. ……(1971)한롬바인에 관한 연구, pp.377~397.
8. 嵩章祐 李相祐(1970) ; 四輪트랙터를 爲한 效率的인 耕起方法과 圃場形狀에 關한 研究, 韓國農工學會誌, Vol. 12, No.2, pp. 23~32.
9. 서울 大學校 農科大學 農業科學研究所(1973) ; 鄭昌柱 外 米穀收穫作業機械化의 分析