

## 傾斜地 農業의 機械化<sup>+</sup>

### Farm Mechanization on Slope Lands

金 景 旭\*

Kyeong Uk Kim\*

#### Summary

The necessity of using land on slopes for agricultural production has been recognized as arable land resources in plains are decreased.

Mechanization is one of the main factors determining the extent of cultivating slope lands and it must be considered as a means of increasing labor productivity. This article discussed some relevant aspects of farm mechanization on slopes. It includes the potential slope land resources which can be tilled for food and forage productions, design characteristics of agricultural machines for use in slope lands, and possible solutions of the problems to be encountered in the mechanization process.

#### 1. 緒 論

傾斜地를 耕地로 活用하는 문제는 傾斜地의 地形的인 條件보다는 社會·經濟的인 측면에서 決定되어야 할 문제이다. 다시 말하면 傾斜地의 耕地化는 地域 人口에 比하여 農業生産을 위한 平野地의 耕地가 충분하지 못한 地域에서 實現될 수 있는 것이다. 人口가 過密한 地域인 西歐의 스위스나 오스트리아 等地에서 傾斜地 農業이 발달된 것도 農業生産을 위한 平地가 絶對적으로 부족하기 때문이라고 할 수 있다. 최근 우리나라는 工業分野의 발달로 因하여 많은 農耕地가 각종 工業施設 敷地 혹은 住宅地로서 轉用되고 있으며 開墾 및 干拓事業으로 造成되는 農地 面積도 工業敷地로 轉用되는 面積을 따르지 못하여 年間 約 10千 ha<sup>1)</sup>의 農耕地가 減少되고 있는 實情이다. 또한 都市近郊에서는 營農條件이 악화되어 農耕地의 休耕地 현상이 나타나고 있다. 結果적으로 農業生産을 위한 農耕地의 부족현

상이 深化되고 있으며, 傾斜地 活用に 대한 社會經濟的인 與件이 성숙되고 있다고 하겠다.

傾斜地 活용은 이러한 社會·經濟的인 與件과 더불어 傾斜地의 土性, 氣候條件 및 機械化를 위한 農業機械의 活용 與否에 의하여 그 程度가 決定된다. 따라서 傾斜地의 耕地化는 地域的인 與件에 따라 適切하게 추진될 수밖에 없으며, 機械化는 傾斜地의 活用度를 決定하는 重要한 要因이 된다고 하겠다. 東歐의 헝가리는 傾斜地의 30~40%를 農耕地로 利用하고 있음에 比하여 오스트리아는 50~60%를 利用하고 있음<sup>1)</sup>은 傾斜地 活用に 대한 地域的인 與件의 綜合的인 結果라고 하겠다.

#### 가. 傾斜地 機械化의 意義

傾斜地의 潜在的인 農業生産 能力은 平野地에 比하여 크게 떨어지지 않는다. 經濟作目의 선택, 地力向上, 效率的인 作業을 통하여 傾斜地가 가진 潛在力을 極大化할 수 있다. 그러나 傾斜地에서의 農作業은 平野地 作業에 比하여 勞動生産性이 낮고 많

<sup>+</sup>1987年度 韓國農科科學協會 심포지움發表 論文. (1987. 8. 7.)

\*서울大學校 農科大學

은 에너지가 消耗된다. 또 作業方法에 있어서도, 作業의 安全性을 높이고 表土의 流失을 방지하기 위해서는 많은 制約을 받게 된다. 傾斜地 農業에서 이러한 低勞動生産性은 傾斜地의 活用을 抑制하는 要因으로 作用하게 된다. 따라서 傾斜地의 活用을 促進하기 위해서는 勞動生産性을 向上시킬 수 있는 方案이 요구되며 機械化는 이러한 목적으로 考慮되어야 한다. 결국 傾斜地 農業의 機械化는 傾斜地의 潜在的인 農業生産 能力을 極大化하는 方案으로서 勞動生産性을 提高하기 위한 것으로 보아야 할 것이다. 또한 機械化는 傾斜地의 活用 程度를 決定하는 중요한 要因이 된다는 것은 이미 言及한 바와 같다.

#### 나. 傾斜地 機械化의 推進 計劃

政府의 段階別 農業機械化 事業目標<sup>5)</sup>에 의하면 第5次 經濟開發 5年(81~86年) 計劃期間中 農業機械化 事業은 平地의 完全機械化와 中間山地의 50% 機械化를 目標로 推進되어 왔다. 이러한 計劃은 주로 水稻作을 中心으로 推進되어 왔기 때문에 中間山地의 경우에는 아직까지 그 目標에 이르지 못하고 있는 實情이다. 그러나 政府는 傾斜地 機械化의 필요성을 認識하고 草地開發 및 밭作物 生産活性化를 위한 根基盤造成事業을 推進함과 동시에, 第6次 經濟社會發展 5年計劃期間(87~91年)<sup>3,4)</sup>中에는 밭作物 園藝, 果樹, 畜産 등 傾斜地 利用이 많은 農業分野의 機械化事業을 적극 推進할 計劃으로 있다. 따라서 우리나라의 傾斜地 農業 機械化는 金년부터 시작되는 것으로 보아야 할 것이다.

## 2. 傾斜地의 機械化

### 가. 傾斜地의 分類

傾斜地는 地面의 傾斜度에 따라 分類할 수 있다. 傾斜度란 水平面에 대한 地面의 기울기로서 度(°) 혹은 %로써 표시되며, 동일한 傾斜地域이라 하더라도 部分的으로는 傾斜度의 變化가 존재하므로 實際적으로는 平均的인 의미로 사용된다.

傾斜度에 따라 傾斜地를 分類하면 一般的으로 0~5°를 平地, 5~15°를 緩傾斜地, 15~20°를 急傾斜地, 25°以上을 急峻傾斜地로 分類하지만 一定한 分類基準이 없고, 國家에 따라, 혹은 分類目的이나 傾斜地의 利用目的에 따라 便宜로 分類하고

있다. 예를 들면 傾斜地의 活用の 低調한 獨逸에서는 약 11°(20%)까지를 緩傾斜地로 分類하는데 比하여 傾斜地의 活용이 높은 오스트리아에서는 11°(20%)까지를 平地, 11~22°(20~40%)를 緩傾斜地, 22~35°(40~70%)를 中傾斜地, 35°(70%) 以上을 急傾斜地로 分類하고 있다.<sup>6)</sup>

우리나라에서는<sup>7)</sup> 0~4°(0~7%)를 平地 혹은 매우 약한 傾斜地, 4~8.5°(7~15%)를 약한 傾斜地, 8.5~16.7°(15~30%)를 傾斜地, 16.7~40°(30~60%)를 심한 傾斜地, 40°(60%) 以上을 매우 심한 傾斜地로 分類하여 地目的 適性等級을 결정하는 基準으로 利用하고 있다. 즉 논·밭은 1°(2%)까지, 果樹地는 4°(7%)까지, 草地는 8.5°(15%)까지를 1級地로 分類하고 있다. 그림 1은 傾斜도에 따른 傾斜地의 分類와 地目別 適性等級을 나타낸 것이다.

機械化의 觀點에서 傾斜地를 分類하면<sup>14)</sup> 機械使用이 制限되는 程度에 따라 平地, 緩傾斜地, 傾斜地,

傾斜地 區分 地 目	平地 Level	매우 약한 傾斜 Gentle slope	약한 傾斜 Slope	傾斜 Moderate steep	심한 傾斜 Steep	매우 심한 傾斜 Very steep
	1.15	4	8.5	16.7	40	45°
	2	7	15	30	60	100%
畝 土	1	2	3	4		
田 土	1	2	3	4		
果樹 및 桑田土	1		2	3	4	
草地土	1		2	3, 4		
林地土	1			2, 3	4	

\* 숫자는 等級을 나타낸다.

그림 1. 傾斜地 分類와 地目的 適性等級

急傾斜地로 分類할 수 있다. 一般的으로 平地用 機械가 制限없이 使用될 수 있는 傾斜度는 1~2°까지이며, 傾斜地專用 機械라 하더라도 安全하게 作業할 수 있는 最大傾斜度는 20°前後이다. 표 1은 機械化를 고려한 傾斜地의 分類와 各 傾斜地別 機械利用上的 特성을 나타낸 것이다.

### 나. 傾斜地의 利用現況과 機械化 可能面積

우리나라의 耕地는 대부분 1°以上的 傾斜地에 해당하며 1°以下の 平地에 해당되는 面積은 全耕地面積의 약 15.5%에 不過하다. 平地의 약 83%는 畝土로서 平地의 대부분을 畝土가 차지하고 있으

표 1. 機械化에 의한 傾斜地 分類

分類	傾斜度	特 徵
平地 (plain)	1~2°	機械使用이 전혀 制限을 받지 않는다.
緩傾斜地 (gentle slope)	2~9°	機械는 특별한 조건에서 만 사용될 수 있으며, 機械의 性能을 높이기 위하여 특별한 裝置가 필요하다.
傾斜地 (medium slope)	9~20°	傾斜地用 機械만이 사용될 수 있다.
急傾斜地 (steep slope)	20°以上	機械使用이 不可能하다.

며 傾斜地는 주로 田土, 果樹地, 桑田地, 草地, 林地 등으로 利用되고 있다. 地目別로는 田土가 1° 以上 傾斜地의 약 22%, 林地가 51%로서 대부분의 傾斜地를 차지하고 있으며, 果樹·桑田土 및 草地는 약 5% 程度이다. 傾斜度別로 보면 田土는 대체로 6°까지, 果

樹地는 11°까지, 11°以上의 傾斜地는 草地 혹은 林地로 利用되는 것이 普遍的이나, 우리나라에서는 田土의 약 70%가 1~9°의 傾斜地이며, 果樹·桑田地는 83%가 1~17°, 草地는 85%가 1~17°의 傾斜地에 해당된다. 즉 우리나라에서 직접 農業生産에 이용되고 있는 傾斜地는 대부분 田土, 果樹地, 草地로서 17°까지의 傾斜度에 해당된다고 할 수 있다. 표 2는 傾斜度에 따른 地目別 面積을 나타낸 것이다.

機械化가 가능한 傾斜地 面積은 地形的으로는 機械가 安全하게 사용될 수 있는 最大 傾斜度에 따라서 결정된다. 그러나 機械化는 區劃整地, 農路開設 등 實質的으로 機械 運轉에 필요한 基盤이 造成되지 않고서는 不可能한 것이다. 一般的으로 機械가 安全하게 사용될 수 있는 最大 傾斜度는 20° 前後이므로 이를 基準으로 하여, 畝土를 제외하고 機械化가 可能的한 傾斜地 面積을 推定하면 표3에서와 같다. 이는 田土의 99%, 果樹·桑田土의 99%, 草地의 89%에 해당되는 面積으로서, 地形的으로 우리나라의 傾斜地는 대부분 機械化가 可能的한 것으로 볼 수 있다. 앞으로 밭作物 基盤造成 事業<sup>2)</sup>과 草地造成 事業<sup>1)</sup>에 의하여 開發될 田土 果樹地 및 草地 面積

표 2. 傾斜度에 따른 地目別 面積

單位 : ha

傾斜度	0~1.15° (0~2%)	1.15~4° (2~7%)	4~8.5° (7~15%)	8.5~16.7° (15~30%)	16.7~40° (30~60%)	40~45° (60~100%)	기 타	計
畝 土	529,783.5 (41.8)	478,316.6 (37.7)	215,478.2 (17.0)	44,725.5 (3.5)	34.0	1.0	—	1,268,338.8 (100)
田 土	78,441.5 (9.1)	260,280.7 (30.3)	339,381.8 (39.5)	168,704.1 (19.6)	10,602.1 (1.2)	2,110.5 (0.2)	16.8	859,537.5 (100)
果樹·桑田土	17,963.7 (15.6)	28,519.3 (24.7)	42,189.0 (36.6)	25,314.8 (22.0)	957.2 (0.8)	150.0 (0.1)	190.0 (0.2)	115,284.0 (100)
草 地	3,210.0 (3.4)	23,494.9 (24.7)	39,454.1 (41.5)	18,311.0 (19.3)	9,011.0 (9.5)	1,299.0 (1.4)	337.0 (0.4)	95,117.0 (100)
林 地	10,519.4 (0.6)	44,081.5 (2.5)	198,991.1 (11.2)	423,645.5 (23.8)	672,168.9 (37.8)	411,765.3 (23.1)	18,661.6 (1.0)	1,779,833.3 (100)
計	639,918.1 (15.5)	834,693.0 (20.3)	835,494.2 (20.3)	680,700.9 (16.5)	692,773.2 (16.8)	415,325.8 (10.1)	19,205.4 (0.5)	4,118,110.6 (100)

\* ( )안은 傾斜度別 %를 나타낸 것이다.

\* 資料 : 韓國土壤總設<sup>1)</sup>, p 815-848.

표 3. 機械화가 가능한 傾斜地 面積

單位 : ha

地 目	機械化 可能面積	開發可能面積	2000年代의 總 機械化 對象面積
田 土	846,808.1	851,290.0*	1,698,098.1
果樹·桑田土	113,986.8	230,484.6**	344,471.4
草 地	84,490.0	685,551.6**	770,041.6
計	1,045,284.9	1,767,326.2	2,812,611.1

\*資料 : 밭基盤造成技術資料<sup>2)</sup>

\*\*資料 : 韓國土壤總說<sup>1)</sup>

을 포함하면 2000년대까지 機械화가 가능한 傾斜地 面積은 總 280萬ha에 이를 것으로 推定된다.

다. 平地用 機械의 作業限界

어떤 機械가 어느 程度의 傾斜度까지 安全하고 能率의으로 利用될 수 있는가 하는 問題는 傾斜地 機械化에서 규명되어야 할 중요한 課題의 하나이다. 平地用 機械는 傾斜地 作業에서 當然히 作業能率이 떨어지며 安定性에도 限界가 있다. 傾斜가 큰 경우에는 車輪이 미끄러지거나, 轉倒의 위험성이 증가되어 作業能率은 더욱 惡化된다. 이와같이 平地用 機械의 傾斜地 利用은 限界가 있으므로 주요한 農業機械의 傾斜地 適應性을 檢討하여 본다.

1) 動力耕轉機

動力耕轉機가 傾斜地를 走行할 때 山側 車輪이 地面에서 떨어질 때를 安全作業의 限界라고 할 수 있다. 이 때의 地面 傾斜度를 動橫轉角이라 한다. 動橫轉角과 靜의狀態의 橫轉角 즉 靜止橫轉角과의 差異는 10~15°程度이며 走行方向, 走行速度, 바퀴幅, 重心의 높이, 타이어의 壓力, 障礙物의 높이 등에 따라서 變化된다. 一般的으로 重量 300~400kg인 耕轉機의 靜止橫轉角은 27~33°이고 等高線 方向으로 走行할 때 動橫轉角은 15~20°程度이다.<sup>4)</sup> 動力耕轉機의 橫轉角은 運轉者의 腕力에 의해서도 變化될 수 있으므로 腕力에 의한 最大 復元모우멘트를 20kg·m로 보면 200~300kg의 動力耕轉機를 腕力으로 制御할 때 橫轉角의 差異는 7°程度 생긴다. 그러나 腕力에 의한 轉倒制御는 運轉者의 피로를 증가시키고 作業能率을 低下시키므로 安全作業의 限界를 設定할 때는 腕力에 의한 復元모우멘트는 포함하지 않는 것이 일반적이다.

그림 2는 높이 10cm의 山側 障礙物을 等高線方向으로 通過할 때 바퀴幅과 重心의 높이에 따른 動力耕轉機의 安全作業限界를 나타낸 것이다. 그림 2에

서 보는 바와 같이 20°以上の 傾斜地에서 橫轉倒를 防止하기 위해서는 耕轉機의 重心을 아주 낮추거나 바퀴幅을 크게할 필요가 있다. 현재 國內에서 生産되고 있는 動力耕轉機의 重心의 높이와 바퀴幅의 범위는 그림 2에 표시된 바<sup>5)</sup>와 같다.

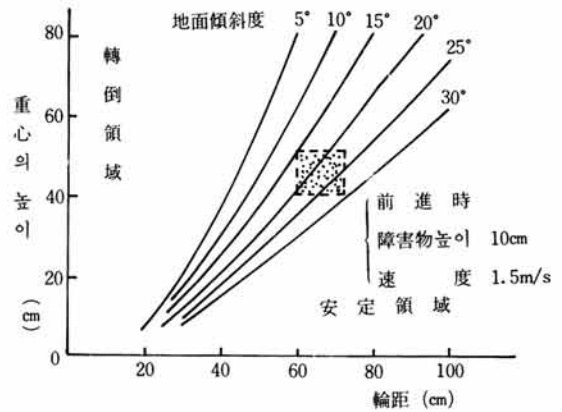


그림 2. 動力耕轉機의 安全作業限界

作業能率에서는 一般的으로 5°의 傾斜地까지는 平地作業에 準하는 作業을 遂行할 수 있으나, 그 以上の 傾斜度에서는 作業能率이 떨어진다. 특히 트레일러를 利用한 運搬作業에서는 注意하여야 한다.

2) 트랙터

傾斜地에서 트랙터作業은 橫轉倒뿐만 아니라 後方轉倒에 의해서도 制限된다. 따라서 트랙터의 安全作業限界를 決定하는 轉倒角에는 橫轉角과 後方轉倒角이 있으며 橫轉角에는 靜止 1次橫轉角, 靜止 2次橫轉角, 動橫轉角이 있다. 靜止 1次橫轉角은 앞車軸의 한지점과 谷側 後輪의 接地點을 잇는 轉倒軸에 대하여 트랙터가 轉倒를 시작하는 地面의 傾斜度로서 山側 後輪이 地面에서 떨어지는 경우이다. 靜止 2次橫轉角은 1次轉倒軸에 대한 橫轉이 계속

되어 谷側의 前輪과 後輪의 接地點을 잇는 轉倒軸에 대하여 트랙터가 轉倒를 시작하는 傾斜度이다. 이 때 山側의 前輪과 後輪은 모두 地面에서 떨어지게 된다. 動橫轉角은 走行狀態에서 트랙터가 轉倒

를 일으키는 傾斜度이며 靜止 1次橫轉角으로부터 走行方向, 走行速度, 바퀴幅, 障礙物의 높이 등을 고려한 安全係數로써 決定할 수도 있다. 後方轉倒角은 後輪車軸에 대하여 트랙터가 轉倒를 일으키는 地

표 4. 後輪 驅動形 트랙터의 靜止 1次橫轉角

馬力(PS)	트랙터의 크기			靜止 1次橫轉角(°)
	重量(kg)	後輪幅(cm)	軸間距離(cm)	
20	1056	110	140	37.2
25	1440	131	180	42.7
49	2068	135	210	41.6

표 5. 作業機를 附着한 4輪 트랙터의 靜止 1次橫轉角

作 業 機			靜 止 1 次 橫 轉 角(°)		特 徵	作 業 機 附着形式
機 種	規 格	重量(kg)	作業機를 地上에 내린 경우	作業機를 올린 경우		
Oneway harrow	24"×7	266	38.5	42.6	作業機 自體가 트랙터보다 安定的이고 트랙터의 橫轉을 助長하지 않음	後方附着型
Broadcaster		135	42.3(積荷 0kg)	42.3(積荷 0kg)		
Broadcaster		288	40.3(積荷 153kg)	40.3(積荷 153kg)		
Rotary	幅 1.8m	410	39.8	40.8		
Rotary	幅 1.6m	380	40.7	42.0		
Mower	6ft	234	44.5	43.0		
Chiesel harrow		210	46.7	44.5		
Drill seeder	13條	596	42.9	—	을 助長하지 않음	牽 引 型
Manure spreader	1 톤	760	42.4	—		
Forage harvester	幅 1.5m	817	42.6	—		
Loose baler		860	46.2	—		
Buttom plow	14"×2	209	27.8*	43.3	作業機 自體가 트랙터보다 不安定하여 트랙터의 橫轉을 助長함	後方附着型
Subsoiler	1 런	63	—	43.6		
Duster		911	29.8*(台杵高 最高)	—	트랙터의 橫轉을 助長함	牽 引 型
Duster		911	41.8*(台杵高 最低)	—		
Sprayer		668	36.8*(탱크 0ℓ)	—		
Sprayer		1068	33.3*(탱크 400ℓ)	—		
Rotary tedder		194	20.5*	—		
Front loader		192	—	33.5~42.8** 積荷 0kg	트랙터의 橫轉을 助長함	前方附着型
		192	—	27.8~40.3		
		342	—	24.9~43.2** 積荷 150kg		
		342	—	20.7~39.7		
		501	—	20.3~42.0** 積荷 309kg		
	501	—	13.4~32.4			

트랙터는 25PS, 重量 1440kg, 靜止 1次橫轉角 42.7°이다.

\* 트랙터보다 作業機가 먼저 橫轉하는 경우이며, 作業機의 橫轉角을 나타낸다.

\*\* 트랙터의 後方に 312kg의 均衡錘를 裝着한 경우

面的 傾斜度이다. 一般의으로 後方轉倒角은 橫轉角보다 크기 때문에 트랙터가 傾斜方向으로 走行하는 경우에는 自重에 의한 傾斜抵抗과 미끄럼이 安全作業의 限界를 決定하는 要因이 된다. 표 4는 後輪驅動型 4輪트랙터의 靜止 1次橫轉角을 나타낸 것이다.

트랙터의 安全作業限界는 一般의으로 動橫轉角으로 나타낼 수 있다. 트랙터가 等高線方向으로 作業할 때 1.5~2.0의 安全係數를 고려하면 트랙터의 動橫轉角은 15~20°程度이다. 따라서 트랙터의 安全作業限界는 15~20°程度라고 할 수 있으며 이 以下의 傾斜地에서 橫轉度는 없는 것으로 볼 수 있다<sup>8)</sup>.

作業機를 附着하는 경우에는 作業機의 種類, 附着方式 등에 따라서 橫轉角이 變化되며, 作業機에 의하여 安定性이 증가될 수도 있고 低下될 수도 있다. 표 5는 各種 作業機를 附着한 4輪 트랙터의 靜止 1次橫轉角을 나타낸 것이다.

作業能率面에서 보면 8°以下의 傾斜地까지는 後輪驅動 트랙터에 平地用 作業機를 附着하여 平地에

서와 같은 程度의 作業을 遂行할 수 있으나, 그 以上의 傾斜地에서는 作業能率이 떨어진다. 특히 10~12°以上의 傾斜地가 되면 트랙터는 4輪驅動型이 바람직하며, 作業할 때에도 安全에 주의하여야 한다. 運搬作業에서는 積載量이 制限되므로, 많은 積載物을 運搬할 때에는 傾斜地用 運搬作業機가 필요하다. 표 6은 4輪驅動型 트랙터에 附着된 平地用 作業機의 安全利用限界를 나타낸 것이다.

### 3) 草地用 機械

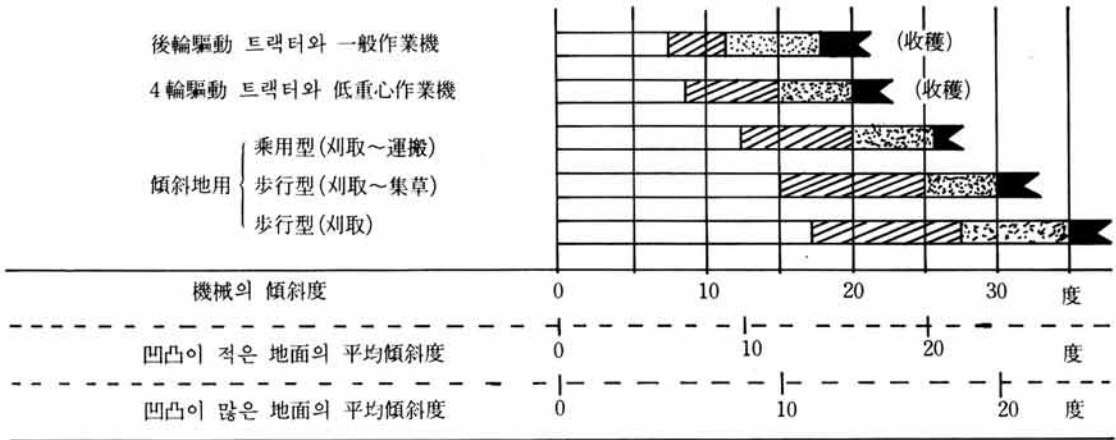
草地用 機械는 대부분 트랙터에 作業機를 附着한 形態로서 사용되고 있으나 自走式 作業機가 사용되기도 한다. 自走式 作業機에는 모아(mower), 테더(tedder), 레이크(rake), 베일러(baler), 牧草收穫機(forage harvester), 運搬車 등이 있다.

草地에서는 車輪과 草地사이의 摩擦力이 地面에서보다 작기 때문에 車輪의 슬립이 발생하기 쉽다. 따라서 草地에서는 轉倒의 위험보다 車輪의 슬립으로 인한 미끄럼 혹은 操向不能의 위험이 크게 증가되므로 安全作業限界를 決定할 때에도 車輪의 슬립

표 6. 平地用 作業機의 安全作業限界

作 業 機	等高線作業	登降坂作業	備 考
Broadcaster	15°	15°	
Rotary	15°	8°(降), 12°(登)	12°以上에서는 枕地처리 不可能
Reciprocating mower	12~15°	8~10°(降), 15°(登)	枕地の 刈取는 약 10°까지
Rotary mower	12~15°	—	牧草가 무성한 곳은 12°까지
Forage harvester	12°	—	Double guide 式
Rotary tedder	15°	15°	
Side rake	12°	—	
Loose baler	15°	—	
Buttom plow(雙用)	12°	8°(登), 15°(降)	Wheel guide 使用, 下向反轉
Disk harrow	12~15°	8~12°	플라우耕 後
Chiesel harrow	12~15°	8~12°	”
Drill seeder(附着形)	12~15°	12°	” , 整地後
Drill seeder(牽引形)	12°	12°	로타리 整地後
Cultivator	12°	10~12°	”
Manure spreader	8~12°	8°	
Loose baler+Trailer	10°	—	
Forage harvester+Trailer	10°	—	Double guide 式
Cultivator+Ridger	5~7°	—	
Rice combine	8~10°	8°	後方均衡錘가 필요함

트랙터는 32PS, 重量 1.5ton, 4輪驅動型이다.



- 作業能率과 作業精度가 낮다.
- 作業條件이 좋으면 利用可能하지만 安全을 고려하여야 한다.
- 슬립과 轉倒가 예상되므로 作業이 不可能하다.

그림 3. 草地用 機械의 傾斜地 適應狀態

을 고려하여야 한다. 車輪의 슬립은 安定性 低下뿐만 아니라 牧草를 損傷하여 表土의 流失과 草地 荒廢의 原因이 되기도 한다.

그림 3은 草地用 機械의 傾斜地 適應狀態를 나타낸 것이다. 傾斜草地에서 後輪驅動 트랙터는 대체로 8°程度의 傾斜까지는 平地에서와 같은 水準의 作業을 遂行할 수 있으나 8°以上の 傾斜地에서는 作業能率が 떨어지고, 15~18°以上이 되면 4輪驅動 트랙터도 轉倒와 미끄럼의 위험이 있다. 그러나 步行型 作業機는 乘用트랙터보다 傾斜地 適應性이 높고 20°以上の 傾斜地에서도 사용할 수 있는 것이 있다. 單一 作業機로서 널리 이용되고 있는 步行型 모아는 로타리型보다 往復型이 傾斜地 適應性이 높다.

#### 라. 傾斜地用 機械의 特徵과 設計方向

傾斜地用 機械는 傾斜地라고 하는 不利한 地形條件에서 사용되므로, 충분한 牽引力, 높은 作業能率과 作業精度 등 平地에서 요구되는 一般的인 農業 機械의 特性에 追加하여 특히 높은 安定性이 요구된다. 즉 傾斜地用 機械는 平地用 機械와 比較하여 作業能率과 作業精度가 떨어지지 않고 安定性이 높아야 한다.

이러한 傾斜地用 機械가 갖추어야 할 構造上의 特徵을<sup>10)</sup> 平地用 機械와 比較하여 檢討하여 본다.

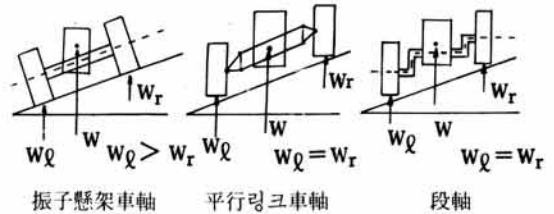


그림 4. 姿勢 調整用 車軸

- 1) 橫轉倒를 防止하기 위하여
  - 가) 機械의 重心을 최대로 낮춘다. 즉 機械의 下部에서 重量分布가 크도록 하고 車輪의 直徑을 작게 한다.
  - 나) 車輪의 幅을 크게 한다.
  - 다) 機械가 받는 衝擊을 緩和하기 위하여 車輪의 懸架裝置를 設置하며, 타이어는 低壓타이어를 이용한다.
  - 라) 急傾斜地用 機械에는 段軸이나 平行링크車軸을 設置하여 機械의 姿勢를 調整할 수 있도록 한다. 機械의 姿勢를 調整할 수 있는 車軸에는 그림 4에서와 같이 振子懸架車軸 (pendulum suspension axle), 平行링크車軸 (parallelogram rear axle), 段軸이 있다!<sup>11,12,15)</sup> 姿勢調整用 車軸은 傾斜度에 관계

없이 車體를 항상 垂直狀態로 유지할 수 있으며, 左右 車輪에 作用하는 土壤反力을 같게 함으로서 車輪이 미끄러지는 것을 防止하고 牽引力을 증가시킬 수 있다.

2) 後方轉倒를 防止하기 위하여

- 가) 機械의 重心을 최대로 낮춘다.
- 나) 前輪과 後輪의 分擔荷重을 같게 한다.
- 다) 4輪驅動 등과 같이 多輪驅動 方式을 택한다.

3) 轉倒時의 安全을 위하여

- 가) 安全프레임, 轉倒保護裝置(ROPS) 등을 設置하여 機體가 轉倒되었을 때 굴러가지 않도록 한다.
- 나) 非常 엔진停止線((life line)을 設置하여 機體가 轉倒되었을 때 엔진을 停止할 수 있도록 한다.

4) 登坂性能을 높이기 위하여

- 가) 機體의 重量을 작게 하고 驅動輪의 重量을 크게 하여 牽引力을 얻는다.
- 나) 軌道型 혹은 多輪驅動型 走行裝置를 택한다.
- 다) 구름抵抗이 작은 타이어를 사용한다.
- 라) 接地面積이 크고 리그를 가진 타이어를 사용하여 미끄럼을 防止한다.

5) 操向 및 運轉能率을 높이기 위하여

- 가) 旋回半徑을 작게 한다.
- 나) 操向 브레이크를 設置한다.
- 다) 操向 車輪의 重量을 작게 한다.
- 라) 軸間距離를 短縮한다.
- 마) 運轉者가 機體의 前後, 下部를 쉽게 관찰할 수 있도록 視界를 좋게 한다.

6) 土壤다짐을 最少化하기 위하여

- 가) 廣幅 타이어를 사용한다.
- 나) 軌道型이나 多輪驅動式 走行裝置를 택한다.

7) 作業機 附着方式

- 가) 機械의 前後方에 作業機를 附着할 수 있도록 한다.
- 나) 牽引型 作業機에는 支持輪을 附着하여 安定性을 높인다.

傾斜地用 機械에서 요구되는 이와같은 구조적인 특징을 모두 만족할 수 있는 機械은 없다. 어떤 條件은 다른 條件과 서로 對立되기 때문이다. 이들에

면 安定性을 높이기 위하여 車輪을 작게 하고 機體의 地上高를 낮추어야 하지만, 作物에 損傷을 주지 않고 障礙物과 衝突을 防止하려면 機體의 地上高를 높여야 한다. 결국 機械은 주어진 地形條件과 作業目的에 따라서 適切하게 設計되어야 한다.

마. 傾斜地用 機械의 種類

傾斜地用 機械은 轉倒의 危險防止, 走行性 및 作業精度의 向上에 設計의 重點을 두고, 機體의 姿勢制御, 傾斜地用 타이어附着, 多輪驅動方式, 作業機의 均衡附着 등을 통하여 傾斜地 適應性을 높인 機械이다. 최근 國內에서도 4輪驅動 트랙터가 生産됨으로서 트랙터의 傾斜地利用 可能性이 높아지고 있으나 全般的으로 傾斜地用 機械開發에 대한 努力은 未洽한 實情이다. 外國에서 傾斜地用으로 利用되고 있는 몇가지 機械을 살펴본다.

1) 2輪 트랙터

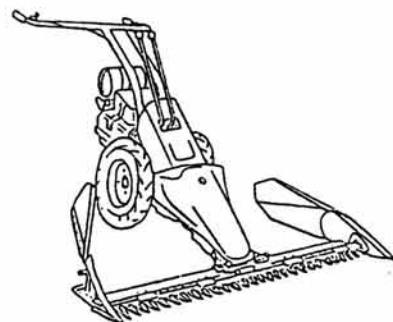


그림 5. 傾斜地用 步行型 모아

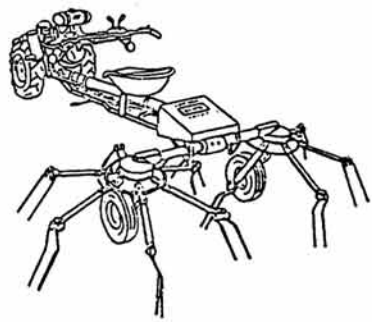


그림 6. 傾斜地用 回轉型 테더

그림 5에서와 같이 中央驅動(center drive)式, 往復型 모아(mower)를 附着한 步行型 모아가 있다. 刈取幅이 1.5~2m 程度이고 搭載엔진은 5~10馬力의 것이 많다. 모아가 本體의 荷重을 일부 支持하



어 轉倒를 防止한다. 그림 6은 回轉型 테더(tedder)를 附着한 2輪 트랙터이다. 一般적으로 2輪 트랙터는 傾斜地 專用式보다는 作業機를 附着하여 傾斜地 適應性을 높인 것이 많다.

### 2) 4輪 트랙터

傾斜地 專用 4輪 트랙터는 低重心式, 4輪驅動으로 低壓타이어 혹은 廣幅타이어를 사용한 트랙터이

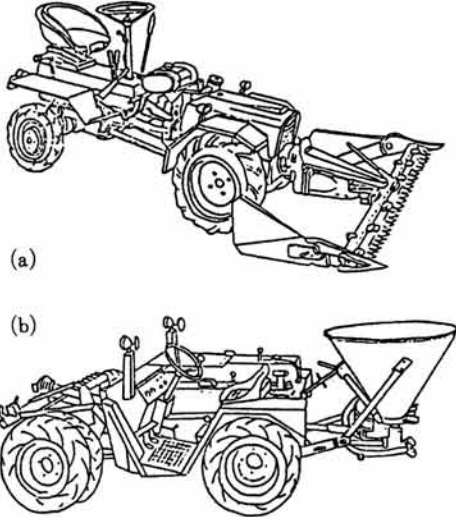


그림 7. 傾斜地用 4輪 트랙터

다. 트랙터의 前後에 作業機를 附着할 수 있도록 動力取出裝置(PTO)가 되어 있다. 그림 7의 (a), (b)는 각각 往復型모아, 散播機를 附着한 傾斜地 專用 트랙터이다.

### 3) 運搬用 機械

傾斜地 專用 運搬機械로서는 그림 8의 (a), (b)에서와 같은 農用트럭(truck), 自走式 웨곤(wagon) 등이 있다. 走行速度는 作業할 때와 走行할 때를 分離하여, 作業할 때는 1~10km/hr의 범위에서 走行할 때는 보통 트럭의 速度로써 走行할 수 있도록 變速裝置가 되어 있다. 低重心式, 4輪驅動이며 前後에 作業機를 附着할 수 있도록 動力取出裝置가 되어 있다. 農用트럭의 積載荷重은 보통 3.5~4톤 정도이고 登坂性能은 20° 정도인 것이 많다.

農用트럭이나 自走式 運搬車가 利用될 수 없는 곳에는 모노레일(mono-rail)이 利用될 수 있다. 모노레일은 주로 果樹園 등지에서 農道까지 生産物을 運搬하는 데 利用되며 40~50° 程度의 急傾斜地에서도 運搬作業이 可能하다. 모노레일은 自走型과 牽引

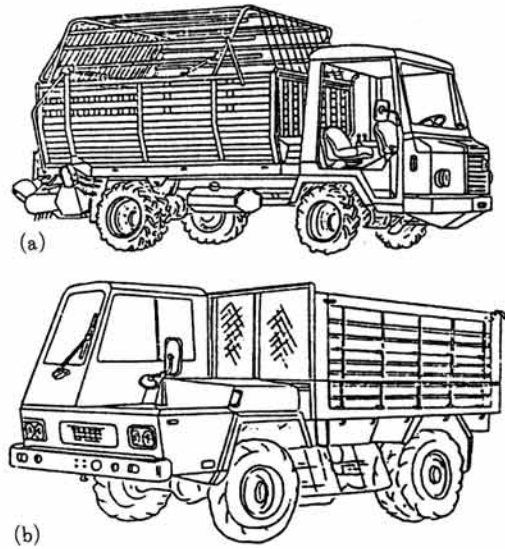


그림 8. 傾斜地 專用 運搬機械

型이 있으며, 驅動方式에 따라 피스톤 록 (piston lock)式, 突起輪式, 고무輪式 등이 있다. 搭載엔진은 보통 2사이클 엔진이 利用된다. 積載量은 150~200kg 程度이고 大型은 350~600kg까지 可能하다.

## 3. 傾斜地 機械化의 問題點과 對策

勞働生産性의 向上, 作業能率의 增大, 安全作業 등 傾斜地 機械化가 指向하는 目標을 成功的으로 達成하기 위해서는 機械化를 위한 諸般 與件이 함께 成熟되어야 한다. 傾斜地 機械化는 傾斜地라고 하는 不利한 地形的인 條件 때문에 平地의 機械化에 比하여 傾斜地用 機械開發 安全對策 등 새로운 與件이 確立되지 않으면 안된다.<sup>13)</sup> 우리나라에서와 같이 아직 傾斜地 農業이 活性化되어 있지 않고, 機械化가 始作 段階에 있는 狀態에서, 이러한 與件들은 傾斜地 機械化를 위하여 先決되어야 할 課題라 할 수 있다. 先決 課題의 하나로서 基盤造成과 傾斜地用 機械開發에 대한 問題點과 그 對策을 살펴본다.

### 가. 基盤造成

우리나라의 傾斜 耕地는 대체로 單位 耕作面積이 작기 때문에 機械化 作業을 效率的으로 遂行하기 어렵다. 또 耕作形態에 있어서도 大單位 耕作보다는 多様な 作物을 少量으로 栽培하는 形態가 많기 때문에 機械化의 側面에서는 非效率的인 耕作形態가 많다. 地形的인 條件에서도 傾斜도가 均一하지

않고 同一한 傾斜地域 內에서도 部分的으로 傾斜度의 變化가 심하며 耕土深이 얇고 表土의 流失이 심하다. 이와 같이 不利한 傾斜地 農業의 耕作形態나 地形的인 與件을 機械化에 適合한 狀態로 轉換하지 않고서는 機械化의 效果를 얻을 수 없다.

우선 傾斜 耕地를 一定한 面積으로 區劃整理하여 傾斜도가 均一하도록 整地하여야 한다. 傾斜가 심한 경우에는 階段式 耕地로 轉換하고, 機械 進入을 위한 農路와, 表土의 流失을 防止하기 위한 排水路 등을 設置하여야 한다. 最近 政府에서 推進하고 있는 山地開發事業이나 밭作物基盤造成事業도 機械化를 前提로 設計되고 施工되어야 한다.

機械化에 適合한 耕作形態는 同一한 作物을 集團栽培하는 團地栽培形態라고 할 수 있다. 多樣한 作業機가 開發되어 供給되기까지는 作目 變化에서 오는 勞動 피크기의 形成을 되도록 抑制하여야 한다. 따라서 地域에 따라 適合한 作目이 選擇되고 作付體系가 確立되어 機械開發에 필요한 情報가 提供되어야 하며 혹은 開發된 機械가 效果의으로 利用될 수 있는 作付體系가 研究되어야 한다. 傾斜地의 再整備, 作付體系의 確立은 傾斜地 機械化를 위한 基本 條件이라 할 수 있다.

## 2) 傾斜地用 機械의 開發

平地用 機械의 傾斜地 利用은 機種에 따라 差異가 있으나 一定한 限界가 있기 때문에 傾斜地 機械化를 위해서는 傾斜地 專用 機械의 開發은 不可避하다. 傾斜地 專用 機械는 平地用 機械에 比하여 특히 安定性이 높고, 傾斜度 判別裝置, 安全프레임, 轉倒保護裝置(ROPS) 등 安全裝置가 具備되어야 하며, 牽引性能을 높이기 위한 多輪驅動, 低重心式 機械가 요구된다. 最近 4輪驅動 트랙터가 生産되어 트랙터의 傾斜地 適應性이 向上되었으나, 平地 機械化에 主力하여온 우리나라에서는 아직 傾斜地 專用 機械의 開發은 全無한 實情이다.

傾斜地用 機械開發을 위한 研究로서는 우선 現在 사용되고 있는 平地用 機械에 대한 傾斜地 適應性이 규명되어야 한다. 이러한 結果를 基礎로 하여 傾斜地 適應성을 높이기 위한 設計 및 技術的인 檢討가 이루어져야 하고 필요한 경우에는 傾斜地 適應性 向上을 위한 附着裝置가 開發되어야 한다. 또 外國의 傾斜地 專用 機械를 導入하여 國內의 地形與件에서 適應성을 檢討하고 그 結果를 專用機 開發

에 利用하여야 한다. 그러나 傾斜地用 機械는 設計上의 特徵만을 附與함으로써 이루어질 수는 없는 것이며, 作目, 栽培方式, 作業目的 등에 따라서 適切하게 設計되어야 한다. 즉 作目에 따라 機械의 要求條件이 相異하므로 多樣한 專用機가 開發되어야 한다.

傾斜地用 機械는 安全裝置 및 特殊한 機能을 遂行할 수 있는 裝置가 追加的으로 附着되어야 하므로 平地用 機械에 比하여 生産原價가 높아질 수 있다. 또 우리나라의 傾斜地 農業形態에서 單一 作物의 大單位 團地造成이 어려운 實情임을 勘案하면, 單一 機種의 大量生産보다는 少量의 多機種 生産體制를 構築하는 것이 바람직한 것으로 判斷된다. 이러한 點에서 傾斜地用 機械開發에 대한 政府 次元의 支援이 요구된다.

機械의 利用面에서도 모든 農業機械에는 安全作業限界를 表示하여 無理한 利用에서 惹起되는 安全事故를 防止하여야 한다. 또 安全利用, 作業機 附着方法, 등에 대한 訓練을 強化하여 傾斜地에서 機械利用을 極大化하여야 한다.

## 4. 提 言

本 論文은 傾斜地 機械化에 대한 우리나라의 地形的인 與件과 機械開發 및 基盤造成에 대한 諸般問題點을 檢討하기 위하여 試圖되었다. 綜合的으로 傾斜地 機械化에 대한 다음 몇가지 提言으로서 結論에 이르고자 한다.

첫째, 傾斜地 機械化는 밭作物 및 畜產物 生産增大를 위한 基盤造成 事業과 함께 勞動生産性 向上을 위한 主要한 手段으로서 推進되어야 한다.

둘째, 傾斜地 機械化를 위하여 傾斜地의 耕地整理가 要求되며, 밭作物 基盤造成 事業이나 草地開發 事業도 機械化를 前提로 施行되어야 한다.

셋째, 平地用 機械의 傾斜地 適應性 向上과 함께 傾斜地 專用 機械의 開發研究가 推進되어야 한다.

넷째, 모든 農業機械에는 安全作業限界를 明示하여 安全事故를 防止하고 傾斜地 作業에 대한 安全訓練을 強化하여 機械利用을 極大化하여야 한다.

마지막으로 效率的인 機械化를 위하여 傾斜地 農業에 適合한 高所得 作目開發과 效果的인 作付體系에 대한 研究가 遂行되어야 한다.

## 參考文獻

1. 農業技術研究所. 1983. 韓國土壤總說, 土壤調查資料 9. 農村振興廳. p. 320~324, 615.
2. 農業土木試驗研究所. 1985. 農工技術情報 第2卷 第4號附錄, 밭基盤造成技術資料. 農業振興公社.
3. 農林水産部. 1986. 第6次經濟社會發展5個年計劃, 農林水産部門計劃.
4. 農林水産部. 1987. 農業機械化.
5. 韓國農業機械學會. 1981. 농업기계연감. 韓國農機具工業協同組合. p. 13.
6. 趙東奎, 吉鎔鉉, 朴鍾叙. 1972. 土地利用計劃을 위한 土地分類-首都圈을 中心으로-. 慶熙大學校 國土綜合開發研究所. p. 59~62.
7. 桑名 隆. 1986. 特集, 傾斜草地での機械利用. 機械化 農業, 2月號. 日本 新農林社. p. 4~17.
8. 松山龍男, 川崎健, 藤岡澄行. 1970. 傾斜地における農用機械の橫轉限界. 日本, 四國農業試驗場報告 第21號. p. 85~125.
9. 新農林社. 1984. 特集. 傾斜地作業を改善する. 機械化 農業, 3月號. 日本 新農林社. p. 5~18.
10. 阿部篤郎. 1979. 傾斜草地作業のためのトラクターと作業機. 機械化 農業, 11月號. 日本 新農林社. p. 5~9.
11. 田尻功郎. 1979. 段軸+平行リンクの 姿勢制御を試作. 機械化 農業, 11月號. 日本 新農林社. p. 10~14.
12. 町田武美, 佐野文彦, 林尚孝. 1974. 傾斜地用トラクタのモデル実験. 茨大農學報告, 第22號. p. 65~73.
13. Hunter, A.G.M. 1981. Tractor safety on slopes. Agricultural Engineer, Winter. p.95-98.
14. Khachatryan, Kh. A. 1985. Operation of soil working implement in hilly regions (Translated from Russian). US Department of Commerce, National Technical Information Service. Springfield, Virginia 22161 USA.
15. Neumeier, K. 1970. Cross-country vehicle with automatic inclination compensation. Journal of Terramechanics 7(1):9-17.



祝

學位取得

姓名: 閔 泳 鳳  
生 年 月 日: 1953年 2月 7日  
勤 務 處: 慶尚大學校 農科大學 農業機械工學科  
取得學位名: 農學博士  
學位授與大學: 慶北大學校  
學位取得年月日: 1987年 8月 25日  
學位論文: 마이크로컴퓨터를 이용한 엔진성능시험 및 제어