

미스트機 部品の 故障實態調査에 依한
信賴性的 豫測

**Presumption on the Failures, the Causes and the
Reliability of the Mist and Dust Blower**

琴 東 赫* · 崔 在 甲*
Dong Hyuk Kum · Jae Kap Choi

Summary

This study was originated to investigate the imparied parts of the mist and dust blowers and intended to analyze the causes of their failures by the use of the Weibull probability paper.

By the use of the paper, the parts which were needed to change the design, the force of the urgency, the mean time between failures of the parts and the basic causes of the troubles could be predicted.

The survey showed that the following parts got out of order: (A) flexible rubber hose, (B) blowing fan, (C) lead valve, (D) piston ring, (E) crank main bearing, (F) coil in magneto and (G) needle valve in carburettor.

The analysis of the survey indicated that the parts G, C, E and D were belonged to "wear-out failure", and that the mean time between failures became shorter in order as indicated above. To insure longer lives of these parts, it would be necessary to change the design and the material and to upgrade operators mechanical technique of the mist and dust blower.

The failure of the parts A, B and F was classified as "random failure", and they did not seem to be the "wear-out" at that time.

The parts B and F was evaluated as "initial failure". Quality controls and operating tests by the producer, and the operational training for users should be strengthened so as to eliminate these failures.

Were the failures only in the parts A, C, D, E, F and G, it could be said that the "reliability" of the mist and dust blower would fall to 10 percent in the second year, and 50 percent of the mist and dust blowers would fail in all parts A, C, D, E, F and G before the blower would have control insect and disease in 58.2 hectares.

* 서울大學校 農科大學

The use of the Weibull probability paper for analyzing failures of the mist and dust blower was effective in that it analyzed failures in the relationship between strength of the parts and users actual circumstances.

I. 緒 言

農作物에 대한 病虫害의 被害로 因하여 東西 어느 나라를 莫論하고 多少의 差異는 있지만, 收穫의 質과 量을 低下시켜 莫大한 經濟的 損害를 받고 있다.

1968年의 우리나라 水稻作의 病虫害 被害率은 20.8%로서, 이것은 日本의 6.3%에 比하여 3倍 以上의 莫大한 被害率을 나타내고 있다.¹⁾ 이와같은 큰 被害量을 減少시키기 爲하여, 農藥의 普及이 先決條件이지만, 이것이 어느 정도 解決된 現在에 있어서는, 山間地域이나 小規模 農村의에는 動力噴霧機 미스트기 等 病虫害 防除用 機械를 多量 普及하여 適期 및 集團 防除作業을 하고 있다. 이 중 미스트기는 1971年 現在 71,182臺를 普及하여 病虫害 防除機具의 主軸을 이루고 있다.

미스트기는 1962~1963年에 約 5,000餘臺를 外國에서 수입했다가 1964年에 처음으로 國產附屬 80% 程度, 輸入附屬 20% 程度로 組立 製作하기 始作하여 '70年初에 거의 完全 國產化하게 되었다.

國產化된 미스트기의 多量 普及도 重要하지만, 무엇보다도 普及된 機械의 性能이 優秀해야하며 또한 故障이 적어야 한다.

강²⁾이 '73年 우리나라 98個所 農機械 修理센터를 對象으로 農機械의 故障實態를 調査한 結果 미스트기(33.5%)가 故障이 가장 많으며, 動力耕耘機(33.3%), 脫穀機(20.7%), 動力噴霧機(3.9%)의 順으로 나타나 있다. 그러나, 이러한 미스트기의 主要 故障部品, 이들의 根本 故障原因 等이 아직 究明되지 않고 있다.

따라서, 이들 主要部品の 故障實態를 調査하여, 故障의 根本原因을 究明하여 이에대한 對策의 講究는 重要的 일이라 아니할 수 없다. 더우기, 미스트기의 耐久年數도 明確하지 않다. 現在 우리나라에서 使用되고 있는 耐久年數는 外國의 資料를 參考하여 얻어진 것이므로 現今의 國產 미스트기의 耐久年數를 表示하는 것이라고는 생각할 수 없다.

따라서, 本研究의 目的은 미스트기의 主要部品の 故障實態를 調査하여, 이를 部品の 根本 故障原因과 平均壽命 및 信賴性을 豫測하며 要改良點을 究

明하고, 耐久年數 및 交換適期를 判定하기 위한 資料를 提供하는 데 있다.

機械의 信賴性을 豫測하는 方法에는 여러가지³⁾가 있으나, 本研究에서는 Weibull probability paper를 利用하여 故障의 原因을 考察하고, 그 結果에 의해서 部品 및 미스트기의 信賴性을 豫測하였다.

電子部品 等の 故障調査에서는 同一한 條件下에서 同時에 壽命試驗이 行해지고 調査個數가 始終變하지 않지만, 農業機械等의 實態調査에서는 購入時期와 通算使用時間 等이 다르고, 時間이 經過함에 따라서 調査 個數가 減少하게 된다. 이와같은 경우에 Weibull probability paper의 使用이 可能할 것인가, 더우기 使用實績의 基準를 利用面積으로 할 것인가 利用時間으로 할 것인가를 檢討의 對象으로 하였다.

II. 文 獻 概 要

System을 設計하든지 또는 그의 性能을 評價하는데 있어서 有用한 統計的 方法이 開發되어, 製品을 設計하고 製造하고 그 製品의 適切한 動作을 保證하기 爲한 計劃을 信賴性 計劃이라 하며, 이러한 信賴性 計劃은 主로 電子製品, 미사일, 항공기에 이용되어 왔다.⁴⁾

信賴性이란 持定期間, 所與의 條件下에서 定해진 機能을 故障없이 遂行할 수 있는 確率이다.⁵⁾⁶⁾¹¹⁾

이러한 信賴性 概念이 農業機械에 처음으로 應用된 것은 Mckibben과 Dressel(1943)에 의해 2個以上の 農業機械를 組合하여 일연의 作業을 할때, 作業性能을 豫測하는데 使用된 것이었다.⁸⁾

여기서 信賴性的의 尺度는 主作業을 行하는데 所要된 時間과 動力原이나 作業機械의 故障 및 材料取扱等으로 인하여 作業이 停止된 時間으로부터 決定된다고 報告하였다.

Archer(1963)⁹⁾는 農業機械 部品の 設計를 爲하여 信賴性 計劃을 農業機械에 應用하는 것은 妥當性이 있을 뿐만아니라 必要的 일이라고 報告하고 多少利用되어 왔다고 하였다.

Rich(1967)는 트랙터의 Warranty coat가 信賴性 分析으로 減少되어오고 있다고 報告하였다.¹²⁾

過去에는 農業機械를 生産하기 爲하여 設計, 圃場試驗, 再設計, 再試驗 等の 生産前에 廣範圍하고 複雜한 過程을 거쳤지만, 오늘날에는 이러한 充分한 時間이 없으므로 信賴性 計劃을 應用하여 이를 改善하여야 한다고 報告하였다.²⁾

信賴性을 豫測하기 爲하여 試驗 및 故障調查 데이터를 分析하는 方法은 여러가지가 있으나, ³⁾ 電子部品の 故障調查에 의해 信賴性을 豫測하는 方法으로 Weibull 函數가 쓰이고 있으며, Ralph 는 Weibull 函數가 農業機械에도 有用하게 利用될 수 있다고 하였다.²⁾ 그 이유로 Weibull 函數는 正規分布, 指數分布 및 對數正規分布의 推定에 利用될 수 있으며, 적은 標本數로도 믿음만한 精度의 結果를 얻을 수 있기 때문이라고 하였다.

또한 그는 Weibull approach는 故障이 接觸이나 bending fatigue에 의해 일어나는 기어, 베어링, 샤프트 등의 故障 및 摩耗分析에 持히 有效한 것 같다고 하였다.

Weibull函數의 各種 parameter를 簡單히 求하기 爲하여 Weibull確率紙가 Goode와 Kao에 의해서 開發되었다.⁴⁾

藤本德實¹⁰⁾은 Weibull確率紙를 利用하여 바인더의 信賴性을 豫測한 바 있으나 '미스트기에 對한 分析은 아직까지 없는 것 같다.

Ⅲ. 故障率과 weibull 確率紙

典型的인 實際裝置의 故障率은 Fig. 1과 같이 初期故障期(initial failure period, OA), 偶發故障期(random failure period, AB), 摩耗故障期(wearout period)의 三段階로 表示된다.¹¹⁾

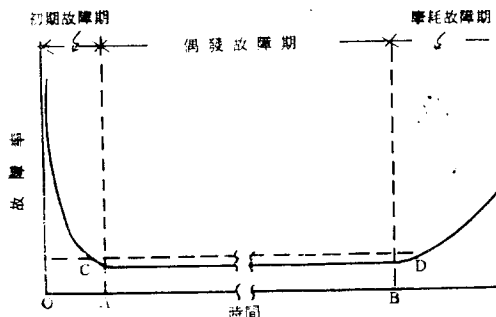


Fig. 1. 典型的인 裝置의 故障率

一般의 機械部品은 먼저 使用開始直後에는 乳幼兒 死亡率에 相當하는 初期故障를 일으키고, 比較

的 故障이 적은 中間期에는 偶發故障, 部品の 固有 壽命에 의한 壽命故障이 後期에 集中的으로 發生한다.

製作 및 組立段階에서 不良品이 탄들어졌을 경우에, 使用開始時에 不良品이 原因이 되어 初期故障이 多發하게 되며, 이 時期에는 缺陷을 조속히 發見하여 故障率 및 機械의 動作을 安定化 시킬 必要가 있다.

缺陷이 시정되면 時間이 經過함에 따라 故障率은 減少하여 安定化하게 된다. 初期의 段階를 經過하면, 製造段階 너지는 使用段階에서의 故障에 의하지 않고 天災의으로 일어나는 偶發故障이 일어난다 이 期間에는 어느 時點에서나 故障率이 一定하게 된다.

最後에는 部品の 破滅의 原因보다도 오히려 摩耗 老化 또는 疲勞에 의하여 部品の 壽命이 다하는 경우에 壽命故障이 일어난다. 部品の 摩耗은 時間의 經過와 함께 增加하므로 故障率은 繼續的으로 增加하게 되고 어느 時期에 集中的으로 發生한다.

以上 說明한 故障의 三段階를 故障의 確率密度函數(failure probability density function)로 나타내면 Fig 2와 같다.

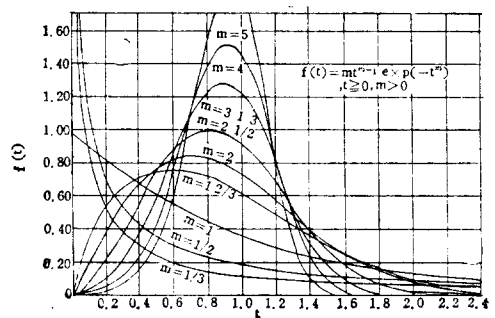


Fig. 2. Weibull 函數의 確率密度分布

確率密度函數는 m의 값에 따라서 分布曲線의 形이 變하게 된다. 그래서 (Fig 2)의 曲線中 어느것이나 合當한 曲線으로서 W. Weibull이 提唱한 函數를 Weibull函數라 하며 式(1)과 같다¹¹⁾

$$f(t) = \frac{m}{t_0} (t-r)^{m-1} \exp\left\{-\left(\frac{t-r}{t_0}\right)^m\right\}, t \geq r$$

$$= 0, t < r \dots\dots\dots (1)$$

여기서

$f(t)$ = Weibull 確率密度函數
 t = 使用時間

m = 形의 母數(shape parameter)

r = 位置의 母數(location parameter) : 故障이 일어나기 前까지의 假定時間

t_0 = 尺度의 母數(scale parameter) : 時間的 遲速을 表示하는 變數

또한, 信賴度(reliability)를 $R(t)$ 라 하면,

$$R(t) = \int_t^{\infty} f(t) dt$$

$$= \int_t^{\infty} \frac{m}{t_0} (t-r)^{m-1} \exp\left\{-\frac{(t-r)^m}{t_0}\right\} dt$$

$$= \left[-\exp\left\{-\frac{(t-r)^m}{t_0}\right\}\right]_t^{\infty}$$

$$= \exp\left\{-\frac{(t-r)^m}{t_0}\right\} \dots\dots\dots(2)$$

로 表示된다.

또 積算故障率(failure rate integrated) $F(t)$ 는,

$$F(t) = \int_0^t f(t) dt$$

$$= \int_r^t \frac{m}{t_0} (t-r)^{m-1} \exp\left\{-\frac{(t-r)^m}{t_0}\right\} dt$$

$$= 1 - \exp\left\{-\frac{(t-r)^m}{t_0}\right\} \dots\dots\dots(3)$$

로 된다.

(1)式에서 $t_0=1$ 로 假定하고 m 에 適當한 數值를 넣어 t 와 $f(t)$ 와의 關係를 表示한 것이 (그림 2)의 曲線群이다.

各部品の 壽命曲線을 求하여 m 이 1보다 적으면 初期故障, $m \approx 2$ 가 된다고 하면 使用時間에 比例해서 故障率이 높아지며, $m \geq 2$ 로 되면 部品の 固有壽命이 完了된 것이고, $m \approx 1$ 이 되면 偶發的인 故障이라고 生覺된다. ¹⁾⁹⁾¹⁰⁾

m 과 t_0 를 簡單히 求하기 爲하여 Weibull 確率紙 (그림 4) 참조)가 開發 되었다.

(3)式에서 $r=0$ 로 假定하고 變形하여 2回 兩邊에 對數를 취하면 左邊의 項이 $\log t$ 의 一次式으로 表示 된다.

$$1 - F(t) = \exp\left(\frac{-t^m}{t_0}\right)$$

$$\log \log \frac{1}{1-F(t)} = m \log t - \log t_0 \dots\dots(4)$$

$\log t$ 를 橫軸, $\log \log \frac{1}{1-F(t)}$ 을 縱軸으로 하면, (4)式은 傾斜가 m , 切片이 $-\log t_0$ 인 直線이 된다.

$R(t)=37\%$ 의 點에 對應하고 $\log \log \frac{1}{R(t)} = 0$ 을 通過하는 軸을 橫의 主軸, $\log t=0(t=1)$ 의 軸을 縱의 主軸이라 한다.

使用時間 t 에 對한 $F(t)$ 의 값을 Weibull 確率紙

에 plot하여 얻어진 直線과 縱의 主軸과의 交點의 $\log \log \frac{1}{R(t)}$ 의 讀值가 $-\log t_0$ 이다 ((4) 式에서

$\log t=0$ 이면, $\log \log \frac{1}{R(t)} = -\log t_0$). m 의 推定方法은 $\log t=1$ 과 $\log \log \frac{1}{R(t)} = 0$ 와의 交點 (m 의 推定點)에서, plot한 直線과 平行한 直線을 그어 $\log t=0$ 와의 交點의 $\log \log \frac{1}{R(t)}$ 의 值를 읽어서 符號를 바꾼것이 m 이다. ((4)式에 $\log t=1$, $\log \log \frac{1}{R(t)} = 0$ 를 代入하면 $m = -\log t_0$)

IV. 調査方法

本 研究의 調査는 本調査對象部品을 選定하기 爲한 豫備調査와 選定된 部品에 對한 故障實態를 把握하기 爲한 本調査로 나누어 施行하였다.

1. 豫備調査

水原市內 3個所 農業機械 修理센터의 1973年度 미스트기 修理實績分析과 實需要者를 對象으로 聽取에 의해 調査部品을 選定하였다. 이에 따라 選定된 部品은 表-1과 같다.

表-1 미스트기의 故障內容

故障內容	故障百分 個數比	故障內容	故障百分 個數比
(1) 燃料系統	1840.9	b. 마그네트콘 덴서	
a. 니들밸브		(3)엔진系統	715.9
b. 吸入밸브		a. 디스톤링	
c. 消音器		b. 크랭크메인 베어링	
d. 空氣淸淨器		(4) 其他	511.4
e. 리드변		a. 자바라호스	
(2) 點火系統	1431.8	b. 送風器	
a. 點火코일		計	44100

2. 本調査

- (1) 調査機種 : 1971年 以後에 購入한 H製作會社의 미스트기
- (2) 調査臺數 : 62臺
- (3) 調査期間 : 1974. 7. 20~1974. 8. 30
- (4) 調査內容
 - a. 購入年·月·日
 - b. mist機의 諸元
 - c. 耕地面積
 - d. 年間 防除面積

- e. 年間 防除作業 日數
- f. 一日 平均 防除作業 時間
- g. 防除面積 및 防除作業時間別 部品 故障 修

表-2 미스트機의 防除實績(ha)

No.	年度	'71	'72	'73	'74
1	—	—	—	—	4.1
2	—	—	3.0	3.0	3.2
3	—	—	3.7	3.0	3.0
4	—	—	4.2	4.5	4.5
5	—	—	5.0	5.0	5.0
6	—	—	4.0	6.0	6.0
7	—	—	6.0	5.3	5.3
8	—	—	—	14.0	14.0
9	5.0	4.0	4.0	2.0	2.0
10	—	—	9.0	8.0	8.0
11	—	7.0	7.0	4.0	4.0
12	—	6.0	6.4	6.0	6.0
13	—	4.0	8.0	8.0	8.0
14	5.0	6.0	5.0	5.0	5.0
16	—	7.5	8.0	7.0	7.0
17	—	9.2	8.4	6.4	6.4
18	6.8	6.2	6.0	6.6	6.6
19	6.7	6.3	6.1	6.7	6.7
20	7.1	6.9	7.2	6.8	6.8
21	8.1	7.3	7.9	6.7	6.7
22	8.3	7.6	7.2	6.9	6.9
23	—	12.1	11.7	9.2	9.2
24	—	13.2	12.4	9.0	9.0
25	—	14.6	13.7	8.7	8.7
26	10.1	10.2	10.3	8.4	8.4
27	10.4	10.1	10.2	8.7	8.7
28	11.1	9.9	9.2	9.8	9.8
29	12.3	11.6	10.7	10.6	10.6
30	12.3	12.7	11.0	12.0	12.0
31	13.2	12.9	12.7	11.2	11.2
32	13.8	13.3	12.9	11.6	11.6
33	13.7	13.6	13.2	11.0	11.0
34	14.1	13.9	13.8	12.2	12.2
35	15.9	14.8	14.9	14.4	14.4
36	15.8	14.9	15.0	14.3	14.3
37	16.0	14.7	14.9	14.4	14.4
38	16.2	14.6	14.7	14.6	14.6
39	18.8	20.2	18.2	12.7	12.7
40	21.5	19.7	19.2	10.0	10.0
41	22.7	20.4	19.9	12.8	12.8
42	22.8	20.3	19.8	12.9	12.9
43	22.6	20.5	19.7	13.0	13.0

理 實態

本 調査는 病虫害防除에 미스트機만을 使用한 田作面積 10a 以下인 水稻作 農家만을 對象으로 하였으며, 故障이 發生한 部品을 一旦 交換한 場合를 故障으로 看做하고, 作業日誌 및 聽取에 의해 施行하였다. 調査臺數 62臺中 分析에 使用된 것은 43臺이었다.

V. 結果 및 考察

1. 防除實驗

調査한 43臺의 미스트機의 各各 購入된 以來 防除한 面積을 年度別로 表示하면 表-2와 같다.

表-2의 防除實績은 同一한 作業條件下에서 防除作業이 實施된것으로 看做하기 爲하여, 田作防除面積이 年間 30a, 田作年間防除時間 1.5時間 以下인 農家の 水稻作 防除實績만을 나타낸 것이며, 田作防除實績은 除外한 것이다. 일련번호는 各개의 미스트機를 表示한 것이다.

미스트機의 年平均 作業日數는 10.6日, 一日平均 作業時間은 5.2時間, 따라서 年平均 作業時間은 55.1時間이며, 作業能率은 23.7a/hr이었다. 가장 많이 使用된 것은 43番이며, 4年間 總 75.8ha, 約 329.8時間이었다.

2. 故障發生 狀況

各 미스트機의 어느 部品이 어느 時點에서 故障이 發生하였는가를 通算防除面積別로 表示한 것이다. (그림-3)

棒의 길이는 各 미스트機의 購入 以來의 通算防除面積을 나타낸 것이고, 故障個所는 部品別로 symbol로 表示하였다. 各 미스트機를 보면 故障이 많이 發生하는 것도 있지만, 1, 2年 使用해도 故障이 전혀 없는 것도 있다.

橫軸에 通算使用時間을 取해도 Fig 3 과 同様이 되지만, 故障實態調査를 行하는 경우, 作業日誌에는 보통 利用面積의 記錄이 많았으며, 利用時間은 주로 물어서 알았기 때문에 面積을 基準으로 생각하였다.

交換된 新部品은 他部品과 干涉이 되면서, 再次 通算使用時間에 0 에서 出發한다고 생각하였다. 예를 들면, 25번 미스트機의 點火코일은 처음 10.3ha 에서 一回交換하고, 二回は 11.9ha, 三回は 7.4ha

에서 交換했으며, 現在는 四回에 到達했다.

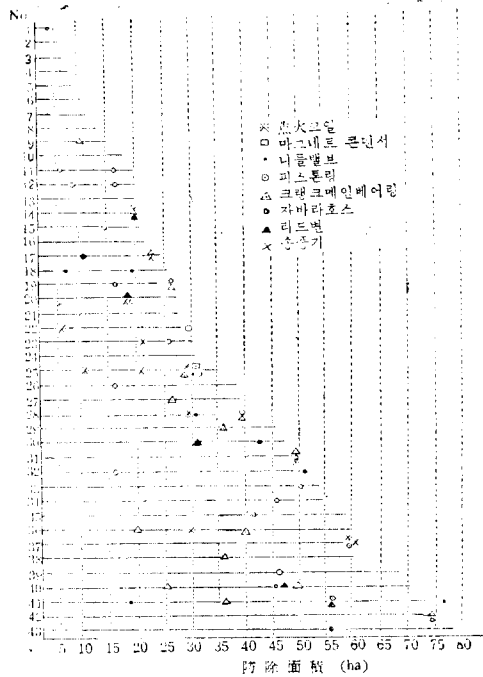


Fig. 3. 故障發生 狀況

3. 部品の 故障特性

故障部品の 壽命이 總使用時間 또는 通算防除面積의 函數로서 表示된다고 생각하고, 模型的 曲線에 맞추어서 故障特性을 考察하였다.

어떤 面積 또는 어떤 時間使用後에 있어서 調査個數와 그때 까지의 故障個數에 의해서, 그 時點에서의 積算故障率을 算出하여 Weibull 確率紙에 plot 하였다. 이 경우 調査個數가 20보다 적으면 統計學的으로 (調査個數+1)로 하는 것이 좋다고 했다.⁹⁾

前述한 바와 같이 Weibull 確率紙에 plot한 直線의 勾配가 1보다 적은 것은 初期故障이며, 이는 本來의 製造組立不良이 包含되어 있는 이외에, 特히 複雜한 農業機械에 있어서는 使用者側의 講入直後의 運轉 未熟이 原因이된다고 생각된다. 따라서 初期不良을 防止하기 위해서는 製造者側의 品質管理 및 出荷前의 運轉試驗, 使用者側의 訓練等이 必要하다.

勾配 m 이 2以上이면 部品の 壽命故障이라고 생각된다. 이것은 設計와 材料選擇의 不備였다고 생각되지만, 使用者側의 知識不足에 의한 整備不完全 및 過負荷作業에서 오는 壽命故障이 包含되어있다.

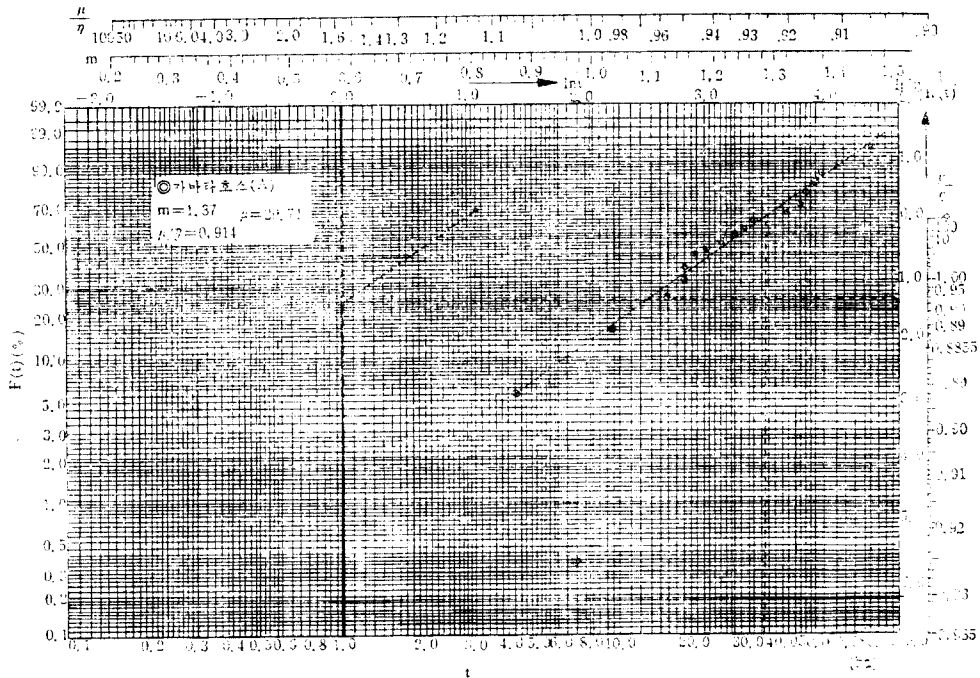


Fig. 4. 防除面積을 基準으로한 故障傾向

壽命을 延長하기 위해서는 材質的·材料力學的 또는 機構學的인 再檢討를 必要로 하며 또한 使用者側에 對한 整備點檢 및 使用法의 再訓練과 定期的인 after service의 強化가 要望된다.

$m=1$ 内外의 故障은 偶發故障이며, 이를 防止할 手段은 特別히 없으나 以上과 같은 對策이 徹底해 지면 隨伴하여 減少할 것이다.

各 部品의 故障, 特性을 보면 먼저 (A)자바라호스는 (Fig 4)에서와 같이 4.1ha에서 故障이 일어나기 시작하여 $m=1.37$ 로 初期故障期는 없고, 偶發故障으로 볼 수 있으며, 調査時點에서는 壽命故障期에는 到達하지 않고 있다. 따라서 이는 使用者側의 使用未熟이나 保管의 不注意로 인한 天災의 原因으로 故障이 發生한 것으로 思料된다.

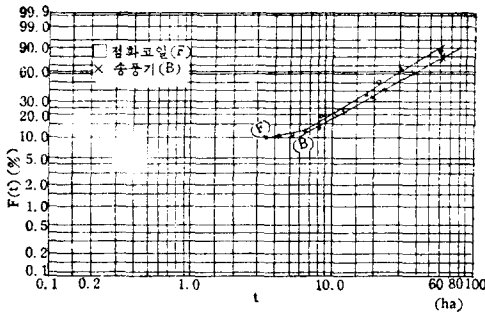


Fig. 5. 防除面積을 基準으로 한 故障傾向

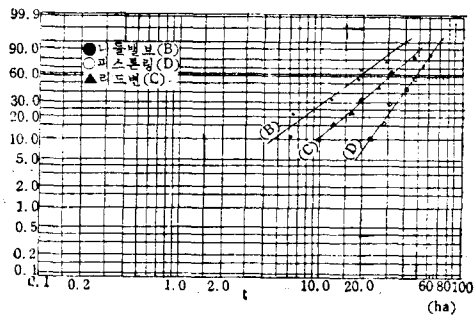


Fig. 6. 防除面積을 基準으로 한 故障傾向

(F) 點火코일은 3.5ha에서 故障이 일어나기 始作하여 6.5ha, 約 27.4hr까지는 初期故障이며, 6.5ha를 境界로 故障率이 低下되어 安定하게 된다.

(B) 送風器는 $m=0.8$ 로 初期故障이며, 이는 組立段階에서의 不良品 및 組立不良과 使用者側의 送入網의 定期的인 清掃의 不備가 原因인 것으로 思料되어, 出荷時의 組立狀態의 徹底한 點檢 및 運轉

試驗과 使用者側의 送入網의 定期的인 清掃가 要望된다.

(G) 나들벨브는 調査時點에서는 氣化器와 關聯된 燃料系統 및 燃料不良으로, 調査時點에서는 偶發故障의 末期에 이르고 있으나, 使用時間이 經過하면 壽命故障期에 곧 到達할 것으로 思料된다.

(D) 피스톤링은 $m=2.79$ 로 始終摩耗에 의하여 壽命故障이 發生하는 것으로 推定된다.

(C) 리드벤은 初期故障이나 偶發故障은 없으며 疲労老化에 의한 壽命故障을 일으킨다고 볼 수 있다.

(E) 크랭크메인 베어링은 常識적으로 알 수 있듯이 壽命故障이다.

以上 說明한 部品를 使用時間을 基準으로 表示한 것이 그림이며, 調査部品中 他部品은 無視해도 좋은 程度の 故障을 일으키므로 分析에서 除外하였다

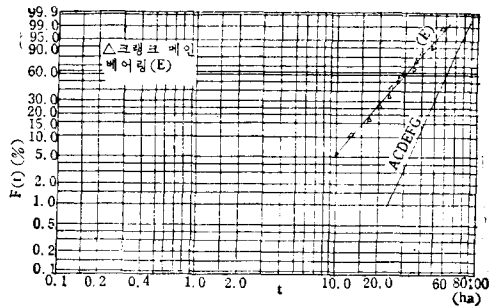


Fig. 7. 防除面積을 基準으로 한 故障傾向

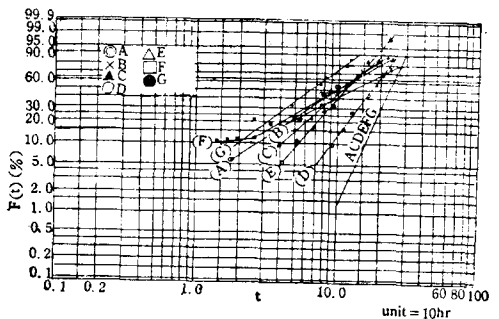


Fig. 8. 防除作業時間을 基準으로 한 故障傾向

A, C, D, E, F, G의 個部品에 對하여 모두 故障이 일어날 確率은 各時點에 있어서 各各의 故障率의 積으로 求할 수 있다. 이를 面積 및 時間基準으로 求한 것이 Fig 7 및 Fig 8의 ACDEFG線이다. 이 直線과 積算故障率 50%와의 交點은 245.5hr, 58.2ha이다. 이 때까지 G 部品은 3회, A와 B는 2

회, E, F는 1.7회, D는 1.5회의 故障이 일어날 可能性이 있을 뿐만아니라, 調査時點의 範圍內에서는 故障이 없는 未知의 部品이 故障이 일어날 可能性도 높다.

機械를 構成하고 있는 어떤 部品の 故障이 機械 全點의 故障을 일으키며, 各 部品の 信賴度(R_n)는 相互獨立의 즉, 어떤 部品の 信賴度는 他部品の 信

賴度에 依存하지 않는다고 假定한다면, 機械全點의 信賴度는 다음 式으로 表示된다.^{11) 12)}

$$R = R_1 \times R_2 \times R_3 \times \dots \times R_n \dots \dots \dots (5)$$

미스트기의 各 部品の 信賴度는 그림 (4), (5), (6), (7), (8)에서 읽어서 알 수 있고, 미스트기의 信賴度는 式(5)를 적용하여 계산한 결과 表-3과 같다.

表-3 미스트기 의 信賴度

面積(ha)	A	C	D	E	F	G	미스트기
5	0.929	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.929
10	0.829	1.0	1.0	0.935	0.790	0.720	0.612
15	0.709	1.0	1.0	0.837	0.689	0.530	0.409
20	0.598	0.627	1.0	0.709	0.570	0.361	0.152
25	0.479	0.519	1.0	0.579	0.600	0.239	0.086
30	0.410	0.409	0.819	0.430	0.429	0.151	0.025

이것은 部品 A. C. D. E. F. G.의 6種에만 故障이 發生할 可能性이 있고, 他部品은 항상 100%의 信賴性이 있다고 假定하여 求한 것이다. 미스트기의 信賴度는 防除面積 10ha에서 61%, 20ha에서 15%, 25ha에서 8.6%이므로, 約2年째에는 부품 A. C. D. E. F. G.에 對하여 約 90%의 確率로 故障이 일어난다고 말할 수 있다.

各 部品の 面積을 기준으로한 信賴度를 函數로 나타내면 <表 4>와 같다.

表-4 미스트기 故障 部品の 信賴度 函數

部 品	信 賴 度 函 數 $R(t)$
A	$e \times p(-t/32.5)$ 1.37
C	$e \times p(-t/31.9)$ 1.69
D	$e \times p(-t/50.0)$ 2.79
E	$e \times p(-t/32.2)$ 2.18
F	$e \times p(-t/34.1)$ 1.02
G	$e \times p(-t/20.5)$ 1.51

部品の 平均壽命 μ 는

$$\mu = \int_0^{\infty} t f(t) dt \dots \dots \dots (6)$$

로 表示된다.^{11) 12)}

$r=0$ 로 假定하면

$$f(t) = \frac{m}{t_0} t^{m-1} e \times p\left(-\frac{t^m}{t_0}\right)$$

이므로

$$\begin{aligned} \mu &= \int_0^{\infty} t \cdot \frac{m}{t_0} t^{m-1} e \times p\left(-\frac{t^m}{t_0}\right) dt \\ &= t_0^{1/m} \left(\frac{1}{m} + 1\right) \end{aligned}$$

$$= n \sqrt{\left(\frac{1}{m} + 1\right)} \dots \dots \dots (7)$$

式(7)에 m 의 值를 代入하거나, Weibull確率紙에서 m 의 값에 대응하는 μ/η 의 값으로 平均壽命을 計算한 結果는 <表 5>와 같다.

表-5 미스트기 部品の 故障特性

部品名	面 積 基 準		時 間 基 準	
	勾 配(m)	平均壽命 μ (ha)	勾 配(m)	平均壽命 μ (hr)
A	1.37	29.71	1.35	124.6
B	0.8	—	0.79	—
C	1.69	28.55	1.67	118.9
D	2.79	44.53	2.77	186.8
E	2.18	33.09	2.17	139.8
F	1.02	33.59	1.01	141.8
G	1.51	18.51	1.50	77.8

表-5에서 미스트기의 各部品の 故障特性和 改良 要點을 一目瞭然하게 알 수 있다. 즉, 자바라호스의 平均壽命은 29.71ha, 124.6hr으로 短命이고, 그 對策이 急을 要하지만, 이의 根本故障 原因은 偶發故障이므로 이와 관련된 他部品을 改良하고 使用者側에서 使用 및 保管에 注意한다면 쉽게 해결할 수 있을 것으로 思料된다. 니들벨브는 壽命故障의 初期이며 리드번은 壽命故障이고 改良의 急을 要하는 것이며, 또한 크랭크 메인 베어링, 點火코일도 壽命이 짧은 것 같다. 이들 部品の 壽命을 故障 發生이 적은 他部品の 壽命과 같은 程度로 延長시킬 수 있다면 미스트기의 信賴性을 上昇시킬 수 있

을 것이다.

燃料系統 즉 니들벨브 및 리드변의 故障을 줄이기 爲해서는 使用者側에서 不潔한 燃料使用 및 엔진의 過速 操作을 피하고, 燃料과 潤滑油의 混合比에 有意하여, 에어크리니, 燃料 濾過器, 浮子室 및 메인 노즐의 定期的인 點檢이 要望된다. 특히 이들의 壽命이 짧으므로 製造者側의 材料 또는 設計變更 設計段階에서의 諸對策도 要望된다.

크랭크 메인 베어링과 피스톤링의 壽命은 他部品에 比하여 短편이나, 더욱 壽命을 延長시키기 爲해서는 壽命故障에 對한 設計段階에서의 諸對策의 講究는 물론 使用者側에서 過負荷作業 禁止 및 燃料 混合比에 注意하며, 팬의 作動 點檢, 실린더 헤드 의 철거한 청소가 요망된다.

送風器와 點火코일은 初期故障을 일으키므로 品質管理, 工程改善, 運轉試驗等 製造段階내지는 使用段階에서의 諸對策이 有效한 것이다.

VI. 結 論

國產 미스트기의 故障部品, 部品の 壽命, 故障의 根本原因 및 改良要點을 究明하고, 信賴性を 豫測하여 耐久年數 및 交換週期를 判定하기 爲한 資料를 提供하기 爲하여 43臺의 미스트기에 對한 故障 實態調査를 施行하여 Weibull確率紙에 依해 分析한 結果는 다음과 같다.

1. 1974年 7月 現在의 調査時點에서 積算故障率 이 上昇中에 있는 部品 G. C. E. D 등의 故障은 部品の 固有壽命에 依한다고 생각되며, 특히 前者는 壽命이 짧으므로 材料 또는 設計變更等 設計段階 내지는 使用段階에서의 諸對策이 要望된다.

2. A. B. F 등은 故障이 漸增中에 있지만, 이 時點에서는 壽命에 의한 故障이라고 斷言할 수 없다. 더욱 F. B는 初期故障을 일으키는 것이므로 品質管理, 工程改善, 運轉試驗等 製造段階내지는 使用段階 등의 諸對策이 有效한 것이다.

3. 各 部品の 平均壽命은 表-5와 같다.

4. 미스트기의 信賴성은 部品 A. C. D. E. F. G의 故障에 의해 低下된다고 假定하면, 購入後 約 2年 째에 約 10%로 低下될 것이며, 約 245.5hr, 58.2ha 防除後 50%의 미스트기가 部品 A. C. D. F. G에 대하여 故障을 일으킬 것으로 試算할 수 있다.

5. 各 部品 및 미스트기의 信賴도와 信賴度 函數는 表-3 및 表-4와 같다.

6. 미스트기를 포함한 農業機械의 故障은 部品の 強度와 農家側의 取扱 여하에 影響을 받아 發生하며 實態調査에서 얻어진 資料를 分析하므로써 使用狀態를 勘安한 改良要點 및 그의 緊急度を 明確히 表示해 준다는 點에서 Weibull 確率紙는 農業機械類의 故障調査에 有效하게 利用될 수 있을 것으로 思料된다.

參 考 文 獻

1. Agree report, "Reliability of Military Electronic Equipment", Advisory Group on Reliability of Electronic Equipment, Office of the Assistant Secretary of Defence, Superintendent of Documents, Government printing Office, Washington, D.C., PP. 120
2. Archer, R.C., "Reliability Engineering; It's Application to Farm Machinery", A.S.A.E., Vol. 44, PP. 542~547, 1963.
3. Grant, E. L., "Statistical Quality Control" McGraw-Hill Book Co. 3d ed. PP. 486, 507, 1964
4. Kao, J. H. K., "A graphical Estimation of Mixed Weibull Parameters in Life Testing of Electron Tubes", Technometrics, Vol. 1, No. 4, PP. 389~407, 1959.
5. Mckibben, E.G. and Dressel, P. L., "Overall Performance of Series Combinations of Machines as Affected by the Reliability of Individual Units, "A. S.A.E., Vol. 24, PP. 121~122, 1943.
6. Mischke, C., "A Method of Relating Factor of Safety and Reliability", Trans. A.S.M.E., PP. 537~542, August 1970.
7. "Quality control and Reliability Technical Report TR 3, Sampling Procedures and Tables for Life and Reliability Testing based on the Weibull Distribution", Superintendent of Documents, Government printing Office, Wahsington, D.C., 1961.
8. "Quality control and Reliability Technical Report TR4, Sampling procedures and Tables for Life and Reliability Testing based on Weibull Distribution", Superintendent of Do-

- cuments, Government Printing Office, Washington D.C., 1962.
9. 瀧保夫編：確率統計現象, 岩波書店, PP. 122~114, 1967.
 10. 藤木徳實外 2人：バインダ 部品故障の Weibull 分布への適用について, 佐賀大農學彙報 29, PP. 1~8, 1970.
 11. 鹽見弘：“信賴性 工學入門”, 丸喜株式會社, PP. 47~52, 1967.
 12. 姜哲周：“우리나라 農業機械 販賣店の 마케팅 機能에 關한 研究”, PP. 123, 1974
 13. 農林部：“農業機械年鑑”, 1972.
 14. 李康鏞, 李奉珍：“機械의 考朽判別法”, K.S.M. E, Vol. 12, No. 4, PP. 237~241, 1972.
 15. 한성금外 2人：“病虫害防除 기구에 대한 調査 研究”, 農村振興廳 研究報告書, Vol. 13, PP. 35, 1970.