

設備配置合理化에 관한 研究

— 多品種少量生産形態를 中心으로 —

On the Study of Rationalization of Plant Layout
— Oriented Non-massing Jobbing Production Shop —

趙 南 浩*
李 根 熙**

Abstract

The purpose of this paper is to develop rational layout model for small and medium scale industry in Korea.

The methodology of this paper is to light the importance of small and medium scale company.

Moreover, to overcome the problem of layout in non-massing jobbing production shop this paper is proposed four techniques.

So proposed layout model is obtained analytically in single, multiple facility location problem.

The result of this paper is as follows :

First, alternatives to overcome abnormal layout in small and medium company are

- 1) GT (Group Technology)
- 2) SLP (Systematic Layout Planning)
- 3) OR (Operations Research)
- 4) Computer.

Second, in single facility location problem, Gradient method and square weighted average method are studied.

Lastly in multiple facility location problem, heuristic method is obtained.

1. 序 論

生産設備의 合理的인 配置는 運搬工數의 節減, 生産速度의 向上, 資材取扱의 容易, 生産原價의 節減 등을 가져와 生産品의 市場을 통한 競爭에서 價格 및 品質面에서 有利한 優位에 位置할 수 있는 企業經營으로서는 長期的 意思決定問題에 該當하므로 重要な 決定事項이라고 할 수 있다.

이와같은 設備配置問題가 抬頭되는 경우를 살펴보

면 大略 다음과 같다.¹⁾

- ① 不必要한 運搬이 存在한다.
- ② 運搬距離가 길다.
- ③ 運搬費가 많이 든다.
- ④ 中間在庫場所 및 製造現場이 混雜하다.
- ⑤ 作業場所와 通路가 混雜하다.
- ⑥ 豫定納期를 確保하기 힘들다.
- ⑦ 作業能率이 低下된다.
- ⑧ 生産工程間의 均衡維持가 안된다.

* 建國大學校 工科學 副教授

** 漢陽大學校 工業大學 教授(經濟學博士)

1) 李順龍, 生産管理論(서울:法文社, 1983), pp.

上記한 여러가지 事項이 指摘되고 있는 바와같이 이러한 問題點을 解消하기 위하여 再配置를 必要로 하고, 이 以外에도 工場의 新設 · 增設 · 移設, 新製造設備의 設置, 代替 등의 問題가 發生된다.

그러나 設備配置問題는 一括的으로 다를 수 있는 것이 아니라 生産形態에 따라 配置類型은 差異가 있게 된다.

一般的으로 標準品을 生産하는 小品種多量 生産形態의 工場에서는 製品配置(product layout)가 主로 利用되고 있으며, 多品種少量生産形態를 취할 때에는 工程配置(process layout, 一名 機能式配置(functional layout)라고도 함)를 採擇한다.²⁾

이와같이 大量生産形態인가 아니면 注文生産 또는 少量生産形態인가에 따라 配置類型에 差異가 있으며, 生産량의 大小와 生産形態의 類型에 따라 設備配置에 대한 方法이 다르게 되는데 製品配置形態인 라인(line)配置는 工程配置에 比하여 많은 研究와 觀心이 이루어져 왔다.

그러나 多品種少量生産形態를 취하는 注文生産이나 生産規模가 적은 小ロット生産과 같은 形態를 취하는 中小企業에 대한 設備配置問題의 研究는 별로 이루어지지 않았으며, 더구나 우리 中小企業에 알맞은 設備配置問題에 대한 研究가 要望된다.

韓國의 産業構造上 中小企業이 차지하는 比重이 매우 크며, 結局 多品種少量生産形態를 취하는 中小企業에 대한 合理的이고도 우리 實情에 잘 맞는 새로운 設備配置의 必要性이 抬頭된다.

따라서 本 論文에서는 韓國의 多品種少量生産形態의 設備配置에 대한 現況을 把握하여 既存의 設備配置類型과 比較 · 檢討하였으며, 여기서 發生된 問題點을 摘出하여 우리 實情에 맞는 經濟的인 設備配置 모델을 開發하려는 것이다.

2 多品種少量生産의 設備配置現況

多品種少量生産形態를 취하는 工場은 대부분 顧客의 注文에 의하여 製品을 生産하게 되며, 結果的으로 設備配置는 工程配置의 形態를 취하게 된다.

그러므로 韓國의 中小企業도 대부분 工程別로 設備를 配置하고 있는바 우선 우리나라 中小企業에 대하여 考察하여 보기로 한다.

韓國의 中小企業은 表 1 과 表 2에서 보는 바와 같이 規模나 歷史的인 面에서 考察하여 보면 처음에는 小規模로 始作되나 景氣好況에 따라 점차 施設을 擴張하여 왔으므로 機械設備의 合理的인 配置를 거

表 1. 中小企業의 業체數 (단위: 업체수)

| 구분 \ 연도 | 1963 | 1970 | 1975 | 1980 | 1981 | 1982 |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 광 공 업 | 19,550 | 25,816 | 24,229 | 32,357 | 35,357 | 38,644 |
| 중 소 기 업 | 19,230 | 25,037 | 23,304 | 31,466 | 34,258 | 37,605 |
| 대 기 업 | 297 | 779 | 925 | 1,099 | 1,099 | 1,039 |

자료: 경제기획원 각 해당연도 「광공업통계조사보고서」

주: 중소기업은 종업원 5인 이상 300인 이하임 (1973년 이전은 종업원 200인 이하임).

출처: 주요국의 중소기업관련통계, 중소기업협동조합중앙회, 1983.

表 2. 從業員數 (단위: 천명)

| 구분 \ 연도 | 1963 | 1970 | 1975 | 1980 | 1981 | 1982 |
|---------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| 광 공 업 | 462 | 938 | 1,503 | 2,099 | 2,134 | 2,180 |
| 중 소 기 업 | 288 | 452 | 680 | 1,036 | 1,083 | 1,166 |
| 대 기 업 | 174 | 486 | 823 | 1,063 | 1,051 | 1,014 |

자료: 상계자료

주: 상계주

출처: 상계서.

表 3. 中小企業設備投資現況動向

① 유형고정자산투자(단위: 백만원, %) (단위: 백만원, %)

| 연도별 | 총 액 | 건 물 및 구 축 물 | 기 계 및 장 치 | 차 량 · 운 반 및 기 타 운 반 구 | 공 구 기 구 비 품 및 기 타 | 소 계 | 토 지 |
|------|---------|----------------|--------------|--------------------------|----------------------|------|------|
| 1975 | 91,120 | 25.8 | 44.8 | 9.1 | 7.3 | 91.0 | 9.0 |
| 1976 | 164,495 | 20.6 | 40.0 | 23.7 | 6.5 | 90.9 | 9.1 |
| 1977 | 194,367 | 21.7 | 51.0 | 10.1 | 8.2 | 91.0 | 9.0 |
| 1978 | 318,659 | 22.3 | 47.7 | 10.9 | 7.8 | 88.6 | 11.4 |
| 1979 | 341,797 | 20.8 | 51.1 | 11.8 | 7.3 | 90.7 | 9.3 |
| 1980 | 309,469 | 24.0 | 42.9 | 10.0 | 8.9 | 87.9 | 11.5 |
| 1981 | 701,759 | 22.8 | 46.0 | 13.0 | 6.7 | 88.5 | 11.5 |

자료: 상계자료

주: 연초제조업 제외임

출처: 상계서

2) Richard Muther, *Systematic Layout Planning*, 2nd ed., Cahners Books, Inc., 1973.

② 기계 및 장치의 투자형태별 투자(단위 : 백만원, %) (단위 : 백만원, %)

| 연도별 | 투 자 금 액 | 기 존 설 비 의 대 체 | 기 존 설 비 의 증 설 | 신 증 설 비 의 도 입 | 기 타 |
|------|------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--------|
| 1975 | 82,016 | 23.0 | 46.1 | 26.8 | 4.1 |
| 1976 | 149,489 | 22.4 | 42.8 | 31.2 | 3.5 |
| 1977 | 176,932 | 21.3 | 45.5 | 26.6 | 6.6 |
| 1978 | 282,479 | 25.7 | 50.2 | 18.7 | 5.4 |
| 1979 | 174,557 | 29.8 | 36.7 | 31.2 | 2.3 |
| 1980 | 138,934 | 30.0 | 37.5 | 31.2 | 1.3 |
| 1981 | 322,770 | 29.3 | 34.8 | 34.2 | 1.7 |
| 1982 | 344,954 | 26.3 | 42.0 | 30.0 | 1.7 |

자료 : 상계자료

주 : 상계주

출처 : 상계서

의 考慮하지 못했으며, 이러한 주먹구구식(rule of thumb)의 設備配置를 是正하려는 생각조차도 하지 못한 것 같다(表3 參照).

이와같은 점을 考慮하여 工程別로 配置를 취하고 있는 多品種少量生産의 主宗을 이루는 中小企業에 대한 特質을 살펴보기로 한다.

2·1 産業構造面에서 中小企業의 比重

韓國의 中小企業은 産業構造面에서 살펴볼 때 表1과 表2에서 보는 바와같이 事業體數에서 98.7%, 從業員數에서는 57.3%를 차지하고 있다.

물론 이 모든 中小企業이 工程配置를 취하는 것은 아니나 生産形態의 特質上 注文生産을 하는 企業의 工場에서는 대부분 工程配置의 形態를 취하고 있다.

따라서 産業構造面에서 큰 比重을 차지하는 中小企業들이 多品種少量生産形態를 취하게 되는바 工程配置에 대한 많은 研究와 努力를 하여야 한다.

그래서 中小企業이 經營合理化를 통하여 製造原價 節減 및 生産性向上을 圖謀하여 間接적으로는 品質 高級化에도 寄與할 수 있게 된다.

이러한 觀點에서 多品種少量生産形態의 中小企業

에서는 合理的 設備配置에 대한 모델(model) 開發의 必要性이 拾頭되게 된다.

表4와 表5에 韓國 및 關聯國家의 中小企業에 대한 指標가 나타나 있다.

結局 韓國에서 中小企業은 産業構造面에서 重要한 位置에 있게 된다.

다음 節에서는 이러한 中小企業에 대한 年度別 推移에 대하여 研究한다.

2·2 年度別 中小企業의 推移

韓國의 中小企業이 차지하는 比重을 年度別로 살펴보면 表4에서 보는 바와같이 程度의 差異는 있지만 平均적으로 96.0~98.5%의 比重을 차지하고 있다.

事業體數面에서는 점차 增加되고 있으며, 他形態와의 構造比率面에서는 多少의 增減은 있어도 全般적으로 增加되었으며, 從業員數에 있어서도 表1 및 表5에서 보는 바와같이 거의 類似한 結果現象을 나타내고 있다.

또한 生産額面에서도 表6과 같이 점차 增加되는 것으로 나타나고 있다.

表 4. 全産業 中 中小企業의 比重

| | 전 산 업 | | 중 소 기 업 | | 구 성 비 (%) | |
|--------------------------|------------|---------|------------|---------|-----------|---------|
| | 사업체(개) | 종업원(천명) | 사업체(개) | 종업원(천명) | 사업체(개) | 종업원(천명) |
| 한 국 (1981) ¹⁾ | 771,163 | 5,131 | 761,094 | 2,942 | 98.7 | 57.3 |
| 일 본 (1981) ²⁾ | 6,269,071 | 45,720 | 6,229,572 | 37,206 | 99.4 | 81.4 |
| 미 국 ³⁾ | 11,000,000 | ... | 10,800,000 | ... | 98.2 | ... |

자료 : 1) 중소기업협동조합중앙회, 중소기업현황, 1983.

2) 일본, 중소기업백서, 1983.

3) 중소기업진흥공단, 미국의 중소기업시책

주 : ① 한국의 중소기업은 중소기업 관계법에 의한 광공업·운수업·건설업·상업·서비스업만을 비교한 것임.

② 일본과 미국 중소기업은 I 차산업을 제외한 전산업임.

출처 : 상계서.

表 5. 製造業 中 中小企業 比重

| 구분 | 단위 | 국별 | | 한 국 | 일 본 | 대 만 | 미 국 | 서 독 |
|-------|----|----|--|---------------------|---------|-----------|-----------|---------|
| | | | | (1982) | (1981) | (1981) | (1977) | (1970) |
| 사업체 수 | 개 | | | | | | | |
| 제조업 | | | | 118,027 (36,679) | 872,398 | 120,229 | 350,757 | 417,456 |
| 중소기업 | | | | 117,040 (35,692) | 868,334 | 118,884 | 336,655 | 414,971 |
| 구성비 | % | | | 99.2 (97.3) | 99.5 | 99.0 | 96.9 | 99.4 |
| 종업원 수 | 천인 | | | | | | | |
| 제조업 | | | | 2,284 (2,091) | 12,863 | - | 18,515 | 10,311 |
| 중소기업 | | | | 1,319 (1,126) | 9,552 | - | 8,031 | 5,153 |
| 구성비 | % | | | 57.7 (53.8) | 74.3 | 74.0 | 43.4 | 50.0 |
| 출하액 | | | | 10억원 | 10억원 | 백만NT불 | 백만불 | 백만DM |
| 제조업 | | | | 51,810.3 (51,330.4) | 224,624 | 1,000,578 | 1,358,526 | 469,856 |
| 중소기업 | | | | 18,132.4 (17,652.5) | 114,969 | 928,346 | 497,167 | 215,178 |
| 구성비 | | | | 35.0 (34.4) | 51.2 | 92.8 | 36.6 | 45.8 |
| 부가원칙 | | | | 10억원 | 10억원 | 백만NT불 | 백만불 | 백만DM |
| 제조업 | | | | 17,557.6 (17,315.5) | 73,139 | 239,891 | 585,166 | 239,891 |
| 중소기업 | | | | 6,523.1 (6,281.0) | 41,114 | 105,749 | 212,142 | 105,749 |
| 구성비 | % | | | 37.2 (36.3) | 56.2 | 44.1 | 36.3 | 44.1 |

자료 : 한국, 경제기획원, 광공업통제조사보고서, 1978, 1982 잠정치
 일본, 중소기업청, 중소기업백서, 1983.
 대만, 중소기업처, Economic Progress and Small & Medium Business Development, 1982.

주 : ① P는 잠정치임.
 ② ()는 종업원 5인 이상 사업체분임.
 ③ 한국의 중소기업에는 종업원 5인미만의 사업체분은 78년도 광공업센서스분을 포함한 것임.

출처 : 상계서

表 6. 中小企業의 生産額 (단위 : 억원)

| | 1963 | 1970 | 1975 | 1980 | 1981 | 1982 |
|-------|-------|--------|--------|---------|---------|---------|
| 광 공 업 | 1,786 | 13,878 | 83,406 | 368,174 | 474,824 | 524,892 |
| 중소기업 | 1,006 | 4,156 | 25,557 | 117,634 | 153,731 | 181,806 |
| 대 기 업 | 780 | 9,722 | 57,849 | 250,540 | 321,093 | 343,086 |

자료 : 상계자료

주 : 상계주

출처 : 상계서

附加價值生産額面에서도 表 7 과 같이 全業種의 附加價值生産額中 1/3 以上을 차지하고 있다.

表 7. 附加價值 生産額 (단위 : 억원)

| | 1963 | 1970 | 1975 | 1980 | 1981 | 1982 |
|-------|------|-------|--------|---------|---------|---------|
| 광 공 업 | 699 | 5,882 | 29,458 | 122,329 | 159,415 | 179,199 |
| 중소기업 | 348 | 1,647 | 9,234 | 42,921 | 55,377 | 64,924 |
| 대 기 업 | 351 | 4,235 | 20,224 | 79,408 | 104,038 | 114,275 |

자료 : 상계자료

주 : 상계주

출처 : 상계서

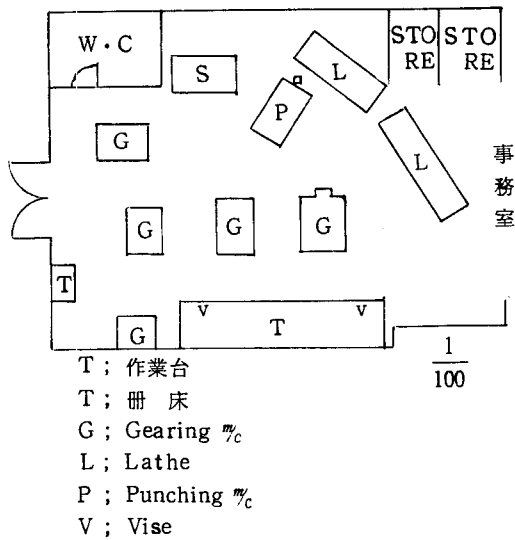
結論的으로 韓國의 中小企業을 年度別로 考察해 보면 事業體數 · 從業員數 · 附加價值生産額 등 어느 면으로나 增加趨勢에 있으며, 相對的으로 重要한 比重을 차지하게 되어 이 分野에 대한 研究가 더욱 切實하게 된다.

2. 3 中小企業의 設備配置現況

産業構造의 高度化를 圖謀하기 위한 經濟社會開發計劃이 推進되어 왔으며, 또한 中小企業體중에서도 이에 발맞추어 專門化 및 系列化를 推進하고 그 導入을 서둘러 왔다.

그림 1은 單一品種을 專門加工하고 있는 業體의 設備配置를 나타낸 그림이며, 그림 2는 주로 自動車部品을 生産하는 工場의 設備配置인데 中小企業에 대한 自動車部品協力會社의 系列化 및 專門化에 대한 政府 및 母企業의 努力으로 現在로서는 7~8種의 部品을 대부분 專門生産하고 있다.

그림 3은 車輛部品 및 金屬加工部品을 多様하게 生産하고 있는 會社의 設備配置圖인데 이 그림에서 나타난 바와 같이 生産品種을 줄여 專門化를 試圖하



T ; 作業台
 T ; 冊床
 G ; Gearing %
 L ; Lathe
 P ; Punching %
 V ; Vice

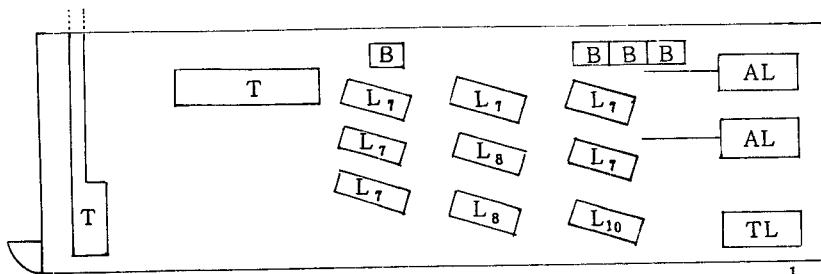
그림 1. 單一品 加工工場의 例

고 있다.

따라서 加工回數가 多回에 걸쳐 完成되는 경우도 있으나 專門化된 機械設備의 代替로 單一工程에서 完了되는 傾向이 점차 두드러지고 있다.

單一加工이든 複數加工이든 空間的· 時間的으로 매우 重要한 設備配置에 대한 合理性의 問題는 必須 不可缺한 要素이다.

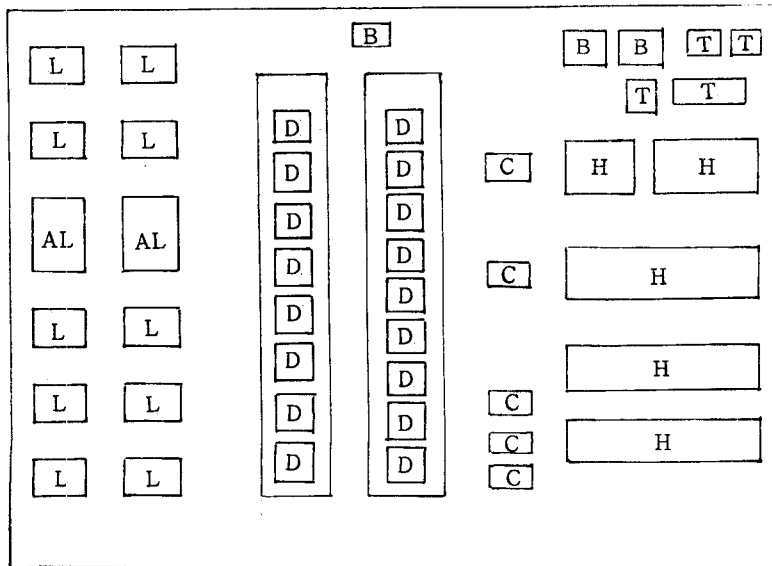
그러나 近年에 新設된 企業은 生産해야 할 多數의 品種을 考慮하거나, 主宗品目을 主對象으로 하여 機械設備을 配置한 關係로 運搬距離와 運搬回數의 累增에 따른 運搬코스트를 相對的으로 減少될 수 있도록 努力하여 配置한 경우도 있다(그림 2와 그림 3의 경우). 특히 合成樹脂射出品製造業體나 鑄物製造業體 등은 事業擴張에 따라 漸進的으로 設備規模를 增加시켰으나 不合理한 設備擴張의 結果로 不必要한 運搬코스트가 發生되어 個當生産時間이 增加되며, 生産能率이 低下되어 生産原價가 上昇되는 惡循環의 連續으로 經營合理化에 逆行하는 結果를 招來한다는 것도 看過할 수 없다.



L ; Lathe (수직은 크기를 나타냄)
 AL ; Automatic Lathe
 TL ; Turret Lathe
 T ; 作業台
 B ; 保管函

그림 2. S自動車부품工場의 例

S : $\frac{1}{200}$



L ; Lathe
 AL ; Automatic Lathe
 D ; Drilling m/c
 C ; Cutter
 H ; Hobbing m/c
 B ; 工具函
 T ; 冊床
 S : $\frac{1}{200}$

그림 3. 차량부품 및 金屬加工工場의 例

韓國의 中小企業의 施設漸增現象은 表 3에서와 같이 每年 設備投資額을 全體의으로 增加하여 왔으나 投資額의 用途面에서 보면 既存設備의 代替 및 新設備의 導入보다도 既存設備에 대한 增設이 顯著하게 큰바 限定된 床面積(floor space)內에 機械設備의 增設로 因하여 設備配置問題는 不合理性을 內包하게 되며, 相對的으로 工程에 대한 費用이 增大하게 된다.

結論的으로 말해 韓國의 中小企業은 産業構造面에서 매우 重要な 位置를 차지하고 있으며, 이러한 中小企業이 안고 있는 가장 큰 問題點은 注文生産形態인 多品種少量生産의 結果로 인한 設備配置에 대한 것이다.

이와같은 中小企業은 初期에는 大部分 工程配置를 취하고 있으나 無分別한 設備擴張의 結果로 正確히 理論上으로 볼 때 設備配置의 어느 形態에도 屬하지 않게 되어 이 分野에 대한 研究를 저해하고 있으며, 結果的으로 合理的인 經營을 圖謀할 수 없게 되어 經營收支를 惡化시키게 된다.

그러면 다음 章에서 이와같은 諸般問題를 解決하기 위한 設備配置의 基礎理論에 대하여 살펴보기로 한다.

3. 設備配置의 類型

設備配置의 類型은 生産形態와 生産方式에 따라서 一般的으로 分類되고 있는데 大略 다음과 같다.⁴⁾

- ① 製品 또는 라인配置(product or line layout)
- ② 工程 또는 機能式配置(process or functional layout)
- ③ 固定配置(fixed-position layout)

- ④ 混合配置(combination layout)
- ⑤ 其他(etc.)

3·1 製品配置

製品配置는 製造하려는 製品의 生産加工順序에 따라 必要한 機械設備를 차례로 配列하는 形態로서 一名 라인(line)配置라고도 하는데 專用設備의 使用으로 初期投資額이 過大해지고, 機械設備의 故障發生으로 全工程이 同時에 停止되는 缺點이 있으나 大量生産에 의한 利點이 있고, 未熟練工에 의한 生産活動이 可能하기도 하다.

製品配置를 實施하는 경우에 利用되는 分析技法으로서 流動工程圖(flow process chart), 라인밸런싱(line balancing), 컴퓨터에 의한 製品工程均衡(COMSOAL)技法 등이 쓰이게 된다.

이 配置形態의 長·短點은 表 8과 같다.

3·2 工程配置

工程配置는 一名 機能式配置(functional layout)라고도 하는데 製造하려는 製品의 品種數가 많고, 少量을 生産하는 경우에는 標準品生産形態와 같이 加工하는 機械設備를 加工順序대로 配列할 수 없으므로 加工하는 機能이 類似한 機種끼리 群集配置하는 形態를 취하는 것이 一般的이라고 할 수 있다.

따라서 汎用設備를 使用하게 되므로 設備投資額이 적고, 多様な 製品을 生産할 수 있으나 監督者나 作業員은 高級技能者를 雇傭해야 하므로 勞賃이 上昇하는 缺點이 있다.

이 配置形態를 圓滑히 活用하기 위한 分析技法으로서 移動分析表(travel chart or from-to chart) 相互關聯圖(relationship chart), 圖解法(graphical

表 8. 製品(라인)配置의 長短點

| 장 점 | 단 점 |
|--|---|
| ① 표준품을 양산할 경우 단위당 생산코스트가 공정배치보다 훨씬 낮다. | ① 다양한 수요에 적용하기 어렵다. |
| ② 운반거리가 단축되고, 가공되는 제품이 보다 빠르게 흐른다. | ② 변화에 대한 신속성이 적으므로 제품의 설계변경이 있을 때는 많은 비용이 소요된다. |
| ③ 재고와 재공품수량이 적어진다. | ③ 보다 많은 설비투자액이 소요된다. |
| ④ 재고와 재공품이 차지하는 면적이 적어진다. | ④ 기계의 고장이나 재료부족 등으로 전체공정에 경향을 줄 수 있다. |
| ⑤ 절차계획과 일정계획이 단순하므로 공정관리가 용이하다. | ⑤ 적은 수량을 제조할 때는 공정배치에 비하여 생산코스트가 높다. |
| ⑥ 작업내용이 단순하므로 작업자의 훈련이 용이하다. | ⑥ 개인별로 능률급을 적용하기 힘들다. |
| ⑦ 작업자의 감독이 용이하다. | |

자료 : 이순용, 생산관리론(서울 : 법문사, 1983), p. 302.

3) 李順龍, 前揭書, pp. 298 ~ 299.

4) 金基永, 生産管理(서울 : 法文社, 1983), p. 268.

approach), 其他(computer 를 利用하는 方法)技法 등이 利用되고 있다.^{5~10)}
이 技法의 特徵을 살펴보면 表9와 같다.

工程配置를 採擇하게 되는 경우에 工程이나 作業場을 最適條件으로 配置하는데 影響을 미치는 主要한 因子로서는 運搬과 關聯되는 運搬코스트가 될 것

表 9. 工程(機能)配置의 長短點

| 장 점 | 단 점 |
|---|---|
| ① 변화(수요변동, 제품의 변경, 작업순서의 변경 등)에 대한 신축성이 크다. | ① 대량생산의 경우 제품배치보다 단위당 생산코스트가 높다. |
| ② 범용기계를 이용하므로 설비투자액이 적을 뿐만 아니라 진부화의 위험도 적다. | ② 운반거리가 멀고, 운반능률이 낮다. |
| ③ 기계고장, 재료부족, 작업자의 결근 등에도 생산량 유지가 용이하다. | ③ 물의 흐름이 더디므로 결국 그만큼 재고나 재공품이 증가되며, 이들에 대한 투자액이 높다. |
| ④ 적은 수량을 제조할 때에는 제품배치에 비하여 생산코스트 면에서 유리하다. | ④ 재고와 재공품이 차지하는 면적이 커진다. |
| ⑤ 작업자별로 능률급을 적용할 수 있다. | ⑤ 주문별로 질 차계획, 일정계획 등이 다르므로 공정관리가 번잡하다. |
| | ⑥ 대량생산이 곤란하다. |

자료: 상계서, p. 302

이다.^{11), 12)}

全體的인 運搬코스트는 運搬對象物品의 運搬距離, 單位 또는 一定期間의 運搬回數(運搬量), 單位當 運搬코스트를 모두 곱한 것을 다시 합하여 얻을 수 있다.^{13), 14)}

즉

$$TC = \sum_i \sum_j^n C_{ij} W_{ij} D_{ij} \dots\dots\dots (1)$$

여기서 TC ; 總運搬코스트

C_{ij} ; i 에서 j 까지의 單位當 運搬코스트

W_{ij} ; 單位(一定)期間中 i 에서 j 까지 運搬回數(運搬量)

D_{ij} ; i 에서 j 까지의 運搬距離

그러므로 TC를 最少化(minimization)하는 것이 工程配置의 目標가 되는 것이다.

3. 3 固定配置(fixed-position layout)

造船·汽車·重裝備·建築土木工事와 같이 製品이 크고 構造가 複雜한 製品을 生産할 때에는 차베로 作業現場에 作業者들이 移動하면서 順序에 따라 生産加工하는 境遇의 配置形態로서 그 特質을 살펴보면 表10과 같다.

表 10. 固定配置의 長短點

| 장 점 | 단 점 |
|---|---|
| ① 생산량의 이동을 최소한으로 줄일 수 있다. | ① 제조현장까지 자재와 기계설비를 이동하려면 많은 시간과 비용이 소요된다. |
| ② 다양한 제품을 신축성있게 제조할 수 있다. | ② 기계설비의 이용도가 낮다. |
| ③ 크고 복잡한 제품생산에 적합하다. | ③ 고도의 숙련을 필요로 한다. |
| ④ 1단의 작업자에 의하여 작업이 수행되므로 작업의 연속성과 책임이 확립된다. | |

자료: 상계서, p. 302.

5) 李相鎔外, 産業工學概論(서울:三元出版社, 1982), p. 45.
6) R. Muthor, op cit., pp. 4~15.
7) R. L. Francis & J. A. White, Facility Layout & Location, 1950.
8) R. Muther, op. cit., pp. 6-1~15.
9) E. S. Buffa, "Sequence Analysis for Fun-

ctional Layout," Jour. of I. E., Vol. 6 No. 2, 1955.
10) 其他 ALDEP, CORELAP, PLANET 등 參照.
11) 金基永, 前揭書, p. 283.
12) 李順龍, 前揭書, pp. 303~304.
13) 金基永, 前揭書, p. 283.
14) 李順龍, 前揭書, p. 304.

3 · 4 其他 配置形態)

上述한 配置形態는 生産方式을 주로 한 生産形態에 다른 分類이지만 이러한 形態들이 그대로 使用되는 경우 以外에도 이들을 結合(combination)시켜 企業에 따라 適合한 配置形態를 全社的으로 취하는 것도 이 分野에 대한 合理的인 研究方法이라고 하겠다.

따라서 基本類型(製品 · 工程 및 固定配置)의 長點을 利用하여 適切히 結合하는 配置가 이루어지는 경우가 있는데 이것을 混合 또는 結合配置(combination layout)라고 한다.

그리고 近年에 發達을 보게 된 電子計算機(computer)에 의하여 이러한 工場의 設備配置問題를 解決하기 위하여 컴퓨터를 利用하는 方法이 開發되어 活用되고 있기도 하다.^{15)~21)}

이 밖에도 既存工場에 設備의 增設이나 新設工場의 配置問題에 대한 計劃으로 單一設備 및 複數設備의 追加配置와 N 個의 場所에 M 個의 設備를 配置하는 경우에 利用할 수 있는 技法도 提案되어 있다.²²⁾

이들 設備配置의 類型에 따른 特徵을 要約 整理해 보면 表 11 과 같다.

表 11. 設備配置의 類型 및 特徵

| 유형 | 활용 기법 | 특징 |
|---|---|--|
| 공정(기능) 배치(process or functional layout) | ① 도시해(graphical approach) ② 이동분석표(from-to chart) ③ 상호관련도(relationship chart) ④ 기타(computer 등) | 운반량과 운반거리가 최소인 조합 자재 흐름척도와 이동회수의 극소화(설비가 다수일 때 유용) 작업물의 흐름분석 및 상호관련자료로 상호관련도 작성(소요공간 및 가공공간 할당) |
| 제품(라인) 배치(product or line layout) | ① 라인 밸런스(line balancing) ⑦ 순위가중배열(riaked position weight) ⑧ 탐색규등(선행 작업기준) (heuristic method of assembly line balancing) ② 제품공정균형(COMSOAL) | 후속총소요시간을 가중치로 시간이 큰순서로 배치(제품별) 선행 작업개수가 적은 것부터 배치(경합시 작업시간이 큰 것 우선) random sample 을 일반화(샘플이 다량일 때 최적해 가능성) |
| 고정배치(fixed position layout) | 공정 및 제품배치기법의 활용 | |
| 혼합배치(combination layout) | 공정 및 제품배치기법의 활용 | |
| 전산기에 의한 배치 | ① ALDEP (Automated Layout Design Program) ② CORELAP (Computerized Relationship Layout Planning) ③ CRAFT (Computerized Relative Allocation of Facilities Techniques) | 관련도로 각부서의 근접도를 고려(수직탐구법) 관련도로 각부서의 근접도를 고려(위치도와 경계의 길이로 배치위치결정) 작업장간 운반량 및 운반비용의 최소화(초기안 평가 자체운반비의 감소) |

15) 金基永, 前掲書, pp. 283, 289 ~ 290.

16) 李順龍, 前掲書, pp. 308, 311.

17) A. L. Arcus, "COMSOAL - A Computer Method of Sequencing Operations for Assembly Lines, Int'l, Jour. of Production Research, Vol. 4, No. 4, 1966.

18) J. M. Seehot & Wayne O. Evans, "AL-DEP; Automated Layout Design Program," Jour. of I. E., Vol. 18 No. 12, 1967.

19) Robert C. Lee & James M. Moore, "CORELAP; Computerized Relationship Lay-

out Planning, " Jour. of I. E. Vol. 18 No. 3, 1967.

20) E. S. Buffa, G. C. Armour & T. E. Vollmann, "Allocating Facilities with CR-AFT," Harvard Business Review, 3 ~ 4, 1964.

21) J. M. Apple "A Computeried Plant Layout Analysis & Evaluation Technique," AIIE Technical Papers, 1972.

22) R. L. Francis & J. A. White, Facility Layout and Location, (New York: Prentice-Hall, 1974), pp. 166.210

④ PLANET (A Computerized Plant Layout Analysis & Evaluation Technique) ALDEP 와 CRAFT 의 방법으로 보다 좋은 배치안의 선택

기타배치방법

- ① 증설
 - ㉠ 단일설비배치(single-facilities location problem) 증설할 단일설비를 운반비용을 최소화 (기존설비와의 관계고려)
 - ㉡ 복수설비배치(multi-facilities location problem) 증설할 복수설비를 운반비용을 최소화 (기존설비와의 관계고려)
 - ㉢ 2차배치문제(Quadratic assignment problem) N개 작업장에 M개 설비를 배치할 때 거리 및 이동회수에 따른 비용최소화.

新設備의 擴張 및 舊設備의 代替等과 같은 設備配置問題에 대하여는 많은 研究가 이루어져 왔으나 韓國의 中小企業의 設備投資額中 큰 比重을 차지하는 既存設備의 增設分野에 대한 研究는 이루어지지 않고 있다.

그래서 다음 章에서는 이러한 理論上의 設備配置에 대한 問題와 現實의 設備配置에 대한 問題를 聯關시켜 問題點 및 代案을 言及한다.

4. 設備配置의 問題點 및 代案

4.1 設備配置의 問題點

注文生産을 위한 多品種少量生産形態의 設備配置는 많은 경우 工程配置(process layout)로 機能이 類似한 機種끼리 群集配置한 機能式으로 配置되어 있기는 하지만 注文量이나 注文品種의 增加에 따라 必要한 機械를 그때그때 빈자리에 追加配置하여 놓은 것을 볼 수 있고, 이에 따라 運搬經路가 混雜할 뿐만 아니라 資材取扱의 困難性과 運搬工數가 多數 所要되어 結果적으로 製造原價를 上昇시키는 要因으로 作用하고 있기도 하다.

더구나 注文生産形態에서는 所要資材를 計劃購買하기 어려울 뿐 아니라 工期短縮을 저해하는 原因으로 作用하고, 로트當 生産量이 적은 關係로 作業準備時間(setup time)이 많이 所要되며, 또 緊急한 作業指示가 많을 경우 이에 所要되는 準備工數가 많이 消費되는 不利益을 招來하는 結果를 가져오게 된다.

따라서 注文生産形態에서 工程配置를 취하고 있는 韓國의 多品種少量生産形態企業의 問題點을 要約하면 다음과 같다.

- ① 資料의 計劃購買가 困難하다.
- ② 作業準備時間이 많이 所要된다.
- ③ 運搬距離가 멀어 運搬工數가 많이 所要된다.
- ④ 運搬費用이 많이 所要된다.
- ⑤ 高級技能職으로 인한 勞賃이 上昇된다.
- ⑥ 注文量에 따라 遊休人員 및 機械가 發生한다.
- ⑦ 在工品發生으로 作業現場이 混雜해진다.

- ⑧ 運搬經路의 混雜은 安全事故를 誘發한다.
- ⑨ 結果적으로 製造原價를 上昇시킨다.

이와같은 問題點을 解決하기 위하여 다음 節에서는 問題點을 하나하나 分析하여 각각에 대한 設備配置의 代案에 대하여 研究한다.

4.2 設備配置問題分析 및 代案

設備配置問題는 企業經營에 있어서 그 影響이 長期間에 걸쳐 發生하는 長期(計劃)的 意思決定問題로서 이것이 잘못되면 源泉으로 競爭企業에 비하여 製造原價가 上昇되어 不利한 與件을 안고 經營活動을 持續해야 하는 不利益을 甘受하지 않으면 안되는 것으로 매우 重要한 意思決定事項이라 하겠다.

韓國의 中小企業의 設備配置問題點은 前節(4.1)에서 指摘한 바 있으나 그 原因을 살펴보면 大略 다음과 같다.

- ① 設備配置에 대한 認識不足
- ② 無計劃的인 新設投資
- ③ 時間經過에 따른 生産品種變更 및 增加
- ④ 經營合理化에 대한 意欲不足

더구나 多品種少量生産을 營爲하는 韓國의 中小企業에 있어서 運搬距離의 短縮을 통한 運搬費의 最小化가 가장 中心的인 要素가 되며, 다른 面에서는 高級技能者와 注文量의 大小에 따른 問題는 經營者의 經營能力에 따라 左右된다.

結局 工程配置를 取하는 注文生産의 경우에는 위의 問題는 避할 수 없는 것으로서 그냥 지나쳐 버리면 製造原價를 上昇시키는 主要한 原因이 된다.

따라서 式(1)에서 對象要因으로 取扱한 要因外에 準備에 따른 時間損失에서 오는 費用(코스트)을 勘案하여 追加要因을 考慮해 볼 必要가 있다.

式(1)로부터

$$TC = \sum_i^n \sum_j^m C_{ij} W_{ij} D_{ij}$$

에 期待損失을 勘案하여

$$TC = \sum_i^n \sum_j^m C_{ij} W_{ij} D_{ij} + L_{ij} \dots \dots \dots (2)$$

여기서 L_{ij} 는 最適運搬條件이 아니기 때문에 發

生한 期待損失이 되어야 할 것으로 본다.

運搬條件이 最適化되어 있지 못한 경우의 期待損失로서 考慮할 事項은 不適當한 運搬方式·運搬距離·運搬條件 등으로 인하여 發生하는 損失로서 이것은 最適運搬條件일 때와 比較하여 보다 많이 所要된 運搬費用으로서 이것은 窮極의 設備配置를 合理化함으로써 節減할 수 있는 費用을 말한다.

結局 이 費用을 最小化함으로써 生産合理化를 通한 原價節減을 期待할 수 있게 된다.

이 費用은 設備配置가 最適化되면 當然히 減少될 수 있는 不要費用이며, 同時에 設備配置合理化 要因中에서도 運搬費用의 最適化要因이다.

設備配置問題는 製品原價의 高低를 左右하는 長期(計劃)的 意思決定問題이므로 이를 合理化하기 위한 研究가 이루어지지 않으면 안된다.

따라서 設備配置를 合理化하기 위하여는 工場의 移轉·増築에 따른 増設·新設·其他 機械設備配置의 경우에는 可能한 限 여러 代替案 등을 考慮해 보는 것이 바람직하다.

代替案을 考慮할 때에는,

첫째 部品 등을 GT技法 등에 의한 로트生産이 可能하도록 設備配置를 計劃한다.

둘째 SLP技法 등에 의한 設備配置를 計劃한다.

셋째 OR技法 등에 의한 設備配置計劃을 한다.

네째 電子計算器를 利用한 設備配置計劃을 한다.

다섯째 템플레이트(template)·모형(model) 등에 의한 製品別 流動工程圖에 의한 最適配置를 計劃한다.

여기서 GT技法을 利用한 部品の 로트生産을 除外한 方法들은 이미 研究되어 發表된 것으로 相當數의 企業에서는 利用되고 있기도 하나, 多品種少量生産業體에서는 아직도 設備配置의 合理化를 통하여

얻을 수 있는 經營合理化에 대한 認識不足·專担要員不足 등으로 올바르게 活用되고 있지 못했으며, 既存設備의 再配置問題도 역시 考慮對象에서 除外되어 왔으나 將來 이 問題에 대한 關心이 반드시 增進되어야 한다.

특히 多品種少量生産形態를 취하고 있는 多數의 中小企業의 경우에는 많은 品種을 受注生産할 때 이들 多品種에 所要되는 共通部品 또는 共通加工이 可能한 部品 및 素材를 抽出하여 이틀만이라도 로트加工이 可能하도록 設備配置時 考慮하여 計劃하는 것도 檢討할 必要가 있다.

同時에 既存工場이라고 하더라도 年中 作業時間中에서 한가한 時間을 利用하여 再配置計劃을 樹立하여 改善하도록 하여 運搬코스트의 節減 뿐만 아니라 製造原價가 節下될 수 있게 努力하여야 한다.

앞에서도 言及한 바와같이 最近에 關心事가 되고 있는 問題로서는 製造하는 製品들을 類似工程別 또는 類似部品別로 그룹핑(grouping)하거나, 製品別로 製品加工順序에 따른 流動工程圖를 作成하여 運搬距離를 短縮시킬 수 있는 設備配置案을 計劃할 수도 있다.

이 때에는 縮圖에 따라 템플레이트·모델 등을 만들어 配置計劃案을 構想해 보아가면서 가장 適當한 配置案을 計劃할 수도 있다.

SLP方法이나 OR技法 등을 利用하는 方法은 이미 여러가지가 알려져 있고, 또 電子計算器를 利用하는 方法은 몇 가지가 이미 프로그램(program package)되어 있으므로 이것을 利用하면 便利하기도 하다.

電子計算器를 利用할 때 必要한 人力資料 등은 表 12와 같은 것이다.

表 12 電子計算機의 入力資料등

| | ALDEP | CORELAP | CRAFT |
|-----------|--|---|---|
| 필요한 인력자료 | 건물내에 위치하게 될 작업장의 크기와 수 건물크기, 특히 복도, 계단 같은것은 행렬식으로 표시 인접선호도(preferance)를 절대필요함부터 바람직하지 않음까지를A, B, C, V, F, X로 표시 서어브루틴을 작동시키는콘트롤카드 | ALDEP에서 사용한 선호도와 비슷한 관계표(relationship chart) 건물의 폭과 길이의 비 각 작업장, 지역의 제한사항 각작업장을 구성하는 기준규격 각 작업장당 기준규격의 종류 | 기본 배치대안 작업장간의 운반량행렬(load matrix) 작업장간 운반비용행렬 |
| 처리능력 | 63개 작업장 | 70개 작업장 | 40개 작업장 |
| 결과에 대한 보고 | 부서와 복도가 표시된 배치표 각 배치안의 선호도점수 | 수로 표시되는 배치표 CALOMP 플로터(plotter) 같은 디지털 플로터 이용가능 | 건물크기에 알맞게 작업장 배치 최종배치까지의 각 대안별 비용 |

| 효율성 평가기준 | 최대선호도점수 | 최대 총선호도 | 최소 운반내용 |
|----------|---|---|--|
| 특 징 | 3층 건물까지 가능 부서간의 이동은 불규칙하게 혹은 기준에 의해 이루어진다. 이동은 한번에 2부서씩 재배치 문제에 적합함 | 건물모양에 제약이 없다. 적은 시간으로 계산가능 운영자에 따라 최적해에 근사한 답 을 얻을 수 있다. | 최종해는 기본해에 의해 좌우 단층에 국한됨 한번에 3작업장씩 이동 작업장간의 거리는 작업장의 중심 으로부터 계산 |

자료 : 김기영, 생산관리, 법문사, 1983. p.p. 389 ~ 290

특히 工程配置를 할 경우의 設備配置合理化의 要
締는 運搬費用(transportation expense)이므로 이
를 節減할 수 있도록 式 2에 따라 期待損失을 最小
化(minimization)하는 配置計劃案의 樹立이 絶對로
必要하다.

그러므로 設備配置에 대한 技法을 利用하더라도 運
搬費用의 最小化가 窮極的인 目的이며, 實際로 設備
配置問題를 現場에 適用할 때에는 4·1節에서 言及
한 9個項의 問題點들이 解消될 수 있도록 하나하나
工場의 諸般問題를 抽出하여 合理的인 設備配置計劃
이 이루어져야 하겠다.

結果의으로 韓國의 中小企業은 設備設置理論上 正
確히 工程配置를 하고 있지는 않으나 設立初期에는
工程配置를 취하다가 設備擴張으로 인하여 異常型이
된 것으로 볼 수 있다.

따라서 다음 章에서는 이러한 設備配置形態에서
費用을 最小化할 수 있는 經濟的인 設備配置에 대한
모델을 開發하고자 한다.

5. 經濟的인 設備配置의 開發에 관한 考察

設備의 設置段階에서 運營段階로 접어들 때 發生
하는 運搬費用을 最小化하는 經濟的인 設備配置의
問題가 最近에 脚光을 받고 있다.

즉, 最適解는 아니지만 合理的인 解를 가져다 주
는 多樣한 接近方法이 試圖되고 있다.

本 研究에서는 運搬費用을 最小化하는 設備配置問
題에 대하여 여러가지 接近方法들을 開發하고자 한
다.

單一設備配置問題에 대하여는 簡單한 計算節次로
最適配置를 취할 수 있다.

그러나 複數의 新設備를 配置하는 問題인 경우에
는 컴퓨터에 의한 探索過程의 方法으로 最適解에 近
似的 解를 求할 수 있다.

最近의 研究에 의하면 모든 活動中에서 제일 中心
이 될 수 있는 活動을 適切하게 配置하는 問題가 拾
頭되고 있다.²³⁾

23) A. E. Bindscheler & J. M. Moore, "Optimum Location of New Machines in Exis-

이러한 問題의 간단한 例를 들면 機械와 作業部署
間의 配置, 小賣商이나 消費者를 위한 倉庫의 配置,
事務室에서 監督者의 책상에 대한 配置, 既存設備를
增設할 경우의 配置問題 등이다.

여기서는 既存設備를 增設하는 경우의 配置問題만
을 다루기로 하며, 이 경우에 모든 設備는 모든 生
產要素가 投入되어 產出되어 나가는 活動의 中心이다.

이러한 主要한 機能을 遂行하는 設備를 追加配置
할 때에는 既存設備와 新設備間의 運搬費用이 最小
化되도록 設備配置計劃을 樹立해야 한다

上記와 같이 既存設備를 增設하는 경우 複雜한 問
題가 發生한다.

設備間의 交互作用을 工程遂行方法이나 能力에 대
한 影響이라 定義하면 新設備가 既存設備間에 存在
하던 交互作用에 影響을 주지 않을 때에는 그러한
既存設備의 交互作用은 新設備의 配置問題가 拾頭될
데 별로 問題가 되지 않는다.

그러나 既存設備뿐만 아니라 新設備 自體內에서
도 서로 다른 交互作用을 가질 때 設備配置問題는
複雜하게 된다.

交互作用이 掲載되는 設備配置의 경우에는 解析의
으로 問題를 解決할 수는 없고, 發見的 技法인 機械
的 類似性(Mechanical Analogue)을 利用하는 方
法이 있다.²⁴⁾

그러나 費用의 最小化를 近似的으로 遂行하기 때
문에 小規模의 設備인 境遇에 局限되어 適用이 可能
하다.

本 研究에서는 複雜性을 피하기 위하여 交互作用
이 設備配置에 影響을 주지 않을 경우만을 考慮하
기로 한다.

5·1 單一設備配置

新設備의 交互作用이 配置問題에 影響을 주지 않
을 때 既存設備 自體內의 交互作用만을 考慮한 單一
設備配置를 考慮해 보자.

ting Plant Layouts, " Jour. of I. E., Vol. 12, No 1, 1961, pp. 41 ~ 48.

24) R. L. Francis & J. A. White, *op. cit.*,

이러한 單一設備問題는 設備의 移動經路에 따르는 制約에 의하여 2가지의 경우로 나눌 수 있다.

첫번째 경우는 加工物의 移動이 建築物壁과 平行한 垂直複道를 使用한 直角移動形態이며, 또 한가지의 경우는 直線으로 移動할 수 있는 直線移動形態이다.

우선 數學的으로 간단한 直角距離移動問題를 먼저 考慮해 본다.

5.1.1 直角移動問題

運搬費用의 合을 最小化하려면,

$$C = \sum_{i=1}^n W_i D_i \dots\dots\dots (3)$$

이다.

여기서 C는 配置點과 目的地사이의 距離 D_i 를 通過하는 運搬物의 總費用이며, W_i 는 單位距離當 T_i 의 費用에다 i 의 運搬量으로 인한 單位距離當 費用을 곱해준 것으로 即,

$$W_i = T_i V_i$$

이다.

(x, y) 의 配置點에서 目的地 i 의 (x_i, y_i) 까지의 距離는 $|x - x_i| + |y - y_i|$ 이다.

結局

$$C = \sum_{i=1}^n W_i (|x - x_i| + |y - y_i|) \dots\dots\dots (4)$$

이고, 式을 展開하면

$$C = \sum_{i=1}^n W_i |x - x_i| + \sum_{i=1}^n W_i |y - y_i| \dots\dots\dots (5)$$

이다.

結局 이 問題에 대한 解法은 x_i 의 離散值의 中心값에 偏差의 合, 즉 $\sum |x - x_i|$ 를 最小化하는 것이다.

x_i 를 W_i 에 대한 中央값을 取하여 x 의 最小值를 求하고, y_i 에 대하여도 同一한 方法으로 y 의 最小值를 求한다.

이렇게 하면 C는 配置點의 座標가 中央값을 가질 때 最小가 된다.

$\sum_{i=1}^n W_i$ 가 홀수일 때 最適配置는,

$$K = \left[\left(\sum_{i=1}^n W_i \right) / 2 \right] + \frac{1}{2} \dots\dots\dots (6)$$

를 考慮해 주면 된다.

따라서 最適配置에서의 x 와 y 의 座標는

$$x^* = x_r = \min x_i$$

여기서 $\sum_{i=1}^r [W_i]_x \geq K$

$$y^* = y_t = \min y_i$$

여기서 $\sum_{i=1}^t [W_i]_y \geq K \dots\dots\dots (7)$

이다.

여기서 $[W_i]_x$ 와 $[W_i]_y$ 는 x, y 의 각각에 대하여 W_i 의 順序를 定해 놓은 것이다.

$\sum_{i=1}^n W_i$ 가 짝수일 때는,

$$K' = \left(\sum_{i=1}^n W_i \right) / 2 \dots\dots\dots (8)$$

$$K'' = K' + 1$$

을 考慮해 주면 된다.

上記한 方法과 同一하게

$$x_r = \min x_i$$

여기서 $\sum_{i=1}^r [W_i]_x \geq K'$

$$x_s = \min x_i$$

여기서 $\sum_{i=1}^s [W_i]_x \geq K''$

$$y_t = \min y_i$$

여기서 $\sum_{i=1}^t [W_i]_y \geq K'$

$$y_u = \min y_i$$

여기서 $\sum_{i=1}^u [W_i]_y \geq K''$

그리고

$$\left. \begin{aligned} x^* &= \begin{cases} x_r, & \text{但 } \sum_{i=1}^r [W_i]_x > K' \\ x_r \sim x_s \text{의 任意的 값,} & \text{但 } \sum_{i=1}^r [W_i]_x = K' \end{cases} \\ y^* &= \begin{cases} y_t, & \text{但 } \sum_{i=1}^t [W_i]_y > K' \\ y_t \sim y_u \text{의 任意的 값,} & \text{但 } \sum_{i=1}^t [W_i]_y = K' \end{cases} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (9)$$

[例題]

4台的 交互作用이 存在하는 既存設備에 新設備의 交互作用이 考慮되지 않을 때 1台를 追加配置하는 問題를 考察해 보기로 한다.

| 設備 i | W_j | x_j | y_j | x 의 i 順序 | y 의 i 順序 |
|--------|-------|-------|-------|--------------|--------------|
| 1 | 7 | 1 | 2 | 1 | 3 |
| 2 | 1 | 2 | 3 | 2 | 2 |
| 3 | 3 | 3 | 5 | 3 | 4 |
| 4 | 5 | 4 | 1 | 4 | 1 |

여기서 i 는 順序를 나타내고, 順序와 設備番號가 一致할 때는 $i = j$ 이다.

$$\sum_{i=1}^4 W_j = 16 \text{ 은 짝수이고,}$$

$$K' = \left(\sum_{i=1}^4 W_j \right) / 2 = 8$$

$$K'' = K' + 1 = 9$$

이다.

x 軸의 順序로 定하면 1~7의 單位는 $x_1=1$ 에 位置하고, 8의 單位는 $x_2=2$ 에 9~11의 單位는 $x_3=3$ 에 位置한다.

$$\left. \begin{aligned} x_r &= \sum_{i=1}^2 [W_i]_x = 8 = K' \\ x_s &= \sum_{i=1}^3 [W_i]_x = 11 = K' \end{aligned} \right\} x^* \text{는 } x_2 = 2,$$

$x_3=3$ 까지의 任意的 값 그러므로 x 軸에서의 最適値는 2 또는 3이다. 다음에 y 軸의 順序를 定하면 1~5의 單位는 $y_1=1$ 이고, 6~12의 單位는 $y_2=2$ 이다.

$$y_t = \sum_{i=1}^2 [W_i]_y = 12 > K', \quad y^* = y_2 = 2$$

그러므로 y 軸에서의 最適配置는 2이다. 그림 4는 4台的 既存設備配置에 대하여 5번째 新設備의 最適配置의 結果를 線으로 나타낸 것이다.

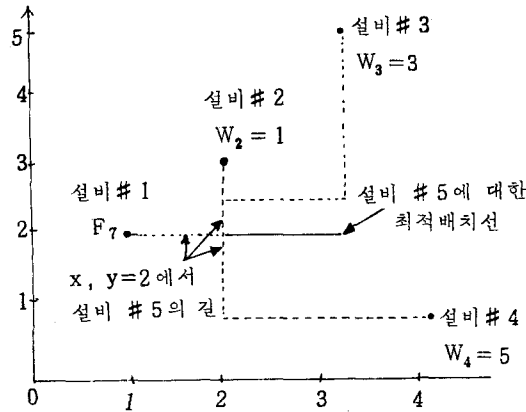


그림 4. 直角移動의 경우 單一設備配置의 例

5.1.2 直線移動問題

(1) 變化率法

直線移動問題는 x 軸에서의 移動이 y 軸의 移動과 獨立의이 아니므로 解를 求하기가 더 複雜하다.

配置點과 目的地 i 사이에서의 距離는 $D_i = [(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2]^{\frac{1}{2}}$ 으로 運排費用에 對한 式은

$$C = \sum_{i=1}^n W_i [(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2]^{\frac{1}{2}} \dots \dots \dots (10)$$

과 같다.

x, y 에 對하여 偏微分을 取하면

$$\frac{\partial C}{\partial x} = \sum_{i=1}^n W_i (x-x_i) / [(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2]^{\frac{1}{2}} = 0 \dots \dots \dots (11)$$

$$\frac{\partial C}{\partial y} = \sum_{i=1}^n W_i (y-y_i) / [(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2]^{\frac{1}{2}} = 0 \dots \dots \dots (12)$$

이다.

위의 方程式 (11), (12)를 滿足하는 解는 不能인 解가 存在하므로 다음과 같은 假定下에서 近似解法을 適用시켜야 한다.

方程式 (10)은 convex函數이다. C 에 對하여 全體 最小點이 存在하고, 部分最小點은 전혀 存在하지 않는다. 結局 最適解(x, y)를 찾는 探索過程은 部分 最適點을 考慮할 必要없이 한번에 한 方向을 찾아가 면서 最小點을 찾는 方法이다.

$\frac{\partial C}{\partial x}$ 와 $\frac{\partial C}{\partial y}$ 는 x, y 의 각각의 값에 對한 C 의 變化率이다. 우선 x 가 $\frac{\partial C}{\partial x} = 0$ 가 될때까지 變化시킨다. y 의 變化가 $\frac{\partial C}{\partial x}$ 의 값을 變化시키고, x 의 變化가 $\frac{\partial C}{\partial y}$ 의 값을 變化시키기 때문에 x, y 가 繼續的으로 變化하는 過程은 $\frac{\partial C}{\partial x}$ 와 $\frac{\partial C}{\partial y}$ 가 同時に Zero가 될 때까지 繼續해야 한다. 바로 그 點에서 C 는 最小가 된다.

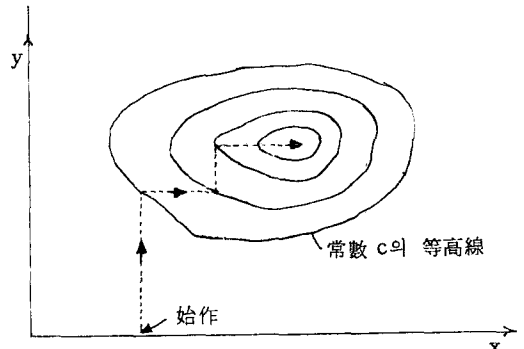


그림 5. 표면 $C=f(x, y)$ 에서 最小點 및 最大點 探索 比較的 적은 크기(10目的地點)의 問題에 對하여 이 過程을 試圖해 보아도 많은 計算量을 要求한다는 것 을 알 수 있다.

卓上用 計算器로 몇 時間 計算해야만 最適解에 到 達한다. 그러므로 解를 計算하기 위하여는 프로그램 을 作成하여 利用하는 것이 便利하다.

프로그램의 가장 重要한 部分은 x 와 y 가 $\frac{\partial C}{\partial x} = 0$ 와 $\frac{\partial C}{\partial y} = 0$ 으로 움직일 때 變化하는 量을 決定하는 것이다. 그 變化가 크다면, x 와 y 는 큰 不連續增加值에 의해서만 움직이며, 最適點 (x, y)는 正常的으로 到達되지 않으며, 最適點(optimal point)을 지나쳐 버릴 것이다.

變化率이 랜덤(random)하게 취하여져 값을 작게 취할 때 探索過程은 대단히 오래걸릴 것이다. 이 合理的인 값을 決定하는 한 가지 方法은 各 段階에서 $\frac{\partial C}{\partial y}$ 의 값을 印刷하여 意思決定者가 問題의 修正된 解析에 따라 새로운 값 x 와 y 로 바꾸어 준다. 多樣한 移動率과 $\frac{\partial C}{\partial x}$ 의 最近似값에 對한 變化率들을 서브루틴(subroutine)으로 作成해 놓으면 아주 便利하게 利用할 수 있다.

(2) 加重平均值法

最適座標(x, y)를 찾기 위한 加重平均值法

$(\sum_{i=1}^n W_i x_i / \sum_{i=1}^n W_i)$ 은 一般的으로 最適解와 거리가 먼 答이 나올 수도 있다. 一般的으로 各 目的地에서의 總噸數(tonnage)는 별로 複雜하지 않으며, 加重平均值는 最適位置에 아주 가까운 效果들을 나타내지만, 加重值에 대한 誤判이 있을 때 解에 대한 信憑性의 問題가 提起된다.

例를 들어 一回檢査에서 目的地 data가 6個의 random digits의 表로 얻어지는데 이 6개의 digits중 첫 두 digits는 x方向의 目的地의 位置, 두번째 두 digits는 y方向에서의 目的地의 位置, 그리고 마지막 두 digits는 輸送費用因子(T_i, V_i)의 load time이다. 그래서 加重因子는 00에서 99까지 多樣하다(平均보다 約 倍의 큰 값이다).

10個의 다른 10 - 目的地問題에 대한 加重平均值를 使用한 平均輸送費는 optimum位置에서의 輸送費의 102.0%이었다. 즉 그 位置는 위에서 要約한 過程에 의해 얻었다. 그러나 目的地點에 加重值를 平均으로 취하면 어떤 形態로든 最適位置에 가까이 位置할 것이다.

그러면 이와같은 事實을 式으로 나타내면

$$\sum_{i=1}^n W_i (x-x_i) / [(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2]^{\frac{1}{2}} = 0$$

이며

$W_i = W$ (모든 i에 대하여)이면

$$\sum_{i=1}^n x / [(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2]^{\frac{1}{2}} = \sum_{i=1}^n x_i / [(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2]^{\frac{1}{2}}$$

그리고

$$\sum_{i=1}^n 1 / [(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2]^{\frac{1}{2}} = \sum_{x=1}^n \{ \prod_{j=1}^n [(x-x_j)^2 + (y-y_j)^2]^{\frac{1}{2}} / \prod_{i=1}^n [(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2]^{\frac{1}{2}} \}$$

이며

$$x \{ \prod_{j=1}^n [(x-x_j)^2 + (y-y_j)^2]^{\frac{1}{2}} \} = \sum_{i=1}^n x_i \{ \prod_{j=1}^n [(x-x_j)^2 + (y-y_j)^2]^{\frac{1}{2}} \}$$

그리고

$$x = \sum_{i=1}^n \{ x_i (\prod_{j=1}^n [(x-x_j)^2 + (y-y_j)^2]^{\frac{1}{2}}) / \sum_{x=1}^n \{ \prod_{j=1}^n [(x-x_j)^2 + (y-y_j)^2]^{\frac{1}{2}} \} \}$$

例를 들어 現有設備가 (0, 0), (0, 3), 그리고 (4, 0)의 位置에 있다고 할 때에는 다음과 같다.

設備에 대하여 각각 똑같은 加重值를 갖는 것으로 한다.

$$\bar{X} = (0+0+4) / 3 = 4/3$$

$$\bar{Y} = (0+3+0) / 3 = 0$$

그러나 이러한 값들이 最適條件에서 (x, y)에 대하여 代入하면

$$\frac{\partial C}{\partial x} = \sum_{i=1}^n (\bar{x}-x_i) / [(\bar{x}-x_i)^2 + (\bar{y}-y_i)^2]^{\frac{1}{2}} \cong 0.42$$

$$\frac{\partial C}{\partial y} = \sum_{i=1}^n (\bar{y}-y_i) / [(\bar{x}-x_i)^2 + (\bar{y}-y_i)^2]^{\frac{1}{2}} \cong 0.12$$

$(\frac{4}{3}, 1)$ 에서 偏微分은 0이 아니며 그 位置도 最適이 아니다. 즉, 位置에서의 費用方程式의 값 C는 0.99이다. 그러므로 이들의 偏微分값은 陽이며, 最適位置는 $(3/4, 1)$ 의 아래 왼쪽에 位置하는 것이다. 單一設備最適位置 接續過程에 의하여 Computer 解를 求했을 때 이 最適位置는 $x=0.092, y=0.750$ 이며, $C=6.77$ 이었다.

이것을 一般化시키기 위하여 $x = \sum_{i=1}^n M_i X_i$ 로 놓는다.

여기서

$$M_i = \prod_{j=1}^n [(x-x_j)^2 + (y-y_j)^2]^{\frac{1}{2}} / \sum_{i=1}^n \{ \prod_{j=1}^n [(x-x_j)^2 + (y-y_j)^2]^{\frac{1}{2}} \}$$

만약

條件 1. $\sum_{i=1}^n M_i = 1$ 이면

X는 X_i 의 加重平均이다. 더구나

條件 2. $M_i = 1/n$ (모든 i에 대하여)이면

$$X = \bar{X} = \sum_{x=1}^n X_i / n$$

여기서 條件 2가 有効하면 X의 平均值가 最適 X座標이다.

計算過程은 어떤 出發點을 要求하므로 最適位置探索에 가까운 點에서 始作하면 할수록 보다 쉽게 빠르게 最適位置를 찾을 수 있다. 그러므로 效果의인 出發點의 選擇은 計算過程에서 重要な 要素가 된 加重平均值法이다. 그 方法은 상당히 좋은 出發點을 나타내는 反面 計算을 거듭할수록 解의 正確性이 問題가 되게 된다.

이것을 克服해 주기 위한 方法은 兩面을 自乘으로 놓은 것이다.

즉,

$$C = \sum_{i=1}^n W_i [(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2]^{\frac{1}{2}}$$

이를 제곱하면

$$(\bar{c})^2 = \sum_{i=1}^n (W_i)^2 [(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2]$$

여기서 最小化條件은

$$\alpha [(\bar{x})^2] / \alpha x = 0, \quad \alpha [(\bar{y})^2] / \alpha y = 0$$

그래서

$$(\bar{X})^* = \frac{\sum_{i=1}^n [(W_i)^2 x_i]}{\sum_{i=1}^n (W_i)^2}$$

$$(\bar{Y})^* = \frac{\sum_{i=1}^n [(W_i)^2 y_i]}{\sum_{i=1}^n (W_i)^2}$$

이것이 最適配置點 座標의 近似值이다. 그러나 初期值 設定을 할 때는 加重平均方法보다 加重平均方法이 훨씬 좋다.

5.2 複數設備配置

單一設備配置問題의 理論을 바탕으로 複數設備配置問題를 擴大해 본다.²⁵⁾

單一設備에서와 같이 複數設備에서도 眞線移動하는 경우가 直角移動을 하는 경우와 마찬가지로 適用될 수 있다.

여기서 m 個의 既存設備에 n 個에 新設備를 配置시키는 경우에는

$$C = \sum_{i=1}^m \sum_{j=m+1}^{m+n} W_{ij} [(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2]^{\frac{1}{2}} + \sum_{i=m+1}^{m+n} \sum_{j=i}^{m+n} W_{ij} [(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2]^{\frac{1}{2}} \dots \dots \dots (13)$$

여기서 첫번째 項은 既存設備와 新設備間의 移動에 따른 費用이며, 둘째 項은 新設備 사이에서의 移動費用이다. 式 (13)은 $2n$ 個의 未知數를 갖는다. 당연히 이들 未知數에 대한 偏微分은 單一機械인 경우일 때보다 훨씬 더 複雜해진다. $(m+i)$ 번째 設備에 대한 最適位置는 既存設備 m 個에 대하여 뿐만 아니라 新設備 $(n-1)$ 사이의 交互作用에 영향을 받는다. $(n+i)$ 번째 設備의 配置에 대한 交互作用의 加重集합의 效果는 $(n-1)$ 新設備의 最適位置에 의해 영향을 받는다. 그러므로 新設備에 獨立의으로 各新設備를 單純히 配置하여 式 (13)을 最小化시킬 수 없으며, 同時에 그들 모두를 配置할 수 있는 可能性은 없다. 複數設備配置問題를 要約하면 다음과 같다.

各各의 新設備는 現在 주어진 最適配置와 다른 $(m+n-1)$ 設備와 같은 임시 最適化點에 位置하게 된다.

다음의 모든 n 個의 新設備는 이러한 過程을 反復하며, $(m+i)$ 設備配置는 다른 $(n-1)$ 個의 新設備의 位置移動으로 더욱 向上된 臨時最適解를 求할 수 있다.

25) R. L. Francis, "On the Location of Multiple New Facilities with Respect to Existing Facilities," *Jour. of I. E.*, Vol. 15 No. 2, 1964, pp. 106 ~ 110.

마지막으로 再調整된 設備配置를 再評價하여 피이드백시켜야 한다. 특히 段階 2에서 臨時最適位置를 求할 때는 配置問題中 直線距離問題에서 傾斜率法을 解決할 때 使用하던 서브루우틴概念을 利用하면 便利하다.

[例題] 4 個의 既存設備에 2 個의 新設備가 配置되는 경우를 考慮한다.

- (1) 첫 新設備(設備 5)는 既存設備 1과 既存設備 4를 關聯시켜 配置한다.
- (2) 다음 設備 6은 4 個의 既存設備와 臨時인 設備 5의 位置에 따라 配置한다.
- (3) 다시 設備 5는 設備 6의 任意位置의 交互作用과 함께 設備 1부터 設備 4의 交互作用에 根據하여 再配置한다.

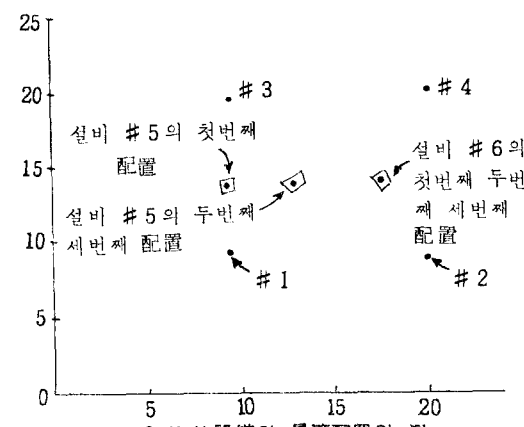


그림 6. 複數設備의 最適配置의 例

| i | X _i | Y _i | W _{i,5} | W _{i,6} |
|---|----------------|----------------|------------------|------------------|
| 1 | 10 | 10 | 10 | 0 |
| 2 | 20 | 10 | 0 | 10 |
| 3 | 10 | 20 | 10 | 0 |
| 4 | 20 | 20 | 0 | 10 |
| 5 | | | 0 | 10 |
| 6 | | | 10 | 0 |

계산과정

| i | X _i | Y _i | I와 다른 설비의 I이 동 | 총비용 |
|---|----------------|----------------|----------------|--------|
| 1 | 5 | 10.00 | 100.00 | 286.60 |
| 6 | 17.09 | 15.00 | 186.60 | |
| 2 | 5 | 12.85 | 157.50 | 273.20 |
| 6 | 17.09 | 15.00 | 158.10 | |
| 3 | 5 | 12.85 | 157.50 | 273.20 |
| 6 | 17.09 | 15.00 | 158.10 | |

(4) 段階 2와 段階 3은 設備 5와 設備 6의 位置에 常數가 남을 때까지 反復하게 된다.

結果는 그림 6에 나타나 있으나 이 過程은 施行錯誤(trial and error)의인 方法으로 解의 正確性和 計算量의 負擔 사이의 妥協點을 찾는 近似解만을 導出하게 된다.

6. 結 論

本論文에서는 韓國의 中小企業에 適合한 合理的인 設備配置에 關하여 研究한 結果 다음과 같은 結論을 얻었다.

첫째, 韓國의 産業構造 및 諸般事項을 考慮할 때 中小企業의 比重은 刮目할 만한 정도로 컸으나, 이와 같이 刮目할 만한 量的 成長에도 不拘하고 別다른 經營合理化 및 生産性向上을 追求해 오지 못한 事實이 本論文의 設備配置研究分野에서 立證된다. 즉, 注文生産에 의한 多品種小量生産形態를 취하고 있는 中小企業이 初期資本의 零細性 때문에 小規模로 工程配置의 設備投資를 했으나 規模가 擴大됨에 따라 設備의 新設 및 增設이 不可避하게 되었다.

여기서 韓國의 中小企業의 設備投資金額을 類型別로 보면 既存設備의 代替, 新設備의 增設에 비해 既存設備의 增設이 많은 比重을 차지하는 것을 알 수 있다. 즉, 計劃에 의한 設備配置라기 보다는 주머니구식의 設備配置로 理論上 分類해 놓은 配置形態의 어느 類型에도 該當되지 않는 異常型的 配置가 되어 結局 研究에 있어 많은 制約을 받았는바 實際上으로 設備配置理論이 韓國의 中小企業에 適用될 수 없다는 矛盾點을 알게 된다.

둘째, 韓國의 이러한 矛盾的인 異常型的 設備配置의 代替案的인 方法으로 Group Technology에 의한 方法, Systematic Layout Planning에 의한 方法, Operations Research에 의한 方法, Computer에 의한 方法 등을 部分的으로 提示하였다.

셋째, 設備配置를 解析的으로 分析하기 위하여 單一設備配置問題와 複數設備配置問題 등에 대한 直角移動·直線移動을 考慮하여 새로운 모델을 開發하였다.

즉, 單一設備配置問題의 경우에는 既存의 加重平均値法의 矛盾點을 克服하기 위하여 變化率法과 加重平均値法을 提案하였으며, 이것을 複數設備配置問題에 擴張適用하여 發見的 技法을 開發하였다.

參 考 文 獻

- 1) 姜錫昊外, 生産管理, 서울: 博英社, 1981.
- 2) 金基永, 生産管理, 서울: 法文社, 1983.
- 3) 李根熙, 生産計劃, 生産統制, 서울: 創知社, 1978.
- 4) 李相鎔外, 産業工業概論, 서울: 三元出版社, 1983.
- 5) 李順龍, 生産管理論, 서울: 法文社, 1983.
- 6) Apple, J. M., "A Computerized Plant Layout Analysis & Evaluation Technique," *AIIE Technical Papers*, 1972.
- 7) Arcus, A. L., "COMSOAL - A Computer Method of Sequencing Operations for Assembly Lines, Int." *Jour. of Production Research*, Vol. 4 No. 4, 1966.
- 8) Buffa, Elwood S., *Modern Production Management*, 5th ed., N. Y.: John Wiley & Sons, Inc., 1977.
- 9) Buffa, Elwood S., *Modern Production/Operation Management*, 7th ed., N. Y.: John Wiley & Sons, Inc., 1983.
- 10) —, "Sequence Analysis for Functional Layout," *Jour. of I. E.*, Vol. 6, No. 2, 1955.
- 11) Buffa, E. S. Armour, G. C. & T. E. Vollmann, "Allocating Facilities with CR-AFT," *Harvard Business Review*, 3~4, 1964.
- 12) Francis, Richard L. & White, John A., *Facility Layout and Location*, N. Y.: Prentice-Hall, Inc., 1974.
- 13) Helgeson, W. P. & Barnie, D. P., "Assembly Line Balancing Using the Ranked Positional Weight Technique," *Jour. of I. E.*, Vol. 6, No. 6, 1955.
- 14) Kilbridge, M. D. & Wester, L., "A Heuristic Method of Assembly Line Balancing," *Jour. of I. E.*, Vol. 12 No. 14, 1961.
- 15) Lee, R. C. & Moore, J. M., "CORELAP: Computerized Relationship Layout Planning," *Jour. of IE.*, Vol. 18 No. 3, 1967.
- 16) Mayer, Raymond R., *Production and Operations Management*, 4th ed., N. Y.: McGraw-Hill, Co., 1982.
- 17) Moore, James M., *Plant Layout and Design*, 5th ed., N. Y.: Macmillan Co., 1971.
- 18) Muther, Richard, *Systematic Layout Planning*, 2nd ed., Cahners Books Inc., 1974.
- 19) Riggs, James L., *Production System*, 2nd ed., N. Y.: John Wiley & Sons, Inc., 1976.
- 20) Seehof, J. M. & Evans, W. D., "ALDEP: Automated Layout Design Program," *Jour. of I. E.*, Vol. 18 No. 12, 1967.