補給支援體制 在庫統制 方法論의 開發*

Development of Methodology on Inventory Control for the Supply Support System

盧 信 永*

ABSTRACT

The purpose of this thesis is to overcome the shortcomings of the existing system which lacks cost-conciousness and does not consider the essentiality or the importance of an item, and to seek the method ofproviding effective, efficient and economic supply which is the objective of the military inventory management.

Selective management technique and lot size model whose demand, and order and shipping time are distributed, are intorduced, and required distributions and parameters are analyzed.

Finally hypothetical data are utilized to obtain the model output, which are compared with the existing model, and analyzed.

1. 序 論

1.1 軍 在庫統制의 重要性

再侵의 機會만을 노리는 北傀의 威脅에 直面하고 있는 우리나라는 自衛策으로서 他國과 比較할 수 없는 큰 軍事力을 維持하고 있다. 解放後 大部分의 軍事費를 外援에 依存하던受援國의 位置에서 이제는 우리 스스로 이를 解決해야 하는 自主國防의 時代로 접어 들게 되었다. 無原則, 無節制한 軍事費의 支出로서外援依存時代를 特徵지을 수 있다면 現在의 自主國防時代는 節約, 効率, 經濟性의 課題를안고 있다 하겠다.

軍在庫統制는 軍部隊로 하여금 賦與된 任務를 遂行하는데 必要로 하는 效果的이고 効率的이며 經濟的인 補給支援을 提供하는것을 그 目標로 하고 있기 때문에 軍이 必要로 하는모든 物資를 管掌하여 위의 課題를 解決할수 있는 主要 分野인 것이다.

1.2 軍在庫統制의 範圍

軍 在庫統制의 機能은 物資의 管理上 必要로 하는 識別 및 固有請元等을 目錄化하는 카타로그 作成, 언제, 얼마나 必要한 가를 決定하는 所判斷要 이를 獲得하고 分配하며, 必要時 整備하고, 物資를 利用하며 處理하는 等 多様하지만 그中 所要判斷과 獲得 및 分配管理가 主로 論議되고 있다.

1.3 補給體制의 接近法

軍 在庫管理에서 補給體制를 觀察하는데는 다음과 같은 네가지 接近方法이 있다.

첫째 物資의 重要度에 依한 方法은 消費物量이 크고 爆發性이나 揮發性과 같은 特異한 性質을 가진 物資나 戰鬪狀況에 따라 重要하다고 判斷되는 品目은 管理努力을 集中的으로 加하는 等物資의 重要度에 따라서 管理努力을 달리한다.

---

* 合同參謀本部

** 이 論文은 韓國科學院 碩士 論文 支援으로 이루어진것임.

둘째, 方法은 補給源과의 隔離程度나 物資가 使用되는 環境에 依한 方法이다.

예컨대 發注輸送時間이 10일이 되는 곳에서는 豫期치 않는 物資의 需要增加는 큰 問題가 안될 수 있으나 50日의 發注輸送時間을 갖는 곳에서는 重大한 問題가 될수도 있다. 이때는 物資의 空輸나 非常支援問題等의 措置가 뒤따르게 된다.

셋째 方法은 需要資料 生成 및 行政能力의 有無에 依한 方法이다. 치열한 戰鬪나 流動的인 狀況下에 있는 部隊에 對해서는 自動補給措置等을 講究하는 것이 바람직할것이다.

네째 方法은 補給品의 種類에 따르는 接近方法이다. 軍이 必要로 하는 物資는 그 特性에 따라 10가지 種類로 分類하고, 種類別로 그 特性에 適合한 管理努力과 管理方法을 擇하게 된다.

1.4 軍 在庫統制上의 問題點

物資를 取扱하는곳이면 困難한 問題가 뒤따르게 마련이지만 軍은 特히 그組織이 尨大하고 이를 維持하고 裝備하며 戰鬪를 遂行해야 하기 때문에 많은 問題點을 가지고 있다. 더욱이 現代戰이 總力戰 및 物量戰의 特性을 가지고 있기 때문에 아래와 같은 問題點들은 쉽사리 豫想할수 있는 것이다.

1) 在庫의 規模가 매우 크다. 大軍의 維持에 必要한 物量은 尨大할뿐만 아니라 이를 使用하는 部隊가 作戰狀況에 따라서 그 位置가 流動的이고 散在해 있기 때문에 補給 파이프라인이 크게 擴大되어 있다. 在庫의 規模가크기 때문에 適正量을 維持하지 않으면 非經濟的結果를 誘發하게 된다. 超過할 境遇는 이를 維持하는 費用窮極的으로 廢用 및 處分에 關聯된 費用이 크게 되고 不足할 境遇는 作戰態勢의 萬全에 蹉跌을 超來하고 나아가서는 戰鬪에서 敗北의 原因이 될수도 있고 非常方法에 依한 追加費用이 必要하게 된다.

2) 物資의 種類가 多樣하다.

衣食住를 解決하고 無數한 物資로 裝備하여 戰鬪하도록 하기 爲해서는 많은 種類의 物資가 必要함은 쉽사리 짐작할수 있다. 價格이나 生產方法 및 期間, 需要實蹟, 發注輸送時間等이 다르거나 特定目的에 使用되는 品目等 多樣하여 이를 取扱하는일이 複雜함을 알수있다

3) 技術의 進步가 急進的이다.

技術의 進步는 바람직한 要素의 하나이지만 빈번하고 豫測 困難한 物資의 交替는 在庫統制業務에 큰 支障을 超來한다. 特히 20世紀에 들어와서 武器技術의 進步는 놀라와서 物資의 磨耗에 依한 要因보다 舊式化에 依한 使用年限의 短縮이 늘어나게 되었으며 技術蓄積에依한 高性能 裝備는 그 開發 및 生產費가 매우 높기 때문에 在庫統制業務에 莫大한 問題點을 結果한다.

4) 利潤追求 動機가 缺如 되어있다

私企業은 利益을 目的으로 企業을 經營하지만 軍의 在庫統制에는 이같은 强力한 動機가 없다. 또한 分配體系가 一元化되어 있기 때문에 需要者나 供給者를 任意로 選擇할수 있지 않다. 勿論 國益을 追求한다는 目的은 있지만 規定된 法規를 遵守하는 外에는 創意性을 가지고 積極的으로 發展을 꾀하기 보다는 無事安逸主義에 머무르기가 쉽다. 萬人의 責任은 아무의 責任도 아니다. 여기에 現實을 똑바로 把握하고 問題를 解決할수 있는 要員이 不足하므로 問題는 더욱 深刻하여지게 된다.

5) 資料가 不足하다

軍의 歷史는 30餘年을 헤아리며 그간 눈부신 發展을 쌓아 왔지만 物資 管理面에서는 外援에 依存하던 時代의 影響을 받아서인지 管理의 科學化를 爲해서 必要로 하는 資料의 產出 및 蓄積이 貧弱한 關係로 時代的 要請에副應할 資料가 缺乏되어 있다.

2. 旣個 在庫統制制度의 考察

2.1 基本原則

軍에 보다 科學的인 在庫統制方法의 導入을 爲해서는 우선 軍에서 現在 使用하고 있는 制度를 살펴서 그 長短點을 把握하고 改善策을 講究해야 할것이다. 在庫統制의 中心課題는1) 언제 2) 얼마나 請求할것인가를 決定하는 일이다. 在庫統制 Model로서는 위 두 變數를 決

定하는 方法에 따라 lot size model과 optimal replenishment model로 兩分할 수 있는바 軍에서 使用하는 model은 後者의 形態를 取하고있다. 即 請求 目標를 R, 實在庫水準을 x, 再請求點을 r, 發注量을 Q라 할때 다음과 같은 關係가 있다.

$$Q=\begin{cases} R-x, & x \leq r \\ 0, & r > x \end{cases}$$

2.2 貯藏基準

위에서 請求 目標 $R(R>0)$을 갖는 品目이 未來의 需要에 對備해서 貯藏하는 品目이 되는데 이처럼 事前에 貯藏하기 爲해서는 過去에 充分한 需要가 있거나 必須品目으로 指定되어야 한다. 需要에 依한 境遇에는 最小限年間 3回以上 需要가 있어야만 貯藏品目 目錄에 包含되며 目錄에 一但 包含된 品目은 年間需要가 없어야 削除될 수 있다.

2.3 需要豫測

需要豫測을 爲한 統制期間은 最近 12個月로 定하고 移動平均法을 利用하여 需要를 平滑化하고 豫測하게 된다.

即 Y_t를 t月의 需要라 할때 $(t+1)$月의 豫測需要量 X_t는

$$X_t=(Y_t+Y_{t-1}+\cdots\cdots+Y_{t-11})/12$$

로 주어진다.

2.4 發注輸送時間의 豫測

品目을 그 種類(commodity)別로 區分하고 貯藏 目錄의 5%를 任意로 抽出하여 最近 6個의 去來에 對해서 平均經過時間을 算出하여發注輸送時間으로 定한다.

2.5 在庫管理方針(Inventory management policy)

위 2.1~2.4의 原理를 利用한 在庫統制制度로서 現在 및 未來에 任務를 遂行할 수 있을만큼의 量을 請求 目標로 定하고 一定 期間의 平均需要量을 준다. 通常 運營水準을 60日間, 安全水準을 30日間의 平均需要量으로주며 發注輸送時間은 豫測値보다는 經驗的으로 一定期間의 需要量으로 삼고 있다.

現在 軍에서 使用하고 있는 唯一한 制度로서 이制度는 매우 簡便하고 容易하여 普通 兵士라면 쉽게 理解하여 使用이 可能하고 一率的으로 混亂이 적고 適用節次가 標準化되어있다. 그러나 이 制度는 全品目에 對하여 劃一的으로 適用하므로서 物資의 重要度나 年間去來額의 多寡가 考慮되지 않고 業務量이 過度하게 많으며 需要나 發注輸送時間이 一定하게 보며 費用切減을 爲한 認識에 缺乏되어 있어서 軍 在庫管理의 目標인 効率的 經濟的 補給支援을 爲한 制度라고 하기에는 未洽하다.

2.6 其他 在庫統制制度

參考로 우리軍에서 使用하지는 않으나 美國軍이 使用하고 있는 制度를 살펴보면 위의 在庫管理制度"外에도 年間需要額에 따라 區分하여 管理하는 經濟 在庫方針(Economic inventory policy), 古典的 EOQ를 利用한 制度 및 이를 約干 修正한 新 EOQ制度等 決定的 모델(Deterministic model)이 있고 確率的 모델로는 MIT모델, DODI모델등이 있으나 特殊目的用으로 一般性이 缺如되어 있고 Simulation 모델로는 Supply point simulation 모델과 Flexible simulation model of multi echelon supply 等이 있으나 個個品目보다도 全體的인 軍需的側面이 强調되어 個個品目의 在庫統制모델로는 適合하지 않다.

3. 在庫統制 모델

3.1 選擇的 管理技法의 導入

以上에서 살펴본바와 같이 在庫統制問題를 解決하기 爲한 지름길은 物資의 重要度에따라서 그 管理努力을 選別的으로 加함으로서 期待補償(expected return)을 最大化하는데 있다

物資의 重要度를 가름하는 기준은 여러가지가 있겠으나 年間需要額을 基準으로 삼아서몇個의 集團으로 區分하는 技法은 이미 全世界的으로 널리 通用되고 있다. 在庫로 維持되는

品目中 小數品目이 年間總需要額의 大部分을 占有한다는 것은 잘알려져있는 事實이다. 文獻에 依하면 品目數의 7~8% 品目이總需要額의 70~80%, 다음10~20%가 15~20%, 나머지 70~83%의 品目이 겨우5~10%의 需要額을 占한다고 한다. 따라서 이를 따르면 全體 品目數의 10% 以內로서 大部分의 需要額을 統制할 수 있고 따라서 在庫統制에서 發生하는 費用減少를 爲한 對象을 보다 縮小할 수 있게 된다. 그림 1은 年間需要額과 品目數間의 關係를 表示하고 있는 Pereto 曲線으로서 特定施設部隊에 對한 것으로 檢討結果는 以上

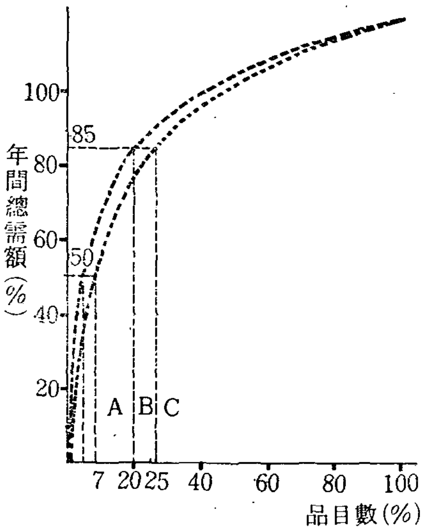

그림 1 在庫分布圖

과 近似함을 알수 있다. 따라서 高率 小數品目을 A群, 次例로 B, C群으로 區分하는 選擇的 管理技法을 導入한다. 年間總需要額外에도 軍의 特殊性을 살릴수 있도록 戰鬪必須 乃至는 作戰에 緊要한 品目, 秘密品目 其他 航空機엔진이나 마그네트론等과 같은 特異한 品目은 A群에 包含시킨다. 發注量과 發注時期를 決定하기 爲한 檢討빈도, 여러가지 計算過程에 管理者級의 判斷介入, 所要判斷의 精密度, 入力資料 投入程度, 諸般檢討 및 確認의 程度等을 差等을 두어 加함으로서 最小의 努力으로 最大의 効果를 걷우도록 한다.

3.2 數學的 모델

3.2.1 槪要

다음으로 各群別로 在庫統制의 두 決定變數 即 發注時期와 發注量을 決定하기 爲한 모델을 設定할 次例이다. 在庫統制 모델에 關해서는 많은 硏究發表가 있으나 大部分의 境遇 需要와 發注輸送時間에 對한 假定이 너무 嚴格함을 알수있다. 特히 發注輸送時間을 0或은 定하다고 假定함은 現實과 相當한 距離가있고 問題解決策으로서 不適合할 可能性이 있다. 軍補給體制에서 特히 關心事의 하나인 不足制約事項을 考慮한 것으로는 Hardley와 Whitin [6], Galliher [5], Davis [3] 等이 있는데 需要와 發注輸送時間의 分布를 一般化하고 있는 Davis의 모델이 보다 現實的이므로 이 모델을 바탕으로 해서 實際 適用에 容易하도록 修正을 加하여 A群 모델로 使用하고 B, C群은新 EOQ制度를 使用키로 한다.

3.2.2 A群의 모델

1) 假定

모델을 定立하는데 無理가 없고 또 補給部隊의 現實을 考慮하여 다음과 같이 假定한다.

i) 어떤 期間의 需要는 重複되지 않는 他期間의 需要와는 同一하게 그리고 獨立的으로分布한다(iid).

ii) 연이은 發注輸送時間들도 同一하게 그리고 獨立的으로 分布한다.

iii) 需要와 發注輸送時間은 獨立的으로 分布한다.

iv) 不足費用은 不足數 및 不足持續時間에 比例하고, 發注費와 單價는 一定하다.

v) 實在庫水準은 持續的으로 檢討한다.

vi) 現在庫 枯渴로 充足시키지 못한 需要는 拂出豫定을 設定하여 次後 可用時 解除한다.

2) 總費用函數

單位時間 即 年間 總變動費用은 發注에 關聯된 費用과 在庫保有費用 및 不足費用의 合이며 平均購買金額은 除外된다.

r, Q를 各各 再請求點과 發注量, C_1, C_2, C_3를 各各 保有費用, 不足費用, 發注費用 g를平均不足量, λ를 月平均需要量이라 할때 總變動費用 G는

$$G=C_1(r+1/2Q+g)+C_2\cdot g+12C_3\lambda/Q,$$
$$r>0,\ Q>0 \cdots\cdots (1)$$

과 같이 表示할 수 있다.

그런데 G를 決定變數인 r과 Q의 函數로 表示해야 하므로 (1)式내의 g를 r과 Q의 函數로 表示할 必要가 있다.

3) 延不足時間 및 平均不足量

g를 r과 Q의 函數關係로 表示하기 爲하여 發注量의 到着하는 時間間隔의 數列 $\{I_j\}$를 考慮하면 g는

$$g=\lim_{n\to\infty}\left[\sum_{j=1}^{n}\int_{Ij}S(t)dt^{\circ}\sum_{j=1}^{n}I_j\right]$$

$$=\lim_{n\to\infty}\left[1/n\sum_{j=1}^{n}\int_{Ij}S(t)dt/1/n\sum_{j=1}^{n}I_j\right]$$

$$=\left\{\lim_{n\to\infty}1/n\sum_{j=1}^{n}\int_{Ij}S(t)dt\right\}\bigg/$$

$$\left\{\lim_{n\to\infty}1/n\sum_{j=1}^{n}I_j\right\}\cdots\cdots(2)$$

가 된다.

여기서 $S(t)$는 時間t에서의 不足量이며 式(2)의 分母는 發注分 到着間의 平均時間으로 結局 Q/λ이고 分子는 延不足時間이다. 延不足時間을 g_0라 하면 g는

$$g=g_0/(Q/\lambda)=g_0\cdot\lambda/Q\cdots\cdots(3)$$

가 된다.

따라서 g를 r, Q의 函數로 表示하기 爲해서는 g_0를 r, Q의 函數로 表示하면 되며 몇가지 數學的 處理를 거치면 g_0는

$$g_0=\int_{y=r}^{\infty}(y-r)\left[\int_{t=0}^{\infty}P[L>t]P(Y(t)=y)\right.$$

$$\left.dt\right]dy\cdots\cdots(4)$$

과 같이 表示할수 있다.

여기서 L, $Y(t)$는 각각 發注輸送時間, 期間 t月의 需要量을 나타내는 確率變數를나타낸다.

4) 總 費用의 最小化

式 (3), (4)를 式 (1)에 代入하면 總費用 G는 決定變數 r, Q와 需要 및 發注輸送分間의 確率 變數의 函數로 表現됨을 알수 있다.

이제 式 (1)에서 r, Q, $Y(t)$를 連續函數라고 假定하고 費用 最小點을 求하기로 한다.

우선 $r>0$, $Q>0$의 制約條件에서 r이 無限大에 接近하거나 Q가 0에 接近하면 總 費用이 無限大가 되기 때문에 r이 取할수있는 값은 $r=0$或은 $r<\infty$ 區域이다.

i) $r=0$인 境遇

$r=0$時의 g_0를 g_{00}라 하면g_{00}는

$$g_{00}=\int_{t=0}^{\infty}P[L>t]\int_{y=0}^{\infty}yP(Y(t)=y)dydt$$

$$=\int_{t=0}^{0}P[L>t][\lambda t]dt$$

$$=1/2\lambda(L_m^2+\sigma_L^2)\cdots\cdots(5)$$

가 된다. 여기서 L_m, σ_L^2은 各各 發注輸送時間의 平均 및 分散이다.

따라서 總費用 G는

$$G=12\lambda C_3/Q+C_1(r+1/2Q)+(C_1+C_2)g_{00}\lambda/Q\cdots\cdots(6)$$

가 되고 最小點은 $\partial G/\partial Q=0$을 만족하는 Q를 求하면 된다. 即

$$Q=[2\lambda\{12C_3+(C_1+C_2)g_{00}\}/C_1]^{1/2}\cdots\cdots(7)$$

이 된다. 여기서 $g_{00}=0$일때 Q는 EOQ와 一致한다.

ii) $r\neq0$, $r<\infty$인 境遇

이境遇 總 費用 最小點은 $\partial G/\partial r=0$, $\partial G/\partial Q=0$이 同時에 滿足되는 r, Q의 값을 求하면 된다.

$$\partial G/\partial r=C_1+(C_1+C_2)\lambda/Q\cdot\partial g_0/\partial r$$

$$=C_1-(C_1+C_2)\lambda/Q\int_{y=r}^{\infty}\int_{t=0}^{\infty}P[L>t]$$

$$P[Y(t)=y]dtdy\cdots\cdots(8)$$

$$\partial G/\partial Q=1/2C_1-\lambda\{12C_3+(C_1+C_2)g_0]/Q^2$$

$$\cdots\cdots(9)$$

여기서 $F(Y>x)$를 導入하여 다음과 같이定義한다.

$$F(Y>x)=\int_{x}^{\infty}f(y)dy$$

$$=\int_{x}^{0}1/L_m\int_{t=0}^{\infty}P[L>t]P[Y(t)=y)dtdy$$

$$\cdots\cdots(10)$$

式 (10)을 式(8)에代入하고 式 (8), (9)를 各各 0으로 놓으면 다음과 같은 結果를얻는다.

$$F(Y>r)=C_1Q/\{(C_1+C_2)\lambda L_m\}\cdots\cdots(11)$$

$$Q=[2\lambda\{12C_3+(C_1+C_2)g_0\}/C_1]^{1/2}\cdots\cdots(12)$$

式 (11)의 Q를 Q_1, (12)의 Q를 Q_2로 하여 各各 r의 函數로 整理하면

$$Q_1(r)=(C_1+C_2)\lambda L_mF(Y>r)/C_1\cdots\cdots(13)$$

$$Q_2(r)=[2\lambda\{12C_3+(C_1+C_2)g_0\}/C_1]^{1/2}\cdots\cdots(14)$$

가 되며 $Q_1(r)=Q_2(r)=Q$를 만족하는 r과 Q가 위 두 式의 解인데 기하학적으로 r에 對해서 $Q_1(r)$과 $Q_2(r)$의 交點에 該當한다.

그런데 $Q_1(r)$이 r에 對해서 엄격한 블록향수(strictly convex function)이고 $dQ_2(r)/dr=-Q_1/Q_2$의 條件이 成立함으로 위의 交點은 唯一한 點이 된다. 이제 G의 最小點이 $r=0$에서 存在하는가 아니면 $r>0$에서 存在하는가를 알아 보기로 한다. $r>0$에서 G의 最小値가 存在할 必要 充分條件은 $Q_1(0)>Q_2(0)$이다.

왜냐하면 r이 매우 커서 無限大에 接近하면 式 (13)에서 $Q_1(r)$은 0에 接近하나 式 (14)에서 $Q_2(r)$은 어떤 陽數에 接近항을 알수 있으므로 $r\to\infty$면 $Q_1(r)<Q_2(r)$
이 成立하고 反對로 r이 0에 接近하면 $Q_1(r)$과 $Q_2(r)$은 單調增加하여 $Q_1(r)$이 $Q_2(r)$보다 계속 적거나 같거나 혹은 $r>0$보다 크게 되든가 하므로 만일 $r>0$일때 G의 最値가存在하면 後者의 境遇이어야만 하므로 結局 $Q_1(0)>Q_2(0)$가 되기 때문이다.

結果的으로 $Q_1(0)>Q_2(0)$가 成立하면

$$Q_1(r)=Q_2(r)=Q, r>0$$

을 만족하는 점(r, Q)가 存在한다.

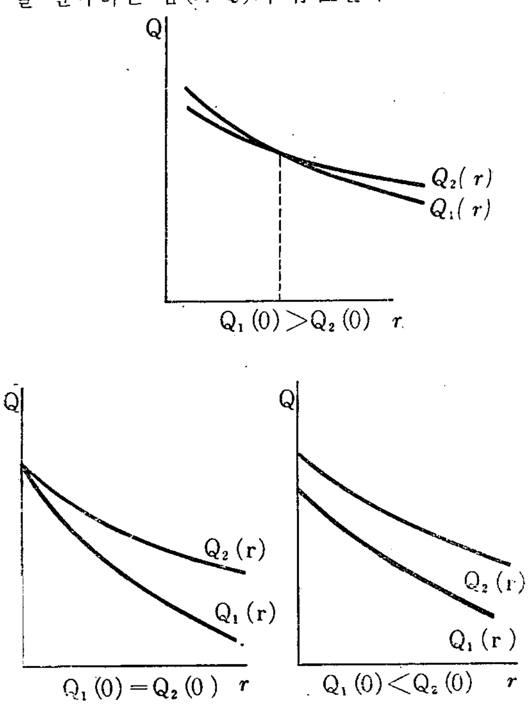

그림 2 r, Q 그림

또 $Q_1(0)\leq Q_2(0)$가 成立하면 最小點의 r값은 0이 되고 Q는 $Q_2(0)$가 된다.

위의 r과 Q의 關係가 그림 2에 表示되어 있다.

$r>0$에서 最小點이 存在할때 r, Q를 어떻게 求할 것인가.

그림2를 잘 觀察하면 그 解決策을 곧 알수 있다. 即 $Q_2(r)$의 r値를 ∞로 주어 $Q_2(r)$을 求하고 이 $Q_2(r)$값을 만족하는 $Q_1(r)$의 r를 求한다. 다시 이 r값을 $Q_2(r)$에 代入하여 $Q_2(r)$을 求하고 이것을 反復하여 $Q_1(r)$과 $Q_2(r)$이 같게 될때의 r, Q가 求하는 값이 된다.

그러나 실제로는 $Q_1(r)$과 $Q_2(r)$의 差異가어떤 작은 값 $\varepsilon(\varepsilon>0)$보다 적으면 解決된것으로 하는 것이 實際的일것이다.

3.2.3 B群과 C群의 모델

既存在庫統制度中에서 新EOQ制度를 修正하여 適用한다. 即 運營水準을 EOQ로 定하고 EOQ가 四個月分의 平均需要量을 超過할때는 四個月分의 平均需要量과 EOQ의 1/3中 큰것을 擇한다.

發注輸送時間은 周期的으로 豫測하여 그 期間의 平均需要量을 取한다. 그리고 安全水準은 經驗的으로 使用된 日數의 平均需要量을取하고 融通性있게 對處한다. 即

$$\mathrm{OL}=\begin{cases}(2\mu C_3/C_1)^{1/2} & \text{if } (2\mu C_3/C_1)^{1/2}\leq 1/3\mu\\ \max(1/3\mu,\ 1/3(2\mu C_3/C_1)^{1/2}) & \text{if } (2\mu C_3/C_1)^{1/2}>1/3\mu.\end{cases} \quad \cdots\cdots(15)$$

$$\mathrm{OST}=\mu\cdot L_m \cdots\cdots(16)$$

여기서 μ는 年間平均需要量이다.

運營結果 問題點이 發生하는 品目에 對해서는 A群의 候補品目으로 檢討한다. 使用者의 便宜를 爲해서 需要와 單價에 따른 表를 作成備置함으로서 그때 마다 EOQ를 計算하는 不便을 除去한다.

4. 事例適用

在庫統制모델을 實地問題에 適用하려면 모델自體도 重要하지만 모델에 包含되어 있는各種 의 媒介變數의 正確한 推定亦是 매우 重要하다.

前章에서 記述한 모델을 살펴보면 各種費用이 包含되어 있고 또 目的函數內에 需要와 發

注輸送時間에 關한 分布函數가 包含되어 있으므로 이들을 推定해야만 모델의 適用이 可能하게 된다.

4.1 費用推定

目的函數內에 包含되어 있는 各種費用을 推定하는 一般的인 方法은 없고 다만 모델이 適用되는 組織이나 機關의 性格, 可用資料等을 考慮한 알맞은 方法을 考案해 내야한다.

또한 費用推定時 問題解決에 充分한 程度의 正確性만 要求된다. 必要以上의 正確性을 爲해서는 資料의 뒷바침은 勿論, 時間, 努力等 不必要한 資源의 浪費를 가져오며 더 큰理由로는 費用에 對한 目的函數의 感度가 그렇게 크지 않기 때문이다.

또 이들 費用은 變動費이기 때문에 固定費分을 索出 除外해야 한다.

4.1.2 發注費用

發注費用은 需要檢討에서 始作하여 發注書發送業務, 物資受領業務 및 拂出措置를 取할 수 있는 段階까지의 모든 記錄이 完了되는 期間에 所要되는 物資, 事務 및 勞務費를 包含한다. 이中 物資費는 總物資費를 個個 發注當配分함으로서 쉽사리 求할수 있다. 事務 및勞務費用은 過去의 資料가 充分히 蓄積된 境遇 curve fitting 方法等을 通해서 求할수 있으나 그렇지 못할 境遇에는 活動分析(Activity Analysis)을 利用하여 求할수 있다. 이 方法은 모든 關聯活動을 基本作業單位로 分解한 後 活動水準의 增加에 따라, 遂行되여야 할 作業과 使用되는 서비스中 어느 것이 比例的으로 增加하는가를 決定하여 作業費用을 選別하여 計算한다. 이같이 해서 얻은 費用을 活動水準으로 나누면 單位 變動費用을 얻을수 있다. 또 變動費用의 大部分을 占하는 人件費를 算定하는 方法으로 時間分析을 利用할 수 있는데 이는 年間發注件數 같은 測定된 output에 直接的으로 寄與하는 作業을 遂行하는 人員의 人時를 測定함으로서 決定할수 있다.

可用資料의 制限, 活動水準의 相當한 變化를 期待할수 없으므로 curve fitting 等의 方法이 어려우리라 判斷해서 活動分析과 時間分析法을 適用하여 算定해본 結果 美軍이 70年代初 EOQ制度에서 使用한 發注費 10달라보다는 훨씩 적었으며 이는 韓國이 人件費가 低廉하기 때문인 것으로 思料된다.

4.1.3 在庫維持費用

在庫維持費用은 여러 要因에 따라 發生하는데 主로 利子率, 廢棄化 및 破損에 基因한 費用과 保存管理에 따르는 費用等이 包含된다.

i) 利子率(I_r)

이 費用은 投資廻收率에 對한 機會損失費用으로 보는 見解와 政府의 借款金利로 보는 見解가 있으나 軍在庫統制業務가 營利目的이 아닌 것을 堪案할때 後者로 봄이 妥當하다.

ii) 廢棄化費用(I_0)

앞에서도 言及한 바와 같이 技術의 前步에 따라서 在庫가 無用하게 되거나 需要豫測의過多로 實所要量을 超過하는 在庫에서 發生한다 美軍의 境遇 이費用으로 品目의 種類에 따라서 單價의 3.5~35%까지를 定하고 있는데 이 費用이 在庫維持費用의 大部分을 占有한다.

iii) 盜難, 分失, 破損에 따른 費用(I_l)

iv) 貯藏中 整備, 保存管理費用(Is)

在庫維持費用은 위 i)~iv)의 合計에 該當品目의 單價를 곱함으로서 求한다.

4.1.4 不足費用

不足費用은 有形的 費用과 無形的 費用의두가지로 區分할 수 있다. 이中 有形的 費用은 不足이 發生함에 따라 追加 後續措置, 通信, 資料硏究等 이를 金錢價値로 算定할수 있는部分이나 後者의 境遇는 遂行度(Performance)에 關聯하는 intangible 要素로서 直接 金錢價値로 換算하는 것은 쉽지 않다.

軍의 在庫統制모델에서는 大部分 이러한 不足費用을 積極的으로 다루는 것을 廻避하고있다. 그 理由로는 첫째 遂行度에 關聯된 部分이 行政的 部分보다 훨씬 比重이 크기 때문에 前者를 다루면 後者는 거의 無視할 수 있고둘째로 더욱 重要한 理由는 要求 遂行度가 어떤 것인가를 具體化함으로서 不足費用을 定量化할 必要를 除去하고 適切한 最適化 技術을 適用하여 問題를 解決할 수 있기 때문이다.

不足費用은 이같이 함으로서 明示的이라기보다 假想化(imputed) 할 수 있기 때문에萬一

遂行度로서 不足이 일어날 確率의 限界를준다면 假想 不足費用의 算定도 可能히다.

Galliher[5]에 따르면 不足確率 P_{out}는

$$P_{out}=(C_1+C_w)/(C_1+C_2)$$

여기서 C_w貯藏費用

로 表示하여 不足費用C_2는

$$C_2=\{C_1(1-P_{out})+C_w\}/P_{out}$$

로 求할수 있다고 했다. 그런데 C_w는 C_1에 比해서 매우 적으므로 이를 無視하고 P_{out}를 遂行度의 限界 e로 表示하여 다시 쓰면

$$C_2=C_1(1-e)/e\cdots\cdots(17)$$

로 表示할수 있다.

이처럼 不足費用 C_2는 不足이 일어날 確率의 許用 限界值 e의 函數로 表示되며 따라서 e를 定함으로서 不足費用을 算定할 수 있다. 不足許容 限界值 e는 品目의緊要度에 따라서 定해진다.

4.2 需要 推定

品目에 對한 需要는 3,2,1;1)의 i)項에서 假定한바와 같이 正常狀態(steady state)에 있고 어떤 分布를 갖는다고 했다. 年平均需要量에 따라 大, 中, 小三個品目에 對한 需要記錄을 蒐集하여 이들의 需要를 檢討하였다.

이중 이 品目에 對한 45個月間의 需要記錄을 바탕으로 한 需要度數分布를 그림 3에表示하였다.

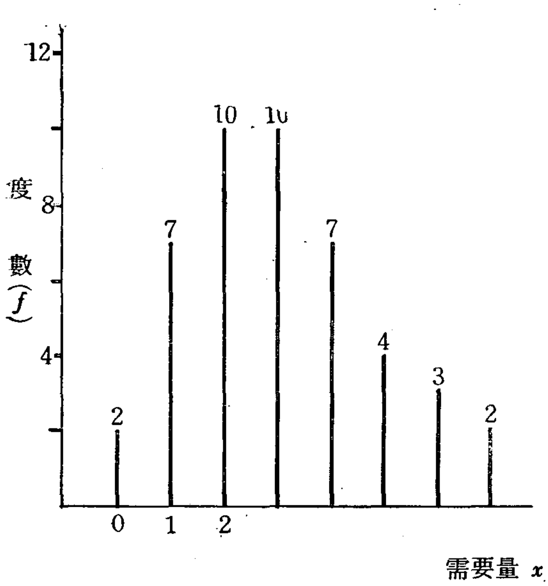

그림 需要度數分布圖

月平均需要$\bar{\lambda}$, 分散 S_λ^2를 求하면

$$\bar{\lambda}=\sum f_i x_i/\sum f_i=137/45=3.04$$

$$S_\lambda^2=\sum f_i(x_i-\bar{\lambda})^2/(\sum f_i-1)=137.91/44$$
$$=3.13$$

가 된다.

平均과 分散이 매우 近接해 있는것에 注意, 포아슨分布를 候補分布로하여 Goodness-of-fit 檢定을 해본 結果x^2 statstic은 0.532로서 신뢰도 0.05自由度 5에서 $x^2_{0.05,5}=11,070$보다적으므로

$$H_o: P(x)=\text{Poisson}(3.04)$$

를 採擇하는 結論에 到達하였다.

다른 品目에 對한 分析結果도 類似한 結論을 얻을수 있었으며 다만 平均需要의 增加에 따라서 平均과 分散의 偏差가 커짐을 알 수 있었는데 이는 需要가 커지면 포아슨分布보다는 正規分布보는 正規分布등으로 近似値를 求함(approximation)이 보다 合理的일것임을 시사한것이라 볼수있다.

4.3 發注輸送時間 推定

補給源으로부터 物資를 購買할때나 請求할때의 發注輸送時間은 補給源, 品目의 種類, 豫想購買量, 契約條件等에 따라서 달라질 수 있다. 여기서는 現實的으로 問題가 되는 對美補給支援關係에서 發生하는 發注輸送時間을分析하는 일이다.

標本採取日을 基準으로 最近 補給品이 收領된 記錄中 高優先順位 및 遲延通報가 있었던 發注를 除外하고 標本 100개를 選擇하여 平均 L_m, 分散 S_L^2 를 求한 結果

$$L_m=\sum_{i=1}^{100}x_i/100=97.38(\text{일})$$
$$=3,246(\text{월})$$
$$S_L^2=\sum(x_i-L_m)^2/99=1547.89(\text{일}^2)$$
$$=1.7198(\text{월}^2)$$

가 얻어졌다.

以上의 結果를 利用하여 감마分布와 正規分布를 候補分布로 하여 goodness-of-fit 檢定을實施하였다. 우산 감마分布를

$\Gamma(x;k,b)=b^k x^{k-1}e^{-bx}/\Gamma(K),\ \ x>0$

로 表示하면 平均 L_m, 分散 $\sigma_L{}^2$는

$\bar{K}_m=K/b$

$\sigma_L{}^2=K/b^2$

가 됨으로

$K=\bar{b}\cdot L_m=S_L{}^2\cdot\bar{b}^2$

가 되어 $k\fallingdotseq 6$, $\bar{b}\fallingdotseq 1.9$로 하고 假說

$H_0: f(x)=\Gamma\ (x: 6,\ 1.9)$에 對해서 x^2 statistic은 2.8576이고 信賴度 0.05,, 自由度 8인 $x^2_{0.05,\ 8}=15.507$을 얻음으로 假說 H_0를 採擇하게 되었다.

또 正規分布에 對한 檢定 結果도 假說 H_0: $f(x)=N(3.246, 1.7198)$을 棄却하지 못함으로 감마分布와 正規分布를 共히 使用할 수 있다는 結論을 얻었다.

4. 4 모델의 適用

以上에서 모델에 必要로 하는 各種費用, 需要와 發注輸送時間의 分布 및 平均, 分散等의 媒介變數를 推定하였다.

이제 이와같은 具體的인 資料를 A群의 모델에 投入하여 總變動費用 G를 最小化하는 發注量 Q와 再請求點 r을 求하고 最小 總費用을 求하는 過程을 記述코자 한다.

決定變數 Q와 r을 求하기 爲해서는 위의 資料를 利用, g_0를 再定義할 必要가 있다. 即 式(4)

$$g_0=\int_{y=r}^{\infty}(y-r)\Big[\int_{t=0}^{\infty}P(L>t)P[Y(t)=y]dt\Big]dy$$

로 부터 $f(y)$를

$$f(y)=1/E(L)\int_0^{\infty}P[L>t]P[Y(t)=y]dt \quad\cdots\cdots(18)$$

로 定義하면 發注輸送時間의 確率變數(random variable) L은

$L\sim\text{Gamma}(K,\ b)$

$E(L)=L_m=K/b$

$V(L)=\sigma_L{}^2=K/b^2$

가 되고 需要의 確率變數 $Y(t)$는

$Y(t)\sim\text{Poisson}(\lambda t)$

$E[Y(1)]=\lambda$

가 되므로 $f(y)$를 다시 쓰면

$$f(y)=1/E[L]\int[1-P[L\le t]]P[Y(t)=y]dt$$

$$=b/K\int_0^{\infty}\Big[1-\int_0^t b^k\cdot x^{k-1}e^{-bx}/\Gamma(K)dx\Big]\cdot(\lambda t)^y e^{-\lambda t}/y!\,dt$$

$$=b/K\int_0^{\infty}\textstyle\sum_{j=0}^{k-1}\{(bt)^j e^{-bt}/j!\}\{(\lambda t)^y e^{-\lambda t}/y!\}dt$$

$$=b/K\int_0^{\infty}\textstyle\sum_{j=0}^{k-1}b^j\lambda^y/(j!y!)\cdot t^{j+y}e^{-(\lambda+b)t}dt$$

$$=b/K\textstyle\sum_{j=0}^{k-1}(y+j)!/(j!y!)b^j\lambda^y/(\lambda+b)^{j+y+1}$$

$$=b/\lambda K\textstyle\sum_{j=0}^{k-1}\binom{y+j}{j}(b/\lambda+b)^j(\lambda/\lambda+b)^{y+j}$$

이 되고 여기서 $b(\lambda+b)=p$, $\lambda/(\lambda+b)=q$라 놓으면 $f(y)=b/\lambda K\sum_{j=0}^{k-1}\binom{y+j}{j}p^j q^{y+1}$

이 된다.

二項에 關한 定理[2]를 利用하면

$$q^{y+1}\textstyle\sum_{j=0}^{k-1}\binom{y+j}{j}p^j=1-p^k\sum_{j=0}^{y}\binom{y+k-1}{k-1}q^j$$

이 成立하므로 $f(y)$는

$$f(y)=[1-p^k\textstyle\sum_{j=0}^{y}\binom{y+k-1}{k-1}q^j]b/K\cdot\lambda$$

가 되고 $B(j)$를

$$B(j)=\binom{y+k-1}{k-1}p^k q^j$$

라 놓으면 $f(y)$는

$$f(y)=[1-\textstyle\sum_{j=0}^{y}B(j)]b/K\cdot\lambda\cdots\cdots(19)$$

가 되므로 $f(y)$를 式 (4)에 代入하여 整理하면

$$g_0=E(L)\textstyle\sum_{y=r}^{\infty}(y-r)f(y)$$

$$=K/b\textstyle\sum_{y=r}^{\infty}(y-r)f(y)\cdots\cdots(20)$$

이 되고 이는 反復計算方式에 依해서 쉽게 求할수 있게 된다.

이제 모델로 부터 最適解를 求하는 節次는 $Q_1(0)$와 $Q_2(0)$를 求해서

$Q_1(0)\le Q_2(0)$

가 成立하면 最適解 r, Q는

$r=0$

$Q=Q_2(0)$

이고 g_{00} 및 G는 쉽게 求할수 있다.

萬一 $Q_1(0)>Q_2(0)$이면 $r\neq 0$에서 最適解가 存在하므로

$Q^{(0)} = (24\lambda C_3/C_1)^{1/2}$

을 計算하고 이를 利用 $r^{(1)}$을 다음式으로부터 求한다.

$$[(C_1+C_2)\lambda L_m/C_1]\sum_{y=r(1)+1}^{\infty} f(y) = Q^{(0)}$$

또 $Q^{(1)} = Q_2(r^{(1)})$로 부터 $Q^{(1)}$을 求하고 r이 不變하거나 Q가 어떤값에 수렴할때까지 이 週程을 反復한다.

부록(1) Subroutine Optima는 以上의 節次를 利用, r, Q 및 G를 求하는 Computer Program이다.

위에서 推定한 各種 資料를 入力하여 그 結果를 求하고 既存모델과 比較한 結果 相當한 費用 減少가 있음을 알았다.

結 論

軍在庫統制業務는 스스로 지니고 있는 問題點을 考慮할때 適切하게 모델化하여 解決하는 일은 至極히 어려운 課題이다.

現實的으로 시뮤레이션모델이나 多樣隊모델 시그마로그等 巨視的 側面에 關心을 置重하고 있는데 費用의 根源이 個個의 品目에서 緣由함을 想起하면 微視的 側面에서 個個 品目에 對한 分析을 소홀히 할수 없는 것이다.

假想的인 資料를 通해서 알수 있는 바와 같이 實質的 費用의 減少를 期待할 수 있을뿐만 아니라 費用의 實體와 所在를 규명하는 契機를 마련 하는데 意義가 있는것이다.

A群의 모델은 lot size model의 形態로서 需要와 發注輸送時間을 共히 確率變數化한 確率모델로서 軍의 特殊性을 勘案한 不足費用까지를 包含시킴으로서 主要 現實問題를 網羅한모델이라 하겠다.

앞으로 더욱 研究해야할 課題로는 現實에맞는 最適 補充모델, 修理可能 品目에 對한 모델, 多樣隊모델, 體系廢用化에 따르는 終結段階의 모델等의 開發로서 經濟的인 補給支援目標를 達成하는 努力이 끊임없이 이어져야 하겠다.

References

(1) FM 38-2, *Logistic-Inventory Management*, 1970.

(2) Bai, Do Sun, "A Note on a Binomial Identity," *TheJournal of the Korean Statistical Society*, Vol. 4, No. 2, 1975.

(3) Davis R.H., "Optimal Inventory Decision Rules for a Large Supply System," *Oprations Research*, Vol. 7, No. 6, 1959, pp. 764—782.

(4) Dvoretzky, A., J. Kiefer, and J. Wolfowitz, "On the Optimal Character of the (s, S) Policy in Inventory Theory," *Econometrica*, Vol. 21, No. 4, 1953, pp. 586—596.

(5) Galliher, H.P., P.M. Morse, and M. Simond, "Dynamics of Two Classes of Continuous ReviewInventory Systems," *Operations Reseatch*, Vol. 7, No. 3, 1959, pp. 362—384.

(6) Hardley, G. and T.M. Whitin, *Analysis of Inventory Systems*,Prentice-Hall, 1963.

부록 1

```
  SUBROUTINE OPTIMA(C1,C2,C3, LAMBDA K,D, IQNEW, J, CT, GM, IM)
  DIMENSION B(500), F(500)
  REAL LAMBDA,LM
  LM=K/D
  P=D (LAMBDA+D)
  Q=LAMBDA/(LAMBDA+D)
  SIGMA=LM**2/K
  Q1000=(C2+C1)*LAMBDA*LM/C1
  GOO=1./2. *LAMBDA*(LM*2+SIGMA)
  Q200=SQRT(2. *LAMBDA*(12. *C3+(C2+C1)*GOO)/C1)
  IF (Q1000-Q2000) 10,10,20
10 J=0
  QNEW=Q1000
  GNEW=GOO
  GO TO 300
20 QOLD=SQRT (2.*LAMBDA*12.*C3/C1)
30 A=1.-C1 QOLD/(C2+C1)*LM*LAMBDA)
```

```
      I=1
      XB=0.
      XF=0.
      B(1)=P**K
      XB=XB+B(1)
      F(1)=(1.-XB)/LAMBDA/LM
      XF=XF+F(1)
      IF(A-AF) 50,50,60
   60 I=I+1
      XI=I
      B(I)=B(I-1)*(K+I-2)*Q3(XI-1).
      XB=XB+B(I)
      F(I)=(1.-XB)/LAMBDA/LM
      XF=XF+F(I)
      IF (A-XF) 50,50,60
   50 J=I-1
      GOLD=0.
      I=1
   66 I=I+1
      N=J+1
      XI=I
      XN=N
      B(N)=B(N-1)*(K+N-2)*Q/(XN-1).
      XB=XB+B(N)
      F(N)=(1.XB)/LAMBDA/LM
      G=(XI-1.)*LM*F(N)
      GNEW=GOLD+G
      IF (ABS(GNEW-GOLD)-.0001)11,11,12
   12 GOLD=GNEW
      GO TO 66
   11 QNEW=SQOT (2.*LAMBDA*(12.*C3+
      (C2+C1)*GNEW)/C1)
      IF(ABS(QNEW-QOLD)-.001) 300,22,22
   22 QOLD-QNEW
      GO TO 30
  300 CONTINUE
      IQNEW=QNEW+.5
      GM=GNEW*LAMBDA/IQNEW
      CT=12.*C3*LAMBDA/IQNEW+C1*(J+
     IQNEW/2.)+(C''+C1)*GM
      RETURN
      END
      SUBROUTINE POISON (LAMBDA, LAM)
      REAL LAMBDA
      LAM=0
      BB=EXP(0.-LAMBDA)
      TR=1.
    4 R=RANF(LAM)
      TR=TR*R
      IF (TR-BB) 7,5,5
    5 LAM=LAM+1
    6 GOTO 4
    7 CONTINUE
      RETURN
      END
      SUBROUTINEGAMMA(K,B,L)
      REAL L
      TR=1.
      DO 4 I=1,K
      R=RANF(I)
      TR=TR*R
    4 CONTINUE
      L=ALOG(TR)/B
      RETURN
      END
```