□ 研 究 論 文 □

韓國軍事運營分析學會誌
第 22 卷, 第 1 號, 1996. 6. 30

海上補給艦艇의 任務效果模型 (Mission Effectiveness Model for Replenishment Ships)

申 鉉 洙, 河 碩 太*

Abstract

Mission effectiveness may be defined as a probability that a system can successfully meet an intended mission demand within a given time when operated under specified conditions. This study deals with the Mission effectiveness of a replenishment ships that is performing several types of missions.

The essential attributes and their related factors affecting the replenishment missions are established, and then, a mathematical mission effectiveness model is constructed with a replenishment mission characteristics for a basis. Mission effectiveness for a mission is determined by finding the joint probability measure of the following three attributes : operational readiness of the replenishment ships at the start of a mission ; mission reliability of the replenishment ships ; capability of successfully accomplishing intended objectives given an environmental condition.

The model is solved analytically. Operational readiness of the replenishment ships is found by the assumed data. Mission reliability and capability are calculated based on the assumed probability distributions.

The model would be a useful tool to evaluate mission effectiveness as it is very simple and is able to provide a criterion for determining optimal operating policies for a replenishment ships.

* 국방대학원

1.序 論

海軍 戰鬪艦艇의 作戰遂行은 오랜 기간 동안 海上에서 실시되기 때문에 戰鬪艦艇에서 필요한 유류, 탄약, 주/부식 등 각종 補給品의 재보급은 필수적이다. 또한 戰鬪艦艇은 補給品을 재수급하므로써 작전지속력을 유지하게 되고 지정된 任務期間 동안의 海上作戰을 成功的으로 遂行할 수 있다.

平時에 戰鬪艦艇은 모항에 歸港하여 재보급을 실시하나 戰時에는 연안 기뢰부설 등으로 인한 港灣封鎖 및 敵航空機의 攻擊 등으로 인한 港灣破壞로 모항에 歸港하여 재수급을 실시할 수 없는 경우가 있다. 따라서 戰鬪艦艇은 海上에서 海上補給艦艇을 이용하여 재수급을 받게 된다.

현재 海軍에서 실시 중인 海上補給은 海上補給艦艇이 戰鬪艦艇에 필요한 각종 補給品을 補給支援部隊로부터 수령하여 海上作戰任務 중인 戰鬪艦艇에게 補給하는 槪念으로 실시된다[14].

海上補給艦艇의 任務는 海上에서 作戰任務를 遂行중인 戰鬪艦艇의 作戰持續力을 유지시키기 위하여 필요한 補給品을 지정된 시간 내에 安全하게 戰鬪艦艇으로 補給하는 것이다.

海上補給艦艇의 補給遂行能力을 判斷하므로써 海上補給艦艇의 規模를 決定하게 되고 戰鬪艦艇의 補給支援所要時間을 判斷하게 된다. 따라서 戰鬪艦艇을 運用할 때 補給支援所要時間을 考慮하여 運用하게 되므로써 海上補給艦艇의 補給遂行能力은 戰鬪艦艇의 戰鬪遂行能力을 增減시키는 중요한 要素가 된다. 또한 海上補給艦艇의 補給能力은 海上補給艦艇을 建造 및 購買할 때 費用 대 效果分析의 尺度로 사용될 수 있다. 이러한 중요한 判斷의 基準이 되는 海上補給艦艇의 補給能力을 評價하는 模型이 지금까지 硏究되지 않았다.

海上補給艦艇의 補給能力을 評價하는 基準은 여러 가지가 있을 수 있으나 本 硏究에서는 海上補給艦艇의 任務效果를 算出하여 海上補給艦艇의 補給能力을 評價하고자 한다.

海上補給艦艇의 補給能力을 評價하는 尺度인 任務效果는 "海上補給艦艇이 주어진 運用政策 및 環境條件들 아래에서 운용될 때 주어진 時間 안에 海上補給任務를 성공적으로 達成시킬 수 있는 確率"로써 定義한다.

지금까지 海上補給艦艇을 對象體系로 하여 연구한 任務效果模型이 없기 때문에 本 硏究는 海上補給艦艇의 任務效果에 影響을 미치는 屬性들을 考慮하여, 여러 가지 形態의 海上補給任務를 遂行하는 艦艇의 任務效果를 解析的으로 구하는 數學的인 模型을 提示하고자 한다.

本 硏究에서 구하고자 하는 것은, 海上補給艦艇이 海上補給運營體系에서 運營되고 있을 때 戰鬪艦艇의 작전지속력을 유지하기 위한 海上補給任務의 成功에 대한 效果이다. 여기에서 하나의 어떤 任務形態에 대한 任務效果는 여러 가지 屬性들 즉, 任務始作 때의 海上補給艦艇의 作戰準備態勢, 任務持續時間 동안의 任務信賴度 및 주어진 환경에서 임무목표를 달성할 수 있는 能力이다. 環境效果 및 피보급 艦艇의 形態는 任務遂行能力에서 考慮한다.

本 硏究의 對象體系는 현재 海軍에서 運用 중인 海上補給艦艇이다.

補給支援部隊로부터 海上補給艦艇까지의 보급품적재과정은 完全하다고 가정하고 본 연구에서는 考慮하지 않는다.

本 硏究의 對象體系인 海上補給艦艇은 任務가 一

定하고 任務海域의 海上狀態는 同一하다고 가정한다.

海上補給艦艇의 任務效果를 算出하는 本 硏究의 方法은 다음과 같다.

첫째, 旣存의 任務效果模型에서 任務效果에 관련되는 屬性, 模型 技法 및 解法을 硏究한다.

둘째, 현재 海軍에서 運營 중인 海上補給艦艇 중 여러 가지 형태의 海上補給任務를 遂行할 수 있는 海上補給艦艇의 任務效果를 구할 수 있는 數學的인 模型을 設定한다. 이를 위하여 海上補給體系를 描寫하고, 任務效果에 관련된 屬性 및 要素들을 抽出한다. 하나의 어떤 任務形態에 대한 任務效果는 세 가지 屬性 즉, 任務始作 때의 海上補給艦艇의 作戰準備態勢, 任務持續時間 동안의 任務信賴度, 環境效果 및 피보급 艦艇의 形態 등을 고려한 능력으로 決定된다.

셋째, 設定한 模型에 대한 任務效果를 算出하는 數値例題를 提示한다.

2. 旣存의 任務效果模型

旣存의 任務效果模型 중 代表的인 몇 가지 模型을 살펴보고 이 模型들에서 考慮한 屬性 및 接近方法을 考察한다.

2.1 ARINC 模型

ARINC[1]는 體系效果를 "體系가 特定한 條件들 아래에서 運用될 때 주어진 時間 안에 體系의 運營要求를 成功的으로 充足시킬 確率"로 定義하고 다음 세 가지 確率의 곱으로 表現하였다.

(1). 體系가 滿足스럽게 作動하고 있거나 運營에 投入될 準備가 되어있을 確率(作戰準備態勢),

(2). 體系가 要求된 任務期間 동안 滿足스럽게 作動을 계속할 確率(任務信賴度),

(3). 體系가 設計限度(design limits) 이내에서 作動한다는 것이 주어졌을 때, 그의 任務를 成功的으로 達成할 수 있는 確率(設計適合度).

이것을 식으로 表現하면 식(2.1)과 같다.

$$P_{SE} = P_{OR} \times P_R \times P_{DA}, \qquad (2.1)$$

여기에서,

P_{SE} = 體系效果(system effectiveness),

P_{OR} = 作戰準備態勢(operational readiness),

P_R = 任務信賴度(mission reliability),

P_{DR} = 設計適合度(design adequacy).

식(2.1)의 P_{OR}은 식(2.2)로 계산될 수 있다.

$$P_{OR} = P_A(1-P_S) + k_1 P_S \qquad (2.2)$$

여기에서,

P_S : 體系가 최종적으로 사용되었거나 貯藏狀態에 들어가기 직전에 이것이 만족스런 작동상태에 있었다는 사실이 주어졌을 경우에, 임의의 어떤 時點에서 사용되지 않거나 貯藏狀態에 있을 確率,

$(1-P_S)$: 體系가 임의의 어떤 時點에서 運用 중이거나 整備 중일 確率,

k_1 : 貯藏 혹은 비사용 동안에 體系가 故障나지 않을 確率,

P_A : 可用度.

體系可用度는 식(2.3)과 같은 비율로서 계산될 수

있다.

$$P_A = \frac{\text{총운용시간}}{\text{총운용시간} + k_2(\text{총불가동시간})}. \quad (2.3)$$

그리고 만일 $0 < k_2 < 1$이면 자유시간(free time)이 존재하며, $k_2 = 1$이면 자유시간이 존재하지 않는다.

任務信賴度 P_R은 體系의 信賴度函數 $R(t)$로부터 직접 얻을 수 있다. t_0를 任務時間의 길이라고 하면 P_R은 식(2.4)와 같이 表現된다.

$$P_R = R(t_0). \quad (2.4)$$

식(2.1)의 設計適合度 P_{DA}는 體系가 規格 내에서 運營될 때 體系의 性能(performance)에 대한 지식과, 효과가 평가되는 임무의 성공적인 수행에 요구되는 성능에 대한 지식으로부터 推定되어야 한다.

2.2 Tillman 등[12]의 硏究

任務效果는 한 단위(unit)의 유용성을 나타내는 實際的인 尺度이며, 각 單位는 確率的으로 獨立인 2개의 構成要素들(하드웨어와 조작자)이 直列로 構成되어 있다.

하나의 特定한 出擊(sortie)과 單位에 대한 任務效果는 다음 4가지 屬性들의 結合確率尺度를 發見하므로써 決定된다 :

(1). 出擊始作에서의 可用度,

(2). 單位의 出擊信賴度,

(3). 주어진 環境에서 그 單位가 成功的으로 주어진 任務를 遂行할 條件附 確率,

(4). 最近의 재훈련 이후의 時間의 函數로서 한 出擊 동안 조작자가 성공적인 任務를 遂行할 條件附 確率.

각 單位는 서로 상이한 地理的 및 戰略的인 地域의 섹터(sector)에 책임을 지고 있으며, 확률구간들(random intervals)로 된 出擊과 확률적인 持續時間을 要求하며, 각 出擊은 상이한 環境條件에서 수행된다.

出擊(on-sortie), 비출격(off-sortie), 각 構成要素에 대한 故障 및 修理의 전이과정(transition process)은 확률구간들의 連續이다.

이 模型의 假定事項은 다음과 같다.

(1). 각 單位는 하드웨어와 조작자 등 2개의 構成要素를 가진 2 중 1 고장구조(1-out-of-2 : F)이다. 構成要素는 하나의 공동대기소(common pool)를 갖는다.

(2). 고장난 單位는 任務를 抛棄하고 기지로 歸還한다. 그 單位는 故障構成品이 交替되어 수리된다.

(3). 구성품들은 양호, 고장, 수리 중의 3가지 상태를 갖는다.

(4). 한 구성품의 故障探知와 交替는 完全하다.

(5). 出擊은 出擊始作時 單位가 가용하지 않거나, 單位가 出擊 도중에 故障이 날 경우 取消된다.

(6). 出擊은 單一出擊 동안 몇 가지의 가능한 環境條件들 중 단지 하나의 環境만 갖는다.

(7). 다음 確率分布들은 안다고 假定한다 :

- o 각 單位들에 대한 出擊間 시간간격,
- o 각 單位에 대한 출격지속시간,
- o 出擊 중 하드웨어 및 조작자의 故障間 평균 시간간격,
- o 出擊 중 故障난 하드웨어 및 조작자의 평균 修理時間,

o 대기 풀에 있는 하드웨어 및 조작자의 故障間 시간간격,

o 풀에 있는 동안 고장난 하드웨어 및 조작자의 修理時間,

o 각 單位 또는 出擊에 대한 環境의 狀態(氣候條件, 낮 또는 밤의 狀態, 날씨상태).

위의 分布들은 대부분 經驗的인 實驗資料와 유사한 體系의 經驗으로부터 추정된다. 그러나 實際的으로는 環境과 조작자의 質 및 조작자의 訓練에 관련된 資料가 缺乏되어 있다.

이 模型에서 사용된 符號들은 다음을 의미한다.

e : 環境 지표.

i : 單位의 지표, $i=1,2,\cdots,k$.

j : 出擊의 지표, $j=1,2,\cdots,m$.

(i,j) : 單位 i의 j번째 出擊.

$A_{h,ij}$, $(A_{o,ij})$: (i,j)에 대한 하드웨어(조작자)의 可用度.

$E_{ij,e}$: 環境 e가 주어졌을 때 (i,j)에 대한 單位成功의 條件附 確率.

ME : 體系의 全體的인 任務效果.

SE_{ij} : (i,j)의 出擊效果.

P_{ij} : 조작자의 資質 및 최근 재훈련 이래의 時間이 주어졌을 때 (i,j)에 대한 單位成功의 條件附確率.

$R_{h,ij}$, $(R_{o,ij})$: (i,j)에 대한 하드웨어(조작자)의 出擊信賴度.

T_i : 單位 i(조작자)의 재훈련시간.

u_{ij} : (i,j)의 任務持續時間.

(i,j)에 대한 出擊效果는 식(2.5)로 表現된다.

$$SE_{ij}\equiv A_{h,ij}A_{o,ij}R_{h,ij}R_{o,ij}E_{ij}P_{ij}. \qquad (2.5)$$

일반적으로 環境은 아주 좋음, 좋음, 보통, 나쁨으로 分類되며, 각각은 出擊成功에 서로 다른 確率을 제공한다. (ij)에 대하여, 조작자에 기인되는 出擊成功確率은 그 출격시간구간 동안의 平均으로 표시되며 體系의 任務效果는 식(2.6)으로 表現된다.

$$ME=\sum_{ij} u_{ij}SE_{ij}/\sum_{ij} u_{ij}. \qquad (2.6)$$

앞에서 소개된 몇 가지의 效果模型을 보면 對象體系의 運用特性에 따라 模型이 構築되어 있음을 알 수 있다.

ARINC[1]는 體系效果(system effectiveness)를 "體系가 특정한 條件들 아래에서 運用될 때 주어진 시간 안에 體系의 運營要求를 成功的으로 充足시킬 確率"로 定義하고, 이것을 作戰準備態勢, 任務信賴度 및 設計適合度의 곱으로 表示하였다.

Tillman 등[12]은 여러 개의 單位들로 構成된 體系가 한 가지 形態의 任務를 遂行하는 경우의 任務效果(mission effectiveness)를 모의실험으로 구하였다. 이들은 環境과 조작자의 性能을 任務效果의 屬性으로 考慮하였으며, 任務效果를 單位들의 可用度, 信賴度, 주어진 環境에서의 體系性能, 조작자의 資質 및 재훈련 이후 경과한 時間에 따른 조작자 性能의 同時確率(joint probability)로서 表示하였다.

體系效果(system effectiveness) 및 任務效果(mission effectiveness)의 模型들은 對象體系의 特性과 추구하는 目標에 따라 取扱하는 屬性들이 다르다.

本 硏究에서는 海上補給艦艇의 任務效果를 評價하는데 필수적으로 包含되어야할 屬性들을 決定하고

이들 屬性들에 包含되는 要素들을 考慮하여 海上補給艦艇의 任務特性에 맞는 任務效果模型을 設定한다.

3. 海上補給艦艇의 任務效果模型

3.1 海上補給體系의 描寫

3.1.1 體系의 構成

海上補給體系는 제반 環境條件아래에서 주어진 海上補給任務를 遂行하는 體系로서 海上補給艦艇과 機動戰鬪戰團으로 構成된다. 이 體系를 構成하는 單位들의 數가 時間에 관계없이 일정하게 유지되고, 運營政策 및 支援構造도 변함이 없다고 가정한다.

海上補給體系 중 海上補給艦艇은 機動戰鬪戰團에 隷屬되어 機動戰鬪戰團과 같이 機動部隊 任務를遂行하며, 연료, 탄약, 식량, 일반화물 및 수리부품 등 戰鬪艦艇에서 필요한 각종 補給品을 機動戰鬪戰團 예하의 戰鬪艦艇에게 주어진 時間 안에 補給하는 任務를 遂行한다.

機動戰鬪戰團은 驅逐艦, 護衛艦 등 여러 隻의 戰鬪艦艇으로 構成되며, 필요한 기간 동안 海上作戰遂行을 위하여 海上補給手段으로부터 軍需支援을 받는다.

3.1.2 海上補給艦艇의 任務輪廓

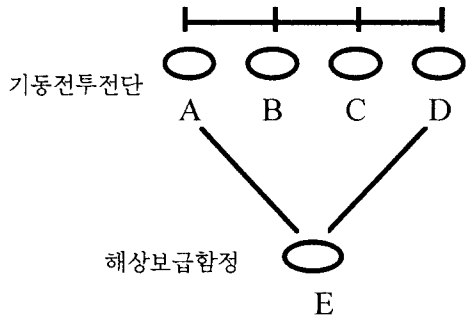
海上補給艦艇의 任務는 戰鬪艦艇의 作戰持續力을 維持시키기 위하여 유류, 주/부식, 탄약 등 戰鬪艦艇에 필요한 각종 補給品을 주어진 時間 안에 安全하게 戰鬪艦艇으로 補給하는 것이다.

本 硏究에서 任務의 定義는 海上補給艦艇이 지정된 待機場所에서 被補給艦艇까지 이동하여 지정된 補給品을 補給한 후에 다시 지정된 待機場所로 돌아오는 것이다.

海上補給艦艇의 任務는 포아송 과정에 따라서 發生되며, 任務發生率은 일정하다고 가정하며; 海上補給에 所要되는 時間은 指數分布를 따른다고 가정한다.

어떤 補給支援任務가 發生하면 海上補給艦艇은 任務發生과 동시에 待機場所에서 被補給艦艇까지 移動하게 되며, 被補給艦艇에 到達하면 海上補給任務를 遂行하게 된다. 지정된 마지막 被補給艦艇까지 補給品輸送이 完了되면 海上補給艦艇은 待機場所로 돌아와서 대기한다. 任務遂行 중 海上補給艦艇에서 故障이 發生하면 任務는 中斷된다.

本 硏究에서 任務成功의 槪念은 주어진 任務持續時間 내에 海上補給艦艇이 故障나지 않고, 要求되는 여러 가지 形態의 海上補給任務를 成功的으로 達成하고 待機場所로 돌아오는 것이다.



<그림3-1>해상보급임무의 개념

위에서 敍述한 海上補給任務의 槪念을 나타낸 것이 <그림3-1>이다.

3.1.3 任務效果의 屬性과 要素

海上補給艦艇의 任務效果에 대한 數學的인 模型은 艦艇과 任務間의 관계를 어떤 構造的인 合理成에 따라서 규정하고, 艦艇의 特性을 計量化 하여 艦艇의 目標를 評價하는데 최소의 不確實性이 內包되도록 任務效果에 반영시키는 것이다. 여기에서는 海上補給艦艇의 任務效果를 評價하는데 필수적으로 包含되어야 할 屬性들을 決定하고 이들 屬性들을 구성하는 要素들을 決定한다.

海上補給任務가 成功的이기 위해서는 補給支援任務가 發生하였을 때에 海上補給艦艇의 任務投入이 可能해야 하고, 주어진 任務持續時間 내에 海上補給艦艇은 故障이 發生하지 않아야 한다. 그러나, 위의 條件들을 모두 滿足한다고 해서 모두 任務를 達成했다고는 볼 수 없다. 예를 들면, 주어진 任務持續時間 내에 故障이 發生하지 않았을 경우라도 被補給艦艇의 形態別 差異로 인한 補給時間의 遲延 및 惡天候條件(海上狀態의 不良) 등으로 滿足스러운 海上補給을 하지 못할 수도 있다. 이러한 경우는 任務를 成功的으로 遂行했다고 볼 수 없다. 그러므로 海上補給艦艇의 任務效果를 評價하는 데에는 目標達成을 위한 能力이 考慮되어야 한다. 따라서 艦艇의 任務效果를 評價하는데 包含되는 屬性들은 다음 세 가지의 順次的인 물음에 該當되는 것들이다.

첫째, 任務要求時에 海上補給艦艇은 任務에 投入될 準備가 되어 있는가?

둘째, 주어진 任務持續時間 내에 任務中斷없이 任務를 遂行할 수 있는가?

셋째, 정해진 目標를 成功的으로 達成할 수 있는가?

위에 열거한 물음들은 海上補給艦艇의 任務效果模型에 대한 屬性들을 나타낸 것으로서 첫째의 물음이 作戰準備態勢, 둘째의 물음이 任務信賴度, 셋째의 물음이 能力을 意味한다.

이러한 屬性들을 決定짓는 要素들은 다음과 같다.

3.1.3.1 作戰準備態勢(operational readiness)

本 硏究에서는 作戰準備態勢를 "海上補給艦艇이 정해진 條件에서 사용될 때 어떤 임의의 時點에서 이것이 滿足스럽게 作動되고 있거나 運用要求에 投入될 準備가 되어 있는 確率"로 定義한다.

海上補給의 任務에는 海上補給艦艇이 必要하며, 海上補給이 可能하도록 可用狀態에 있어야 한다. 可用度는 海上補給艦艇의 故障間 平均時間(mean time between failure : *MTBF*), 艦艇의 平均不可動時間(mean down time : *MDT*) 등에 影響을 받는다. 不可動時間에는 實際修理時間(actual maintenance time), 軍需遲延時間(logistics delay time), 行政遲延時間(administrative delay time) 등이 包含된다[5].

作戰準備態勢에는 可用度에서 고려한 時間과 遊休時間(idle time - free and storage time)이 包含된다.

3.1.3.2 任務信賴度(mission reliability)

本 硏究에서는 任務信賴度를 "海上補給艦艇이 주어진 任務持續時間 이내에 故障이 發生하지 않을 確率"로서 定義한다.

故障의 發生은 任務를 遂行할 수 없는 경우와 遂行할 수 있는 故障이 있으나 本 模型에서는 任務를 遂行할 수 없는 故障만을 考慮한다. 艦艇의 故障分布는 指數分布를 따른다고 假定한다.

3.1.3.3 能力(capability)

能力은 艦艇이 주어진 最大許容補給時間 이내에 被補給艦艇에게 補給支援任務를 遂行할 수 있는가 하는 것을 나타낸다. 우수한 性能의 補給輸送裝備를 保有한 艦艇일지라도 被補給艦艇의 形態 및 自然環境條件에 따라 實際의 補給時間은 정상상태의 補給時間보다 더 길어질 수 있다. 따라서 能力을 決定하는 要素로는 被補給艦艇의 形態 및 自然環境條件이 考慮되어야 한다.

위에서 敍述한 任務效果의 屬性들과 관련된 要素들을 土臺로 하여 海上補給艦艇의 任務效果는 세 가지 屬性들 즉, 任務始作時 艦艇의 作戰準備態勢, 주어진 任務持續時間 동안의 任務信賴度 및 주어진 最大許容補給時間 내에 任務를 遂行할 수 있는가 하는 能力의 同時確率로서 表示될 수 있다.

3.2 任務效果 模型

艦艇의 任務效果를 구하는데 사용되는 各種 符號들이 뜻하는 것은 다음과 같다.

P_{OR} : 艦艇의 作戰準備態勢.

P_A : 艦艇의 可用度.

$P_A(t)$: 時點 t에서 艦艇의 可用度.

EC : 環境效果(海上狀態)가 補給艦艇에 미치는 平均性能.

ME : 艦艇의 任務效果.

DC : 被補給艦艇의 形態가 補給艦艇에 미치는 平均性能.

Tf_1 : 補給艦艇이 待機場所에서 被補給艦艇까지 移動하는 동안 艦艇의 故障 발생시까지의 時間.

Tf_2 : 補給艦艇이 被補給艦艇에 到達하여 지정된 補給任務를 遂行 하는 동안 艦艇의 故障 발생시까지의 時間.

Tf_3 : 補給艦艇이 被補給艦艇에서 待機場所까지 移動하는 동안 艦艇의 故障 발생시까지의 時間.

u_1 : 補給艦艇이 待機場所에서 被補給艦艇까지 移動하는 時間.

u_2 : 補給艦艇이 지정된 補給任務를 遂行하는 時間.

$u_{2,\max}$: 지정된 補給任務를 遂行하는데 주어진 最大許容補給時間.

u_3 : 補給艦艇이 被補給艦艇에서 待機場所까지 移動하는 時間.

U : 이상적인 條件들 아래에서 모든 補給任務를 完了하는데 所要되는 時間(確率變數).

U' : 實際條件들 아래에서 모든 補給任務를 完了하는데 所要되는 時間(確率變數).

U_k : 이상적인 條件들 아래에서 補給形態 $k(k=1,2,\cdots,l)$의 補給任務를 完了하는데 所要되는 時間(確率變數).

U_k' : 實際條件들 아래에서 補給形態 k $(k=1,2,\cdots,l)$의 補給任務를 完了하는데 所要되는 時間(確率變數).

$Z(t)$: 時點 t 에서의 作戰準備態勢에 대한 確率變數로서 0과 1의 값을 갖는다. 0은 任務投入이 不可能한 狀態, 1은 可能한 狀態.

R : 任務信賴度.

C : 任務遂行能力.

本 硏究에서 海上補給艦艇의 任務發生率은 一定하고 任務發生은 포아송 과정에 따라 發生하며, 補給時間은 指數分布를 따른다고 가정한다.

艦艇의 整備組織, 裝備, 施設 및 整備人員에 變動이 없다고 가정한다.

艦艇의 故障은 任務 중에만 發生한다고 가정한다.

하나의 任務가 發生될 때 補給形態, 被補給艦艇의 形態 및 環境의 範疇가 주어지며, 아래의 각 分布는 알고 있다고 가정한다.

o V : 艦艇의 故障間時間,

o W : 艦艇의 不可動時間,

o K : 補給形態 ,

o C_e : 環境의 範疇 e에서 能力에 미치는 艦艇의 性能 ($e=1,2,\cdots,b$),

o C_d : 피보급 艦艇의 形態 d 에서 艦艇의 性能 ($d=1,2,\cdots,h$).

海上補給 艦艇의 어떤 任務가 成功的이기 위한 基本要求는 다음과 같다.

(1). 任務要求時點에 海上補給艦艇의 任務投入이 可能해야 한다.

(2). 海上補給艦艇이 待機場所에서 被補給艦艇까지 移動하는 동안 故障이 發生하지 않아야 한다.

(3). 被補給艦艇에 到着하여 지정된 모든 補給支援任務를 遂行하는 동안 故障이 發生하지 않아야 한다.

(4). 最大許容補給時間 이내에 지정된 모든 補給支援任務를 완료해야 한다.

(5) 지정된 모든 補給任務를 終了하고 待機場所로 移動하는 동안 故障이 發生하지 않아야 한다.

주어진 最大許容 補給時間이 $u_{2,\max}$인 어떤 任務가 임의의 時間 t에서 發生하였을 때 이 補給任務의 任務效果를 $ME(t)$라고 하면 이것은 식(3.1)과 같이 표시될 수 있다.

$$ME(t)=P\{Z(t)=1,\ Tf_1>u_1,\ Tf_2>u_2,\ U'\le u_{2,\max},\ Tf_3>u_3\}\ . \qquad (3.1)$$

식(3.1)을 展開하면 식(3.2)와 같다.

$$\begin{aligned}ME(t)=&P\{Z(t)=1\}\cdot P\{Tf_1>u_1\mid Z(t)=1\}\\&\cdot P\{Tf_2>u_2\mid Z(t)=1,\ Tf_1>u_1\}\\&\cdot P\{U'\le u_{2,\max}\mid Z(t)=1,\ Tf_1>u_1,\\&Tf_2>u_2\}\cdot P\{Tf_3>u_3\mid Z(t)=1,\\&Tf_1>u_1,\ Tf_2>u_2,\ U'\le u_{2,\max}\}\ .\end{aligned} \qquad (3.2)$$

여기에서 艦艇의 作戰準備態勢, 艦艇의 故障 發生時間, 艦艇의 移動時間 및 補給時間이 각각 서로 獨立이라고 하면, 식(3.2)는 식(3.3)과 같이 表現될 수 있다.

$$\begin{aligned}ME(t)=&P\{Z(t)=1\}\ P\{Tf_1>u_1\}\\&P\{Tf_2>u_2\}\ P\{U'\le u_{2,\max}\}\\&P\{Tf_3>u_3\}\ .\end{aligned} \qquad (3.3)$$

안정상태의 任務效果 및 作戰準備態勢를 각각 다음과 같이 定義한다.

$$ME=\lim_{t\to\infty} ME(t),$$
$$P\{Z=1\}=\lim_{t\to\infty} P\{Z(t)=1\}\ .$$

따라서 안정상태의 任務效果는 식(3.4)와 같이 表現될 수 있다.

$$\begin{aligned}ME=&P\{Z=1\}\ P\{Tf_1>u_1\}\\&P\{Tf_2>u_2\}\ P\{Tf_3>u_3\}\\&P\{U'\le u_{2,\max}\}\ .\end{aligned} \qquad (3.4)$$

여기에서, $P\{Z=1\}$ 은 作戰準備態勢,

$P\{Tf_1 > u_1\}$ $P\{Tf_2 > u_2\}$ $P\{Tf_3 > u_3\}$ 은 任務信賴度, $P\{U' \leq u_{2,\max}\}$ 은 任務遂行能力을 나타낸다.

3.2.1. 作戰準備態勢(operational readiness)

艦艇의 運用에 대한 각종 情報가 주어진 경우의 어떤 時點에서 任務가 發生되었다면, 이 時點에서 艦艇의 作戰準備態勢는 "艦艇이 이 時點에서 滿足스럽게 作動하고 있거나 運用要求에 投入될 準備가 되어 있는 確率"로서 定義된다. 따라서 艦艇의 作戰準備態勢 $P\{Z=1\}$ 은 식(3.5)와 같이 表現할 수 있다[1].

$$P\{Z=1\} = P_{OR} = P_A(1-P_s) + k_1 P_S \quad (3.5)$$

여기에서,

P_S : 艦艇이 最終的으로 運用된 시점에서 이것이 滿足스럽게 作動하고 있었다는 事實이 주어졌을 경우에, 임의의 어떤 時點에서 待機狀態에 있을 確率,

$(1-P_s)$: 艦艇이 임의의 어떤 時點에서 運用중이거나 整備 중일 確率,

k_1 : 待機狀態 동안에 艦艇이 故障나지 않을 確率,

P_A : 可用度.

만일 艦艇의 平均故障間時間이 $1/\lambda$ 인 指數分布를 따르며 平均不可動時間이 $1/\mu$ 인 指數分布를 따른다고 假定하면, 故障時間 T의 分布는 식(3.6)과 같이 表現할 수 있다.

$$P(T \leq t) = 1 - \exp(-\mu t), \text{ 단, } t \geq 0. \quad (3.6)$$

이때, 어떤 작은 時間間隔 Δt를 時間의 변화량이라 하고 λ를 艦艇의 고장률(failure rate), μ를 艦艇의 수리율이라 定義하자. 또한 $P_o(t)$를 時點 t에서 艦艇이 作動할 確率이라 하고; $P_F(t)$를 時點 t에서 艦艇이 故障날 確率이라고 하면, 時點 $t+\Delta t$에서 艦艇이 作動할 確率은 식(3.7)과 같다[4].

$$P_o(t) = \frac{\mu}{\mu+\lambda} + \frac{\lambda}{\mu+\lambda} e^{\{-(\lambda+\mu)\}t}. \quad (3.7)$$

식(3.7)에서 安定狀態確率 P_o는 식(3.8)과 같다.

$$P_o = \lim_{t\to\infty} P_o(t) = \frac{\mu}{\mu+\lambda}. \quad (3.8)$$

따라서 艦艇이 오랜 기간 運用되었을 때의 安定狀態 可用度 P_A는 식(3.9)와 같이 表現될 수 있다[2].

$$P_A = \frac{MTBF}{MTBF+MDT}, \quad (3.9)$$

여기에서 $MTBF$(mean time between failure)는 艦艇의 故障間 平均時間이고 MDT(mean down time)는 艦艇의 平均不可動時間을 意味한다.

식(3.9)를 식(3.5)에 代入하여 艦艇의 作戰準備態勢를 구하면 이것은 식(3.10)과 같이 表現된다.

$$P_{OR} = \left(\frac{MTBF}{MTBF+MDT}\right)(1-P_S) + k_1 P_S \quad (3.10)$$

3.2.2 任務信賴度(mission reliability)

任務信賴度는 海上補給 艦艇이 補給支援任務를 遂行하기 위하여 待機場所에서 被補給艦艇까지 移動하는 時間, 피보급 艦艇에 到達하여 지정된 補給支援任務를 遂行하는 時間 및 지정된 모든 補給支援任務

를 遂行한 후 待機場所로 移動하는 時間 동안 故障이 發生하지 않을 確率이다. 따라서 $P\{Tf_1 > u_1\} \cdot P\{Tf_2 > u_2\} \cdot P\{Tf_3 > u_3\}$ 은 任務信賴度를 나타낸다. 또한 艦艇은 여러 가지 形態의 海上補給任務를 遂行하는 것이 要求되므로 任務信賴度 R은 식(3.11)과 같이 나타낼 수 있다.

$$R = P\{Tf_1 > u_1\} \cdot P\{Tf_2 > u_2\} \cdot P\{Tf_3 > u_3\}$$
$$= P\{Tf_1 > u_1\} \cdot \sum_{k=1}^{l} P\{K = k\}$$
$$\cdot P\{Tf_2 > u_2 \mid K = k\} \cdot P\{Tf_3 > u_3\} . \quad (3.11)$$

補給形態 K(確率變數)의 임의의 形態를 k라고 하면 이것의 確率函數는 식(3.12)와 같이 表示할 수 있다.

$$P(K = k) = P(k), \quad k = 1, 2, \cdots, l. \quad (3.12)$$

被補給艦艇에 到達하여 지정된 補給支援任務를 遂行하는 時間은 주어진 最大許容補給時間 $u_{2,\max}$이내에 實施하여야 한다. 따라서 u_2의 最大許容時間은 $u_{2,\max}$이다. 또한 艦艇의 고장률이 모수 λ인 指數分布를 따른다고 하면 식(3.11)의 任務信賴度 R은 식(3.13)과 같이 表現할 수 있다.

$$R = e^{-\lambda u_1} \cdot \sum_{k=1}^{l} P(k) \cdot e^{-\lambda u_{2,\max}} \cdot e^{-\lambda u_3}$$
$$= \sum_{k=1}^{l} P(k) \cdot e^{-\lambda (u_1 + u_{2,\max} + u_3)}. \quad (3.13)$$

3.2.3 能力(capability)

能力은 海上補給艦艇이 주어진 補給任務를 最大許容補給時間 이내에 成功的으로 達成할 確率이다. 따라서 $P\{U \le u_{2,\max}\}$ 은 海上補給艦艇의 任務遂行能力 C를 나타낸다.

海上補給艦艇이 補給을 實施할 때 被補給艦艇의 形態 및 自然環境條件(비, 바람, 안개, 파도 등)은 補給艦艇의 性能에 지대한 影響을 미친다. 被補給艦艇의 形態 및 自然環境條件으로 인하여 實際補給時間은 正常狀態 아래에서의 補給時間보다 더 길어질 수 있다.

3.2.3.1 被補給艦艇이 補給艦艇에 미치는 平均性能

被補給艦艇의 範疇를 h가지라고 하고 D를 被補給艦艇形態의 範疇에 대한 確率變數라고 하면 被補給艦艇形態의 範疇 a의 確率函數는 식(3.14)와 같이 表現된다.

$$P(D = d) = P(d), \quad d = 1, 2, \cdots, h. \quad (3.14)$$

被補給艦艇의 範疇가 補給 중인 艦艇의 能力에 미치는 影響 혹은 性能의 範疇를 C_d, $0 \le C_d \le 1$, $d = 1, 2, \cdots, h$ 라고 假定한다. 補給艦艇에서 가장 원활하게 補給할 수 있는 被補給艦艇의 影響을 1 이라고 둔다.

DC는 被補給艦艇이 補給艦艇에 미치는 平均性能으로서 식(3.15)와 같이 表現된다.

$$DC = \sum_{d=1}^{h} C_d \cdot P(d), \quad (3.15)$$

여기에서 $P(d)$는 被補給艦艇의 範疇 a의 確率函數이다.

3.2.3.2 自然環境條件의 範疇別 艦艇의 性能

補給 도중에 遭遇할 수 있는 環境範疇들의 數를 b가지라 하고 E를 自然環境의 範疇에 대한 確率變數라고 하면 自然環境의 範疇 e의 確率函數는 식(3.16)과 같이 表現된다.

$$P(E=e)=P(e),\quad e=1,2,\cdots,b. \qquad (3.16)$$

각 環境範疇들이 補給 중인 艦艇의 能力에 미치는 影響 혹은 性能의 範疇를 C_e, $0\le C_e\le 1$, $e=1,2,\cdots,b$ 라고 假定한다. 補給 艦艇에서 가장 원할하게 補給할 수 있는 自然環境의 影響을 1 이라고 두자.

EC를 環境이 能力에 미치는 平均性能 혹은 影響이라고 定義한다. 따라서 각 環境範疇들 아래에서의 艦艇의 平均性能 EC는 식(3.17)과 같이 表現된다.

$$EC=\sum_{e=1}^{b} C_e\cdot P(e), \qquad (3.17)$$

여기에서 $P(e)$는 環境範疇 e의 確率函數이다.

被補給 艦艇의 形態 및 自然環境條件에 따라 實際補給을 終了할 때까지의 所要時間은 명목상의 補給時間 보다 더 길 수 있다. 한 被補給艦艇에서 다음 被補給艦艇까지 移動하는데 걸리는 時間은 무시하고, 被補給艦艇이 미치는 平均性能을 DC, 自然環境條件(비, 바람, 안개, 파도 등)이 미치는 平均性能을 EC라고 하면, 艦艇이 補給任務를 成功할 確率 C는 식(3.18)과 같이 表現할 수 있다.

$$C=P\{U'<u_{2,\max}\}=P\left\{\frac{U}{DC\cdot EC}<u_{2,\max}\right\}, \qquad (3.18)$$

여기에서 U'은 실제 상태에서 전체 補給을 完了하는데 所要되는 時間이고 ; U_k'은 補給形態 $k(k=1,2,\cdots,l)$의 實際補給時間이다. 또한 U는 이상적인 상태에서 전체 補給을 完了하는데 所要되는 時間이고 U_k은 이상적인 상태에서 補給形態 k의 補給時間이다. 따라서 식(3.18)을 식(3.19)와 같이 表現할 수 있다.

$$\begin{aligned}P\{U'\le u_{2,\max}\}&=P\{(U_1'+U_2'+\cdots+U_l')\le u_{2,\max}\}\\&=P\left\{\frac{1}{DC\cdot EC}(U_1+U_2+\cdots+U_l)\le u_{2,\max}\right\}\\&=P\{(U_1+U_2+\cdots+U_l)\le(DC\cdot EC)u_{2,\max}\}\\&=P\{U\le(DC\cdot EC)u_{2,\max}\}.\end{aligned} \qquad (3.19)$$

만약에 U_k $(k=1,2,\cdots,l)$가 모수 μ를 갖는 獨立이고 동일하게 분포된 (independently and identically distributed : i,i,d)指數分布를 따른다고 하고, 각 分布들의 합을

$$U_1+U_2+\cdots+U_l=S_l$$

이라고 하면, 식(3.19)는 식(3.20)과 같이 表現된다.

$$\begin{aligned}P\{S_l\le(DC\cdot EC)u_{2,\max}\}&=P[N\{(DC\cdot EC)u_{2,\max}\}\ge l]\\&=\sum_{j=l}^{\infty}\frac{\{\mu(DC\cdot EC)u_{2,\max}\}^j e^{-\mu(DC\cdot EC)u_{2,\max}}}{j!}\\&=1-\sum_{j=0}^{l}\frac{\{\mu(DC\cdot EC)u_{2,\max}\}^j e^{-\mu(DC\cdot EC)u_{2,\max}}}{j!}\end{aligned} \qquad (3.20)$$

만약에 U_k $(k=1,2,\cdots,l)$가 모수 μ_k인 指數分布를 따른다면 S_l의 분포함수는 指數分布들의 n중 합성적(n-fold convolution)으로 구할 수 있다.

실제 海上補給에서 세 가지 形態 이상의 補給 任務를 遂行하는 경우는 거의 없으므로 本 硏究에서는 補給形態가 세 가지인 경우까지만 提示한다.

補給形態가 한 가지 ($k=1$)인 경우에 능력은 식 (3.21)로 표시된다.

$$P\{U_1 \le (DC\cdot EC)u_{2,\max}\} = 1 - e^{-\mu(DC\cdot EC)u_{2,\max}}. \quad (3.21)$$

補給形態가 두 가지 ($k=1,\ 2$)인 경우에 능력은 식(3.22)로 표시된다.

$$P\{U_1+U_2 \le (DC\cdot EC)u_{2,\max}\} = \int_0^{(DC\cdot EC)u_{2,\max}} P\{U_1+U_2 \le (DC\cdot EC)u_{2,\max} \mid U_1 = x\}\, dF_{U_1}(x)$$

$$= 1 - \{1 - \frac{\mu_1}{(\mu_1-\mu_2)}\} e^{-\mu_1(DC\cdot EC)u_{2,\max}} - \frac{\mu_1}{(\mu_1-\mu_2)} e^{-\mu_2(DC\cdot EC)u_{2,\max}} \quad (3.22)$$

補給形態가 세 가지 ($k=1,2,3$)인 경우에 능력은 식(3.23)으로 표시된다.

$$P\{U_1+U_2+U_3 \le (DC\cdot EC)u_{2,\max}\} = \int_0^{(DC\cdot EC)u_{2,\max}} P\{U_1+U_2+U_3 \le (DC\cdot EC)u_{2,\max} \mid U_1+U_2 = x\}\, dF_{U_1+U_2}(x)$$

$$= 1 - (1 - \frac{\mu_1}{\mu_1-\mu_2})(1 - \frac{\mu_1}{\mu_1-\mu_3}) \cdot e^{-\mu_1(DC\cdot EC)u_{2,\max}} - (\frac{\mu_1}{\mu_1-\mu_2})(1 - \frac{\mu_2}{\mu_2-\mu_3}) \cdot e^{-\mu_2(DC\cdot EC)u_{2,\max}} - \{(\frac{\mu_1}{\mu_1-\mu_3}) + (\frac{\mu_1}{\mu_1-\mu_2}) \cdot (\frac{\mu_2}{\mu_2-\mu_3} - \frac{\mu_1}{\mu_1-\mu_3})\}\ e^{-\mu_3(DC\cdot EC)u_{2,\max}}. \quad (3.23)$$

식(3.4)에서 海上補給艦艇의 任務效果는 艦艇의 作戰準備態勢, 任務信賴度, 能力의 同時確率로 表現하였다. 그러므로 U_k ($k=1,2,\cdots,l$)가 모수 μ를 갖는 獨立이고 동일한 指數分布인 경우에, 식(3.10), 식(3.13), 식(3.20)을 식(3.4)에 대입하여 海上補給艦艇의 任務效果를 다음과 같이 구할 수 있다 :

$$ME = \{(\frac{MTBF}{MTBF+MDT})(1-P_S) + k_1 P_S\} \cdot \{P(k) \cdot e^{-\lambda(u_1+u_{2,\max}+u_3)}\} \cdot [1 - \sum_{j=0}^{k-1} \frac{\{\mu(DC\cdot EC)u_{2,\max}\}^j e^{-\mu(DC\cdot EC)u_{2,\max}}}{j!}]. \quad (3.24)$$

만약에 U_k ($k=1,2,\cdots,l$)가 모수 μ_k인 指數分布를 따르는 경우에는, 식(3.20) 대신에 식(3.21), 식(3.22) 및 식(3.23) 중의 어느 하나를 식(3.4)에 대입하여 임무종류가 k개인 海上補給艦艇의 任務效果를 구할 수 있다.

3.3 數値 例題

어떤 海上機動戰鬪戰團이 海上補給艦艇 한 척과 세 가지 形態의 戰鬪艦艇으로 構成되어 機動部隊任務를 遂行 중이다. 海上補給艦艇이 支援可能한 補給形態의 수는 세 가지이며, 補給形態의 確率函數, 被

補給艦艇 및 自然環境의 範疇別 確率函數와 性能은 각각 <표 3-1>, <표 3-2> 및 <표 3-3>와 같다.

海上補給艦艇의 고장간시간(time between failure: V) 및 불가동시간(down time : W)은 <표 3-4> 및 <표 3-5>와 같다.

海上補給艦艇의 故障은 任務 중에만 發生한다고 가정한다($k_1 = 1$).

海上補給艦艇의 任務는 07:00시부터 19:00시까지 실시하고 19:00시부터 익일 07:00시까지는 대기한다고 가정한다($P_S = 0.5$).

補給形態에 관계없이 被補給艦艇까지의 移動時間 및 補給任務終了後 대기장소로 移動하는 時間은 각각 2시간이라고 假定한다.

<표 3-1> 補給形態別 分布

補給形態(k)	密度 $P(k)$
1(油類)	0.48
2(彈藥)	0.37
3(其他)	0.15

<표 3-2> 피보급 艦艇의 範疇별 分布와 性能

피보급 艦艇의 範疇 D	密度 $P(d)$	能力에 미치는 性能 C_a
1(驅逐艦)	0.51	1.00
2(輕驅逐艦)	0.21	0.95
3(護衛艦)	0.28	0.85

<표 3-3> 自然環境條件의 範疇別 分布와 性能

自然環境 範疇 E	密度 $P(e)$	能力에 미치는 性能 C_e
1	0.21	1.00
2	0.34	0.95
3	0.27	0.90
4	0.18	0.85

<표 3-4> 艦艇의 고장간시간(V)

V(hour)	빈 도	V(hour)	빈 도
10	1	400	15
50	2	500	12
100	6	800	10
200	9	900	13
300	13	1000	19

<표 3-5> 艦艇의 불가동시간(W)

W(hour)	빈 도	W(hour)	빈 도
1.0	2	40.0	10
5.0	3	50.0	11
10.0	7	80.0	11
20.0	9	100.0	10
30.0	30	200.0	7

補給形態別 보급률이 μ를 갖는 獨立이고 동일한 指數分布인 경우에 μ는 0.5이고 주어진 最大許容補給時間 $u_{2,\max}$는 8시간 이며, 補給形態別 보급률이 모수가 다른 指數分布를 따르는 경우에 μ_1은 0.2, μ_2는 0.3이고 μ_3는 1.0 이다.

海上補給艦艇에서 補給形態가 한 가지($k=1$)인 경우의 任務만을 遂行할 때의 最大許容補給時間 $u_{2,\max}$는 6시간이며; 補給形態가 두 가지($k=1$, 2)인 경우에 最大許容補給時間 $u_{2,\max}$는 8시간이고; 補給形態가 세 가지($k=1$, 2, 3)인 경우에 最大許容補給時間 $u_{2,\max}$는 9시간이다.

위의 分布 및 모수들을 이용하여, 本 硏究에서 設定된 任務效果模型에 대한 結果들을 구하면 다음과 같다.

艦艇의 故障間平均時間(mean time between failure : $MTBF=1/\lambda$)은 571.10이고 艦艇의 平均不可動時間은 53.97이므로 艦艇의 可用度 P_A는 0.91366이다. 또한 대기상태 동안에 艦艇이 故障나지 않을 確率은 $k_1 = 1$ 이고 艦艇이 대기상태에 있을

確率 $P_S=0.5$ 이다. 그러므로 艦艇의 作戰準備態勢 P_{OR}은 식(3.10)에 의하여 0.95683이다.

補給形態 k($k=1, 2, 3$)가 주어지고 艦艇의 故障分布가 모수 λ인 指數分布일 때, 海上補給艦艇이 待機場所에서 피보급 艦艇까지 移動하는 동안 故障이 發生하지 않을 確率, 被補給艦艇에 到着하여 지정된 모든 補給支援任務를 遂行하는 동안 故障이 發生하지 않을 確率 및 지정된 모든 補給支援任務를 終了하고 待機場所로 移動하는 동안 故障이 發生하지 않을 確率인 艦艇의 任務信賴度 R은 식(3.13)에 따라 다음과 같다. 즉, 最大許容 補給時間 $u_{2,\max}$가 6시간인 경우에 任務信賴度 R은 0.98264이고, 最大許容補給時間 $u_{2,\max}$가 8시간인 경우에 任務信賴度 R은 0.97921이며, 最大許容補給時間 $u_{2,\max}$가 9시간인 경우에 任務信賴度 R은 0.97749이다.

被補給艦艇의 形態別 艦艇의 平均性能 DC는 <표 3-2>에서 식(3.15)를 이용하여 구한다. 따라서 DC는 0.9475이고, 自然環境에 의한 平均 性能 EC는 <표 3-3>과 식(3.17)에 의하여 0.9290이다. 그러므로 被補給艦艇의 形態 및 自然環境條件을 고려하여, 주어진 最大許容補給時間 $u_{2,\max}$이내에 補給任務를 遂行할 能力 C는 다음과 같다 : 즉, 보급률이 i,i.,인 指數分布를 따르는 경우에 能力 C는 식(3.20)에 의하여 0.68300이다. 또한 보급률이 모수가 다른 指數分布를 따르는 경우에는 식(3.21), 식(3.22) 및 식(3.23)에 의해서 구해지며 그 결과는 다음 표와 같다 :

구 분	$u_{2,\max}$=6	$u_{2,\max}$=8	$u_{2,\max}$=9
k=1	**0.65225**	0.75546	0.79493
k=1,2	0.36689	**0.50823**	0.57052
k=1,2,3	0.28131	0.42838	**0.49628**

즉, 補給形態가 한 가지($k=1$)인 경우의 任務만을 遂行할 때에 能力 C는 0.65225이고 補給形態가 두 가지($k=1, 2$)인 경우에 能力 C는 0.50823이며 補給形態가 세 가지($k=1, 2, 3$)인 경우에 能力 C는 0.49628이다.

本 硏究에서 海上補給艦艇의 任務效果는 海上補給艦艇의 作戰準備態勢 P_{OR}, 任務信賴度 R 및 能力 C의 同時確率로 表現하였다. 따라서 海上補給艦艇의 任務效果는 다음과 같다. 즉, 보급률이 i,i,d인 指數分布를 따르는 경우의 任務效果는 식(3.24)를 이용하여 구한다. 이때의 任務效果는 0.63993이다. 또한 보급률이 모수가 다른 指數分布를 따르는 경우에 任務效果는 다음과 같다 :

구 분	$u_{2,\max}$=6	$u_{2,\max}$=8	$u_{2,\max}$=9
k=1	**0.61326**	0.70781	0.74349
k=1, 2	0.34496	**0.47618**	0.53361
k=1, 2, 3	0.26449	0.40137	**0.46417**

따라서 補給形態가 한 가지($k=1$)인 경우의 任務만을 遂行할 때의 任務效果는 0.61326이고; 補給形態가 두 가지($k=1, 2$)인 경우에 任務效果는 0.47618이며; 補給形態가 세 가지($k=1, 2, 3$)인 경우에 任務效果는 0.46417이다.

4. 結 論

海上補給艦艇의 補給能力을 評價하는 尺度인 任務效果는 "海上補給艦艇이 주어진 運用政策 및 環境條件들 아래에서 運用될 때 주어진 時間 안에 海上補給任務를 成功的으로 達成시킬 수 있는 確率"로서 定義된다.

海上補給艦艇의 任務는 海上에서 作戰任務를 遂行중인 戰鬪艦艇의 작전지속력을 유지시키기 위하여

필요한 補給品을 지정된 時間 안에 安全하게 戰鬪艦艇으로 補給하는 것이다. 그러므로 海上補給艦艇의 補給遂行能力을 判斷하는 것은 海上補給艦艇의 規模를 決定하는 要素가 되고, 戰鬪艦艇의 補給支援所要時間을 決定하는 要素로서 이것은 戰鬪艦艇의 戰鬪遂行能力을 增減시키는 중요한 要素가 된다. 또한 海上補給艦艇의 補給能力을 判斷하므로써 海上補給艦艇을 建造 및 購買할 때 費用 對 效果分析의 尺度로 사용될 수 있다.

海上補給艦艇의 補給能力을 判斷하는 基準은 여러 가지가 있을 수 있으나 本 硏究에서는 海上補給艦艇의 任務效果를 算出하여 海上補給艦艇의 補給能力을 判斷하였다.

任務效果模型들은 硏究의 대상 體系의 特性과 추구하는 目標에 따라 取扱하는 屬性들이 다르다. 지금까지 海上補給艦艇을 對象體系로 하여 硏究한 任務效果 模型이 없기 때문에 本 硏究에서는 海上補給艦艇의 任務效果에 影響을 미치는 屬性들을 考慮하여, 여러 가지 形態의 海上補給任務를 遂行하는 艦艇의 任務效果를 解析的으로 구하는 數學的인 模型을 提示하였다.

本 硏究에서 구하고자 하는 것은, 海上補給 艦艇이 海上補給運營體系에서 運營되고 있을 때 戰鬪艦艇의 작전지속력을 유지하기 위한 海上補給任務成功에 대한 效果이다. 여기에서 하나의 어떤 任務形態에 대한 任務效果는 여러 가지 屬性들 즉, 任務始作 때의 海上補給艦艇의 作戰準備態勢, 任務持續時間 동안의 任務信賴度 및 주어진 最大許容補給時間 이내에 補給 任務를 遂行할 수 있는가 하는 能力의 同時確率로 표시된다.

실제로 海上補給에서 補給形態가 세 가지 이상인 경우를 遂行하는 경우는 거의 없으므로, 本 硏究에서는 補給形態가 세 가지인 경우까지만 模型을 提示하였다.

本 硏究의 任務效果模型은 任務狀況이 안정상태에 있는 海上補給艦艇의 任務效果를 解釋的인 方法으로 매우 簡潔하게 計算할 수 있다. 또한 이 模型에서 구하는 任務效果는 海上補給 艦艇의 效率的인 最適運營政策을 決定하는데 필요한 判斷의 基準으로 사용될 수 있을 것이다.

本 硏究는 任務效果를 간결하게 분석하기 위하여 任務狀況을 안정상태로 假定하였다. 그러나 실제로 海上補給艦艇의 任務狀況은 動的인 狀況이 될 수 있고, 이러한 경우에 대한 任務效果를 구하는 硏究가 앞으로 기대된다.

參 考 文 獻

1. ARINC Research Corp., *Reliability Engineering* (Englewood Cliffs, New Jersey : Prentice-Hall, Inc., 1964).
2. Fox, R. J. and D. R. Zerbe, "Some Practical System Availability Calculations," *AIIE, Trans.* Vol. 6, No. 3, 1974, pp. 228-234.
3. Hayward, P., "The Measurement of Combat Effectiveness," *Operations Research*, Vol. 16, No. 2, 1968, pp. 314-323.
4. Hosford, J. E., "Measures of Dependability," *Operations Research*, Vol. 8, No. 1, Jan.-Feb. 1960, pp. 53-64.

5. Kapur,K.C. and L.R. Lamberson, *Reliability in Engineering Design* (New York : John Wiley & Sons, Inc., 1977).
6. Kuo Way., *System Effectiveness Models via Renewal theory and Bayesian inference, Ph.D. Dissertation*, Kansas State University, Manhattan, Kansas, 1980.
7. Lee, C. H., C. L. Hwang, and F. A. Tillman, "Availability of Maintained Systems : A State-of-the-Art Survey," *AIIE*, Vol. 9, No.2, Sep. 1977, pp. 247-259.
8. Lee, C. H., W. Kuo, F. A. Tillman, and C. L. Hwang, "Mission Effectiveness Model for a System with Several Mission Types," *IEEE Trans. on Reliab.*, Vol. R-33. No.4, Oct. 1984, pp. 346-352.
9. "MIL-STD-721B : Definition of Effectiveness Terms for Reliability, Maintainability, Human Factors, and Safety," *Microelectron. Reliab.*, Vol. 11, 1972, pp. 429-433.
10. Ross, S. M., *Introduction to Probability Models*, (Third Edition) 1985 : Academic Press.
11. Tillman, F. A., C.L. Hwang, and W. Kuo, "System Effectiveness Model : An Annotated Biliography," *IEEE Trans. on Reliab.*, Vol.R-29. No.4, Oct. 1980, pp. 295-304.
12. Tillman, F. A., C. H. Lee, and C. L. Hwang, "Simulation Model of Mission Effectiveness for Militiary System," *IEEE Trans. on Reliab.*, Vol.R-27. No. 3, Aug. 1978, pp. 191-194.
13. 河碩太, 空中機隊 運用體系의 任務效果模型에 관한 硏究, (工學博士 學位論文, 高校,1988).
14. 해상보급 교범, 해군본부, 1990.