

電子戰의 概要

李 聖 馥 譯

1. ESM

가. 概 要

ESM(Electronic Warfare Support Measures)는 電子戰의 기초가 되는 기술이며 ESM에 의하여 획득된 情報는 그후의 電子戰技術, 즉 電波妨害, 위협의 警報, 回避등의 전개에 기초가 되는 것이다. 우선 定義를 보면 美陸軍省은 ESM를 軍의 작전을 지원하는데 상대방의 電波輻射를 이용할 목적으로 그 輻射電波를 搜索, 傍受, 標定, 記憶 및 分析하는 행위이며, 이와 같은 ESM는 ECM, ECCM, 威脅檢知 및 警報, 回避, 목표취득 및 호오밍을 행하는데 필요한 EW情報의 자료를 제공하는 것이라고 하였다.

또한 W. J. Perry의 定義에 의하면 「ESM는 敵의 輻射, 즉 레이더, 無電機의 妨害機와 같은 것을 搜索, 傍受, 표정 및 식별할 때의 행위이며 그 정보는 回避, 對抗, 즉 火器나 妨害機와 같은 것에 대항하기 위하여 사용되고, 輻射가 敵의 妨害機라면 그 이익을 삭감하기 위하여 ECM를 사용한다」고 하였다.

器材의 성능이 아주 유사한 SIGNIT(SIGNAL INTELLIGENCE)는 國防省에서는 ESM와 구별하여 취급하고 있다. ESM의 일환으로서 SIGNIT를 취급하고 있는 文獻도 있으나 여기에서는 國防省의 분류에 따라 SIGNIT에 대해서 論述하지 않도록 하고 대충 그 구별에 대해서 論述하면 다음과 같다.

ESM : 戰鬪部隊를 지원하는 行爲, 例를 들면 미사일基地를 회피하기 위한 警告 또는 妨害機의 Trigger.

SIGNIT : 國家的인 정보요구에 대해서 發動되는 行爲, 例를 들면 敵의 電子兵器의 技術의 分析.

SIGNIT에는 COMINT(Communication Intelligence)와 ELINT (Electronic Intelligence)가 있으며, 이들은 戰略적으로 사용되는 대규모의 地上情報수집망으로 부터 超高速, 超高空에서 현재 假想敵國 주변을 비행하는 戰略偵察機 SR-71 또는 電子偵察衛星 등을 들 수 있다.

SIGNIT에 관해서 좀더 記述하면, 戰時에 있어서 精確, 신속한 戰鬪準備를 완료하고 즉시 作戰行動에 들어가기 위해서는 평소부터의 준비가 필요한것은 論할 필요도 없고, 電子戰의 세계에서 이의 役割을 담당하고 있는것이 SIGNIT이고, 따라서 이는 평시부터 행해지고 있으며 各國은 隱密裡에 晝夜를 불문하고 이 方面의 情報活動을 계속하고 있으나 일반사람들에게는 거의 느껴지지 않고 있다.

그러나 1973年 7月 17日 日本의 주요신문이 美國의 汎世界的인 규모의 電子情報收集網에 관한 記事를 게재함에 따라 世人의 인식과 관심을 끌게 되었다.

지금 세계는 情報時代에 들어가 宇宙에는 情報收集用의 人工衛星이 비행하여 目的國의 미사일基地나 그에 道路에 이르기까지 상세히 알수 있는 時代이므로 위험을 무릅쓰고까지 他國의 領海·領空에 잠입하여 ELINT나 COMINT活動

을 행어서 國際紛爭의 불씨를 만들면서까지 더욱 집요하게 이를 계속하고 있음은 무엇때문일까?

目的物에 電子兵器의 성능을 폭로한다고 하는 점으로 볼때 이들의 위협한 行動은 아주 필요하다고 말할 수 있다. 情報收集機가 目的國의 영역에 접근하면 그 國家의 防衛組織은 國籍不明機의 접근에 의하여 즉시 활동을 개시하므로 레다나 미사일基地 등의 電波를 용이하게 포착할 수가 있다.

그것은 바로 어디에 있는지 모르는 새에 대하여 먹이를 뿌리면 즉시 모여와서 種類까지 알게 되는 것과 같이, 情報收集機(Ferret)가 먹이(Bait)를 뿌리면 目的國의 電波施設의 성능으로부터 위치까지 알수가 있는 것이다.

이와 對照의인 것이 電子情報收集船의 활동이다. 1968年 美國의 Pueblo가 情報收集活動에 열중한 나머지 北韓의 哨戒艇에 拿捕된 사건은 유명하다.

이러한 種類의 艦은 속력도 느리지만, 致命的인 것은 안테나가 낮음으로써 沿岸의 電波施設을 정찰하는 데에는 電波의 直進性 때문에 沿岸에 아주 가깝게 접근하지 않으면 안되므로, 이것이 危險을 범하게 되는 主要原因인 것이다.

그러나 SIGNIT와 그의 목표의 存在는 情報技術의 발달과 더불어 相互 그 존재를 비약하는 것이 어렵게 되고 있다.

나. ESM의 歷史의 背景

電子戰에 있어서 ESM의 歷史는 오래 되었으며, 현재에 이르기까지의 수많은 近代戰의 배경에는 ESM의 支援이 많이 存在하고 있다. 海上戰에 있어서 이들 ESM活動에 대해 예를 들어 설명하고자 한다.

○ 日本海 海戰에 있어서의 ESM

日本海 海戰에 있어서 信濃丸이 발신한 海戰開始를 통고하는 「敵艦隊發見」의 無線電信第1號는 유명하다. 때는 바로 明治37年 5月 27日 0500이었다. 그 이후 敵艦隊와 접촉을 계속 유지하고 있는 和泉이 발신한 無線電信은 敵艦隊의 位置, 進路등을 시시각각 日本艦隊에 알림과 동시에 많은 交信이 日本艦隊와의 사이에서 행해

졌다.

이들 交信은 러시아 艦隊측에 傍受되었으나 幕僚는 로제스트·웬스키 司令官에게 日本측의 無線電信에 대하여 電波妨害를 행할 것을 진언하였다고 전해지고 있다. 이 電信의 傍受와 그 후의 對處計劃은 극히 단순하였을 것으로 해석되고 있다.

그러나 同司令官은 이 計劃에 許可를 하지 않은 것으로 전해진다. 만일 이 傍受, 妨害라고 하는 일련의 계획이 실시되어 效果가 있었다고 하면 電子戰의 歷史는 아주 달라지게 되었을 것이다.

○ 第2次大戰에 있어서 U-Boat의 ESM

第2次大戰에 있어서 大西洋에 맹위를 떨치며 聯合軍側 艦船에 가장 두려움을 준것은 獨逸의 U-Boat 이었다. U-Boat가 최대로 활약한 것은 1942年으로 당시의 聯合軍側 船舶의 被擊沈數는 年間 800만톤에 달한 것으로 전해지고 있다.

그러나 U-Boat에는 큰 약점이 있었다. 그것은 晝間에는 어떻게든지 은밀한 행동을 할수 있으나, 水中推進力을 얻기 위하여 夜間에는 浮上하여 電池充電을 하지않으면 안되었던 것이다. 聯合軍의 U-Boat 격침은 이 약점에 指向한 레이다에 의한 것이었다.

獨逸海軍은 夜間에 증대되고 있는 U-Boat의 상실원인이 최초의 레이다에 의한 被探知인것을 알지 못했으나, 결국 이를 알고 즉시 U-Boat에 ESM 裝置를 탑재하였다.

U-Boat는 浮上하자마자 ESM안테나를 의지하여 四面를 경계하며 레이다 電波를 受信하면 즉시 潛沒하는 행동을 반복하여 生存을 연장할 수 있었으며, 활약은 다시 왕성하게 되었다. 이에 대해서 聯合軍側은 레이다 電波의 波長을 바꾸고 Sentimeter波를 사용하기에 이르러, U-Boat는 레이다 電波로 受信할 수 없게 됨으로써 被害는 증대되었다.

이와같이 되풀이된 U-Boat의 ESM와 聯合軍의 레이다와의 抗爭은 典型的인 電子戰의 한 형태이며, 前에 H. Wogerman이 말한 바와 같이 Endless Chain의 계속적인 抗爭인 것이다.

○ 中東戰爭에 있어서 ESM에 관련된 海上戰 1967年 말경 소聯製 對艦미사일 Styx를 장비

한 에집트海軍의 哨戒艇이 포르트싸이트 附近에서 이스라엘海軍의 驅逐艦 Eilat를 격침시킨 戰果는 海戰史上 유명하다. 이 敗戰을 상세히 검토한 이스라엘海軍은 복수를 맹서하였음이 틀림없을 것이다.

1973年 10月 8日 에집트의 高速哨戒艇隊가 아 레키산트리아로 부터 포르트싸이트로 이동하는 것을 탐지한 이스라엘 高速艦은 21時경 에집트側의 先頭艇이 自體艦艇位置의 확인과 敵의 存在與否探知를 위하여 겨우 수초간 레이더를 사용한 때에 그 電波를 ESM 장치에 의하여 捕捉할 수가 있었다.

그리하여 그 電波를 分析에 의하여 얻은 情報로부터 이스라엘側은 電子戰의 준비를 완료하고 있었다.

그런데 24海哩의 거리에 相互 接近하였을 때 에집트哨戒艇이 발사한 12發의 Styx미사일은 전부 이스라엘艇의 電波妨害나 기만을 받아 명중되지 않았다.

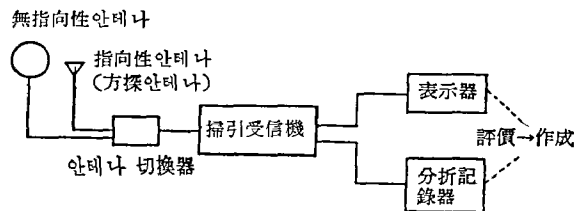
그리하여 兩艦隊가 접근 약 20분후에 이스라엘艦艇으로부터 발사한 對艦미사일 Gabriel은 電子戰器材에 주의를 하지 않았던 에집트 艦艇 3척을 격침하고 1척을 대파하는 戰果를 올렸다.

이와같이 敵에 앞서서 ESM 장치로부터 電子情報를 1초라도 빨리 얻을 수 있는 것이, 속도와 시간의 戰爭인 近代戰에서는 필수적인 조건이며 이 예가 그의 典型的인 것이다.

다. ESM 裝置의 性能向上

제 2차大戰 당시의 古典的인 ESM裝置(당시 日本을 逆探知器라고 칭하였음)로부터 최근의 高性能 ESM장치에 이르기까지 그의 原理上의 구성에는 그렇게 큰 차이가 없다.

그림 1에 Orthodox한 對레이더 ESM 장치의 구성도를 圖示하고 있다. 이 그림에 의하여 電波



〈그림 1〉 掃引式 ESM 장치의 원형

受信 解析過程을 설명하면, 우선 電波를 無指向性 안테나로 수신하여 電波의 존재를 확인한다. 그때 受信機는 掃引을 정지하며, 周波數를 이때 알게 된다.

다음에 안테나를 指向性(探)안테나로 바꾸고 이것을 회전시켜 電波의 到來方向을 알게 된다. 이상에서 電波의 표정을 끝내고 表示器로 계속 감시하면서 分析記錄器에서 電波의 제특성을 분석 記錄한다.

以上の 作業은 간단한것 같으나 실제로는 電波를 수신한다고 하는 第 I 過程에 있어서 아주 어려운 점이 있다. 그 원인은 그림에서 알 수 있는 바와 같이 어떤 레이더電波의 존재가 無指向性 안테나를 통하여 入力되어 오더라도 掃引 受信機의 Band가 바로 그 레이더 電波의 周波數에 합치하는 위치에 있지 않으면 受信할 수 없기 때문이다.

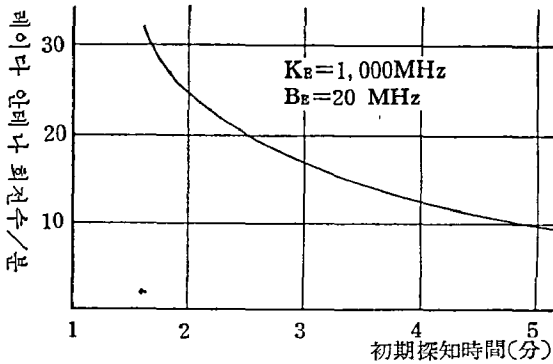
그런데 레이더電波를 수신할 수 있다고 하여 指向性 안테나로 바꾸면 指向性 안테나는 그 指向上에 의한 Beam이 目標레이더의 방향으로 향하고 또한 目標레이더 안테나가 이쪽으로 향한 때에만 受信할 수 있다.

이들의 유연성에 의한 電波探知의 소요시간(초기 探知時間)은 0秒로부터 有限한 시간내에 끝나게 된다. 이 時間은 레이더 및 ESM 장치의 各 안테나 回轉數, ESM受信器의 掃引率(일정시간내의 全 Band 幅/掃引 Band幅)등에 의하여 정해지는 것이다.

이 方式의 개선책으로서 方探안테나의 緩徐 및 高速回轉, 受信機 掃引의 緩徐化 및 高速化의 各 4개의 Matrix를 검토하였으나, 어떠한 方法도 初期探知를 비약적으로 향상하는 것은 곤란한 것이 理論上 判명되고 있다.

예를 들면 그림 2는 ESM 안테나 無指向性을 사용한 때의 初期探知時間의 계산결과로 K_E 는 ESM 受信機의 全Band帶域, B_E 는 그 掃引 Band幅이다.

레이더 안테나의 회전수가 每分 10회이면 初期探知에는 최단 最長시간이 0~5分 걸리는 것을 나타내고 있다. 運이 나쁘면 探知에 5분도 걸려 이렇게 되면 도저히 近代戰의 요망에는 만족될 수가 없다.



〈그림 2〉 無指向性 안테나를 사용할 경우의
掃引式 ESM 장치의 초기 탐지시간

ESM 장치의 개선, 研究向上的 歷史는 이 初期探知時間을 그외의 性能精密度를 저하시키지 않고 어떻게 해서라도 단축할 수 있을 것인가가 최대의 테마이었다.

常識的인 개선으로서는 指向性 안테나의 집합 배치에 의한 無回轉方式의 受信, 受信掃引帶域의 多數分割등이 이미 실시되고 있으나 기본적인 개선책으로서는 走査하지 않고 광범위의 周波數를 디지털表示할 수 있는 브라그셀 受信方式, 또는 多重 Filter(直接檢波)方式, 多重 Beam 受信用 렌즈안테나方式 등이 계획되었거나, 혹은 이미 實用化되고 있다.

그러하여 지금까지의 空想的인 성능처럼 생각되어 온 理想的인 ESM 裝置가 실현가능하게 되었다. 이에 대해서는 마項에서 더 상세히 記述하고자 한다.

라. 現用 艦艇用 ESM 裝置의 例

○ AN/SLQ-32

美國은 水上艦艇의 防護에 대해서 특별히 우려하고 있다. 그것은 水上艦艇이 航空機 및 衛星搭載레이다에 의한 장거리 관측을 당하며 Stand-up의 거리로부터 精密誘導兵器(PGM)의 直撃에 노출된 가능성이 있기 때문이다

이것을 包含하여 艦隊防禦에는 미사일이나 砲 시스템과 같은 Hard Kill 兵器에 의한 防禦를 보강하기 위해서는 장래 Soft Kill, 即 電子戰에 중점을 둔 방침으로 되고 있다.

이 方針에 따라 최선의 電子戰兵器 SLQ-32는

別名 DTPEWS(Design to Price EW System)라고 하며 設計對價格을 엄밀히 制御한 종합적이고 또한 有機的인 連繫下에 작전이 가능한 對미사일 艦艇防禦의 電子戰器機이다.

이 裝置의 ESM 부분만 언급하는 것으로서 그림 3에 ESM 장치의 구성을 나타내고 있다. 多重 Beam Antena Array로 부터의 Pulse 電波는 到來角度, 到來時刻 및 振幅이 DTU로 보내진다. 半指向性 안테나로 부터 동시에 수신한 電波는 周波數 결정에 사용된다.

그림 左端에 있는 多重 Beam Antena Array의 受信作用을 그림 4에 나타냈다. 이 안테나는 일종의 誘電體렌즈 안테나로 어떤 種類(유단酸 바리움等)의 誘導材料과 안테나 形狀에 의하여 屈折率을 결정하여 한점에 電波의 초점을 연결하려 하는 것이다.

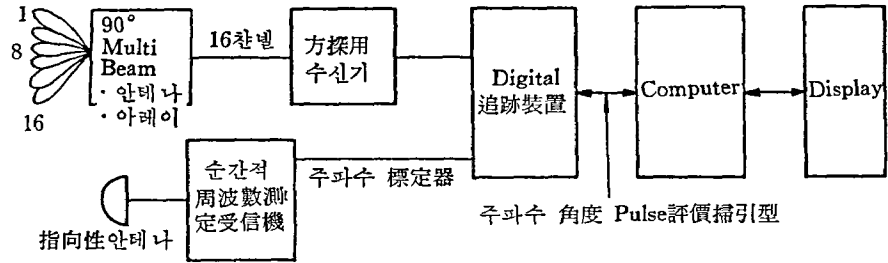
左側으로 부터 그림과 같은 角度로 오는 電波는 우선 그림의 下側 안테나素子로 부터 入射하여 A點에 다달는다. 그 電波는 약간 늦게 다음素子로 入射하고 이것을 되풀이하여 그림의 상단까지의 全素子로 부터 入射한다. 그간의 시간적인 지연을 結線長과 렌즈內部的 經路長 및 屈折率로 조절하여 A點에 位相을 합친 電波를 얻게 된다. DFR에서는 특유의 角度를 가진 電波가 A部에서 受信되고, 그 외의 B~N部에서는 수신되지 않고 그 角度情報가 表示器에 표시되는 것이다.

그림 5는 이 到來電波를 電算機가 계산하여 周波數對到來角의 Matrix를 表示한 것이며, 3度×10MHz-Matrix를 채우는 單位이고, 그외에 대해서는 그림에 표시되어 있다.

○ RDL 씨리즈 ESM 裝置

現在 약 20개國의 海軍에 사용되고 있는 英國 Decca 레이다 社製 RDL 씨리즈 ESM 裝置는 유명하다.

이 裝置는 水上艦 및 潛水艦에 장비되어 레이다 制御미사일 搭載艦艇 航空機등의 접근을 경계하는 장치이며 1~18 GHz의 周波數를 Cover하고 있다. 안테나는 艦中央의 마스트에 설치하거나 또는 左舷, 右舷에 分割設置할 수 있도록 되어 있다. 이 장치는 RCM씨리즈와 組合하면 완



〈그림 3〉 SLQ-32의 수신기부의 구성

전한 電波妨害機가 되도록 한 설계이다.

·마. 理想的인 ESM 裝置

ESM 裝置에는 비밀부분이 많아 가장 중요한 부분의 성능은 발표되지 않음이 보통이나 雜誌나 판프렛트 등에 소개되어 있는 단편적인 情報를 기본으로 하여 최신식의 ESM 裝置內容을 추측하여 보면 다음과 같다.

○ 瞬間的인 初期探知

初期探知의 迅速化가 ESM의 필수적이고 또한 가장 중요한 요구성능이며 Pulse를 2~3個受信하면 普通 情報의 취득과 분석을 완료하는데 이상적이다. 그것은 레이다側이 ESM의 探知를 염려하여 적극 그의 사용을 단시간으로 억제하고 있기 때문이다.

○ 有機的인 連繫動作

傍受, 分析, 對應까지의 처리에 電波制御와 Chaff나 Decoy등의 射出의 기계적인 制御까지의 有機的인 連繫動作이 가능하다.

○ 高度의 識別機能

傍受한 電波로부터 艦艇, 航空機의 敵, 我方의 識別은 말할것도 없고 그들의 진로 및 종류(戰

鬪機거나 輸送機등) 혹은 Active Seeker 장치의 미사일이 自艦에 향하고 있는가, 我軍艦에 향하고 있는가까지의 識別, 또한 疑問電波의 출현에는 警告를 발하는 機能등을 가지고 있으며, 이들은 전부 電算機에 의하고 있다.

○ 自動化

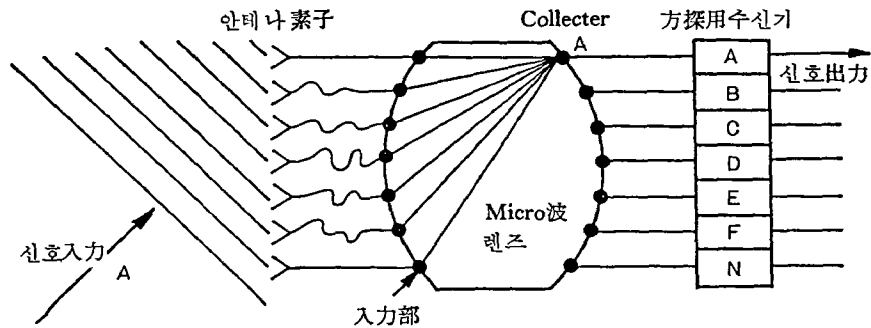
威脅速度의 증대에 따라 探知로부터 分析表示에 이르기까지의 과정처리가 극히 迅速, 確實化를 요하는 것으로, 全 處理過程이 자동화되어 있으며, 단 Operator의 頭腦的인 판단을 받아드릴 경우를 예상하여 手動의 기능도 일부 남겨두지 않으면 안된다.

2, ECM 對 ECCM

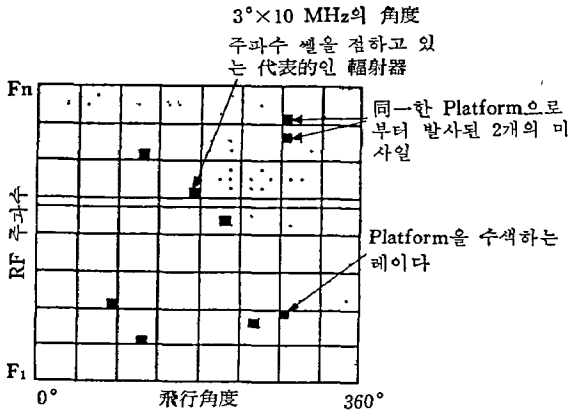
가. 概要

ESM은 敵의 레이다나 無線電波를 傍受하여 그 정보를 기본으로 作戰을 세우는 技術이며, ECM(Electronic Countermeasures)는 ESM의 결실을 받아 敵의 電波器材의 방해나 기만을 행하는 것이다.

그러나 ESM가 ECM를 사용하지 않고, 예를



〈그림 4〉 SLQ-32의 多重 Beam 受信안테나



〈그림 5〉 SLQ-32의 표시방식의 예

들면 敵의 無線交信을 傍受解脫하려 하는 것과 같은 경우가 있다. ECCM(Electronic Counter-Countermeasures)은 敵의 電子戰 技術에 對抗하기 위하여 ESM 또는 ECM에 附加되는 電子的인 기술이다. ECM·ECCM의 定義를 R. N. Parkor의 說明에 의하면 다음과 같다.

○ ECM

敵의 레이더, 無線機 또는 미사일등을 制御하는 電子光學的인 Sense를 방해 또는 기만하는 것이다.

○ ECCM

이 分野는 敵이 방해를 하거나 안하거나에 불분하고 我方의 레이더, 無線機 및 目標追跡미사일의 有效한 사용을 確實히 하기 위한 행위이다.

나. ECM와 ECCM의 歷史的 背景

이들의 技術이 사용된 歷史的 사실과 효과등에 따라 2~3個의 實例를 들어 설명하고자 한다.

○ ECM

ECM의 最初使用은 제 I 차大戰當時 독일의 艦艇이 터어키로 부터 石炭을 얻기위하여 당시 사용되기 시작한 無線에 의한 情報傳送을 英國이 시행중 이것을 방해하여 目的을 達성한것으로 전해지고 있다.

제 2 차大戰에서 독일이 美軍 레이더妨害機의 존재를 안것이 1943年 10月이었다. 부레멘攻略戰에서 美陸軍 爆擊機隊는 조잡한 레이더妨害機, 略稱 Carpte를 장비하고 독일의 사격용 레이더

ECM의 種類

大別	種 類	摘 要
Active	Barrage Spot 欺 瞞	大電力 小電力 Repeater
Passive	電波反射體 Chaff Flare 電波吸收體	欺 瞞 欺瞞 또는 遮斷 對赤外線 皮膚, 塗料

에 방해를 加한 결과, 損害台數는 중대의 출격에 비하여 약 반으로 감소하기에 이르렀다.

제 2 차大戰 太平洋戰爭에서 1943年 2月 日本軍은 戰局이 불리하므로 가달카나르島의 兵力撤收를 결의하고 철수수송을 위한 驅逐艦 19척을 음밀리에 급히 航海케 하였다.

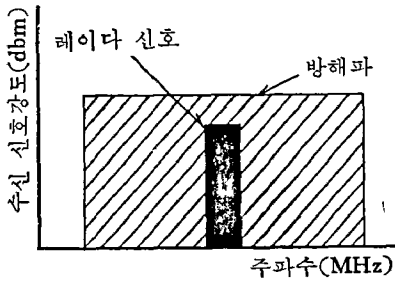
이때 라바울駐屯의 日本特殊通信部隊는 周到한 준비하에 美軍哨戒機가 마치고 美軍基地通信所에 대하여 發信한 것처럼 보이게한 偽裝電信을 發信하여 다른 海域에 日本艦隊가 있는 것처럼 美軍에 믿게 하였다. 그 때문에 美軍爆擊機隊는 어리석게 日本艦隊에 의하여 발이 묶여 日本軍의 가달카나르島 철수는 완전히 성공을 거두었다.

○ ECCM

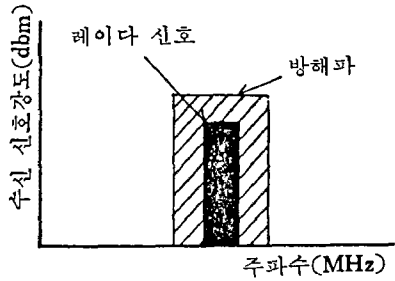
ECCM技術은 ECM의 공세에 버티지 못하여 나중엔 발달한 技術로서 비밀성이 높은 技術이기 때문에 그의 實施例는 극히 조금 밖에 발표되어 있지 않다.

제 2 차 大戰에서 독일海軍의 U-Boat가 맹위를 떨쳐, 1942년에는 聯合軍側의 船舶이 800만 톤이나 격침되고, 그의 補給線은 최대위기에 직면하였으나, 이 시기에 聯合軍側은 U-Boat 파괴의 수단으로 레이더를 사용하므로써 역으로 U-Boat의 손실이 증대되었다.

독일軍은 對抗上 U-Boat에 ESM 受信機를 장비하고 레이더波를 탐지하면 즉시 潛沒하는 動作을 되풀이하여 被探을 모면하게 되므로, 다시 U-Boat의 활약은 눈부시게 되었다. 이 때문에 聯合軍은 레이더의 波長을 극비리에 10cm 帶로 변경하였으며, 이것을 물으는 U-Boat側은 당연히 미터波帶의 ESM 受信機로서는 受信할 수 없게 되어, 다시 U-Boat의 損失이 증대하게 된다. 이 兩者의 抗爭은 레이더波가 3cm 帶로 변



<그림 6> Barrage 방해



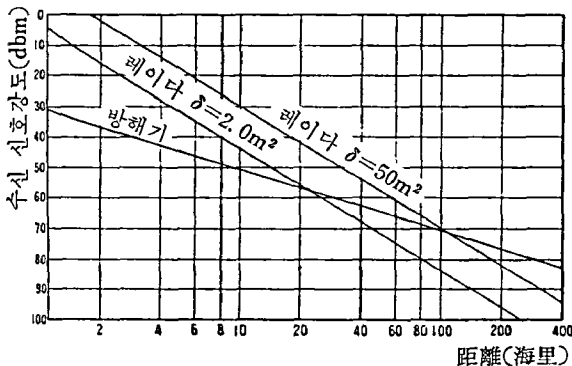
<그림 7> Spot 방해

경될때까지 계속되었다. 이상의 예로부터 알수 있듯이 波長의 변경은 ECCM로서는 효과가 아주 큰 것이다.

다. ECM와 ECCM 技術의 分類

ECM의 技術은 Active와 Passive의 系列로 大別할 수 있을 것이다. 그들 내용에 있어서는 대략 그림 1과 같이 분류할 수 있으며, 以下 간단히 설명하고자 한다.

또한 Passive의 技術에 대해서는 다음의 Chaff 및 Flare에서 해설하게 되므로 省略한다.



<그림 8> 레이다波와 방해波의 전파특성

○ Barrage 및 Spot 妨害

Barrage 妨害는 넓은 帶域에 걸쳐 상대의 레이 다를 방해하는 방법이며, 상대가 周波數를 변경 하더라도 그 帶域內의 변경밖에 할수 없는 特性 인 경우에는 유효하다.

그러나 妨害하는 측은 大電力을 요하기 때문 에 장치가 대규모로 되어 艦上搭載는 가능하나 機上用은 무리가 된다. 이는 主로 雜音波를 사 용하고 있다.

Spot 妨害는 Barrage 妨害와는 逆의 特性을 가 지고 있다. 즉 小電力으로 만족되므로 경제적인 방식이 되고 있으나, 상대가 周波數를 변경하고 도망하는 방법을 취하게 되면 追從하는 것이 어 렵게 된다. 상대방의 레이 다周波數가 이곳 저곳 으로서 이동 周波數가 항상 정해지지 않는 ECCM 방식을 周波數 Hopping 방식이라고 한다.

그림 6, 7은 2개 방식을 간단히 설명한 것으로 妨害電力의 크기는 斜線部分의 면적으로 표시되 었다.

○ 欺瞞妨害(Repeat 妨害)

상대방의 레이 다電波를 잡으면 ECM 장치안에 서 增幅하여 레이 다方向으로 再輻射시켜 주는 방 식을 Repeat 妨害方式이라고 한다.

再輻射時에 Pulse의 크기를 실제로 가까운 形態로 하고, 輻射時期를 변경시키므로써 레이 다는 틀린 거리와 방향에 목표가 존재하는 것처럼 誤認하게 하는 것이다. 레이 다側의 ECCM으로 는 周波數 Hopping 그 외가 효과가 있다.

○ ECCM 技術의 分類

妨害波의 종류로서는 受信機의 信號雜音의 비 를 적게할 수 있는 雜音波가 가장 효과가 큰 것 으로서, 주로 이것이 사용되고 있다. 이 때문에 ECCM으로는 Barrage 妨害에는 Pulse 壓縮레이 다나 Chaff 레이 다等의 방식이 사용된다. 전반적 으로서 방해에 대하여는 周波數 Hopping, 周波數 Agility, 偽造 Random 방식등 이들의 組合이 효과가 큰 ECCM 레이 다 방식이다.

또한 全體를 통해서 말할 수 있는 것은 Side-lobe가 낮고 指向性的의 안테나를 사용하는 것이 높은 ECCM 性을 保持하는 데에 특별히 효과 가 있다. 이 ECCM 技術에 대해서는 2~3個를 後述하고자 한다.

라. 技術의 特徵

○ ECM 電波의 特徵

제 2차大戰에 있어서 美軍의 機上妨害器機出力은 최초로는 겨우 5와트 정도이었다고 한다. 이렇게 미약하다고 할수 있는 電子가 왜 당시의 尖頭出力정도의 레이더를 有效하게 방해하였는가를 보면, 電波의 傳播는 레이더가 목표로 부터의 反射波를 사용하기 때문에 空中에 있어서 그의 經路는 왕복이며, 거리의 4乘에 逆比例한 減衰로 電波가 되돌아오는데 대하여, 妨害機는 목표에 대해 편도의 經路가 이용될 수 있기 때문이다. 이 狀況을 어떤 레이더와 妨害機와의 조합으로 표시한 것이 그림 9이다.

그림에 표시한 바와 같이 妨害機에 電波의 減衰는 完만하거, 레이더電波의 減衰는 急峻하다. 그러나 이와 같은 성질의 2線은 반듯이 交叉되는 점이 생긴다. 이 交叉점을 Self-screening Point 또는 Burn-through Point라고 한다.

그림 8에 있어서 $\delta=2.0m^2$ (戰鬪機 정도의 목표 레이더 反射面積)에 대한 이 점에 있어서의 거리는 22海里 정도로 $\sigma=50m^2$ (大型機, 哨戒艇 정도의 목표의 σ)에 대한 이 점의 거리는 약 110海里로 된다. 이 거리이내에서는 레이더의 反射波쪽이 강력하게 되어 妨害의 효과가 적어진다.

妨害機側으로서는 이 거리가 짧은 편이 유리하므로 그래프上에서는 이 妨害曲線을 平行과 上方으로 변경하면 좋다. 즉 妨害電力을 증대하는 것이다. 또한 이들의 곡선은 周波數, 안테나 利得, 목표의 크기 등으로 부터 계산한 결과의 레이더와 妨害機의 전과특성을 나타내고 있다.

이와 같이 明瞭하게 彼我의 特性을 그림에 표시하여 作戰자료로 하기위해서는 妨害機側로서는 그 設計資料로서 레이더의 성능, 特性을 알아둘 필요가 있으며, 이를 위해서는 ESM의 활동에 의한 情報가 반듯이 필요하게 된다.

○ ECCM 技術

軍用레이더의 제일약점이며, 또한 위협이 되는 것은 ECM에 의한 妨害, 기만이므로 대책상 약 150種에 이르는 ECCM의 方式과 회로가 있다. 또한 艦載레이더의 ECCM方式을 調査하더라도 대단히 종류가 많으며 또한 秘密性이 높아

내용이 불명한 것이 많기 때문에 이들을 分類, 解説하는 것은 곤란하다.

따라서 本質的으로 ECM공세에 대하여 강력 한 ECCM레이더 2~3個에 대해서 說明하고자 한다.

○ Pulse 壓縮레이더

1951年 벨電話研究所가 Chaff 레이더를 발명하고서 부터 그의 改良方式으로 Pulse 壓縮레이더가 발달되었다. 이 레이더의 ECCM 열쇠가 되는 것은 Barker 符號에 있다.

레이더의 1ms라고 하는 長 Pulse를 Barker符號에 따라 분할하고 位相反轉하여 송신한 反射波를 受信하고 이것을 Pulse 壓縮回路에 쌓아올리므로 분할한 Pulse 片이 1개의 Pulse로 형성된다. 즉 Barker Code가 7符號라면 7分割된 Pulse가 1개에 쌓아올려지므로 Pulse의 높이는 7倍로 되고 妨害雜音波의 上部에 돌출하게 되어 精確하게 Pulse를 인식할 수가 있다.

○ SLB 안테나

SLB(Side Lobe Blanking)안테나는 主 Lobe를 최대로 하고 Side를 최소로 하는 機構를 레이더 안테나에 부착 妨害波의 영향을 최소한으로 막는 강력한 Lobe 레이더用 안테나이다.

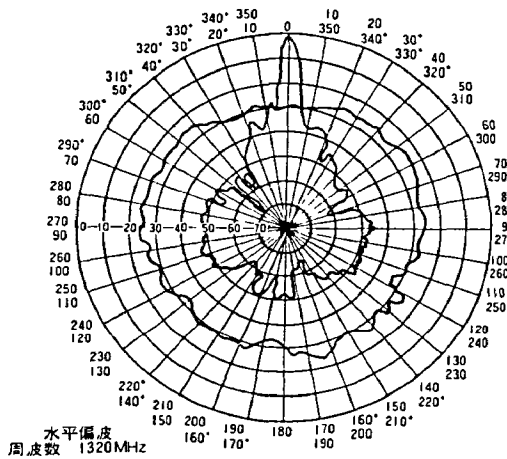
SLB의 構造는 레이더 안테나에 SLB안테나를 별도로 配置, 제각기 受信한 信號를 별개의 受信機에 접속하고 그 檢波出力을 比較器로 비교하여 SLB側이 수신한 信號가 레이더의 Side Lobe로 受信한 信號보다도 큰 出力이면 완전히 比較器로 消去되어 出力으로 나타나지 않는다.

그림 9에 두개의 안테나의 Pattern을 중복 표시하고 있다. SLB안테나는 그림에서 圓形에 가까운 쪽의 無指向性의 Pattern이다.

SLB안테나는 無指向性 로그계리 안테나를 사용하고 있다. 이 方式의 缺點은, 안테나의 主 Lobe에 妨害波가 入力된 경우에는 이것을 제거할수 없는 것이다.

마. ECM 裝置의 實際 AN/SLQ-32

前章의 ESM와의 관련시켜 SLQ-32의 部分에 대해서 記述하고자 한다. 안테나는 ECM과 같이 電波렌즈 안테나를 사용하고 있다. 그림 10과 같이 2개의 안테나에 의하여 水平方向 180度の



〈그림 9〉 레이더와 無指向性안테나의 水平方向 Pattern

범위의 공간에 電波를 輻射할 수 있으므로 左舷, 右舷에 1組씩 배치하면 좋다.

ESM가 잡은 電波중에서 가장 강력한 신호에 대하여 Operator에 의한 半自動制御 또는 電算機에 의한 自動制御로 방해를 할 수가 있다.

TWT(進行波管)가 出力管에 사용되고 Repeater 妨害로부터 Barrage 妨害까지를 電算機의 記錄카드를 참조하면서 最良의 방해방식을 선정하여 自動 또는 手動操作에 의해서 방해를 한다.

바. ECM의 今後에 對하여

美國防省이 公刊文書에 발표한 담화를 참고하여 美艦艇의 電子戰關聯의 장래문제점에 대해서

記述하고자 한다.

Stand Up 距離로부터 水上艦艇을 직격할 수 있는 능력을 가진 精密誘導兵器(PGM)의 출현은 水上艦艇防護의 임무를 대단히 복잡화하여 그들의 최적설계와 海軍部隊의 적절한 구성에 대해서 의문을 갖게하고 있다.

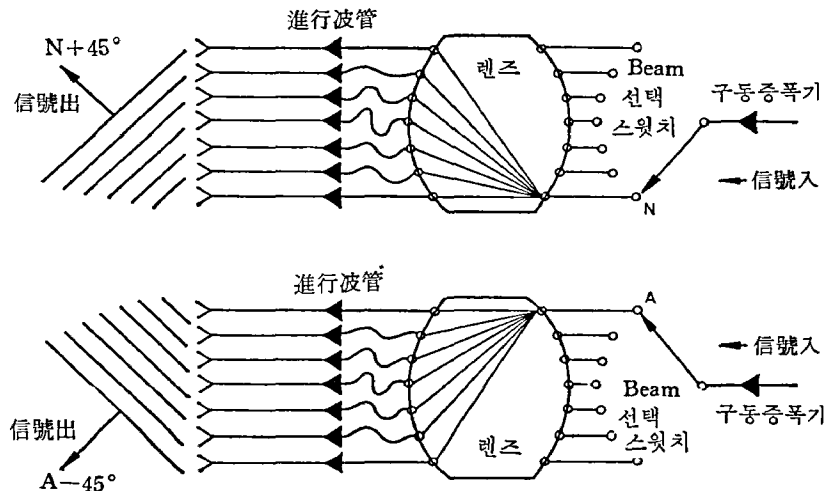
또한 水上艦艇은 航空機 및 衛星搭載 레이더에 의한 長距離觀測으로 변경되었다. 艦艇은 이들에 對항하여 電子妨害를 할 수는 있으나 ELINT監視에 더욱 노출되게되어 艦艇의 전투력은 防護力쪽에 한층 할애하지 않을 수 없다.

艦艇의 對策으로 생각되는 것은 다음의 3가지 점이라고 볼수 있다.

① 隱密性を 부여한다. 즉 電波의 輻射管制, 기판대책 및 艦艇의 설계변경(설계변경은 赤外線 Homing 미사일은 上部構造物의 急速冷却, 레이더에 대해서는 上部構造物 및 舷側을 電波吸收被膜으로 싸우는 것등이 고려되고 있다).

② Active 및 Passive 共히 航空공격에 대해서 防禦力을 개선한다(이 경우의 Active라고 하는 것은 미사일, 火箭등의 物理的 공격력을 가리키며, Passive라고 하는 것은 電子戰에 의한 電波에너지의 防衛, 공격력을 가리키는 것으로 생각된다).

③ 艦艇建造計劃을 보다 小型으로하고 廉價로 대량생산할 수 있는 방향으로 서서히 전환되고 있다(小型艦艇은 레이더 反射面積 δ 가 작게 됨과 동시에 Chaff나 Flare의 효과가 한층 크게된



〈그림 10〉 SLQ-32의 송신안테나 구조

다.

SLQ-32는 성능과 가격의 Balance를 고려한 종합적인 電子戰性能을 구비하고 對空防禦를 주목적으로 한 自動化 電子戰器材이며, 또한 將來戰에 적합하도록 함을 목적으로 한 器材로서 上述한 목적에 부합되고 있다.

以上の Active와 Passive의 戰力에 부가하여 航空機 對潛艦艇에 의해서 敵의 미사일에 多重 공격의 방해와 저지를 하며, 艦艇의 防禦力을 증대할 수 있으나 艦艇의 방어에 관해서는 금후에도 研究開發을 요하는 문제점이 많다.

3. Chaff와 Flare

가. 概 要

Chaff와 Flare는 電子戰에 있어서 중요한 역할을 하는 Passive한 器材이다. Chaff는 한마디로 말하면 敵의 레이더에 대한 對抗器材(CM)로서 大氣中에 전개하는 大量的 Passive한 反射物質로 볼수 있다.

Flare는 自體航空機 또는 自體艦艇 등의 방호용으로 전개하는 것으로 미사일이 IR(赤外線)을 輻射하는 목표에 追跡을 시작하려고 할때에 그 목표로 부터 Flare를 散布하고 Flare 그것에 미사일의 Lock On을 전환시켜 IR光을 輻射하는 물질이다.

Flare에 대해서는 용도는 上記와 같이 단순하나 Chaff의 歷史는 비교적 오래 되었으며 또한 여러가지의 용도가 고려되고 있다.

나. Chaff의 用途

Chaff는 여러가지의 形狀, 치수가 있으며 또한 대상으로 되는 兵器에 따라서 여러가지의 用法이 있다. 이들에 대해서는 이하 간단히 記述하고자 한다.

○ Chaff 回廊에 의한 遮蔽

Chaff를 航空機로 부터 연속적, 또는 大量的로 散布하여 Chaff의 回廊을 만들고 그 속을 航空機가 비행하므로써 敵의 레이더로부터의 檢知를 방해한다. 이때 Chaff를 散布하는 航空機는 Chaff보다 먼저 나오기 때문에 敵의 레이더 照準火器의 희생이 될 가능성이 있었으나 최근

에는 Chaff Rocket의 사용에 의하여 前方 및 좌우에 散布하는 방법이 채택되었으며 技術적으로 완성하기에 이르렀다.

○ Chaff에 의한 混亂 및 飽和

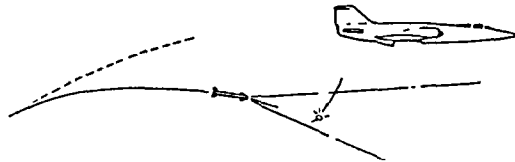
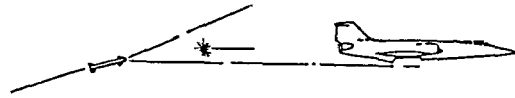
滯留하는 大量의 Chaff가 存在하면 시간의 경과와 동시에 레이더 Scope의 큰 面積을 Cover하게 되어 레이더 Operator의 목표인식을 혼란시키고 또한 신호를 減衰시키므로써 레이더探知距離를 단축시키게 된다.

○ Chaff에 의한 欺瞞

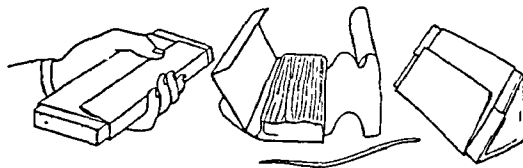
적절한 周波數同調와 散布量에 의하여 레이더 Scope上에 航空機가 존재하는 것과 같은 Echo를 생기게 할 수가 있다. 이 Echo는 空中에서 漂遊하고 있으며 이는 前進하는 뜻이 아니기 때문에 시간이 경과하면 Chaff라고 판단할 수 있다.

그러나 이 Chaff 目標의 존재는 신속한 대응을 필요로 하는 近代戰에 있어서 레이더 Operator의 早期判定을 틀리게 하여 큰 영향을 생기게 할 가능성이 있다.

제 2 차大戰에 있어서 聯合軍의 Chaff 作戰이



<그림 11> Flare의 투하상황



<그림 12> Chaff의 Package

아주 효과가 있기 때문에 독일軍에서는 이동목표와 非移動目標를 레이더 Scope에서 구별하는 MTI(Moving Target Indicator)를 발명하여 레이더에 부착하기에 이르렀으며 그의 發明은 지금까지도 사용되고 있다.

○ 自己防衛

元末 Chaff는 航空機의 자기방위의 목적을 위하여 개발한 것으로서 敵이 射擊을 개시하기 전에 Chaff를 散布하여 敵의 사격을 Chaff에 指向시키는 것이다. 그 때문에 Echo의 信號反射強度는 航空機의 Flare보다도 충분히 크지 않으면 안되게 되어 있다.

다. Flare의 用途

Flare의 용도는 本文의 서두에서 記述한 것으로서, 대부분 설명되었다고 보나 다시 여기에서 간단히 설명하고자 한다.

Flare는 航空機의 엔진 排氣中에 포함되어 있는 赤外線에 追跡하는 미사일의 공격을 받았을 때 엔진의 後方에 Flare를 발사하여 미사일의 追跡을 이 Flare에 전환시킨다. 이 때문에 IR의 輻射強度는 엔진의 IR輻射強度보다도 充分히 크지 않으면 안된다. Flare를 투하할 때에 航空機의 선정은 중요하다. Flare 投下機는 75~100피트/秒의 속도로 Flare를 投下할 수 있다.

이것은 航空機와 미사일의 相對速度로 결정된 것으로 投下가 너무 빠르면 Flare에 미사일을 追從시키는 것이 어렵게 되며, 너무 늦어도 航空機에 直진하여 오는 위험이 있게 된다.

라. Chaff의 種類

Chaff의 材料는 제 2차大戰 중에는 朱錫箔이 사용되었으나 현재는 加工性和 價格面 때문에 알루미늄箔과 알루미늄被膜의 Lass-Fiber가 주로 사용되고 있다. 亞鉛被膜 Fiber, 銅線 등도 사용될 수가 있다.

○ Chaff

레이더波에 共振한 Chaff는 큰 Echo를 일으킨다. Chaff는 相對레이더波長의 半(強)의 길이 때에 레이더波에 共振하게 된다. 즉 D. Band(新呼稱에 의한)의 波長 30cm의 레이더에 대해서는 15cm(強)로 잘라 가운 Chaff를 爆擊機와 같

은 Echo가 생기게 하기 위하여 상자에 넣어 사용한다. 이 상자는 Chaff 散布器로 부터 투하될 때에 자동적으로 封印이 뜯어져 空中에 투하되어 Chaff의 조각이 확산되게 되어 있다.

Chaff 다이포올은 일반적으로 2GHz 이상, 下限 1.5GHz 까지의 周波數에 대하여 사용된다.

알루미늄箔으로 만든 Chaff는 단단한 것으로 6~21mm 幅의 것은 縱軸을 중심으로 하여 V형으로 구부린 것이 있다.

이 型은 投下後도 彎曲하기 어려움으로 보통 水平으로 낙하하는 것이 많으며 水平偏波의 레이더波에 유효하다. 이 型의 Chaff에 또한 一端에 무거운 凸部를 부친 것이 있다. 이것은 垂直으로 낙하하는 것으로 垂直偏波의 레이더에 유효하게 된다. 이들은 주로 B~D Band의 周波數에 대하여 사용된다.

최근 Chaff 散布器는 投下時에 Chaff를 所要되는 길이로 절단하면서 연속적으로 투하가 가능하다.

○ Lobe

Lobe는 最大 數100피트의 길이에 이르며 일반적으로 多重 細糸狀의 알루미늄被膜 Glass-Fiber 또는 알루미늄箔으로 만들어졌다. 이들은 낮은 周波數의 장치에 대하여 同調 또는 非同調의 길이로 사용된다.

마. Chaff와 Flare 使用의 戰爭敎訓

Flare는 IR追跡로켓트의 출현이후 개발되었으며, 兩者를 통해서 중요한 戰爭敎訓이 기록되어 있다.

Chaff 또는 Lobe 사용의 최초는 1943年 7月 英國空軍이 행한 독일의 함부르크爆擊隊이었고 그의 사용실적은 대단하였다고 報告되어 있다.

英國空軍이 投下한 Chaff를 레이더에서 본 독일軍의 Operater는 「理由를 몰으겠다」고 불으졌었다고 하며 航空機의 손해는 종래의 공격에 비하여 극히 경미하였다.

太平洋戰爭에 있어서 日本海軍은 2.7cm 幅으로 70cm 길이의 알루미늄箔을 개발하여 實戰에 사용하였다. 이것은 10枚가 1組로서 陸軍공격기 1대분의 레이더 Echo를 생기게 하였다.

1944年 11月 第2次 부젠빌島 海戰에서 라보

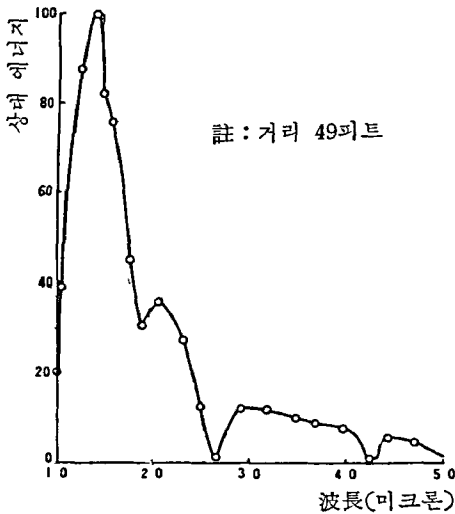
술에 정박중인 航母 瑞鳳으로 부터 Chaff를 휴대하고 발진한 97式艦載폭격기 2대가 敵遭遇豫想海面의 반대측에 Chaff를 투하하여 이 방향으로 美艦載機를 집중시켜 그 사이에 第11航空艦隊의 99式艦載爆撃機가 美 輕巡洋艦 바밍함에 250kg 爆彈을 명중시켰다.

제 4 차에 同島海戰에서도 Chaff를 사용하여 陸軍공격기 7대가 輕巡洋艦 반바에 航空魚雷를 명중시킨 바있다.

1973年の 中東戰爭에서 이스라엘 艦艇은 대량의 Chaff를 사용하여 Styx미사일을 장비한 시리아海軍 미사일艇의 레이더探知를 免하였다.

1971年の 越盟爆撃作戰에서 美戰略爆撃機 B-52는 越盟의 레이더와 地對空미사일에 대해서 다수의 對 레이더미사일(ARM)과 대량의 Chaff를 사용하여 손해를 대폭적으로 경감할 수 있었다.

1973年 9月의 中東戰爭에서 埃집트海軍이 발사한 52發 이상의 Styx미사일에 대해서 이스라엘 艦艇은 電子妨害機 Chaff Flare를 증동원하여 이들의 미사일을 無効化시켰다. 또한 Styx미사일 중에는 艦艇이 발사한 IR를 追跡하는 것도 있으므로 Flare가 유효하게 되고 있다.



<그림 13> 대표적인 Flare Spectrum

바. Chaff와 Flare의 特性

○ 有効持續時間

Chaff와 Flare의 有効持續時間, 즉 Chaff에

《國防과 技術 1982.3》

대해서는 滯空時間, Flare는 燃燒發光時間이 우선 문제로 되고 있다. Chaff의 Drag(緩降下)時間은 Drag 距離의 函數이므로 강하거리에 대해서 말하면 1mm의 알루미늄被膜 Glass-Dipole로 평균 1인치/秒, 8m의 V型의 것으로 1인치를 약간 上回하는 정도이다. 이 數値로 보아 1시간에 약 100m 정도밖에 降下하지 못하게 된다. 이것은 上空에서 氣流의 영향이 크다고 생각된다.

有効持續時間은 정적인 시험에서는 1秒이내에 급격히 빛의 強度가 증대하고 5秒이내에 소실한다.

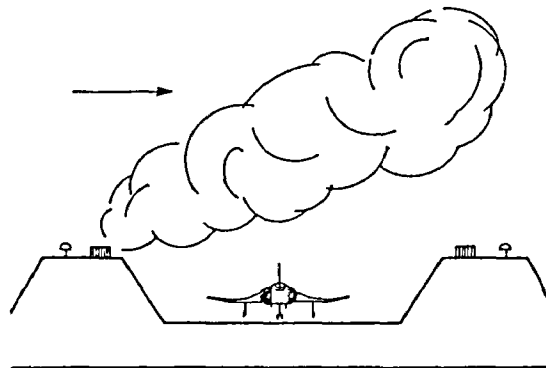
그러나 空中에서는 지속시간이 길으나 光度는 낮다. 또한 航空機의 속도와 高度의 증대에 비례하여 光度는 감소한다. Flare의 발사시기는 速度와 高度에 關連하여 電算機로서 자동적으로 결정되는 것으로 생각된다.

○ 有効帶域, Spectrum

Chaff 및 Lobe는 航空機에 탑재되는 散布器 속에 정상적으로는 350파운드(159kg)정도 수납되며 周波數覆域은 A~J. Band까지이다. Dipole 인치單位로 표시된 1,000만本/秒의 速度로 Chaff를 절단제조하여 機上으로부터 散布할 수 있다.

Flare의 Spectrum帶域은 그림 13에 표시한 바와같다. 이 Spectrum 分布가 실제의 航空機엔진排氣의 Spectrum 分布에 중첩되어 있지 않으면 미사일의 追跡을 Flare쪽으로 향하게 하는 효과가 없다.

또한 航空機엔진의 排氣口를 上方으로 向하게 하는 계획이나 排氣管을 단열재로 차단하는 계획등이 있다.



<그림 14> Aerosol에 의한 항공기 방호

Passive ECM의 材料

器 材	有 効 成 分	摘 要
Chaff	朱錫箔, 알루미늄 호일, 알루미늄被覆나이론 알루미늄 Glass-fib8r等	두께는 0.3~8mm 幅 4~21mm가 主力
Flare	마그네슘(Mg)및 테트라플루오에지렌 (C ₂ F ₄)의 混合物等	燃燒後는 MgF ₂ , C, MgO 등으로 된다.
Aersol	HC型(알루미늄粉 酸化錫 6價크로로에탄) 白蠟煙 MIA社型(보론카티움, 鹽素, 二酸化쥬타늄).	白燐의 燃燒物은 毒性이 있다. Laser兵器에 대하여 종래의 煙幕 에 比하여 특히 有効하다.
Decoy	루네벨그렌즈(쥬탄酸바리움, 發泡 포리스쥬로等)	루네벨그렌즈 反射體는 1個 180° (實用은 140°)의 범위로 到來方向 에 電波를 되돌려 보낸다

艦艇에 있어서는 核攻擊을 받았을 때에 放射
能을 洗淨하는 살수장치를 이용하여 IR 追跡미
사일의 공격을 받을 염려가 있는 경우에 船體를
冷却시키는 方法이 있다(註: 溫度가 높은 物體
는 그 정도 IR의 輻射가 크다).

사. Chaff, Flare 散布器材의 實際

SLQ-32는 종합적인 電子戰 裝置이므로 당연
히 Chaff의 投射器(空중에 쏘아 올리기 때문에
機上의 장치와는 다르다)를 장비하고 있다.

艦의 상대적인 風向, 橫的인 동요 및 발사기
기등은 Computer에 의하여 計算되어 자동 또는
반자동적으로 발사가 가능하다. (註: 半自動이라고
함은 Computer가 미사일接近의 경고를 발사 할
때 Operator는 다만 보단을 늘리기만 하면 된다).

投射器는 兩舷에 각각 2個씩 장비되고 Launch-
er에는 6종이 들어 있으며 Computer는 발사해
야 할 종류까지 결정할 수 있다.

아. 結 論

Chaff, Flare는 電子戰의 필수품으로 되어있으
며 또한 이들을 追從하는 Decoy, Aerosol에 관
해서 記述하고자 한다.

1976年 11月 CO₂ Laser는 White Sand 사격場
(미국)에서 300마일/時로 飛行中인 巡航미사일을
격추시키는 데에 성공하였다. 이는 電子戰에
새로운 Laser 對策의 참가할 필요성을 示唆하는
것이다. Aerosol는 일반적으로 固形物로서 연소
에 의하여 빛을 발하며 대량의 微粒子를 大氣中

에 생기게 한다. Flare와 다른것은 형성된 煙狀
의 微粒子를 사용하는 점에 있다.

光線에 대하여 일반적인 煙氣보다는 대단히 차
폐력이 강하다(빛의 減衰率은 80%에 이른다).
물론 艦艇등의 觀測遮斷에도 효과가 크다.

그림 12는 지상의 掩蔽中에 있는 航空機를 차단
하는 Aerosol의 사용례이며 軍用的 重要물건, 즉
司令部, 레이더·사이트, 橋梁, 艦艇등의 차단,
防護에 사용된다. 對 Laser와 對觀測에 대한
Aerosol의 散布率은 風速에 의하여 좌우되나 대
개 前者의 경우의 편이 많다.

Decoy는 Chaff의 反射를 空間의 일부에 집중
한 것과 같은 反射를 일으켜 航空機와 같은 레이
더 Echo를 생기게 하는 레이더欺瞞專用的 비행
체이다. 2~3 정도의 小型滑空體가 항공기의 胴
體로부터 放出되어 강력한 레이더 Echo를 생기
게하는 비밀은 그의 頭部와 尾部에 電波反射體
(루네벨그 렌즈)를 장치하고 있기 때문이다.

끝으로 記述한 Chaff로부터 Aerosol까지를 포
함한 材料를 정리하여 표시하였다.

☆☆☆

以上 艦艇에 될수 있는限 중심을 두고 電子
戰의 해설을 하였다. 그러나 병기관계, 특히 電
子戰關係의 병기에 대해서는 秘密部分이나 분명
한 점이 많아 讀者에게 혹시 의문되는 점이
남아있지는 않은가 생각되나 이 정도의 解說通
例로서 諒察을 빌어 마지 않는다.

참 고 문 헌

「世界의 艦船 81年 11月號」