

# 北太平洋의 惡氣象條件과 船舶의 安全運航에 관한 研究( I )

閔 丙 彦

## A Study on the Safe Operations of Ships under Heavy Weather Conditions in the North Pacific( I )

*Byeong-eon, Min*

〈目 次〉

Abstract	4. 颱風의 進路豫報 表示法
I. 序 言	5. 颱風의 中心位置의 精度
II. 船體着氷	6. 可航半圓과 危險半圓의 問題點
1. 着氷이 船舶의 運航에 미치는 영향	7. 颱風의 進路豫報
2. 着氷의 發生時期	8. 颱風의 避航法
3. 着氷이 일어나기 쉬운 氣象條件	V. 海 霧
4. 着氷時의 對策과 航法	1. 海霧의 種類
III. 流 氷	2. 移流霧의 發生機構
1. 流氷에 의한 海難의 類型	3. 移流霧의 發生時期
2. Okhotsk 海의 流氷	4. 移流霧 發生時의 바람
3. Bering 海의 流氷	5. 霧中에서의 氣溫과 水溫의 差
4. 流氷의 觀測과 海水圖	6. 北太平洋의 海霧
5. 流氷海域에서의 船舶의 運航	7. 移流霧의 豫報
IV. 熱帶低氣壓(颱風)	8. 霧中에서의 航法
1. 北太平洋의 熱帶低氣壓	VI. 結 言
2. 颱風의 暴風域	參考文獻
3. 颱風의 強度分類 및 最大風速	

### Abstract

In cold season, ice accretion on ship, drift ice, NW winter monsoon, developed extratropical cyclones and associated cold fronts, in warm season, tropical cyclones and dense sea fogs, are encountered very frequently in the North Pacific, especially in the northwest part of it.

The two areas, namely, the northwest part of the North Pacific and Bermuda Triangle in the North Atlantic are generally known as most dangerous areas in the world because of

\* 正會員, 韓國海洋大學

its high incidence of sea casualties.

In recent years, the small fisherboats operating in the northern seas were frequently sunk in a group as they encountered ice accretion or drift ice. And ocean going vessels were also sunk frequently due to strong winds and very high seas in winter monsoon or developed cyclones and cold fronts.

The purpose of this paper is to analyse the real state of heavy weather conditions such as ice accretion on ship, drift ice, typhoons and sea fogs, and also to analyse the effect of these heavy weather phenomena on the vessels at sea, thus helping mariners operate in such heavy weather conditions.

## I. 序 言

北太平洋(특히 北部海域)은 寒候期에는 着氷現象과 流氷, 北西季節風과 발달한 低氣壓, 그리고 이에 동반된 寒冷前線 등에 의한 強風과 大波, 暖候期에는 濃霧와 颱風의 내습으로 船舶의 安全運航이 크게 위험을 받는 곳이다. 특히 日本東方洋上은 北大西洋의 Burmuda Triangle 海域과 함께 세계적으로 海難事故가 빈발하는 곳으로 알려져 있다. 日本의 東方 北太平洋海域에서 1969年 이후 약 20隻의 대형선이 침몰하였으며 1980年末부터 이듬해 正月에 걸쳐 대거 6隻의 대형선이 침몰하는 희유의 大海難事故가 발생하였다.<sup>1)</sup> 최근으로는 今年 2月 14日 正午에서 15日 正午 사이에 美國의 Seattle 港을 떠나 釜山으로 향하던 韓進海運(株)소속 Container 專用船 韓進仁川號(17,600톤)가 Kuril 列島近海上에서 통신이 두절되면서 침몰한 참사가 발생하였다. 그리고 近年에 와서는 北洋에 出漁하는 漁船의 척수가 크게 증가함에 따라 流氷과 船體着氷 및 強風 등으로 집단적으로 침몰하는 참사도 빈발하고 있는 실정이다.

上記한 두 海域은 大陸의 東쪽에, 그리고 中緯度偏西風帶의 한 가운데에 위치하며, 世界二大 暖流인 Kuroshio와 Gulf Stream이 각각 큰 弧를 그리면서 北上하는 곳이다. 이와 같은 地理的 條件이나 海況이 海難多發生과 어떤 關係性이 있는가도 구명되어야 할 것이다. 아마도 그것은 대규모적 山岳地帶가 偏西風의 風上側에 위치하며, 暖流를 가지는 따뜻한 海域이 존재하고 있기 때문이라 생각된다.

海難事故는 귀중한 人命과 막대한 財貨의 손실을 가져오므로 이로 인한 피해는 심각한 것이다. 天氣圖의 작성과 豫報業務도 역사적으로 보면 船舶의 安全運航에 관련되어 시작되었던 것이다. 이 論文은 船舶의 安全運航과 漁船의 安全操業에 도움을 주기 위하여 海難의 원인이 되는 氣象·海象條件의 실상을 파악하고 災害를 방지하기 위한 구체적인 방법을 제시하는데 그 목적을 두었다. 여러 惡氣象·海象條件中 이 論文에서는 船體着氷, 流氷, 颱風 및 海霧에 대하여 論하고 北西季節風, 低氣壓과 이에 동반된 寒冷前線 및 Aleutian 低氣壓, Kona Storm 등에 대해서는 다음 號에서 論하려고 한다.

## I. 船 體 着 氷

海水의 비말이나 雨滴, 霧粒 등이 물체에 부착·동결되어 이루어진 얼음, 또는 이들 현상을 着氷(Icing, Ice accretion)이라 한다. 冬季 北洋을 航行하는 船舶에 있어서 氣溫이 낮아도 海水가 얼지 아니했을 때 海水의 비말이 船體에 부딪치어 얼어붙을 때가 있다. 이것이 船體着氷(Ice accretion on ship)이라 불리우는 현상인 것이다.

船體着氷은 그 발생원인에 의하여 다음의 세 경우가 있다.

- ① 海水의 비말이 얼어 붙은 것.
- ② 과냉각의 雨滴이나 霧粒이 얼어붙은 것.
- ③ 눈이나 진눈개비 등이 부착된 것.

이 중에 ③에 의한 着氷은 바람에 의하여 불려 날아가는 경우가 많고 ②에 의한 着氷은 발생 빈도가 작으며, 또 霧粒에 의한 着氷은 진행속도가 대단히 느릴 뿐만 아니라 이를 제거하기가 용이하다. 따라서 船體着氷의 원인으로써 중요한 것은 ①의 船上으로 치켜 올려진 海水의 비말이 얼어 붙어서 생기는 着氷인 것이다.

### 1. 着氷이 船舶의 運航에 미치는 영향

① 船首尾樓甲板이나 上甲板上的 着氷은 보행이나 선상작업에 지장을 준다.

② 着氷은 船體의 上部構造物, 특히 船首部分, 船橋, Handrail 과 甲板機械, Compass 등의 航海計器에 잘 일어난다. 따라서 着氷은 船舶의 運航에 크게 영향을 줄 뿐만 아니라 着氷이 진행됨에 따라 船體는 점차로 Top heavy 상태로 되어 복원력을 현저히 저하시켜 전복·침몰의 직접적인 원인이 되기도 한다.

③ 通信用 Antenna 나 Mast 에 着氷이 심하게 일어날 때는 Antenna 의 절단 등으로 交信不能의 사고를 일으키기도 한다.

④ Cargo hatch, Derrick boom 과 Winch 등에 着氷이 일어나면 荷役作業에 지장을 준다.

着氷에 의한 海難事故는 漁船 등의 小型船에서 많이 볼 수 있지만 최근에는 大型船에 있어서도 문제가 되고 있다. 北美의 西海岸地域의 諸港口에서 北方大圈航路를 따라 극동으로 향하는 Chip 나 木材運搬 大型船이 Kuril 列島의 南東海域에서 심한 着氷을 만나 전복의 위험에 처하기도 하고, 除氷作業을 하지 못하고 入港하여 荷役に 지장을 주는 등의 예를 보게 되었다.

### 2. 着氷의 發生時期

船體에 着氷現象이 일어나는 時期는 海역에 따라 서로 다른 것은 물론이겠으나 대표적인 海역의 평균적인 발생시기를 들면 대략 다음과 같다.

Kamchatka 半島南部近海 : 12月中旬~3月中旬

北部 Kuril 列島海域 : 12月下旬~3月上旬

南部 Kuril 列島海域 : 1月上旬~2月下旬

그리고 東海北部海域이나 Okhotsk 海도 겨울동안에는 당연히 着氷이 잘 일어날 것이라고 보여지지만, 이들 海域에는 이 기간에는 海水과 流氷이 있어 船舶이 航行하거나 漁船이 出漁하지 않는 것이 보통이므로 상세한 상황은 잘 알려져 있지 않고 있다.

### 3. 着氷이 일어나기 쉬운 氣象條件

着氷이 잘 발생할 수 있는 氣象·海象條件은 風向과 風速(波浪) 그리고 氣溫을 들 수 있다.

#### (1) 風 向

着氷에 의한 여러 海難事故는 대체로 발달한 低氣壓이나 寒冷前線이 통과한 뒤의 北西季節風이 강하게 불어오는 해역에서 발생하였다. 東風이나 南風이 불 때는 우선 잘 일어나지 않는다고 보아도 좋다. 寒候期에 크게 발달한 低氣壓이나 이에 동반된 寒冷前線이 통과한 뒤에는 오랫동안 北西風이 강하게 불므로 波浪이 크게 발달하고 또 氣溫도 많이 내려가기 때문에 船體着氷이 잘 일어나는 것이다.

#### (2) 風速(波浪)

海水의 비말이 船體의 上部構造物이나 甲板上에 올라가 부딪치는 정도로 바람이 강하게 불 때에 着氷은 일어난다. 波浪의 크기(波高)는 風速뿐만 아니라 吹走距離(Fetch)와 바람의 지속 시간에 의하여 결정되지만 北西風이 불 때, Kuril 列島부근의 해역이면 대체로 風速 10m/秒로 12時間, 15m/秒로 6時間 바람이 불면 波高는 2~3m 까지 발달한다. 船型이나 배의 크기에 따라 다르겠지만, 100톤 정도의 漁船이 2~3m의 波浪을 만나면 海水의 비말을 상당히 심하게 받는다.

#### (3) 氣 溫

着氷이 잘 일어나기 쉬운 조건중에서 가장 중요한 요소는 氣溫이다. 실측결과 氣溫이  $-3^{\circ}\text{C}$  까지 내려가면 서서히 얼음이 붙기 시작한다. 그리고  $-6^{\circ}\text{C}$  이하로 되면 얼음의 成長은 빨라지고 다시  $-8^{\circ}\text{C}$  이하로 내려가면 海水의 비말은 전혀 흘러내리지 않고 船體에 즉시 얼어 붙는다. 그러나, 氣溫이  $-17^{\circ}\text{C}$  이하로 내려가면 작은 입자로 된 海水의 비말은 船體에 부딪치기 전에 氷結하므로 着氷速度는 늦어진다.

그림 2·1은 한해의 겨울(1971年末~72年初)동안에 着氷이 일어났을 때, 단순히 氣溫과의 관계를 나타낸 것이다.” 그림 2·2는 실측자료에서 구한 것으로 風速 및 氣溫과 着氷程度와의 관계를 圖表化한 것이다.” 이 그림에서 알 수 있는 바와 같이 氣溫이 것처럼 낮지 않아도 바람이 강할 때는 着氷이 일어난다. 실제로 日本의 관측선「高潮丸」(340톤)이 1963年 11月 8日, Sakhalin 東方洋上을 평균 약 24knot의 강한 季節風을 船首쪽에서 받으며 西進中, 午前 3時頃(이 때의

着水階級  
 □ 航체에 조금 붙었다.  
 ▨ 많이 붙었다.  
 ■ 대단히 많이 붙어 除水作業을 실시했다.

A: 약한 着水  
 B: 着水이 어느 정도 심하다.  
 C: 着水이 심하여 위험함.

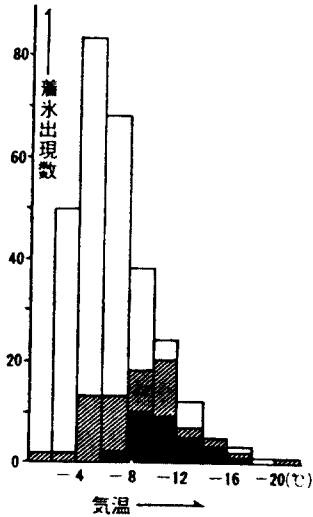


그림 2-1 氣溫과 船體着氷과의 關係(1971~72 겨울)

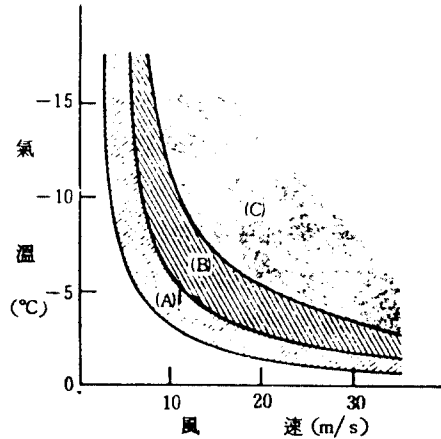


그림 2-2 氣溫, 風速과 着氷度와의 關係

氣溫은 겨우  $-1.5^{\circ}\text{C}$ 부터 Windlass, Mast 그리고 Antenna 에 이르기까지 얼음이 붙기 시작하여 午前 6時까지 두께 2~3cm에 이르렀다. 이 때문에 한때 交信不能이 되기도 하였다. 이 사실로부터도 알 수 있는 바와 같이 앞에 기술한 발생기간은 어디까지나 평균적인 기준을 나타낸 것이므로 北洋을 航行하는 船舶은 적어도 11月에서 4月 사이에는 항상 着氷現象을 염두에 두고 경계를 하여야 할 것이다.

#### 4. 着氷時의 對策과 航法

海水溫度가  $-3^{\circ}\text{C}$  이하의 해역에서 지금부터 강한 着氷이 일어날 것같은 低溫과 強風이 예상될 때는 船體着氷에 의한 災해가 발생할 가능성이 있으므로 충분한 주의와 경계가 필요하다.

① 보통 船舶의 着氷率(着氷量/排水量)이 15%에 달하면 전복의 우려가 있다고 한다. 그러나 100톤급의 대구漁船의 경우에는 경험상 13% 정도가 한계일 것이라는說이 우세하다. 따라서 船體의 안전을 확실히 보장하기 위한 한계는 대략 10%로 보는 것이 바람직하며 이를 넘을 때는 除水作業을 서둘러 할 필요가 있다.

② 船體의 着氷은 보통  $-6^{\circ}\text{C}$  이하에서 급격히 진행되지만 氣溫 그 자체보다도 風力이나 船

體의 진행속도에 의하여 船上으로 올라와 부딪치는 비말의 양의 다과가 문제로 된다. 따라서 船體着氷이 급격히 진행될 때는 船速을 줄이어 船體에 부딪치는 비말의 양을 극력 줄이도록 한다.

③ 片舷만의 着氷은 더욱 위험하다. 風上側의 舷에만 얼음이 다량으로 붙으면 船體는 균형을 잃고 경사된다. 또 얼어붙은 얼음만큼 風壓을 받는 側面積이 증대하므로 船體의 안정성이 크게 약화된 결과 약간의 強風이나 橫波에도 견디어내지 못하고 순간적으로 전복·침몰하는 무서운 海難事故를 때때로 일으키는 것이다.

④ 바람을 船尾로 받으면서 航走할 때보다 風上을 향하여 航行할 때가 着氷이 심하다. 이것은 船首가 風上을 향하여 진행할 때는 Pitching이 보다 심하고 또 상대적으로 風速(波速)이 증대되어 비말을 많이 받기 때문이다. 따라서 着氷時에는 될 수 있으면 船體를 風下쪽으로 향하도록 하는 것이 바람직하다.

⑤ 海水의 비말은 직경 1mm내외의 크기이며 雲粒이나 霧粒보다는 극히 크다. 따라서 비말이 차례차례로 얼어붙은 얼음에는 빈틈이 거의 없으므로 단단하다. 도끼나 쇠파지 등으로 때리면 분쇄시키는 것은 어려우며, 처음부터 다음과 같은 조치를 취하는 것이 좋다.

a) 얼음을 깨기 쉽도록 하기 위하여 처음부터 Deck mat, 고무 Sheet, Polystyrene 板과 같이 탄력성이 있는 Plastic을 깔아둔다. 着氷은 그 깔판 위에 일어나게 되며, 따라서 망치 등으로 때리면 깔판의 탄력으로 얼음이 잘 분쇄된다.

b) 融氷藥液을 살포하여 얼음을 녹이거나 또는 着氷前에 疎水性의 藥液을 발라 첫단계의 着氷이 잘 일어나지 않도록 한다.

c) 着氷이 일어나서는 안되는 곳(예를 들면 Bridge의 창, Radar, Antenna, 救命艇의 自動離脫장치 등)에는 面狀 또는 線狀의 電熱 Heater를 붙이거나 溫風을 불어넣는 등의 방법으로 얼음을 녹인다. 또 主機排熱利用, 主機冷却水利用 등의 방법도 생각할 수 있다. 이런 방법은 원리적으로는 적합하여, 실험에서는 방지효과가 뛰어난 것도 많다. 그러나, 내구성에는 문제가 있으며 비용이 많이 요구되는 등의 이유 때문에 아직은 일반적으로 널리 사용되고 있는 것은 없다.

d) 着氷이 잘 일어나지 않는 재료를 船體의 노출부분에 사용한다. 예를 들면, 적당한 塗料나 Plastic材를 사용하는 것이다. 완전무결하게 着氷을 막아주는 재료는 없으므로 다만 처음부터 着氷時刻을 늦추어 주는 효과를 기대할 따름이다. 그러나, 일단 着氷이 시작되면 그 다음부터는 얼음위에 얼음이 붙는 식으로 되어 밑바닥의 재료와는 무관하게 되는 결점이 있다.

e) 甲板에 놓여진 불필요한 물건은 정리정돈하여 없애는 것도 着氷을 막는 하나의 방법이 될 수 있다.

⑥ 着氷海難의 거의 대부분을 차지하는 漁船을 보아도 夜間의 歸港航行中에 일어나는 경우가 많다. 歸航의 안도감, 除氷作業의 태만, 야간의 황파에 대한 船舶操縱術의 미숙, 積貨物의 이

동 등, 船員 자체의 근무태도와 자질도 문제가 된다.

⑦ 冬季에 北冬季節風이 발달하고 寒波의 내습이 예상될 때는 항상 氣象官署의 氣象通報를 잘 청취하고 또 Facsimile(FAX) 天氣圖를 이용하여 극력 着氷事故에 대비한다. 하나의 예로 上層 5,500 m(500 mb)의 等溫線에 나타나는 寒冷舌(寒冷渦)에 착목한다.  $-40^{\circ}\text{C}$  이하의 等溫線이 Sakhalin, Okhotsk 海를 덮으면서 南東으로 뻗으면 Kuril 列島, Kamchatka 近海에서는 着氷이 일어나기 쉬운 氣象條件이 된다.

海面의 氣溫에 착목하느냐 또는 上層의 850mb, 700mb, 500mb 등 어느 等壓面의 氣溫에 착목하느냐는 전혀 各者의 선택에 달려 있다. 그것은 表 2·1에서 볼 수 있는 바와 같이 海面상의 氣溫이  $-3^{\circ}\text{C}$ ,  $-8^{\circ}\text{C}$ 일 때, 標準大氣의 氣溫減率( $-0.65^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ )을 적용시켜 上層의 氣溫을 낸 것이지만 어느 高度의 氣溫을 이용하든 着氷의 발생의 예상에 도움이 될 것이다.

表 2·1 着氷이 일어나기 쉬운 各高度面의 氣溫

等壓面(高度)	氣 溫	
500mb(5,500m)	$-40^{\circ}\text{C}$	$-45^{\circ}\text{C}$
700mb(3,000m)	$-23^{\circ}\text{C}$	$-28^{\circ}\text{C}$
850mb(1,500m)	$-13^{\circ}\text{C}$	$-18^{\circ}\text{C}$
地表面	$-3^{\circ}\text{C}$	$-8^{\circ}\text{C}$

## Ⅲ. 流 氷

氷山하면, 英國의 Southampton에서 New York로 처녀항해중 1912年 4月 14日 밤, Newfoundland 섬의 東南方의 大西洋上에서 氷山과 충돌, 우현선복을 찢기어 2時間 40分만에 침몰, 1,513名의 희생자를 낸 비극의 호화여객선 Titanic 號를 연상하게 된다.

氷山은 육상에서 형성된 氷河가 海上으로 유출된 것으로 淡水氷인데 대하여 流氷은 海水가 빙결하여 형성된 것으로 성질이 서로 다르다. 海水가 얼어서 형성된 海氷(Sea ice)이 海岸에 얼어 붙어 움직이지 않는 것을 定着氷이라 하는데 대하여 陸岸에서 떨어져 흘러 움직이는 것을 流氷이라 하여 구별하고 있다.

다행히 北太平洋上에는 氷山은 거의 볼 수 없고, Okhotsk 海와 Bering 海域에서는 寒候期에 流氷이 가끔 船舶의 안전운항과 漁船의 操業에 지장을 주고 있을 뿐이다.

### 1. 流氷에 의한 海難의 類型

船舶이 流氷과 충돌한 결과 船體가 파손되어 航行不能, 浸水, 沈沒 등의 해난을 당할 뿐만 아니라 때로는 海水(流氷)이 港口나 航路를 폐쇄시켜 船舶의 運航과 漁船의 操業을 불가능케 하기도 한다. 流氷에 의한 浸水, 沈沒사고는 대형선보나도 소형선인 漁船에서 흔히 볼 수 있다.

船舶이 입는 流水에 의한 海難을 類型別로 살펴보면,

- ① 流水에 포위되거나 沿岸氷域에 Stranding 되어 航行不能이 되는 경우. 小型船(특히 漁船)에서 주로 볼 수 있고, 가장 많이 일어나는 사고이다.
- ② 流水塊에 충돌하여 船首, 船尾 또는 外板이 손상을 입고 浸水, 沈沒한다.
- ③ Screw propeller 나 Rudder 에 流水塊가 부딪치어 손상을 입은 결과 航行不能이 된다.
- ④ 機關冷却水의 循環 Pipe 에 작은 氷塊가 박히어 機關停止의 사고를 일으키는 경우가 있다.

## 2. Okhotsk 海의 流水

### (1) 結氷原因

北氷洋은 주위가 육지로 둘러싸여 있으므로 南氷洋과는 달리 海水의 움직임이 제한을 받는다. 그리고 Bering 海북부에 형성되는 一冬氷도 두께가 얇으므로 南下하면 곧 융해되어 없어진다. 그러나, Okhotsk 海는 地理的, 氣象·海象의 인 조건이 광역에 걸쳐 海水이 발생하기에 적합하며, 그 일부는 流水으로 되어 太平洋쪽으로 南下하므로 때로는 船舶의 안전항해에 위협이 되기도 한다.

Okhotsk 海는 北緯 44°에서 62°에 걸쳐 존재하는 해역으로 南北으로 약간 細長하며 그 長徑은 약 2,000km 나 된다. 海域의 거의 80%가 겨울에 氷結하며, 그 최남단의 해역에 있어서도 1月中旬부터 3月下旬까지의 기간에는 두꺼운 海水으로 덮일 정도이다. 이 海域이 流水을 볼 수 있는 세계에서 가장 낮은 위도에 위치하고 있는 셈이다. 亞寒帶에 속하지만 結氷, 流水이라는 점에서 보면 極地의 海洋에 가깝다고 말할 수 있다.

Okhotsk 海의 남동부는 Kuril 列島를 사이에 두고 北太平洋과 연결되어 있고 東海와도 두개의 해협이 있지만, 비교적 外海와의 연락이 적으므로 폐쇄된 바다로 보아도 무방하다. Kuril 列島의 길이는 약 1,000km로 Okhotsk 海 주위의 길이의 약 20%이지만 섬의 부분과 해협의 부분의 길이가 거의 같으므로 Okhotsk 海의 北太平洋에 면한 開口部는 바다주위의 10% 정도에 불과하다. 여러 해협중 깊이가 400m 이상의 것은 5개뿐이며 그중 2개의 해협과 北部 Kuril 에 속하는 얕은 해협에서는 北太平洋의 온난한 表層水가 Okhotsk 海로 유입되고 있다. 이 따뜻한 表層水때문에 Kuril 列島의 中部以北에서 Kamchatka 半島西部에 걸치는 광대한 海面은 겨울에도 얼지 않는다.

中南部에 위치하는 나머지 3개의 해협에서는 Okhotsk 海의 冷水塊가 北太平洋으로 유출하는데, 이것이 北海道 南岸을 따라 南西流를 이루는 Oyashio(親潮)이다.

Okhotsk 海의 해양구조의 특징은 여름에도 깊이 25~50m 전후의 깊이에서 水溫이 급격히 내려가고, 여기서 50~150m 사이에 0°C 전후, 혹은 그 이하의 低溫을 나타내는 “中冷水”라 불리는 水塊가 있다. 中冷水의 밑에는 다시 水溫이 서서히 상승하고 있으며 1,000~2,000m에서





으로 유출하기 시작한다. 3月初나 中旬頃에 流氷域은 최대로 되며, Okhotsk 海의 약 80%를 덮는다. 그림 3·1은 1968年에서 1975年 사이의 평균적인 流氷域을 나타내는 것이지만, 해에 따라 내습의 양상은 크게 변한다. 바람이나 海流의 영향을 받아 하룻밤 사이에 視野에서 사라질 때도 있다. 근년에 보기 드물게 流氷이 많았던 해는 1967年으로 그 한계는 그림중에 기입되어 있다. 실로 Okhotsk 海의 93%가 流氷域이었다. 그 다음해인 1968年은 全海面의 겨우 63%를 덮을 정도로 流氷域은 좁아졌다. 5月下旬에는 流氷은 Okhotsk 海에서 완전히 자취를 감춘다.

### (3) 流氷의 두께와 量

海水가 얼 때는 얼음의 두께는, 많은 연구결과에 의하여 매일의 추위의 和에 관계하여 두꺼워진다는 사실을 알아냈다. 이때의 추위로서는 매일의 平均氣溫을 취하는 것이 좋다. 結氷開始日로부터 매일의 平均氣溫을 가산한 값(이를 積算寒度라 함)의 평방근에 비례하여 두께가 증가한다. 海水는 鹽分때문에  $-1.8^{\circ}\text{C}$ 까지 내려가야 얼므로 積算寒度는 日平均氣溫이  $-1.8^{\circ}\text{C}$  이하의 분만을 적산한다. 이때의 比例定數는 2.1~2.7의 폭을 갖는다. 다만 氣溫뿐만 아니라 바람과 濕度의 영향도 받으며, 또 얼음 위에 쌓인 눈의 두께에 따른 영향도 다르다.

한해의 겨울철에 성장하는 海水의 두께는 北海道沿岸에서는 40~50cm, Sakhalin 섬 북부에서는 100~120cm, Okhotsk 海 북부에서는 150cm 정도이다. 北氷洋에서도 최대두께는 약 200cm 내외이다. 그러나, 이 두께는 평평한 海水의 경우의 것이고, 바람이나 海流에 의하여 이동하는 海水의 경우에는 氷塊가 서로 뭉치어 많은 氷丘를 이루므로, 이 氷丘의 水面上의 높이가 1~2m, 따라서 水面下의 깊이가 10m 내외의 것도 적지 않다.

Okhotsk 海의 면적은 약  $153 \times 10^4 \text{km}^2$  이므로 80%의 海面이 두께 70~80cm의 海氷으로 덮이게 되면 海氷의 총량은  $9 \times 10^{11} \text{m}^3$  나 된다. 이 流氷을 녹히는데 얼마만큼의 熱量이 필요할까 계산해 보자. 流氷의 비중을 0.93, 또 鹽分 0.5%의 流氷의 용해열은 1g 당 75 cal 이다. 따라서 Okhotsk 海의 流氷 전부를 녹히는 데는  $6.3 \times 10^{16}$  Kcal의 열이 필요하다. 이것을 우리나라의 原油輸入量과 비교해 보자.

계산을 간단히 하기 위하여 原油의 열량을 1kg 당 1萬 cal, 즉 10Kcal로 한다. 流氷 전부를 녹히는 데는 실로 63억톤의 原油가 필요하다. 우리나라 原油輸入量은 一年에 약 4,000萬톤이다. 거의 160年分の 輸入量에 해당한다. 이 막대한 融解의 잠열은 우리나라 부근의 장마와 관계가 깊은 한랭한 Okhotsk 海高氣壓의 형성과 유지에 공헌하고 있는 것이다.

### 3. Bering 海의 流氷

근년에 와서 航空機 및 人工衛星에 의한 관측으로 Bering 海의 流氷分布의 양상은 거의 밝혀졌다. 겨울이 되면 Bering 海는 약 半分이 流氷으로 덮이며 최성기의 流氷分布는 거의 대륙붕과 일치하고 있다. Bering 海의 南西部에는 전혀 流氷을 볼 수 없다. 이들 流氷은 Bering 海內에서 형성된 것으로 다음해 여름에는 다 녹는 一冬氷이다. Bering 海峽을 통하여 北極海의 流氷이 유



(4) 航空機에 의한 觀測

日本の 海上自衛隊 및 航空自衛隊의 航空機가 流水期에는 數日의 간격으로 目視 또는 Radar 觀測을 하고 있다. 그리고 海上保安廳의 航空機는 年數회에 걸쳐 Okhotsk 海 깊숙히 비행하여 海水觀測을 하고 있다. 관측된 자료는 즉시 公表, 利用되어진다.

(5) 氣象衛星에 의한 觀測

Okhotsk 海 전역에 걸친 流水分布는 美國의 極軌道衛星 NOAA, 日本의 靜止氣象衛星(GMS) 등에 의한 관측자료가 日本氣象廳에 수집되어지며, 이것에 의하여 海水圖가 작성되어 FAX 放送되어진다.

船舶으로부터의 通報 및 氣象衛星에 의한 관측자료 등으로부터 작성된 Okhotsk 海 주변해역을 대상으로 한 海水圖는 12月에서 다음해 5月까지 每週 화요일과 金요일에 JMH(日本氣象廳無線 模寫通報)로 발표되고 있다. 그리고 美國과 英國을 위시하여 여러 관계국도 海水圖를 작성하여 每週 1~2回 無線 Facsimile 로 방송하고 있으므로 모든 船舶은 이것을 수신하여 자유롭게 이용할 수 있다.

5. 流水海域에서의 船舶의 運航

최성기의 Okhotsk 海의 流水分布의 특징은 ① Soya 해협을 통하여 東海上으로 流水이 유출하지 않는다. ② Kuril 列島 中部이북으로 편친 넓은 開水面이 있다는 것이다. 前者는 Soya 해협에는 東海에서 Okhotsk 海로 향하는 海流가 있다는 것이 主된 원인이다. 그리고 이 부근의 계절풍은 Siberia 대륙에서 불어오는 北西風이므로 이것이 東海로의 流水의 유출을 막는다. 그러나, 1985年初에는 두번에 걸쳐 Soya 해협을 통하여 流水이 대량으로 東海로 유출된 경우도 있었다. 그리고 後者의 開水面은 Kuril 列島北部의 제해협을 통하여 北太平洋의 水溫 약 2℃의 따뜻한 表層水가 Okhotsk 海로 대량 유입하는 것이 원인이라 생각된다.

3月初旬의 流水의 최성기가 되면 많은 流水이 Kuril 列島 남부의 여러 해협을 통하여 太平洋으로 유출한다. 太平洋으로 나온 流水은 Oyashio 를 타고 남하한다. Oyashio 의 水溫은 氷結溫度보다 약간 높으므로(겨울에도 2~3℃) 流水은 흘러가는 사이에 서서히 녹아버리지만 큰 것은 상당히 멀리까지 남하를 계속한다.

따라서, 流水期에 北海道 남방양상을 航海하는 船舶이나 東海의 북부해역(緯度 45°이북)에서 操業하는 漁船 등은 海水圖를 항상 입수하여 해독하면서 주의깊게 操船하여야 할 것이다.

船體는 의외로 流水에는 약하다. 點在하는 流水사이를 航行할 때, 작은 氷塊가 Screw propeller 나 Rudder plate 에 부딪치면 이것들은 쉽사리 파손되어 航行不能이 되기 쉬우며, 機關의 냉각수 흡입구나 循環 Pipe 를 얼음조각이 막아 航行不能으로 되는 예도 흔히 볼 수 있다.

遭難船의 대부분은 100톤 미만의 漁船이며, 집단으로 流水에 포위되거나 沿岸水域으로 Stranding 되는 경우가 많다. 流水海難은 流水에 대한 주의와 경계의 태만, 지식과 정보의 부족, 操

船의 미숙 등에 의하여 일어날 때가 많다. 또 이들 海難이 風浪이 높을 때 일어나는 경우가 많은 것은, 지금까지는 流水이 없었던 해역이지만 바람에 의하여 갑자기 流水이 물러와, 이에 또 위된 상황에서 荒天候의 악조건이 겹치어 조난하는 사태로 이어지기 때문이다.

또 灣內로 피난한 漁船들이 灣內로 물러 들어온 流水에 갇혀 집단적으로 침몰 및 파손을 당하는 경우도 있었다. 灣內나 港口로 피난할 때는 기상판단을 잘하여 風向의 변화로 流水이 그 곳으로 유입될 우려가 없는 경우에만 실행하여야 할 것이다.

#### IV. 熱帶低氣壓(颱風)

우리나라는 每年 1~2個의 태풍의 내습으로 그때마다 많은 피해를 입고 있다. 1959年 9月中旬에 우리나라 南部地方을 강타한 Sarah 號는 아직도 우리들의 기억에 생생하게 남아 있다. 작년에도 颱風 13號 Tip 의 상륙으로 막대한 피해를 입은 바 있다.

颱風에 의한 피해는 豪雨에 의한 水害, 強風에 의한 風害 및 海岸地方에서는 海溢에 의한 피해 등을 들 수 있다. 航行中の 船舶은 颱風圈內에 휩쓸리어 強風과 高波로 인한 船體의 破損, 沈沒 등 치명적인 海難을 당하는 경우가 있으므로 적절한 조치를 강구하여 피해를 미연에 방지하는 데 적극 노력해야 될 것이다.

##### 1. 北太平洋의 熱帶低氣壓

熱帶低氣壓은 南北 兩半球 共히 5~25°Lat 의 熱帶海域에서 발생하며 赤道地域에서는 발생하지 않는다. 赤道地域에서는 Coriolis 의 힘이 0에 가깝기 때문에 熱帶低氣壓과 같은 큰 渦度の 集積이 일어나기 힘들기 때문이다. 그리고 熱帶低氣壓이 발생하는 海域은 表面海水溫度가 26~27°C 이상이다. 그러나, 數는 적지만 海水溫度가 이보다 낮은 海域에서도 熱帶低氣壓이 발생하는 경우도 있다. 1977年 10月 13日 21時에 北緯 34.8°에서 발생한 7715 Rose 의 경우는 海水溫度가 23.4°C였다.

熱帶低氣壓이 발생하는 海域을 大別하면 ① 北太平洋西部(年平均 27個), ② 호주의 北西洋上에서 南太平洋西部(16個), ③ 北太平洋東部(14個), ④ 南印度洋(10個), ⑤ 北大西洋(10個), ⑥ 北印度洋(6個) 등 6個의 海域으로 분류된다. 寒流가 흐르고 있는 南太平洋東部나 南大西洋에서는 海水溫度가 낮기 때문에 熱帶低氣壓이 발생하지 않는다.

##### (1) 颱風의 發生數

過去 30年間(1951~1980)의 年別, 月別 颱風의 發生數는 表 4·1과 같으며 年平均 約 27個가 발생한다. 제일 적게 발생한 경우는 1969年の 19個이고, 또 제일 많이 발생한 경우는 1967年の 39個였다. 그리고 暖候期에 대부분이 발생하며 7月부터 10月까지의 4個月 동안에 전체의 約 80%가 발생하였다. 이 기간외에 발생하는 태풍은 크게 발달하지도 못하고 또 中高緯度로 北上

하는 경우도 거의 없으므로 것처럼 문제가 되지 않는다.

表 4·1 颱風의 年別, 月別 發生數

(1951~1980)

年 \ 月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全 年
1951	—	1	1	1	2	1	3	3	2	4	1	2	21
52	—	—	—	—	—	3	3	5	3	6	3	4	27
53	—	1	—	—	1	2	1	6	3	5	3	1	23
54	—	—	1	—	1	—	1	5	5	4	3	1	21
55	1	1	1	1	—	2	7	6	4	3	1	1	28
56	—	—	1	2	—	1	2	5	6	1	4	1	23
57	2	—	—	1	1	1	1	4	5	4	3	—	22
58	1	—	—	1	1	4	7	5	5	3	2	2	31
59	—	1	1	1	—	—	2	5	5	4	2	2	23
60	—	—	—	1	1	3	3	10	3	4	1	1	27
10年平均	0.4	0.4	0.5	0.8	0.7	1.7	3.0	5.4	4.1	3.8	2.3	1.5	24.6
1961	1	—	1	—	2	3	4	6	6	4	1	1	29
62	—	1	—	1	2	—	5	8	4	5	3	1	30
63	—	—	—	1	—	4	4	3	5	4	—	3	24
64	—	—	—	—	2	2	7	5	6	5	6	1	34
65	2	1	1	1	2	3	5	5	8	2	2	—	32
66	—	—	—	1	2	1	4	10	9	4	3	1	35
67	—	1	2	1	1	1	7	9	9	4	3	1	39
68	—	—	—	1	1	1	3	8	3	5	5	—	27
69	1	—	1	1	—	—	3	4	3	3	2	1	19
70	—	1	—	—	—	2	3	6	5	5	4	—	26
10年平均	0.4	0.4	0.5	0.7	1.2	1.7	4.5	6.4	5.8	4.1	2.9	0.9	29.5
1971	1	—	1	3	4	2	8	5	6	4	2	—	36
72	1	—	—	—	1	3	6	5	5	5	3	2	31
73	—	—	—	—	—	—	7	5	2	4	3	—	21
74	1	—	1	1	1	4	4	5	5	4	4	2	32
75	1	—	—	—	—	—	2	4	5	5	3	1	21
76	1	1	—	2	2	2	4	4	5	1	1	2	25
77	—	—	1	—	—	1	3	3	5	5	1	2	21
78	1	—	—	1	—	3	4	8	5	4	4	—	30
79	1	—	1	1	2	—	4	2	6	3	2	2	24
80	—	—	—	1	4	1	4	2	6	4	1	1	24
10年平均	0.7	0.1	0.4	0.9	1.4	1.6	4.6	4.3	5.0	3.9	2.4	1.2	26.5
30年平均	0.5	0.3	0.5	0.8	1.1	1.7	4.0	5.4	5.0	3.9	2.5	1.2	26.9

(註) 弱한 熱帶低氣壓이 颱風(最大地上風速 34knot 以上)으로 된 時點의 달을 가지고, 그 달의 發生으로 하였다.

(2) Hurricane 의 發生數

北太平洋의 東部海上에 發生하는 Hurricane 에 대해서는 颱風이나 北大西洋의 Hurricane 에 비하여 우리들이 관심을 덜 갖지만, Panama 運河를 항하는 船舶에 있어서는 마침 그 航路上에 해당하므로 결코 소홀히 할 수 없는 熱帶低氣壓인 것이다.

表 4.2에서 보는 바와 같이 最大地上風速이 34 knot 이상인 Hurricane 은 年平均 16個 發生한다. 北大西洋의 Hurricane 의 發生數(年平均 約 9個)의 約 2倍에 가깝다. 그리고 颱風과는 달리 1月부터 4月까지의 기간에는 전혀 發生하지 않는 것이 특징이다. 그리고 近年에는 每年 증가하는 경향이 있어 年平均에 數個를 더 보태어 發生하는 해가 계속되고 있다. 이 원인은 알려져 있지 않으나 颱風의 發生數에 접근하고 있다는 感마저 든다.

表 4.2의 統計値는 그쪽 方面의 海域에서 氣象衛星에 의한 熱帶低氣壓의 관측이 시작된 1966年부터 1985年까지의 20年間의 것으로 정확성이 있는 것이라고 인정되지만 Gray(1968)<sup>1)</sup>에 의한 年平均 發生數 14個보다는 2個 程度 더 많이 發生하고 있는 것이다.

表 4.2 北太平洋東部の Hurricane 의 年別, 月別 發生數 (1966~1985年)

年 月	5	6	7	8	9	10	11	12	全 年
1966	—	1	—	4	6	2	—	—	13
67	—	3	4	4	3	3	—	—	17
68	—	1	4	8	3	3	—	—	19
69	—	—	3	2	4	1	—	—	10
70	1	3	6	4	1	2	1	—	18
71	1	1	7	4	2	2	1	—	18
72	1	—	1	6	2	1	1	—	12
73	—	3	4	1	3	1	—	—	12
74	1	3	3	6	2	2	—	—	17
75	—	2	4	5	3	1	1	—	16
10年平均	0.4	1.7	3.6	4.4	2.9	1.8	0.4	0.0	15.2
1976	—	2	4	4	3	1	—	—	14
77	1	1	1	1	3	1	—	—	8
78	1	3	4	6	2	2	—	—	18
79	—	2	2	2	1	2	1	—	10
80	—	3	5	2	2	2	—	—	14
81	1	1	3	4	2	4	—	—	15
82	1	1	6	5	4	2	—	—	19
83	1	1	6	3	5	3	1	1	21
84	2	3	3	4	4	2	—	—	18
85	—	5	7	4	4	3	—	—	23
10年平均	0.7	2.2	4.1	3.5	3.0	2.2	0.2	0.1	16.0
20年平均	0.6	1.9	3.8	3.9	3.0	2.0	0.3	0.1	15.6

그리고 表 4·3에서 보는 바와 같이 1985년에는 23個의 Hurricane 이 발생하였으며 最大風速 64 knot 이상의 것이 14個이고 그 중 100 knot 이상의 대단히 강한 것도 8個나 된다. 다만, 여기서 最大風速은 우리가 사용하고 있는 10分間의 平均風速이 아니고 1分間의 平均風速을 나타내는 Sustained winds(最大持續風速)이다. 따라서 10分間의 平均風速에 비하여 2~3割 정도 낮게 보는 것이 좋을 것이다. 참고로 JMA(日本氣象廳)에서는 Guam 에 있는 美空軍이 발표하는 颶風中心附近의 最大風速을 表 4·4와 같이 換算하여 발표하고 있으니 留意하여 착오가 없도록 하여야 할 것이다.

表 4·3 1985年の 北太平洋東部の Hurricane  
(資料는 10月31日 現在)

名 稱	Hurricane 期間 (月, 日, 時 (Z))	最大風速 (knot)
ANDRES	6. 6.00~ 6. 8.00	60
BLANCA	6. 7.06~ 6.16.12	110
CARLOS	6.10.00~ 6.10.06	35
DOLORES	6.27.18~ 7. 3.06	100
ENRIQUE	6.29.00~ 6.30.00	35
FEFA	7. 3.00~ 7. 5.06	75
GUILLERMO	7. 8.18~ 7.10.18	60
HILDA	7.19.00~ 7.20.06	45
IGNACIO	7.21.06~ 7.27.00	115
JIMENA	7.21.18~ 7.27.18	115
KEVIN	7.29.18~ 8. 6.06	55
LINDA	7.31.06~ 8. 2.00	45
	8. 4.18~ 8. 6.00	復 活
MARTY	8. 7.12~ 8.13.00	65
NORA	8.21.12~ 8.22.12	50
OLAF	8.24.00~ 8.29.12	95
PAULINE	8.31.00~ 9. 9.06	75
RICK	9. 2.12~ 9.12.00	125
SANDRA	9. 7.00~ 9.15.18	110
TERRY	9.16.18~ 9.24.06	100
VIVIAN	9.20.00~ 9.21.18	35
WALDO	10. 7.12~10. 9.18	90
NELE	10.24.00~10.30.18	80
XINA	10.27.06~	100

평균 4.7日



表 4.4 最大風速의 比較

GUAM	JMA
70kt	70kt
80	70
90	80
100	90
110	90
120	100
130	110
140	110
150	120
160	130
170	130
180	140
190	150
200	150

2. 颱風의 暴風域

熱帶低氣壓은 最大風速에 따라 表 4.5와 같이 分類된다. WMO의 定義는 熱帶地方에서 발생 하는 Warm core의 低氣壓性 風系에 있어서 域內最大風速에 따라 表와 같이 나눈다. 우리나라와 日本氣象廳에서 英文으로 全般海上警報 등을 발표할 때는 表中의 英文名을 사용한다. WMO의 Tropical storm이 둘로 細分된 것은 WMO의 海上警報區分인 Warning, Gale warning, Storm warning, Typhoon(Tropical cyclon)warning에 대응시킨 것이다.

表 4.5 熱帶低氣壓의 區分

WHO, 美國政府機關	國 文	英 文	域內最大風力
Tropical depression	弱한 熱帶低氣壓	Tropical depression (WARNING)	風力 7 以下(33 knot 以下)
Tropical storm	颱 風	Tropical storm (GALE WARNING)	風力 8~9(34~47 knot)
	颱 風	Severe tropical storm (STORM WARNING)	風力 10~11(48~63 knot)
Typhoon(Hurricane, Tropical cyclone)	颱 風	Typhoon (TYPHOON WARNING)	風力 12以上(64 knot 以上)

現在 日本氣象廳이 발표하고 있는 船舶을 위한 颱風情報에서는 風速 25/ms 以上の 暴風域(風速 15m/s 以上の 強風域)의 形式으로 사용하고 있는데 이것은 風力階級表에서 WMO가 채용하고 있는 風力階級 10(24.5~28.4m/s)의 英文名稱이 Storm(暴風)이라는데 근거를 두고 있는 것 같다. 颱風은 最大風速이 17m/s(34 knot)이 상으로 발달한 熱帶低氣壓을 가리키므로 颱風中에는

25m/s 이상의 暴風이 불고 있는 범위, 즉 暴風域이 없는 것도 颱風全體의 約半數를 占하고 있다.

그리고 暴風域은 颱風中心에서 方向에 따라 거리가 다르며 일반적으로 颱風의 右側半圓에서 暴風域이 넓다고 알려지고 있지만 실제로 暴風域이 方向에 따라 다른 것은 3割 정도이다.

暴風域의 半徑은 60~80 mile(約 120~160km)의 것이 暴風域을 가지고 있는 颱風의 約 25% 이고 100 mile(約 200km)이상의 것도 暴風域을 갖는 颱風의 約 37%에 달한다. 200 mile 이상의 暴風域을 갖는 것은 暴風域을 가지는 颱風의 4% 정도이다. 颱風域內의 暴風半徑은 颱風의 最大圓形等壓線의 半徑과 中心示度에 의하여 결정되며 대략 表 4.6과 같다.

表 4.6 颱風의 暴風半徑(風力 8 以上)

中心示度 半徑 (×111km)	1,000	980	960	940	920mb
1	58	80	110	130	140km
2	80	120	150	180	200
3	90	150	180	220	240
4	110	170	210	250	280
6	130	210	260	310	340
8	150	240	300	350	390
10	170	270	340	400	440

### 3. 颱風의 強度分類 및 最大風速

氣象官署가 발표하는 颱風情報나 警報에서는 颱風의 強度를 表 4.7과 같이 中心氣壓에 따라 5階級으로 분류하고 있다.

表 4.7 颱風의 強度分類

階 級	中心氣壓(mb)	最大地上風速(m/s)
超A級	900 未滿	55 以上
A級	900 ~ 929	45 ~ 54
B級	930 ~ 959	35 ~ 44
C級	960 ~ 989	25 ~ 34
D級	990 以上	25 未滿

表에 있는 最大地上風速은 參考로 하는 것으로, 最大風速은 不變인데 中心氣壓이 올라가는 경우 強度의 階級을 낮추는 것이 防災上 바람직하지 않을 경우, 또는 實況에서는 바람이 현저히 강함에도 불구하고 中心氣壓이 높은 경우 등에 있어서는 最大地上風速을 참고로 하여 階級을 정할 수 있는 것이다.

또 颱風은 크기로도 分類·表示하는데 表 4.8에서와 같이 1,000mb 等壓線의 平均半徑을 채용

한다. 그러나, 1,000mb 等壓線이 심히 변형되어 있거나 暴風半徑이 커서 防災上 문제가 있다고 보여질 때는 風速 25m/s 이상의 半徑을 참고로 하여 결정할 때가 있다. 또 最大圓形等壓線의 半徑도 참고로 한다.

表 4-8 颱風의 크기 分類

程 度	1000mb 等壓線의 半徑 (km)	風速 25m/s 以上の 半徑 (km)	最大圓形等壓線의 半徑 (km) (參考)
極小型	100 以下	—	200 以下
小型	100~200	100 前後	200~300
中型	200~300	200 前後	300~400
大型	300~600	300 前後	400~800
超大型	600 以上	400 以上	800 以上

強度의 표현에 있어서 中心氣壓뿐만 아니라 中心附近의 最大風速도 고려해야 된다. 弱颱風과 같이 크기는 작지만 中心氣壓이 대단히 낮은 것도 있고, 또 大型颱風에 있어서도 中心氣壓은 그처럼 낮지 않는 것도 있으므로 颱風情報를 충분히 효과적으로 이용하기 위해서는 表 4-7과 表 4-8를 함께 사용하여 強度와 크기를 파악하는 것이 좋을 것이다.

극히 발달한 颱風의 一生을 보면 「극히 작고 약한」 颱風으로부터 시작하여 크기와 強度를 높이며, 맹렬히 발달한 뒤에는 크기와 強度가 서서히 저하되지만 個中에는 맹렬히 발달한 뒤에 強度는 서서히 저하하지만 크기는 그처럼 작아지지 않는 것도 있다. 「弱한 颱風」이라고 하면 대수롭게 여기지 않는 사람도 있지만 적어도 颱風이라는 명칭이 붙어 있는 이상은 中心附近에서 17m/s 以上の 強風이 불고 있으며, 따라서 큰 피해를 입힐 가능성이 충분히 있으므로 경계를 하여야 한다.

颱風의 中心氣壓과 最大地上風速과의 관계에 대해서는 實驗式에 의하여 風速을 추정하는 방법을 채택하고 있다. 表 4-9는 緯度φ도 고려하여 颱風의 中心氣壓  $P_c$ (mb)에서 最大風速  $V$ (knot)를 추정하는 表로 다음의 式<sup>1)</sup>에서 구한 것이다.

$$V = \left(12 - \frac{\phi}{8}\right) \sqrt{1007 - P_c}$$

表 4-9 緯度와 中心氣壓에 따른 最大地上風速

緯度 φ	$P_c$								
	990	980	970	960	950	940	920	900mb	
5	50	70	85	100	115	125	145	160	
10	47	65	80	95	105	115	135	150	
15	45	60	75	85	95	105	125	140	
20	40	55	70	80	90	100	115	130	
30	35	45	55	70	75	85	100	110	
40	—	35	45	55	60	70	80	90	

表에서 볼 수 있는 바와 같이 中心氣壓이 같을지라도 緯度가 다르면 風速은 크게 다르다는 것

을 알 수 있다.

#### 4. 颱風의 進路豫報 表示法

1953년부터 FAX 天氣圖나 TV 및 新聞天氣圖에 颱風의 進路豫報는 그림 4·1과 같이 扇形으로 표시되어 왔다. 이 表示法은 約 30年동안 사용되어 왔지만 여러 가지의 문제점이 지적되어 1982年 6月부터는 그림 4·2와 같은 豫報圓方式으로 바뀌어 사용되어 왔다.

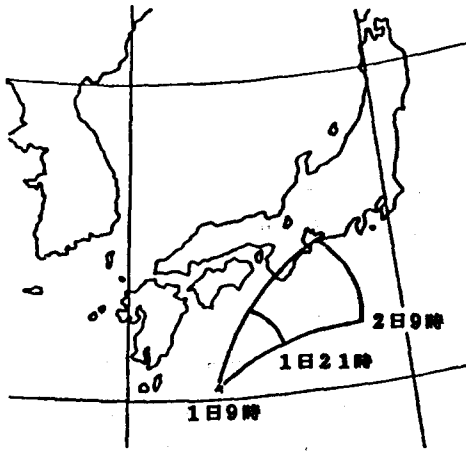


그림 4·1 颱風進路豫報의 扇形方式

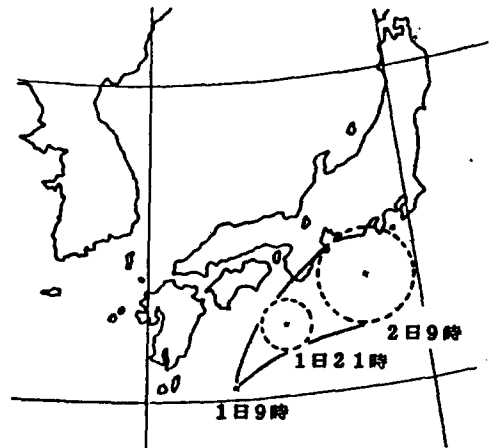


그림 4·2 颱風進路豫報의 豫報圓方式

扇形方式은 12時間 또는 24時間後의 颱風의 中心位置가 원호상의 어느 위치에 있을 것으로 예상하여 速度의 오차를 고려하지 않았다. 실제로 예보오차는 進行方向과 進行速度의 두 종류의 오차가 있다. 그림 4·2의 豫報圓方式에서는 두 종류의 오차를 동시에 나타내고 있다. 또 扇形方式은 扇形의 兩端을 나타내는 두 組의 「緯度·經度」가 필요하므로 情報傳達의 正確性, 迅速性의 면에서도 더욱 간단하고 명확한 다른 표시방법이 요구되며, 또 颱風豫報位置의 程度를 조사할 때도 豫想位置가 一點으로 표시되는 것이 바람직한 것이다. 扇形方式에서는 중여지책으로 扇形의 兩端의 中間點을 가장 精確하리라는 豫想位置로 간주하여 統計에 사용되어 왔다.

여기서, 豫報圓이란 예상되는 颱風의 中心位置의 오차의 범위를 나타내는 것으로 그 圓의 半徑은 오차의 평균치로 되어 있다. 즉, 颱風의 豫想中心位置에 豫報圓을 그리면 約 60%의 颱風은 그 中心이 이 圓안에 들어 있다. 만일 豫報圓의 1.2倍의 圓이면 約 70%, 2倍의 圓이면 約 92%의 颱風中心이 이 圓內에 포함될 가능성이 있는 것이다.

그러나, 豫報圓은 어디까지나 颱風의 中心位置에 대한 豫報이며, 따라서 실제의 颱風은 그 주위로 직경 數 100km의 暴風域, 強風域을 동반하는 것이다. 이 豫報圓을 暴風域을 나타내는 것으로 오인하고 경계를 소홀히 한 결과 피해를 입는 경우가 빈번하였으므로 이를 확실히 하기 위

하여 1986年 6月부터는 그림 4.3과 같은 豫報圓方式로 바꾸었다. 즉, 이때까지의 豫報圓을 點線으로 나타내고 동시에 暴風警戒域을 實線으로 나타내어, 豫報圓에 의한 中心位置의 豫想과 함께 暴風域의 豫想범위를 나타낼 수 있도록 하였다. 그리고 豫報圓의 中心에 X표를 생략한다. X표를 하면 颱風의 中心이 꼭 이 點에 온다고 오해를 일으킬 우려가 있기 때문이다. 颱風의 이동이 대단히 느린 경우나 거의 정체하고 있는 경우에는 豫報圓은 표시되지 않는다.

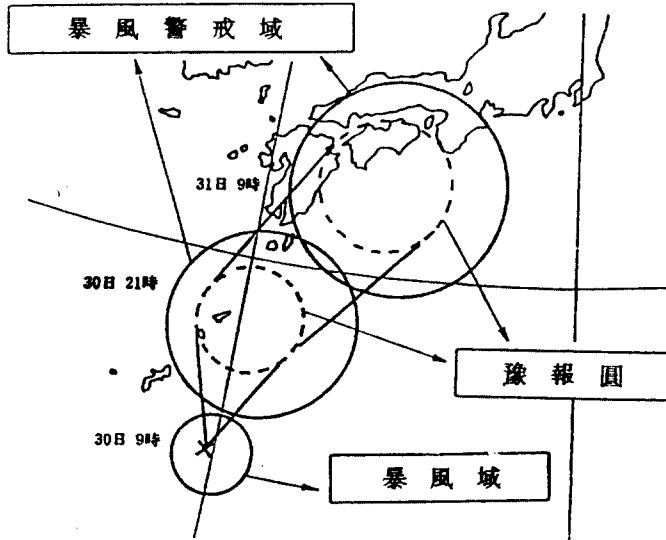


그림 4.3 颱風의 새로운 進路豫報表示方式

無線 FAX 放送(JMH)의 地上解析報(ASAS)에 있어서는 暴風警戒域을 그림위에 實線으로 나타내면 等壓線과 겹치어 복잡해지므로 생략한다.

豫報圓의 크기는 이때까지 발생한 많은 颱風의 移動方向別, 速度別, 海域別의 豫報誤差의 조사통계와 그때의 颱風의 強度, 특징 등을 모두 고려하여 정한다. 이때까지의 통계로는 24時間 豫報에 대하여 平均하면 그 半徑은 우리나라 近海에서는 約 200km이다.

### 5. 颱風의 中心位置의 精度

颱風이 발생하면 氣象官署에서는 每3時間마다 颱風의 中心位置, 中心氣壓, 暴風圈의 크기, 進行方向과 速度 등을 결정한다. 이 一連의 작업중 가장 기본적이고 중요한 것이 中心位置의 결정이다.

中心位置는 氣象衛星에 의한 구름寫眞, 颱風偵察飛行機, 陸上의 氣象 Radar 및 船舶과 陸上 觀測所로부터 얻어진 자료에 의한 天氣圖의 해석 등으로 결정하지만 어느 경우나 그리 간단한 작업은 아니다. 그리고 시간적인 제약도 있어, 防災上으로 볼 때는 늦으면서 精確한 颱風의 中

心位置보다도 近似하지만 빠른 情報가 요구되기 때문이다. TV 나 新聞에서는 발표되고 있지 않지만 船舶을 위한 특별한 예보에서는 颱風位置는 항상 信賴度를 表 4·10과 같이 3종류로 구분하여 발표하고 있다.

表 4·10 颱風中心位置의 信賴度

信 賴 度	位 置 誤 差 範 圍
GOOD(位置正確)	20海里(約 40km) 未滿
FAIR(位置 거의 正確)	20~40海里(約 40~80km)
POOR(位置不確實)	40海里(約 80km) 以上

실제로는 信賴度別의 平均位置誤差는 表의 기준값보다 훨씬 작다. 즉 精度가 좋다. 日本 氣象廳이 발표하는 颱風位置의 오차는 1978~1980年の 통계에서는 平均 26km로 되어 있다. 다만, 標準偏差는 29km이므로 約 30km 이상의 오차를 동반하는 것이 約 30% 정도는 되는 셈이다. 한편 Guam의 JTWC(Joint Typhoon Warning Center)의 10年間の 통계에서는 平均誤차가 42km로 비교적 크다.” 여기에서는 低緯度地方의 자료가 적은 영역의 颱風을 포함하고 있는 것에도 영향을 받고 있을 것이다.

어쨌든 颱風의 中心位置는 豫想位置뿐만 아니라 現在位置의 결정에 이르기까지 상당한 오차를 동반한다는 것을 충분히 인식하고 있을 필요가 있다.

颱風은 暴風域만도 半徑 數 100km에 이르는 것이 보통이다. 그런데도 颱風의 中心位置의 결정에 있어서 오차를 가능한 한 최소한으로 줄이려는 것은 이것이 上陸할 때 灣의 右側으로부터인가 또는 左側으로부터인가 하는 경우나, 颱風의 中心가 가까이 있는 船舶이 어느 쪽으로 針路를 바꾸어 멀리 피항하느냐 하는 경우 등에는 中心位置의 數 10km의 오차에 있어서도 중대한 문제가 되기 때문이다. 그리고 현재의 中心位置의 精度가 직접 颱風의 進路豫報에 큰 영향을 미친다.

颱風豫報誤差는 다음의 式으로 나타낼 수가 있다.

$$\text{中心豫報誤差} = a \times \text{現在位置誤差} + b$$

$a$ 와  $b$ 는 定數이며,  $a$ 의 값은 24時間豫報에서는 대략 3이다. 즉 현재의 位置誤差의 平均 約 25km에서는 位置誤差가 없는 경우에 비하여 約 75km의 余분의 오차가 더 붙는 결과가 된다. 현재의 예보기술수준으로 豫報誤차가 約 200km정도이므로 이 값은 큰 것이다.

上述한 특별한 경우를 제외하고는 精確한 颱風位置에 너무 억매일 필요는 없다. 보다 중요한 것은 暴風雨가 격심한 곳은 颱風中心附近에 한하지 않고 때로는 中心附近보다도 어느정도 떨어진 곳에서 强風이나 豪雨가 있다는 것이다.

颱風中心位置의 豫報의 精度에 대해서는 饒村(1979)"에 의하면 1971년부터 1978년까지의 24時間 平均誤差는 緯度 1°를 單位로 하여 1.8(約 200km)이었다. 이 통계에서는 12時間前 및 24時間後에도 颱風(最大風速 17m/s 以上)이었던 것에 한하여 1日 2回(9時와 21時)를 初期值로

하여 24時間豫報의 平均誤差를 구하였다.

日本氣象廳이 颱風豫報를 실시하고 있는 거의 같은 海域인 北太平洋西部에 있어서, Guam의 JTWC도 向後 72時間까지의 進路豫報를 실시하고 있다. 1966년부터 1975년까지의 10年間の 豫報精度에 대하여 Jarrell 其他(1978)가 상세히 調査·報告하였다. 이것에 의하면, 24時間豫報의 平均誤差는 約 250km이다. 표본을 택하는 방법 등의 相違가 있어서 서로 엄밀히 비교할 수는 없지만 日本氣象廳의 颱風豫報技術은 JTWC의 수준을 넘고 있다고 볼 수 있다.

豫報期間이 길어지면 길어질수록 오차는 커지는 것이 당연하다. 日本氣象廳은 24時間豫報에 그치고 있으나 JTWC는 72時間까지 확장하여 예보하고 있다. JTWC의 48時間豫報의 경우는 平均誤差가 約 500km 정도로 커지며, 72時間豫報에 있어서는 約 700km에 달한다. 이와같이 颱風의 中心位置의 예보는 처음부터 큰 오차를 각오하고 발표하는 것이므로 船舶에서도 이 點을 잘 이해하여 항상 여유를 가지고 颱風의 내습에 대비해야 할 것이다.

#### 6. 可航半圓과 危險半圓의 問題點

航海者들은 오래전부터 颱風이 海上에 있을 때, 颱風의 進行方向에 대하여 右側의 半圓을 危險半圓, 左側의 半圓을 可航半圓이라고 불러 왔는데 이것은 帆船時代의 개념에 의한 것이며 그 이유는 다음과 같다.

첫째, 颱風이라는 큰 소용돌이(渦卷)가 움직이는 것은 江의 흐름에 상당하는 一般流라고 부르는 大氣의 흐름에 흘러가기 때문이다. 颱風이 北東을 향하여 진행하는 경우를 보자. 一般流는 南西에서 北東으로 흐른다. 이 颱風의 危險半圓은 南東半圓으로, 여기서는 颱風自身の 渦卷의 바람은 주로 南西風이다. 따라서 이 半圓에서는 兩者가 가세하여 風速은 강해진다. 한편, 北西側의 可航半圓에서는 颱風自身の 渦卷의 바람은 주로 北東風이고 一般流는 南西風이므로 兩者는 상쇄되어 바람은 약해진다. 즉 危險半圓의 바람은 可航半圓의 바람에 비하여 강하다. 이와같이 바람의 세기가 다른 이유는 颱風이 이동하고 있기 때문에 일어나는 것으로 颱風이 빨리 이동할수록 危險半圓의 바람은 강해지고 可航半圓의 바람은 상대적으로 약해진다.

둘째, 右側半圓에 있는 船舶은 바람에 의하여 颱風의 中心이나 進路線上으로 押流되기 쉽다. 이런 경향은 右側半圓의 前半部에서 심하며 颱風이 右側으로 轉向할 때 더욱 심하다.

左側半圓에서는 바람이 颱風의 進行方向과는 반대방향으로 船舶을 뒤에서 미는 상태이므로 中心부근으로 휩쓸려 들어갈 위험은 거의 없다.

셋째, 일반적으로 바람이 강한 곳에서는 風浪도 높다. 그리고 같은 風速이면 長時間 거의 같은 방향으로 부는 곳이 風浪이 높기 때문에 같은 右側半圓中에서도 後半部가 風浪이 높다.

넷째, 船舶이 颱風中心에서 멀리 避航하려고 할 때 右側半圓에서는 右側船首로 바람을 받아야 하나, 左側半圓에서는 右舷船尾로 받으면서 順走(Scuding)하므로 左側半圓쪽이 보다 避航이 용이하다.

이상과 같은 이유에서 帆船時代에 航海者들은 右側半圓을 危險半圓(Dangerous semicircle)이라 부르고 左側半圓을 可航半圓(Navigable semicircle)이라 부르게 되었던 것이다.

그런데, 日本氣象廳은 1982년에 颱風豫報檢討委員會를 설치하여 颱風豫報에 관한 여러 사항을 검토하여 왔는데 그 중의 하나가 帆船時代에 나온 「颱風의 可航半圓과 危險半圓」이라는 명칭이 실제로 적합한 것인가에 대한 평가였다. 결론은 다음과 같다. 「颱風이 진행해 가는 左·右兩半圓의 바람 및 波浪의 분포에 차이가 있는 것은 부정할 수 없다. 그러나, 어느 半圓이건 暴風, 強風, 高波域이 있어 “可航半圓” “危險半圓”이라고 표현하는 정도의 차이가 있는가에 대해서는 문제가 있다. 回數는 얼마 안되지만 소위 可航半圓이라는 쪽에 波浪이 높은 예도 있다. 따라서 可航半圓이라고 부르는 영역이 安全半圓인 것처럼 과신되고 있는 경우에는 이를 시정해 갈 필요가 있다」 즉, 「可航」이라는 단어가 불필요한 오해를 가져와 그대로 「安全」에 연결되는 것으로 생각되어 진다면 이를 시정해 가지 않으면 안된다는 것이다.

이동하는 颱風의 중심 주변의 바람과 波浪의 분포는 오래전부터 조사되어 왔으며 개개의 경우, 평균상태의 경우 등이 그림으로 표현되어 왔다. 그것들은 대체로 右側半圓과 左側半圓에서 비대칭분포로 되어 있다. 氣壓分佈에 비하여 바람이나 波浪의 분포는 더욱 비대칭인 경우가 많다. 이것은 결코 틀리는 것은 아니다. 다만 可航半圓이 安全하다 라는 사고방식이 좋지 않다는 것 뿐이다.

그림 4-4는 上記한 颱風豫報檢討委員會가 「回數는 얼마 안되지만 소위 可航半圓이라는 쪽에 風浪이 높은 예도 있다」라고 지적한 예 가운데의 하나이다. 이와같은 경우도 있다는 것을 항상

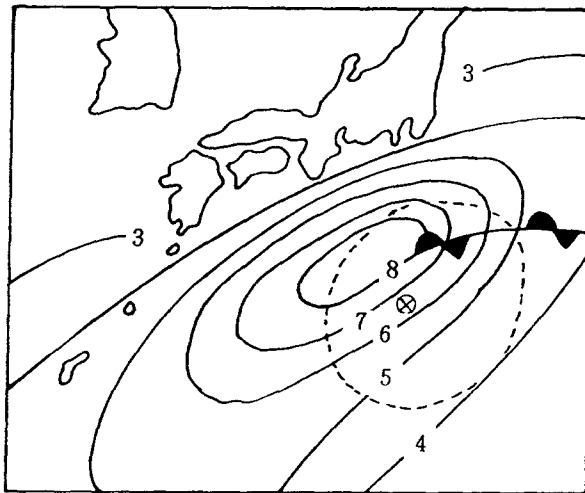


그림 4-4 7716 HARRIET 號 颱風時의 波浪圖(1977年 10月 20日 00 Z)×표는 颱風의 中心位置, 實線은 等波高線(數字는 m로 나타낸 波高)



업무에 들 필요가 있다.

그리고 氣象官署에서 발표하는 颱風의 현재, 中心位置의 오차(約 30km)와 24時間豫報位置의 오차(約 200km) 및 실제로 개개의 颱風의 暴風域과 強風域의 分布의 相違 등을 고려할 때 颱風의 中心에서 200~300km 內에 있는 船舶에 있어서는 危險半圓 및 可航半圓 자체가 별 의미가 없다는 것을 명심할 필요가 있다.

## 7. 颱風의 進路豫報

颱風의 進路의 豫報法을 대별하면

- ① 綜觀的 豫報
- ② 統計的 豫報
- ③ 數值豫報

의 셋으로 구분할 수 있다.

綜觀的 豫報에는 가장 기본적인 手法으로, 現時點에 이르기까지의 經路에서 外挿하는 방법(外挿法), 과거에 類似한 進路를 택한 颱風의 經路에서 類推하는 방법(類似法), 上層天氣圖上的 颱風 주변의 흐름의 場에서 추정하는 방법(Steering 法) 및 氣象衛星의 구름사진의 動靜에서 판단하는 방법(예를 들면 Dvorak 法) 등이 있다. 어느 것이나 예보자의 분석작업에 의하나 최종적으로는 자기의 경험을 가미한 종합판단에 의하여 進路를 결정하는 것이다.

外挿法이나 類似法은 가장 간단하면서도 실용적인 방법이므로 氣象事業이 시작된 초기부터 많이 이용되어온 手法이다. 外挿法의 精度는 12時間內는 대단히 유효하지만 그 이상으로 연장하면 精度가 저하한다.

Steering 法(指向流法)은 옛날부터 말해져 왔던 “颱風은 그 주변의 一般流에 의하여 흐른다”라는 經驗則(Steering 의 法則)에 의론적 근거를 둔 것으로 오늘날 現業에서 進路豫報作業에 중요한 위치를 占하고 있다. 一般流로서는 보통은 500mb의 흐름이 이용되지만 작은 颱風에 있어서는 700mb의 흐름이 이용된다. 上層天氣圖에 나타나는 等高線의 形, 즉 바람의 흐름은 颱風自身의 圓形의 흐름과 一般流가 중첩된 결과로 나타나는 것이므로 颱風自身의 흐름을 제거하지 않으면 一般流는 나타나지 않는다. 一般流를 찾아내는 방법을 한마디로 표현할 수는 없지만, 500mb 天氣圖를 이용할 때는 5,880m의 等高線이 거의 高氣壓의 외측의 흐름을 나타내는 것으로 보여진다. 300mb 天氣圖를 이용할 때는 9,720m의 等高線이 좋다고 말하여지고 있다. Steering 法의 利用例를 하나 들면 그림 4·5와 같다. 즉 颱風이 高氣壓의 남쪽에 있고 아직 轉向前일 때는 5,820m의 等高線과 平行히 緯度 10°정도 남쪽으로 그은 線의 곳에 颱風이 오면 轉向한다는 통제가 나와 있다.

그러나, 실제로 Steering 法을 豫報目的에 사용할 때는 어려운 점이 많다. 颱風의 규모의 대소, 세력의 강약, 颱風이 發達期인가 最盛期인가 또는 衰弱期인가에 따라, 그리고 周邊의 氣壓

分布나 바람의 場 등에 따라 一般流의 선택방법이 달라지기 때문이다. 따라서 颱風進路의 예상에는 500mb 天氣圖에 의한 Steering 以外에도 氣象衛星의 畫像, Radar 映像, 數值豫報의 값, 과거의 유사한 颱風의 例, 그리고 自己의 經驗과 센스를 가미한 종합적인 판단이 요구되는 것이다.

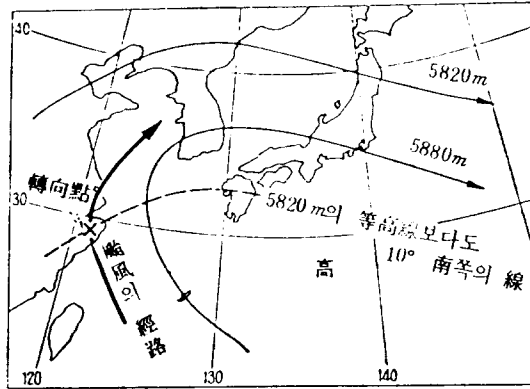


그림 4·5 颱風의 轉向點을 豫想하는 하나의 方法

氣象衛星의 구름寫眞을 이용하는 手法은 近年에 와서 極軌道 및 靜止의 兩氣象衛星資料의 充足과 함께 점차로 그 중요성이 증대하여 왔다. 海洋上 등 氣象觀測이 어려운 영역을 포함하여 광범위한 實況이 파악되며 또 빈번한 자료의 입수가 가능하다는 것은 氣象衛星의 큰 長點이다. 이전에는 그렇게 간단하지만은 않았던 颱風發生의 발견도 오늘날에는 발생이전의 단계로부터 관측이 가능하며, 颱風으로까지 성장하지 못하는 많은 熱帶性擾亂(Tropical disturbance)을 탐지하는 것도 가능해졌다. 初期段階의 熱帶性擾亂은 구름의 Cluster로서는 다분히 잘 정리되어 있지만 地上天氣圖의 等壓線解析에는 필히 반영되지 않을 때가 많다. 그런데, 氣象衛星의 자료는 아직은 定性的인 것이어서 그 이용에 있어서는 상당히 계통적으로 정리해 둘 필요가 있는 것이다.

統計的 豫報에도 여러 手法이 있지만 要件에 現時點까지의 그 颱風의 經路, 氣候學的으로 본 그 시기에 있어서의 颱風의 平均的 經路, 統計的으로 본 颱風進路와 높은 相關을 나타내는 氣象要素나 物理量을 Parameter로 하여 그것들의 豫想值로부터의 推定進路 등을 조합한 것이다. 統計的 豫報는 平均值的인 解를 부여하는 것으로, 平均值에 의한 檢定結果(方向이나 移動距離의 豫報誤差)는 좋은 성적을 보여준다. 그러나, 개개의 颱風에 대하여 보면 그 중에서도 氣候值에서 벗어나는 특이한 進路를 걷는 颱風에 대해서는 그리 간단하지만은 않다. 이런 특징을 잘 파악한 年후의 結果의 이용이 바람직하다 하겠다.

數值豫報는 空氣의 運動方程式을 數值的으로 푸는 것에 의하여 颱風의 이동을 예상하려고 하는 것이다. 數值豫報가 天氣豫報에 본격적으로 이용되기는 1950年代부터이다. 颱風進路豫報의

이용에는 近年에 이르기까지 일관하여 Steering의 法則에 기초를 둔 Barotropic 豫報였으나 최근 數值豫報法이나 數值 Simulation의 발전에 힘입어 3次元의 颱風 Model에 의한 Baroclinic 豫報가 점차로 도입되기에 이르렀다.

颱風進路의 數值豫報는 그 물리적 근거가 명백한 手法이므로 금후로 발전이 가장 기대되는 것이라 보여진다.

이 이외에도 現業에서는 客觀的 豫報法으로 Miller-Moore의 方法, Vigas-Miller의 方法, Simpson의 Warm tongue steering 方法, Griffith Wang의 方法 등 數없이 많이 있다. 그러나, 완전무결한 豫報法은 없는 것 같으며, 개개의 颱風에 적용시켜 보면 어느 방법은 비교적 잘 맞지만 다른 방법은 큰 오차를 동반하기가 일수이다.

船上에서 航海者가 유익하게 간단히 이용할 수 있는 地上天氣圖에 의한 綜觀氣象學的인 豫報法을 소개한다.

- ① 颱風은 北太平洋高氣壓을 오른쪽으로 보면서 그 外緣을 따라 진행하는 경향이 있다.
- ② 颱風의 等壓線은 진행방향에 密하다.
- ③ 颱風은 氣壓이 가장 하강하는 구역을 향하여 진행한다. 따라서 氣壓等變化線圖를 작성하여 이용하면 좋다.
- ④ 颱風의 外緣의 特定等壓線(예를 들면 1,000mb)의 움직임을 연속하여 그리고 있으면 이동 방향과 속도의 대세를 알 수 있다.
- ⑤ 颱風은 北太平洋高氣壓의 氣壓마루線(Ridge line)의 緯度부근에서 轉向한다.
- ⑥ 颱風은 偏西風의 氣壓골(Trough)이 접근하면 轉向한다.
- ⑦ 颱風은 前面에 前線이 있으면 그것을 타고 진행하는 경향이 있다.
- ⑧ 颱風은 前面의 降雨域을 향하여 진행하는 경향이 있다.
- ⑨ 等壓線의 長軸의 방향으로 진행하는 경향이 있다.
- ⑩ 低氣壓 상호간에는 흡인하는 경향이 있으므로 前方에 低氣壓이나 氣壓골이 있으면 그 방향으로 접근하여 진행한다.
- ⑪ 大陸에서 高氣壓이 颱風의 前方으로 밀어닥치면 颱風의 속도는 늦어지면서 급각도로 轉向하는 경우가 많다.
- ⑫ 颱風은 暖域을 진행한다. 따라서 前面에 寒域이 나타나면 颱風은 그곳으로부터 暖域으로 轉向한다.
- ⑬ 異常進路를 걷는 颱風이 나타나면, 다음의 颱風도 앞의 것과 같은 異常進路를 걸기 쉬운 경향이 있다.
- ⑭ 颱風의 東側에 偏南風이 발달하면 颱風은 北上하기 시작한다.
- ⑮ 颱風의 東쪽 또는 北東쪽에 偏北東風이 탁월하는 동안은 轉向하지 않는다.
- ⑯ 颱風은 거의 地上의 日平均氣溫의 等值線을 따라 진행하나 약간 왼쪽으로 기울어 진행하

는 경향이 있다. 또 이동속도는 溫度の 水平傾度에 비례하는 경향이 있다.

⑰ 北西쪽으로 진행하는 颱風이 轉向할 때는 速度의 西進分速度는 零이 된다. 따라서 관측시 마다 速度의 成分을 분해하여 北分과 西分의 값을 구해두면 轉向하는 시기가 거의 예측된다.

### 8. 颱風의 避航法

航行中에 颱風이 접근하여 올 때는 氣象通報와 FAX 天氣圖, 自船의 氣象觀測(氣壓, 바람 및 天氣狀態 등의 변화) 및 海面狀態 등에 의하여

- ① 颱風의 進路와 速力, 最大風速과 暴風半徑, 強風半徑
- ② 自船과 颱風의 相對的 位置
- ③ 自船에서 颱風中心까지의 거리

등을 가능한 한 정확히 파악한다. 그리하여 自船의 크기와 積貨狀態, 速力 및 續航力 등을 고려하여 안전한 피항조치를 취한다. 경우에 따라서는 右側半圓에 위치한 船舶이 左側半圓으로 이동하는 것이 안전할 때도 있다. 그러나, 이때는 颱風의 進路와 速度의 豫報가 거의 정확하며 船舶이 颱風의 豫想進路線上에 가깝게 위치하고 또 颱風中心에서 約 200 mile 이상 떨어져 있어야 한다. 颱風의 進路가 豫報와 크게 다르게 변하여 오히려 中心圈이나 右側半圓으로 船舶이 휩쓸려 들어가는 경우도 있을 수 있다.

대단히 강한 颱風은 暴風半徑이 300~400km 또는 그 이상이므로 中心에서 멀리 떨어져 있을 때 충분한 시간적인 여유를 가지고 避航操船을 하는 것이 바람직하다. 일단 船舶이 颱風의 영향권내에 들어갔을 때는 颱風中心에서 멀리 떨어져 나갈 수 있도록 하기 위하여 「R.R.R의 法則」 및 「L.L.R의 法則」에 따라 操船한다.

#### 〈R. R. R의 法則〉

船舶이 颱風의 영향권내에 있을 때 風向이 점차로 時計針이 도는 방향으로 바뀌면(右轉, Veering) 船舶은 颱風의 右側半圓에 위치한다. 이때는 바람을 右舷船首에서 받으면서 中心圈으로부터 멀리 避航한다.

#### 〈L. L. R의 法則〉

風向이 점차로 時計針이 도는 반대방향으로 바뀌면(左轉, Backing) 船舶은 颱風의 左側半圓에 위치한다. 이때는 바람을 右舷船尾로 받으면서 中心圈으로부터 멀리 避航한다.

지금 颱風이 進路를 급히 바꾸지 않고 進行할 것이라고 豫想될 때 船舶이 颱風의 豫想進路를 횡결하여 豫定航路를 航行하면 船舶과 颱風中心과는 상대적으로 어떤 위치를 占하는가를 살펴 보자. 그림 4·6과 같이 船舶對 颱風의 위치가 A對 (1)로 된 경우, 颱風의 豫想進路를 횡결하여 左側半圓으로 피항한다고 하자. 물론 경우에 따라서는 船速을 줄여서 颱風의 後方을 들거나 또는 颱風이 北西의 進路를 따라 속행한다면 통과를 기다릴 수도 있다.

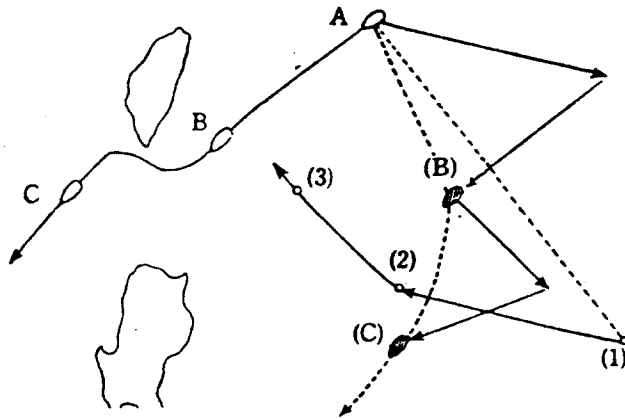


그림 4-6 颱風과 船舶의 相對位置圖

颱風이 (1)→(2)→(3)으로 진행하는 경우 편의상 颱風은 (1)의 위치에 정지하고 있다고 보고 颱風의 中心位置에 대한 船舶의 相對位置圖를 작성하여 避航進路의 판단에 이용하면 편리하다. 즉 A에서 颱風의 豫想移動距離 (1)↔(2)의 길이와 같게 豫想進路의 반대쪽으로 화살표를 그리고 그 끝에서 船舶의 進路와 같은 방향으로 豫定航走距離와 같은 길이의 화살표를 그린다. 그 끝 (B)는 颱風中心이 (1)에 정지한다고 본 경우의 相對位置이다. 같은 방법으로 (C)點을 구하면 點曲線 A→(B)→(C)를 얻는다. 따라서 船舶은 이동하는 颱風의 中心에 대하여 실제로는 A→B→C로 航行하지만 船舶과 颱風의 關係位置는 (1)에 위치한 颱風에 대하여 船舶은 點曲線 A→(B)→(C)상에 있는 것으로 된다. 이 그림으로 (1)에 있는 颱風中心에 대하여 가장 가까운 點曲線上의 一點을 구하면 船舶이 颱風中心에 가장 접근했을 때의 거리가 구해지며 또 그時刻, 船舶의 針路 및 颱風의 進路 등도 알 수 있다. 이때 颱風中心과 船舶이 상당히 떨어져 있어 暴風圈에 벗어나 있고 海面狀態도 과히 위험치 않다고 판단되면 豫定航路를 續行해도 무방할 것이다.

그러나, 迷走颱風의 경우나 颱風이 轉向하여 이동이 加速的으로 빨라지는 경우 등에는 颱風中心의 豫報위치와 실제위치와의 사이에는 큰 오차가 나타나므로 이와같은 作圖法으로 航路를 판단하는 것은 곤란하다. 또 실제로 颱風의 中心位置豫報는 約 200km의 平均誤差는 작오해야 하며 暴風圈, 強風圈의 半徑도 크게 변할 수 있으므로 항상 충분한 여유를 두고 판단하여야 한다.

颱風의 進路豫報의 오차와 避航法에 대하여 高橋浩一郎氏는 꼭 적중한다고는 볼 수 없지만 유익한 참고가 되리라고 믿는다면서 다음과 같이 記述하고 있다.

- ① 颱風의 進路豫報에 있어서 24時間後의 中心豫報位置는 標準誤差 200km 정도로 보는 것이 적당하며 300km를 초과하는 경우는 없다.
- ② 이 誤差는 대충 보아서 豫報時間의 길이에 비례한다고 보는 것이 좋다.

- ③ 船速에 따라 다르겠지만 보통 颱風의 暴風域을 피하기 위해서는 하루前 정도에서부터 避航措置를 취하는 것이 바람직하다. 따라서 颱風의 進路豫報도 24時間까지 발표할 필요가 있다.
- ④ 船舶에 따라 다르겠지만, 船舶이 颱風의 豫報進路上에 놓여 있을 때는 그 進路에 대하여 60°정도의 각도로 빗겨서 颱風과는 반대의 방향으로 避航하는 것이 가장 안전하다.

## V. 海 霧

冬季의 北西季節風과 Aleutian 低氣壓의 맹위가 쇠퇴하면서 다음에는 濃霧의 계절이 닥쳐오듯 北太平洋의 자연현상은 항상 험악하다. 근년 氣象에 관련된 海難은 감소하는 경향이 있지만 濃霧에 의한 視界不良으로 발생하는 海難은 全海難數의 약 30%를 차지하고 있어, 強風을 동반한 高波의 다음으로, 두번째로 많다.”

海上에서는 陸上과는 달리 氣象觀測所가 없으므로 안개의 발생의 자료도 船舶의 氣象觀測電報에 기대할 수 뿐이 없는 실정이다. 氣象官署로부터 海上航行安全에 필요한 氣象情報를 보다 신속·정확히 제공받으려면 船舶은 특히 惡天候時에는 적극적으로 氣象觀測資料를 통보해 주어야 할 것이다.

### 1. 海霧의 種類

海霧는 그 成因에 의하여 移流霧, 前線霧 및 蒸氣霧 등으로 분류되지만 北太平洋上에서 볼 수 있는 안개는 거의 移流霧와 前線霧이다. 海上에는 風浪의 비말에 의하여 형성된 눈에 보이지 않는 미립자가 공기중에 많이 부유하고 있는데 이것을 응결핵으로 하여 안개가 형성되는 경우가 많다. 海霧는 일반적으로 陸霧보다 발생빈도가 높고 또 지속성이 큰것이 특징이다.

移流霧는 봄철에서 여름철에 걸쳐 溫暖한 水面上의 濕한 공기가 보다 寒冷한 海域으로 移流할 때 발생한다. 前線霧는 계절에 관계없이 前線에 동반되어 발생한다. 前線霧는 前線부근에서 雨滴의 증발에 의하여 발생하는 것으로 北太平洋上에서는 장마철에 장마前線에 동반되어 빈번히 발생하지만 이 時期는 移流霧의 全盛期로 이 兩者가 중첩되어 발생하기도 한다. 蒸氣霧는 육상의 극히 寒冷한 공기가 따뜻한 海面上으로 移流할 때 발생하는 것으로 겨울철에서만 볼 수 있다. 寒氣가 溫暖한 水面上으로 移流하게 되면 水面으로부터 수증기의 공급과 함께 下層大氣가 급속히 가열되므로 大氣는 不安定化되어 안개를 消散시키려는 작용이 동시에 일어난다. 따라서 길고 지속성이 있는 蒸氣霧는 형성되지 않는다.

海霧의 대부분은 移流霧이므로 일반적으로 海霧라고 하면 移流霧를 가리키는 것이 보통이다. 따라서 이 論文에서도 移流霧에 대해서 논하겠다.

### 2. 移流霧의 發生機構

移流霧가 발생하기 위한 필요조건으로는 表面水溫이 氣溫보다 낮아서 氣層이 냉각될 것. 그리고 大氣中에 수증기가 많아 濕度가 높은 것 등을 들 수 있다.

첫째의 조건은 表面水溫의 분포와 氣溫分布에 의하여 결정된다. 海水溫度의 변동은 단시간내에서는 대단히 작으므로 海水와 大氣의 溫度差는 氣團의 이동에 의하여 결정된다. 일반적으로 溫暖氣團의 북진에 의하여 溫度差는 커지고 氣團의 냉각도 커지는데 그 크기는 氣團이 等水溫線을 횡결하는 속도에 비례한다.

둘째의 조건은 氣團이 가지는 수증기압이 현지의 表面水溫에 대한 포화증기압보다 커야 된다는 것을 뜻한다. 다시 말하면 表面水溫이 移流하는 空氣의 露點溫度보다 낮은 海域으로 이동하는 경우에 移流霧는 형성된다.

### 3. 移流霧의 發生時期

海霧의 발생에 대한 첫째의 조건중 氣溫과 表面水溫의 차와 안개日數에 대하여 살펴보기 위하여 黑潮丸(14t)의 관측결과와 日本本州의 東北海岸에 위치한 宮古의 안개日數를 나타낸 것이 表 5·1이다. 觀測地點은 宮古의 正東쪽 約 20km의 海上(N39°40', E142°11'50'')이다.

表 5·1 宮古正東海上의 氣溫, 表面水溫과 宮古의 안개日數

種目	月												年
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
氣溫	3.1	2.9	5.0	7.6	11.3	15.4	19.0	21.4	20.7	16.5	11.2	5.4	11.6
水溫	9.0	6.7	4.9	6.0	9.8	12.6	16.4	20.4	20.2	17.7	15.4	12.4	12.6
(氣溫)-(水溫)	-5.9	-3.8	0.1	1.6	1.5	2.8	2.6	1.0	0.5	-1.2	-4.2	-7.0	-1.0
안개日數	0.2	0.3	0.5	1.1	3.5	6.1	7.9	4.0	1.7	0.6	0.3	0.2	26.4

註: 觀測期間은 1937~42年(1940年은 5~9月間의 資料가 없어 제외시켰음)의 5年, 觀測回數 458回

表 5·1에 의하면 3월부터 9월까지 氣溫은 表面水溫보다 높으며 이 기간이 移流霧가 발생하는 계절이다. 특히 6, 7月은 兩溫度의 차가 크며 안개日數 또한 많다.

海域에 따라서 안개의 발생계절이 다를 수 있다는 것은 당연히 생각되어지지만 宮古의 먼 東方洋上의 定點(N39°, E153°)觀測船의 관측에 의하면 海霧發生의 年年變動은 상당히 크지만 평균적으로 定點附近에서는 4~7月의 4개월이 發生期間이며 그 最盛期는 6~7月의 2개월로 보아도 좋다는 결과를 얻었다.<sup>10)</sup> 또 北海道東方洋上에서는 안개발생의 年年變動은 남쪽 海域보다 크지 않으며 대략 5~8月의 4개월간이 안개의 계절이고 最盛期는 7~8月로 남쪽보다 늦다고 알려져 있다.<sup>11)</sup> 안개의 빈도 10%의 等值線을 가지고 그 海域의 移流霧의 南限이라고 하면, 日本東方近海洋上의 안개發生域은 表面水溫 20°C以下の 冷海面에 한정된다고 한다. 따라서 20°C 海面等水溫線의 움직임과 함께 發生域은 北으로 이동하여 北洋海域으로 갈수록 안개의 頻發期는

늦어지게 된다.

4. 移流霧 發生時的 바람

暖候期에는 北太平洋高氣壓이 세력을 확장하며 北上해 오므로 北太平洋의 北西海域은 이 高氣壓의 가장자리에 해당하며 偏南의 바람이 탁월해진다. 따라서 溫暖濕潤한 熱帶空氣가 이 偏南의 바람에 의하여 Oyashio 寒流域으로 移流하는 晩春에서 夏季에 걸쳐 빈번히 발생한다.

筆者가 北緯 35°以北, 西經 170°以西의 北太平洋 北西部의 海域에 있어서, 1985年 7月과 8月の 2個月동안에 船舶이 海霧를 관측했을 때의 風向과 風速을 분석한 것이 表 5·2와 表 5·3이다. 이 期間에 매일 00Z와 12Z의 2回의 船舶報告中 航行中の 船舶이 海霧를 遭遇한 回數는 730이었다.

表 5·2 風向別 海霧의 頻度(%)

(1985年 7~8月)

風 向	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Calm
頻 度	1.8	1.5	1.8	2.3	4.4	4.8	8.2	10.1	13.7	12.3	14.3	8.2	6.4	3.2	2.7	2.3	1.9

表 5·2에서 보는 바와 같이 SE~SW의 偏南의 바람은 58.6%이다. 다시 偏南의 바람을 조금이라도 北向成分이 있는 바람까지로 확장하여 ESE~WSW까지로 보면 偏南의 바람의 出現率은 71.6%이다. 따라서 偏南의 바람이 海霧를 동반하기 쉽다는 것은 사실이지만 偏北風이 불때도 海霧를 동반하고 있는데 이것은 前線이나 低氣壓에 의한 안개가 대부분이라고 보여진다. 실제로 이 期間에 移流霧가 광범위하게 발생한 날의 日氣圖를 보면 前線부근이나 低氣壓의 北東側에도 안개가 발생하고 있다. 이와 같은 안개는 순수한 前線霧도 있지만 移流霧의 성격을 동시에 띠는 안개도 있는 것이다. 또 이 海域에서 寒流와 暖流가 부딪치는 Polar front上에서는 海水面溫度의 水平分布가 어느 정도 불규칙할 것이 예상되며, 따라서 어떤 상황하에서는 偏北의 바람이 불때도 移流霧는 발생할 수 있는 것이 아닌가 생각된다.

海霧發生時的 風力別 頻度를 위와 同一資料에 대하여 구한 것이 表 5·3이다. 風力 4(5.5~7.9m/s)의 경우가 約 1/3을 점하고 7(13.9~17.1m/s)이상으로 되면 현저히 적어진다. 실제로 移流霧는 바람이 약간 강할 때 광범위하게 잘 발생하며 또 두껍다. 陸霧가 風力 2이하일 때 잘 발생하는 것과는 달리 移流霧는 이와 같이 바람이 어느 정도 강할 때 잘 발생하며 그 두께도 보통 200~300m, 때로는 500m 이상에 달할 때도 있다.

表 5·3 風力別 海霧의 頻度(%)

(1985年 7~8月)

風 力	Calm	1	2	3	4	5	6	>7
頻 度	1.9	5.6	11.8	18.1	29.7	18.6	11.5	2.8



## 5. 霧中에서의 氣溫과 水溫의 差

前述한 바와 같이 移流霧는 溫暖濕潤한 空氣가 보다 찬 海面上을 이동하는 동안에 下層으로 부터 냉각되어 발생하므로 통상 안개중의 氣溫은 表面水溫보다 약간 높을 때가 많다. 그리하여 北太平洋 北西部洋上에서 移流霧의 最盛期에 氣溫과 水溫의 差를 분석하기 위하여, 1985年 7月과 8月의 2個月 동안에 航行中の 船舶으로부터 관측되어 보고된 자료를 사용하여 얻은 결과는 表 5.4와 같다.

表 5.4 霧中の 溫度差(氣溫-水溫)의 頻度(%)

(1985年 7~8月)

溫度差 (℃)	<-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	>7
頻 度	3.8	6.2	9.0	8.5	19.6	19.2	14.4	9.6	4.4	2.7	2.6

表에서 보는 바와 같이 가장 많이 발생하는 경우는 +1℃이며, 0℃~(+4℃)까지가 71.3%를 차지한다. 따라서 溫度差가 클수록 發生率이 높다고 하는 상식은 통용되지 않고, 오히려 兩者의 溫度가 가까울수록 안개는 끼기 쉽다고 말할 수 있을 것이다.

그러나, 氣溫-水溫의 差가 -1℃~(-3℃)정도에서도 안개가 발생하고 있다. 즉, 氣溫과 水溫의 差가 작으면 水溫이 氣溫보다 높아도 안개의 발생에는 영향이 없는 것과 같이 보인다. 물론 海霧는 移流해 가므로 水溫이 낮은 곳에서 발생한 것이 氣溫보다 水溫이 높은 곳으로 移流한 경우도 있을 수 있겠지만, 빈번히는 일어날 것도 아닌 것 같다. 그리고 移流霧 이외에 前線霧인 경우도 포함될 수 있으며 또 兩者의 性격을 동시에 띠는 경우도 생각할 수 있다.

## 6. 北太平洋의 海霧

英國의 氣象局이 만든 「Meteorology for Mariners」라는 책에는 1月과 7月의 地球全海洋上의 海霧의 빈도를 나타내는 그림이 게재되어 있다. 1月에는 美國의 California沿岸海域을 제외하고는 海霧가 거의 발생치 않지만, 7月에는 그림 5.1과 같이 北太平洋北部와 北大西洋의 Newfoundland의 近海에 40% 이상의 안개 多發生地域이 있다. 이들 海域은 夏季에 발달하는 亞熱帶高氣壓의 가장자리에 위치하여, 이곳을 低氣壓이 北東進할 때 남쪽에서 溫暖濕潤한 바람이 寒冷한 海面上을 吹走하는 海域에 해당하며, 따라서 이곳에 발생하는 안개는 대부분이 移流霧라고 생각된다.

北太平洋北部海域에 있어서 出現頻도가 10% 이상인 分布域은 日本의 北海道南部로부터 北美의 西海岸가까이까지 펼쳐져 있으며, 다시 30% 이상의 高分布域은 Aleutian 列島中부의 南方洋上으로부터 Kuril 列島까지 펼쳐져 있는데 이 海域은 Oyashio 寒流의 卓越域에 해당된다.

西經側에 적은 것은 Alaska 灣으로부터 Aleutian 列島 南方沿岸으로 흐르는 Alaska 海流의 水溫이 Oyashio의 그것에 비하여 약간 높기 때문이라 생각된다. Alaska 海流는 流速이 1 knot 이상 이어서 Seattle 이나 Vancouver 로부터 우리나라로 오는 北太平洋航路(PNW)의 復航에는 대단히 이득이 되는 海流인 것이다.

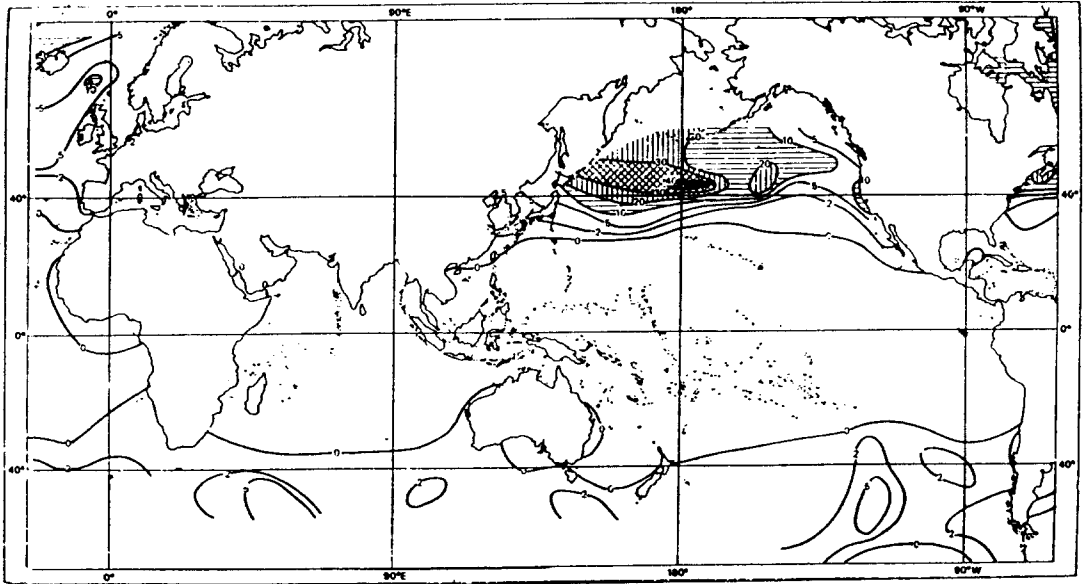


그림 5·1 7月の海霧의發生頻度(%)

California 沿岸에는 1月과 7月の 그림에 모두 10% 이상의 海霧區域으로 나타나 있다. 이 곳은 北太平洋東部の亞熱帶高氣壓이 異常的으로 발달하여, 그것의 南北으로 뻗치는 氣壓마루(Ridge)가 130°W에서 150°W 부근에 정체하면 北美西岸에서 偏北의 強風이 우세해지며, 이때 안개가 발생한다. 이 南北으로 뻗는 우세한 高氣壓은 冬季에도 출현하지만 暖候期에 보다 많이 나타나므로 California의 안개는 夏季에 보다 많이 발생한다.

이 안개의 발생기구를 보면, 前述한 偏北의 卓越風에 의한 海水의 表層에 일어나는 吹走流는 海岸으로부터 떨어지는 쪽으로 흐르므로 San Francisco 海岸부근에서는 찬 深層水가 湧昇하여 海面水溫이 낮아진다. 따라서 北쪽에서 移流해온 공기는 여기서 冷却되므로 相對溫度가 높아지고 마침내 안개를 발생시키기 쉬운 상태로 되는 것이다.

그러나, 冷水域의 風下側에 위치하는 San Diego까지 南下하고부터 처음으로 안개의 발생을 볼 경우도 많은데, 이것은 移流中の 냉각만으로 모든 것이 설명되어지는 것은 아닌 것이다. 그것에는 다음과 같은 이유도 겹쳐 있다고 생각되어진다. California 海域에 北太平洋高氣壓이 덮고 있을 때 上空에는 대규모의 下降流의 場으로 되어 있으므로 공기는 斷熱的으로 가열되고, 따라서 相對濕度는 낮아질 때가 많다. 그 결과 상공에는 逆轉層이 형성되며 그 밑에서 上層보다 溫度는 낮지만 水蒸氣의 절대량이 많으므로, 水蒸氣의 輻射冷却에 의하여 더욱 逆轉은 강화된다. 이때 逆轉層의 바로 밑의 氣層의 溫度가 露點溫度이하로 되면 層雲이 형성된다. 그렇게 되면 長波輻射에 의한 냉각의 효과는 더욱 커지며, 특히 日射에 의한 加熱이 없는 밤에는 層雲의 상부의 냉각속도가 가장 커진다. 따라서 이보다 下層에서는 氣層은 불안정해지며 對流이 일

어나 逆轉層 밑의 공기 전체가 냉각된다. 이 냉각작용으로 層雲의 雲底는 내려오고 마침내는 地面까지 내려와 안개로 되는 것이다. 따라서 California의 안개는 移流霧와 逆轉霧의 성격을 동시에 띤 안개라고 볼 수 있으며 또 海水의 湧昇(Upwelling)작용이 크게 작용하므로 이곳의 안개를 Upwelling fog라고 부르기도 한다. 같은 종류의 안개를 南美西岸의 Peru에서 Chile에 걸쳐, 또 Africa大陸의 南西海岸에서도 볼 수 있다.

### 7. 移流霧의 豫報

海霧의 예보는 陸霧(輻射霧)의 예보에 비하여 어렵다. 海水溫도의 日變化는 매우 작으며, 海面上의 空氣의 溫度는 移流에 의하여 매우 크게 변할 수 있기 때문이다.

海霧는 약간의 氣溫의 변화, 水溫과 氣溫의 差 및 風速에 크게 관계된다. 海霧는 空氣의 露點溫度가 水溫보다 높을 때 잘 발생하므로 天氣圖上에서 氣壓配置로 보아 空氣의 露點溫度보다 水溫이 낮은 海域으로 空氣가 이동하리라고 예상될 때는 海霧의 발생을 예상할 수 있다. 風力도 안개의 예보에 중요하며, 風力이 4내외일 때 가장 잘 발생하고 靜穩일 때나 風力이 7이상으로 강할 때는 잘 발생하지 않는다. 바람이 너무 강하면 요란에 의하여 안개는 상승하여 낮은 層雲(Low stratus)으로 된다.

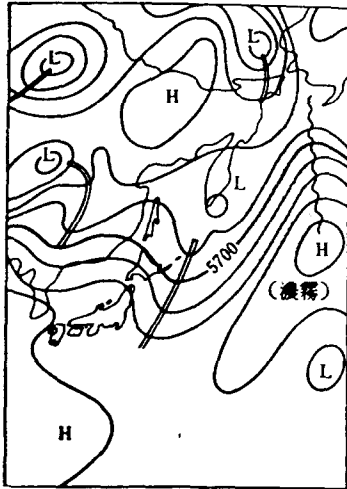
우리는 天氣圖上에서 風向의 변화를 어느정도 예측할 수 있다. 바람이 溫暖하고 多濕한 空氣가 보다 차고 건조한 空氣와 대체되도록 변한다면 안개가 형성될 기회는 감소되며 있던 안개도 소산되기 쉽다. 대체로 偏北의 바람이 불면(北半球) 안개는 형성되기 어려우며 발생한 안개도 급속히 소산된다.

때로는 연돌에서 나오는 연기의 움직임이 좋은 징조가 되기도 한다. 연기가 거의 수평으로 흘러가면 空氣는 보다 찬 海面과 접촉된 결과 그 下層이 냉각을 받아 氣溫의 逆轉이 형성되어 있음을 뜻한다. 이와같은 大氣의 상태하에서는 불원간에 얇은 海霧가 형성될 것이라고 예상해도 좋다.

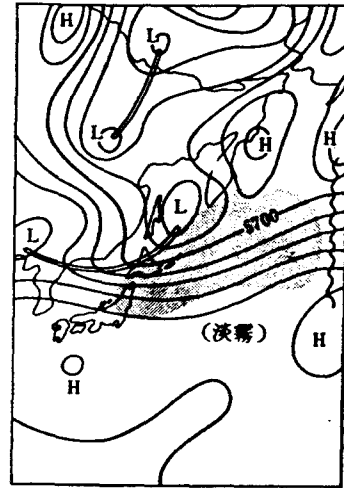
北太平洋北西部海域에 발생하는 移流霧는 天氣圖上의 氣壓配置型과 밀접한 관계가 있는데 이를 정리하면 대략 다음과 같다.

- ① 地上天氣圖上에서 高氣壓의 후면에서 南 또는 南西의 溫暖氣流가 강한 곳에 안개는 잘 발생한다.
- ② 500mb 上層天氣圖上의 氣壓마루의 후면에만 안개는 발생하고 氣壓마루와 함께 안개의 發生域도 이동한다.
- ③ 그림 4·2에서 볼 수 있는 바와 같이 500mb 天氣圖에서 氣壓마루가 강할 때는 濃霧가 비교적 좁은 범위에 집중적으로 발생하며(a), 氣壓마루가 약할 때는 얇은 안개가 넓게 발생한다(b).
- ④ 500mb의 바람이 東西流로 되면 안개는 곧 소산된다.

(5) 일반적으로 弱風일 때 발생한 안개는 얇고 단시간에 없어지나, 強風下에 발생한 안개는 오래 지속되며 또 짙은 것이 많다.



(a) 1961年 6月 29日 21時



(b) 1961年 7月 8日 21時

그림 4-2 500mb 氣壓場과 海霧發生域

### 8. 霧中에서의 航法

안개로 인한 視程障害때문에 일어나는 海難事故의 대부분은 충돌사고이며, 大洋上에서 일어나는 경우는 드물고 주로 협수로나 內灣에서 많이 발생하고 있다. 또 強風·高波에 의한 海難은 소형선에서 많이 볼 수 있지만 안개에 의한 海難은 화물선과 Tanker가 전체의 약 70%를 占하며 대형선에서 많다.<sup>12)</sup>

霧中の 視界不良에 의한 충돌사고를 피하려면 海上衝突豫防規則 第19條(制限視界內에서의 航法)과 第35條(霧中信號)를 잘 지켜 충분히 주의를 기울이면서 적당한 속력으로 航走하면서 霧中信號를 규정대로 실시해야 한다. 他船의 霧中信號가 船首方向에서 들려올 때는 그 船舶의 위치나 동정을 확실히 파악할 때까지는 가능한 한 對水速力を 줄이고 경우에 따라서는 기관을 정지하고 주의하면서 操船하여야 한다.

音波는 大氣中에 水滴이 극단적으로 많이 떠 있을 때는 反射 또는 屈折로 인하여 그 세기가 감쇠되기도 한다. 바람이 불 때는 音源의 방향에 따라 音波의 강도는 다를 수 있다. 예를 들면 風下側으로부터 오는 音響信號는 風上側으로부터 오는 그것에 비하여 잘 들리지 않는다. 또 強風中에서는 바람과 風浪에 의한 소음으로 霧中信號가 잘 들리지 않는다.

霧中에서 Radar 를 사용하면 여러 氣象的인 要因에 따라 영향을 달리 받는다. Radar 의 사용에 기준을 둔 大氣의 標準狀態는 다음과 같다.<sup>13)</sup>

- ① 海面上的 氣壓은 1,013mb 이고 氣壓은 100m 에 대하여 12mb 의 울로 위로 올라감에 따라 감소한다.
- ② 海面上的 氣溫은 15°C 이고 氣溫減率은 0.7°C/100m 이다.
- ③ 相對濕度는 60% (高度에 관계없이 一定)

이 標準大氣狀態下에서 Radar range 는 정상이다. 만일 氣溫減率이 표준보다 크거나 相對濕度가 위로 올라갈수록 증가하면 亞屈折(Sub-refraction)이라 하여 Radar 波가 輻쪽으로 굴절한다. 이 때문에 수평선까지의 거리는 매우 짧아진다. 안개가 낄 때도 亞屈折 상태로 되며 또 氣溫보다 水溫이 높을 때 잘 일어나므로 冬季의 中高緯度地方이나 浮氷海域에서 일어나기 쉽다.

반대로, 超屈折(Super-refraction)이라 하여 亞屈折과는 반대로, 氣溫減率이 표준보다 작거나 濕度가 위로 갈수록 감소할 때에 일어난다. 氣溫보다 水溫이 낮을 때 일어나므로 夏季의 中高緯度地方에서 잘 일어난다.

실제로 氣溫이 水溫보다 5°C 이상 낮을 때는 亞屈折이 되기 쉽고 반대로 氣溫이 水溫보다 5°C 이상 높을 때는 超屈折의 상태가 되기 쉽다. 어느 경우나 바람은 비교적 약하여 요란이 현저히 일어나지 않을 때 그러하다.

Radar 에 의하여 霧中에서도 地物이나 他船의 존재를 식별할 수 있게 되었지만 Radar 장비선에 있어서도 霧中에서 충돌이나 좌초의 사고가 발생하고 있다. 특히 Radar 만을 과신하고 지형이 복잡하고 船舶의 교통량이 많은 해역에서 2船 또는 3船과의 충돌을 피해보려는 행동은 현재의 상태에서는 극히 위험하다.

## VI. 結 言

北太平洋상의 여러 惡氣象·海象中에서 船體着氷, 流氷, 颶風 및 海霧에 대하여 그 실상과 이것이 船舶運航에 미치는 영향, 그리고 이와 같은 惡氣象·海象狀況에서 船舶의 安全運航을 위한 操船上의 留意할 點 등에 대하여 논하였다.

船體의 着氷現象은 氣溫이 -6°C 이하의 海域을 航行할 때 급격히 진행하므로 이때는 船速을 줄이어 船體에 와 부딪치는 海水의 비말의 양을 줄이도록 한다.

流氷은 특히 100 ton 미만의 소형선이나 漁船 등에 위협이 된다. Kuril 列島南方海域은 3月初의 流氷 최성기에 Okhotsk 海에서 流入해 오므로 Facsimile 의 海氷圖를 적극 입수하여 이용함으로써 재해를 예방한다.

7~10月 颶風期에는 熱帶低氣壓이 가장 발달하며 또 中緯度地方으로 많이 北上해 온다. 颶風情報에 귀를 기울여 船舶이 颶風의 中心圈과 暴風圈에 휩쓸려 들어가지 않도록 避航法을 적극 익숙시켜 활용한다.

海霧의 대부분은 移流霧이다. 移流霧는 水溫이 氣溫보다 1°C 이상 낮을 때 잘 발생한다. 北太

平洋高氣壓이 발달하여 北太平洋의 北部海域에 高溫多濕한 偏南風이 불 때가 濃霧期(4~9月)이다. 霧中の 航法을 잘 이행하여 船舶과 충돌이나 좌초 등을 미연에 방지하여야 할 것이다.

### 參 考 文 獻

- 1) 竹永一雄: 暖流と海難, 船と氣象, 第166號, P. 7, 日本氣象協會, 東京(1985)
- 2) 北海道新聞社編: 北の天氣, 北海道新聞社, p. 29(1981)
- 3) 澤田照夫: 恐ろしい船體着氷, 氣象 9. 3, pp. 6~9, 日本氣象協會, 東京(1965)
- 4) Gray, W. M. : Grobal View of the Origin of Tropical Disturbances and Storms. Mon. Wea. Rev. Vol. 96, pp. 669~700(1968)
- 5) 筒村 曜: 台風物語, 氣象 30. 7, pp. 32~33, 日本氣象協會, 東京(1986)
- 6) 佐藤藤平外: 氣象 FAX の利用, p. 51, 日本氣象協會, 東京(1978)
- 7) Jarrell, J. D. et al: An Analysis of Western North Pacific Tropical Cyclone Forecast Errors, Mon. Wea. Rev., No. 106, pp. 925~937(1978)
- 8) Y. Nyomura: Verification of the Forecast of Typhoon Tracks, Journal of Meteorological Research Vol. 31, Nos. 9~10, pp. 9~26, Japan Meteorological Agency(1979)
- 9) 中西秀二: 海霧, 海と安全302號, p. 9, 日本海難防止協會, 東京(1984)
- 10) 澤田照夫: 北洋の海霧と海況について(1), 研究時報 第14卷 第8號, pp. 529~536(1962)
- 11) 梅田三郎: 夏季における根室及其の近海の霧について, 航空氣象報告 5, 4. pp. 514~526(1942)
- 12) 氣象廳海上氣象課: 氣象に關連した海難, 船と海上氣象, 第29卷 第1號, p. 10(1985)
- 13) Meteorological Office: Meteorology for Mariners, 3rd ed., p. 65, Her Majesty's Stationery Office (1981)