

# 우리나라 標準航海表의 發刊을 爲한 基礎研究

尹 汝 政 · 鄭 世 謨

## On the Basic Study for the Publication of Korean Standard Nautical Table

Yeo-Jeong Yoon and Se-Mo Chung

### 目 次

- |                     |                        |
|---------------------|------------------------|
| 1. 序 言              | 4. 標準航海表의 諸表 選定에 따른 原則 |
| 2. 外國版 航海表의 概要      | 5. 標準航海表의 形式과 基本式      |
| 3. 航海表 使用 頻度에 關한 調査 | 6. 結 言                 |

### Abstract

This paper deals with the basic study for the publication of Korean Standard Nautical Table.

Various tables included in the Bowditch Nautical Table, Norie's Nautical Table and the Sekiseikai Nautical Table are studied as to the importance as nautical table, arrangements, units, and the formulas for the calculation of the tables.

Based on the above study together with enquete data as to the frequency of referring tables in practical navigation, twenty six tables are to be collected in the Korean Standard Nautical Table to be published, and the arrangements, units and the calculation formulas are studied. The table is intended for use on ocean and air navigation and units are unified to meter, millibar and centigrade system.

The authors emphasize here that the chief aim of this paper is to request the kind advice and criticism of the readers before the Korean Standard Nautical Table is published.

### 1. 序 言

船舶의 位置決定을 비롯하여 方向과 距離를 決定하는 各種 計算에 直接 또는 間接으로 없어서는

안되는 航海表는 時代的 要請에 따라 變遷을 거듭해 왔다.

처음에는 航海者의 必要에 따라 알맞는 表를 選擇하여 各種 航海書의 適當한 處에 挿入한 形態의 것이었으나 漸次 航海表의 內容이 多樣하여짐에 따라 冊一卷이 모두 數表만으로 된 것도 생겨나게 되었다.

航海表에 掲載되는 內容의 選擇에 있어서 留意할 點은 그 時代에 副應하는 것이어야 할 뿐 아니라 現用航海術의 모든 分野를 網羅한 것이어야 하고 또 簡單明瞭한 것이어야 한다는 點이다.

過去부터 오늘에 이르기까지 航海表에 選定된 것들은 重要한 것만 주려도 그 種類가 150種을 넘고 있으나 그 切半程度는 現代 航海術에 있어서는 쓸모가 거의 없는 內容의 것들이고, 그 나머지 중에서도 이미 天測曆, 潮汐表, 燈台表 等에 掲載되어 있는 것이 많다.

이는 航海關係 諸表가 그 內容에 따라 細分化되었음을 보여주는 것이며 따라서 重複을 避한다면 航海表에 掲載할 表는 自然히 數的으로 制限을 받게 된다.

航海表는 時代에 따라 重要性의 程度의 差異는 있으나 安全航海를 위해 必要不可缺한 것임은 再言할 必要도 없으며, 그럼에도 不拘하고 우리나라는 近代海運의 歷史가 30년이 넘는 오늘에 이르기까지 外國의 航海表를 그대로 빌어쓰고 있는 現實이다. 따라서 各 船舶間에 航海表의 統一이 되지 못하는 데서 오는 航海士의 不便과 錯誤에서 惹起되는 위험은 看過하기 어려운 實情이라 아니 할 수 없다. 이러한 實情에 비추어 우리의 獨自의인 統一된 航海表의 刊行은 때늦은 감은 있으나 서둘러야 할 航海學界의 課題라 아니 할 수 없다. 한번 採擇된 航海表를 바꾸는 作業은 船舶의 移動이 汎世界的임에 비추어 쉽지 않으며, 또 航海表의 한 字의 誤字가 가져오는 結果의 重大性으로 보나, 또는 配置의 잘못에서 오는 長期間의 不便 等を 감안 할 때 이러한 새로운 航海表의 刊行은 아무리 事前檢討을 거듭하여 慎重을 期하여도 오히려 不足하다 할 것이며, 따라서 外國에서는 航海에 關聯된 學界와 實務界를 망라한 刊行委員會를 構成하여 長期間의 事前檢討을 거치는 경우가 드물지 않다. 本論文에서는 새로운 航海表에 收錄할 內容의 選定에 關한 原則을 세우고, 이 原則에 따라 表를 選定하여, 그 配列 및 表의 作成을 爲한 基本式 等を 決定하여 發表하므로써, 關聯 學界 및 業界의 批判과 忠告를 받으므로써 앞으로 있을 航海表刊行事業의 基礎를 다짐을 目標로 하였다.

## 2. 外國版 航海表의 概要

現在 先進海運國에서는 各己 獨自의인 航海表를 刊行하고 있으며 形式은 航海書에 附屬된 것과 表만을 모아 單卷의 冊으로 된 것으로 區別할 수 있다.

前者에 屬하는 것의 代表的인 것이 美國의 American Practical Navigator이며 後者에 屬하는 것 중 有名한 것이 英國의 Norie's Nautical Table과 日本의 積成會編 航海表이다.

本稿에서는 以上の 3種의 航海表를 選定하여 그 內容을 比較檢討하였는 바 이들 航海表에 掲載되어 있는 表들은 다음 第1表와 같다.

〈第 1 表〉

番 號	表 의 名 稱	A	B	C
1	無線方位改正角	1	14	32
2	點·度換算	2	×	×
3	Traverse 表	3	6	1

4	漸長緯度改正角	4	×	×
5	漸長緯度	5	8	2
6	經緯度 1°의 길이	6	×	×
7	1物標의 2方位에 依한 距離	7	×	×
8	視水平距離	8	11	30
9	仰角距離	9	13	28
10	眞風向 및 眞風速	10	×	×
11	氣壓의 海面更正値	11	×	×
12	氣壓의 重力補正値	12	×	×
13	氣壓의 溫度補正値	13	×	×
14	氣壓 單位換算表	14	×	36
15	溫度計示度換算表	15	×	37
16	相對濕度表	16	×	×
17	露 点 表	17	×	×
18	速 力 表	18	9	△24
19	航速距離表	19	10	24
20	海里·陸里換算表	20	×	△42~△44
21	미터·피트·패덤換算表	21	×	45
22	水涯線眼高差	22	12	31
23	平均氣差의 氣溫改正値	23	18	21
24	平均氣差의 氣壓改正値	24	18	21
25	東西圈通過時의 子午線角과 高度	25	22	×
26	經緯度改正係數	26	△24	×
27	出沒方位角	27	26A	12
28	視水平에서 觀測한 出沒方位角 改正値	28	26B	12
29	近午高改正値(a値)	29	23A, 23B	13
30	近午高度改正値(C値)	30	23C	13
31	三角函數의 眞數	31	4	6
32	常 用 對 數	32	1	3
33	三角函數의 對數	33	3	4
34	Haversine의 眞數 및 對數	34	5	5
35	微小角(0°~5°)의 Log Sin, Log Tan	×	2	×
36	2 階 곱 수	×	×	7
37	3 階 곱 수	×	×	8
38	2 階 곱 근	×	×	9
39	3 階 곱 근	×	×	10

(4)

1980年 3月 韓國海洋大學論文集 第15輯

40	東西距에 相當하는 變經	×	7	×
41	A B C 表	×	25A, B	11A, B, C
42	高度變化 1'에 對한 時角變化	×	×	14
43	1分間の 高度變化	×	×	15
44	眼 高 差	×	11	16
45	太陽의 見보기 반지름 및 高度視差	×	19A	17
46	高度에 따른 太陰의 見보기 반지름 증가율	×	21	18
47	緯도에 따른 太陰水平視差의 變化	×	20	19
48	平均氣差	×	17	20
49	太陰의 子午線正中時改正値	×	28	22
50	太陰高度改正値	×	16C	23
51	平均速力	×	×	24
52	視達距離	×	×	△29
53	Radar 距離	×	×	25
54	1海里를 所定時間에 航走하기 위한 速力	×	×	27
55	弧度·時間換算表	×	15A	33 34
56	時分·日換算表	×	15B	35
57	分·度換算表	×	×	46
58	太陽高度改正値	×	16A	表紙
59	惑星·恒星高度改正値	×	16B	×
60	惑星의 高度視差	×	19B	×
61	太陰의 高度視差	×	19C	×
62	常用日出沒時를 求하는 改正値	×	27	×
63	地球의 모양과 크기	×	29	×
64	任意時의 潮高	×	30	×
65	度量衡換算表	×	31	38~41

- [註] 1. A는 American Practical Navigation에 附屬된 Bowditch表(1962年版), B는 積成會編 航海表(1973年版), C는 Norie's Nautical Table(1977年版) 임.  
 2. A, B, C의 아래에 表示한 數字는 各 航海表의 目次順을 나타낸 것임.  
 3. 各 航海表 아래에 表示한 ×標는 그 表가 掲載되어 있지 않음을 나타낸 것임.  
 4. 數字 앞에 表示한 △標는 表의 內容이 同一하지 않고 類似한 것임을 나타낸 것임.

이들 表의 配列에 關하여 살펴보면 다음과 같다.

Bowditch 表는 地文航法用 諸表, 氣象關係 諸表, 天文航法用 諸表 및 數表의 順으로 配列되어 있으며 全体 34種中 氣象關係의 表가 7種이나 되는 點이 特徵이다.

積成會編 航海表는 數表, 地文航法用 諸表, 天文航法用 諸表, 氣象海象關係 및 其他 諸表의 順이며 特히 餘白을 利用하여 數學, 航法 및 氣象海象關係의 公式이나 常數를 收錄하고 있다.

Norie 表는 表全體를 5部로 나누어 第1部에 各種 數表, 第2部에 天文航法用 諸表, 第3部 地文航法用 諸表, 第4部에 各種 換算表, 第5部에 世界主要港의 名稱과 經緯度表를 收錄하고 各部에 屬해

있는 表들은 使用頻도가 높은 順序로 配列되어 있다.

### 3. 航海表 使用 頻도에 關한 調査

航海表는 實務에서 必要한 것이므로 航海者의 要請에 副應되어야 함은 勿論이다. 이런 觀點에서 表의 選擇資料로 삼고자 各級 航海士와 船長 등 87名에 對하여 設問을 한 바 그 結果는 다음과 같았다.

#### [1] 設問對象者

設問對象 航海士와 船長은 다음 表와 같다.

第 2 表 職位別 分布狀況

職 位	船 長	1 航 士	2 航 士	3 航 士	計
人 員	19	30	26	12	87

第 3 表 經歷別 分布狀況

經 歷	10年 以上	10年 以下	5年 以下	2年 以下	計
人 員	8	19	37	23	87

以上の 表에서 보는 바와 같이 經歷이 極히 짧은(2年 以下) 航海士가 約 25%나 設問對象者中에 包含되어 있어 設問의 結果에 對한 評價를 低下시키는 要因으로도 볼 수 있으나 實務從事者와의 連絡關係 등의 어려움으로 短時日內에 結果를 얻기 爲해서는 對象者 選定이 어려운 實情이어서 不得已 經歷이 짧은 航海士도 包含시키지 않을 수 없었다.

#### [2] 設問內容

設問은 第1表에 掲載한 67種의 表에 對하여 다음 5가지 項目에 應答케 함으로써 使用頻度を 調査한 바 그 結果는 第4表와 같았다.

<設 問>

- A. 거의 매일 사용한다.
- B. 每航次마다 1회이상 사용한다.
- C. 年1회 이상 사용한다.
- D. 자주 사용치는 않으나 사용한 일이 있다.
- E. 한번도 사용한 일이 없다.

第4表의 數値는 設問에 對하여 應答한 人員을 累進百分率로 表示한 것이다. 이 表에 依하면 자주 쓰이는 것과 그렇지 않은 것을 대체로 잘 알수 있다.

(6)

우리나라 標準航海表의 發刊을 爲한 基礎研究

第 4 表

設問에 對한 分析(果進率)

番 號	A	B	C	D	E	番 號	A	B	C	D	E
1	14.9	51.7	64.3	85.0	100.0	35	2.3	5.7	16.0	49.3	100.0
2	9.2	33.3	48.2	73.5	100.0	36	1.1	22.9	39.0	71.2	100.0
3	9.0	43.8	61.8	88.8	100.0	37	1.1	6.8	20.6	42.4	100.0
4	3.4	35.6	49.4	71.2	100.0	38	6.9	12.6	26.4	56.3	100.0
5	5.7	35.6	43.6	65.4	100.0	39	11.5	16.1	31.0	62.0	100.0
6	11.5	31.0	47.1	67.8	100.0	40	34.5	62.1	75.9	81.6	100.0
7	11.5	29.9	42.5	71.2	100.0	41	9.2	40.2	48.2	68.9	100.0
8	2.3	36.8	54.0	77.0	100.0	42	1.1	9.1	24.0	44.7	100.0
9	8.0	25.2	42.4	71.1	100.0	43	0	11.5	25.3	42.5	100.0
10	40.2	59.7	65.4	82.6	100.0	44	2.3	20.7	35.6	63.2	100.0
11	14.9	25.2	40.1	67.7	100.0	45	5.7	19.5	31.0	58.6	100.0
12	5.7	16.0	32.1	58.5	100.0	46	5.7	25.2	41.3	68.9	100.0
13	8.0	18.3	33.2	58.5	100.0	47	48.3	66.7	74.7	81.6	100.0
14	6.9	21.8	35.6	59.7	100.0	48	46.0	60.9	64.3	79.2	100.0
15	9.2	28.7	36.7	60.8	100.0	49	31.0	57.4	64.3	79.2	100.0
16	12.6	33.3	47.1	75.8	100.0	50	36.8	63.2	68.9	82.7	100.0
17	11.5	29.9	42.5	70.1	100.0	51	24.1	52.8	59.7	83.8	100.0
18	23.0	63.2	71.2	88.4	100.0	52	28.7	51.7	64.3	82.7	100.0
19	10.3	35.6	47.1	70.1	100.0	53	40.2	63.2	72.4	82.7	100.0
20	5.7	27.5	32.8	63.1	100.0	54	35.6	63.2	71.2	81.5	100.0
21	3.4	25.2	36.7	63.1	100.0	55	11.5	40.2	48.2	72.3	100.0
22	10.3	44.8	62.0	80.4	100.0	56	5.7	32.1	39.0	63.1	100.0
23	25.3	75.9	87.4	92.0	100.0	57	27.6	52.9	63.2	80.4	100.0
24	11.5	50.6	66.7	83.9	100.0	58	3.4	8.0	17.2	42.5	100.0
25	4.6	20.7	35.6	56.3	100.0	59	6.9	41.4	51.7	74.7	100.0
26	3.4	31.0	42.5	71.2	100.0	60	9.2	37.9	55.1	73.5	100.0
27	4.6	32.2	54.0	65.5	100.0	61	1.1	3.4	16.0	29.8	100.0
28	6.9	35.6	54.9	68.9	100.0	62	1.1	4.5	13.7	21.7	100.0
29	5.7	34.4	53.9	71.1	100.0	63	10.3	44.8	48.2	71.2	100.0
30	3.4	31.0	48.2	67.7	100.0	64	10.3	37.9	51.7	66.6	100.0
31	1.1	16.0	30.9	50.4	100.0	65	47.1	63.2	70.1	83.9	100.0
32	0	5.7	17.2	51.7	100.0	66	31.0	43.6	50.5	63.1	100.0
33	2.3	4.6	16.1	49.4	100.0	67	3.4	22.9	37.8	65.4	100.0
34	1.1	5.7	17.2	51.7	100.0						

#### 4. 標準航海表의 諸表選定에 따른 原則

航海表에는 最小限 Traverse 表, 測高度改正表, 對數表, 對數三角函數表 等を 비롯 그 時代에 必要한 여러가지 表들을 包含시키는 것이 通例였다.

따라서 標準航海表에 掲載한 表의 選定에 있어서는 航海表가 지닌 本來의 基本性質을 크게 變化시키지 않으며 現代航海學에서 必要한 모든 表를 網羅한다는 點을 基本精神으로 삼았다.

各國의 航海表를 比較하여 보면 諸表의 內容이 몇 가지 點에서 差異가 있음을 發見할 수 있다. 즉 單位, 氣差, 地球의 크기 等に 있어서 어느 單位 또는 어느 測定値를 採擇하는가에 따라 基本公式이 다르므로 이들에 對하여 어느 單位 또는 어느 測定値를 基準値로 採擇할 것인가를 決定할 必要가 있다.

##### [1] 單位

各國의 航海表에서 採擇되고 있는 各種單位는 다음 第5表와 같다.

第 5 表 各航海表에서 採擇된 單位

航海表	眼 高	溫 度	氣 壓
Bowditch	ft	F	inch
積成會編 航海表	m	C	mb
Norie 航海表	m	C	mb

眼高와 關聯이 되는 表로는 視水平距離表, 水涯線眼高差表, 眼高差表 등이 있고 物標의 높이와 關聯이 있는 것으로는 仰角距離表, 視遠距離表 등이 있다. 이들중 眼高差表는 天測曆에도 掲載되어 있는데 眼高를 meter 單位로 表示하고 있으며 길이의 單位를 미터法으로 統一하려는 世界的 추세로 미루어 보아도 眼高 또는 物標의 높이는 meter로 表示하여야 할 것이다.

다음에 溫度와 氣壓의 單位도 溫度計 또는 氣壓計의 示度가 各各 攝氏單位와 mb 單位를 쓰는 것이 많고, 또 미터法으로 統一한다는 觀點에서 보아도 攝氏와 mb 單位를 採擇하는 것이 妥當한 것이라 生覺된다.

그러므로 標準航海表製作에 있어서는 m, C, mb 등의 單位를 採擇하기로 決定한다.

##### [2] 氣 差

氣差는 地上氣差와 天文氣差로 區別되나 航海表와 關係가 있는 것은 주로 地上氣差이며 地上氣差와 關聯이 있는 表로는 視水平距離表, 仰角距離表, 水涯線眼高差表, 眼高差表, 視遠距離表 等を 들 수 있다.

第 6 表 各航海表에서 採擇된 地上氣差

表의 名稱	視 水 平 距 離	仰 角 距 離	眼 高 差	水涯線眼高差
航海表				
Bowditch	※ 0.0769	0.0784	—	※ 0.0844
積成會編 航海表	※ 0.0769	0.0769	※ 0.0769	0.07845
Norie 航海表	※ 0.0844	—	※ 0.0844	?

- [註] 1. ※標는 航海表에 採擇된 測定値를 明示하지 않아 表의 公式에서 推算하여 求한 것임.  
 2. ? 標는 表의 公式도 없고 測定値에 對한 根據가 提示되어 있지 않음을 意味함.  
 3. — 標는 當該表가 包含되어 있지 않은 것임.



地上氣差의 計算에 使用된 係數의 測定値는 0.06~0.09인 範圍內에 있고 여러가지 값이 發表되어 있으나 現在 Biot(0.07692), Bessel(0.07845), Delambre(0.07876) 等에 依한 測定値가 主로 使用되고 있으며 實用上은 그 어느 것을 採擇하여도 큰 差는 없다. 그러나 적어도 同一 航海表內에 收錄되는 諸表의 算式의 誘導過程에 있어서 採擇할 測定値는 統一되는 것이 바람직하다고 生覺된다.

第6表에서 알 수 있듯이 同一한 航海表에서도 採擇된 氣差의 값이 같지 않은데 이에 對한 理由는 어느 航海表에서도 밝혀 놓은 바 없으나 大體로 Biot의 測定値와 Bessel의 測定値가 採擇되어 있음을 알 수 있다. 그러므로 標準航海表에 있어서는 Biot의 測定値인 0.0769(1/13)을 採擇하기로 한다.

### [3] 地球의 크기

地球의 크기에 關하여는 測定한 사람에 따라 多少의 差異가 있으며 이로 因하여 航海表에 收錄되는 諸表中 地球의 크기와 關係가 있는 다음 表들의 算式도 係數가 달라진다. 그 가운데에는 漸長緯度表, 視水平距離表, 仰角距離表, 水涯線眼高差表, 眼高差表, 視遠距離表 等이 있다.

前示한 3種의 航海表만 보아도 地球의 크기를 다음 第7表와 같은 回轉橢圓體를 基準하고 있어 서로 差를 알 수 있다.

Bwoditch表	1866年	Clarke 回轉橢圓體
積成會編航海表	1924年	國際回轉橢圓體
Norie 航海表	1880年	Clarke 回轉橢圓體

그런데 이와 같이 各國이 서로 다른 測定値를 使用하므로써 생기는 不便을 없애기 爲하여 19<sup>2</sup>4年 國際測地學會에서는 Hayford의 測定値를 基準으로 國際回轉橢圓體의 測定値를 定하여 各國이 이를 使用하도록 권장하고 있다. 따라서 標準航海表 製作에 있어서는 이 測定値를 基準値로 決定하기로 한다.

### [4] 表의 選定과 配列

航海表에 收錄할 諸表의 選定에 있어서는 天測曆, 潮汐表 등 常用하는 水路書誌에 掲載되어 있는 表들은 原則으로 除外하고 航海技術의 發達에 副應하면서 航海表가 지닌 歷史의 意義도 尊重한다는 것을 基本方針으로 하였다.

그리고 그 配列에 있어서는 數表, 地文航法, 天文航法, 電波航法 등 航海常用表 및 其他 表의 順으로 配列하되 諸表 相互關의 聯關性和 使用頻度를 考慮하였다.

## 5. 標準航海表의 形式과 基本式

標準航海表에 掲載할 諸表의 形式과 基本式은 다음과 같다.

### 第1表 常用對數

이 表는 主로 航程線航法, 大圈航法 등에 使用된다.

[形式] Bowditch 表의 形式에 따라 有效數字 5자리(1부터 99999까지)의 對數表로서 假數도 5자리까지 掲載한다.(총 18페이지)

### 第2表 三角函數의 眞數

航法 全般에 關係되는 基本計算에 使用되는 表로서 0°~180°에 걸쳐 1'마다의 角에 對한 sin,



csc, tan, cot, sec, cos의 眞數를 5자리의 數值로 表示한다.

〔形式〕 Bowditch表에 따른다. (총45페이지)

**第3表 三角函數의 對數**

三角函數끼리 또는 三角函數와 普通數와의 乘積 또는 나눗셈에 使用하며 航法關係로는 主로 航程線航法, 大圈航法, 天체에 依한 方位角法, 近午高度緯度法, 經度測定法 등에 利用된다.

〔形式〕 第2表와 같은 形式이며 表值를 陽數로 表示하기 爲하여 10을 더한 값을 掲載한다. (총 45페이지)

**第4表 Haversine의 眞數 및 對數**

任意的 角  $\theta$ 에 對하여  $\text{hav } \theta = \frac{1}{2}(1 - \cos \theta) = \sin^2 \frac{\theta}{2}$ 로 表現되는 三角函數의 眞數와 그 對數를 求하는 表이며 大圈航法, 時角(子午線角)과 關聯되는 航海三角形의 解法에 利用된다.

〔形式〕 Bowditch 表(또는 積成會編 航海表)에 따르며  $0^\circ$ 에서  $180^\circ$ 까지는 上欄과 左欄에서,  $180^\circ$ 에서  $360^\circ$ 까지는 下欄과 右欄에서 角度 1'마다에 對한 表值를 求할 수 있도록 한다. (총 36페이지)

**第5表 方位改正角**

無線方位를 漸長方位로 고쳐 漸長圖에 作圖할 때의 改正值를 求하는 表로서 다음 公式에 依한다.

〔公式〕  $\frac{\theta}{2} = \frac{1}{2} DLo \sin Lm$

단,  $\frac{\theta}{2}$  : 方位改正角

$DLo$  : 變經( $0^\circ \sim 15^\circ$ )

$Lm$  : 中分緯度( $0^\circ \sim 65^\circ$ )

〔形式〕 左欄에  $Lm$ 을  $0^\circ \sim 8^\circ$ 까지는  $2^\circ$ 간격,  $10^\circ \sim 65^\circ$ 까지는  $1^\circ$ 간격으로 하고 上欄에  $DLo$ 을  $1^\circ$  간격으로  $15^\circ$ 까지 掲載한다. (1페이지)

**第6表 Traverse 表**

平面直角三角形의 풀이와 關係되는 各種航法計算 즉 平面航法, 中分緯度航法, 距等圈航法 및 漸長緯度航法에 利用된다.

〔公式〕 (1)  $p = DLo \cos Lm$  (距等圈航法, 中分緯度航法)

(2)  $l = D \cos C$  (平面航法)

$p = D \sin C$  (平面航法)

(3)  $DLo = p \sec Lm$  (中分緯度航法)

$DLo = p \sec L = D \sec L$  (距等圈航法)

(4)  $D = l \sec C$  (平面航法, 中分緯度航法 및 漸長緯度航法)

(5)  $DLo = m \tan C$  (漸長緯度航法)

(6)  $\tan C = \frac{p}{l}$  (中分緯度航法)

(7)  $\tan C = \frac{DLo}{m}$  (漸長緯度航法)

〔形式〕 Bowditch 表 第3表의 形式에 따른다. (총 18페이지)

### 第7表 漸長緯度

漸長岡作成 또는 漸長緯度航法에 利用되며 地球의 크기는 國際回轉楕圓體를 基準한다.

$$[公式] M = a \log \tan \left( \frac{\pi}{4} + \frac{L}{2} \right) \log e^{10} - a(e^2 \sin L + \frac{e^4}{3} \sin^3 L + \frac{e^6}{5} \sin^5 L + \dots)$$

단,  $M$ : 赤道와 주어진 緯度( $L$ ) 間의 漸長緯度

$a$ : 分單位로 表示한 地球赤道 반지름으로서

$$a = \frac{21,600}{2\pi} = 3437.74677078$$

$$\log e^{10} = 2.30258509299$$

$L$ : 緯度

$e$ : 地球의 離心率

$$e = \sqrt{2f - f^2} = 0.08199188997$$

$f$ : 地球의 楕率

$$f = \frac{1}{297.0}$$

[形式] 上下欄에는  $1^\circ$  간격으로  $0^\circ \sim 89^\circ$ , 左右側欄에는  $1'$  간격으로  $0' \sim 60'$ 을 表示하여  $1'$ 마다에 對한 漸長緯度を 小數點以下 1자리까지 求할 수 있도록 한다. (총 9페이지)

### 第8表 豫想正橫距離

沿岸航海時에 1物標의 方位를 時間差를 두고 2回 觀測하므로써 第2次觀測時에 物標까지의 距離 및 그 物標 通過時의 豫想正橫距離를 求하는 데 利用되는 表이다.

$$[公式] a = \frac{R \sin \alpha}{\sin(\beta - \alpha)}$$

$$b = \frac{R \sin \alpha \sin \beta}{\sin(\beta - \alpha)}$$

단,  $a$ : 第2次 觀測時의 物標까지의 距離

$b$ : 豫想正橫距離

$R$ : 第1次, 第2次 觀測時間 동안에 航走한 距離이며 表值는  $R=1$ 로 計算

$\alpha$ : 第1次 觀測時의 物標의 船首方位

$\beta$ : 第2次 觀測時의 物標의 船首方位

[形式] 上欄에는  $\alpha$ 를  $2^\circ$  간격으로  $20^\circ \sim 150^\circ$ 까지 記載하고 左側欄에는  $\beta$ 를 記載하되 實際 觀測時의 方位變化를 考慮하여  $\alpha$ 보다  $10^\circ$  큰  $\beta$ 부터  $160^\circ$ 까지에 對한 表值를 記載한다. (총 6페이지)

### 第9表 視水平距離 및 레이더 距離

視水平距離는 船舶에서 視水平까지의 距離를 求하는 데 必要하며 레이더距離는 視水平距離의 約 1.06倍이므로 視水平距離를 알고 概算할 수도 있으나 레이더航法의 便宜를 爲하여 掲載한다.

$$[公式] \text{視水平距離}(mi) = 2.074 \sqrt{h^m}$$

$$\text{레이더距離}(mi) = 2.21 \sqrt{h^m}$$

단,  $h$ : 眼高( $m$ ) 또는 Scanner의 높이( $m$ )

[形式] 眼高  $0m$  부터  $30m$ 까지는  $0.5m$  간격,  $60m$ 까지는  $1m$  간격,  $150m$ 까지는  $2m$  간격,  $300m$ 까지는  $5m$  간격,  $500m$ 까지는  $10m$  간격의 眼高에 對하여 視水平距離와 레이더 距離를 併記한다. (1페이지)

이 지)

**第10表 視達距離**

一定한 높이를 가지고 있는 物標를 初認하는 距離를 求하거나 光力이 充分한 燈台의 初認距離를 求하는데 利用된다.

$$〔公式〕 \text{視達距離} = \sqrt{H^m} + \sqrt{h^m}$$

단,  $H$ : 物標(또는 燈台)의 높이

$h$ : 觀測者의 眼高

〔形式〕 上欄에는 眼高를 1m부터 50m까지 1m내지 2m 간격으로 表示하고, 左側欄에는 物標高를 30m까지는 2m, 100m까지는 5m, 300m까지는 10m 간격으로 表示하여 表値를 掲載한다. (2페이지)

**第11表 仰角距離**

水平面上的 높이를 알고 있는 物標의 垂直仰角을 測定하여 物標까지의 距離를 求하는 데 利用한다.

$$〔公式〕 D = \sqrt{\left(\frac{\tan \alpha}{0.000246}\right)^2 + \frac{H-h}{0.22776}} \cdot \frac{\tan \alpha}{0.000246}$$

단,  $D$ : 物標까지의 거리(mi.)

$H$ : 物標高(m)

$h$ : 眼高(m)

$\alpha$ : 垂直仰角( $^{\circ}$ )

〔形式〕 積成會編 航海表와 같은 形式으로 한다. (5페이지)

**第12表 眞風向 및 眞風速**

船上에서 觀測한 視風向 및 視風速을 알고 眞風向 및 眞風速을 求하는 경우에 利用된다.

$$〔公式〕 \tan \alpha = \frac{\sin B_A}{S_A - \cos \beta_A}$$

$$B_T = B_A + \alpha$$

$$S_T = \frac{\sin B_A}{\sin \alpha}$$

단,  $AB$ : 船速

$CB$ : 眞風向

$CA$ : 視風向

$\alpha$ : 補助角

$B_A$ : 船首와 視風向間의 交角

$S_A$ : 船速單位로 表示한 視風速

$B_A$ : 船首와 眞風向間의 交角

$S_T$ : 船速單位로 表示한 眞風速

〔形式〕 Bowditch 表 第10表와 같은 形式으로 한다. (2페이지)

**第13表 航走距離表**

速力과 航行時間을 알고 航程을 求하거나 航程과 航行時間을 알고 速力을 알고자 할 때 利用되는

표이며 특히 Radar Plotting 時에 有用하다.

[公式]  $D=St/60$

단,  $D$ : 航程(mi)

$S$ : 速力(kt)

$t$ : 航行時間(min)

[形式] 船舶의 高速化에 對備하여 上欄에는 0.5 knot 간격으로 0.5 knot에서 40 knot까지 表示하고 左右側欄에는 1분간격으로 1分에서 60分까지 表示한다.(5페이지)

#### 第14表 平均速力

1日間の 航程을 알고 그 동안의 平均速力을 求하는 데 利用된다.

[形式] Norie 表의 Day's Run—Average Speed Table의 形式에 따른다.(7페이지)

#### 第15表 水涯線眼高差

陸地나 他船舶 等 障害物 때문에 天体直下의 視水平이 안보일 때에는 그 障害物의 水涯線을 基準으로 高度觀測을 行한 다음 眼高差에 대신하여 水涯線眼高差를 改正한다.

[公式] 
$$Ds = \frac{\frac{h}{2r} \csc \frac{d}{2} \cdot \cos Rt - \sin(Rt - \frac{d}{2})}{\cos(Rt - \frac{d}{2}) + \frac{h}{2r} \csc \frac{d}{2} \sin Rt} \cot 1'$$

단,  $Ds$ : 水涯線眼高差(')

$h$ : 眼高(m)

$d$ : 觀測者로 부터 水涯線까지의 거리에 對한 地心角(')

$Rt$ : 地上氣差( $\frac{13}{1}d$ )

$r$ : 地球의 半徑 6,371,229.3m

[形式] 上欄에 眼高를 1m 간격으로 1m에서 40m까지 表示하고 左右側欄에는 水涯線까지의 거리를 5mi까지는 0.1mi 간격으로 5mi 이상은 0.5mi 간격으로 10.0mi 까지 表示하며 表値는 角度의 分單位로 表示한다.(4페이지)

#### 第16表 平均氣差의 氣溫改正值

天体의 高度改正時에 實施하는 天文氣差에 對한 改正值는 氣溫 10°C를 平均狀態로 보고 求한 平均氣差이므로 觀測時의 氣溫이 大氣의 平均狀態와 다를 때 平均氣差에 對한 氣溫改正을 하기 爲한 것이다.

[公式]  $corr. = Rm \left( 1 - \frac{283}{273 + T} \right)$

단,  $Rm$ : 平均氣差

$T$ : 氣溫(C°)

[形式] 上欄에 氣溫을 2°간격으로 -16°에서 34°까지 表示하고, 左右側欄에는 各各 檢보기 高度를 -0°10' 부터 1°까지는 10', 1° 부터 3°까지는 20', 3° 부터 10°까지는 1°, 10°부터 20°까지는 5°, 그 다음 70°까지는 20°간격으로 表示하고 表를 上下 2段으로 區分한다.(1페이지)

#### 第17表 平均氣差의 氣壓改正值

平均氣差는 氣壓 1010mb를 基準한 것이므로 天体觀測時의 氣壓이 이와 다르면 氣差도 變化한다.

이에 對한 氣壓改正値를 求하기 爲한 것이니 第16表와 함께 쓰인다.

$$〔公式〕 \quad corr. = Rm \left( 1 - \frac{P}{1010} \right)$$

단,  $Rm$  : 平均氣差

$P$  : 氣壓(mb)

〔形式〕 左右側欄에는 第16表와 같이 檢보기 高度를 表示하고 上欄에는 5mb 간격으로 930mb에서 1055mb까지 表示한다. (1페이지)

### 第18表 東西圈通過時의 子午線角과 高度

天體가 東西圈을 通過할 때의 子午線角과 高度를 求하는 데 使用된다.

특히 緯度와 赤緯가 異名이던 水平圈上에서는 東西圈을 通過하지 않으며 다만 水平圈에 있을 때 東西圈에 가장 接近하게 된다. 同名이라도 赤緯가 緯度보다 크면 東西圈을 通過하지 않는다.

또 緯度와 赤緯가 同名이고 크기가 같으면 天頂에서 東西圈을 通過하게 된다.

〔公式〕 (1) 東西圈에 가장 接近한 경우 즉 天體의 出沒時( $L, d$  異名)

$$\csc h = \sin d \csc L$$

$$\sec t = \tan d \cot L$$

(2) 東西圈通過時( $L, d$  同名)

$$\sin h = \sin d \csc L$$

$$\cos t = \tan d \cot L$$

단,  $h$  : 高度

$d$  : 赤緯

$L$  : 緯度

$t$  : 子午線角

〔形式〕 上欄에 赤緯를 1°간격으로 1°에서 70°까지 表示하고 左右側欄에 高度를 50°까지는 1°, 70°까지는 2°간격으로 表示한다. (6페이지)

### 第19表 出沒方位角

天體의 赤緯와 緯度를 알고 眞出沒方位角을 求하는 데 利用된다.

$$〔公式〕 \quad \sin A = \sec L \sin d$$

단,  $A$  : 出沒方位角

$L$  : 觀測者의 緯度

$d$  : 天體의 赤緯

〔形式〕 上欄에 赤緯를 0°.0에서 24°.0까지 0°.5 간격으로 表示하고 左右側欄에는 緯度를 10°까지는 2°간격, 10°부터 65°까지는 1°간격으로 表示한다. (4페이지)

### 第20表 視水平에서 觀測한 出沒方位角 改正値

天體의 中心이 視水平에 있을 때 觀測한 出沒方位角을 眞出沒方位角으로 改正하는 데 使用된다.

$$〔公式〕 \quad \cos Z = \frac{\sin d - \sin h \sin L}{\cos h \cos L}$$

단,  $Z$  : 方位角

$h$  : 高度

$L$ : 緯度

$d$ : 赤緯

위 公式에서 高度는 便宜上 다음과 같이 決定한  $(-)^{0^{\circ}42'}$  으로 하여 方位角을 求하고 第19表에 依한 眞出沒方位角과의 差를 表值로 한다.

高度  $h$ 는 다음에 依한다.

즉 眼高 13m에 對한 眼高差	(−)6′.3
高度 (−)6′.3에 對한 氣差	(−)35′.8
視差(太陽)	(+ )0′.1
	(−)42′.0

[形式] 上欄에 赤緯를  $0^{\circ}$ 에서  $24^{\circ}$ 까지  $2^{\circ}$ 間隔으로 表示하고, 左右側欄에는 緯度를  $0^{\circ}$  다음에  $10^{\circ}$ ,  $10^{\circ}$ 에서  $30^{\circ}$ 까지는  $5^{\circ}$ ,  $30^{\circ}$ 에서  $50^{\circ}$ 까지는  $2^{\circ}$ ,  $50^{\circ}$ 에서  $65^{\circ}$ 까지는  $1^{\circ}$ ,  $65^{\circ}$ 에서  $77^{\circ}$ 까지는  $0^{\circ}.5$  간격으로 表示한다. (1페이지)

#### 第21表 近午高度改正值(a值)

近午高度를 子午線高度로 改正하기 爲한 改正值  $C$ 는  $C = \frac{at^2}{60}$  으로 表現되는데 이 式中  $a$ 는 子午線正中時 前後에 있어서 1分間의 高度變化量을 나타낸다.  $C$ 值를 求하기 爲하여 必要한 것이다.

[公式]  $a = 1'.9635 \cos L \cos d \csc(L \sim d)$

단,  $a$ : 子午線正中時 前後에 있어서 1分間의 高度變化量

$L$ : 緯度

$d$ : 赤緯

[形式] 왼쪽 페이지는 緯度와 赤緯가 同名인 경우에, 오른쪽 페이지는 異名인 경우에 使用되도록 區分한다. 各 페이지마다 上欄에는 赤緯를  $0^{\circ}$ 에서  $71^{\circ}$ 까지  $1^{\circ}$ 간격으로 表示하며 左右側欄에는 緯度를  $0^{\circ}$ 에서  $64^{\circ}$ 까지 表示한다. 天體高度가  $4^{\circ}$ 이상인 경우에만 表值를 記載한다. (12페이지)

#### 第22表 近午高度改正值(C值)

子午線高度와 近午高度와의 高度差를 求하기 爲한 것이며 第21表와 함께 使用한다.

[公式]  $C = \frac{at^2}{60}$

단,  $C$ : 子午線高度와 近午高度와의 高度差(')

$a$ : 1分間의 高度變化量(第21表의 表值)

$t$ : 子午線角(')

[形式] 上欄에는 子午線角을  $5'(0^{\circ}20')$ 에서  $7^{\circ}00'(28^{\circ}00')$ 까지  $5'(20')$  간격으로 表示하고 左右側欄에는  $a$ 를  $0^{\circ}.1$ 에서  $1^{\circ}.0$ 까지는  $0^{\circ}.1$  간격으로,  $1^{\circ}.0$ 에서  $28^{\circ}.0$ 까지는  $1^{\circ}.0$  간격으로 表示한다.

子午線角의 限界範圍內의 表值만을 掲載한다. (Bowditch 表 參照, 4페이지)

#### 第23表 Consol 方位角

Consol 方式은 매우 優秀한 航法方式이면서도 現在 別로 利用되지 않음은 海圖가 普及되어 있지 않는 데 基因한다고 생각된다. 現在 發刊되어 있는 航海表에는 그 例를 찾아볼 수 없으나 Consol의 利用度를 높인다는 意味에서 이 表를 掲載하기로 한다.



〔形式〕 上欄에는 제 1 Sector 부터 제 6 Sector까지 6개의 Sector(扇形區間)를 表示하고 左右側欄에는 부호수를 0부터 59까지 表示한다.

表値는 Consol 局의 基線二等分線에서 左右로 測定한 값이며 連續音으로부터 符號의 種類(즉 長音 또는 短音)가 바뀔 때까지의 符號數에 對한 方位角을 Sector別로 掲載한다. (1페이지)

#### 第24表 Geoid 表

最近 美海軍衛星航法(N. N. S. S.) 또는 美空軍衛星航法(GPS)의 商船에의 寄與度가 높을 것이 豫想되므로 이러한 航法方式에는 必須的인 本表를 收錄하기로 한다.

本 Geoid 表는 地球를 近似化한 回轉楕圓體와 實際 海面上의 差를 나타낸 것이며 海面上의 안네나 높이에 이 表에서 查은 數値를 修正하면 回轉楕圓體上的 안네나 높이가 된다.

〔形式〕 上欄에는 北緯 75°에서 南緯 75°까지 5°간격으로 緯度를 表示하고 左右側欄에는 東經 180°에서 西經 180°까지 5°간격으로 經度를 表示한다. (7페이지)

#### 第25表 地球의 모양과 크기

地球와 關聯이 있는 各種 計算에 參考資料가 되도록 國際回轉楕圓體에 關한 各種 要素와 常數를 掲載하고 아울러 Clarke, Bessel 및 最近(1964) International Astronomical Union에서 採用한 I. A. U. 楕圓體 等의 比較表를 掲載한다. (2페이지)

#### 第26表 度量衡 換算表

各種 計量單位를 比較 換算하기 爲한 것으로 길이, 면적, 용적, 중량 및 기온과 기압단위의 換算表를 包含시키며 特히 Barrel은 石油購買에 使用되는 값을 採用한다. (6페이지)

## 6. 結 言

序頭에서도 言及한 바와 같이 航海者에게 주는 航海表의 重要性은 莫重한 것이고 그러기에 보다 慎重하고 綿密한 檢討를 거쳐 製作되어야 함은 너무나 當然한 일이라 하겠다.

本人들이 敢히 이와같은 어려운 일에 着手하게된 動機는 純尙히 이 航海表의 發刊이 時急하다고 느꼈기 때문이며 이와같은 基礎作業을 通하여 獨自의인 航海表의 發刊을 爲한 促進劑가 될 수 있다면 그것만으로도 充分히 보람을 느낄 수 있겠다.

本論文에서 選定한 諸表는 各種 航海表에 掲載된 諸表中에서 時代的 感覺에 뒤떨어지거나 使用頻度가 至極히 낮은 것 및 常用하는 水路書誌에 掲載된 것 등을 除外하고 嚴選하였으므로 어느 航海表와 比較하여도 表의 種類에 있어서는 작으나 實務에서 不便이 없이 使用될 수 있으리라 確信한다. 特히 Consol 方位角表, Geoid 表 등을 插入한 것은 새 時代的 航海表로서 特徵지을 수 있을 것이다.

本論文에서는 表의 取舍選擇과 基本的檢討에만 그렸으므로 航海表의 發刊까지는 計算과 表의 作成 및 校正 등 長時日의 忍耐과 根氣가 要求되는 어려운 過程을 거치지 않으면 안되므로 우리나라 標準航海表가 發刊되기까지는 關係當局의 種極의인 支援이 要請되는 마이다.

## 參 考 文 獻

1. Bowditch, American Practical Navigator, U.S. Navy Hydrographic Office, Washington, pp. 1183~1456. (1966)
2. A. G. Blance, Norie's Nautical Tables, Imray Laurie Norie and Wilson Ltd, (1977)
3. 積成會, 航海表, 海文堂, (1973)
4. Ivan I. Mueller, Spherical and Practical Astronomy, Frederick Ungar Publishing Co., New York, p. 10, (1969)
5. 飯田嘉郎, 日本海軍航海表, 航海誌 第45號, pp. 20~31. (1975)
6. 尹汝政, 地文航海學, 亞成出版社, (1969)
7. 尹汝政, 天文航海學, 亞成出版社, (1976)
9. "Radio Aids to Maritime Navigation and Hydrography" International Hydrographic Bureau, (1965)
9. M. I. T. Teaching staff "Principle of Radar" McGraw-Hill, (1953)
10. "NNSS Receiver Instruction Manual, HX-702", Magnavox Co., LTD.

