

プエルトプリンセサ港の基本水準面

福島繁樹：沿岸調査課

Chart Datum Level in Puerto Princesa, Philippines

Shigeki Fukushima : Coastal Surveys and Cartography Div.

1. はじめに

1991年から比国で水路測量・海図作製ミニプロジェクトが3か年計画で実施されている。このプロジェクトに海象担当の専門家として参加し、パラワン島プエルトプリンセサ港の験潮資料を使い基本水準面を決定した。

本稿では、プエルトプリンセサ験潮所の験潮システム及び基本水準面の計算法を紹介する。

2. 験潮システム

プエルトプリンセサ験潮所は、オーストラリア政府による海洋ダイナミクス計画の下で1990年6月に港内の岸壁上に建設された。験潮システムは、フロート型験潮器 (LEUPOLD STEVENS Model A-71)、水圧式験潮器 (ENDECO Model 1029)、データ集録器 (EMS-16) 及び電源部で構成されていた。

(写真1～4参照)

フロート型験潮器で観測された潮位は、ロール紙に記録されるとともにデータ集録器のカセットテープに記録されていた。また、水圧式験潮器で観測された潮位は、メモリーカートリッジに記録されるとともにデータ集録器のカセットテープに記録されていた。後者のデータは、前者が欠測した時の予備として扱われていた。(第1図参照)

この海洋ダイナミクス計画の目的は、オーストラリア政府がアセアン各国に24か所の験潮所を建設

し、潮汐観測やデータ処理の技術を指導して、測得データをお互いに交換するとともに潮汐の数値モデルを開発して参加各国の港湾、沿岸開発、汚染防止、津波等の予報に役立てようとするものである。この計画は、1986年から3か年計画で開始された潮汐、潮汐現象プロジェクト (Tide & Tidal Phenomena Project) が終了後、第2段として1989年7月から5ヶ年計画で開始された。

3. 比国の基本水準面

比国では、1901年に沿岸測地部 (CGSD : Coast & Geodetic Survey Department) が米国沿岸測地部のマニラ事務所として創設されて以来、水路測量や海図作製等の水路業務を実施している。当部は、幾多の変遷を経て現在、国家地図資源情報庁 (NAMRIA : National Mapping & Resource Information Authority) の翼下にある。

比国の基準水準面はこのような歴史的背景から、また、当国内の大部分の地域で潮汐のタイプが日潮不等の大きい混合潮型であることから、米国の太平洋側と同じ平均低低潮面 (MLLW : Mean Lower Low Water) が採用されていた。

4. 平均低低潮面

(1) 定義

米国商務省国家海洋気象局 (NOAA : National Oceanic Atmospheric Administration) 刊行の潮



写真1 プエルトプリンセサ験潮所全景



写真2 験潮器&験潮井戸

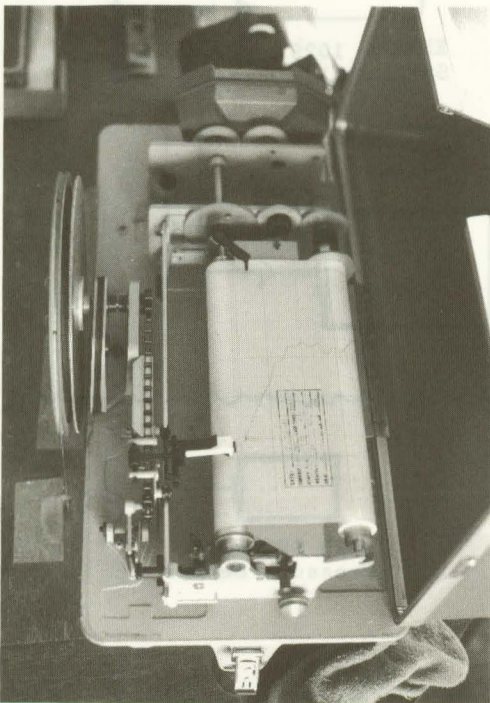
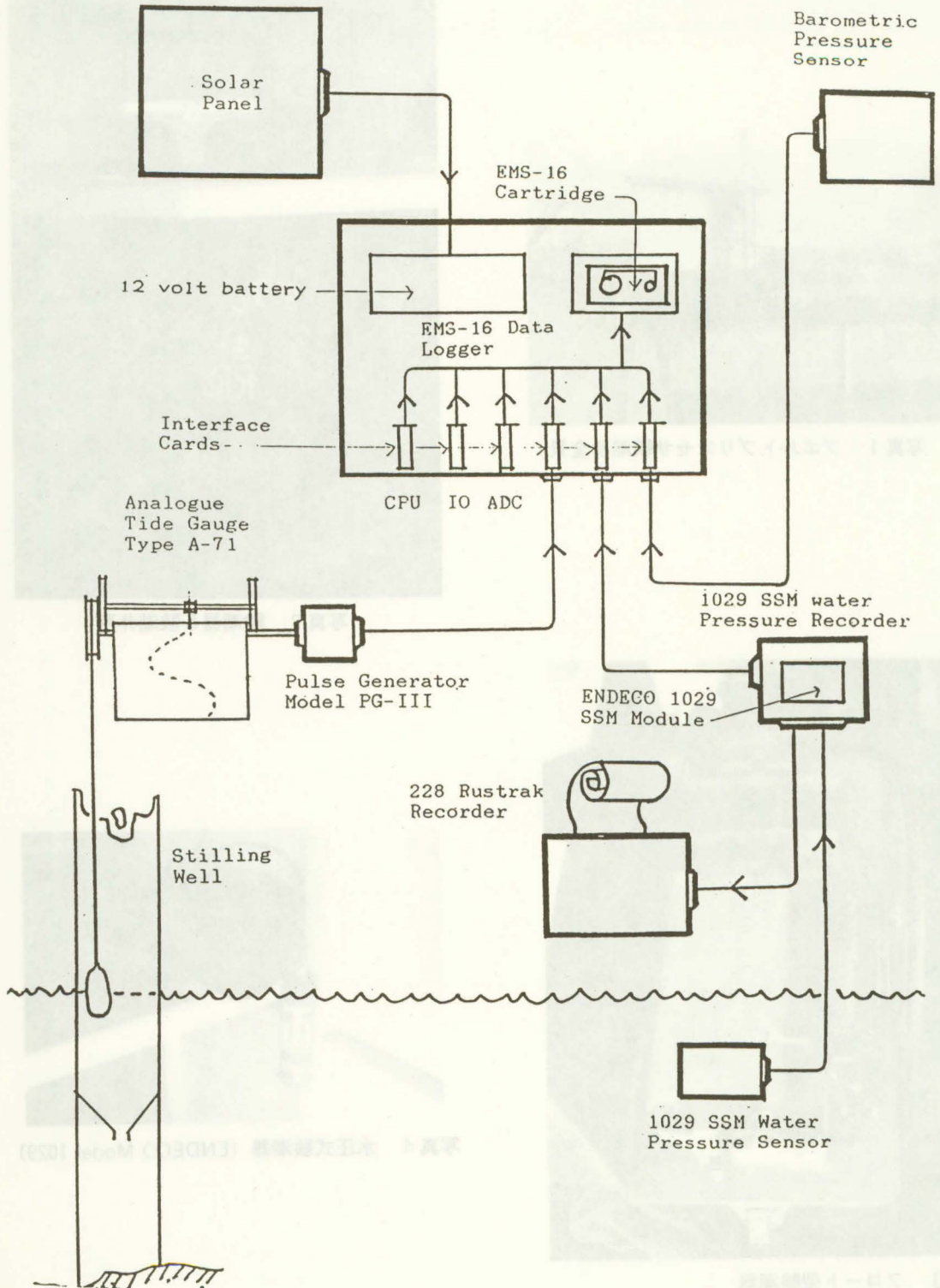


写真3 フロート型験潮器
(LEUPOLD & STEVENS Model A-71)



写真4 水圧式験潮器 (ENDECO Model 1029)



第1図 驗潮システム

汐表によると19年間観測した混合潮の低い低潮の算術平均とされている。

(2) 変動の特徴

第2図は平均低低潮面の年変化を示す。上段は月平均水面の季節変化、中段は月平均低低潮面の年変化、下段は月平均水面下の月平均低低潮面の年変化を示す。下段の値は、上段から中段を引いた値である。また、右側はマニラ、左側はプエルトプリンセサである。この変化には、半年周期成分が見られる。すなわち、太陽の赤緯が大きい頃（夏至、冬至）に極小となり、太陽の赤緯が小さい頃（春秋分）に極大となる。この振幅は、地域により異なる。例えば、マニラでは約4cm、プエルトプリンセサでは約6.5cmであった。

(3) 計算法

平均低低潮面は、19年間の連続した観測値があれば直接計算できるが、これ以外の場合、標準港の観測値と比較して次に示す方法で算出する。この計算に必要な観測期間は、最低1か月である。

1) 高低潮表 (TIDES: High and Low Waters)

(第1表参照)

- ① 高・低潮 (HW&LW) の時間と高さを記入する。
- ② 高高潮 (HHW) 及び低低潮 (LLW) を選ぶ出す。

(例) 低低潮の選択法

- 1日2回高潮&2回低潮 →低い低潮
- 1回高潮&2回低潮 →低い低潮
- 2回高潮&1回低潮 →この低潮が前後の関係から低低潮ならば採用し、高い低潮ならば不採用とする。
- 1回高潮&1回低潮 →低潮

- ③ 月平均高高潮面 (MHHW), 月平均高潮面 (MHW), 月平均低潮面 (MLW) 及び月平均低低潮面 (MLLW) を計算する。
- ④ 月平均潮差 (Mn) を計算する。

- ⑤ 高潮の日潮不等 (DHQ) 及び低潮の日潮不等 (DLQ) を計算する。

- ⑥ 月平均低高潮面 (MLHW) 及び月平均高低潮面 (MHLW) を計算する。(第3図, 第3表参照)

2) 月平均値比較表 (TIDES: Comparison of Monthly Means) (第2表参照)

- ⑦ 補助港(A)及び標準港(B)について、その平均潮位 (MTL), 平均水面 (MSL), 平均潮差 (Mn), 高潮の日潮不等 (DHQ) 及び低潮の日潮不等 (DLQ) を記入する。

- ⑧ 平均潮位 (MTL) 及び平均水面 (MSL) については、 $A_0 = B_0 + (A' - B')$ の関係式で計算する。

ここで、

A_0 : 補助港の永年値 A' : 補助港の短期観測値

B_0 : 標準港の永年値 B' : 標準港の短期観測値

一般的に、 B_0 は19年間、 A' & B' は1か月以上同期間

- ⑨ 平均潮差 (Mn), 高潮の日潮不等 (DHQ) 及び低潮の日潮不等 (DLQ) については、 $A_0 = B_0 * A'' / B''$ の関係式で計算する。

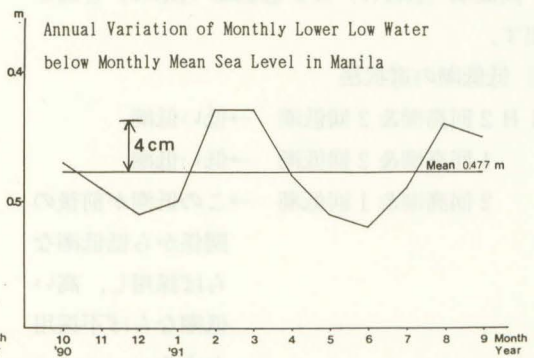
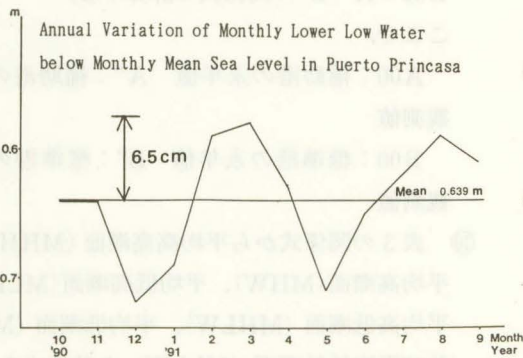
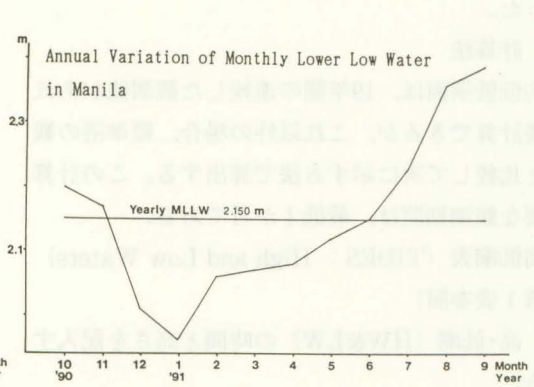
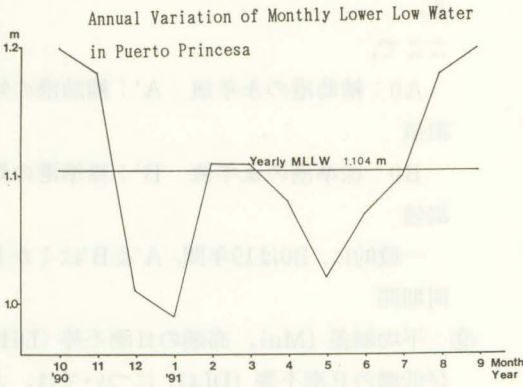
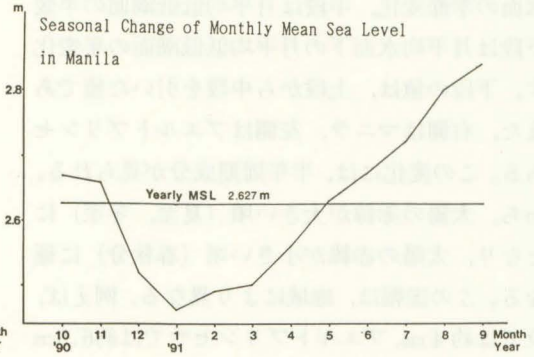
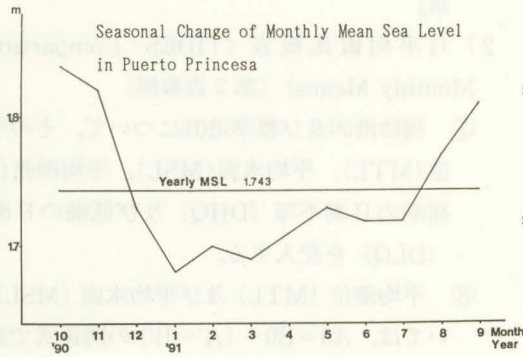
ここで、

A_0 : 補助港の永年値 A'' : 補助港の短期観測値

B_0 : 標準港の永年値 B'' : 標準港の短期観測値

- ⑩ 表3の関係式から平均高高潮面 (MHHW), 平均高潮面 (MHW), 平均低高潮面 (MLHW), 平均高低潮面 (MHLW), 平均低潮面 (MLW) 及び平均低低潮面 (MLLW) を計算する。

この地の基本水準面である平均低低潮面と日本国内のそれとを比較すると、プエルトプリンセサでは、日本流の基本水準面が、比国流の基本水準面よりも0.44m低かった。(第4図参照)



第2図 平均低低潮面の年変化

第 1 - 1 表 高低潮表 1

NAMRIA FORM 138

NATIONAL MAPPING AND RESOURCE

INFORMATION AUTHORITY

TIDES: HIGH AND LOW WATERS

Station PUERTO PRINCESA, PALAWAN Lat. 9° 45' N
 Observations begin MARCH 1 1991, end MARCH 31 1991 Long. 118° 44' E
 Time meridian 120° E Height datum TSD '90 which is 4.40 meter below B. M. # 1

DATE	MOON'S TRANSITS (Greenwich mean civil)	TIME OF—		LUNITIDAL INTERVAL		HEIGHT OF—		REMARKS	
		High Water	Low Water	High Water	Low Water	High Water	Low Water		
									Year
Mar 1	0.3 (12.7)	11.2 23.3	5.6 16.2	10.9 (10.6)	5.3 (3.5)	1.82 2.52	1.00 1.24		
2	1.1 (13.5)	11.8 —	6.2 17.6	10.7 (4.1)	5.1 —	1.96 —	1.27 1.18		
3	1.9 (14.2)	0.3 12.0	6.5 18.0	10.8 10.1	4.6 (3.2)	2.34 2.16	1.28 1.14		
4	2.6 (15.0)	0.8 12.5	6.7 18.8	10.6 9.9	4.1 (3.8)	2.20 2.26	1.35 1.11		
5	3.4 (15.8)	1.3 12.8	6.7 20.0	10.3 9.4	3.3 (4.2)	1.97 2.28	1.40 1.16		
6	4.2 (16.6)	1.8 13.2	7.0 21.6	10.0 9.0	2.8 (5.0)	1.78 2.32	1.44 1.35		
7	5.0 (17.4)	2.8 13.8	7.2 23.0	10.2 8.8	2.2 (5.6)	1.58 2.30	1.40 1.29		
8	5.9 (18.3)	— 14.6	— —	— 8.7	— —	— 2.25	— —		
9	6.7 (19.1)	— 15.4	2.0 —	— 8.7	(7.7) —	— 2.16	1.34 —		
10	7.5 (19.9)	— 16.6	2.8 —	— 9.1	(7.7) —	— 2.14	1.12 —		
11	8.3 (20.7)	— 19.6	3.6 —	— 11.3	(7.7) —	— 2.24	1.08 —		
12	9.1 (21.5)	— 20.0	4.0 —	— 10.9	(7.3) —	— 2.28	1.02 —		
13	9.9 (22.3)	11.0 21.2	4.5 14.8	13.5 11.3	(7.0) 4.9	1.76 2.37	1.01 1.64		
14	10.7 (23.0)	11.2 21.8	5.0 15.4	12.9 11.1	(6.7) 4.7	1.74 2.42	1.03 1.48		
15	11.4 (23.8)	11.4 22.3	5.2 15.8	12.4 10.9	(6.2) 4.4	1.83 2.34	1.16 1.32		
16	— 12.2	11.6 22.8	5.3 16.4	11.8 10.6	(5.5) 4.2	1.88 2.31	1.18 1.20		
17	(0.5) 12.9	11.9 23.8	5.7 17.6	11.4 10.9	(5.2) 4.7	2.08 2.16	1.30 1.18		
Sums: carried forward							24.47	12.67	
							22.62	12.67	

第 1 - 2 表 高低潮表 2

NAMRIA FORM 138
 NATIONAL MAPPING AND RESOURCE
 INFORMATION AUTHORITY

TIDES: HIGH AND LOW WATERS

Station PUERTO PRINCESA, PALAWAN
 Highest tide: Date March 1, 1991 Height 2.2 m. Lowest tide: Date MARCH 1, 1991 Height 1.00
 $(K_1 + O_1) \div M_2$ or $2(DHQ + DLQ) \div Mn =$ $F(Mn) =$ $F_1 =$

DATE	MOON'S TRANSITS (Greenwich mean civil)		TIME OF—		LUNITIDAL INTERVAL		HEIGHT OF—		REMARKS	
			High Water	Low Water	High Water	Low Water	High Water	Low Water		
Year	mo.	d.	hr.	dec.	hr.	dec.	hr.	dec.	meter	meter
Brought forward										
18	(1.3)	120	5.8	(10.7)	(4.5)	2.22	1.40			
	13.8	—	18.2	—	4.4	—	1.10			
19	(2.2)	0.5	6.2	10.7	(4.0)	2.03	1.47			
	14.7	11.2	19.5	(10.0)	4.8	2.29	1.06			
20	(3.1)	0.8	6.5	10.1	(3.4)	1.81	1.48			
	15.6	12.6	20.2	(9.5)	4.6	2.40	1.04			
21	(4.1)	2.2	6.8	10.6	(2.7)	1.64	1.51			
	16.6	13.0	21.2	(8.9)	4.6	2.50	1.07			
22	(5.1)	—	—	—	—	—	—			
	17.6	13.6	23.0	(8.5)	5.4	2.52	1.10			
23	(6.1)	—	—	—	—	—	—			
	18.6	14.5	—	(8.4)	—	2.48	—			
24	(7.1)	—	1.0	—	6.4	—	1.12			
	19.6	15.8	—	(8.7)	—	2.38	—			
25	(8.1)	—	2.6	—	7.0	—	1.05			
	20.5	18.0	—	(9.9)	—	2.38	—			
26	(9.0)	—	3.0	—	6.5	—	1.02			
	21.4	20.0	—	(11.0)	—	2.42	—			
27	(9.8)	10.6	4.0	13.2	6.6	1.75	1.04			
	22.2	21.0	14.6	(11.2)	(4.8)	2.44	1.60			
28	(10.6)	10.7	4.2	12.5	6.0	1.85	1.13			
	23.0	21.6	15.2	(11.0)	(4.6)	2.41	1.50			
29	(11.3)	10.8	4.8	11.8	5.8	2.00	1.24			
	23.7	22.8	16.0	(11.5)	(4.7)	2.34	1.34			
30	—	11.0	5.2	11.3	5.5	2.10	1.40			
	(12.1)	23.5	17.0	(11.4)	(4.9)	2.17	1.14			
31	0.5	11.2	5.7	10.7	5.2	2.23	1.35			
	12.9	23.8	17.6	10.9	4.7	2.00	1.03			
Sums				527.3	252.4	107.80	61.66	71.80	32.39	Sums
				10.59	5.05	2.16	1.23	2.32	1.11	Means 1.13
				Correction to intervals						Mn DHQ DLQ
				Local intervals		0.95	Mn	Observed	0.92	0.16 0.13
				Greenwich intervals		1.70	MTL	Factor		
Tabulated by	Date			Checked by			Corrected			
Reduced by	Date			Checked by						

第 2 表 月平均值比較表

DEPARTMENT OF COMMERCE
U.S. COAST AND GEODETIC SURVEY
Form 657
Ed. Dec. 1929

TIDES: Comparison of Monthly Means

(A) Subordinate station Puerto Princesa Lat. 9°45'N Long. 118°44'E
(B) Standard station Manila Lat. 14°35'N Long. 120°58'E

MONTH	M T L			M S L			H W I			L W I		
	(A)	(B)	(A)-(B)	(A)	(B)	(A)-(B)	(A)	(B)	(A)-(B)	(A)	(B)	(A)-(B)
	M.	M.	M.	M.	M.	M.	Hours	Hours	Hours	Hours	Hours	Hours
1990 Oct.	1.85	2.68	-0.83	1.84	2.67	-0.83						
Nov.	1.83	2.67	-0.84	1.82	2.66	-0.84						
Dec.	1.77	2.54	-0.77	1.79	2.51	-0.79						
1991 Jan.	1.67	2.48	-0.81	1.68	2.46	-0.78						
Feb.	1.68	2.50	-0.82	1.70	2.49	-0.79						
Mar.	1.70	2.51	-0.81	1.69	2.50	-0.81						
Apr.	1.72	2.58	-0.86	1.71	2.56	-0.85						
May	1.76	2.66	-0.90	1.73	2.63	-0.90						
June	1.77	2.70	-0.93	1.72	2.67	-0.95						
July	1.72	2.72	-1.00	1.72	2.72	-1.00						
Aug.	1.75	2.80	-1.05	1.77	2.80	-1.03						
Sept.	1.81	2.84	-1.03	1.81	2.84	-1.03						
Sums	21.03	21.68	-10.65	20.92	21.52	-10.60						
Means	1.752	2.64	-0.888	1.743	2.63	-0.889						
Accepted values for (B)			2.550	x x x x	x x x x	2.541	x x x x	x x x x		x x x x	x x x x	
Corrected values for (A)			1.662	x x x x	x x x x	1.658	x x x x	x x x x		x x x x	x x x x	

Corrected value for MTL, MSL, HWI, and LWI for subordinate station = accepted value for standard station + mean difference.

MONTH	Mn			D H Q			D L Q		
	(A)	(B)	(A)-(B)	(A)	(B)	(A)-(B)	(A)	(B)	(A)-(B)
	M.	M.	Ratio	M.	M.	Ratio	M.	M.	Ratio
1990 Oct.	0.95	0.75	1.27	0.21	0.12	1.75	0.17	0.11	1.55
Nov.	0.96	0.82	1.17	0.22	0.12	2.33	0.17	0.09	1.89
Dec.	1.23	0.91	1.35	0.18	0.12	1.24	0.14	0.08	1.75
1991 Jan.	1.03	0.88	1.17	0.22	0.16	1.75	0.16	0.08	2.00
Feb.	0.90	0.68	1.32	0.26	0.18	1.44	0.12	0.10	1.20
Mar.	0.93	0.69	1.35	0.16	0.14	1.14	0.12	0.09	1.33
Apr.	0.97	0.73	1.33	0.16	0.13	1.23	0.15	0.13	1.15
May	1.12	0.86	1.30	0.15	0.10	1.50	0.18	0.11	1.64
June	1.16	0.95	1.22	0.16	0.07	2.31	0.12	0.07	1.71
July	0.92	0.76	1.21	0.21	0.17	1.71	0.16	0.11	1.45
Aug.	0.89	0.71	1.25	0.23	0.14	2.36	0.12	0.08	1.50
Sept.	0.97	0.71	1.37	0.23	0.15	1.93	0.13	0.09	1.44
Sums	12.62		15.31			20.32	1.70		18.61
Means	1.030		1.276	0.214		1.693	0.145		1.551
Accepted values for (B)			0.762	x x x x	x x x x	0.143	x x x x	x x x x	0.099
Corrected values for (A)			0.972	x x x x	x x x x	1.242	x x x x	x x x x	0.154

Corrected value for Mn, DHQ, and DLQ for subordinate stations = accepted value for standard station X mean ratio.

Remarks:

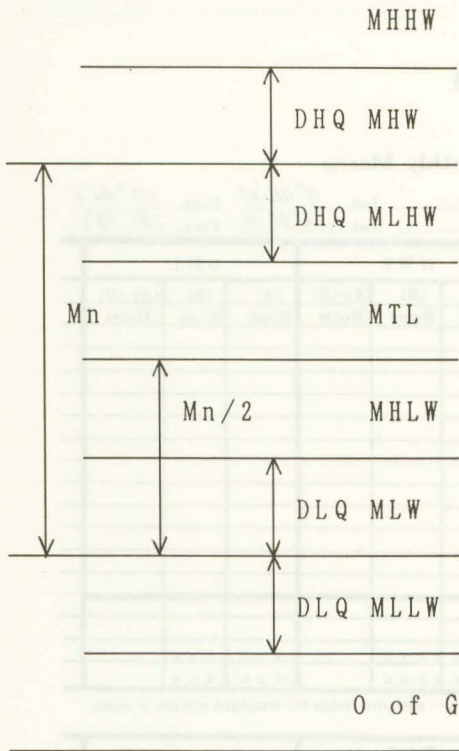
$$MLLW = 1.752 - 0.972/2 - 0.154 = 1.112 \text{ m.}$$

$$MLW = 1.752 - 0.486 = 1.266 \text{ m.}$$

$$MHA W = 1.752 + 0.972/2 + 0.242 = 2.480 \text{ m.}$$

$$MHW = 1.752 + 0.486 = 2.238 \text{ m.}$$

Computed by r
Verified by Spalleg



第3図 潮位関係図

5. おわりに

日本国内で採用されている基本水準面は、潮汐調和定数から算出されているが、本稿では、実測の高低潮位から直接算出する一方法を紹介した。

最後に、比国での本プロジェクトが無事終了することを期待するとともに、本稿が、国内の験潮業務に少しでも役立てば幸いである。

参考文献

H. A. MARMER : SP. NO. 135, Tidal Datum Planes, U.S. Coast & Geodetic Survey, p. 107-122 (1951)

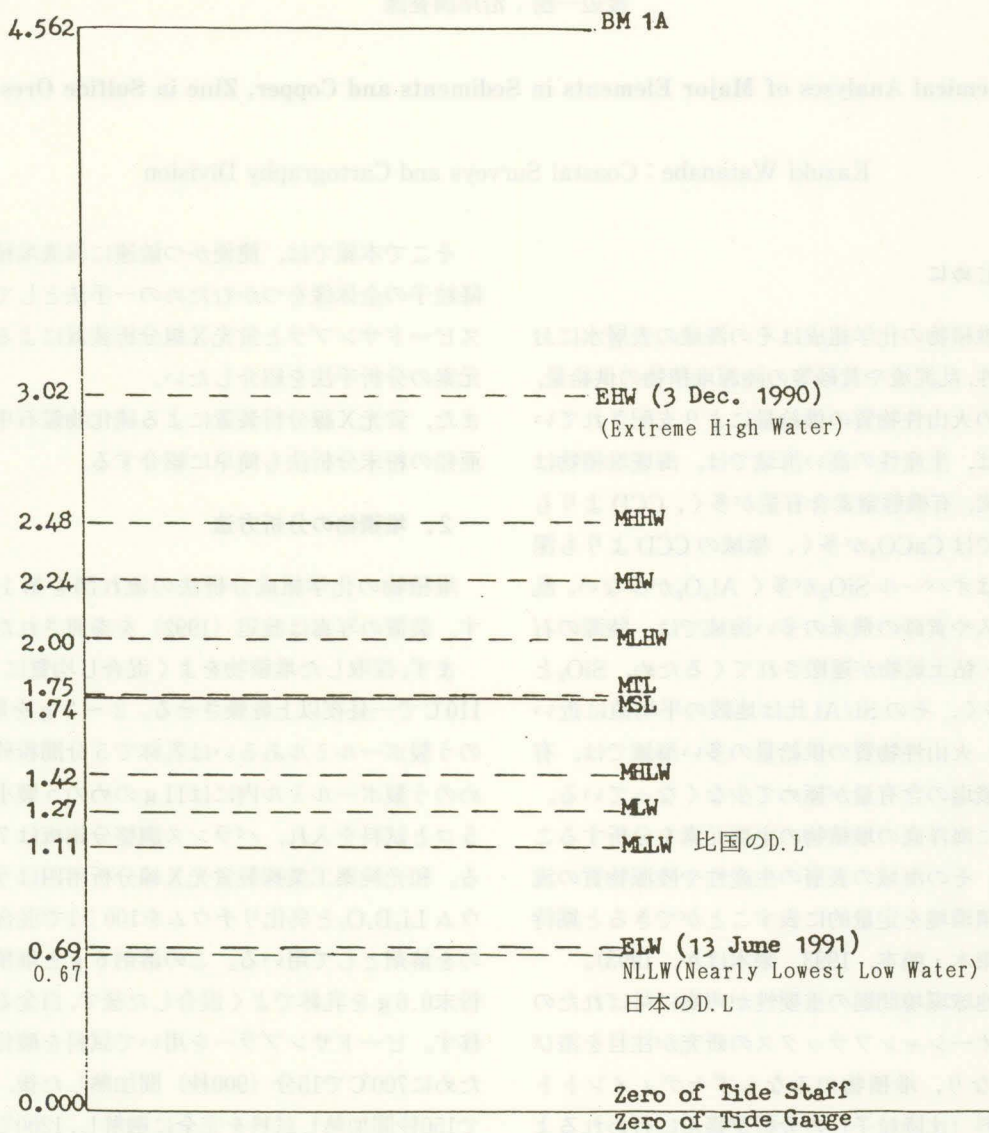
第3表 潮位関係用語

略号		関係式
MHHW	Mean Higher High Water	平均高高潮面 $MTL + Mn/2 + DHQ$
MHW	Mean High Water	平均高潮面 $MTL + Mn/2$
MLHW	Mean Lower High Water	平均低高潮面 $MTL + Mn/2 - DHQ$
MTL	Mean Tide Level	平均潮位 $(MHW + MLW) / 2$
MHLW	Mean Higher Low Water	平均高低潮面 $MTL - Mn/2 + DLQ$
MLW	Mean Low Water	平均低潮面 $MTL - Mn/2$
MLLW	Mean Lower Low Water	平均低低潮面 $MTL - Mn/2 - DLQ$
Mn	Mean Range	平均潮差 $MHW - MLW$
DHQ	Diurnal High Water Inequality	高潮の日潮不等 $MHHW - MHW$
DLQ	Diurnal Low Water Inequality	低潮の日潮不等 $MLW - MLLW$
0 of G	Zero of Gauge	験潮器零位

VARIOUS DATUM RELATIONSHIP

Place : PUERTO PRINCESA

Unit : meter



Derived from one (1) year observation

(October 1990 - September 1991)

第4図 プエルトプリンセサの潮位関係図