

## 水路部潮汐観測の成果及びその考察<sup>†</sup>

桑木野 文章\*・宗田 幸次\*・余座 尚久\*

## RESULTS AND CONSIDERATION FOR TIDAL OBSERVATIONS OF HYDROGRAPHIC DEPARTMENT<sup>†</sup>

Fumiaki KUWAKINO\*, Kouji MUNEDA\* and Naohisa YOZA\*

### Abstract

The Hydrographic Department has been operating 28 tide stations for long years. Except 9 tide stations where are under the influence of the KUROSHIO for the sea level or still short period of observation, Mean Sea Level, Statistical heights of tide, etc. during 27 years for 19 tide stations are reported. From the study,

- (1) Periodical variation about 20 years on Mean Sea Level seems to exist. In order to recognize the existence, at least more 40-60 years observation are necessary.
- (2) Non-harmonic constants (HWL, LWL, etc.) values are led by one year observation are able to use for the civil engineering.
- (3) From the variation of Mean Sea Level in long period, upheaval or subsidence of land are estimated about 0.3-0.7 cm/year at various station.
- (4) Amplitude, Phase lag of four main principal Harmonic constants are obtained stable values from one year observation, which are confirmed by results of every 19 years analyzing of tidal data.
- (5) The lowest tide level of every year are minus figure which reach to 30~50 cm below the Datum level. In order to provide safety depths on nautical charts according to IHB resolution, the method of determination of  $Z_0$  value in Japan is recommended to change as follows:  $H_m + H_s + H' + H_o + H_{sa} + H_n + H''$  or Lowest Astronomical Tide (LAT).

### 1. はじめに

海上保安庁水路部では現在 Fig. 1 に示す28ヶ所の験潮所で常時海面変動観測を行っている。1960年代に設置されたものがその大半であることから、約35年近くが経過している。

水路部の潮汐観測は、水路部の最大目的である海図の整備・刊行に伴う水深の基準面決定及びその監

視が第一義的とされる。水深の基準面すなわち基本水準面は、水路業務法、運輸省令により海上保安庁長官が公示することに定められていることから、港湾局、気象庁、国土地理院の験潮所及び自治体の験潮所などの観測データも活用して日本全国各地の基本水準面を決定、公示などの作業を水路部で実施している。一方永年的に潮汐の観測を継続することにより海面変動・地盤変動の監視——地震予知、防災

<sup>†</sup> Received 17th December 1993

\* 沿岸調査課 Coastal Surveys and Cartography Division

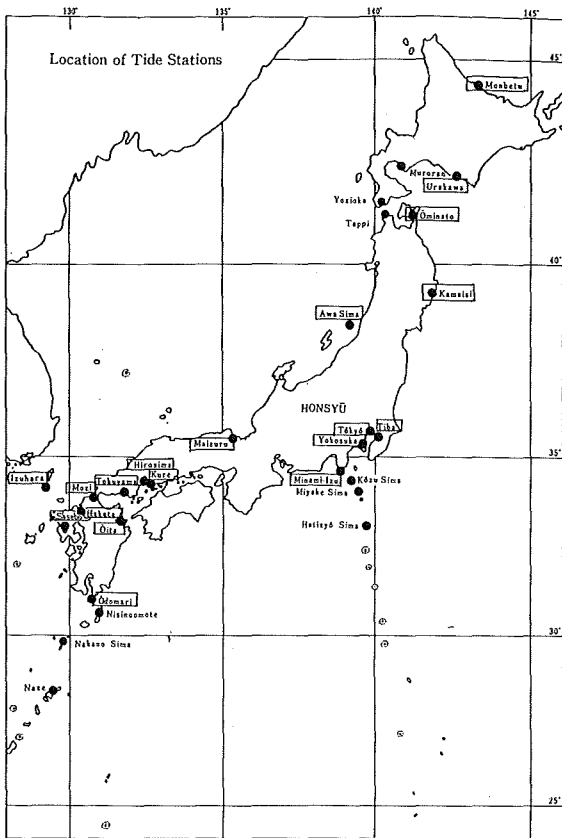


Fig. 1 Location of Tide Station

的には高潮(たかしお), 津波の監視とか異常潮位の検出に用いられることから地域住民に密着した業務である。また, 基本水準面は, 港湾工事事業用基準面として採用されているし, 領海確定のための低潮線策定の基準となるものである。このように潮汐の永年観測は, 国家及び国民生活上不可欠なものである。

長年に亘って蓄積されている水路部の潮汐観測データのうちの水位変動に海流の影響を受ける所とか観測期間の短い所を除いた19ヶ所の27年間(1965年—1991年)についての平均水面等の統計的数値(非調和定数)の算出, 最低観測潮位と予報潮位などを取り上げ, 水路部潮汐観測の中間的“まとめ”として報告するとともに,  $Z_0$ 値と基準面などについて考察する。

## 2. 各種潮高統計値

Table 1は, 19ヶ所の験潮所の1965~1991年間の年別潮高統計値——平均水面(A.MSL), 最高潮面(Highest), 朔望平均満潮面(HWL), 平均高高潮面(MHHW), 平均満潮面(MHW), 平均低潮面(MLW), 平均低低潮面(MLLW), 朔望平均干潮面(LWL), 最低潮面(Lowest)及びそれらの期間中の平均値などを網羅している。

いずれの値も毎正時潮高を用いて算出している。潮高の基準については表中に記してある。平均期間の設定については, 潮汐現象についての月の赤緯の長周期変動, すなわち地球上で昇交点が春分点と一致し再び一致するまでの交点周期18.6年(1969年(赤緯最大)~1978年(赤緯最小)~1987年(赤緯最大))を考慮に入れて, その前後に4年間を加えたものとした。

### (1) 平均水面(A.MSL)

Fig. 2に海岸昇降検地センターが作成している平均水面の年変化を示す。図中のなめらかな線は, 計算値によるものではない。いくつかの特徴的な事象を見出すことが出来る。

1) 北日本海域を除いて特に瀬戸内海では, 平均水面に長期変動(最大全振幅5~10cm程度)が存在するようにも見える。

- 1962~1964年 低い
- 1974~1975年 高い
- 1984~1985年 低い
- 1993~? (高い)?

と, ほぼ約20年を周期とするものと推定するのは危険であろうか。潮位の年変化の要因は, 海水の密度の変化, 気圧の変化とされ, 宇野木(1)は内湾においても密度成層の効果が最も大きく, 次が気圧の効果であると述べている。約20年周期を惹起するような要因は何かあるのか—密度変化, 気圧変動にあるのか—Fig. 3に呉港における水温・塩分の年変化, 呉ほか3ヶ所の気圧の年変動を示すが, いずれも有為な係わりを認めることはできない。海況変動—黒潮流軸

Table 1 Statistical table of Tidal Heights

Statistical table of Tidal heights																													
height : above 0 of Gauge, cm in unit																													
Place	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	Mean	
Tiba	MSL adopting now: 178cm(66-70), Zo : 120cm, DL=58cm																												
A. MSL	173	176	176	176	182	180	182	188	184	184	183	185	180	183	185	182	181	183	182	178	177	178	183	181	179	184	183	181	123
Highest	297	286	288	303	318	291	314	304	298	305	324	292	283	290	369	321	282	307	299	298	323	294	283	291	284	326	301	303	245
HWL	265	266	263	265	275	268	268	278	273	273	272	273	265	272	280	269	265	268	269	263	266	265	267	267	264	275	270	269	211
MHHW	236	238	238	238	244	242	244	249	246	245	244	245	240	243	245	242	241	242	242	238	237	239	243	241	239	244	243	242	184
MHW	231	233	233	233	239	237	239	244	241	240	239	240	236	238	241	238	236	238	237	233	232	234	239	236	235	239	238	237	179
MLW	117	121	122	122	128	126	128	134	130	129	129	130	125	128	131	128	127	129	130	125	125	125	131	128	126	132	131	127	69
MLLW	88	91	92	92	98	95	98	105	102	102	103	106	100	104	107	103	101	102	101	95	94	94	101	98	96	102	102	99	41
LWL	51	54	55	55	63	60	62	69	66	67	69	71	67	69	73	67	66	67	65	61	59	59	65	62	61	66	63	63	5
Lowest	17	25	21	25	36	29	34	33	33	38	42	47	35	40	43	37	41	39	40	32	27	32	35	26	36	22	27	33	-25
Tokyo	MSL adopting now: 177cm(63-72), Zo : 120cm, DL=57cm																												
A. MSL	177	179	180	178	182	177	179	184	181	181	182	184	183	184	185	181	180	181	183	179	177	177	183	181	179	184	183	181	124
Highest	305	291	289	303	313	288	313	293	295	300	324	287	283	299	302	999	999	310	292	296	327	292	286	290	287	328	302	300	243
HWL	269	268	999	267	273	265	265	274	269	270	268	273	268	999	273	999	999	267	269	263	265	264	266	268	264	275	269	268	211
MHHW	240	241	999	240	244	240	241	245	243	242	243	246	243	999	244	999	999	242	243	239	237	238	243	242	240	244	243	242	185
MHW	235	237	999	235	239	235	236	240	238	237	238	241	239	999	239	999	999	237	238	234	232	233	238	237	235	239	238	237	180
MLW	120	124	999	124	127	123	125	130	126	126	129	129	126	999	131	999	999	128	130	125	124	125	131	128	127	127	127	127	70
MLLW	91	95	999	93	97	93	96	101	98	99	103	105	102	999	110	999	999	101	102	96	94	94	100	98	97	102	102	99	42
LWL	55	57	999	56	63	57	59	66	63	64	71	72	70	999	89	999	999	66	67	62	58	59	64	63	61	66	64	64	7
Lowest	19	22	29	31	35	24	33	28	29	31	32	44	37	999	48	999	999	36	35	35	27	31	30	22	33	24	25	31	-23
Yokosuka	MSL adopting now: 145cm(72-81), Zo : 110cm, DL=35cm																												
A. MSL	137	140	140	139	143	140	142	146	142	143	144	147	144	147	147	144	145	145	148	144	142	143	149	148	146	151	151	144	109
Highest	240	237	242	248	244	234	245	245	240	249	250	245	241	246	276	257	999	242	242	247	250	241	237	246	244	261	248	246	211
HWL	215	216	214	215	221	214	212	211	216	220	219	222	217	223	226	220	999	219	221	217	216	218	219	221	220	228	225	219	184
MHHW	191	193	194	193	197	193	194	197	194	196	196	199	197	200	199	197	999	198	200	196	194	196	201	200	199	203	203	197	162
MHW	187	189	189	188	193	189	190	193	190	192	192	195	193	196	195	193	999	194	195	192	190	192	197	196	194	199	199	193	158
MLW	91	94	94	93	98	95	97	102	96	97	98	101	98	101	101	98	999	101	104	100	98	98	104	103	102	107	107	99	64
MLLW	63	66	65	64	69	66	70	76	70	71	74	78	75	79	79	75	999	76	77	72	69	70	76	75	75	80	80	73	38
LWL	31	33	32	32	38	33	36	44	38	41	44	47	46	49	51	44	999	45	47	43	39	40	45	45	46	51	49	42	7
Lowest	1	4	2	7	12	6	11	20	8	13	20	22	20	21	19	21	999	19	21	15	14	10	22	13	18	27	21	15	-20
Minanizuru	MSL adopting now: 273cm(73-82), Zo : 100cm, DL=173cm																												
A. MSL	269	270	270	274	277	270	273	279	275	271	272	275	272	276	275	272	271	272	273	269	266	269	276	273	269	276	275	273	100
Highest	999	362	367	376	360	356	376	372	372	365	373	372	373	368	395	381	377	393	358	365	398	360	357	358	359	395	370	371	198
HWL	999	340	337	343	346	338	339	350	344	342	340	343	341	346	348	344	339	341	342	338	337	338	341	343	340	348	345	342	169
MHHW	999	320	320	324	327	320	323	329	325	321	321	324	322	325	325	322	321	322	323	319	317	320	326	324	321	327	325	323	150
MHW	999	316	316	320	323	316	319	325	321	317	317	320	318	321	322	319	317	318	319	316	312	315	322	319	317	322	321	319	146
MLW	999	227	227	231	234	228	230	236	232	228	228	231	228	232	231	228	228	229	230	226	224	226	233	230	227	233	232	230	57
MLLW	999	199	199	203	205	199	203	209	206	203	205	209	205	210	209	205	204	203	204	199	195	198	205	201	199	205	204	203	30
LWL	999	169	169	174	176	169	172	179	176	174	176	181	177	181	182	176	175	173	173	170	165	167	173	171	161	174	172	173	0
Lowest	999	144	138	152	150	120	147	147	146	152	157	152	156	152	152	150	158	149	145	146	143	138	148	138	143	133	140	146	-27
Kure	MSL adopting now: 259cm(68), Zo : 200cm, DL=59cm																												
A. MSL	259	260	264	260	262	262	263	269	266	267	269	265	266	265	265	265	267	262	262	264	261	262	268	269	267	275	270	272	265
Highest	462	473	473	477	463	466	477	483	478	481	478	482	469	507	473	485	466	462	470	468	476	470	470	470	477	469	544	477	418
HWL	431	433	435	435	432	432	434	444	438	439	441	438	436	440	439	441	439	435	438	437	439	438	439	439	447	443	451	438	379
MHHW	392	392	395	392	395	392	395	401	397	399	401	396	400	398	398	399	402	397	398	395	395	400	401	999	406	402	405	398	339
MHW	374	374	376	374	377	374	377	384	381	383	385	382	386	384	383	383	386	380	380	376	376	382	382	999	388	385	388	381	322
MLW	139	143	148	143	146	146	146	151	147	146	148	142	140	142	142	143	146	142	145	144	148	151	153	999	159	154	155	147	88
MLLW	108	111	114	109	112	112	114	118	116	116	120	115	114	116	116	117	118	113	115	112	115	118	119	999	126	121	123	116	57
LWL	52	55	59	56	56	54	58	63	63	61	68	61	62	63	63	61	65	56	60	62	59	64	64	999	72	65	68	61	2
Lowest	7	0	14	15	16	8	13	7	14	7	26	26	23	10	6	11	23	14	4	10	22	12	19	11	17	3	18	13	-46
Hirosina	MSL adopting now: 304cm(58-72), Zo : 200cm, DL=104cm																												
A. MSL	302	305	306	304	308	307	309	315	312	313	316	311	313	312	312	313	316	310	312	309	309	314	319	314	322	317	318	312	208
Highest	503	516	512	518	510	534	523	530	524	524	522	527	516	554	520	534	514	508	516	513	522	515	518	515	523	509	594	523	419
HWL	472	476	475	476	474	477	478	488	484	485	486	484	482	486	485	488	484	481	484	483	482	483	999	484	492	482	999	482	378
MHHW	433	435	435																										

Table 1 (continued)

Place	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	Mean	(above DL)	
Hakata	MSL adopting now: 173cm(78-87), Z0 : 110cm, DL=63cm																													
A. MSL	999	165	175	170	176	174	174	177	176	173	176	174	173	172	174	173	175	171	175	171	172	173	175	171	175	175	175	173	110	
Highest	999	322	301	301	308	302	318	312	306	302	318	306	303	306	304	314	294	294	299	296	301	306	308	299	299	299	302	305	242	
HWL	999	266	274	271	276	274	273	280	274	274	275	274	270	273	275	273	271	269	273	269	271	271	271	268	271	274	275	273	210	
MHHW	999	233	243	237	244	242	242	245	243	242	244	244	242	240	241	240	243	239	242	237	239	239	241	237	241	241	243	241	178	
MHW	999	225	234	229	235	233	233	237	235	233	237	236	234	233	234	233	236	232	234	229	231	231	232	229	232	232	234	233	170	
MLW	999	110	119	115	120	118	118	122	120	117	120	117	115	115	117	115	117	114	119	115	117	118	120	119	122	120	119	118	55	
MLLW	999	95	104	100	105	103	103	107	106	103	108	105	103	104	106	103	104	100	105	101	102	103	105	103	106	105	105	104	41	
LWL	999	62	72	69	74	70	72	76	74	70	78	74	70	72	75	71	72	68	73	70	71	71	73	73	74	73	72	72	9	
Lowest	999	26	39	32	44	30	44	38	42	40	41	49	40	32	28	25	37	30	33	17	40	36	42	38	39	39	36	36	-27	
Sasebo	MSL adopting now: 274cm(82-91), Z0 : 165cm, DL=109cm																													
A. MSL	275	274	277	269	276	274	274	277	276	276	279	270	274	274	275	275	276	273	274	272	273	273	275	273	277	275	276	275	166	
Highest	434	449	449	434	439	445	457	437	443	454	464	437	439	450	446	453	440	429	435	441	437	432	439	433	446	439	449	443	334	
HWL	407	406	410	404	407	405	405	411	408	409	412	403	405	409	412	410	408	406	407	404	405	404	403	403	407	405	409	407	298	
MHHW	371	368	371	363	371	368	369	371	371	372	374	366	372	372	371	372	373	370	369	366	367	367	368	365	369	367	370	369	260	
MHW	366	363	366	357	365	362	363	365	366	367	369	361	367	367	366	367	368	365	364	361	361	361	362	360	364	362	365	364	255	
MLW	184	184	187	180	187	185	185	186	186	184	188	182	180	180	182	182	183	181	184	183	184	185	188	186	190	186	185	184	75	
MLLW	157	156	158	151	158	158	157	159	159	160	165	160	158	159	161	160	159	157	158	156	157	157	159	157	161	159	158	168	49	
LWL	109	108	111	104	111	111	111	114	113	115	120	112	112	112	116	115	114	109	113	113	114	111	112	112	114	116	111	112	3	
Lowest	60	55	64	60	74	75	72	71	79	70	75	82	73	58	72	79	76	70	65	74	78	71	68	68	69	60	66	70	-39	
Odomari	MSL adopting now: 298cm(66-75), Z0 : 142cm, DL= 154cm																													
A. MSL	999	295	295	291	293	294	295	299	297	299	299	291	292	292	294	291	294	288	288	292	292	294	291	291	299	292	296	294	140	
Highest	999	446	450	456	422	433	452	436	436	473	445	434	429	430	453	468	431	426	423	437	999	427	424	436	442	444	435	440	286	
HWL	999	403	405	403	397	399	402	405	405	409	408	403	400	402	405	405	404	398	399	402	999	400	398	398	408	401	406	403	249	
MHHW	999	374	374	369	372	371	373	377	376	378	378	372	374	374	376	374	375	369	369	371	999	373	369	370	377	370	375	373	219	
MHW	999	370	370	365	368	368	369	373	372	374	375	369	370	370	372	371	372	365	365	367	999	369	365	366	373	366	371	369	215	
MLW	999	221	223	219	221	222	224	227	223	225	225	215	215	215	217	214	217	212	213	218	999	222	218	219	227	219	223	220	66	
MLLW	999	191	192	188	190	190	193	197	195	197	199	190	191	191	193	189	191	185	185	188	999	191	187	187	196	188	193	191	37	
LWL	999	149	152	148	149	148	152	154	155	157	160	149	151	152	155	148	151	142	143	149	999	149	146	147	158	146	152	150	-4	
Lowest	999	100	109	111	113	107	115	114	106	112	123	112	120	99	108	106	112	102	99	105	999	101	101	102	107	100	114	108	-46	
Maizuru	MSL adopting now: 115cm(72-81), Z0 : 19cm, DL= 96cm																													
A. MSL	113	111	111	107	113	112	113	117	117	115	116	115	112	114	113	113	118	112	116	112	115	116	117	115	117	118	118	114	18	
Highest	158	167	156	170	162	159	168	192	168	158	170	168	160	161	169	184	170	162	167	166	166	180	166	160	162	168	166	167	71	
HWL	135	999	132	131	137	136	135	142	142	139	140	138	134	138	140	140	141	135	138	137	141	141	141	140	142	143	142	138	42	
MHHW	124	999	123	118	125	124	125	129	129	123	127	126	124	125	125	125	131	124	127	124	127	127	128	130	127	130	129	130	126	30
MHW	121	999	120	115	123	121	122	126	126	124	124	124	122	123	123	122	128	122	124	122	125	125	127	124	127	127	127	124	28	
MLW	105	999	104	99	106	103	104	108	109	106	107	106	104	105	105	104	108	104	108	104	106	106	106	106	109	110	110	106	10	
MLLW	99	999	98	93	100	99	99	103	104	101	102	101	99	100	100	99	103	99	103	98	100	101	103	100	103	105	105	101	5	
LWL	87	999	87	81	89	86	86	91	92	89	93	89	87	88	89	88	91	88	91	87	89	91	91	90	91	93	94	89	-7	
Lowest	62	64	61	56	58	59	63	66	70	66	67	68	65	67	58	59	59	59	65	64	53	62	73	66	64	61	63	63	-33	
Izuhara	MSL adopting now: 170cm(80-89), Z0 : 93cm, DL= 77cm																													
A. MSL	167	169	167	161	169	167	169	173	173	172	174	172	168	168	168	166	170	169	171	168	170	171	173	169	171	173	171	170	93	
Highest	287	302	287	282	285	292	301	292	294	297	309	292	286	296	293	286	282	282	293	287	284	294	288	292	287	290	289	291	214	
HWL	257	259	258	252	257	256	257	265	263	264	267	265	259	261	261	258	259	259	261	259	258	259	258	999	999	999	263	260	183	
MHHW	229	230	228	222	230	229	230	234	235	234	237	235	232	232	231	229	233	232	232	230	231	231	231	999	999	999	233	231	154	
MHW	225	226	224	218	226	225	226	230	231	231	234	231	229	228	227	225	230	228	228	226	227	228	227	999	999	999	229	227	150	
MLW	111	114	110	107	114	112	114	117	117	115	118	114	110	110	110	108	112	110	116	112	115	115	117	999	999	999	116	113	36	
MLLW	104	106	103	99	106	105	106	110	110	108	111	108	104	104	104	102	106	103	109	105	108	108	111	999	999	999	109	106	29	
LWL	75	77	77	72	78	75	76	83	83	80	84	81	75	75	76	74	77	77	81	77	80	81	81	999	999	999	81	78	1	
Lowest	46	41	45	28	50	47	41	49	53	51	50	56	45	43	46	32	41	44	49	45	36	54	51	45	42	51	51	46	-31	
Awa sima	MSL adopting now: 100cm(84-88), Z0 : 20cm, DL= 80cm																													
A. MSL	999	999	999	93	99	999	101	103	107	104	101	100	99	100	101	102	104	99	103	99	100	101	103	99	103	105	104	101	21	
Highest	999	999	999	150	151	999	153	178	134	166	150	160	138	144	150	156	163	138	142	153	147	149	148	141	144	151	149	151	71	
HWL	999	999	999	115	124	999	122	127	130	130	126	121	118	123	126	125	124	119	125	121	123	123	125	122						

Table 1 (continued)

Place	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	Mean	
Ominato	MSL adopting now: 164cm(81-85), Zo : 41cm, DL=123cm																									(above DL)			
A. MSL	160	154	155	157	167	166	166	168	170	168	165	165	162	160	165	164	167	162	165	163	163	165	166	161	161	163	163	163	40
Highest	226	210	208	226	228	235	226	237	243	240	246	230	224	999	255	244	248	239	231	239	259	238	999	228	235	237	240	235	112
HWL	203	196	193	999	212	211	208	213	215	215	211	209	206	999	212	207	209	207	209	206	211	210	999	209	204	207	209	208	85
MHHW	185	178	178	999	193	192	191	194	196	194	191	192	188	999	191	190	194	188	192	189	190	192	999	188	188	189	190	190	67
MHW	182	175	176	999	190	189	188	191	193	192	189	189	186	999	188	188	191	186	189	186	187	188	999	185	185	186	187	187	64
MLW	139	135	135	999	145	144	144	146	147	146	142	142	139	999	141	140	144	139	142	140	140	143	999	138	137	141	140	141	18
MLLW	133	129	129	999	138	138	138	140	141	139	136	136	133	999	136	135	138	133	136	134	134	137	999	132	131	134	134	135	12
LWL	115	113	111	999	121	120	119	121	122	120	121	119	116	999	119	117	121	117	117	118	117	120	999	114	113	117	116	118	-5
Lowest	85	92	85	93	96	96	101	95	97	88	103	96	89	999	82	92	100	102	95	101	89	98	999	92	90	89	97	94	-29
Kanaisi	MSL adopting now: 241cm(80-86), Zo : 86cm, DL=155cm																												
A. MSL	231	229	234	237	240	241	244	248	999	241	241	241	242	245	247	247	251	248	251	248	248	249	250	249	245	250	255	244	89
Highest	314	311	312	334	320	322	331	999	999	318	324	324	319	326	335	350	330	333	326	336	334	333	327	338	334	336	341	328	173
HWL	293	291	293	298	999	300	302	999	999	304	302	301	299	306	310	306	309	308	313	310	309	312	311	999	999	999	318	305	150
MHHW	274	273	278	281	999	285	287	999	999	286	285	284	285	287	289	289	293	291	295	292	292	294	295	999	999	999	299	287	132
MHW	268	267	272	275	999	278	280	999	999	279	278	278	279	281	283	283	287	285	289	285	286	288	288	999	999	999	292	281	126
MLW	197	196	200	202	999	207	210	999	999	207	206	207	208	211	213	213	217	215	217	214	213	215	216	999	999	999	220	210	55
MLLW	172	170	175	177	999	183	186	999	999	184	184	186	186	190	192	191	195	192	193	190	188	190	191	999	999	999	197	186	31
LWL	144	144	146	149	999	156	158	999	999	156	159	160	161	165	168	164	169	164	164	163	162	162	164	999	999	999	169	159	4
Lowest	112	128	120	122	130	133	132	999	999	130	141	140	136	145	135	147	142	142	146	142	138	141	143	146	137	134	137	136	-19
Oita	MSL adopting now: 318cm(80-89), Zo : 130cm, DL=188cm																												
A. MSL	999	999	999	999	999	999	999	326	324	324	327	321	322	319	318	320	320	317	317	314	313	319	319	316	323	316	320	320	132
Highest	999	999	999	999	999	999	999	474	454	459	457	457	447	443	443	484	999	446	447	439	441	443	441	440	453	458	461	452	264
HWL	999	999	999	999	999	999	999	427	423	425	425	420	418	418	999	425	999	418	419	417	414	417	416	415	422	999	423	420	232
MHHW	999	999	999	999	999	999	999	399	397	397	400	393	396	392	999	396	999	393	392	389	387	394	393	390	396	999	395	394	206
MHW	999	999	999	999	999	999	999	391	389	390	392	386	388	385	999	387	999	384	383	379	377	384	383	381	387	999	386	385	197
MLW	999	999	999	999	999	999	999	266	263	263	265	258	261	256	999	257	999	254	255	252	252	259	259	256	263	999	258	259	71
MLLW	999	999	999	999	999	999	999	239	237	238	241	236	240	235	999	235	999	229	230	225	225	230	230	227	234	999	232	233	45
LWL	999	999	999	999	999	999	999	209	203	204	209	203	205	204	999	200	999	193	196	195	193	194	196	195	202	999	197	200	12
Lowest	999	999	999	999	999	999	999	155	163	163	173	170	172	155	999	158	170	158	152	153	156	145	156	150	159	139	155	158	-30

変動特に蛇行現象との関連付け等検討したがその出現周期が短かつランダムで、この平均水面の変動との関係については不明確である。

木村(2)のまとめた1949~1991年に発生したエルニーニョ現象(E)と低水温・ラニーニャ現象(R)によると、興味深いことにE現象(赤道帯付近で海面水位は東高西低となる)の1982-1983年時に本邦の水位は低く、R現象(赤道帯付近で海面水位は西高東低となる)の1973-1974年と1988-1989年時には、本邦の水位は高くなっている。しかしながらE現象とR現象の出現周期は4-5年とされ、E現象は1972-1973年、1976-1977年、1986-1988年にも出現しているが、本邦の水位は同様な関連とはなっていない。

花輪(3)は、海面水温の長期間データの解析から大気と海洋の変動を変動の時間スケールの違いによって、(イ)約2年周期の変動(準2年変動)(ロ)エル・ニーニョ/南方振動(ENSO)イベントの生起に関連する3-4年周期の変動(ハ)約10年周期の変動と(ニ)長周期の変動に分類している。平衡潮汐論から説明される長

周期潮の振幅は、 $(1/3 \cdot \sin \phi)$ に比例する。約18.6年の周期の天文潮である交点潮(nodal tide)は、緯度( $\phi$ )が $\pm 35^{\circ}17'$ で0(zero),すなわち日本付近ではほとんど無視できる。津村(4)は“檀原(5)は、18.6年の周期を仮定した場合の振幅として3.67mmを得たが、標準偏差の大きさや位相のズレからみて、天文潮は検出されなかったと結論していること、外国では2-3cmの振幅値も求められているが、これを天文潮であると信ずるには、なおデータ不足であるとみられている。”と述べている。約20年とみられる平均水面の周期も大気と海洋という自然界に存在する幾つもの周期成分の合成結果であるものか、さらにこのような周期成分の存在を確かめるには少なくとも3-4周期すなわち、あと40-60年のデータが必要であろう。またこの変動が特に瀬戸内海で顕著とみられることも興味ある点である。

いずれにしても、平均水面の長期的な変動について確たる要因を掴むことは現時点では出来ないが、少なくとも太平洋全域を対象とするような視野で取り組むものではとの示唆を与えるものと思われる。

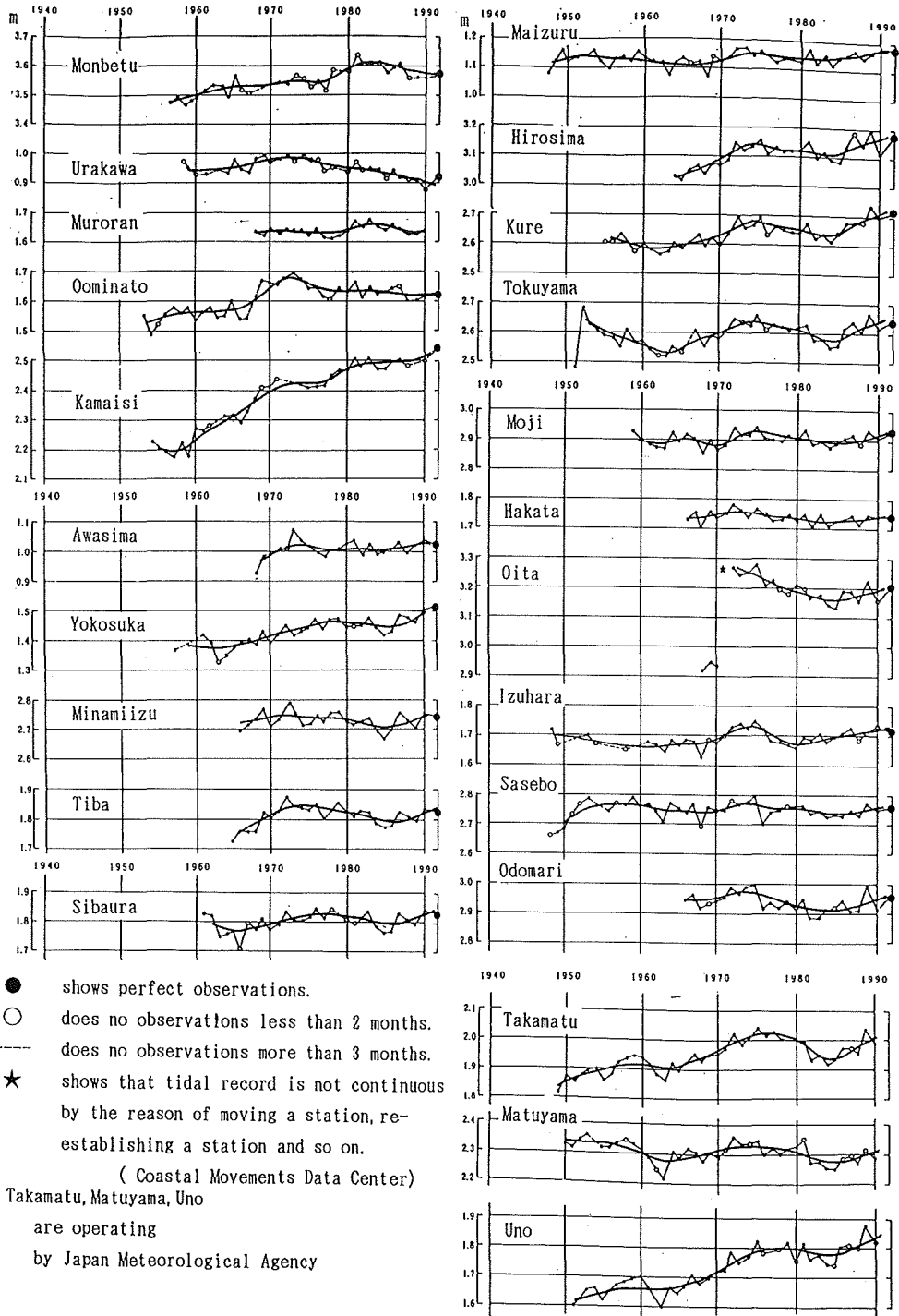
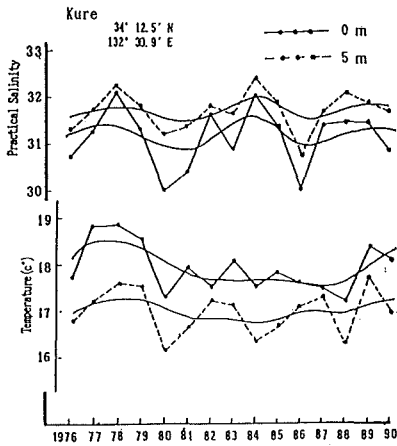


Fig. 2 Graphs of Annual Mean Sea Level

Graphs of Annual Temperature and Practical Salinity  
(Data: 6th Regional Headquarter, JMSA)



Graphs of Annual Atmospheric pressure (sea level)  
(Data: Annual report of Japan Meteorological Agency)

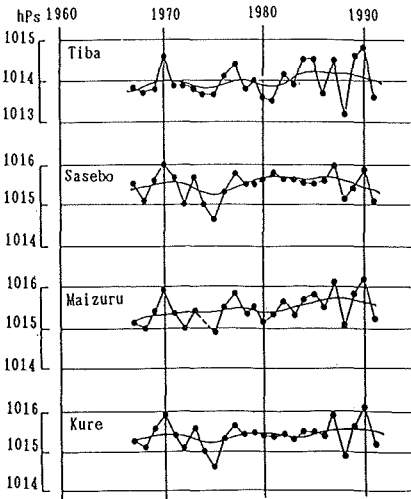


Fig. 3 Graphs of Annual Temperature, Salinity and Atmospheric Pressure

2) Fig. 2から1) に述べた変動を示しながら、かつ徐々に平均水面の上昇、下降が認められる験潮地点が存在する。瀬戸内海の広島、呉、徳山、高松（気象庁）、宇野（気象庁）、三陸の釜石、東京湾の横須賀であり、一方下降しつつある所では北海道の浦河、九州の大分である。横須賀、呉、広島、釜石、浦河、紋別の各験潮所について西暦年と平均水面値を要素とし最小自乗法により平均水面の変動傾向を示すための試みを行った。結果を Fig. 4に示す。

単純に言えば、年当たり0.3-0.7cmの地盤の沈下、隆起の傾向が存在していることになる。平均水面の変動傾向には、このように海域により差異が認められる。地球温暖化による水位変動とか地震予知情報等々のため、今後も注意深く監視、解析を続ける必要がある。

(2) 朔望平均満潮面等

主な統計値の定義は、次に依った。

1) 朔望平均満潮・干潮面 朔及び望の日から前2日、後4日の通算7日間以内に観測された最高高潮、最低低潮の年間平均値 (HWL, LWL), 2) 平均高高潮・低低潮面 1日の高低潮のうちで潮位の高い方の高潮, 低い方の低潮の年間平均値 (MHHW, MLLW)。

HWL, LWL は、水路部では基準面としては用いてはいない。しかし、運輸省港湾局では、「港湾の施設の技術上の基準を定める省令について(通達)」に、「天文潮の諸元としては、基本水準面、平均水面、朔望平均満潮面及び朔望平均干潮面の各高さを考慮するものとし、その諸元は、原則として1か年以上の検潮記録から定めるものとする。」とあることから、港湾工事に係わる設計および施工には必須の値である。これまで、久保田、筋野(6)は、水路部の舞鶴、巖原験潮所については非調和定数及び潮位関係図の報告を行っているが、他の験潮所に関するデータは報告されていないし、HWL, LWLに関してはこれまで算出されていないことから各年の値及び平均値を報告することにした。

HWL, LWL, MHHW, MLLW, MHW 及び

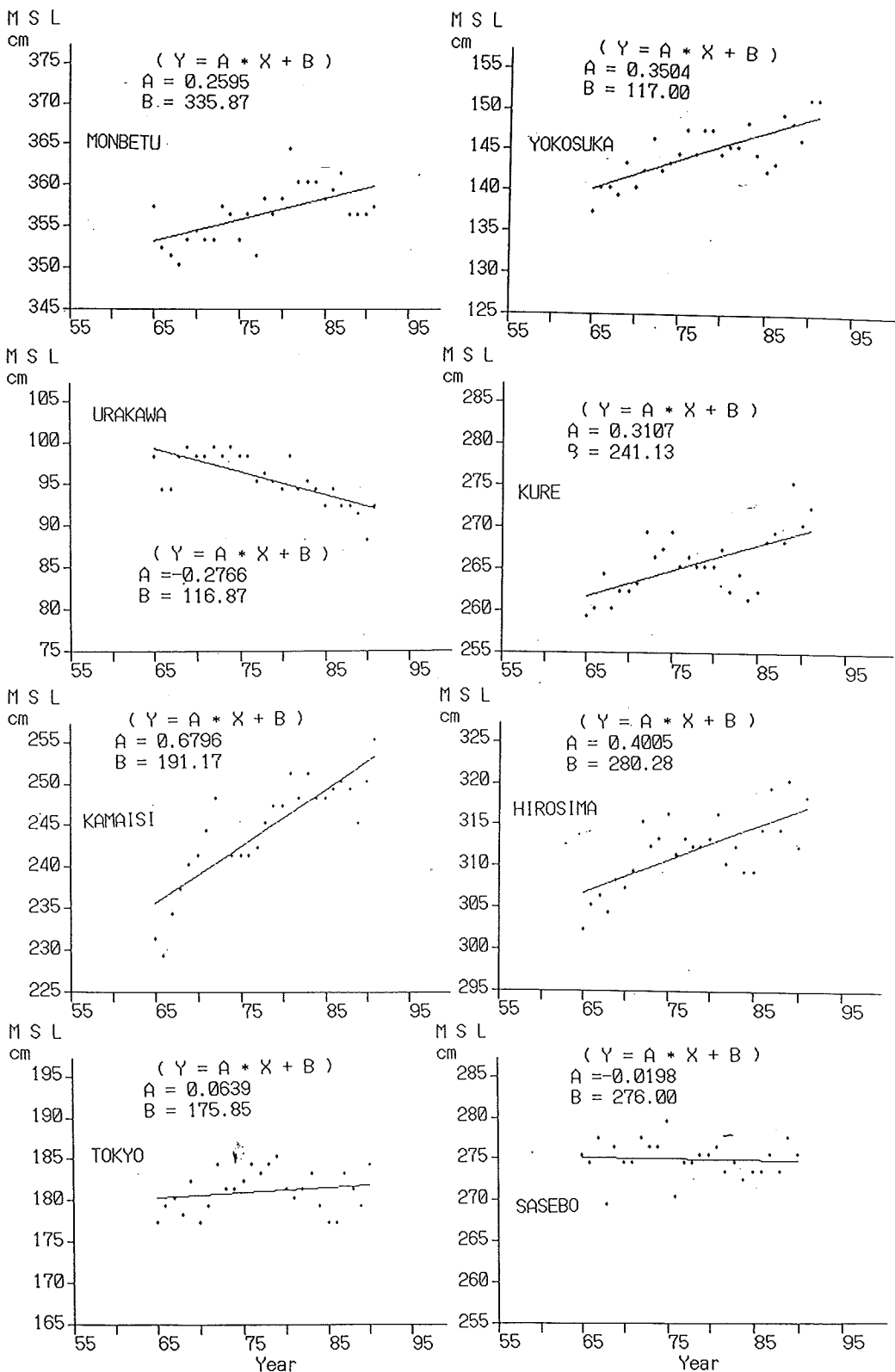


Fig. 4 Secular change in Mean Sea Level



Table 2 Tidal Harmonic constants

Tidal Harmonic Constants Kure 1969~1988

Const.	Sa		Ssa		Mn		Msf		Q1		O1		P1		K1		N2		M2		L2		S2		K2	
	A	$\kappa$	A	$\kappa$	A	$\kappa$	A	$\kappa$	A	$\kappa$	A	$\kappa$	A	$\kappa$	A	$\kappa$	A	$\kappa$	A	$\kappa$	A	$\kappa$	A	$\kappa$	A	$\kappa$
1969	14.3	119.7	1.7	172.0	0.6	165.4	0.4	135.5	4.7	183.2	23.2	193.7	9.3	218.4	31.2	216.8	18.5	270.4	104.0	278.4	3.4	292.1	43.0	309.3	12.4	304.4
1970	19.2	166.1	2.5	256.8	2.1	175.6	2.9	77.3	4.3	194.7	23.7	194.4	10.4	227.0	30.2	216.9	18.8	271.1	103.2	278.8	3.0	292.1	42.7	307.4	11.3	304.2
1971	19.9	154.6	4.5	315.2	1.1	334.3	0.6	326.0	4.5	180.8	23.0	194.4	9.3	218.8	31.4	217.0	17.5	268.3	104.2	278.9	4.3	288.3	43.0	309.3	12.0	305.9
1972	18.3	147.4	6.2	270.9	1.0	323.9	0.2	335.8	4.6	182.8	23.0	195.0	9.3	215.0	31.5	217.2	18.3	265.8	103.8	279.4	3.6	296.3	42.9	310.1	12.0	306.4
1973	15.7	141.1	1.8	30.8	1.3	41.4	1.0	354.2	4.7	185.2	23.1	195.2	9.1	216.9	31.3	217.4	18.4	266.1	103.7	279.0	3.6	301.7	42.3	309.7	11.9	304.9
1974	16.7	143.2	3.0	277.3	0.5	141.4	0.7	26.7	4.6	183.9	23.0	194.4	9.3	216.9	31.5	217.4	18.9	266.8	103.5	278.9	4.0	311.0	42.3	309.8	12.0	307.6
1975	17.5	152.1	2.0	341.1	0.2	80.5	0.5	336.2	4.6	186.4	22.8	195.0	9.3	215.4	31.4	216.3	18.8	268.3	102.9	278.5	5.2	300.1	42.7	309.1	11.8	305.2
1976	15.4	144.2	2.7	30.3	0.2	154.8	2.2	40.5	4.2	186.5	22.7	195.7	9.7	217.2	30.9	217.6	18.5	270.9	103.1	278.8	4.6	283.8	42.9	309.5	12.2	309.8
1977	23.2	158.0	1.9	352.8	0.9	85.7	2.4	217.3	4.7	190.0	22.9	194.0	9.1	221.0	31.4	216.4	18.9	271.2	104.6	278.6	4.6	289.5	42.0	309.1	11.9	304.8
1978	14.6	149.3	4.0	326.3	0.4	126.3	1.1	311.3	4.5	184.0	22.9	194.4	9.2	218.6	31.5	217.0	18.0	271.2	103.9	278.5	3.7	290.2	42.3	309.5	11.9	307.7
1979	16.9	141.1	2.0	46.4	1.7	93.3	0.8	346.4	4.5	185.9	22.8	195.3	9.4	218.6	31.1	217.7	17.8	269.5	103.6	278.6	3.6	287.6	42.7	308.9	12.1	304.9
1980	19.1	164.4	0.7	238.5	2.1	92.7	0.8	37.5	4.4	182.1	22.4	195.3	9.7	219.8	30.8	217.1	18.1	269.5	103.5	279.5	4.4	298.9	42.5	309.5	12.2	308.2
1981	18.5	159.3	4.1	335.9	0.8	61.4	0.7	238.9	4.5	185.6	22.3	194.3	9.7	221.0	31.3	217.0	18.1	268.1	104.3	279.1	3.8	292.2	42.7	308.7	12.4	305.8
1982	17.2	148.2	2.9	26.4	3.1	88.8	1.4	184.0	4.7	185.8	22.7	194.5	9.6	220.2	30.8	217.1	18.3	266.8	104.4	279.0	3.5	300.6	42.7	308.8	12.5	305.3
1983	15.6	139.0	1.2	220.1	1.4	144.5	0.9	130.0	4.7	185.2	22.7	194.5	9.6	220.1	30.9	216.8	18.7	266.1	103.8	279.2	3.8	306.6	42.6	308.8	12.5	305.2
1984	16.2	153.9	4.1	138.4	2.4	301.9	2.8	22.7	4.7	184.5	22.7	194.1	9.5	220.0	31.3	216.3	19.1	268.1	103.4	279.2	5.3	309.3	42.9	309.2	12.5	306.5
1985	18.6	150.9	2.3	135.4	0.0	107.7	1.3	339.2	4.3	185.3	22.9	195.2	9.9	218.5	31.2	217.4	19.0	271.4	102.6	280.4	5.1	287.2	42.7	310.6	12.1	308.8
1986	18.7	153.0	3.5	309.2	1.1	192.3	0.3	170.9	4.6	183.5	23.0	194.4	9.2	221.4	31.3	217.2	18.9	273.0	103.6	280.2	3.8	285.4	42.4	310.3	12.2	306.5
1987	14.7	146.4	1.8	264.8	0.5	230.5	1.9	193.8	4.5	181.4	23.1	193.3	9.3	218.4	31.3	217.2	18.2	270.6	104.3	279.1	3.2	295.1	42.3	308.6	11.9	304.1
1988	13.8	151.2	3.9	70.3	0.9	303.5	1.2	40.3	4.6	182.9	23.0	194.0	9.1	218.3	31.0	217.1	17.7	270.2	104.6	278.8	4.5	297.6	43.6	309.2	12.4	304.7

A---Amplitude(cm),  $\kappa$ ---Phase lag( $^{\circ}$ )

Table 3 Tidal Harmonic constituent-Sa

Tidal Harmonic Constituent - Sa - at various places 1974-1980

Places	Aohama		Choufu		Dannoura		Moji		Haedomari		Sakai		Maizuru		Tiba	
	A	$\kappa$	A	$\kappa$	A	$\kappa$	A	$\kappa$	A	$\kappa$	A	$\kappa$	A	$\kappa$	A	$\kappa$
1974	17.2	140.6	18.2	141.1	18.0	142.5	17.7	144.3	17.0	145.5	16.4	147.7	15.2	154.3	9.4	157.1
1975	20.6	145.9	21.0	146.7	20.3	153.2	20.4	150.4	19.8	153.6	20.3	160.0	18.5	164.3	10.6	182.1
1976	17.1	135.7	17.2	136.9	17.7	138.8	17.2	142.7	16.8	145.1	16.1	155.1	15.2	161.1	9.9	158.6
1977	24.7	155.3	25.0	153.5	25.0	154.5	22.7	153.6	21.1	152.1	20.0	158.4	19.5	161.4	9.2	170.1
1978	18.0	145.0	16.9	141.4	17.2	144.5	17.2	149.4	16.9	150.9	15.1	145.1	15.4	152.9	9.4	158.0
1979	18.9	137.6	20.0	138.9	20.0	140.8	20.4	139.9	19.7	140.5	20.4	146.0	19.3	152.7	9.0	157.7
1980	21.6	157.1	21.4	157.1	20.5	159.6	20.4	159.5	20.7	161.3	19.1	164.6	18.6	174.4	8.6	191.9

A---Amplitude(cm),  $\kappa$ ---Phase lag( $^{\circ}$ )

Table 4 Water Temperature and Air Pressure

Water Temperature(layer 5m) — 6th regional headquarter MSA (off Kure) degree in units												Air Pressure(sea level)—Japan Meteorological Agency (Kure) The balance above 1000 hPs in units is given.												
Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	
1976	12.2	10.2	10.2	12.9	15.2	16.8	21.6	24.3	22.7	21.9	19.7	14.2	20.1	19.1	18.0	16.5	11.6	9.1	9.2	10.4	11.6	16.2	21.2	20.3
1977	10.3	9.0	9.8	11.5	14.2	19.4	22.7	23.6	24.3	23.8	22.0	16.3	22.0	21.8	20.1	14.9	12.7	7.1	8.7	5.2	12.6	19.9	20.6	22.4
1978	12.3	9.4	9.8	13.0	15.2	18.2	21.6	24.9	25.6	24.8	19.8	16.4	17.6	19.5	16.6	13.7	13.1	9.9	9.3	10.2	12.2	18.7	20.8	23.1
1979	13.3	10.7	10.8	13.5	14.9	19.2	20.7	23.7	24.7	23.2	19.7	15.9	20.6	16.3	17.6	16.3	11.6	12.3	8.1	9.1	13.0	15.5	22.0	23.6
1980	12.8	9.4	10.4	12.6	14.0	17.9	19.0	22.1	22.8	21.4	17.4	13.8	18.5	21.7	18.5	17.2	12.6	10.7	7.4	8.5	12.4	17.3	20.0	17.0

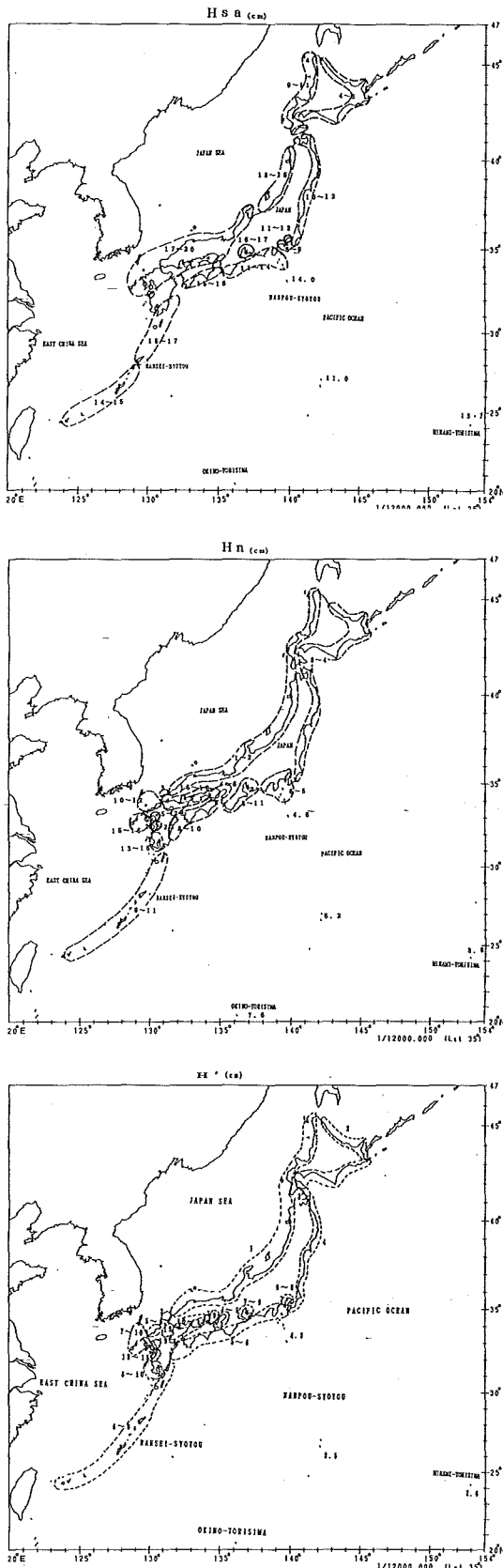


Fig. 5 Distributions of Hsa, Hn, H''

MLWの値は、Table 1からほぼ1か年の観測データからの算出値でその地の数値として採用しても問題はないと判断される。

観測最高潮位 (Highest) については、台風、温帯低気圧等による高潮 (たかしお) によるものであり各年異なることは明白である。しかし、基本水準面をかなり下回る最低低潮位 (Lowest) の出現には、Highestの出現のように異常気象によるという明白なもの存在しないと考えられるが、事実大半の験潮所で20-50cmも基本水準面を下回る水位が出現している。これらの点については、項を改めて考察することとする。Table 1には、現在各験潮所で永年平均水面として採用している値、観測基準面上の基準面 (DL), Z<sub>0</sub>値も記載してある。27年間平均値と採用値には、呉、広島を除いて2~4cm以内にとどまっている。釜石については、地盤の沈下が顕著であり変動動向を監視しつつ基準面の基になる平均水面の値を変えている。呉、広島については、監視を続ける必要があるが採用平均水面値の変更等の検討の際は、前述の平均水面の長期変動の存在、±10cm以内の変動では変更しないという内規等々念頭に置くことが肝要である。

### 3. 潮汐調和定数

呉、舞鶴、千葉の験潮所の1969-1988年の19年間験潮観測資料について各年毎に最小自乗法による調和解析を試み Table 2に呉験潮所の潮汐調和定数を示す。110分潮を算出したが、Table 2には長周期分潮、主要分潮のみを掲載した。また、舞鶴、千葉験潮所については、主要分潮の半振幅及び遅角は当然のことながら各所で異なるが各年毎の傾向は、呉のケースと同様であることから割愛した。Table 3にSa分潮を記載してある。なお、舞鶴、千葉験潮所の潮汐調和定数値は、書誌第742号日本沿岸潮汐調和定数表に掲載されている。

Table 2から次の事柄が理解できる。

(1) 主要な日周潮、半日周潮の半振幅及び遅角は各年を通して安定した値が得られている。これらは、



重要な要素となる。

#### 4. 最低潮位と基準面

潮汐観測システムを、Fig. 6に示す。錘測基点←→観測基準面間を常に一定に保つこと、正確な時刻を使用することが最も大切な点である。一般に1-5か年間の毎正時値を用いて平均水面を求めるとともに、調和分解により潮汐調和定数を得て $Z_0$ の値を決定し、その地の基本水準面が決定される。 $Z_0$ は、平均水面から基本水準面までの高さを意味する。基本水準面は、前に記したように水深の基準面、港湾工事用基準面、領海確定の低潮線に採用されるもので、我が国の海岸・海域のすべての分野に係わるものである。重要なこの面 (Datum Level-DL) を決めるに当たって、その基準は平均水面であり、それには正確な観測業務の維持・継続が必要であることは論をまたない。

ここでは、 $Z_0$ の値及び負潮位について考えて見たい。

##### (1) $Z_0$

平均水面から基本水準面までの高さを $Z_0$ で表すこと、基準面に関して『潮汐予報の基準面は、基本水準面 (水深改正の基準面) と同じで、潮汐がそれ以下にほとんど下らないような低い面であるべきことに決定する。』と国際水路会議の技術決議にうたわれている。平均水面は、観測から容易に求めることが出来るが、課題としてここに残るのは【ほとんど下らないような低い面】をどのようにして求めるかである。地球上にはいろいろなタイプの潮汐現象がある。潮汐振幅が主な検討の対象であるが、年間を通して最大潮差が数10cmの海域から大きいところでは10mを越える海域まで存在する。また、大きく分類すると潮型には半日周潮タイプ、混合潮タイプ、日周潮タイプが混在している。したがってどのように低い面を定めるかについて統一的に適用できる手法は無く、海域を領域とする国家が船舶の安全確保等を勘案し、それぞれ【低い面】を定義する規定を設けているものである。現在当方で知り得る各

国の基本水準面を求める規定は、後記するが、実測値から求めるもの、潮汐調和定数から求めるものに分類される。わが国は、Indian Spring Low Water と称される主要四分潮の半振幅の和だけ平均水面から下げた面を基本水準面とするを採用している。この基準面は G.H.Darwin がインドの潮汐を研究しているときに考えたものである。わが国にこの手法が適用されたのにはわが国の海図作成の歴史的背景がある。水路部沿革史 (明治2年-明治18年) によれば、“水深の基準面は、慶応4年 (1868) から明治14年 (1881) の間日本各地で始めて水路測量を実施した英国測量艦シルビア号が、G.H.Darwin がインド、中国で用いた水深の基準面を採用した”とあり、当時日本では潮汐に関する研究はおろか観測さえ行われていなかったものと想像され、記述されているような経緯となったものと推察される。採用されている規定が、わが国周辺海域の潮汐事象を反映し適正なものであるか否かの議論がなされた経緯等は見あたらない。赤木(8)が負潮位現象について論じ、各種の基準面の決め方を紹介するとともに潮位が基準面以下となる頻度を2ヵ年に亘って9験潮所データを調べ、日本海側では7-9月を除いて頻繁に負潮位が発生しかつ30cm以上にもなり、太平洋側では5-6月及び11-2月に発生し20cmから海域によっては50cmにも達していると報告している。国際水路会議の技術決議の【ほとんど下らない低い面】を満足しているとするには、船舶の安全確保とか沿岸域の防災さらには領海基線などに密に係わることから海図の水深の基準面以下となる負潮位現象がもたらされていることには疑問が残ると言わざるを得ない。

1969-1991年における千葉、佐世保、舞鶴験潮所の年間最低実測潮位とその観測時刻の前後の推算時刻及び潮位ならびに年間最低推算潮位を調べ、Table 5に示す。過去23年間に千葉36cm、佐世保51cm、舞鶴43cmの基準面下の潮位が出現している。ただし、舞鶴は日周潮タイプでかつ16,75,90分を周期とする極めて顕著な海面の昇降 (副振動) があることから瞬時的にはさらに海面が低くなることを念頭

Table 5 Comparition Table between Annual Lowest water level of observation and predictions Values

		Comparision between Annual Lowest water level of observation and Prediction values (water level : based on DL)																														
		Tiba								Sasebo								Maizuru														
		Lowest				Prediction				Lowest				Prediction				Lowest				Prediction										
years		h	m	D	cm	h	m	D	cm	M	p	h	m	D	cm	h	m	D	cm	M	p	h	m	D	cm	h	m	D	cm	M	p	years
69	2235, Feb. 15	-22	2235, Feb. 15	-13	-24	0305, Jan. 19	-35	0304, Jan. 19	-37	-22	0805, Feb. 15	-38	0758, Feb. 15	-13	-18	69																
70	2330, Feb. 06	-29	2325, Feb. 06	-21	-25	0335, Jan. 09	-34	0316, Jan. 09	-42	-42	0025, Apr. 12	-37	0042, Apr. 12	-15	-18	70																
71	1245, Apr. 28	-24	1245, Apr. 28	-03	-20	0335, Jan. 28	-37	0317, Jan. 28	-41	-41	0710, Dec. 30	-33	0710, Dec. 30	-03	-20	71																
72	2355, Dec. 21	-25	2343, Dec. 21	-25	-18	0345, Dec. 22	-38	0322, Dec. 22	-29	-29	0500, Apr. 22	-30	0419, Apr. 22	-07	-15	72																
73	0000, Dec. 12	-25	2353, Dec. 11	-19	-19	0255, Dec. 11	-30	0251, Dec. 11	-31	-32	1155, Jan. 23	-26	1133, Jan. 23	-03	-17	73																
74	2355, Jan. 09	-20	2345, Jan. 09	-20	-21	0330, Jan. 10	-39	0325, Jan. 10	-40	-40	2210, Mar. 26	-30	2233, Mar. 26	-14	-17	74																
75	0000, Jan. 29	-16	2344, Jan. 28	-15	-17	0240, Feb. 26	-34	0229, Feb. 26	-25	-39	0300, Apr. 19	-29	0221, Apr. 19	-09	-14	75																
76	2325, Dec. 21	-11	2313, Dec. 21	-13	-13	0330, Jan. 19	-27	0340, Jan. 19	-30	-31	0740, Feb. 27	-28	0733, Feb. 27	-13	-15	76																
77	1130, May 04	-23	1117, May 04	-11	-13	0310, Dec. 12	-36	0306, Dec. 12	-31	-12	1000, Feb. 19	-31	0938, Feb. 19	-12	-15	77																
78	0010, Jan. 11	-18	2357, Jan. 10	-15	-18	0300, Jan. 10	-51	0257, Jan. 10	-37	-37	0805, Mar. 07	-29	0813, Mar. 07	3	-16	78																
79	0015, Jan. 30	-15	2359, Jan. 29	-16	-19	0400, Jan. 01	-37	0353, Jan. 01	-33	-41	0945, Jan. 29	-40	0936, Jan. 29	-11	-16	79																
80	2330, Feb. 16	-21	2322, Feb. 16	-16	-17	0310, Feb. 17	-30	0302, Feb. 17	-38	-38	1050, Feb. 18	-37	1018, Feb. 18	-13	-16	80																
81	2335, Mar. 06	-17	2323, Mar. 06	-07	-17	0330, Dec. 13	-33	0321, Dec. 13	-29	-32	0845, Feb. 18	-37	0846, Feb. 18	-13	-17	81																
82	2355, Dec. 31	-19	2344, Dec. 19	-22	-22	0310, Feb. 09	-39	0304, Feb. 09	-34	-41	0650, Apr. 05	-37	0625, Apr. 05	-10	-17	82																
83	0040, Jan. 02	-18	0027, Jan. 02	-19	-26	0410, Jan. 31	-44	0401, Jan. 31	-46	-47	0520, Feb. 23	-31	0522, Feb. 23	-11	-16	83																
84	2355, Jan. 19	-26	2351, Jan. 19	-26	-26	0330, Feb. 18	-35	0318, Feb. 18	-44	-44	0010, Apr. 20	-32	2343, Apr. 19	-15	-15	84																
85	2335, Mar. 07	-31	2340, Mar. 07	-12	-22	0325, Mar. 08	-31	0315, Mar. 08	-32	-39	0410, Apr. 13	-43	0352, Apr. 13	-12	-16	85																
86	2310, Jan. 10	-26	2304, Jan. 10	-19	-26	0300, Jan. 11	-38	0246, Jan. 11	-32	-33	0630, Mar. 07	-34	0644, Mar. 07	-15	-18	86																
87	0010, Jan. 02	-23	0000, Jan. 02	-24	-25	0340, Jan. 31	-41	0334, Jan. 31	-43	-43	2305, Apr. 01	-23	2244, Apr. 01	-17	-17	87																
88	2245, Jan. 18	-32	2237, Jan. 18	-22	-28	0300, Feb. 18	-41	0249, Feb. 18	-43	-45	0825, Mar. 17	-30	0816, Mar. 17	-16	-18	88																
89	0025, Jan. 10	-22	0014, Jan. 10	-17	-22	0245, Mar. 08	-40	0242, Mar. 08	-27	-39	0510, Mar. 03	-32	0510, Mar. 03	-09	-20	89																
90	2330, Dec. 03	-36	2334, Dec. 03	-24	-25	0320, Dec. 04	-49	0318, Dec. 04	-34	-34	0815, Mar. 26	-35	0820, Mar. 26	-12	-19	90																
91	2345, Dec. 22	-31	2341, Dec. 22	-26	-26	0235, Jan. 30	-43	0220, Jan. 30	-34	-43	0030, Mar. 22	-33	0050, Mar. 22	-15	-16	91																

に置く必要がある。負潮位現象の原因として赤木(8)は、(a) 平均水面の変動 (b) 分潮の振幅の変動 (c) 調和定数の変動を上げ、これらが総合的に作用した結果におこるものとしている。(b)については Table 2 に示したように主要四分潮(M<sub>2</sub>, S<sub>2</sub>, K<sub>1</sub>, O<sub>1</sub>)の半振幅の変動は小さい。(c)については、1ヵ年以上の観測資料を用いれば、一応解消される。

海図上の水深数値を年間を通してほぼ完全に保証する、すなわち、20-50cmの負潮位現象を出来るだけ解消するには平均水面の変動等を加味したZ<sub>0</sub>値を設定する必要がある。前述のようにZ<sub>0</sub>値は、潮汐調和定数を用いる方法、観測資料を用いる方法と分類されるが、実用的には平均水面およびH<sub>sa</sub>をとともに5ヵ年程度の平均値を用いることとして調和定数を用いる次の2つの方法のいずれかの採用が望まれ

る。

(1) 主要四分潮+2-3の分潮

主要四分潮の半振幅(H<sub>m</sub>, H<sub>s</sub>, H', H<sub>o</sub>)にH<sub>sa</sub>, H<sub>n</sub>, 及びH''すなわちS<sub>a</sub>, N<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>分潮の半振幅を加えたものをZ<sub>0</sub>値とする。Table 2 でH<sub>n</sub>, H''の値が各年安定したものであることが理解でき、また、平均水面の変動も加味される。具体的に数値をもとめると次のようになる。

	新 値	現 値	差
千 葉	147	115	32
佐世保	214	165	49
舞 鶴	39	19	20
呉	247	200	47
広 島	246	200	46
博 多	146	110	36

負潮位現象はほとんど出現しない。なお、わが国周辺海域の  $H_{sa}$ ,  $H_n$ ,  $H''$  の分布は Fig. 4 に示してある。

(2) 推算最低潮位を  $Z_0$  値として採用

L.A.T (the Level of Lowest Astronomical Tide) と称される、すべての潮汐調和定数を用いての相当期間の推算値の最低潮位を基準面とするものである。

英国で採用されているものでそれまで当国では大潮期平均低潮面 (平均水面下 ( $H_m + H_s$ ) だけ下げた面) を用いていたものである。わが国でこの方法を採用した場合の概略の数値は、Table 5 により知ることができる。

これらの基準面の決定方法を用いれば、特別な気象状態の時以外にはこの面より低くならないことが期待できよう。 $Z_0$  値をこのように変更することによる影響は、刊行されている多くの海図類、港湾当事者など各方面へ多大となるが、十分な計画、周知のもと実行化が望まれる。また海洋法条約も平成6年11月16日に発効することになっている。同法第5条の通常の基線〔この条約に別段の定めがある場合を除くほか、領海の幅を測定するための通常の基線は、沿岸国が公認する大縮尺海図に記載されている海岸の低潮線とする。〕については、わが国では基本水準面 (略最低低潮面) を低潮線として用いることになっている。よって、 $Z_0$  値を変更することによって、具体的にどのぐらいメリットをわが国にもたらすのか検討することも必要となろう。

(参考資料)

諸外国の基準面

1. Lowest Possible Low Water—フランスでは平均水面から  $(H_m + H_s + H'') \times 1.2$  だけ下げた面
2. Mean Lower Low Waters Springs (大潮平均低低潮面) —定数では表せない—Ghana, Gambia, Jamaica 等
3. Mean Low Water Springs (大潮平均低潮面) —平均水面から  $H_m + H_s$  だけ下げる—地中海, 北海, 中央アメリカ太平洋岸

4. Mean Lower Low Water (平均低低潮面) —おおよそ平均水面から  $H_m + (H' + H_0) \times 0.71$  だけ下げる—アメリカの太平洋岸, ハワイ, フィリピン
5. Mean Low Water (平均低潮面) —平均水面から  $H_m$  だけ下げる—北アメリカや中央アメリカの大西洋岸
6. Lowest normal Low Water: a datum that approximate the average height of monthly lowest low waters, discarding any tides disturbed by storms, taken over a considerable terms (period) of time.—cannot be expressed by constants.—Canada, Chile, China, Malaysia, Thailand 等

5. まとめ

水路部の験潮所のうち19ヵ所について27ヵ年の平均水面の動き、非調和定数の算出および1969—1988年の19ヵ年について各年の調和分解成果により潮汐調和定数の吟味を行うとともに  $Z_0$  等について検討した。

(1) 平均水面には約20年を周期とする変動が存在するのではと見受けられる。検討した期間においては、この変動をもたらす有為な気象・海象的な要因を見いだすことは出来なかった。この周期が存在するか否かを見るためには、さらに長期間の観測を待つ必要がある。(2) HWL, LWL などの非調和定数の値は、ほぼ1ヵ年の観測値による算出値で満足される。(3) 呉, 釜石, 浦河などの平均水面の動向の検討から、0.3—0.7cm/年の地盤の隆起あるいは沈下傾向が見られる。(4) 30—50cmの負潮位現象が存在し、IHBの規定に必ずしも対応した海図水深の提供とはなっていない。これは、平均水面から基準面までの値すなわち  $Z_0$  の現行の規定がわが国周辺海域の潮汐事象にそぐわないものと考えられることから、a. 現行の主要四分潮の半振幅の和に  $H_{sa}$ ,  $H_n$  と  $H''$  を加えた値とする b. 英国が採用している L.A.T (Lowest Astronomical Tide) のいずれかの採

用を検討すべきと考える。

おわりに、本報告を行うにあたり膨大な計算を実施していただいた久保一昭海洋情報官、各種のデータの提供していただいた日本水路協会吉田昭三、倉品昭二氏、また本稿をまとめるにあたり貴重な助言をいただいた佐藤 敏沿岸調査官の方々に深く感謝いたします。

#### 参 考 文 献

- (1) 内湾における平均海面とその傾きの年変化：理化学研究所報告, 5, 2
- (2) エルニーニョ現象：財団法人日本海洋協会刊行, 36-42
- (3) 海洋の長周期変動と大気循環：海洋気象学会編, 海と空, 68, 4, 5-18
- (4) 2.3気象および海象の潮位への影響と潮位資料による土地の上下変動の推定：日本測量協会編, 現代測量学測地測量②, 348-359
- (5) 日本における平均海面の永年変化とそれにとみなう問題点について：日本測地学会, 測地学会誌, 16, 1・2
- (6) 広島湾の海洋環境その二：第六管区海上保安本部
- (7) 気象年報：気象庁
- (8) 海図の水深基準面と負潮位現象について：水路要報, 81