

2008年2月24日新潟・富山高波災害の気象・海象からの要因分析

Analysis of High Wave Disaster Mechanism Caused in Niigata and Toyama Prefectures on February 24, 2008

泉宮尊司¹・白 晃栄²・石橋邦彦³

Takashi IZUMIYA, Koei HAKU and Kunihiko ISHIBASHI

High waves attacked fishery harbours and towns faced the Japan Sea both in Niigata and Toyama prefectures on February 24, 2008 and brought sever damages in the breakwaters and houses. The generation mechanism of the high waves has been investigated using the weather charts, wind velocity data, wave and tide gage data. The significant wave heights reached about 6m or higher at many ports along the Japan Sea, especially, the waves with a wave height of 9.92m and period of 16s were observed at Toyama port and harbour. Long period waves have also been observed under the condition of high wind speed and high waves and exited continental edge waves of 0-th to second modes. The weather conditions for generating abnormally high waves called the Yorimawari Nami has also been investigated.

1. 緒 言

2008年2月24日に新潟県佐渡市および富山県入善町を中心に漁港防波堤の大規模な被災および高波による越波浸水被害が発生した。被害が発生した佐渡鷺崎漁港および水津漁港は南東向きに日本海に面しており、普段冬季風浪の影響は外海府より比較的小さいところである。また入善町では高波が護岸の天端高7.7mを越えて越流し、20棟以上の家屋・倉庫等が全壊している。農林水産省水産庁、富山県および新潟県の調査によると、富山県では住家・非住家の全壊・半壊59棟、死者2名、新潟県では、住家・非住家の被害95棟、水産関係の被害だけでも228億円にも及んでいる（農林水産省水産庁, 2008）。

このような被害状況をみると、通常の冬季風浪とは異なる特性を持った波浪が襲来した可能性があり、陸上遡上による被災や漁港防波堤の被災原因を究明し、技術的な対策を講じる上で、2月24日の高波の発生要因を調べることは重要なことである。そこで本研究では、このような大規模な高波災害がどのようなメカニズムで発生したかを調べるために、気象および海象の面からその要因について詳細に調べることを研究の目的とする。

また今回の高波災害は、富山湾で「寄り回り波」と呼ばれる北から北東よりの周期の長い波である可能性があり、数分から数10分の長周期波の影響も無視できないと考えられる。そこで本研究では、今回の高波の際に観測された長周期波がどのようなメカニズムで発生・発達しているかを明らかにする。また、過去の顕著な「寄り回り波」が発生した気象条件を調べて、どのような条件で発生するかを明らかにすることを研究の目的とする。

2. 高波発生の気象要因

今回の高波発生の気象要因を調べるために、天気図および日本海沿岸の風速および気圧データを収集した。2月22日21時に日本海に進んできた低気圧は1008hPaであったが、日本海を東進するにつれて発達し、北海道の江差付近に到達した23日15時には984hPaにまで発達し、その後進路を北東から南東に変えて移動速度が遅くなり、その後太平洋に抜けたが、江差から津軽海峡・陸奥湾を通過するのに、約8時間も要していた。太平洋側に抜けた後も発達し、24日9時に974hPaにまで発達していた。このことが、日本海北部および中部の海域に長時間強風が吹いた要因となっている。

図-1は、2008年2月23日21時の地上天気図を示したものである。陸奥湾南部にある低気圧は980hPaに達しており、等圧線の向きから、間宮海峡から北海道西部の北部日本海にかけて、北から北北東の強い風が吹いていたことが推測できる。この低気圧は、2月22日21時にサハリンの南部にあった1006hPaの低気圧を吸収しながら発達しており、2月23日21時の500hPa高層天気図には、秋田

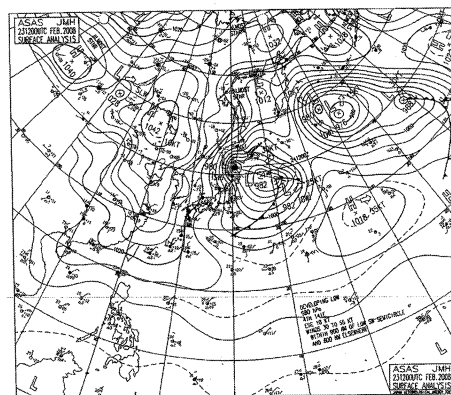


図-1 2008年2月23日21時の地上天気図

1 正 会 員 工博 新潟大学教授 工学部建設学科
2 新 潟 大 学 大 学 院 自 然 科 学 研 究 科
3 正 会 員 新 潟 大 学 技 術 専 門 職 員 工 学 部 建 設 学 科

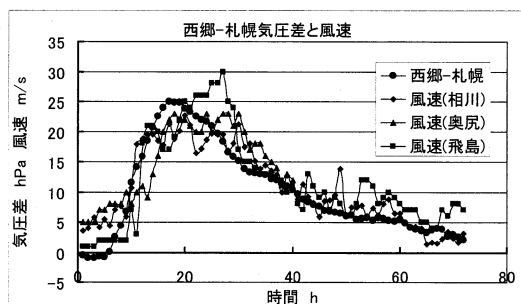


図-2 西郷-札幌間の気圧差および各地点の風速の変化

県付近に低気圧があったことなどから、強力に発達したのではないかと考えられる。

図-2は、2月23日0時より25日24時までの西郷と札幌間の気圧差と、奥尻、飛島および相川の風速の変化を示したものである。西郷と札幌間の気圧差は、日本海における等圧線の間隔を代表する1つの指標となり得るもので、平均的な風速を推定する際に参考値となる。西郷と札幌との最大気圧差は25hPaにも及び、この気圧差に多少遅れて、相川、飛島および奥尻の各地点の風速が大きくなっている。

図-3は、2008年2月23日1時から25日にかけての奥尻、飛島および相川の風速・風向の変化を示したものである。この図において、風速の数字の0がS、10がE、20がN、30がW、40がS方向に対応している。奥尻では、23日の14時より風速が強くなり、NEからNNEさらにはN方向からの風となり、20m/s以上の風が約15時間も続いたことが読み取れる。

一方飛島では、2月23日の12時より風が強くなり、WからWNWの風が強く吹いていたことが分る。さらに、風速30m/sを観測した時間があり、風速20m/s以上の風が約13時間も吹いていたことを示している。相川においても2月23日10時頃より風が強くなり、NWからNNWよりの約20m/sの強風が約20時間も続いていたことが分る。このような強風は、新潟県の岩船港においても観測されており、風速約18m/s以上の強風が約14時間も続いていた。

このように日本海北部において、奥尻で観測されたような北東から北北東の強風が吹き、北海道西部の日本海では、間宮海峡から吹送距離が約1000kmもあることから4m~5m程度の高波が既に発達していたと考えられる。このような高波浪の存在は、気象庁の波浪推算結果および間瀬・安田(2008)の推算結果からも見出されている。さらに、高波浪を成長させた要因として、発達した低気圧が北海道の江差付近に上陸後、平均的に南東方向に移動したことも重要であると考えられる。すなわち、風波の伝播方向とほぼ同じであり、より長時間に亘って風の

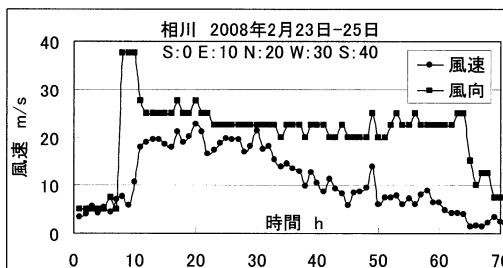
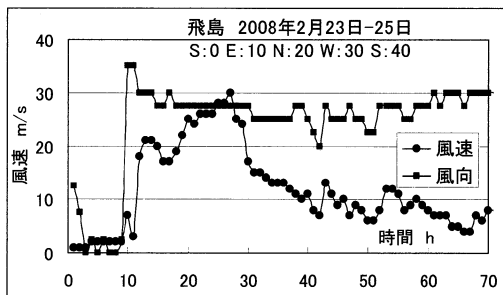
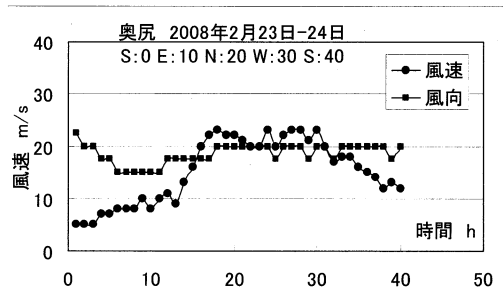


図-3 奥尻、飛島および相川の風速・風向の変化

エネルギーを波に与え続けることになったためである。

3. 波浪および長周期波の特徴

(1) 観測された波浪の特徴

2008年2月24日の高波により、新潟県佐渡島では驚崎漁港、水津漁港および北小浦漁港で防波堤が被災して大きな被害が発生している。また、富山県では入善町の海岸で高波が海岸護岸を越流して、数多くの家屋を破壊している。このような被害を発生させた波浪の特徴を、観測された波浪の緒元から探ることとする。

表-1は、2月23日から24日の日本海沿岸で観測された最大波浪の諸元を示したものである。これらのデータは、国土交通省港湾局(2008)および新潟県のデータであり、2008年3月10日時点における暫定値である。2月23日から24日にかけて襲来した波浪の特徴として、山形県から石川県までの日本海沿岸に有義波高6m以上の波浪が襲来していることである。特に富山湾に面した富山や伏木富山において、それぞれ周期が16.2sおよび14.2sと非常に長い波が発生している。また、富山および輪島において既往最大の有義波高の波を観測している。

表-1 日本海沿岸で観測された最大波浪の諸元

地点名	有義波高 H 1/3 (m)	有義波周期 T 1/3 (s)	最高波高 Hmax (m)	最高波周期 Tmax (s)	起日時
酒田	7.99	12.3	10.57	14.7	24日4時0分
岩船	6.26	11.8	9.67	7.9	24日4時
新潟沖	6.46	9.7	8.48	7.9	24日0時
柏崎	6.62	10.9	9.76	17.2	24日5時
直江津	6.40	10.2	8.23	10.9	23日19時
姫川	6.83	11.5	12.96	11.2	24日4時
富山	9.92	16.2	-	-	24日16時
伏木富山	4.22	14.2	6.49	14.8	24日14時
輪島	7.73	13.2	-	-	24日12時20分
金沢	6.10	10.7	9.23	11.0	23日20時40分

最高波高に関しては、計測精度に関して今後精査すべき点もあるが、多くの地点で8mを超えている。最大波浪の発生日時については、柏崎よりも北東側の地点で2月24日の0時から5時の間であり、満潮時（4時～5時）に近く、図-3に示すように強風がまだ吹き続けている時間帯に発生している。一方、富山や輪島では2月24日の12時から16時にかけて最大波浪が襲来しており、風速がやや収まりつつある時間帯であるので、うねり性の波浪で所謂「寄り回り波」の特徴を有している。

このような極めて周期の長い波浪は、吹送距離が長く、しかも吹送時間も長くなくては発生しないと考えられる。前節の気象要因のところでも述べたように、間宮海峡から発達した波浪が北海道西部の日本海で北から北西風によりさらに発達したためであると推測される。このような効率的な波浪の発達には、低気圧が2月23日15時以降、北海道江差より南東方向に平均して時速30km/h程度で移動していたことも有意に関係していると思われる。すなわち、この速度は約8.3m/sであり、丁度周期10s台の風波のエネルギー輸送速度（7.8m/s～8.6m/s）とほぼ一致しているためである。よって、風波の移動方向と速度が強風域の移動速度・方向共にほぼ一致していたことによって効率的に長周期の高波が発達したと考えられる。

(2) 験潮所で観測された長周期波の特徴

2月24日の高波襲来の際には、図-4に示すように、周期が数分から数10分の長周期波も発達しており、防波堤の安定性や波浪の遡上高さに大きな影響を及ぼしていたと考えられる。図-4は、佐渡鷺崎の気象庁験潮所で観測された2月24日の午前0時から10時までの長周期波の変動を示したものである。この図より、平均潮位が0.2mほど高く、しかも0.3m～0.4mの波高で変動していることが分る。このような長周期波は、気象庁の験潮所の粟島、富山、能登珠洲でも観測されており、新潟県内の岩船港、新潟西港、柏崎港および姫川港でも数10cmの長周期波が観測されている。

図-5は、佐渡鷺崎および粟島の長周期波の周波数スペクトルを示したものである。この図より、周期が約29分、14分および11分前後にやや大きなエネルギーピークが存在している。また、周期約29分および14分のピークは、

佐渡鷺崎および粟島共に存在していることは、大変興味深い。

図-6は、能登珠洲および富山の長周期波の周波数スペクトルを示したものである。この図でまず気づくことは、能登珠洲の方が富山よりも長周期波のエネルギーが約100倍、振幅にして約10倍も大きいことである。このことは、能登半島の北側には広大な大陸棚が広がっているのに対して、富山湾は水深1000m以上の深い海域が存在していることから、長周期波の増幅特性が異なっている

気象庁験潮所 佐渡鷺崎 2008年2月24日

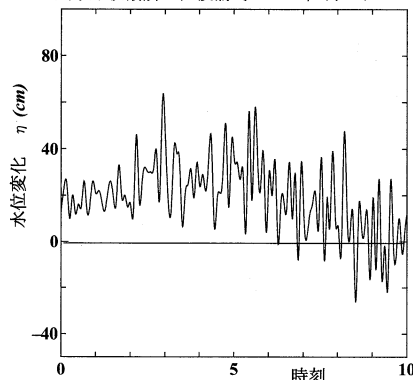


図-4 佐渡鷺崎における長周期波の変動

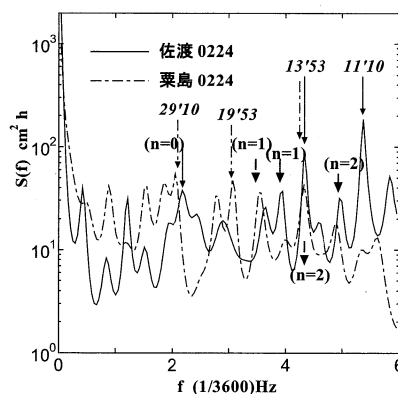


図-5 長周期波の周波数スペクトル(佐渡鷺崎, 粟島)

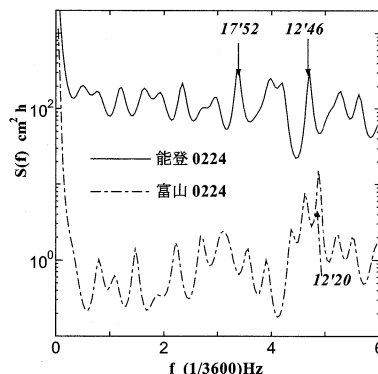


図-6 長周期波の周波数スペクトル(能登珠洲, 富山)

ことに起因しているものと考えられる。能登珠洲と富山では、12分から13分の周期が卓越しており、ほぼ同じ周期のエネルギーピークを有していることが分る。

(3) 陸棚エッジ波の高次モードの励起

長周期波の発生には、波の非線形干渉や気圧変動(Hibiya and Kajiura, 1981) および風速変動により生じ得るが、実際に観測される長周期波はこれらの発生原因がすべて含まれる場合が多いと考えられる。しかしながら、周期が10分以上の長周期波は、波群に伴う長周期波とは異なり、気圧や風速変動によって発生すると考えた方がより現実的である。これらの変動は、 $1/f$ ゆらぎのように明瞭な卓越周期が存在しない場合が多いが、陸棚エッジ波や湾および港湾の固有周期と共鳴すれば、卓越したエネルギーピークが現れると考えられる。

陸棚エッジ波の分散関係式は、Eckart(1951)によると、

$$\sigma_n^2 = gk(2n+1)s, \quad (n=0,1,2,\dots) \quad (1)$$

と表される。ここに、 $\sigma_n = 2\pi/T$ は n 次の角周波数、 k は波数、 s は陸棚の勾配である。ここで、0次の周期を T_0 、周波数を f_0 とすると、

$$\frac{T_n}{T_0} = \frac{1}{\sqrt{2n+1}}, \quad \frac{f_n}{f_0} = \sqrt{2n+1} \quad (2)$$

となる。即ち、0次との周波数比は3,5,7等の奇数の平方根で表されることになる。この関係式は、エッジ波の波数 k が不明の場合に適用できる利点がある。

表-2は、佐渡鷺崎および粟島で観測された陸棚エッジ波の各モードの周波数とその比を比較したものである。観測値は式(2)で示される関係式とよく一致していることが分る。図-5には、陸棚エッジ波の各モードの数字を記載している。両地点とも2次のモードまでピークが対応しており、陸棚(島棚)エッジ波が励起されていることが定量的にも示された。

4. 寄り回り波による顕著な災害が発生する気象条件

2008年2月24日の波浪は周期が長く、特に富山湾の波浪は周期14s~16sと観測史上最長であった。また、今回の高波の被災地域が、佐渡の鷺崎および水津漁港、およ

表-2 陸棚エッジ波の各モードの周波数

佐渡鷺崎	周波数 f_n	f_n/f_0	$(2n+1)^{1/2}$
	cycle/h	観測値	理論値
$n=0$	2.182	1	*
$n=1$	3.944	1.808	1.732
$n=2$	4.951	2.269	2.236
粟島	周波数 f_n	f_n/f_0	$(2n+1)^{1/2}$
	cycle/h	観測値	理論値
$n=0$	2.056	1	*
$n=1$	3.561	1.724	1.732
$n=2$	4.322	2.102	2.236

び富山県入善町と普段は冬季波浪が小さい所で発生していることから、波向きが普通の冬季波浪とはやや異なり、北から北東よりであったことが示唆された。このことから今回の高波は、典型的な「寄り回り波」の特徴を有していると考えられる。そこで、これまでに発生した「寄り回り波」による顕著な被害が発生した気象条件を調べ、顕著な寄り回り波が発生する気象条件を明らかにすることにした。

表-3は、顕著な寄り回り波災害の発生日時と低気圧の特性を示したものである。代表的な寄り回り波災害は、ほぼ12月から3月の冬季に発生しており、昭和30年代から40年代にかけて多く発生していたことが分る。

図-7は、顕著な寄り回り波が発生する低気圧の移動コースを、図-8は低気圧の日本列島通過緯度と中心気圧を示したものである。また図-9は、低気圧の列島横断前後の気圧および最低気圧と移動速度との関係を示したものである。低気圧の発達により小さいほど、移動速度が小さい傾向が読み取れる。これらの図により、「寄り回り波」による顕著な災害が発生する共通の条件として、北緯39度~43度の位置で日本列島を横断し、通過時の中心気圧

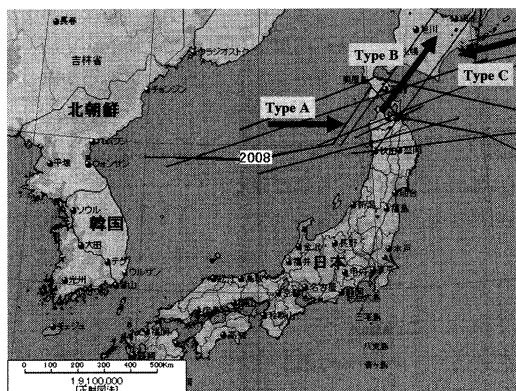


図-7 顕著な寄り回り波が発生する低気圧の移動コース

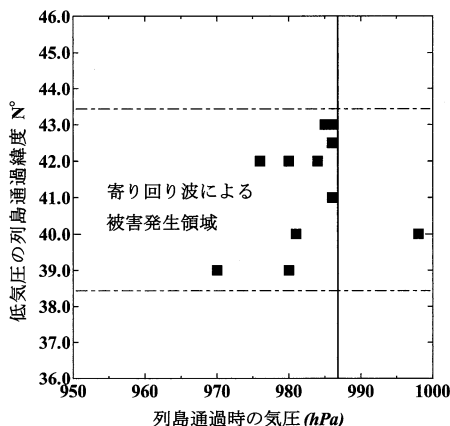


図-8 低気圧の日本列島通過緯度と中心気圧

表-3 顕著な寄り回り波の発生日時と低気圧の特性

西暦	元号	災害発生日時	通過緯度	通過前後気圧	移動速度	最低気圧	備考
				hPa	km/h	hPa	
1899年	明治32年	12月23日, 24日	N41°	986	37.5	≤ 986	生地
1916年	大正 5年	12月29日	N43°	986	—	≤ 986	下新川
1929年	昭和 4年	1月2日	N40°	981	32.9	≤ 973	—
1955年	昭和30年	2月20日	N41°	986	45.4	954	宮崎・泊
1961年	昭和36年	1月26日, 27日	N42.5°	986	23	978	朝日
1962年	昭和37年	1月22日, 23日	N42°	980	18.8	980	入善
1970年	昭和45年	2月1日, 2日	N39°	970	28.8	960	朝日・入善・黒部・滑川
1971年	昭和46年	1月5日	N40°	998	37.5	970	朝日・入善
1972年	昭和47年	9月19日	N43°	980-990	≤ 10.0	980	朝日・入善・新湊・水見
1972年	昭和47年	12月1日, 2日	N42.5°	986	10.4	978	滑川・入善・水見・朝日
1979年	昭和54年	3月31日	N42°	976	52.9	970	滑川
1991年	平成 3年	2月16日	N39°	980	33.3	960	滑川・入善
2008年	平成20年	2月24日	N42°	984	35-20	974	入善

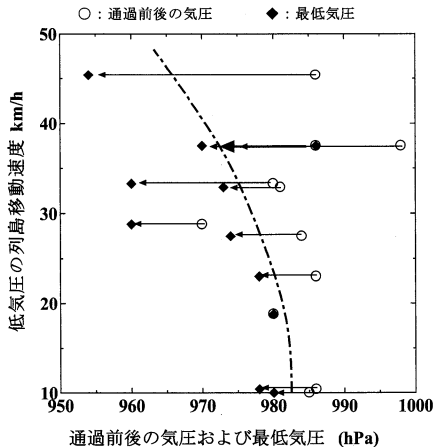


図-9 低気圧の発達状況と移動速度

が986hPa以下である場合であり、大きく分けて3つのタイプがあることが分った。Type A：日本海を東進しながら低気圧が発達し、太平洋側に抜ける場合。Type B：日本海低気圧や南岸低気圧が爆発的に発達しながら北東方向に進行し、日本列島を横断してオホーツク海に抜ける場合。1955年、1970年が該当する。Type C：非常に発達した低気圧が西進し、釧路付近で停滞する場合、あるいはオホーツク海や太平洋から移動してきた低気圧が同じく釧路付近で停滞する場合。1916年、1962年が該当する。

5. 結 論

2008年2月24日に新潟県佐渡島および富山県入善町に大きな高波災害を起こした要因を分析するために、気象・海象データを収集・分析した結果、以下の事柄が明らかとなった。

(1) 今回の高波は、日本海中部を通過しながら発達した

低気圧が北海道に上陸後、南東方向に移動し、その速度が低下したことによってもたらされたと推測された。

(2) 日本海の気圧傾度の変化を調べたところ、西郷と札幌間の気圧差が20hPa以上の継続時間が10時間程度続いており、奥尻では風速20m/s以上の強風が約15時間、佐渡の相川で約

20時間続いていた。

(3) 高波に伴って発生した長周期波は、周期数分から数10分の陸棚エッジ波を励起していたことが、スペクトル解析および周波数分析により明らかとなった。

(4) これまでに発生した寄り回り波による顕著な災害発生の気象条件を調べたところ、低気圧の通過緯度およびコースがほぼ特定され、Type A、Type BおよびType Cの3つのタイプに分類できることが分った。

本研究で用いた気象データは、気象庁のHPより入手し、2008年2月の地上および高層天気図は、(財)日本気象協会の鈴木靖博士より戴いた。また、1970年以前の天気図に関しては、新潟地方気象台よりコピーを戴いた。波浪データ並びに験潮所のデータは、国土交通省北陸地方整備局新潟港湾空港調査設計事務所、および新潟県危機管理室、同港湾課および水産課よりご提供戴いたことを付記し、感謝いたします。

参 考 文 献

- 気象庁 (2008):平成20年2月23日から24日にかけて急速に発達した低気圧に伴って発生した強風に関する気象速報, 平成20年2月25日, 東京管区気象台, 12p.
- 国土交通省河川局 (2008):高波災害対策検討委員会, 第1回委員会資料, 参考資料1, 資料1, 2.
- 国土交通省北陸地方整備局港湾空港部・富山県 (2008):富山湾における「うねり性波浪」対策検討技術委員会資料, 第1回, 第2回委員会資料.
- 農林水産省水産庁 (2008):2008年2月の日本海高波浪に関する技術検討委員会, 中間取りまとめ, 53p.
- 間瀬 肇・安田誠宏 (2008):2008年2月23日~24日にかけての義波高と波向き, http://www.dpri.kyoto-u.ac.jp/web_j/contents/event_text/20080226.pdf
- Eckart, C. (1951): surface waves on water of variable depth, Wave Rept. No.100, Scripps. Inst. Oceanogr., Univ. Calif., 99p.
- Hibiya, T. and K. Kajiura (1981): Origin of the Abiki phenomenon (a kind of seiche) in Nagasaki Bay, J. Oceanogr. Soc. of Japan, Vol.38, No.3, pp.172-182.