

2009年2月のあびき被害と来襲特性についての検討

NUMERICAL ANALYSIS ABOUT DISASTER BY ABIKI ON FEBURARY, 2009

片山裕之¹・加藤広之²・丹治雄一³・中山哲巖⁴
 Hiroyuki KATAYAMA, Hiroyuki KATO, Yuichi TANJI, Akiyoshi NAKAYAMA

¹正会員 博(工) 財団法人漁港漁場漁村技術研究所 (〒101-0047 東京都千代田区内神田1-14-10)

²財団法人漁港漁場漁村技術研究所 (〒101-0047 東京都千代田区内神田1-14-10)

³正会員 財団法人漁港漁場漁村技術研究所 (〒101-0047 東京都千代田区内神田1-14-10)

⁴正会員 独立行政法人水産総合センター水産工学研究所 (〒314-0408 茨城県神栖市波崎7620-7)

In February, 2009, Kamikoshiki island of Kagoshima pref. seriously damaged by a disaster known as “Abiki” which struck the west cost of Kyushu region. In this paper, to find out the fundamental characteristic of “Abiki”, the analysis of tide level data and the numerical simulation were performed, and amplification mechanism in propagation process of “Abiki” was examined. As a result, while “Abiki” was refracted in the Okinawa-Trough, signs that it converged on the sea of Goto-Nada were reproduced. Moreover, it turned out to be that “Abiki” will be amplified on the Kamikoshiki island if “Abiki” of a specific period attacks.

Key Words : Abiki, seiche, Kamikoshikijima

1. はじめに

2009年2月24日夜半から25日の朝にかけて九州西部において「あびき」と呼ばれる潮位副振動が発生した。特に鹿児島県の上甕島では振幅3mにもおよぶ大きな水位変動が生じ、浦内湾内の小島漁港では漁船転覆や浸水などの被害が発生した。今までは1979年に長崎で発生したあびき（振幅278cm, 周期35分）が既往最大であったが、上甕島小島漁港に来襲したあびきはそれを超えるものであった¹⁾²⁾。

1979年のあびきについては、過去にその発生メカニズムについて検討されており、九州西方の東シナ海上で発生した振幅3hPa程度の微気圧擾乱によって発生した気圧波が、東シナ海上の伝播過程での長波の増幅、沖縄トラフから五島灘への進行における特定周期の増幅、さらに長崎湾の固有周期との共鳴等による増幅機構により発達したことが明らかとされている³⁾⁴⁾。またJong and Battjes⁵⁾は、セイシュの発生メカニズムとして微小気圧波の成因について検討している。しかし、長崎だけでなく九州西岸の広域で生じるあびきの空間発生特性について検討した研究はほとんど見られない。

そこで本研究は、今後のあびき対策の基本的研究として、あびき発生時の潮位データを調査し、あびきの空間的な発生状況を調査するとともに、非線形長波方程式による数値計算であびきの空間的な伝

播状況についても検討したものである。

2. あびきの特性

(1) 被災時の潮位の状況

被害のあった上甕島および本研究における検討対象地点を図-1に示した。また表-1に被災時の各地の最大副振動の諸元と発生時刻を整理した。上甕島の最大振幅は、被災調査による値であるが他地点に比べ特に大きいことがわかる。なお上甕島の最大振幅発生は、当日の朝6時には既に漁船が転覆していたことから²⁾、記載時刻より早かった可能性もある。

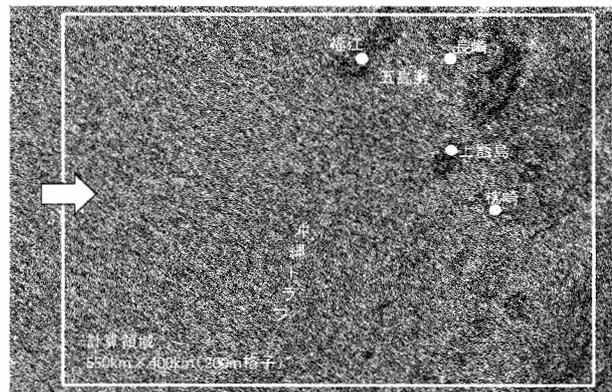


図-1 地点位置と計算領域

表-1 各地の最大副振動の諸元

地点	検潮機関	最大全振幅 (cm)	周期 (min)	起時
鹿児島県				
上甕島	被災調査	290	14	2/25 8:30頃
枕崎		141	12	2/24 23:57
種子島	気象庁	85	14	2/25 2:07
奄美		78	15	2/25 9:46
中ノ島	保安庁	153	5	2/25 3:18
名瀬		82	19	2/25 2:45
熊本県				
天草	被災調査	160	10	2/25 9:10
長崎県				
長崎	気象庁	157	29	2/24 23:34
福江		81	19	2/24 23:19
宮崎県				
油津	気象庁	75	23	2/25 4:14

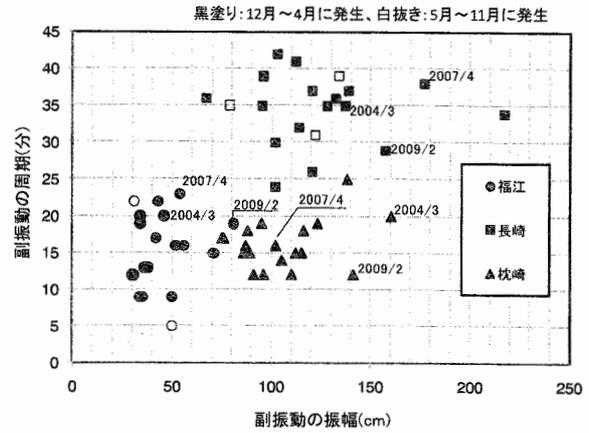


図-3 1988年以降の年最大副振動の振幅と周期

表-2 最近の顕著なあびき

地点	検潮機関	最大全振幅 (cm)	周期 (min)	起時
2004年3月1日のあびき				
福江	気象庁	46	20	3/1 2:16
長崎		137	35	3/1 0:56
枕崎		160	20	3/1 0:51
2007年4月1日のあびき				
福江	気象庁	54	23	4/1 20:19
長崎		177	38	4/1 20:31
枕崎		102	16	4/1 22:06
2009年2月24日のあびき				
福江	気象庁	81	19	2/24 23:19
長崎		157	29	2/24 23:34
枕崎		141	12	2/24 23:57

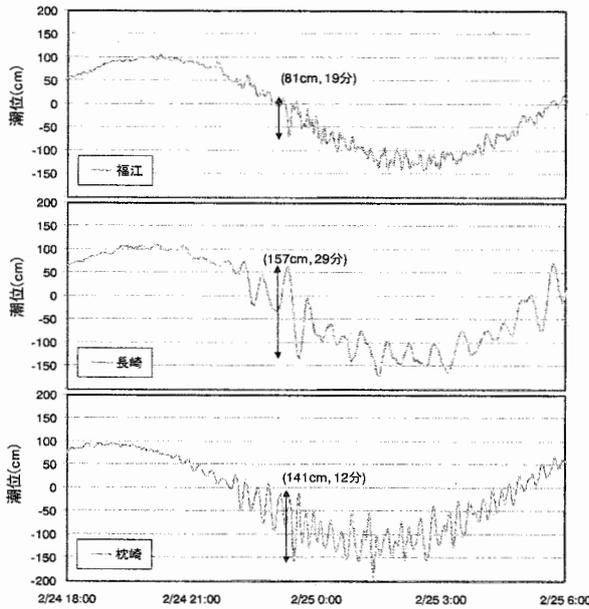


図-2 被災時の観測潮位データ

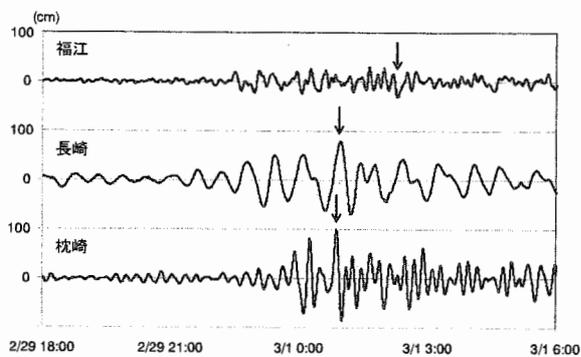
まず被災時の水位の状況を把握するために、福江、長崎、枕崎の観測潮位データ（気象庁）を調べたところ、いずれの地点も2月24日夜半から25日朝にかけて顕著な副振動がほぼ同時期に発生していたことが確認できた（図-2）。

(2) 過去の顕著あびきの特性

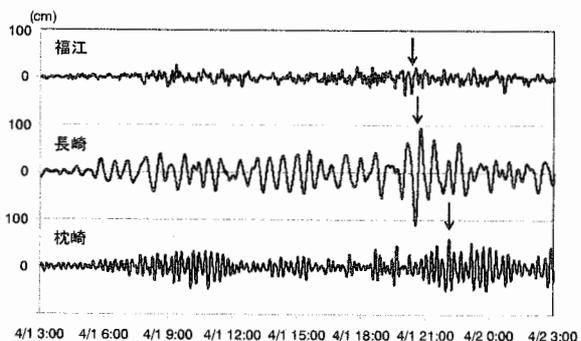
顕著副振動データ⁶⁾を参考に、福江、長崎、枕崎の1988年以降の年最大副振動を抽出したものを図-3に示した。3地点のほとんどの年最大副振動は、あびきが発生されやすいと言われている冬季（12月～4月）に発生していることがわかる。また周期については多少ばらつきはあるが、長崎では概ね35分を中心に、福江と枕崎では15分から20分の範囲に多く分布している。長崎湾の固有周期は第1モードが35分、第2モードが20分との報告があり³⁾、長崎では第1モードの副振動が多いことがわかる。なお、上甕島の浦内湾では第1モードが27分、第2モードが12分¹⁾との報告がある。

次に、図-3で示した年最大副振動の中から、比較

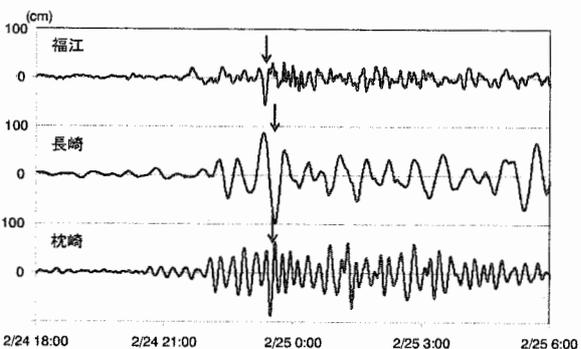
的振幅の大きかったあびきの事例を調べた（表-2）。比較的最近であるが、2004年3月および2007年4月のあびきの全振幅が大きく、その値は2004年3月では長崎で137cm、枕崎では160cm（枕崎の既往最大）、2007年4月は長崎で177cm、枕崎で102cmのあびきが生じていた。被災時も含め、これらのあびき発生時の状況を比較するため、観測潮位データから潮位成分を除去した時系列を図-4に、それぞれの地点別にパワースペクトルを求めたものを図-5に示した。3例の中で2007年4月のあびきは連続して発生していると思われる現象の把握が難しいが、図中の矢印は最大振幅発生時刻を示したものである。まず3地点の最大振幅発生時刻をみると、この3例からは明確な地点と到達時刻の位相関係は見られない。最大振幅発生については、波源との位置関係より、入射周期と各地点の地形的特性による固有モードの影響が大きいのではないかと思われる。また3例ではあるが、各地点に到達したあびきのパワースペクトルは、各地点でほぼ同様の形を示していることがわかり、福江と枕崎では16分前後、長崎では固有周期の第1モードに近い36分前後のエネルギーがいつも大きくなっている。これらより、被災時だけでなく過去のあびき発生時においても、地形特性による固有モードの周期で増幅しているものと考えられる。



(1) 2004年3月のあびき



(2) 2007年4月のあびき



(3) 2009年2月のあびき

図-4 顕著なあびき発生時の水位変動
(潮位成分を除去したデータ)

3. 数値計算によるあびき伝播特性の検討

(1) 計算条件

あびきの伝播特性を把握するため非線形長波方程式による計算を行った。計算範囲は図-1に示す東西550km×南北400kmとした。計算に用いた水深データを図-6に示した。なお、計算格子間隔は東西、南北とも200m格子のため、長崎湾や上甕島浦内湾の詳細な固有モードの解析までは難しいが、計算結果の出力は図-7に示す各湾口と湾内の2箇所とした。

計算条件のうち波高については、1979年の長崎のあびきについての既往の検討において、波源となる微小気圧波の振幅が数hPa (Hibiyaら⁴⁾は3hPa, 赤松³⁾は6hPa, いずれも振幅にして数cm) とされてい

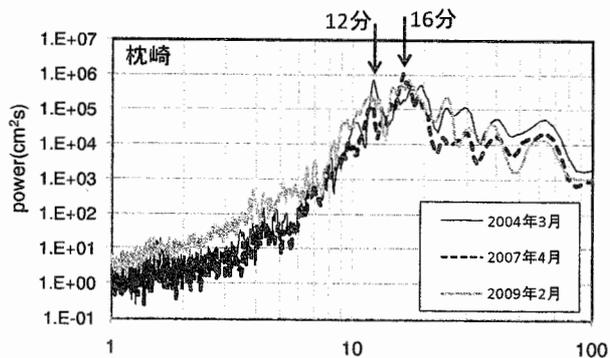
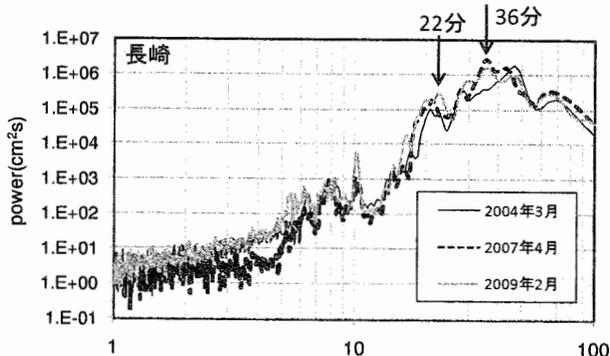
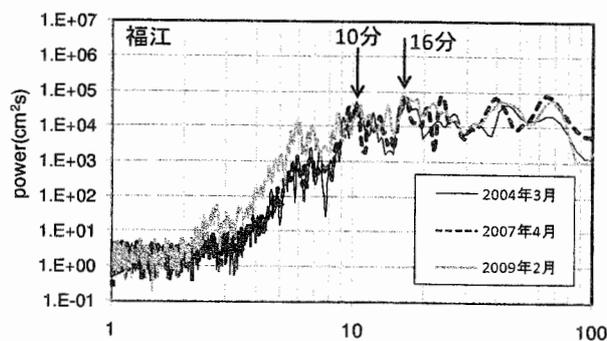


図-5 顕著なあびきのパワースペクトル

るのを参考にここでは0.1mとした。周期については、長崎湾と上甕島浦内湾の固有周期を参考に、あびきの周期特性を調べることを念頭に6分から36分までを6分毎に計6ケースの計算を行った。なお、今回のあびきの波源と考えられる微小気圧波の発生場所、初期伝播波向は現時点では明らかでないことと、本研究ではあびきの伝播の様子と到達初期のあびきの挙動を調べることを目的とし、西側境界から規則波として1波だけを入波させた。なお、比較のために連続的に造波した計算も行った。以上の計算条件を表-3にまとめた。

表-3 計算条件

計算範囲	東西550km×南北400km (200m格子)
波高	0.1m
周期	6分, 12分, 18分, 24分, 30分, 36分の合計6ケース
潮位	考慮せず
造波条件	上記の波高・周期の規則波 造波は1波のみ 波向は0度 (直角入射) のみ

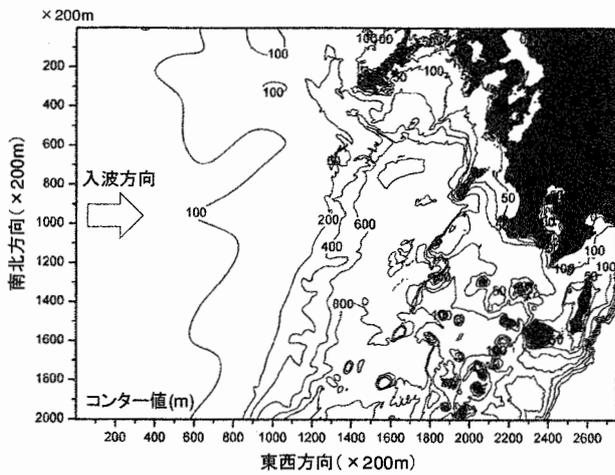


図-6 計算に用いた水深コンター

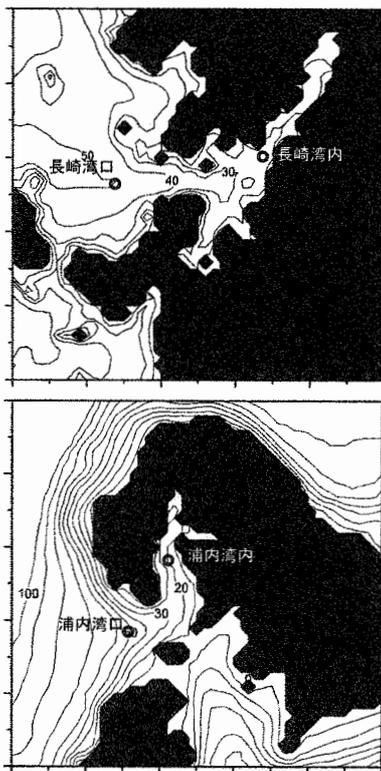


図-7 長崎湾と上甕島浦内湾周辺の計算結果出力位置

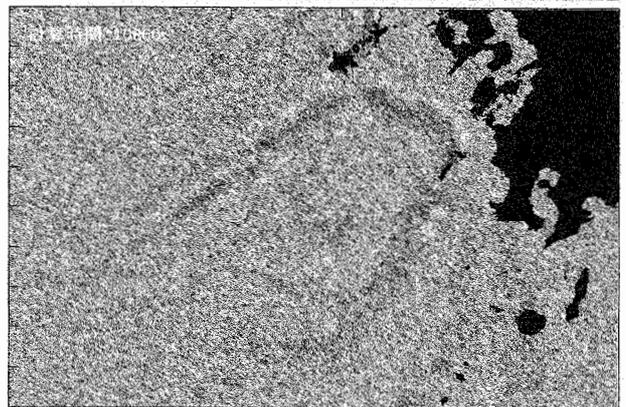
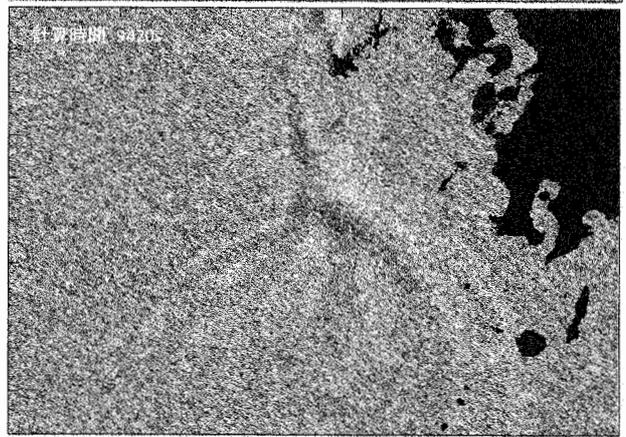
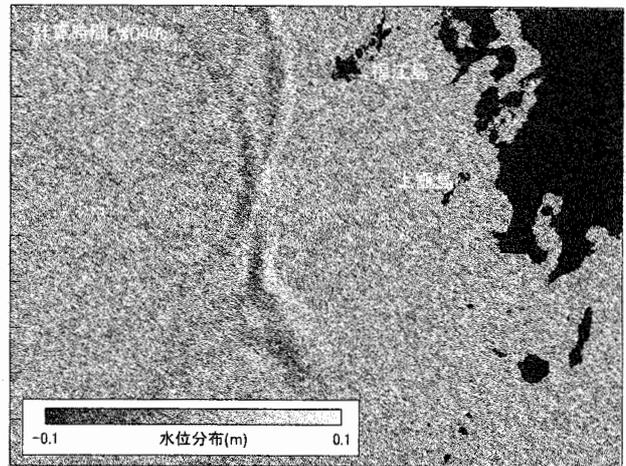


図-8 計算によるあびきの伝播状況 (入射周期12分)

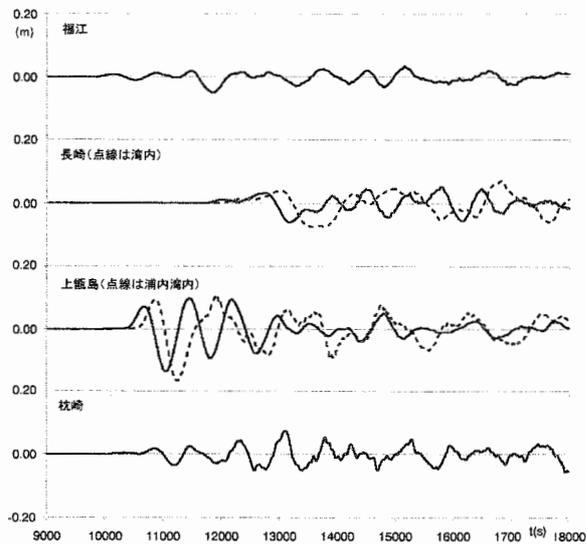
(2) 計算結果

計算結果のうち、入射周期12分のケースの水位の平面分布を図-8に示した。これを見ると、福江島の西方からの進行波と、南方からの進行波が沖縄トラフの縁で屈折し、北東方向に進路を変えて進む様子が見られ、福江島と上甕島の間でこれらが合わさっているとみられる。また、Hibiyaら⁴⁾も述べているように、合成した波が五島灘で増幅されながら長崎湾の方向に進行する様子が伺える。

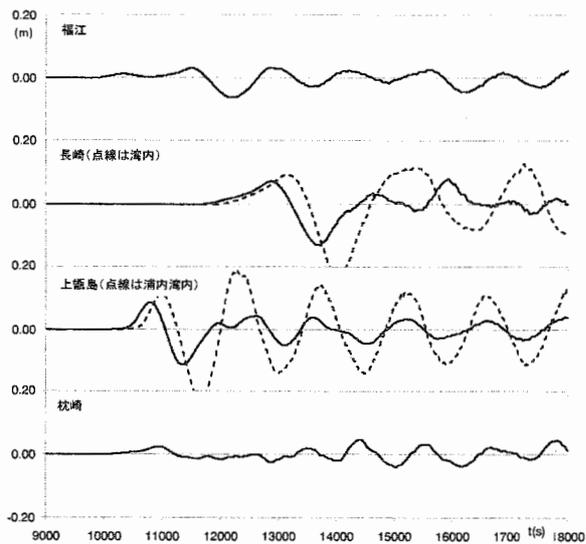
次に、各地点への到達水位のうち、周期12分と24分、および36分の各地点の水位時系列を図-9に示した。なお、点線は湾内地点の値を示している。これより、まず福江では入射周期が長くなるほど振幅が大きくなっているが、入射振幅 (0.1m) に対して増

幅しているとは言えない。これに対して上甕島では入射振幅より大きく増幅しており、上甕島浦内湾内では入射周期24分で最も振幅が大きくなっている。長崎湾内も上甕島と同様の傾向を示しているが、計算条件の周期の範囲では入射周期が長くなるほど振幅も大きくなっている。さらに周期の長い条件を検討していないが、長崎湾の固有周期第1モードが35分であることとほぼ合致していると考えられる。また枕崎では振幅自体は大きくないが、入射周期12分の場合に振幅が最大となっている。これは枕崎沖の陸棚でトラップされた陸棚波の振動周期である可能性が高い⁷⁾。このように、各地点により増幅の状況が異なることがわかる。

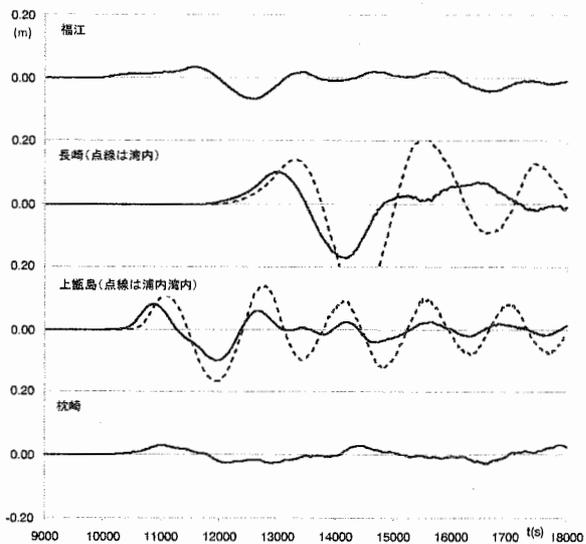
次に、各地点の到達波の最大振幅と周期について



(1) 入射周期 12 分



(2) 入射周期 24 分



(3) 入射周期 36 分

図-9 各地点の水位時系列

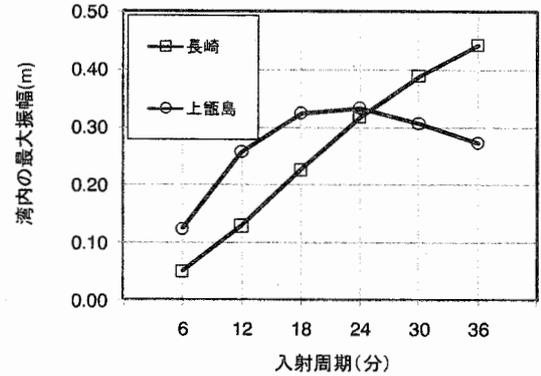
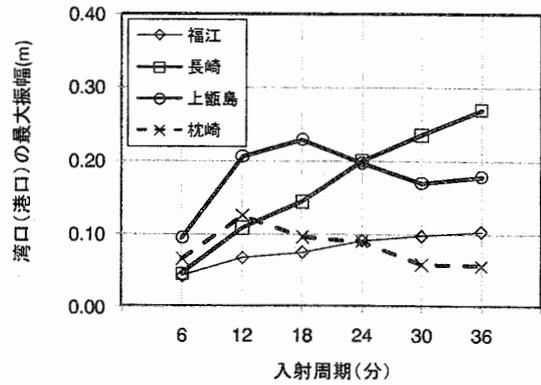


図-10 到達波の最大振幅

整理したものを図-10、図-11 に示した。長崎湾と上甕島浦内湾では、入射周期の条件によっては、入射波高 0.1m に対して 2 倍以上に増幅されて到達している。湾内地形を詳細に再現していないため定量的な評価は難しいが、計算では浦内湾では 24 分のケースで 3.3 倍、長崎湾では 36 分のケースで 4.5 倍と、湾口よりさらに増幅された結果となっている。また長崎湾では、計算周期の範囲では入射周期が長くなるほど増幅率も大きくなっているのに対して、浦内湾では 24 分より長くなると逆に増幅率が低下する傾向がみられる。本計算では入射周期 18 分から 24 分周辺で湾内固有周期の第 1 モード (27 分) と共鳴し増幅されている結果であったと考えられる。また、各地点とも入射周期が長くなるほど最大到達波周期も長くなるが、その変化の様子は地点によって異なることがわかる。なお第 2 モード (12 分) については、浦内湾内の地形を詳細に再現していないため計算結果では現れていないと推定され、今後、浦内湾の詳細地形を反映した計算を行う必要がある。

表-3 は、各地点へのあびき第 1 波の波峰到達時刻を、福江に到達した時刻を基準に整理したものである。なお、1 波造波と連続造波では第 1 波の波峰到達時刻が異なることを確認した (図-12)。これより、各地点への到達時刻は入射周期によらないことがわかる。また、計算では長崎、枕崎よりも上甕島への到達が早い結果となったが、過去のあびき発生時の潮位データからは明確な位相は読み取れなかった。これについては、被災時の潮位なども考慮した再現計算などを今後検討する必要があると考えている。表-3 の計算による到達時間を前提に、

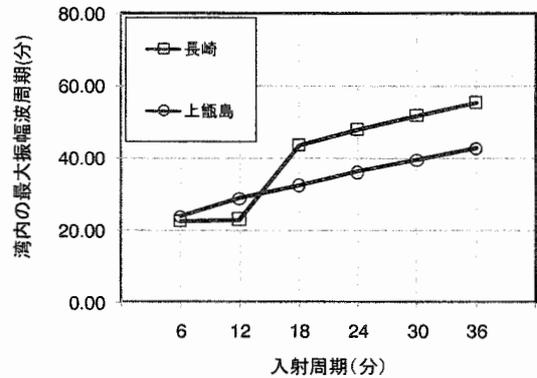
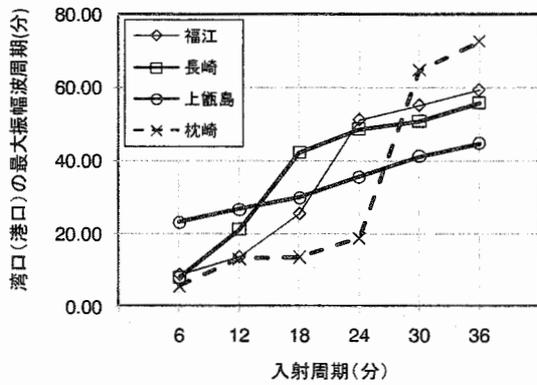


図-11 到達最大振幅波の周期

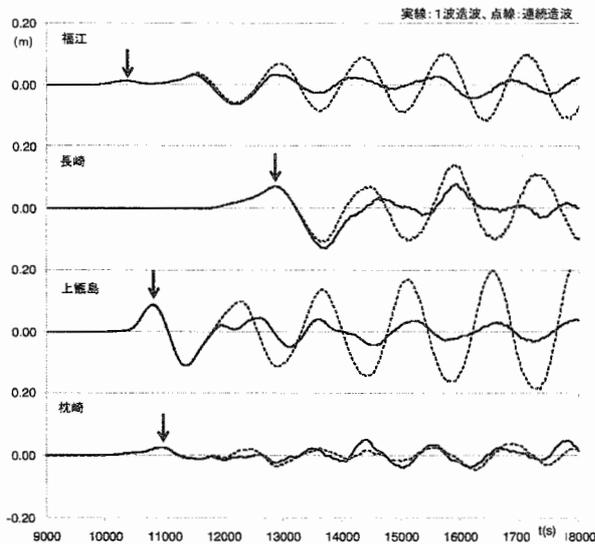


図-12 造波による到達波の違い (入射周期 24 分)

仮に福江港であびきを検知できたとして、長崎湾内には 50 分ほどの遅れて到達するが、浦内湾内では福江港と検知されてから到達まで 10 分ほどしかなく、上甕島におけるあびき対策としては、さらに沖合でのあびき発生を検知が今後の課題であると考えられる。

4. おわりに

2009 年 2 月に鹿児島県上甕島に被害を引き起こしたあびきの伝播特性を、非線形長波方程式による

表-3 第 1 波の波峰到達時間
(福江島到達時間を基準として)

入射波 周期(分)	地点				
	長崎湾口	浦内湾口	枕崎	長崎湾内	浦内湾内
6分	31.9	9.2	3.1	48.4	12.4
12分	43.5	8.7	12.0	47.9	12.0
18分	43.1	8.3	11.0	47.6	11.5
24分	42.4	7.8	10.6	47.0	11.1
30分	43.9	9.0	11.7	48.9	12.3
36分	43.4	8.1	10.6	48.6	11.5

(単位:分)

数値計算により検討を行った。その結果、以下のことが明らかとなった。

- (1)九州西方で発生した微小気圧波は、来襲波向によるが、福江島西方からの進行波と沖縄トラフで屈折しながら五島灘に向かう進行波が合成し増幅しつつ進行してくるものと推定され、この海域は特にあびき被害対策が必要である。
- (2)被害が発生した上甕島浦内湾では、あびきの振幅が増幅されて到達し、特に入射周期が 24 分あたりで最も増幅される結果となった。
- (3)数値計算によると、あびきの第 1 波の波峰が到達する時間は入射周期によらないと推定される。

今後は、例えば Jong and Battjes⁵⁾を参考にした東シナ海上におけるあびきの波源である微小気圧波の発生場所や規模についての検討、および上甕島浦内湾の詳細な地形を考慮した検討を実施し、今後のあびき対策検討を進めていく予定である。

参考文献

- 1) 柿沼太郎・浅野敏之・井上太介・山城 徹・安田健二：上甕島浦内湾における 2009 年 2 月潮位副振動の被害調査，土木学会論文集 B2 (海岸工学)，Vol.B2-65, No.1, pp.1391-1395, 2009.
- 2) 長崎海洋気象台・鹿児島地方気象台・熊本地方気象台：平成 21 年 (2009 年) 2 月 24 日から 28 日にかけて九州西岸を中心に発生した潮位の副振動に関する現地調査，災害時気象資料，23p, 2009.
- 3) 赤松英雄：長崎港のセイシュ (あびき)，気象研究所研究報告，第 33 巻，第 2 号，pp.95-115, 1982.
- 4) Toshiyuki Hibiya and Kinjiro Kajiwara: Origin of the Abiki Phenomenon (a kind of Seiche) in Nagasaki Bay, Journal of the Oceanographical Society of Japan, Vo.38, pp.172-182, 1982.
- 5) M. P. C. de Jong and J. A. Battjes: Seiche characteristics of Rotterdam Harbor, Coastal Eng., Vol.51, Nos.5-6, pp.373-386, 2004.
- 6) 気象庁：潮汐観測.
- 7) 志賀 達・市川真人・楠元健一・鈴木博樹：九州から薩南諸島で発生する潮位の副振動の統計的調査，測候時報，第 74 巻，特別号，pp.S139-S162, 2007.