

有明海及び八代海に係る大学等による調査研究に関する文献シート

No.	H16 -4	タイトル	有明海の潮位・潮流の変化と諫早湾干拓事業
著者	宇野木早苗		
キーワード	潮汐・潮流変化、漁民アンケート、説明責任		
出典	沿岸環境関連学会連絡協議会第10回ジョイントシンポジウム「有明海生態系異変原因解明の到達点」PAGE.8-15	発行年	2003

<目的>

諫早湾干拓事業による有明海の潮汐・潮流の変化に関して、環境影響評価の妥当性を議論するとともに、漁民アンケート結果や潮汐・潮流に関する観測・計算結果を用いて変化の実態と問題点をまとめ、事業当局の説明責任を考えた。

<結果>

・干拓事業による潮汐への影響について、 M_2 分潮の振幅率は干拓事業開始以降減少を続けているが、環境影響評価では増幅率の変化に言及していない(図1)。

・潮流への影響について、環境影響評価書より求めた干拓前後の大潮最大流速の変化率は、諫早湾口付近で10~20%程度、その外でも数%も減少すると予測されており、無視できる大きさではない(図3)。

・さらに、恒流の影響予測を実施していない、流れに対する密度成層の効果が考慮されていない、事業前後の測流地点がわずか3地点のみである、などの問題がある。

・漁民に対するアンケート調査結果によると、潮流の流速・流向の変化とその発生時期からみて、干拓事業の影響はかなり大きいと考えられる。

・干拓事業による潮汐、潮流の変化は、環境影響評価に基づき事業当局が主張する無視できる大きさではなく、潮受堤防の影響が大きい諫早湾では、潮流の停滞により水質が悪化し、貧酸素水塊が形成され湾外へ広がっている。

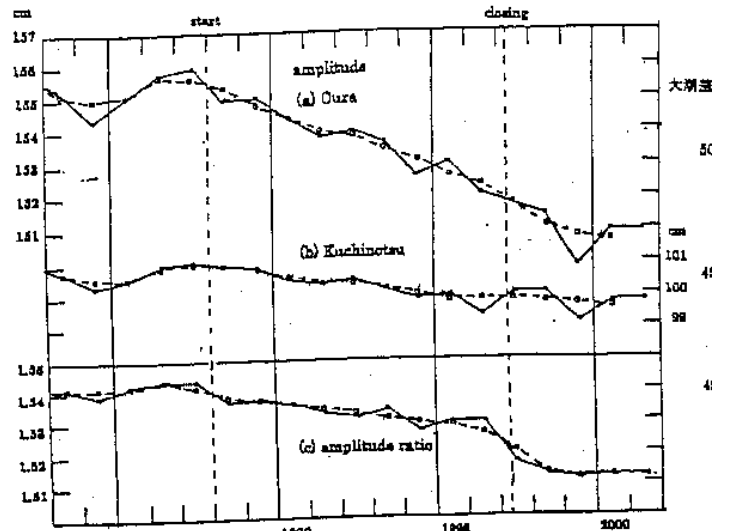


図1 大浦(a)と口之津(b)における M_2 分潮の振幅とその比(c、増幅率)の経年変化、縦の破線は干拓事業の開始と堤防締切りを表す

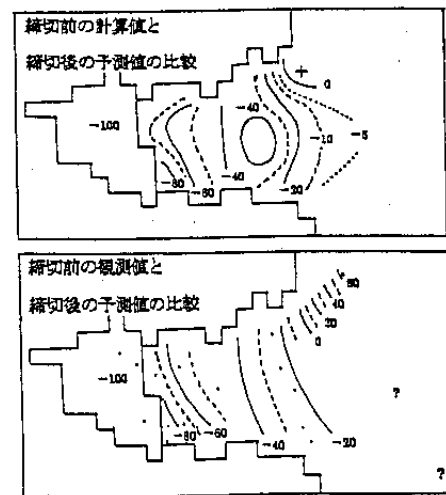


図3 当初の環境影響評価書に基づく大潮最大流速の変化率(%)

有明海及び八代海に係る大学等による調査研究に関する文献シート

No.	H16 -5	タイトル	PIVと輝度法による有明海水理模型の可視化実験	
著者	吉川拓郎(IHI マリンユナイテッド),佐藤徹,土屋好寛(東大)			
キ	PIV、輝度法、水理模型実験、回転水槽			
出典	可視化情報学会誌 VOL. 23 NO. Suppl.2; PAGE. 5-8	発行年	2003	

<目的>

諫早湾潮受堤防締切の潮汐流に対する効果および赤潮や貧酸素水塊の発生に対する解決策としての密度流拡散装置の効果について、回転水槽水理模型を用いたPIV（粒子画像流速測定法）及び輝度法による可視化実験を行った。

<結果>

・水理模型試験結果によると、諫早湾潮受堤防は諫早湾内の流動を大きく抑制しており、これにより湾内外の海水交換を悪化させていることがわかる。これは、河川からの淡水や夏場の日射により容易に密度成層が形成され、赤潮に対する湾内の耐性を低下させている可能性を示唆した(Fig4)。

・水産に対する浦規模の局所的な解決策として、密度流拡散装置を設置した場合の底層から汲み上げた栄養塩の移流拡散を染料を用いた輝度法で調べた。その結果、吹出し染料濃度が1%以上である面積は大潮時で計測面積内の1/3、小潮時で3/4程度を占め(Fig7)、底層の無機態窒素化合物濃度を実測ベースで $20 \mu\text{g} \cdot \text{atoms/L}$ とすると湾奥西部に $0.2 \mu\text{g} \cdot \text{atoms/L}$ を供給できることから、植物プランクトンの一次生産に寄与できる程度で栄養塩濃度は広がることが示された。

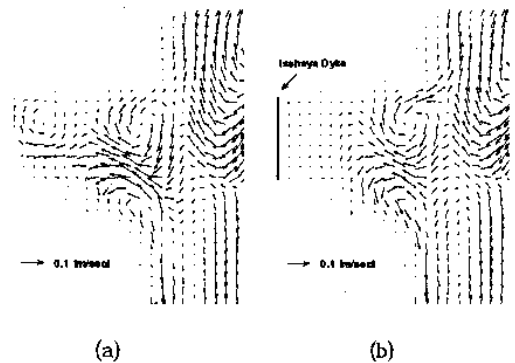


Fig. 4 Comparison of Residual Current Measured in Model without (a) and with (b) Isahaya Dyke at Spring Tide.

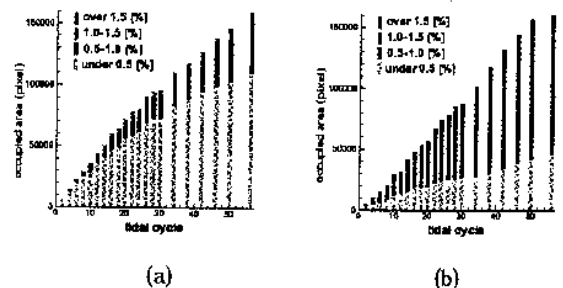


Fig. 7 Comparison of Residual Current Measured in Model without (a) and with (b) Isahaya Dyke at Spring Tide.

有明海及び八代海に係る大学等による調査研究に関する文献シート

No.	H16 -7	タイトル	有明海における水域環境特性に関する基礎的研究	
著者	松島雄一,小沢宏樹,宮本和治(日本大 大学院理工学研究科),増田光一,居駒知樹(日本大 理工),大塚文和(三洋テクノマリン)			
キーワード	GIS,公共用水域水質測定結果			
出典	日本建築学会学術講演梗概集 A-2 防火 海洋 情報システム技術 VOL. 2003; PAGE. 461-462	発行年	2003	

< 目的 >

GISを用いた公共用水域水質測定結果の解析により、有明海の環境変化及び諫早湾締切堤防が有明海全体に与える影響を解析した。

< 結果 >

・1990～1998年までの観測データの解析より、DOの季節変化は、春に有明海奥部で低下傾向にあり、夏には全域で低下頻度が強くなるが、秋には諫早湾を除き低下頻度は弱く、冬には低下はみられなかった(図2)。

・諫早湾締切 前後のDOを比較すると、締切後の夏季には太良沖沿岸、諫早湾口で著しく濃度が低下しており、締切による潮流や潮汐の減少並びに湾口部の採砂跡溝地の存在により、底層に溶存酸素が停滞して貧酸素水塊が形成されやすい環境になったと考えられる(図4)。

・さらに、締切後の観測データや短期スパンでの連続データを解析する必要がある。

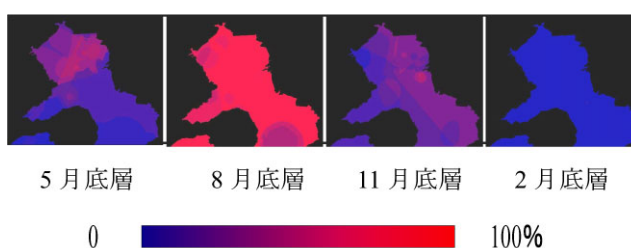


図2 DO濃度低下頻度分布

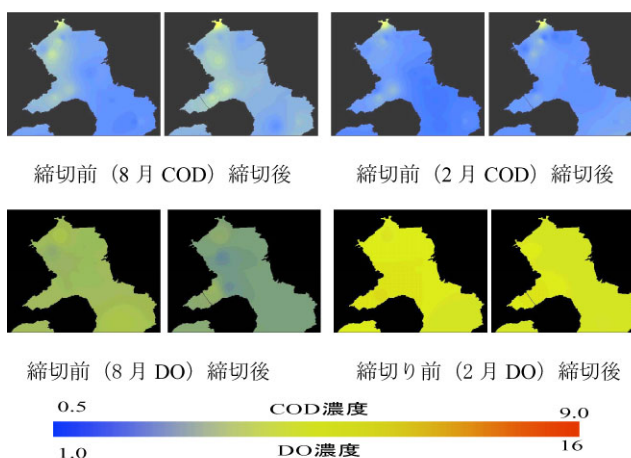


図4 締切り堤防前後平均濃度(mg/l)

有明海及び八代海に係る大学等による調査研究に関する文献シート

No.	H16 -9	夕	諫早湾潮受け堤防設置に伴う有明海の流況変化に関する研究
著者	千葉賢, 武本行正(四日市大 環境情報)		
キーワード	潮位変動, 1/50 最大波高, 2次元数値流動解析		
出典	海岸工学論文集 VOL. 50 NO. 1; PAGE. 376-380	発行年	2003

<目的>

諫早湾潮受け堤防の設置に伴う有明海の流況変化について、潮位観測値の分析と2次元数値流動解析により検討した。

<結果>

・有明海の検潮所で観測された22年分の潮位データを分析した結果、潮位変動の標準偏差と1/50最大波高は有明海内外で長期的な減少傾向にあることがわかった。1/50最大波高は大潮期の潮位差を客観的に表す指標であるが、干拓工事開始年の1988年以降に湾奥の1/50最大波高が大きく減少したという傾向は見られなかった(図-2,3)。

・2次元数値流動解析の結果より、有明海の潮位応答には明瞭な振幅依存性があり、外海の潮位振幅が増加すると湾奥の応答振幅比は減少することが判明した(図-6)。この特性のために、堤防の影響は大潮期の潮位差にほとんど現れないことがわかった。この結果は観測事実と符合した。

・2次元数値流動解析で求めた湾奥の海水の滞留時間は水平渦拡散係数に強く依存し、沖波高への依存性は弱く、沖波片振幅1.4m、渦拡散係数0~50 m²/sの場合の滞留時間は50~279日となるが、実際の水平渦拡散係数(1 m²/s以上)の場合、堤防が滞留時間にほとんど影響を与えない(図-13,14)。

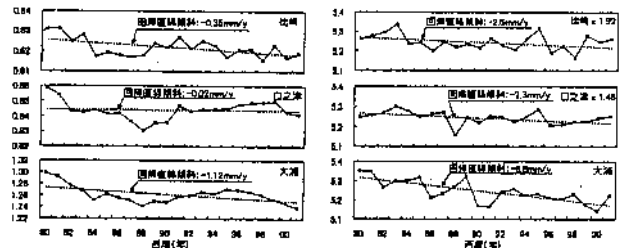


図-2 潮位変動の標準偏差(m) 図-3 1/50最大波高(m)

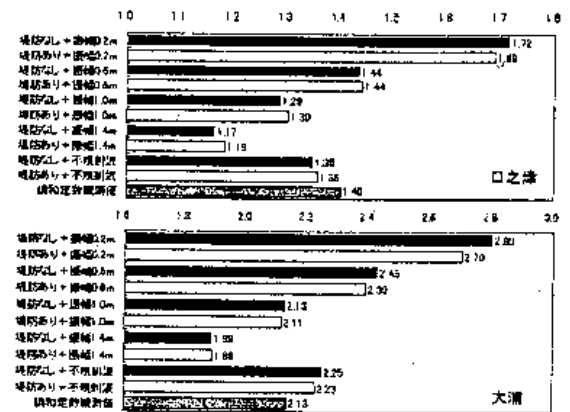


図-6 口之津と大浦のM₂潮振幅比(沖境界の入力振幅に対する応答振幅比)

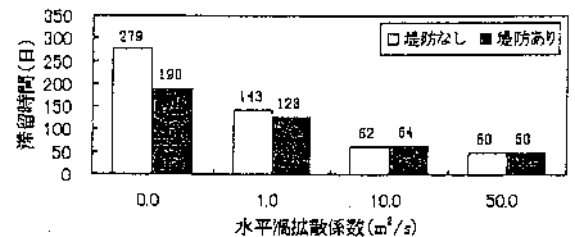


図-13 渦拡散係数をパラメータとした湾奥海水の滞留時間, 規則波解析(沖波片振幅1.4m)

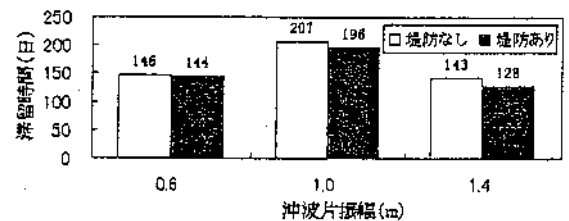


図-14 沖波片振幅をパラメータとした湾奥海水の滞留時間, 規則波解析, 渦拡散係数1.0 m²/s

有明海及び八代海に係る大学等による調査研究に関する文献シート

No.	H16 -12	タイトル	有明海における潮汐振幅の経年変動
著者	塚本秀史(弓削高専),柳哲雄(九大 応用力学研)		
キーワード	潮汐、経年変化		
出典	日本海洋学会大会講演要旨集 VOL. 2004, 春季, PAGE. 108	発行年	2004

<目的>

有明海における 1968 ~ 2002 年の 35 年間の潮汐振幅の変動について、 f 値補正を考慮した場合と考慮しない場合の調和分析により明らかにした。

<結果>

・ 湾奥の大浦における計算結果では、 f 値は 1997 年に最大値をとりそれ以降減少するのに対し、 M_2 周期の海面変動振幅は 1996 年に最大値をとりそれ以降減少している。このような f 値からのズレは湾口に近くなるほど小さくなっている。 S_2 分潮振幅については近年やや減少気味であるが、その変化は M_2 程顕著ではなく、 K_1 及び O_1 分潮・海面変動振幅は顕著な経年変動は見られない (Fig.1,2)。

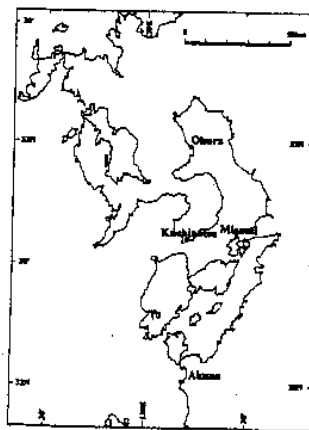


Fig. 1

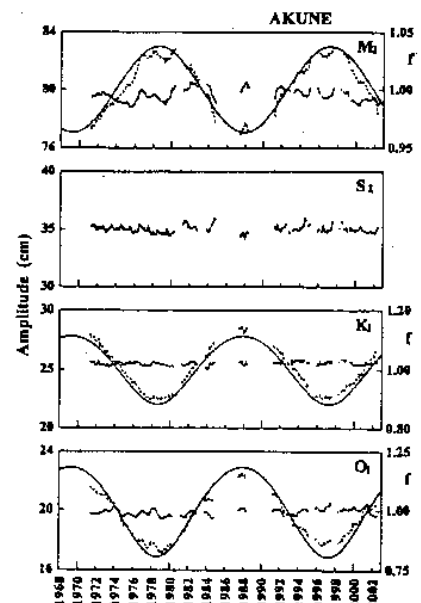
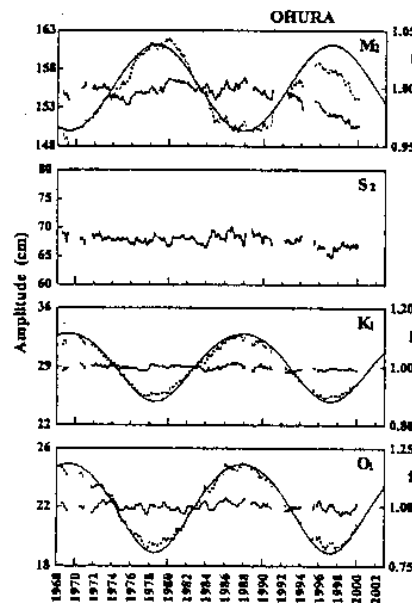


Fig. 2

有明海及び八代海に係る大学等による調査研究に関する文献シート

No.	H16 -13	タ	潮汐・流れを中心とした有明海の物理環境に関する論点整理	
著者	灘岡和夫(東工大)			
キーワード	潮汐振幅、潮位変動、潮流変動			
出典	沿岸環境関連学会連絡協議会第10回ジョイントシンポジウム「有明海生態系異変原因解明の到達点」PAGE.20-23	発行年	2003	

<目的>

有明海の潮汐振幅変化に関する最近までの議論の経緯をまとめ、さらに流れ等の他の重要な物理環境要素に関する議論について整理した。

<結果>

・有明海の潮汐振幅減少の要因については表-1のように整理され、この観点から既往の議論を整理したが、数値シミュレーションの計算精度の向上には、特に干潟域を中心とした水深データの整備・精度向上やノリ網による水理抵抗の効果の導入などが必要である。

・有明海の物理環境について、潮汐振幅の減少に主眼が置かれ様々な検討が行われてきたが、締切堤防付近では潮流変動振幅が大きく変化することから、湾全体の潮位変動振幅の減少と諫早湾近傍での潮流変動振幅の現象を明示的に分離して議論すべきである(図-4)。

・さらに、今後は流動だけでなく水質や生態系面も含んだ現地調査や3次元数値シミュレーションモデル計算等により、有明海全体のシステムに対してどのような形でリンクしているかを詳細に検討する必要がある。

表-1 有明海潮汐現振幅減少要因の整理

<p>要因①：有明海内の海水面積の減少 諫早湾潮受け堤防、その他の埋立・干拓、港湾建設等により有明海の内水面積が減少した結果、有明海の共振が弱まり有明海内部の潮汐振幅が減少する。</p> <p>要因②：平均水位の上昇 有明海内の平均水位上昇により有明海の共振が弱まることにより有明海内部の潮汐振幅が減少する。</p> <p>要因③：外洋潮汐振幅の減少 広域的な平均水位上昇により東シナ海全体の共振が弱まることを主因として外洋の潮汐振幅が減少する。</p>

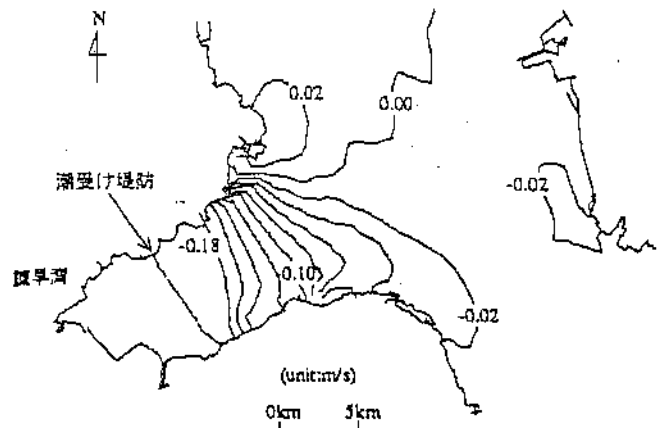


図-4 下げ潮時の流速強度に関する締切り前後の差

有明海及び八代海に係る大学等による調査研究に関する文献シート

No.	H16 -15	タイトル	有明海における M ₂ 潮汐の変化に関する論議へのコメント	
著者	武岡英隆(愛媛大 沿岸環境科研セ)			
キーワード	M ₂ 潮汐、潮汐変化			
出典	沿岸海洋研究 VOL. 41 NO. 1; PAGE. 61-64	発行年	2003	

< 目的 >

有明海における M₂ 潮汐振幅の変化と実際の潮汐振幅の変化を明確にするとともに、環境問題との関連から潮汐・潮流のどのような変化を考えるべきかを検討した。

< 結果 >

・有明海における M₂ 潮汐振幅の減少が、近年の環境問題との関係で注目されているが、実際の有明海の潮汐振幅は、月軌道の昇交点の変動(18.6年周期)による係数 f の増加でむしろ増加している。大浦の年平均潮差の変動は M₂ の f の変動と M₂ 潮汐振幅自体の変動でほぼ説明できる(Fig1,2)。

・有明海の環境問題と潮汐・潮流の変化の関係を考えるには、M₂ 潮汐振幅の減少という事象ではなく、潮流の変化を問題にする必要があり、単なる潮流振幅の変化ではなく、環境問題により密接に結び付くパラメータ、例えば、成層強度と潮流の関係を定めるパラメータ Hu^3 (H:水深、u:潮流振幅) で考える必要がある。

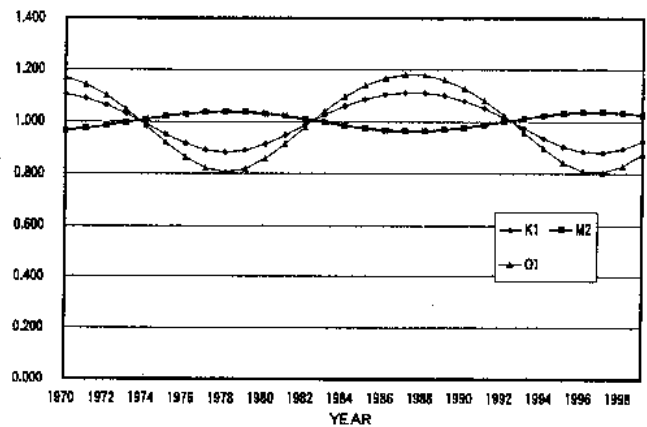


Fig. 1 Year-to-year variations of a factor f related to lunar nodal cycle (18.6 years) for three major tidal constituents (M₂, K₁, O₁).

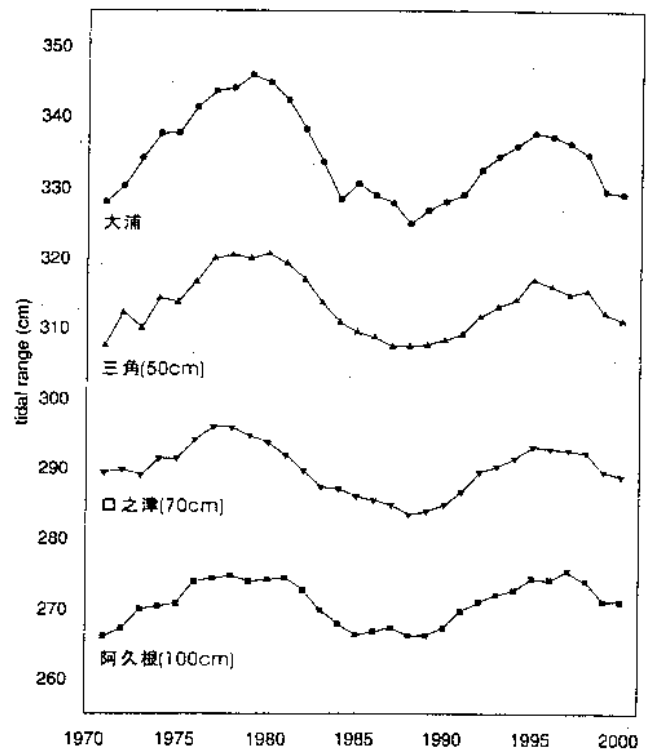


Fig. 2 Year-to-year variations of yearly average tidal range at the stations in and out of Ariake Sea⁷⁾.

有明海及び八代海に係る大学等による調査研究に関する文献シート

No.	H16 -18	タイトル	有明海における潮汐・潮流減少の原因について		
著者	藤原孝道,経塚雄策,濱田孝治(九州大学大学院)				
キーワード	有明海、潮汐・潮流変化、諫早湾干拓事業、MECModel				
出典	海の研究 VOL.13 NO.4;PAGE.403-411			発行年	2004

<目的>

有明海周辺の検潮所における観測値及び移動境界を有する3次元モデルを用い、1981～2001年の有明海におけるM₂潮汐振幅減少の原因について調べた。

<結果>

・潮汐観測値に基づくと有明海の潮汐振幅の内部要因は場所によって異なっており、大浦では1.3cm(25%)の減少、三角では0、口之津では0.7cm(44%)の増大となっている(Table2)。

・日本造船学会海洋環境研究委員会(2003)が開発したMECモデルを用いた数値シミュレーションにより潮汐変化の原因を検討した結果、大浦では計算された減少量5.1cmに対して、諫早堤防24%、熊本新港0.1%、平均水位上昇0%、外海要因76%となり、上記の潮汐観測値の結果とほぼ完全に一致した(Table3,4)。

・有明海のM₂潮流は、干拓事業と外海の潮汐振幅減少の影響によってほぼ全域で減少したが、諫早湾から有明海中央部ではfによる変動幅以上の影響を受けている(Fig9)。また、fの影響で2006～2007年までさらに弱くなることが予想されるので注意が必要である。

Table 2. Estimated outer and inner effect of decay of M₂ tidal amplitude at the stations in Ariake Bay based on the observational data. (▲ denotes negative sign)

	～1987 (cm)	1988～ (cm)	Actual declining (cm)	Inner effect (cm)	Outer effect (%)	Effect by dike
Oura	▲3.9	▲3.5	▲5.2	▲1.3	75	decrease
Misumi	▲2.9	▲2.8	▲2.9	▲0.0	100	non
Kuchinotsu	▲2.3	▲2.5	▲1.6	+0.7	144	increase

Table 3. Calculation cases and amplitude at open boundary.

Case	Topography and sea level	Amplitude at open boundary [North～South] (m)
1	1981	0.87～0.845
2	Case 1 + Isahaya dike	0.87～0.845
3	Case 1 + Kumamoto new port	0.87～0.845
4	Case 1 + Mean sea level rise (10cm)	0.87～0.845
5	1981	0.845～0.82
6	2001	0.845～0.82

Case1 : 1981年の有明海
Case2 : 諫早湾干拓事業を考慮する場合
Case3 : 熊本新港事業を考慮する場合
Case4 : 10cmの平均水位上昇を考慮する場合
Case5 : 外海での潮汐振幅減少を考慮する場合
Case6 : 2001年におけるCase2～6を考慮する場合

有明海及び八代海に係る大学等による調査研究に関する文献シート

Table 4. Calculated and observed M_2 tidal amplitude at (a) Oura, (b) Misumi and (c) Kuchinotsu (▲ denotes negative sign)

(a) Oura

Cal. case No.	1	2	3	4	5	6
Cal. (cm)	156.1	154.9	156.0	156.1	152.2	151.0
Cal. variation (cm)	-	▲1.2	▲0.1	0	▲3.9	▲5.1
ratio (%)	-	24%	2%	0%	76%	-
Obs. (cm)	156.1	-	-	-	-	150.9
Obs. variation (cm)	-	-	-	-	*▲3.9	▲5.2

*estimated value from analysis of Obs.

(b) Misumi

Cal. case No.	1	2	3	4	5	6
Cal. (cm)	126.0	126.1	126.0	126.1	123.0	123.0
Cal. variation (cm)	-	0.1	0	0.1	▲3.0	▲3.0
ratio (%)	-	-3%	0%	-3%	100%	-
Obs. (cm)	122.1	-	-	-	-	119.2
Obs. variation (cm)	-	-	-	-	*▲2.9	▲2.9

* estimated value from analysis of Obs.

(c) Kuchinotsu

Cal. case No.	1	2	3	4	5	6
Cal. (cm)	103.4	104.0	103.4	103.5	100.9	101.5
Cal. variation (cm)	-	0.6	0	0.1	▲2.5	▲1.9
ratio (%)	-	-32%	0%	-5%	132%	-
Obs. (cm)	101.3	-	-	-	-	99.7
Obs. variation (cm)	-	-	-	-	*▲2.3	▲1.6

* estimated value from analysis of Obs.

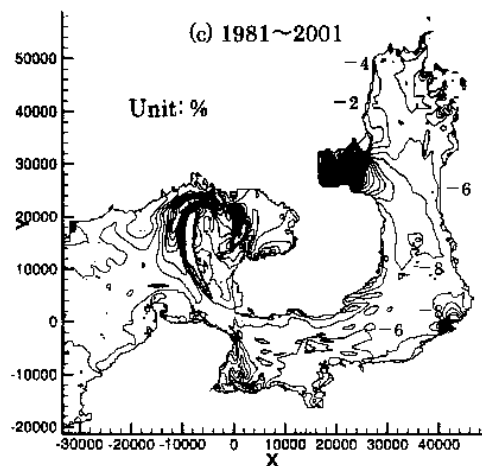
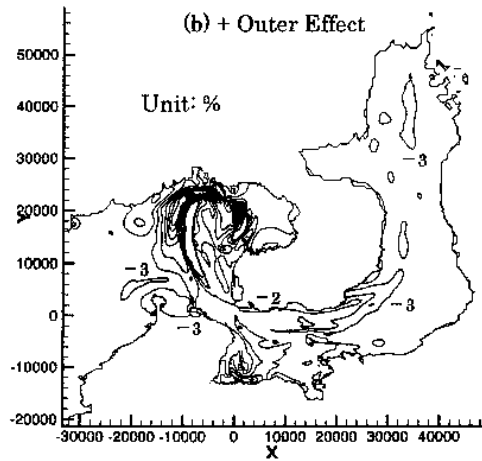
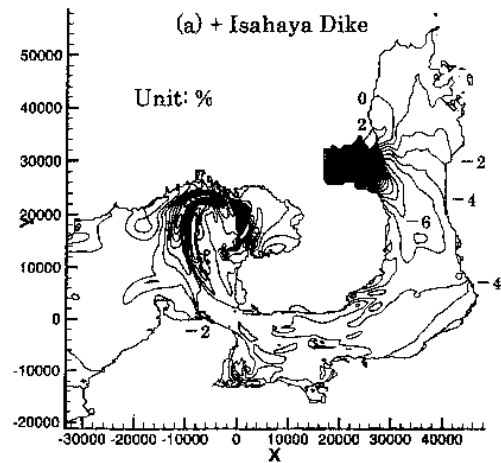


Fig. 9. Distribution of decreasing ratio in M_2 tidal current amplitude: (a) due to Isahaya dike and (b) due to change of M_2 tidal amplitude in the East-China Sea; (c) changes from 1981 to 2001.

有明海及び八代海に係る大学等による調査研究に関する文献シート

No.	H16 -19	タイトル	有明海の流れ場を支配する物理過程	
著者	松野健(九大 応用力学研),中田英昭(長崎大 水産)			
キーワード	潮汐流、潮汐残渣流、密度流、鉛直混合、乱流エネルギー逸散率			
出典	沿岸海洋研究 VOL.42 NO.1;PAGE.11-17	発行年	2004	

<目的>

有明海の流れ場を支配する物理過程について、潮汐と河川水の寄与を中心に検討した。

<結果>

・有明海の潮位変化が人為的環境変化に対応している可能性が議論されている。潮受け堤防の建設の影響を考える際には、潮位差の変化とは関係なく堤防による地形変化が直接流れを変化させ、環境に影響することの方が重要である可能性が高い。

・河川水は密度流として上層を広がり、有明海の平均流として最も重要な地位を占める。密度流の構造は潮汐流などによる鉛直混合の強さと密接に関連することから、密度流と潮汐流の相互作用が有明海の流れの主たる部分を作っている。

・貧酸素水の形成等の鉛直構造に関係する現象や水平循環の構造は鉛直混合の強さに大きく依存する。また、有明海では鉛直混合の強さは潮汐流に依存するため、潮汐流が弱くなることにより鉛直混合が弱まり成層が強くなる。鉛直混合の強さを直接測定し、潮汐流の強さとの関係を調べた結果、乱流エネルギー逸散率は潮汐流及び成層構造それぞれと両者から計算したりチャードソン数と相関があり、それらに依存していることが示唆されたが、ばらつきも大きく今後の課題である(Fig3,4)。

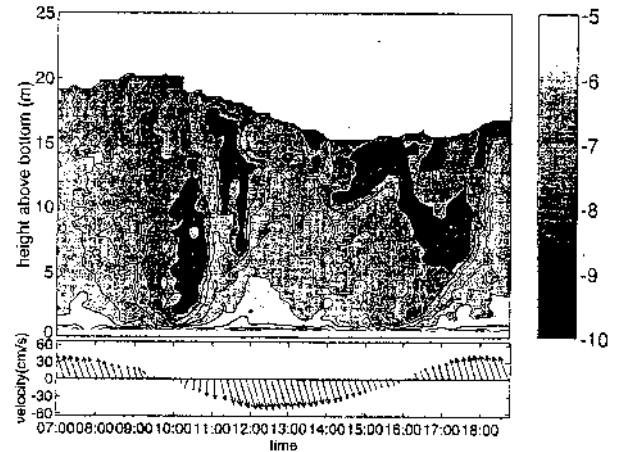


Fig. 3 Temporal variations of turbulent energy dissipation rate ϵ (upper) and vertically averaged current velocity (lower) obtained on 15 June 2003. Gray scale for ϵ is a log scale with a unit (W/kg).

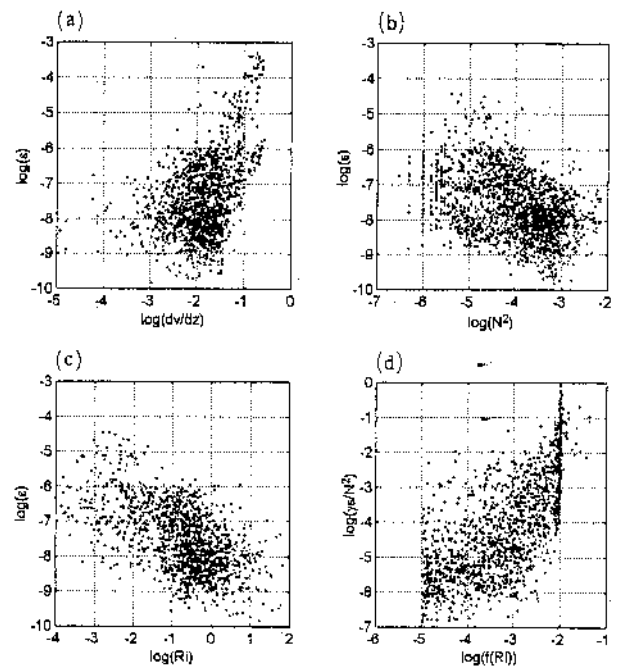


Fig. 4 Relation of turbulent energy dissipation rate ϵ to (a) velocity shear (dv/dz), (b) square of the buoyancy frequency (N^2), (c) the Richardson number (Ri), and (d) relation of the vertical eddy diffusivity estimated with $\gamma \epsilon/N^2$, where $\gamma (= 0.2)$ is a coefficient for the mixing ratio, to that calculated with Munk-Anderson type parameterization¹⁶⁾. Horizontal and vertical axes are shown with log scale.