

38. 海面上昇による茨城海岸の高潮被害の変化予測

RISK ASSESSMENT ON STORM SURGE UNDER SEA-LEVEL RISE ALONG IBARAKI COAST, JAPAN

藤巻 英明* ・ 信岡 尚道** ・ 三村 信男***

Hideaki FUJIMAKI*, Hisamichi NOBUOKA**, Nobuo MIMURA***

ABSTRACT ; Storm surges increase inundation risk according to Sea-Level Rise by global warming. To draw out long-term coastal zone management plan in consideration of countermeasure budget and environmental conservation, we should assess the inundation area along all coasts including low-risk area. This study implemented the risk assessment of the inundation generated by an overflow and a wave overtopping on storm surge along Ibaraki coast, where defense systems including sea walls have been constructed so storm surge disaster has been rare. The inundation area calculated by this study was not large, because an overflow on these sea walls did not break out even under Sea-Level Rise. The long-term management option for disaster prevention at this coast will be development of countermeasure against the wave overtopping on Sea-Level Rise or modification of land use plans.

KEYWORDS ; global warming, sea-level rise, storm surge, risk assessment

1. はじめに

IPCC (気候変動に関する政府間パネル) の第3次評価報告書によると、地球温暖化による海面上昇は1990年に比べ2100年には9~88cmに達すると予想されている。海面上昇により越波や越流などの高潮被害が増加すると懸念されるため、護岸の整備や移住などの長期間を要する対策を計画する上で高潮被害リスクの長期予測が不可欠である。全国で効率よく対策を行うには、海象条件を考慮した地域ごとの対策が重要になる。伊勢湾や東京湾など過去に高潮による甚大な被害を受けた三大湾などの都市域では護岸等の防災施設の整備や対策は進んでいるが、これまで被害規模が比較的小さかった地域では十分には検討されていない。そこで本研究では、これまで高潮被害が少なかった茨城海岸を対象として、海面上昇を考慮した高潮被害（越流・越波）の浸水リスクを明らかにする事を目的とした。

本研究では、まず茨城県における既往最大の潮位偏差を改めて算出した。算出には茨城県大洗港湾事務所の観測潮位データ（1984~2002）を用いた。次に、潮位や海面上昇、高潮による水位上昇、越波に関わる波高を組み合わせた水位シナリオを設定した。各シナリオに対し、現護岸高と護岸がない場合を対象に浸水危険域を沿岸市町村ごとに求めた。

*茨城大学大学院理工学研究科都市システム工学専攻

Graduate School of Science and Engineering, Ibaraki University

**茨城大学都市システム工学科

Department of Urban and Civil Engineering, Faculty of Engineering, Ibaraki University

***茨城大学広域水圏環境科学教育研究センター

Center for Water Environment Studies, Ibaraki University

2. 茨城海岸と過去の高潮被害

茨城県の海岸線は、千葉県との県境である利根川から福島県との県境までの約190kmある。茨城海岸は利根川から大洗町までの長大な砂浜海岸と、大洗町から福島県境までの崖と砂浜が混在した海岸とで構成されている。過去の茨城海岸における高潮被害は、27件あり気象要因と年代別に分けて表1にまとめた。表1より、護岸等の防災施設の整備が進んだことにより、近年は被害数が減少したことが分かる。

表1 茨城海岸の高潮被害^{1), 2)}

年代	台風による被害 (件)	低気圧による被害 (件)	被害数 (件)
1950 年代	1	2	3
1960 年代	2	1	3
1970 年代	10	8	18
1980 年代	2	0	2
1990 年代	1	0	1
2000 年代	0	0	0
合計	16	11	27

3. 既往最大潮位偏差の算定

本研究では、茨城海岸の中央に位置する大洗港の観測潮位データを用いた。大洗港の天文潮の潮位は、海上保安庁が発表している調和定数に基づいて、推算プログラム³⁾により推算した。実際の海面変動を表している観測潮位データは、天文潮の潮位と気象・海象要因による潮位偏差の和で表される。そこで、観測潮位データから推算した天文潮の潮位を引き、その差である潮位偏差を算出した。算出結果より、各年毎の最大潮位偏差とその気象要因をまとめたものを表2に示す。過去の資料によると、解析を行った1984年以前の大洗港における最大潮位偏差は60.0cmであったが(表3)、1984～2002年における最大潮位偏差は2002年の台風0221号による82.4cmであった。したがって、1973～2002年における大洗港の最大潮位偏差は82.4cmと算定された。

表2 年毎の最大潮位偏差と気象要因

年月日	潮位偏差 (cm)	気象要因 ⁴⁾
1984/12/17	31.3	低気圧
1985/7/1	52.3	台風 8506
1986/3/23	47.7	低気圧
1991/12/28	54.2	低気圧
1992/2/1	53.1	低気圧
1993/8/27	48.0	台風 9311
1994/2/21	56.7	低気圧
1995/9/17	52.7	台風 9512
1996/9/22	55.2	台風 9617
1997/9/19	40.7	台風 9720
1998/9/16	60.4	台風 9805
2002/10/1	82.4	台風 0221

(注:1987～1990年の観測潮位データは不自然な値が含まれていたため除外した。1999, 2000年は欠測が多くデータ数が少なかったため除外した。)

4. 海面上昇による浸水リスク

4. 1 水位シナリオ

高潮被害を越流と越波の二つと考えた。越流被害は、海面上昇と高潮による水位上昇(高潮偏差)、天文潮の潮位の和が護岸高よりも大きくなると発生し、越波被害は、海面上昇と高潮、天文潮に高波が重なり、護岸高よりも高くなると発生すると考えた。

これらを元に水位シナリオを設定した。水位シナリオを表4に示す。シナリオAは海面上昇を考慮し、越流被害の生じる可能性が最も高い条件を考えたものである。シナリオB-1～3は越波被害に対して現在及び2100年(海面

表3 大洗港における期間ごとの最大潮位偏差

観測潮位データの期間	日時	最大潮位偏差 (cm)	気象要因
1973～1984年	1979/10/19	60.0	台風 7920
1984～2002年	2002/10/1	82.4	台風 0221

表4 水位シナリオ

被害	シナリオ	海面上昇 (m)	高潮偏差 (m)	天文潮 (m)	高波の波高 (m)
越流	A	0.88	0.82	0.68	なし
越波	B-1	0	0.82	0.68	4.0～8.0
	B-2	0.49	0.82	0.68	4.0～8.0
	B-3	0.88	0.82	0.68	4.0～8.0

上昇後) のシナリオを与えたものである。海面上昇は IPCC の将来予測の中から中位の値と最大値(0.49, 0.88m)を用い、高潮による水位上昇は前節で算出した大洗港の既往最大潮位偏差(0.82m)、天文潮の潮位は大洗港の年最高値を平均した値(0.68m)を使用した。高波の波高は全国港湾海洋観測資料⁵⁾の常陸那珂港の最大有義波を参考にした。また、護岸高については、現在資料が存在する市町村ごとの平均高を用いた。

4. 2 浸水危険域の予測

茨城沿岸の陸上地形と海底地形の地形データ(標高水深データ: 200m メッシュ)を国土交通省数値情報⁶⁾の自然地形メッシュと日本海洋センター⁷⁾の J-BARD と J-EGG500 を用いて、を作成した。次に、水位シナリオ毎に計算された護岸前の海面水位と護岸高とを比較し、水位が高かった場合は、そのメッシュは浸水被害が起こる可能性のある浸水危険域と判定した。高波については、海岸線近くで砕波するかどうかを判定し、砕波した場合は砕波に伴う水位の上昇 η ($\eta = 0.1 \times H$) と砕波後の高波 H' ($H' = 0.8 \times h$) の和を考えた。砕波しない場合は、波高をそのまま与えた。ここで H は波高、 h は水深である。越波による海水の浸入距離は 1 メッシュ (200m) までとした。浸水危険域の予測の流れを図 1 に示す。

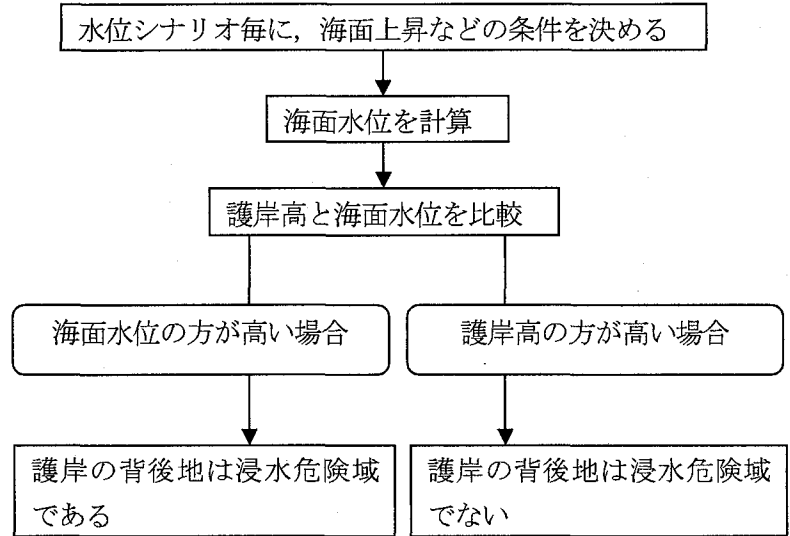


図 1 浸水危険域の予測

浸水被害に対する対策の一つとして、護岸の整備のほかに沿岸域に土地利用を抑制する低利用域(緩衝帯)を設けることが考えられる。低利用域による対策を行う場合には、その範囲がどの程度になるかを把握する必要があるため、表 4 の水位シナリオについて護岸がない場合の浸水危険域も求めた。

4. 3 浸水危険域の予測結果および考察

予測された、茨城沿岸における越流(水位シナリオ A)による市町村別の浸水危険域面積を、護岸がある場合とない場合にわけて表 5 と表 6 に示す。越波(水位シナリオ B-1~3)による浸水危険域面積について、護岸がある場合とない場合に分けて図 2-1、図 2-2 に示す。また、同様に市町村別の浸水危険域面積を図 3-1 ~3-6 に示す。

表 5 水位シナリオ A (護岸あり) の市町村別浸水危険域面積 (km²)

市町村	北茨城市	高萩市	日立市	東海村	ひたちなか市	大洗町	鉾田市	鹿嶋市	神栖市
危険域	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表 6 水位シナリオ A (護岸なし) の市町村別浸水危険域面積 (km²)

市町村	北茨城市	高萩市	日立市	東海村	ひたちなか市	大洗町	鉾田市	鹿嶋市	神栖市
危険域	1.72	0.68	2.72	0.48	0.72	0.92	1.44	1.92	3.84

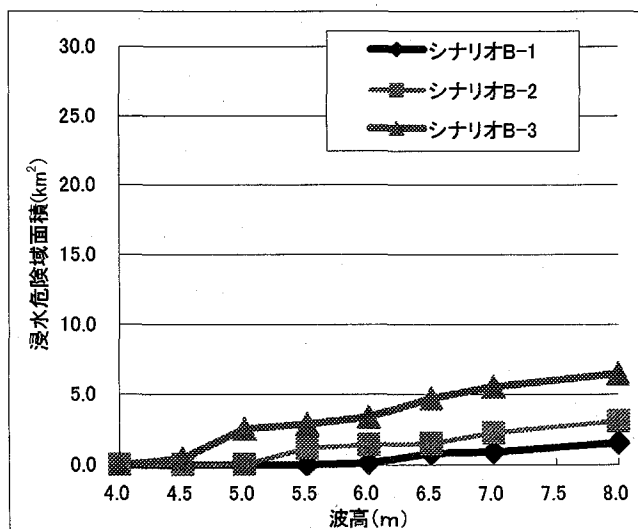


図 2-1 茨城沿岸の越波による浸水危険域面積
(護岸あり)

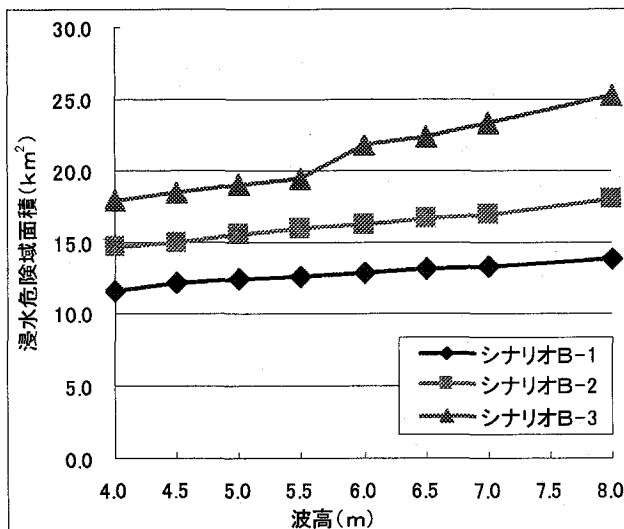


図 2-2 茨城沿岸の越波による浸水危険域面積
(護岸なし)

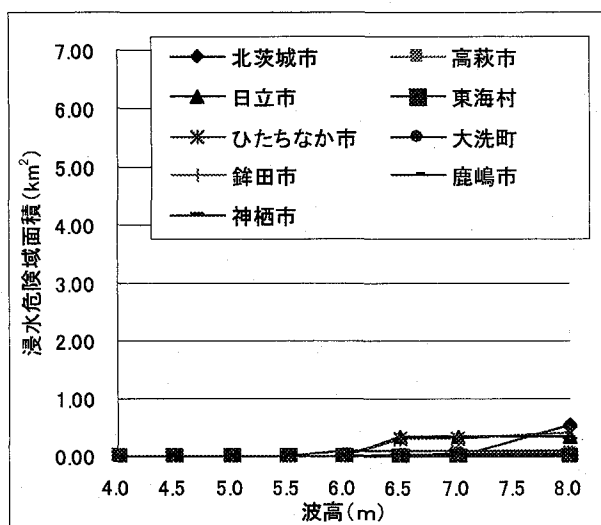


図 3-1 市町村別の波高毎による浸水危険域面積
シナリオ B - 1 (護岸あり)

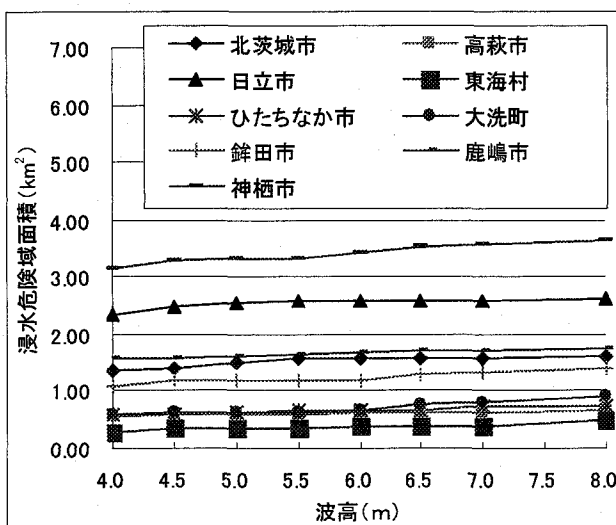


図 3-2 市町村別の波高毎による浸水危険域面積
シナリオ B - 1 (護岸なし)

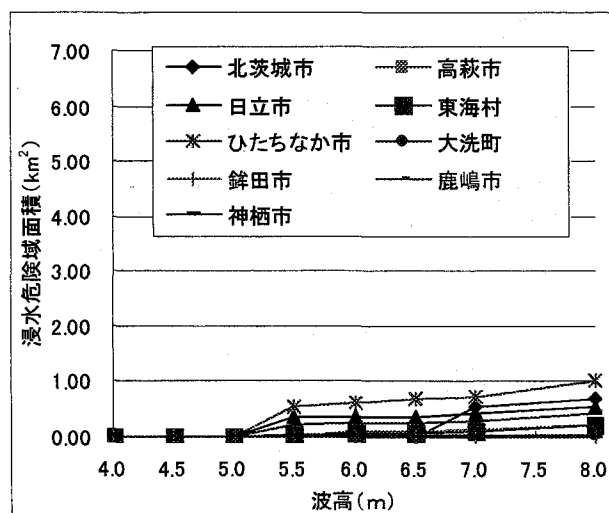


図 3-3 市町村別の波高毎による浸水危険域面積
シナリオ B - 2 (護岸あり)

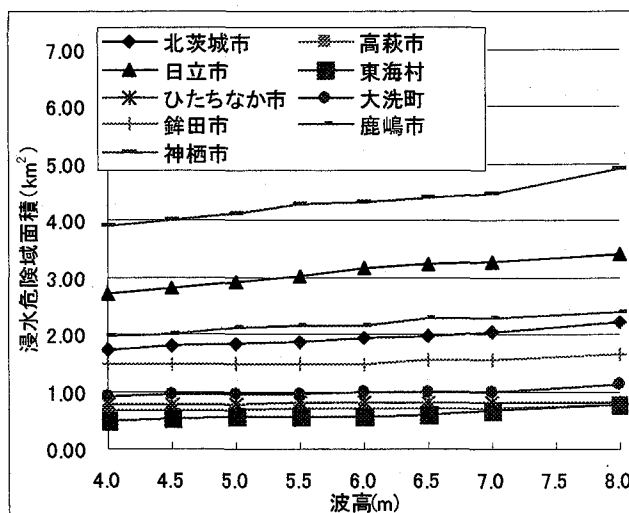


図 3-4 市町村別の波高毎による浸水危険域面積
シナリオ B - 2 (護岸なし)

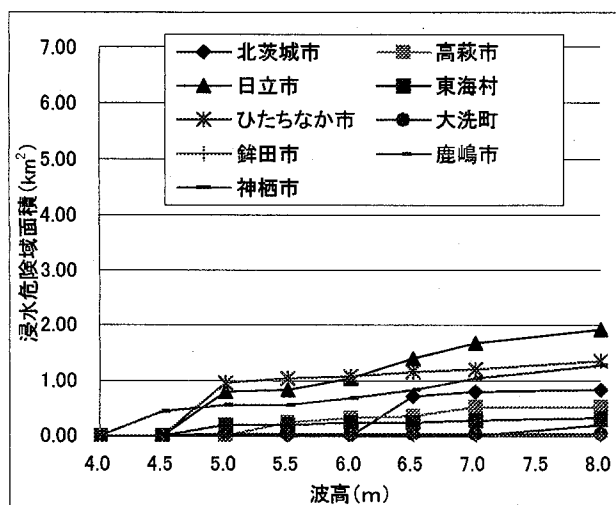


図 3-5 市町村別の波高毎による浸水危険域面積
シナリオ B-3 (護岸あり)

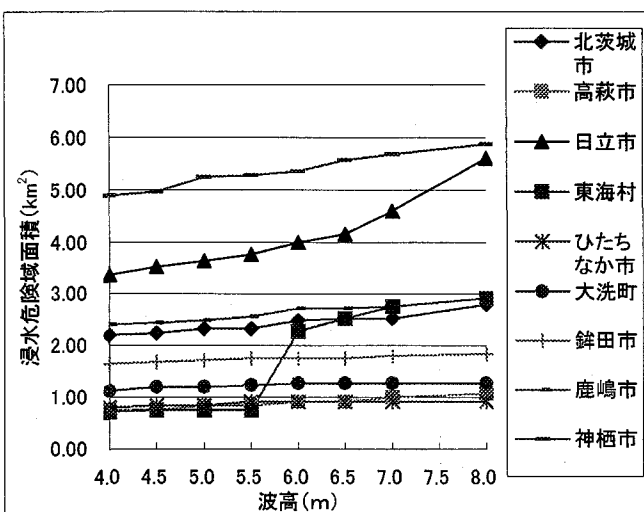


図 3-6 市町村別の波高毎による浸水危険域面積
シナリオ B-3 (護岸なし)

越流による浸水危険域面積 (表 5) を見ると、護岸がある場合、茨城海岸では地球温暖化による 88cm の海面上昇後に、満潮と既往最大の高潮による水位上昇が重なりといった最悪の条件が揃った場合でも、護岸の高さは海面水位を上回っていた。よって、現在の護岸高は越流被害を防ぐことができ、越流に対して十分な有効性を持っていると考えられる。護岸がなければ、海面上昇と高潮による水位上昇、天文潮の潮位の和によって茨城沿岸市町村の全てで浸水が発生する (表 6)。

次に、護岸がある場合の越波による浸水の危険性を検討する。図 2-1 と図 3-1 は、現況 (海面上昇 0m) でも既往最大の高潮による水位上昇に満潮が重なり、そこに高波浪が来襲すると越波による浸水被害が起こる可能性があることを示している。ただし、実際の護岸高は地点ごとに異なっているため、局所的な浸水被害を算定するためにはさらに詳細な検討が必要である。図 2-1 と図 3-3, 3-5 より、海面上昇が進行することで越波による浸水危険域は相当に拡大すると考えられる。49cm の海面上昇 (水位シナリオ B-2) では、現海面高さ (水位シナリオ B-1) では浸水しない波高 5.5m の波浪によって浸水危険域が発生し、88cm の海面上昇 (水位シナリオ B-3) では波高 4.5m の波浪によって浸水危険域が発生する。これは、海面上昇によって相対的に護岸の高さが低くなることと、水深が大きくなることによって波高のより大きな波が護岸まで到達するためである。

護岸がある場合の越波による浸水危険域を市町村別に見ると、日立市、ひたちなか市、鹿嶋市が越波による浸水被害の危険性が高い結果になった (図 3-1, 3-3, 3-5)。これは、日立市、ひたちなか市、鹿嶋市は護岸の高さが低く、かつ海岸線が他の市町村よりも長いことにより浸水危険域が広がったためと考えられる。逆に、銚田市と大洗町、神栖市は海面上昇後も浸水危険域が非常に狭く、越波による浸水被害の危険性が低い地域であると考えられる。これは、銚田市と大洗町、神栖市は、護岸高さが他の市町村よりも高いために越波による浸水被害の危険性が低い結果になったのであろう。

護岸がない場合、高波を考慮した水位シナリオ B1~3 で、浸水危険域が護岸ありと比べると相当に拡大する。現海面高さ (水位シナリオ B-1) でも護岸がなくなること、護岸がある場合ならば 88cm の海面上昇後も浸水危険域のなかった波高 4.0m の高波によって浸水危険域が発生すると考えられる。市町村別に見ると神栖市と日立市は護岸がない場合に浸水危険域が大きく拡大する結果となった (図 3-2, 3-4, 3-6)。日立市は、茨城海岸の中で最も長い海岸線を有しているために浸水危険域が大きくなったと考えられ、神栖市は陸地の標高が低いために浸水危険域が広がったと考えられる。

5. 結論

本研究では、茨城海岸における既往最大の潮位偏差を再検討し、2002年の台風21号による82.4cmとした。この高潮偏差とIPCCの与えた海面上昇予測を元にした茨城海岸の浸水リスクは以下のようにまとめられる。

- ① 高潮による越流は、海面上昇量が88cmの場合でも現在の護岸高さで防ぐことが出来る。現行の護岸高は越流に対しては十分な有効性を持っている。
- ② 高潮時の越波による浸水被害は、現在の海面水位でも、満潮に高潮が重なった時に高波浪の波が重なるといった厳しい条件が揃った場合には発生する可能性がある。また、海面上昇量が49cmになると、越波による浸水被害を受ける地域は相当に拡大する。さらに、88cmの海面上昇が起これば、波高5.5m程度で茨城沿岸の市町村の多くが越波による浸水被害を受ける。特に、港湾地区がある日立市、ひたちなか市、鹿嶋市における浸水被害の危険度が高いという結果となった。
- ③ 護岸がない場合には浸水危険域は拡大するが、88cmの海面上昇後に高潮と満潮、波高8.0mの高波が重なる場合の浸水面積は約25km²である。

以上より茨城沿岸では、越波の阻止と護岸背後にせき止められた海水による水圧の増加を考慮した護岸整備を検討する必要があるといえる。一方、茨城の海岸には砂丘や海崖が発達し、高潮・高波の内陸への浸入が抑制される地形条件の場所も多い。そのため、土地利用の誘導によって海岸近くに一定の幅の緩衝帯を設置し海岸の安全性を高める方策も有効である。

謝辞

本研究では、大洗港湾事務所の作成した大洗港における観測潮位データを使用させて頂きました。茨城県土木部河川課の松浦健朗氏、水戸地方気象台の萩原裕之氏、大石喜仁氏にはお忙しい中お話を聞かせて頂き、貴重な資料も提供して頂きました。また、本研究は環境省『「地球環境研究総合推進費（s-4）」温暖化の危険な水準及び温室効果ガス安定化レベル検討のための温暖化影響の総合的評価に関する研究』の成果の一部である。ここに記して厚くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 茨城県資料
- 2) 防災科学技術研究所：<http://www.bosai.go.jp/jpn/fusui.htm>，台風災害データベースシステム
- 3) 土木学会水理委員会水理公式集改訂小委員会水理公式集例題プログラム集編集部会（2002）：水理公式集例題プログラム集 例題5－実用6 潮汐の推算プログラム，土木学会
- 4) 独立行政法人港湾空港技術研究所（2004）：港湾空港技術研究所資料 全国港湾海洋波浪観測年報 NOWPHAS 2002 他，独立行政法人港湾空港技術研究所，p14
- 5) 運輸省港湾局（財）沿岸開発技術研究センター（1996）：全国港湾海洋波浪観測 25 か年統計資料 NOWPHAS 1970～1994，p305
- 6) 国土交通省 数値情報：<http://nlftp.milt.go.jp/ksj/>
- 7) 日本海洋データセンター：http://www.jodc.go.jp/index_j.html
- 8) 総合科学技術会議環境担当議員，内閣府政策統括官（科学技術政策担当）共編（2003）：地球温暖化研究の最前線—環境の世紀と知と技術 2002—，財務省印刷局，pp50，96
- 9) 茨城県（2004）：茨城沿岸海岸保全基本計画，茨城県，pp1-2，2-1