東海大学大学院平成28年度博士論文

越波式波力発電装置開発に向けた波の打上げ高と 越波量に関する基礎的研究

居 波 智 也

第1章 序論	1
第2章 研究背景および研究目的	2
2.1 波力発電の歴史	
2.2 波力エネルギーとエネルギー変換方法	6
2.3 海外の波力発電プロジェクト	7
2.4 日本の波力発電の状況	9
2.4.1 日本の波力エネルギー開発	9
2.4.2 日本における波力発電プロジェクト	
第3章 既存の打上げ高理論	
3.1 既存の打上げ高の理論	
3.1.1 Le Meaute(堀川)	
3.1.2 Miche (Miche, 1944, 1951)	
3.1.3 Sainflou (Sainflou, 1928)	
3.1.4 Saville (Saville, 1958)	
3.1.5 中村ら(中村, 1972), 間瀬ら(間瀬, 2003a), 玉田ら(玉田ら, 2009)	
3.1.6 高田 (高田, 1970, a,b)	
3.1.7 間瀬(Mase, 1989)	
第4章 波の打上げ高特性	
4.1 研究背景および研究目的	
4.2 実験施設および実験装置	
4.3 相似則	
4.4 実験方法および実験条件	
4.5 解析方法	
4.6 波エネルギー算出方法	
4.6.1 規則波の波エネルギーと波パワー	
4.6.2 不規則波の波エネルギーと波パワー(合田, 1984), (Tanaka ら, 2012)	
4.7 波パワーによる打上げ高の考察	
4.7.1 規則波	
4.7.2 不規則波	
4.8 まとめ	64
第5章 越波量特性	67
5.1 研究背景および研究目的	67
5.2 各種傾斜板長さによる越波量特性	68
5.2.1 実験目的	68
5.2.2 実験施設および実験装置	68
5.2.3 実験方法および実験条件	75
5.2.4 解析方法	

5.2.5	実験結果および考察	77
5.2.	5.1 各傾斜板長に対する実験結果および考察	77
5.2.	5.2 各越波揚程に対する実験結果および考察	
5.2.6	傾斜板の長さによる波パワーと越波量の関係	
5.2.7	まとめ	
5.3 単7	水槽を使った越波量特性	
5.3.1	実験目的	
5.3.2	実験施設および装置	
5.3.3	実験方法および実験条件	
5.3.4	解析方法	
5.3.5	実験結果および考察	
5.3.6	既存の研究との比較	101
5.3.7	波パワーによる越波量推定の考察	106
5.3.8	まとめ	107
5.4 多興	_{設水槽を使った越波量特性}	109
5.4.1	実験目的	109
5.4.2	開口幅と流入に関する実験	109
5.4.	2.1 実験施設および実験装置	109
5.4.	2.2 実験方法および実験条件	112
5.4.	2.3 結果および考察	113
5.4.3	斜面板角度による越波量特性実験	114
5.4.	3.1 実験目的	114
5.4.	3.2 実験施設および実験装置	114
5.4.	3.3 実験方法および実験条件	118
5.4.	3.4 結果および考察	120
5.4.4	まとめ	128
第6章	結論	129
参考文南	决	

謝辞

第1章 序論

人類のみならず地球上の全ての生命は,現在,地球温暖化という渦中に存在している.地球温暖化と は人為起源の温室効果ガスの影響で地球の気候システムが温暖化に傾くことである(環境省).地球温暖 化によって,大気や海洋の世界平均温度の上昇,雪氷の広範囲にわたる融解,世界平均海面水位の上昇 がもたれされ,これら気候システムの急激な変化によって,水,食料,エネルギーなどの生命に必要な 要素が大きくバランスを欠くこととなる.このバランスの欠如によって引き起こされる最悪のシナリオ は,現状のまま化石燃料を消費し続けると2050年には大気中のCO2濃度が500~550ppmになり,陸上 動植物の15~37%が絶滅するという結論を得た(Nature,2004).

二酸化炭素(CO₂)やメタン(CH₄)は、最も代表的な人為起源の温室効果ガスであり、2005年における大気中CO₂濃度(379ppm)およびメタン濃度(1774ppb)は、過去約65万年間の自然変動の範囲をはるかに上回っている.これらの濃度上昇は、主に化石燃料を使用することで起きており、人類が化石燃料に依存したシステムを構築し続ける限り、この深刻な問題を解決する事は不可能である.即ち、地球温暖化を防ぐためには、化石燃料依存のシステムから脱却し、人為起源の温室効果ガス排出量を減らすことが必須なのである.

現在,地球温暖化は世界各地で問題視され,このまま化石燃料依存のシステムを継続し温暖化が進む と,種の絶滅,気候変動,食糧問題,水問題,海面上昇など様々な問題が起こると発表されている状況 において,化石燃料に依存しないシステムとして,太陽光,風力,バイオマス,地熱等の再生可能エネ ルギーが注目視されている.またこれらを積極的に利活用する技術を開発することは土木技術者の使命 だと考える.

化石燃料依存のシステムから脱却し,温室効果ガスを削減するひとつの手段として,筆者が所属する, 東海大学海洋学部環境社会学科田中研究室では,海洋エネルギーを電気に変換させる方式を検討してお り 2009 年から本格的に研究を進めている.海洋エネルギーの発電方式には大きく分けて 8 種類(EMEC) があるが,我々が研究を進めている発電方式は図 2-1 に示す越波型の波力発電である.

越波式波力発電装置は,波エネルギーを2つの変換過程を経て電気エネルギーが取得できる.1つ目の 変換過程は,襲来する波のエネルギーを傾斜板を使って越波させ水槽に貯水することにより位置エネル ギーへ変換する過程である.2つ目の変換過程は,変換された位置エネルギーによって水槽下部に設けら れた放水管内の発電機のプロペラを回す運動エネルギーに変換する過程である.この過程を経て電気エ ネルギーへと変換される仕組みとなっている.

筆者らが開発している発電装置は,多段式の水槽を有している.これは,潮位変動や天候の変化に伴い移り変わる海の波浪条件にあわせて設計した.

本論文では、効率のいいエネルギー変換を考えるうえで重要な要素となる、傾斜板を遡上する波の打 上げ高と、打ち上げられた越波量について過去の研究論文と筆者らが行った実験結果を比較検討し、新 たな理論を提案することを目的としている.



図 2-1 越波式波力発電装置のイメージ (a:杭式, b:重力式)

2.1 波力発電の歴史

波のエネルギーを利用しようとする試みは、ヨーロッパを先行とし古くから存在する.例えば、イタ リア人の H.F.Linden は、1889 年に波喰船という波のエネルギーを利用し推進する船を試作している(高 橋、1993).また、図 2-2 は今から約 120 年前に波力発電の特許を取得した一例である(益田、1987). 斜線 で示す浮体部が、襲来する波により上下し、その動きに連動した油圧ポンプが動力を発生する仕組みに なっている.



図 2-2 波力発電特許の一例(益田, 1987)

20 世紀の初め頃、フランスの Bouchaux-Praceique が波から電気を作る実証試験を行った.ボルドー海岸と繋がった井戸を掘り、襲来する波によって井戸の水面が上下するのにともなって空気を押し引きし、ファンを回転させて発電するシステムとなっている.実際に1kWの発電に成功し、自宅に電力を供給したと記録されている.(高橋,1993)

20 世紀の半頃に入ると,波エネルギーを人間生活に利活用させる事を目的とした研究が進められ,実 用化に向けた開発が進んだ. 蓄電池と組み合わせた灯標ブイや小型灯台用電源が考案され,このシステ ムはその後の波力発電の開発に大きな影響を与えた.

モナコ海洋研究所は 1931 年に海水の揚水を行うための波エネルギー変換装置を開発し 10 年間稼働した.この他にも多くのアイディアが出され、そのうちいくつかが実験へと進んだ(高橋ら,2009).また、同年にはヨーロッパ委員会(EC)のジュール2計画として波力発電開発研究が開始された.この計画では、1994~1995 年を空気タービン方式の発電テストと位置付けた第1段階、1995~1998 年に沖合波力発電所の実海域テストと位置付けた第2段階として、段階的に発電方式の研究が進められた(高橋,1993).

日本においても多くの装置が考案されており,図 2-3 は広井博士が研究開発した装置のひとつで,空気 を圧縮し霧笛を鳴らすものである.図 2-4 は,1948年に内務省の前出が雑誌「港湾」に発表した波力発 電ケーソンの原型とも言うべき波エネルギー変換装置案であり,前ではケーソンに波エネルギー変換装 置を付加することが合理的であると述べている(高橋,1993).

3



(Hiroi, 1919)



HWL. L.W.L.

(高橋, 1993)



写真 2-1 航路標識ブイ (高橋, 1993)

写真 2-1 は 1965 年に実用化された航路標識ブイ型の波力発電装置で ある(高橋, 1993). 益田善雄は、20世紀半ばに開発された他国の灯標 ブイに影響を受けたことから港路標識のブイに小型の波力発電装置を 取り付けることを考え、世界初となる波力発電を実用化したマスダ・タ ービンを開発した.これは、ブイ中心にある円筒の中の水面が動き、 空気の圧縮により空気タービンを回転させるものである.4つの弁をも つ空気タービンは、波の上下にともなう空気の逆流を、一方向の流れ に調整する機能を持たせた画期的な構造となっている(高橋, 1993). 発電出力は 10-500W である. なお, この変換方式は, 振動水柱方式

(OWC: Oscillating Water Column) と呼ばれており、これまで日本で 開発されてきた中で最も多いタイプである.なお、空気タービン方式 とも呼ばれており、時間を問わず発行するため、常に船舶に航路を表 示できる画期的な発明となり,全国各地に1,000 基以上設置されている (高橋, 1993).

表 2-1 は国内外の波力発電の歴史を年表にまとめたものである.

年	世界	日本
1973	中東戦争、第一次石油危機	石油パニック、物価高騰
1974	(英)salter,浮遊式可動物体型DUCK発明	
1975	Falnsら(ノルウェー)点集中装置の解析	航路標識用0WC益田ブイ世界で1400個普及
1977		波力発電船「解明」第一期実験(鶴岡市三
1011		
1979	波エネルギー国際会議Chalmers大(スエーテ	室闌上大波部・近滕ら、振り子式システム 惑品
	<i>()</i>	光明 安萌工士 安萌港に油力宝融プラント・
		主東工八、主東伦に仮刀夫駅ノフント・ ケーソン設置
1980	(革)Count編・Power From Sea Waves刊	/ / / WE 本間ほか「海洋エネルギー読本」刊
1000		北海道増毛町、振り子式波力発電20kW給
		湯装置
1981		
1982	Coventry大学(英)Bellamyら、SEA CLAM開発	
		日本造船学会「海洋エネルギー利用」刊
		室蘭工大波力実験プラントに振り子式新技
1984		術事業団固定型OWC40kW設置
		第一回波很エネルギー利用シンボジューム (法学社会)
	TUTIM社テラルゼーンハル(I・I - ルットエ	()) () () () () () () () () () () () ()
	1010m仮エイルモーンンか(L1sbon, かルト刀 ル)	「毋叻」
1985	/// クバーナー社(ノルウェー)タ重世嶋刑	P や 2 加 1 (一 欠 2 加 1 (穴 穴 内 1 (穴 穴 穴 内 1) (一 穴 内 1) (一 元 1) (一 元 1) (一 元 1) (一 元 1) (一 元 1) (一 元 1) (一 元 1) (一 元 1) (一 元 1) (一 元 1) (一 元 1) (一 元 1) (一 元 1) (一 元 1) (一 元 1) (一 元 1) (一 元 1) (一 元 1) (一 元 1) (- 元 1) (- 元 1) (- 元 1) (- 元 1) (- 元 1) (- 元 1) (- 元 1) (- 元 1) (- 元 1) (- 元 1) (- 元 1) (- 元 1) (- 元 1) (
	/ / / / / / / / / / / / / / / / / / /	第二回波浪エネルギー利用シンポジューム
1987	デンマークブイ1kW現地試験	
1001		エンジニアリング振協、九十九里町にOWC
1988		定圧化システム装置30k W設置
1000		土木学会「波エネルギー利用技術の現状と
1990		課題」刊
1991	Queen's大学(英)スコットランドISLAY島で	運輸省、酒田港に波力発電防波堤建設
1001	陸上型OWC75kW実験	
1992	(木)Seymour編Ocean Energy Recovery,ASCE	弗二回波很エネルギー利用シンボジューム
		彼辺らロータリペーンホンフ及び振り子
	Torivandrum(FD)ケーソン式OWC 150LW記墨	ロークリーハーノホノノ神空ンヘフム発明 海洋エネルギー国際シンポ"ODECO2"空萌エ
1993	1stFU波エネルギー全議Edinhurugh(茁)	1947-11/27 国际ノノか ODE030 主風上 大/寒地法湾研究ヤンター主催 宏蘭開催
	TO BOOK AND A KLUTINGI USI (大)	一体型ロータリーベーンポンプ20kW現地試
		験、室蘭工大/寒地港湾技術センター
	ART社(英),波-風力ハイブリット型システム	
1005	OSPRAYを設置	
1995	2ndEU波エネルギー会議Lisbon	
	ROSS(英): 「Power from Sea Waves」刊	
1996	McCabeポンプKilbahara(アイルランド)で試	東北電力、水弁式OWC130kW福島県原町港設
1997	国連温暖化防止条約国会議(COP3). 京都	近藤編「海洋エネルギー利用技術」刊
1001		「新エネルキー利用促進法」制定
1998	3rdEU波エネ会議Patras(ギリシャ)	リニューアフルエネルギー有効利用・晋及 促進機構(IOPDE) 発見
	(革)スコットランドISLAV皇で陸上OWC500ト	1911年17日12月1日-2011-111月1日-111日 ル」120kWの試験開始 三番単茜膚湾
2000	W級実用機,LIMPET,稼働	「電気事業者による新エネ利用に関する
	····/································	法 制定
	4th波エネ会議Aalborg(デンマーク)	
2001	Energytech社、Port Kembla(豪)に波収歛型	
	OWC設置	
2002		
		佐賀大学に海洋エネルギー研究センター開
2003		
		北海迫潮棚町、潮棚港内に海上風力発電、
0004	Ucean Power Delivery Ltd.スコットランド	
2004	Urkney弾ぐ可動物体型Pelamisの海球試験 5+hFU速エマ会議 Control マノリニング	
	ounco仮亠个云诫、COTK(ノイルフノト)	

表 2-1 波力発電年表(1973~2004年)(渡部ら,2005)

波力発電は、風力、太陽光、水力などの再生可能エネルギーに匹敵するものであると考えられる.現 在の日本では、波力エネルギーを利用している地域はほとんどなく、発電のための技術もほとんど実証 されていない.しかし、地球規模で理を考えエネルギーの多様化を図ると、波力エネルギーは再生可能 エネルギーの1つとして必要不可欠なものである.

地球の表面の約3分の2を覆っている海は、膨大なエネルギーを有し、大きなエネルギー資源といえる. そのエネルギー量は膨大な量だと推測でき、波力エネルギーもその中のひとつである. 波は地球の活動が継続されている限り、波力エネルギーは無尽蔵に作られると考えられる. 波力エネルギーは、そのエネルギー資源の大部分は未だ利活用されていないのが現状である.

波力エネルギーを利用するには波の持つエネルギーを何らかの形で変換し,既存の系統連系に組み込む必要がある.変換する技術として,波力エネルギーの変換には図2-5(EMEC)のような8つの基本的なシステムが提案されている.これらのシステムによって直接発電機を作動させる方法や,間接的にタービンや発電機を作動させる方法が提案されている.

Overtopping device	Oscillating wave Surge Converter	Bulge Wave
© 2008 AQUARET	© 2008 AQUARET	© 2012 AQUARET
Point absorber	Submerged pressure differential	Rotating Mass
	Overtopping device	Overtopping device Oscillating wave Surge Converter Surge Converter Image: Converter Image:

図 2-5 各種波力発電方式

(EMEC : http://www.emec.org.uk/marine-energy/wave-devices/)

2.3 海外の波力発電プロジェクト

表 2-2 に主な海外の波力発電プロジェクトを示し、いくつかプロジェクトを取り上げる.

プロジェクト名及び装置名	国名	社名及び事業名
Pelamis.Pelamis P2	スコットランド	Ocean Power Delivery
VIVACE	アメリカ	Vortex Hydro Energy
WaveDragon	デンマーク	Wavedoragon
AquaBuOY	アメリカ	Aqua Energy Group
PowerBuoy	アメリカ	Ovean Power Technologies
Wavebob	アイルランド	Wavebob
Pico	ポルトガル	Wave Energy Center
Pot Kembla	オーストラリア	OceanLinx
SSG(Seawave Slot-Cone Generator)	ノルウェー	WAVEenergy AS

恚	22	海外油力発電プロジェク	1
衣	2-2	(#シト仮/J:兜 电ノロンエク)	ļ

Pelamis

図 2-6, 写真 2-2 に示すイギリスの Pelamis wave パワー社が開発した Pelamis は, 直径 3.5m の円筒浮体 を連結した全長 150m の発電装置となる. シリンダーポンプと可変容量型のモータを浮体の連結部に組み 合わせて発電を行う仕組みとなっている. 2008 年 9 月に北ポルトガル沖に 750kW 機が 3 基設置された (NEDO, 2007).



⊠ 2-6 Pelamis (http://nnmrec.oregonstate.edu/pelamis-attenuator)

写真 2-2 Pelamis (http://www.pelamiswave.com)

Wave Dragon

写真 2-3 に示すのはデンマークの Wave Dragon ApS 社が開発した浮体式越波型装置 Wave Dragon である. 2011 年 3 月ころから北海にて 1.5MW の試作機を投入し, 4MW および 7MW の発電機への展開可能性を 示唆している.浮体姿勢を支持する渓流ケーブルは, Aalborg 大学が 1/50 モデルの試験を担当した.この プロジェクトはデンマークエネルギー局の EUDP プログラムの支援を受けた.(Wave Dragon)



写真 2-3 Wave Dragon (http://www.wavedragon.net/)

The SSG

図 2-7, 図 2-8 に示す The SSG (Slot-cone Generator) は, 2004 年にノルウェーの WAVE energy AS 社に より開発された固定式越波型発電装置である (NEDO, 2007). 固定式だが多段であるため潮位変動時の越 波にも対応し, 図に示したように防波堤に組み込まれるタイプとなる.



図 2-7 The SSG



⊠ 2-8 The SSG

(http://www.waveenergy.no/OffshoreInstallation.htm) (http://www.waveenergy.no/OffshoreInstallation.htm)

以上、様々なプロジェクトとタイプを取り上げたが欧州各国は海洋エネルギー技術で世界を先導する 立場にあることがわかる.欧州各国がこれほどまでに海洋エネルギー技術を支えられている大きな要因 は、再生可能エネルギーを支援することにより世界の気候変動の脅威に取り組もうとする政府や民衆の 積極的な政策と、クリーン技術の主導的地位を得て経済成長の機会を得ようとする意欲にある.その他 にも、欧州各国を訪れるとわかるが、例えばドイツは我が国の様に地域ごとで電力会社が勝手に決まっ ていることは無く、大手電力会社以外に再生可能エネルギー100%の電力ベンチャー企業が多くあり、個 人が任意で契約する電力会社を選択できるシステムが確立されている.その様な背景も欧州各国が世界 を先導している要因のひとつといえる. 2.4.1 日本の波力エネルギー開発

日本は四方を海に囲まれている島国であるゆえに、国全体を取り巻く海のエネルギーは膨大なもので ある.図 2-9 は日本に来襲する波パワーの分布を示すもので、全体として年間波エネルギー量の総量は 2GWh/m である(田中ら, 2013).その恵まれた資源を利用しようと日本でも波力エネルギー開発は行わ れていた.しかし、巨額の公費の投入にかかわらず失敗が相次ぎ、現在は1998年~2002年に行われたマ イティホエールプロジェクト終了を最後に大規模な波力エネルギー開発は行われていないのが現状であ る.



図 2-9 日本近海の波パワー(田中ら, 2013)

2.4.2 日本における波力発電プロジェクト

日本では海洋科学技術センターの「海明」や室蘭工大の「振り子式装置」など多くの波エネルギー変換装置が研究されてきた.表 2-3 に示すとともに,発電方式ごとに概要を示す(田中ら, 2009).

実験名:	および実験機関	実施年	発電方式
海明	海洋科学技術センター	$1977 \sim 1985$	振動水柱型
振り子式装置	室蘭工大	$1979 \sim 1990$	振り子式
沿岸固定式	海洋科学技術センター	$1983 \sim 1984$	振動水柱型
海陽	日本造船振興財団	$1984 \sim 1986$	振り子式
定圧化タンク方式	エンジニアリング振興協会	$1988 \sim 2000$	振動水柱型
波力発電防波堤	運輸省	$1990 \sim 1991$	振動水柱型
水弁集約式	東北電力	1996	振動水柱型
マイティーホエール	海洋科学技術センター	$1998 \sim 2002$	振動水柱型
ジャイロ式	神戸大・㈱アルファ技研	2001~	ジャイロ式
振り子式装置	関西電力	1989~1999	振り子式

表 2-3 わが国の波力発電の開発

振動水柱型

海明

図 2-10 に示す海明は浮体構造物で、浮室を除いて底部は空いて空気室となっており、室内の水面が 上下することによって空気タービンを回しエネルギーを取り出す振動水柱型である(益田ら、1979). 1978 年の実験開始以来、独立行政法人海洋研究開発機構(益田ら、1979) を中心とし、山形県鶴岡市 由良の沖合で3回の実験を実施している.実験開始当初は25m²の空気室が24室に仕切られており、 IEA(国際エネルギー機関)との共同研究として実験が進められ、イギリス、アメリカ、カナダ、ア イルランドが参加した.第2次実験では東北電力の系統に送電する試験を、第3次実験では空気室の 改造を行った.空気タービンには常に一方向に回転するウェルズタービンを用いるなど、出力向上を 目指した実験が実施された(財団法人電力中央研究所).



沿岸固定式

図 2-11,写真 2-4 は沿岸固定式波力発電装置と呼ばれており,1983 年に海洋科学技術センターが富 士電機や三井造船とともに山形県三瀬の海岸で実証実験を行った.波力発電ケーソンと同じ振動水柱 方式の装置であり,定格 40kW のタービン発電機によって,実験期間中平均 11.3kW を記録している (高橋,1993).



図 2-11 発電システム図(高橋, 1993)



写真 2-4 沿岸固定式装置 (三瀬) (高橋, 1993)

定圧化タンク方式

写真 2-5,写真 2-6,図 2-12,図 2-13 はエンジニアリング振興協会が,竹中工務店等とともに 1987 年に千葉県山武郡九十九里町で定圧化タンク方式波力発電システムの実験を行った概要である.多数 のパイルからなる空気室を持ち,ここからの空気室を定圧タンクに一度ためてタービンを回転させて いる(竹中工務店).概要を以下に示す.

波エネルギー吸収装置:直径 10m,高さ 11.8m,10 ユニット 定圧化タンク:直径 9.6m (このタンクで平滑化する) 定格出力:30kW (ラジアル型タービン・同期発電機)



写真 2-5 定圧化タンク方式波力発電システム (http://www.takenaka.co.jp/solution_manage/needs/recy clable/service05/index.html)



写真 2-6 定圧化タンク (http://www.takenaka.co.jp/solution_manage/needs/ recyclable/service05/index.html)



(http://www.takenaka.co.jp/solution_manage/nee ds/recyclable/service05/index.html)





波力発電防波堤

図 2-14, 図 2-15 は運輸省によって設置された波力発電防波堤である.設置海域は秋田県酒田港で, 1987 年から設計と施工が進められ, 1989 年 12 月より運転が開始した. 1991 年まで実証試験を行い, 1999 年 7 月まで発電機器等の劣化試験が行われた.発電は OWC システムである. タービンは,空気 流の向きにかかわらず一定の方向に回転するウェルズタービンを用い,大きな波が発生した時は空気 を外に逃がす保護装置を備えている(高橋, 1993).



図 2-14 酒田港波力防波堤概要図 (高橋, 1993)



水弁集約式

写真 2-7 に示す水弁集約式波力発電システムは、東北電力が 1996 年 9 月より原町火力発電所の南防波 堤において実証実験を行っており、波高 1.2m 以上の波浪状態において、平均出力が常時プラスになり総 合効率は約 8%になった(東北電力株式会社).

設置場所:原町火力発電所の南防波堤突端部 定格出力:130kW(振動水柱型) タービン:タンデム式衝動型空気タービン 発電機 :横軸形誘導発電機 発電電力:6kV電力系統に接続送電



写真 2-7 水弁集約式波力発電システム (https://www.tohoku-epco.co.jp/enviro/tea3 /chapter3/sec1/12.htm)

マイティホエール

写真 2-8, 図 2-16 に示したマイティホエールは,海の沖合に停泊させ,打ち寄せる波の力を効率よ く吸収して発電する沖合浮体式波力装置であり,断面が鯨に似せている.また波を吸収する消波作用 も備え持つ.発電には振動水柱型空気タービン方式を用い,沖合からの波によってマイティホエール の前面にある空気室内の水面が上下し,空気タービンを回転させ発電を行う(鷲尾ら,2000).





写真 2-8 マイティホエール (CDIT:http://www.cdit.or.jp/o_magazine/vol2/p2.html)

図 2-16 マイティホエール (鷲尾ら, 2000)

振り子式波力発電

振り子式波力発電装置

室蘭工業大学および北海道開発局土木試験所の協力のもと,昭和58年3月に室蘭港外に一次変換出力5kWの発電装置を設置した.(渡部ら,1986).出力は1~12KWである.



写真 2-9 振り子式波力発電装置 (波力発電:パワー社)



図 2-17 振り子式波力発電装置 (CDIT:http://www.cdit.or.jp/o_magazine/vol2/p2.html)

海陽

写真 2-10 は浮体式波浪発電装置「海陽」である.これは波浪によるソルター型浮体の運動をリンク 機構で SEP 型の海洋固定構造物上のアクチュエーターに伝達を行い,油圧に変換し,油圧モータを経 て交流発電機を駆動するものである(NEDO 再生可能エネルギー技術白書). 1984 年沖縄県八重山郡 西表島サバ崎沖水深 10mに設置.約2年間実験を実施した.出力は 1~12kW であった.



写真 2-10 海陽 (NEDO 再生可能エネルギー技術白書)

久慈波力発電所(NET)

文部科学省の東北復興次世代エネルギー研究開発プロジェクト(課題1)「三陸沿岸へ導入可能な波 力等の海洋再生可能エネルギーの研究開発」にて進められた振り子式発電となり、東日本大震災で被 災した岩手県久慈市に波の力を活用する目的である.2016年8月に玉の脇漁港に設置し運転をスター トする予定であり、北日本造船㈱などが協力し東大生産技術研究所が開発を進めてきた.装置は幅7m、 長さ12m,高さ4mの装置の下に取り付けられた幅4m,高さ2mの板が波を受けることで発電機を動 かす.想定される出力は43kWとなり、一般家庭で約10世帯分の電力を賄う計算となる.



図 2-18 波力発電装置の設置イメージ(スマートジャパン:

http://www.itmedia.co.jp/smartjapan/articles/1603/29/n ews039.html)



/29/news039.html)

ジャイロ式波力発電

写真 2-11,図 2-20 に示す波力発電システムは、神戸大学の神吉教授を中心に開発されたシステムとなり、ジャイロモーメントを利用し浮体の波による揺れから直接発電機を回転させる方式となる.鳥取県 賀露港沖で 20kW 級のブイ型試験機の実験が、和歌山県西牟婁郡周参見漁港内で 50kW 級のドーナツ型試 験機の実証実験が実施された(永田、2009).





写真 2-11 ジャイロ式波力発電システム(永田, 2009)

図 2-20 発電システム図 (永田, 2009)

機械式波力発電

機械式波力発電システム

図 2-21 に示す波力発電システムは、三井造船が Ocean power Technologies 社の波力発電装置である Power Buoy を日本海域に適した仕様に改造した機械式波力発電装置となる.この発電方式は、波に合 わせてフロートが上下し、発電機を駆動して発電するものである.定格出力に達するためには有義波 高 2m、有義波周期 8s 以上を必要とする(三井造船技報).



図 2-21 機械式波力発電装置 (三井造船技報)

越波型波力発電

越波式波力発電装置

2012 年度 NEDO「風力等自然エネルギー技術研究開発/海洋エネルギー発電システム実証研究」に 採択され,市川土木㈱(再委託:東海大学),いであ㈱,協立電機㈱の4者で共同研究開発を行った. これに先駆けて,2009 年に東海大学(田中博通)がNEDO「新エネルギー技術研究開発/洋上風力発 電等 技術研究開発/海洋エネルギー先導研究」において採択され,様々な波浪条件や潮位変動に対応 する基本的な多段式の構造と水理学的特性を決定した.それを引き継ぎ,2012 年度から多段式の越波 式波力発電装置開発に向けた実証試験への取組を行った.この装置は,20m 幅の装置をひとつのユニ ットと考え,日本全国の港湾にある防波堤の沖側に複数設置する構想となっており,襲来する波エネ ルギーのおよそ 15%~20%を電気に変換する総合変換効率の高い装置となっている. 図 2-22, 2-23 に 示すのは、多段式の越波式波力発電装置(杭式・重力式)のイラストとなる. 2 タイプ考案している 理由として、既存防波堤や新設防波堤に設置する際に、周辺環境に配慮したタイプを選択できる柔軟 性を持ち合わせているためである.特に離島などの電力供給用燃料コストが大きな場所にはメリット がある(居波, 2014).



第3章 既存の打上げ高理論

3.1 既存の打上げ高の理論

波の打上げ高に関する研究はすでに行われており, Le Mehaute (堀川), Miche (Miche, 1944, 1951), Sainflou (Sainflou, 1928), Saville (Saville, 1958), Hunt (Hunt, 1959), 中村ら (中村, 1972), 高田 (高, 1970), 間瀬ら (間瀬ら, 1989, 2003a), 玉田ら (玉田ら, 2009)の研究が広く知られている.本論文は, これらの研究と著者らの研究を比較し新たな知見を得ることを目的としている.以降に,既存の理論 を記述する.

3.1.1 Le Meaute (堀川)

ー様水深*d*の部分に勾配 *tana*の斜面が存在するときに,水深*d*で波高*H*,波長*L*の波に斜面が打ち 上がる高さ*R*(静水面からの高さと定義)は,一般に下記の式で表される(図 3-1, a).

$$\frac{R}{H} = F\left(\alpha, \frac{2\pi d}{L}\right) + G\left(\frac{H}{L}, \frac{2\pi d}{L}\right) - K\left(\alpha, \frac{2\pi d}{L}, \frac{H}{L}\right)$$
(3.1)

ここで、関数 $F(\alpha, 2\pi d/L)$ は線形理論による相対打上げ高さ、関数 $G(H/L, 2\pi d/L)$ は非線形効果による相対打上げ高さの補正項、また、関数 $K(\alpha, 2\pi d/L, H/L)$ は砕波および底面の摩擦によるエネルギー 損失のために生ずる相対打上げ高さの減少項である.図 3-1, b に示すように、斜面上に堤防を設置し た場合には、さらに堤防の条件(法面勾配 *tana*、堤脚水深 h、法面粗度を示す k)が加わり、その関係 はいっそう複雑になるため、通常は下記の式で表す.

$$\frac{R}{H_0} = f\left(\frac{H_0}{L_0}, \frac{h}{L_0} \ddagger t t \ddagger \frac{h}{H_0}, i, \tan \alpha, k\right)$$
(3.2)

ここに、 H_0 は深海波波高、 L_0 は深海波波長、 $i = \tan\beta$ は海底勾配である.





図 3-1 波の打上げに関する断面 (a, b)

3.1.2 Miche (Miche, 1944, 1951)

図 3-1 (b) に示す α が $\pi/2$ の直立壁の場合,重複波が発生し打上げ高さは重複波の波峰高 η_s に等しい. また、 α が $\pi/2$ よりも小さな傾斜壁の場合でも、波形勾配がある限界値よりも小さければ波は斜面上で 砕けずに完全反射する. Miche はこのときの打上げ高さを次式で得た. ただし、波形勾配は非常に小 さいという条件下で解いている.

$$\frac{R}{H} = \sqrt{\frac{\pi}{2\alpha}} \quad (\alpha : \vec{\neg} \vec{\vee} \vec{\gamma} \vee)$$
(3.3)

3.1.3 Sainflou (Sainflou, 1928)

Sainflou は,重複波の水面波形に対して以下の式を提案した.この式は surging waves 領域の遡上高 を考える際によく用いられ,中でも後述する高田はこの式と Miche の式を比較の際に用いている.

$$\eta_{1} = H_{1} \cos \frac{2\pi}{L_{1}} x_{0} \cdot \cos \frac{2\pi}{T} t + \frac{\pi H_{1}^{2}}{L_{1}} \coth \frac{2\pi h_{1}}{L_{1}} \cdot \cos^{2} \frac{2\pi}{T} t$$

$$x = x_{0} - H_{1} \coth \frac{2\pi}{L_{1}} \cdot \sin \frac{2\pi}{L_{1}} x_{0} \cdot \cos \frac{2\pi}{T} t$$
(3.4)

3.1.4 Saville (Saville, 1958)

護岸堤防が複合的な断面形状を持つ場合,もしくは陸上にある場合について, Saville は図 3-2 に示 す仮想勾配法という推定方法を提案した.仮想勾配法とは,砕波点と最大打上げ高を求め,2 点を結 んだ直線を仮想勾配と定義し,図 3-3 に諸値を照らし合わせ一致するまで繰り返し打上げ高を特定す る方法である.



3.1.5 中村ら(中村, 1972), 間瀬ら(間瀬, 2003a), 玉田ら(玉田ら, 2009)

中村らは Saville の仮想勾配法では補いきれない砕波帯の岸側で,堤脚水深は沖波波高に比べて非常 に小さいか0である場合を想定し砕波点と打上げ点の中間に位置する地形形状を考慮した改良仮想勾 配法を提案した.改良仮想勾配法は,図3-4に示す波の打上げ高と砕波水深点の2点間の実断面積A から式(3.5)によって仮想勾配βを決定するものである.なお,間瀬ら,玉田らは中村らの改良仮想 勾配法を踏襲している.



図 3-4 改良仮想勾配法の説明断面

3.1.6 高田(高田, 1970, a, b)

高田の研究では、相対遡上高R/H₀におよぼすcotθの影響を実験的に調べた.実験条件は図3-5であり、
 図3-6に示す結果が得られた.
 → H₀/L₀ h₁/L₀ h₁/L₀ H₂/H₀
 → H₀/L₀ h₁/L₀ h₁/L₀ H₂/H₀
 → H₀/L₀ h₁/L₀ h₁/L₀ H₂/H₀



遡上高とのり勾配の関係

堤脚水深が砕波して遡上する breaking waves の場合と,砕波しないで振動状態で遡上する surging waves の場合とにわかれるが, Miche によれば,両者の境界を示す限界条件式は,次式で示される.

$$\frac{H_0}{L_0} = \sqrt{\frac{2\theta}{\pi}} \frac{\sin^2\theta}{\pi} \tag{3.6}$$

ここで,壁面の任意の傾斜角 θ に対して,式(3.6)から求まる H_0/L_0 の値は surging waves を生ずる 最大波形勾配_s(H_0/L)_{max}を表し,任意の H_0/L_0 に対して式(3.6)から求まる θ の値は, surging waves を生ずる最大傾斜角度 θ_c を表わす.

surging waves 領域の遡上高については, Miche (1944, 1951) が線形理論より次式を導いている.

$$\frac{R}{H_1} = \sqrt{\frac{\pi}{2\theta}} \tag{3.7}$$

一方, breaking waves 領域の遡上高については, Hunt (Hunt, 1959) が実験式として次式を導いている.

$$\frac{R}{H_1} = \frac{2.3 \tan \theta}{(H_1/T^2)^{1/2}}$$
(3.8)

ただし、H₁=H₀の場合に式(3.8)を変形すれば、次式のようになる.

$$\frac{R}{H_0} = \frac{1.01}{\sqrt{H_0/L_0} \cdot \cot\theta}$$
(3.9)

また, Hunt (Hunt, 1959) は式 (3.8) および (3.9) が反射率 r<0.5 の場合に適用されるとしており, Iribarren-Nogales の r=0.5 の条件式をその適用限界とみなしている. すなわち, 適用範囲は次式で示される.

$$\tan\theta < \frac{8}{T} \sqrt{\frac{H_1}{2g}} \tag{3.10}$$

なお、H₁=H₀の場合は、次式のように変形される.

$$\frac{H_0}{L_0} > \frac{\tan^2\theta}{5.1} \tag{3.11}$$

そこで,高田, Saville および Savage の実験結果と,式(3.7)および式(3.9)を比較した結果を図 3-7 ~3-9 に示す.



これらより, surging waves の領域の式(3.7)は、 θ が大きくなると R/H₀が減少する傾向を定性的によく説明しているが、一般に遡上高は実験値の方がやや大きくなる傾向にあることがわかる.これは LeMehaute-Koh-Hwang も指摘しているように(堀川)、波形勾配に基づく非線形効果によって式(3.7)を 補正しなければならないことを示唆している. すなわち、 H_1/L_1 と h_i/L_1 が与えられた場合、surging waves(Nonbreaking waves)領域では、 θ が小さくなると R/H_1 は増大する傾向にあるが、 H_1/L_1 による非線形効果の影響として、 H_1/L_1 が大きいほど R/H_1 は増大するとしている.

彼らは、波の遡上高を表す一般式として、次式を提案している(堀川).

$$\frac{R}{H_1} = f\left(\theta, \frac{2\pi h_1}{L_1}\right) + g\left(\frac{H_1}{L_1}, \frac{2\pi h_1}{L_1}\right) - k\left(\theta, \frac{2\pi h_1}{L_1}, \frac{H_1}{L_1}\right)$$
(3.12)

ここで,式中の $f\left(\theta, \frac{2\pi h_1}{L_1}\right)$ は $H_1/L_1 \rightarrow 0$ としたときに線形理論より導かれる遡上高を示し,+ $g\left(\frac{H_1}{L_1}, \frac{2\pi h_1}{L_1}\right)$ は 波形勾配に基づく非線形効果による遡上高の増加を示し, $-k\left(\theta, \frac{2\pi h_1}{L_1}, \frac{H_1}{L_1}\right)$ はのり面の摩擦および砕波の攪乱に基づく,エネルギー損失による遡上高の減少効果を表している.

高田は遡上高の算定式として,波のエネルギー損失,屈折および回折の影響を無視した場合, surging waves 領域では Sainflou の重複波の水面波形を用いた式(3.13)を,式(3.14)で表している.

$$\frac{R}{H_1} = \sqrt{\frac{\pi}{2\theta}} + \frac{\pi H_1}{L_1} \cot h \frac{2\pi h_1}{L_1}$$
(3.13)

$$\frac{R}{H_0} = \frac{R}{H_1} \cdot \frac{H_1}{H_0} = \sqrt{\frac{\pi}{2\theta}} \cdot \sqrt{\frac{\frac{\sinh\frac{4\pi h_1}{L_1} \cdot \coth\frac{2\pi h_1}{L_1}}{\sinh\frac{4\pi h_1}{L_1} + \frac{4\pi h_1}{L_1}}}{\sinh\frac{4\pi h_1}{L_1} + \frac{4\pi h_1}{L_1}} + \pi \frac{H_0}{L_0} \frac{\frac{\sinh\frac{4\pi h_1}{L_1}}{\sinh\frac{4\pi h_1}{L_1} + \frac{4\pi h_1}{L_1}}}{\frac{\sinh\frac{4\pi h_1}{L_1}}{\sinh\frac{4\pi h_1}{L_1} + \frac{4\pi h_1}{L_1}}} \cdot \left(\coth\frac{2\pi h_1}{L_1}\right)^3 \quad (3.14)$$

Miche の重複波の水面波形を用いた式(3.15)は式(3.16)のようになる.

$$\frac{R}{H_1} = \sqrt{\frac{\pi}{2\theta}} + \frac{\pi H_1}{L_1} \coth \frac{2\pi h_1}{L_1} \times \left[1 - \frac{1}{4\left(\sinh\frac{2\pi h_1}{L_1}\right)^2} \left\{ \left(\tanh\frac{2\pi h_1}{L_1}\right)^2 - 3 \right\} \right]$$
(3.15)

$$\frac{R}{H_{0}} = \frac{R}{H_{1}} \cdot \frac{H_{1}}{H_{0}} = \sqrt{\frac{\pi}{2\theta}} \cdot \sqrt{\frac{\frac{\sinh\frac{4\pi h_{1}}{L_{1}} \cdot \coth\frac{2\pi h_{1}}{L_{1}}}{\sinh\frac{4\pi h_{1}}{L_{1}} + \frac{4\pi h_{1}}{L_{1}}} + \pi \frac{H_{0}}{L_{0}} \frac{\sinh\frac{4\pi h_{1}}{L_{1}} + \frac{4\pi h_{1}}{L_{1}}}{\sinh\frac{4\pi h_{1}}{L_{1}} + \frac{4\pi h_{1}}{L_{1}}} \cdot \left(\coth\frac{2\pi h_{1}}{L_{1}}\right)^{3}} \times \left\{1 + \frac{3}{4\left(\sinh\frac{2\pi h_{1}}{L_{1}}\right)^{2}} - \frac{1}{4\left(\cosh\frac{2\pi h_{1}}{L_{1}}\right)^{2}}\right\}}$$
(3.16)

breaking waves 領域($\cot\theta < 8$ の範囲)では, R/H_0 が ($\tan\theta$)^{2/3}にほぼ比例することが明らかになった ため, surging waves 領域との境界で式 (3.14) および式 (3.16) と一致するよう考慮して関数形を求めた 結果,式 (3.17),式 (3.18) のような関係式で表している.

$$\frac{R}{H_0} = \frac{\varphi}{(\cot \theta_c)^{2/3}} \tag{3.17}$$

$$\varphi = \left\{ \sqrt{\frac{\pi}{2\theta}} \cdot \sqrt{\frac{\sinh\frac{4\pi h_1}{L_1} \cdot \coth\frac{2\pi h_1}{L_1}}{\sinh\frac{4\pi h_1}{L_1} + \frac{4\pi h_1}{L_1}}} + \pi \frac{H_0}{L_0} f\left(\frac{h_1}{L_1}\right) \right\} (\cot\theta_c)^{2/3}$$
(3.18)

ここで θ_c は breaking waves を生ずる最急傾斜角度,あるいは surging waves を生ずる最緩傾斜角度であり次式で示される.

$$\sqrt{\frac{2\theta_c}{\pi}} \cdot \frac{\sin^2\theta_c}{\pi} = \frac{H_0}{L_0}$$
(3.19)

(3.21)

また, f (h_l/L_l) は重複波の水面波形 η (x,t) が Sainflou 式 (3.20) あるいは Miche 式 (3.21) で表され るとすれば,

$$\eta_{1} = H_{1} \cos \frac{2\pi}{L_{1}} x_{0} \cdot \cos \frac{2\pi}{T} t + \frac{\pi H_{1}^{2}}{L_{1}} \cdot \coth \frac{2\pi h_{1}}{L_{1}} \cdot \cos^{2} \frac{2\pi}{T} t$$

$$\chi = \chi_{0} - H_{1} \coth \frac{2\pi h_{1}}{L_{1}} \cdot \sin \frac{2\pi}{L_{1}} \chi_{0} \cdot \cos \frac{2\pi}{T} t$$

$$\eta_{1} = H_{1} \cos \frac{2\pi}{L_{1}} x \cdot \cos \frac{2\pi}{T} t + \frac{\pi H_{1}^{2}}{L_{1}} \cdot \coth \frac{2\pi h_{1}}{L_{1}} \cdot \left[\cos^{2} \frac{2\pi}{T} t - \frac{\cos \frac{4\pi x}{L_{1}}}{4 \left(\sinh \frac{2\pi h_{1}}{L_{1}} \right)^{2}} \cdot \left\{ \left(\tanh \frac{2\pi h_{1}}{L_{1}} \right)^{2} - 3\cos \frac{4\pi}{T} t \right\} \right]$$
(3.20)

Sainflou 式のときは, 式 (3.14) より,

$$f\left(\frac{h_1}{L_1}\right) = \frac{\sinh\frac{4\pi h_1}{L_1}}{\sinh\frac{4\pi h_1}{L_1} + \frac{4\pi h_1}{L_1}} \cdot \left(\coth\frac{2\pi h_1}{L_1}\right)^3$$
(3.22)

Miche 式のときは,式(3.14)より,

$$f\left(\frac{h_{1}}{L_{1}}\right) = \frac{\sinh\frac{4\pi h_{1}}{L_{1}}}{\sinh\frac{4\pi h_{1}}{L_{1}} + \frac{4\pi h_{1}}{L_{1}}} \cdot \left(\coth\frac{2\pi h_{1}}{L_{1}}\right)^{3} \cdot \left\{1 + \frac{3}{4\left(\sinh\frac{2\pi h_{1}}{L_{1}}\right)^{2}} - \frac{1}{4\left(\cosh\frac{2\pi h_{1}}{L_{1}}\right)^{2}}\right\}$$
(3.23)

なお、式(3.17)の適用範囲は次式で示される.

$$\frac{H_{0}}{L_{0}} > \sqrt{\frac{2\theta}{\pi}} \cdot \frac{\sin^{2}\theta}{\pi} \\
\cot \theta < 8$$
(3.24)

3.1.7 間瀬 (Mase, 1989)

ー様勾配の滑斜面への打上げ高について,間瀬の実験的研究がある.水深 0.43~0.45m,勾配 1/5, 1/10, 1/20, 1/30 の4種類の斜面に対し,不規則波(the Pierson-Moskowitz type spectrum)の波浪条件下において波が遡上する状況を連続的に記録して打上げ高を統計的に解析した. Iribarren 数 Ir (the surf similarity parameter, ξ)と相対打上げ高(R/H₀)の関係を以下の式で表している.

$$R/H_0 = \alpha Ir^b (1/30 < tan \theta < 1/5)$$
 (3.25)
R:打上げ高
 $H_0: 沖波有義波高$ なお,平均打上げ高 R_{ave} の場合, α =0.88, b=0.69 である.

第4章 波の打上げ高特性

4.1 研究背景および研究目的

越波式波力発電装置の開発を進めるうえで,波エネルギーから電気エネルギーへ変換する過程におい て,変換効率を最大にすることが望ましい.前述したが変換過程は大きく区分すると2つあり,1つ目は 襲来する波を傾斜板によってより高い位置にある貯水タンクへ越波させる,波エネルギーを位置エネル ギーに変換する過程である.この過程で最も重要なことは襲来する波がより高い位置へ遡上することで ある.その役目を果たすのが傾斜板と呼んでいる貯水槽前面に設置する装置である.

本実験では, 傾斜板の角度を変化させ様々な波浪条件に対して波の遡上(打ち上げ)高を求め最適な 傾斜板の角度を求めることとした. 本実験は東海大学海洋学部臨海実験場にある風洞水槽を直線型として使用した. 写真 4-1 に使用した水 路と,以下に実験水槽の主な仕様を記す.

水槽 - 長さ:64.0m,幅:1.0m,深さ:1.5m(サーキット型として)
長さ:52.0m,幅:1.0m,深さ1.5m(直線型として)
鋼製一部片面ガラス張り 水路切換ゲート2基
造波機 - 型式:ピストン式 AC サーボモーター,ボールネジ駆動
発生波:規則波および不規則波
周期:T =0.6~5.0sec
:T_{1/3}=0.8~3.0sec

- 波高:規則波最大 30cm
 - : H_{1/3}=20cm



写真 4-1 風洞水槽

主な実験装置と仕様

容量式波高計 50 プローブ(KENEK) 2 台, 100 プローブ(KENEK) 3 台, 300 プローブ(KENEK) 1 台,容量式波高計アンプ(KENEK) 3 台, 2 次元電磁流速計(KENEK) 1 台, データ収録用ノートパソ コン 2 台, デジタルカメラ等,板 4m,測定用メジャーなど実験で使用した測定器と装置を写真 4-2~写 真 4-10 に示す.



写真 4-2 容量式波高計



写真 4-3 波高計アンプ



写真 4-4 電磁流速計検出部



写真 4-6 造波機



写真 4-5 電磁流速計アンプ



写真 4-7 造波制御用 PC



写真 4-8 角度計測器



写真 4-9 メジャー



写真 4-10 板 4m と波高計 3m

以下に使用した測定器の仕様を示す. <容量式波高計> 本体部 型名: CH-403型 チャンネル数:3ch. 測定モード:1,2,4倍(3点手動切替) 較正 電圧:1, 1/2, 0, (3 点手動切替) 出力 電圧: ±2.5V/FS (負荷 10KΩ 以上) 出力 電流:±20mA/FS (負荷 20KΩ以下) 使用温度範囲:0~40℃ 電源:AC100V±10% 50&60Hz 消費電力:約45VA 検出部 最大測定波高: 30cm (CHT4-30) 直線性誤差:±0.5%/FS 応答性:5Hz(波高±5cm) 安定性:±1%/24H, ±1%/10℃以内 相互干涉:±1%以下 (容量線間隔 10cm 以上) 使用温度範囲:0~40℃ 校正係数:6.0 製造元:株式会社 ケネック <2 次元電磁流速計> 電磁流速計: VM-201H型(本体部) VMT2-200-08P型(検出部) 検出方式: 2成分(4方向) 電磁式 適正範囲:0~±25cm/sec FS $0 \sim \pm 100$ cm/sec FS $0 \sim \pm 200 \text{ cm/sec FS}$ 測定方向:X軸,Y軸,2成分 (4方向) 測定精度:±2%/FS 応答時間:0.05秒,0.5秒,5.0秒 出力表示:1.0級アナログメーター 出力電圧: ±5V/FS 較正電圧: +5V/FS 使用温度範囲:0~+40℃ 電源:AC100V±10V 50&60Hz 約 50VA 約 21VA 校正係数:20.0 製造元:株式会社ケネック

実験器具

- ・風洞水槽
- ・造波機
- ・造波制御用 PC
- ・波高計 (50, 100, 300cm)
- ・波高計アンプ
- ・電磁流速計
- ・電磁流速計アンプ
- ・角度計測器
- ・メジャー
- ・板 4m
- ・データ収録用ノート PC
- ・デジタルカメラ
- PCD320A

4.3 相似則

本実験の模型縮尺は造波機性能,実験水槽の条件を考慮した上で模型縮尺を1/25とした.

本実験は波を遡上させることが主な目的であることから,重力と慣性力の作用を基にフルードの相似 則を適用する.フルードの相似則とは,長さ1,速度v,重力加速度gとし,添え字で原型をp,模型を mとすれば次式で表すことができる.

$$\frac{\mathbf{v}_m}{\sqrt{g_m l_m}} = \frac{\mathbf{v}_p}{\sqrt{g_p l_p}} \tag{4.1}$$

ここで、重力加速度はgm=gpであるから、次式のように変形できる.

$$\frac{v_m}{v_p} = \frac{\sqrt{l_m}}{\sqrt{l_p}} \tag{4.2}$$

よって、模型の原型に対する長さの縮尺比を $l_m/l_p = l_r$ と表せば速度の縮尺比は次式で表すことができ、時間(t)の縮尺比は式(4.4)となる.

$$\frac{v_m}{v_p} = \sqrt{l_r} \tag{4.3}$$

$$\frac{t_m}{t_p} = \frac{l_m / \nu_m}{l_p / \nu_p} = l_r \frac{1}{\sqrt{l_r}} = \sqrt{l_r}$$
(4.4)

4.4 実験方法および実験条件

以下に実験方法と実験条件を記す.

- ① 波の打上げ高さ特性実験には斜面板を模した 4m の板と打上げ高計測用の波高計 3m 等を用いる.
- ② 沖に波高計 ch1, 2 を設置し、板の角度が変わる法先から 1.5L の位置に波高計 ch3, 4 を設置し、板に波高計 5ch (3m)を取り付けた.

③ 収録データ数,サンプリングタイム,収録時間,収録ケースは下記の通りとする.

(a)収録データ数:8192

(b)サンプリングタイム:20Hz

(c)収録時間:409.6秒

(d)収録ケース:240 ケース

- ④ 実験水深を 50cm で固定する.
- ⑤ 実験波浪は自然界の状態を考慮し Bretschneider-光易型を目標スペクトルとする不規則波を用いた. また、規則波の実験も行った.
- ⑥ 波の反射を考慮して造波を開始して2分30秒後に波が定常になってから計測を開始した.
- ⑥ ファイルネームは下記の通りとする.



i : 不規則波 H, 有義波高 H_{1/3}(1:1.2, 2:2.4, 3:3.6, 4:4.8, 5:6.0, 6:8.0, 7:10.0cm), 規則波 R, 有義波高 H_{1/3}(1:1.2, 2:2.4, 3:3.6, 4:4.8, 5:6.0, 6:8.0, 7:10.0cm)
ii : 周期 T_{1/3}(A:0.6, B:0.8, C:1.0, D:1.2, E:1.4, F:1.6, G:2.0, H:2.4s)
iii : 傾斜板の角度は cotθ=(10:5.67, 15:3.73, 20:2.75, 25:2.14, 30:1.73) の順に 10°, 15°, 20°, 25°, 30°

iv:波高計ケース番号 (01~),流速計ケース番号 (10~)

以上の実験条件を組み合わせて 240 ケース行い, 波高 H_{1/3} (cm), 周期 T_{1/3} (s), 越波高 R_{ave}, R_{1/3} (cm) を取得し, 傾斜板の角度においての比較検討を行った.

(1) 模型配置および計測器配置

図 4-1 は実験で使用した断面図となる.波高計 ch1,2 は沖波を計測し, ch3,4 は汀線から 1.5L 位置に おける波浪を観測した.また, ch5 は 3m 波高計を改造した計測器となり表面張力を考慮して傾斜板から 5mm 離して設置し遡上する位置を観測した.傾斜板の角度は 10°~30°とした.



(2) 実験で使用した模型断面の写真

写真 4-11 は実験で使用した模型断面の写真となる. 左側から波が襲来し傾斜板を遡上する様子を記録 できるシステムとなっている. 写真は傾斜板角度 15°の状態である.



写真 4-11 模型設置写真

(3) 傾斜板角度ごとの写真

写真 4-12~4-16 に傾斜板角度ごとの写真を掲載する. 傾斜板上に沿って銀色の棒があるが,この棒のおよそ 10cm 下に波高計のセンサー部が並行に設置されており棒によって支えられている.



写真 4-12 模型設置写真 (角度 10°)



写真 4-13 模型設置写真 (角度 15°)



写真 4-14 模型設置写真 (角度 20°)



写真 4-15 模型設置写真 (角度 25°)



写真 4-16 模型設置写真 (角度 30°)

(4) 実験縮尺

以下に実験の縮尺と、縮尺を適応した場合の諸量を示す.

物理量	対象物理量	現地量	模型量 (1/25線星)
		0.3m	1.2cm
		0.6m	2.4cm
	波高 H _{1/3}	0.9m	3.6cm
		1.2m	4.8cm
長さ L		1.5m	6.0cm 8.0cm
		2.0m	8.0cm
		2.5m	10.0cm
	法先水深 Η	3.0m	12cm
	沖水深 日	12.5m	50cm
		3s	0.6s
		4s	0.8s
		$5\mathrm{s}$	1.0s
	周期 T 。	6s	1.2s
時間 T	1/3	7s	1.4s
		8s	1.6s
		10s	2.0s
		12s	2.4s
	波の作用時間 T	2048s	409.6s

表 4-1 実験縮尺

(5) 入射波スペクトル(田中ら,2009)

図 4-2 に示したのは 2008 年度に実験水槽で使用した不規則波の波形(h=60cm にて測定) を △t=0.05 秒で A-D 変換し FFT 法で計算した生のスペクトル(データ数 4096)入射波スペ クトルである.実線が本実験のスペクトル,点線が式 4.5 に示す Bretschneider-光易型のスペ クトルである.各波高の代表値を表したものであるが,Bretschneider-光易型と実験のスペク トルのピーク周波数がほぼ一致していることから造波制御が適当であったといえる.しか し,波高の小さい時にはスペクトルが小さくなる.これは造波機の制御の限界と考えられ るが,いずれも周波数のピークが一致していることから問題はないと判断した.

$$E(f) = 0.257 H_{1/3}^{2} T_{1/3} (T_{1/3} f)^{-5} \exp\left\{-1.03 (T_{1/3} f)^{-4}\right\} \qquad (m^{2}/s)$$
(4.5)


図 4-2 取得データにおけるスペクトル比較

4.5 解析方法

(1)入・反射波の分離推定法

実験波は、反射波を含まない進行波としての有義波高である.そのため、水路内の多重 反射による反射波高を除く必要がある.この方法として、入・反射波分離推定法がある. 原理は、多重反射による合成波を2本の波高計で測定しこれをフーリエ分解して合成波を 構成している各周波数の振幅を入射波と反射波について求め、入射波(*E_I*)、反射波(*E_R*) のエネルギーを次式によって求める.

$$E_{I} = \int_{f_{\min}}^{f_{\max}} S_{I}(f) df$$

$$E_{R} = \int_{f_{\min}}^{f_{\max}} S_{R}(f) df$$
(4.6)

ここで,

f_{max}, f_{min}: 有効周波数の上限値および下限値

S₁:入射波のスペクトル密度

 S_R :反射波のスペクトル密度

エネルギーは波高の2乗に比例するため、不規則な波群全体の反射率 (K_r) は、

$$K_r = \sqrt{\frac{E_R}{E_I}} \tag{4.7}$$

となる.

従って、入射波高 (H_I) は、2本の波高計の合成波の平均値(H_s)を用いて

$$H_{I} = \frac{1}{\sqrt{1 + K_{r}^{2}}} H_{S}$$
(4.8)

となり、反射波高 (H_R) は、

$$H_{R} = \frac{K_{R}}{\sqrt{1 + K_{r}^{2}}} H_{S}$$
(4.9)

となる. なお、この波高計の間隔 (Δl) は、半波長の整数倍 ($\Delta l/L = 0.5, 1.0, 1.5...$) 付 近で振幅の発散が見られるため、次式を満足するように波高計間隔を定めた.

下限
$$(f_{\min})$$
 : $\Delta l / L_{\max} = 0.05$
上限 (f_{\max}) : $\Delta l / L_{\min} = 0.45$ (4.10)

波高計の間隔でΔlは、後述する反射、伝達波を含め40cmに設定した.

(2) 波の打上げ高さの算定

本実験において波高計 ch5 で計測した波形データに対し,図 4-3 のように静水面からプラスの部分で推移した波高を H とし、それら全てのデータを加法した平均値を H_{ave} 、大きい波から順に並べた 1/3 の平均値を $H_{1/3}$ とした.また、斜面に沿った打上げ長さを*l*とし、*l*の時系列の平均を l_{ave} 、大きい順に並べた 1/3 の平均値を $l_{1/3}$ とした(図 4-4).この l_{ave} 、 $l_{1/3}$ から R_{ave} , $R_{1/3}$ を算出したものが式 4.11、4.12 である.

$$R_{ave} = l_{ave} \times \sin\theta \tag{4.11}$$

$$R_{1/3} = l_{1/3} \times \sin\theta$$
 (4.12)

この波の打上げ高さの算定は高田(高田, 1970a, b)による解析方法と同様である.





(3) breaking wave と surging wave の検討

本実験において, 傾斜板に衝突する波は, 壁面で砕波して遡上する breaking wave の場合 と, 砕波しないで振動状態で遡上する surging wave の場合とに分けている.

4.6 波エネルギー算出方法

水を媒体にした波は、水面の上下運動の伝播によって起こる現象であり運動エネルギー と位置エネルギーをもっている.エネルギー保存の法則に従えばこれらのエネルギーは他 エネルギーへの変換が可能である.そこで、以下のように波エネルギーの計算を行う.こ こでは微小振幅波理論を適用する.

4.6.1 規則波の波エネルギーと波パワー

ある波の平均水深をh,振幅をηとし,幅 dxの水柱に着目する.この水柱の水面までの 高さは $h+\eta$ である.この水柱の持つ位置エネルギーは式(4.13)で示される.

$$dE_{\gamma} = \frac{1}{2} \rho g (h+\eta)^2 dx$$
 (4.13)

これに一波長分の積分処理をかけ平均をとれば、波の位置エネルギー式(4.14)が求まる.

$$E_{\gamma} = \frac{1}{L} \int_{x}^{x+L} dEv \qquad (4.14)$$

なお, 波長Lは次式(4.15)で求まる.

$$L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh \frac{2\pi h}{L} \tag{4.15}$$

以上より,求めた水柱のエネルギーを合わせると式 (4.16) となり,積分の結果,式 (4.17) が得られる.ここでkを波数, $\eta = \frac{1}{2}H\cos(kx - \sigma t)$ とすると

$$E_{\gamma} = \frac{\rho g}{2L} \int_{x}^{x+L} h^{2} + hH \cos(kx - \sigma t) + \frac{1}{4} H^{2} \cos^{2}(kx - \sigma t) dx$$
(4.16)

$$E_{\gamma} = \frac{1}{2}\rho gh^2 + \frac{1}{16}\rho gh^2 \tag{4.17}$$

ただし式 (4.17) には波のエネルギーだけではなく波がないときの位置エネルギー $\frac{1}{2}\rho gh^2$ が含まれているので, 差をとると式 (4.18) が得られる.

$$E_{\gamma} = \frac{1}{16}\rho g H^2 \tag{4.18}$$

式(4.18)は波エネルギーを位置エネルギーとして示した式である.そこで運動エネルギーについて考える.先に挙げた水柱が高さ dz をもっているとする.ここから得られる運動 エネルギーは式(4.19)で示される.

$$dE_{k} = \frac{1}{2}\rho(u^{2} + w^{2})dxdz \qquad (4.19)$$

ここで式(4.20),式(4.21)から式(4.22)であるならば,双曲線関数と三角関数の公式から式(4.23)が得られる.

$$u = -\frac{\partial \phi}{\partial x} = \frac{gkH}{2\sigma} \frac{\cosh[k(h+z)]}{\cosh(kh)} \cos(kx - \sigma t)$$
(4.20)

$$w = \frac{\partial \phi}{\partial z} = \frac{gkH}{2\sigma} \frac{\sinh[k(h+z)]}{\cosh(kh)} \sin(kx - \sigma t)$$
(4.21)

$$\sigma^2 = gk \tanh[kh] \tag{4.22}$$

$$dE_{k} = \frac{1}{8} \frac{\rho g k H^{2}}{\sinh(2kh)} \{ \cosh[2k(h+z)] + \cos[2(kx - \sigma t)] \} dx fz$$
(4.23)

なお,水中の圧力 p は式 (4.24) で与えられる.

$$p = \rho \frac{\partial \phi}{\partial t} - \rho g z = \frac{1}{2} \rho g H \frac{\cosh[k(h+z)]}{\cosh(kh)} \cos(kx - \sigma t) - \rho g z \tag{4.24}$$

微小振幅波より z = η ≈ 0 とすることができる. x の値は x~x+L の範囲で積分し, z の値 を-h~η の範囲で積分すれば $E_k = \frac{1}{L} \int_{-h}^{0} dE_k$ より,式 (4.25) が得られる.

$$E_{k} = \frac{1}{16} \rho g H^{2} \tag{4.25}$$

故に、単位面積あたりの波エネルギーは位置エネルギーと運動エネルギーの総和である ことから、式(4.26)になる.

$$E = E_{\gamma} + E_{k} = \frac{1}{8}\rho g H^{2}$$
(4.26)

また,単位峰幅あたりの波パワー (W) (kW/m) は, 群速度 C_g を用いて,

$$\overline{W} = \frac{1}{T} \int_0^T \int_{-h}^{\eta} p u dz dt = \frac{1}{16} \rho g H^2 C \left[1 + \frac{2kh}{\sinh 2kh} \right] = C_g E$$
(4.27)

ここで,

$$c_g = nc, \ n = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{2kh}{\sinh 2kh} \right), \ c = \sqrt{\frac{gL}{2\pi} \tanh \frac{2\pi h}{L}}$$
(4.28)

である.よって規則波の単位峰幅あたりの波パワー(W)(kW/m)は

$$W = \frac{1}{32\pi} \rho g^2 D H^2 T \qquad (kW/m)$$
(4.29)

となる.ここで,

$$D = \left(1 + \frac{2kh}{\sinh 2kh}\right) \tanh \frac{2\pi h}{L}$$
(4.30)

である.

4.6.2 不規則波の波エネルギーと波パワー(合田, 1984), (Tanaka ら, 2012)

4.6.1 で求められる波エネルギーと波パワーは規則波の値であることから,海面地形や沿岸部の形など,各海域の状況における普遍性は得られない.そこで,波のエネルギー(E)は,式(4.31)のように,不規則波の周波数スペクトルを積分することによって求める.

$$\mathbf{E} = \rho \mathbf{g} \int_0^\infty S(f) df \tag{4.31}$$

風波のスペクトルは一般に(4.32)の式となり,

$$S(f) = Af^{-5} \exp(-Bf^{-4})$$
(4.32)

Bretschneider-光易スペクトルを式(4.31)に代入して計算すると,

$$E = \frac{1}{4} \rho g \frac{A}{B}$$

$$(4.33)$$

$$\Xi \equiv \mathbb{C}, \ A = 0.257 H_{1/3}^2 T_{1/3}^{-4}, \qquad B = 1.03 T_{1/3}^{-4}$$

よって,

$$E = \frac{1}{4} \rho g \frac{0.257 H_{1/3}^2 T_{1/3}^{-4}}{1.03 T_{1/3}^{-4}} = \frac{1}{16} \rho g H_{1/3}^2$$
(4.34)

次に、不規則波の波パワーを求める.一般に専門書に掲載されている深海波と、浅海波 について展開することとする.

4.6.4.2-1 深海波(h/L≥0.5) について 深海波の群速度(C_g)は,

$$C_g = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{2kh}{\sinh 2kh} \right) \left(\frac{gT}{2\pi} \tanh \frac{2\pi h}{L} \right) = \frac{gT}{4\pi} = \frac{g}{4\pi} f^{-1}$$
(4.35)

波パワー (W) (kW/m) は,

$$W = \rho g \int_0^\infty S(f) C_g df \tag{4.36}$$

であるから,式(4.36)に式(4.32)と式(4.35)および A, B の関係を代入して計算し 整理すると波パワーは次式となる.

$$W = \frac{\rho g^2}{4\pi} \frac{0.257 H_{1/3}^2 T_{1/3}^{-4}}{\left(1.03 T_{1/3}^{-4}\right)^{5/4}} \Gamma(5/4)$$
(4.37)

Γ (5/4) はΓ 関数であり、Γ (5/4) =0.9064 であるから、波パワーは式 (4.38) となる.

$$W = 0.429 \rho H_{1/3}^2 T_{1/3} \tag{4.38}$$

ここで,海水と淡水の密度 (ρ) をそれぞれ ρ=1030kg/m³, ρ=1000kg/m³とすると式 (4.36) より単位幅あたりの深海波の波パワー (kW/m) は次式となる.

$$W = 0.442H_{1/3}^2T_{1/3} \quad (\text{i}\pi\text{k}) \tag{4.39}$$

$$W = 0.429 H_{1/3}^2 T_{1/3} \quad (\% \pi) \tag{4.40}$$

4.6.4.2-2 浅海波(0.04≤h/L≤0.5) について

群速度(Cg)は式(4.41)に示した浅海波の値を用いる.

$$C_g = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{2kh}{\sinh 2kh} \right) \left(\frac{gT}{2\pi} \tanh \frac{2\pi h}{L} \right) = \frac{g}{4\pi} D f^{-1}$$
(4.41)

式(4.35)に D を考慮すれば浅海波の群速度 Cg となる.よって、単位幅あたりの浅海波の波パワーは次式となる.

$$W = 0.429 \rho D H_{1/3}^2 T_{1/3} \tag{4.42}$$

4.7 波パワーによる打上げ高の考察

4.7.1 規則波

実験条件として, 傾斜板角度 (°), 波高 H (cm), 周期 T (s) を変化させて実験を行って いる. 波高 H (cm), 周期 T (s) を取得し比較検討を行った. それらの実験結果を表 4-2~ 4-4 に示す. 表記載の ave, max, min は, それぞれ ave: 平均, max:最大, min:最小であ る. R (zero) は R をゼロアップクロスにて解析をかける時の R の平均値と静水面との推移 である. 波長 L は式 (4.30) から算出した. 図 4-5 は波高 3.0cm, 周期 1.4s, 傾斜板角度 15° (R4TE1501)時の時系列図である.図4-6 は波高 9.61cm,周期 2.0s,傾斜板角度 20° (R7TG2001) 時の時系列図である. 表 4-5 に示した結果は,高田 (高田, 1970) が,重複波水深領域の遡 上高の算定式をのり勾配の大小により, surging waves 領域 (S) と breaking waves 領域 (B) に分けて Miche (Miche, 1944, 1951) と Sainflou (Sainflou, 1928)の重複波の水面波形を考慮 して有用な式を提案したものである.本実験で得られたデータとこれらの既存の理論から, 傾斜板角度 θ =15°, 20°, 25° (cot θ =3.73, 2.75, 2.14),波形勾配 H/L=0.019, 0.032, 0.051



表 4-2~4-4 に実験結果一覧を,表 4-5 に既往の研究との比較を行った際に用いた高田の理論(Saville, Savege, Sainflou, Miche)を使った場合の実験値一覧を示す.

			神波派					法	法波高ol	13,4				邋上高F	の解析			相対打上高	波長 (原型)		波power (原型)	打上げ高	(原型)
case	Н	Т	Г	μΠ	や 1世 日	Ir	Н	Т	Г	ш	44 14	R(zero)	Rave	I	R R	min R	¹³ 原型 13 R ₁₃	n a Î	L	D (原型)	M	Rm	R0
	(cm)	(s)	(cm)		沃 和平		(cm)	(s)	(cm)		<u>沃</u> 想 争	(cm)	(cm)		(cm)	cm) (c	n) (m)	NI8/II	(m)		(kW/m)	(m)	(m)
R1TC1501	0.96	0.99	148.5	0.0065	0.59	3.33	0.85	1.02	98.6	0.0086	0.725	1.54	1.4	0	1.5	.2 1	4 0.14	1.458	23.66	1.01	0.16	0.35	0.10
R1TE1501	0.83	0.82	104.4	0.0080	0.712	3.01	0.85	0.97	92.0	0.0092	0.735	0.85	1.5	0.1	1.6 (.1 1	5 0.15	1.807	8.61	1.00	0.03	0.38	0.05
R2TC1501	2.07	0.99	148.5	0.0139	0.365	2.27	2.03	1	119.6	0.0170	0.438	4.58	2.9	0	3.2	2.4 3	1 0.31	1.498	32.49	1.06	1.01	0.73	0.30
R2TE1501	1.3	1.05	164.6	0.0079	0.596	3.02	1.71	1.19	118.0	0.0145	0.687	3.91	4.2	0.2	4.7	1.7 4	5 0.45	3.462	16.98	1.00	0.14	1.05	0.25
R2TG1501	2.87	1.96	395.8	0.0073	0.601	3.15	2.28	1.64	147.7	0.0154	0.718	4.83	5.6	0.3	6.1 2	2.9 5	9 0.59	2.056	76.95	1.19	3.21	1.40	0.31
R3TC1501	3.24	1.00	151.2	0.0214	0.217	1.83	2.88	1	121.2	0.0238	0.246	8.32	4.2	0.3	4.7	2.2 4	5 0.45	1.389	37.81	1.10	3.12	1.05	0.54
R3TE1501	2.25	1.39	254.4	0.0088	0.467	2.85	2.58	1.4	155.3	0.0166	0.546	9.33	6.3	0.5	7	2.4 6	7 0.67	2.978	52.54	1.18	1.60	1.58	0.60
R3TG1501	3.94	2.00	405.4	0.007	0.521	2.72	3.19	1.4	147.7	0.0216	0.627	8.8	7.9	1.8	8.3	.3 8	3 0.83	3 2.107	97.20	1.12	8.75	1.98	0.57
R4TC1501	4.86	1.00	151.2	0.0322	0.112	1.49	4.48	1	121.2	0.0370	0.83	17.77	6.3	0.4	7.2	3.9 6	9 0.65	1.420	37.81	1.10	7.22	1.58	1.15
R4TE1501	3	1.40	256.9	0.0117	0.342	2.48	3.24	1.39	155.3	0.0209	0.430	18.48	9.1	0	9.6	8.8 9	3 0.93	3.100	63.00	1.20	3.90	2.28	1.20
R4TG1501	4.87	1.99	403.0	0.0121	0.417	2.44	4.18	1.6	182.5	0.0229	0.516	16.63	11.5	0	11.8 1	1.3 11	.7 1.17	2.402	99.03	1.11	13.83	2.88	1.08
R5TC1501	6.53	1.00	151.2	0.0432	0.103	1.29	5.97	1	121.2	0.0493	0.970	20.92	7.3	0.4	8.6	5.5 7	9 0.79	1.210	37.81	1.10	13.10	1.83	1.35
R5TE1501	3.67	1.40	256.9	0.0143	0.266	2.24	4.1	1.4	176.5	0.0232	0.333	24.59	10.9	0	11.3 1	0.4 1]	.1 1.11	3.025	60.39	1.20	5.34	2.73	1.59
R5TG1501	5.65	2.00	405.4	0.0139	0.344	2.27	5.51	2	260.4	0.0212	0.423	24.9	13.8	2.5	14.4	6 12	.3 1.43	2.531	97.20	1.12	18.26	3.45	1.61
R6TC1501	7.77	1.00	151.2	0.0514	0.91	1.18	7.38	1	121.2	0.0609	0.088	25.68	8.1	0.2	9.5	5.7 8	6 0.86	5 1.107	37.81	1.10	18.49	2.03	1.66
R6TE1501	5.17	1.40	256.9	0.0201	0.182	1.89	5.66	1.4	182.5	0.0310	0.2333	33.3	13	0.7	13.7 8	3.5 13	.5 1.35	2.611	64.20	1.20	12.63	3.25	2.15
R6TG1501	7.72	2.01	407.8	0.0189	0.178	1.95	8.62	2	270.6	0.0319	0.222	52.05	21.6	3.3	22.6 1	2.7 22	.4 2.24	2.902	101.27	1.10	37.07	5.40	3.37
R7TC1501	9.28	1.00	151.2	0.0614	0.68	1.08	8.66	1	121.2	0.0715	0.083	30.4	9.5	0.6	10.8	7.9 1(.3 1.03	1.110	37.81	1.10	26.96	2.38	1.97
R7TE1501	7.53	1.40	256.9	0.0293	0.092	1.57	8.19	1.4	182.5	0.0449	0.131	42.91	15.7	1	16.8 1	0.3 16	.3 1.63	2.165	64.20	1.20	27.08	3.93	2.78
R7TG1501	9.4	2.01	407.8	0.0231	0.152	1.76	11.08	2.01	248.8	0.0445	0.214	61.23	24.5	0	24.9 2	4.1 24	.7 2.47	2.628	101.27	1.10	54.76	6.13	3.96

表 4-2 傾斜板 cot=3.73 (15°) 規則波パラメーター

		种波疹	支高ch1,2				Q.	5先波高d	h3,4				電子願	iRの解わ	Ŧ			相対打上高	波長 (原型)		波power (原型)	打上げ高	(原型)
H		Г	νn	令 二 上	ц	Н	Т	Г	цл	形 1 1	R(zero)	Rave	く事人とし	Rmax	Rmin	$R_{1/3}$	原型 R _{1/3}	E d	L	D (原型)	w	Rm	R0
(s)	_	(cm)	цг Ц	风知争		(cm)	(s)	(cm)		反知辛	(cm)	(cm)	K(JT IR)	(cm)	(cm)	(cm)	(m)	K _{1,8} /II	(m)		(kW/m)	(m)	(m)
0	52	42.2	0.0161	0.942	2.87	0.67	0.65	46.8	0.0143	0.612	0.36	0.4	0	0.7	0.2	0.6	0.06	0.882	4.25	1.00	0.02	0.10	0.03
0).82	104.4	0.0066	0.73	4.48	0.73	0.74	37.4	0.0195	0.905	0.15	1.5	0	1.7	1.2	1.6	0.16	2.319	8.98	1.00	0.03	0.38	0.01
	0.77	92.3	0.0130	0.882	3.19	1.21	0.68	63.4	0.0191	0.805	0.27	0.9	0	1.1	9.0	1	0.1	0.833	16.47	1.00	0.15	0.23	0.02
	1.16	194.0	0.0072	0.711	4.30	1.47	1.18	97.0	0.0152	0.800	0.88	2.3	0.1	2.7	0.3	2.6	0.26	1.871	26.71	1.03	0.24	0.58	0.08
	1.98	400.6	0.0068	0.653	4.42	2.85	1.97	221.0	0.0129	0.77	0.77	3.1	0.2	3.5	0.6	3.3	0.33	1.213	81.82	1.17	2.98	0.78	0.07
	1	151.2	0.0150	0.661	2.97	2.14	0.86	78.7	0.0272	0.687	1.12	2	0.2	3.5	1.5	2.6	0.26	1.145	33.81	1.07	1.28	0.50	0.10
	1.17	196.7	0.0106	0.67	3.54	2.45	1.1	119.6	0.0205	0.778	2.36	4.1	0.8	4.8	0.4	4.6	0.46	2.212	32.49	1.06	0.75	1.03	0.20
	2	405.4	0.0092	0.65	3.79	4.15	2.12	260.4	0.0159	0.747	1.6	4.8	0.2	5.2	2.8	5.1	0.51	1.367	89.18	1.15	6.55	1.20	0.14
	-	151.2	0.0300	0.297	2.10	4.04	1	121.2	0.0333	0.322	7.69	9	0.3	7.5	4.2	6.6	0.66	1.454	37.81	1.10	6.19	1.50	0.66
	1.26	220.5	0.0130	0.570	3.20	3.11	1.11	127.5	0.0244	0.673	5.42	6.8	0.1	7.4	6.4	7.1	0.71	2.483	42.47	1.13	2.16	1.70	0.46
	2	405.4	0.0125	0.617	3.25	5.39	2	270.6	0.0199	0.712	3.72	7.5	1.9	8.2	0.7	8	0.8	1.578	97.20	1.12	14.32	1.88	0.32
	1	151.2	0.0438	0.139	1.74	6.15	1	121.2	0.0508	0.171	9.93	7.8	0.5	9.2	6.2	8.5	0.85	1.284	37.81	1.10	13.65	1.95	0.85
	1.25	217.9	0.0168	0.516	2.81	3.59	1.06	113.2	0.0317	0.611	6.05	7.1	0.4	7.6	3.4	7.3	0.73	1.995	41.80	1.12	3.43	1.78	0.52
	2	405.4	0.0144	0.564	3.03	6.19	2	270.6	0.0229	0.661	5.98	9.6	2.6	10.5	1.7	10.2	1.02	1.744	101.27	1.10	21.60	2.40	0.51
	1	151.2	0.0517	0.116	1.60	7.34	1	121.2	0.0606	0.128	15.47	9.5	6.0	11.4	7.3	10.6	1.06	1.357	37.81	1.10	19.04	2.38	1.32
	1.4	256.9	0.0201	0.391	2.57	5.55	1.4	159.9	0.0347	0.509	9.12	9.2	1.7	9.7	1.4	9.6	96.0	1.857	64.20	1.20	12.28	2.30	0.78
	2	405.4	0.0206	0.419	2.53	9.05	2.01	270.6	0.0334	0.494	19	18.4	0.5	19.8	16.9	19.2	1.92	2.297	101.27	1.10	43.01	4.60	1.62
	1	151.2	0.0621	0.079	1.46	8.97	1	121.2	0.0740	0.102	25.63	12.2	1.2	14.5	8	13.3	1.33	1.416	37.81	1.10	26.67	3.05	2.19
	1.4	256.9	0.0288	0.27	2.15	9.05	1.4	182.5	0.0496	0.349	16.75	14	2.2	15.5	5.4	14.7	1.47	1.989	64.20	1.20	25.49	3.50	1.43
	2	405.4	0.0237	0.314	2.36	11.61	2.00	264.8	0.0438	0.383	29.86	25	1.6	26.1	19.1	25.8	2.58	2.685	101.27	1.10	57.18	6.25	2.55

表 4-3 傾斜板 cot=2.75 (20°) 規則波パラメーター

; (原型)	R0	(m)	0.02	0.03	0.06	0.09	0.08	0.13	0.15	0.12	0.32	0.30	0.16	1.02	0.42	0.23	1.15	0.71	0.63	1.17	1.36	116
打上げ高	Rm	(m)	0.06	0.07	0.14	0.21	0.18	0.30	0.35	0.29	0.76	0.72	0.39	2.41	1.00	0.56	2.73	1.67	1.49	2.78	3.22	376
波power (原型)	M	(kW/m)	0.21	0.71	1.19	1.87	2.56	3.16	5.26	6.26	5.80	9.88	13.77	10.74	14.67	21.60	19.39	26.42	38.97	28.17	46.49	91.05
	D (原型)	I	1.03	1.18	1.08	1.19	1.17	1.10	1.20	1.15	1.09	1.20	1.11	1.10	1.20	1.10	1.10	1.20	1.10	1.10	1.20	110
度長(原型)	Г	(m)	27.96	54.45	35.13	57.06	82.43	37.81	64.20	89.78	37.14	64.20	99.03	37.81	64.20	101.27	37.81	64.20	101.27	37.81	64.20	20101
相対打上高	D) d	K1/3/11	0.455	0.795	0.721	1.078	0.916	0.862	1.072	1.008	1.175	1.258	1.102	1.711	1.327	1.185	1.524	1.436	1.689	1.383	1.595	0.050
	原型 R _{1/3}	(m)	0.05	0.12	0.16	0.25	0.23	0.28	0.37	0.36	0.53	0.58	0.54	1.04	0.75	0.71	1.21	1.07	1.37	1.34	1.59	20 0
	$\mathbf{R}_{1/3}$	(cm)	0.5	1.2	1.6	2.5	2.3	2.8	3.7	3.6	5.3	5.8	5.4	10.4	7.5	7.1	12.1	10.7	13.7	13.4	15.9	2.00
11-	Rmin	(cm)	0	0.1	0.3	2	2.1	0.1	0.2	0.3	0.5	0.5	1.2	7.9	6.4	0.8	8.2	2.3	1.9	9.6	5.4	3 3
Rの解わ	Rmax	(cm)	0.7	1.3	1.6	2.6	2.3	2.9	3.8	3.7	5.4	5.9	5.5	12.1	7.9	7.4	13.1	10.8	14.5	14.6	16.5	214
遍土颵	(神へ)」	K(JUEX)	0	0.1	0.2	0	0	0.1	0.3	0.8	0.4	0.7	0.6	0.8	0.1	1.4	1.3	1.8	4.9	1.2	ю	10.2
	Rave	(cm)	0.6	1	1.3	2.3	2.2	2.7	3.4	3.1	5.1	5.3	5.2	9.4	7.1	6.7	10.7	9.6	12.8	12.2	14.7	18.7
	R(zero)	(cm)	0.23	0.26	0.57	0.82	0.71	1.19	1.39	1.14	3.02	2.87	1.55	9.65	3.98	2.22	10.93	6.68	5.96	11.11	12.89	11 01
	です。	反射率	0.823	0.820	0.856	0.846	0.716	0.857	0.777	0.751	0.708	0.726	0.732	0.472	0.66	0.717	0.298	0.575	0.609	0.209	0.41	0 501
3,4	УП	ПЛ	0.0103	0.0108	0.0212	0.0136	0.0123	0.0310	0.0184	0.0159	0.0423	0.0239	0.0214	0.0558	0.0289	0.0266	0.0677	0.0324	0.0416	0.0829	0.0439	0.0530
先波高ct	L	(cm)	118.0	106.8	113.2	158.4	238.6	121.2	164.5	264.8	116.4	182.5	264.8	121.2	182.5	270.6	121.2	182.5	254.6	121.2	182.5	243.0
投	г	(s)	-	1.34	-	1.39	1.99	-	1.4	2	-	1.4	2	-	1.39	2	1	1.4	2.01	-	1.4	1.98
	Н	(cm)	1.21	1.15	2.4	2.15	2.94	3.75	3.03	4.2	4.92	4.37	5.66	6.76	5.28	7.2	8.2	5.91	10.6	10.04	8.01	12.88
	Ir		5.42	6.05	3.85	4.88	5.91	3.18	4.00	4.97	2.70	3.48	4.25	2.33	3.14	3.84	2.03	2.74	3.30	1.84	2.37	2.97
	14 14 14	风知半	0.713	0.771	0.69	0.767	0.652	0.675	0.742	0.674	0.582	0.704	0.675	0.384	0.642	0.649	0.225	0.563	0.589	0.159	0.423	0.529
高ch1,2	10	1/1	0.0074	0.0059	0.0147	1600.C	0.0062	0.0215	0.0136	8800.C	0.0298	0.0179	0.0120	0.0402	0.0220	0.0148	0.0525	0.0290	0.0200	0.0641	0.0388	0.0247
洋波波!	г	(cm)	48.5 (54.4	51.2	54.4 (103.0	51.2	54.4 (05.4 (51.2	56.9 (107.8	51.2	56.9 (105.4 (51.2	56.9 (105.4 (51.2	56.9 (03.0
	т	(s)	1 99.0	1.39 2	1	1.39 2	1.99 4	-	1.39 2	2 4	-	1.4 2	2.01 4	1	1.4 2	2 4	1	1.4 2	2 4	-	1.4 2	1.99 4
	Н	(cm)	1.1	1.51	2.22	2.32	2.51	3.25	3.45	3.57	4.51	4.61	4.9	6.08	5.65	5.99	7.94	7.45	8.11	69.6	9.97	9.96
	case	1	R1TC2501	R1TE2501	R2TC2501	R2TE2501	R2TG2501	R3TC2501	R3TE2501	R3TG2501	R4TC2501	R4TE2501	R4TG2501	R5TC2501	R5TE2501	R5TG2501	R6TC2501	R6TE2501	R6TG2501	R7TC2501	R7TE2501	R7TG2501

表 4-4 傾斜板 cot=2.14 (25°) 規則波パラメーター

田、海底勾	配0, h/H=2.76	Saville, 海底女	J配1/10, h/H>3	Savage, 海底	勾配0, h/H>2	田中ら、海底勾配	1/30, 1.4 <h h<2.3<="" th=""><th>田中ら実験値高</th><th>事田(S)(Sainflou)</th><th>田中ら実験値高</th><th>易用(B)(Sainflou)</th><th>田中ら実験値</th><th>高田(S)(Miche)</th><th>田中ら実験値</th><th>高田(B)(Miche)</th></h>	田中ら実験値高	事田(S)(Sainflou)	田中ら実験値高	易用(B)(Sainflou)	田中ら実験値	高田(S)(Miche)	田中ら実験値	高田(B)(Miche)
	R/H _{1/3}	cot0	R/H _{1/3}	cot0	R/H _{1/3}	cot0	R/H _{1/3}	cot0	R/H _{1/3}	cot0	$R/H_{1/3}$	cot0	R/H _{1/3}	cot0	R/H _{1/3}
	1.40	0.00	1.60	00.0	1.30	2.14	1.58	3.73		3.73	1.37	3.73		3.73	1.82
	1.60	06.0	1.80	0.50	1.40	2.75	2.20	2.75	1.95	2.75		2.75	2.26	2.75	
	1.75	1.60	2.00	1.00	1.80	3.73	2.51	2.14		2.14		2.14		2.14	
	2.00	3.00	2.05	1.50	1.95										
	2.15	4.00	1.60	2.20	2.20										
	2.10	5.00	1.40	3.10	2.02										
	2.05	6.00	1.30	5.00	1.50										
	2.20			6.00	1.30										
	2.00			7.00	1.15										
	2.00														
	1.70														
	1.05	2.00	1.80	00.0	1.10	3.73	1.30	3.73		3.73	1.07	3.73		3.73	1.16
_	1.10	3.00	1.70	0.50	1.40	2.75	1.32	2.75	1.89	2.75	1.17	2.75	1.98	2.75	1.31
_	1.35	4.00	1.40	1.00	1.60	2.14	1.13	2.14	1.94	2.14		2.14	2.10	2.14	
	1.30	6.00	1.00	1.50	1.90										
	1.32			2.20	1.95										
<u> </u>	1.35			3.00	1.70										
<u> </u>	1.29			4.00	1.45										
_	1.41			5.00	1.10										
	1.50			6.00	1.00										
_	1.42			00'L	0.80										
-	1.30														
_	1.45														
_	1.28														
_	1.20														
_	06.0														
_	1.20	0.00	1.30	00.00	1.10	3.73	1.04	3.73		3.73	06.0	3.73		3.73	1.03
_	1.20	1.65	1.95	0.50	1.45	2.75	1.22	2.75	1.71	2.75	1.10	2.75	1.73	2.75	1.26
_	1.40	1.75	1.95	1.00	1.50	2.14	1.58	2.14	2.00	2.14	1.44	2.14	2.24	2.14	1.67
_	1.60	1.85	1.90	1.50	1.90										
_	1.90	2.00	1.90	2.10	1.93										
_	1.93	2.15	1.60	2.45	1.60										
_	1.90	3.00	1.30	3.10	1.35										
_	1.63	3.05	1.27	4.00	1.30										
	1.50	4.00	1.00	5.00	0.89										
_	1.40	5.00	06.0	7.00	0.70										
_	1.35	6.00	0.85												
	1.30														
_	1.27														
_	0.95														
L	0.00														

表 4-5 高田の理論 (Saville, Savege, Sainflou, Miche) を使った実験値一覧

田中らの過去の研究から,規則波では傾斜板角度 θ =15°が最も打上げ高が高いことが示さ れた(田中ら, 2010).本研究では,既存の研究を基盤に,より推定しやすい打上げ高の算 定方法を提案したい.

高田(高田, 1970)は、重複波水深領域の遡上高の算定式をのり勾配の大小により、surging waves 領域と breaking waves 領域に分けて Miche (Miche, 1944, 1951)と Sainflou (Sainflou, 1928)の重複波の水面波形を考慮して有用な式を提案した.本実験で得られたデータとこれらの既存の理論から、傾斜板角度 θ =15°, 20°, 25°, 波形勾配 H/L=0.019, 0.032, 0.051 でまとめたグラフが下記の図 4-7~4-9 である.

H/L=0.019 の結果は、実験値や実験値を基に既存の理論を考慮した結果は既存の理論と よく合っていることを示している.特に、(S) surging waves 領域と(B) breaking waves 領 域に分けた Sainflou の重複波の水面波形を考慮した式を適用した場合が顕著で、完全に傾向 と一致している.

H/L=0.032の結果は、高田(海底勾配 0)の結果と、田中ら(海底勾配 1/30)、田中ら実 験値(高田(B) Sainflou)、田中ら実験値(高田(B) Miche)の結果は傾向が完全に一致 し、Saville、Savage、田中ら実験値(高田(S) Sainflou)、田中ら実験値(高田(S) Miche) の傾向が完全に一致していることから、実験値や実験値を基に既存の理論を考慮した結果 は既存の理論とよく合っている.

H/L=0.051 の結果は、すべてのデータの傾向が完全に一致していることから、実験値や 実験値を基に既存の理論を考慮した結果は既存の理論とよく合っているといえる.





図 4-8 傾斜板角度と打上げ高の関係(H/L=0.032)



図 4-9 傾斜板角度と打上げ高の関係(H/L=0.051)

波の打上げ高は,運動論で考えるならば波エネルギー(W),反射率,散逸率,波形勾配 に関係する(田中ら,2014)(H, Tanaka ら,2015).従来,打上げ高をまとめる際には波形勾 配ごとで考える場合が多いが,打上げ高は斜面を遡上する現象であるため斜面の勾配を考 慮する必要があり,傾斜板角度を含めて考えられる Iribarren 数(ξ)と呼ばれる無次元量で まとめることとした. Iribarren 数は次式(4.43)で表される.

$$\xi = \frac{\tan\theta}{\sqrt{H/L}} \tag{4.43}$$

ここでtanθは傾斜板角度で H/L は波形勾配である.

なお、打上げ高(R)を波高(H)で無次元化した値を波エネルギーと Iribarren 数を用い てグラフ化すると関係が明瞭でないため、図 4-10 のように打上げ高(R)を縦軸とし、ま た、(S) surging waves 領域と(B) breaking waves 領域に分けて表した. 塗りつぶしが breaking waves 領域となり、白抜きが surging waves 領域となる. その結果、surging waves 領域、breaking waves 領域に関わらず Iribarren 数が増加すると打上げ高は減少した. また、傾斜板角度 θ =25°の場合、極端に打上げ高が低くなっていることから、傾斜板角度 θ =20°を超えると打上 げ高が低くなることがわかる. なお、傾斜板角度に関わらず Iribarren 数が小さくなる条件 は breaking waves 領域であることがわかる. また、Iribarren 数と波浪領域の関係は、Ir=2 付近で明瞭に分かれているため、波浪領域を分けることで打上げ高を予測できる.



図 4-10 Iribarren 数と打上げ高の関係

次に、波パワー(kW/m)と打上げ高の関係をまとめたグラフが図 4-11 となる. 図 4-11 は、傾斜板角度 θ =15°, 20°, 25°における breaking waves 領域と surging waves 領域に分けて まとめた結果となる. 塗りつぶしかつ実線が breaking waves 領域となり、白抜きかつ破線が surging waves 領域となる.

この結果から、波パワーと打上げ高の関係は比例関係にあることがわかる. surging waves

領域では 15°が最も傾きが大きいことから打上げ高が高くなりやすいことがわかる.一方, breaking waves 領域では 20°の breaking waves 領域, surging waves 領域と, 25°の breaking waves 領域はほぼ同じ傾向を示す結果となった.この結果から, breaking waves 領域では θ =15°が 最も打上げ高が高いことがわかった.また, 20°の場合, 波パワーが 10kW/m 以上では breaking waves 領域と surging waves 領域に大きな差はないため, どの波浪条件においても打上げ高が 安定していることがわかる.



図 4-11 波パワーと打上げ高の関係(規則波)

次に、角度ごとに波パワーW (kw/m), Iribarren 数 (ξ), 打上げ高 R_m (m) をまとめたグ ラフを図 4-12~4-14 に示す. この図は x, y 軸にそれぞれ Iribarren 数と波パワーとし, z 軸 に打上げ高さを表したものである. 傾斜板角度 15°では, 波パワーは 54.8kw/m で最大とな り,その際の打上げ高が 6.1m となり最大となる. 傾斜板角度 20°では, 波パワーは 57.2kw/m で最大となり,その際の打上げ高は 6.3m となり最大となる. 傾斜板角度 25°ではほかの角度 と違い, 波パワーが最大のとき (50.8kw/m), 打上げ高は最大 (2.8m) ではない. 最大打上 げ高は 3.6m であり,その際の波パワーは W=46.5kw/m である. この原因は, 図 4-15 に示し たように, 傾斜板角度 25°では反射率が非常に大きいことが考えられる. 具体的には, 波パ ワーが最大の時, 傾斜板角度 15°では約 2 割 (0.152)の反射となり, 傾斜板角度 20°では約 3 割 (0.314) 反射している. 一方, 傾斜板角度 25°では約 5 割 (0.529) が反射していること から, 波が傾斜板を遡上する前に, 急な勾配によって波パワーの半分はすでに反射してい ることがわかる. しかし, 傾斜板角度による反射率と波パワーとの関係が明瞭でないこと から, 従来表している波形勾配と反射率の関係を傾斜板角度ごとに示したものが図 4-16 で ある. この図から傾斜板角度が大きくなるにしたがって反射率も大きくなることがわかる. なお, 波形勾配と反射の関係は K_r= αx^{β} と表すことができ, 傾斜板角度ごとの α , β の値を 表 4-6 に示す.角度による違いはあるものの,概して,打上げ高は Iribarren 数よりも波パワーに関係することがわかる.また,傾斜板角度が増加するにしたがって反射の影響が顕著となり打上げ高は Iribarren 数に関係することがわかる.



図 4-12 Iribarren 数と波パワー, 打上げ高の関係 (15°)



図 4-13 Iribarren 数と波パワー, 打上げ高の関係 (20°)





図 4-16 波形勾配と反射率の関係

表 4-6 波形勾配と反射率の関係 (α, β の値)

角度	α	β
15°	0.734	-57.8
20°	0.983	-41.8
25°	0.984	-25.0

4.7.2 不規則波

実験条件として,傾斜板角度(°),波高 H_{1/3} (cm),周期 T_{1/3} (s)を変化させて実験を行っている.

実験結果より,波高 H_{1/3} (cm),周期 T_{1/3} (s) を取得し比較検討を行った.それらの実験 結果を表 4-6~4-10 示す.表記載の ave,max,min は,それぞれ ave:平均,max:最大, min:最小である. R (zero)は R をゼロアップクロスにて解析をかける時の R の平均値と 静水面との推移である.波形勾配 H/L, R_{ave}/H, R_{1/3}/H,相対水深波高 h/H の H であるが全 て有義波高 H_{1/3}である.波長 L は式 (4.38)から算出した.図 4-17 は波高 1.51cm,周期 1.01s, 傾斜板角度 20° (H1TC2001)時の時系列図である.図 4-18 は波高 7.39cm,周期 2.56s,傾 斜板角度 20° (H5TH2001)時の時系列図である.



表 4-7~4-11 に実験結果一覧を示す.

不規則波パラメーター
(10°)
傾斜板 cot=5.67
表 47

				冲波乱	支高ch1,2								法先波]	高 ch3,4					川願	高Rの	解析) 登:	原型)	陵 I	ower (原型) 打	上げ高(原型)
case	${\rm H}_{1/3}$	$T_{1/3}$	Have	Tave	Г	НЛ	波数	変も反		$H_{1/3}$	$T_{1/3}$	Have	T _{ave}	Г	НЛ.	技数	5. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1	(zero)	Rave R(Rmax H	Rmin H	۲ _{1/3} ا		原型)	w	$\mathbf{R}_{1/3}$
	(cm)	(s)	(cm)	(s)	(cm)		(圓)	× 21 +	1	(cm)	(s)	(cm)	(s)	(cm)		個)	+ 62	cm)	(cm)	~ ~ ~	(cm)	(cm) (6	(II) (II	(U		(kW/m)	(m)
H1TA 1001	1.41	0.60	0.88	0.52	55.9	0.0252	757	0.789	1.11	1.16	0.59	0.73	0.55	54.8	0.0212	748	0.742	2.89	0.8	0	1.3	0.4	1 13	86	00.1	0.05	0.25
H1TB 1001	1.21	0.8	0.88	0.63	100.5	0.0120	519	0.448	1.61	1.14	0.81	0.7	0.67	89.4	0.0128	556	0.310	0.08	0.4	0.1	1.3	0	0.6 25	.13	.02	0.07	0.15
H1TC1001	1.29	0.99	0.79	0.81	151.6	0.0085	515	0.358	1.91	1.16	1.03	0.74	0.88	121.5	0.0095	448	0.438	2.47	0.9	0.1	2.1	0.3	1.3 37	. 06	1.10	0.24	0.33
H1TD 1001	1.39	1.21	0.9	1.01	207.6	0.0067	389	0.365	2.15	1.30	1.27	0.78	0.96	154.0	0.0084	430	0.440	1.49	0.9	0.3	2.7	0.3	1.5 51	06	1.17	0.37	0.38
H1TE1001	1.47	1.43	0.88	1.03	256.0	0.0057	363	0.401	2.33	1.49	1.50	0.95	1.17	182.0	0.0082	329	0.501	1.65	1.4	0.7	4.2	0.3	2.3 64	8	1.20	0.50	0.58
H1TF1001	1.48	1.57	0.83	1.01	308.6	0.0048	398	0.482	2.55	1.53	1.67	0.96	1.24	212.7	0.0072	315	0.548	1.78	1.6	0.9	4	0.3	TT T1	.15	1.18	0.55	0.68
H1TG1001	1.54	1.94	0.85	1.18	405.8	0.0038	329	0.505	2.86	1.65	2.03	0.93	1.31	270.8	0.0061	286	0.584	2.51	2	-	4.1	0.4	3.2 101	.45	1.10	0.68	0.80
H1TH1001	1.77	2.67	0.93	1.52	552.3	0.0032	284	0.553	3.11	1.92	2.84	1.13	1.92	360.0	0.0053	201	0.669	2.28	2	1.2	5.1	0.1	3.3 138	.08	.93	1.05	0.83
H2TA 1001	2.71	0.66	1.72	0.63	68.1	0.0398	643	0.608	0.88	2.15	0.66	1.34	0.62	65.3	0.0329	658	0.394	1.65	0.8	0.2	2.3	0.3	1.4 17	.03	00.1	0.65	0.35
H2TB 1001	2.18	0.81	1.34	0.72	101.3	0.0215	566	0.210	1.20	2.57	0.81	1.34	0.72	90.0	0.0286	529	0.300	2.56	1.1	0.3	ŝ	0.5	1.8 25	.33	.02	0.53	0.45
H2TC1001	2.6	0.99	1.51	0.91	149.9	0.0173	445	0.209	1.34	2.41	1.04	1.69	0.89	120.4	0.0200	442	0.208	4.48	1.8	0.8	5	0.8	2.9 37	48	60.1	0.98	0.73
H2TD 1001	2.58	1.21	1.64	1.04	209.9	0.0123	384	0.229	1.59	2.56	1.3	1.66	1.11	155.3	0.0165	358	0.267	7.19	2.9	1.3	6.4	0.7	4.2 52	48	1.18	1.27	1.05
H2TE1001	2.66	1.39	1.7	1.13	259.5	0.0103	348	0.264	1.74	2.71	1.46	1.8	1.25	184.0	0.0147	327	0.309	7.63	3.2	1.8	7.2	1.1	1.8 64	88	1.20	1.58	1.20
H2TF1001	2.71	1.66	1.72	1.29	326.4	0.0083	311	0.307	1.94	2.85	1.72	1.85	1.39	223.3	0.0128	298	0.362	8.73	3.9	2.4	8.4	1.5	5.8 81	09	1.17	1.92	1.45
H2TG1001	2.83	2.07	1.78	1.53	429.2	0.0066	270	0.369	2.17	3.08	2.11	1.91	1.6	285.0	0.0108	247	0.444	~	4.2	2.7	8.1	1.3	5.1 105	30	1.07	2.38	1.53
H2TH 1001	3.12	2.57	1.87	1.79	540.0	0.0058	226	0.439	2.32	3.30	2.58	1.98	1.83	352.5	0.0094	220	0.541	6.78	4.1	3.6	8.1	1.2	5.3 135	00:	.95	3.17	1.58
H3TB 1001	3.68	0.74	2.27	0.7	84.6	0.0435	585	0.337	0.85	3.05	0.75	1.89	0.71	78.2	0.0390	576	0.219	3.1	1.3	0.4	4.2	0.5	2 21	.15	10.1	1.35	0.50
H3TC1001	3.80	0.96	2.51	0.89	140.2	0.0271	452	0.194	1.07	3.47	0.99	2.16	0.87	114.6	0.0303	459	0.169	8.73	3	1.1	5.7	1.5 4	4.2 35	.05	80.1	2.00	1.05
H3TD 1001	3.77	1.18	2.45	1.05	206.3	0.0183	385	0.176	1.30	3.67	1.26	2.41	1.11	153.2	0.0240	368	0.226	2.85	4.3	2	8.8	1.8	5.9 51	- 28	1.17	2.64	1.48
H3TE1001	4.08	1.42	2.42	2.73	261.2	0.0156	326	0.190	1.41	4.16	1.50	2.71	1.24	185.0	0.0225	333	0.237 1	4.58	5.3	3.2	10.4	2.6	7.4 65	30	1.20	3.80	1.85
H3TF1001	3.91	1.62	2.55	1.34	317.2	0.0123	299	0.228	1.59	4.10	1.67	2.58	1.31	217.9	0.0188	308	0.283 1	4.28	5.7	4.7	10.6	2.5	3.2 79	30	1.18	3.92	2.05
H3TG1001	4.17	2.06	2.75	1.62	417.2	0.0100	255	0.262	1.76	4.48	2.06	2.72	1.51	<i>T.TT.</i>	0.0161	262	0.348	5.26	6.4	5.6	12.8	2.7	9.2 102	30	80.1	5.21	2.30
H3TH 1001	4.52	2.60	2.68	1.80	547.7	0.0083	227	0.364	1.94	4.91	2.49	2.81	1.73	357.6	0.0137	233	0.451	13.9	6.7	9.6	15	2.3 1	0.3 136	.93	.94	6.68	2.58
H4TB 1001	4.86	0.81	3.12	0.77	101.7	0.0478	526	0.320	0.81	4.21	0.81	2.65	0.77	90.3	0.0466	521	0.204	7.15	2.2	0.7	4.9	1.2	3.2 25	43	.02	2.62	0.80
H4TC1001	5.03	0.97	3.31	0.92	143.5	0.0351	441	0.166	0.94	4.49	1.01	2.82	0.89	116.6	0.0385	449	0.156	0.28	3.5	1.5	7.5	1.8	1.9 35	8	80.1	3.56	1.23
H4TD 1001	5.09	1.20	3.39	1.09	209.8	0.0243	370	0.158	1.13	4.99	1.25	3.27	1.13	155.2	0.0322	371	0.188 1	5.13	5	2.6	9.4	2.6	5.9 52	45	1.18	4.90	1.73
H4TE1001	5.10	1.41	3.49	1.26	262.6	0.0194	326	0.181	1.27	5.18	1.47	3.52	1.27	185.8	0.0279	322	0.228	8.29	6.3	4	11.6	2.9	3.6 65	.65	1.20	5.90	2.15
H4TF1001	5.27	1.62	3.52	1.39	318.1	0.0166	326	0.181	1.37	5.63	1.67	3.54	1.33	218.4	0.0258	307	0.248 2	20.27	7.3	6.9	13.2	3.6 1	0.5 79	53	1.18	7.11	2.63
H4TG1001	5.40	2.10	3.47	1.59	425.3	0.0127	261	0.242	1.56	6.10	2.07	3.7	1.57	282.5	0.0216	253	0.315 2	20.54	∞	9.5	17.6	3.6 1	1.5 106	.33	80.1	8.83	2.88
H4TH 1001	5.81	2.65	3.61	1.94	559.9	0.0104	210	0.329	1.73	6.35	2.61	3.73	1.82	364.7	0.0174	221	0.464 1	9.26	8.8	14	20.7	3.4 1	3.1 139) 86.	.92	11.09	3.28
H5TC1001	6.32	1.00	4.15	0.95	150.4	0.0420	428	0.148	0.86	5.85	1.03	3.7	0.96	120.7	0.0485	423	0.143 1	4.72	4.5	1.7	7.6	2.3	6 37	.60	60.1	5.86	1.50
H5TD 1001	6.34	1.21	4.2	1.11	207.7	0.0305	371	0.160	1.01	6.32	1.26	4.15	1.15	154.0	0.0410	357	0.187 2	20.26	6	2.9	10	3.2	8 51	.93	1.17	7.66	2.00
H5TE1001	6.38	1.43	4.26	1.25	266.9	0.0239	332	0.164	1.14	6.55	1.47	4.33	1.26	188.3	0.0348	326	0.225 2	94.12	7.5	4.3	13.8	4.2	9.9 66	.73	1.20	9.36	2.48
H5TF1001	6.50	1.62	4.32	1.37	312.6	0.0208	294	0.186	1.22	7.14	1.68	4.5	1.34	215.2	0.0332	304	0.249 2	94.51	8.1	7	14.5	4.1	1.2 78	.15	1.18	10.85	2.80
H5TG1001	6.79	2.13	4.38	1.62	428.8	0.0158	255	0.219	1.40	7.96	2.06	4.79	1.58	284.7	0.0280	256	0.298 2	6.02	9.5	9.1	16.6	4.3	2.7 107	20	1.07	14.11	3.18
H5TH 1001	7.06	2.64	4.34	1.91	566.6	0.0125	207	0.296	1.58	7.90	2.48	4.51	1.71	368.9	0.0214	238	0.424 2	5.57	10.5	14.6	20.1	4.5 1	4.9 141	.65 (0.92	16.19	3.73
H6TC1001	8.29	1.05	5.01	1.02	162.4	0.0510	402	0.116	0.78	7.81	1.09	5.37	1.01	127.8	0.0611	397	0.130	17.4	4.9	2.3	9.9	3	5.8 40	09	11.11	10.78	1.70
H6TD 1001	8.37	1.21	5.57	1.14	205.9	0.0407	358	0.143	0.87	8.28	1.29	5.48	1.17	153.0	0.0541	353	0.184	23.6	6.8	3.4	11.3	4.1	9 51	48	1.17	13.33	2.25
H6TE1001	8.68	1.43	5.81	1.27	187.4	0.0463	319	0.165	0.82	9.07	1.50	5.96	1.28	265.3	0.0342	320	0.223 2	9.07	8.5	5.2	14.3	5.1 1	1.2 46		.15	16.63	2.80
H6TF1001	8.40	1.67	5.59	1.41	319.7	0.0263	269	0.170	1.09	9.30	1.63	5.81	1.34	219.3	0.0424	308	0.252 3	80.12	9.5	5.8	16.4	5.3 1	2.2 79	.93	1.18	18.61	3.05
H6TG1001	8.90	2.08	5.74	1.60	418.8	0.0213	257	0.194	1.21	10.63	2.02	6.4	1.56	278.7	0.0381	257	0.262 3	33.26	11.2	11.2	22	5.4 1	4.9 102	.70	1.08	23.91	3.73
H6TH 1001	9.03	2.46	5.63	1.81	520.9	0.0173	223	0.232	1.34	10.41	2.22	6.07	1.64	340.8	0.0305	246	0.359 3	\$2.89	12.2	13.4	25.6	5.8 1	6.1 130	123 (76.0	26.00	4.03
H7TC1001	10.01	1.07	6.54	1.06	171.0	0.0585	382	0.137	0.73	9.57	1.12	6.06	1.07	132.8	0.0721	380	0.160 2	21.73	5.9	2.3	11.5	3.8	7.7 42	.75	1.13	16.21	1.93
H7TD 1001	10.45	1.26	6.8	1.18	221.4	0.0472	346	0.148	0.81	10.36	1.35	6.74	1.22	162.0	0.0640	337	0.218 2	8.61	8	4.4	13.8	4.7 1	0.5 55	.35	.19	21.88	2.63
H7TE1001	10.56	1.47	7.11	1.30	280.3	0.0377	312	0.161	0.91	11.02	1.51	7.2	1.31	196.2	0.0562	310	0.244 3	11.71	6	5.6	15.7	5.5 1	1.8 70	80	1.20	26.31	2.95
H7TF1001	10.78	1.67	7.13	1.44	331.2	0.0325	278	0.172	0.98	11.80	1.65	7.49	1.41	226.2	0.0522	289	0.225	33.26	9.7	6.8	18.1	5.8 1	2.7 82	80	1.17	30.43	3.18
H7TG1001	11.48	2.09	7.29	1.60	421.9	0.0272	253	0.180	1.07	12.83	1.96	7.87	1.56	280.5	0.0457	255	0.289	\$5.54	1.1	=	21	6.2	15 105	48	80.1	39.85	3.75
H7TH 1001	11.46	2.48	7.13	1.85	517.2	0.0222	218	0.221	1.18	12.91	2.25	7.75	1.7	338.5	0.0381	234	0.341 3	86.85	12.7	17.8	28	6.4 1	7.2 129	30 (.97	42.40	4.30

Ţ
X
Ĵ
$\boldsymbol{\chi}$
1N)
5
~
皮
Ê
Щ
掼
K
17
ŝ
-
\sim
\mathfrak{C}
5
ŝ
÷.
3
112
Ř
碰
Ē
1
ò
4

	打上げ高(原型)	R _{1/3}	(m)	0.40	0.23	0.33	0.83	0.73	0.75	0.55	0.33	0.33	0.73	1.35	1.48	1.53	1.65	0.53	1.25	1.85	2.40	2.63	2.93	3.10	0.93	1.78	2.48	3.53	3.83	4.15	2.08	2.93	3.63	4.38	4.58	4.88	2.60	4.75	4.35	4.93	5.10	3.08	3.98	4.40	5.53	4.95	cere
	波power (原型)	w	(kW/m)	0.06	0.08	0.32	0.60	0.77	0.78	1.00	0.54	0.75	1.12	1.96	2.28	2.69	3.03	1.35	2.08	2.94	4.26	4.47	5.59	6.87	2.65	3.71	01.6	0./5 7.86	9.63	11.57	5.81	7.88	9.81	12.08	14.51	17.32	10.89	17.77	19.69	25.64	27.74	16.50	22.71	27.35	31.63	39.84	40.90
		D (原型)		1.00	1.02	1.17	1.20	1.20	1.13	1.00	1.00	1.02	1.10	1.10	1.19	1.10	1.00	1.01	1.08	1.17	1.20	1.18	1.08	0.95	1.02	1.09	/1.1	1.18	1.07	0.92	1.09	1.18	1.20	1.17	1.07	0.92	1.12	1 20	1.17	1.06	0.95	1.12	1.19	1.20	1.17	1.09	CK'N
	支長 (原型)	L	(m)	13.80	25.40	39.30	63.83	71.08	93.35	123.78	16.83	25.75	38.38	05.25	75.93	100.45	123.80	21.80	35.40	51.55	67.88	77.38	105.05	133.53	25.55	36.43	21.38	79.10	108.03	140.80	36.83	52.08	67.65	81.55	108.38	141.10	41.15	00 L9	83.23	109.58	132.95	42.28	55.25	69.83	83.90	102.35	133.20
J	Ę	R 1/3	(cm)	1.6	0.9	13	3.3	2.9	3	2.2	1.3	13	2.9	5.4	5.9	6.1	6.6	2.1	5	7.4	9.6	10.5	11.7	12.4	3.7	1.7	6.6	14.1	15.3	16.6	8.3	11.7	14.5	17.5	18.3	19.5	10.4	1.61	17.4	19.7	20.4	12.3	15.9	17.6	22.1	19.8	177
X		Rmin	(cm)	0.1	0.1	0.3	0.9	0.2	0.4	-0.3	0.1	-0.3	0.2	0.6	0.3	0	0.5	0.2	1	1.6	2.4	2.3	1.2	1.6		2.3	5.2	4.1 4.1	3.3	3.3	3	4.1	ŝ	5.5	5.2	4.9	4	5.0	5.4	6.3	4.5	5.3	7.1	7.4	6.9	6.7	0.0
×	の解析	Rmax	(cm)	1	1.2	3	5.2	5.5	5.2	4.9	2.1	2.6	5.4	10.4	11.8	11.5	13.4	3.7	7.5	12.2	16.3	15.2	16.4	19.2	6.6	11.3	15.0	10.1	20.8	25.1	12	14.9	19.7	21	22.9	24.4	15.3	21.6	21.9	29	26.9	18.1	19.4	21.9	22.1	26.9 21 6	51.0
澎	上高R	備会る		0	0.1	0.1	0.8	-	-	1.2	0.2	0.4	13	3.2	4.3	5.2	6.1	0.5	2.5	4.5	7.3	10	14.1	18.4		3.6	2.0	15.7	20.4	27.6	4.5	7.9	11.6	20	23.6	30.6	2.6	13.7	15.7	20.5	23.5	6.4	9.3	12.9	13.6	17.9	24.0
規調	顥	Rave	(cm)	0.4	0.5	- 1	2.3	1.7	1.7	1	0.7	0.6	1.6	3.2	3.4	3.4	3.7	1.2	3.1	4.9	6.4	6.6	7.2	7.1	2.4	4.9		6.8 9.2	9.9	10.1	5.8	8.4	10.4	12	12.7	13.1	0.7	12.8	12.9	14.8	14.9	9.4	12.4	13.5	13.4	15.1	10.0
K		R(zero)	(cm)	0.33	0.24	-0.67	3.4	1.29	1.37	-1.37	0.42	-0.81	0.66	2.44	2.29	1.7	2.08	1.12	3.74	6.48	9.57	8.79	8.45	7.33	4.44	8.74	14 00	15.71	14.49	13.01	11.26	15.75	19.23	21.05	19.93	18.1	17.61	26.13	24.32	24.08	21.84	20.3	27.32	28.59	25.95	25.26	74.01
15°)		→ 角+ 或:	× ял че	0.897	0.684	0.686	0.692	0.730	0.723	0.683	0.772	0.412	0.458	0.548	0.623	0.631	0.678	0.31	0.325	0.392	0.43	0.477	0.553	0.6	0.24	0.257	0.37	0.404	0.456	0.555	0.221	0.269	0.33	0.352	0.431	0.549	0.18/	0.255	0.331	0.4	0.464	0.197	0.254	0.308	0.335	0.394	4C4-0
<u> </u>		波数	(個)	737	560	308	361	335	319	220	655	559	451	336	301	270	223	578	456	354	313	292	268	223	524	449	549	324 292	262	227	429	357	319	289	257	228	665	347	304	259	226	384	325	306	281	255	210
3.73		Ц	цг	0.0207	0.0149	0.0108	0.0095	0.0092	0.0076	0.0068	0.0299	0.0246	0.0209	0.0163	0.0153	0.0124	0.0110	0.0384	0.0308	0.0253	0.0232	0.0212	0.0171	0.0151	0.0474	0.0400	0.0538	0.0287	0.0224	0.0185	0.0496	0.0413	0.0357	0.0344	0.0284	0.0234	0.0000	14000	0.0442	0.0371	0.0318	0.0730	0.0647	0.0580	0.0550	0.0473	I'UHUI
cot=	南 ch3,4	г	(cm)	54.1	90.2	124.7	181.6	198.5	251.3	325.1	64.6	1.16	122.6	84.9	209.9	268.5	325.2	80.0	115.4	153.1	91.0	213.3	279.5	349.0	90.6	17.9	1.26	5.17.4	286.7	366.8	18.9	154.4	190.5	23.2	287.5	367.6	29.0	0.68	27.2	200.5	347.5	131.7	161.7	195.6	28.8	273.0	2.248
核	去先波	Tave	(s)	0.56	0.72	0.82	1.07	1.19	1.33	1.76	0.62	0.76	6.0	1.19	1.32	1.47	1.76	0.69	0.89	1.12	1.27	1.38	1.55	1.8	0.78	0.92	1.14	9 7	1.56	1.79	0.95	1.15	1.26	1.38	1.58	16.1	- - -	1.00	1.33	1.56	1.78	1.06	1.24	1.32	4.1	1.57	1.8/
魚	//~	Have	(cm)	0.71	0.84	0.82	1.05	1.13	1.13	1.23	1.23	1.65	1.61	1.95	2.06	2.09	2.22	1.89	2.24	2.52	2.93	2.92	3.04	3.17	2.71	2.98	3.39 2 ce	3.95	3.94	3.97	3.7	4.18	4.44	4.76	4.95	5.13	5.36	10.0	6.08	6.49	6.62	6.08	6.93	7.4	7.89	7.89	8.31
Ψ.		$T_{1\beta}$	(s)	0.61	0.83	1.03	1.45	1.66	1.97	2.9	0.67	0.82	1.04	1.45	1.75	1.97	2.5	0.75	1.01	1.27	1.52	1.76	2.02	2.55	0.82	1.02	87.1	1.75	2.02	2.63	1.05	1.27	1.5	1.76	2	2.68		154	1.73	1.94	2.38	1.12	1.35	1.53	1.71	2 2	707
4-8		$H_{1/3}$	(cm)	1.12	1.34	1.35	1.72	1.82	1.9	2.2	1.93	2.24	2.56	3.01	3.22	3.33	3.57	3.07	3.56	3.87	4.44	4.53	4.79	5.27	4.29	4.72	01.c	5.01 6.24	6.42	6.78	5.9	6.37	6.8	7.68	8.17	8.59	8.7	10.0	10.05	10.79	11.04	9.61	10.46	11.34	12.58	12.92	14.61
表		Ir		1.66	2.18	3.01	3.32	3.42	3.99	4.52	1.40	1.69	2.01	2.52	2.71	3.08	3.38	1.31	1.63	1.94	2.13	2.32	2.63	2.88	1.22	1.44	8. 5	2.04	2.34	2.60	1.29	1.53	1.73	1.86	2.12	2.37	61.1	¥ 8	1.67	1.85	2.03	1.09	1.22	1.37	1.49	1.60	1. <i>1</i>
		云 (b+ 1並)	х 31 ч	0.893	0.606	0.583	0.601	0.618	0.635	0.61	0.587	0.446	0.408	0.466	0.501	0.548	0.566	0.374	0.301	0.33	0.363	0.404	0.455	0.485	0.301	0.241	0.268	0.34	0.379	0.446	0.189	0.240	0.263	0.294	0.339	0.399	0.165	0.256	0.263	0.291	0.341	0.163	0.182	0.222	0.229	0.274	U.32
		波数	(個)	711	540	443 385	357	327	333	254	656	524	44	340	334	270	254	572	460	376	333	314	262	213	524	448	311	308	245	215	432	371	324	302	254	217	404	201	293	252	219	378	338	314	290	253	717
		Ц	1/17	0.0261	0.0151	0.0092	0.0065	0.0062	0.0045	0.0035	0.0367	0.0251	0.0179	0.0113	0.0098	0.0076	0.0063	0.0421	0.0272	0.0191	0.0158	0.0133	0.0104	0.0087	0.0478	0.0348	tc700	0.0173	0.0131	0.0106	0.0430	0.0309	0.0241	0.0207	0.0160	0.0128	9990	0.0326	0.0257	0.0210	0.0175	0.0601	0.0484	0.0384	0.0325	0.0280	C770.0
	事ch1,2	г	(cm)	55.2	101.6	157.2	255.3	284.3	373.4	1) 1) 1)	67.3	103.0	153.5	201.0	303.7	401.8	195.2	87.2	141.6	206.2	271.5	309.5	120.2	534.1	102.2	145.7	0.00	316.4	132.1	563.2	147.3	208.3	270.6	326.2	133.5	564.4	104.6	+.013	332.9	138.3	531.8	169.1	221.0	279.3	335.6	409.4	0.750
	中波波口	Tave	(s)	0.57	0.7	0.84	1.02	1.18	1.14	1.42 4	0.62	0.73	0.89	1.16	1.21	1.43 4	1.55 4	0.71	0.88 1	1.09 2	1.22	1.27	1.55 4	1.82	0.77	0.92	80.1	131	1.58 4	1.88 5	0.95	1.11 2	1.25	1.36	1.58 4	1.88	1.02	1 26 2	1.38	19.1	1.8 5	1.07	1.2	1.29 2	1.39	1.62	- 68.1
	~	Have	(cm)	0.91	0.93	0.89	1.01	1.09	0.94	0.93	1.57	1.41	1.74	1.9	1.8	1.87	1.81	2.27	2.48	2.57	2.82	2.57	2.76	2.87	3.14	3.32	3.41 2 E C	3.49	3.61	3.62	4.15	4.23	4.34	4,4	4.41	4.37	5.03	5.81	5.64	5.94	5.71	6.66	6.93	7.12	7.09	7.48	CC.1
		$T_{1/3}$	(s)	0.60	0.81	1.02	1.36	1.57	1.82	2.47	0.66	0.81	1.01	1.41	1.62	1.96	2.33	0.74	0.97	1.21	1.44	1.65	2.02	2.52	0.81	0.99	۲. ۲.	1.45	2.10	2.62	0.99	1.21	1.44	1.68	2.12	2.68	9. I	145	1.72	2.13	2.5	1.06	1.25	1.48	1.7	2.07	CC.2
		$H_{1/3}$	(cm)	1.44	1.53	1.45	1.66	1.75	1.68	1.74	2.47	2.59	2.74	2.94	2.97	3.05	3.12	3.67	3.85	3.93	4.29	4.13	4.37	4.62	4.89	5.07	27.5	5.47	5.66	5.98	6.34	6.43	6.51	6.76	6.92	7.24	8.32	8 73	8.55	9.20	9.31	10.16	10.69	10.73	10.91	11.46	12.UU
		case		HITA1501	HITB1501	HITCI501 HITDI501	HITE1501	HITF1501	HITG1501	HITH1501	H2TA1501	H2TB1501	HZTC1501	H2TE1501	H2TF1501	H2TG1501	H2TH1501	H3TB1501	H3TC1501	H3TD1501	H3TE1501	H3TF1501	H3TG1501	H3TH1501	H4TB1501	H4TC1501	H41D1501	H41E1501 H4TF1501	H4TG1501	H4TH1501	H5TC1501	H5TD1501	HSTE1501	H5TF1501	H5TG1501	H5TH1501	H61C1501	Herrer 501	H6TF1501	H6TG1501	H6TH1501	H7TC1501	H7TD1501	H7TE1501	H7TF1501	H7TG1501	TOCTUT/H

Image: a constrained by a constrai		9 H %	七 间分为	513						Ħ	「一方子」	2.4		·		」 腸	声ロの魚	\$2		(莆臣) 四方		() 年世/	(弾圧) 神外二 24
M M	du 6	ĒĒ	We I		索技		Ŀ	, H	T	A La		t	素	~	(zero) R	- ave	R	ax Rn	nin R	政友(原望) 1	D (原型)	政power (所至)	打工り商(原望) R::-
10 10	(ji	l °	s) (cm	HL	((里)	叉外率		(cm)	(s) (c	S E	(cm	H	(国)	回外率	(cm)		(縦 つ (縦 つ	m) (cr	n) (cn	(m)		(kW/m)	(u)
10 10<	.94	0.0	54 56.1	1 0.0273	748	0.752	1.47	1.3	0.6	83 0.	55 55.0	0.0236	5 704	0.834	0.54	0.7 0		4 0.	2 1.1	14.03	1.00	0.06	0.28
10 10	Ö.	0.	73 104.t	6 0.0156	530	0.628	1.94	1.51 (0.81	95 0.	7 92.2	0.0164	1 542	0.789	0.26	1	.4 2	.9 0.	CI I.	26.15	1.02	0.30	0.43
1 1	6.	2 0.	83 153.2	2 0.0099	446	0.675	2.44	1.43	1.01 0.	89 0.	79 122.	3 0.0117	1 456	0.764	0.32	1.1 (.4 3	4 -0	1.1 1.5	38.30	1.10	0.34	0.48
1 1	5	3 0.	86 205.	5 0.0077	453	0.694	2.77	1.60	1.19 0.	96 0.	86 152.	7 0.0105	5 448	0.756	0.14	1.4 (.8 3	.7 0.	1 24	51.38	1.17	0.47	0.63
1 11 120	9	7 1.	04 236.	3 0.0073	385	0.694	2.84	1.8 1	.41 1.	13 1.(5 170.	5 0.0106	348	0.751	0.76	1.9	_	0.	3 3	59.08	1.19	0.65	0.75
1 1			17 289.	7 0.0061	341	0.696	3.10	1.86	1.61 1.	12 1.	38 201.	7 0.0092	353	0.753	0.52	1.8	1 4	.0 0.	2 2.5	72.43	1.19	0.79	0.73
1 1		02 1.	27 361.	9 0.0048	297	0.675	3.50	1.86	1.92 1	.1 1.	25 244.	5 0.0076	5 283	0.737	-0.21	1.4	.1 4	.6 -0	0.1 2.5	90.48	1.14	0.89	0.68
7 7		1.	56 490.4	6 0.0037	246	0.646	3.99	2.01	2.56 1.	08	46 322.	3 0.0062	246	0.718	0.26	1.5	3	5 0.	.1 2.8	122.65	1.00	1.15	0.70
		.7 0.	65 71.0	0.0363	3 620	0.701	1.27	2.26 (0.69 1.	43 0.	52 67.5	0.0334	t 642	0.645	1.8	1.7 (. 1.	4	6 2.5	17.75	1.00	090	0.68
11 113 101 103		.75 0.	77 106.2	2 0.0257	526	0.513	1.51	2.55 (0.83 1.	61 0.	74 93.2	0.0274	1 525	0.638	1.71	5	1 5	.2 0.	.6 3.2	26.55	1.03	0.84	0.80
10 101 201 0004 0004 100 0004 100 </td <td>· _ ·</td> <td>.94 0.</td> <td>92 156.4</td> <td>4 0.0193</td> <td>439</td> <td>0.524</td> <td>1.75</td> <td>2.92</td> <td>1.03 1.</td> <td>81 0.</td> <td>86 124.</td> <td>2 0.0235</td> <td>5 450</td> <td>0.649</td> <td>2.42</td> <td>3.2</td> <td>5.6</td> <td>0</td> <td>9 5</td> <td>39.10</td> <td>1.10</td> <td>1.36</td> <td>1.25</td>	· _ ·	.94 0.	92 156.4	4 0.0193	439	0.524	1.75	2.92	1.03 1.	81 0.	86 124.	2 0.0235	5 450	0.649	2.42	3.2	5.6	0	9 5	39.10	1.10	1.36	1.25
10 11 201 000 20 11 11 100 200 20 200		.94 1.	03 213.	3 0.0142	389	0.645	2.04	3.06	1.25 1.	8	157.	2 0.0195	386	0.727	2.67	3.8	5 9	7 0.	9 5.5	53.33	1.18	1.80	1.48
1 1 1 0	I C1	.04	12 251.2	2 0.0127	366	0.616	2.16	3.31	1.41 2.	13	39 179.	1 0.0185	345	0.665	3.01	42	11	.3	1 6.6	62.80	1.20	2.24	1.65
19 10	1 -	1.8 1.	14 301.	1 0.0100	349	0.643	2.43	3.22	1.63 1.	98 1.	15 208.	4 0.0155	326	0.695	3	4	10	.6 0.	9 6	75.28	1.19	2.31	1.58
10 100	-	.94 1.	34 384.(0 0.0083	304	0.626	2.67	3.43	1.9 2.	09 1.	29 257.	8 0.0133	305	0.691	3.02	4.1	11 13	.7 1.	.1 6.5	96.00	1.12	2.92	1.73
10 10<		.87 1.	49 459.	7 0.0070) 256	0.624	2.89	3.73	2.44 2.	25 1.	51 303.	5 0.0123	3 258	0.698	2.76	4.2	1.6 1/		7'L 1	114.93	1.04	3.40	1.85
37 108 007 108 007 101 103	10	.25 0.	69 85.¢	5 0.0436	589	0.422	1.16	3.34 (0.76 2.	08	7 78.9	0.0423	\$ 579	0.541	4.45	3.4	7 6	.7 1.	5 5	21.40	1.01	1.39	1.25
10 100 000	0	.57 0.	89 150.	3 0.0267	455	0.416	1.48	3.79 (0.99 2	.4 0.	87 120.	7 0.0314	t 450	0.518	6.53	5.3 4	7 61	.6 1.	80 80	37.58	1.09	2.33	2.00
11 11 10 0 0 10 10 0 10 <td>0</td> <td>2.76 1.</td> <td>07 2045</td> <td>9 0.0206</td> <td>384</td> <td>0.523</td> <td>1.69</td> <td>4.16</td> <td>1.26 2.</td> <td>.1</td> <td>04 152.</td> <td>4 0.0273</td> <td>386</td> <td>0.61</td> <td>7.91</td> <td>6.7 5</td> <td>15 12</td> <td>.3 2.</td> <td>3.6 7.</td> <td>51.23</td> <td>1.17</td> <td>3.43</td> <td>2.45</td>	0	2.76 1.	07 2045	9 0.0206	384	0.523	1.69	4.16	1.26 2.	.1	04 152.	4 0.0273	386	0.61	7.91	6.7 5	15 12	.3 2.	3.6 7.	51.23	1.17	3.43	2.45
17 11<	0	.97 1.	17 261.8	8 0.0176	348	0.519	1.83	4.76 1	.47 3.	6	5 185.	4 0.0257	7 333	0.581	8.92	7.7 1	0.6 20	.9	3 11.	4 65.45	1.20	4.91	2.85
11 110 120 101 120 101 120 101 120 101 120 101	0	.78 1.	22 312.4	4 0.0142	333	0.541	2.03	4.93	1.72 3.	07 1.	28 215.	1 0.0229	302	0.593	7.65	7.2 1	1.9 22	.5 2	1 11	2 78.10	1.18	5.00	2.80
10 100 20 100 20 100 20 100 20 <th< td=""><td></td><td>.84 1.</td><td>42 399.</td><td>1 0.0115</td><td>278</td><td>0.545</td><td>2.26</td><td>4.97</td><td>1.92 3.</td><td>08</td><td>4 266.</td><td>7 0.0186</td><td>5 273</td><td>0.614</td><td>7.34</td><td>7.4 1</td><td>8.2 23</td><td>.4 2</td><td>5 12</td><td>3 99.78</td><td>1.10</td><td>6.05</td><td>3.08</td></th<>		.84 1.	42 399.	1 0.0115	278	0.545	2.26	4.97	1.92 3.	08	4 266.	7 0.0186	5 273	0.614	7.34	7.4 1	8.2 23	.4 2	5 12	3 99.78	1.10	6.05	3.08
33 0 0 1 0 4 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 1 0 1 1 0 1 1 0 1 1 0 1	N I	.78 1.6	64 506.	3 0.0093	3 245	0.559	2.51	5.39	2.44 3.	35 1.	73 331.	9 0.0162	229	0.661	7.06	~	26 27	8.	2 14	126.58	0.98	7.22	3.50
31 02 03 03 13 10 034 13 04 13 13 14	3	1.23 0.	79 101.8	8 0.0492	521	0.367	1.09	4.4 (0.82 2.	75 0.	77 90.3	0.0487	1 523	0.4	6.31	4.7 3	3.3 11	4.	2 6.8	25.45	1.02	2.82	1.70
31 11 106 0706 12 340 115 106 117 106 117 106 117 106 117 106 117 117 117 117 1111 111 111	$^{\circ}$	34 0.	92 152.t	6 0.0340	(440	0.363	1.32	4.9	1.02 3.	08	9 122	0.0402	2 436	0.433	9.75	7.5 9	1.4 15	.8 3.	3 11.	1 38.15	1.10	3.96	2.78
37 12 849 0101 39 046 16 37 12 010 12 13 043 15 14 13 14 133 133 134	ŝ	.62 1.	11 2114	6 0.0256	373	0.414	1.52	5.43	1.27 3.	52 1.	1 156.	3 0.0347	362	0.485	11.97	9.1 1	3.6 21	.1 4.	.2 13.	5 52.90	1.18	5.71	3.38
373 13 010 316 046 13 2002 360 305 14 1 302 118 853 118 853 416 366 11 116 101 20 102	3	8.67 1.	.2 264.5	9 0.0213	339	0.456	1.66	5.92	1.48 3.	86 1.	21 187.	2 0.0316	326	0.537	12.35	9.8 1	6.4 23	.4 4.	.3 14.	5 66.23	1.20	7.37	3.63
3.8 1.5 0.10 0.2 0.40 0.24 0.10 0.25 0.24 0.25 0.	ŝ	1.72 1.	.3 321.	1 0.0179	315	0.458	1.81	6.43	1.7 4.	03 1.	31 220.	2 0.0292	298	0.534	12.45 1	0.3 2	2.6 24	.8 4.	.1 16.	2 80.28	1.18	8.53	4.05
3 6 1 9 1 0 1 0 2 0 <td>ς.</td> <td>.68 1.:</td> <td>51 415.0</td> <td>0 0.0140</td> <td>262</td> <td>0.49</td> <td>2.05</td> <td>6.49</td> <td>1.97 4.</td> <td>06 1.</td> <td>51 276.</td> <td>3 0.0235</td> <td>5 258</td> <td>0.56</td> <td>11.7</td> <td>11 3</td> <td>1.7 26</td> <td>6.6 3.</td> <td>7 17.</td> <td>5 103.75</td> <td>1.09</td> <td>10.03</td> <td>4.40</td>	ς.	.68 1.:	51 415.0	0 0.0140	262	0.49	2.05	6.49	1.97 4.	06 1.	51 276.	3 0.0235	5 258	0.56	11.7	11 3	1.7 26	6.6 3.	7 17.	5 103.75	1.09	10.03	4.40
40 101 60 11 206 206 12 20 206 12 20 206 12 20	3	.66 1.	79 531.	1 0.0114	1 223	0.52	2.27	7.08	2.59 4.	32 1.	82 347.	1 0.0204	1 222	0.638	11.96 1	2.4 4	9.3 35	.4 2.	9 21	132.78	0.96	12.06	5.25
4.30 11 20.30 6.37 6.7 1.3 6.43 1.5 6.43 1.5 1.	4	50 60°	93 151.5	9 0.0417	, 436	0.31	1.19	6.07	1.03 3.	82 0.	94 121.	5 0.0499	426	0.365	12.29	8.7 9	2 16	.4 4.	2 12.	37.98	1.10	16.2	3.05
4 3 1 1 5 8 1 0 0 0 3 7 0 0 0 3 7 0 0 0 3 7 0 0 0 3 7 0 0 0 3 7 0 0 0 3 7 0 0 0 3 7 0 0 0 3 7 0 0 0 3 7 0 0 0 3 7 0 0 0 3 7 0 0 0 3 7 0 0 0 3 7 0 0 0 3 7 0 0 0 3 7 0 0 0 3 7 0 0 0 3 7 0 0 0 1 0 0	4	1.39 1.	11 208.5	9 0.0315	371	0.360	1.37	6.7	1.27 4.	29 1.	11 154.	7 0.0433	356	0.429	17.77	2.3 1	6.2 22	.2 6.	.1 17.	52.23	1.18	8.30	4.28
4.46 1.33 3.297 0.002 0.4 1.86 7.94 1.7 4.97 1.55 0.005 1.7	4	39 1.	21 268.	3 0.0249) 336	0.395	1.54	7.09	1.5 4	.6 1.	23 189.	1 0.0375	320	0.486	16.86	2.6 2	0.9 24	.3 5.	8 17.	67.08	1.20	10.43	4.48
4.88 1.88 0.018 25 0.41 1.76 8.62 1.89 2697 0.675 0.57 0.57 0.67 1.7.7 6.1 1.7.7 6.2 2.3 1.00 1.7.2 1.7.2 1.7.2 1.5.3 1.5.7 1.5.7 1.5.7 1.5.7 1.5.8 1.5.7 1.5.8 1.5.7 1.5.8 1.5.7 1.5.8 1.5.7 1.5.8 1.5.7	4	1.46 1.	33 329.	7 0.0209	307	0.4	1.68	7.94	1.7 4.	97 1.	35 225.	3 0.0352	287	0.493	17.59	14 3	2.9 26	6.7 6.	1 21.	2 82.43	1.17	12.67	5.30
4.36 1.79 529 0.044 2.6 5.37 1.85 0.57 0.55 1.7 1.7 1.2 2.5 0.96 1.79 0.79 0.70 0.70 5.39 101 1657 0.605 40 2.15 1.0 1.0 1.05 1.0 2.0	4	85 1.:	58 403.5	9 0.0189) 255	0.41	1.77	8.62	1.96 5.	24 1.	49 269.	7 0.0320	0 270	0.512	17.79	5.7 4	0.1 35	.1 6.	2 23.	2 100.98	1.10	17.20	5.80
5.9 10 6.5 0.666 4.0 0.24 10.8 1.67 1.66 1.60 1.61 1.60 1.61 1.60 1.61 1.60 1.61 1.6	4	1.36 1.	79 529.0	0 0.0140) 230	0.474	2.05	9.00	2.67 5.	33 1.	85 345.	8 0.0260	213	0.547	15.78 1	5.7	54 36	.8 4.	7 24	4 132.25	0.96	17.96	6.10
5.14 1.15 1.05 0.087 1.2 5.0 1.15 5.0 1.25 5.16 1.15 5.00 1.15 5.00 1.15 5.00 1.15 5.00 1.15 5.00 1.15 5.00 1.25 5.00 1.27 5.00 1.27 5.00 1.27 5.00 1.27 5.00 1.27 5.00 1.27 5.00 1.27 5.00 1.27 5.00 1.27 5.00 1.27 5.00 1.27 5.00 1.27 5.00 1.27 5.00 1.27 5.00 1.27 5.00 1.27 5.00 1.20 0.055 1.27 1.26 1.27 1.27 2.01 1.27 2.02 0.055 2.01 0.055 2.02 0.055 2.02 0.055 2.02 1.27 1.26 1.27 1.27 1.27 1.27 1.27 1.27 1.27 1.27 1.27 1.27 1.27 1.27 1.27 1.27 1.27 1.27 1.27	Ń.	.39 1.(01 165.	7 0.0505	401	0.244	1.08	8.05	1.09 5.	15 1.	02 129.	7 0.0621	401	0.278	18.73 1	2.1 1	6.9 24	.4 6.	2 16	9 41.43	1.12	11.01	4.23
6.05 1.27 3.63 0.064 3.18 0.33 0.645 1.51 6.05 1.51 6.05 1.51 6.05 1.51 6.05 1.51 6.05 1.51 6.05 1.51 1.53 0.051 1.51 0.051 1.51 0.051 1.51 0.051 1.51 0.151 1.52 0.051 1.51 0.151 0.051 1.51 0.151 0.051 1.51 0.1	5	1.74 1.	15 216.	3 0.0397	350	0.289	1.22	8.7	1.3 5.	62 1.	15 159.	0.0547	7 343	0.372	24.71	5.7 2	1.2 28	.9 8.	5 21.	2 54.08	1.18	14.50	5.30
5.8 1.36 2.77 0.027 3.26 0.47 1.86 0.47 1.86 0.47 1.86 0.47 1.86 0.47 1.86 0.47 1.86 0.47 1.86 0.47 1.86 0.47 1.86 0.47 1.85 0.46 1.8 0.46 1.8 4.31 0.46 8.3 5.36 0.46 8.3 5.36 0.46 8.3 5.36 0.46 8.3 5.36 0.46 8.3 5.36 0.46 8.3 6.43 1.26 0.45 1.36 0.46 1.3 4.31 0.46 8.3 5.36 0.46 3.37 0.044 2.17 0.48 2.36 0.47 2.35 1.38 0.97 2.65 6.43 5.44 1.46 1.47 1.47 1.47 1.47 1.47 1.47 1.47 1.42 1.47 1.42 1.47 1.42 1.42 1.42 1.42 1.42 1.42 1.42 1.42 1.42 1.42 1.	0	03 1.2	27 263.2	3 0.0343	318	0.335	1.31	9.63 1	.51 6.	33 1.1	27 186.	2 0.0517	7 316	0.451	27.86 1	[7.9 2	2.5 25	.5 9.	.1 23.	3 65.83	1.20	18.71	5.83
592 156 402 0.23 21 0.44 1.8 0.49 24.54 183 431 406 82 257 100.65 1.10 26.56 6.43 5.84 1.78 5154 0086 23 1.78 1.10 26.5 1.8 377 0044 21 0.54 7.4 87 90 6.3 553 128.85 0.97 29.33 6.33 664 1.06 685 9.66 1.11 0.71 6.89 1.8 377 0.644 216 1.74 17.4 87 26.7 1.066 233 5.33 6.33 236 1.44 2.6 7.4 8.9 6.33 1.12 8.19 1.07 1.697 4.50 6.33 236 0.358 1.74 1.74 2.6 7.4 8.2 2.6 5610 1.19 7.7 4.50 6.35 566 561 7.4 561 7.4 6.35 5610 1.9 <td< td=""><td>11</td><td>5.8 1.</td><td>36 327.2</td><td>3 0.0271</td><td>302</td><td>0.352</td><td>1.47</td><td>10.18</td><td>1.68 6.</td><td>27 1.</td><td>36 223.</td><td>9 0.0455</td><td>5 292</td><td>0.455</td><td>25.31 1</td><td>7.3 3</td><td>3.7 29</td><td>7. 7.</td><td>7 24.</td><td>81.83</td><td>1.17</td><td>21.02</td><td>6.05</td></td<>	11	5.8 1.	36 327.2	3 0.0271	302	0.352	1.47	10.18	1.68 6.	27 1.	36 223.	9 0.0455	5 292	0.455	25.31 1	7.3 3	3.7 29	7. 7.	7 24.	81.83	1.17	21.02	6.05
5.84 1.78 51.54 0.0186 22 0.432 1.78 1.16 2.46 6.95 1.8 337.5 0.0344 231 0.545 1.74 1.74 1.74 1.74 1.86 3.55 1.28.85 0.97 2.93.33 6.38 6.64 1.06 1.86 0.269 1.11 0.072 1.28 0.033 322 2.568 2.15 1.36 1.44 2.56 7.4 18 2.17 1.12 1.12 1.697 2.346 5.65 6.99 1.17 2.44 0.046 35 0.35 1.36 0.352 2.866 1.78 1.78 8.2 2.667 5.610 1.19 2.346 5.65 6.99 1.17 1.20 1.17 1.9 1.41 2.36 1.35 2.36 0.35 2.36 1.32 2.36 1.31 0.67 2.366 5.66 1.17 6.10 2.346 5.66 5.610 2.36 8.48 2.1.6	iv, I	92 1.5	56 402.6	6 0.0233	261	0.383	1.59	10.46	1.84 6.	49	5 268.	9 0.0389	0 270	0.499	24.54 1	8.3 4	3.1 40	.6 8.	2 25.	7 100.65	1.10	26.56	6.43
664 106 685 00809 384 0.21 0.38 0.11 0.073 332 0.268 15 144 22.6 74 18 4.213 1.12 16.97 4.30 6.99 1.17 24.4 00480 360 0.216 1.19 16.57 0.0053 356 0.352 28.05 1.78 26.8 8.2 26.6 56.10 1.19 23.46 5.65 7.18 1.26 287 1.28 1.88 28.7 29.51 189 237 29.2 102 24.4 6.73 28.04 6.10 7.18 1.26 287 1.28 1.89 237 29.21 10.2 1.30 23.46 5.66 56.10 21.99 23.46 5.66 7.14 1.42 339.4 1.083 2.66 18 2.56 18 2.56 8.43 1.16 5.76 5.96 7.35 1.46 1.28 1.26 1.28	2	.84 1.	78 515.4	4 0.0186	5 232	0.432	1.78	11.61	2.46 6.	95	8 337.	5 0.0344	1 231	0.545	17.42	7.7 4	8.4 39	.9 6.	3 25.	5 128.85	0.97	29.33	6.38
6.99 1.17 22.44 0.0480 350 0.269 1.11 10.72 1.58 6.89 1.9 16.37 0.06653 356 0.325 28.05 17.8 26.8 66.10 1.19 23.46 56.36 7.18 1.26 28.58 1.17 1.26 1.57 1.26 18.95 0.0060 315 0.419 29.53 189 237 29.21 10.2 24.4 67.33 1.20 17.4 6.10 23.7 29.51 189 237 29.21 10.2 24.4 67.33 1.20 28.04 6.10 6.10 7.44 1.42 33.49 0.033 1.36 1.37 7.9 1.47 23.1 0.0485 26.67 18 25.66 18 26.7 5.3 2.36 3.47 6.10 5.30 7.45 1.56 9.33 1.20 1.71 7.9 1.47 2.35.7 19.4 36.7 5.47 5.50 7.45	0	(64 <u>1</u> .(06 168.	5 0.0609	384	0.211	0.98	9.63	1.12 6.	05 1.	05 131.	4 0.0733	392	0.268	21.5 1	3.6 1	4.4 23	.6 7.	4 18	42.13	1.12	16.97	4.50
7.18 1.26 28.8 0.0006 32 1.20 1.27 1.80 1.26 1.87 1.26 1.87 1.26 1.87 1.26 1.87 1.26 1.87 1.26 1.87 1.26 1.87 1.26 1.87 1.26 1.87 1.26 1.87 1.27 1.41 2.31 0.033 2.86 1.87 2.36 1.87 2.36 1.26 2.37 2.32 0.23 2.66 1.87 2.66 3.2 0.23 2.67 3.8 3.67	9	.99 I.	17 224.4	4 0.0480	350	0.269	1.11	10.72	1.35 6.	89 1.	163.	7 0.0655	336	0.352	28.05 1	1.9 1	7.8 26	8.8	2 22	5 56.10	1.19	23.46	5.65
7.44 1.42 339.4 0.0833 286 0.333 1.260 1.71 7.9 1.41 231.1 0.0645 282 0.453 26.67 18 25.6 23.5 6.7 3.6 7.33 6.7 3.6 3.7.3 6.7 3.6 3.7.3 6.7 3.6 3.7.3 6.7 3.6 3.7.1 7.2 5.5 3.6 3.6.7 1.8 2.6.7 1.9 7.8 1.52 26.3 0.0488 2.6 0.473 25.2 1.9.4 36.6 3.4.1 7.2 26.3 9.8.30 1.11 41.19 6.58 7.56 1.85 5.88 1.0025 2.16 0.402 1.57 1.54 8.26 0.51 24.56 24.56 24.56 24.56 24.56 24.56 24.56 24.6 38.7 4.6 38 9.3 1.11 41.19 6.58 7.56 1.85 1.88 1.0601 2.54 1.3.77 2.48 8.28 1.56 38.7 4.6 38 6.9 2.4.1 7.4.17 7.10 7.0 7.0 <td>11</td> <td>.18 1.</td> <td>26 268.5</td> <td>9 0.0406</td> <td>325</td> <td>0.321</td> <td>1.20</td> <td>11.75</td> <td>1.55 7.</td> <td>53 1.</td> <td>29 189.</td> <td>5 0.0620</td> <td>315</td> <td>0.419</td> <td>29.53 1</td> <td>8.9 2</td> <td>3.7 29</td> <td>.2 10</td> <td>1.2 24.</td> <td>4 67.23</td> <td>1.20</td> <td>28.04</td> <td>6.10</td>	11	.18 1.	26 268.5	9 0.0406	325	0.321	1.20	11.75	1.55 7.	53 1.	29 189.	5 0.0620	315	0.419	29.53 1	8.9 2	3.7 29	.2 10	1.2 24.	4 67.23	1.20	28.04	6.10
743 156 932 00300 25 034 140 12.84 191 7.98 1.52 26.3 00488 264 0473 25.27 194 366 34.1 72 26.3 98.30 1.11 44.19 6.58 7.56 1.85 588 00225 216 0402 162 13.77 2.44 8.28 1.78 3518 00391 256 0.515 24.56 20.7 46 38 6.9 28.4 134.70 0.95 47.17 7.10	1	1.	42 339.4	4 0.0333	286	0.335	1.33	12.60	1.71 7	.1 0.	41 231.	1 0.0545	5 282	0.453	26.67	18 2	5.6 32	.3 6.	7 23.	5 84.85	1.16	34.70	5.90
7.56 1.85 8.88 0.0225 216 0.402 1.62 13.77 2.44 8.28 1.78 351.8 0.0391 236 0.515 24.56 20.7 46 38 6.9 28.4 134.70 0.95 47.17 7.10	15	43 1.5	56 393.2	2 0.0300	1 263	0.334	1.40	12.84	1.91 7.	98 1.	52 263.	3 0.0488	3 264	0.473	25.27 1	9.4 3	6.6 3/	.1 7.	2 26.	3 98.30	1.11	41.19	6.58
	1	.56 1.	85 538.5	8 0.0225	216	0.402	1.62	13.77	2.44 8.	28 1.	78 351.	8 0.0391	236	0.515	24.56 2	20.7	6	8	9 28.	1 134.70	0.95	47.17	7.10

見則波パラメーター
(20°) 不贵
斜板 cot=2.75
表 4-9 倾

T上げ高(原型) R _{1/3}	(m)	0.28	0.38	0.53	0.63	0.60	0.58	0.53		0.58	0.58 0.88	0.58 0.88 1.33	0.58 0.88 1.33 1.28	0.58 0.88 1.33 1.28 1.28	0.58 0.88 1.33 1.28 1.28 1.18	0.58 0.88 1.33 1.28 1.28 1.18 1.18	0.58 0.88 1.33 1.28 1.28 1.18 1.18 1.120 1.25	0.58 0.88 1.33 1.28 1.28 1.18 1.18 1.18 1.20 1.25 0.85	0.58 0.88 1.33 1.28 1.28 1.128 1.128 1.20 1.25 0.85 1.75	0.58 0.88 1.33 1.28 1.28 1.18 1.18 1.18 1.20 0.85 0.85 0.85 2.00	0.58 0.88 1.33 1.28 1.28 1.18 1.20 1.20 0.85 0.85 0.85 2.00 2.03	0.58 0.88 1.33 1.28 1.28 1.18 1.18 1.120 1.25 0.85 0.85 0.85 0.85 2.00 2.03 1.93	0.58 0.88 1.33 1.28 1.28 1.18 1.18 1.120 1.20 0.85 0.85 0.85 0.85 1.75 2.03 2.03 2.03 2.15	0.58 0.88 1.33 1.28 1.28 1.28 1.28 1.20 0.85 0.85 0.85 2.00 2.00 2.03 2.03 2.15 2.03 2.15 2.03 2.15 2.03 2.15 2.20 2.20 2.20 2.20 2.20 2.20 2.20 2.2	0.58 0.88 1.33 1.28 1.28 1.18 1.18 0.85 0.85 0.85 0.85 0.85 1.75 2.00 2.00 2.03 1.93 2.03 1.93 2.03 1.55 1.53 1.53 1.53 1.53 1.53 1.55 1.55	0.58 0.88 1.33 1.28 1.28 1.18 1.18 1.20 0.85 0.85 0.85 0.85 1.75 2.00 2.03 1.93 2.03 2.03 2.03 2.15 2.33 2.48 2.48	0.58 0.88 1.33 1.28 1.28 1.18 1.18 0.85 0.85 0.85 0.85 0.85 1.75 2.03 2.03 2.03 2.03 2.03 2.03 2.03 2.03	0.58 0.88 1.33 1.28 1.28 1.18 1.18 0.85 0.85 0.85 0.85 1.75 2.00 2.03 2.03 2.03 2.15 2.48 2.48 2.48 2.48 2.48 2.48 2.48 2.48	0.58 0.88 1.33 1.28 1.28 1.18 1.18 0.85 0.85 0.85 0.85 1.75 2.00 2.03 2.03 2.03 2.15 2.48 2.48 2.48 2.48 2.48 2.283 3.00	0.58 0.88 1.33 1.28 1.28 1.18 1.18 1.28 0.85 0.85 0.85 1.75 2.00 2.00 2.03 2.15 2.48 2.48 2.48 2.48 2.48 2.48 2.48 2.33 2.33 3.30 3.40	0.58 0.88 1.33 1.28 1.28 1.18 1.18 0.85 0.85 0.85 0.85 0.85 2.00 2.00 2.03 2.15 2.15 2.48 2.48 2.48 2.48 2.48 2.48 2.48 2.48	0.58 0.88 1.33 1.28 1.18 1.18 1.18 0.85 0.85 1.75 2.00 2.00 2.03 2.15 2.15 2.48 1.93 2.03 2.15 2.15 2.48 1.93 2.03 3.40 3.30 3.36 3.30	0.58 0.88 1.33 1.28 1.18 1.18 1.18 0.85 0.85 0.85 1.75 2.00 2.00 2.03 2.03 2.15 2.48 2.48 2.48 2.48 2.48 2.48 2.48 2.48	0.58 0.88 1.33 1.28 1.28 1.18 1.20 0.85 0.85 0.85 0.85 2.03 2.03 2.03 2.03 2.03 2.03 2.03 2.03	0.58 0.58 1.33 1.28 1.20 1.20 1.20 1.25 0.85 0.85 0.85 0.85 1.75 2.03 1.75 2.03 1.75 2.03 2.03 1.75 2.03 2.48 2.28	0.58 0.58 1.33 1.28 1.18 1.20 1.26 0.85 0.85 0.85 0.85 1.75 2.03 1.75 2.03 2.48 2.28	0.58 0.58 1.33 1.28 1.28 1.18 1.18 0.85 0.85 0.85 0.85 2.00 2.00 2.03 2.03 2.03 2.03 2.03 2.03	0.58 0.58 0.88 1.33 1.28 1.28 1.28 1.75 0.85 1.75 2.00 2.00 2.03 1.75 2.03 2.03 2.03 2.15 2.15 2.03 2.15 2.03 2.15 2.03 2.15 2.03 2.15 2.03 2.15 2.28	0.58 0.58 0.88 1.33 1.28 1.28 1.28 0.85 0.85 0.85 1.75 2.00 2.00 2.00 2.03 1.75 2.00 2.03 2.15 2.15 2.03 2.15	0.58 0.58 1.28 1.28 1.28 1.28 1.20 0.85 0.85 0.85 0.85 2.00 2.03 1.75 2.03 1.75 2.03 2.15 2.15 2.18 2.18 2.18 2.18 2.18 2.18 2.38 1.93 2.18 2.18 2.18 2.18 2.18 2.18 2.18 2.18	0.58 0.58 1.33 1.28 1.28 1.28 1.28 1.20 0.85 0.85 0.85 0.85 1.75 2.00 2.00 2.03 1.75 2.00 2.15 2.5 2.5 2.5 2.5 2.5 2.5 2.5 2.	0.58 0.58 1.33 1.28 1.28 1.28 1.20 0.85 0.85 0.85 0.85 0.85 2.00 2.00 1.75 2.00 2.03 1.75 2.03 1.75 2.03 2.15 2.15	0.58 0.58 0.88 1.33 1.28 1.18 1.18 1.20 0.85 0.85 0.85 0.85 0.85 2.00 2.03 1.75 2.00 2.03 1.75 2.03 2.15 2.03 1.75 2.03 2.15 2.03 2.15 2.03 2.15 2.03 2.15 2.03 2.15 2.03 2.15 2.03 2.15 2.03 2.15 2.03 2.15 2.03 2.15 2.03 2.15 2.03 2.15 2.03 2.15 2.03 2.15 2.03 2.15 2.15 2.03 2.15 2.03 2.15 2.03 2.15 2.03 2.15 2.03 2.15 2.03 2.15 2.03 2.15 2.20 2.20 2.23 2.28	0.58 0.58 0.88 1.33 1.28 1.18 1.18 1.18 1.20 0.85 0.85 0.85 0.85 0.85 1.75 1.25 0.85 0.85 1.75 1.26 0.85 1.75 1.75 1.26 0.85 1.75 1	0.58 0.58 0.88 1.33 1.28 1.18 1.18 1.18 1.20 0.85 0.85 0.85 0.85 0.85 2.00 2.03 1.75 1.75 0.85 2.03 1.75 2.03 1.75 2.03 2.16 2.03 2.18 2.03 2.19 2.03 2.19 2.03 2.19 2.03 2.19 2.03 2.15 2.03 2.15 2.03 2.15 2.03 2.15 2.03 2.15 2.03 2.15 2.03 2.15 2.03 2.15 2.03 2.15 2.03 2.15 2.03 2.15 2.03 2.15 2.03 2.15 2.03 2.15 2.03 2.15 2.03 2.15 2.03 2.15 2.03 2.15 2.03 2.15 2.28
M	(kW/m)	0.13	0.32	0.38	0.50	0.70	0.65	0.65	0.80	1.02	1.81	1.83	2.13	2.32	2.44	2.48	1.62	2.77	3.69	4.76	4.77	5.37	6.17	3.02	4.62	6.02	7.05	8.11	8.92	9.61	6.69	8.69	12.04	13.37	15.83	12.12	15.07	18.75	18.90	23.36	24.71		17.39	17.39 23.13	17.39 23.13 28.30
) (原型)		1.00	1.02	1.10	1.16	1.20	1.14	0.98	1.00	1.03	1.10	1.17	1.19	1.20	1.14	1.07	1.01	1.08	1.16	1.20	1.19	1.13	1.04	1.02	1.09	1.17	1.20	1.19	1.12	1.00	1.10	1.17	1.19	1.11	0.99	1.12	1.18	1.20	1.17	1.09	1.02	-	c1.1	1.18	1.15
奏 (原型) L 1	(m)	14.03	25.80	39.03	49.35	59.80 69.30	90.58	127.65	17.43	26.68	38.48	50.45	58.05	69.65	90.70	107.85	22.15	36.05	49.18	60.90	72.15	92.90	114.63	25.88	37.60	50.35	59.53	74.58	96.28	121.93	38.10	50.30	76.63	99.23	125.08	42.20	52.98	62.35	82.30	103.83	117.40	43.13		54.85	54.85 68.00
R1/3 茂小	cm)	1.1	1.5	2.1	2.5	2.5	2.3	2.1	2.3	3.5	5.3	5.1	5.1	4.7	4.8	5	3.4	2	8	8.1	7.7	8.6	9.9	6.2	9.9	11.3	1.1	12	13.6	14.6	13.1	14.1	16.8	17.9	21.5	17.3	19.2	21.6	23.5	25.3	26.8	19.3		225	22.5
Rmin	(cm)	0.2	0	0.3	-0.1	1.0	0.2	0	0.4	1	0.6	0.6	0.6	0.4	0.1	0.4	0.4		1.3	1.3	0.7	1.1	1	1.4	1.6	2.2	1.9	1.8	2.1	0.6	3.2	3.2	28	1.9	2.1	4.5	4.9	4.5	5.3	5.4	5.2	5.5		6.3	6.3 3.6
Rmax]	(cm)	2.4	2.2	3.4	4.9	4.7	3.9	4.1	3.9	5.5	9.9	8.7	8.2	9.1	8.4	9.1	8.1	15.2	14.8	16.4	15.9	16.9	22.4	12.8	17.4	21.9	21.7	21.4	27.6	30.6	21.4	24.5	27.1	33.3	35.1	25	27	28.7	34.5	38.8	37.8	27.9		29.6	29.6 32.3
12 44-7	で 削	0.1	0.2	0.5	0.7	0.0	0.7	0.7	0.5	0.9	3.1	2.8	2.7	2.7	3.1	3.6	1.4	5.4	6.5	7.1	7	10.4	15.8	3.8	10.4	12.8	13.3	17.5	28.2	35.3	16.1	17.6	32.3	43.7	56.1	24.3	28.9	35.7	53.6	52.2	76.9	25.2		32.6	32.6 40.2
ave	¥ (ii	0.7	0.9	1.4	1.6	1.5	1.4	1.1	1.5	2.4	3.3	3.2	3.2	2.8	2.7	2.8	2.1	4.3	5.2	5.1	4.6	4.9	5.3	4	6.2	7.3	7.1	7.2	7.7	7.8	8.3	9.2	0.1	0.2	1.7	1.4	2.7	4.4	4.6	5.7	6.2	3.4		5.8	5.8
zero) F	(u)).45).35	0.58	0.23	0.49	0.45	0.02	0.82	2.2	.65	1.27	.22	1.02	.94	.93	-	11.7	3.05	2.87	2.39	2.58	2.74	3.22	1.68	5.08	1.48	1.35	t.82	1.52	7.36	7.49	7.28	5.58	7.06	0.51	1.93	2.71	2.41	2.59	2.16	2.91		4.87	4.87 5.73
L &		975 (06/	79 (60	ci 02	742 (- 23	894 (/31	742	44	744	/30	739 (734 (763	1129	574	563	586	704	707	752	592 4	509	529	532	, 555	, 588	262	246	281	515	. 233	1 1	507 1	524 1	557 1	575 1	584 1	123		501 1	505 1
教	Ê Ê	0.0	70 0.3	8	37 10 10	42 0.0	0.0	11 0.3	48 0.	24 0.7	.0.	0.0	33 0.	0.0	0.0	00	.0 83	.0 90	0.0	74 0.	18	0.0	50 0.	25 0.	19 O.	95 0.	.0 0.	0	.0	4	-0 -		5 0 ‡ =	31 0.	35 0.	J3 0.2	90 0.	39 0.	0.	82 0.	53 0.	32 0.2		52 0.	52 0. 27 0.
澎	1 1	18 7	74 5	23 4	4 0	x 00 5 00	58	50 2	57 6	35 5	74 4	11 4	35 3	56 3	30 3	18	33 5	59 4	33 4	74 3	25 3.	36 3	58 2	18	43 4	34 3	18 3.	94	33 2	99 2	8	00 S	30 2	32 2	56 2	37 4	75 3	4	29 3	57 2	35 2	45 3		32 3	32 3 19 3
	Ē	0.02	0.01	0.01	10.0	0.0	0.00	0.00	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.01	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02	0.06	0.05	0.05	0.04	0.03	0.03	0.07		0.06	0:06
-	(cm)	54.9	91.3	124.1	148.1	172.3	244.7	344.5	66.6	93.6	122.8	150.6	168.2	195.1	245.0	286.3	81.1	117.0	147.7	174.8	201.0	250.2	302.7	91.4	120.7	150.3	171.6	206.7	258.4	320.6	121.9	150.3	211.5	265.4	328.2	131.5	156.4	178.1	224.9	276.5	309.5	133.7		160.8	160.8
Tave	(s)	0.56	0.7	0.82	0.94	1.1	1.31	1.48	0.63	76	0.87	0.93	1.01	1.13	1.3	1.56	0.7	0.86	0.97	1.07	1.11	1.32	1.65	0.78	0.9	1.03	1.12	1.22	1.38	1.7	0.92	1.04	1.12	1.38	1.71	1.01	1.1	1.19	1.29	1.44	1.66	1.04		1.16	1.16
Have	(cm)	0.88	0.99	0.94		1.03	-	0.94	1.52	1.8	2.1	1.93	2.01	1.97	1.95	2.05	2.18	2.64	2.76	3.03	2.77	2.91	3.18	3.01	3.33	3.62	3.76	3.81	3.76	3.99	3.99	4.34	4.64	4.62	4.99	5.27	5.71	6.10	5.98	6.18	6.34	6.15		6.91	6.91 7.3
$T_{1/3}$	(s)	0.6	0.82	1.02	1.2	1.35	1.89	2.43	0.66	0.83	1.03	1.22	1.35	1.57	1.85	2.33	0.76	-	1.22	1.40	1.54	1.81	2.39	0.83	1	1.24	1.46	1.6	1.83	2.41	1.05	1.25	1.64	1.78	2.5	1.09	1.3	1.47	1.66	1.79	2.26	1.14		1.34	1.34 1.54
$\mathbf{H}_{1,3}$	(cm)	1.36	1.59	1.53	1.65	1.72	1.67	1.71	2.38	2.76	3.36	3.18	3.28	3.23	3.18	3.39	3.51	4.2	4.47	4.79	4.53	4.66	5.1	4.73	5.35	5.77	5.98	6.07	6.02	6.39	6.31	6.91	7.41	7.49	8.39	8.37	8.99	9.69	9.65	9.87	10.36	9.96		10.97	10.97
Ч		2.80	3.62	4.61	5.09	5.99	7.18	8.72	2.25	2.78	3.09	3.74	3.98	4.44	5.16	5.73	2.20	2.66	3.09	3.37	3.78	4.30	4.74	2.08	2.41	2.78	3.01	3.38	3.88	4.39	2.22	2.53	3.11	3.55	3.94	2.05	2.29	2.44	2.88	3.17	3.39	1.91		2.11	2.11
译 19	- - - - - - - - - - - - - - - - - - -	0.88	.697	.705	.707	0.734	.654	.615	.854	.622	.629	.677	.654	.663	.645	.667	.619	554	.631	.606	.603	.603).616	574	.463	537	0.55	.537	.553	.605	.455	.481	1050	522	1950	0.37	.409	.435	.442	0.47	511	0.32		.362	362)372
2数]	 ₹	723	551 (174 (393	330	339 (287 (524 (528 0	146 (404	385 (341 (303 (292 (555 (167 (398 (362 0	346 (292 (255 (513 0	142	384 (353	323 (571 (242	132	382	316	279 (640	398	369 (336 (308 0	567	250 (- 06		346	346 (
19 19	≓ ≓	0278)166 2	102	084	0/0	042	029	429 (281 5	227 4	155 4	137 3	0110	082	066	450 5	307 4	228	192 3	0152	0118 3	097	503	373 4	281	240	191	144	0113	140	1339 1339	224	173 2	0140	516	414	366	262	217 2	0610	598	T	0488	405
h1,2	Ē	.1 0.0	3.2 0.(5.1 0.(7.4 0.(7.2 0.0	23 0.0	.6 0.0	.7 0.0	5.7 0.0	3.9 0.0	1.8 0.0	2.2 0.(3.6 0.(2.8 0.0	1.4 0.(.6 0.(1.2 0.(5.7 0.0	3.6 0.0	3.6 0.0	1.6 0.0	3.5 0.0	3.5 0.0	0.0	1.4 0.0	3.1 0.0	3.3 0.0	5.1 0.0	7.7 0.(2.4 0.(2 0.(55 0.0	3.0 0.0	.3 0.0	3.8 0.0	1.9 0.0	0.0	0.0	5.3 0.0	3.6 0.0	25 0.0	ł	0.0 0.C	2.0 0.0
谈谈局c. ve I	(c	15 56.	72 105	86 156	97 197	23. 23. 77	17 362	35 510	54 69.	77 10¢	39 155	98 201	07 232	16 278	28 362	37 431	73 88.	89 14.	72 196	1 243	17 285	37 371	50 458	79 105	91 150	16 201	13 235	25 298	15 385	54 485	94 152	08 20	29 306	15 39£	73 500	1 168	1 211	1 245	32 325	51 415	56 465	N4 172		18 215	18 215 26 277
we Ta	s) (ii	<u>5.0</u> 00	0.	0.	00	a 6	87 1.1		35 0.0	95 0.7	2 0.8	98 0.5	1.1	92 1.:	82 1.	67 1.:	54 0.1	85 0.2	89 1.(99 1.	76 1	8 1.	77 1.£	32 0.7	54 0.5	59 1.0	58 1.	59 1.	51 1.4	41 1.4	32 0.5	5 F	21 12	39 1.4	35 1.7	30 1.0	75 1.	0 1.2	58 I.:	59 1.5	47 1.(ie 1.0		1.	12 1.1 38 1.2
/3 Ha	(c	50 1.(81 1.4		11 11	53 54 1.(31 0.5	34 0.	57 1.:	32 1.2	1 2	1.	32 2.1	53 1.:	82 1	12 1.	75 2	97 2.	18 2.	36 2.	54 2.	85 2.	26 2.5	31 3.	3.	3.6	35 3.,	57 3.	33. 3.(35 3.	11	19 4	6 1	12 4.2	42 4.)6 5.t	24 5.	40 6.(52 5.4	38 5.t	27 5.4	8 6.6		27 7.	27 7. 45 7.:
1/3 T ₁	s) (II	56 0.4	71 0.1	.6	96	6/ 58 L-	53 1.5	46 2.	90 0	3 0.2	5	13 1.	18 1.	07 1.:	96 1.1	86 2.	.0 0.	43 0.5	48 1	67 1.	4 1.	37 1.4	43 2.2	21 0.8	61 1	66 1.2	71 1.	59 1.:	55 1.5	51 2.	11	2 2		35 1.5	32 2.	71 1.(77 1.2	1.4	52 1.4	20 1.5	30 2.2	31 1.0		71 1.2	71 1.2
e H	(CI	2501 1.:	2501 1.1	2501 1.	2501 1.1	2501 I.4 2501 I.4	2501 1.5	2501 1.4	2501 2.9	2501 3	2501 3.	2501 3.	2501 3.	2501 3.(2501 2.9	2501 2.0	2501 3.5	2501 4.4	2501 4.4	2501 4.0	2501 4.	2501 4.1	2501 4	2501 5.2	2501 5.4	2501 5.0	2501 5.7	2501 5.6	2501 5.5	2501 5.:	2501 6.5	2501 6.8	2501 6.8	2501 6.8	2501 7.0	2501 8.7	2501 8.7	2501 9.1	2501 8.6	2501 9.0	2501 8.5	2501 10.		2501 10.	2501 10. ⁷ 2501 11.
case		HITA	HTB2	HITC:	HITD	HITE	HITG2	HITH	H2TA:	H2TB2	HZTC2	HZTD.	H2TE2	H2TF2	H2TG2	HZTH.	H3TB2	H3TC2	H3TD2	H3TE2	H3TF2	H3TG2	H3TH	H4TB2	H4TC2	H4TD2	H4TE2	H4TF2	H4TG2	H4TH	HSTC	H5TD.	HSTF2	H5TG2	HSTH2	H6TC2	H6TD2	H6TE2	H6TF2	H6TG2	HGTH	H7TC2		H7TDC	H7TD2 H7TE2

表 4-10 傾斜板 cot=2.14 (25°) 不規則波パラメーター

				冲波波	高ch12							100	去先波高	ch3,4				7792	領上高R(の解析		废長	(原型)	掇	(原型)	1上げ高(原型)
case	H _{1/3}	$T_{1/3}$	Have	Tave	Г	ни	波数	山田県	Ir	$H_{1/3}$	T _{1/3}	Have 7	Tave	L	1/1 故3	X 51412	R(zero	Rave	(小市) d	Rmax	Rmin I	۶ _{1/3}	LD	(原型)	W	$R_{1/3}$
	(cm)	(s)	(cm)	(s)	(cm)		(圓)	+ 62		(cm)	(s)	(cm)	(s)	(cm)	[]	- te×7	(cm)	(cm)		(cm)	(cm) (6	cm)	(m)		(kW/m)	(m)
H1TA3001	1.53	0.60	0.98	0.58	55.6	0.0275	679	0.858	3.48	1.35 (0.61	0.86 (0.56	54.5 0.	0248 73	7 0.975	-1.82	-0.3	0.1	1.2	-0.9	0.2	3.90	1.00	0.13	0.05
H1TB3001	1.67	0.81	1.04	0.72	104.4	0.0160	564	0.792	4.56	1.61 (0.82	1.01 (0.72	0.0	0175 58	8 0.868	-2.43	-0.4	0.2	1.2	-1.2	0.1 2	26.10	1.02	0.15	0.03
H1TC3001	1.6	-	0.99	0.85	150.3	0.0106	498	0.743	5.60	1.57	1.02) 66.0	0.85 1	20.7 0.	0130 48	9 0.851	-2.14	0	0.3	1.6	-1.1	0.6 3	87.58	1.09	0.38	0.15
H1TD3001	1.62	1.17	1.01	0.97	196.0	0.0083	388	0.721	6.35	1.62	1.17	0.97	0.9	47.3 0.	0110 38	8 0.721	-2.11	0.1	0.4	2.2	-	0.8	00.6	1.16	0.48	0.20
H1TE3001	1.69	1.38	1.02	1.05	240.2	0.0070	409	0.764	6.88	1.64	5		1.98	72.7 0.	095 40	0.682	-2.15	0	0.4	2.2	7	0.8	0.05	1.20	0.63	0.20
HI1F3001	1 53	<u>.</u>	10.1	c1.1	267.0	8000.0	5/5	0.00	10 0	1.09	C: 0	1 104	1 36	-00 - 200 -00 - 200	02 0200	PCI.U 1	-2.75 2.75	0.0-	0.4	1.4	+:		CI.0	1.14	0.04	0.15
HITH3001	159	2.55	76.0	1.68	JU2.U	0.0033	707	-m-+	10.07	1.82	8.1	0.07	7 5 I	0 8 11	057 250	0.674	-1.66	*	± 0	<u>.</u>	1-1-	0.0	00.83	1 01	0.00	0.20
H2TA3001	2.89	0.67	1.8	0.63	69.6	0.0415	644	0.726	2.83	2.33 (1.67	1.45 (2.61	20 0 0 0	B50 65	270.0	-1.11	0.7	0.6	3.3	- 80-	1 91	7.40	1.00	0.75	0.40
H2TB3001	3.23	0.82	2.07	0.77	105.2	0.0307	525	0.775	3.29	2.98).83	1.91	9.74	0.0	3322 55	1 0.851	-1.19	0.9	0.9	3.5	-0.5	2	6.30	1.03	1.18	0.50
H2TC3001	3.4	0.99	2.12	0.87	149.0	0.0228	454	0.75	3.82	3.27	1.02	2.16	0.9	19.9 0.	0273 45	1 0.803	-1.54	1.5	2	6.4	-0.8	3.1	57.25	1.09	1.67	0.78
H2TD3001	3.22	1.18	2.09	1.02	200.1	0.0161	395	0.694	4.55	3.25	1.2	2.04	0.94 1	49.6 0.	217 419	9 0.764	-2.1	1.3	2.1	6.1	-1.1	2.9 5	50.03	1.17	1.91	0.73
H2TE3001	3.27	13	2.09	1.06	227.7	0.0144	391	0.675	4.82	3.43	1.37	2.2	1.07 1	65.5 0.	0207 38	0.781	-0.85	1.9	2.3	7.1	-0.6	3.7 5	6.93	1.19	2.22	0.93
H2TF3001	3.11	1.53	1.95	1.15	288.9	0.0108	353	0.661	5.56	3.32	1.54	2.05	1.11 2	01.2 0.	0165 34:	5 0.749	-1.01	1.7	2.4	6.8	-0.5	3.5 7	2.23	1.19	2.37	0.88
H2TG3001	3.04	1.8	1.9	1.3	356.0	0.0085	321	0.647	6.25	3.18	1.77	1.98	1.26 2	40.9 0.	0132 30	8 0.767	0.03	2.2	2.6	7.5	0.1	4	9.00	1.15	2.56	1.00
H2TH3001	2.91	2.13	1.75	1.42	426.0	0.0068	285	0.67	6.99	3.38	2.34	2.08	1.56 2	83.0 0.	0119 250	0.76	-0.49	1.8	2.7	7.6	-0.2	3.8 10	06.50	1.07	2.60	0.95
H3TB3001	4.26	0.75	2.68	0.72	90.1	0.0473	563	0.675	2.66	3.72 (0.76	2.35	0.7	82.2 0.	3453 56	8 0.897	0.54	2.2	1.7	T.T	0.3	3.7 2	2.53	1.01	1.85	0.93
H3TC3001	4.74	0.98	3.04	0.88	144.2	0.0329	470	0.632	3.18	4.43	-	2.83 (0.85 1	17.0 0.1	379 46	5 0.735	0.67	3.4	4.2	П	0.4	5.8	86.05	1.08	3.20	1.45
H3TD3001	4.71	1.15	3.02	0.99	187.6	0.0251	411	0.621	3.64	4.72	1.2	3.06 (0.98 1	42.4 0.	331 40	3 0.75	0.48	3.7	5.2	11.9	0.3	5.3 4	16.90	1.15	3.94	1.58
H3TE3001	4.91	1.34	3.14	1.07	240.3	0.0204	385	0.614	4.04	5.14 1	.40	3.26 1	1.06 1	72.9 0.	297 38	0.731	0.47	3.9	6.1	12.8	0.2	5.8	90.08	1.20	5.18	1.70
H3TF3001	4.62	1.55	2.93	1.17	297.3	0.0155	344	0.629	4.63	4.89	1.54	3.03	1.11 2	06.1 0.	0237 34:	3 0.741	0.29	3.5	7.1	13.4	-0.1	5.7 7	14.33	1.19	5.28	1.68
H3TG3001	4.61	1.76	2.91	1.3	345.8	0.0133	310	0.649	5.00	4.77	1.77	e.	1.23 2	34.8 0.	203 31	1 0.72	0.31	3.6	9.9	17.1	0.2	7.1 8	6.45	1.16	5.80	1.78
H3TH3001	4.65	2.20	2.95	1.53	442.0	0.0105	270	0.644	5.63	5.14	2.19	3.25	1.53 2	92.7 0.	0176 26	0.717	0.39	3.7	11.6	20.9	0.2	7.5 1.	10.50	1.06	6.74	1.88
H4TB3001	5.7	0.82	3.64	0.79	105.5	0.0540	508	0.670	2.48	5.19 (0.83	3.36 (0.77	0.0	559 52	1 0.776	1.56	3.6	4.6	18.1	0.8	6 2	26.38	1.03	3.66	1.50
H4TC3001	5.98	0.99	3.88	0.89	150.3	0.0398	455	0.578	2.89	5.65	1.02	3.62 (0.88 1	20.6 0.	3468 45.	3 0.685	2.2	5.2	8.2	16.4	1.1	8.5 3	87.58	1.09	5.19	2.13
H4TD3001	6.08	1.17	3.90	1.01	196.8	0.0309	399	0.561	3.28	6.01	1.21	3.88 (0.99 1	47.8 0.	3407 40:	5 0.678	1.83	5.5	9.6	17.1	-	9	9.20	1.16	6.74	2.25
H4TE3001	6.01	1.37	3.89	1.1	248.6	0.0242	374	0.573	3.71	6.28	1.4	3.98	1.07 1	77.7 0.	370	0.676	1.71	5.6	12	19.7	0.9	9.6	2.15	1.20	7.95	2.40
H4TF3001	6.01	1.57	3.83	1.21	300.0	0.0200	333	0.58	4.08	6.49	1.54	4.04	1.15 2	0.7.7 0.	312 34	1 0.673	1.85	5.8	18.5	26.2	0.3 1	0.6 7	5.00	1.19	9.04	2.65
H4TG3001	5.81	1.82	3.71	1.35	357.6	0.0162	299	0.609	4.53	6.33	1.76	4.01	1.29 2	41.9 0.	262 30	2 0.697	2.02	6.2	26.1	27.6	1.1	1.7 8	9.40	1.15	9.44	2.93
H4TH3001	5.72	2.19	3	1.54	444.5	0.0129	266	0.638	5.09	6.49	2.24	4.01	1.53 2	94.2 0.	221 26	8 0.738	1.77	6.1	27.7	27.6	0.7	12 1:	11.13	1.05	10.12	3.00
H5TC3001	7.19	1.02	4.60	0.92	159.2	0.0452	435	0.567	2.72	6.8	1.04	4.43 (0.93 1	21.2 0.	561 43	1 0.657	4.47	7.5	14.2	18.5	2.3 1	1.9 3	9.80	1.11	7.84	2.98
H5TD3001	7.21	1.19	4.64	1.03	204.4	0.0353	391	0.548	3.07	7.09	1.24	4.56	1.01	52.1 0.	39:	5 0.628	3.25	7.2	15.7	23.6	1.7 1	1.8 5	51.10	1.17	9.71	2.95
H5TE3001	7.16	1.41	4.64	1.15	255.1	0.0281	364	0.517	3.45	7.44	1.42	4.65	1.08	81.5 0.	0410 370	0.641	3.3	7.7	21.4	26.5	0.7	2.9 6	33.78	1.20	11.62	3.23
H5TF3001	7.21	1.59	4.6	1.27	300.9	0.0240	324	0.528	3.73	7.84	1.61	4.86	1.19 2	08.2 0.	32	8 0.647	3.78	8.3	28.1	28.4	0.8	4.4	5.23	1.19	13.18	3.60
H5TG3001	7.12	1.85	4.52	1.39	364.1	0.0196	289	0.572	4.13	7.85	1.1	4.97	1.34 2	45.8 0.	J319 290	5 0.66	3.96	x x	36.7	28.7		5.9 5	01.03	1.14	14.34	3.98
H5TH3001	6.97	2.35	4.32	1.64	487.6	0.0143	246	0.624	4.83	8.04	2.32	4.97	1.62	20.5 0.	251 25	3 0.696	3.66	8.9	48.2	36.5		6.9 Ľ	21.90	1.00	15.37	4.23
H6TC3001	9.14	1.05	5.87	0.99	163.6	0.0559	405	0.464	2.44	8.8	60.1	5.54	0.96	28.5 0.	085 41	9 0.577	6.96	2	23.3	24	2.9	5.8 4	0.00	1.12	13.12	3.95
H6TD3001	9.10	1.24	5.94	1.09	211.1	0.0431	378	0.478	2.78	9.41	1.28	5.91	1.05	56.0 0.	9603 38	3 0.577	6.85	10.7	25.2	26.1	3.5 1	6.6	52.78	1.18	16.21	4.15
H6TE3001	9.39	1.43	6.13	1.23	259.2	0.0362	336	0.452	3.03	9.89	1.47	6.16	1.14	83.8 0.	538 35	5 0.592	7.41	12.1	37.4	32.3	3.8	9.5	4.80	1.20	20.28	4.88
H6TF3001	8.88	1.6	5.72	1.3	311.3	0.0285	319	0.443	3.42	9.72	1.58	6.08	1.24 2	14.4 0.)453 31:	5 0.627	6.15	11.8	46.1	30.9	3.2	9.9	7.83	1.18	20.02	4.98
H6TG3001	9.24	1.93	5.84	1.49	387.3	0.0239	274	0.488	3.74	10.06	1.8	6.3	1.37 2	59.7 0.	30 30	5 0.63	7.03	13	56.6	33.5	3.5 2	2.3 5	6.83	1.12	24.68	5.58
H6TH3001	9.00	2.27	5.58	1.6	472.0	0.0191	243	0.553	4.18	10.49	2.19	6.44	1.58 3	11.0 0.	337 27:	2 0.647	6.62	13	65.5	40.1	3.4	23 1:	18.00	1.02	25.20	5.75
H7TC3001	10.69	1.09	6.89	1.04	175.9	0.0608	394	0.428	2.34	10.39	1.12	6.46	-	35.6 0.	766 40	7 0.557	9.8	13	29.6	28.1	4.1	9.3 4	13.98	1.14	18.96	4.83
H7TD3001	10.98	1.26	7.11	1.14	219.5	0.0500	361	0.429	2.58	11.02	1.33	6.94	1.12 1	6.09	0685 36	1 0.573	9.63	13.8	36.3	34.1	3.7 2	2 6.03	54.88	1.18	24.12	5.23
H7TE3001	11.21	1.46	7.42	1.27	273.9	0.0409	318	0.412	2.85	11.79	1.5	7.39	1.19 1	92.4 0.	0613 33.	3 0.557	10.78	15.6	46.3	32.6	5.5 2	3.6	8.48	1.20	29.48	5.90
H7TF3001	11.13	1.68	7.35	1.39	334.4	0.0333	294	0.431	3.16	11.92	1.59	7.42	1.26 2	28.0 0.	523 30	5 0.588	9.28	15	47.8	32.1	4.7 2	3.4 8	33.60	1.17	32.56	5.85
H7TG3001	11.30	1.87	7.17	1.49	366.7	0.0308	276	0.458	3.29	12.42	1.77	7.91	1.43 2	47.3 0.	502 29	2 0.576	9.59	16.1	59.8	46.9	4.7 2	4.9 5	01.68	1.14	36.43	6.23
H7TH3001	11.36	2.27	7.04	1.68	474.2	0.0240	236	0.513	3.73	12.61	2.12	7.87	1.59 3	12.3 0.	0404 270	0.63	8.81	15.8	73.3	41.7	4.4 1	9.4 1	18.55	1.02	40.04	4.85

表 4.-11 傾斜板 cot=1.73 (30°) 不規則波パラメーター

不規則波における既往の研究との比較を次に述べる. 3.1.7 で紹介したが,一様勾配の滑 斜面への打上げ高について,間瀬の実験的研究(Mase, 1989)がある.間瀬は,水深 0.43~0.45m,勾配 1/5, 1/10, 1/20, 1/30 の 4 種類の斜面に対し,不規則波(the Pierson-Moskowitz type spectrum)の波浪条件下において波が遡上する状況を連続的に記録して打上げ高を統 計的に解析し Iribarren 数と相対打上げ高の式(3.25)を示した.

図 4-19 は、Iribarren 数(Ir)と相対打上げ高($R_{ave}/H_{1/3}$)の関係である.規則波の実験と 同様に、実験時に波の様子を観測し breaking waves と surging waves であるか判断した.こ の図に示す Iribarren 数の範囲は、既往の研究よりも広範囲となっている.規則波同様、波 の打上げ高は Iribarren 数だけでなく傾斜板角度によって傾向が異なり、傾斜板角度 20°ま では増加し、その後減少する傾向となった.breaking waves と surging waves の区分も傾斜 板角度で異なった.波高と波形勾配が増加するにつれ、沖で砕波することになり、傾斜板 角度の位置における波の現象のみで打上げ高を評価することは限界がある.図中の数字で 示す既往の研究(Mase, 1989)と今回得た実験式は下記の通りである.ここでは、傾向が 明らかな breaking waves について記す.ここで、R は平均打上げ高、 H_0 は沖波有義波高で ある.

 $\begin{array}{l} (1) R/H_0 = 0.88 Ir^{0.69} & (1/30 < \tan \theta < 1/5) & (Mase) \\ (2) R_{ave}/H_{1/3} = 0.860 Ir^{1.34} & (\theta = 10^{\circ} \text{ , breaking waves}) \\ (3) R_{ave}/H_{1/3} = 0.740 Ir^{1.20} & (\theta = 15^{\circ} \text{ , breaking waves}) \\ (4) R_{ave}/H_{1/3} = 1.49 Ir^{0.490} & (\theta = 20^{\circ} \text{ , breaking waves}) \\ (5) R_{ave}/H_{1/3} = 1.04 Ir^{0.369} & (\theta = 25^{\circ} \text{ , breaking waves}) \\ (6) R_{ave}/H_{1/3} = 1.00 Ir^{0.234} & (\theta = 30^{\circ} \text{ , breaking waves}) \end{array}$



図 4-19 Iribarren 数と相対打上げ高の関係

規則波と同様に波の打上げ高 (R_{1/3}) を Iribarren 数と波パワー (W:kW/m) で表したも のが図 4-20, 4-21 である.ここで,不規則波の波パワーは Bretschneider-光易型スペクトル と群速度から求めると式 (4.44) となる.係数は淡水 (ρ=1000kg/m³) で実験をした場合の 値である.なお,Dは式 (4.30) である.

$$W = 0.429\rho DH_{1/3}^2 T_{1/3} = 0.429 DH_{1/3}^2 T_{1/3} \qquad (kW/m)$$
(4.44)

その結果,規則波と同様な傾向となり,Iribarren 数が増加すると打上げ高は減少した. 角度ごとで確認すると、10°の場合が最も打上げ高は低く、次いで 15°、30°、25°と続き、 20°の場合が7.1mと最も打上げ高は高くなった.25°の場合も最高打上げ高は6.9mとなり、 20°の場合に近い.打上げ高が高い傾斜板角度の条件ではあるが、高い打上げ高となりやす い breaking waves 領域で確認すると、20°の場合と同様に狭い範囲に集中している.一方、 25°は 20°よりも広い範囲にデータが点在していることから、波浪条件による打上げ高のバ ラつきを確認できる.このことから、20°が最も打上げ高が高い条件であることを確認でき た.

波パワーが増加すると打上げ高は増加し, 傾斜板角度が増加すると 20°まで増加し, その後減少する結果となった. この結果から, 越波式波力発電装置の傾斜板角度は 20°が最適であると決定した. さらに, x, y 軸にそれぞれ Iribarren 数と波パワーとし, 色の濃淡で打上げ高さを表した 3 次元グラフが図 4-22~図 4-26 である. 規則波と同様に, 打上げ高は Iribarren 数が小さく, 波パワーが大きいほど大きくなる傾向がある. これらの関係から, 打上げ高さは波パワーと比例関係にあることがわかった.

また、図 4-27 は波パワーと反射率の関係であり、規則波と同様に傾斜板角度が急になれ ばなるほど反射率が大きく. 傾斜板角度 20°の最大波パワーの時、打上げ高も最大(7.1m) となり、反射は約 4 割(0.402)となっている. 傾斜板角度 30°の最大波パワーの時打上げ 高 4.9m は最大ではない(最大は 6.9m,波パワー36.4kW/m,反射 0.458). この時の反射は 約 5 割(0.513)となっている. 規則波と同様に波が傾斜板を遡上する前に、急な勾配によ って波パワーの半分はすでに反射していることわかる.また,波パワーが小さい領域では、 打上げ高は Iribarren 数に関係しないことがわかる. 規則波と同様に、波パワーと反射率の 関係は明瞭でないため、図 4-28 に傾斜板角度ごとの波形勾配と反射の関係を示す. この図 から傾斜板角度が大きくなるにしたがって反射率も大きくなることがわかる. なお、各傾 斜板角度に対して波形勾配と反射の関係は $K_r = \alpha \beta^x$ と表すことができ、表 4-12 に傾斜板 角度ごとの α , β の値を示す.



図 4-21 波パワーと打上げ高の関係



図 4-22 Iribarren 数と波パワー, 打上げ高の関係 (10°)



図 4-23 Iribarren 数と波パワー, 打上げ高の関係 (15°)



図 4-24 Iribarren 数と波パワー, 打上げ高の関係 (20°)



図 4-25 Iribarren 数と波パワー,打上げ高の関係 (25°)





図 4-28 波形勾配と反射率の関係

表 4-12 波形勾配と反射率の関係(α, βの値)

角度	α	β
10°	0.027	-0.52
15°	0.035	-0.56
20°	0.078	-0.44
25°	0.196	-0.25
30°	0.278	-0.18

4.8 まとめ

本研究は、波エネルギーを有効に使うために、固定式の越波式波力発電システムの効率 を上昇させるための実験的研究として、波の打上げ高特性の研究を行った.

主要な考察を以下に示す.

(1) 規則波

傾斜板角度と波形勾配でまとめた結果,H/L=0.019は,実験値や実験値を基に既存の理論を考慮した結果は既存の理論とよく合っており,(S) surging waves 領域と(B) breaking waves 領域に分けた Sainflou の重複波の水面波形を考慮した式を適用した場合が顕著で, 完全に傾向と一致している.

H/L=0.032 は,高田(海底勾配 0)の結果と,田中ら(海底勾配 1/30),田中ら実験値(高 田(B) Sainflou),田中ら実験値(高田(B) Miche)の結果は傾向が完全に一致し,Saville, Savage,田中ら実験値(高田(S) Sainflou),田中ら実験値(高田(S) Miche)の傾向が 完全に一致していることから,実験値や実験値を基に既存の理論を考慮した結果は既存の 理論とよく合っているが,(S) surging waves 領域と(B) breaking waves 領域による差異 が確認された.

H/L=0.051の結果は、すべてのデータの傾向が完全に一致していることから、実験値や 実験値を基に既存の理論を考慮した結果は既存の理論とよく合っているといえる.

打上げ高と Iribarren 数でまとめた結果, surging waves 領域, breaking waves 領域に関わ らず Iribarren 数が増加すると打上げ高は減少した.また,傾斜板角度 $\theta=25^{\circ}$ の場合,極端 に打上げ高が低くなっていることから,傾斜板角度 $\theta=20^{\circ}$ を超えると打上げ高が低くなる ことが示唆された.また, Iribarren 数と波浪領域の関係は, Ir=2付近で明瞭に分かれてい るため,波浪領域を分けることで打上げ高を予測できると考えられる.なお,傾斜板角度 に関わらず Iribarren 数が小さくなる条件は(B) breaking waves 領域であることがわかる. また,このことから,波形勾配が大きいほど打上げ高が低くなることもわかる.

波パワーと打上げ高の関係は比例関係にあることがわかる. surging waves 領域では 15° の場合,打上げ高が最も高くなることがわかる.一方, breaking waves 領域では 20°の breaking waves 領域, surging waves 領域と, 30°の breaking waves 領域はほぼ同じ傾向を示 す結果となった. なお, 20°は breaking waves 領域と surging waves 領域に大きな差はないた めどの波浪条件においても打上げ高が安定していることがわかる.

角度ごとに波パワーW (kw/m), Iribarren 数 (ξ),打上げ高 R_m (m)をまとめた結果, 傾斜板角度 15°では,波パワーは 54.8kw/m で最大となり,その際の打上げ高が 6.1m とな り最大となる.傾斜板角度 20°では,波パワーは 57.2kw/m で最大となり,その際の打上げ 高は 6.3m となり最大となる.傾斜板角度 25°ではほかの角度と違い,波パワーが最大のと き (50.8kw/m),打上げ高は最大 (2.8m)ではない.最大打上げ高は 3.6m であり,その際 の波パワーは W=46.5kw/m である.この原因は,傾斜板角度 25°では反射率が非常に大き いことが考えられる.具体的には波パワーが最大の時,傾斜板角度 15°では約2割(0.152)の反射となり,傾斜板角度 20°では約3割(0.314)反射している.一方,傾斜板角度 25°では約5割(0.529)が反射していることから,波が傾斜板を遡上する前に,急な勾配によって波パワーの半分はすでに反射していることわかる.また,波パワーと反射率の関係は明瞭でないため,従来表している波形勾配と反射率の関係から,傾斜板角度が大きくなるにしたがって反射が大きくなっていることがわかった.

これらの結果から、傾斜板角度による違いはあるものの、概して、打上げ高は波浪領域 を分けて考えなくてはならない Iribarren 数よりも、波パワーに強く関係することがわかる. また、傾斜板角度が増加するにしたがい、反射の影響により打上げ高は波パワーよりも Iribarren 数に関係する.

(2) 不規則波

既往の研究として、間瀬(Mase, 1989)がまとめた、Iribarren 数(Ir)と相対打上げ高($R_{ave}/H_{1/3}$)の関係を比較した.実験で得られた Iribarren 数の範囲は、既往の研究よりも広範囲となっている.規則波同様、波の打上げ高は Iribarren 数だけでなく傾斜板角度によって傾向が異なり、傾斜板角度 20°までは増加し、その後減少する傾向となった.breaking waves と surging waves の区分も傾斜板角度で異なった.波高と波形勾配が増加するにしたがい、沖 で砕波することになり、傾斜板の位置における波の現象のみで打上げ高を評価することは限界がある.

規則波と同様に、概して Iribarren 数が増加すると打上げ高は減少した. なお、10°の場合 が最も打上げ高は低く、次いで 15°、30°、25°と続き、20°の場合が最も打上げ高は高くな った. 25°の場合も最高打上げ高は 20°の場合とほぼ同じだが、breaking waves 領域では、 25°のデータは 20°の場合よりもデータが広い範囲に点在していることから、波浪条件によ る打上げ高のバラつきを確認できる. このことから、20°が最も安定して打上げ高が高い条 件であることを確認できた. surging waves 領域は、簡単に打上げ高を判断できないが、 Iribarren 数が増加すると打上げ高は減少した.

打上げ高と波パワーの関係は,波パワーが増加すると打上げ高は増加する比例関係を確認した. 傾斜板角度との関係では,角度が 20°までは打上げ高も増加するが,それよりも大きな角度となると打上げ高は減少する結果となった.この結果から,越波式波力発電装置の傾斜板角度は 20°となった.

3次元で示した結果から,打上げ高は,Iribarren 数が小さく波パワーが大きいほど高くな る傾向がある.また,不規則波では角度が 20°までは打上げ高も増加するが,それよりも 大きな角度となると打上げ高は減少する結果となった.この結果は,規則波と同様に傾斜 板角度が急になればなるほど反射率が大きくなるためと考えられる.傾斜板角度 20°の最 大波パワーの時,打上げ高も最大(7.1m)となり,反射は約4割(0.402)となっている. 傾斜板角度 30°の最大波パワーの時,打上げ高4.9mは最大ではない(最大は6.9m,波パワ -36.4kW/m,反射0.458).この時の反射は約5割(0.513)となっている.この結果から, 波が傾斜板を遡上する前に、急な勾配によって波パワーの半分はすでに反射しており、打 上げ高が低くなってしまったことがわかる.また、規則波と同様に波パワーと反射率の関 係は明瞭でないため、波形勾配と反射率の関係から傾斜板角度が大きくなるにしたがって 反射が大きくなっていることがわかった.なお、波パワーが小さい領域では、打上げ高は Iribarren 数に関係しない.

これらの結果から, Iribarren 数から打上げ高を想定するよりも, 波パワーを使って想定 する容易さ, 有効性が確認できた.

第5章 越波量特性

5.1 研究背景および研究目的

本研究における越波式波力発電装置は,図 5-1 に示すように襲来した波を傾斜板によっ て遡上させ位置エネルギーに変換する.そして越波した水の送水エネルギーによってター ビンを回転させ,トルクを得ることで発電を行っている.また我々が考案している越波式 波力発電装置はどのような波の条件(波高・周期)に対しても効率良く波を越波させ,より 多くの水を取り入れることが必須条件である.

そのために、本研究では打上げ高の結果を踏襲しつつ、実際の設備投資なども含め、より効率の良い傾斜板の検討や、より正確な越波量を算出するため以下に示す2つの実験を 行った.本章では次の2つの実験について記す.

・各種傾斜板長さによる越波量特性実験

・貯水タンクを用いた越波量特性実験



図 5-1 越波式波力発電装置の仕組み

5.2 各種傾斜板長さによる越波量特性

5.2.1 実験目的

著者が所属する研究室において,過去の実験では,写真 5-1 に示すように傾斜板は横幅 2m,縦幅 2mの寸法を使用していた.しかし,波力発電装置を開発するにあたり,制作費の点から材料を抑えることは重要であることから,本実験ではこの傾斜板の長さ(縦幅)を再検討することとした.具体的に,ベースとなる傾斜板の長さ(2m)に対して,1.75m, 1.5m, 1.25mの3種類を追加し越波量特性を調べた.



写真 5-1 傾斜板(横幅 2m,縦幅 2m)

- 5.2.2 実験施設および実験装置
- (1) 実験水槽

実験は東海大学海洋学部臨海実験場第一水理実験棟平面水槽を用いて行なった.この水 槽には造波機が取り付けてあり、さまざまな波を造り、ブロックの安定実験や波の変形実 験および海岸侵食実験を行うことができる.写真 5-2 に実験水槽全景を示す.

平面水槽の仕様

縦:22.0m 横:23.0m 深さ.:1.2m (最大)



写真 5-2 平面水槽

(2) 造波機

東海大学海洋学部臨海実験場第一水理実験棟平面水槽に取り付けられている造波機は, 一方向または多方向の規則波および不規則波を発生することができる. 写真 5-3 に示す造 波制御コンピュータは第一水理実験棟平面水槽の2階部にあり平面水槽を見下ろすように 設置してある. 写真 5-4 と写真 5-5 は造波機であり, 20 枚のパネルを制御して造波してい る.

造波機の仕様

型式:多方向不規則波造波方式(スネーク式)

多方向不規則波(SS 法, SD 法)

一方向規則波(斜め波含む)

一方向不規則波(斜め波含む)

- 造波板長:80cm×20台(全幅16m)
- 周期:T=0.5~5.0s, T_{1/3}=0.8~3.0s
- 波高:規則波最大 20cm (周期 1.5~2.5s), H_{1/3}=10cm

波向:造波板に垂直方向を中心に±45度


写真 5-3 造波機制御コンピュータ

写真 5-4 造波機



写真 5-5 造波機(正面)

(3) 波力発電用貯水実験水槽と傾斜板

写真 5-6 と写真 5-7 は実験貯水槽であり,前面は傾斜板を取り付けるようにカットされ ており,様々な越波揚程に対応すべく上下に可動式になっている.底にはφ200mmの放流 管が取り付けられている.また,放流管を密閉して使用することができ,水抜きコックに よる排水が可能である.写真 5-8,写真 5-9,写真 5-10 は本実験で使用した傾斜板である.

水槽の仕様



幅: 2.0m 奥行: 1.0m 高さ: 0.8m 管径: q=20cm

写真 5-6 実験貯水槽



写真 5-7 実験貯水槽設置後



写真 5-8 傾斜板 (横幅 2m, 縦幅 1.25m)



写真 5-9 傾斜板 (横幅 2m, 縦幅 1.50m)



(4) 容量式波高計 写具 5-10 傾

写真 5-10 傾斜板 (横幅 2m, 縦幅 1.75m)

写真 5-11 と写真 5-12 はそれぞれ容量式波高計のアンプと波高計測部である.仕様を下 記に示す.

容量式波高計の仕様

型名: CH-401型

チャンネル数:1ch.

測定モード:1,2,4倍(3点手動切り替え)

較正電圧:1, 1/2, 1/4, 0(4点手動切り替え)

出力電圧:±2.5V/FS(負荷10kΩ以上)

出力電流:±20mA/FS(負荷 20Ω以下)

使用温度範囲:0~40℃

電源:AC100V±10% 50&60Hz

消費電力:約15VA

外形寸法 (mm): 66W×168H×215D

重量約:1.4kg

検出部

最大測定波高 :10cm (CHT4-10), 20cm (CHT4-20), 40cm (CHT4-40), 50cm (CHT4-50), 60cm (CHT4-60), 80cm (CHT4-80), 100cm (CHT4-100) 直線性誤差 :±0.5%/FS 応答性 : 5Hz (波高±5cm) 安定性 :±1%/FS 相互干渉 :±1%以下 (容量線間隔 10cm 以上) 使用温度範囲 : 0~40℃ 重量 :約 0.5kg

製造元:株式会社 ケネック





写真 5-12 波高計

(5) データ収録器

写真 5-13 はデータ収録器である.この仕様を下記に示す.

データ収録器の仕様

PCD320A

測定対象:電圧

測定チャンネル数: 4ユニット(最大4ユニット16チャンネルまで測定可能)

測定レンジ:1,2,5,10,20,50V および OFF の7 段

精度:±0.2%FS 以内(23℃にて)

応答周波数範囲: DC カップリング DC~1kHz,

AC カップリング 0.2~1kHz

分解能:12ビット 逐次比較型,出力2の補数

サンプリング周波数:1,2,5,10,20,50,100,200,500Hz,1,2,5kHz まで測定可能

4 チャンネル同時サンプリング

インターフェース:USB

測定入力端子:入力端子 BNC コネクタ

電源: AC100V~240V(標準付属 AC アダプタ SA10A 使用)

製造元:株式会社 共和電業



写真 5-13 PCD320A 73

(6) その他の使用器具

今回の実験で使用した備品と装置を写真 5-14~写真 5-19 に示す.



写真 5-14 クレーン



写真 5-15 導波板



写真 5-17 消波ボックス



写真 5-19 排水用ポンプ



写真 5-16 消波材



写真 5-18 データ収録用パソコン

5.2.3 実験方法および実験条件

実験は写真 5-2 に示す平面水槽を使用し,図 5-2 に示すように造波機から 9.7m の位置 に貯水槽を設置した.なお,模型縮尺を 1/10 とし,実験条件は Froude の相似則から決 定した.以下に実験方法と実験条件を示す.

- ・実験水深は越波揚程に合わせて 65cm~70cm の範囲で固定した.
- ・実験条件は静岡県御前崎の波を目標として決定した.表 5-1 は御前崎の年平均波高と周期である.この表をグラフ化したものが図 5-3 である.
- ・実験波浪は Bretschneider-光易型を目標スペクトルとする不規則波を用いた.
- ・実験条件を表 5-2 に示す.表には現地の値と模型実験の値を記載してある.実験条件は 御前崎観測所のデータを参考に決定し, Case1 から Case5 までは有義波高(H_{1/3})を 0.5m から 1.65m, 有義波周期(T_{1/3})を 6.01s から 8.22s とした.また,波形勾配による知見を 得るために Case6 から Case9 までは有義波高(H_{1/3})を 1.65m 前後,有義波周期(T_{1/3}) を 3.79s から 6.64s とした.
- ・傾斜板の長さを 1.25m, 1.5m, 1.75m, 越波揚程 (R) は 8cm, 10cm, 15cm, 20cm とし, 傾斜板角度 (θ) は 20°で固定した.
- ・収録データ仕様を表 5-3 に示す.計測時間は貯水槽が満水状態になるまでとした.
- ・ファイルネームは図 5-4 の通りとする.
- i : 傾斜板の長さL (1.75m), M (1.5m), S (1.25m) の単位時間・単位幅当たりの越波 量Q
- ii : 実験 No. (Case1~Case9)
- iii:傾斜板の角度(20°固定)
- iv: 越波揚程の条件 F (R=8cm), A (R=10cm), B (R=15cm), C (R=20cm), 以上の条件を合わせて 108 ケースを行い, 貯水槽内の水位変化をもとに単位時間・単位幅当たりの越波量を算出した.





表 5-1 各地の年平均波高と周期(2004年)

図 5-3 御前崎の年間波高と周期

表 5-2 実験条件(御前崎)

	実涯	毎域	模型実験	$(\lambda = 1/10)$
実験No.	H _{1/3} (m)	T _{1/3} (s)	H _{1/3} (cm)	T _{1/3} (s)
Case1	0.50	6.01	5.0	1.90
Case2	0.75	6.64	7.5	2.10
Case3	1.00	6.96	10.0	2.20
Case4	1.25	7.59	12.5	2.40
Case5	1.65	8.22	16.5	2.60
Case6	1.65	3.79	16.5	1.20
Case7	1.65	4.90	16.5	1.55
Case8	1.65	5.69	16.5	1.80
Case9	1.70	6.64	17.0	2.10

表 5-3	収録デー	タ仕様
-------	------	-----

収録項目	仕様
収録データ数	8192
サンプリング周波数	20Hz



図 5-4 ファイルネーム

5.2.4 解析方法

図 5-2 に示す貯水槽前方に設置した波高計 2 個によりゼロアップクロス法を用いて沖 波波高および周期を求め、入反射分離法より反射率を求めた. 波長 L は式(4.15)から 算出した.また貯水槽内に設置した波高計により水位変化を求め、その水位変化に水槽 の底面積を乗じて越波量とした. 例として図 5-5 と図 5-6 は傾斜板長 1.75m, 越波揚程 8.0cm, 傾斜板角度 20°のときの、それぞれ $H_{1/3}$ =8.56cm、 $T_{1/3}$ =1.81s と $H_{1/3}$ =20.08cm、 $T_{1/3}$ =1.88s の時系列である. これらの時系列から貯水槽が満水になる解析範囲を求めて 単位時間・単位幅当たりの越波量を算定した.

よって越波量が多い実験ケースでは、水槽内が越波した波により満水が早期になるため、

データ数が少なくなり,各実験ケースによってデータ数が異なる.従って,波の解析に当 たっては越波量を解析した範囲のデータで波の諸量を算定した.



図 5-6 波高と水位の時系列(H_{1/3}=20.08cm,T_{1/3}=1.88s)

5.2.5 実験結果および考察

本項では、田中らの過去の研究結果(田中ら,2010)と本実験の結果を基に、5.2.5.1項で 各傾斜板の越波量の関係を示し、5.2.5.2項では各傾斜板長による越波量の相違を見るため 越波揚程ごとの越波量の関係を示す.

5.2.5.1 各傾斜板長に対する実験結果および考察

表 5-4~5-6 は、本実験結果における傾斜板長 SQ (1.25m), MQ (1.50m), LQ (1.75m) の解析データを記す. なお LQ120C は越波しなかった. また表 5-7 の HQ (2.00m) は田中

らの過去の研究結果(田中ら,2010)から引用したものである.

なお SQ (1.25m), MQ (1.50m), LQ (1.75m) はそれぞれ傾斜板の縦幅を表す.

(1) 各傾斜板における有義波高 H_{1/3} (cm) と越波量 q (m³/s/m)の関係

図 5-7~5-10 はそれぞれ傾斜板長 1.25m, 1.50m, 1.75m, 2.00m の各越波揚程に対する有 義波高(H_{1/3})と単位時間・単位幅当たりの越波量(m³/s/m)の関係である.この図は,御 前崎の波高と周期に相当する Case1 から Case5 までの実験結果をまとめたものである.

これらの図から、どの傾斜板長においても越波揚程が小さいほど越波量が多く、波高が高いほど越波量も増加する傾向があることがわかる.また傾斜板長 1.25m のときに越波量が減少する傾向がある.



量の関係(傾斜板長 1.75m)

		F		-			¥	5-4 SQ(1.25	5m)の解	所デー	Ą			-				
CASE	R(cm)	θ	大深	初期水深 (cm)	: 法先水深 (cm)	データ総数	計算範囲	解析データ 数	H _{1/3} (cm)	$T_{1/3}(s)$	L(cm)	Have(cm)	Tave(s)	波数	波形勾配 H _{1/3} /L	反射率	越波量(m ³ /s/m)	
SQ120F						8192	350-2700	2350	8.46	1.89	428.4	5.01	1.52	76	0.0198	0.498	2.8279E-03	
SQ220F						5786	250-1400	1150	13.02	2.08	486.2	7.27	1.64	34	0.0268	0.445	6.6038E-03	
SQ320F						3664	420-1100	680	15.51	2.07	482.6	9.13	1.55	20	0.0321	0.405	1.0850E-02	
SQ420F						2718	220-700	480	18.61	2.18	514.2	10.99	1.73	12	0.0362	0.394	1.5229E-02	
SQ520F	∞	20	70	17.0	34.8	1654	200-650	450	18.99	2.29	546.6	10.50	1.64	12	0.0347	0.381	1.7032E-02	
SQ620F						3052	300-850	550	21.20	1.38	273.7	14.05	1.27	20	0.0775	0.288	1.2149E-02	
SQ720F						1598	310-800	490	19.88	1.54	324.7	12.56	1.29	18	0.0612	0.342	1.5399E-02	
SQ820F						1562	250-650	400	24.31	1.82	409.6	13.13	1.43	14	0.0593	0.337	1.8163E-02	
SQ920F						1576	230-600	$0L\mathcal{E}$	23.82	1.95	446.8	13.73	1.64	10	0.0533	0.374	2.0712E-02	
SQ120A						8192	390-5000	4610	8.11	1.8	398.2	4.73	1.42	161	0.0204	0.496	1.3609E-03	
SQ220A						5600	320-1700	1380	12.00	2.01	461.0	6.83	1.58	43	0.0260	0.453	4.9825E-03	
SQ320A						3018	210-1200	066	15.40	2.02	462.4	9.18	1.55	31	0.0333	0.403	7.3612E-03	
SQ420A						3014	210-1100	068	18.78	2.34	552.6	11.21	1.77	24	0.0340	0.404	8.8810E-03	
SQ520A	10	20	(88	17.0	32.8	2588	190-990	008	23.68	2.77	673.3	13.42	2.12	18	0.0352	0.403	1.0451E-02	
SQ620A						3012	350-1200	850	19.61	1.33	255.6	12.34	1.18	35	0.0767	0.302	8.2914E-03	
SQ720A						2350	300-900	009	20.30	1.53	317.7	12.75	1.29	22	0.0639	0.342	1.2159E-02	
SQ820A						2006	310-850	540	20.10	1.67	361.8	11.71	1.32	19	0.0556	0.375	1.3411E-02	
SQ920A						2012	200-700	500	20.97	1.97	449.3	11.81	1.52	15	0.0467	0.379	1.4479E-02	
SQ120B						8192	450-8192	7742	8.05	1.83	402.0	4.95	1.46	263	0.0200	0.581	3.8571E-05	
SQ220B						8192	210-4500	4290	11.74	2.10	476.8	6.99	1.57	136	0.0246	0.491	1.4351E-03	
SQ320B						8192	250-1590	1340	16.09	2.14	488.9	9.50	1.61	40	0.0329	0.411	4.8859E-03	
SQ420B						2840	200-1300	1100	17.25	2.15	491.8	10.09	1.68	32	0.0351	0.405	6.0826E-03	
SQ520B	15	20) 65	17.0	27.8	2224	200-1280	1080	20.87	2.63	621.0	12.12	2.00	26	0.0336	0.404	6.7459E-03	
SQ620B						8192	250-2960	2710	16.52	1.30	246.4	9.86	1.17	115	0.0671	0.347	2.3285E-03	
SQ720B						5368	260-1400	1140	20.30	1.64	347.3	12.03	1.34	41	0.0585	0.338	5.5591E-03	
SQ820B						3222	310-1370	1060	21.01	1.68	359.6	12.24	1.37	38	0.0584	0.352	6.7926E-03	
SQ920B						2508	250-1200	950	19.58	2.01	453.0	11.48	1.5	31	0.0432	0.383	7.1583E-03	
SQ120C						8192	600-8190	7590	7.56	1.94	431.6	4.58	1.43	265	0.018	0.465	2.5221E-07	
SQ220C	1					8192	580-8190	7610	11.39	2.16	492.6	6.96	1.64	230	0.023	0.397	4.1504E-05	
SQ320C						8192	280-5400	5120	15.19	2.15	489.9	9.06	1.63	156	0.031	0.389	1.2051E-03	
SQ420C						5498	200-2000	1800	20.71	2.36	549.9	12.18	1.77	49	0.038	0.419	3.5641E-03	
SQ520C	20	20) 65	17.0	22.8	3296	200-1650	1450	22.92	2.45	573.0	13.09	1.84	39	0.040	0.419	4.8495E-03	
SQ620C						6002	330-2600	2270	17.35	1.31	249.4	10.32	1.17	96	0.070	0.379	2.7716E-03	
SQ720C						3632	350-1500	1150	20.45	1.73	373.1	12.65	1.45	39	0.055	0.373	5.4821E-03	
SQ820C						3286	350-1400	1050	21.49	1.84	403.8	12.37	1.44	36	0.053	0.379	6.2867E-03	
SQ920C						3280	350-1400	1050	23.29	1.98	444.7	12.96	1.57	33	0.052	0.400	6.9238E-03	

ļ
ĺΚ
ц́ь,
1年7
₩,
\sim
Ē
52
÷
ð
\mathbf{S}
1
41.7
表

越波量(m ³ /s/m)	4.4517E-03	7.0455E-03	1.4050E-02	1.4931E-02	1.9260E-02	1.3096E-02	1.7269E-02	1.9865E-02	2.2699E-02	1.2990E-03	4.8725E-03	7.2832E-03	8.4640E-03	1.5719E-02	6.3250E-03	1.2429E-02	1.9423E-02	1.9803E-02	1.2749E-04	1.7393E-03	4.0616E-03	6.2005E-03	8.7120E-03	4.1393E-03	8.2317E-03	1.2007E-02	1.2496E-02	5.9235E-06	8.4285E-05	2.8275E-03	5.7539E-03	6.1622E-03	3.1194E-03	6.3221E-03	6.6669E-03	7.9714E-03
反射率	0.452	0.407	0.349	0.328	0.353	0.257	0.263	0.277	0.328	0.485	0.429	0.369	0.375	0.353	0.272	0.308	0.316	0.347	0.493	0.450	0.398	0.394	0.382	0.313	0.338	0.329	0.365	0.516	0.449	0.424	0.395	0.384	0.330	0.355	0.347	0.378
皮形勾配 H _{1/3} /L	0.0211	0.0227	0.0343	0.0357	0.0420	0.0743	0.0598	0.0602	0.0472	0.0198	0.0243	0.0350	0.0311	0.0346	0.0747	0.0636	0.0527	0.0552	0.0197	0.0240	0.0303	0.0330	0.0332	0.0749	0.0624	0.0606	0.0484	0.0197	0.0250	0.0347	0.0363	0.0382	0.0695	0.0544	0.0542	0.0443
波教	46	30	15	12	10	21	16	12	~	174	42	34	22	11	4	21	12	10	278	124	49	31	24	99	29	19	15	254	234	72	26	30	83	37	35	24
Tave(s)	1.51	1.58	1.45	1.74	1.87	1.26	1.29	1.52	1.69	1.43	1.60	1.41	1.84	1.79	1.22	1.28	1.41	1.50	1.40	1.54	1.58	1.62	1.70	1.21	1.35	1.29	1.40	1.49	1.65	1.57	1.70	1.90	1.21	1.36	1.46	1.6
Have(cm)	4.92	6.85	8.24	10.54	11.50	12.58	11.96	14.18	11.93	4.78	6.96	8.55	10.86	11.53	12.06	12.43	11.45	12.79	4.70	6.69	8.79	9.19	10.44	11.90	12.68	11.43	10.81	4.98	7.49	9.57	10.58	12.30	10.61	12.31	12.41	11.54
L(cm)	377.1	501.2	458.1	513.2	481.2	266.6	345.7	411.9	424.9	410.5	493.6	433.6	592.2	598.5	258.3	325.7	404.5	428.0	397.1	474.5	502.1	490.1	569.6	252.9	322.9	321.8	415.8	411.1	476.9	481.5	522.6	595.4	251.6	376.7	397.5	451.7
$T_{1/3}(s)$	1.71	2.14	1.99	2.18	2.07	1.36	1.61	1.83	1.87	1.84	2.13	1.92	2.48	2.50	1.33	1.55	1.82	1.9	1.81	2.09	2.19	2.15	2.44	1.32	1.56	1.55	1.88	1.86	2.10	2.12	2.26	2.53	1.32	1.74	1.82	2.01
H _{1/3} (cm)	7.95	11.37	15.72	18.33	20.20	19.80	20.67	24.81	20.04	8.11	11.99	15.18	18.43	20.71	19.30	20.72	21.3	23.63	7.81	11.40	15.22	16.19	18.9	18.95	20.16	19.51	20.10	8.08	11.91	16.73	18.99	22.73	17.49	20.51	21.54	20.01
解析データ 数	1410	980	480	480	390	550	430	400	320	4040	1410	066	006	440	1100	550	350	350	0617	3820	1600	1050	850	1620	800	520	480	7590	0627	2280	920	1180	2020	1040	1070	810
計算範囲	380-1790	230-1210	220-700	220-700	210-600	330-880	320-750	240-640	210-530	360-5400	190-1600	160-1150	150-1050	160-600	300-1400	280-830	200-550	180-530	400-8190	280-4100	250-1850	150-1200	150-1000	380-2000	300-1100	300-820	210-690	600-8190	400-8190	400-2680	380-1300	200-1380	380-2400	340-1380	310-1380	350-1160
データ総数	5016	2006	1570	1452	1150	1568	1222	1072	1138	8192	8192	2818	3002	1470	5060	2074	1970	1772	8192	8192	8192	3956	3110	8192	6338	3162	2522	8192	8192	8192	8192	8192	8192	2604	2068	2394
法先水深 (cm)		1			43.3	<u> </u>			1					41.3		1	1	1				1	36.3							1	1	31.3			1	
初期水深 (cm)					17.0									17.0									17.0									17.0				
水深					70									68									65									65				
θ					20									20									20									20				
R(cm)					8									10									15									20				
CASE	MQ120F	MQ220F	MQ320F	MQ420F	MQ520F	MQ620F	MQ720F	MQ820F	MQ920F	MQ120A	MQ220A	MQ320A	MQ420A	MQ520A	MQ620A	MQ720A	MQ820A	MQ920A	MQ120B	MQ220B	MQ320B	MQ420B	MQ520B	MQ620B	MQ720B	MQ820B	MQ920B	MQ120C	MQ220C	MQ320C	MQ420C	MQ520C	MQ620C	MQ720C	MQ820C	MQ920C

表 5-5 MQ(1.50m)の解析データ

																												_									
	越波量(m ^{3/s/m)}	3.8527E-03	6.6502E-03	1.2187E-02	1.4672E-02	1.9877E-02	1.3354E-02	1.7810E-02	2.0642E-02	2.2825E-02	2.0448E-03	6.8108E-03	7.5148E-03	1.6637E-02	1.4141E-02	6.9046E-03	1.5209E-02	1.7628E-02	2.0618E-02	6.5692E-04	1.6704E-03	6.2886E-03	6.6223E-03	9.5278E-03	3.8993E-03	7.3630E-03	1.2160E-02	1.2853E-02		1.4878E-05	2.0368E-03	3.6243E-03	4.8503E-03	1.4398E-03	2.9515E-03	3.9973E-03	5.2660E-03
	反射率	0.471	0.430	0.395	0.385	0.382	0.287	0.325	0.300	0.351	0.459	0.416	0.362	0.366	0.372	0.287	0.319	0.289	0.346	0.507	0.465	0.405	0.412	0.424	0.312	0.330	0.348	0.369		0.470	0.415	0.417	0.414	0.324	0.340	0.347	0.385
	废形勾配 H₁/₃/L	0.0211	0.0274	0.0338	0.0360	0.0381	0.0714	0.0621	0.0615	0.0472	0.0190	0.0261	0.0305	0.0361	0.0362	0.0722	0.0585	0.0586	0.0567	0.0198	0.0240	0.0348	0.0331	0.0352	0.0715	0.0616	0.0526	0.0412		0.0190	0.0334	0.0351	0.0399	0.0713	0.0561	0.0530	0.0436
	波教	52	33	17	14	8	21	17	12	8	108	33	29	12	14	27	17	13	10	256	129	33	29	19	68	35	19	16		244	97	52	37	193	88	61	41
	Tave(s)	1.53	1.71	1.44	1.69	2.29	1.22	1.21	1.54	1.68	1.46	1.56	1.60	1.57	1.74	1.22	1.33	1.44	1.53	1.38	1.5	1.60	1.7	2.06	1.2	1.34	1.3	1.44		1.57	1.62	1.73	1.92	1.19	1.31	1.40	1.58
	Have(cm)	5.18	7.82	8.16	9.61	13.25	12.45	11.68	14.28	11.83	4.55	6.59	8.83	9.49	9.61	12.74	12.59	12.41	13.44	4.52	6.56	9.26	10.11	12.30	11.23	12.47	11.26	10.08		5.36	9.29	11.14	13.16	10.77	11.35	12.11	12.02
Ŕ	L(cm)	404.7	478.7	442.6	486.2	596.3	274.2	339.8	405.1	425.5	405.3	456.4	489.5	509.3	457.5	271.0	346.7	379.0	423.0	388.5	466.5	460.8	524.9	609.1	251.1	322.9	372.1	420.4		435.3	461.0	532.0	562.2	249.7	344.3	382.1	477.4
斤买一	Γ _{1/3} (s)	1.81	2.06	1.93	2.08	2.47	1.38	1.59	1.81	1.88	1.82	2.00	2.11	2.18	2.00	1.38	1.62	1.73	1.88	1.78	2.06	2.04	2.27	2.58	1.32	1.56	1.73	1.90		1.95	2.04	2.30	2.41	1.31	1.63	1.76	2.10
m)の解	H _{1/3} (cm)	8.56	13.1	14.95	17.48	22.71	19.57	21.11	24.91	20.08	7.70	11.9	14.94	18.36	16.54	20.65	20.29	22.19	23.97	7.68	11.2	16.04	17.38	21.43	17.95	19.87	19.58	17.3		8.29	15.39	18.68	22.41	17.81	19.33	20.26	20.79
-6 LQ(1.75	解析データ 数 1	1621	1171	561	501	391	551	441	401	321	3211	1061	981	421	511	671	481	421	351	7101	3921	1101	1041	791	1651	971	521	481		7690	3200	1840	1480	4600	2340	1750	1350
表 5	計算範囲	380-2000	220-1390	220-780	200-700	210-600	330-880	310-750	240-640	210-530	390-3600	350-1410	220-1200	230-650	210-720	330-1000	320-800	310-730	220-570	400-7500	280-4200	350-1450	210-1250	210-1000	350-2000	310-1280	330-850	320-800		500-8190	300-3500	210-2050	200-1680	300-4900	300-2640	350-2100	300-1650
	データ総数	5900	3090	2780	2848	1228	1568	1652	1230	1256	8192	2088	2266	1972	1592	2562	1916	1412	1222	8192	8192	4156	1900	1820	2908	2008	1506	1572	越波なし	8192	8192	8192	8192	8192	8192	8192	8192
	法先水深 (cm)					51.9									49.9									44.9						1	1		39.9				
	初期水深 (cm)					17.0									17.0									17.0									17.0				
	水深					70									68									65									65				
	θ					20									20									20									20				
	R(cm)					8									10									15									20				
	CASE	LQ120F	LQ220F	LQ320F	LQ420F	LQ520F	LQ620F	LQ720F	LQ820F	LQ920F	LQ120A	LQ220A	LQ320A	LQ420A	LQ520A	LQ620A	LQ720A	LQ820A	LQ920A	LQ120B	LQ220B	LQ320B	LQ420B	LQ520B	LQ620B	LQ720B	LQ820B	LQ920B	LQ120C	LQ220C	LQ320C	LQ420C	LQ520C	LQ620C	LQ720C	LQ820C	LQ920C

R
1
Ĩĥ
哘
篳
õ
Ĩ
51
1.7
\approx
9
Ι
9
Ś

	_			_	-		-	-	_			-	-			-	-					_		_	_	_		-			-	_	_			
鼥波量(m ^{3/s/m)}	2.8279E-03	6.6038E-03	1.0850E-02	1.5229E-02	1.7032E-02	1.2149E-02	1.5399E-02	1.8163E-02	2.0712E-02	1.3609E-03	4.9825E-03	7.3612E-03	8.8810E-03	1.0451E-02	8.2914E-03	1.2159E-02	1.3411E-02	1.4479E-02	3.8571E-05	1.4351E-03	4.8859E-03	6.0826E-03	6.7459E-03	2.3285E-03	5.5591E-03	6.7926E-03	7.1583E-03	2.5221E-07	4.1504E-05	1.2051E-03	3.5641E-03	4.8495E-03	2.7716E-03	5.4821E-03	6.2867E-03	6.9238E-03
反射率	0.498	0.445	0.405	0.394	0.381	0.288	0.342	0.337	0.374	0.496	0.453	0.403	0.404	0.403	0.302	0.342	0.375	0.379	0.581	0.491	0.411	0.405	0.404	0.347	0.338	0.352	0.383	0.465	0.397	0.389	0.419	0.419	0.379	0.373	0.379	0.400
波形勾配 (H _{1/3} /L)	0.0198	0.0268	0.0321	0.0362	0.0347	0.0775	0.0612	0.0593	0.0533	0.0204	0.0260	0.0333	0.0340	0.0352	0.0767	0.0639	0.0556	0.0467	0.0200	0.0246	0.0329	0.0351	0.0336	0.0671	0.0585	0.0584	0.0432	0.018	0.023	0.031	0.038	0.040	0.070	0.055	0.053	0.052
波数	76	34	20	12	12	20	18	14	10	161	43	31	24	18	35	22	19	15	263	136	40	32	26	115	41	38	31	265	230	156	49	39	96	39	36	33
Tave(s)	1.52	1.64	1.55	1.73	1.64	1.27	1.29	1.43	1.64	1.42	1.58	1.55	1.77	2.12	1.18	1.29	1.32	1.52	1.46	1.57	1.61	1.68	2.00	1.17	1.34	1.37	1.5	1.43	1.64	1.63	1.77	1.84	1.17	1.45	1.44	1.57
Have(cm)	5.01	7.27	9.13	10.99	10.50	14.05	12.56	13.13	13.73	4.73	6.83	9.18	11.21	13.42	12.34	12.75	11.71	11.81	4.95	6.99	9.50	10.09	12.12	9.86	12.03	12.24	11.48	4.58	6.96	9.06	12.18	13.09	10.32	12.65	12.37	12.96
L(cm)	428.4	486.2	482.6	514.2	546.6	273.7	324.7	409.6	446.8	398.2	461.0	462.4	552.6	673.3	255.6	317.7	361.8	449.3	402.0	476.8	488.9	491.8	621.0	246.4	347.3	359.6	453.0	431.6	492.6	489.9	549.9	573.0	249.4	373.1	403.8	444.7
$T_{1/3}(s)$	1.89	2.08	2.07	2.18	2.29	1.38	1.54	1.82	1.95	1.8	2.01	2.02	2.34	2.77	1.33	1.53	1.67	1.97	1.83	2.10	2.14	2.15	2.63	1.30	1.64	1.68	2.01	1.94	2.16	2.15	2.36	2.45	1.31	1.73	1.84	1.98
H _{1/3} (cm)	8.46	13.02	15.51	18.61	18.99	21.20	19.88	24.31	23.82	8.11	12.00	15.40	18.78	23.68	19.61	20.30	20.10	20.97	8.05	11.74	16.09	17.25	20.87	16.52	20.30	21.01	19.58	7.56	11.39	15.19	20.71	22.92	17.35	20.45	21.49	23.29
解析データ 数	2350	1150	680	480	450	550	490	400	370	4610	1380	066	890	800	850	009	540	500	7742	4290	1340	1100	1080	2710	1140	1060	950	7590	7610	5120	1800	1450	2270	1150	1050	1050
計算範囲	350-2700	250-1400	420-1100	220-700	200-650	300-850	310-800	250-650	230-600	390-5000	320-1700	210-1200	210-1100	190-990	350-1200	300-900	310-850	200-700	450-8192	210-4500	250-1590	200-1300	200-1280	250-2960	260-1400	310-1370	250-1200	600-8190	580-8190	280-5400	200-2000	200-1650	330-2600	350-1500	350-1400	350-1400
データ総数	8192	5786	3664	2718	1654	3052	1598	1562	1576	8192	5600	3018	3014	2588	3012	2350	2006	2012	8192	8192	8192	2840	2224	8192	5368	3222	2508	8192	8192	8192	5498	3296	6002	3632	3286	3280
法先水深 (cm)					34.8									32.8									27.8									22.8				
初期水深 (cm)					17.0									17.0									17.0									17.0				
大深 (cm)					70									68									65									65				
θ					20									20									20									20				
R(cm)					∞			1						10									15							1		20				
CASE	SQ120F	SQ220F	SQ320F	SQ420F	SQ520F	SQ620F	SQ720F	SQ820F	SQ920F	SQ120A	SQ220A	SQ320A	SQ420A	SQ520A	SQ620A	SQ720A	SQ820A	SQ920A	SQ120B	SQ220B	SQ320B	SQ420B	SQ520B	SQ620B	SQ720B	SQ820B	SQ920B	SQ120C	SQ220C	SQ320C	SQ420C	SQ520C	SQ620C	SQ720C	SQ820C	SQ920C

R
1
Ĩh
朽
解
0
Э Ш
00
સં
ğ
Ξ
~
Ś
表

(2) 各傾斜板における波形勾配 H_{1/3}/L と越波量 q (m³/s/m) との関係

下の図はそれぞれ傾斜板長 1.25m, 1.50m, 1.75m, 2.00m の各越波揚程に対する波形勾配 H_{1/3}/L と単位時間・単位幅当たりの越波量 q (m³/s/m)の関係である.

図 5-11~5-14 は御前崎の波高と周期に相当する Case1 から Case5 までをまとめた結果を 示し,図 5-15~5-18 は Case6 から Case9 の結果をまとめたものである.

どの傾斜板においても越波揚程が8cmから20cmに増加するにしたがい越波量は減少する. また最も越波する R=8cm で比較すると顕著だが,傾斜板長1.25m のときに越波量が減少す る傾向がある.



図 5-11 各越波揚程に対する波形勾配と越 波量の関係(Case1~5: 傾斜板長 1.25m)



図 5-13 各越波揚程に対する波形勾配と越波 量の関係(Case1~5: 傾斜板長 1.75m)



図 5-12 各越波揚程に対する波形勾配と越 波量の関係(Case1~5: 傾斜板長 1.50m)



図 5-14 各越波揚程に対する波形勾配と越波 量の関係(Case1~5: 傾斜板長 2.00m)

波高を固定し周期を変えた図 5-15~5-18 の関係から,周期が短く波形勾配が増すと越波 量が減少する傾向がある.これは波形勾配が増すほど砕波(波形が崩れ,運動が乱れにか わること)が発生し易くなるため,それに伴い波パワーが散逸されたことにより遡上出来 なかったと推測される.



図 5-15 谷越波揚程に対する波形勾配と越波 量の関係(Case6~9:傾斜板長 1.25m)



量の関係(Case6~9: 傾斜板長 1.75m)

図 5-16 各越波揚程に対する波形勾配と越波 量の関係(Case6~9: 傾斜板長 1.50m)



図 5-18 谷越波荡程に対する波形勾配と越波 量の関係(Case6~9:傾斜板長 2.00m)

5.2.5.2 各越波揚程に対する実験結果および考察

次項以降に示す表 5-8~5-11 は,本実験における各傾斜板長さにおける各越波揚程 8cm, 10cm, 12.7cm (HQ のみ), 15cm, 20cm に対する解析データをまとめた表となる. なお LQ120C は越波しなかった.また前項と同様 HQ (2.00m) は田中らの過去の研究(田中ら, 2010) から引用した.

越波量(原型 (m ³ /s/m)	0.09	0.21	0.34	0.48	0.54	0.38	0.49	0.57	0.65	0.14	0.22	0.44	0.47	0.61	0.41	0.55	0.63	0.72	0.12	0.21	0.39	0.46	0.63	0.42	0.56	0.65	0.72	0.06	0.18	0.48	0.60	0.60	0.34	0.55	0.72	0.69
波エネルギー (kW/m)	2.82	7.70	10.84	16.79	18.72	10.59	11.25	22.02	23.43	1.41	2.23	4.44	4.72	6.09	4.14	5.46	6.28	7.18	2.70	7.69	9.10	13.87	29.59	9.04	13.38	22.88	15.75	2.13	4.57	9.59	16.90	24.69	6.08	15.72	26.61	25.80
D	1.54	1.61	1.61	1.64	1.67	1.26	1.36	1.51	1.56	1.46	1.63	1.58	1.64	1.60	1.24	1.40	1.51	1.53	1.50	1.60	1.56	1.61	1.71	1.26	1.39	1.50	1.53	1.53	1.60	1.56	1.60	1.66	1.20	1.41	1.54	1.59
波長L(原型) (m)	42.84	48.62	48.26	51.42	54.66	27.37	32.47	40.96	44.68	37.71	50.12	45.81	51.32	48.12	26.66	34.57	41.19	42.49	40.47	47.87	44.26	48.62	59.63	27.42	33.98	40.51	42.55	42.40	47.69	44.53	47.66	53.75	24.77	35.21	43.41	47.36
越波量 (m ³ /s/m)	2.8279E-03	6.6038E-03	1.0850E-02	1.5229E-02	1.7032E-02	1.2149E-02	1.5399E-02	1.8163E-02	2.0712E-02	4.4517E-03	7.0455E-03	1.4050E-02	1.4931E-02	1.9260E-02	1.3096E-02	1.7269E-02	1.9865E-02	2.2699E-02	3.8527E-03	6.6502E-03	1.2187E-02	1.4672E-02	1.9877E-02	1.3354E-02	1.7810E-02	2.0642E-02	2.2825E-02	1.8526E-03	5.8002E-03	1.5297E-02	1.8983E-02	1.8827E-02	1.0751E-02	1.7489E-02	2.2842E-02	2.1817E-02
反射率	0.498	0.445	0.405	0.394	0.381	0.288	0.342	0.337	0.374	0.452	0.407	0.349	0.328	0.353	0.257	0.263	0.277	0.328	0.471	0.430	0.395	0.385	0.382	0.287	0.325	0.300	0.351	0.447	0.381	0.232	0.208	0.192	0.229	0.260	0.236	0.206
波形勾配 (H _{1/3} /L)	0.0198	0.0268	0.0321	0.0362	0.0347	0.0775	0.0612	0.0593	0.0533	0.0211	0.0227	0.0343	0.0357	0.0420	0.0743	0.0598	0.0602	0.0472	0.0211	0.0274	0.0338	0.0360	0.0381	0.0714	0.0621	0.0615	0.0472	0.0175	0.0213	0.0343	0.0409	0.0410	0.0683	0.0637	0.0596	0.0511
波数	76	34	20	12	12	20	18	14	10	46	30	15	12	10	21	16	12	8	52	33	17	14	8	21	17	12	8	110	31	11	8	7	24	14	8	6
[ave(s)	1.52	1.64	1.55	1.73	1.64	1.27	1.29	1.43	1.64	1.51	1.58	1.45	1.74	1.87	1.26	1.29	1.52	1.69	1.53	1.71	1.44	1.69	2.29	1.22	1.21	1.54	1.68	1.51	1.74	1.73	1.92	2.31	1.17	1.40	1.58	1.62
Have(cm) 1	5.01	7.27	9.13	10.99	10.50	14.05	12.56	13.13	13.73	4.92	6.85	8.24	10.54	11.50	12.58	11.96	14.18	11.93	5.18	7.82	8.16	9.61	13.25	12.45	11.68	14.28	11.83	4.48	6.36	8.55	11.28	14.52	10.74	12.61	13.50	12.58
(cm)	128.4	186.2	182.6	514.2	546.6	273.7	324.7	t09.6	146.8	377.1	501.2	458.1	513.2	181.2	266.6	345.7	411.9	t24.9	104.7	t78.7	142.6	186.2	596.3	274.2	339.8	405.1	t25.5	124.0	t76.9	45.3	176.6	537.5	247.7	352.1	134.1	t73.6
[_{1/3} (s)]	1.89	2.08	2.07	2.18	2.29	1.38	1.54	1.82	1.95	1.71	2.14	1.99	2.18	2.07	1.36	1.61	1.83	1.87	1.81	2.06	1.93	2.08	2.47	1.38	1.59	1.81	1.88	1.87	2.05	1.94	2.05	2.26	1.30	1.63	1.90	2.04
H _{1/3} (cm)	8.46	13.02	15.51	18.61	18.99	21.20	19.88	24.31	23.82	7.95	11.37	15.72	18.33	20.20	19.80	20.67	24.81	20.04	8.56	13.1	14.95	17.48	22.71	19.57	21.11	24.91	20.08	7.40	10.14	15.29	19.50	22.01	16.92	22.42	25.86	24.18
解析データ数	2350	1150	680	480	450	550	490	400	370	1410	980	480	480	390	550	430	400	320	1621	1171	561	501	391	551	441	401	321	3350	1120	420	350	360	590	410	310	330
計算範囲	350-2700	250-1400	420-1100	220-700	200-650	300-850	310-800	250-650	230-600	380-1790	230-1210	220-700	220-700	210-600	330-880	320-750	240-640	210-530	380-2000	220-1390	220-780	200-700	210-600	330-880	310-750	240-640	210-530	150-3500	150-1270	160-580	150-500	140-500	210-800	50-460	100-410	150-480
データ総数	8192	5786	3664	2718	1654	3052	1598	1562	1576	5016	2006	1570	1452	1150	1568	1222	1072	1138	5900	3090	2780	2848	1228	1568	1652	1230	1256	4400	1350	630	630	650	1050	510	460	600
法先水 深(cm)					34.8									43.3									51.9									60.4				
初期水 深(cm)					17.0									17.0									17.0					16.8	16.5	17.0	17.3	16.4	16.2	16.3	16.0	15.8
水深(cm)					70									70									70									70				
θ(°)					20									20									20									20				
R(cm)					8									8									8									8				
CASE	SQ120F	SQ220F	SQ320F	SQ420F	SQ520F	SQ620F	SQ720F	SQ820F	SQ920F	MQ120F	MQ220F	MQ320F	MQ420F	MQ520F	MQ620F	MQ720F	MQ820F	MQ920F	LQ120F	LQ220F	LQ320F	LQ420F	LQ520F	LQ620F	LQ720F	LQ820F	LQ920F	HQ120F	HQ220F	HQ320F	HQ420F	HQ520F	HQ620F	HQ720F	HQ820F	HQ920F

表 5-8 越波揚程 8cm の解析データ

 T

越波量(原型) (m ³ /s/m)	0.04	0.16	0.23	0.28	0.33	0.26	0.38	0.42	0.46	0.04	0.15	0.23	0.27	0.50	0.20	0.39	0.61	0.63	0.06	0.22	0.24	0.53	0.45	0.22	0.48	0.56	0.65	0.01	0.08	0.19	0.23	0.41	0.16	0.38	0.40	0.53
波エネルギー (kW/m)	2.40	6.20	10.27	18.77	37.16	8.47	11.54	13.10	18.38	0.41	1.54	2.30	2.68	4.97	2.00	3.93	6.14	6.26	2.20	6.05	10.31	16.29	11.69	10.01	12.70	16.88	22.40	1.42	3.19	5.13	6.56	15.98	4.68	10.57	13.09	12.61
D	1.49	1.58	1.58	1.68	1.76	1.22	1.35	1.43	1.56	1.51	1.62	1.54	1.71	1.71	1.23	1.36	1.50	1.54	1.50	1.57	1.61	1.63	1.57	1.25	1.40	1.46	1.53	1.48	1.56	1.59	1.61	1.74	1.18	1.40	1.46	1.59
波長L(原型) (m)	39.82	46.10	46.24	55.26	67.33	25.56	31.77	36.18	44.93	41.05	49.36	43.36	59.22	59.85	25.83	32.57	40.45	42.80	40.53	45.64	48.95	50.93	45.75	27.10	34.67	37.90	42.30	39.12	44.53	46.78	49.09	63.26	23.67	34.70	37.74	47.35
越波量(m ^{3/s/m)}	1.3609E-03	4.9825E-03	7.3612E-03	8.8810E-03	1.0451E-02	8.2914E-03	1.2159E-02	1.3411E-02	1.4479E-02	1.2990E-03	4.8725E-03	7.2832E-03	8.4640E-03	1.5719E-02	6.3250E-03	1.2429E-02	1.9423E-02	1.9803E-02	2.0448E-03	6.8108E-03	7.5148E-03	1.6637E-02	1.4141E-02	6.9046E-03	1.5209E-02	1.7628E-02	2.0618E-02	2.3565E-04	2.3909E-03	6.0712E-03	7.2923E-03	1.2869E-02	5.0959E-03	1.2085E-02	1.2546E-02	1.6918E-02
反射率	0.496	0.453	0.403	0.404	0.403	0.302	0.342	0.375	0.379	0.485	0.429	0.369	0.375	0.353	0.272	0.308	0.316	0.347	0.459	0.416	0.362	0.366	0.372	0.287	0.319	0.289	0.346	0.427	0.348	0.288	0.27	0.27	0.254	0.261	0.233	0.191
波形勾配 (H _{1/3} /L)	0.0204	0.0260	0.0333	0.0340	0.0352	0.0767	0.0639	0.0556	0.0467	0.0198	0.0243	0.0350	0.0311	0.0346	0.0747	0.0636	0.0527	0.0552	0.0190	0.0261	0.0305	0.0361	0.0362	0.0722	0.0585	0.0586	0.0567	0.0161	0.0196	0.0229	0.0240	0.0252	0.0641	0.0530	0.0515	0.0353
波数	161	43	31	24	18	35	53	19	15	174	42	34	22	11	4	21	12	10	108	33	29	12	14	27	17	13	10	195	80	32	24	11	52	18	19	6
Tave(s)	1.42	1.58	1.55	1.77	2.12	1.18	1.29	1.32	1.52	1.43	1.60	1.41	1.84	1.79	1.22	1.28	1.41	1.50	1.46	1.56	1.60	1.57	1.74	1.22	1.33	1.44	1.53	1.41	1.55	1.55	1.65	2.07	1.13	1.34	1.34	1.93
Have(cm)	4.73	6.83	9.18	11.21	13.42	12.34	12.75	11.71	11.81	4.78	6.96	8.55	10.86	11.53	12.06	12.43	11.45	12.79	4.55	6.59	8.83	9.49	9.61	12.74	12.59	12.41	13.44	3.86	5.27	6.36	7.08	10.43	10.12	10.85	10.59	11.55
L(cm)	398.2	461.0	462.4	552.6	573.3	255.6	317.7	361.8	149.3	110.5	193.6	t33.6	592.2	598.5	258.3	325.7	t04.5	128.0	t05.3	156.4	189.5	509.3	157.5	271.0	346.7	379.0	123.0	391.2	45.3	4 <i>6</i> 7.8	t90.9	532.6	236.7	347.0	377.4	173.5
T _{1/3} (s)	1.8	2.01	2.02	2.34	2.77	1.33	1.53	1.67	1.97	1.84	2.13	1.92	2.48	2.50	1.33	1.55	1.82	1.9	1.82	2.00	2.11	2.18	2.00	1.38	1.62	1.73	1.88	1.79	1.98	2.07	2.15	2.67	1.27	1.64	1.75	2.09
H _{1/3} (cm)	8.11	12	15.4	18.78	23.68	19.61	20.3	20.1	20.97	8.11	11.99	15.18	18.43	20.71	19.30	20.72	21.3	23.63	7.70	11.9	14.94	18.36	16.54	20.65	20.29	22.19	23.97	6.29	8.73	10.73	11.80	15.93	15.16	18.39	19.45	16.70
解析データ数	4610	1380	066	890	800	850	600	540	500	4040	1410	066	006	440	1100	550	350	350	3211	1061	981	421	511	671	481	421	351	5500	2500	1030	930	480	1200	700	500	390
計算範囲	390-5000	320-1700	210-1200	210-1100	190-990	350-1200	300-900	310-850	200-700	360-5400	190-1600	160-1150	150-1050	160-600	300-1400	280-830	200-550	180-530	390-3600	350-1410	220-1200	230-650	210-720	330-1000	320-800	310-730	220-570	300-5800	200-2700	220-1250	170-1100	170-650	200-1400	150-850	220-720	240-630
データ総数	8192	5600	3018	3014	2588	3012	2350	2006	2012	8192	8192	2818	3002	1470	5060	2074	1970	1772	8192	2088	2266	1972	1592	2562	1916	1412	1222	6200	3100	1300	1150	700	1450	006	950	680
法先水 凝(cm)					32.8									41.3									49.9									55.7				
初期 大 深(cm)					17.0									17.0									17.0					16.1	15.5	17.0	16.3	15.7	16.4	15.8	16.3	16.2
水深(cm)					88									68									88									65				
θ(°)					20									20									20									20				
R(cm)					10									10									10									12.7				
CASE	SQ120A	SQ220A	SQ320A	SQ420A	SQ520A	SQ620A	SQ720A	SQ820A	SQ920A	MQ120A	MQ220A	MQ320A	MQ420A	MQ520A	MQ620A	MQ720A	MQ820A	MQ920A	LQ120A	LQ220A	LQ320A	LQ420A	LQ520A	LQ620A	LQ720A	LQ820A	LQ920A	HQ120A	HQ220A	HQ320A	HQ420A	HQ520A	HQ620A	HQ720A	HQ820A	HQ920A

表 5-9 越波揚程 10cm, 12.7cm(HQ のみ)の解析データ

| 00.00 | 0.05 | 0.15 | 0.19 | 0.21 | 0.07 | 0.18 | 0.21 | 0.23

 | 00.00

 | 0.06 | 0.13
 | 0.20 | 0.28 | 0.13 | 0.26 | 0.38 | 0.40 | 0.02
 | 0.05 | 0.20

 | 0.21 | 0.30

 | 0.12 | 0.23 | 0.38 | 0.41 | 0.00 | 0.04 | 0.12
 | 0.17 | 0.21 | 0.12 | 0.24 | 0.36 | 0.41 |
|------------|---|---|---|--|---|--|--
--
--
--
--
--
--
--
--|--|---|--
--|---|---|--|---|--|---
--
--
---|--
--
---|---|---
--|---|---|---
--|---|---|--------------------------------------|--|--|--|
| 2.41 | 6.28 | 12.12 | 14.02 | 26.89 | 5.78 | 12.88 | 14.36 | 16.40

 | 0.04

 | 0.55 | 1.28
 | 1.96 | 2.75 | 1.31 | 2.60 | 3.80 | 3.95 | 2.10
 | 5.57 | 11.24

 | 15.35 | 27.68

 | 6.99 | 11.36 | 13.04 | 11.76 | 1.47 | 3.60 | 6.94
 | 9.36 | 11.61 | 4.87 | 7.23 | 12.17 | 14.75 |
| 1.50 | 1.60 | 1.61 | 1.62 | 1.73 | 1.20 | 1.41 | 1.43 | 1.57

 | 1.49

 | 1.60 | 1.63
 | 1.61 | 1.69 | 1.22 | 1.36 | 1.36 | 1.52 | 1.48
 | 1.59 | 1.58

 | 1.65 | 1.72

 | 1.21 | 1.36 | 1.45 | 1.52 | 1.50 | 1.57 | 1.61
 | 1.63 | 1.65 | 1.18 | 1.32 | 1.50 | 1.55 |
| 40.20 | 47.68 | 48.89 | 49.18 | 62.10 | 24.64 | 34.73 | 35.96 | 45.30

 | 39.71

 | 47.45 | 50.21
 | 49.01 | 56.96 | 25.29 | 32.29 | 32.18 | 41.58 | 38.85
 | 46.65 | 46.08

 | 52.49 | 60.91

 | 25.11 | 32.29 | 37.21 | 42.04 | 40.57 | 45.44 | 48.80
 | 50.74 | 52.43 | 23.72 | 30.49 | 40.13 | 43.66 |
| 3.8571E-05 | 1.4351E-03 | 4.8859E-03 | 6.0826E-03 | 6.7459E-03 | 2.3285E-03 | 5.5591E-03 | 6.7926E-03 | 7.1583E-03

 | 1.2749E-04

 | 1.7393E-03 | 4.0616E-03
 | 6.2005E-03 | 8.7120E-03 | 4.1393E-03 | 8.2317E-03 | 1.2007E-02 | 1.2496E-02 | 6.5692E-04
 | 1.6704E-03 | 6.2886E-03

 | 6.6223E-03 | 9.5278E-03

 | 3.8993E-03 | 7.3630E-03 | 1.2160E-02 | 1.2853E-02 | 1.0192E-04 | 1.3301E-03 | 3.8457E-03
 | 5.5273E-03 | 6.5699E-03 | 3.7667E-03 | 7.6053E-03 | 1.1452E-02 | 1.3065E-02 |
| 0.581 | 0.491 | 0.411 | 0.405 | 0.404 | 0.347 | 0.338 | 0.352 | 0.383

 | 0.493

 | 0.450 | 0.398
 | 0.394 | 0.382 | 0.313 | 0.338 | 0.329 | 0.365 | 0.507
 | 0.465 | 0.405

 | 0.412 | 0.424

 | 0.312 | 0.330 | 0.348 | 0.369 | 0.452 | 0.371 | 0.328
 | 0.298 | 0.299 | 0.248 | 0.248 | 0.256 | 0.266 |
| 0.0200 | 0.0246 | 0.0329 | 0.0351 | 0.0336 | 0.0671 | 0.0585 | 0.0584 | 0.0432

 | 0.0197

 | 0.0240 | 0.0303
 | 0.0330 | 0.0332 | 0.0749 | 0.0624 | 0.0606 | 0.0484 | 0.0198
 | 0.0240 | 0.0348

 | 0.0331 | 0.0352

 | 0.0715 | 0.0616 | 0.0526 | 0.0412 | 0.0154 | 0.0201 | 0.0250
 | 0.0273 | 0.0288 | 0.0652 | 0.0537 | 0.0451 | 0.0435 |
| 263 | 136 | 40 | 32 | 26 | 115 | 41 | 38 | 31

 | 278

 | 124 | 49
 | 31 | 24 | 99 | 29 | 19 | 15 | 256
 | 129 | 33

 | 29 | 19

 | 68 | 35 | 19 | 16 | 279 | 138 | 45
 | 32 | 28 | 72 | 29 | 17 | 14 |
| 1.46 | 1.57 | 1.61 | 1.68 | 2.00 | 1.17 | 1.34 | 1.37 | 1.50

 | 1.40

 | 1.54 | 1.58
 | 1.62 | 1.70 | 1.21 | 1.35 | 1.29 | 1.40 | 1.38
 | 1.5 | 1.60

 | 1.7 | 2.06

 | 1.2 | 1.34 | 1.3 | 1.44 | 1.40 | 1.61 | 1.73
 | 1.86 | 1.78 | 1.16 | 1.37 | 1.53 | 1.79 |
| 4.95 | 6.99 | 9.50 | 10.09 | 12.12 | 9.86 | 12.03 | 12.24 | 11.48

 | 4.70

 | 69.69 | 8.79
 | 9.19 | 10.44 | 11.90 | 12.68 | 11.43 | 10.81 | 4.52
 | 6.56 | 9.26

 | 10.11 | 12.30

 | 11.23 | 12.47 | 11.26 | 10.08 | 3.84 | 5.61 | 7.31
 | 8.88 | 8.69 | 10.28 | 10.52 | 10.62 | 12.03 |
| 02.0 | 76.8 | 88.9 | 91.8 | 21.0 | 46.4 | 47.3 | 59.6 | 53.0

 | 97.1

 | 74.5 | 02.1
 | 90.1 | 69.6 | 52.9 | 22.9 | 21.8 | 15.8 | 88.5
 | 66.5 | 60.8

 | 24.9 | 09.1

 | 51.1 | 22.9 | 72.1 | 20.4 | 05.7 | 54.4 | 88.0
 | 07.4 | 24.3 | 37.2 | 04.9 | 01.3 | 36.6 |
| 1.83 4 | 2.10 4 | 2.14 4 | 2.15 4 | 2.63 6 | 1.30 2 | 1.64 3 | 1.68 3 | 2.01 4

 | 1.81 3

 | 2.09 4 | 2.19 5
 | 2.15 4 | 2.44 5 | 1.32 2 | 1.56 3 | 1.55 3 | 1.88 4 | 1.78 3
 | 2.06 4 | 2.04 4

 | 2.27 5 | 2.58 6

 | 1.32 2 | 1.56 3 | 1.73 3 | 1.90 4 | 1.84 4 | 2.02 4 | 2.14 4
 | 2.21 5 | 2.27 5 | 1.27 2 | 1.50 3 | 1.83 4 | 1.95 4 |
| 8.05 | 11.74 | 16.09 | 17.25 | 20.87 | 16.52 | 20.3 | 21.01 | 19.58

 | 7.81

 | 11.40 | 15.22
 | 16.19 | 18.9 | 18.95 | 20.16 | 19.51 | 20.10 | 7.68
 | 11.2 | 16.04

 | 17.38 | 21.43

 | 17.95 | 19.87 | 19.58 | 17.3 | 6.25 | 9.15 | 12.18
 | 13.83 | 15.12 | 15.46 | 16.38 | 18.10 | 18.98 |
| 7742 | 4290 | 1340 | 1100 | 1080 | 2710 | 1140 | 1060 | 950

 | 7790

 | 3820 | 1600
 | 1050 | 850 | 1620 | 800 | 520 | 480 | 7101
 | 3921 | 1101

 | 1041 | 791

 | 1651 | 971 | 521 | 481 | 7850 | 4500 | 1600
 | 1250 | 1050 | 1700 | 900 | 550 | 500 |
| 450-8192 | 210-4500 | 250-1590 | 200-1300 | 200-1280 | 250-2960 | 260-1400 | 310-1370 | 250-1200

 | 400-8190

 | 280-4100 | 250-1850
 | 150-1200 | 150-1000 | 380-2000 | 300-1100 | 300-820 | 210-690 | 400-7500
 | 280-4200 | 350-1450

 | 210-1250 | 210-1000

 | 350-2000 | 310-1280 | 330-850 | 320-800 | 150-8000 | 250-4750 | 150-1750
 | 150-1400 | 150-1200 | 150-1850 | 100 - 1000 | 150-700 | 150-650 |
| 8192 | 8192 | 8192 | 2840 | 2224 | 8192 | 5368 | 3222 | 2508

 | 8192

 | 8192 | 8192
 | 3956 | 3110 | 8192 | 6338 | 3162 | 2522 | 8192
 | 8192 | 4156

 | 1900 | 1820

 | 2908 | 2008 | 1506 | 1572 | 8100 | 4800 | 2250
 | 1450 | 1250 | 1900 | 1230 | 1080 | 960 |
| | | | | 27.8 | | | |

 |

 | |
 | | 36.3 | | | | |
 | |

 | | 44.9

 | | | | | | | | |
 | | 53.4 | | | | |
| | | | | 17.0 | | | |

 |

 | |
 | | 17.0 | | | | |
 | |

 | | 17.0

 | | | | | 18.6 | 15.6 | 15.6
 | 16.2 | 16.1 | 16.0 | 15.2 | 15.3 | 15.4 |
| | | | | 65 | | | |

 | 3

 | |
 | | | | | | |
 | |

 | | 65

 | | | | | | | | |
 | | 99 | | | | |
| | | | | 20 | | | |

 |

 | |
 | | 20 | | | | |
 | |

 | | 20

 | | | | | | | | |
 | | 21 | | | | |
| | | | | 15 | | | |

 |

 | |
 | | 15 | | | | |
 | |

 | | 15

 | | | | | | |
 | | 15 | | | | |
| SQ120B | SQ220B | SQ320B | SQ420B | SQ520B | SQ620B | SQ720B | SQ820B | SQ920B

 | MQ120B
MQ220B
MQ320B
MQ420B
MQ520B
MQ520B
MQ220B
MQ220B

 | |
 | | | | | | | LQ120B
 | LQ220B | LQ320B

 | LQ420B | LQ520B

 | LQ620B | LQ720B | LQ820B | LQ920B | HQ120B | HQ220B | HQ320B
 | HQ420B | HQ520B | HQ620B | HQ720B | HQ820B | H0920B |
| | SQ120B 801 8192 450-8192 7742 8.05 1.83 402.0 4.95 1.46 263 0.0200 0.581 3.871E-05 40.20 1.50 2.41 0.00 | SQ120B 8192 450-8192 7742 8.05 1.83 402.0 4.95 1.46 2.63 0.0200 0.581 3.8571E-05 40.20 1.57 2.41 0.00 SQ220B 8192 210-4500 4290 11.74 2.10 476.8 6.99 1.57 136 0.0246 0.491 1.4568 1.60 6.38 0.058 0.058 0.058 0.058 0.058 0.058 0.058 0.058 0.059 0.058< | SQ120B 8192 450.8192 7742 8.05 1.83 402.0 4.95 1.46 2.63 0.0200 0.581 3.8771E-05 40.20 1.57 2.11 0.00 5Q20B 8192 210.4500 4290 11.74 2.10 476.8 6.99 1.57 136 0.0246 0.491 1.4551E-03 47.68 1.60 6.28 0.05 5Q20B 8192 250.1590 1340 16.09 2.14 488.9 9.50 1.61 40 0.0329 0.411 4.859E-03 48.89 1.61 2.12 0.15 | SQ120B 8192 450.8192 7742 8.05 1.83 402.0 4.95 1.46 2.63 0.0200 0.581 3.8771E-05 40.20 1.57 2.11 0.00 5Q20B 8192 210.4500 4290 11.74 2.10 476.8 6.99 1.57 136 0.0246 0.491 1.4551E-03 47.68 1.60 6.28 0.05 5Q20B 8192 250.1590 1340 16.09 2.14 488.9 9.50 1.61 40 0.0329 0.411 4.859E-03 48.89 1.60 1.55 0.15 0.15 0.12 0.12 0.11 0.12 0.12 0.12 0.11 4.8559E-03 4.859 1.60 1.55 0.15 0.15 0.15 0.15 0.15 0.15 0.15 0.16 1.68 3.2 0.0351 0.405 6.026E-03 4.61 1.67 1.12 0.15 204205 200-1300 1100 17.25 2.15 491.8 10.09 | SQ120B SQ120B SQ120 SQ210 SQ311 < | SQ120B SQ120B SQ120 SQ20 SG20 SG31 SG310 SG30 SG31 SG310 SG30 SG31 SG310 SG32 SG310 SG32 SG31 SG310 SG32 SG31 SG310 SG31 SG310 SG310 SG32 SG310 SG310 SG310 | SQ120B SQ120B SQ120 SQ20 SG20 SG210 SG31 SG371E-05 40.20 1.50 2.41 0.00 SQ2020B SQ2020B SQ2020B 1.74 2.10 47.68 1.60 1.57 136 0.0246 0.491 1.4551E-05 47.68 1.60 6.28 0.05 SQ220B SQ220B 1892 210-4500 13.40 16.09 2.14 488.9 9.50 1.61 40 0.0329 0.411 4.859E-03 48.89 1.61 12.12 0.015 SQ220B 15 200-1300 1100 17.25 2.15 491.8 10.09 1.68 32 0.0351 0.404 6.7459E-03 48.89 1.61 12.12 0.15 SQ220B 15 2.13 21.12 2.10 12.12 2.06 1.60 1.75 2.16 12.12 2.00 1.60 1.75 2.60 1.66 1.27 2.61 1.17 1.15 1.16 6.7459E-03 6 | SQ1208 8992 450.8192 7742 8.05 1.83 402.0 0.581 3.8771E-05 40.20 1.50 2.41 0.00 SQ20208 8192 210.4500 4290 11.74 2.10 476.8 6.99 1.57 136 0.0246 0.491 1.4351E-03 47.68 1.60 6.28 0.05 SQ2208 8192 250-1590 1340 16.09 2.14 488.9 9.50 1.61 40 0.0329 0.411 4.8559E-03 48.89 1.61 12.12 0.015 SQ2208 15 200-1300 1100 17.25 2.15 491.8 10.00 1.68 32 0.0356 0.404 6.7459E-03 48.89 1.61 12.12 0.15 SQ2208 15 210 12.12 2.03 2.61 12.17 12.63 0.404 6.7459E-03 6.89 1.67 1.27 2.19 0.19 SQ2208 15 2.10 2.63 2.117 <th>SQ1208 8192 450.8192 7742 8.05 1.83 402.0 1.64 2.63 0.0200 0.581 3.8771E-05 40.20 1.67 2.41 0.00 SQ20208 8192 2104500 4290 11.74 2.10 47.68 0.0246 0.491 1.4351E-05 47.68 1.60 6.28 0.05 SQ2208 8192 250-1590 1340 16.09 2.14 488.9 9.50 1.61 40 0.0329 0.411 4.8559E-03 48.89 1.61 12.12 0.015 SQ2208 15 200-1300 1100 17.25 2.15 491.8 10.00 1.68 32 0.0356 0.404 6.7459E-03 48.89 1.61 12.12 0.019 SQ20208 15 2.13 21.0 12.12 2.01 1.17 1.20 2.46 4.02 6.0246-03 4.018 1.62 1.62 0.019 SQ20208 15 2.0 2.6 2.10<!--</th--><th>SQ120B SQ120B SQ120B SQ120B SQ120B SQ120B SQ120B SQ120B SQ200 0.581 3.8771E-05 40.20 1.50 2.41 0.00 SQ2020B SQ2020B 8192 2104500 4290 11.74 2.10 476.8 6.99 1.57 136 0.0246 0.491 1.4551E-05 47.68 1.60 5.38 0.05 SQ2020B 8192 250-1590 1340 16.09 2.14 488.9 9.50 1.61 4.768 1.60 6.28 0.05 SQ220B 15 200 13.0 17.25 2.15 491.8 10.09 1.68 32 0.0356 0.404 6.7459E-05 4.889 1.61 1.212 2.01 SQ2020B 50 17.0 278 2001300 17.26 2.14 488.9 0.024 6.8256E-05 4.912 1.62 1.212 2.015 SQ2020B 55 217.0 2.65 2.13 2.46.4 9.86</th><th>SQ108 8 192 4508 192 7742 8.05 1.83 40.20 0.581 3.871E-05 40.20 1.50 2.41 0.00 SQ208 8192 2104500 1340 11.74 2.10 47.68 0.0246 0.491 1.4351E-05 47.68 16.0 6.38 0.02 SQ2008 15 250-1590 1340 16.09 2.14 4889 9.50 1.61 40 0.431 1.4351E-05 47.08 1.60 6.38 0.02 SQ2008 15 250-1590 11.70 2.14 4889 9.50 1.61 40 0.0329 0.41 4.8559E-05 49.18 1.60 2.33 SQ20208 550 17.0 27.3 21.01 17.25 2.13 2.14 4.84 1.17 1.20 2.36 1.61 2.37 2.3651E-05 49.18 1.60 5.78 0.00 SQ20208 50 17.0 12.0 2.61 1.21 1.28 <</th><th>Q0108 Column colum</th><th>Q0108 Column colum</th><th>Q01000 S01 8192 450.8192 7742 8.05 1.83 40.20 1.66 1.45 1.46 2.61 0.000 0.581 3.8571E.05 40.20 1.90 5.24 0.000 002000 10.0 17.35
 1.17 2.10 4768 6.99 1.57 1.56 0.0246 0.491 1.4351E.05 47.68 1.00 5.33 0.033 0.411 4.8895E.03 4.889 1.60 5.33 0.033 0.411 4.8895E.03 4.899 1.61 1.2.12 0.015 0.0000 0.58 17.0 2.53 6.10 1.7.2 2.13 2.61 4.01 1.2.1 2.88551E.03 4.889 1.61 1.2.1 2.89 0.01 0.0000 0.58 2.60-1400 1140 2.03 1.2.1 1.0 1.2.1 1.2 2.1.1 1.8859E.03 4.1.6 1.2.2 2.1.6 4.7.3 1.2.9 1.8.9 0.01 0.0000 0.58 1.2.2 1.2.3</th><th>001080 002080 0501 0812 150 1742 8.05 1.83 40.0 0.581 3.871E-05 40.20 1.90 2.41 0.00 002080 8192 210-4500 42.00 11.74 2.10 476.8 6.99 1.57 156 0.0240 0.491 1.435E-05 47.85 100 0.53 0.011 0.012 0.013 0.013 0.011 1.435E-05 47.85 0.013 0.01</th><th>00108 00108 0381 0420 1742 810 183 4020 158 158 156 00204 0391 13871E-05 47.66 100 6.38 000 02008 13 201-300 11.74 2.10 47.68 10.91 14351E-05 47.66 10.0 6.38 0.00 03008 15 201-300 11.74 2.10 47.68 10.0 6.38 1.00 1.3851E-05 47.68 10.0 6.38 0.00 03008 15 201-300 11.75 2.13 41.0 10.13 0.0033 0.01 0.01 17.25 2.13 10.01 1.00 1.4859E-05 47.64 1.20 1.10 1.10 1.21 2.00 1.11 1.12 2.00 1.11</th><th>00108 00208 028 1892 100 1742 180 183 400 160 0.58 3871E-05 40.20 1.0 0.241 0.00 8102 200450 490 11.74 2.10 4768 6.90 1.77 136 0.0039 0.491 1.455E-05 47.68 1.00 6.53 0.003 0.491 1.455E-05 47.68 1.00 0.003 80203 2001300 11.0 17.25 2.14 418.0 0.003 0.496 6.749 1.475 1.00 0.033 0.496 6.749 1.40 1.435 0.01 80203 2004 0100 17.25 2.13 9.17 1.15 0.0071 0.347 2.355E-05 4.10 1.43 0.01 80203 2004 0140 1.652 1.30 2.44 1.0687 0.341 1.41 1.28 0.40 6.491 1.41 1.29 0.40 80204 0.41 6.759E-05 2.</th><th>Q0208 89/2 59/2 74/2 86/5 1/3 40/2 1/3 1/3 20</th><th>O(208) O(208) S(3) S(3)</th><th>Q1208 CV SN1 SN1<th>Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2090
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q</th><th>0.0108 1
 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1<th>QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080 R QC0400
QC040
QC040
QC0400
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080 R QC0400
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC08</th><th>001080
002080
002080
002080 1 1 0.00 1.00 0.00</th><th>0.0108 0.0108 0.0208 0.000 0.81 0.83716 0.00 0.81 0.83716 0.00 0.81 0.83716 0.00 0.81 0.00 0.91 0.83716 0.00 0.91 0.83716 0.00 0.91 0.83716 0.00 0.91 0.83716 0.01 0.737 0.01 0.737 0.01 0.737 0.01 0.737 0.01 0.737 0.01 0.737 0.01 0.737 0.01 0.737 0.01 0.737 0.01 0.737 0.01 0.737 0.01 0.737 0.01 0.737 0.01 0.737 0.01 0.737 0.01 0.737 0.01 0.737 0.01 0.737 0.737 0.01 0.737 <</th><th>0.0188 0.0208 0.0209 0.83 0.84 0.84 0.84 0.84 0.84 0.84 0.84 0.84 0.84 0.94 0.95 0.94 0.95 0.94 0.95 0.94 0.95 0.94 0.95 0.94 0.95 0.94 0.95 0.94 0.95 0.94 0.95 0.94 0.95 0.94 0.95 0.94 0.95 0.94 0.95 0.94 0.95 0.94 0.95 0.94 0.95 0.94 0.95 0.95 0.94 0.95 0.94 0.95 0.95 0.94 0.95</th><th>0.0108 0.0108 0.010 <</th><th>0.0108 0.0008 0.000 <</th><th>0.00200 0.00200 0.0020 0.0020 0.0020 0.0020 0.0020 0.0020 0.0020 0.001 0.0020 0.001 0.0020 0.001 0.0020 0.001 0.001 0.001 0.001 0.001 0.001 0.001 0.001 0.001 0.001 0.001 0.001
0.001 0.001<th>00108 0010 001<</th><th>QUDB Fig. Store S</th><th>000000000000000000000000000000000000</th><th>QC000
QC000
QC000
QC000
QC000
QC000
QC000
QC000 Image Guide Gui</th><th>QU000000000000000000000000000000000000</th><th>QUDD
QUDD
QUDD
QUDD
QUDD
QUDD
QUDD
QUDD</th></th></th></th></th> | SQ1208 8192 450.8192 7742 8.05 1.83 402.0 1.64 2.63 0.0200 0.581 3.8771E-05 40.20 1.67 2.41 0.00 SQ20208 8192 2104500 4290 11.74 2.10 47.68 0.0246 0.491 1.4351E-05 47.68 1.60 6.28 0.05 SQ2208 8192 250-1590 1340 16.09 2.14 488.9 9.50 1.61 40 0.0329 0.411 4.8559E-03 48.89 1.61 12.12 0.015 SQ2208 15 200-1300 1100 17.25 2.15 491.8 10.00 1.68 32 0.0356 0.404 6.7459E-03 48.89 1.61 12.12 0.019 SQ20208 15 2.13 21.0 12.12 2.01 1.17 1.20 2.46 4.02 6.0246-03 4.018 1.62 1.62 0.019 SQ20208 15 2.0 2.6 2.10 </th <th>SQ120B SQ120B SQ120B SQ120B SQ120B SQ120B SQ120B SQ120B SQ200 0.581 3.8771E-05 40.20 1.50 2.41 0.00 SQ2020B SQ2020B 8192 2104500 4290 11.74 2.10 476.8 6.99 1.57 136 0.0246 0.491 1.4551E-05 47.68 1.60 5.38 0.05 SQ2020B 8192 250-1590 1340 16.09 2.14 488.9 9.50 1.61 4.768 1.60 6.28 0.05 SQ220B 15 200 13.0 17.25 2.15 491.8 10.09 1.68 32 0.0356 0.404 6.7459E-05 4.889 1.61 1.212 2.01 SQ2020B 50 17.0 278 2001300 17.26 2.14 488.9 0.024 6.8256E-05 4.912 1.62 1.212 2.015 SQ2020B 55 217.0 2.65 2.13 2.46.4 9.86</th> <th>SQ108 8 192 4508 192 7742 8.05 1.83 40.20 0.581 3.871E-05 40.20 1.50 2.41 0.00 SQ208 8192 2104500 1340 11.74 2.10 47.68 0.0246 0.491 1.4351E-05 47.68 16.0 6.38 0.02 SQ2008 15 250-1590 1340 16.09 2.14 4889 9.50 1.61 40 0.431 1.4351E-05 47.08 1.60 6.38 0.02 SQ2008 15 250-1590 11.70 2.14 4889 9.50 1.61 40 0.0329 0.41 4.8559E-05 49.18 1.60 2.33 SQ20208 550 17.0 27.3 21.01 17.25 2.13 2.14 4.84 1.17 1.20 2.36 1.61 2.37 2.3651E-05 49.18 1.60 5.78 0.00 SQ20208 50 17.0 12.0 2.61 1.21 1.28 <</th> <th>Q0108 Column colum</th> <th>Q0108 Column colum</th> <th>Q01000 S01 8192 450.8192 7742 8.05 1.83 40.20 1.66 1.45 1.46 2.61 0.000 0.581 3.8571E.05 40.20 1.90 5.24 0.000 002000 10.0 17.35 1.17 2.10 4768 6.99 1.57 1.56 0.0246 0.491 1.4351E.05 47.68 1.00 5.33 0.033 0.411 4.8895E.03 4.889 1.60 5.33 0.033 0.411 4.8895E.03 4.899 1.61 1.2.12 0.015 0.0000 0.58 17.0 2.53 6.10 1.7.2 2.13 2.61 4.01 1.2.1 2.88551E.03 4.889 1.61 1.2.1 2.89 0.01 0.0000 0.58 2.60-1400 1140 2.03 1.2.1 1.0 1.2.1 1.2 2.1.1 1.8859E.03 4.1.6 1.2.2 2.1.6 4.7.3 1.2.9 1.8.9 0.01 0.0000 0.58 1.2.2 1.2.3</th> <th>001080 002080 0501 0812 150 1742 8.05 1.83 40.0 0.581 3.871E-05 40.20 1.90 2.41 0.00 002080 8192 210-4500 42.00 11.74 2.10 476.8 6.99 1.57 156 0.0240 0.491 1.435E-05 47.85 100 0.53 0.011 0.012 0.013 0.013 0.011 1.435E-05 47.85 0.013 0.01</th> <th>00108 00108 0381 0420 1742 810 183 4020 158 158 156 00204 0391 13871E-05 47.66 100 6.38 000 02008 13 201-300 11.74 2.10 47.68 10.91 14351E-05 47.66 10.0 6.38 0.00 03008 15 201-300 11.74 2.10 47.68 10.0 6.38 1.00 1.3851E-05 47.68 10.0 6.38 0.00 03008 15 201-300 11.75 2.13 41.0 10.13 0.0033 0.01 0.01 17.25 2.13 10.01 1.00 1.4859E-05 47.64 1.20 1.10 1.10 1.21 2.00 1.11 1.12 2.00 1.11</th> <th>00108 00208 028 1892 100 1742 180 183 400 160 0.58 3871E-05 40.20 1.0 0.241 0.00 8102 200450 490 11.74 2.10 4768 6.90 1.77 136 0.0039 0.491 1.455E-05
 47.68 1.00 6.53 0.003 0.491 1.455E-05 47.68 1.00 0.003 80203 2001300 11.0 17.25 2.14 418.0 0.003 0.496 6.749 1.475 1.00 0.033 0.496 6.749 1.40 1.435 0.01 80203 2004 0100 17.25 2.13 9.17 1.15 0.0071 0.347 2.355E-05 4.10 1.43 0.01 80203 2004 0140 1.652 1.30 2.44 1.0687 0.341 1.41 1.28 0.40 6.491 1.41 1.29 0.40 80204 0.41 6.759E-05 2.</th> <th>Q0208 89/2 59/2 74/2 86/5 1/3 40/2 1/3 1/3 20</th> <th>O(208) O(208) S(3) S(3)</th> <th>Q1208 CV SN1 SN1<th>Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2090
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q</th><th>0.0108 1<th>QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080 R QC0400
QC040
QC040
QC0400
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080 R QC0400
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC08</th><th>001080
002080
002080
002080 1 1 0.00 1.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
 0.00 0.00</th><th>0.0108 0.0108 0.0208 0.000 0.81 0.83716 0.00 0.81 0.83716 0.00 0.81 0.83716 0.00 0.81 0.00 0.91 0.83716 0.00 0.91 0.83716 0.00 0.91 0.83716 0.00 0.91 0.83716 0.01 0.737 0.01 0.737 0.01 0.737 0.01 0.737 0.01 0.737 0.01 0.737 0.01 0.737 0.01 0.737 0.01 0.737 0.01 0.737 0.01 0.737 0.01 0.737 0.01 0.737 0.01 0.737 0.01 0.737 0.01 0.737 0.01 0.737 0.01 0.737 0.737 0.01 0.737 <</th><th>0.0188 0.0208 0.0209 0.83 0.84 0.84 0.84 0.84 0.84 0.84 0.84 0.84 0.84 0.94 0.95 0.94 0.95 0.94 0.95 0.94 0.95 0.94 0.95 0.94 0.95 0.94 0.95 0.94 0.95 0.94 0.95 0.94 0.95 0.94 0.95 0.94 0.95 0.94 0.95 0.94 0.95 0.94 0.95 0.94 0.95 0.94 0.95 0.95 0.94 0.95 0.94 0.95 0.95 0.94 0.95</th><th>0.0108 0.0108 0.010 <</th><th>0.0108 0.0008 0.000 <</th><th>0.00200 0.00200 0.0020 0.0020 0.0020 0.0020 0.0020 0.0020 0.0020 0.001 0.0020 0.001 0.0020 0.001 0.0020 0.001<th>00108 0010 001<</th><th>QUDB Fig. Store S</th><th>000000000000000000000000000000000000</th><th>QC000
QC000
QC000
QC000
QC000
QC000
QC000
QC000 Image Guide Gui</th><th>QU000000000000000000000000000000000000</th><th>QUDD
QUDD
QUDD
QUDD
QUDD
QUDD
QUDD
QUDD</th></th></th></th> | SQ120B SQ120B SQ120B SQ120B SQ120B SQ120B SQ120B SQ120B SQ200 0.581 3.8771E-05 40.20 1.50 2.41 0.00 SQ2020B SQ2020B 8192 2104500 4290 11.74 2.10 476.8 6.99 1.57 136 0.0246 0.491 1.4551E-05 47.68 1.60 5.38 0.05 SQ2020B 8192 250-1590 1340 16.09 2.14 488.9 9.50 1.61 4.768 1.60 6.28 0.05 SQ220B 15 200 13.0 17.25 2.15 491.8 10.09 1.68 32 0.0356 0.404 6.7459E-05 4.889 1.61 1.212 2.01 SQ2020B 50 17.0 278 2001300 17.26 2.14 488.9 0.024 6.8256E-05 4.912 1.62 1.212 2.015 SQ2020B 55 217.0 2.65 2.13 2.46.4 9.86 | SQ108 8 192 4508 192 7742 8.05 1.83 40.20 0.581 3.871E-05 40.20
 1.50 2.41 0.00 SQ208 8192 2104500 1340 11.74 2.10 47.68 0.0246 0.491 1.4351E-05 47.68 16.0 6.38 0.02 SQ2008 15 250-1590 1340 16.09 2.14 4889 9.50 1.61 40 0.431 1.4351E-05 47.08 1.60 6.38 0.02 SQ2008 15 250-1590 11.70 2.14 4889 9.50 1.61 40 0.0329 0.41 4.8559E-05 49.18 1.60 2.33 SQ20208 550 17.0 27.3 21.01 17.25 2.13 2.14 4.84 1.17 1.20 2.36 1.61 2.37 2.3651E-05 49.18 1.60 5.78 0.00 SQ20208 50 17.0 12.0 2.61 1.21 1.28 < | Q0108 Column colum | Q0108 Column colum | Q01000 S01 8192 450.8192 7742 8.05 1.83 40.20 1.66 1.45 1.46 2.61 0.000 0.581 3.8571E.05 40.20 1.90 5.24 0.000 002000 10.0 17.35 1.17 2.10 4768 6.99 1.57 1.56 0.0246 0.491 1.4351E.05 47.68 1.00 5.33 0.033 0.411 4.8895E.03 4.889 1.60 5.33 0.033 0.411 4.8895E.03 4.899 1.61 1.2.12 0.015 0.0000 0.58 17.0 2.53 6.10 1.7.2 2.13 2.61 4.01 1.2.1 2.88551E.03 4.889 1.61 1.2.1 2.89 0.01 0.0000 0.58 2.60-1400 1140 2.03 1.2.1 1.0 1.2.1 1.2 2.1.1 1.8859E.03 4.1.6 1.2.2 2.1.6 4.7.3 1.2.9 1.8.9 0.01 0.0000 0.58 1.2.2 1.2.3 | 001080 002080 0501 0812 150 1742 8.05 1.83 40.0 0.581 3.871E-05 40.20 1.90 2.41 0.00 002080 8192 210-4500 42.00 11.74 2.10 476.8 6.99 1.57 156 0.0240 0.491 1.435E-05 47.85 100 0.53 0.011 0.012 0.013 0.013 0.011 1.435E-05 47.85 0.013 0.01 | 00108 00108 0381 0420 1742 810 183 4020 158 158 156 00204 0391 13871E-05 47.66 100 6.38 000 02008 13 201-300 11.74 2.10 47.68 10.91 14351E-05 47.66 10.0 6.38 0.00 03008 15 201-300 11.74 2.10 47.68 10.0 6.38 1.00 1.3851E-05 47.68 10.0 6.38 0.00 03008 15 201-300 11.75 2.13 41.0 10.13 0.0033 0.01 0.01 17.25 2.13 10.01 1.00 1.4859E-05 47.64 1.20 1.10 1.10 1.21 2.00 1.11 1.12 2.00 1.11 | 00108 00208 028 1892 100 1742 180 183 400 160 0.58 3871E-05 40.20 1.0 0.241 0.00 8102 200450 490 11.74 2.10 4768 6.90 1.77 136 0.0039 0.491 1.455E-05 47.68 1.00 6.53 0.003 0.491 1.455E-05 47.68 1.00 0.003 80203 2001300 11.0 17.25 2.14 418.0 0.003 0.496 6.749 1.475 1.00 0.033 0.496 6.749 1.40 1.435 0.01 80203 2004 0100 17.25 2.13 9.17 1.15 0.0071 0.347 2.355E-05 4.10 1.43 0.01 80203 2004 0140 1.652 1.30 2.44 1.0687 0.341 1.41 1.28 0.40 6.491 1.41 1.29 0.40 80204 0.41 6.759E-05 2. | Q0208 89/2 59/2 74/2 86/5 1/3 40/2 1/3 1/3 20 | O(208) O(208) S(3) S(3) | Q1208 CV SN1 SN1
<th>Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2090
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q</th> <th>0.0108 1<th>QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080 R QC0400
QC040
QC040
QC0400
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080 R QC0400
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC08</th><th>001080
002080
002080
002080 1 1 0.00 1.00 0.00</th><th>0.0108 0.0108 0.0208 0.000 0.81 0.83716 0.00 0.81 0.83716 0.00 0.81 0.83716 0.00 0.81 0.00 0.91 0.83716 0.00 0.91 0.83716 0.00 0.91 0.83716 0.00 0.91 0.83716 0.01 0.737 0.01 0.737 0.01 0.737 0.01 0.737 0.01 0.737 0.01 0.737 0.01 0.737 0.01 0.737 0.01 0.737 0.01 0.737 0.01 0.737 0.01 0.737 0.01 0.737 0.01 0.737 0.01 0.737 0.01 0.737 0.01 0.737 0.01 0.737 0.737 0.01 0.737 0.737 0.737 0.737 0.737 0.737 0.737 0.737 0.737 0.737 0.737
0.737 0.737 0.737 0.737 0.737 0.737 0.737 0.737 0.737 0.737 0.737 0.737 0.737 0.737 <</th><th>0.0188 0.0208 0.0209 0.83 0.84 0.84 0.84 0.84 0.84 0.84 0.84 0.84 0.84 0.94 0.95 0.94 0.95 0.94 0.95 0.94 0.95 0.94 0.95 0.94 0.95 0.94 0.95 0.94 0.95 0.94 0.95 0.94 0.95 0.94 0.95 0.94 0.95 0.94 0.95 0.94 0.95 0.94 0.95 0.94 0.95 0.94 0.95 0.95 0.94 0.95 0.94 0.95 0.95 0.94 0.95</th><th>0.0108 0.0108 0.010 <</th><th>0.0108 0.0008 0.000 <</th><th>0.00200 0.00200 0.0020 0.0020 0.0020 0.0020 0.0020 0.0020 0.0020 0.001 0.0020 0.001 0.0020 0.001 0.0020 0.001<th>00108 0010 001<</th><th>QUDB Fig. Store S</th><th>000000000000000000000000000000000000</th><th>QC000
QC000
QC000
QC000
QC000
QC000
QC000
QC000 Image Guide Gui</th><th>QU000000000000000000000000000000000000</th><th>QUDD
QUDD
QUDD
QUDD
QUDD
QUDD
QUDD
QUDD</th></th></th> | Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2080
Q2090
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q2010
Q | 0.0108 1
 1 1 <th>QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080 R QC0400
QC040
QC040
QC0400
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080 R QC0400
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC08</th> <th>001080
002080
002080
002080 1 1 0.00 1.00 0.00</th> <th>0.0108 0.0108 0.0208 0.000 0.81 0.83716 0.00 0.81 0.83716 0.00 0.81 0.83716 0.00 0.81 0.00 0.91 0.83716 0.00 0.91 0.83716 0.00 0.91 0.83716 0.00 0.91 0.83716 0.01 0.737 0.01 0.737 0.01 0.737 0.01 0.737 0.01 0.737 0.01 0.737 0.01 0.737 0.01 0.737 0.01 0.737 0.01 0.737 0.01 0.737 0.01 0.737 0.01 0.737 0.01 0.737 0.01 0.737 0.01 0.737 0.01 0.737 0.01 0.737 0.737 0.01 0.737 <</th> <th>0.0188 0.0208 0.0209 0.83 0.84 0.84 0.84 0.84 0.84 0.84 0.84 0.84 0.84 0.94 0.95 0.94 0.95 0.94 0.95 0.94 0.95 0.94 0.95 0.94 0.95 0.94 0.95 0.94 0.95 0.94 0.95 0.94 0.95 0.94 0.95 0.94 0.95 0.94 0.95 0.94 0.95 0.94 0.95 0.94 0.95 0.94 0.95 0.95 0.94 0.95 0.94 0.95 0.95 0.94 0.95</th> <th>0.0108 0.0108 0.010 <</th> <th>0.0108 0.0008 0.000
0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 <</th> <th>0.00200 0.00200 0.0020 0.0020 0.0020 0.0020 0.0020 0.0020 0.0020 0.001 0.0020 0.001 0.0020 0.001 0.0020 0.001<th>00108 0010 001<</th><th>QUDB Fig. Store S</th><th>000000000000000000000000000000000000</th><th>QC000
QC000
QC000
QC000
QC000
QC000
QC000
QC000 Image Guide Gui</th><th>QU000000000000000000000000000000000000</th><th>QUDD
QUDD
QUDD
QUDD
QUDD
QUDD
QUDD
QUDD</th></th> | QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080 R QC0400
QC040
QC040
QC0400
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080 R QC0400
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC080
QC08 | 001080
002080
002080
002080 1 1 0.00 1.00 0.00 | 0.0108 0.0108 0.0208 0.000 0.81 0.83716 0.00 0.81 0.83716 0.00 0.81 0.83716 0.00 0.81 0.00 0.91 0.83716 0.00 0.91 0.83716 0.00 0.91 0.83716 0.00 0.91 0.83716 0.01 0.737 0.01 0.737 0.01 0.737 0.01 0.737 0.01 0.737 0.01 0.737 0.01 0.737 0.01 0.737 0.01 0.737 0.01 0.737 0.01 0.737 0.01 0.737 0.01 0.737 0.01 0.737 0.01 0.737 0.01 0.737 0.01 0.737 0.01 0.737 0.737 0.01 0.737 < | 0.0188 0.0208 0.0209 0.83 0.84 0.84 0.84 0.84 0.84 0.84 0.84 0.84 0.84 0.94 0.95 0.94 0.95 0.94 0.95 0.94 0.95 0.94 0.95 0.94 0.95 0.94 0.95 0.94 0.95 0.94 0.95 0.94 0.95 0.94 0.95 0.94 0.95 0.94 0.95 0.94 0.95 0.94 0.95 0.94 0.95 0.94 0.95 0.95 0.94 0.95 0.94 0.95 0.95 0.94 0.95 | 0.0108 0.0108 0.010
 0.010 < | 0.0108 0.0008 0.000 < | 0.00200 0.00200 0.0020 0.0020 0.0020 0.0020 0.0020 0.0020 0.0020 0.001 0.0020 0.001 0.0020 0.001 0.0020 0.001 <th>00108 0010 001<</th> <th>QUDB Fig. Store S</th> <th>000000000000000000000000000000000000</th> <th>QC000
QC000
QC000
QC000
QC000
QC000
QC000
QC000 Image Guide Gui</th> <th>QU000000000000000000000000000000000000</th> <th>QUDD
QUDD
QUDD
QUDD
QUDD
QUDD
QUDD
QUDD</th> | 00108 0010 001< | QUDB Fig. Store S | 000000000000000000000000000000000000 | QC000
QC000
QC000
QC000
QC000
QC000
QC000
QC000 Image Guide Gui | QU000000000000000000000000000000000000 | QUDD
QUDD
QUDD
QUDD
QUDD
QUDD
QUDD
QUDD |

表 5-10 越波揚程 15cm の解析データ

越波量(原型) (m ^{3/s/m)}	00.00	0.00	0.04	0.11	0.15	60:0	0.17	0.20	0.22	00.00	0.00	60:0	0.18	0.19	0.10	0.20	0.21	0.25	00.00	00.00	0.06	0.11	0.15	0.05	60.0	0.13	0.17	00.00	0.02	0.04	0.07	0.14	0.03	60.0	0.13	0.16
波エネルギー (kW/m)	2.32	6.14	10.86	22.99	29.58	6.46	14.24	17.29	22.70	0.00	0.03	0.89	1.82	1.95	0.99	2.00	2.11	2.52	0.00	2.81	10.35	18.04	27.66	6.81	11.57	14.36	69 .61	1.55	3.93	9.47	10.70	18.34	4.51	8.14	10.17	13.44
D	1.54	1.62	1.61	1.67	1.69	1.21	1.45	1.50	1.56	1.51	1.60	1.60	1.65	1.71	121	1.46	1.49	1.57		1.55	1.58	1.66	1.68	1.21	1.40	1.47	1.60	1.51	1.56	1.59	1.63	1.70	1.17	1.39	1.49	1.58
(m) (ш) (m)	43.16	49.26	48.99	54.99	57.30	24.94	37.31	40.38	44.47	41.11	47.69	48.15	52.26	59.54	25.16	37.67	39.75	45.17	00.0	43.53	46.10	53.20	56.22	24.97	34.43	38.21	47.74	40.82	44.97	47.25	50.51	57.60	23.01	34.15	39.45	45.84
越波量(m ^{3/s/m)}	2.5221E-07	4.1504E-05	1.2051E-03	3.5641E-03	4.8495E-03	2.7716E-03	5.4821E-03	6.2867E-03	6.9238E-03	5.9235E-06	8.4285E-05	2.8275E-03	5.7539E-03	6.1622E-03	3.1194E-03	6.3221E-03	6.6669E-03	7.9714E-03		1.4878E-05	2.0368E-03	3.6243E-03	4.8503E-03	1.4398E-03	2.9515E-03	3.9973E-03	5.2660E-03	1.1076E-05	6.1861E-04	1.1885E-03	2.1800E-03	4.4309E-03	1.0703E-03	2.7963E-03	4.1682E-03	4.9853E-03
反射率	0.465	0.397	0.389	0.419	0.419	0.379	0.373	0.379	0.400	0.516	0.449	0.424	0.395	0.384	0.330	0.355	0.347	0.378		0.470	0.415	0.417	0.414	0.324	0.340	0.347	0.385	0.442	0.400	0.345	0.311	0.295	0.195	0.246	0.260	0.273
波形勾配 (H _{1/3} /L)	0.0175	0.0231	0.0310	0.0377	0.0400	0.0696	0.0548	0.0532	0.0524	0.0197	0.0250	0.0347	0.0363	0.0382	0.0695	0.0544	0.0542	0.0443		0.0190	0.0334	0.0351	0.0399	0.0713	0.0561	0.0530	0.0436	0.0157	0.0214	0.0265	0.0294	0.0312	0.0656	0.0477	0.0423	0.0384
波数	265	230	156	49	39	96	39	36	33	254	234	72	26	30	83	37	35	24		244	76	52	37	193	88	61	41	283	251	184	92	32	285	06	54	41
Tave(s)	1.43	1.64	1.63	1.77	1.84	1.17	1.45	1.44	1.57	1.49	1.65	1.57	1.70	1.90	1.21	1.36	1.46	1.6		1.57	1.62	1.73	1.92	1.19	1.31	1.40	1.58	1.39	1.57	1.64	1.74	2.11	1.15	1.40	1.56	1.73
Have(cm)	4.58	6.96	9.06	12.18	13.09	10.32	12.65	12.37	12.96	4.98	7.49	9.57	10.58	12.30	10.61	12.31	12.41	11.54		5.36	9.29	11.14	13.16	10.77	11.35	12.11	12.02	3.95	5.86	7.53	8.80	11.01	10.09	10.18	10.37	10.92
(cm)]	t31.6	1 92.6	t89.9	549.9	573.0	249.4	373.1	403.8	144.7	t11.1	t76.9	481.5	522.6	595.4	251.6	376.7	397.5	151.7		135.3	461.0	532.0	562.2	249.7	344.3	382.1	t77.4	408.2	149.7	472.5	505.1	576.0	230.1	341.5	394.5	158.4
[_{1/3} (s)]	1.94 4	2.16 4	2.15 4	2.36 5	2.45 5	1.31 2	1.73	1.84 4	1.98 2	1.86 4	2.10 4	2.12 4	2.26 5	2.53 5	1.32 2	1.74	1.82	2.01 4		1.95 4	2.04 4	2.30 5	2.41 5	1.31	1.63	1.76	2.10 4	1.85 4	2.00 4	2.80 2	2.20	2.46 5	1.25	1.62	1.81	2.03 4
H _{1/3} (cm)	7.56	11.39	15.19	20.71	22.92	17.35	20.45	21.49	23.29	8.08	11.91	16.73	18.99	22.73	17.49	20.51	21.54	20.01		8.29	15.39	18.68	22.41	17.81	19.33	20.26	20.79	6.40	9.62	12.51	14.83	18.00	15.10	16.30	16.70	17.60
解析データ数	7590	7610	5120	1800	1450	2270	1150	1050	1050	7590	7790	2280	920	1180	2020	1040	1070	810		0691	3200	1840	1480	4600	2340	1750	1350	7050	7350	6100	3250	1450	0099	2550	1700	1500
計算範囲	600-8190	580-8190	280-5400	200-2000	200-1650	330-2600	350-1500	350-1400	350-1400	600-8190	400-8190	400-2680	380-1300	200-1380	380-2400	340-1380	310-1380	350-1160		500-8190	300-3500	210-2050	200-1680	300-4900	300-2640	350-2100	300-1650	50-8000	50-8000	50-6150	50-3300	100-1550	100-6700	50-2600	100-1800	50-1550
データ総数	8192	8192	8192	5498	3296	6002	3632	3286	3280	8192	8192	8192	8192	8192	8192	2604	2068	2394	越波なし	8192	8192	8192	8192	8192	8192	8192	8192	8100	8100	6200	3350	1600	6800	2650	1850	1600
法先 <i>大</i> 深(cm)					22.8									31.3									39.9									48.4				
初期水 深(cm)					17.0									17.0									17.0					18.0	17.0	16.7	15.0	16.0	14.9	15.7	16.8	16.8
水深(cm)					65									65									65									65				
θ(°)					20					20													20									20				
R(cm)					20									20									20									20				
CASE	SQ120C	SQ220C	SQ320C	SQ420C	SQ520C	SQ620C	SQ720C	SQ820C	SQ920C	MQ120C MQ220C MQ320C MQ420C MQ420C MQ220C MQ220C MQ220C								MQ920C	LQ120C	LQ220C	LQ320C	LQ420C	LQ520C	LQ620C	LQ720C	LQ820C	LQ920C	HQ120C	HQ220C	HQ320C	HQ420C	HQ520C	HQ620C	HQ720C	HQ820C	HQ920C

表 5-11 越波揚程 20cm の解析データ

(1) 各傾斜板長における波形勾配 H_{1/3}/L と越波量 q (m³/s/m)の関係

図 5-19~5-22 はそれぞれ揚程が R=8.0cm,約 10.0cm,15.0cm,20.0cm のときの傾斜板長が 1.25m,1.50m,1.75m,2.00m の各越波揚程に対する波形勾配 H_{1/3}/L と単位時間・単位幅 当たりの越波量 q (m³/s/m)の関係である.この図は,御前崎の波高と周期に相当する Case1 から Case5 までと,補間する波条件である Case6 から Case9 の実験結果をまとめたものである.

これらの図から,越波揚程 8cm のときの越波量は傾斜板の長さによる差異はほとんど見 受けられない.また,越波揚程 10.0cm, 15.0cm の場合, SQ (1.25m)のみ越波量が減少し た.これは SQ (1.25m)の法先水深が浅く,他の傾斜板に比べ波のエネルギーを得られな かったためと考えられる. MQ (1.50m)の傾斜板がどの越波揚程においても,ほぼ最大越 波量を得られることが分かる.したがって傾斜板長 1.50m 以上あれば十分な越波量が得ら れることが分かった.





図 5-19 各傾斜板長に対する波形勾配と越波 量の関係(R=8.0cm)

図 5-20 各傾斜板長に対する波形勾配と越 波量の関係(R=約 10.0cm)



図 5-21 各傾斜板長に対する波形勾配と越波 量の関係(R=15.0cm)



図 5-22 各傾斜板長に対する波形勾配と越波 量の関係(R=20.0cm)

5.2.6 傾斜板の長さによる波パワーと越波量の関係

不規則波の場合,打上げ高と波パワーは比例関係であることが本論文の第4章で示されていることから,越波量も波パワーとの関係性を追求することができると考えられる.下図 5-23~5-30 は越波量と波パワーの関係を,傾斜板長さ1.25m, 1.5m, 1.75m, 2.0mの4タイプ,越波揚程 R=8cm, 10cm, 15cm, 20cmの4タイプでまとめた結果となる.なお,以下のグラフに表示された値は原型とした.そのため,越波揚程,越波量,波パワーは実海域を想定した値となる.



図 5-23 各越波揚程越波量と波パワーの関 係(傾斜板 12.5m) (原型)

図 5-24 各越波揚程越波量と波パワーの 関係(傾斜板 15.0m) (原型)



R=8cm (0.8m) の場合

傾斜板の長さが 12.5, 15.0m, 17.5m, 20.0m のどの場合も比較的同様な越波量が見込める ことがわかる.特に, 17.5m と 20.0m ではほとんど同じ傾きを持っていることがわかるため この2タイプは大きく差がないことが示唆された.

R=10cm (1.0m) の場合

傾斜板 12.5m の場合, ほかの 3 タイプと比較すると明らかに越波量が少ない傾向が見て 取れる.また, 15.0m の場合, 17.5m, 20.0m と比較すると若干傾きが緩やかである. 17.5m と 20.0m の場合, R=0.8m よりも越波量が多く見込める結果が得られた.

R=15cm (1.5m) の場合

傾斜板の長さが 12.5m<15m<17.5m<20.0m という結果が明らかとなった.特に,20.0m は他のタイプと比較すると大幅に越波量が増えていることがわかった.

R=20cm (2.0m) の場合

どの傾斜板長さに対しても同様の結果が得られた.波力発電を開発するにあたっては越波揚程 R=20cm(実モデル 2.0m)では高すぎることが考えられる.



図 5-27 各越波揚程越波量と波パワーの関係(R=0.8m) (原型)





図 5-28 各越波揚程越波量と波パワーの関係(R=1.0m) (原型)



5.2.7 まとめ

本研究は,越波式波力発電装置開発に向けて,最適な傾斜板の長さを見出すために,各 傾斜板の長さ(1.25m, 1.5m, 1.75m, 2.0m)における越波量特性を実験から得た.主要な 考察結果を以下に示す.

波高と越波量,越波揚程の関係から,越波揚程が低いほど越波量が多く波高が大きいほど ど越波量も増加する傾向がある.

波形勾配と越波量,越波揚程の関係から,越波揚程 8cm のときの越波量は傾斜板の長さ による差異はほとんど見受けられないが,SQ (1.25m)だけ越波量が減少する傾向を得た. また,越波揚程10.0cm,15.0cmの場合,SQ(1.25m)のみ越波量が減少した.これはSQ(1.25m) の法先水深が浅く,他の傾斜板に比べ波のエネルギーを得られなかったためと考えられる. MQ (1.50m)の傾斜板がどの越波揚程においてもほぼ最大越波量を得られることが分かる. したがって傾斜板長 1.50m 以上あれば効率良く越波量が得られることが分かった.また, 周期が短く波形勾配が大きくなるにしたがって越波量は減少する.これは,波形勾配が大 きくなる (H/L=0.06を超える)と砕波が発生しやすくなりエネルギーが散逸したためだと 考えられる.

波パワーと越波量, 越波揚程を考慮すると, 越波揚程に関わらず傾斜板の長さは 12.5m (模型スケール: 1.25m) では越波量が少ない.また,20.0m (模型スケール: 2.0m) が最も効率良く越波量を得られることが分かった.しかしながら,17.5m (模型スケール: 1.75m) と 15.0m (模型スケール: 1.5m) であっても越波量に大きな差がないことから,設置場所の水深や,日本近海の潮位変動を鑑み,現実的な発電装置の越波揚程を考慮すると十分に機能を果たす長さであると考えられる.これらの結果から,15m (模型スケール: 1.5m) 以上必要であることが判明した.

5.3 単水槽を使った越波量特性

5.3.1 実験目的

本研究室で先に行った 5.2 項では, 傾斜板の長さを特定するために実験を行ったため写真 5-6 に示した貯水槽により越波量を算出していた.しかし,この貯水槽では最大貯水量が 1.6m³であり高波浪の条件ではすぐに満水になってしまうため,より正確に越波量を把握す るためには大きな貯水タンクが必要となる.

そのため本項では、貯水タンクを使用し波高が大きい条件でも十分な収録データを得ら れるシステムを構築し、より正確な越波量を算出することを目的とし実験を行った. さら に、波浪条件を 5.2 項で使用した条件に加え、新たに我が国沿岸においてどの地点の波にも 対応すべく幅広い波形勾配と越波量の傾向を掴むために波浪条件を付け加え、下記に示す ように 2 つの波浪条件に分けて実験を行った.

①静岡県御前崎の波を想定した波浪条件

②我が国沿岸の波条件を考慮した波浪条件

- 5.3.2 実験施設および装置
- (1) 実験水槽

実験は東海大学海洋学部臨海実験場第一水理実験棟平面水槽を用いて行なった. 第5章 5.2項(1)を参照.

(2) 使用器具

・造波機

第5章5.2項(2)を参照.

·波力発電用貯水槽

第5章5.2項(3)を参照.

- ・容量式波高計
 - 第5章5.2項(4)を参照.
- ・データ収録器 第5章5.2項(5)を参照.
- ・クレーン, 導波板, 消波ボックス, 消波材, 排水用ポンプ, 収録用 PC 第5章 5.2項(6)を参照.
- (3) 送水用ポンプ,ホース,インバータ起動盤

本実験で使用した越波した水を貯水タンクへ送るホース,水中ポンプ,および水中ポン プの出力を制御するインバータ起動盤の写真および仕様を以下に記す.



写真 5-20 送水用ホース





写真 5-22 水中ポンプ

写真 5-21 インバータ起動盤(11kW,200V)

企業名:AKTIO
商品コード:CA107542
種類:普通揚程
口径:100mm
出力:7.5kW
電圧:三相 200V
起動方法:直入
揚程:12m
揚水量:2m³/min
最大高:860mm
最大径:370mm
運転可能水位:210mm
質量:82kg

(4) 貯水タンク

本実験で使用した貯水タンクの写真と仕様を下に記す.



企業名:AKTIO 商品コード:ZZE03000 種類:水タンク 容量:3m³ 寸法:全長(内寸)2480mm(2200) 全幅(内寸)1300mm(1200) 全高(内寸)1206mm(1200) 質量:510kg

写真 5-23 貯水タンク

(5) 傾斜板

本実験で使用した傾斜板は横幅 2.0m,縦幅 2.0m のコンパネを使用した.



写真 5-24 傾斜板

5.3.3 実験方法および実験条件

実験は前項と同じく写真 5-2 に示す平面水槽を使用し,図 5-2 に示すように造波機から 9.7m の中央断面に設置した.また,本実験では写真 5-24 に示した貯水タンクの水位変 化を観測するため貯水タンク内に波高計をもう一つ追加した.なお,模型縮尺を 1/10 と し実験条件は Froude の相似則から決定した.

以下に実験方法と実験条件を示す.

・実験水深は,70cmと固定して実験を行った.

・実験波浪は、Bretschneider-光易型を目標スペクトルとする不規則波を用いた.

・波浪条件は 5.2 項と同じく,静岡県御前崎の波を目標とした条件に加え,波形勾配と越波 量の傾向を掴むための条件として決定した(表 5-12).更に,新たに全国どの地点の波にも 対応すべく幅広い波形勾配と越波量の傾向を掴むため,表 5-13 に示す波高 5.0~23.0cm,周 期 1.26~2.53s を組み合わせた波浪条件を設定した.

	実派	毎域	模型実験	(λ =1/10)
実験No.	H _{1/3} (m)	T _{1/3} (s)	H _{1/3} (cm)	T _{1/3} (s)
Case1	0.50	6.01	5.0	1.9
Case2	0.75	6.64	7.5	2.1
Case3	1.00	6.96	10.0	2.2
Case4	1.25	7.59	12.5	2.4
Case5	1.65	8.22	16.5	2.6
Case6	1.65	3.79	16.5	1.2
Case7	1.65	4.90	16.5	1.6
Case8	1.65	5.69	16.5	1.8
Case9	1.65	6.64	17.0	2.1

表 5-12 波浪条件(御前崎)

表 5-13 波浪条件(我が国沿岸)

	実海域	模型実験λ =1/10
	0.5m	5.0cm
	0.7m	7.0cm
	0.9m	9.0cm
	1.1m	11.0cm
	1.3m	13.0cm
H _{1/3}	1.5m	15.0cm
	1.7m	17.0cm
	1.9m	19.0cm
	2.1m	21.0cm
	2.3m	23.0cm
	4.0s	1.26s
T _{1/3}	6.0s	1.90s
	8.0s	2.53s

- ・本実験では、120秒以内に越波した水が貯水槽を満水にする場合は貯水タンク内の水位変 化により越波量を算出し、満水にならない場合は貯水槽内の水位変化により越波量を算出 した.
- ・写真 5-24 に示した傾斜板(横幅 2.0m,縦幅 2.0m)を使用し,傾斜板角度(θ)は 20°で 固定した. 越波揚程(R)は御前崎を考慮した実験条件では 8cm, 10cm, 15cm, 20cm と し、我が国沿岸を考慮した実験条件では 8cm、15cm とした.
- ・収録データ仕様を表 5-14 に示す.計測時間は 2400 データ数取得か,貯水タンクが満水状 態になるまでとした. 旧母三、万仕様
- ・ファイルネームは図 5-31, 5-32 の通りとする.
- 1) 静岡県御前崎
 - i : 越波量 Q
 - ii:造波ケース番号
 - iii: (傾斜板の角度(20°固定)
 - iv: 越波揚程の条件 F (R=8cm), A (R=10cm),
 - B (R=15cm), C (R=20cm), 以上の条件を合わせ て36ケースを行い、貯水槽内または貯水タンクの 水位変化をもとに単位時間・単位幅当たりの越波量を算出した.
- 2) 我が国沿岸
 - i: 越波量 Q
 - ii: : 波高階級 0~9 (表 5-15 に表示)
 - iii: 周期階級 0~2 (表 5-15 に表示)
 - iv: 傾斜板の角度(20°固定)
 - V: 越波揚程の条件 F (R=8cm), B (R=15cm), 以上の

条件を合わせて 30 ケースを行い、貯水槽内また

は貯水タンクの水位変化をもとに単位時間・単位幅当たりの越波量を算出した.

12 J-	15 返向陷极,	问为时间放在(127	
	実海域	模型実験λ =1/10	波高·周期階級
	0.5m	5.0cm	0
	0.7m	7.0cm	1
	0.9m	9.0cm	2

ま515 波直眺線 国間眺線車(我が国外岸)

	0.7m	7.0cm	1
	0.9m	9.0cm	2
	1.1m	11.0cm	3
	1.3m	13.0cm	4
п _{1/3}	1.5m	15.0cm	5
	1.7m	17.0cm	6
	1.9m	19.0cm	\bigcirc
	2.1m	21.0cm	8
	2.3m	23.0cm	9
	4.0s	1.26s	1
T _{1/3}	6.0s	1.90s	2
	8.0s	2.53s	3

5.3.4 解析方法

5.2 項と同様にして沖波波高,周期,波長,反射率を求め,貯水槽または貯水タンクによ

衣 5-14	収録アー	「ク仜怺
収録項	目	仕様

収録データ数	2400
サンプリング周波数	20Hz



ファイルウ

) (知益広)

り水位変化を求め、底面積を乗じて越波量とした.また時系列から貯水槽および貯水タン クが満水になる解析範囲を求めて単位時間・単位幅当たりの越波量を算定した.(田中ら、 2014)本実験でも越波量が多い実験ケースでは貯水タンクが越波した波により満水になる ケースがあり、その場合だけデータ数が少なくなる.よって各実験ケースによってデータ 数が異なる.従って、越波量を解析した範囲のデータで波の諸量を算定し解析を行った.

5.3.5 実験結果および考察

(1) 静岡県御前崎の波を想定した実験結果

表 5-16 に本実験における実験結果を記す. なお貯水タンクの欄に×印が付いているケース では越波した波が収録時間内に貯水槽を満水にしなかったため, 貯水タンクを使用せず貯 水槽内の水位変化によって越波量を算出したことを示している.

(2) 我が国沿岸の波条件を考慮した実験結果

表 5-17 と 5-18 に本実験における実験結果を記す. なお貯水タンクの欄に×印が付いているケースでは越波した波が収録時間内に貯水槽を満水にしなかったため, 貯水タンクを使用せず貯水槽内の水位変化によって越波量を算出したことを示している.

(3) 波高 $H_{1/3}$ (cm) と越波量 q (m³/s/m) の関係

図 5-33 は御前崎の波浪条件と我が国沿岸を想定した波浪条件の実験結果をまとめたもの であり、各越波揚程 R に対する有義波高 H_{1/3} (cm)と単位時間・単位幅当たりの越波量 q (m³/s/m)の関係である.この図から波高を高くすると越波量が増え、越波揚程が高くなる にしたがって越波量が減少することがわかる.また、どちらの波浪条件を用いても、越波 揚程は 8cm の方が 15cm よりも越波量が大きいことがわかる.

因みに、今回の実験で越波量が最大となった R=8.0cm, $H_{1/3}$ =22.91cm, $T_{1/3}$ =2.46s (御前崎) のとき q=0.0132m³/s/m の値から、模型縮尺 1/10 として実際の越波量を算定すると、 $H_{1/3}$ =2.29m, $T_{1/3}$ =7.78s のときに q=0.4m³/s/m となる. 装置 1m 幅当たりでこの越波量が得ら れるのであれば、仮に 100m 幅の越波式波力発電装置を設置すると Q=40m³/s となり、膨大 な越波量が見込めることから、越波式波力発電による出力に期待が持てる.

(4) 波形勾配 H_{1/3}/L と越波量 q (m³/s/m)の関係

図 5-34 は御前崎の波浪条件と我が国沿岸を想定した波浪条件の実験結果をまとめたもの であり,各越波揚程に対する波形勾配 $H_{1/3}/L$ と単位時間・単位幅当たりの越波量 $q(m^3/s/m)$ の関係である.波形勾配 $H_{1/3}/L=0.04$ 付近に越波量のピークがあることがわかる.また,そ れを超えると越波量は大きく減少する.波形勾配は波の峰の鋭さを表すが,波高や周期の 大小を表してはいないことから波形勾配のみで越波量を推定することはできないことがわ かった.

越波量(原 型)(m ³ /s/m)	0.09	0.12	0.21	0.29	0.42	0.15	0.24	0:30	0.38	0.09	0.09	0.18	0.25	0.34	0.12	0.22	0.28	0.33	0.02	0.09	0.15	0.18	0.21	0.06	0.13	0.16	0.20	0.00	0.02	0.09	0.11	0.14	0.05	0.08	0.10	0.13
波power(原 型)(kW/m)	1.91	4.46	7.98	13.01	18.85	6.44	10.66	13.38	15.29	1.87	4.58	7.54	10.91	17.27	5.63	9.21	11.31	13.92	2.11	5.04	8.81	12.22	17.20	6.25	10.34	11.91	13.17	1.62	4.33	7.86	12.03	18.26	5.87	10.55	11.42	14.50
D(原型)	1.19	1.15	1.15	1.12	1.08	1.15	1.20	61.1	1.15	1.19	1.15	1.16	1.13	1.09	1.13	1.20	1.19	1.15	1.19	1.14	1.14	1.13	1.08	1.14	1.20	1.20	1.17	1.19	1.16	1.14	1.10	1.07	1.13	1.20	1.20	1.16
L(原型)(m)	42.5	49.8	49.6	53.7	59.4	26.2	35.6	41.4	49.7	40.8	49.7	48.5	52.7	57.5	24.5	34.4	40.3	49.4	42.0	50.4	51.3	52.2	58.4	24.6	34.2	39.1	45.9	40.8	47.3	50.8	56.9	60.1	24.6	34.2	39.3	48.0
T _{1/3} (原型)(s)	5.98	6.70	6.70	7.15	7.78	4.24	5.19	5.82	6.70	5.76	6.70	6.58	7.02	7.56	4.08	5.09	5.69	6.67	5.88	6.80	6.86	6.99	7.65	4.08	5.06	5.57	6.29	5.76	6.45	6.83	7.51	7.84	4.08	5.06	5.60	6.51
H _{1/3} (原型)(m)	0.79	1.16	1.55	1.95	2.29	1.76	2.00	2.12	2.15	0.80	1.18	1.52	1.79	2.21	1.68	1.88	1.97	2.06	0.84	1.23	1.62	1.90	2.20	1.77	2.00	2.04	2.04	0.74	1.16	1.53	1.85	2.25	1.72	2.02	1.99	2.12
$4/\sqrt{(2gH_{1/3}^2)}$	3.0307E-02	2.2453E-02	2.4008E-02	2.3792E-02	2.7089E-02	1.4544E-02	1.8968E-02	2.2250E-02	2.7074E-02	2.7206E-02	1.6590E-02	2.1772E-02	2.3279E-02	2.3190E-02	1.2611E-02	1.9741E-02	2.2941E-02	2.4959E-02	7.2080E-03	1.8064E-02	1.5892E-02	1.5636E-02	1.4539E-02	5.4040E-03	1.0379E-02	1.2142E-02	1.5793E-02	5.5124E-04	3.4051E-03	1.0638E-02	1.0078E-02	9.3157E-03	4.8126E-03	6.6082E-03	7.7587E-03	9.3406E-03
越波量 (m ³ /s/m)	2.9913E-03	3.9379E-03	6.5101E-03	9.0188E-03	1.3151E-02	4.7332E-03	7.5040E-03	9.6238E-03	1.1955E-02	2.7100E-03	2.9672E-03	5.7106E-03	7.8180E-03	1.0659E-02	3.8576E-03	7.0985E-03	8.8759E-03	1.0291E-02	7.7473E-04	2.9700E-03	4.5917E-03	5.7219E-03	6.6337E-03	1.7882E-03	4.0937E-03	4.9585E-03	6.4421E-03	4.9250E-05	6.7421E-04	2.8258E-03	3.5390E-03	4.4038E-03	1.5191E-03	2.6457E-03	3.0553E-03	4.0229E-03
反射率	0.410	0.375	0.349	0.342	0.346	0.253	0.283	0.289	0.338	0.413	0.387	0.344	0.365	0.376	0.262	0.291	0.238	0.315	0.431	0.405	0.368	0.374	0.385	0.258	0.293	0.298	0.325	0.473	0.421	0.397	0.395	0.406	0.285	0.395	0.320	0.341
(形勾配 H _{1/3} /L)	0.0186	0.0234	0.0313	0.0362	0.0386	0.0671	0.0562	0.0513	0.0433	0.0195	0.0237	0.0313	0.0340	0.0384	0.0687	0.0545	0.0488	0.0416	0.0200	0.0244	0.0316	0.0360	0.0377	0.0721	0.0583	0.0522	0.0445	0.0182	0.0247	0.0302	0.0324	0.0375	0.0700	0.0588	0.0507	0.0441
凝殺	61	73	71	48	40	101	88	6L	53	58	73	73	99	50	100	87	81	66	265	52	47	67	60	99	84	80	77	59	57	64	99	59	100	82	83	73
Tave(s)模型	1.46	1.61	1.61	1.88	1.95	1.17	1.33	1.43	1.62	1.48	1.57	1.57	1.72	1.91	1.15	1.61	1.39	1.55	1.41	1.62	1.71	1.72	1.92	1.17	1.33	1.43	1.49	1.45	1.53	1.60	1.72	1.91	1.16	1.40	1.38	1.56
Have(cm)模 型	4.65	6.62	8.50	11.56	12.99	10.41	11.39	11.91	12.46	4.82	6.80	8.82	10.21	12.57	9.93	10.82	11.27	11.53	5.21	7.30	9.73	10.77	12.54	10.58	11.61	11.81	11.61	4.47	6.98	8.91	10.70	12.88	10.32	12.03	11.63	12.01
L(cm)模型	425.4	497.6	496.1	537.3	594.2	261.5	355.7	413.6	496.6	408.3	497.4	484.8	526.6	574.7	245.2	344.3	403.3	493.6	419.6	504.4	512.6	522.0	583.6	246.0	342.1	390.8	458.7	408.3	473.1	507.9	569.2	600.5	245.5	342.4	392.9	479.6
T _{1/3} (s)模型	1.89	2.12	2.12	2.26	2.46	1.34	1.64	1.84	2.12	1.82	2.12	2.08	2.22	2.39	1.29	1.61	1.80	2.11	1.86	2.15	2.17	2.21	2.42	1.29	1.60	1.76	1.99	1.82	2.04	2.16	2.37	2.48	1.29	1.60	1.77	2.06
H _{1/3} (cm)模型	7.92	11.62	15.54	19.46	22.91	17.55	19.99	21.21	21.51	7.97	11.77	15.20	17.92	22.09	16.84	18.76	19.69	20.55	8.38	12.29	16.21	18.98	21.98	17.74	19.95	20.41	20.40	7.41	11.59	15.33	18.46	22.51	17.19	20.15	19.93	21.15
館 市 一 夕 数	1840	2390	2350	1850	1600	2390	2380	2270	1770	1740	2340	2330	2330	1990	2320	2330	2320	2170	7500	1710	1630	2330	2350	2340	2270	2340	2340	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400
計算範囲	350-2190	10-2400	50-2400	70-1920	400-2000	10-2400	20-2400	30-2300	10-1780	380-2120	60-2400	70-2400	70-2400	60-2050	80-2400	70-2400	80-2400	70-2180	500-8000	380-2090	50-1680	70-2400	50-2400	60-2400	130-2400	60-2400	60-2400	590-2350	590-2350	250-2350	80-2400	80-2400	80-2400	90-2400	80-2400	90-2400
データ総数	2400	2400	2400	2062	2094	2400	2400	2400	1866	2400	2400	2400	2400	2066	2400	2400	2400	2304	8192	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400
タンク	×	0	0	0	0	0	0	0	0	×	0	0	0	0	0	0	0	0	×	×	0	0	0	0	0	0	0	×	×	×	0	0	0	0	0	0
初期水深 (cm)	15.0	/	/	/	/	/	/	/	/	15.3	/	/	/	/	/	/	/	/	15.0	15.3	/	/	/	/	/	/	/	15.3	15.3	15.3	/	/	/	/	/	
火狱(cm)					70		-				-			70									70									70				
(°) θ					20									20									20									20				
R(cm)					×									10									15									20				
裾					1/10									1/10									1/10									1/10				
CASE	QH120F	QH220F	QH320F	QH420F	QH520F	QH620F	QH720F	QH820F	QH920F	01120A 01120A 01120A 01120A 01120A 01120A 01120A 01120A 01120B 01120B 01120B 01120B 01120B 01120B 01120B 01120B 01120B 01120B 01120B 01120B 01120B							QH920B	QH120C	QH220C	QH320C	QH420C	QH520C	QH620C	QH720C	QH820C	QH920C										
												_									_						_									

表 5-16 実験結果(御前崎)

	越波量(原型)(m ^{3/s/m)}	0.00	0.01	0.03	0.06	0.11	0.13	0.16	0.17	0.20	0.21	0.00	0.02	0.05	0.09	0.10	0.15	0.18	0.23	0.31	0.36	0.00	0.02	0.06	0.09	0.13	0.19	0.21	0.28	0.35	
	波power(原 型)(kW/m)	0.47	0.84	1.41	1.98	3.16	4.08	5.37	6.60	8.82	10.28	0.68	1.35	2.32	3.45	4.96	5.98	7.92	10.57	11.82	15.09	0.95	1.63	2.46	4.78	6.06	9.07	11.03	13.24	15.73	
	D(原型)	1.12	1.11	1.12	1.11	1.13	1.13	1.13	1.13	1.14	1.14	1.19	1.20	1.19	1.19	1.19	1.19	1.18	1.18	1.19	1.18	1.04	1.08	1.07	1.02	1.00	1.01	1.02	1.02	1.04	
-	L(原型)(m)	23.6	22.7	23.1	22.7	23.9	23.7	23.7	24.0	24.7	25.4	41.8	39.2	41.4	42.4	42.0	40.7	1.44.1	43.2	42.9	43.4	64.3	59.1	59.7	66.7	6.89	67.6	66.8	66.0	64.3	
	T _{1/3} (原型)(s)	4.0	3.9	3.9	3.9	4.0	4.0	4.0	3.8	4.1	4.2	5.9	5.6	5.8	5.9	5.9	5.7	6.1	6.0	6.0	6.0	8.3	7.7	7.8	8.6	8.9	8.7	8.6	8.5	8.3	
	H _{1/3} (原型)(m)	0.49	0.67	0.87	1.03	1.28	1.46	1.67	1.90	2.11	2.24	0.48	0.69	0.88	1.07	1.29	1.43	1.60	1.86	1.97	2.22	0.51	0.67	0.83	1.13	1.26	1.55	1.71	1.88	2.06	
- - -	無次元流量(q/√ 2gH _{1/3})	2.1717E-03	5.1745E-03	7.1374E-03	1.2969E-02	1.6674E-02	1.6363E-02	1.7109E-02	1.4923E-02	1.4545E-02	1.4149E-02	5.7626E-04	7.3936E-03	1.3959E-02	1.7879E-02	1.6198E-02	2.0168E-02	2.0247E-02	2.0729E-02	2.5185E-02	2.4607E-02	1.0397E-03	8.3942E-03	1.6919E-02	1.6833E-02	2.0623E-02	2.2534E-02	2.1419E-02	2.4223E-02	2.6621E-02	
_	越波量 (m ³ /s/m)	1.0523E-04	3.9959E-04	8.0667E-04	1.9060E-03	3.3621E-03	4.0231E-03	5.1755E-03	5.4497E-03	6.2237E-03	6.6449E-03	2.6701E-05	5.8988E-04	1.6246E-03	2.7703E-03	3.3051E-03	4.8255E-03	5.7352E-03	7.3624E-03	9.7533E-03	1.1376E-02	5.2764E-05	6.5092E-04	1.7791E-03	2.8262E-03	4.1022E-03	6.0979E-03	6.7185E-03	8.7450E-03	1.1013E-02	
	反射率	0.467	0.386	0.369	0.319	0.276	0.277	0.275	0.277	0.280	0.265	0.509	0.460	0.414	0.383	0.360	0.337	0.323	0.318	0.309	0.314	0.537	0.496	0.465	0.439	0.430	0.404	0.380	0.371	0.382	
	波形勾配 (H _{1/3} /L)	0.0209	0.0297	0.0376	0.0456	0.0534	0.0614	0.0704	0.0791	0.0854	0.0883	0.0114	0.0175	0.0214	0.0252	0.0306	0.0351	0.0363	0.0431	0.0460	0.0511	0.0079	0.0114	0.0138	0.0169	0.0183	0.0230	0.0256	0.0285	0.0320	
	波数	93	97	114	114	112	101	104	8	76	8	Ľ	69	8	78	65	72	78	75	74	63	51	54	6	09	61	59	62	62	50	
	Tave(s)	1.07	1.04	1.02	1.00	1.03	1.12	1.15	1.20	1.19	1.22	1.40	1.46	1.32	1.47	1.45	1.47	1.46	1.52	1.46	1.44	1.90	1.82	1.73	1.92	1.85	1.92	1.86	1.86	1.98	
	Have(cm)	2.96	3.96	5.02	5.84	7.32	8.59	10.07	11.73	12.94	13.89	2.87	4.19	5.09	6.55	7.68	8.79	6.44	11.10	11.51	12.76	3.21	4.11	4.86	6.47	7.15	9.12	10.06	10.87	12.26	
	L(cm)	236.3	226.6	230.7	226.5	238.8	237.2	237.4	239.6	246.7	253.7	418.1	392.0	413.8	424.0	420.0	407.4	440.5	431.8	428.8	434.3	643.1	591.1	596.6	667.2	689.4	675.8	668.4	660.2	643.3	
	$T_{1/3}(s)$	1.26	1.23	1.24	1.23	1.27	1.26	1.26	1.20	1.29	1.32	1.85	1.76	1.84	1.87	1.86	1.81	1.93	1.90	1.89	1.91	2.63	2.45	2.47	2.72	2.80	2.75	2.73	2.70	2.64	
	H _{1/3} (cm)	4.93	6.73	8.67	10.33	12.75	14.56	16.71	18.95	21.06	22.41	4.78	6.87	8.84	10.70	12.85	14.29	16.00	18.60	19.71	22.18	5.08	6.74	8.26	11.29	12.64	15.52	17.12	18.80	20.59	
	解析データ数	2049	2049	2341	2321	2341	2301	2401	2101	2351	2351	2001	2049	2341	2331	1926	2121	2321	2321	2161	1861	2001	2049	2301	2341	2321	2341	2341	2321	2011	
-	計算範囲	300-2348	190-2238	60-2400	80-2400	60-2400	100-2400	0-2400	100-2200	50-2400	50-2400	400-2400	190-2238	60-2400	70-2400	75-2000	80-2200	80-2400	80-2400	80-2240	70-1930	400-2400	20-2068	100-2400	60-2400	80-2400	60-2400	60-2400	80-2400	50-2060	
	データ総数	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2266	2016	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2250	
	タンク	×	×	0	0	0	0	0	0	0	0	×	×	0	0	0	0	0	0	0	0	×	×	0	0	0	0	0	0	0	
	初期大深 (cm)	15.4	15.4	/				/				15.4	15.4			/				/		15.4	15.3					/	/	/	
	¥(m) (℃					0.05	0.0/									002	0.0/									0 70.0					
ŀ	,)θ (m;					7	0. 2									č	2 7									.0					
l	ASE R(c	020F	020F	020F	020F	020F 。	020F	020F	020F	020F	020F	120F	120F	120F	120F	120F 。	120F °	120F	120F	120F	120F	0220F 0220F 0220F 0220F 0420F 8.0 0520F 0520F 07220F 0520F									
L	C∌	Q0	QI	Q2(Q3(Q4	Q5(Q6(QŢ	Q8(60	00	Q	62	Q3,	Q4,	Q5	Q6.	Q7,	Q8,	60	002 002 002 002 002 002 002 002 002 002								087	

表 5-17 実験結果(我が国沿岸: R=8.0cm)

越波量(原	型)(m ³ /s/m)	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.04	0.06	0.08	0.09	0.10	0.00	0.00	0.01	0.03	0.04	0.06	0.09	0.11	0.15	0.18	0.00	0.00	0.00	0.02	0.03	0.06	0.10	0.12	0.14
波power(原	型)(kW/m)	0.49	0.94	1.49	2.14	3.40	4.32	5.64	6.76	8.73	10.41	0.80	1.54	2.59	3.64	4.98	6.32	8.23	10.40	12.36	14.64	0.89	1.82	2.81	4.68	5.98	8.24	11.48	14.64	16.69
「西田」と	レ(示主)	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.13	1.12	1.13	1.14	1.18	1.19	1.19	1.20	1.19	1.19	1.19	1.18	1.18	1.19	1.09	1.08	1.08	1.03	1.03	1.06	1.03	1.02	1.02
1、西刑//***>	「「「「「」」	23.1	23.4	23.5	23.4	22.9	23.0	24.2	23.6	24.6	24.6	45.1	41.8	42.6	40.0	41.3	43.1	43.0	44.2	43.4	42.9	57.5	59.4	59.0	65.7	65.1	61.2	65.3	66.4	65.8
「「「「「「「」」」	1」(小士)(5)	4.0	4.0	4.0	4.0	3.9	3.9	4.0	4.0	4.1	4.1	6.2	5.9	5.9	5.7	5.8	6.0	6.0	6.1	6.0	6.0	7.6	7.8	7.7	8.5	8.4	8.0	8.4	8.6	8.5
ロノ西王	11/3//亦主人111/	0.51	0.70	0.88	1.06	1.35	1.52	1.70	1.88	2.10	2.29	0.51	0.72	0.93	1.12	1.30	1.44	1.65	1.83	2.01	2.19	0.50	0.71	0.89	1.12	1.27	1.50	1.76	1.98	2.11
無次元流量	(q/ 7 2gH _{1/3} ³)	1.2051E-05	1.7545E-04	1.6442E-03	2.8324E-03	3.2627E-03	5.1398E-03	6.1446E-03	6.7236E-03	6.7551E-03	6.8340E-03	0.0000E+00	2.8958E-04	3.3093E-03	5.3476E-03	5.9483E-03	8.1539E-03	9.3693E-03	9.8853E-03	1.1784E-02	1.2586E-02	6.9196E-04	3.3126E-04	7.2025E-04	3.6729E-03	5.1866E-03	7.8905E-03	9.8668E-03	1.0119E-02	1.0020E-02
越波量	(m ³ /s/m)	6.0726E-07	1.4478E-05	1.9067E-04	4.3276E-04	7.1336E-04	1.3426E-03	1.8986E-03	2.4162E-03	2.8693E-03	3.3140E-03	0.0000E+00	2.4614E-05	4.1217E-04	8.8739E-04	1.2297E-03	1.9686E-03	2.7663E-03	3.4377E-03	4.7093E-03	5.7258E-03	3.4456E-05	2.7862E-05	8.4093E-05	6.1030E-04	1.0367E-03	2.0369E-03	3.2147E-03	3.9371E-03	4.3083E-03
いまた	从划年	0.560	0.461	0.400	0.365	0.330	0.323	0.300	0.277	0.293	0.290	0.591	0.537	0.486	0.420	0.389	0.388	0.367	0.341	0.328	0.342	0.545	0.514	0.490	0.477	0.466	0.425	0.421	0.406	0.387
皮形勾配	(H _{1/3} /L)	0.0218	0.0301	0.0375	0.0454	0.0589	0.0659	0.0700	0.0794	0.0853	0.0929	0.0112	0.0172	0.0217	0.0280	0.0314	0.0333	0.0383	0.0415	0.0464	0.0511	0.0087	0.0120	0.0150	0.0171	0.0195	0.0246	0.0269	0.0298	0.0321
****	/X 3X	85	88	94	96	108	105	102	99	90	96	66	67	68	69	82	75	80	75	75	73	58	57	57	51	60	64	60	60	61
(a)orro	(e)DAD.	1.11	1.12	1.07	1.06	1.08	1.10	1.14	1.15	1.18	1.21	1.46	1.48	1.49	1.44	1.41	1.53	1.42	1.50	1.51	1.54	1.71	1.71	1.77	1.92	1.91	1.78	1.87	1.87	1.90
I (ma)ono	וווח)סאפו	3.14	4.33	5.21	6.34	8.02	9.20	10.21	11.40	12.75	14.29	3.09	4.53	5.64	6.84	7.79	8.97	9.77	11.06	12.29	13.63	2.96	4.29	5.33	6.80	7.46	8.83	10.46	11.53	12.17
1 (000)		231.4	234.1	235.1	233.7	228.7	230.0	242.2	236.1	245.8	246.4	450.5	417.9	425.6	400.2	412.7	431.4	429.6	442.0	433.9	429.4	575.0	594.3	589.6	656.5	650.7	612.3	653.2	664.2	657.9
L (2) I	1 (e){/1	1.25	1.25	1.26	1.25	1.24	1.24	1.28	1.26	1.29	1.29	1.96	1.85	1.88	1.79	1.83	1.90	1.89	1.93	1.90	1.89	2.39	2.46	2.44	2.68	2.66	2.53	2.67	2.71	2.69
L () II	11/3(111)	5.06	7.03	8.82	10.60	13.46	15.16	16.95	18.75	20.96	22.89	5.07	7.17	9.25	11.20	12.97	14.38	16.45	18.34	20.12	21.94	5.02	7.12	8.86	11.21	12.68	15.04	17.56	19.77	21.13
	時 1 1	1940	1990	2049	2049	2351	2341	2351	2301	2131	2351	1951	2011	2049	2049	2341	2321	2301	2301	2291	2281	2001	2011	2031	2049	2331	2321	2321	2311	2351
하는 100 100 100 100 100 100 100 100 100 10	티 묫퇴쯔	460-2400	410-2400	260-2308	200-2248	50-2400	60-2400	50-2400	100-2400	70-2200	50-2400	450-2400	390-2400	200-2248	240-2288	60-2400	80-2400	100-2400	100-2400	110-2400	120-2400	400-2400	390-2400	370-2400	20-2068	70-2400	80-2400	80-2400	90-2400	50-2400
北谷	7 — 予 邢 致	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400
í í	1.1.4	×	×	×	×	0	0	0	0	0	0	×	×	×	×	0	0	0	0	0	0	×	×	×	×	0	0	0	0	0
初期大深	(cm)	15.3	15.3	15.3	15.3	/	/	/	/	/		14.9	15.2	15.2	15.3	/	/	/	/	/		15.1	15.3	15.3	15.3	/	/		/	
水	(cm)					0.02	0.0/									0.02	0.0									70.0				
10/0	· M					6	3									6	3									20				
D(200	INAI					15.0										15.0	1.01									15.0				
	TCAD	Q0020B	Q1020B	Q2020B	Q3020B	Q4020B	Q5020B	Q6020B	Q7020B	Q8020B	Q9020B	Q0120B	Q1120B	Q2120B	Q3120B	Q4120B	Q5120B	Q6120B	Q7120B	Q8120B	Q9120B	Q0220B	Q1220B	Q2220B	Q3220B	Q4220B	Q5220B	Q6220B	Q7220B	Q8220B

実験結果(我が国沿岸:R=15.0cm) 表 5-18



5.3.6 既存の研究との比較

(1) 合田との比較

実験結果と理論値の比較を行うために以下に理論的考察を行う.合田ら(合田ら,1975) は規則波のある波高と周期に対する単位幅当り、単位時間当りの越波量 q がわかると、波 高と周期の相関を無視して代表周期(たとえば T_{1/3})についての流量を q₀とすれば、不規則 波が襲来したときの平均越波量は次式(5.1)で表した.

$$q_{\exp} = \int_0^\infty q_0 \cdot p(H) dH$$
(5.1)

ここで、p(H)は波高の確立密度関数であり q_{exp} は期待越波量とする.

合田ら(合田ら, 1975)は越波流量に吉川・日野らの越波式を用い,波高がレーリー分布 するものとし,具体的に期待越波量を次式で求めている.

$$\frac{q_{\exp}}{\sqrt{2g(H_{1/3})_0^3}} = \int_0^\infty \frac{q(\eta)}{\sqrt{2g(H_{1/3})_0^3}} p(\eta) d\eta$$
(5.2)

$$\frac{q(\eta)}{\sqrt{2g(H_{1/3})_0^3}} = 0.10 \left(\frac{K}{1+K}\right)^{3/2} \eta^{3/2} \left[1 - \frac{H_c}{(H_{1/3})} \frac{1}{K\eta}\right]^{5/2}$$
(5.3)

$$K = \eta_0 / H$$
, $\eta = H / (H_{1/3})_0$ (5.4)

$$K = \min\left\{ \left[1 + a \, \frac{\eta \cdot \left(H_{1/3}\right)_0}{h} + \frac{b}{\left(K_s\right)_{1/3}} \left(\frac{\eta \cdot \left(H_{1/3}\right)_0}{h}\right)^2 \right], \qquad c \right\}$$
(5.5)

ここで、 $(H_{1/3})_0$ は沖波有義波高、 H_c は静水面からの天端高さ、 η_0 は波峰高、 $(K_s)_{1/3}$ は 砕波減衰を含めた有義波高の変化率、min {[a], c}は[]または c のいずれか小さいほうを採 用する. a, b, cは実験的に定まる定数で、鉛直壁ではa = 1.0, b = 0.8, c = 10という値を求 めている.

合田ら(合田ら, 1975)は式(5.3)に基づき ηを 50 に分けて式(5.2)の積分を 50 区間の 級総和に置き換え,海底勾配 1/10 および 1/30 に設置された鉛直堤の期待越波量を求める図 を沖波波形勾配が 0.012, 0.017, 0.036 の場合について作成している.図 5-35 に合田による 越波量の算定図(消波護岸 1/30)を示す.



図 5-36~5-38 に合田ら(合田ら,1975)の越波量と本実験で得られた越波量を示す. なお 合田ら(合田ら,1975)の越波量算定図は波形勾配が 0.012, 0.017, 0.036 の場合であること や,越波揚程と波高の比に上下限を指定していることから表記は算定図を使用して求めら れるもののみである.実線で合田の越波量を示し,プロットで実験値を示す.



図 5-36 越波量合田ら(合田ら, 1975)と越波量(実験値)(H/L=0.012)



図 5-37 越波量合田ら(合田ら, 1975)と越波量(実験値)(H/L=0.017)

103



図 5-38 越波量合田ら(合田ら, 1975)と越波量(実験値)(H/L=0.036)

全ケースで合田の越波量より実験で得られた越波量の方が高い値を示すことがわかる. またこれら実験値のプロットから合田の理論値との比較を表 5-19 に示す.割合で示した数 値は合田の越波量に対する本実験で得られた越波量の割合を示す.

全体として実験値の方が合田の越波量よりも総じて桁違いに大きい値を示した.この要因として、実験断面の違いが挙げられる.合田は、護岸を想定して前面に消波ブロックを設置し越波量を算定しているのに対し、著者らは、効率良く越波量得ることを目的として前面に傾斜板を設置している.傾斜板の効果は大きく遡上への影響は前述したとおりである. まち10 地球生息(APP)

CASE	越波量 (実験値)	越波量(合田)	割合(倍)
QH120F	3.0307E-02	1.70E-04	178.3
QH320F	2.4008E-02	2.60E-03	9.2
QH420F	2.3792E-02	5.10E-03	4.7
QH520F	2.7089E-02	8.00E-03	3.4
QH120A	2.7206E-02	4.00E-05	680.2
QH320A	2.1772E-02	1.50E-03	14.5
QH420A	2.3279E-02	2.30E-03	10.1
QH520A	2.3190E-02	5.00E-03	4.6
QH920A	2.4959E-02	3.60E-03	6.9
QH320B	1.5892E-02	4.00E-04	39.7
QH420B	1.5636E-02	1.00E-03	15.6
QH520B	1.4539E-02	2.20E-03	6.6
QH420C	1.0078E-02	4.50E-04	22.4
QH520C	9.3157E-03	9.00E-04	10.4
Q2020F	7.1374E-03	3.80E-04	18.8
Q1120F	7.3936E-03	6.00E-05	123.2
Q2120F	1.3959E-02	3.00E-04	46.5
Q5120F	2.0168E-02	2.10E-03	9.6
Q6120F	2.0247E-02	2.80E-03	7.2
Q1220F	8.3942E-03	8.00E-05	104.9
Q2220F	1.6919E-02	2.70E-04	62.7
Q3220F	1.6833E-02	1.30E-03	12.9
Q4220F	2.0623E-02	1.50E-03	13.7
Q2020B	1.6442E-03	2.50E-06	657.7
Q1120B	2.8958E-04	5.50E-07	526.5
Q2120B	3.3093E-03	7.50E-06	441.2
Q5120B	8.1539E-03	2.90E-04	28.1
Q6120B	9.3693E-03	5.20E-04	18.0
Q2220B	7.2025E-04	4.00E-06	180.1
Q3220B	3.6729E-03	4.00E-05	91.8
Q4220B	5.1866E-03	1.70E-04	30.5

表 5-19 越波量(合田)と越波量(実験値)の割合

(2) 玉田ら(玉田ら, 2010) との比較

越波量を算定する既存の考え方には、先に論じた合田の他に玉田ら(玉田ら,2010)の考 え方がある.玉田らは、図 5-39 に示す断面条件において行った実験で得られた越波流量 q を合田ら(合田ら,1975)と同様に $q/\sqrt{2gH_0^3}$ の形に無次元化し、水深ごとに $q/\sqrt{2gH_0^3}$ をプ ロットし、相対護岸天端高 h_o/H₀ごとに対して実験曲線を描いた.なお、波浪条件は有義 波周期が 1s の Bretschneider・光易で制御された不規則波、海底勾配 i=1/10,1/30, H₀/L₀=0.017, 0.036, cot θ =3,5,7 の条件となる.ただし、水深は一定で波形勾配が2種類となるため、 使用波高も2種類と考えられ、著者らの実験と比較すると波浪条件が限定されている点に 留意したい.また、海底勾配は、著者らの実験では水平(i=0)な海底地形であることから 本論文で比較する条件は比較的近いと考えられる i=1/30 のみとしたい.



図 5-39 緩傾斜護岸の模式図(玉田ら, 2010)

図 5-40 と図 5-41 はそれぞれ H/L=0.017 かつ $h_c/H_0=0.7$ と H/L=0.036 かつ $h_c/H_0=0.5\sim0.55$ の時の玉田らと今回の実験との比較である.



図 5-40 玉田ら(玉田ら, 2010)の結果との比較(H/L=0.017かつh_c/H₀=0.7)


図 5-41 玉田ら(玉田ら, 2010)の結果との比較(H/L=0.036 かつ hc/H₀=0.5~0.55)

著者らの実験条件では i=0 であることを考慮しつつ,得られた結果の中で,H/L=0.017 と 0.036 となるデータを抽出してグラフにプロットした.H/L=0.017 の条件下においては,hc/H₀ =0.7 のため緑色のラインと比較する必要がある. 玉田らの示す結果と比較すると,著者らの実験結果は hc/H₀=0.5 の結果と近いことがわかる. この結果は,玉田らが得た結果より低い波高にも関わらず同等の打上げ高が得られた,もしくは同等の波高にも関わらず打上げ高が高い結果が得られたことを示す.

この理由の一つとして海底勾配の違いが考えられる.しかし,それ以上に,玉田らの実験 結果が T_{1/3}=1s と比較的短い波浪条件で得られた結果であることに対し,著者らの実験結果 は T_{1/3}=2.72s であることに大きな違いを生んだ原因があると考える.前述した波パワーを 考えると,同じ波高で周期が 1s の場合と 2.72s の場合では得られる波パワーは 2.72 倍とな る.波パワーと打上げ高は比例関係にあると考えられることからこのような結果が得られ たと考えられる. H/L=0.036 の結果も同様に考えることができる.

5.3.7 波パワーによる越波量推定の考察

次に,打上げ高でも容易にまとめることができた波パワー(kW/m)と越波量 q(m³/s/m)の関係を考える.図 5-42 は御前崎の波浪条件と我が国沿岸を想定した波浪条件の実験結果をまとめたものであり,波浪条件に関わらず,越波揚程 R=8cm と 10cm は 8cm の方がわずかに上回るがどちらも非常に近い傾向を示している.一方,R=15cm,20cm の場合も波浪条件に関わらず,明らかに越波量が減少していることが分かる結果となった.この結果から,本研究における越波揚程 R は 8cm, 10cm が 15cm, 20cm と比較すると優れていることがいえる.また,波パワーと越波量の関係は比例関係にあり,現地の波条件から越波量を予測

する際に非常にシンプルにまとめることができる.

ここで, 越波量を q (m³/s/m), 入射する波パワーE (kW/m) とした場合の関係式を式 (5.6) で表す.

$$q = \alpha E \tag{5.6}$$

御前崎周辺の波浪条件では,越波揚程 (R) が 0.8m, 1.0m, 1.5m, 2.0m のときαの値はそ れぞれ 0.02312, 0.02234, 0.01390, 0.00840 となり,我が国沿岸を想定した波浪条件では越 波揚程 (R) が 0.8m, 1.5m, のときαの値はそれぞれ 0.02265, 0.00957 となった.



(御前崎・我が国)

5.3.8 まとめ

本実験は、貯水タンクを用いて越波量のデータを確実に得ることにより、より正確な越 波量を算出することを目的に行われた実験である.主要な結果および考察を以下に示す.

(1) 波高 $H_{1/3}$ (cm) と越波量 q ($m^3/s/m$)の関係

波浪条件に関わらず,波高を高くすると越波量が増え越波揚程が高くなるにしたがって 越波量が減少することがわかる.また,越波揚程が 8cm の方が 15cm よりも越波量が多いこ とがわかった.本実験で越波量が最大となった R=8.0cm, $H_{1/3}$ =22.91cm, $T_{1/3}$ =2.46s (御前崎) のとき, q=0.0132m³/s/mの値から模型縮尺 1/10として実際の越波量を算定すると, $H_{1/3}$ =2.29m, $T_{1/3}$ =7.78s のときに q=0.4m³/s/m となる.装置 1m 幅当たりでこの越波量が得られるのであれ ば、仮に 100m 幅の越波式波力発電装置を設置すると Q=40m³/s となり、膨大な越波量が見 込めることから、越波式波力発電による出力に期待が持てる.

(2) 波形勾配 H_{1/3}/L と越波量 q (m³/s/m)の関係

波形勾配 H_{1/3}/L=0.04 付近に越波量のピークがあることがわかる.また,それを超えると 越波量は大きく減少する.波形勾配は波の峰の鋭さを表すが,波高や周期の大小を表して はいないことから波形勾配のみで越波量を推定することはできないことがわかった.

(3) 既往の研究との比較

実験値の方が合田の期待越波量よりも総じて桁違いに大きい値を示した.この要因とし て考えられることは目的の違いである.合田の場合,護岸を想定して消波ブロックを設置 し越波量を算定しているのに対し,著者は越波量を増やすことを目的に傾斜板を用い越波 量を計測した点で,そもそも双方の目的はかい離していることが桁違いの結果が生じた原 因である.

また,玉田らが得た結果と比較して,著者らの結果は玉田らよりも低い波高にも関わらず 同等の打上げ高が得られた,もしくは,同等の波高にも関わらず打上げ高が高い結果が得 られた.この結果は,玉田らの実験結果と著者らの結果では設定された周期の違いが大き いためと考えられる.同じ波高の場合,周期の差と波パワーの差は比例するためこのよう な結果が得られたと考えられる.

(4) 波パワー (kW/m) と越波量 q (m³/s/m) の関係

波浪条件に関わらず,越波揚程 R=8cm と 10cm は 8cm の方がわずかに上回るが,どちら も非常に近い傾向を示している.一方,R=15cm,20cm の場合も波浪条件に関わらず,明ら かに越波量が減少していることが分かる結果となった.この結果から,本研究における越 波揚程 R は 8cm, 10cm が 15cm, 20cm よりも越波量を得ることができるといえる.また, 波パワーと越波量の関係は比例関係にあり,現地の波条件から越波量を予測する際に容易 にまとめることができる.

越波量は、波パワーと線形な関係となることから、単位幅当たりの越波量を $q(m^3/s/m)$ 、 入射する波パワーE(kW/m)とすると、御前崎周辺の波浪条件では、越波揚程(R)が0.8m、 1.0m、1.5m、2.0m のときの関係式はそれぞれ q=0.02312E, q=0.02234E, q=0.01390E, q=0.00840Eとなり、我が国沿岸を想定した波浪条件では越波揚程(R)が0.8m、1.5m、の とき α の値はそれぞれ q=0.02265E, q=0.00957Eとなった.

5.4 多段水槽を使った越波量特性

5.4.1 実験目的

本研究における越波式波力発電装置は図 5-43 に示したように, 襲来した波を傾斜板によって遡上させ各水槽に流入させることにより位置エネルギーを持たせる. そして流入した 水の送水エネルギーによってタービンを回転させ, トルクを得ることで発電を行っている. また我々が考案している越波式波力発電装置はどのような波の条件(波高・周期)に対して も効率良く波を越波させ, より多くの水を取り入れることが必須条件である.

本実験では、より多くの越波量を得ることと、躯体の縮小化による建設コストの削減を 目的として、水槽開口幅の検討、斜面板角度の変動による越波量の調査を行った.



図 5-43 波力発電装置の仕組み

5.4.2 開口幅と流入に関する実験

多段水槽模型における開口部の幅は最大 10cm となっているが、この幅を狭めることでよ り多くの越波水が斜面板を遡上し高い水槽内に流入することが考えられ、エネルギーの高 取得に寄与することが考えられる.また、躯体の縮小が可能となり建設コストの削減が可 能となる.本実験ではこれらの目的の元、開口幅を決定する実験を行った.

5.4.2.1 実験施設および実験装置

(1) 実験水槽

実験は東海大学海洋学部臨海実験場第一水理実験棟平面水槽(縦:22.0m 横:23.0m 深 さ:1.2m)を用いて行なった.この水槽には造波機が取り付けてあり.さまざまな波を造 り.ブロックの安定実験や波の変形実験および海岸侵食実験を行うことができる.写真 5-25 に実験水槽全景を示す.



(2) 造波機

写真 5-25 平面水槽

東海大学海洋学部臨海実験場第一水理実験棟平面水槽に取り付けられている造波機は, 一方向または多方向の規則波および不規則波を発生することができる. 写真 5-26 に示す造 波制御コンピュータは第一水理実験棟平面水槽の 2 階部にあり平面水槽を見下ろすように 設置してある. 写真 5-27 と写真 5-28 は造波機であり, 20 枚のパネルを制御して造波してい る.

造波機の仕様 型式:多方向不規則波造波方式(スネーク式) 造波板長:80cm×20台(全幅16m) 周期:T=0.5~5.0s, T_{1/3}=0.8~3.0s 波高:規則波最大20cm(周期1.5~2.5s), H_{1/3}=10cm 波向:造波板に垂直方向を中心に±45度



写真 5-26 造波機制御コンピュータ

写真 5-27 造波機



(3) 多段水槽

写真 5-28 造波機(正面)

写真 5-29 は本実験で使用する多段水槽である.水槽1段分の寸法は,幅:2.0m,奥行: 0.1m,高さ:1.0m であり全部で4段構成となっている.後部の水槽が前部の水槽より高い位置に設置することで遡上した波がそれぞれの水槽に落ちる仕組みになっている.

水槽の開口部に可動のバーが取り付けられており斜面板の角度,長さに対応できる.脚 部に取り付けてあるコ型のアングルにより水槽自体の高さを調節することが可能である.

(4) 傾斜板

本実験の傾斜板は横幅 2.0m,縦幅 2.0m のコンパネを使用し,高波浪時でも傾斜角度 20° を保っていられるように単管パイプで強固に固定した.(写真 5-30)



写真 5-29 多段水槽

写真 5-30 傾斜板

(5) その他の使用器具

今回の実験で使用した備品と装置を写真 5-31~5-33 に示す.



写真 5-31 クレーン





写真 5-32 消波ボックス

写真 5-33 消波材

5.4.2.2 実験方法および実験条件

本実験は写真 5-25 に示す平面水槽で行い,造波機から 9.0m の位置に多段水槽を設置した. 以下に実験方法と条件を示す.

図 5-44 に示す黄色部の斜面板①の角度を 20°で固定,水槽 1~2 間の距離を変えずに斜面 板①の長さを調節して水槽 1 の開口幅を 5cm にした.その状態を基本として斜面板を 1cm ずつ短くすることにより開口幅を 6,7,8,9,10cm と広げた.各幅に対し造波し,ハイス ピードカメラによる撮影と目視によって越波した水を取りきれているか確認し幅を決定し た.

実験条件は下記の通りである.

- ・模型縮尺を 1/10 とし、実験条件は Froude の相似則から決定した.
- ・傾斜板角度と斜面板①角度は 20°,実験水深は 70cm で固定した.
- ・波揚程は 8cm で固定し,水槽 2 以降は 16cm, 24cm, 32cm とする.
- ・実験波浪は、Bretschneider-光易型を目標スペクトルとする不規則波を用いた.
- ・実験条件は表 5-20 であり、全国の実海域の波の波高、周期を模型実験の縮尺にした値を 表に示す.
- ・ファイルネームを図 5-45 とする.
- i : <u>M</u>odel, 越波量<u>Q</u>
- ii : 実験 No (case10~case12)
- iii:開口幅 (0=5cm), (1=6cm), (2=7cm), (3=8cm),

(4=9cm), (5=10cm)

iv:実験回数



図 5-44 開口幅および斜面板角度による越波量特性実験概要図

宝脸No	実	毎域	模型実験(λ=1/10)				
天厥110.	$H_{1/3}(m)$	T _{1/3} (s)	$H_{1/3}(cm)$	T _{1/3} (s)			
casel		4.00		1.26			
case2	0.50	6.00	5.0	1.9			
case3		8.00		2.53			
case4		4.00		1.26			
case5	1.00	6.00	10.0	1.9			
case6		8.00		2.53			
case7	1.50	4.00		1.26			
case8		6.00	15.0	1.9			
case9		8.00		2.53			
case10		4.00		1.26			
case11	2.00	6.00	20.0	1.9			
case12		8.00		2.53			

表 5-20 実験条件



図 5-45 ファイルネーム

5.4.2.3 結果および考察

本実験では、斜面板の長さ、すなわち水槽開口部の幅を変更することで越波した水が水 槽に流入する様をハイスピードカメラによる撮影と目視で確認した.

造波条件を同一の Case12 とし,開口幅を 5cm とした写真 5-34,開口幅を 10cm とした写 真 5-35 を以下に示す.赤丸で示す箇所に顕著な違いが見受けられる.開口幅 5cm の場合, 斜面板を一度遡上した水が最下段水槽に流入する際に,飲込みきることが出来ておらず, 傾斜板上端部に乗り上げる形で盛り上がりが形成され,水面に戻ってしまっていることが わかる. 逆に, 開口幅 10cm の場合は同一造波条件にも関わらず開口幅 5cm 時の現象は確認 されなかった.開口幅 9cm の場合もほとんど開口幅 5cm 時の現象は確認されなかったが実 海域における発生波条件は,本実験条件よりも幅広く存在しているため,広めの開口幅が 適当であると判断し開口幅を 10cm とした.なお,原型の場合は 1m である.



写真 5-34 開口幅 5cm

写真 5-35 開口幅 10cm

5.4.3 斜面板角度による越波量特性実験5.4.3.1 実験目的

本項以降では前項で行った実験から求めた開口幅で固定し,図 5-44 の斜面板②と斜面板 ③の角度を 20°,30°,40°に変動することによって得られる越波量にどの様な特性がある かを目的とした.また本実験における水槽間の高さの差はすべて8cmと固定しているため, 斜面板角度が大きくなるほど,幾何学的に各水槽間距離を狭めることができるため建設コ ストの削減が期待される.

5.4.3.2 実験施設および実験装置

(1) 実験水槽

図 5-25 を参照

(2)使用機器
造波機
図 5-27,図 5-28 を参照
多段水槽
図 5-29 を参照
傾斜板
図 5-30 を参照

(3) 容量式波高計

写真 5-36 と写真 5-37 はそれぞれ容量式波高計のアンプと波高計測部である.仕様を下記

に示す. 容量式波高計の仕様 型名:CH-401型 チャンネル数:1ch 測定モード:1,2,4倍(3点手動切り替え) 較正電圧:1,1/2,1/4,0(4点手動切り替え) 出力電圧:±2.5V/FS(負荷10kΩ以上) 出力電流:±20mA/FS(負荷20Ω以下) 使用温度範囲:0~40℃ 電源:AC100V±10% 50&60Hz 消費電力:約15VA 外形寸法(mm):66W×168H×215D 重量約:1.4kg

検出部 最大測定波高 :10cm (CHT4-10), 20cm (CHT4-20), 40cm (CHT4-40), 50cm (CHT4-50), 60cm (CHT4-60), 80cm (CHT4-80), 100cm (CHT4-100) 直線性誤差 :±0.5%/FS 応答性 : 5Hz (波高±5cm) 安定性 :±1%/FS 相互干渉 :±1%以下 (容量線間隔 10cm 以上) 使用温度範囲 : 0~40℃ 重量 :約 0.5kg 製造元 : 株式会社 ケネック



写真 5-36 波高計アンプ



写真 5-37 波高計

(4) データ収録器

写真 5-38 はデータ収録器である.この仕様を下記に示す. データ収録器の仕様

PCD320A

測定対象:電圧

測定チャンネル数:4ユニット(最大4ユニット16チャンネルまで測定可能)

測定レンジ:1,2,5,10,20,50V および OFF の7 段

精度:±0.2%FS以内(23℃にて)

応答周波数範囲: DC カップリング DC~1kHz, AC カップリング 0.2~1kHz

分解能:12ビット 逐次比較型,出力2の補数

サンプリング周波数:1,2,5,10,20,50,100,200,500Hz,1,2,5kHz まで測定可能 4 チャンネル同時サンプリング

インターフェース:USB 測定入力端子:入力端子 BNC コネクタ 電源:AC100V~240V(標準付属 AC アダプタ SA10A 使用) 製造元:株式会社 共和電業



(5) 取水用機器等

写真 5-38 PCD320A

写真 5-39~5-43 は本実験で使用した多段水槽自体に排出機能が無いため,水槽内に流入 した水を水槽外に排出し,越波量を計測するために使用した機器である.以下に仕様を示 す.

また,越波量が水槽 1 以降の水槽より比較的多いため,より吐出量の大きいポンプ,容量の大きい貯水タンクを使用した.



写真 5-39 コンプレッサー



写真 5-40 ダイアフラム式ポンプ

企業名:AKTIO 商品コード:C1A50600 使用エア圧:0.2~0.7{2~7} (MPa{kgf/cm²}) 最高吐出圧力:0.7 (MPa{kgf/cm²}) 最大吐出量:約 600(L/min) 質量:37(kg)

企業名:AKTIO 商品コード:C1A80800 使用エア圧:0.2~0.7{2~7} (MPa{kgf/cm²}) 最高吐出圧力:0.7 (MPa{kgf/cm²}) 最大吐出量:約 800(L/min) 質量:65(kg)



写真 5-41 貯水タンク

企業名·AKTIO
商品コード : ZZE 01000
種類:水タンク
容量:1(m ³)
寸法:全長(内寸)1440(1200)(mm)
全幅(内寸)1400 (1000) (mm)
全高(内寸)905 (900) (mm)
質量:203(kg)
企業名:AKTIO
企業名:AKTIO 商品コード:ZZE 02000
企業名:AKTIO 商品コード:ZZE 02000 種類:水タンク
企業名:AKTIO 商品コード:ZZE 02000 種類:水タンク 容量:2(m ³)
企業名:AKTIO 商品コード:ZZE 02000 種類:水タンク 容量:2(m ³) 寸法:全長(内寸)2240 (2000) (mm)
企業名:AKTIO 商品コード:ZZE 02000 種類:水タンク 容量:2(m ³) 寸法:全長(内寸)2240 (2000) (mm) 全幅(内寸)1000 (900) (mm)
企業名:AKTIO 商品コード:ZZE 02000 種類:水タンク 容量:2(m ³) 寸法:全長(内寸)2240 (2000) (mm) 全幅(内寸)1000 (900) (mm) 全高(内寸)1205 (1200) (mm)



写真 5-42 送水用ホース



写真 5-43 取水用ホース

(6) データ収録用パソコン



写真 5-44 データ収録用パソコン

5.4.3.3 実験方法および実験条件

本実験は写真 5-25 に示す平面水槽で行い,造波機から 9.0mの位置に設置した.以下に実験方法と実験条件を示す.

波データは、傾斜板前方に設置した沖波波高計 ch1, ch2 により得られたデータを、ゼロ アップクロス法を用いて沖波波高および周期を求め入反射分離法より反射率を求めた. 波 長Lは式 (4.15) から算出した. また各水槽に流入する越波量 (m³/s/m) に関しては,図 5-46 に示すとおり、各水槽に接続されたダイヤフラムポンプを起動し水槽 1 に越波し流入した 水を貯水タンク 1 へ、水槽 2 に越波し流入した水を貯水タンク 2 というように、それぞれ 対応した貯水タンクへ送水し貯水した. また、貯水タンク内に設置した波高計により水位 変化を求めその水位変化に水槽の底面積を乗じて越波量 (m³/s/m) とした.

なお,求めた越波量(m³/s/m)は縮尺 1/10 模型となっており,実機に縮尺を変更する必要があるため Froude の相似測を使って原型の越波量に変換した.

- ・図 5-44 の緑色部の斜面板②と斜面板③の角度を 20°, 30°, 40°に変化させるととも に水槽間の距離も変えた.
- ・多段水槽, 取水用機器, 波高計等を図 5-46 に示すように設置した.

- ・傾斜板角度,斜面板①の角度は20°で固定した.
- ・実験水深は 70cm で固定したが, 越波揚程が 0cm の時に限り 78 cmとした.
- ・越波揚程が15 cmの時、脚部のアングルを調節することにより水槽自体を高くした.
- ・水槽 2~3 間,水槽 3~4 間は斜面板②,斜面板③の角度変化に伴い距離を変えた.
- ・実験条件は前項の表 5-20 と同様とした.
- ・収録データ仕様を表 5-21 に示す.
- ・計測時間は2400データ取得か、貯水タンクが満タン状態になるまでとした.
- ・ファイルネームは図 5-47 とする.
 - i : <u>M</u>odel, 越波量<u>Q</u>
 - ii:造波 (case1~case12)
 - ⅲ:斜面板角度 (2=20°), (3=30°), (4=40°)
 - iv: 越波揚程 (0=8cm), (9=0cm), (5=15cm)



図 5-46 斜面板角度による越波量特性実験概要図

表 5-21 収録データ数

収録項目	仕様
収録データ数	2400
サンプリング周波数	20Hz



図 5-47 ファイルネーム

5.4.3.4 結果および考察

表 5-22 と表 5-23 は本実験より求めた解析データである. 越波量は全て模型縮尺となって おり,実験時に取得した基データとなる. 表 5-23 は表 5-22 の模型サイズのデータを原型に 直したものである. 越波揚程が 0cm の場合は水槽 1 が水没していることから計測は出来な かった. 大きな波条件の場合, 0.4m³/s/m もの水が越波・流入してくることが実験から分かっ た. 予定装置幅 20m と考えると越波・流入量は 8m³/s/m となり,多くの越波量を装置に取 得できると考えられる.

(1) タンクを用いた単水槽実験との比較(波パワーを用いて)

5.3.5 項において全国の波浪条件を考慮した実験を行った.5.3.5 項における実験では,多 段水槽ではなく単水槽を用いて襲来する波の越波量を計測した.単水槽の容量以上の越波 量を考慮しポンプと貯水タンクを準備した結果,越波した水はほぼ計測できた.

多段水槽を使った実験精度を確認するために,越波した水をほぼ計測できた単水槽を使った実験結果と比較することとした.

懸念される点が2点ある.1点目は多段水槽であるため水槽間の斜面板脇から水が流出して越波量が大きく減少することである.2点目もほぼ同様であるが,囲うように側壁があった単水槽と違い,多段水槽における各水槽の側壁は同一レベルの高さであるため大きな波であればあるほど脇から水が流出してしまい越波量が大きく減少することである.

そこで、多段水槽の実験結果と単水槽の実験結果を比較し、多段水槽の実験自体の精度 を確認するためにそれぞれの波パワーと越波量の関係を示したものが図 5-48 となる. 越波 揚程は R=8cm と 15cm である.

このグラフから、単水槽の越波量と比較すると多段水槽の越波量の方がわずかに少ない が、波浪条件が異なるにもかかわらずほぼ一致していることが分かる.したがって、多段 水槽を用いて行った本実験の越波量は、単水槽を用いて行った実験と同様の精度が確認さ れた.また 5.4.2 項においてスーパースローカメラの映像から判断し求めた開口幅は、越波 した波をほぼ取りきれていることが示唆された.



表 5-22 多段水槽越波量(水槽 1~4:模型)

4-7 8	斜面板角度	越波揚程	波高H1/3	周期T1/3	波長L	波形勾配	反射率	水深	法先水深	使用	1段目流量q1	2段目流量q2	3段目流量q3	4段目流量q4	トータル流量
9-14	(deg)	(m)	(m)	(s)	(m)	H/L		(cm)	(cm)	データ数	(m ³ /s/m)				
MQ0129	20°	0	4.96	1.22	2.233	0.0222	0.299	78	68.4	2400		0.00010	0.00000	0.00000	0.00011
MQ0229	20°	0	5.78	2.27	5.404	0.0107	0.365	78	68.4	2400		0.00057	0.00000	0.00000	0.00057
MQ0329	20°	0	5.64	2.84	7.007	0.0080	0.411	78	68.4	2400		0.00049	0.00001	0.00000	0.00050
MQ0429 MQ0520	20°	0	10.79	1.29	2.454	0.0440	0.232	78	68.4	2400		0.00166	0.00030	0.00000	0.00196
MQ0529	20	0	11.41	2.01	7 284	0.0222	0.283	78	68.4	2400	R-0のため水沿	0.00312	0.00037	0.00014	0.00521
MQ0029	20°	0	15.94	1.26	2.359	0.0676	0.202	78	68.4	2400	し計測なし	0.00277	0.00062	0.00015	0.00355
MQ0829	20°	0	15.78	2.10	4.909	0.0321	0.226	78	68.4	2400		0.00534	0.00198	0.00091	0.00823
MQ0929	20°	0	17.85	2.87	7.083	0.0252	0.26	78	68.4	2400		0.00715	0.00258	0.00116	0.01089
MQ1029	20°	0	20.24	1.34	2.614	0.0774	0.226	78	68.4	2400		0.00409	0.00138	0.00033	0.00580
MQ1129	20°	0	20.78	1.81	4.058	0.0512	0.235	78	68.4	2400		0.00694	0.00312	0.00195	0.01201
MQ1229	20°	0	23.20	2.77	0.815	0.0341	0.249	78	68.4	2400	0.00024	0.00869	0.00419	0.00298	0.01586
MQ0120	20	8	5.34	2.20	2.391	0.0210	0.525	70	60.4	2400	0.00024	0.00000	0.00000	0.00000	0.00023
MQ0220	2.0°	8	5.30	2.20	7.083	0.0075	0.494	70	60.4	2400	0.00024	0.00000	0.00000	0.00000	0.00024
MQ0420	20°	8	10.52	1.27	2.391	0.0440	0.328	70	60.4	2400	0.00174	0.00033	0.00003	0.00000	0.00210
MQ0520	20°	8	10.15	2.11	4.937	0.0206	0.37	70	60.4	2400	0.00231	0.00037	0.00006	0.00000	0.00274
MQ0620	20°	8	11.78	2.82	6.951	0.0169	0.4	70	60.4	2400	0.00241	0.00036	0.00005	0.00000	0.00282
MQ0720	20°	8	15.10	1.25	2.328	0.0649	0.272	70	60.4	2400	0.00286	0.00074	0.00013	0.00000	0.00373
MQ0820	20°	8	15.52	2.01	4.652	0.0334	0.314	70	60.4	2400	0.00459	0.00132	0.00039	0.00008	0.00638
MQ0920	20°	8	16.90	2.75	6.757	0.0250	0.324	70	60.4	2400	0.00541	0.00147	0.00035	0.00012	0.00735
MQ1020	20°	8	19.10	1.32	2.551	0.0/49	0.246	70	60.4	2400	0.00393	0.00131	0.00031	0.00001	0.00556
MQ1120	20	8	22.00	2.65	6 350	0.04.39	0.307	70	60.4	2400	0.00022	0.00220	0.00089	0.00042	0.00978
MO0130	30°	8	5,16	1.24	2,296	0.0225	0.558	70	60.4	2400	0.00020	0.00204	0.00001	0.00000	0.00021
MQ0230	30°	8	5.51	2.15	5.059	0.0109	0.53	70	60.4	2400	0.00039	0.00001	0.00000	0.00000	0.00040
MQ0330	30°	8	5.31	2.74	6.729	0.0079	0.492	70	60.4	2400	0.00025	0.00000	0.00000	0.00000	0.00025
MQ0430	30°	8	10.28	1.28	2.422	0.0424	0.352	70	60.4	2400	0.00177	0.00038	0.00001	0.00000	0.00216
MQ0530	30°	8	10.43	2.14	5.030	0.0207	0.38	70	60.4	2400	0.00267	0.00045	0.00006	0.00002	0.00320
MQ0630	30°	8	12.10	2.85	7.035	0.0172	0.405	70	60.4	2400	0.00301	0.00045	0.00005	0.00000	0.00351
MQ0730 MQ0820	30°	8	14.92	2.15	2.391	0.0624	0.314	70	60.4	2400	0.00297	0.00076	0.00011	0.00002	0.00384
MQ0830	30°	8	17.60	2.13	7.083	0.0248	0.342	70	60.4	2400	0.00497	0.00150	0.00039	0.00014	0.00788
MQ1030	30°	8	18.76	1.30	2.486	0.0755	0.278	70	60.4	2400	0.00443	0.00153	0.00028	0.00002	0.00626
MQ1130	30°	8	19.94	1.95	4.472	0.0446	0.326	70	60.4	2400	0.00677	0.00273	0.00080	0.00044	0.01073
MQ1230	30°	8	21.98	2.72	6.666	0.0330	0.296	70	60.4	2400	0.00732	0.00348	0.00107	0.00054	0.01242
MQ0140	40°	8	4.93	1.20	2.169	0.0227	0.502	70	60.4	2400	0.00028	0.00003	0.00002	0.00000	0.00033
MQ0240	40°	8	5.39	2.27	5.404	0.0100	0.513	70	60.4	2400	0.00032	0.00000	0.00000	0.00000	0.00032
MQ0340 MQ0440	40 /0°	8	3.39	2.70	2 301	0.0079	0.480	70	60.4	2400	0.00022	0.00000	0.00000	0.00000	0.00022
MQ0440 MO0540	40°	8	10.23	2.11	4.937	0.0211	0.363	70	60.4	2400	0.00243	0.00040	0.00004	0.00000	0.00287
MQ0640	40°	8	11.10	2.72	6.666	0.0167	0.375	70	60.4	2400	0.00290	0.00043	0.00004	0.00000	0.00337
MQ0740	40°	8	14.69	1.25	2.328	0.0631	0.234	70	60.4	2400	0.00295	0.00070	0.00009	0.00000	0.00375
MQ0840	40°	8	15.34	2.11	4.937	0.0311	0.295	70	60.4	2400	0.00480	0.00153	0.00035	0.00003	0.00671
MQ0940	40°	8	16.43	2.69	6.583	0.0250	0.304	70	60.4	2400	0.00572	0.00166	0.00037	0.00014	0.00789
MQ1040 MQ1140	40°	8	19.28	1.30	2.480	0.0776	0.207	70	60.4	2400	0.00421	0.00161	0.00034	0.00000	0.00616
MQ1140 MQ1240	40 40°	8	21.29	2.66	4.550	0.0432	0.283	70	60.4	2400	0.00830	0.00233	0.00088	0.00034	0.01023
MQ0125	20°	15	5.54	1.24	2.296	0.0241	0.645	70	52.4	2400	0.00002	0.00000	0.00003	0.00001	0.00007
MQ0225	20°	15	5.73	2.20	5.197	0.0110	0.638	70	52.4	2400	0.00002	0.00000	0.00000	0.00000	0.00002
MQ0325	20°	15	5.30	2.61	6.359	0.0083	0.588	70	52.4	2400	0.00002	0.00000	0.00000	0.00000	0.00002
MQ0425	20°	15	11.21	1.31	2.517	0.0445	0.382	70	52.4	2400	0.00078	0.00005	0.00000	0.00000	0.00082
MQ0525	20°	15	11.55	2.14	5.030	0.0230	0.492	70	52.4	2400	0.00083	0.00008	0.00003	0.00000	0.00095
MQ0025 MO0725	20*	15	11.55	2.02	2.391	0.0655	0.400	70	52.4	2400	0.00081	0.00008	0.00001	0.00000	0.00090
MQ0825	20°	15	15.88	2.01	4.652	0.0341	1.416	70	52.4	2400	0.00236	0.00060	0.00009	0.00003	0.00307
MQ0925	20°	15	16.96	2.75	6.757	0.0251	0.397	70	52.4	2400	0.00267	0.00063	0.00015	0.00006	0.00351
MQ1025	20°	15	19.69	1.30	2.486	0.0792	0.259	70	52.4	2400	0.00253	0.00066	0.00010	0.00001	0.00330
MQ1125	20°	15	20.62	2.06	4.793	0.0430	0.362	70	52.4	2400	0.00370	0.00103	0.00037	0.00017	0.00527
MQ1225	20°	15	22.33	2.72	0.666	0.0335	1.309	/0	52.4	2400	0.00370	0.00125	0.00045	0.00027	0.00567
MQ0135 MO0235	30°	15	5.50	1.25	2.528	0.0239	0.704	70	52.4	2400	0.00003	0.00000	0.00001	0.00000	0.00004
MQ0335	30°	15	5.25	2.18	5.140	0.0102	0.643	70	52.4	2400	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00001
MQ0435	30°	15	11.35	1.28	2.422	0.0469	0.407	70	52.4	2400	0.00087	0.00008	0.00001	0.00000	0.00096
MQ0535	30°	15	11.26	2.05	4.770	0.0236	0.564	70	52.4	2400	0.00102	0.00011	0.00003	0.00000	0.00116
MQ0635	30°	15	10.73	2.43	5.852	0.0183	0.543	70	52.4	2400	0.00107	0.00010	0.00001	0.00000	0.00118
MQ0735	30°	15	16.29	1.30	2.486	0.0655	0.321	70	52.4	2400	0.00166	0.00037	0.00011	0.00001	0.00215
MQ0835 MO0935	30°	15	10.45	2.14	5.030	0.0327	0.478	70	52.4	2400	0.00279	0.00072	0.00021	0.00005	0.00377
MQ1035	30°	15	19.83	1.32	2.551	0.0777	0.323	70	52.4	2400	0.00294	0.00085	0.00021	0.00006	0.00409
MQ1135	30°	15	20.87	1.99	4.593	0.0454	0.43	70	52.4	2400	0.00449	0.00136	0.00063	0.00033	0.00681
MQ1235	30°	15	20.97	2.51	6.079	0.0345	0.401	70	52.4	2400	0.00428	0.00140	0.00063	0.00032	0.00663
MQ0145	40°	15	5.51	1.26	2.359	0.0234	0.699	70	52.4	2400	0.00001	0.00000	0.00000	0.00000	0.00002
MQ0245	40°	15	5.77	2.00	4.623	0.0125	0.662	70	52.4	2400	0.00003	0.00000	0.00000	0.00000	0.00003
MQ0345	40°	15	5.12	2.30	5.484	0.0093	0.603	70	52.4	2400	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
MQ0445 MO0545	40° 40°	15	11.13	1.27	2.391	0.0466	0.399	70	52.4	2400	0.00087	0.00009	0.0000	0.00000	0.00095
MO0645	40°	15	11.03	2.66	6,506	0.0170	0.515	70	52.4	2400	0.00105	0.00012	0.00000	0.00000	0.00129
MQ0745	40°	15	16.22	1.31	2.517	0.0644	0.315	70	52.4	2400	0.00152	0.00032	0.00001	0.00001	0.00186
MQ0845	40°	15	16.07	2.08	4.851	0.0331	0.465	70	52.4	2400	0.00275	0.00074	0.00010	0.00003	0.00363
MQ0945	40°	15	16.30	2.67	6.534	0.0249	0.437	70	52.4	2400	0.00319	0.00077	0.00024	0.00007	0.00428
MQ1045	40°	15	20.39	1.33	2.582	0.0790	0.316	70	52.4	2400	0.00281	0.00074	0.00024	0.00003	0.00382
MQ1145 MQ1245	40°	15	20.04	2.01	4.652	0.0431	0.443	70	52.4	2400	0.00429	0.00137	0.00057	0.00023	0.00646

	斜面板角度	越波揚程	·····································	ス 2 20 周期T1/3	波長し	波形勾配	100 1	<u>次</u> 应 wer	1段月流量01	2段目流量a2	3段月流量(3)	4段目流量q4	トータル流量
ケース名	(deg)	(m)	(m)	(s)	(m)	H/L	D	(kW/m)	$(m^3/s/m)$	$(m^3/s/m)$	$(m^3/s/m)$	$(m^3/s/m)$	$(m^{3}/s/m)$
MO0129	20°	0	0.50	3.9	22.3	0.0222	1.08	0.440	(1173/111)	0.00329	0.00008	0.00004	0.00341
MO0229	20°	0	0.58	7.2	54.0	0.0107	1.00	1 190		0.01802	0.00013	0.00001	0.01817
MO0329	20°	0	0.56	9.0	70.1	0.0080	1.05	1.284		0.01556	0.00019	0.00005	0.01579
MO0429	20°	0	1.08	4.1	24.5	0.0440	1.11	2.253		0.05243	0.00958	0.00002	0.06203
MQ0529	20°	0	1.03	6.4	46.5	0.0222	1.19	3.464		0.09854	0.01795	0.00439	0.12088
MQ0629	20°	0	1.14	9.3	72.8	0.0157	1.03	5.336	R=0のため水没	0.13041	0.02663	0.00756	0.16460
MQ0729	20°	0	1.59	4.0	23.6	0.0676	1.10	4.758	し計測なし	0.08772	0.01974	0.00480	0.11225
MQ0829	20°	0	1.58	6.6	49.1	0.0321	1.18	8.379		0.16893	0.06246	0.02874	0.26013
MQ0929	20°	0	1.79	9.1	70.8	0.0252	1.04	12.932		0.22604	0.08172	0.03657	0.34433
MQ1029	20°	0	2.02	4.2	26.1	0.0774	1.12	8.360		0.12940	0.04357	0.01053	0.18350
MQ1129	20°	0	2.08	5.7	40.6	0.0512	1.20	12.720		0.21940	0.09857	0.06173	0.37970
MQ1229	20°	0	2.32	8.8	68.1	0.0341	1.06	21.485		0.27480	0.13246	0.09428	0.50154
MQ0120	20°	0.8	0.52	4.0	23.9	0.0216	1.13	0.519	0.00759	0.00000	0.00007	0.00009	0.00775
MQ0220	20°	0.8	0.53	7.0	52.0	0.0103	1.13	0.965	0.01113	0.00007	0.00008	0.00004	0.01132
MQ0320	20°	0.8	0.53	9.1	70.8	0.0075	0.98	1.076	0.00746	0.00000	0.00006	0.00003	0.00756
MQ0420	20°	0.8	1.05	4.0	23.9	0.0440	1.13	2.150	0.05496	0.01058	0.00088	0.00005	0.06647
MQ0520	20°	0.8	1.02	6.7	49.4	0.0206	1.15	3.395	0.07305	0.01163	0.00194	0.00007	0.08669
MQ0620	20°	0.8	1.18	8.9	69.5	0.0169	0.99	5.277	0.07621	0.01125	0.00173	0.00002	0.08921
MQ0720	20°	0.8	1.51	4.0	23.3	0.0649	1.12	4.332	0.09050	0.02335	0.00401	0.00005	0.11791
MQ0820	20°	0.8	1.55	6.4	46.5	0.0334	1.17	7.675	0.14528	0.04172	0.01241	0.00249	0.20190
MQ0920	20°	0.8	1.69	8.7	67.6	0.0250	1.01	10.759	0.17102	0.04634	0.01113	0.00381	0.23230
MQ1020	20°	0.8	1.91	4.2	25.5	0.0749	1.14	7.477	0.12434	0.04138	0.00973	0.00024	0.17569
MQ1120	20°	0.8	1.92	5.9	41.8	0.0459	1.19	10.979	0.19657	0.07147	0.02822	0.01316	0.30942
MQ1220	20°	0.8	2.20	8.3	63.6	0.0346	1.04	17.861	0.22471	0.08981	0.03582	0.01579	0.36612
MQ0130	30°	0.8	0.52	3.9	23.0	0.0225	1.12	0.500	0.00645	0.00011	0.00019	0.00002	0.00677
MQ0230	30°	0.8	0.55	6.8	50.6	0.0109	1.14	1.012	0.01240	0.00017	0.00002	0.00000	0.01258
MQ0330	30°	0.8	0.53	8.7	67.3	0.0079	1.01	1.061	0.00784	0.00002	0.00010	0.00004	0.00799
MQ0430	30°	0.8	1.03	4.0	24.2	0.0424	1.13	2.076	0.05597	0.01200	0.00026	0.0000	0.06823
MQ0530	30°	0.8	1.04	6.8	50.3	0.0207	1.14	3.616	0.08443	0.01412	0.00202	0.00058	0.10115
MQ0630	30°	0.8	1.21	9.0	70.3	0.0172	0.99	5.589	0.09506	0.01433	0.00148	0.00012	0.11099
MQ0730	30°	0.8	1.49	4.0	23.9	0.0624	1.13	4.325	0.09386	0.02388	0.00334	0.00049	0.12157
MQ0830	30°	0.8	1.55	6.8	50.6	0.0306	1.14	7.999	0.15717	0.04922	0.01246	0.00240	0.22124
MQ0930	30°	0.8	1.76	9.1	70.8	0.0248	0.98	11.860	0.17620	0.05678	0.01190	0.00444	0.24932
MQ1030	30°	0.8	1.88	4.1	24.9	0.0755	1.14	7.062	0.14022	0.04836	0.00891	0.00050	0.19799
MQ1130	30°	0.8	1.99	6.2	44.7	0.0446	1.18	12.390	0.21396	0.08621	0.02515	0.01393	0.33926
MQ1230	30°	0.8	2.20	8.6	66.7	0.0330	1.02	18.133	0.23148	0.11005	0.03397	0.01719	0.39270
MQ0140	40°	0.8	0.49	3.8	21.7	0.0227	1.10	0.436	0.00879	0.00086	0.00053	0.00013	0.01032
MQ0240	40°	0.8	0.54	7.2	54.0	0.0100	1.12	1.000	0.01006	-0.00002	0.00005	0.00000	0.01008
MQ0340	40-	0.8	0.54	8.7	67.8	0.0079	1.01	1.096	0.00689	-0.00001	0.00005	0.00007	0.00/01
MQ0440	40°	0.8	1.05	4.0	40.4	0.0450	1.15	2.033	0.03509	0.00948	0.00019	0.00000	0.00476
MQ0540	40 40°	0.8	1.04	8.6	49.4	0.0211	1.15	1.504	0.07097	0.01233	0.00133	0.0000	0.09080
MQ0040	40°	0.8	1.11	4.0	23.3	0.0631	1.02	4.024	0.09335	0.01374	0.00132	0.00001	0.100/1
MO0840	40°	0.8	1.47	67	49.4	0.0311	1.12	7 754	0.15179	0.04834	0.01100	0.00092	0.21205
MO0940	40°	0.8	1.64	8.5	65.8	0.0250	1.02	10.087	0.18088	0.05245	0.01157	0.00450	0.24940
MO1040	40°	0.8	1.93	4.1	24.9	0.0776	1.14	7.459	0.13313	0.05079	0.01061	0.00014	0.19467
MQ1140	40°	0.8	1.96	6.2	45.3	0.0432	1.18	12.040	0.20567	0.07993	0.02792	0.01072	0.32425
MQ1240	40°	0.8	2.13	8.4	65.1	0.0327	1.03	16.851	0.24065	0.09842	0.03411	0.01504	0.38822
MQ0125	20°	1.5	0.55	3.9	23.0	0.0241	1.12	0.577	0.00063	0.00008	0.00107	0.00030	0.00208
MQ0225	20°	1.5	0.57	7.0	52.0	0.0110	1.13	1.111	0.00070	0.00005	0.00003	0.00001	0.00078
MQ0325	20°	1.5	0.53	8.3	63.6	0.0083	1.04	1.037	0.00063	0.00002	0.00006	0.00000	0.00072
MQ0425	20°	1.5	1.12	4.1	25.2	0.0445	1.14	2.548	0.02454	0.00148	0.00003	0.00000	0.02605
MQ0525	20°	1.5	1.16	6.8	50.3	0.0230	1.14	4.434	0.02637	0.00265	0.00103	0.00003	0.03009
MQ0625	20°	1.5	1.16	8.3	63.9	0.0181	1.04	4.931	0.02568	0.00255	0.00025	0.00003	0.02851
MQ0725	20°	1.5	1.57	4.0	23.9	0.0655	1.13	4.770	0.04699	0.00978	0.00117	0.00027	0.05821
MQ0825	20°	1.5	1.59	6.4	46.5	0.0341	1.17	8.035	0.07457	0.01897	0.00274	0.00086	0.09713
MQ0925	20°	1.5	1.70	8.7	67.6	0.0251	1.01	10.836	0.08456	0.01977	0.00480	0.00195	0.11108
MQ1025	20°	1.5	1.97	4.1	24.9	0.0792	1.14	7.780	0.07988	0.02086	0.00318	0.00033	0.10425
MQ1125	20°	1.5	2.06	6.5	47.9	0.0430	1.16	13.786	0.11688	0.03265	0.01177	0.00547	0.16677
MQ1225	20°	1.5	2.23	8.6	66.7	0.0335	1.02	18.715	0.11707	0.03943	0.01429	0.00860	0.17939
MQ0135	30°	1.5	0.56	4.0	23.3	0.0239	1.12	0.587	0.00095	0.00014	0.00023	0.00004	0.00136
MQ0235	30°	1.5	0.55	5.9	42.4	0.0131	1.19	0.925	0.00089	0.00001	0.00004	0.00000	0.00094
MQ0335	30°	1.5	0.55	6.9	24.2	0.0102	1.14	0.92/	0.00004	0.0009	0.00003	0.0000	0.00017
MQ0455 MQ0535	30°	1.3	1.14	4.0	24.2 47.7	0.0409	1.15	2.330	0.02/39	0.00208	0.00017	0.0000	0.03024
MQ0555 MQ0635	30°	1.5	1.13	7.7	+/./ 58.5	0.0230	1.10	4.090	0.03238	0.00345	0.00039	0.00016	0.03070
MO0735	30°	1.5	1.67	4.1	24.9	0.0655	1 14	5 325	0.05256	0.01161	0.00333	0.00036	0.06785
MO0835	30°	1.5	1.65	6.8	50.3	0.0327	1 14	8 995	0.08823	0.02292	0.00555	0.00164	0.11937
MO0935	30°	1.5	1.59	8.0	61.6	0.0259	1.06	9,266	0.09291	0.02089	0.00654	0.00237	0.12271
MO1035	30°	1.5	1.98	4.2	25.5	0.0777	1.14	8,059	0.09114	0.02685	0.00922	0.00200	0.12921
MQ1135	30°	1.5	2.09	6.3	45.9	0.0454	1.17	13.778	0.14205	0.04304	0.02003	0.01036	0.21549
MQ1235	30°	1.5	2.10	7.9	60.8	0.0345	1.07	15.948	0.13522	0.04441	0.01984	0.01022	0.20969
MQ0145	40°	1.5	0.55	4.0	23.6	0.0234	1.12	0.583	0.00044	0.00009	0.00015	0.00004	0.00072
MQ0245	40°	1.5	0.58	6.3	46.2	0.0125	1.17	1.057	0.00089	0.00000	0.00005	0.00004	0.00098
MQ0345	40°	1.5	0.51	7.3	54.8	0.0093	1.11	0.910	0.00000	0.00000	0.00005	0.00004	0.00009
MQ0445	40°	1.5	1.11	4.0	23.9	0.0466	1.13	2.407	0.02739	0.00272	0.00008	0.00000	0.03019
MQ0545	40°	1.5	1.12	6.6	48.5	0.0231	1.16	4.116	0.03270	0.00374	0.00005	0.00006	0.03654
MQ0645	40°	1.5	1.10	8.4	65.1	0.0170	1.03	4.523	0.03624	0.00448	0.00006	0.00001	0.04079
MQ0745	40°	1.5	1.62	4.1	25.2	0.0644	1.14	5.335	0.04813	0.01021	0.00018	0.00021	0.05873
MQ0845	40°	1.5	1.61	6.6	48.5	0.0331	1.16	8.428	0.08703	0.02346	0.00332	0.00101	0.11482
MQ0945	40°	1.5	1.63	8.4	65.3	0.0249	1.03	9.893	0.10098	0.02430	0.00772	0.00225	0.13524
MQ1045	40°	1.5	2.04	4.2	25.8	0.0790	1.15	8.609	0.08899	0.02334	0.00745	0.00102	0.12080
MQ1145	40°	1.5	2.00	6.4	46.5	0.0431	1.17	12.796	0.13572	0.04339	0.01792	0.00713	0.20416
MQ1245	40°	1.5	2.09	7.7	58.5	0.0357	1.08	15.629	0.14913	0.05094	0.01976	0.00910	0.22893

表 5-23 多段水槽越波量(水槽 1~4:原型)

(2) 斜面板角度の変動による越波量の変化(波パワーを用いて)

図 5-49~5-58 は R=8cm および R=15cm の各槽における斜面板角度ごとの波パワーと単位時間・単位幅 当たりの越波量の関係である.

どの水槽においても R=15cm より R=8cm の方が越波量は多いことが分かる.また,全体の傾向として, 角度による越波量の変化は確認出来なかった.このことから,一度遡上した水は,水槽で確実に取りき ることが出来てさえいれば斜面板角度は 20°~40°の範囲では越波量に大きく影響を与える要因ではな いことが分かった.(居波ら,2014)





図 5-59~5-63 は各水槽における波パワーと越波量をまとめた結果となる. 既出の結果と同様に, 斜面板の違いはほとんど見受けられず, 越波揚程が高くなるにつれ越波量は減っていることがわかる. また, 水槽 3 および水槽 4 の越波量は水槽 1, 2 と比べ微量であることがわかる. 水槽 3, 4 は, 潮位変動や高 波浪時に活躍する水槽という設定であるためこのような結果となったと考えられる.



図 5-59 波パワーと越波量の関係(水槽1)



図 5-61 波パワーと越波量の関係(水槽 3)



図 5-63 波パワーと越波量の関係(合計)



図 5-60 波パワーと越波量の関係(水槽 2)



図 5-62 波パワーと越波量の関係(水槽 4)

ここで、図 5-64~5-66 に示す各水槽に流入する越波量と波パワーの関係(R=0.8m)を、前述した単水 槽の越波量を測定した際にも用いた関係式(5.6)で表す.

$$q = \alpha E \tag{5.6}$$

斜面板角度 20°では, αの値はそれぞれ 1 段目 0.0153, 2 段目 0.0050, 3 段目 0.0017, 4 段目 0.0007 とな り, 斜面板角度 30°では, 1 段目 0.0156, 2 段目 0.0059, 3 段目 0.0016, 4 段目 0.0007 となり, 斜面板角度 40°では, 1 段目 0.0167, 2 段目 0.0059, 3 段目 0.0017, 4 段目 0.0006 となる. この結果から斜面板の角度 による違いはほぼないことが確認された.



図 5-67 は、斜面板角度ごとの全越波量を各越波揚程に分けてまとめた結果となる. この結果を式 5.6 でまとめた. その結果、斜面板角度 20°では、越波揚程 (R) が 0m, 0.8m, 1.5m のとき α の値はそれぞれ 0.0257, 0.0228, 0.0106, となり、斜面板角度 30°では、越波揚程 (R) が 0.8m, 1.5m のとき α の値はそれぞれ ぞれ 0.0237, 0.0138, 斜面板角度 40°では、越波揚程 (R) が 0.8m, 1.5m のとき α の値はそれぞれ 0.0249, 0.0142 となる. この結果から、 α の値は越波揚程に強く関係しており斜面板角度にほとんど関係していな いことがわかった. また、単水槽を使った越波量特性の結果と比較して、越波揚程 0.8m ではほぼ同じ値 となり越波揚程 1.5m ではわずかに高い値となったもののほぼ同様な値となった.

水槽の各段でまとめた結果と全越波量をまとめた結果から,越波量は斜面板の角度にはほぼ関係ない ことが確認された.また,多段水槽を使ったαの値は単水槽を使った実験と同様の値となったことから波 パワーを用いた手法の正確性と有効性が認められた.



5.4.4 まとめ

(1) タンクを用いた単水槽実験との比較

5.3.5.2 項において行った単水槽による越波量計測実験と多段水槽による越波量計測実験の結果を波パワーと越波量の関係性で比較すると、単水槽の越波量よりも多段水槽の越波量の方がわずかに少ないがほぼ一致していることが分かる.したがって、多段水槽を用いて行った本実験の越波量は、単水槽を用いて行った実験と同様の精度であったことが確認された.また 5.4.2 項においてスーパースローカメラの映像から判断し求めた開口幅は、越波した波を取りきることが可能であることが示唆された.

(2) 斜面板角度の変動による越波量の変化

R=8cm および R=15cm の各槽における斜面板角度ごとの波パワーと越波量の関係は、どの水槽におい ても R=15cm より R=8cm の方が越波量は多いこと如実に示した.また、全体の傾向として斜面板の角度 による越波量の変化は確認出来なかった.5.4.2 項で得たスロー動画を確認すると、各水槽に水が入る瞬 間は襲来した波がそのままの勢いで各水槽に入るのではなく、多くが勢いそのままに開口部を飛び越え 斜面板を遡上したのちに重力に従い下方へ向けて戻る際に各水槽に落ちるという仕組みであることがわ かった.このような装置の特性も踏まえると、越波した水は水槽で確実に取りきることが出来れば斜面 板角度は 20°~40°の範囲では越波量に大きく影響を与える要因ではないことが分かった.

水槽 3 および水槽 4 の越波量は水槽 1,2 と比べ微量であり,水槽 3,4 は潮位変動や高波浪時に受水 する水槽という設定であるためこのような結果となったと考えられる.

斜面板角度ごとの全越波量を各越波揚程に分けてまとめた結果から,越波量と波エネルギーの関係式 で表すと斜面板角度 20°では,越波揚程 (R) が 0m, 0.8m, 1.5m のときそれぞれ q=0.0257*E*, q=0.0228*E*, q=0.0106*E*, となり,斜面板角度 30°では,越波揚程 (R) が 0.8m, 1.5m のときそれぞれ q=0.0237*E*, q=0.0138*E*, 斜面板角度 40°では,越波揚程 (R) が 0.8m, 1.5m のときそれぞれ q=0.0249*E*, q=0.0142*E* となる. この 結果から,越波量は越波揚程に関係しており斜面板角度にほとんど関係していないことが示唆された. また,単水槽を使った越波量特性の結果と比較して,越波揚程 0.8m ではほぼ同じ値となり越波揚程 1.5m ではわずかに高い値となったもののほぼ同様な値となった.

打上げ高と波パワーの関係と同様に,越波量と波パワーとの関係も同様にまとめることができた.越 波量の推定は越波式波力発電装置を開発するうえで重要な部分となる(居波ら,2014)ため,多段水槽で も確実に越波水を取水したことを確認できた本実験は有意義であるとともに,波パワーという従来越波 量を推定する際に用いられなかった手法の有効性も確認できた.

128

第6章 結論

本論文は,波が持つ膨大なエネルギーを有効利用すべく研究開発を進めている越波式波力発電装置を 用いた波力発電システムのための実験的研究として,波の打上げ高と越波量の基礎的な研究を行い新た な推定方法として波パワーを用いた手法を提案したものであり,主要な結論を以下に示す.

1. 打上げ高特性

(1) 規則波

傾斜板角度と波形勾配でまとめた結果, H/L=0.019 は既存の理論とよく合っており(S) surging waves 領域と(B) breaking waves 領域に分けた Sainflou の重複波の水面波形を考慮した式を適用した場合が 顕著で完全に傾向と一致している.

H/L=0.032 は,高田(海底勾配 0)の結果,田中ら(海底勾配 1/30),田中らの実験値(高田(B) Sainflou) と,田中らの実験値(高田(B) Miche)の結果は傾向が完全に一致し Saville, Savage,田中ら実験 値(高田(S) Sainflou),田中ら実験値(高田(S) Miche)の傾向が完全に一致していることから, 実験値や実験値を基に既存の理論を考慮した結果は既存の理論とよく合っているが(S) surging waves 領域と(B) breaking waves 領域による差異が確認された.

H/L=0.051の結果は、すべてのデータの傾向が完全に一致している.

打上げ高と Iribarren 数でまとめた結果, surging waves 領域, breaking waves 領域に関わらず Iribarren 数が増加すると打上げ高は減少した. また,傾斜板角度 $\theta = 20^{\circ}$ を超えると打上げ高が低くなることが示唆された. なお,傾斜板角度に関わらず Iribarren 数が小さくなる条件は(B) breaking waves 領域である.

波パワーと打上げ高の関係は比例関係にあることがわかる. surging waves 領域では, 15°の場合に打 上げ高が最も高くなることがわかる.一方, breaking waves 領域では 20°の breaking waves 領域, surging waves 領域と, 30°の breaking waves 領域はほぼ同じ傾向を示す結果となった. なお, 20°は breaking waves 領域と surging waves 領域に関わらず波は打上げられるとわかった.

角度ごとに波パワーW (kw/m), Iribarren 数 (ξ),打上げ高 R_m (m)をまとめた結果,傾斜板角度 15°では波パワーは 54.8kw/m で最大となりその際の打上げ高が 6.1m となり最大となる.傾斜板角度 20°では波パワーは 57.2kw/m で最大となりその際の打上げ高は 6.3m となり最大となる.傾斜板角度 25°ではほかの角度と違い,波パワーが最大のとき (50.8kw/m)打上げ高は最大 (2.8m)ではない.最 大打上げ高は 3.6m でありその際の波パワーは W=46.5kw/m である.この原因は,傾斜板角度 25°で は反射の割合が非常に多いことが考えられる.具体的には,波パワーが最大の時,傾斜板角度 15°で は約 2 割 (0.152)の反射となり傾斜板角度 20°では約 3 割 (0.314)反射している.一方,傾斜板角 度 25°では約 5 割 (0.529)が反射していることから,波が傾斜板を遡上する前に急な勾配によって波 パワーの半分はすでに反射していることわかる.また,波パワーと反射率の関係よりも明瞭な従来表 している波形勾配と反射率の関係から,傾斜板角度が大きくなるにしたがって反射が大きくなってい ることがわかった.

以上より,傾斜板角度による違いはあるものの,波パワーが小さい領域では,打上げ高は Iribarren 数に関係しないことがわかる.

(2) 不規則波

既往の研究として、間瀬(Mase, 1989)がまとめた Iribarren 数(ξ)と相対打上げ高($R_{ave}/H_{1/3}$)の関係と本研究結果を比較した.実験で得られた Iribarren 数の範囲は、既往の研究よりも広範囲となっている.規則波同様、波の打上げ高は Iribarren 数だけでなく傾斜板角度によって傾向が異なり、傾斜板角度 20°までは増加しその後減少する傾向となった.breaking waves と surging waves の区分も傾斜板角度で異なった.波高と波形勾配が増加するにしたがい沖で砕波することになり、傾斜板の位置における波の現象のみで打上げ高を評価することは限界がある.

また,打上げ高と Iribarren 数の関係は規則波と同様な傾向となり,Iribarren 数が増加すると打上げ 高は減少した.20°の場合が最も打上げ高は高くなった.25°の場合も最高打上げ高は20°の場合と大差 ないが,breaking waves 領域で確認すると,波浪条件による打上げ高のバラつきを確認できる.このこ とから,20°が最も打上げ高が高い条件であることを確認できた.

打上げ高と波パワーの関係は,波パワーが増加すると打上げ高は増加する比例関係を確認した. 傾 斜板角度との関係では,角度が 20°までは打上げ高も増加するがそれよりも大きな角度となると打上 げ高は減少する結果となった.この結果から越波式波力発電装置に採用すべき傾斜板角度は最も打上 げ高が高くなる 20°と決定した.

打上げ高を波パワーと Iribarren 数で表した結果から,規則波と同様に打上げ高は Iribarren 数が小さ く波パワーが大きいほど高くなる結果が得られた.また,傾斜板角度が増加するにしたがって,反射 の影響により打上げ高は波パワーよりも Iribarren 数に関係することがわかった.なお,波形勾配と反 射率の関係から,傾斜板角度が大きくなるにしたがって反射が大きくなっていることが明瞭に示唆さ れた.

以上より,不規則波の実験結果からも既存の理論よりも波パワーを用いて波の打上げ高さを想定す る手法の有効性が確認できた.

2. 越波量特性

(1) 各種傾斜板長さによる越波量特性

波高と越波量,越波揚程の関係から,越波揚程が低いほど越波量が多く波高が大きいほど越波量も 増加する傾向がある.

波形勾配と越波量,越波揚程の関係から,越波揚程 8cm のときの越波量は傾斜板の長さによる差異 はほとんど見受けられないが, SQ (1.25m)だけ越波量が減少する傾向を得た.また,越波揚程 10.0cm, 15.0cm の場合, SQ (1.25m)のみ越波量が減少した.これは SQ (1.25m)の法先水深が浅く,他の傾 斜板に比べ波のエネルギーを得られなかったと考えられる. MQ (1.50m)の傾斜板がどの越波揚程に おいてもほぼ最大越波量を得られることが分かる.したがって傾斜板長 1.50m 以上あれば効率良く越 波量が得られることが分かった.また,周期が短く波形勾配が大きくなるにしたがって越波量は減少 する.これは,波形勾配が大きくなる(H/L=0.06を超える)と砕波が発生しやすくなりエネルギー が散逸したためだと考えられる.

波パワーと越波量, 越波揚程を考慮すると, 越波揚程に関わらず傾斜板の長さは 12.5m (模型: 1.25m) では越波量が少ない.また, 20.0m (模型スケール: 2.0m) が最も効率良く越波量を得られることが分 かった.しかしながら, 17.5m (模型スケール: 1.75m) と 15.0m (模型スケール: 1.5m) であっても 越波量に大きな差がないことから,設置場所の水深や,日本近海の潮位変動を鑑み,現実的な発電装置の越波揚程を考慮すると十分に機能を果たす長さであると考えられる.これらの結果から,15m(模型スケール:1.5m)以上必要であることが判明した.

(2) 単水槽を使った越波量特性

波高 $H_{1/3}$ (cm) と越波量 q (m³/s/m)の関係は,波浪条件に関わらず波高を高くすると越波量が増え,越波揚程が高くなるにつれて越波量が減少し,越波揚程は 15cm よりも 8cm が適当であることがわかった.本実験で越波量が最大となった R=8.0cm, $H_{1/3}$ =2.91cm, $T_{1/3}$ =2.46s (御前崎)のとき q=0.0132m³/s/mの値から模型縮尺 1/10として実際の越波量を算定すると, $H_{1/3}$ =2.29m, $T_{1/3}$ =7.78s のときに q=0.4m³/s/m となる.装置 1m 幅当たりでこの越波量が得られるのであれば,仮に 100m 幅の越波式波力発電装置を設置すると Q=40m³/s となり,膨大な越波量が見込めることから,越波式波力発電による出力に期待が持てる.

波形勾配 H_{1/3}/L と越波量 q(m³/s/m)の関係は,波形勾配 H_{1/3}/L=0.04 付近に越波量のピークがある ことがわかる.また,それを超えると越波量は大きく減少する.波形勾配は波の峰の鋭さを表すが, 波高や周期の大小を表してはいないことから,波形勾配のみで越波量を推定することには限界がある.

既往の研究との比較では、実験値の方が合田の越波量よりも総じて桁違いに大きい値を示した.こ の要因として考えられることは、合田の場合護岸を想定して消波ブロックを前面に設置し越波量を算 定しているのに対し、著者は越波量を増やすことを目的に傾斜板を用い越波量を計測しているからで ある.これが差異の主な原因といえる.また、玉田ら(玉田ら、2010)が得た算定図と比較して、著者 らの結果は、玉田らよりも低い波高にも関わらず同等の打上げ高が得られた、もしくは、同等の波高 にも関わらず打上げ高が高い結果が得られた.この結果は、玉田ら(玉田ら、2010)の実験と著者らの 実験では設定された海底勾配,適応した波浪の周期に違いがあるためと考えられる.同じ波高の場合、 周期の差と波パワーの差は比例するためこのような結果が得られたと考えられる.

波パワー (kW/m) と越波量 q (m³/s/m)の関係は、波浪条件に関わらず越波揚程 R=8cm と 10cm の 場合は 8cm の方がわずかに上回るがどちらも近い傾向を示している.一方、R=15cm、20cm の場合は、 こちらも波浪条件に関わらず明らかに越波量が減少していることがわかる結果となった.この結果か ら、本研究における越波揚程 R は 8cm、10cm が 15cm、20cm よりも越波量を得られるといえる.また、 波パワーと越波量の関係は比例関係にあり、現地の波条件から波パワーで越波量を容易にことができ る.さらに越波量は波パワーと線形な関係、すなわち $q=\alpha E$ となり、単位幅当たりの越波量を $q(m^3/s/m)$ 、 入射する波パワーE (kW/m)とすると、御前崎周辺の波浪条件では、越波揚程 (R) が 0.8m、1.0m、 1.5m、2.0m のときの関係式はそれぞれ q=0.02312E, q=0.02234E, q=0.01390E, q=0.00840Eとなり、我 が国沿岸を想定した波浪条件では越波揚程 (R) が 0.8m、1.5m、のときそれぞれ q=0.02265E, q=0.00957Eとなった.

(3) 多段水槽を使った越波量特性

5.3.5.2 項で行った単水槽を使った越波量計測実験と多段水槽を使った越波量計測実験の結果を越波 量と波パワーの関係で比較すると、多段水槽を用いて行った実験は、単水槽を用いた実験と同様の精 度が認められた.また 5.4.2 項においてスーパースローカメラの映像から判断し求めた開口幅は、越波 した波を取りきることが可能であると示唆された.

斜面板角度の変動による越波量の変化は前述の実験と同様に, R=8cm および R=15cm の各槽におけ る斜面板角度ごとの波パワーと越波量の関係は, どの水槽においても R=15cm より R=8cm の方が越波 量は多いことがわかった.また,全体の傾向として斜面板の角度による越波量の変化は確認出来なか った.斜面板角度ごとの全越波量を各越波揚程に分けてまとめた結果から,越波量と波エネルギーの 関係式で表すと斜面板角度 20°では越波揚程 (R)が 0m, 0.8m, 1.5m のときそれぞれ q=0.0257E, q=0.0228E, q=0.0106E, となり,斜面板角度 30°では越波揚程 (R)が 0.8m, 1.5m のときそれぞれ q=0.0237E, q=0.0138E,斜面板角度 40°では越波揚程 (R)が 0.8m, 1.5m のときそれぞれ q=0.0249E, q=0.0142E となる.この結果から,越波量は越波揚程に関係しており斜面板角度にほとんど関係して いないことが示唆された.また,単水槽を使った越波量特性の結果と比較して,越波揚程 0.8m ではほ ぼ同じ値となり越波揚程 1.5m ではわずかに高い値となったものの同様な値となった.

水槽の各段でまとめた結果と全越波量をまとめた結果から,越波量は斜面板の角度には影響を受け ないことが確認された.また,多段水槽を使ったαの値は単水槽を使った実験と同様の値となったこ とから,実験の正確性はもちろんのこと,波パワーを用いた手法の正確性と有効性が認められたとい える.

以上,本研究では,越波式波力発電装置の開発に非常に重要な要素である波の打上げ高と越波量の 算定に,これまでなかった波パワーを基に算定するという極めて有効な手法を明らかにした.その結 果,襲来する波から得られる越波量が波パワーで容易に算定でき,越波式波力発電装置の設計やシミ ュレーションへ適応することが考えられ,越波式波力発電装置開発の扉が開いたといえる. 参考文献

ATOMICA ホームページ, http://www.rist.or.jp/atomica/data/dat_detail.php?Title No=01-05-01-08.

EMEC, http://www.emec.org.uk/marine-energy/wave-devices/.

一般財団法人 沿岸技術研究センター 機関誌 CDIT, http://www.cdit.or.jp/o_magazine/vol2/p2.html

- 合田 良実,岸良 安治,神山 豊 (1975): 不規則波による防波護岸の越波流量に関する実験的研究,港湾 技術研究所報告,第14巻,第4号,pp.3-44.
- 合田良実(1984): 沿岸波浪の統計的性質, 第 1 回波浪エネルギー利用シンポジウム, 海洋科学技術センタ ー, pp.19-31.
- Hiroi,I (1919): An experimental determination and utilization of wave power, 東京帝国大学工学部紀要, 第十冊, 第一号, pp.22-37
- Hunt, I. A., Jr. (1959): Design of Seawalls and Breakwaters, Proceedings, ASCE, Vol.85, No.WW3, Sep.
- 堀川 清司, 海洋工学, 東京大学出版, p.52-64, p.114-115.
- 居波 智也,山梨 温,田中 博通 (2013): 越波式波力発電装置開発に向けたわが国の波エネルギー賦存量 と地域特性,日本エネルギー学会大会講演要旨集, Vol. 22, 154-155.
- 居波 智也,田中 博通,櫻田 哲生 (2014): 越波式波力発電装置の一次変換特性,日本エネルギー学会大 会講演要旨集, Vol. 23, 168-169
- Inami, T., H. Tanaka and T. Sakurada (2016): Study on Wave Reflection Coefficient and Wave Runup Height on a Slope, ISOPE, pp.629-635.
- Japan Marine Affairs & Comprehensive Ocean Dictionary $\pi \Delta \sim \vec{\mathcal{Y}}$,
- http://www.oceandictionary.net/subject_1/wpg-je.html.
- 環境省 HP IPCC 第4次評価報告書について 政策決定者向け要約 文部科学省・経済産業省・気象庁・ 環境省確定訳 http://www.env.go.jp/earth/ipcc/4th/syr_spm.pdf.
- 港湾技術研究所 (2001): 港湾技術研究所のあゆみ, p.42-43.
- 港湾技術研究所報告, Vol.12, No.3, pp.31-70.
- Miche, M. (1944): Mouvements Ondulatoires de La Mer en Profondeur Constante ou Decrissante(I -IV), Annales des Ponte et Chaussees, pp.25~406.
- Miche, M. (1951): Le Pouvoir Reflechissant des Ouvrages Mariti-mes, Annales des Ponts et Chausees, May-June.
- 益田 善雄, 宮崎 武晃 (1979): 消波発電装置 "海明"の実験, 海洋科学技術センター試験研究報告, 第 3 号, pp. 75-81

益田 善雄 (1987): 日本の波力発電—波に憑かれて四十余年, 霞出版社.

- Mase, H. (1989): Random Wave Runup Height on Gentle Slope, J.Waterway, Port, Coastal, and Ocean Eng., Vol.115, No.5, pp.649-661.
- 間瀬 肇, 宮平 彰, 桜井 秀忠, 井上 雅夫 (2003a): 江線近傍の護岸への不規則波の打上げに関する研究 - 算定打上げ高と不規則波の代表打上げ高の関係-, 土木学会論文集 No. 726/II-62, pp. 99-107.
- 三井造船技報 No. 210 (2013-11): 日本海域に適した波力発電技術の開発.
- 中村 充, 佐々木 康雄, 山田 穣二 (1972): 複断面における波の打上げ高に関する研究, 第 19 回海岸工学 講演会論文集, pp. 309-312.
- 日本の閉鎖性海域(88 海域)環境ガイドブック (2001): 財団法人国際エメックスセンター, pp.2-177.

Nature 427 (08 January 2004): doi:10.1038/nature02121, pp. - 148.

- NEDO 海外レポート (2007), No.1001, p.1-11.
- NEDO 再生可能エネルギー技術白書, 6章, p. 330-331
- Naturedigest 2008年1月: 波力発電に挑む, p.12-17.
- NET: 東北復興次世代エネルギー研究開発プロジェクト http://net-tohoku.sakura.ne.jp/wp/activityreport.
- 永田 修一 (2009): 波力発電の動向について,海洋エネルギー資源国際フォーラム講演資料,海洋エネル ギー資源利用推進機構(OEA-J)波力分科会報告.
- Sainflou. (1928): essai sur les dignes maritimes verticals.
- Saville, T., Jr. (1958): Wave Run-up Shore Structures, Transactions, ASCE, Vol. 123.
- スマートジャパン, http://www.itmedia.co.jp/smartjapan/articles/1603/29/news039.html.
- 高田 彰 (1970a): 波の遡上, 越波および反射の関連性について, 土木学会論文報告集, 第182号, pp19-30.
- 高田 彰 (1970b): 波の遡上, 越波および反射の関連性について(第2報), 土木学会論文報告集, 第183号, pp113-123.
- 高橋 重雄 (1993): 波エネルギー変換装置の現状について,第 29 回水工学に関する夏季研修会講義集, 土木学会海岸工学委員会・水理委員会, pp.B-1-1~B-1-20.
- 高橋 重雄, 滝野義和 (2009): 波エネルギー変換装置 (Wave Energy Converter),
- http://www.pari.go.jp/bsh/syukan/base/jp/jp_project/namienerugi.htm
- 玉田 崇, 間瀬 肇, 安田 誠宏 (2009): 複合断面に対する波の不規則性を考慮した打上げ高算定法に関す る研究, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol. B2-65, No.1, pp.936-940.
- 玉田 崇, 間瀬 肇, 安田 誠宏 (2010): 波の打上げを考慮した越波流量算定法の提案, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol. 66, No.1, pp.926-930.
- 田中 博通,住田 哲章,鈴木 厚志,真鍋 安弘 (2008): 円錐形状浮体の送水特性に関する実験的研究,海 岸工学論文集,第55巻,pp.1316-1320.
- 田中 博通, 鈴木 厚志, 淀川 已之助 (2009): 波力発電の現状と重力式(越波型)波力発電装置の開発, 海洋 開発論文集, 社会法人土木学会, pp.360.
- 田中 博通, 鈴木 厚志 (2010): 越波型波力発電装置開発に向けた波の打ち上げ特性に関する研究, 土木 学会論文集 B2(海岸工学), Vol. 66, No. 1, pp.1271-1275.
- 田中 博通,太田 誠 (2010): わが国のエネルギー分布と越波型波力発電装置の開発に関する基礎的研究, 東海大学大学院平成 22 年度修士論文, pp.60-72.
- Tanaka, H., M. Yodokawa, N. Nikawadori and On Yamanashi (2012): Development of Wave Overtopping Type Wave Power Generation Devices, The Proceedings of Isope-2012 Conference.
- 田中 博通,山梨 温,居波 智也 (2013): わが国沿岸の波エネルギー賦存量と平均波高,平均周期の頻度 分布,土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol. 69, No. 2, pp.I_1291-I_1295
- 田中 博通, 居波 智也, 櫻田 哲生 (2014): 越波式波力発電装置開発のための越波量と送水量の特性, 土 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol.70, No.2, pp.I_1301-I_1305.
- 田中 博通, 居波 智也, 櫻田 哲生 (2015): 越波式波力発電装置開発に向けた波の反射率と打上げ特性に 関する研究, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol. 71, No. 2, pp.I_1561-I_1566.
- Tanaka, H., T. Inami and T. Sakurada (2015): Characteristics of Volume of Overtopping and Water Supply Quantity

for Developing Wave Overtopping Type Wave power Generation Equipment, ISOPE, pp.913-917

Tanaka, H., M. Minami, T. Inami and T. Sakurada (2016): Researches and Developments of Wave Overtopping Type Wave power Generation, ISOPE, pp.642-648.

株式会社竹中工務店ホームページ,

http://www.takenaka.co.jp/solution_manage/needs/recyclable/service05/index.html

東北電力株式会社, https://www.tohoku-epco.co.jp/enviro/tea3/chapter3/sec1/12.htm

鷲尾 幸久,大沢 弘敬,永田 良典,藤井 文則,古山 裕喜,藤田 俊助(2000): 沖合浮体式波力装置「マイ ティーホエール」実海域実験 その 1 実験システム概要及び係留設置工事,海洋科学技術センター試 験研究報告,第40号,JSMSTECR,40.

渡部 富治, 近藤 俶郎, 谷野 賢二(1986), 沿岸固定型振り子式波力発電装置の研究(室蘭港外実験プラントの第1次運転), 日本機械学会論文集(B 編), 52 巻, 477 号, pp. 2267-2274

Wave dragon 社ホームページ, http://wavedragon.net/.

(財)電力中央研究所有識者会議促進室ホームページ, 波力発電の現状.

http://www.pa.thr.mlit.go.jp/sakata/haryoku.html.

謝辞

本研究を進めるにあたり,終始丁寧なるご指導を賜り,常日頃から様々な気配りをして頂きました, 東海大学大学院総合理工学研究科 田中博通 教授に心より感謝の意を表します.

博士論文の校閲の際には,東海大学大学院総合理工学研究科 榊原繁樹 教授,清水賀之 教授,福 田紘大 准教授,琉球大学工学部環境建設工学科 藍檀オメル 教授に貴重なご意見を頂き本稿は改善 されました.心より感謝の意を表します.

打上げ高の実験に際し、多大な御協力を賜りました西日本旅客鉄道株式会社 鈴木厚志 様、越波量 特性の実験に際し多大な協力を賜りました東亜建設工業株式会社 荷川取将史 様、波エネルギー賦存 量の試算に際し多大な協力を賜りました東亜商事株式会社 山梨温 様に心より感謝の意を表します.

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構の「風力等自然エネルギー技術研究開発 海洋 エネルギー技術研究開発 海洋エネルギー発電システム実証研究」の助成事業に採択され、越波式波力発 電装置の研究開発を行う中で、多段水槽を使った越波量特性研究において、実験装置の製作に御尽力賜 りました市川土木株式会社の皆様に心より感謝の意を表します.

本論文作成に当たり,実験準備,収録,データ解析にて助言,御協力を賜りました東海大学海洋学部 臨時職員 櫻田哲生 氏に感謝致します.

これほどの有益で膨大な実験データ取得のために御協力を賜りました,東海大学海洋学部環境社会学 科 田中研究室ゼミ生全員に感謝致します.