

## 多連浮防風柵による風と風波の制御に関する実験的研究

Experimental Study on Reducing Effect of  
Float type Wind fence on Wind and Wind-Waves

村木義男\*・竹内政夫\*\*・佐伯 浩\*\*\*

Yoshio. Muraki, Masao. Takeuchi and Hiroshi. Saeki

Experiments are carried out in a wind water tunnel. Model wind fences with 50 % of fence-density are used. When a wind fence is put on the water front, the wave distribution behind the fence is separated into two parts, i. e., non-wave-developed area and wave-developed area. By arranging of the location of the several float type wind fences in a particular distance, the wide range of non-wave-developed area is obtained. Characteristics of the distributions of wind and wind waves behind each fence are discussed.

Keywords: wind waves, wind fence, float fence, wave reducing effect.

## 1. まえがき

水面上の風と風波を減少させれば、その水域の利用性は増大する。これの実現のため、筆者らは、これまで、防風柵による風と風波の制御に関する実験を行い、防風柵による制御効果の大きいことを確認し、これについて、さきに、海洋開発シンポジウム<sup>1)2)</sup>及び海岸工学講演会<sup>3)</sup>において報告した。これらの論文において筆者らは、柵背後の波高の水域水平分布は無発達領域と成長領域に区分され、無発達領域の範囲は柵の位置から柵高のおおよそ20倍であること、その領域内の波高は非常に小さいことを示した。この研究は、この無発達領域の拡大化を目的としたものである。無発達領域の終端位置近くにあらたに浮防風柵を設ければ、その背後にあらたに無発達領域が生じ、その結果、その分、波高減少水域が増大することが予想される。このことを次々連続行えば、非常に広い範囲にわたって無発達領域の確保が実現されることになる。

この研究は、このようなことが実際に実現するかどうか、終端柵背後の風、風波の大きさが柵の数によってどのように変わるか、また、各柵と柵の間の風、風波の大きさはどのようなものであるかなど、柵背後の風と風波の特性を実験によりしらべたものである。実際実施に伴う問題点なども併せ検討した。このような研究はこれまでのところ他に見当たらないようであり、実験結果は、魚貝類等の増養殖場水域等において種々利用され得るものと考えられる。

## 2. 実験方法

図-1に示すような幅0.6m、深さ1m、長さ24mの風洞水路を用い実験を行った。柵は、図-2に示すような断面1cm×1cmの角柱を1cm間隔で縦に並べた空隙率50%の縦型防風柵である。その高さは10cmである。さきの実験で空隙率50%の柵が最も効果的であることが知られたのでこのような空隙率とした。図-3に示すように、水際に1基固定し、水面上に浮防風柵として1基もしくは複数基設置し、水際固定柵前方(ほぼ平均風速の位置)、各柵間、終端柵背後それぞれの水域の風(水面上5cmの位置)と波高を測定し、水面上の場所的分布をしらべた。風速はデジタル型熱線風速計により、波高は容量式波高計により測定した。水路長に制限され、設置した柵の数は固定柵を含め最大4連である。柵間隔は、柵高の1.5倍、2.0倍、3.0倍、4.0倍の4種、与えた風速は7m/s、9m/sの2種、柵の配列は、1連(水際)、2連(水際1+浮柵1)、3連(水際1+浮柵2)、4連(水際1+浮柵3)の4種である。全実験ケースを一覧にし表-1に示した。波高は1/10最大平均波高で整理した。距離は柵高との比、風速は柵がないときの風速との比、与風速との比、波高は柵がないときの波高との比、SMB予知法からフェッチ、吹送時間が十分大として求まる波高との比で表し、これら無次元表示を用い種々考察した。相似則には根本氏<sup>4)</sup>の提案した $V_m/V_p = (L_m/L_p)^{3/2}$ を用いることとした。ここで、Vは風速、Lは物体の代表長、mは模型、pは実物を示す。自然風と模型風とが平均流のパターンのみならず、乱れの構造についても近似的に相似が期待できるものとして提案されている。

\* 正会員 北海道工業大学工学部土木工学科 (006 札幌市手稲区手稲前田419-2)

\*\* 正会員 北海道開発局開発土木研究所

\*\*\* 正会員 北海道大学工学部土木工学科

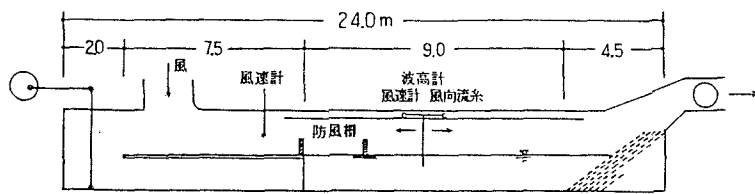


図-1 実験風洞水路

表-1 全実験ケース一覧

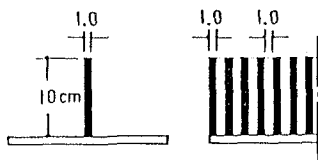


図-2 模型浮防風柵

| $V_0 = 7 \text{ m/s}, 9 \text{ m/s}$ |  | $Z = 10 \text{ cm}$ |        |        |        |
|--------------------------------------|--|---------------------|--------|--------|--------|
| 柵配列区分                                |  | $m=15$              | $m=20$ | $m=30$ | $m=40$ |
| 1 連                                  |  | ○                   | ○      | ○      | ○      |
| 2 連                                  |  | ○                   |        | ○      | ○      |
| 3 連                                  |  | ○                   | ○      | ○      |        |
| 4 連                                  |  | ○                   | ○      |        |        |

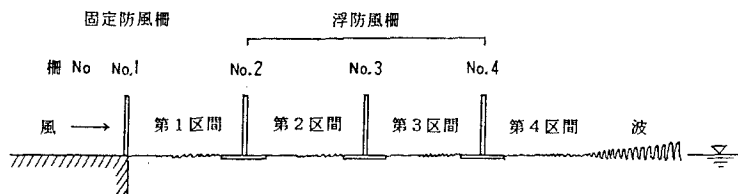


図-3 実験概説図

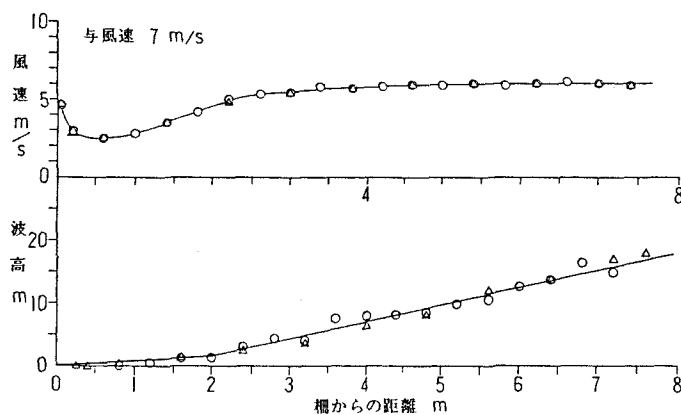


図-4 風速、波高の場所的分布

### 3. 結果と考察

図-4に防風柵1連の場合の風速水域分布と風波の波高水域分布を示した。この図から、柵背後の風速はかなり大きな低減をみせるが意外に回復が速く、一方、柵背後の波高分布は無発達領域と成長領域とに区分され、そしてこの無発達領域は意外と長く、風の分布と風波のそれとは様子がかなり異なることがわかる。表-1に示したすべてのケースについて、得られた測定データをさきに述べたように無次元図示し、これらを相互に比較し考察を行った。紙数の都合で全ケースについて図を示すことはできないので、代表例を示し結果を述べることにする。この結果は、全ケースから得られる結論と理解してよい。

図における記号を一括し次に示す。

- $x$  : 水際に設置された第1柵からの距離  
 $Z$  : 柵の高さ  
 $V_0$  : 与風速(柵前方における風速)  
 $V_{Z=0}$  : 柵がないときの水域風速  
 $V_Z$  : 柵があるときの水域風速  
 $H_{Z=0}$  : 柵がないときの波高  
 $H_Z$  : 柵があるときの波高  
 $H_F$  : SMB法による、フェッチ、吹送時間ともに十分大として求まる波高  
 $V_0 = 7 \text{ m/s}$  のとき  $H_{1/10} = 1.9 \text{ m}$ ,  $V_0 = 9 \text{ m/s}$  のとき  $H_{1/10} = 3.15 \text{ m}$   
 $D$  : 柵間隔

#### (1) 風速の相違による風速比の相違

柵があるときの風速( $V_Z$ )と与風速( $V_0$ )との比、及び、柵があるときの風速( $V_Z$ )と柵がないときの風速( $V_{Z=0}$ )との比が風速の相違によりどの程度異なるかをみた例が図-5と図-6の上の図である。この図から、風速が異なっても風速比はあまり変わらないこと、とくに与風速との比についてはかなりよく合っていることがわかる。このことは柵と柵との間についてもいえる。

#### (2) 柵と柵の間の風速分布

図-7と図-8の左側の図は、柵数2連、3連、4連の第1区間の風速分布と柵数1連の場合の柵背後の風速分布とを重ね合せ示した例であるが、これから、第1区間の風速分布は、柵数に関係なく、水際柵1連の場合の柵背後の初頭部とほとんど同じであることがわかる。また、図-9と図-10の右側の図は、第2区間第3区間の風速分布を終端柵背後の風速分布に重ね示したものであるが、この図から、第2区間、第3区間は互いにかなり似た分布を示し、かつ、これらは終端柵背後の風速分布の初頭部によく一致することがわかる。なお、これらは第1区間の分布(図の左)とは異なる分布である。

#### (3) 終端柵背後の風速分布

図-7と図-8の右側の図は、柵が複数の場合における終端柵背後の風速分布と水際柵1連の場合の柵背後の風速分布を重ね示した例である。これらの図から、柵が複数の場合の終端柵背後の風速分布は、互いに非常に似た分布を示すが、柵1連の場合の分布とは異なった分布を示し、かつ、1連の場合より若干大きい傾向を示すことがわかる。マクロな見方をすると、風速は第1柵で大きく変化するが、その第2第3の柵の増による大きな変化は認めがたく、柵数が複数の場合は、第2連以降は第1連通過後の状態を維持するに止まるとみるのが現段階では至当と考える。

#### (4) 浮防風柵に当たる風速

図-8、図-9から、浮防風柵に当たる風の風速は、柵間隔が柵高の20倍( $20Z$ )のときで、与風速のほぼ60%以下と予想されかなり軽減されたものとなる。

#### (5) 風速の相違による波高比の相違

複数の防風柵を設けた場合における、終端柵背後の波高を柵がないときの波高との比で表すと、柵の数によって、その値は、波高の絶対値が同じでも、著しく異なったものとなる。この不都合を避けるため、各地点の波高を、SMB法においてフェッチ、吹送時間ともに十分大として求まる、その風速に対する波高との比で表し、これについてしらべた。図-5と図-6の中の図はその例で、風速7m/sと9m/sのデータを重ね表示したものであるが、両者かなり近い値を示していることがわかる。さらに検討が必要であるが予測上都合よい。

#### (6) 柵と柵との間の波高分布

第1区間、第2区間、第3区間、終端柵背後これらすべての区間の波高分布を重ね示した例を図-9と図-10の下の図に示した。これらの図からわかるように、柵と柵との間の波高は、いずれの区間も、柵が1連のときの無発達領域もしくはこれを含む初頭部の波高分布に近似するとみてよい。また、波高の区間相互の関係については、この実験ではとくに一定の傾向は見出せなかった。

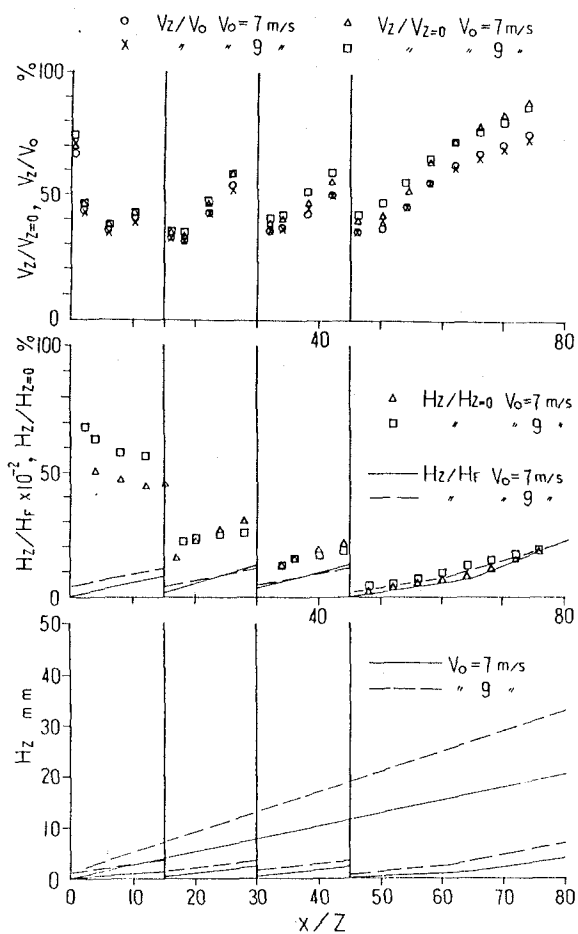


図-5 与風速の違いによる各柵背後の  
風速分布、波高分布の違い  
( $D = 15Z$ 、柵数4連の場合)

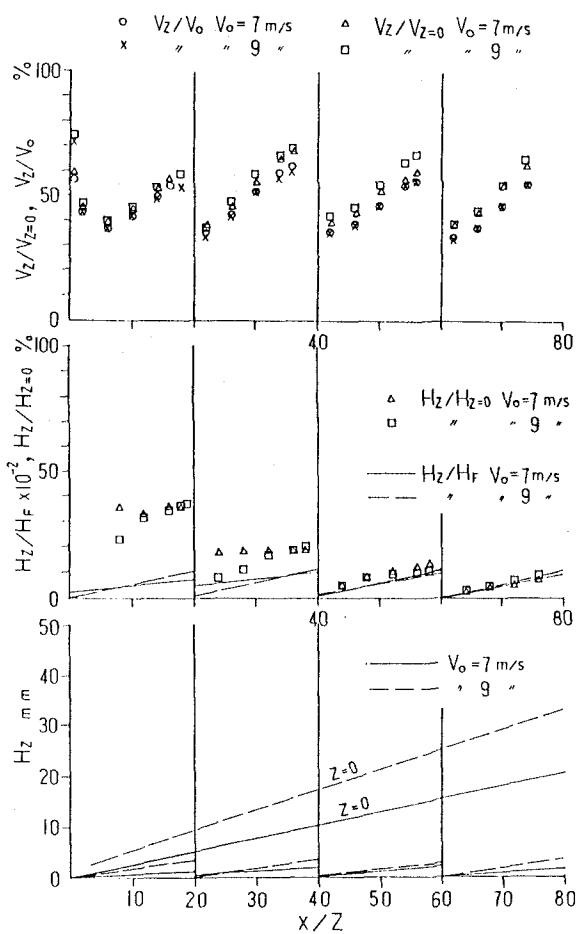


図-6 図-5に同じ  
( $D = 20Z$ 、柵数4連の場合)

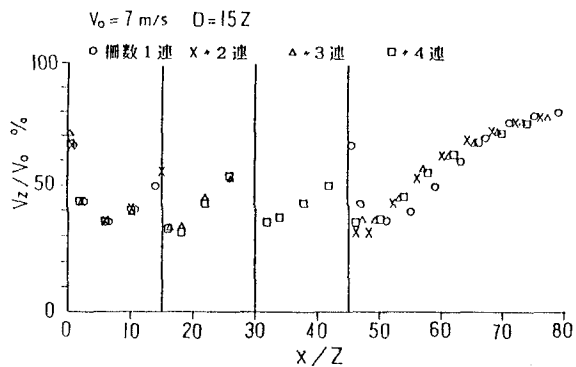


図-7 同一区間の風速分布比較及び  
終端柵背後の風速分布比較

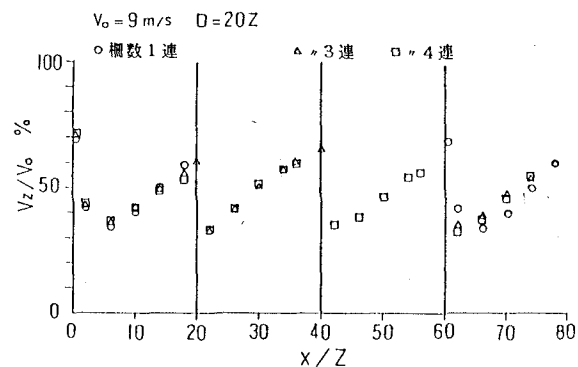


図-8 図-7に同じ

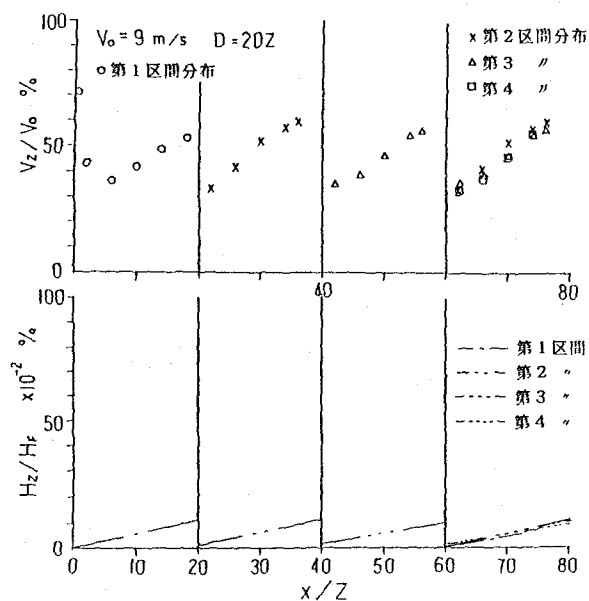


図-9 柵間の風速分布と終端柵背後の風速分布との比較

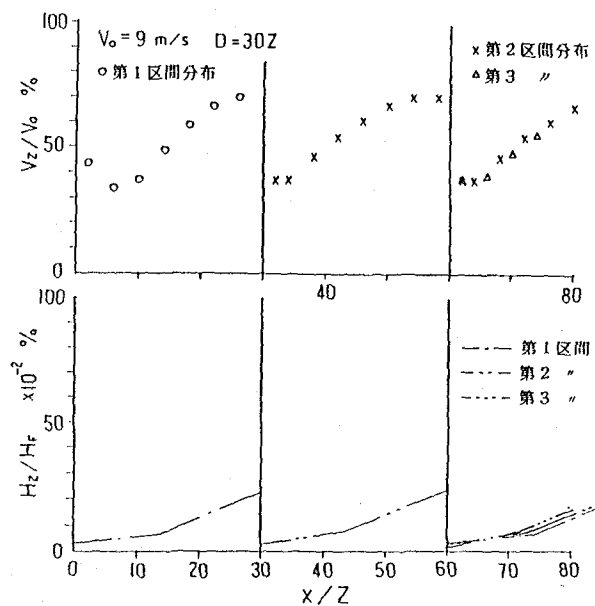


図-10 図-9に同じ

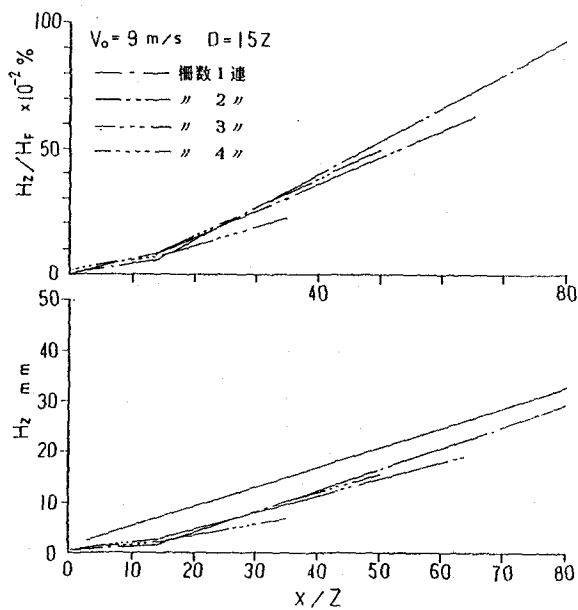


図-11 終端柵背後の波高分布比較

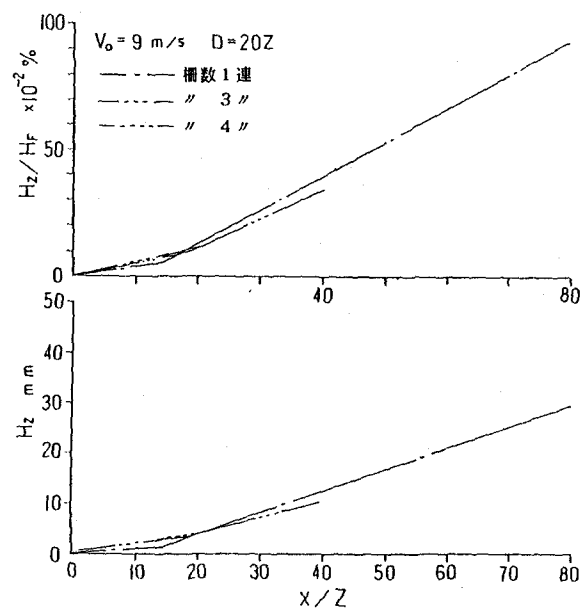


図-12 図-11に同じ

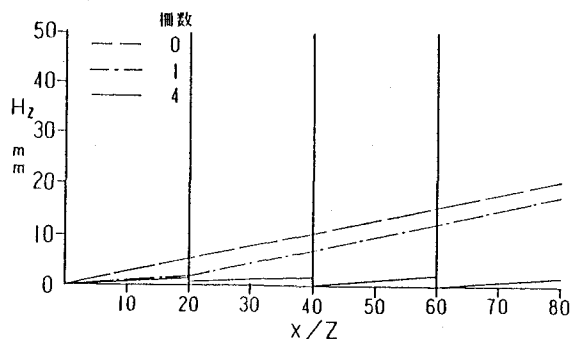


図-1 3 欄間隔欄高の20倍、欄数4連の場合の波高分布と  
欄数1連の場合のそれとの比較

#### (7) 終端欄背後の波高分布

欄数1連、2連、3連、4連各ケースの終端欄背後の波高分布を重ね示した図の例を図-1 1、図-1 2に示した。これから終端欄背後の波高分布は、水際欄1連の場合の波高分布にかなり近い値を示していることがわかる。しかしよくみると多連の場合は、とくに4連の場合は、波高は若干小さいようで、全体的にみて欄多重効果が現れているようにも思える。この点については今後さらに実験検討する必要がある。

#### (8) 風波無発達領域拡大の可能性

図-1 3に、欄間隔が欄高の20倍である欄数4連の波高分布を示したが、これから明らかなように、実験においては、すべての欄と欄との間に無発達領域が確保されている。したがって、無発達領域は、全体として欄数1連の場合の4倍に拡大されている。当然欄間隔が欄高の15倍のときもこのことはなりたつ。欄間隔が欄高の30倍、40倍と広くなると、成長領域の1部が入ってくるので欄間の波高は必然的に高くなる。現実には、欄間隔をできるだけ長く、欄間内の波高はできるだけ小さくしたいので、両者の許容バランスにより、欄の間隔はきめられることになる。

#### (9) 波に対する欄の多重効果の有無

水際欄に連ね適当な間隔で複数の浮防風欄を設けた場合、次々に減少効果が累加され、波高の減少が次々に続くものと当初考えていたが、これまでの実験の範囲では、第1欄で減少された波高分布は、第2、第3、第4の欄を経てもあまり変わらなく、終端欄背後においても第1欄背後の波高分布とあまり変わらないことが知られた（若干小さくなる傾向はみえたが）。このことから、風の場合と同様第2、第3、第4の浮防風欄は第1欄の効果をたんに維持する役目にとどまると考えるのが現段階ではよさそうだ。欄数がさらにどんどん多くなった場合は、波高の減少が続くかもしれないが、今回の実験結果は、これに対し安全側の値となるので、現段階ではこれによしとする。風波無発達領域を、欄を多重にした数の分、拡大させることは可能であろうと考える。

#### 4. あとがき

防風欄により風と風波を制御する効果を増大させることを意図し、浮防風欄なるものを複数基連ね設置する方法を考え出し、この効果を確認する実験を行った。

総じて、浮防風欄を適当な間隔で複数基連ね設けることにより、風波無発達領域を欄数分増大させることができるであろうと考える。浮防風欄に当たる風速は与風速のほぼ60%以下でかなり減少され、また、この浮防風欄に当たる波はその波高が非常に小さいことから、浮防風欄の維持は比較的容易であると思われる。また、浮体部分に浮防波堤を兼用すれば、制御効果が相乗され、より合理的な浮防風欄になるものとする。

#### 参考論文

- 1) 村木義男・竹内政夫・佐伯浩：防風欄による小水域風波の制御に関する実験的研究，海洋開発論文集，V o 1 . 5，1989.
- 2) 村木義男・竹内政夫・佐伯浩：ドーム型防風構造物の小水域の風と風波におよぼす制御効果に関する実験的研究，海洋開発論文集，V o 1 . 6，1990.
- 3) 村木義男・竹内政夫・佐伯浩：欄型防風構造物による風と風波の制御に関する実験的研究，海岸工学論文集，第37巻，1990.
- 4) 根本茂：自然風を対象とした風洞模型実験の相似則，航空学会誌，第11巻，第116号，1963，9