

# サロマ湖中番屋におけるギ酸容器対策工による消波効果に関する検討

Examination of wave-absorbing effect by formic acid container countermeasure in Nakabanya, Lake Saroma

北見工業大学 ○学生員 村田義貴 (Yoshitaka Murata)  
 北見工業大学 正員 吉川泰弘 (Yasuhiro Yoshikawa)  
 福田水文センター 非会員 芳賀聖一 (Seiiti Haga)  
 福田水文センター 正員 甲斐達也 (Tatuya Kai)  
 西村組 正員 旭 幸司 (Koji Asahi)

## 1. はじめに

サロマ湖内の中番屋では、物揚場が利用されている。図-1 に物揚場を示す。物揚場はアルファベットの F を反転させた形をしている。船は、波浪が低減される図-1 の内側に停留させるのが望ましい。しかし近年、船の増加に伴い図-1 の外側に停留する船が増加している。そのため、内側に比べて静穏ではない外側に停留する船において、特に西風によって発生する波浪により、船体が動揺し物揚場の岸壁に衝突して損傷するという課題がある。現場では、より安価で波浪を抑えて船体の損傷を防ぐことが可能な対策が望まれている。なお、一般的な対策として、浮防波堤<sup>1)</sup>、消波フェンス<sup>2)</sup>、ダブルバリア円筒式浮消波堤<sup>3)</sup>などがある。

物揚場における、船体の損傷対策については、物揚場の岸壁と船体の間に緩衝材を設置する対策がなされている。さらなる対策として、2019年にブイを16.8m連結した対策工（ブイ連結工と呼称）を設置し、その消波効果の検討が実施<sup>4)</sup>されている。ブイ連結工の消波効果は、ブイ連結工に対して直角方向の波に効果が有り、画像解析の結果から、有義波高が低く、風速が遅く、水面流速が遅い場合にブイ連結工の効果は有るが、有義波高が高く、風速が速く、水面流速が速い場合には効果が無い事が推定されている。なお、波高計の観測結果（観測期間は、2019年10月7日9時00分から2019年11月8日8時00分）は、1/3最大有義波高の最大値は0.293m、最小値は0.001m、1/3最大周期の最大値は4.49sec、最小値は0.853secであった。風向は、物揚場の外側に停留している船に損傷を与える波浪を発生させる西寄りの風が多いことが示された。さらに消波効果を高めるためには、ブイ連結工の長さを延長する事、ブイ重量を重くして喫水深を深くする事が挙げられた。

本研究では、消波効果を高めるために、対策工の長さを延長し、喫水深を増やす対策工を試みた。本研究の対策工（ギ酸容器連結工と呼称）は、図-2に示す農業で使用された直径58cmのギ酸容器をリサイクルし、126個連結（全長84.9m）させたものである。設置位置は、図-3の物揚場から約25mから30m離れた位置とした。平面位置は、図-1の橙色の部分となる。本研究の目的は、現地観測からギ酸容器連結工の消波効果を検討することである。



図-1 サロマ湖中番屋の物揚場の状況と現地観測（平面画像，出典：Google Map）



図-2 ギ酸容器（1個）

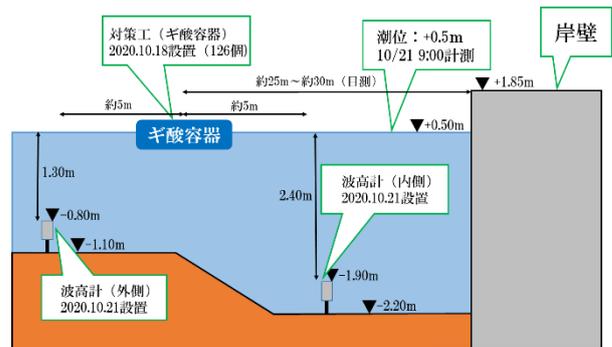


図-3 現地観測の断面図（本実験）

## 2. 現地観測

### 2-1. 予備実験

ギ酸容器連結工の設置方法と消波効果を検討するために、2020年7月4日（土）に予備実験を実施した。天候は晴れ、風向は東風、風速は約4m/sであった。

予備実験のギ酸容器連結工の設置位置は、図-1の黄緑色の部分である。連結方法は、計12個のギ酸容器をロープでお互いに連結させて固定した。ギ酸容器の設置方向については、縦設置と横設置があるが、縦設置は横設置に比べて不安定で自立させるのが困難であり、自立させるためには、底面を重くするなどの工夫が必要である。設置の容易さを考慮して横設置とした。本実験も同様とした。ギ酸容器に入れる水の量は、氷の比重と同等程度として、容量の約9割を目指して入れた。図-4に予備実験の状況を示す。図-4の左側から船により人工的な波を発生させた。図の左側は風が吹いている東方向である。

ギ酸容器連結工の消波効果の検討は、波高を測定していないため、目視観測と画像解析によって静穏性を判断した。図-4および現地状況により、人工的な波がギ酸容器連結工を通過した後では、前と比べて水面が落ち着いていることが確認できた。図-4より、波がギ酸容器通過前は荒れているのに対して、ギ酸容器通過後は落ち着いている。画像解析により波通過前後の画像を二値化して黒と白の割合から水面の静穏を判定した。画像の二値化および数値化には、Pythonのopencvを使用した。一例として波通過前を図-5、波通過後を図-6に示す。具体的には、約4分間の撮影動画を静止画に分割し、波通過前と波通過後の範囲でトリミングを行い、計15512枚（通過前7756枚、通過後7756枚）の静止画を黒色と白色に二値化した。画像解析結果を図-7に示す。グラフ中の横軸は画像に対する白色の割合、縦軸は画像に対する黒色の割合である。通過前のデータは赤色、通過後のデータは青色である。波が立つと黒色の割合が多く、静穏の場合は白色の割合が多くなる。図-7の平均値をみると、通過前の黒色は約40%、白色は約60%となり、通過後の黒色は約35%、白色は約65%である。波通過後の白色の割合が高くなっていることが分かる。以上より、目視観測および画像解析の結果から、ギ酸容器連結工の消波効果は、有ると推察し、本実験を実施することとした。

### 2-2. 本実験

ギ酸容器連結工の消波効果の検討をするために、2020年10月14日（水）から2020年11月30日（月）まで現地観測を実施した。現地観測に使用した機器は、風向風速計（Vantage VUE、株式会社エーオーアール社製）、波高計（水圧式メモリー波高計 INFINITY-WH、JFEアレック株式会社製）、カメラ（HYKEカメラ SP2、株式会社ハイク社製）である。風向風速計、カメラ、ビデオの設置位置は、図-1の赤色丸印、緑色丸印の部分である。波高計とギ酸容器の設置概要を図-3に示す。波高計の設置位置は、物揚場から25m離れた水深2.40mに1台と、物揚場から35m離れた水深1.30mに1台である。波がギ酸容器連結工を通過した際の波の静穏性を検討

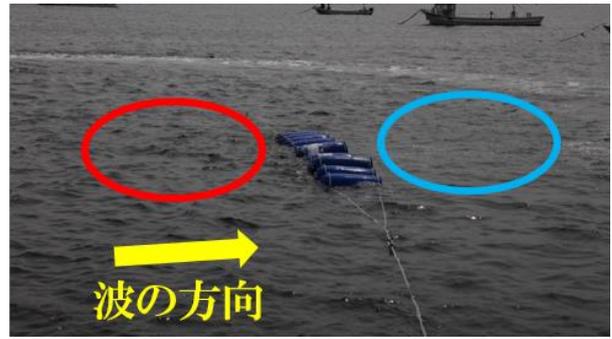


図-4 予備実験の状況：中央がギ酸容器連結工（赤色の丸：波通過前、青色の丸：波通過後）



図-5 波通過前（赤色の丸）の二値化画像の一例



図-6 波通過後（青色の丸）の二値化画像の一例

（通過前：赤、通過後：青）

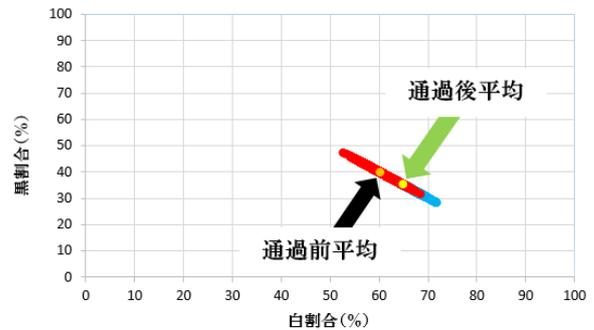


図-7 予備実験の画像解析結果

するために波高計は2台設置した。波高計の観測期間は、2020年10月21日（水）9時00分から2020年11月28日（土）10時30分とした。観測期間中の1/3最大有義波高の最大値は0.327m、最小値は0.001m、1/3最大周期の最大値は17.0sec、最小値は0.933secであった。風向風速計の観測期間は2020年10月14日（水）14時30分から2020年11月30日（月）13時00分として、測定間隔は30分毎とした。

## 3. 観測結果

### 3-1. ADCP 観測による流速低減の検証

波がギ酸容器を通過する前と後において、波の流速が低減しているか確認するために、2020年10月27日（火）

に ADCP<sup>5)</sup> 観測を実施した。天候は晴れ、風向は南西、風速は約 2.5m/s であった。

観測測線は、岸を 0m として沖に向かいギ酸容器連結工の端までとし、ギ酸容器連結工から外側 1m, 内側 2m の離れた測線でギ酸容器連結工に平行して実施した。外側 1m は、13 時 56 分から 13 時 59 分の時間で実施し、14 時 00 分の風速は 3.1m/s, 風向は北東であった。内側 2m は、13 時 42 分から 13 時 44 分の時間で実施し、13 時 30 分の風速は 2.7m/s, 風向は北西であった。

測定は、水面からの水深 0.25m から 0.1m 毎に実施した。検討に用いたデータは、水深 0.35m から 0.55m の範囲と水深 0.35m から 2.85m の範囲とした。前者は、ギ酸容器を横にした際の鉛直長さが 58cm であり、容器内に入れる水の量は容量の約 9 割を目標としていることを考慮して、 $58\text{cm} \times 0.9 = 52.2\text{cm}$  として決定した。後者は、表層の 1 層目を抜いた残りのデータを用いた。ADCP の測定データの 1 層目の値は、誤差を含むことが多い<sup>6)</sup> ため、1 層目の水深 0.25m は使用しないこととした。

ギ酸容器連結工の前後の岸壁直角方向の相対流速を図-8 に示す。図中では、横軸の距離 0m の位置をギ酸容器連結工としている。距離が負の値は波がギ酸容器を通過する前の値であり、正の値は波がギ酸容器を通過した後の値を示している。水深 0.35m から 0.55m の平均値を青色、水深 0.35m から水深 2.85m の平均値を橙色で示す。水深 0.35m から 0.55m において、外側 1m と内側 2m で比較した場合、流速は 0.077m/s から 0.065m/s となり、0.012m/s の減速であった。水深 0.35m から水深 2.85m において、外側 1m と内側 2m で比較した場合、流速は 0.048m/s から 0.043m/s となり 0.005m/s の減速であった。

今回の ADCP 観測により、波がギ酸容器連結工を通過する場合、表面の平均流速は 1.2cm/s 減速することが分かった。一方で全水深の平均流速は 0.5cm/s 程度の減速であり、ギ酸容器連結工の効果は、表面に現れることが推察された。

### 3-2. 風向風速と波高計による消波効果の検討

#### (1) 現地観測期間における風向

物揚場周辺の風向の頻度を図-9 に示す。観測期間中、最も多かった風向は西風で 490 回、次に南南西の風が 293 回と多い。西風と南南西の風の合計は 783 回となり、観測期間中の全風向 2254 回の中の約 35% を占める。風によって水面を波立たせ、かつ船体を動揺させると推察できる風(西, 西北西, 西南西)の回数を合計すると 897 回となり、全風向中の約 40% を占める結果となった。西, 西北西, 西南西の風向を図-9 において赤色で示す。西, 西北西, 西南西の風向の時間帯の頻度を明らかにするために、0 時～5 時 30 分, 6 時～11 時 30 分の午前, 12 時～17 時 30 分, 18 時～23 時 30 分の午後の時間帯に分けて図-10 に示す。頻度が一番多い時間帯は、6 時～11 時 30 分で 238 回となった。午前と午後で分けた場合、午前は 453 回、午後は 444 回となり、午前の方が多い結果となった。6 時から 18 時の日中は 474 回、18 時から 6 時の夜間は 423 回であり、日中の方が多い。今回の結果か

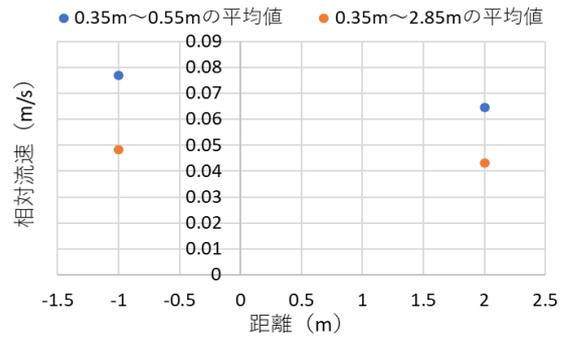


図-8 ギ酸容器連結工の前後の流速 (－は外側, +は内側)

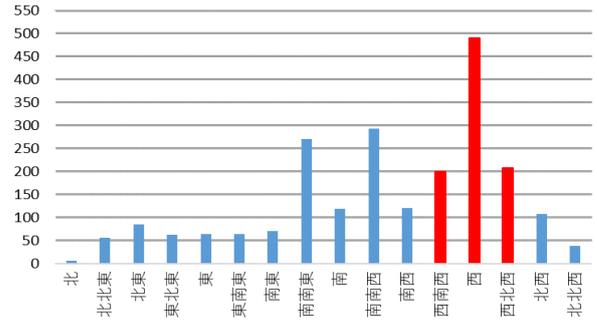


図-9 物揚場周辺の風向の頻度

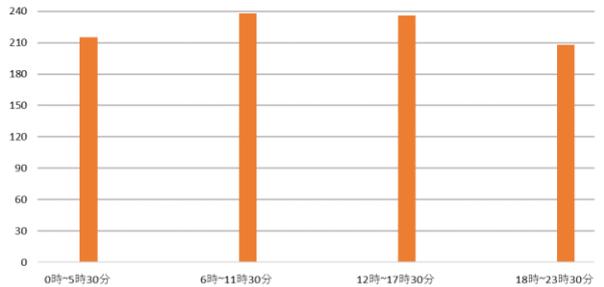


図-10 西・西北西・西南西の風向が発生する時間帯

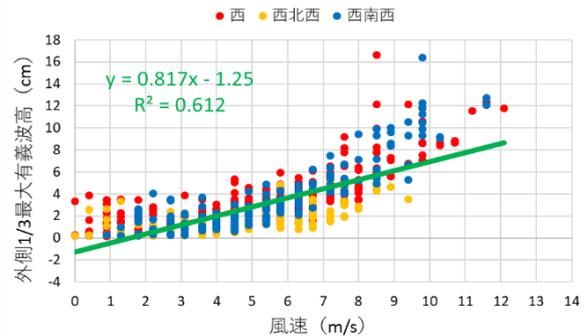


図-11 風速と外側 1/3 最大有義波高の関係

ら、現地観測期間中は、西寄りの風が多く、午前と午後では午前が多く、日中と夜間では日中が多い。

#### (2) 風向風速と波高の関係

サロマ湖中番屋周辺の風向風速と波高の関係を明らかにするために、西, 西北西, 西南西の風向における風速と波がギ酸容器連結工を通過する前の 1/3 最大有義波高(外側 1/3 最大有義波高)を用いて検討を行った。結果を図-11 に示す。風速が 8m/s を超えると 10cm 以上の波高も確認できる。波高 10cm を超えた波の風向は、

西と西南西である。本検討から、サロマ湖中番屋周辺において、風向と波高には相関があることが推定された。なお、相関係数は0.612である。

(3) ギ酸容器連結工による消波効果の検討

現地観測により、風速が速いと波高が高くなることが示された。西、西北西、西南西の風向において、風により発生する波浪に対するギ酸容器連結工の消波効果を検討した。

消波効果を次式の波高低減率で評価した。

$$\text{波高低減率} = \frac{FW - BW}{FW} \times 100 \quad (1)$$

FW はギ酸容器通過前の 1/3 最大有義波高、BW はギ酸容器通過後の 1/3 最大有義波高である。横軸を風速、縦軸を波高低減率として図-12 に示す。相関係数は 0.474 である。図-12 において、波高低減率の最大値は、西風の風速 4.5m/s 時の 83.5%であった。波高低減率の最小値は、西風の風速 2.2m/s 時の-11.8%であった。風速約 3m/s から 8m/s では、波高低減率が 80%以上の消波効果を示した。一方で、風速 10m/s 以上の風については、消波効果が小さくなった。

消波効果による波高の低減を定量的に明らかにするために、ギ酸容器連結工の前後の波高差を求めた。

$$\text{1/3 最大有義波高の差} = OW - IW \quad (2)$$

OW は外側 1/3 最大有義波高、IW は内側 1/3 最大有義波高である。横軸を風速、縦軸を 1/3 最大有義波高の差として図-13 に示す。相関係数は 0.64 である。図-13 において、波高差の最大値は、西風の風速 8.5m/s 時の 6.65cm である。全データにおいて、波高差はプラスが多くを占めており、ギ酸容器連結工通過後は波高が低減していることが分かる。

なお、風向風速が同じ場合でも波高低減率と波高差が異なる要因として、他の自然要因に加えて、ギ酸容器連結工周辺の船の航行の影響も推定される。

4. まとめ

本研究は、サロマ湖中番屋の物揚場周辺の波浪を低減させるために、安価な対策工であるギ酸容器連結工において、予備実験及び本実験を実施し、消波効果に関する検討を実施した。得られた知見は以下となる。

- ・予備実験の目視観測および画像解析の結果から、ギ酸容器連結工の消波効果は有ると推察できた。
- ・ADCP 観測により、ギ酸容器連結工の前後において、表面の平均流速は全水深の平均流速よりも減速する。
- ・本実験の観測期間中の物揚場周辺の風向は、西寄りの風が多く、午前と午後では午前が多く、日中と夜間では日中が多い。
- ・サロマ湖中番屋周辺において、風向と波高には相関係数 0.612 程度の相関がある。
- ・本実験において、ギ酸容器連結工の消波効果を波高低減率と 1/3 最大有義波高の差で評価した。ある一定の風速までは波高低減率は高くなるが、それ以上の風速

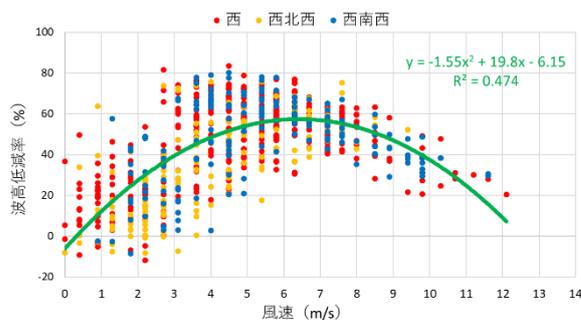


図-12 風速とギ酸容器連結工による波高低減率

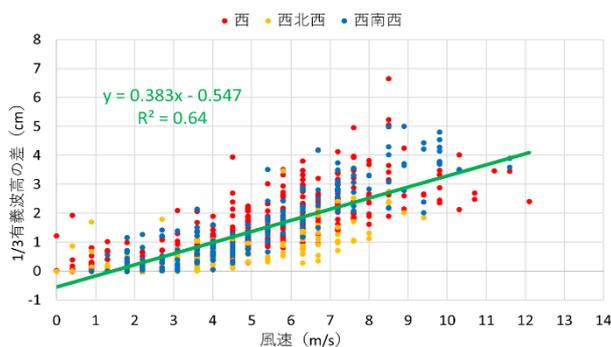


図-13 風速とギ酸容器連結工の前後の波高差

となると波高低減率は低くなる。風速と波高差の相関係数は 0.64 で、風速が速くなるほど低減させた波高差は大きくなる。

今後さらに対策工の効果を高めるためには、連結工の列を増やすことや、ギ酸容器に入れる水の量を均一にするなどが考えられる。

**謝辞:**本研究は、湧別漁業協同組合より対策工の設置撤去等のご協力を頂いた。記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 木暮健一郎, 鈴木康正, 片桐正彦, 八鍬隆: 浮防波堤の設計と施工, 海岸工学講演会論文集, 第 30 巻, pp. 435-439, 1983.
- 2) 海洋保全のコーディネーターJOS 日本海洋整備: JOS 消波フェンス, URL: [www.kaiouseibi.co.jp/shouhin/josyouha.html](http://www.kaiouseibi.co.jp/shouhin/josyouha.html) (参照日 2020 年 11 月 24 日).
- 3) 建設技術・工法動画サイト: ダブルバリア円筒式浮消波堤, URL: <https://cpds.kentsu.co.jp/technology/detail?id=3> (参照日 2020 年 11 月 24 日).
- 4) 畠山凌, 吉川泰弘, 芳賀聖一, 甲斐達也: サロマ湖における簡易的な波浪対策と画像を用いた風速推定手法の検討, 土木学会北海道支部, 年次技術研究発表会論文報告集, 第 76 号, 2020
- 5) 二瓶泰雄: ADCP や H-ADCP による河川流量観測, 河川流量観測の新時代, 2010 年 9 月.
- 6) 国立研究開発法人土木研究所水工研究グループ水文チーム: “流量観測の高度化マニュアル(高水流量観測編) Ver1.2 AppendixB”, p.B\_24, URL: [https://www.pwri.go.jp/team/hydro\\_eng/manual.htm](https://www.pwri.go.jp/team/hydro_eng/manual.htm), (参照日 2020 年 12 月 14 日)