



Title	船体着氷に関する研究(Ⅱ)：着氷に及ぼす諸要素の抽出
Author(s)	守村, 慎次; MORIMURA, Shinji
Citation	北海道大學水産學部研究彙報, 20(3), 185-192
Issue Date	1969-11
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/23392
Type	departmental bulletin paper
File Information	20(3)_P185-192.pdf



船体着氷に関する研究 (II)

着氷に及ぼす諸要素の抽出

守 村 慎 次*

Studies on the Ice Accumulation on Ships (II)

Shinji MORIMURA

Abstract

This investigation is being done to find the proper solution to prevent or reduce the ice accumulation on ships sailing in northern waters.

An airconditioning duct consisting of a section 500 mm. square had been prepared in order to carry out effectively this purpose, and this experiment was started from a means to shoot splashes to attach to test piece in the duct in view of accumulating ice.

For the test models, a flat board 100 mm. square and several shapes such as a chain, a wire rope and others had been used precedently.

In the first report on this study, the experiment was confined to fresh water splashes to keep the equipment from rust.

And yet, the splashes used in this new experiment was sea water because such natural agencies in northern waters are convincing enough for through examinations.

Ice accumulation on ships is formed from the spray of sea water as is generally known. The splashes are blown by the action of the wind, the waves and the ships pitch and they occur periodically as a result of the combination of those element.

The writer tried a more systematic method by shooting splashes of water on the models at regular intervals adopting a spray period during 1 second then stopping spraying for 3 second so as to make a more reliably basic analysis for this experiment.

An account of the influence of the air temperature, the amount of splashes, several shapes of examination models and others on ice formation are given in this paper.

As a point to which special attention should be called from these data, the relation between spray quantities and icing was shown reliably. It had lacked clearness due to the use of fresh water instead of sea water splashes.

As a result of research the relation, it shall be possible to invite a method of solution of the problem because the total quantity of released heat needed to freeze up splashes is given by the research.

Now, this examination was put into practice by the condition with the wind velocity 5 m/sec. and the splashes temperature 0°C of all.

Hereupon, The methods of prevention or reduction of ice accumulation on ships are still to be improved upon and deeper researches will enable us a future study.

* 北海道大学水産学部漁船工学講座
(Laboratory of Fishing Boat Architecture, Faculty of Fisheries, Hokkaido University)

ま え が き

この研究に関する第一報では、実験装置の腐蝕を恐れて、試験模型に附着結氷させるしぶきとして清水を使用するに留まったが、その後、いくつかの実験を経て、充分实际的に北洋の自然を再現できる確信を得たので、今回から、清水のしぶきを海水粒に替え、同時にまた、その海水飛沫を装置内で任意の周期で噴射させられるよう、その噴射機構を改良した。これは船体着氷が、波浪と船のピッチング作用によって舞上げられ風と船との相対速度で運ばれる海水飛沫によって生成されることが既に明らかであり、それらの要素の組合わせによって、飛沫がいろいろな条件のもとに種々の周期で船体に衝突附着することを考慮したことによる。この結果、海洋上で船体に発達する氷とはほとんど同質の氷が試験片上に附着し今後の研究を極めて有意に発展させる見通しができた。

しかしこれまでの実験に限っては、当初の解析をむやみに困難にしないよう、飛沫粒子の噴射周期をすべて1秒間噴射、3秒間休止の場合についてのみ採用している。この周期は、著者が100~300 G.T.程度の漁船で観察した極めて平均的な値である。

この報告では、気温(装置内部の実験温度)、噴射飛沫量、試験片の形状などが及ぼす試験片への附着氷結量への影響について述べられ、特に、清水の場合不明瞭であった飛沫量の影響が、海水を用いることによって着氷量に興味ある特徴を与えていることが注目される。これはもし、着氷防止を熱的な方法によって解決しようとする要求が生じた時、飛沫が船体へ凍着する時に放出する全熱量を測定するために極めて有効な手がかりとなるであろう。

実 験 方 法

実験は前回同様、500 mm 角から成る空調ダクト内部に海水の飛沫を噴射して各種試験片に着氷せしめる方法によって行なわれた。使用した海水は冷却槽であらかじめ所定の温度まで冷却されるため、その塩分濃度に若干の変化を生じたが、その範囲は実験を通じておよそ33%~35%と測定された。この濃度は北洋の海水と極端な違いがないので、実験中の濃度変化をあまり神経質に論ずる必要はな

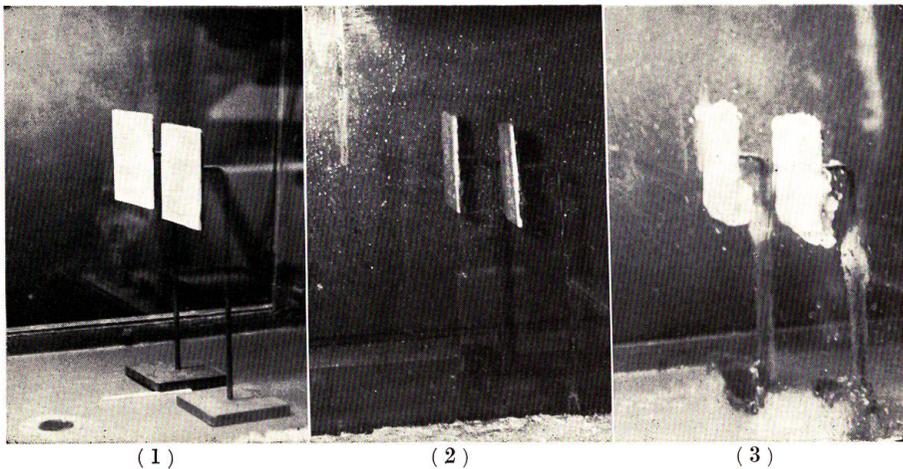


Fig. 1. States of icing development in the examination duct

- (1) Before the test
- (2) five minutes after
- (3) thirteen minutes after

いと思われる。海水飛沫の温度は他の要素に充分注目できるよう今回はすべて $0 \pm 0.1^\circ\text{C}$ に整定された。また、ダクト内の風速についても同様の理由でこの実験中は 5m/sec と条件を一様にした。

試験模型としては、ペイント塗装、あるいは特徴ある物質を貼りつけた 100mm 角の平板、および鎖、鋼索、塩化ビニル管などの特殊形状模型が種々の観察目的を満たすために選ばれた。Fig. 1 は、ウレタンの吹きつけ成形板を貼った平板模型とそれに着氷が発達する模様を現わしたもので、(2) の写真に、たまたま飛行中の飛沫が見えている。この写真は、同一条件下で二者の比較を行なうため二個の試験片を並列させているが一般には、ほとんど一個ずつの試験模型によって実験が行なわれた。

なお、飛沫量の測定に際しては、その性質上厳密な測定が難かしいので、Fig. 2 のような計量器を製作し試験模型と同断面を通過する粒子を捕捉する方法で満足した。この方法では一回の噴射量を捕捉しても、ほとんどその計量が不可能なので、各試験についてその着氷に要した時間の相当分だけの飛沫が捕捉されている。1分当りの噴射量は、前述のごとく、1秒間噴射3秒間休止のサイクルの場合、15回噴射された飛沫群の合計に等しい。

それぞれの着氷試験に要した時間は、 $10 \sim 20$ 分の範囲である。

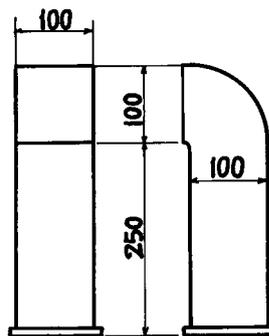


Fig. 2. Catcher of splashes

実験結果並びに考察

i) 着氷に及ぼす飛沫量の影響

Fig. 3 は、外気温度 (ダクト内温度) が -10°C の時 0°C の海水飛沫が錆止めペイント (SR 速乾錆止 #300) 塗装による 100mm 角の平板に附着結氷した量を飛沫量に対応させて示したものである。グラフに示された黒くぬりつぶした部分は、実際着氷が生じたのち、飛沫粒子の衝突、あるいは凍結の過程で放出する潜熱と析出するブラインの潤滑作用等によって自然落下した量である。この現象は飛沫量が増大するにつれて著しくなり、またそれに伴って粒子の附着量も減少するため、ついにはかなり低温に処置されながら全く着氷を留めないようになる。Fig. 4 にその一例を示す。この二つの写真はいずれも -10°C の空気条件下で附着した氷を現わしているが、そのうち、(1) は、比較的飛沫量の少ない状態 (10g/min/section) で発達したもので、平板上で凍結しきらない海水が落下の過程で極めて顕著なつららを形成している。一方、(2) は、逆に比較的飛沫の多い (26g/min/section) 場合に先のごとき理由によって着氷が発達する途中で自然落下した形跡を留めている。しかし (1) のような条件でも、特別な作用で必ずしも顕著なつららが生成されるとは限らないため、以下に述べられる着氷積層量についてはこのつららの部分を含めないことにした。

Fig. 3 の例では、試験片面に対して飛沫量が毎分 20g のあたりで着氷量の最大値を示しているが、この着氷量のピークは試験片面を処理した物質によって異なり、Fig. 3 の落下分を除いた純着氷量と F. R. P. 及びウレタン膜を貼りつけた同寸法の試験模型への着氷量を比較した Fig. 5 で明らかなように、このペイント塗装片が最も飛沫量の少ない範囲で最大着氷をもたらしている。Fig. 5 における曲線は各プロットから最小自乗法で得た二次の実験式に基づいている。

飛沫量から着氷の境界値を熱力学的に考察することは極めて重要であるが、この段階では、ブラインの濃縮による海水粒子の非定常な熱放散の解析が未だ不十分であるためここでは論じ得ない。

ii) 試験片表面処理の影響

一般に着氷の附着量は、飛沫量が極めて少ない間は、特別な発熱体でない限りいかなる物質にも

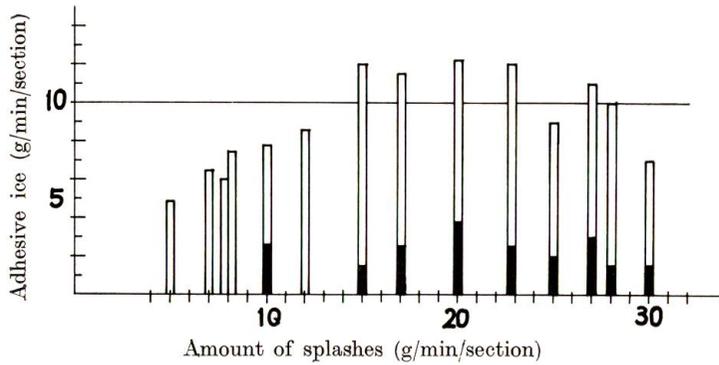
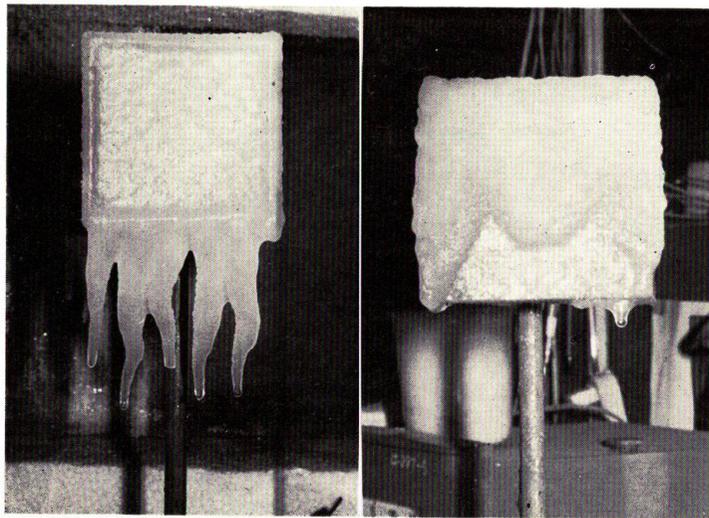


Fig. 3. Adhesive ice quantity on the surface of a painted iron plate covered a section of 10 cm by 10 cm during 1 minutes, keep the air temperature -10°C

■ ; fallen quantity while icing
 □ ; real quantity of accumulated ice



(1)

(2)

Fig. 4. Instances of ice accumulation on model plates

- (1) in case of a little splashes
- (2) fall a portion of itself when splashes blown up rather in excess

同様な速度で発達するが、飛沫の全熱量が凍結に至る境界値を越えると、その凍着状態は物質や形状によって様々な差異をもたらす。たとえば、Fig. 5 および、着氷発達の時間的経過を示した Fig. 6 で比較されるように、明らかに、表面に疵や凹凸の多いハンドレーアップ工法による F. R. P. 材面は他に比べて飛沫の捕捉を容易にする結果として着氷量の増加が目立っている。一方、旧来の油性ペイント塗装は、現段階においておのずから着氷し難い物性を有していることになる。これら着氷発達量の差は、実験の初期段階における付き難さに主として起因しているのであるが、同条件を保って

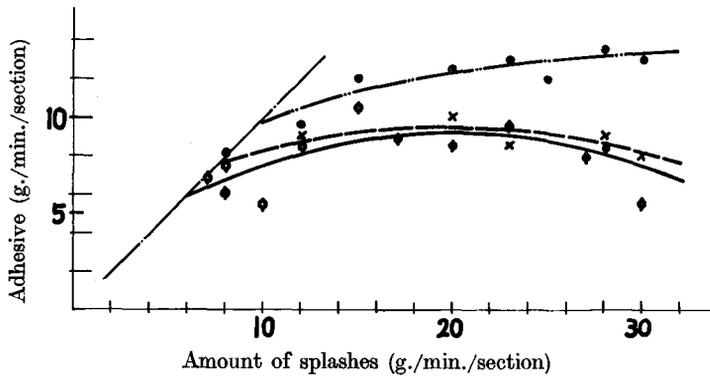


Fig. 5. A comparative figure of ice accumulation, keep the air temperature -10°C

- : adhesive ice quantity on a painted iron plate
 - ×: adhesive ice quantity on an urethan coating plate
 - : adhesive ice quantity on a F.R.P. plate
- Each curve is drawn from least squares method

ながら着氷の初期で二、三度自然落下を繰り返しても、やがて、着氷が順調に発達する傾向を示している。これは多分、自然落下の過程で、試験片面に氷の薄膜が形成されたためと思われる、試験片面をいかなる物質で処理しても充分長時間を経過したのちは、それぞれに差異を認め難くする予測を示唆される。しかしながら、表面張力や摩擦係数によると思われる初期段階での付き難くさは、結局同じ理由で、外力等による附着後の剝離作用を助長することが観察されているので、初期の利点は充分注目に値するものである。

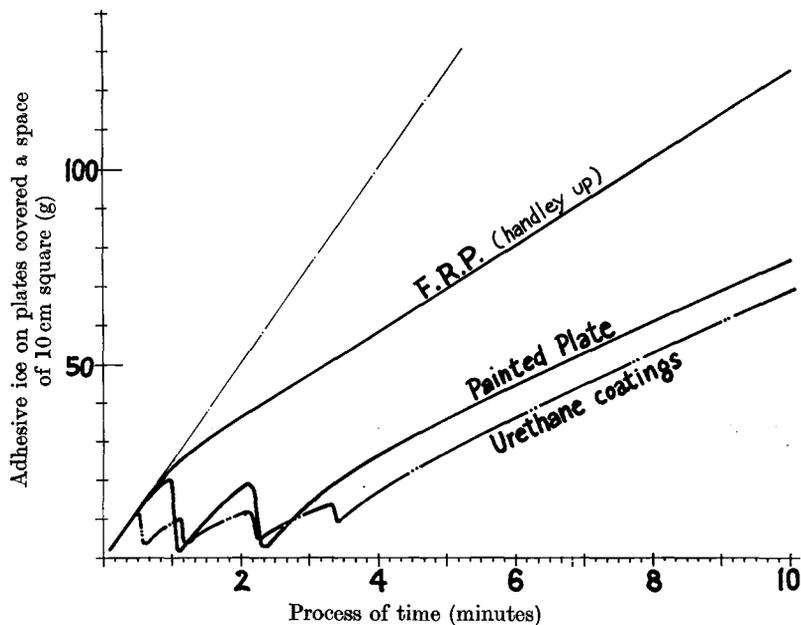


Fig. 6. Icing development with time keeping at constant splashes 25 g/min/section and the air temperature -10°C

iii) 試験模型の形状が及ぼす影響

一般に平坦でない特殊な形を有するもの、たとえば、チェーンやワイヤーロープの場合、明らかに着氷の発達に着しい。これらの飛沫の衝突断面を物体の投影面として平板と比較すると、Fig. 7 で示されるように、同条件下でおよそ倍近くも増加している。これは当然ながら、物体の凹部に捕溜された海水粒がブラインを完全に含んだまま氷結する充分な猶予を持つからである。Fig. 7 は、外気温度に対応する着氷量を衝突飛沫量の百分率であらわしたもので、温度が遙かに降下するとやがて100%に達する。この場合着氷量は未凍結の濃ブラインをも内包した合計である。Fig. 8 にリンクの直径が8mmのチェーン及び外径12mmのワイヤーロープへの着氷状態を示す。この時の条件は、気温 -10°C 、飛沫量 $25\text{ g/min}/100\text{ cm}^2$ で10分間経過したものである。

また、形状による影響を更に明瞭にするため Fig. 9 のような塩化ビニルパイプの模型を作って着氷実験を行なった結果 -10°C の気温のもとで10分間の着氷量に関する測定値から Table. 1 が作成された。表より明らかに凸部のある(2)のパイプにより多量の氷が発達したことが認められた。元来、着氷はしぶきの附着によって生ずるため、着氷発達量は飛沫を捕捉する断面積に比例することが前報の清水による実験でも確かめられているが、この実験では、表に示される通り、単位断面当りの着氷指数においても(2)のパイプがより太い(3)のパイプへの着氷量を上まわっていることがわかる。一方、単位断面当りの着氷量について(1)と(3)に殆んど差が現われないことから、平坦な対称については正に、着氷はしぶきの衝突面で厚さを増す方向にのみ発達することも確認できる。Fig. 10 にその

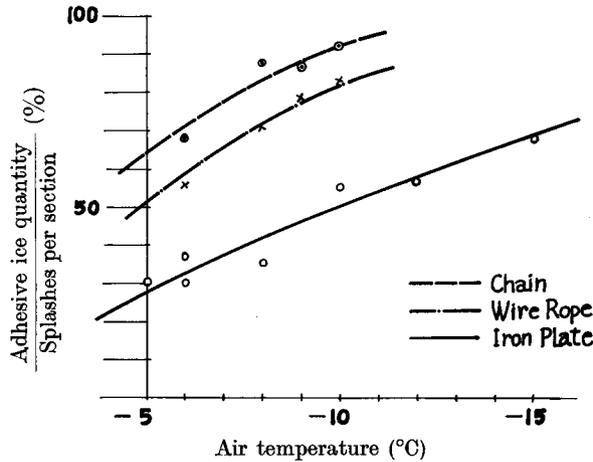


Fig. 7. The rate of ice accumulation to splashes with the temperature depression keeping at constant quantity of splashes $25\text{ g/min}/\text{section}$

Table 1. The comparison of each form in Fig. 9

test model	mesured sectional area	mean quantity of ice accumulation	index number of icing	
			total quantity	per unit area
(1)	22 cm^2	38g	69	72
(2)	23	55	100	100
(3)	26	47	85	75

Keep the splashes $25\text{ g/min}/100\text{ cm}^2$ and the air temperature -10°C

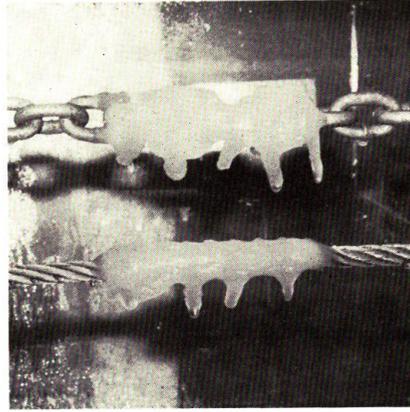
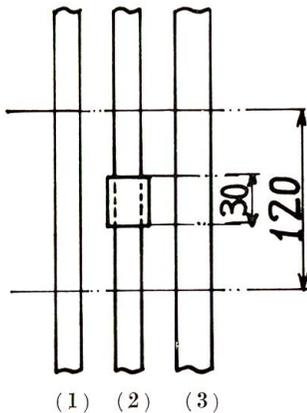


Fig. 8. Instances of icing on a chain and wire rope



(1) (2) (3)

Fig. 9. An examination model consist of vinyl chloride for observation of icing variation

- (1) 18 mm in outer diameter
 - (2) Join together (1) and (3)
 - (3) 22 mm in outer diameter
- the range of icing is 120 mm

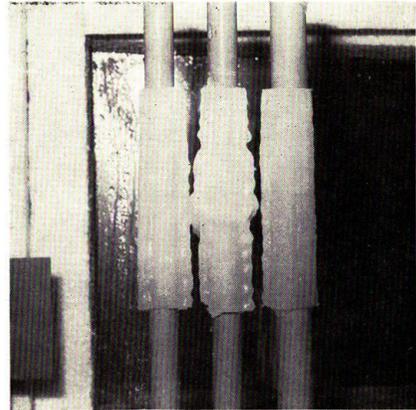


Fig. 10. An instance of icing on vinyl chloride pipes shown in Fig. 9

一例を示す。これらの実験より、実船における複雑な構造物がいかに着氷を増大させているかを伺うことができる。

現実における問題点

船体着氷の防止に関する現実の対策については、船上で着氷が相当量発達したのち、人がこれを打ち砕いて除去する方法が行じられている。この方法をより効果的にするため、これまで、船体にスチロールやウレタンの発泡剤、或いは、ゴムシートを貼りつけ、衝撃による剝離を促がした結果についていくつか報告があった。しかしながら、これらは、その表面の性質と断熱性などによって一層氷が

附着し易いこと、および衝撃を施す場合氷がある程度硬化しないとその能率が向上しないと言う矛盾を含んでいる。平滑面が着氷を幾分か緩和し、一方、発達途上にある氷が凍結後相当時間を経過した氷に比べてかなり除去され易いことを考慮すれば、この衝撃による強制剝離の方法は更に充分な検討が要求される。

なお、この実験中、約 10 mm 厚みのスポンジをはさんでウレタンコーティングした平板について衝撃テストが試みられたが、その結果、およそ半分の衝撃回数で着氷が剝離落下することが観察された。この衝撃は鋼球の振子によって与えられ、一回の衝撃力は約 3.5 kg-cm と見積られた。

あ と が き

この実験は、試験片が空気温度と同一になった後開始されているが、より高温なしぶきの附着によって、試験片は例外なく暖められ、試験片の構成によって気温と水温の中間の様々な温度に変化した。これは、氷の保持に微妙な影響を及ぼすものであり、実際の船殻がそれぞれの場所で固有の温度を有していることを考慮して、今後は、これを含めて検討したいと思っている。

なお、試験試作に関して、日魯造船 K. K.、丸長小型鋼船工作所、日本バルカー工業 K. K. の御協力を戴いたことを感謝するものである。

文 献

- 1) The British Shipbuilding Research Association (1957). Trawlers icing research. *B. S. R. A. Report No. 221.*
- 2) Ford, T. F. & Nichols, O. D. (1962). Adhesion-Shear strength of ice Frozen to clean and lubricated surfaces, *U. S. Naval Research Laboratory Report (5832).*
- 3) 田畑忠司・岩田秀一・小野延雄 (1963). 船体着氷に関する研究. 北大低温業績 物理篇 21.
- 4) 横山信立・今成栄一 (1967). 漁船の着氷対策について. 水産技術 創刊号, 14-19.