



Title	海氷版の破壊に伴う振動について
Author(s)	石田, 完; ISHIDA, Tamotsu
Citation	低温科学. 物理篇, 37, 79-83
Issue Date	1979-03-26
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/18372">https://hdl.handle.net/2115/18372</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	37_p79-83.pdf



## 海水板の横圧縮破壊に伴う振動について<sup>\*,\*\*</sup>

石 田 完

(低温科学研究所)

(昭和53年10月受理)

### I. ま え が き

1977年2月、サロマ湖のトエトコの漁港で海水の破壊実験が行なわれた。このとき海水は沖あいから岸壁まで非常に平坦で、厚さは25~27 cmであった。実験は、氷板に対し垂直に保持された直径30~50 cmの鉄パイプを、岸壁を足がかりとし水平にゆっくりと油圧で氷板に押し込んでゆく。その作動距離は約1 mで、鉄パイプが押し込まれる速度は約1 cm/sである。そのさい鉄パイプが受ける力が測定されるのであるが、一見なめらかに鉄パイプが氷板を破壊しつつ進行する間に、氷板には衝撃的な振動が起る。その振動は、破壊点より数メートル離れた氷板上に立っただけでは殆んど身体に感じない程度であるが、にぶい断続的な音として感ずる。この氷板の破壊に伴って生ずる氷板の振動を測定し解析したので、その結果を報告する。

### II. 測定方法

6個の電磁型上下動換振器を鉄パイプが押し込まれてくる方向に一直線に、鉄パイプの最初の位置から約1.5 mはなして1 m間隔で氷板上に設置した。その出力電圧を増幅器を通さず、直接7チャンネルカセット型データレコーダに記録した。換振器の固有振動数は約20 Hz、データレコーダの特性は入力電圧 $\pm 0.5$  V、周波数帯域DC~1.25 KHzである。データレコーダの再生出力は8ビット、2チャンネル、2048ワードのトランジェントレコーダでA-D変換し、8単位の紙テープに出力した。これを原データとして北海道大学大型計算機センターのFACOM 230-75により、フーリエ変換等の処理を行なった。

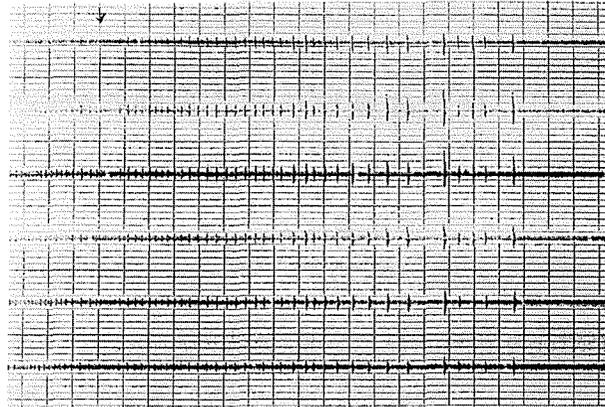
### III. 解析の結果

破壊実験が6回行なわれた間、鉄パイプの直径は32, 41, 50 cmと変えられたが、押し込み速度はほとんど一定で、発生した氷板の振動の様子もほとんど同一であった。

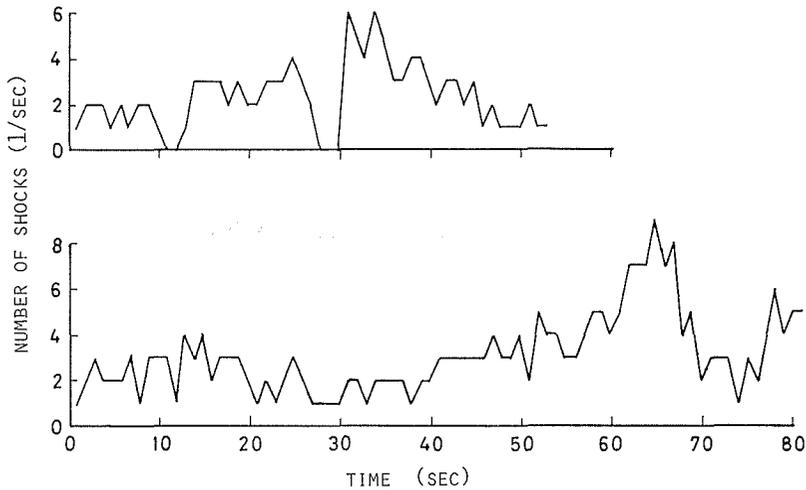
第1図が振動記録の一例で、記録紙の紙送り速度0.4 cm/s、図の縦線の間隔は1秒である。図の上部から破壊点に近い順序で6個の換振器の出力が同時に記録されている。振動は間歇的に起り、その間隔は一見ランダムに見えるが、1~3秒間は等間隔であることが多い。そこで鉄パイプが進行する間に、毎秒毎の衝撃振動の発生回数がどのように推移するか調べてみると第2図ようになる。これは作動時間が53秒と81秒の2例で、両者とも時間と共に次第に衝撃

\* 北海道大学低温科学研究所業績 第1967号

\*\* 北海道大学低温科学研究所 流氷研究施設 研究報告第67号



第1図 衝撃振動の時間経過 (タイムマーク: 1秒)

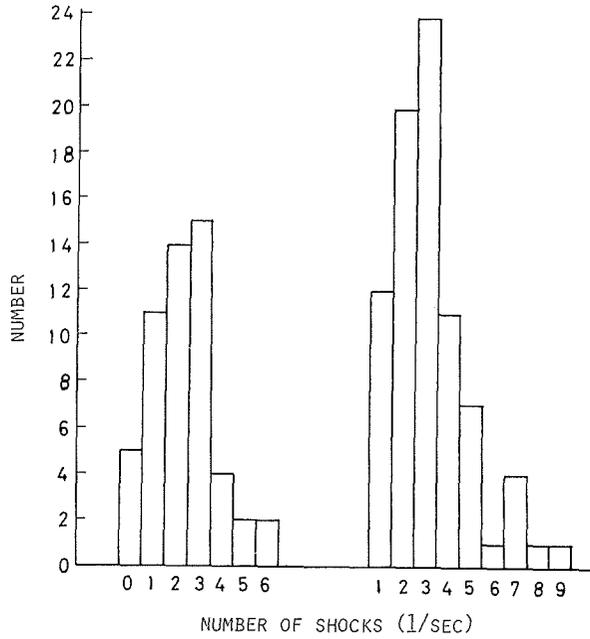


第2図 衝撃振動の発生回数の時間経過

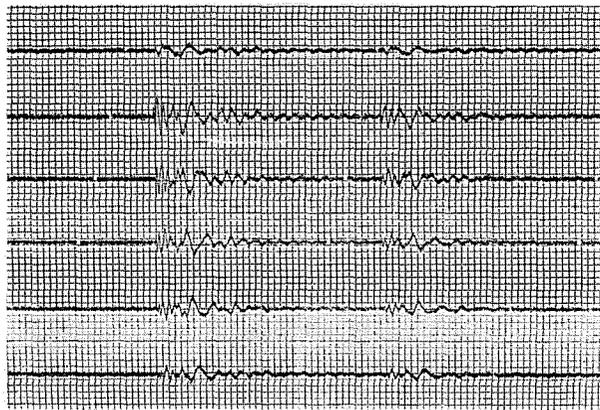
回数が増加し、作動の終り近くで最大になり、終りでは減少するような傾向が見えるが、これは氷板破壊装置の特性によるものではなく、氷板の部分的な構造の違いを反映しているものと思われる。

第3図は毎秒あたりの衝撃発生回数の頻度分布を示したもので、第2図の2例に対応している。両者とも90%は毎秒5回以下の間隔で起り、毎秒3回が最も多く次いで2回が多い。鉄パイプは毎秒約1 cm進むので、3~5 mm進む毎に1回の衝撃が起っていることになる。この間隔は海氷の短冊状結晶板に挟まれたブライン列の間隔にほぼ等しい。

次に第1図の記録を、オシログラフの紙送り速度を20 cm/sに上げて再生してみると第4図のように、第1図でパルス状に見えた振動の一つ一つが一連の減衰振動であったことが判る。図の縦線は1/100 sのタイム・マークであり、最上部の波形が破壊点に最も近い換振器の出力で、以下順次1 m間隔に設置された換振器の出力である。現象は図の左から右へ進んでいる。現象波形の振幅は、当然遠方のもの程小さくなるが、再生記録の上では各換振器とも同程度になるように増幅度を調節してある。同一の換振器から得られた個々の衝撃波形は振幅の大



第3図 衝撃発生回数の頻度分布

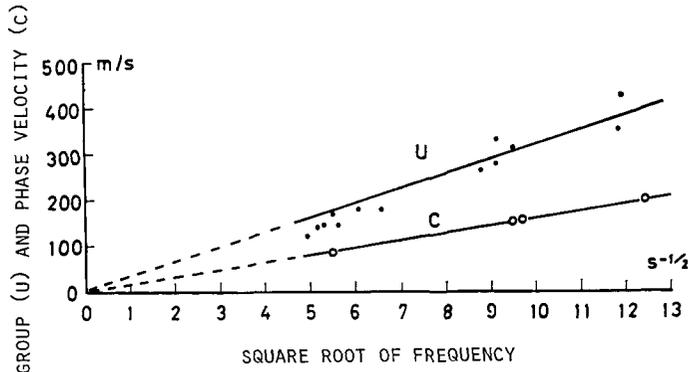


第4図 衝撃振動波形 (タイム・マーク: 1/100 s)

小はあってもほとんど同じ波形であり、振動を起す衝撃力が同じ機構によるものであることが判る、またこの波形は氷板の上面に加えた衝撃力による振動波形と類似であり、高い振動数の位相ほど大きな伝播速度を持つ波形であることから、氷板のたわみ振動であることが判る。

そこで、これらの波形から位相速度と群速度を求め、振動数の平方根に対してプロットしてみると第5図のように両者ともほぼ直線上に乗り、群速度は位相速度の2倍になっている。このことから現象を、真空中に無限に拡がった厚さ  $h$ 、弾性率  $E$  の平板の屈曲振動とゆう簡単なモデルで説明できる<sup>1)</sup>。

その場合の位相速度



第5図 振動数の平方根に対する群速度と位相速度

$$c = \left( \frac{2\pi Vh}{\sqrt{12}} \right)^{\frac{1}{2}} \sqrt{\nu} \quad (1)$$

に第5図から  $\sqrt{\nu} = 9.5$  に対して  $c = 150$  m/s を与えると板の中のP波速度は  $V = 550$  m/s となり (氷厚  $h = 0.25$  m), 氷板の密度  $\rho = 0.8$ , ポアソン比  $\sigma = 0.4$  とすると氷板の弾性率は

$$E = V^2 \rho (1 - \sigma^2) \quad (2)$$

から  $E = 0.2 \times 10^{10}$  dyne/cm<sup>2</sup> となる。この値は気温が  $-10^\circ\text{C}$  と低かったわりには、この地域の海水で一般的に得られる値の小さい方に属する。

#### IV. ま と め

自然状態で平坦氷の破壊強度テストが行なわれた際、氷板中に発生した振動を解析した結果、海水内のブライン・セルに挟まれた結晶板が破壊される毎に、振動が発生することを確かめ、振動波形の解析から、この振動が氷板の曲屈振動であることが判り、その伝播速度から海水の弾性率が求められた。

#### 文 献

- 1) 石田 完 1977 ポスニア湾海水調査 V—屈曲振動の測定—。低温科学, 物理篇, **35**, 275-279.

#### Summary

Flexural waves were observed while conducting breaking tests of sea ice of Lake Saroma, using a steel pipe (diameter: 30~50 cm) which was held vertically against a vertical side (thickness: 25~27 cm) of the sea ice and pushed sideway at a speed of about 1 cm/s by hydraulic device fixed to a pier structure. By sight the pipe moved smoothly into the sea ice, but during the movement which amounted to 1 m accompanied frequent shocks of the ice periodically.

From observations of flexural waves generated by these shocks and picked up by six geophones placed every 1 m on the extended line of the movement, it was found that the most frequent number of shocks per second is three when the moving speed of the pipe was about 1 cm/s. Therefore, the shock waves were generated approximately every 3 mm, the

distance corresponding to the interval of brine cells in the sea ice.

The group velocity  $U$  and the phase velocity  $C$  of these waves were related by a formula  $U=2C\propto\sqrt{\nu}$ , where  $\nu$  is the frequency. Then, using a theory of flexural waves in a plate in vacuum, Young's modulus of the sea ice was given by the value of  $0.2\times 10^{10}$  dyne/cm<sup>2</sup>.