

# パルスパワー衝撃波による砕氷

小湊佑一<sup>1</sup>、福田一之<sup>2</sup>、猪原哲<sup>2</sup>、牛尾収輝<sup>3</sup>

<sup>1</sup>佐賀大学大学院工学系研究科

<sup>2</sup>佐賀大学理工学部

<sup>3</sup>国立極地研究所

## Ice breaking by shock wave generated by pulsed power

Yuichi Kominato<sup>1</sup>, Kazuyuki Fukuda<sup>2</sup>, Satoshi Ihara<sup>2</sup>, Shuki Ushio<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Graduate School of Science and Engineering, Saga University

<sup>2</sup> Faculty of Science and Engineering, Saga University

<sup>3</sup> National Institute of Polar Research

In this research ice breaking using shock wave produced by pulsed power generator, was tested. On the experiments clear ice and ice with bubbles was used, energy for ice breaking was compared. From the experiments the energy for ice breaking on clear ice become to be larger than on ice with bubbles. To understand this results, crack productions in ice was observed by high speed framing camera on two types of ice. It was found that the crack production start at position of bubble.

北極や南極などの寒冷地の海域では海水の凍結が起り、物資の運搬や人間の移動の際に大きな影響を与えている。そこで現在では、砕氷船による凍結した海域の航行が行われている。しかし、砕氷船は非常に厚い氷海では連続で砕氷することができなくなり、迅速な航行が不可能となる恐れがある。また、港湾の凍結は沿岸域の経済活動に直接影響を与えるため、結氷対策が必要である。

本研究では、新たな砕氷装置としてパルスパワーによる砕氷装置を提案している[1]。パルスパワーとは、瞬間的に発生する大きい電力のことであり、エネルギーを時間的・空間的に圧縮することによって得られる。パルスパワーを用いることで、通常では得られない超高エネルギー密度状態を発生させることができ、化学的活性種や衝撃波の生成が可能となる。本研究では、パルスパワーを用いて水中アーク放電を発生させている。水中でアーク放電を発生させることで、水が加熱されて水蒸気になり、それが急速に膨張して衝撃波が生じる。この衝撃波が氷を伝播することによって破碎する。

今回は、パルスパワー砕氷において、透明な氷と気泡を含んだ氷で砕氷実験を行い、その結果の検討を行った。氷のサイズは 130mm×70mm×70mm のものを用いた。また、氷に入るクラックの様子を超高速度フレーミングカメラ (SIM4, Specialised Imaging 社製) によって撮影した(Fig.4)。Fig.1 はパルスパワー砕氷の実験装置構成である。Fig.2 に砕氷時の典型的な電圧・電流波形を示す。放電電極への印加電圧は約 100kV、放電電流のピーク値は 4kA であった。このときの放電電力のピーク値は約 160MW で、1パルスあたりの放電エネルギーは約 111J である。Fig.3 に透明な氷と気泡が入った氷での砕氷エネルギーの違いを示す。縦軸の砕氷エネルギーとは、砕氷に至るまでに電源から投入したエネルギーのことである。また、横軸の衝撃波圧力は、水中での衝撃波進展速度から算出された最大圧力である。Fig.3 から分かるように、あきらかに気泡が入った氷のほうが砕氷エネルギーが小さく、破碎しやすいことが分かる。これは、Fig.4(c)に示すように、気泡が入った氷では、クラックが水中の気泡に達すると、そこから新たにクラックが形成されるためクラックの密度が高くなり、破壊強度が減少したためだと考えられる。

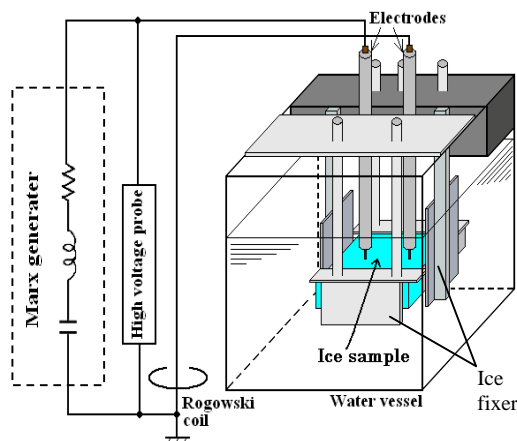


Fig.1 Diagram of experimental arrangement.

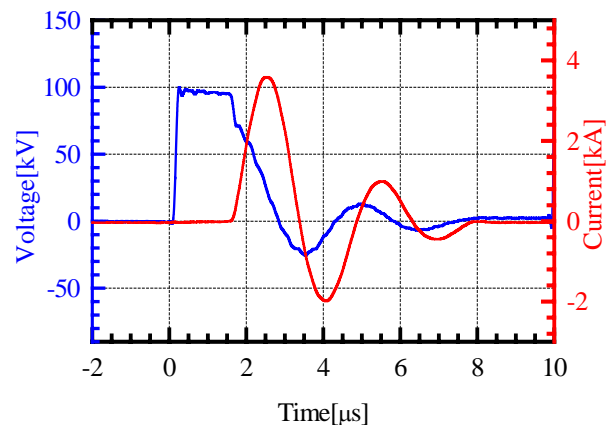


Fig.2 Waveforms of applied voltage and discharge current.

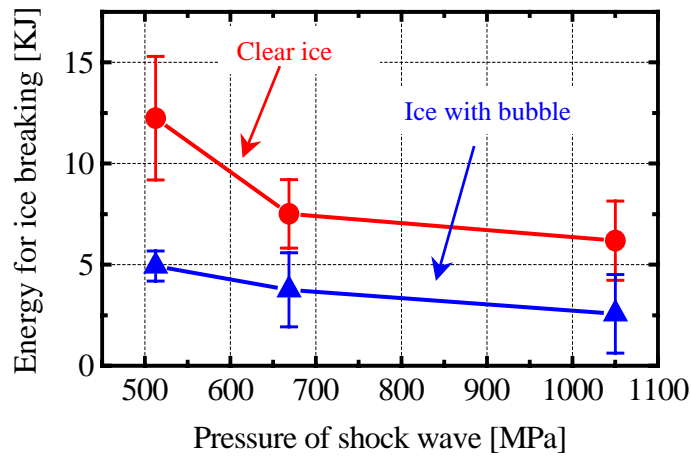


Fig.3 Influence of occluded air bubble in the ice on energy for ice breaking.

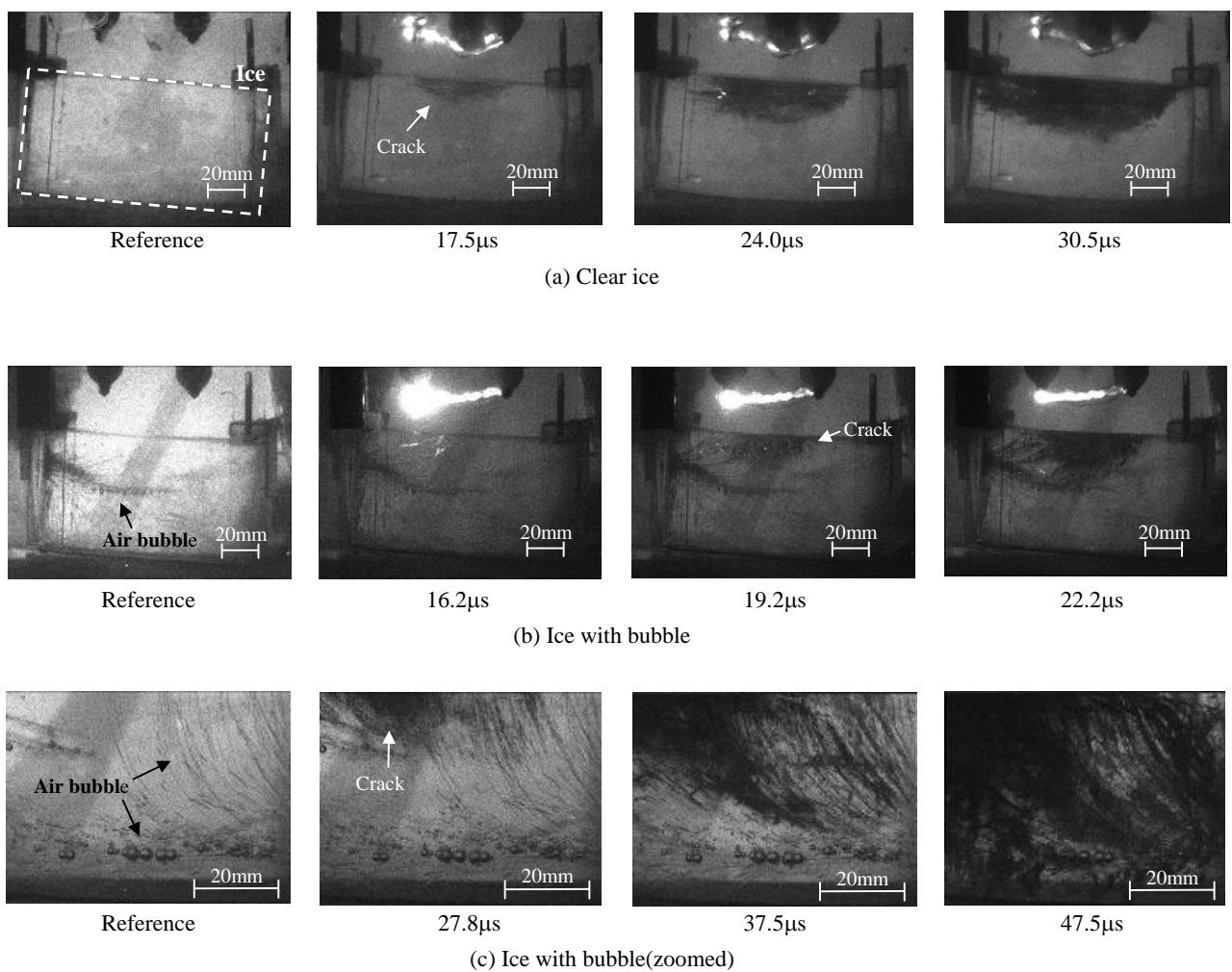


Fig. 4 Pictures of cracks in ice taken by framing camera.  
(Time is from starting of discharge current)

謝辞

本研究は、国立極地研究所一般共同研究（課題番号：気水圏 20-18）として実施している。ここに謝意を表す。

References

[1]S. Ihara and C. Yamabe : "Breaking of Ice Using Pulsed Power", *Jpn. J. Appl. Phys.*, Vol. 43, No. 8A, pp. 5528-5532, 2004.