

内海を覆う氷地殻上のクレーター形成実験

○菊川涼介¹, 荒川政彦¹, 保井みなみ¹, 豊田優佳里¹, 笹井遥¹, 白井慶¹, 石井竣基¹

¹神戸大学大学院理学研究科

背景: 太陽系には、エウロパやエンセラドスのように、氷地殻の下に内海を有する氷衛星が存在する。これらの天体では、内海における化学進化や氷地殻表層の生命材料物質の内海への輸送などにより、内海における生命存在の可能性が指摘されている。また、近年ではJUICE 計画による氷衛星探査も進められているなど、内海を有する氷衛星は非常に大きな注目を集めている。このような天体に関して、氷地殻上の地形に関して、さまざまな議論が行われてきた。氷衛星の表面で見られるクレーターに関して、クレーター形成メカニズムの多様性は氷地殻の厚みや地下物質の密度と関連づけられる(Head 1976, Grieve 1987)ということや、エウロパ氷地殻の厚さはエウロパの表面と内海との間の交換がどのように起こるかを支配する(Schenk 2002)ということが言われており、氷衛星における衝突現象において、氷地殻の厚みや地下物質の様子は重要なファクターとなっている。その中で、今回私が行った実験の大きな目的は、内海における生命の発生・維持に衝突現象が寄与しているのかを探るということである。先述したように、内海における生命の発生・維持には、氷地殻表層から内海へ生命材料物質が輸送される必要があると指摘されている。この現象に衝突現象が寄与している可能性はあるのか、またその条件はどのようなものなのかを探ることが私の研究の目的である。このことを調査するため、私は内海の有無がクレーター形成に与える影響、内海を有する氷衛星模擬試料において氷の厚みがクレーター形成に与える影響、クレーター形成が及ぼす内海への影響の3点を解き明かすことを実験の目的として設定し、氷板下の内海の有無、氷板の厚みを変えながら高速度衝突実験を行った。

手法: 今回、衝突実験に用いた試料は図1に示すようなものであった。大別すると氷板のみ試料と氷-液体層構造試料の2種類であり、氷板のみ試料はさらに4辺未拘束と4辺拘束に分けられる。これらの試料に対し、主に直径1mmのアルミ球弾丸を衝突速度1km/sで衝突させた。

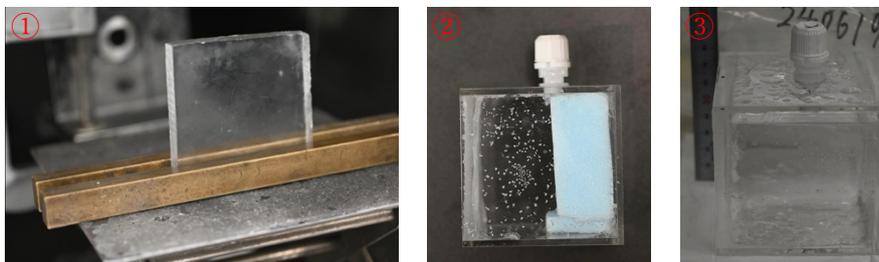


図1：実験に使用した試料。①：氷板のみ試料(4辺未拘束)、②：氷板のみ試料(4辺拘束)、③氷-液体層構造試料

結果：内海の存在により、表側のスポール直径は変化しないものの、裏側のスポール直径は減少することが分かった。図2は規格化氷厚み(氷の厚み/弾丸直径)と規格化裏側スポール直径(裏側スポール直径/弾丸直径)の関係を示したものである。また、表側のスポール直径は氷の厚みの増加に伴い増加していた。続いて、衝突に伴い、衝突点の反対側から放出される破片の速度、反対点速度は、氷の厚みの増加に伴い減少し、内海が存在すると、速度は3~4倍減少することが分かった。そして、実験で得られた動画からは、衝突に伴い、内海に氷の破片や弾丸自身が残留するケースがあることが分かった。これらの結果をもとに、氷を弾丸が貫通することができる限界値(貫通-

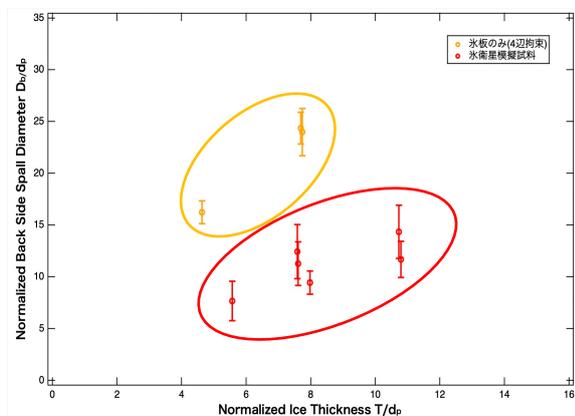


図2：規格化氷厚みと規格化裏側スポール直径の関係(黄色が氷板のみ試料(4辺拘束)、赤色が氷-液体層構造試料)

非貫通境界)に関して見ていくと、貫通-非貫通境界の値は内海のある氷-液体層構造試料においては約6mm、内海のない氷板のみ試料では約9mmで、氷板のみ試料の方がより厚い氷を貫通することが出来ると分かった。この値の差には、裏側スポール直径の様子が関係していると考えられる。裏側スポール直径は、内海がないものでより大きく、内海があるものでは小さくなっていった。表側スポール直径は内海の有無により変化しないため、内海がない場合には、裏側の掘削が十分に進むため、より厚い氷でも貫通することが出来ると考えられる。実際に、図4の回収破片の断面CT画像を見ると、概ね同じ厚さの試料において、氷板のみ試料の方が層構造試料よりも裏側の掘削が大きくなっていることがわかる。したがって、貫通-非貫通を支配しているものは表側スポールによる掘削領域+裏側スポールによる掘削領域+ピットがどこまで広がるかという点であることが考えられる。

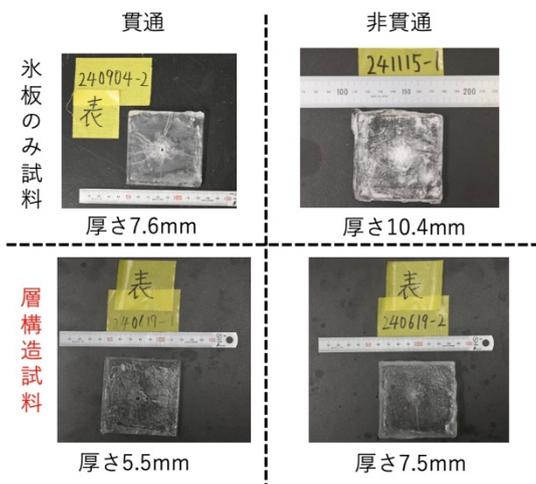


図3：回収破片の貫通、非貫通の様子

直径(裏側スポール直径/弾丸直径)の関係を示したものである。また、表側のスポール直径は氷の厚みの増加に伴い増加していた。続いて、衝突に伴い、衝突点の反対側から放出される破片の速度、反対点速度は、氷の厚みの増加に伴い減少し、内海が存在すると、速度は3~4倍減少することが分かった。そして、実験で得られた動画からは、衝突に伴い、内海に氷の破片や弾丸自身が残留するケースがあることが分かった。これらの結果をもとに、氷を弾丸が貫通することができる限界値(貫通-

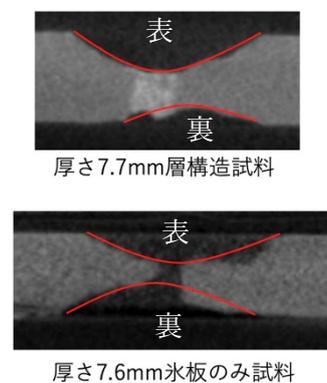


図4：回収破片の断面CT画像