

エウロパの表面氷における最適なサンプルリターン機構の開発

京都市立堀川高等学校 自然探究科 2年 福王 悠星

背景

- (1)エウロパ…木星の4大衛星の1つ、気温は(50K~150K)、重力は地球の1/10倍 (図1)
- (2)サンプルリターン機構…JAXAの他惑星探査機である「はやぶさ」が行った、目標天体にタッチダウンを実行し、サンプルを採取し地球に持って帰って研究するという宇宙開発の方法
今までエウロパの探査はほとんど行われていない⇒サンプルリターン機構を作れば開発が進むのでは…

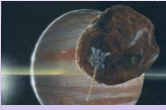


図1

方法①

氷加工の方法の決定

表面の氷を採取するために氷を加工する方法を分析, 比較してアイスピックに決定した。(表1)

表1 氷加工の方法のメリット・デメリット

名称	メリット	デメリット
ドリル	確実に刺さる	刺さるだけ
加熱棒	状態を変える	熱を奪われ非効率
刃	加工しやすい	浸入しにくい
アイスピック	容易に割れる	亀裂が予測不能

方法②

アイスピック射出実験

アイスピックの射出機構を作成し, これを用いて実際に氷に射出を行い, どの力でどれ位打ち込まれるか実験(図2)
結果, 11.5mm/1.081J, 5.7mm/0.483Jアイスピックが射出された。



図2

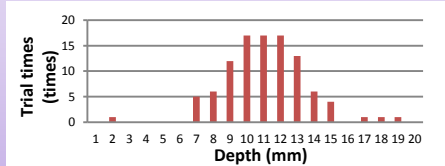


図3

方法③

氷の破片の採取実験

②で生成された氷の破片を回収するパーツを3Dプリンターで作成(図4)
これを用いて回収実験を行なった。
(3回射出後回収)→平均2.6g(表2)

表2(g)

1.3	0.5	2.5	0.2	3.6
5.9	1.3	0.2	1.9	7.9
4.3	0.8	2.6	3.7	2.9
0.2	3.9	3.2	1.9	1.2
1.8	4.8	3.8	2.3	2.1



図4

方法④

氷の亀裂生成の検証実験

仮説: 格子欠陥によって亀裂が入る部分が決定している。

→対照実験を実行した。

一般的

4ℓの水を一度に凍らせる。

(厚さ20cm)

特殊例

400mlの水を積層させる。

(厚さ2cm)

《格子欠陥の発生を抑える》



図5, 亀裂は無作為にある

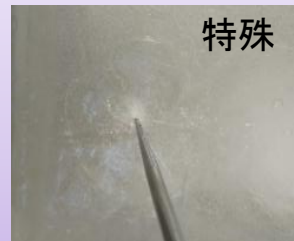


図6, 亀裂が円状にある

考察

- この機構で回収できるサンプルの大きさを計算
 - 力と氷の亀裂の深さの関係(方法1)
 - 気温と氷の硬さの関係(図7)
 - 氷の硬さと力の関係
 - i, アイスピックの仕組みより2次関数では...
 - ii, エウロパ環境では地球のおよそ8倍の硬さ
 - iii, 実験が必要

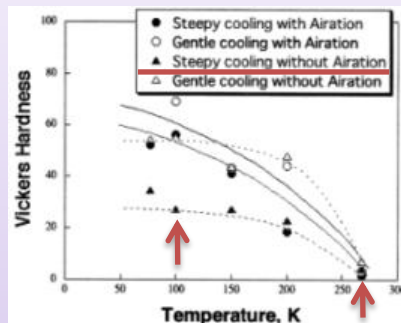


図7 青野(2008)より引用

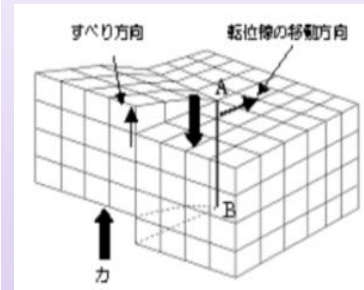
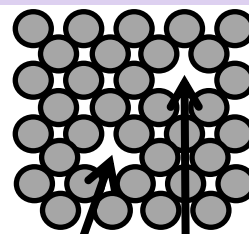


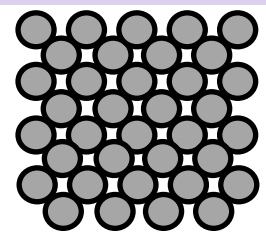
図9 東北大学より引用

2, 格子欠陥による影響

格子欠陥には点とその集合体の面がある。(図8, 9)
格子欠陥が集中しているところに亀裂が入ると考えられる。
方法4より自然界において氷が急速かつ多量に形成される場合, 格子欠陥は多く存在するといえる。
→エウロパの氷は格子欠陥を多く含んでいるのでは...



格子欠陥の存在位置



格子欠陥が存在しない場合

図8 東北大学より引用

結論

- ・地表1cm程度の約3gの氷の破片サンプルを採取する装置が開発できた。(図10)
- ・アイスピックを使用することで電力をほぼ使用せずにほぼ確実にサンプルを作成することに成功できた。
- ・不規則に亀裂が入ることで打ち込みで簡単にサンプルが作成可能である。



図10

今後の展望

- ・NASAが開発している装置との比較し, メリットとデメリットを検証する。
- ・考察1におけるiiiの氷の硬さと力の関係を検証し, 作成可能なサンプルの大きさを検討する。