



第 57 回 高圧討論会

ポスター賞

岐阜大学大学院工学研究科

林 紗輝 殿

「10 GPa を超える高圧力下での水 VII 相単結晶ブリュアン散乱測定」

本討論会において、あなたは頭書の研究課題に関して優秀な発表をされましたので、ここにその栄誉を称え、これを賞します

2016 年 10 月 27 日

日本高圧力学会

会長 谷口 典



10 GPa を超える氷 VII 相単結晶のブリュアン散乱測定

High-Pressure Brillouin Scattering Measurement of Single Crystalline Ice VII above 10 GPa

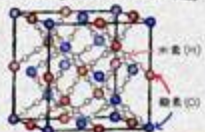
○ 林紗輝, 松岡岳洋, 久米徹二, 佐々本重雄 (岐阜大工)

背景と目的

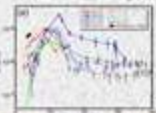
氷 VII 相はダイヤモンド構造が相互貫入してできたセルフラウスレート構造を有し、室温、2.1 GPa における 60 GPa の圧力に対応する安定な物質である。しかしながら、最近 Chouda S [1] が 70 GPa でのブリュアン散乱測定から 10.03 GPa 付近の圧力において氷 VII 相の電気伝導率が急変することを観測している。また Chouda S [2] は 100 GPa の圧力下でのブリュアン散乱測定から、従来知られている氷 VII 相も構成するプロトンの位置が 10.03 GPa 付近で移動している可能性が示されている。このように 10 GPa 付近に現れる氷 VII 相の異常について検証が急がれている。

我々は従来、氷 VII 相のブリュアン散乱測定を行い、弾性的性質を評価しているが、8 GPa 以上の圧力では結晶が歪むため、弾性定数の決定ができていない [3]。そこで、本研究では弾性的、熱力学的観点から氷 VII 相における 10 GPa の異常を調べるために、10 GPa 以上の高圧力下での単結晶ブリュアン散乱測定を目指すことにした。

氷 VII 相の構造 (Self-clathrate 構造)



氷 VII 相の電気伝導度の圧力依存性 [1]



氷 VII 相作製方法

ダイヤモンド-アンビル-セル (DAC)



ガスケットの条件



ブリュアン散乱用のガスケットの条件は、厚さ 100 μm 程度、直径 2 mm 程度、高圧下で弾性変形を伴わないこと、フェライト層よりも硬い材料を使用すること、など。レーザー集光の強度を考慮して、フェライト層の最小径は 50 μm 程度の配置を維持するための隙間があること、フェライト層が小さいと散乱強度が小さくなり、自然散乱強度が小さくなること。

以上の条件を考慮して、今回は (フェライト径: 2 mm, 厚さ: 100 μm) のガスケットを製作して使用した。

結晶作製装置



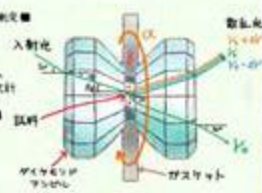
1. DAC の試料室内に圧力測定用のルビーの針、重量を 85 μm
2. 約 0°C で DAC を加熱
3. 約 70°C で温度を安定させた後、圧力を調整し氷 VII 相の単結晶を作製

氷 VII 相単結晶の写真



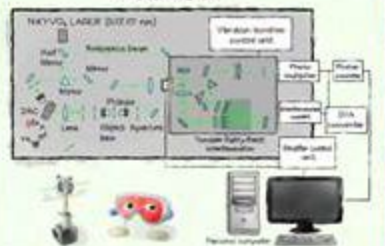
測定方法

- 高圧ブリュアン散乱測定機 60° 高角散乱配置
- 冷却装置 水は超臨界CO2-システム、フッ素系液体冷却
- 励起レーザー光源 YVO4 固体レーザー (λ = 532 nm)
- 圧力校正機 ルビー-蛍光法



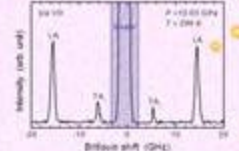
60° 高角ブリュアン散乱測定機、高圧ブリュアン散乱測定機、高圧ブリュアン散乱測定機、高圧ブリュアン散乱測定機

光路系の光路図



結果と考察

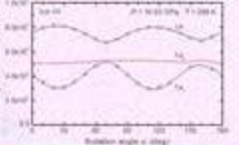
10.03 GPa における氷 VII 相の代表的なブリュアン散乱スペクトル



IA, TA, モードに一軸性による分散は見られない。

単結晶を維持している。

氷 VII 相の音速の方位依存性



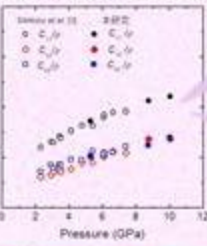
立方晶系における弾性定数の関係 $V = \sqrt{G/\rho}$ (G: $C_{11}, C_{12}, C_{13}, C_{22}, C_{23}, C_{33}$)

V: 音速, C_{ij} : 弾性定数, ρ : 密度

※ 最小2乗法により最適化

$P = 10.03 \text{ GPa}$
 $C_{11}/\rho = 44.25 (\times 10^6 \text{ m}^2/\text{s}^2)$
 $C_{12}/\rho = 27.44 (\times 10^6 \text{ m}^2/\text{s}^2)$
 $C_{13}/\rho = 27.92 (\times 10^6 \text{ m}^2/\text{s}^2)$

氷 VII 相の C_{ij}/ρ の圧力依存性



これまで、8 GPa 以上の圧力では測定できなかった。

10.03 GPa における氷 VII 相の C_{ij}/ρ を決定できた。

まとめ

- ・今回、10.03 GPa の圧力下で氷 VII 相単結晶試料のブリュアン散乱測定を行うことに成功した。
- ・今回は、ガスケットなどの条件を変え、より高い圧力領域において氷 VII 相単結晶の弾性定数を決定していく予定である。

参考文献

- [1] T. Chouda et al. Sci. Rep. 4, 5798 (2014).
- [2] M. Chouda et al. Phys. Rev. B, 83, 10012 (2011).
- [3] H. Ohno et al. Phys. Rev. B, 83, 6007 (2010).