


# 派遣学生成果報告

所属専攻・学年	物質工学専攻 1年
学生氏名	後藤 文俊 
課題名	氷核生成を利用したエネルギー輸送制御
コーディネータ教員	瀬戸 章文（物質工学専攻）
課題担当教員	瀬戸 章文（物質工学専攻）
派遣先企業	独立行政法人 産業技術総合研究所
研修期間	平成21年8月3日～9月18日
研修先	茨城県つくば市

## 平成21年度インターンシップ実施報告書

専攻・学年：物質工学専攻 1年 学生氏名：後藤 文俊  
テーマ名：氷核生成を利用したエネルギー輸送制御  
研修先：独立行政法人 産業技術総合研究所 担当者氏名：稲田 孝明  
課題担当教員名：瀬戸 章文  
研修期間：21年8月3日～21年9月18日（実施日数 35日間）

### 1. 研修内容の概要

不凍タンパク質（antifreeze protein：AFP）は水中で氷の結晶化を抑えるため、過冷却状態の安定化剤として期待され、氷スラリーを用いた冷熱輸送への利用が検討されている。これを実現するためには、その基礎的な知見が必要であるが、これまでにAFPが氷の核生成に及ぼす影響についての報告は少なく、その詳細なメカニズムは未だに明らかになっていない。そこで、本研究ではAFPが核生成へ及ぼす影響を評価し、氷核生成抑制機構に関する基礎的なデータを得ることを目的とした。

期間中、測定装置を作り、これを用いてAFP水溶液の氷核生成実験を行った結果、条件によっては核生成が促進されることが明らかになった。また、核生成の評価方法として、エマルションを利用した方法について実験的に検討した。

### 2. 研修の成果（自分の能力が向上した点、知識が増えた点）

測定装置を作製する際、大学の授業で学んだ伝熱に関する知識がどのように装置設計に活かされるかを学びました。また、実験を通じて生体物質が氷の生成に及ぼす影響や、氷の核生成に関する基礎的な知見を得ることができました。研究所での実験の進め方やデータ整理といった研究の基礎も、とても参考になるものでした。また、問題意識を持ちながら研究に取り組むことの大切さを学びました。

### 3. 研修先への要望・大学の支援体制に対する要望

産業技術総合研究所・大学共に多大な支援をして頂き、何不自由なく研修を行えたことに感謝申し上げます。強いて挙げるならば、週間実績報告書を35日間毎日書くのに苦労しました。「今日の課題」の欄を「所見」などにして、記入できる内容の範囲を広げれば改善できるのではないかと考えます。

### 4. その他（感想、後輩へのアドバイスなど）

産業技術総合研究所、金沢大学の関係者の方々に大変お世話になり、丁寧なご指導のおかげで大変有意義な研修となりました。「2. 研修の成果」に挙げたような様々なことを学び、大変密度の濃い研修だったと実感しています。研修で学んだことを今後の研究に活かし、さらには社会に出た際の糧としていきたいです。

# 氷核生成を利用したエネルギー輸送制御

派遣先：独立行政法人 産業技術総合研究所  
研修期間：2009年8月3日～9月18日

自然科学研究科 物質工学専攻  
後藤文俊

1

## 背景

### 電力需要の平準化

電力需要の変動分は主に火力発電で追従  
エネルギー効率の低下  
化石燃料使用量の増加、CO<sub>2</sub>排出量の増大

⇒ 夜間電力の有効利用を推奨  
特に夏期はピークが顕著であり、その約3割は空調によるものと言われている。

### 氷蓄熱システム

- 夜間電力の有効利用による電力需要の平準化に貢献
- 低価格な夜間電力の使用によるランニングコストの低減

問題点 過冷却水の不意な凍結による流路の閉塞

2

## 不凍タンパク質による氷核生成制御

氷の核生成

水が凍るには必ず核生成を経由

不凍タンパク質

不凍タンパク質 (AFP: antifreeze protein) は氷の核生成を抑制する効果があり、水の過冷却状態の安定保持に有効な可能性があるが、そのメカニズムの詳細は解明されていない。

極寒の海に生息する魚類の体液に存在

タイプ	分子量	魚類	構造
AFP I	3300 ~ 4500	カレイ、ヒラメ	$\alpha$ ヘリックス
AFP II	11000 ~ 24000	ケムシカジカ、ニシン	球状
AFP III	6500 ~ 14000	ウナギ、ナマズ	球状 + $\beta$ シート
AFP IV	10000	カジカ類	$\alpha$ ヘリックス

3

## 研究概要

### 目的

- 産業技術総合研究所・エネルギー技術研究部門では、AFPを過冷却安定化剤として用いた氷蓄熱システムの実現に向けた研究・開発を行っている。
- 今回の研修ではAFPの核生成への影響を評価し、氷核生成抑制機構に関する基礎的なデータを得る。

### 実施項目

- ① 示差走査熱量計 (DSC: differential scanning calorimetry) の作製  
DSC … 物質の状態変化によって放出・吸収される熱を検知し、物質の熱的な特性を測定する装置
- ② AFPを水に混ぜ、その濃度が氷核生成温度に及ぼす影響をDSCで測定
- ③ 不純物の影響を排除するため、エマルション水滴でDSC測定

4

## DSC

試料台の上にカバーガラスで挟んだ試料を置いて一定の速度で冷却し、試料が凍った温度を測定

5

## DSC曲線

サンプルとリファレンス間の温度差

氷核生成 冷却

核生成温度

サンプル温度

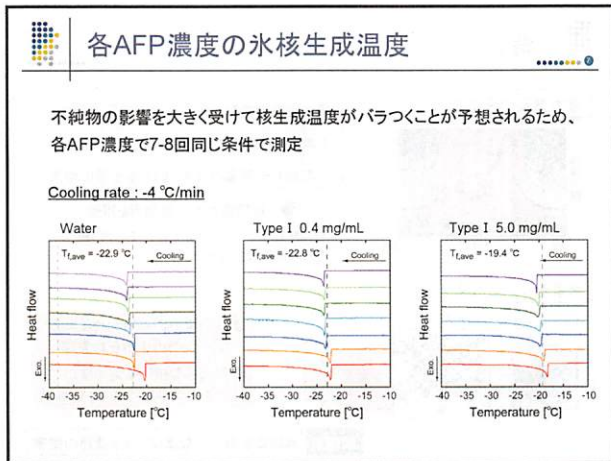
水が凍ると潜熱を放出し、サンプルとリファレンス間で温度差が生じる

サンプル温度に対して温度差をプロットするとピークが得られる

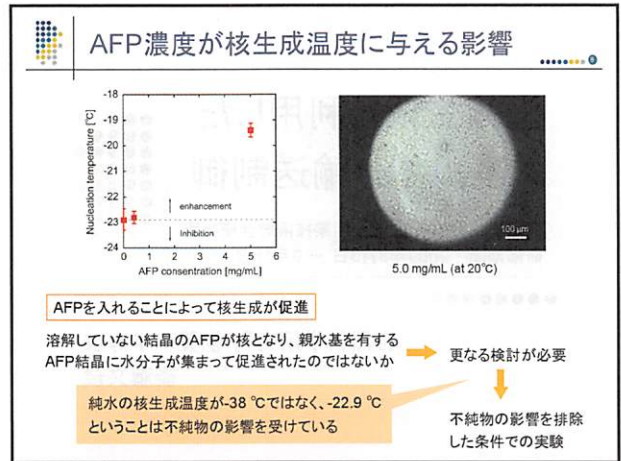
ピークの立ち上がり温度が核生成温度

6

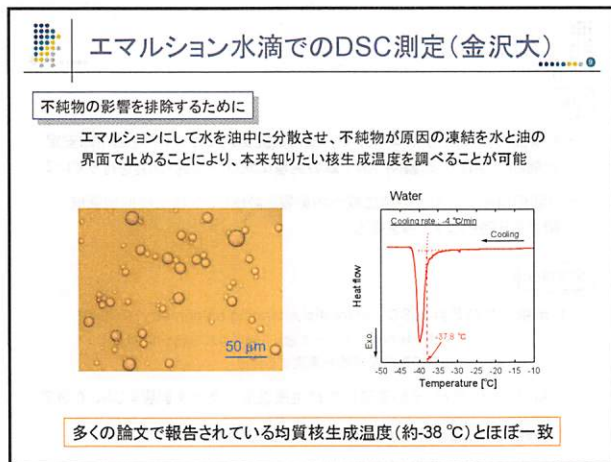




7



8



9

### まとめ

DSC作製  
DSCを作り、これを用いて実験データを出した。

AFP濃度が核生成に与える影響  
不純物を含んだ水では、AFPを加えることによって核生成が促進された。

エマルション水滴でのDSC測定  
均質核生成温度(約 $-38\text{ }^{\circ}\text{C}$ )を達成できた。

今後、エマルション水滴にAFPやAFSP(不凍合成高分子)を入れた実験を、修士論文のテーマとして行っていく。

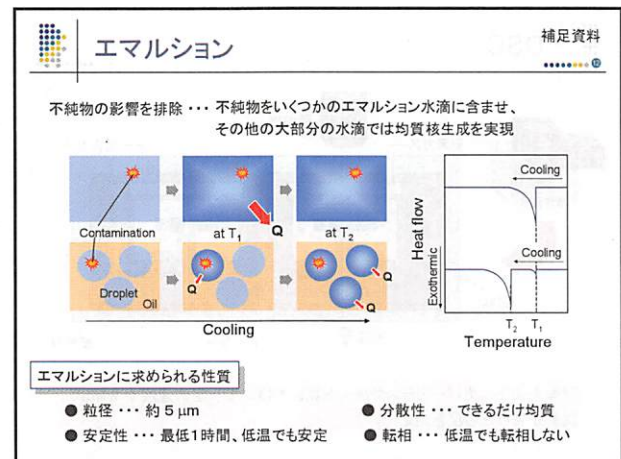
10

### 研修風景、感想、謝辞

- DSCを作製する際、授業で学んだ伝熱に関する知識がどのように装置設計に活かされるかを学んだ。
- 実験を通じて氷の核生成に関する基礎的な知見を得ることができた。
- 問題意識を持ちながら研究に取り組むことの大切さを学んだ。
- 実験の進め方やデータ整理など、研究の基礎を学んだ。

産業技術総合研究所、金沢大学関係者の方々に大変お世話になりました。心よりお礼申し上げます。

11



12