東京電機大学　理工学部

ひらめき☆ときめきサイエンス

エコカイロをつくろう

ー過冷却液体の不思議ー

2011年11月6日（日）

東京電機大学埼玉鳩山キャンパス

今日の予定

13:00～13:30	開講式	挨拶（小田垣） 自己紹介 科研費説明（小田垣）
13:30～14:15	講　義	小田垣
14:15～14:30	休　憩	コーヒータイム
14:30～15:30	実　習	実験の注意（山室・細田） 小田垣・山室・細田
15:30～16:00	修了式	後片付け 学位記授与(佐藤学部長) アンケート記入

科学研究費補助金（KAKENHI）
研究成果の社会還元・普及事業

文部科学省・日本学術振興会

もっ

●JS
http://www.jsps.go.jp/j-grantsinaid/

●科研費データベース（国立情報学研究所）
http://kaken.nii.ac.jp/

ひらめき☆ときめきサイエンス

●JSPS日本学術振興会 ひらめき☆ときめきサイエンスホームページ
http://www.jsps.go.jp/hirameki/

お問い合わせ
独立行政法人日本学術振興会（JSPS）
研究事業部研究助成第二課企画・調整係
TEL 03-3263-1431
H P http://www.jsps.go.jp/

科研費（KAKENHI）ってなに？

What is KAKENHI?

科研費は、わが国の研究を支援するためのもので、平成23年度は2,633億円の予算が組まれています。

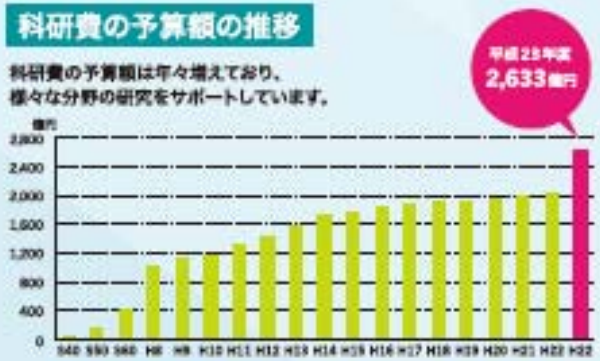
科研費は、主に大学で使われており、研究費をもらうためには、先生が申請書を書いて応募する必要があります。

科研費は多くの研究を支えており、これらの中には、ノーベル賞に輝いた研究も数多く含まれています。

インターネットの技術や新薬の開発など、科研費の成果が活かされているものが、みなさんの身近なところにもたくさんあります。

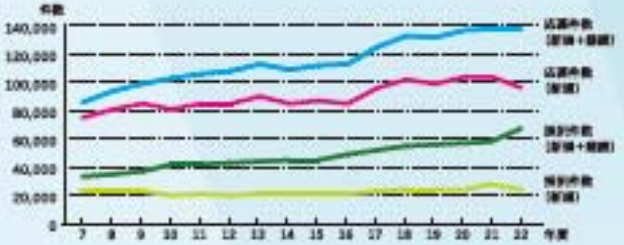
科研費の予算額の推移

科研費の予算額は年々増えており、
様々な分野の研究をサポートしています。



膨大な応募件数（新規約10万件）

毎年膨大な応募があり、最近の新規応募件数は約10万件となっています。

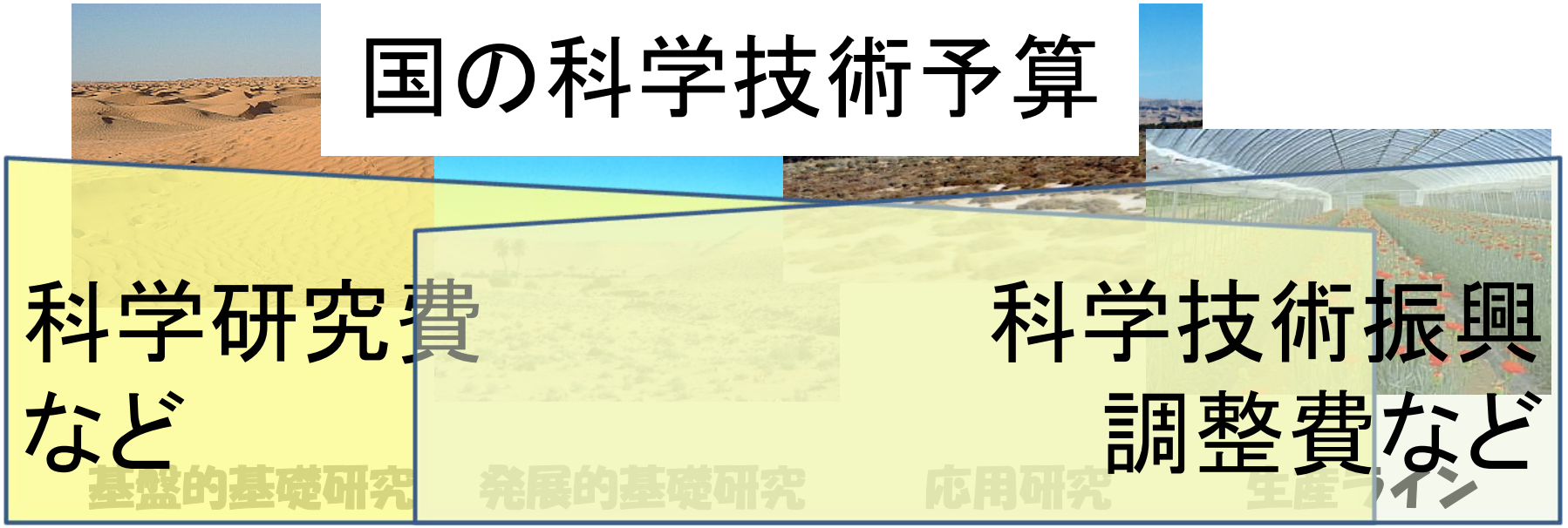


科研費（KAKENHI）

全国の研究機関

皆さんもよく知るさまざまな研究や活動を支援しています。

研究の発展:基礎から応用へ



現象の発見
原理の発見
→
現象の深化
原理の発展
→
製品化
技術開発
→
起業

理　　学　　工学・医学・農学・

ひらめき☆ときめきサイエンスってなに？

What is "HIRAMEKI TOKIMEKI Science" Program?

大学で行っている最先端の科研費の研究成果について、小中高校生の皆さんが、直に見る、聞く、ふれることで、科学のおもしろさを感じてもらうプログラムです。
今年度は全国の111機関で、204プログラムが行われています。

北海道大学

北大農場でベリーの
品種改良に挑戦しよう！

東京純心女子大学

～トラがたばこをすっていたころ～
韓国の昔話の世界へようこそー韓国文化体験講座

京都教育大学

ひらめき・ときめき理科実験
ー環境にやさしいマイクロスケール実験の体験ー

広島大学

生物の多様性を自分の遺伝子から
実験、実感してみよう！

日本学術振興会（JSPS）ってなに？

What is JSPS?

その歴史は

日本学術振興会は、昭和7年12月に、天皇陛下から学術の奨励のために文部大臣にご寄附いただいたお金により、財団法人として設立されました。
平成15年10月に独立行政法人となっています。

研究者を目指す皆さんに日本学術振興会は様々な支援を行っています!!

小・中学校・高校

いろいろなものに興味を持とう!!

大学に入学

大学院に進学（入学）

幅広い教養と専門の基礎を身に付けよう!!

博士課程（3年）
修士課程（2年）

専門性を高めて研究者としての基礎を身に付けよう!!

研究者（大学・研究所・企業で活躍）

自由な発想で新しい研究にチャレンジ!!

研究者 ◀研究費の支援や国際事業を行っています。

科研費

人文・社会科学から自然科学までの全ての分野において、それぞれの研究者が行いたい研究を申請し、審査によって選ばれた者に研究費が支給されます。研究の内容により年間100万円くらいから2億円程度まで様々です。

外国人著名研究者招へい

極めて優れた研究業績を有する諸外国の著名研究者を、一定期間内に複数回招へいし、受入機関全体の研究及び研究活動等への助言・協力を継続的に享受できる機会を提供する制度です。

大学院生・若手研究者 ◀経済支援や海外への派遣を行っています。

特別研究員

優れた博士課程の学生や若手研究者に対して、経済支援を行っており、勉強や研究に専念することができます。（年額おおよそ240万円から530万円を給付）

海外特別研究員制度

若手研究者は2年間海外の大学等研究機関において研究することができます。その際、渡航費用も補助されます。

海外特別研究員 ▶

HOPEミーティング

日本及びアジア太平洋諸国の博士課程の学生に、ノーベル賞受賞者を初めとした著名な研究者や同世代の参加者との交流を通じて、この地域の将来を担う研究者として飛躍する機会を提供します。

ディスカッション ▶

女性のための支援

出産・育児のため研究を一時中断した後に研究を再開することが可能です。

小・中学生・高校生 ◀科学に触れるチャンスを提供しています。

ひらめき☆ときめきサイエンス

最新の研究成果を体験・実験・講演を通じて、小・中学生・高校生にわかりやすく紹介するプログラムです。

サイエンス・ダイアログ

世界各国の博士たちと、研究や母国について、英語で語り合う、国際的なプログラムです。

科学研究費による研究

研究種目：基盤研究(C)
研究期間：2007～2009
課題番号：19540405
研究課題名（和文） ガラス転移を統一的に理解する自由エネルギーランドスケープ理論の研究
研究課題名（英文） Free energy landscape theory for unified understanding of glass transition
研究代表者： 小田垣 孝（ODAGAKI TAKASHI）研究者番号：90214147
東京電機大学・理工学部・教授

液体を急速に冷却してガラス化させる過程で見られる種々の現象を統一的に説明できる理論を構築した。

1．通常の平衡統計力学を自由エネルギーランドスケープに基づいて再定式化し、比熱の跳び、構造エントロピーの特徴が説明できることを示した。

2．自由エネルギーランドスケープ上の系の時間発展を解析し、種々の遅い緩和の特徴が完全に説明できることを示した。

3．分子動力学シミュレーションにより一成分単純系のガラス化に成功した。

平成22年度～平成24年度科学研究費補助金
基盤研究(c)

研 究 課 題 名　自由エネルギーランドスケープ理論を用いたガラス転移現象の解明

課 題 番 号　2 2 5 4 0 4 0 0

統計力学的に厳密な定式であることを示した[業績1]自由エネルギーランドスケープ（FEL）理論を発展させ、微視的な立場からガラス転移の機構を明らかにする。協調緩和領域とAdam-Gibbs理論の検証、ボソンピークを与えるダイナミックスによるFELの構築、複雑なランドスケープ上のダイナミックスの繰り込み変換に基づくガラス転移点の決定、一成分単純液体のガラス形成過程によるFEL理論の検証、動的不均一性やメモリー効果の理解を順次行い、ガラス転移を理解するパラダイムとしてFEL理論を確立する。

世界で唯一の理論 ⇒ 新材料・タンパク質など広い応用が期待される

気体・液体・結晶
過冷却液体・ガラス

ひらめき☆ときめきサイエンス
～ようこそ大学の研究室へ～
KAKENHI
JSPS日本学術振興会

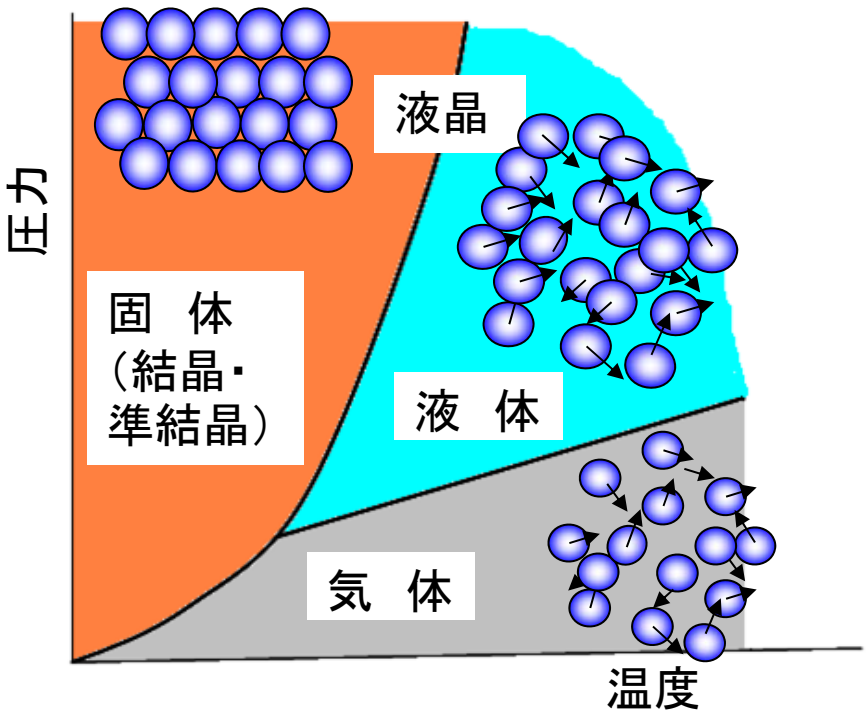
第1章　物質の三相と過冷却状態・ガラス状態

1. 物質の三つの相

相：　物理的･化学的に一様で、時間的に変化しない物質の状態

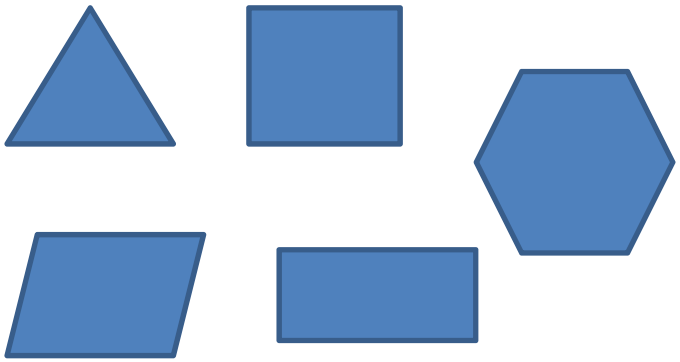
物質は、圧力と温度を与えると決まった相をとる。

相図

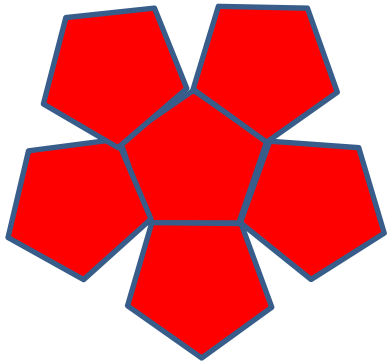


準結晶について

2次元（平面）上の結晶

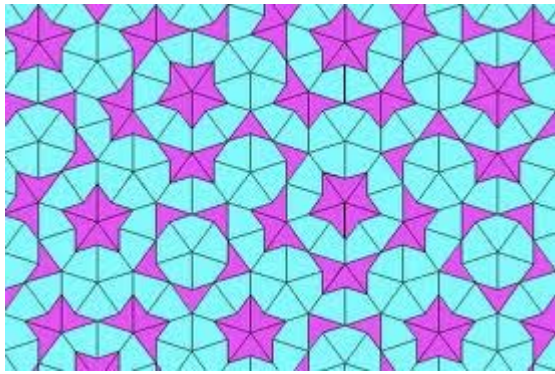


空間を埋め尽くすタイル張りができる



5角形では張れない

ペンローズタイル

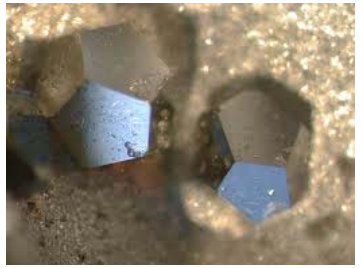


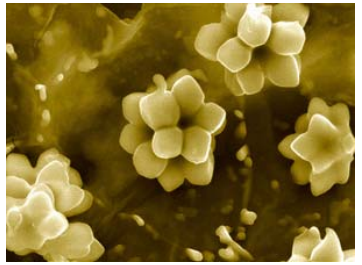
規則的だが周期性がない

2011ノーベル化学賞

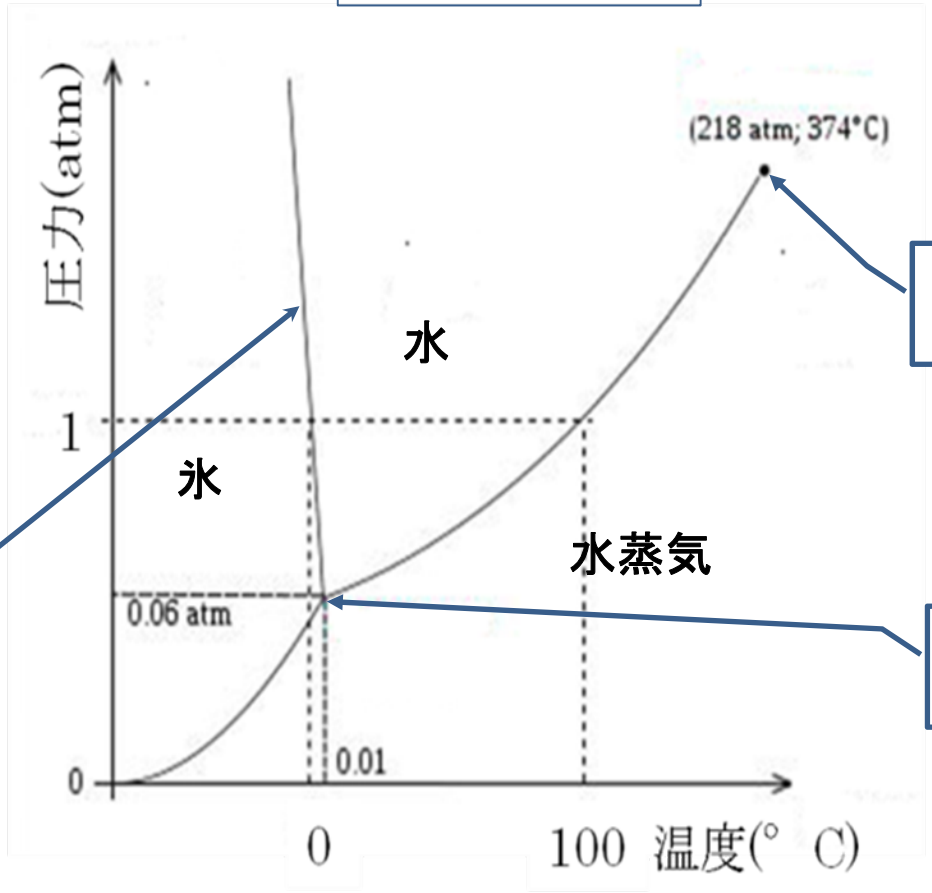
ダニエル・シェヒトマン:準結晶の発見

「不可能」を可能にした





水の相図



臨界点

三重点

負の傾き：圧力が上がると融点が下がる(水の特徴)

物質の安定性

できるだけエネルギーを低く

＋

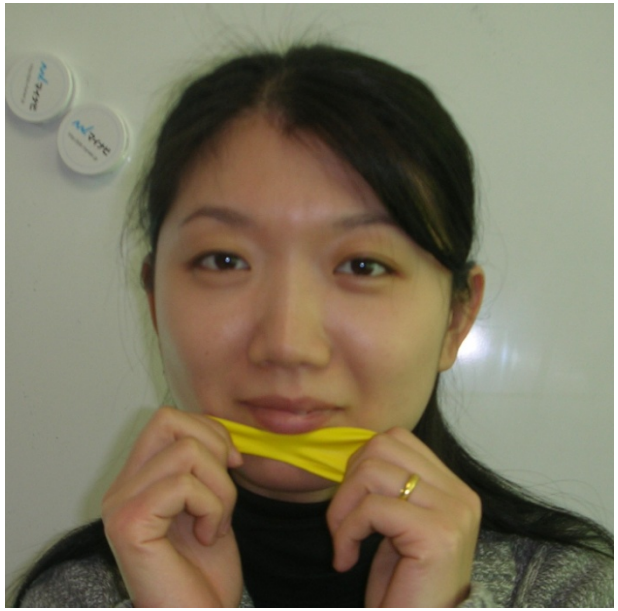
できるだけ動き回れるように

↓

エントロピー

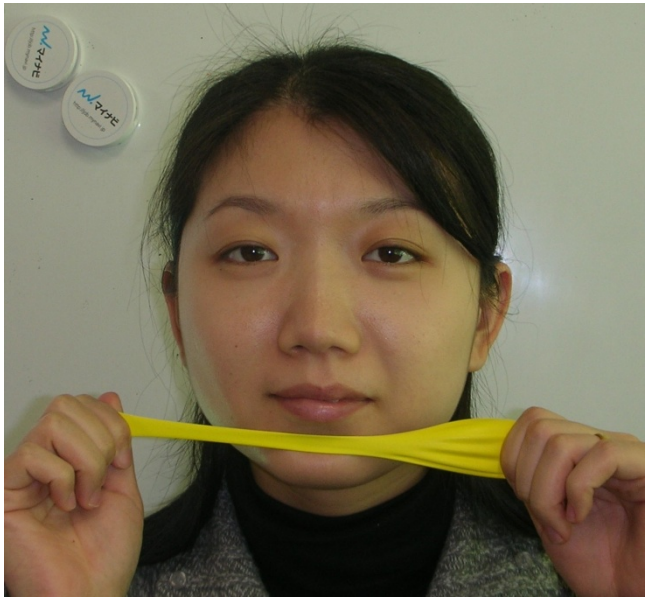
エントロピーについて

ゴムの不思議

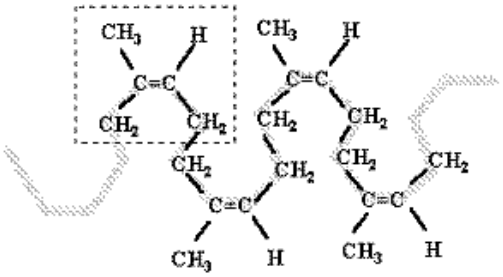


急に伸ばすと

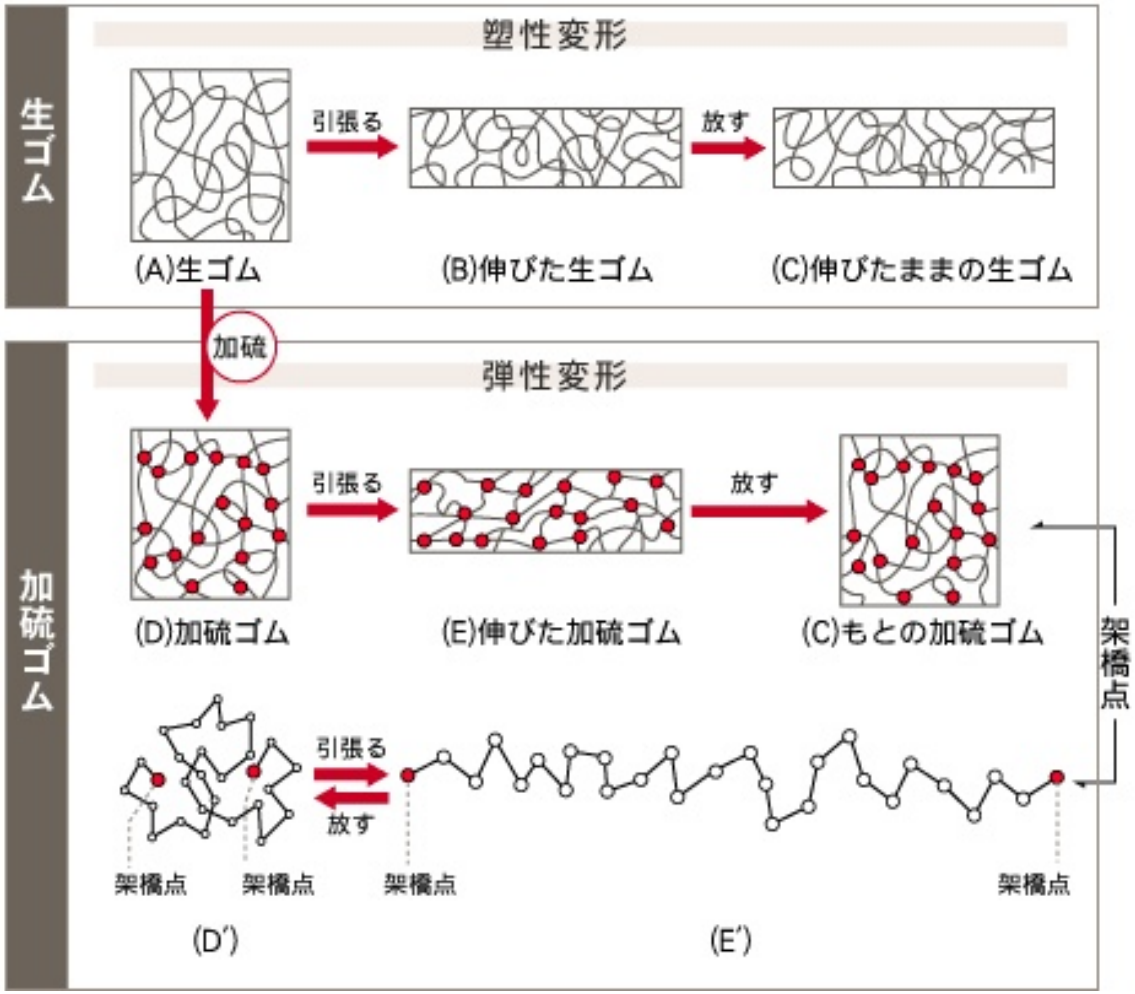
急に縮めると



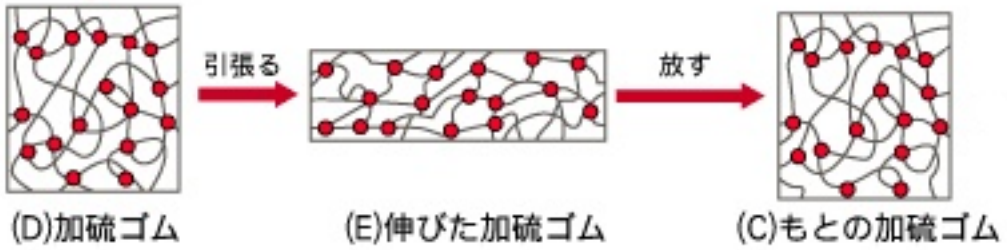
ゴムって？

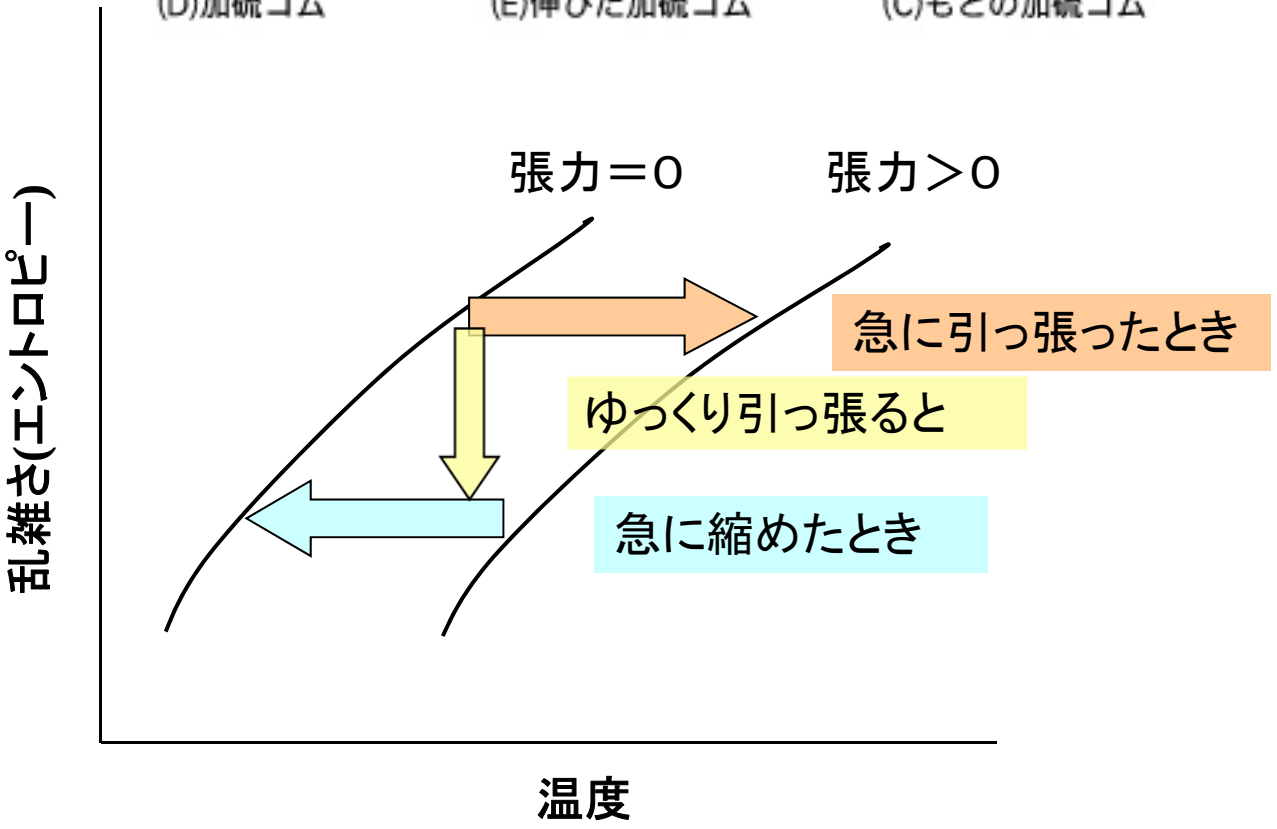


・硫黄を混ぜると（加硫）、ゴムはのびちぢみする！



ゴムは引っ張ると何故暖かくなるか





同様の現象:気体の断熱膨張、断熱圧縮、断熱消磁 ⇨ 冷却装置、エアコン

物質の安定性

できるだけエネルギーを低く

＋

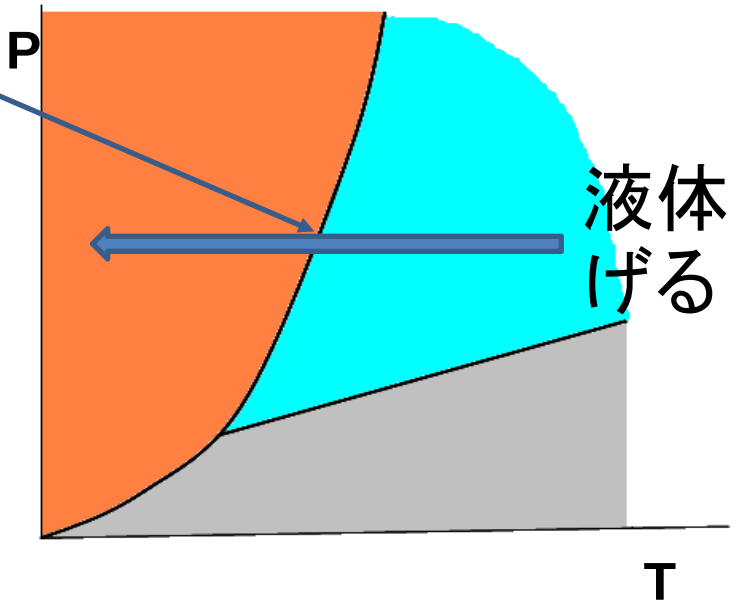
できるだけ動き回れるように

＝

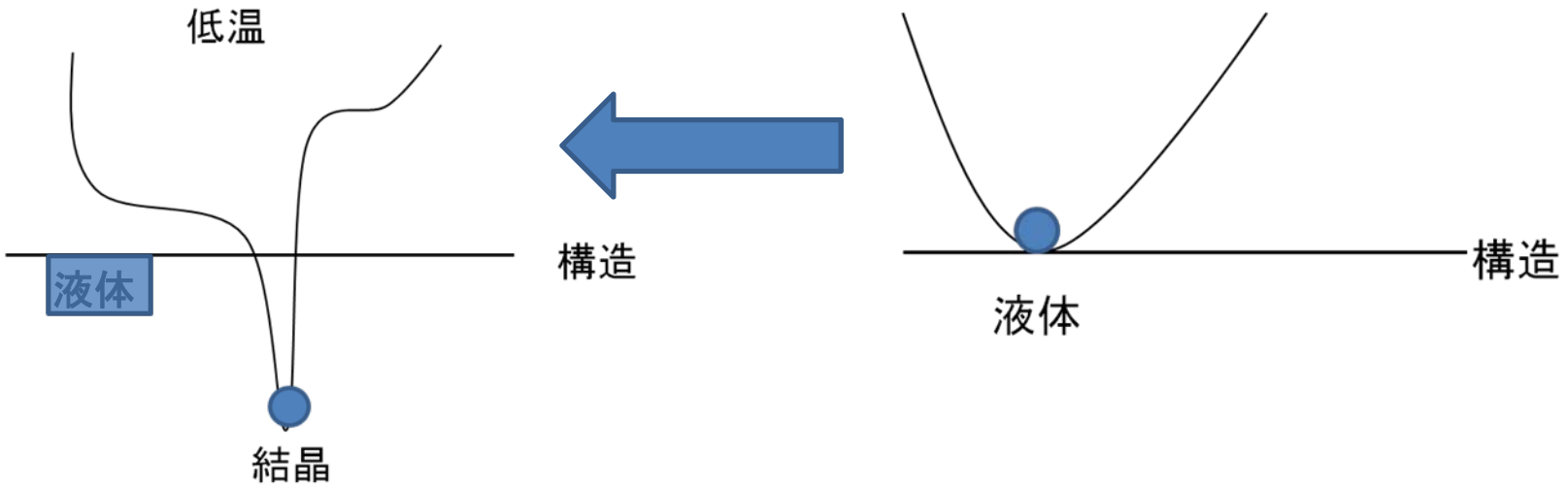
自由エネルギーの最も低い状態が出現

相転移

融解点＝
凝固点



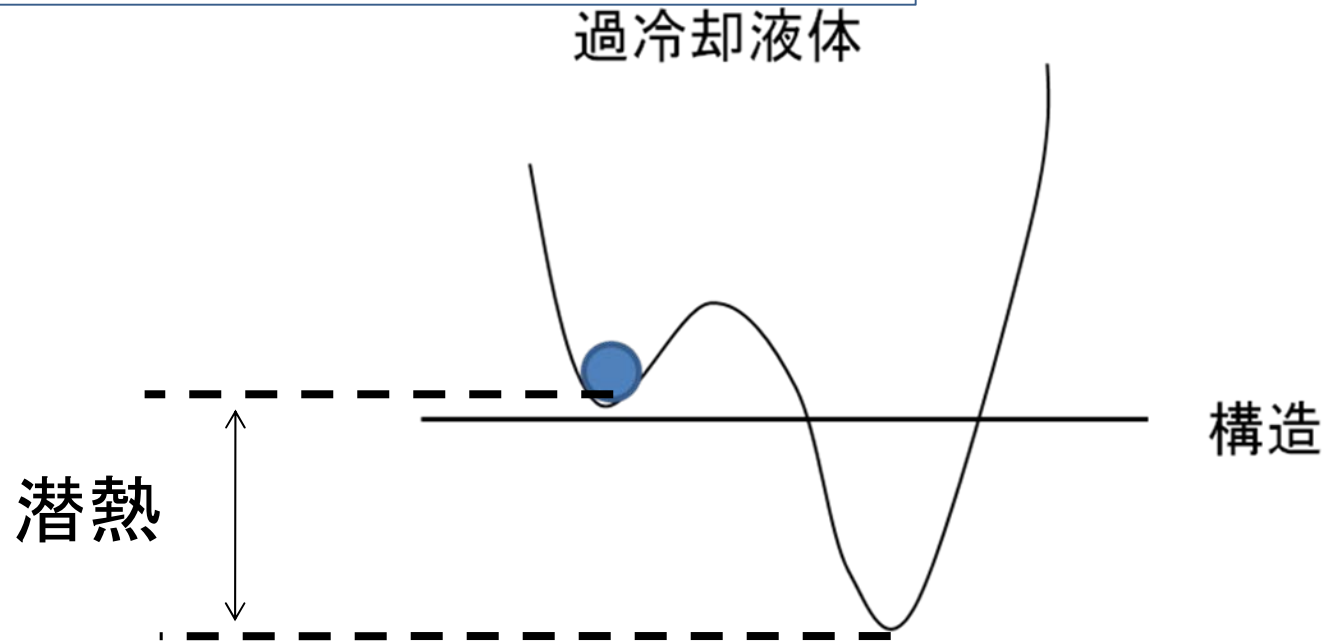
液体の温度を下げる



2. 過冷却状態と結晶化

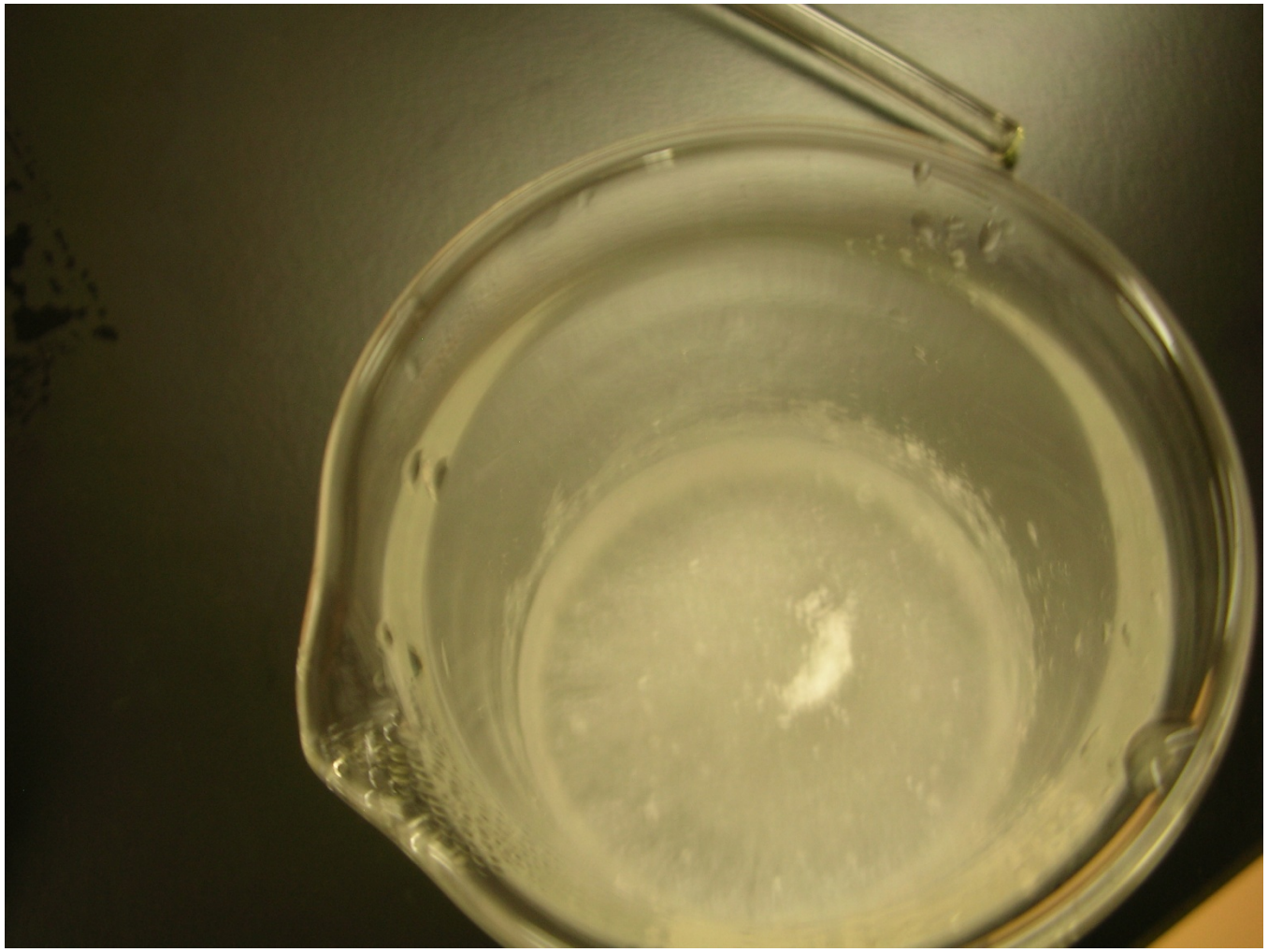
融解点より少し下の温度では、結晶化に何らかのきっかけが必要

⇨ 種をいれると結晶化する



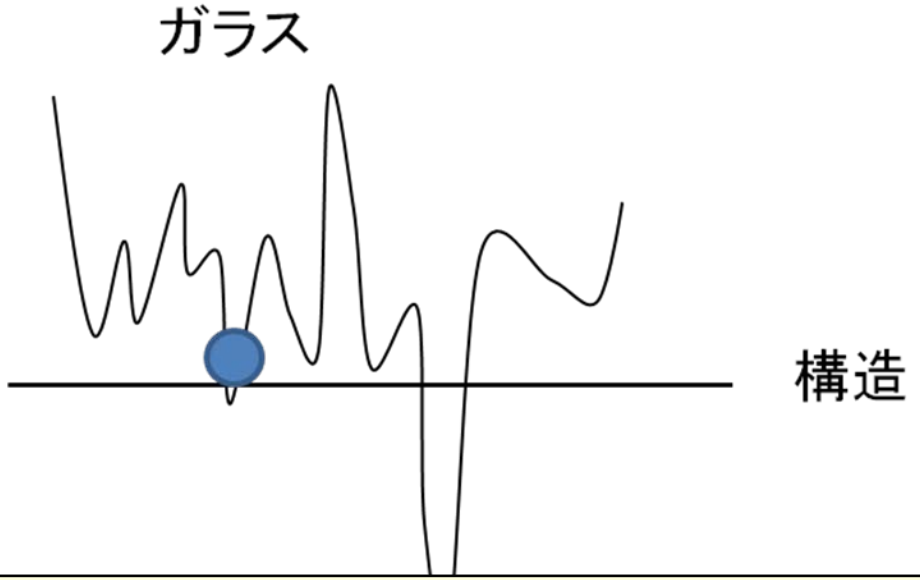
自由エネルギーの差が熱として放出される

過冷却状態の結晶化デモ



３．ガラス状態

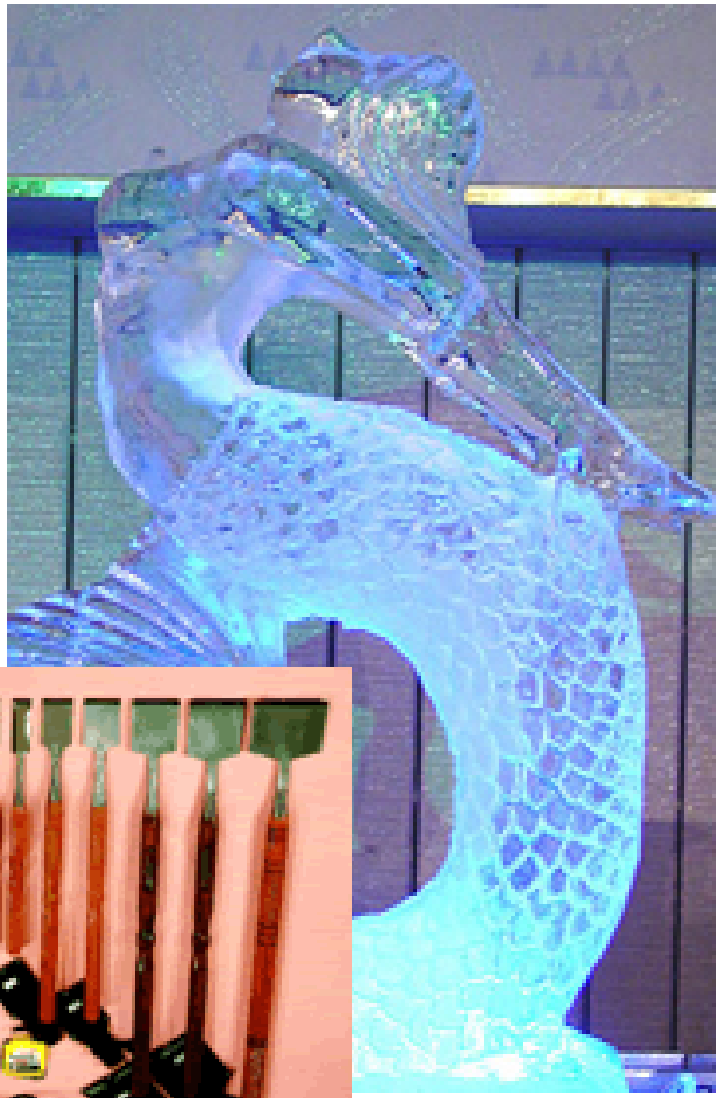
液体を急速に冷やすと液体の構造を保ったまま固化し、ガラス状態になる。



- ガラスは、(準)安定的に長い間存在できる
  例：窓ガラス、グラス、黒曜石、飴、プラスチックガラス
- 暖めると、結晶の融点より下の温度で徐々に溶け、過冷却液体になる
- その途中で、比熱や色々な異常が見られる
- 冷やすと徐々に固化してガラスになるものも存在する

ガラスと結晶の違い

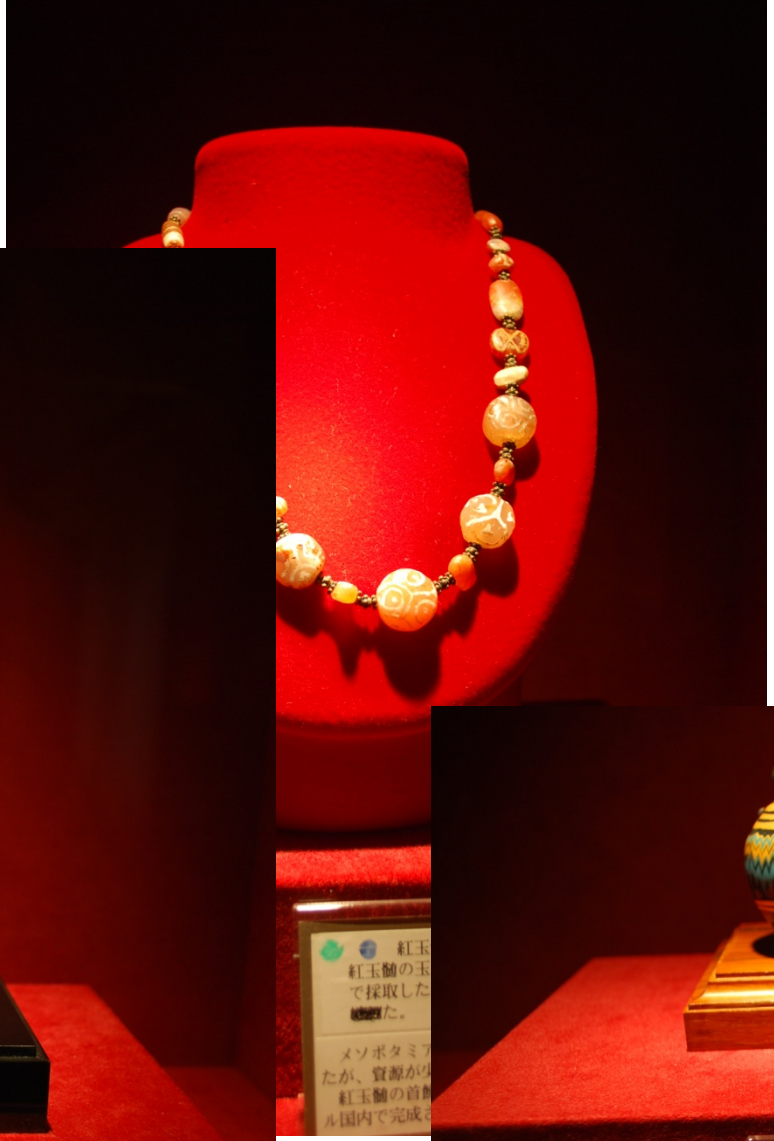
Ice Mermaid



K. Hirata

Glass Mermaid

1800~2000年前



0~4500

2400~2600年前

ガラスは日本でも古代から使われていた

黒曜石鏃（縄文時代）

勾玉（弥生時代）（輸入？）

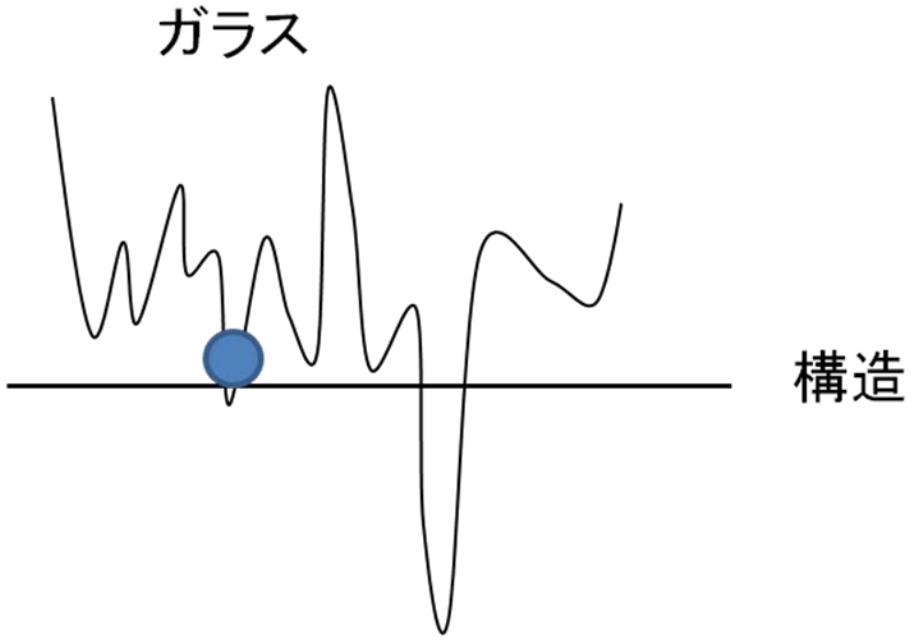
正倉院白瑠璃椀（8c）

遣隋使(600~614)　　遣唐使 (630~894)

『 延喜式（大蔵省式） 』
四等官より下の構成員
（１）　史生（ししょう、書記官）、雑使（ぞうし）、傔人（けんじん、使節の従者）
（２）　訳語（やくご、通訳）、新羅・奄美等訳語、主神（神主）、医師、陰陽師（易占、天文観測）、卜部（うらべ、占い師）、射手（いて）、音声長（おんじょうちょう、楽長）
（３）　知乗船事（ちじょうせんじ、船団管理者）、船師（船長）、船匠（船大工）、柁師（かじし、操舵長）、挟抄（かじとり、操舵手）、水手長（かこおさ）
（４）　留学生（るがくしょう、長期留学生）、学問僧（長期留学僧）、請益生（しょうやくしょう、短期留学生）、還学僧（げんがくそう、短期留学僧）
（５）　音声生（おんじょうしょう、楽師）、玉生（ぎょくしょう、ガラス工人）、鍛生（たんしょう、鍛冶鍛金工）、鋳生（ちゅうしょう、鋳物師）、細工生（さいくしょう、木工工人）

小田垣理論

科研費の研究では、自由エネルギーの構造からガラスが融けるときに示す異常をすべて理解できることを示した。



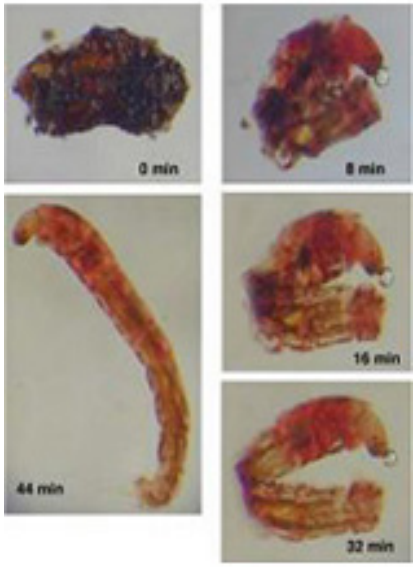
過去・現在・未来

黒曜石

グラス

光ファイバー

ガラス固化体



ネムリユスリカ

クマムシ

過去　　現在　　未来

クリプトバイオシス:トレハロース＋水系のガラス化

保存食品

飴

糖＋水のガラス

鰹節

タンパク質＋水のガラス

アイスクリーム

糖＋脂質＋タンパク質＋水のガラス

第2章　酢酸ナトリウム水溶液の過冷却状態と結晶化

無水酢酸ナトリウム1モルに対して水3モル強を加え、加熱して溶かす

トリガーを入れたビニールバッグにいれ、シールする

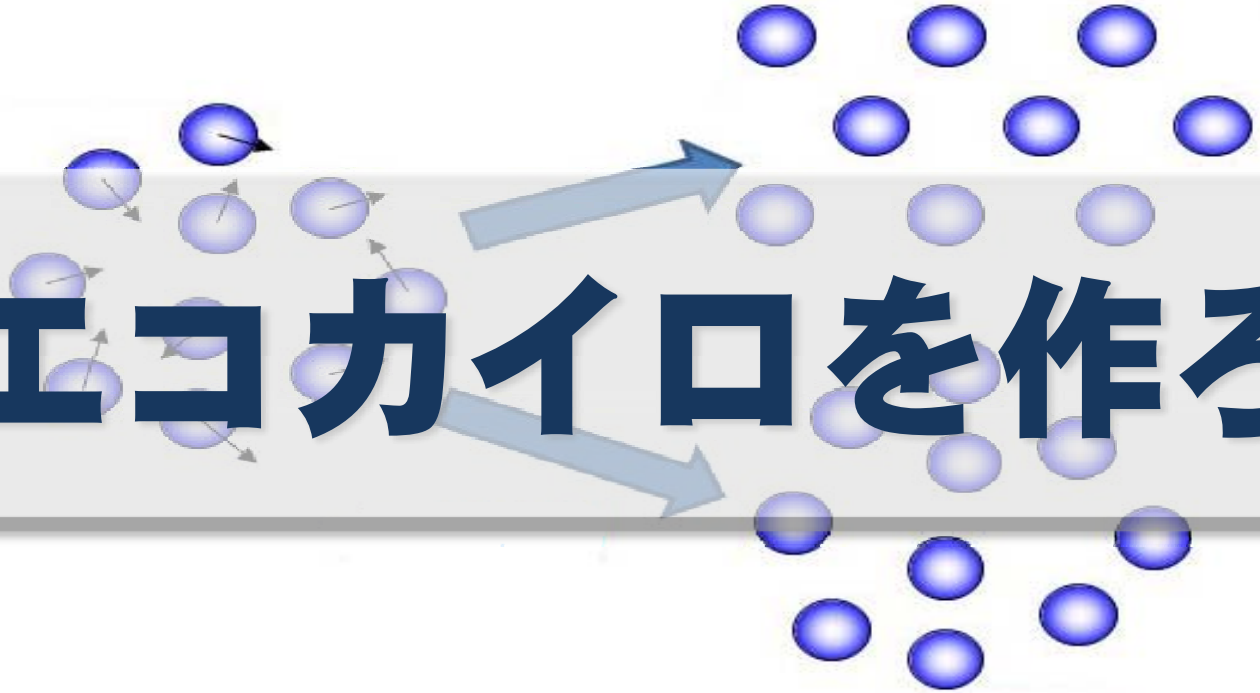
融点58°C以下に温度が下がっても液体のまま留まる

・トリガーによる結晶化

トリガーの提供：上海創始―冷温ジェルの専門メーカー―

東京電機大学　理工学部

ひらめき☆ときめきサイエンス



エコカイロを作ろう

ひらめき☆ときめきサイエンス
～ようこそ大学の研究室へ～
KAKENHI
JSPS日本学術振興会

安全のために