

不凍タンパク質を使って夢の技術を！

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S + \sigma\Delta A$$

$$\Delta T = \frac{hT_m^2 \rho_m \sigma}{D^2 L_m}$$

分子適応科学研究室(適挑院)
津田 栄

不凍タンパク質 (AntiFreeze Protein)

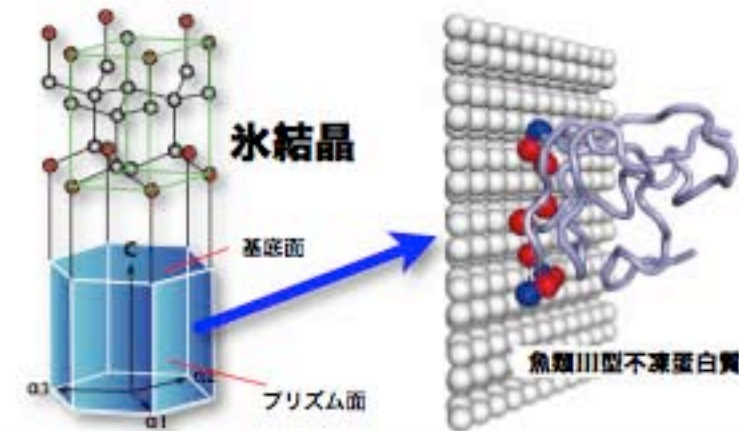
II

氷に結合するタンパク質

発見1969年



Trematomus bernacchi Boulenger
(Emerald rockcod)



Discovery of AFP

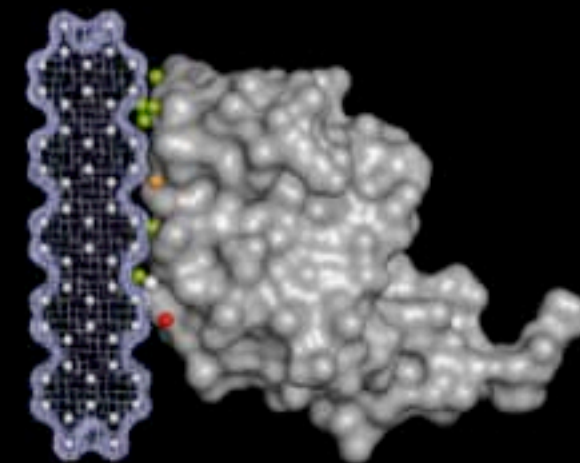
不凍タンパク質(AFP)



Trematomus bernacchi Boulenger
(Emerald rockcod)

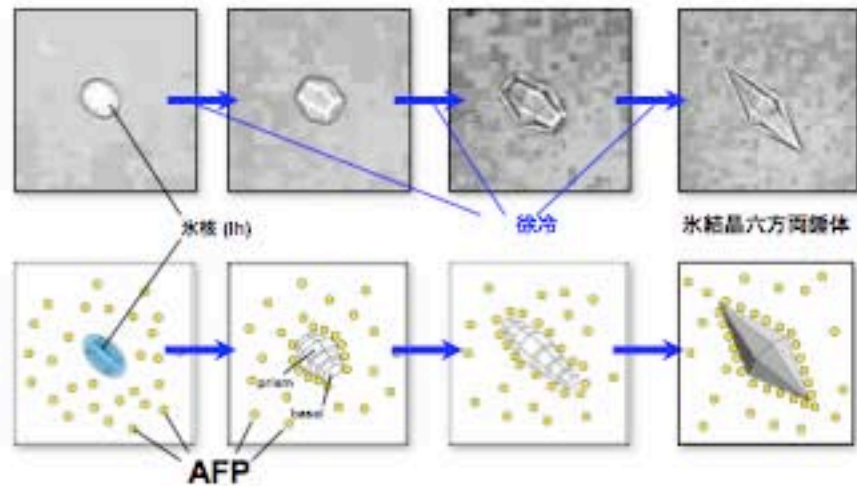
- 1969年に南極魚の血液から発見、**食品応用が期待されてきた**
- Antifreeze Protein (AFP)の直訳から**不凍タンパク質**と呼ばれる
- **ISP** (Ice Structuring Protein)、**IBP** (Ice Binding Protein)とも呼ばれる
- 肝臓で合成され血清中に放出、最高で 30mg/ml 程度の血中濃度
- **季節変動** — 水温の低下に伴い発現量が増大 (厳冬期に最高濃度)
- **構造多様性**がある (タイプI~IV、AFGP)。各々は**先祖タンパク質** (レクチン、シアル酸還元酵素など) から進化したと推察

AFPIIの氷結晶結合モデル

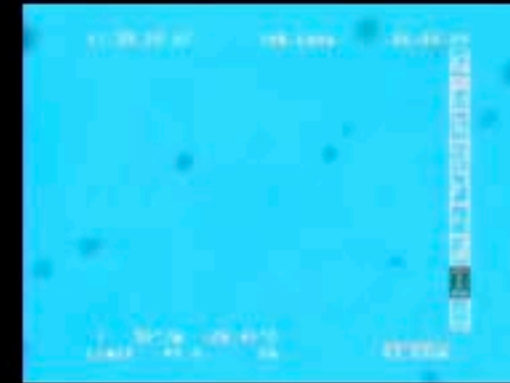


Nishimiya & Tsuda (2008) *J.Mol.Biol.*, 382, 734.

不凍タンパク質 (AFP) は氷核に結合して成長を止める



氷核は、水凍結の瞬間に無数に発生する



水が凍結する瞬間を撮影したビデオ

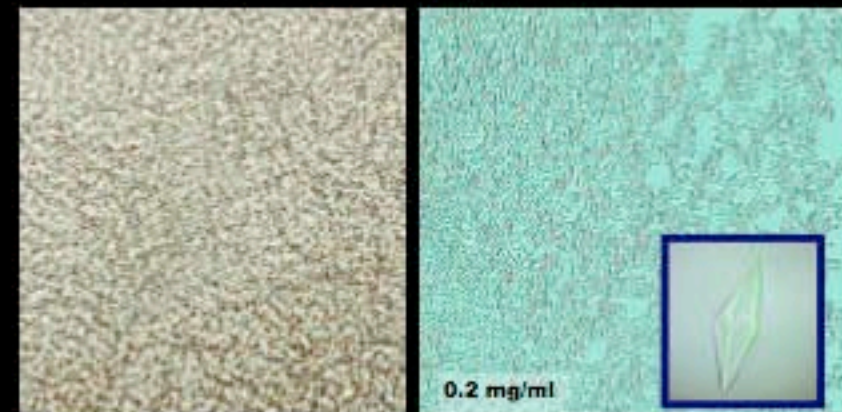
水の凍り方



1. 過冷却状態になる
2. 無数の氷核が自然発生する
3. 氷核同士は成長しながら融合する

通常の氷は、氷核同士が融合した
コンクリート液のような状態

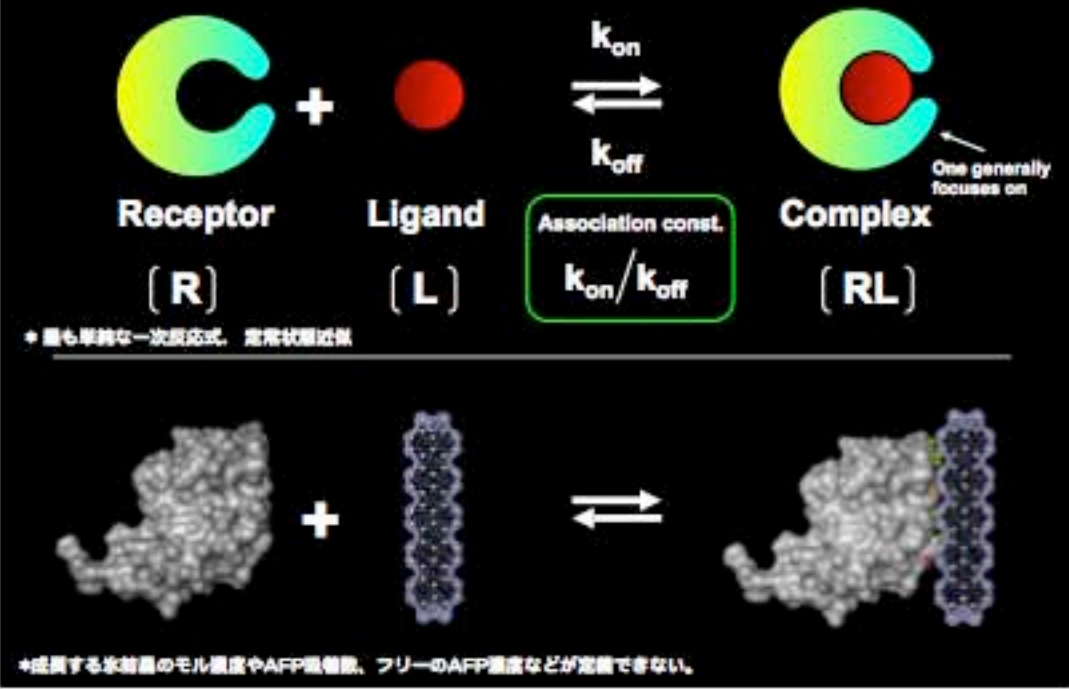
AFPを含む水の場合には、氷核が成長
せず、また互いに結びつかない



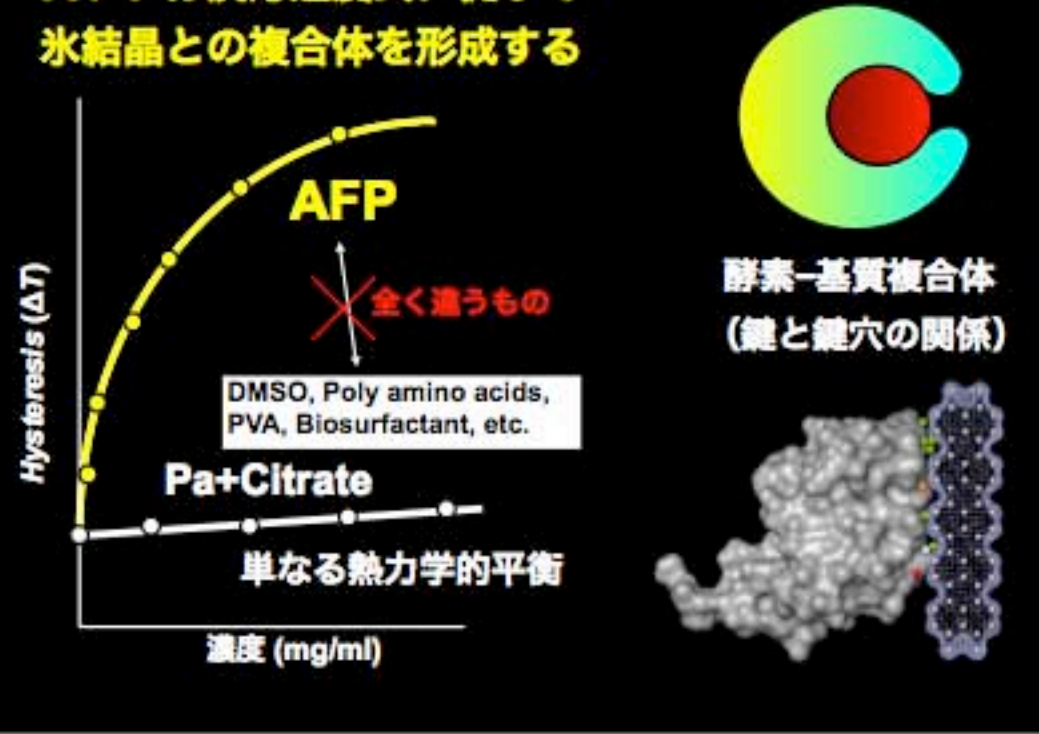
不凍タンパク質 (AFP) に期待されている技術応用



AFPの氷結晶結合は反応速度式で表される



AFPは反応速度式に従って氷結晶との複合体を形成する



極地魚類：南極観測隊等により調査

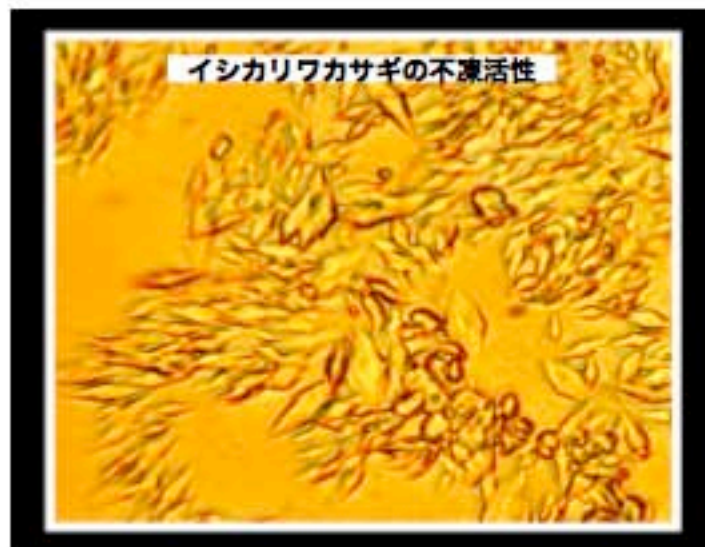


不凍タンパク質発見の歴史

1969	AFGP		南極	22-33 kDa, (Ala-Ala-Thr), where Thr is glycosylated. 3D structure unknown	
1974	Type I		北極	3.3-5.0 kDa, Ala-rich, α -helical, also expresses "skin-type" AFP	
1981	Type I		北極	~14 kDa, S-S bridge, C-type Lectin-like motif	
1984	Type II		北極	~7 kDa, no-fold symmetry motif (Pistol fold)	
1997	Type IV		北極	12 kDa, Structure unknown, polypeptide-like motif, also expresses "skin-type" AFP	
1982	β -helical (hyper active)		カナダ	5.4 kDa, β -bridged, 12-amino acid repeats (TCTxSixCoxAx)	



不凍タンパク質 研究室での発見





160種類以上の日本産動植物についてAFPを探索
約50種類の魚類についてAFPを発見

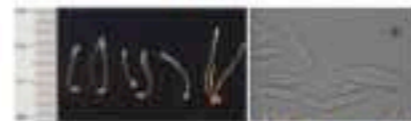


昆虫



"レモン型氷結晶"

菌類



"ヤジリ型氷結晶"

私達は普段から
不凍タンパク質
を食べている



コマイの乾物からもAFPを精製できる

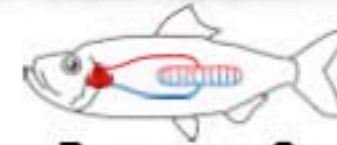


品名 コマイ

原材料 水干魚、食塩、調味料
製造年月日 2013.11.21
賞味期限 2014.5.20
北海道石狩市新港西1丁目722
[株]アースイ 0113-73-8160



原材料として用いる魚体の部位とAFP精製量の関係

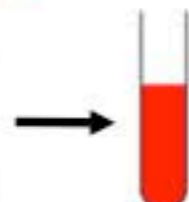


	A	B	C	D
原材料	魚肉+ 頭部- 心臓- 内臓-	魚肉+ 頭部+ 心臓- 内臓-	魚肉+ 頭部+ 心臓+ 内臓-	魚肉+ 頭部+ 心臓+ 内臓+
AFP収量 (魚体100g当たり)	75mg	73mg	90mg	107mg
精製の 容易さ	◎	△	△	×

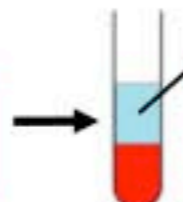
旧来の方法： 原材料=血液



北極・南極の魚



採血



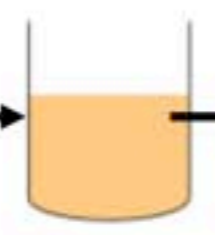
血清分離

AFP
~~大量精製~~

新しい方法



混獲魚の捕獲



魚肉すり身液



グラム~kg

不凍タンパク質大量生産システム@分子適応科学研究室

Ia型AFP



カレイ



30g

Ib型AFP



カジカ



~100mg

II型AFP
*非Ca2+結合型



シチロウオ



1g

III型AFP



ナガガシ

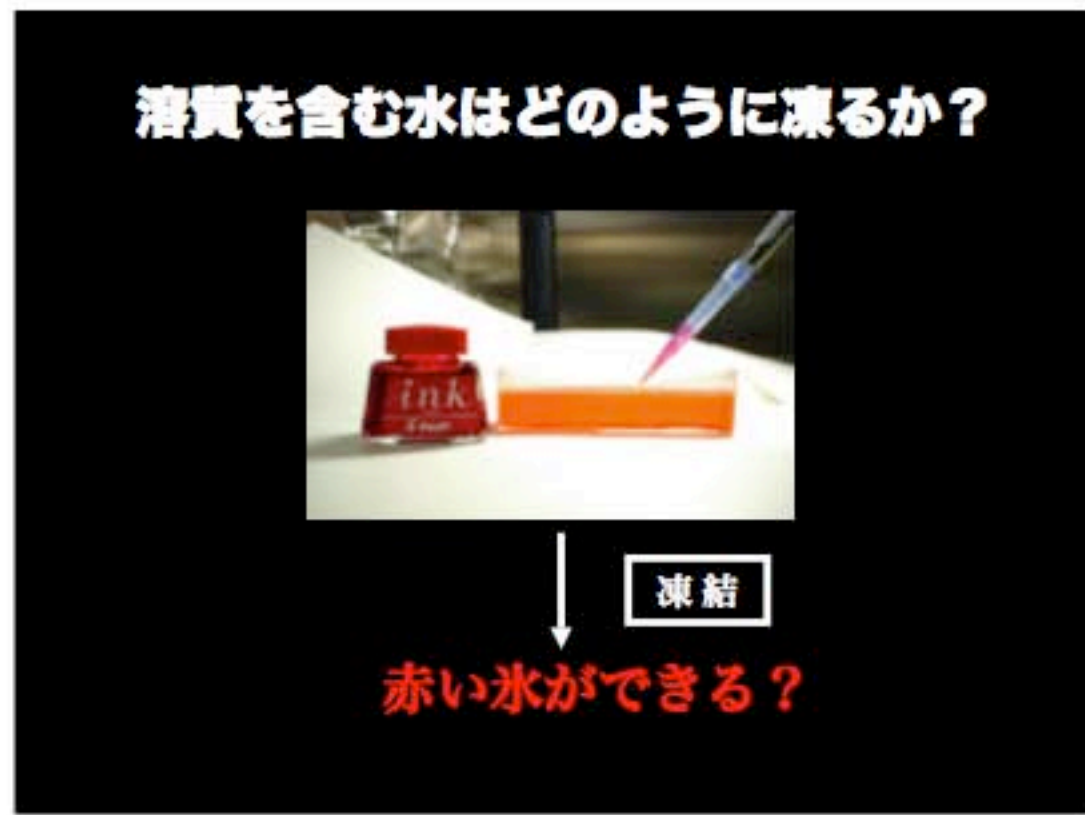


240g

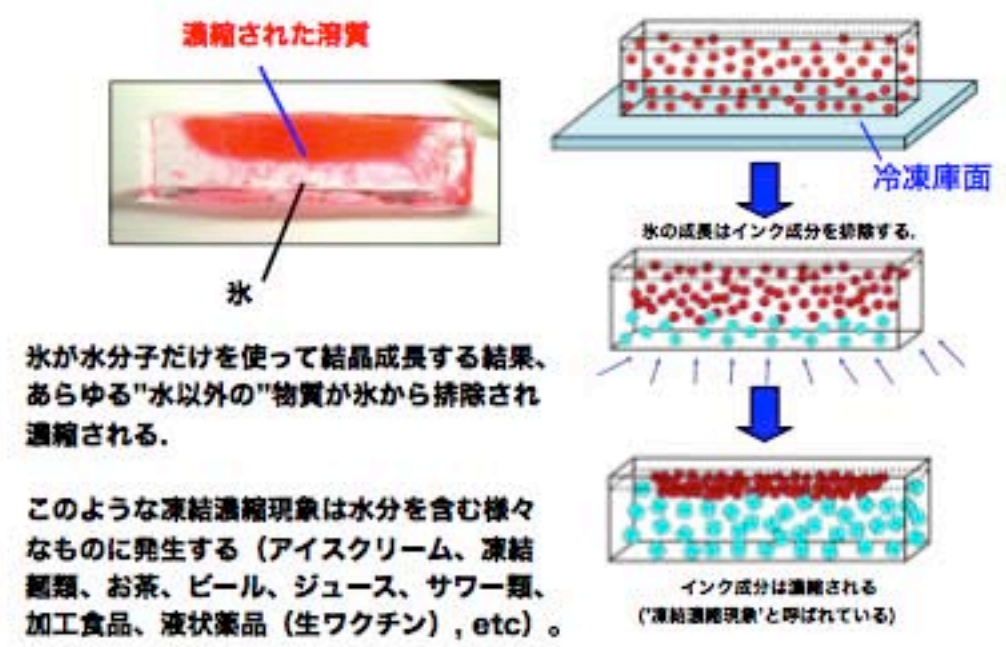
A/F Protein (凍結安定)
2300円/mg

換算額

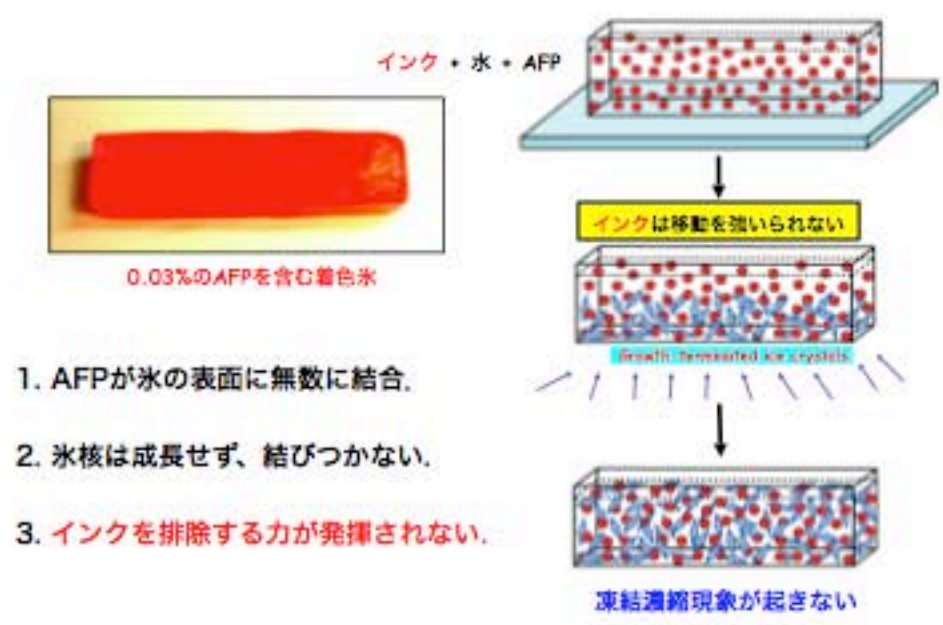
市価 約5億5千万円



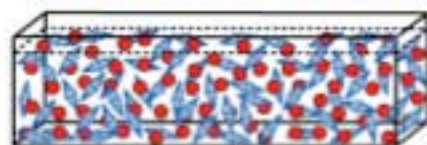
冷熱技術分野の問題点：凍結濃縮現象



不凍蛋白質 (AFP) は凍結濃縮現象を抑制する



AFP技術の基本



このようなものを
家庭用の冷凍庫で
簡単に作ることが
出来る



零°Cに近い温度に
あっても、氷の粒
は全く成長しない

液体保存アイスクリーム

+AFP



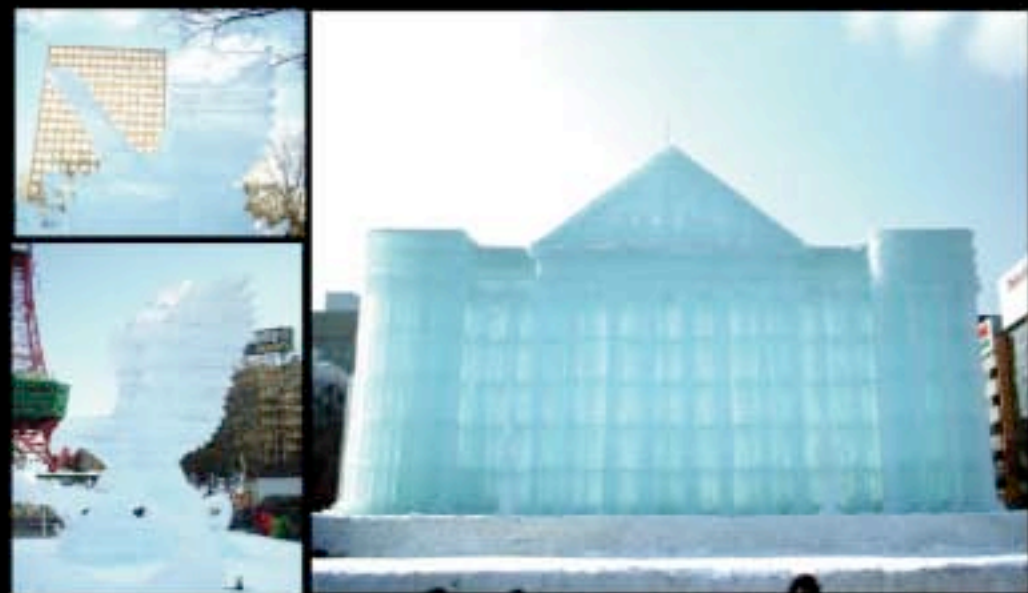
食べたい時に、
冷凍庫に入れる



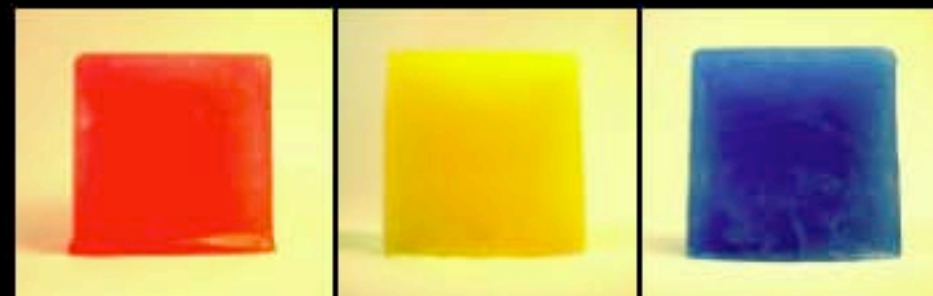
アイスクリームになる

*写真はイメージ

札幌雪祭りの氷の像



AFPを添加して作成した三色の氷



AFP濃度 = 0.3mg/ml

