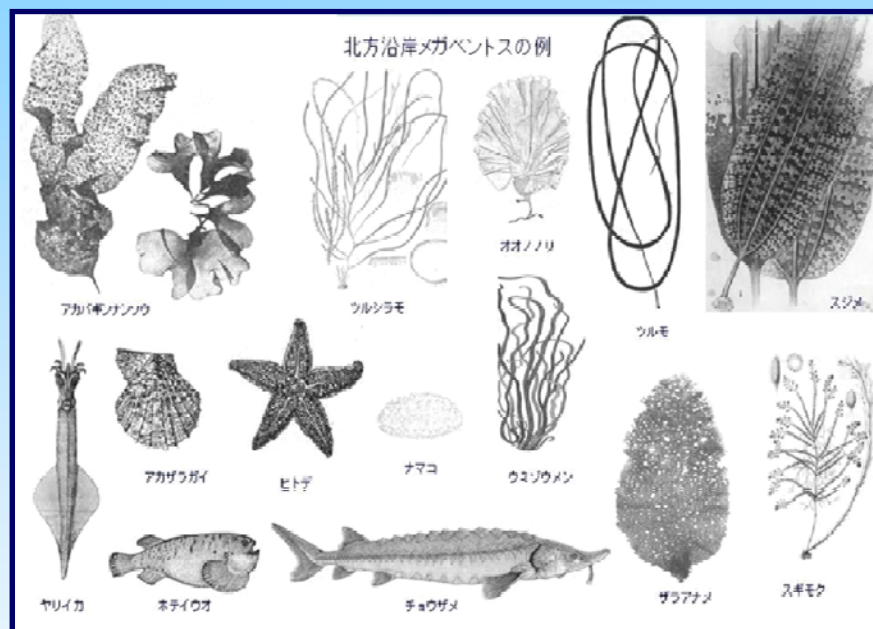


# 高機能性成分を含有するチョウザメと海藻 の自立型バイオファーマーミング



北海道大学 大学院水産科学研究院  
足立伸次・安井 肇

函館マリンバイオフォーラム&フェスタ 2013  
2013. 7. 18

## UMI (Universal Marine Industry) のグリーン・イノベーション

### 研究テーマ 1 計測・予測

空から、海中から海の観測し  
いつでもどこでも海の  
様子がわかるように

### 研究テーマ 2 持続的生産

高機能性成分を含有する  
北方系メガベントスの  
自立型バイオファーマーミング

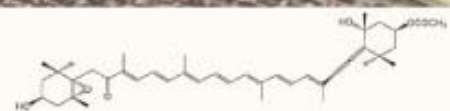
函館地域の豊かな海をいかす

### 研究テーマ 3 高機能化

まだ知られていない  
海産物の持つすごい力を  
有効に活用する

### 研究テーマ 4 ブランド形成

海の街函館の  
ブランド力を高め  
世界に発信する



メガベントスのとろみや色素成分 ・ ・ 例）生物体内で重要な機能性を発揮

古代魚チョウザメ、幻の魚イトウなど、細胞外マトリックス  
(Extracellular Matrix タンパク質の超分子複合体) の可能性

保護・修復・再生

褐藻の色素：海藻油 フコキサンチン 光合成のアンテナ機能  
他にない海藻由来のカロテノイド：抗肥満病作用、抗糖尿病作用  
持続的な資源生産の開発 テーマ1、3、4との連携

海中水深  
5m-20m  
青色-緑色

紅藻の色素：水溶性タンパク フィコエリスリン  
フィコビルン類 Phycobilins (PBPs) 光合成のアンテナ機能  
安全な食品着色料、生体蛍光ラベルに使用、神経保護作用・抗酸化  
新しい機能性の発見・持続的生産、抗炎症・抗血圧 テーマ1・3・4と連携

光の利用  
波長  
400-550nm

褐藻の水溶性粘性多糖類：含有量30%以上・高分子  
アルギン酸、フコイダン、ラミナランなど  
食品素材、医薬素材、化粧品素材、機能性食物繊維、抗肥満、整腸、保水  
新しい機能性、精密な実用のための自動化開発 テーマ1・4との連携

藻体保持  
保水  
光合成

海洋性とろみ成分の有利性 ■ BSE、豚インフルエンザ

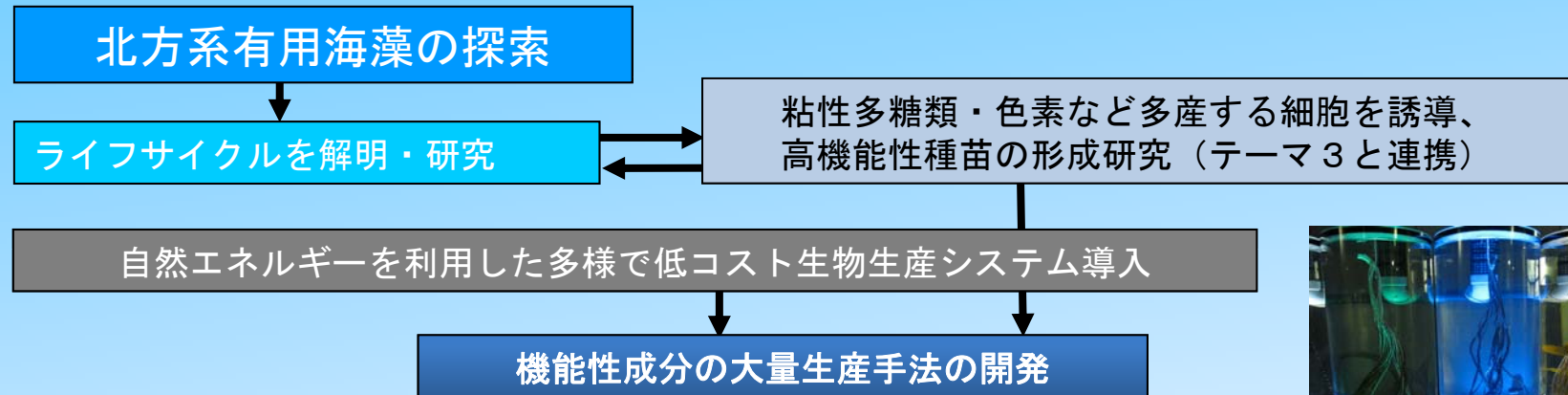
■ 健康上の問題宗教上の問題

イスラム圏（16億人）：ハラル（ブタの使用は禁忌） ヒンドゥー圏（10億人）：ウシの使用は禁忌

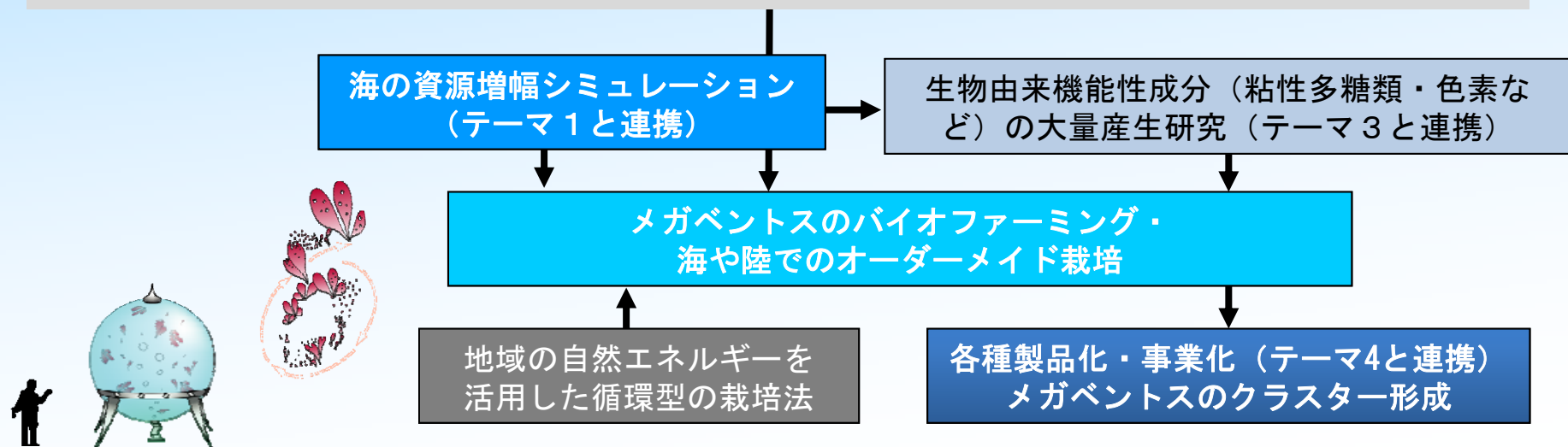


## 高機能性物質を含有する北方系メガベントスの自立型バイオフィーミング

### サブテーマ 1 メガベントスのライフサイクル操作・高機能性種苗形成



### サブテーマ 2 メガベントスの増幅・グリーン栽培工場の構築





# バイオフィーミング研究開発体制

## 目標に向かう知の集積ユニット

**研究開発** 北海道大学大学院水産科学研究院・北海道医療大学・  
(公財) 函館地域産業振興財団 (道立工業技術センター)

**環境分野** 共和コンクリート工業 (株)・芙蓉海洋開発 (株)・  
タケブチ燃糸工業 (株)・ (株) 来夢ファーム・ (株)  
フジキン・エア・ウォーター物流 (株)・環境創研 (株)  
・ (株) 美深振興公社・ (有) アイジャード

**情報・美容分野** (有) バイオクリエイト・丸共バイオフーズ (株)・  
(株) ローレル・日本ヘルス (株)・ (株) 道新デジタルメディア

**食品分野** (株) ノース技研 (株)・ (株) 梶原昆布店・カネジン食品 (株)・  
(有) タカハシ食品・大槻食材 (株)・日本食品開発研究所・  
(株) 小倉屋山本・ (株) 日糧製パン・北海道乳業 (株)・  
道南伝統食品協同組合・ (株) さいとう・ (有) たかせ・オーガニック  
ケルプ・ (有) ガッツ・ (株) 丸善納谷商店・ (株) だるま食品・  
中水食品 (株)・ (株) 竹田食品・南かやべ漁協直販加工センター・  
COKEY宏輝 (株)・ユニテックフーズ (株)・ (株) ライス・ハート  
フーズ・ALIVE (株)・道南食品 (株)

**総合協力** 函館圏の各漁業協同組合 (函館・戸井・えさん・南かやべ)  
・ 函館市・北海道

## 純系種 (9種)

北大七飯淡水実験所  
で保有するチョウザメ

## 交雑種 (18種)

ダウリアチョウザメ(カルーガ): 2007, 2010

ミカドチョウザメ: 2008

ロシアチョウザメ(オシエトラ): 2010, 2011

シロチョウザメ: 2011(千歳)

アムールチョウザメ: 2011, 2013(千歳)

コチョウザメ(ステルレット): 2012

ホシチョウザメ(セヴルーガ)

シベリアチョウザメ

ミズウミチョウザメ

カルミカ

カルベス

ミカルーガ

ミカベス

オスカル

オスミカ

トラム

トラミカ

カラム: 2009, 2012

カラムカル

カラムミカド

カラムトラ

カラムム

ベステル: 毎年

ベスカル

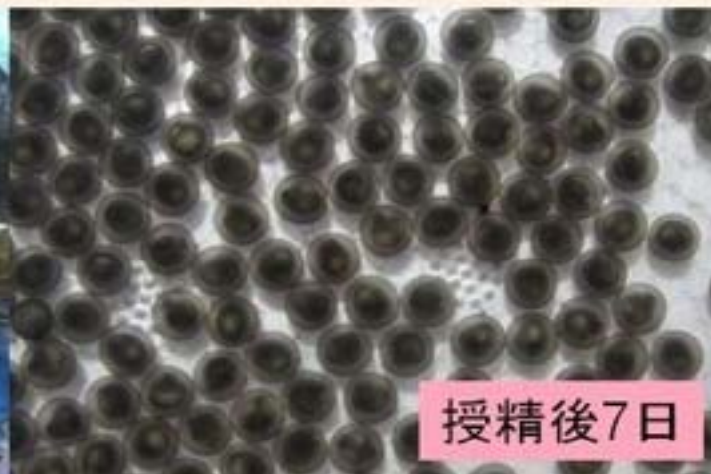
ベスミカ

ベスタム

ベストラ



# 交雑種カラムトラ（カラムX シロチョウザメ）作出（2012）



授精後7日



孵化



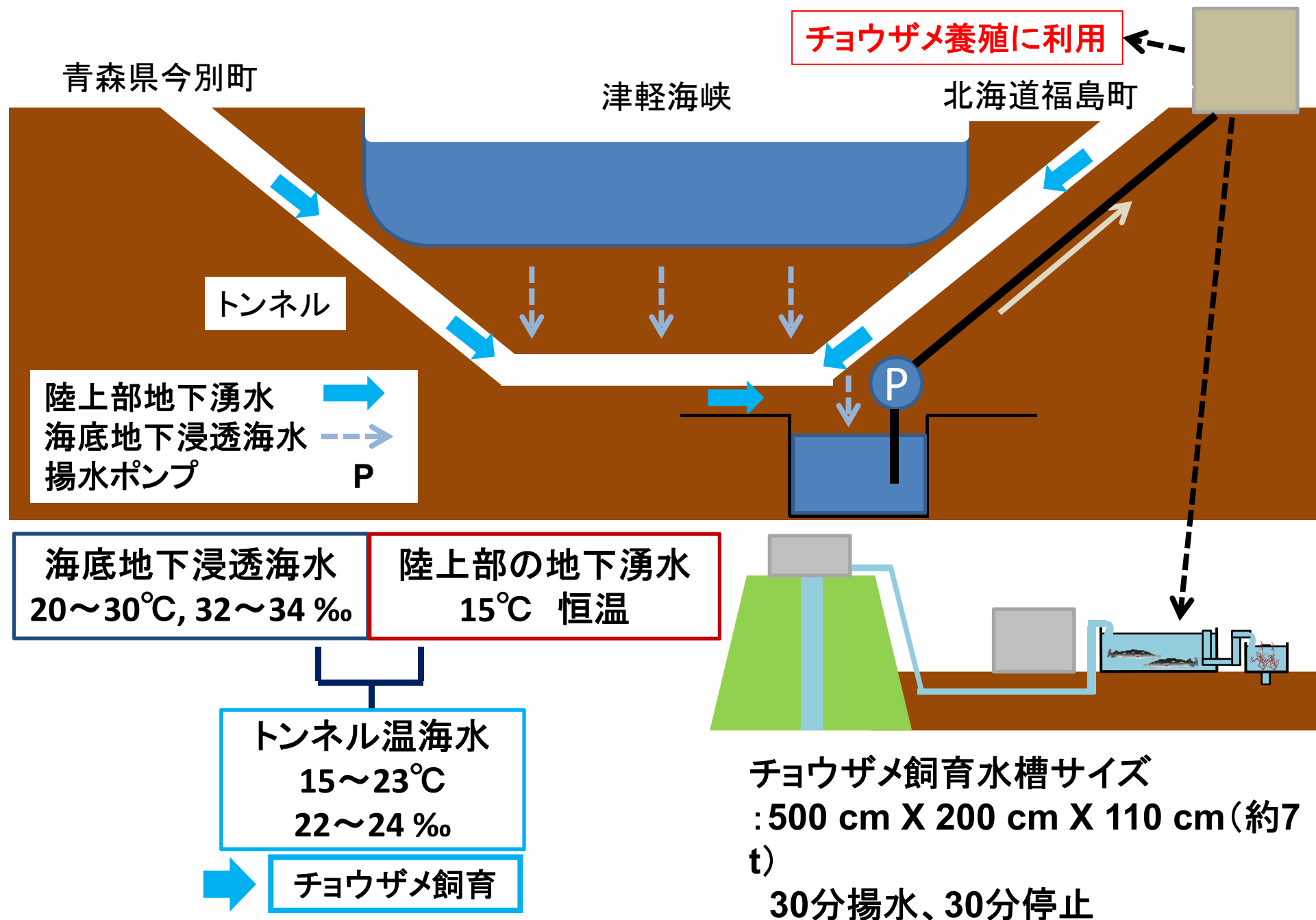
孵化



孵化後40日



# 福島町における青函トンネル温海水を用いたチョウザメ養殖 UMI





に湧き出る海水や坑口から入り込む雨水を地下のポンプ室に集め、

## 4カ月で体重4倍も

に排出している。福島町側の排水量は1分間に約6ト。大半は川に流すが、一部を町有地の水槽（縦5層、横2層、深さ1層、容量7ト）に引き込んでいる。

1980年代から試みたレタメの養殖は採算が合わず、軌道に乗らなかった。海の水温は冬場に大幅に下がるのに対して、トンネル温海水は四季を通じて15〜20度前後に保たれ、塩分濃度は通常の海水

青函トンネルからくみ上げた温海水でチョウザメ36匹を飼育する水槽

2013年(平成25年)2月20日(水曜日)

北海道新聞



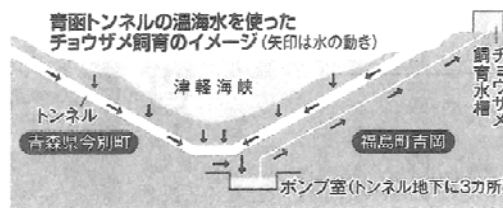
福島町の水槽で飼育されているチョウザメと同品種の「カルミカ」(足立教授提供)

【福島】北大の研究グループと渡島管内福島町の福島吉岡漁協が協力し、青函トンネル内に湧き出る大量の温海水を引き込んだ町内の施設でチョウザメの飼育に取り組んでいる。水温や塩分濃度が成育に適しているとみられ、「新たな町の名物」と期待が高まっている。

(木古内支局 大城雄雄)

## 青函トンネルの湧き水 快適？

# チョウザメすくすく



海面下240層にある青函トンネルでは、海底下の地中から坑内

## 福島町の施設

の約70%と薄い。

昨年、函館市の産学官連携事業「函館マリバイオクラスター」のコーディネートターが、トンネル温海水を使ったチョウザメ養殖を北大大学院水産科学研究院(函館)の足立伸次教授に提案。同漁協と協力し、北大の実験所で2〜3歳まで育てたチョウザメ2種類計36匹を昨年7月、福島町の水槽に移した。

いずれも北大が人工ふ化させた独自の交雑種で、雄の「カルミカ」6匹と、性別不明の「カラマム」30匹。魚粉などの配合飼料を与えたところ、7〜22キロだった体重が、約4カ月後の昨年11月には3、4倍の28〜61キロに増えた。カルミカは体重100キロ、体長2層以上に、カラマムも50キロ程度まで育つと見込まれている。

足立教授によると、チョウザメは淡水魚だが、川と海を行き来し、種類によっては海水の方が成長が早いという。トンネル温海水について「水温や塩分濃度がチョウザメの成育に適している可能性が高い。こんな素晴らしい環境を使わない手はない」と太鼓判を押す。

チョウザメ養殖 道内では福島町の2種の方が大きく育つ。カラマムは、国産絶滅種のミカドチョウザメと、ロシア・アムール川などから取り組み、ロシアで交配されたベステル種を中心に3千匹余りを飼育している。大きいもので体長1・8層、体重20層のベステル種に対し、



福島町の2種の方が大きく育つ。カラマムは、国産絶滅種のミカドチョウザメと、ロシア・アムール川などから取り組み、ロシアで交配されたベステル種を中心に3千匹余りを飼育している。大きいもので体長1・8層、体重20層のベステル種に対し、

「と期待を寄せる。」

## ■ 寒帯性海域に特有の紅藻 ダルス

北海道、樺太、千島、本州北部、北大西洋岸など  
潮間帯下部から漸深帯の岩上に生育

## ■ コンブと異なる冬期に繁茂

1~3月に繁茂（コンブ養殖の妨げ）

## ■ 潜在的資源量も豊富

表層水温5℃以下で養殖幹ロープ上に繁茂  
毎年100t以上の資源量（函館エリア）

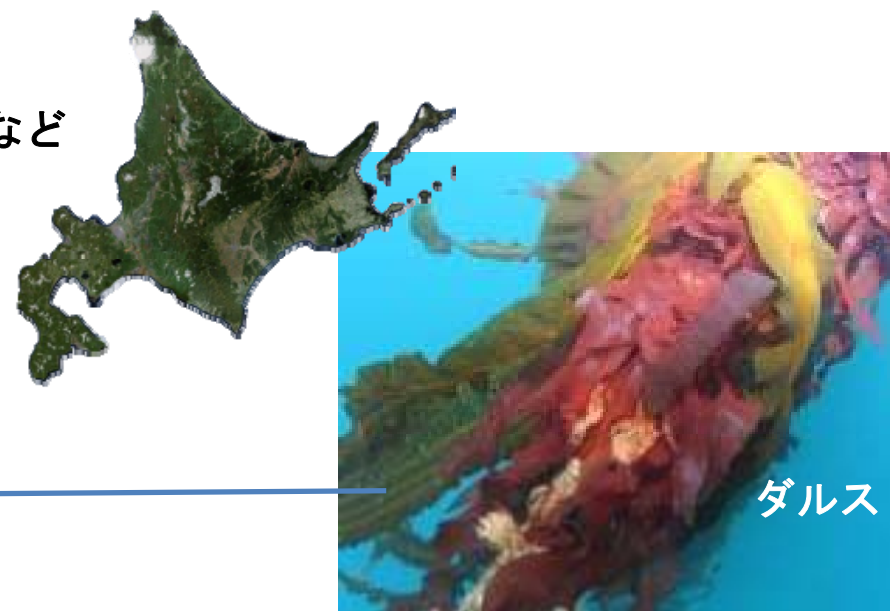
## ■ 未利用の紅藻

海外での食経験あり（アイルランド、スコットランド、  
カナダ大西洋側で、食用・薬用として利用される  
赤い色は食材として見た目が良い  
日本での認知度は殆どない（ブランド化へ）

## ■ 有用成分

タンパク質を豊富に含有  
フィコエリスリン（PE）が種々の健康機能を示す

第三のガゴメとして有望



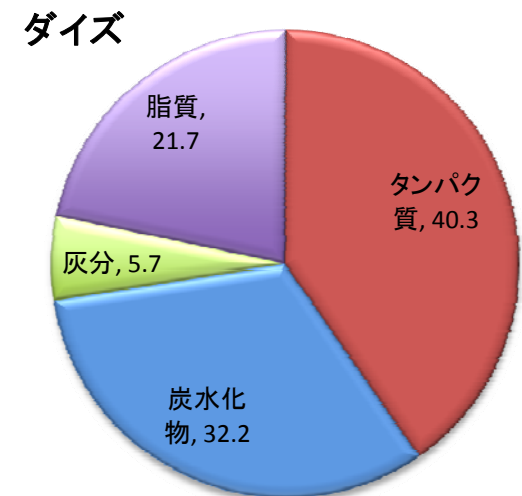
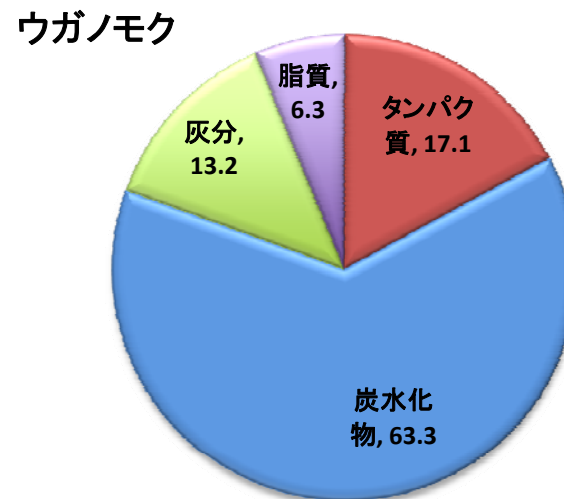
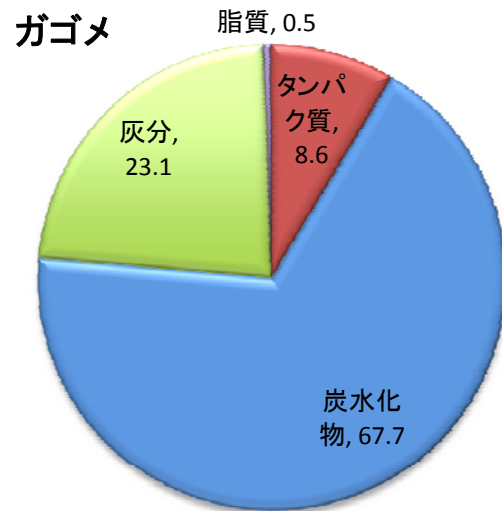
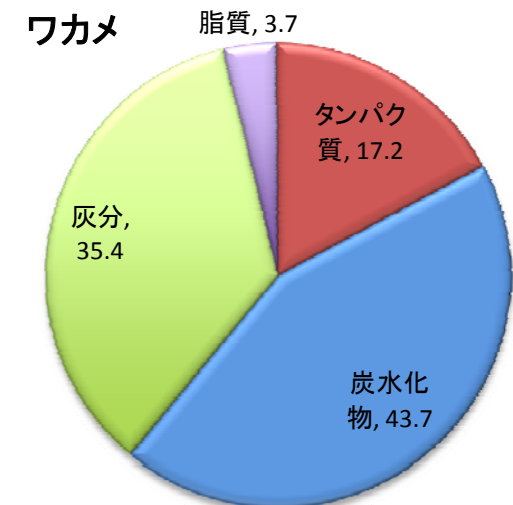
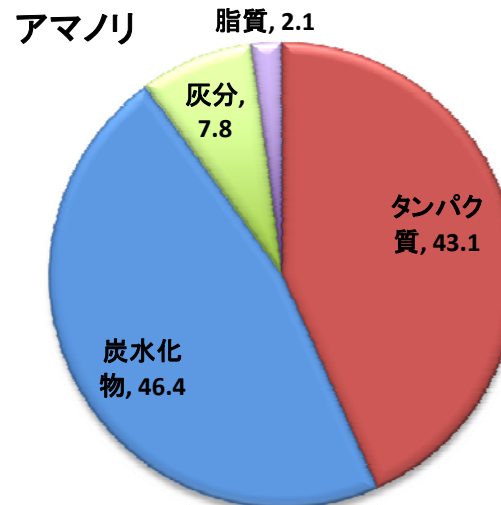
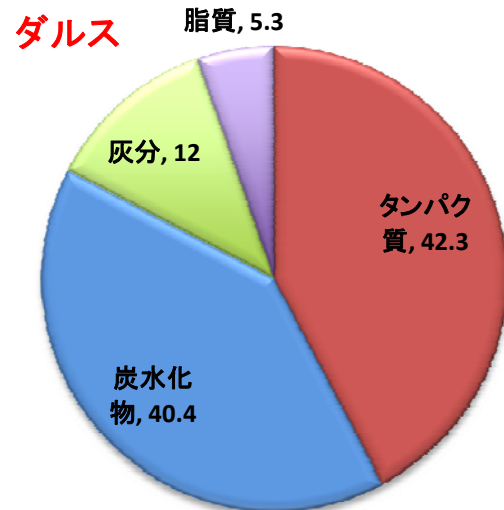
- ◆ 抗炎症作用
- ◆ 血糖上昇抑制作用
- ◆ 血圧低下作用
- ◆ 抗酸化作用





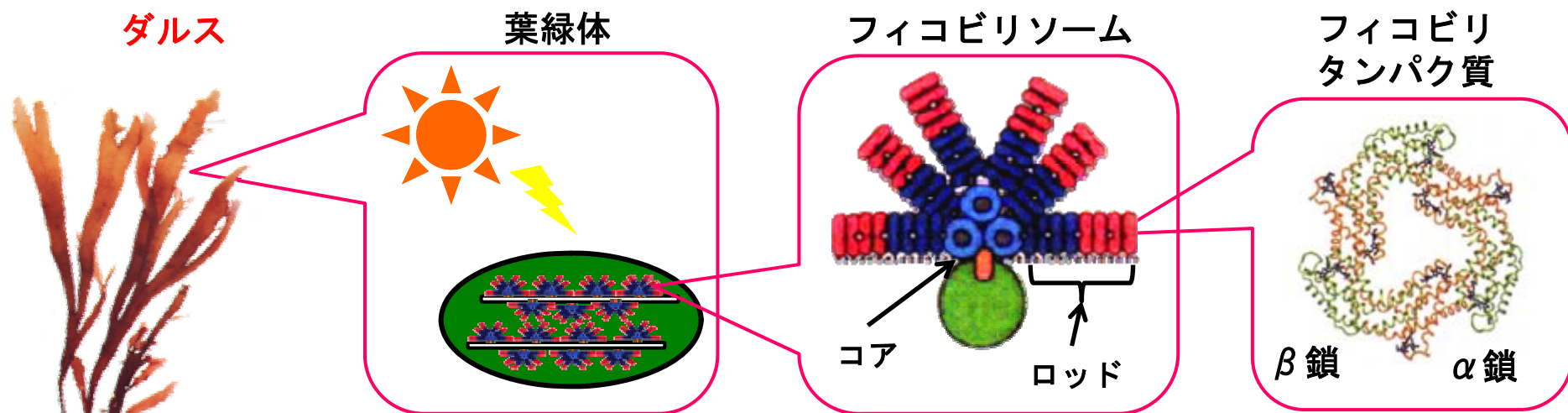
# ダルスに含まれる一般成分

## ■ タンパク質・炭水化物・灰分・脂質



ダルスはタンパク質を豊富に含んでいる！

# 海藻におけるフィコビリタンパク質

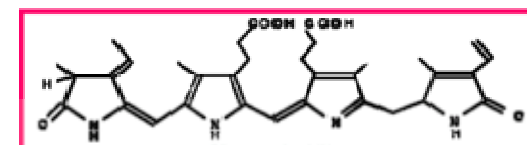
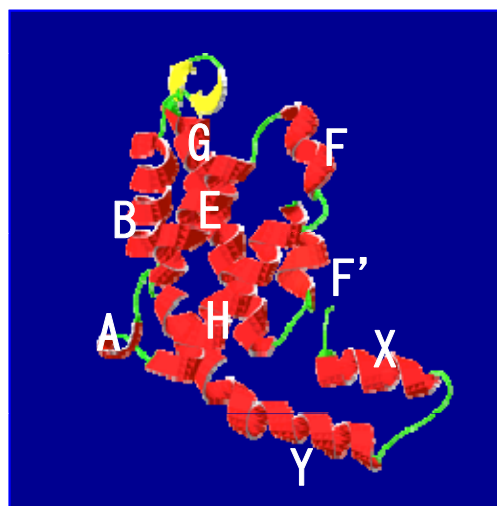
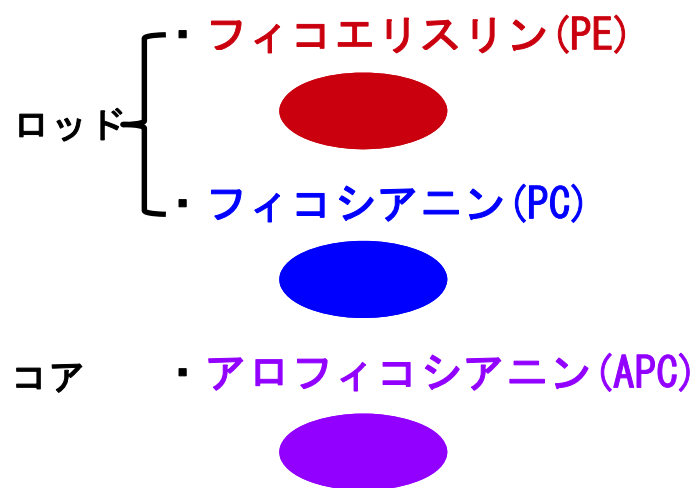


三室ら、蛋白質・核酸・酵素 42:2613-2525 (1997) より引用

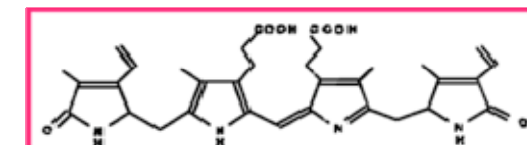
フィコビリタンパク質

アポタンパク質

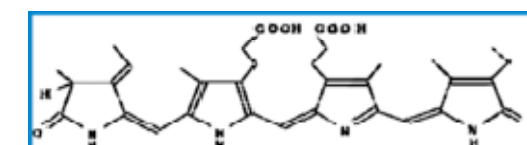
色素



フィコエリスロビルン (565 nm)



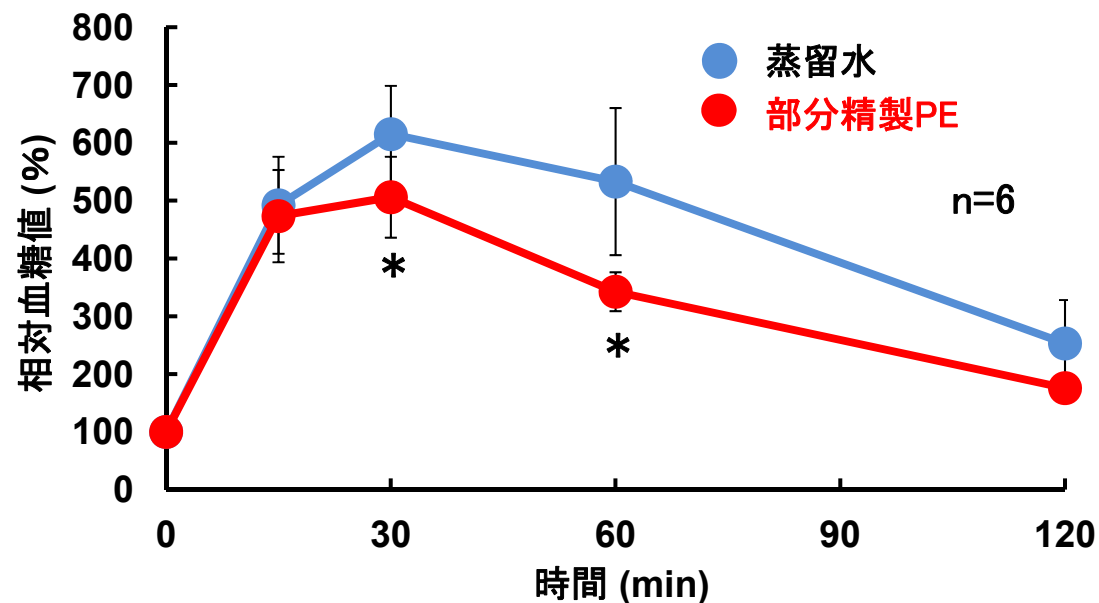
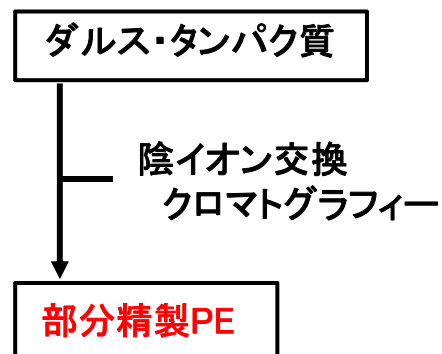
フィコウロビルン (495 nm)



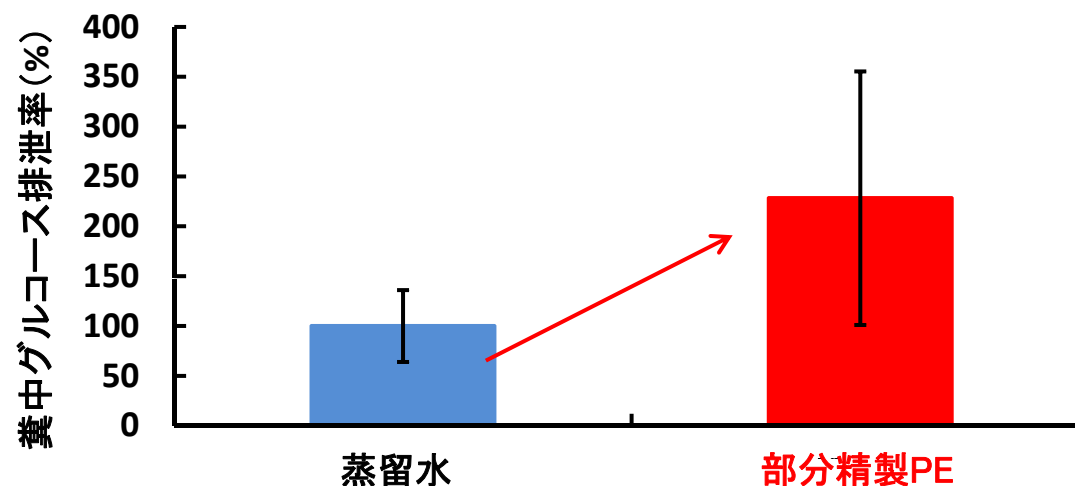
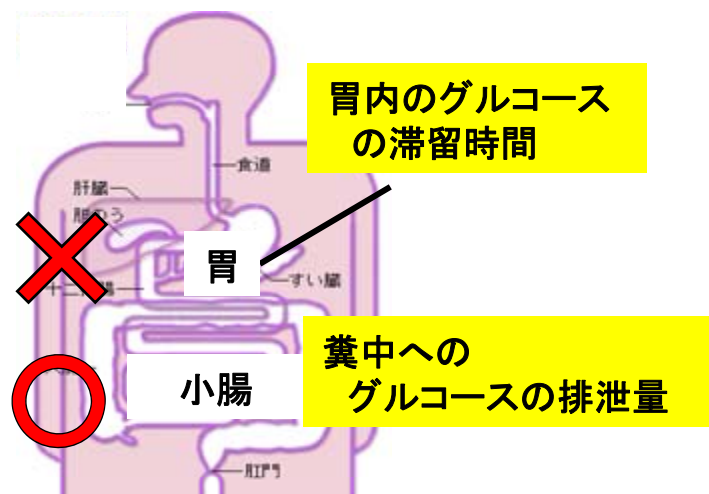
フィコシアノビルン (615 nm)

# ダルスPEの血糖値上昇抑制作用

## ■ PEの血糖値上昇抑制作用



## ■ 作用機序

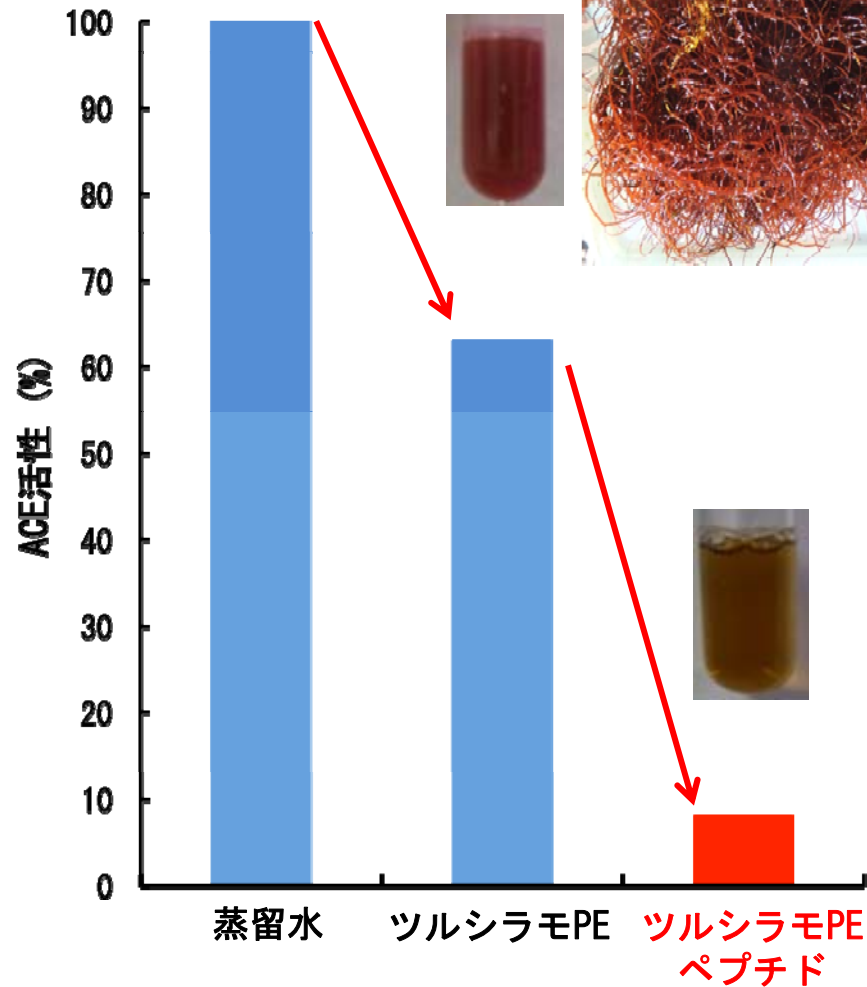


ダルスPEは血糖値上昇抑制作用を有する！

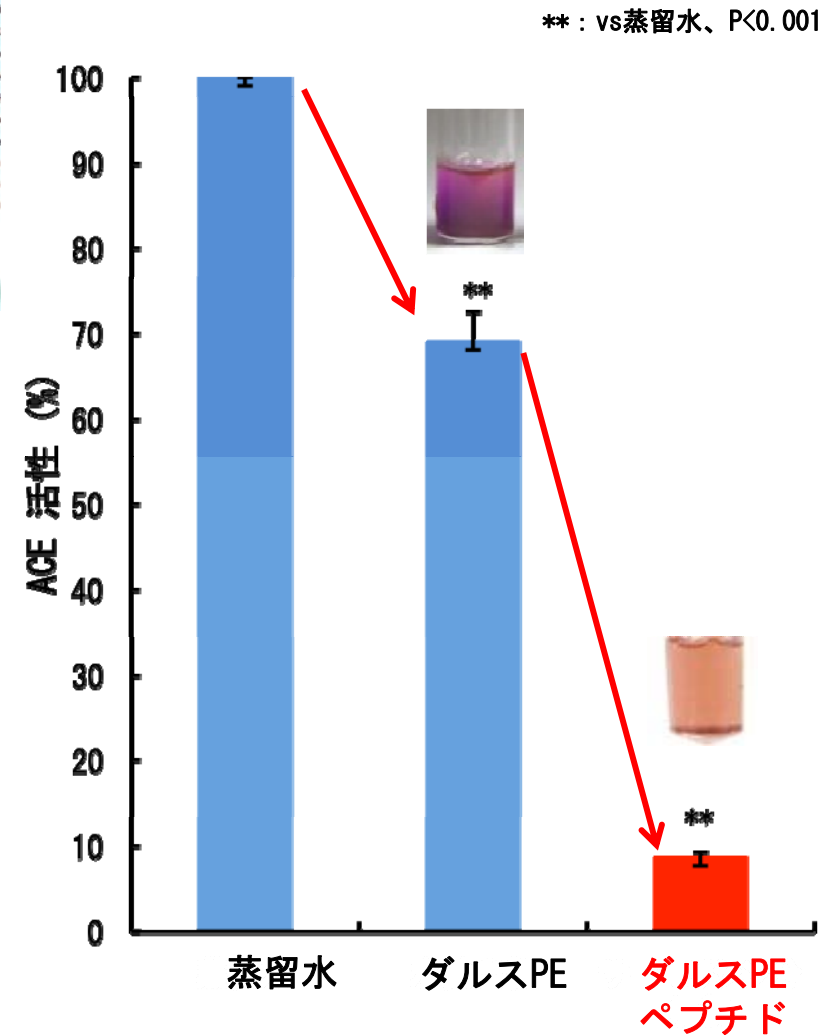


# ダルス、ツルシラモのPEペプチドのACE阻害作用 UMI 14

ツルシラモ (*Gracilaria chorda*)



ダルス



ツルシラモPEペプチドも強いACE阻害作用を示す！

## ■ 炭水化物

摂取エネルギーの約60 %を占める重要なエネルギー源。

- ・糖質： 消化される（ブドウ糖、ショ糖、デンプン）。
- ・食物繊維： 消化されない  
（セルロース、マンナン、ペクチン）。

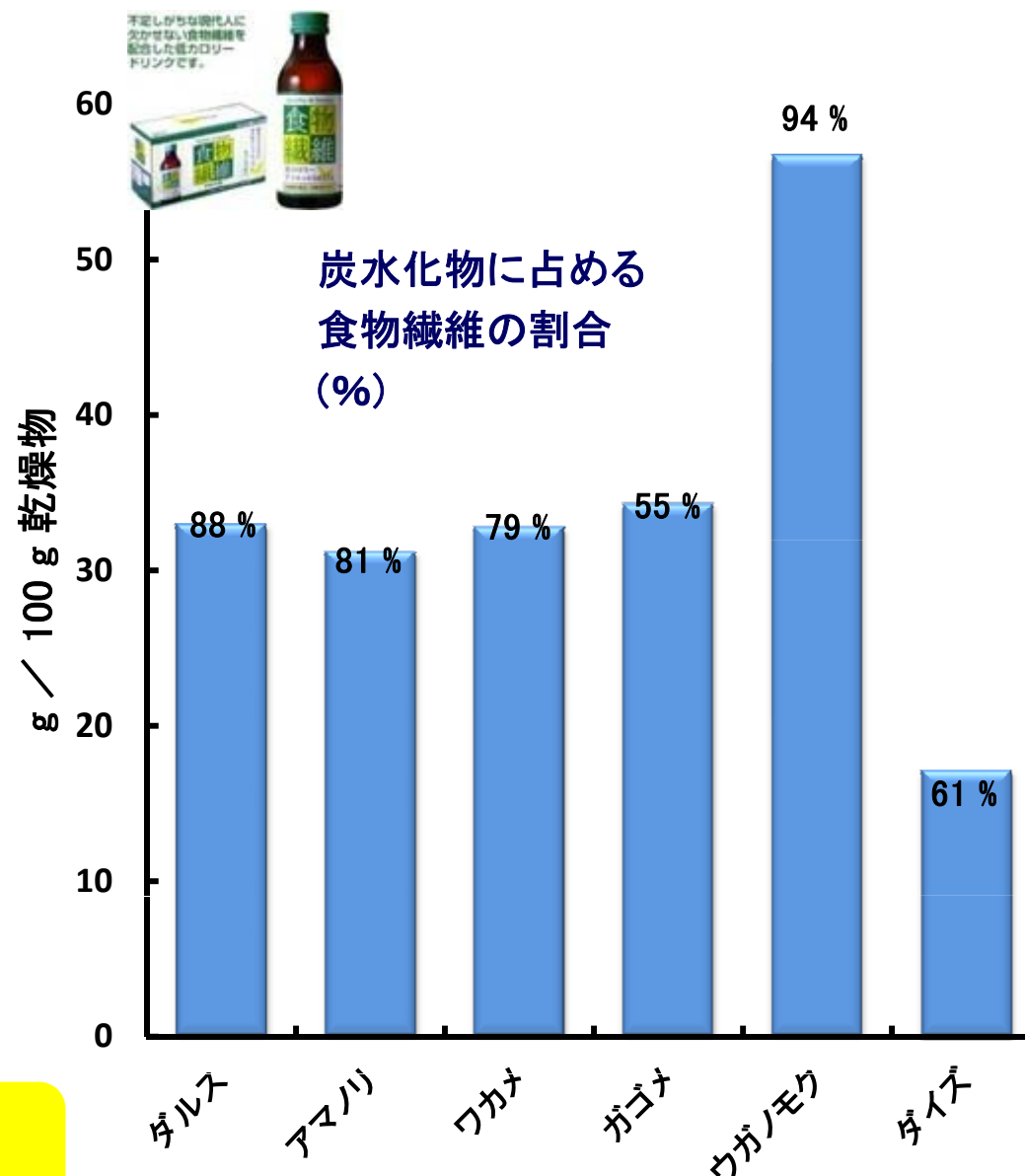
## ■ 食物繊維のはたらき

- ・食後血糖上昇を抑制。 **（糖尿病予防）**
- ・血中コレステロールの減少、上昇抑制。 **（動脈硬化予防）**
- ・食物のかさを増やし食べ過ぎ防止。 **（肥満予防）**
- ・便容量を増大、保水性によって便の硬さを

正常化



ダルの食物繊維による  
血糖値上昇抑制効果が期待される！



1年で急生長  
(天然藻体の2年目に相当)

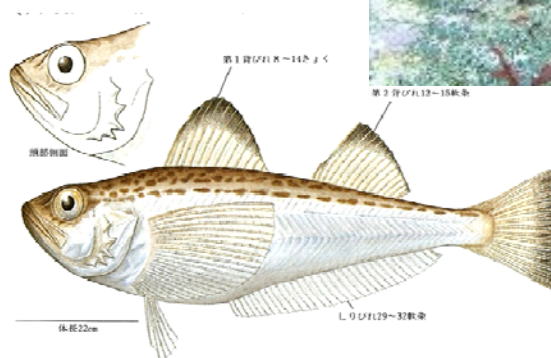
1年以内で成熟  
(生殖器床の形成)

藻体の再生  
(藻場の拡大)

ハタハタなどの産卵  
(産卵場機能)

Moasis 製品化  
24年度から採用

ウガノモクは、北海道沿岸で、ニシン、ハタハタなど魚の産卵場、生物の棲家など、海中で機能的な役割を果たしている



ハタハタ *Arctoscopus japonicus*



道内で道南はハタハタの生産が最も多い

ハタハタ生産高

北海道  
平成20年 871トン  
平成21年 914トン



# 幼体移植式藻場造成法 MOASIS

北海道大学 や 北海道立工業技術センターと共に研究開発

## ① 生残率の高い幼体を育てる技術

移植用の海藻幼体を育てる室内培養技術



タネの長期保存



最適培養条件  
省スペースで大量に培養



生残率の高い移植用幼体

## ② 藻礁に幼体を確実に取り付ける方法

簡単・確実に移植用幼体を固定



海藻取り付け器具

ベースホルダーに  
チップホルダーを  
差し込み装着する



幼体着生率が飛躍的に上昇

既存製品 . . . 0.1%

Moasis . . . 60-80%

幼体移植式藻場造成法 MOASISに関する特許

特許4783884 「海藻種苗の生産方法」

特許4929267 「藻場造成方法ならびにこれに用いる海藻種苗取り付け器具」

# 北海道森町 ハタハタ産卵藻場造成事業でウガノモク群落を造成



平成24年9月～12月 ウガノモク (MOASIS) が 4455個 採用 (道渡島総合振興局)

(渡島噴火湾地区地域水産物供給基盤 (渡島砂原) 増殖場藻場工事)



ブロック積み出し



幼体の取り付け



ブロックの沈設



沈設後のブロック 495基 平成25年1月12日

藻場造成事業費 1 億 1 3 0 0 万円

(北海道新聞 2013年1月22日)

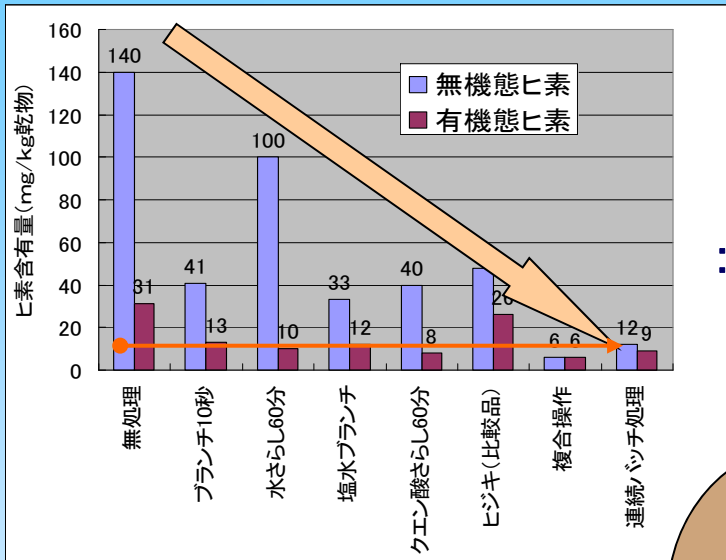


ウガノモク幼体(MOASIS)の様子



## クエン酸によるヒ素の除去

### —未利用海藻を地域資源として育てる課題の解決：三段飛び加工—



**ラット**  
単回投与試験  
:合格(H24年度)

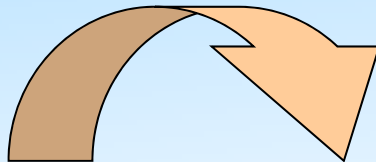
食品安全性試験の実施

**ラット28日間反復**  
経口投与試験  
:合格(H24年度)

**細菌突然**  
変異性試験  
:合格(H24年度)



**WHOのPTWI**  
基準をクリアできる！



**1.ホップ**：食塩を使った解凍



**2. ステップ**：クエン酸(3%)での浸漬

**3. ジャンプ**：クエン酸ナトリウム液でゆであげ。

30kg処理の技術水準：  
12mg/kg(分別分析値)

<44mg/kg  
(As<sub>2</sub>O<sub>3</sub>に見なし分析時)

WHOが示す一生涯にわたり摂取し続けても健康影響が現れない1週間あたりの摂取量：PTWI(暫定的耐用週間摂取量) = 15μg/kg体重/週(無機ヒ素)  
50kgのヒトで750μg/週となる。ウガノモク脱ヒ素粉末は、連続バッチ処理の分析値12mg/kgより62.5gが許容量となる。これは水戻し重量で約600g/週(見なし分析値採用でも160g)を超える量となる。(リスクヘッジの成功)

# 機能性物質を高濃度に含有するバイオフィーミング(BFガゴメ)



地域資源を高い技術の  
生産者で増幅・高価値に



短期栽培10t - 50t 根崎

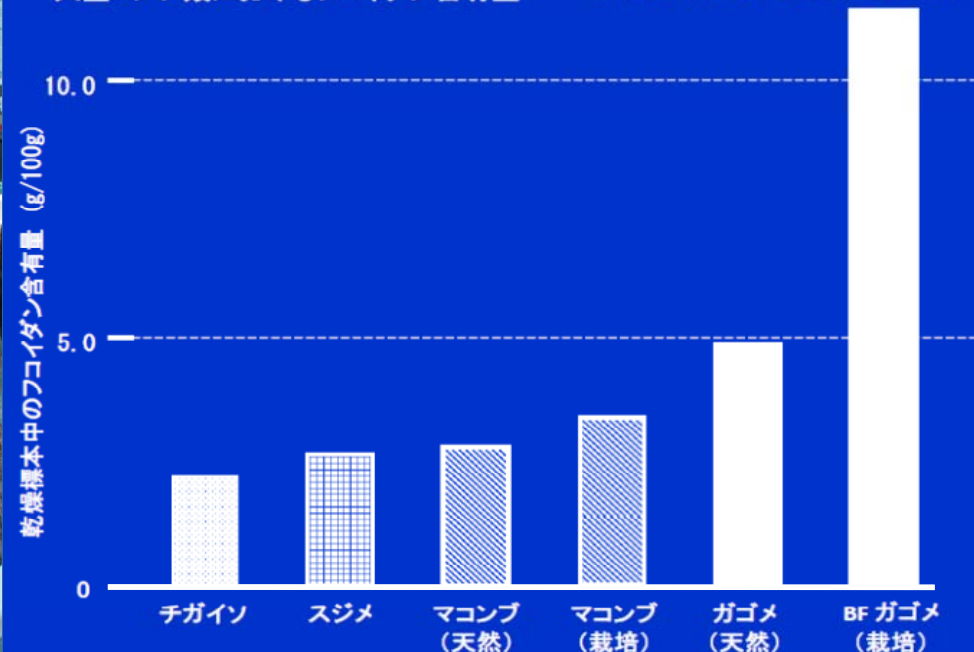


大量栽培 500t - 1500t  
南かやべ

高価値製品用の  
海中栽培

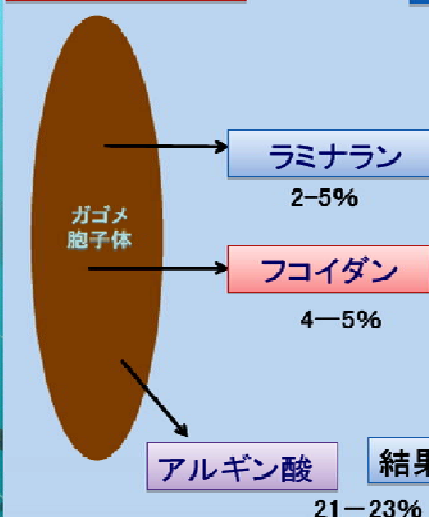
大型コンブ類におけるフコイダン含有量

(函館マリンバイオクラスター・北海道大学水産学部)



生標本/乾燥標本

天然ガゴメとBFガゴメ



## BFガゴメ

バイオフィーミングによる  
成分高濃度化  
フコイダン含有量 (乾燥重量当)  
(ライフサイクル操作で約2倍)  
1年栽培5月、6月の藻体 10-13%  
2年栽培6月の藻体 9-13%

## H23年度 BFガゴメ

1年・2年藻体 13-16%

結果は海中増殖、陸上栽培の技術に連動

フコイダン等の機能性調査 (表皮再生、抗感染性、免疫活性等) と活用、事業化

配偶体の多様組成 フコイダン検出0  
アルギン酸2.4% ラミナラン6.4%





がごめ家



レストラン「がごめ飯」  
念願の开店【函館】

函館ガゴメパスタ



ever green (エバーグリーン)



ウガノモクの佃煮





## ガゴメクラスターの形成

## 化粧品類

参画企業の開発した商品は200品目以上  
150億円以上の経済効果



## 昆布製品

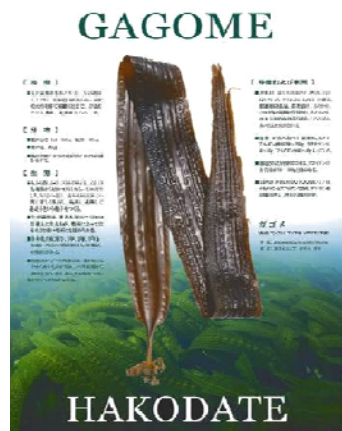
## 地域産業振興に寄与する 「函館型産業モデル」

## 機能性製品

科学技術＋地域資源  
＋多様な企業群

- 平成21年度～25年度 函館マリンバイオクラスター (UMIのグリーン・イノベーション)
- 平成15年度～20年度 都市エリア産官学連携促進事業 (一般型・発展型)

文部科学省  
地域科学・  
産官学連携  
プロジェクト





イノベーションネットアワード2013

地域産業支援プログラム表彰事業

受賞プログラム



## イノベーションネットアワード2013記念フォーラム ～ 地域発のイノベーション創出による地域活性化 ～



堀場雅夫会  
長から表彰  
状を贈られ  
る安井肇教  
授

ガゴメ商品開発  
北大が全国表彰  
「取り組みさらに」  
地域産業を支援する  
優れた取り組みを顕彰  
する「イノベーション  
ネットアワード201  
3」の表彰式が東京都  
内で行われ、道南でガ  
ゴメコンプを活用した  
産学官連携事業を進め  
てきた北大に、優秀賞  
に次ぐ「全国イノベ  
ーション推進機関ネット  
ワーク会長賞」が贈ら  
れた。

同アワードは地域振  
興を調査研究する財団  
法人日本立地センタ  
(東京)などが主催し、

は道南の地元企業など  
と連携、健康や美容に  
効果があるガゴメコン  
プを使った食品や化粧  
品など新商品200種  
類以上の開発に携わっ  
てきた。審査委員長の  
吉川弘之東大名誉教授  
は「大学の研究を核に  
企業と連携し、地域に  
密着した重要産業とな  
った」と評価した。

21日に同ネットワー  
ク会長の堀場雅夫・堀  
場製作所最高顧問から  
表彰状を受け取った北  
大大学院水産科学研究  
院の安井肇教授は「今  
後も産学官でさらに良  
い取り組みをしていき  
たい」と話していた。

2013年(平成25年)6月25日(火) 北海道新聞

## 全国イノベーション推進機関ネットワーク会長賞

国立大学法人北海道大学 様

### 『地域資源「ガゴメコンプ」を活用した産学官連携による地域おこし』

ガゴメコンプという独特の地域資源を活用し、新商品を創出した優れた  
取り組み。10年間継続されている事業であり、新商品200品目、累積  
事業売上66億円以上と、事業の成果が経済効果として表れている点  
も高く評価された。



### 産学官連携による地域おこし

1. 高い機能を有する未利用海藻の研究から  
ガゴメコンプを提案
2. ガゴメコンプに含まれるフコイダン量を大幅に  
増加させる栽培技術の開発
3. 学が研究者が求心力となって普及とブランド化に貢献
4. 新水産・海洋都市はこだてを支える人材養成
5. ガゴメコンプに続く新たな未利用海藻の発掘と  
海の森づくり



都市エリア事業から続く成果  
・200品目以上の商品群  
・累計売上 66億円以上



展 望

バイオフィーミングで北海道型マリンバイオを駆動



人材、文化、産業の持続的な活性化と生長を生み出す Blue Ocean Project !



北方系有用海藻の探索

ライフサイクルを解明・研究

粘性多糖類・色素など多産する、高機能性種苗の形成研究

海藻などのバイオフィーミング・  
海や陸でのオーダーメイド栽培

各種製品化・事業化

機能性成分の大量生産手法開発

1次産業＋2次産業＋3次産業＋4次産業

→ 10次産業へ

① 生物多様性戦略・・ **海の宝**を発見し、高価値生産で、積極的に発信

② 環境再生ビジネス・・ **地域資源の特性**を生かし持続的増殖・沿岸緑化

③ バイオフィーミング・・ **海の知のネットワーク**形成・海の人材養成  
次が続くチョウザメ、ウガノモク、ダルスなどで海クラスター形成