

海藻の遊離アミノ酸蓄積

はじめに

毎年初冬になるとテレビや新聞などでノリ養殖が始まったことが報じられ、12月には食品売り場には新海苔が並び、味と香りを楽しむことができます。海苔の味は主に遊離アミノ酸(タンパク質と結合していない一つひとつが遊離の状態が存在するアミノ酸)のグルタミン酸(うま味と酸味)、アラニン(甘味)、アスパラギン酸(うま味と酸味)、核酸関連物質のイノシン酸(カツオ節の呈味成分)、グアニル酸(シイタケの呈味成分)によるところが大きいといわれます。特にグルタミン酸の味はイノシン酸やグアニル酸によって増強(味の相乗効果)されることも知られています。海苔だけでなく食用海藻にとって味は大変重要なものです。そこで今回は、よく食べられている海藻ではどのような遊離アミノ酸の分布(組成)であるか、グルタミン酸、アラニン、アスパラギン酸などの呈味アミノ酸を中心に考えてみました。

海藻の遊離アミノ酸分布

日本には海藻が1,500~2,000種類程度あり、そのうち100種類程度が食べられているといわれます。しかし全国的に流通して日常的に量販店で購買可能なものはそれほど多くはありません。表1に馴染み深い海藻4種類における乾物100g当たりの遊離アミノ酸含量を示しました。

表1 海藻中の遊離アミノ酸（乾燥藻体100g当たりのmg）

アミノ酸	緑藻	褐藻		紅藻
	アナアオサ	ワカメ	マコンブ	アマノリ類
アスパラギン酸	4	5	1,450	322
アラニン	18	612	150	1,530
β-アラニン				14
アロイソロイシン		3	8	
アルギニン	3	37	2	15
α-アミノ酪酸				8
α-アミノイソ酪酸				2
イソロイシン	4	11	8	20
グリシン	9	455	9	24
グルタミン酸	32	90	4,100	1,330
コンドリン	29	41		
シスチン		3		
システイン酸	36	5		
D-システノール酸	152	2		
スレオニン	6	90	17	46
セリン	12	131	27	37
チロシン	2	10	4	13
トリプトファン	2	6	+	+
バリン	4	11	3	41
ヒスチジン		2	1	10
プロリン	40	156	175	4
フェニルアラニン	4	9	5	7
メチオニン		2	3	2
リシン	1	35	5	12
ロイシン	7	20	5	31
タウリン	2	12	1	1,210
合 計	367	1,748	5,973	4,678

+ : 痕跡量、空欄は未分析.

天野（1991）を改変.

アナアオサはアオリ類と同様に、味よりも香りの良さでお好み焼きやたこ焼きのトッピングや菓子などに使われます。その遊離アミノ酸組成は、D-システノール酸 1 種類が主要なものです。この 1 種類だけで全遊離アミノ酸の 41.4% に達しています。残念なことに、D-システノール酸がどのような味であるか筆者は確認できていません。

ワカメはアラニンとグリシン(甘味)が主要な遊離アミノ酸で、両呈味アミノ酸で全遊離アミノ酸の 61% に達します。

マコンブはグルタミン酸とアスパラギン酸が多く、両呈味アミノ酸で全遊離アミノ酸の 92.9% になります。しかもグルタミン酸の含有量がマコンブ 100g 当たり 4,100mg と極めて多いことが注目されます。日本料理ではマコンブはコンブ類の最高級品で上等な“ダシ”が取れる材料として人気があります。コンブ類は冷水域に生育する海藻です。しかし平成 30 年のマコンブを含むコンブ類の生産量は、主産地の北海道で海水温の上昇による不漁が続いたため減少しました。特に道南産の天然物の減少が著しく、値段も上昇しました。海の中の温暖化の影響が和食の“ダシ”にまで及んでいることに驚かされます。

私達が食べる海苔はアマオリ類のスサビノリが主なものですが、この表ではアマオリ類の遊離アミノ酸は特にアラニン、グルタミン酸、アスパラギン酸、タウリンが多いことがわかります。その他の遊離アミノ酸の含有量は少量です。遊離アミノ酸の多くは何らかの味があり、グルタミン酸、アラニン、アスパラギン酸の味については上で述べました。タウリンはアサリでは味に風味や“こく”を出すといわれますが、海苔を含めその他の食物では不明です。アラニン、グルタミン酸、アスパラギン酸の 3 種呈味アミノ酸で全遊離アミノ酸の 68% を占めます。

この表に示されていない多数の海藻の分析例を見ると、一般的には中性のアラニンと酸性のグルタミン酸およびアスパラギン酸が多く、塩基性アミノ酸のリシン(苦味)、アルギニン(苦味)、ヒスチジン(苦味)とイオウ元素を含むシスチン(無味)、メチオニン(苦味)が少ない傾向があるが、緑藻、褐藻、紅藻間における遊離アミノ酸組成にはつきりしたパターンは認められません。むしろ海藻の種類による差のほうが大きいです。

海藻のライフサイクル(生活環)と遊離アミノ酸

私たちがよく利用する海苔、ワカメ、コンブにはそのライフサイクルの中に普段よく食べる形とは異なるものがあります。このような場合、遊離アミノ酸組成はどのようなものであるか調べました。

海苔は通常は板状の焼海苔(図 1A)や味付海苔で食べることが多いのですが、夏の間は顕微鏡で見えるほどの細かい糸状体(孢子体、図 1B)で貝殻(図 1C)などに穿孔して生活します。図 1D は海苔養殖の採苗用に人為的に糸状体をカキ殻に繁殖させたものです。このカキ殻中の糸状体から放出された孢子が海苔網に付着して成長し、海苔が生産されます。この糸状体中の遊離アミノ酸を調べると、図 2 に示すように、アラニンとグルタミン酸が主で少量のアスパラギン酸が検出されます。これら 3 種の遊離アミノ酸で、全遊離アミノ酸の 75.6%に達します。この含量は葉体(配偶体)になると、アスパラギン酸は 8.9 倍に、グルタミン酸は 1.3 倍に、アラニンは 1.7 倍に増加します。遊離アミノ酸の種類は糸状体と葉体は類似していますが、糸状体ではアスパラギン酸がかなり低含量で、葉体ではアラニンの多いことが目立ちます。



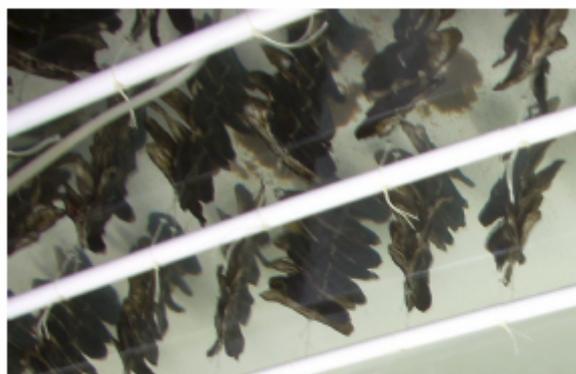
A: 焼海苔



B: 糸状体



C: カキ殻



D: 糸状体を繁殖させたカキ殻

図 1. 海苔の遊離アミノ酸分析に用いた試料

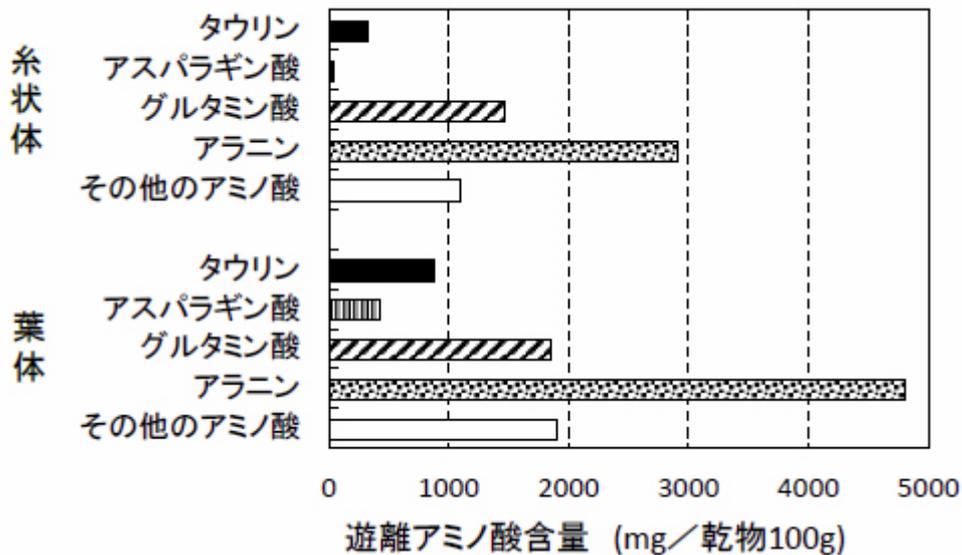


図 2. スサビノリ糸状体と葉体における主要遊離アミノ酸の蓄積

ワカメは、雌雄の配偶体(糸状体、図 3A)につくられる卵子と精子が受精・発芽して普段食べている葉体(胞子体、図 3B)になります。春になると葉体の基部に胞子をつくる器官のメカブ(図 3C)ができます。ライフサイクルのこれら 3 つのステージにおける主要遊離アミノ酸(図 4)は、配偶体ではグルタミン酸とアラニンで全遊離アミノ酸の 56.9%を、葉体とメカブではアラニン 1 種類でそれぞれ全遊離アミノ酸の 34.2%と 31.4%を占めます。したがって、配偶体の遊離アミノ酸パターンは、葉体およびメカブのそれとは明らかに異なりますが、葉体とメカブは類似しています。遊離アミノ酸の量的な特徴は配偶体で 2 番目に多いグルタミン酸が葉体とメカブで激減したことです。

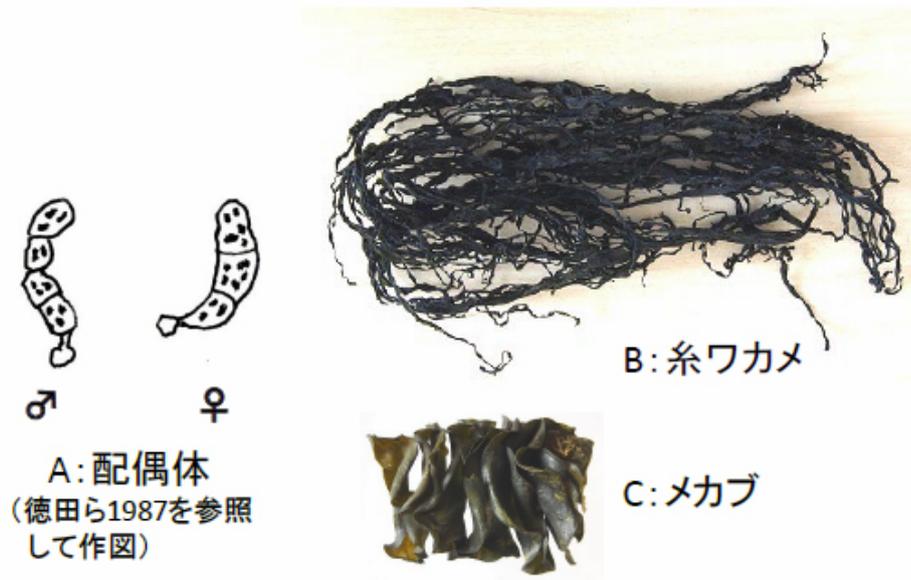


図 3. ワカメの遊離アミノ酸分析に用いた試料

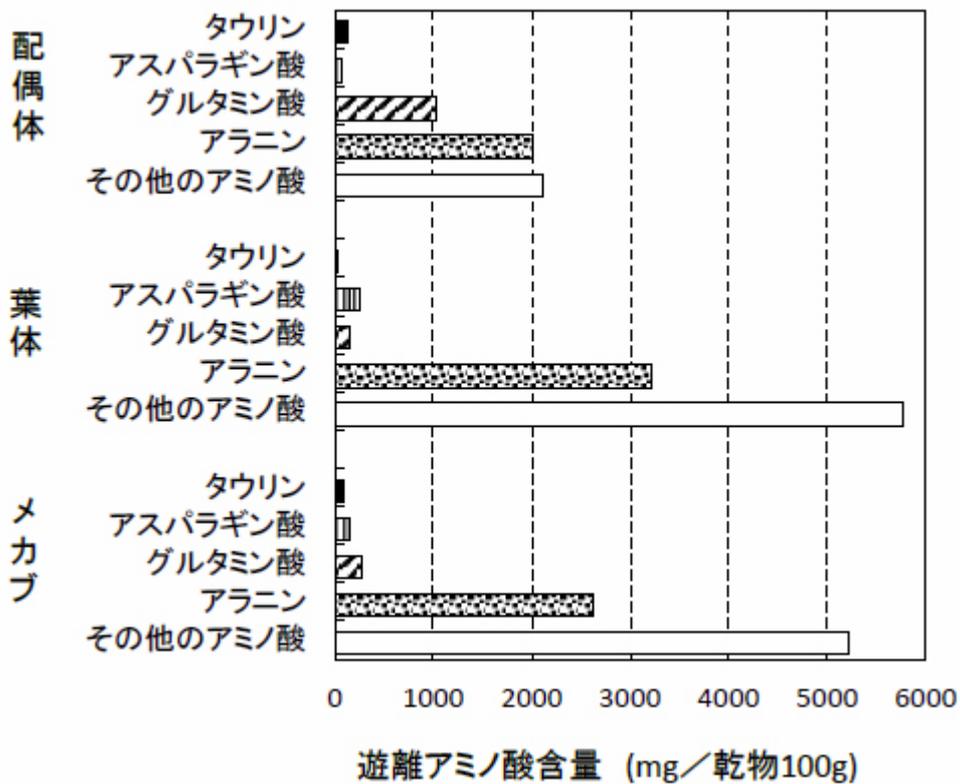
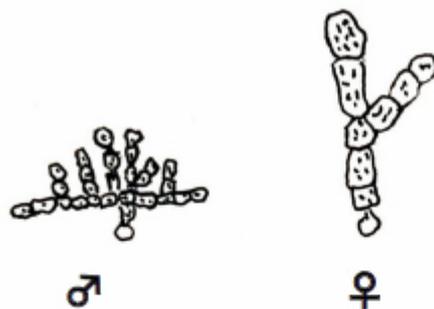


図 4. ワカメ配偶体、葉体、メカブにおける主要遊離アミノ酸の蓄積

マコンブは、雌雄の配偶体(糸状体、図 5A)につくられる卵子と精子が受精・発芽して葉体(胞子体、図 5B)となります。マコンブの配偶体、1年もの葉体、同2年もの葉体それぞれの主要遊離アミノ酸は、図 6 に示すように配偶体ではグルタミン酸が全遊離アミノ酸の 30.7%を、1年もの葉体がグルタミン酸とアラニンで同 56.3%を、2年もの葉体がアスパラギン酸とグルタミン酸で同 93.5%を占めます。マコンブの呈味アミノ酸の遊離グルタミン酸とアスパラギン酸は配偶体、1年もの葉体、2年もの葉体を通じて主要な遊離アミノですが、特に2年もの葉体ではともに大きく増加しています。呈味アミノ酸のアラニンは海苔やワカメと異なり少量です。2年ものマコンブは葉体が大きくて厚く、味が良いので食用としての中心的存在になっていますが、呈味アミノ酸のグルタミン酸およびアスパラギン酸の含量面からも理解できます。



A: 配偶体
(廣瀬1959を参照して作図)



B: マコンブ葉体(2年もの)

図 5. マコンブの遊離アミノ酸分析に用いた試料

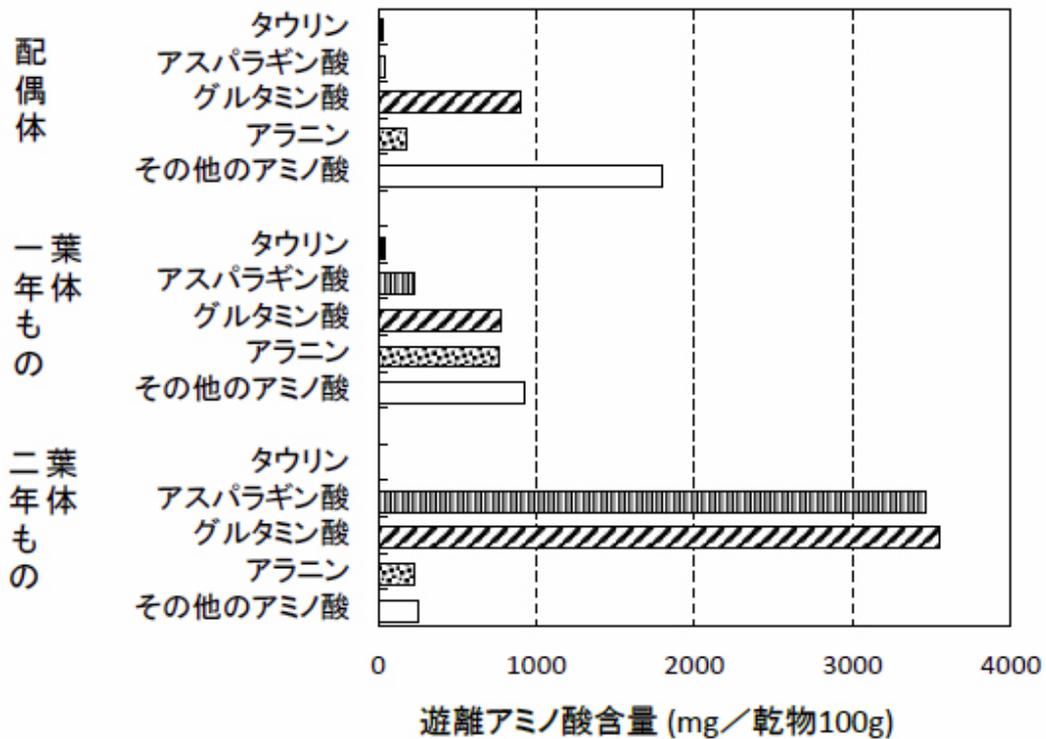


図 6. マコンブ配偶体と葉体(1年もの、2年もの)における主要遊離アミノ酸の蓄積

海藻における遊離シスチンとシステインの蓄積

メチオニンは人の必須アミノ酸で、多くの食品に含まれるが不足しやすいアミノ酸です。メチオニンは一部をシスチンで代替できるので、メチオニンとシスチンの合計量で栄養計算がされます。筆者はこれまでメチオニンあるいはシスチンの蓄積の多い海藻を探してきたところ、緑藻タマゴバロニア(図 7A)の細胞液中に遊離のシスチンが最大で4.2mg/100ml細胞液と他の遊離アミノ酸6種類が微量存在することを見出しました。シスチンの全遊離アミノ酸に占める割合は84%でした。しかしシスチンは中性・アルカリ性条件下でシステイン(苦味)の空気酸化により10分ほどで生成されるので、検出されたシスチンは分析中の酸化生成物の可能性も考えられます。

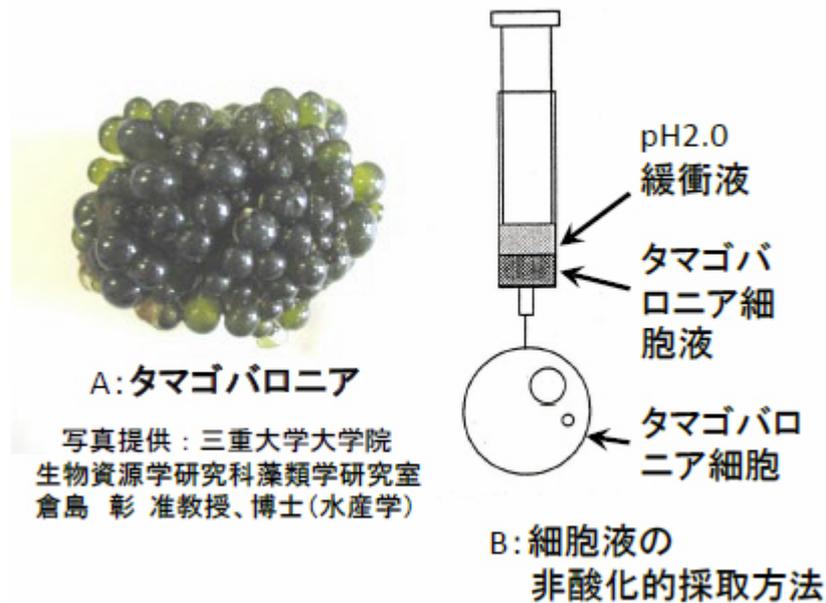


図 7. タマゴバロニアとその細胞液の採取方法

タマゴバロニアは、直径 1cm 程度の長楕円形～卵型の多核巨大細胞が集合した緑藻で、細胞中には多量の細胞液があります。図 7B に示すように空気酸化を防ぎながら細胞液を採取したところ、遊離のシステインが最大で 3.9mg/100ml 細胞液、微量の遊離アミノ酸が 6 種類検出されました。したがって、タマゴバロニアには遊離のシステインが存在し、分析操作中に酸化されてシスチンに変化したことが分かりました。遊離アミノ酸の分析中の変化を初めて経験し、試料調製には細心の注意が求められることを実感しました。

以上のように、ある種の海藻は特定の遊離アミノ酸(その多くは味がある。)を蓄積すること、顕微鏡で見る大きさのスサビノリ糸状体(孢子体)の遊離アミノ酸組成が、成葉体(配偶体)になっても類似の傾向を示すこと、遊離のグルタミン酸の蓄積が日常生活で“ダシ”として利用される例もあることが分かりました。しかし海藻にとって特定の遊離アミノ酸が蓄積される意義はよく分かっていません。今後のデータの蓄積が待たれます。

天野 秀臣(あまの・ひでおみ)

三重県保健環境研究所特別顧問、三重大学名誉教授(元三重大学生物資源学部長)、農学博士