褐藻バイオマスの主要炭素源アルギン酸に内在する化学特性を解明

～微生物を用いた褐藻の有効利用に不可欠な知見～

河井重幸　石川県立大学教授、橋本 渉　京都大学農学研究科教授、中田翔太　京都大学大学院農学研究科大学院生、村田幸作　京都大学・摂南大学名誉教授らのグループは、褐藻バイオマスの主要炭素源アルギン酸に内在する化学特性を解明しました。

海藻（褐藻、緑藻、紅藻）や海草は「ブルーカーボン」とも称され、その有効利用は二酸化炭素削減の観点からも注目されています。コンブ、ワカメ、アカモクなどの褐藻は日本近海に多く見られます。アルギン酸は褐藻の主要炭素源であり、酸性多糖（ポリウロン酸）です。本研究グループは、微生物を用いた褐藻すなわちアルギン酸の有効利用、例えばアルギン酸を原料としたバイオ燃料や化成品の微生物発酵による生産を目指しています。

アルギン酸はアルギン酸リアーゼという酵素の作用で、モノウロン酸へと分解され、DEH（4-デオキシ-L-エリスロ-5-ヘキソセウロース ウロン酸）というモノウロン酸に変換されます。本研究グループは、この DEH を餌として食べることができる（資化できる）ようにした代謝改変パン酵母を既に開発しています。つまり、この代謝改変パン酵母を用いれば、アルギン酸（すなわち DEH、更に言えば褐藻）からバイオ燃料や化成品の生産が可能になります。このように、DEH はアルギン酸の代謝中間体のみならず、微生物を用いた褐藻の有効利用にとっても重要な炭素源です。なお、微生物の培養には窒素源も重要です。

研究グループは、DEH を酵素反応の基質として用いた場合の反応液とアルギン酸から DEH を調製した際の DEH 水溶液との分析結果の違いをヒントにして、DEH が特定のアミノ基をもつ化合物（アンモニウム塩、セリン、グルタミン、スレオニンなど）と常温常圧で非酵素的に容易に反応し、2－フランカルボン酸を生成することを見いだしました（図１，2）。この高い反応性と一致して、これらの化合物は代謝改変パン酵母にとって窒素源として不適であることも分りました。一方で、あるアミノ基をもつ化合物（アスパラギン、グルタミン酸、アラニン、プロリン、フェニルアラニン、アスパラギン酸）は DEH との反応性が低く、優良な窒素源として機能しました。栄養豊富な混合培地（酵母エキス、トリプトン）も優良な窒素源でした。DEH から 2-フランカルボン酸へ至る経路も推定されました（図２）。

一方、微生物培地を固める「寒天」にも細菌のコロニー形成を阻害する 2-フランカルボン酸が少量混在しておりますが、この 2-フランカルボン酸の起源は不明でした。本研究により、DEH から 2-フランカルボン酸へ至る経路と類似の経路で寒天中の特殊な糖から Dhu 経路で 2-フランカルボン酸が形成される可能性を示すことができました（図２）。

得られた知見は、DEH を炭素源としてバイオ燃料や化成品を微生物発酵で生産する際に適切な窒素源を選択するために、更には、より効果的な微生物の代謝改変にとって不可欠です。

本成果は *Scientific Reports* 電子版で 2019 年 11 月 20 日に公開されました。

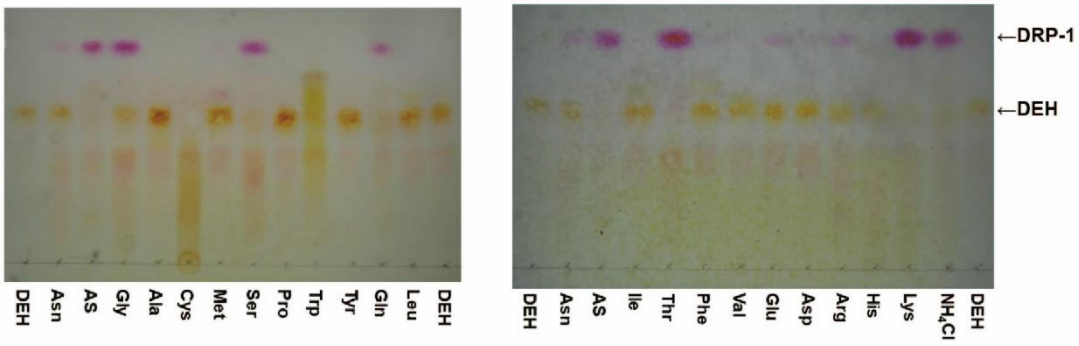

図１　DEH は常温常圧で特定のアミノ酸やアンモニア塩と反応して 2-フランカルボン酸（図中 DRP-1：ピンク色のスポット）になる（上記 Scientific Reports 論文の Fig. 2A を改変）：図は反応液の TLC の結果。

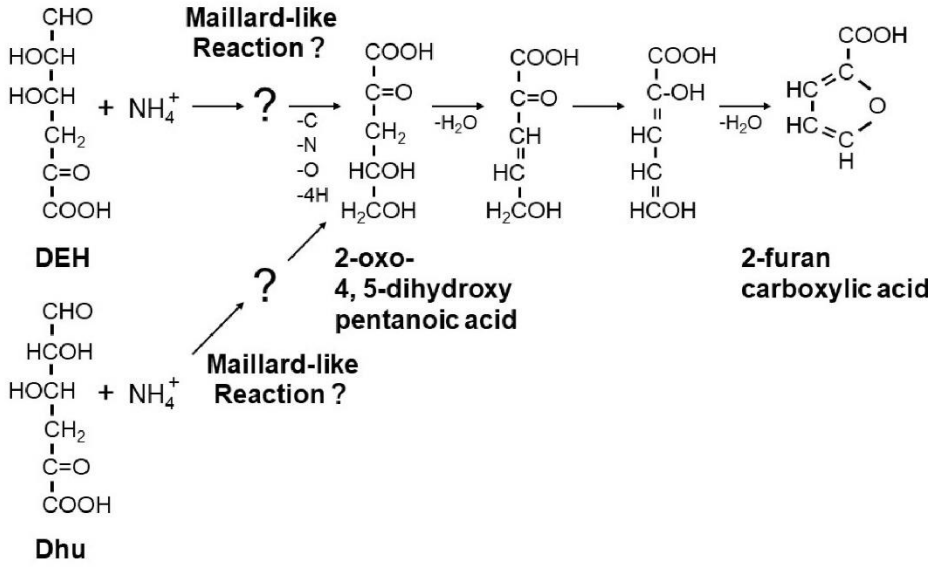

図２　DEH から 2-フランカルボン酸への反応推定図（上記 Scientific Reports 論文の Fig. 5）

論文情報：＜論文タイトル＞Uncovering the reactive nature of 4-deoxy-L-*erythro*-5-hexoseulose uronate for the utilization of alginate, a promising marine biopolymer

＜論文著者＞Shota Nakata, Kousaku Murata, Wataru Hashimoto, Shigeyuki Kawai

＜雑誌＞*Scientific Reports*, **9,** 17147 (2019) doi:10.1038/s41598-019-53597-1