

# シャケ茶漬け、塩ジャケ、虹マス、 バイオマス、ん？

たかみざわ かずひろ  
岐阜大学 大学院 連合農学研究所 研究科長 ◆ **高見澤 一裕**

## バイオエタノールは酒造り？

のっけから昔の連想ゲームのようなタイトルを書いてしまいました。今、バイオエタノールの新聞記事をしょっちゅう目にします。テレビでもしかりです。原油価格が上がったから、地球温暖化防止のため、などいろんな理由でバイオエタノールが取り上げられています。食料として

のトウモロコシや砂糖がバイオエタノール原料として取り合いになっていることも報道されております(図1)<sup>(1)</sup>。

さて、バイオエタノールはどのようにして作られているのでしょうか？ トウモロコシを例に挙げて説明しましょう。まず、酵素でトウモロコシのでんぷんをブドウ糖に変化させます（これは加水分解といいます）。そして、酵母を加えて発酵さ



図1. バイオエタノール新聞記事  
(出典)『朝日新聞』『岐阜新聞』『共同通信社』配信)



図2. NatureとのNational Geographicバイオマス・バイオエタノール特集  
 (出典)『Nature』444 (2006年12月7日号)『National Geographic』日本版(2007年10月号)

せませす。数日経るとブドウ糖がアルコール(エチルアルコール・エタノール)になります(発酵するといいます)。これを蒸留して純度100%のアルコールにすると、バイオエタノールが完成します。そうです、お酒や焼酎を造る方法と同じです。バイオエタノールは酒造りそのものです。アメリカのある科学雑誌<sup>(2)</sup>は2006(平成18)年の12月号でバイオエタノールの特集号を出しました。その中で、「最高級のバイオエタノールは飲んで楽しみましょう、それ以外のバイオエタノールは自動車の燃料にしましょう」という標語を作っていました(図2)。

燃料としてのバイオエタノールの

原料は、植物であればなんでもかまいません。動物でも可能ですが、あまり原料となる機会はなさそうです。生きとし生けるもの—これは、バイオマスと総称できます—はすべて原料になります。間伐材・廃材・おがくず・イナワラ・雑草・枝豆の殻……思いつくもの何でも原料となります。もちろん残飯、調理くず、もです。なぜか? バイオマス、特に植物の主成分はセルロース・ヘミセルロース・リグニンです。これらはそのままでは食べられません。食べられる部分ではんぶんが主体です。人間が直接食べ物として利用できる割合はしれています。

セルロースはブドウ糖が高分子化

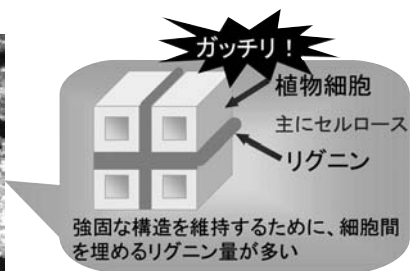


図3. 草と木の構造の違い

しているもの、ヘミセルロースは木糖と日本語で名づけられているキシロースが高分子化したものです。キシロースは少し苦味を感じますが、一応、糖ですから甘く感じます。リグニンはセルロースやヘミセルロースと異なり、糖からできていません。ポリフェノールという構造的に亀の甲が並んだ化学式をもつ複雑な物質です。樹木は大地からすくくと立っています。草は風に吹かれてしなっています。この差はリグニンの含まれる量の違いです(図3)。

ちなみに私たちがこれまでに分析した植物系廃棄物の糖の分析結果を表1に示しましょう。植物系廃棄物

は、じょうずにばらばらにすればさきほど述べたように何でも原料となります。

## バイオエタノールと微生物

さて、このセルロースとヘミセルロースを人間は利用できるようになりました。そこでバイオエタノールの登場が可能となったのです。セルロースとヘミセルロースをばらばらにして(酵素が得意としている技です)ブドウ糖とキシロースにすれば酵母が発酵してアルコールができるのです(図4)。少し話がそれますが、おなかに優しい乳酸菌やビフィズス菌はこのキシロースが大好きです。

特に、キシロースが2つあるいは3つ、4つくっついたキシロオリゴ糖は、ヨーグルトやチョコレートなどに添加物として入っている場合が多いです。これらの原料はトウモロコシの芯であることが多いようです。知らないうちに未利用資源の有効利用、言葉を変えれば食品残渣のリサイクルが進んでいます。なお、虫歯を

防ぐキシリトールもキシロースから作られています。

食品残渣、たとえば学校給食やレストランからで出る廃棄物からバイオエタノールを製造しようとしている試みもありますし、メタンガスや水素ガス（総称してバイオガスといっています）を製造しようとする考え方もあります。レストラン廃棄物

表1. 植物系廃棄物の化学分析による糖組成

種類	ヘミセルロース	セルロース	その他	ヘミセルロース中の糖			
				キシロース	アラビノース	グルコース	ガラクトース
ピスタチオ殻	49	40	12	36	0.8	2.2	3.7
クルミ殻	34	41	25	19	3.7	0.2	0.2
ヒマワリ種の殻	28	47	25	18	0.1	0.3	0.8
ブナ	23	43	35	17	1.9	3.9	0.2
雑草	35	36	29	14	2.6	5.2	—
大麦の籾殻	30	44	26	14	4.4	0.5	0.1
クリの殻	30	46	24	13	6.0	4.6	0.1以下
タケ	34	36	30	13	1.5	3.8	0.6
スギ	21	49	30	11	5.5	7.8	0.5
コメの籾殻	38	35	27	11	0.9	0.2	0.1以下
ギンナンの殻	45	32	23	8.7	2.9	0.5	0.3
イナわら	31	39	30	8.5	2.3	3.5	0.4
ピーナッツの殻	23	51	26	8.4	1.2	0.7	0.1以下
麦茶滓	30	10	60	4.8	1.5	21	0.1
緑茶滓	16	57	27	1.5	0.3	1.6	0.1以下
バナナの皮	8.2	50	42	1.4	1.5	2.6	0.1以下
オレンジの皮	4.2	32	64	1.1	0.8	0.9	0.6
紅茶滓	22	51	27	0.8	0.8	0.5	1.2
ニンジン搾滓	7.2	38	55	0.4	0.9	0.1	1.1
コーヒー滓	11	64	25	0.2	0.3	1.4	1.1

- ヘミセルロースとセルロースがバイオエタノールとして利用できる(太字の部分)
- その他は全量からヘミセルロース量とセルロース量を引いたもの
- 単位はすべてg/100g

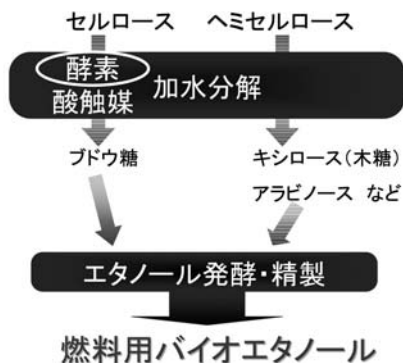


図4. 植物系廃棄物からの燃料用バイオエタノール生産

からのメタン発酵ガス化施設は、すでにいくつかが稼動しています。話はそれますが、メタンも水素にもおいはしません。天然ガスの主成分でもあります。におわないので漏れても気付かず危ないため、天然ガスや都市ガスにはわざわざ臭いのある成分を加えています。

バイオエタノールにしるメタンや水素ガスにしる、いずれも微生物の力を借りて生産しています。空気中には1ccあたり約1,000匹の微生物が漂っています。畑土壌だと1gあたり約1,000万匹、砂場ですと1gあたり約1,000~10,000匹の微生物がいます。われわれは微生物に囲まれて生活していますが、その気配は感じられません。その理由は、微生物は通常は実に見えないほど小さいからです。

われわれの周りのほとんどの微生物は何もしませんが、たまに人間に害を及ぼすものもあります。それが、病原菌でバイキンといって嫌われています。しかし、ほとんどは何もしないか、われわれや地球環境維持に役立っています。微生物がいないと、バイオエタノールもバイオガスも堆肥(コンポスト)もできません。

## 究極のバイオマス

閑話休題。私は、ゴルフ場から大量に発生する刈り芝を原料としてバイオエタノール製造を行おうとしています。典型的なゴルフ場から年間発生する刈り芝は約1,200m<sup>3</sup>です。これからバイオエタノールを作ると約4.2トン、エネルギーとしてガソリンに換算すると3,400ℓが生産でき、車2台分の燃料をまかなえることになります。少しでも地球温暖化防止にゴルフ場が役立ってくれればいいと思っています。

雑誌『National Geographic』<sup>(3)</sup>によると、ガソリンに対して温室効果ガスの排出量は、トウモロコシエタノールで22%、サトウキビエタノールで56%、そしてセルロース系エタノールで91%削減できると計算されています。

表2. 日本におけるバイオマスリファイナリーの例

原料	生産物
ホップ粕	ポリフェノール
麦芽粕	ポリフェノール (抗ウイルス剤)(脱毛治療)
そば殻	デンプン分解酵素阻害剤 (糖尿病)
トマト果皮	ナリンゲニンカルコン (花粉症)
ピーナッツ渋皮	PAQ (花粉症)
ビート粕	アラビノース (砂糖の吸収阻害)
大麦糟	アントシアニン系色素
オカラ	酵素阻害剤
コーンコブ	乳酸、キシロオリゴ糖、アラビノース
綿実殻	キシロオリゴ糖
廃白土	脂肪酸メチルエステル (バイオディーゼル) リボフラビン
生ごみ	乳酸 ブタノール
ピスタチオの殻	D-キシロース

究極のバイオマス利用は何でしょう？ 3R\*のきわみですが、これはバイオリファイナリーというハイカラな言葉(クリントン前米国大統領が使って広まりました)で呼ばれている、未利用あるいは廃棄バイオマスからの工業原料や機能性物質の生産です。アメリカはバイオマスから生産する戦略12物質をすでに決めました。乳酸などです。日本で現在研究されている例を表2に示します。抗ウイルス剤、酵素阻害剤などの医薬品候補から食品添加物となりうる天然色素、工業用原料などたくさんありますが、いずれも微生物の力を借りて作るものです。少量ならごみですが、まとまればバイオマスは立派な資源となります。

さて、のっけの題に戻ります。シヤケ茶漬は食べものです。塩ジャケはその材料で、サケはマス、虹マスの親戚です。虹マスもバイオマスです。植物や人間もバイオマスです。バイオマス、理解していただいたでしょうか？ 生きとし生けるもの、あなたの命をいただいてわれわれは生きております。もったいないの精神を大切に、命あるものはすべて資源となりえます。

※リユース・リデュース・リサイクル

#### 参考文献：

- (1) 新聞記事：朝日新聞・中日新聞・岐阜新聞
- (2) Nature, 444, 2006年12月7日号
- (3) National Geographic日本版, 2007年10月号

#### お礼：

図表の一部は私たちのラボの大学院生石川恵理さんに手伝っていただきました。