

筑波大学

朝永振一郎記念

## 第17回「科学の芽」賞 応募用紙

受付番号 : GE0006

応募部門 : 小学生部門

応募区分 : 団体応募

題名 : 科学の力で解き明かす！古代みそのなぞ

学校名 : 静岡県磐田市立磐田西小学校

学年 : 6年生

代表者名 : 佐藤迪洋

※ 個人情報保護のため、入力された項目から抜粋して出力しています。

科学の力で解き明かす!  
古代みそのなぞ



6-2 佐藤迪洋

4-1 さとう知海



＜きっかけ＞

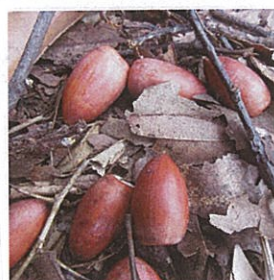
6年前、「どんぐりみそ」をお土産にもらった。調べてみると、どんぐりみそは縄文時代からあると知った。どの遺跡から見ついているのか 実際に行ってみてみたいと思い、縄文みそについて書かれた本やサイトに聞いてみた。するとおどろいたことに「言い伝えます」「そうだといいなと思った」という答えばかり。 実際遺跡の名前が出て、遺跡の学芸員さんに「ありません」と言われる。20件以上取材をしたが、全ては何と根拠がなかった。ずっと縄文みそを追い続けているが、今でも見つからない。たずねた学芸員さんの1人は、「みそは 分解したり溶けてしまうから 残っていない。もし縄文みそがあっても、証拠がないから、有ったともいえない。今は、文字として残っている「奈良時代から」という事になっている。」という。しかし 縄文時代か奈良時代か というのは、歴史が好きならばにとって 1万年もの歴史が変わる重要な事だ。

今、日本のあちこちで「縄文ワークショップ～みそづくり」「どんぐりみそで 縄文人になろう」などの講座がたくさん開かれている。その全てが、どんぐり（パウダー）に白米麴を混ぜて作るというものだ。まず思ったのは、「精米技術の無かった縄文時代に、白米麴は使えなかったのでは？」という疑問。つまり、現代の常識で作っている「縄文みそ」と、「縄文時代に有ったかもしれない本物のどんぐりみそ」は全く別の物ではないのか という事だ。白米がなければ、なにで麴を作っていたのだろうか？玄米だろうか？本当に縄文みそはあったのだろうか？考古学的には証明できていない「縄文みそ」の存在を、科学の面から検証し、あいまいなままの日本の歴史を解き明かす事にした。

＜原材料の検証＞ 使用する材料は全て採集する、または栽培する

＜どんぐりの採集＞

遺跡や公園のどんぐりは、自由研究に使用する目的で管理元に許可をもらった。 登呂遺跡公園、吉野ヶ里歴史公園、京見塚古墳公園、遠江国分寺跡に落ちているどんぐりを採集した。足りない分は 地元の公園で採集した。

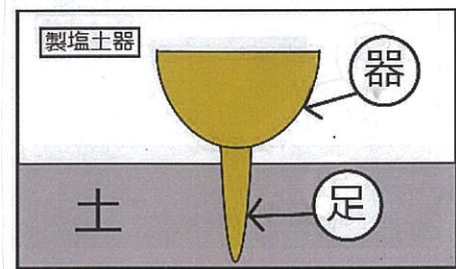


＜塩＞

日本各地の縄文時代の遺跡から、製塩土器が見つかる。足の付いた器に海水を入れ、足の部分を土にさして、器に海水を入れ、天日干ししていたという。

(月田遺跡から出土した製塩土器を元に、佐藤迪洋が作画→)

実際に海水を天日干しをして、塩の結晶を作る。竜洋海岸で海水を採集し、塩の結晶を作った。

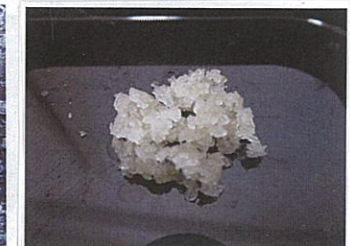
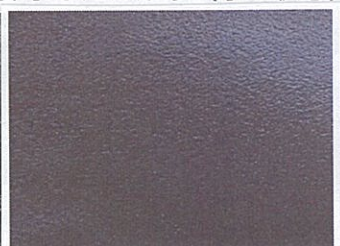


採水したばかり（水の状態）

3か月後

6か月後

7か月後完成！



蒸発して、だんだん塩の結晶ができてきた。

500mlの海水から、12gの塩が採れた。



<麹菌> 今では当たり前で購入することになっている麹菌だが、縄文時代にみそが作れたという事は、天然の麹菌を利用していたという事。実際にぼくたちが育てたお米から天然麹の採取を試み、縄文みその可能性を探る。実験には玄米を使おうと考えていたが、食品ロス削減の意味から、外皮であるぬかの部分で実験する事にした。

<麹を起こす>

麹菌の生育に最適な環境とは？ 複数のみそ屋さん、醤油屋さん、酒屋さんに確認したところ、温度28~35度、湿度60~98%と、幅があった。麹菌の培地として、米ぬかと水の割合を変えて実験、観察してみる。

<手順> 自分たちで育てたお米のぬかと、水をはかり、よく混ぜる。温度と湿度を保ち、培養する。



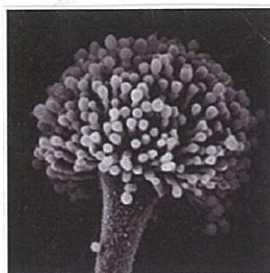
<米ぬか培地の変化>

1日後	2日後	3日後	4日後	5日後
見た目変化なし	全てに小さな白いカビが生えた	カビが目立ってきてにおいも強烈	コロニーが見え始める	コロニーがかなり大きくなる

5日後の様子

米ぬか：水 = 2 : 1	米ぬか：水 = 1 : 1	米ぬか：水 = 1 : 2

全てに同じような白いカビが生えた。水の割合が多い方が、コロニーも大きい傾向にある。これはコウジカビ（麹菌）なのか？ みそメーカーに確認をして、麹の写真を見せてもらった。



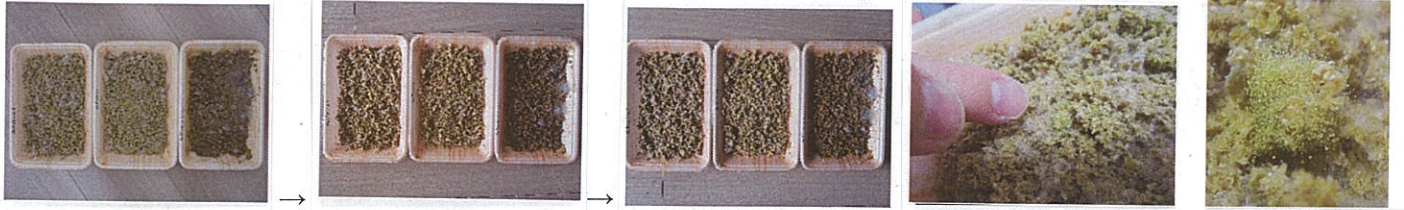
みそに使われる *Aspergillus oryzae* ニホンコウジカビ (マルコメ株式会社からいただいた画像)



<カビの観察> 生えたカビがコウジカビかどうか、顕微鏡で観察してみる。

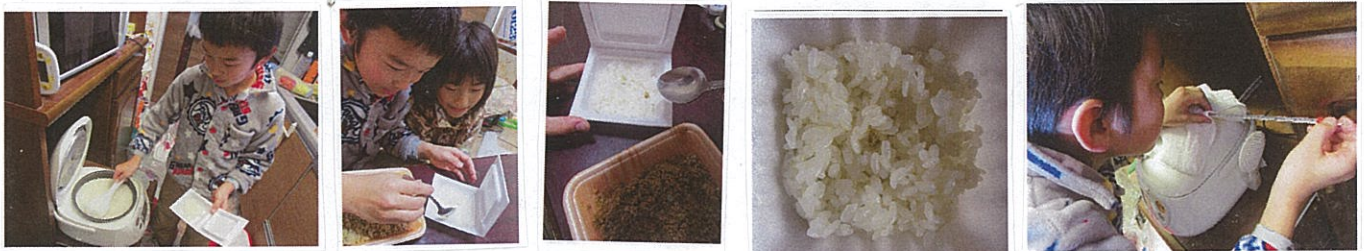


カビの部分を取って、顕微鏡で見てみる。(NICON ×100倍) 別のカビの様だ。もう少し培養を続けてみる。



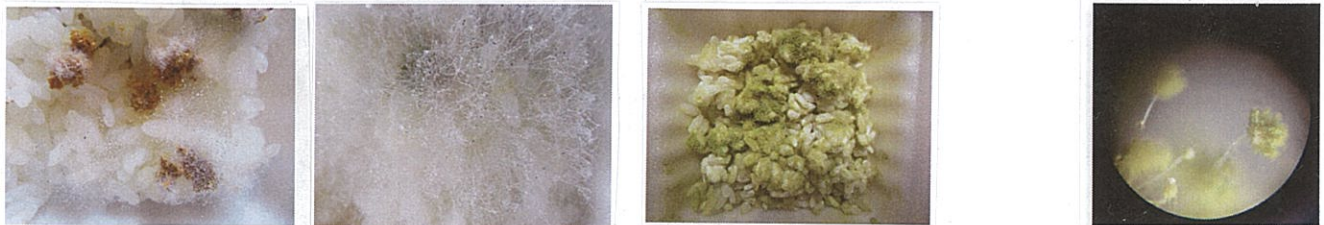
6日後 → 7日後 → 8日後 ついに白いカビの中に麹菌らしきものを発見!

ぬか：水 = 2 : 1 と 1 : 1 の中に、とうとうコウジカビらしきものが発生した。これを、友麴法で培養してみる。



炊きたてのお米に、カビのコロニーを入れる。

麹菌が発酵しやすい33℃位で保温



別のカビが生える失敗 をくり返し、8回目でやっとコウジカビ (らしきもの) だけが増えた。(NICON×100)  
今度こそコウジカビなのか。顕微鏡で確認したら、間違いなく**コウジカビ**だった! 育てたお米にコウジカビは居た!

試しに食べてみたところ、とても甘くておいしかった。でも、さらに次の日食べてみると、苦くなっていた。これはコウジカビではなかったのか? 確認のため、コウジカビが専門の大学教授の先生2人に、顕微鏡写真を見て頂いた。その結果をまとめると、「コウジカビは4日以上育てると 胞子を作り始めて緑色になる。緑色になると急に苦くなる。でも苦いからといって毒があるという事ではない。」「野生のコウジカビには毒があるもの ないものがある、顕微鏡での観察でそれを見分けるのは難しい。大学などで「遺伝子」などを調べる必要がある。」

自然のお米に、コウジカビが 生きていることが分かった。実際に食べてみると とても甘く、発酵のすごさ におどろいた。縄文時代の人たちも、このように自然に生えてしまったコウジカビで みそを作ったのだと分かった。

今でも、みそ蔵の空気中にあるコウジカビを採取して みそを作っているメーカーもある。だから ぼくたちが発見したこのコウジカビも、カビ毒検査をすれば 使用できると思う。でも 大学の先生たちから、検査をするのは 小学生には色々な面でとても難しいことで、買った麹菌で 実験をするように アドバイスを受けた。とても残念だ。でも 安全を考えると、大学の先生たちのアドバイス通りに するしかない。みそメーカーのように、毒のないコウジカビを 自然界から発見した と仮定して、ここからの実験には 買ったコウジカビ (麹菌) を使うことにする。

<麴の原料は? >

精米技術のなかった 縄文時代に、白米を麴に 使っていたという事は あり得ない。ならば、麴の原料として 白米ではなく 何を使っていたのか? 日本各地の遺跡を見学し、出土物から推測し、実験に使う。




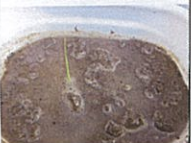









遺跡の出土物から、赤米、エノコログサ、ジュズダマ、カラスムギ、ヤハズエンドウ、ツルマメ、マテバシイ、ギンナン、クリ、ヤブツルアズキ、ムカゴ、イヌビエ、クルミ、玄米 合計 14種類の麴を作ってみることにした

<雑穀麴作りの手順> ①雑穀の採集 もしくは 栽培 ②脱穀、脱皮 ③蒸す ④菌を接種する ⑤培養する

<①古代米の栽培> 縄文時代に栽培されていた赤米は、栽培する。

2月 種まき	3月 田植え	5月	8月	10月	収穫
 種まき  発芽	 				 赤米のモミの中は赤茶色い 









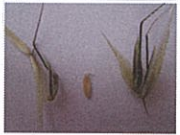









赤米は野生に近い稲のため、雑草と同じでほとんど手をかけずに栽培することができた。

<①雑穀の採集>

許可を取り、田畑、河原で雑穀を採集した。ジュズダマ、カラスムギ、ヤブツルアズキ、ヤハズエンドウ、イヌビエ、ツルマメ、ムカゴ、ギンナン、マテバシイ、クリ、クルミ、エノコログサ（ネコジャラシ↓）



野外で採集した雑穀（\*大きさ：3～4年生当時のぼくの手に乗せている。）

	エノコログサ	ジュズダマ	カラスムギ	ヤハズエンドウ	イヌビエ	ツルマメ
生息状況						
外皮と実						
大きさ						



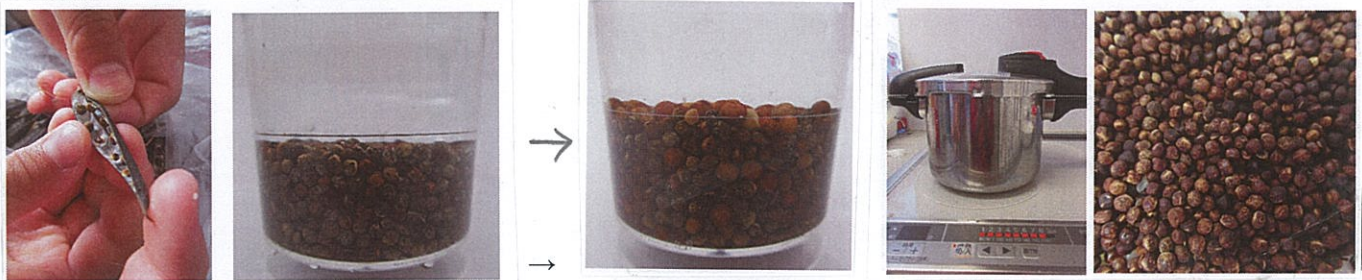
	クリ	ヤブツルアズキ	ムカゴ	クルミ	ギンナン	マテバシイ
生息状況						
外皮と実						
大きさ						

<②脱穀>



雑穀の殻はしっかり実を守っていて、石で割ったのでは実がつぶれてしまうし、細かすぎて飛んで行ってしまうたり、殻が指に刺さったりして痛かった。雑穀を食べることの難しさを実感した。縄文時代の人たちは大変だった。

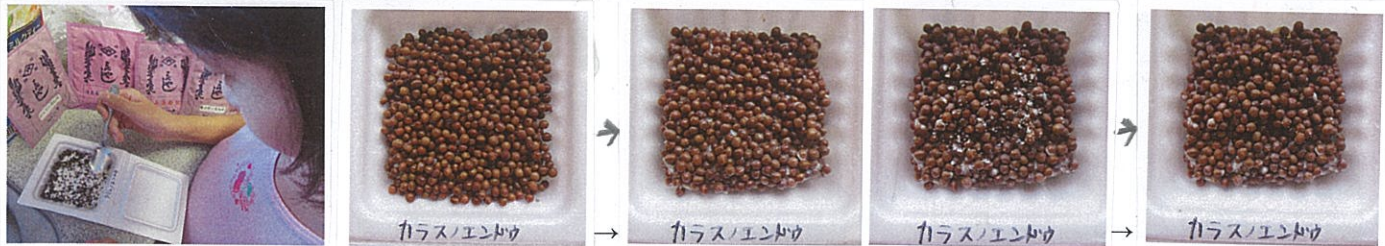
<③蒸す>



吸水させる。

土器を作ったが、磐田は野焼き禁止だったため、仕方なくおなべで蒸すことにした

<④麹菌（コウジカビ）を接種する>



5日経っても 麹菌が繁殖しない。

追加摂取したが、やはり繁殖しない

<考察>

雑穀は大切な種。種を守るため、雑穀の外皮は頑丈だし、抗菌作用もある。外皮をつけているままではコウジカビは繁殖しないようだ。外皮や薄皮を 取り除いて 再実験することにした。

<薄皮を取り除いて再実験>



1mmしかない雑穀の皮をむくのは無理なので、切る工夫を行った。



麹菌接種直後



1週間後。予想通りコウジカビが繁殖！



麹菌を接種し、コウジカビ（麹菌）が繁殖した 1週間後の雑穀

玄米	赤米	ネコジャラシ	カラスノエンドウ	カラスムギ	ジュズダマ	ヤブツルアズキ
イヌビエ	クリ	ギンナン	スタジイ	ツルマメ	クルミ	ムカゴ

<結果> 外殻外皮を取り除くことで、コウジカビが繁殖しやすくなった。どの雑穀にもコウジカビは繁殖した。

<みそを仕込む> できた雑穀麹と どんぐりを合わせ、みそを仕込む



古代の人と同じように石で割る。

虫食いや、カビが生えてしまっている物の方が多かった。↑



洗って3日吸水させる。1日じっくり煮込む

どんぐりは2倍以上にふくれあがった。



チャック付き密閉袋にどんぐりと雑穀麹、14%の塩を入れる

古代雑穀麹みその変化

仕込当日	1週間	1か月	2か月後	4か月	半年	1年	1年半	1年10か月

仕込み5日後

エノコログサ	コーヒーに近いような香り。塩辛いが、深みのあるうまみ。
ジュズダマ	すっぱい酢飯のような香り。甘みと香りの絶妙なバランス。
ヤハズエンドウ	すっぱい酢飯のような香り。塩辛いが、枝豆のようなコクがある。
カラスムギ	すっぱい酢飯のような香り。すっぱいが、うまみあり。



赤米	すっぱい酢飯のような香り。塩辛い、深みのあるうまみ。
玄米	すっぱい酢飯のような香り。塩辛い、イカのようなうまみ。

2か月半

イヌビエ	酒粕のような香り。アルコールのくらくらする感じがある。
ヤブツルアズキ	酒粕のような香り。風味もよく甘い。
ツルマメ	甘みがありおいしい。
クルミ	みその香り。うまみのあるみそ。
ムカゴ	お酒の香り。かなりおいしい。
シイ	みその香り。塩辛いみそ。甘みあり。
クリ	クリの香り。クリのみそ。
ギンナン	ギンナン+みその香り。ギンナン+みその味。

3か月

イヌビエ	お酒の香り。塩辛い、甘みとうまみがある。
ヤブツルアズキ	少したくあんの香りがする。少し塩辛い、たくあんの味に近い。
ツルマメ	たくあんに砂糖を混ぜたような甘い香り。少し塩辛い、たくあんの味に近い。
クルミ	香りは弱い。クルミの味がする。すっぱくて塩辛い。たくあんの甘味。
ムカゴ	少したくあんの香り。うまみがある。
シイ	みその香り。塩辛い。たくあんのような甘みが出てきた。
クリ	香りは弱い。味はクリ。クリのホクホク感もある。すっぱい。
ギンナン	ギンナンの香り、ギンナンの味。ギンナンみそペースト。

5か月

イヌビエ	フルーティーな香り。砂糖は入っていないのに、甘みがある。
ヤブツルアズキ	フルーティーな香り。砂糖は入っていないのに、甘みがある。少し塩辛い。
ツルマメ	豆の香りはほぼしない。砂糖は入っていないのに、甘みがある。
クルミ	クルミの香りはほぼしない。砂糖は入っていないのに、甘みがある。
クリ	クリの香りはほぼしない。砂糖は入っていないのに、甘みがある。
ギンナン	ギンナンの香りはほとんどしない。味はギンナン風味。甘みあり。

8か月

イヌビエ	甘いしょうゆの味。
ヤブツルアズキ	甘いしょうゆの香り。甘いみその味。
ツルマメ	少し塩辛い、さわやかな甘み。甘いしょうゆの香り。
クルミ	しょうゆのようなたれのような完成された味。
ムカゴ	甘いおやつのような香り。甘いみそ。
シイ	甘いしょうゆのような香り。しょうゆのようなみりんの味。
ギンナン	ギンナンの香りはしない。味はギンナン入りの甘みそ。



クリ	しょうゆのようなたれのような完成された味。
----	-----------------------

10か月（みそが一番おいしいといわれる時期）

エノコログサ	香りは弱い。ダシのうまみがありおいしい。
ジュズダマ	だしのような香り。すっぱい香りは全くない。甘みがありおいしい。
ヤハズエンドウ	草のような香り。まろやかで、豆の香りがする。甘みあり。おいしい。
カラスムギ	草のような香り。穀物の深い香り。おいしい。
イヌビエ	草の香り+みその香り。酸味はなく、甘みがある。ヒエのプチプチ感がアクセントになって良い。
ツルマメ	畳のような良い香り。少し梅干しに近いまろやかな酸味とうまみ、甘みがありおいしい。
ヤブツルアズキ	畳にしょうゆをこぼしたような香り。アズキ風味のある、甘みのあるまさにしょうゆの味。
クルミ	ナッツのみそ漬けのような香り。ナッツの風味がある。おやつのような感じの甘味とうまみがある。
ムカゴ	畳のような香り。すっぱくはなく、おつまみのようないまみのある調味料。
シイ	まろやかなすし飯のような香り。すっぱくはなく、おつまみのようないまみと甘みがある。
クリ	クリ+畳のような香り。おつまみのうまみがある。クリの風味がある調味料という感じ。
ギンナン	さきいかのような香り。ギンナンの風味が広がる。みそというよりうま味調味料。
赤米	すっぱい酵母のような香りだが、酸味はなく、深い味でおいしい。
玄米	少しすっぱい香り。焼肉のタレのような甘みがある。かなりおいしい。

<結果>

- ・麴の発酵のおかげで、全ての雑穀に共通して甘みとうまみが出てきた。
- ・現代の大豆みそは 時間が経つと共に濃い色に変化するが、ドングリ自体が濃い色をしているため、色の変化はほとんどなかった。
- ・最初はどんぐりの香りがしていたが、段々どんぐりの香りはしなくなり、草や畳に似た特有の香り（=つまりこれがどんぐりみその香りと思われる）になっていった。
- ・最初はその雑穀特有の香りと味がしていたが、発酵により お酒やたくあん、梅干し、しょうゆの風味へと変化していった。
- ・微小な雑穀は 1mmに満たないものも多く、1粒1粒 脱皮脱穀するのが難しかった。半分に切って麴発酵しやすくするなどの工夫はしたものの 完全に除去するのが難しく、皮付きのまま使わざるを得なかった。発酵により雑穀が柔らかくなることを期待していたが、粒の硬さは変わらなかった。 プチプチ感が残っていたため 食べる楽しみがあったのはよかったが、雑穀そのものの風味が出にくかったかもしれない。それに対し、ギンナンやムカゴなど大きな物は脱皮しやすかったので、その風味がうまく活かせていたのだと思う。






<結論> 口当たり、のど越し、風味、味は雑穀により全く違っていった。縄文の人たちはそれぞれの雑穀の特徴を活かした個性的なみそを作っていた可能性があると思う。これは、ほとんどが白米麴みその現代人には味わうことのできない感覚だ。好みの雑穀により作り分けることができたとしたら、縄文時代の人たちはかなりのグルメだったと推測される。

<塩分濃度は？> これまで塩14%で実験してきた。しかし、実際に海水を採集し、それを天日干ししたりゆでたりして塩を採るのは、相当な手間と時間とエネルギーが必要となることを実感した。やっとできた塩を、縄文時代の人たちは こうもぜいたくに使っていたのか？ という疑問がわいてきた。そこで、現代のみそより もっと 塩分濃度が 低かったのではないかという予想の下、塩分濃度 何%で みそづくりが可能だったのかを検証する。


<方法> どんぐりに、濃度を変えた塩分を加え、味の変化を比較する。

過去に行った「カラシナ漬け研究」の結果から、低すぎる塩分濃度ではカビの方が勝る事が予想されるので、食品ロス削減の観点から、6%から始める。 比較として塩を入れない0%、6%、10%、15%、20% を検証する。

塩分濃度比較の変化

塩%	0	6	10	15	20
当日					



2週間後	 何とコウジカビにおおわれている！ 別のカビも少し生えている。アルコールと麴の香りがする。	 何とコウジカビ単独で生えている！ 麴のいい香り。 	 別のカビが生えてきた。コウジカビは生えていない。 	 変化なし	 変化なし
1か月後	 コウジカビと別カビ両方が生えている。	 コウジカビだけが生えている。麴の香り	 別のカビが元気に育っている。	 変化なし	 変化なし
2か月後	別のカビの黒い胞子が大半。カビ臭くてみそには使えない。 	 2か月経っても、コウジカビだけが元気に生え続けている。麴の香り。	 別のカビが目立つ。みそには使えそうにない。	 変化なし	 変化なし

<結果>

- ・ 6%の塩分ではコウジカビだけが繁殖した。
- ・ 0%、10%ではコウジカビ以外のカビも繁殖した。
- ・ 10%以上だとコウジカビは自然に生えなかった。

(予想外に自然のコウジカビが生えたため、大学の先生たちのアドバイスに従い、味見はしなかった)

<結論>

現在は優秀な種麴が市販されており、また腐敗防止のため塩分濃度は15%前後まで高くしているが、自然にコウジカビが繁殖できる塩分濃度は6%程度だとわかった。また、狩りや採集で忙しい縄文時代の生活から推測しても、塩を大量に使うというのは考えにくい事であり、予想通り塩分濃度は15%よりはるかに低かったと考えられる。

<縄文時代のみそを作る>

これまでの研究結果から、縄文時代に作られていたと想像されるみそを仕込んでみる。  
塩は6%。雑穀の割合は、これまでの結果を元に、ぼくたちのオリジナルブレンドとする。

<方法> ①どんぐりと雑穀はゆでる ②塩6%を加え、塩蔵する ③コウジカビを繁殖させる ④発酵熟成

<古代雑穀みその変化> 5日目あたりから少しずつコウジカビが増殖していった。(特に容器右下部分に注目)

翌日	5日後	6日後	8日後	10日後	15日後
					





<10日後の状態>

- ・ どんぐり+アルコールの香りがする。(アルコールの風味が予想以上に強い。)
- ・ 酸味はあるが、「すっぱくないまろやかな梅干し」の様なうまみがある。塩の少なさは全く感じない。
- ・ 単独雑穀の発酵とは違う風味がある。

これまでとは違う経過であるのは、塩分濃度を低くした事が関係していると思われる。

塩分濃度14%を6%に減らしたため、麹菌や酵母が活発に働いたのではないか。

活発になった麹菌は、抗菌性物質を生成する。これがカビや腐敗を防いでいるのではないかと考えた。

つまり、縄文時代のみそは塩分濃度が今よりはるかに低く作られていたが、腐りやすかったわけではなく、塩が少ないからこそ生まれたコウジカビ(麹菌)の作用によって、むしろ腐りにくくなっていたのではないか。

次に、複雑な風味やうまみを生み出している理由も、減塩した事にあると考えた。麹菌は発酵によりたくさんの種類の酵素を作り出す。白米だけを麴にする場合と、複数の雑穀を 麴にする場合とでは、発酵により生成される物が変わったのではないかと予想した。2つの予想を検証するには、雑穀の成分を調べる必要がある。採集した古代雑穀のほとんどは 雑草で 成分データはないため、それぞれの原種や 野生種、近縁(イヌビエはヒエ、カラスムギはエンバク、エノコログサはアワ、ツルマメは大豆・・・など)である 現代の栽培品種の成分で比較した。

<白米と雑穀の成分の違い(「日本食品成分表 八訂」、他 文献を元に作成) > 100gあたり 単位g  
(ゆでた物を選択。玄米以外は皮付きのデータがなかったため、精白のデータを使用。)

使用 品種		イヌ ビエ	カラ ス麦	エノ コロ	マテ バ椎	ジュ ズ玉	ツル マメ	ヤブ ツル	ヤマ グリ	ムカ ゴ	オニ 胡桃	矢筈 豌豆	ギン ナン	赤米	玄米
栽培 品種	白米	ヒエ	エン バク	アワ	マテ バ椎	ハト ムギ	大豆	小豆	クリ	長芋	クル ミ	ソラ マメ	ギン ナン	赤米	玄米
Pr	2.5	9.4	13.7	11.2	2.5	13.3	14.8	8.6	3.5	2.0	14.6	10.5	4.6	3.8	2.8
脂質	0.3	3.3	5.7	4.4	0.8	1.3	9.8	0.8	0.6	0.3	68.8	0.2	1.5	1.3	1.0
澱粉	34.5	70.5	56.3	62.2	54.8	未載	0.2	16.4	25.8	11.0	0.1	11.0	29.3	27.7	30.9

麹菌(コウジカビ)は、デンプンを糖に分解する「アミラーゼ」や、脂質を分解する「リパーゼ」、たんぱく質をアミノ酸に分解する「プロテアーゼ」をはじめ、たくさんの酵素を生成する。現代の「白米だけを使った麴」に比べ、デンプン、タンパク質、脂質が多い雑穀類をそれぞれ使う事で、多様な酵素が生成され働き、栄養豊富で風味豊かなみそに仕上がると考えられる。

現在「雑穀みそ」という名で市販されている物があるが、その多くは、米麴のみ所に雑穀を混ぜた物だそうだ。「精白米だけを使う場合に比べて、雑穀の持つビタミンやミネラルも摂取できる」と宣伝している。しかし 雑穀から麴を起こした物と、単に原材料として加えただけの物では、成分が違ってくる。今回の様に 雑穀を 麹菌で発酵させれば、雑穀のタンパク質、脂質、デンプン といった成分は、うま味や風味に変わる。これが、古代雑穀みそが独特の風味とうまみを持つ理由 だと思う。 実際、今回作った 古代雑穀みそは、発酵により生み出された風味とうまみのため、塩の少なさを全く感じなかった。

現代のみそは 塩分濃度が15%前後のため、「半分以下の濃度で 雑菌は防げないのではないかと心配していた。しかし、むしろ 活性化した麹菌(コウジカビ)の効果で 雑菌を防げることが分かった。「10%以下では腐敗する」というのが 現代の常識だが、実験の結果、それは違っていた事が分かった。これは、現代 当たり前に 市販のみそを 購入して 食べていては 想像もつかない結果だった。

<縄文の人たちに代わって、古代雑穀みそのPR>

- ・ 複数の雑穀が入っているので、様々な栄養を 摂る事ができます。
- ・ 多少の外皮が 残る場合がありますが、食物繊維として有効に働きます。そのままお召し上がり下さい。
- ・ みそは生き物です。時間とともに風味や酸味は変化します。カビが生えない様たまにお世話をし、常温直射日光を避け 常温で育てて下さい。



<感想>

考古学的には証明が難しかった「縄文みそ」。材料の調達を 遺跡や川で行い、栽培が始まっていたという古代米は栽培し、塩の製造、コウジカビの自然界からの分離など、全ての過程を自らの手で行った。これにより 縄文時代の人たちが みそを作っていた可能性が 科学的に証明できたと思う。これで日本の歴史は、1万年変わる事になるだろう。