

# 今さらですが、麹菌は安全・安心です

醸造技術基盤研究部門 山田 修

## 1. はじめに

黄麹菌 *Aspergillus oryzae* や黒麹菌、白麹菌 *A. kawachii* は、清酒・醤油・味噌や焼酎・泡盛など我が国の醗酵産業になくてはならない有用糸状菌であり、平成 18 年 10 月 12 日、日本醸造学会において醤油麹菌 *A. sojae* とともに我が国を代表する微生物として「国菌」に認定されています。また、これら麹菌は、その高い安全性とタンパク質生産能力から有用タンパク質生産のホストとしても注目を集めています。近年、その産業上の重要性からゲノム解析も進められ、分子生物学的知見も蓄積されつつあります。そこで、今さらですが麹菌の安全性を遺伝子の言葉で説明できないかと解析を行いましたので、その結果を報告します。

## 2. 今さらですが、黄麹菌は安全・安心です

1960 年に黄麹菌と近縁である *A. flavus* の一部がカビ毒アフラトキシン (AF) を生産することが報告されましたが、我が国の研究者は産学官協同して膨大な研究を行い、黄麹菌はどのような環境においても AF を生産しないことを証明しました。また、*A. flavus* では、AF 生合成反応に必要な酵素をコードする 25 以上の遺伝子が約 70-kb に渡って遺伝子クラスタを構成していると報告されています。そこで、黄麹菌 RIB 40 株のゲノムシーケンスを参考に、AF 生合成遺伝子ホモログクラスタ内の 7 つの遺伝子を酒類総合研究所保存の黄麹菌 196 株について PCR 増幅させたところ、全ての遺伝子の増幅が見られたグループ 1 株 (105 株 53.4%) と、3 遺伝子のみ増幅の見られたグループ 2 株 (81 株 41.3%)、*vbs* 遺伝子のみが増幅したグループ 3 株 (8 株 4.1%) に大別されました (図 1)。これにより RIB 黄麹菌の約半数近くを構成するグループ 2 及び 3 株は、AF 生合成遺伝子ホモログクラスタが欠落しており AF 非生産性であることが確認されました。また、グループ 1 株においても *A. flavus* ではクラスタの正の制御因子をコードする *afIR* 遺伝子の発現が黄麹菌では極めて低くクラスタ内遺伝子も発現していないこと、もし発現したとしても *A. flavus* では AFLR タンパク質と共同で AF の生産を制御する AFLJ タンパク質が、黄麹菌では機能を失っていることより、AF 非生産性であることが確認されました。

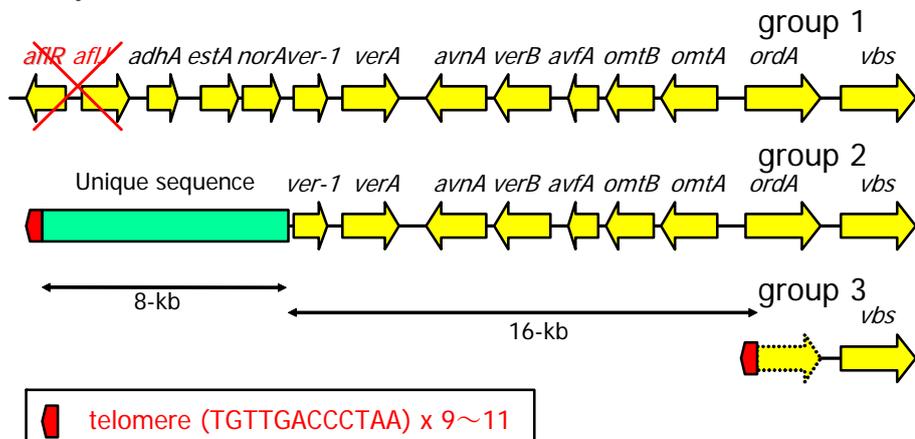


図1 黄麹菌(*Aspergillus oryzae*)RIB株のアフラトキシン生合成遺伝子ホモログクラスタ構造

### 3. 今さらですが、黒麹菌は安全・安心です

1901年、乾先生が沖縄で黒麹菌 *A. luchuensis* を始めて単離しましたが、その後、中澤先生が形態観察から *A. luchuensis* を否定し、*A. awamori* を提唱するなど、その分類には混乱が見られます。また、欧州においてクエン酸製造に利用されている *A. niger* というクロカビと黒麹菌とが同種であるとする報告もあります。そこで、白麹菌 *A. kawachii* (*A. luchuensis* の変異株)、トロピカルテクノセンター (TTC, 沖縄県うるま市) 保存の醸造現場分離 12 株、*A. niger* ATCC 1015 株などともに酒類総合研究所保存 37 株について部分遺伝子配列約 2,500 塩基を解析・比較したところ、沖縄出身の 12 株と白麹菌とは完全に一致し、*A. niger* とは異なる一つのグループを形成しました。さらに、RIB 株 15 株もこのグループに含まれ、うち 9 株は種麹など醸造現場由来であること、RIB 2642 株は *A. luchuensis* の標準株として保存されていた株であることなどから、このグループが黒麹菌の主流派をなすものと考えられています (図 2)。また、*A. niger* では一部の菌株がカビ毒オクラトキシン A (OTA) を生産すること、*A. ochraceus* の OTA 生産に関与する polyketide synthase (pks) 遺伝子ホモログを保持していることが報告されています。解析の結果、この pks ホモログが、*A. niger* の OTA 生産性にも必須であったことから、その分布を解析したところ、黒麹菌主流派からは pks ホモログが検出されず OTA 非生産性であることが確認されました。

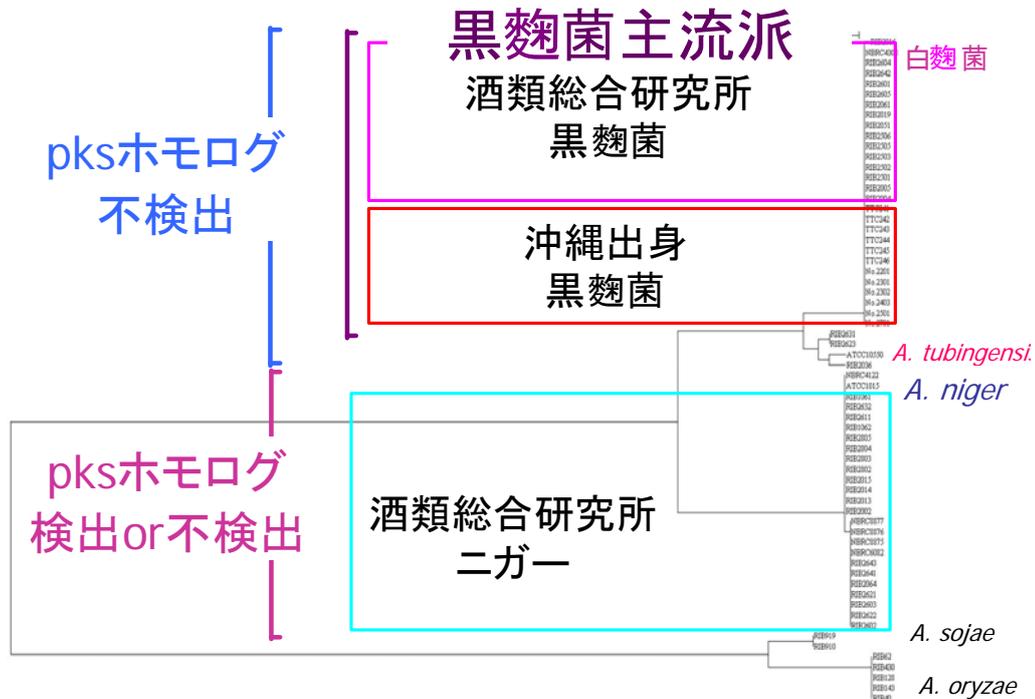


図 2 黒麹菌はpksホモログを持っていない

### 4. まとめ

我が国において長年にわたり利用されてきた麹菌は、遺伝子から見ても安全であることが確認できました。ということで、今さらですが、麹菌は安全・安心です。

### 5. 参考文献

- 1) <http://www.jozo.or.jp/koujikinnituite2.pdf>
- 2) 麹菌 *Aspergillus oryzae* のアフラトキシン生合成遺伝子ホモログクラスタの解析, 日本醸造協会誌, 103, 665-669 (2008)
- 3) 黒麹菌小話, NRIB15 (2009)