

猛暑によるお米粒の白濁にかかわる遺伝子

はじめに

温暖化の影響もあるのか、今年の夏は世界的にも猛暑でした。極端な高温では、人的被害もあります。お米も病害が発生し収量が減少しますが、高温になる時期によってお米が白濁するという心配もあるそうです。

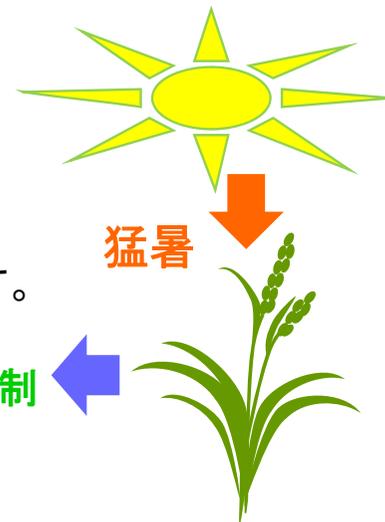
近年、お米の白濁のしくみと関連遺伝子が明らかになりました。今回は、最先端のDNA解析技術を用いたその遺伝子探しを紹介します。

お米と高温

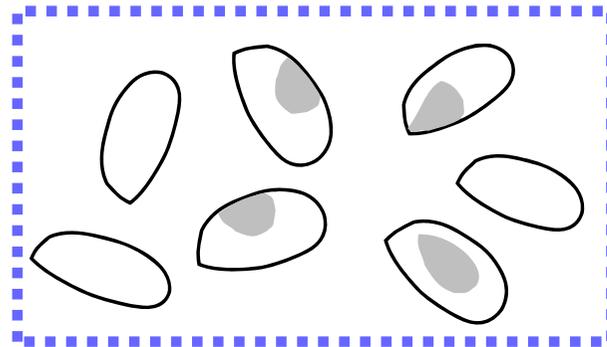
お米づくりは、播種と苗作り、田植えとその後の成長、開花(出穂)、種子であるお米がデンプンなどを蓄積して充実する時期(登熟期)を経て収穫を迎えます。

どの時期にも適温がありますが、出穂後20日間程度の登熟期間の平均気温が26℃以上になると、白濁する粒が発生するそうです。

お米のデンプンの分解促進・生合成抑制



↓
お米の白濁



白濁したお米は、精米時に砕けたり炊飯時に崩れるなどして食味を悪くするそうです。農水の玄米検査では、白濁の程度や部位により乳白粒や心白粒など数種に分類されますが、**白未熟粒**と総称されることもあります。

米粒の白濁

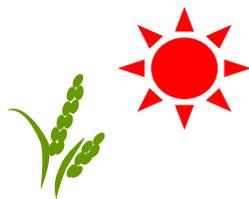
1975年、**デンプンが整然と隙間なく並ぶと透明に見え、デンプンが不十分で隙間があると白色不透明に見える**ことが走査電子顕微鏡により観察されています(日本作物学会紀事44:205-214)。高温によるお米の白濁部分も同様の状態です(Aust. J. Plant Physiol.18:259-265 1991年、 Plant Prod. Sci.5:160-168 2002年)。

また、お米の1粒重や、白濁の程度と部位、影響が出やすい品種や栽培状況なども調査され、育種や栽培管理に活用されています。従来法により育種された高温に強い水稻品種として、“にこまる”、平成30年“秋はるか”が発表されています(農研機構プレスリリース)。

遺伝子探しの原理

お米が白濁する際に活発に働き出す遺伝子や、働きをやめる遺伝子は、白濁と関連のある遺伝子であると考えられます。つまり遺伝子探しでは、現象に関連した遺伝子の働き、いわゆる発現量の変化を調べることが手がかりとなります。

言い方をかえれば、



白濁するイネの若い穂

VS



白濁しないイネの若い穂

上の2つで、発現量に差のある遺伝子が、白濁に関与する遺伝子の候補ということもできます。

ナノテクノロジーでDNAを並べる

今回紹介する研究では、その**発現量の差**をあぶり出すため、全遺伝子cDNAの各々の代表部分を整然とスライドグラス上に並べたものを使っています。

イネの全遺伝子は、約2万種類です。顕微鏡観察でおなじみのスライドグラス(25mm×75mm)上に、ペンで2万個の点を書くことすら難しいですが、最近のDNA研究では2万種類の遺伝子DNAを整然と並べることができます。半導体分野のナノレベルの薄膜構造作成技術(リソグラフィ技術)を使い、スライドグラス上でDNA合成させ並べるそうです。

このようにDNAが並んだスライドグラスやシートを**DNAマイクロアレイ**といいます。**DNAマイクロアレイは、いわば遺伝子発現の検査用試験紙**のように使うことができます。

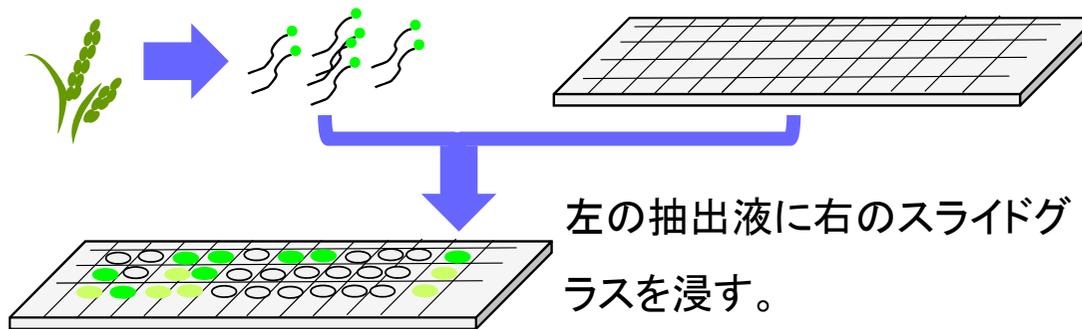
全遺伝子の働き(発現量)を比較調査

活発に働いている(発現している)遺伝子ほど多くの中間産物(mRNA)を作ります。そしてその中間産物(mRNA)は、それぞれもとの遺伝子に付きやすいという性質をもっています。

そこで組織などから中間産物を一括抽出し、一様に蛍光分子などをつけた後に前述のcDNAアレイと反応させると、活発に働き中間産物の多い遺伝子は、蛍光が強く出ます。

調べたい組織から、遺伝子が働くときに作られる物質を抽出し、蛍光分子●を付ける。

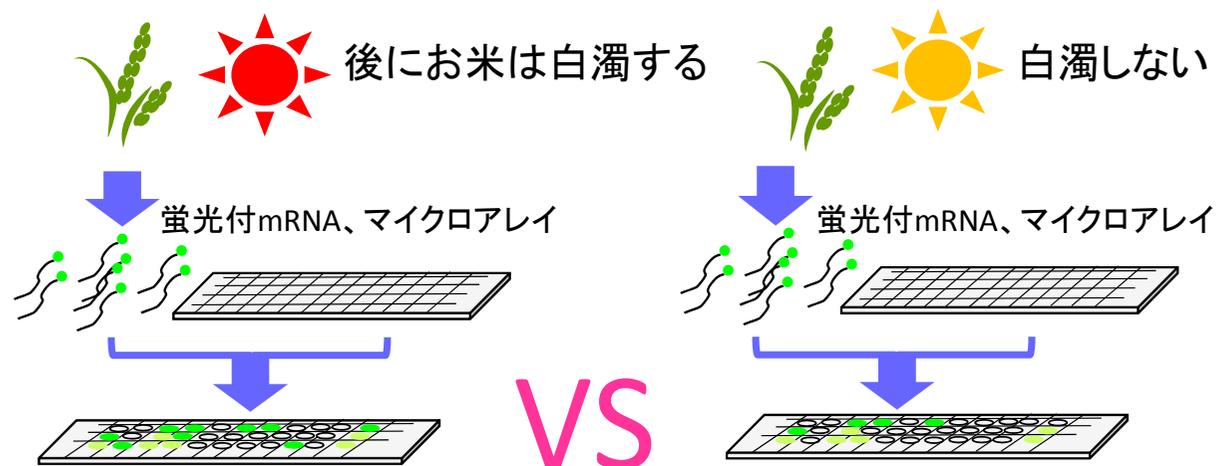
スライドガラス上にイネの全遺伝子DNAを並べる。
DNAマイクロアレイ



中間産物の多い遺伝子には、蛍光付き中間産物が多く付く。
⇒活発に働いている遺伝子の蛍光が強くなる。

遺伝子の釣り出し

今回の試験では、まずイネ“日本晴れ”を管理された人工気象室で栽培し、出穂後(開花後)10日間高温下におくことでお米が白濁することを確認します。その上で、出穂後10日間高温処理した穂から全mRNAを抽出し、蛍光分子を付けます。その溶液に、先のDNAマイクロアレイを浸して反応させます。



蛍光強度の差のある遺伝子が白濁と関連がある。

その結果、約2万種類の遺伝子中、白濁する場合は45種類の遺伝子発現が倍以上増加し、39種類の遺伝子の発現が半分以下になることが示されました。ドットプロット法という従来法も併用し、傍証を得ています。これら増減のあった遺伝子の正体は、イネ全ゲノム解析などから明らかになります。こうして、以下のような遺伝子が関与することがわかりました。

発現が減少する遺伝子: デンプンを合成する遺伝子

デンプンの枝別れ構造にかかわる遺伝子

解糖系酵素遺伝子

発現が増加する遺伝子: デンプンを分解するアミラーゼ遺伝子

ヒートショックタンパク質遺伝子

(Plant Physiol. 144、pp258-277、2007年)

その他の関連遺伝子

その後、高温下では種子が発達する初期、中期に生体反応のエネルギーであるATP量が少なくなり収量の減少に至るという報告(Plant Biotech.27、pp67-73、2010年)、糖代謝にかかわるTCA回路やアミノ酸の蓄積なども高温により影響を受けるという報告がありました(Plant Cell Physiol. 51、795-809、2010)。

2012年には、複数あるアミラーゼ遺伝子の中で特定のタイプの発現が高温により抑制されることが報告されました。

今後

白濁したお米の研究成果は、そこまで研究費がつかない他の作物種子の課題解決のヒントにもなり、技術開発の底上げにつながると期待されます。