

# 論文審査の結果の要旨

申請者氏名 堀 金 明 美

米は食生活の多様化や高級化にともなって多くの品種が作出され、その食味や品質特性を評価するための簡易・迅速あるいは高精度な分析法が求められている。炊飯米の食味に影響を与える要因の一つに米澱粉の糊化特性があり、米粉を用いた試験が行われている。しかし、米は粒で食され、かつ、澱粉貯蔵細胞が密に配列した組織構造を持つことから、その糊化特性は、米粉だけでなく粒で評価、検討する必要がある。本論文は、医療分野で発展したNMRマイクロイメージング法（MRI法）を、炊飯過程あるいは登熟過程における米粒の非破壊分析に応用した。炊飯過程の飯粒については、澱粉糊化反応に不可欠な水の吸収動態や飯粒内部における水分分布を明らかにするとともに、炊飯による糊化の進行により、飯粒内部に形成される空洞について論じている。さらに、登熟過程における米粒については、穎果内部の水分分布を明らかにし、胚乳表面あるいは胚乳内部における水の移動経路や、炊飯過程における飯粒内部の水分分布との関連について論じている。

第1章において、研究の背景と意義を概説した後、第2章において、実験材料と実験方法について述べている。サンプルホルダの作成により、MRI法における多点同時分析を可能にし、測定の効率化を図った。また、3次元MR画像からVolume rendering法により、飯粒や空洞容積の測定方法を検討し、画像情報の定量化を図った。

第3章において、コシヒカリの炊飯過程における飯粒内部の水分分布と飯粒の形態変化について述べている。コシヒカリの炊飯米の内部には、NMRのプロトン（<sup>1</sup>H）信号が検出されない無信号領域が数カ所存在することを示した。実体顕微鏡による観察から、この領域が空洞であることを明らかにした。炊飯過程をMRI法により経時的に調査し、飯粒の形態や水分分布の変化から空洞の形成過程を明かにした。空洞は、浸漬時に存在するヒビ割れが原因となり、表層の澱粉の糊化によってヒビ割れの傷口が塞がれ、中の水がなくなると同時に、飯粒が長軸方向へ急激に伸び、ヒビ割れの隙間が拡大することによって形成されることを示した。

第4章においては、空洞形成の品種間差異について述べている。糯米では空洞がほとんどなく、インディカ米では空洞の数が多いだけでなく、ヒビ割れの傷口が塞がらず、空洞を形成しない部分があることを示した。アミロース含量の異なるジャポニカ米の5品種（モチミノリ、ミルキーQueen、コシヒカリ、関東181号、ホシユタカ）では、空洞はいずれの品種でもコシヒカリと同様の経過をたどって形成されることを明らかにした。また、空洞容積率（飯粒内総空洞容積／飯粒の体積）は5品種全てにおいて、沸騰開始前後で最大となり、沸騰の継続により次第に小さくなるが、空洞形成の開始時期や形成される空洞の大きさは品種によって異なることを明らかにした。空洞容積率の品種間差異には、空洞の

数、飯粒の膨張率や伸長率、糊化特性が複雑に関与し、炊飯終了時の空洞の大きさは、飯粒中心部の澱粉の膨潤と飯粒の体積膨張や伸長とのバランスによって決定されることが示唆された。

第5章においては、登熟過程における穎果の発達と水分分布の変化について述べている。小穂のMIP (Maximum intensity projection) 画像により、小穂内での穎果の発達を3次元画像で示した。開花後15~20日では、背部維管束から胚乳表面に沿って流れるスジ状の水の存在を明らかにした。このスジ状の水の分布は、組織学において推測され、概略図のみが提示されていた水の移動経路を、3次元画像として初めて実証したものである。

穎果の縦断あるいは横断画像により、穎果の発達のみならず胚乳澱粉の液相から固相への質的变化を示した。開花後20~25日では、胚乳の中心線に沿って水が存在し、それが胚に達していることを初めて明らかにした。中心線はこれまで注目される組織構造ではなかったが、胚への水の移動経路としての重要な生理的機能を持つ可能性を示唆した。

登熟後期には、水は背部維管束から背腹経線に沿って移動し、中心線を経て胚に至ったが、炊飯時にはこの経路を逆にたどって、胚芽除去部から胚乳中心部に水が浸透することを明らかにした。

以上、本論文は、MRI法による米粒内部の水分分布の解析を通して、炊飯過程における飯粒では、澱粉の糊化による形態変化の結果として飯粒内部に空洞が形成され、品種によってその容積が異なることを明らかにし、登熟過程の穎果では、登熟中期の胚乳表層部における水の移動経路を、登熟後期の胚乳中心線から胚に至る水の移動経路を明らかにしたもので、学術上・応用上貢献することが少なくない。よって審査委員一同は、本論文が博士（農学）の学位論文として価値あるものと認めた。