

食品・そのミクロの世界

—電子顕微鏡による立体写真集—

種谷 真一

木村 利昭

相良 康重

著

株式会社テックデザイン

まえがき

わが国で、電子顕微鏡が商品化されて、使われ始めたのは、昭和 24 年（1949）であります。それから現在に至るまでに、試料の前処理技術の向上に併せて、観察の肝となる分解能も急速に向上升し、走査トンネル顕微鏡、原子間力顕微鏡、近接場光学顕微鏡など他の顕微鏡も発達し原子オーダーの観察ができるまでになっております。しかし、被観察視野は微視的観察になるほど、その微視的範囲に限定されるので、微視的観察を広い範囲で観察することは、現在 8·K / 4·K といわれる NHK が開発したスーパーハイビジョンの手法で 3 次元的にしかも広範囲に観察が可能となる画期的技術が登場しています。

私は昭和 31 年（1956）に透過型電子顕微鏡を導入し、主に乳製品の微細構造の観察を継続的に実施してきた中で、バターを融けなくするために蒸着ベルジヤを工夫し、液体窒素で冷却した銅板上にバターを置き蒸着する方法を開発しました。今でいうフリーズレプリカ法で、日本で初めてバターの構造観察を実現しました。その後、当時最高分解能機種の電界放射型・走査型電子顕微鏡 S-800 の導入にあわせ、凍結した試料をそのまま観察できるクライオシステムを購入し、凍結試料のアイスクリーム、水分を多く含むチーズなどを簡便に観察できるようにしました。このクライオ・走査電子顕微鏡法の活用はその後の構造解析研究に大いに貢献し、その成果は本書にも多数掲載しています。また、チーズの微細構造では、ドイツの酪農研究所 Dr.Buchheim との共同研究で交流し、その成果を挙げています。さらには、カゼインタンパクの四次構造の究明にも貢献して参りました。

食品の構造は基本的に、タンパク質、脂質、炭水化物、ミネラルなどの分子の組み合わせで出来ています。食品の性質を理解するには、それらが、どのように立体的に組み合わされているかを知ることが重要であると言えます。たとえば、バターは油中水型（W/O）の乳化形態であり、口に入れると香りの良いバター脂が融けてから、水滴中に溶けている塩分により、塩味を感じます。また、ハンバーグでは、適度な肉粒感を味わうために、あまり微細な肉粒は好まれません。これらのことからも、美味しさと食感あるいは構造には密接な関係があることが容易に理解でき、現在も食品の構造解析をテーマとした研究が企業を中心に盛ん行われています。

食品の構造研究を推進する上で、電子顕微鏡の役割は非常に重要です。低拡大・広視野の観察が可能な走査顕微鏡は食品の基本的成分の立体構造を把握するのに最適です。更なる倍率が必要なときは、透過型電子顕微鏡を駆使して研究することで解決することができます。今後も電子顕微鏡を利用した研究開発、例えば、高齢者／病者に易しい食品の開発、フレーバーリリースとの関連性、新食感食品の開発などの進展もとても楽しみです。

本書は8章からなり、農産加工品、乳製品、油脂食品、調味料、食肉加工品、菓子類、その他食品の各章で代表的な食品を取り上げてそれら食品の特徴となる構造を明らかにしています。また、末章には電子顕微鏡と試料作製法の簡単な解説を掲載しています。

本書は当初 1991 年に発刊されましたが、出版社の都合により絶版となっていました。食品の構造を通常の写真ではなく 3 次元の写真集として出版できたことは、高解像度の印刷を駆使していただいた当時の出版社のお陰です。このたび、本書【食品・そのミクロの世界】の復刻本を（株）テックデザイン社、南谷哲央社長のご厚意により、食品業界の研究者、技術者の皆様方に改めてお届けできる運びとなり、著者一同大変感激しております。ぜひ、部署内にて蔵書していただき、食品構造研究の道しるべとしてご利用いただければ幸甚です。

2018年1月
著者一同しるす

目 次

農産加工品・1

小 麦 粉	2
食パン・4 うどん・6 マカロニ・10 スパゲッティ・13	
インスタントラーメン・14	
そ ば 粉	18
そば・20	
米	22
玄米・22 精白米・24 もち米・28	
大 豆	30
豆腐・30 納豆・32 納豆菌・35	
デンプン	36
馬鈴薯デンプン・38 コーンスターク・39 ワキシーコーンスターク・40	
とうもろこし	41

乳 製 品・47

牛 乳	48
脂肪球・49 カゼインミセル・51 ホエータンパク質・52	
練 乳	52
乳糖の結晶・52 粉末乳糖・53	
クリーム	54
バター	58
チーズ	60
チーズカード・60 ナチュラルチーズ・62 ゴーダチーズ・62	
チェダーチーズ・62 モザレラチーズ・64 ストリングチーズ・64	
プロセスチーズ・66 チーズ用スタークの乳酸菌・68	
粉 乳 類	70
全脂粉乳・70 脱脂粉乳・73 育児用粉乳・75	

ヨーグルト 78

 ヨーグルト・78 各種乳酸菌・80

油脂食品・93

マーガリン 94

マヨネーズ 96

ラード 98

調味料・99

砂糖 100

食塩 102

コショウ 104

化学調味料 105

肉および肉製品・107

牛肉 108

 牛のスネ肉・108 加熱牛肉・111

豚肉 113

鶏肉 114

肉製品 116

 ロースハム・116 ドメスティックソーセージ・117 コンビーフ・118

魚肉 119

貝柱 120

菓子類・123

ケーキ 124

ビスケット 127

アイスクリーム 128

シャーベット 137

チョコレート 140

 チョコレート・140 ホワイトチョコレート・144

ココア 146

インスタントコーヒー	147
ゼリ一	150
寒天・150 カラギーナン・153	
その他の · 155	
鶏 卵	156
卵殻・157 卵黄・160	
りんご	162
なし	165
しいたけ	166
まつたけ	170
電子顕微鏡のしくみと試料作製法	173
1. 電子顕微鏡の特性	173
2. 各種の電子顕微鏡	174
3. 電子顕微鏡観察用試料作製法	179
参考文献	184

農産加工品

小麦粉

食パン・うどん・マカロニ
スパゲッティ・インスタントラーメン

そば粉

米

玄米・精白米・もち米

大豆

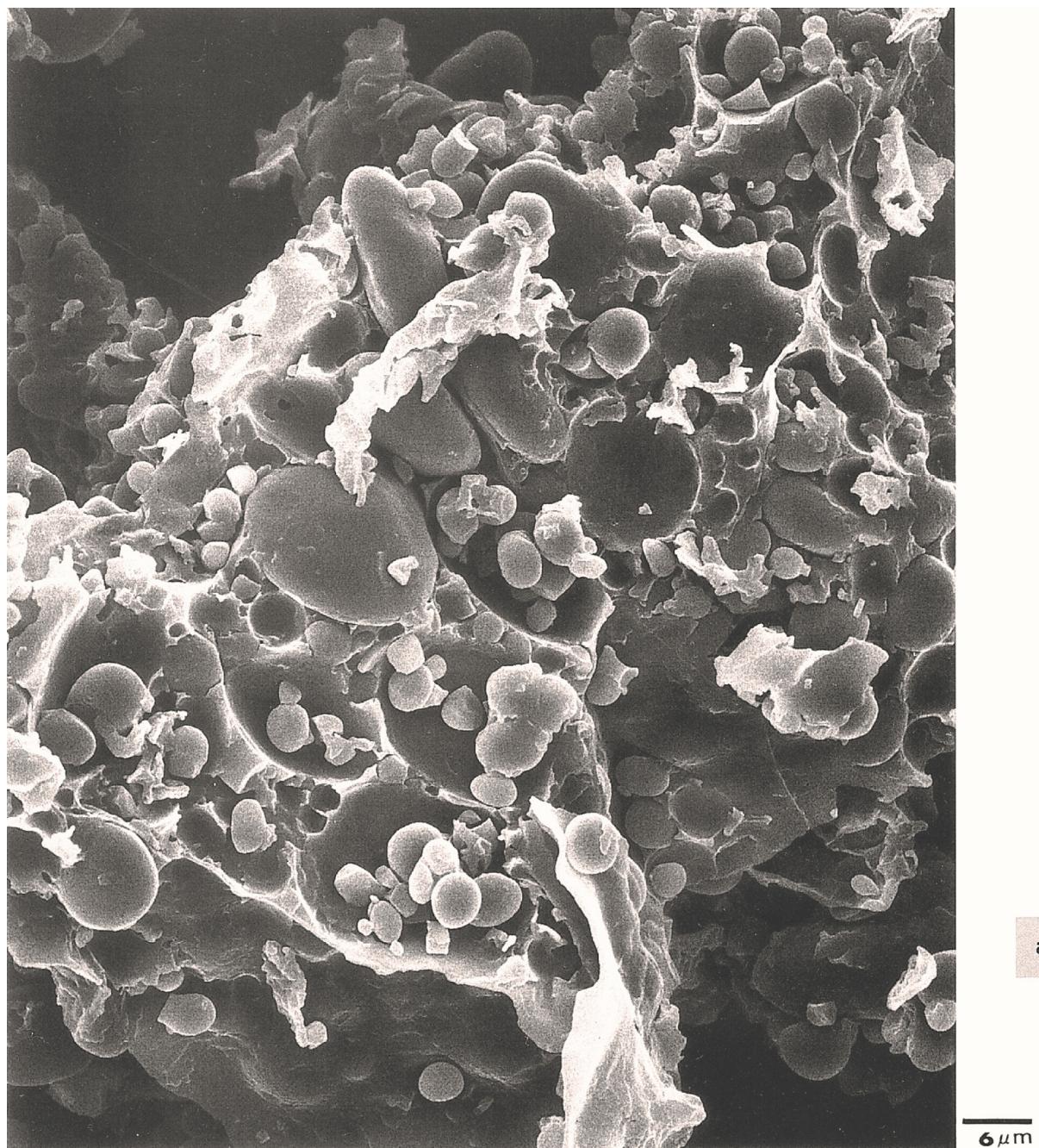
豆腐・納豆・納豆菌

デンプン

馬鈴薯デンプン
コーンスターク・ワキシーコーンスターク

とうもろこし





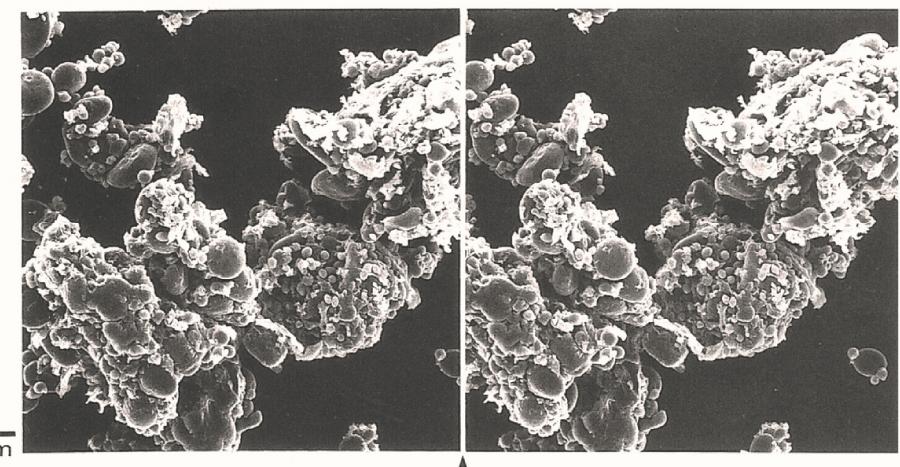
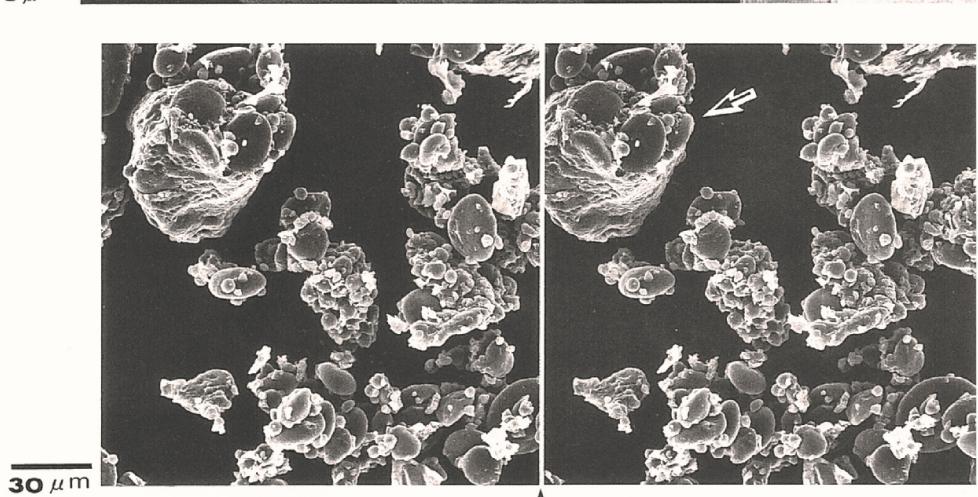
小麦粉 小麦粉の種類はタンパク質の多い順に、強力粉、準強力粉、中力粉、薄力粉があります。また、色による分け方では、色の白いものから1等、2等、3等、末粉などがあります。

小麦粉は小麦の胚乳部の破片（セモリナ）を分離したもので、その主な成分はデンプンとタンパク質です。

a～d は薄力粉の走査電子顕微鏡写真で、ステレオ写真（c）中の矢印は胚乳部の細胞のセモリナです。大きい平らなデンプン粒子の周囲を2～10 μmの小さなデンプン粒子とタンパク質粒子が包んでいます。

市販の小麦粉の粒子は約150 μm以下ですが、この写真では50 μm以上のものが40%程度を占めています。

小麦粉



b
c
d

食パン パンには原料、製法によつていろいろな種類があります。

原料では小麦の種類、砂糖の添加量、油脂の添加の有無、膨張源ではイースト/パンと膨張/パンに分けられます。この他に焼き方、形、国別による分け方もあります。

パンはまず初めに、小麦粉に50~60%の水を混ぜてよく練り、ドウと呼ばれるモチのような粘弾性のあるものを作ります。ドウは粘弾性の他に展延性、可塑性があり、この性質を利用して、パンのようなスポンジ状の組織を作つたり、薄く伸ばして麺やギョウザの皮を作ることができます。

パンはドウの中に酵母を加え発酵させた後、オーブンで焼いて出来上がります。**a~c**はスポンジ状に焼き上がつたところを拡大したものです。パンの組織は発酵によって出来た炭酸ガスが膨張し、ドウが薄いフィルム状になり、それを焼くことによって固化して出来上がります。

拡大率を上げると、**c**のようにデンプン粒子が残つてゐるのが見えます。

$$\begin{aligned}1 \mu\text{m}(\text{マイクロメートル}) &= \frac{1}{1,000} \text{mm} \\1 \text{nm}(\text{ナノメートル}) &= \frac{1}{1,000} \mu\text{m} = \frac{1}{1,000,000} \text{mm} \\&= 10 \text{\AA} \\1 \text{\AA} (\text{オングストローム}) &= \frac{1}{10} \text{nm} = \frac{1}{10,000,000} \text{mm}\end{aligned}$$