

P&G

# ヘアケア製品開発における 新しい「科学の目」

佐野則道

プロクター・アンド・ギャンブル・ファー・イースト・インク  
研究開発本部 分析部門

2005年1月28日

SPring-8 ワークショップ

## 講演内容

2

### ■生活用品の製品開発と放射光

- 評価・分析対象と放射光利用技術の例

### ■ヘアケア製品開発のための毛髪の構造研究

- 屈折コントラストイメージングによる毛髪の非破壊内部観察
- X線回折法によるポリウムコントロール機能の評価
- X線回折法によるダメージヘア補修効果の評価

### ■まとめ

- 放射光利用の概要と経緯

## 日用品・生活用品の例

ベビーケア



ファミリーケア

ファブリック&  
ホームケア

ビューティーケア



フェミニンケア

アダルト  
インコンティネント

ヘルスケア



ペットケア

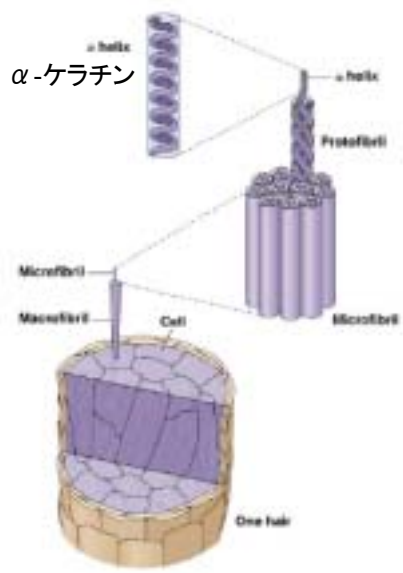
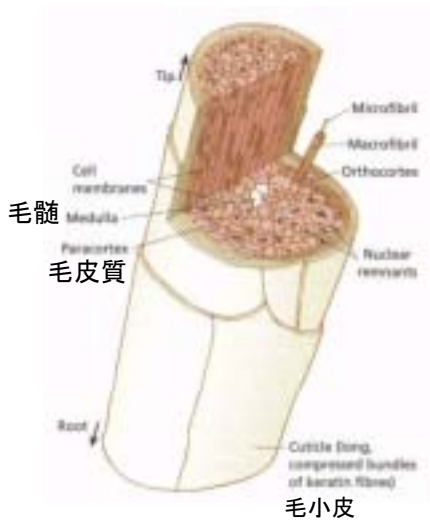
スナック・  
飲料品

## 評価・分析対象と放射光利用技術

例

試料	手法	得られる知見	製品カテゴリー
毛髪	屈折コントラストイメージング	・コンディショナー効能発現の場	ヘアケア
毛髪	X線回折	・ポリユームコントロール効能発現機構 ・ダメージ補修効果	ヘアケア
生体高分子	X線単結晶構造解析	・製品有効成分の分子構造 ・効能発現における生化学反応	医薬、ヘアケア、スキンケア、ファブリック&ホームケア
水/油/界面活性剤混合系 (コンディショナー)	X線小角散乱	相構造	ヘアケア

# 毛髪構造モデル



屈折コントラストイメージング法による  
ヒト毛髪の内非破壊内部観察

# 屈折コントラストイメージング法

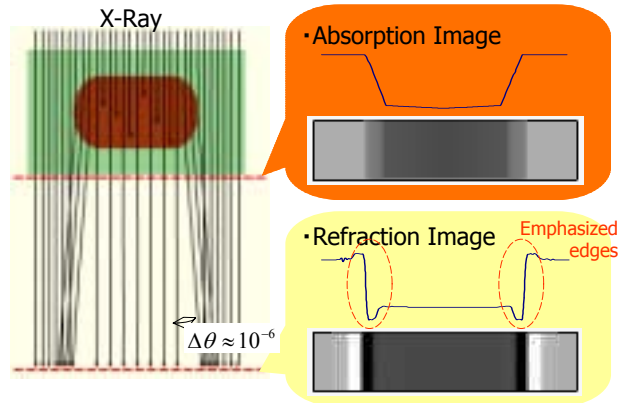


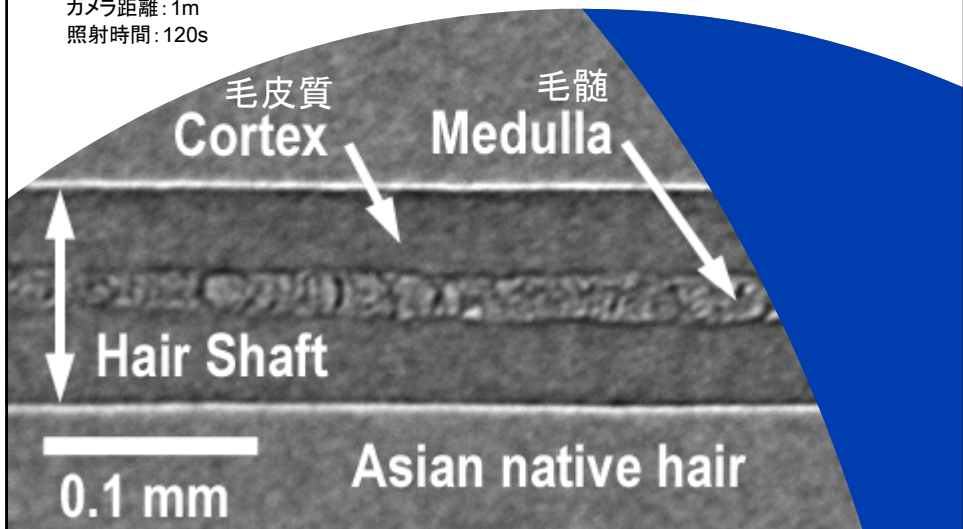
Figure 1. How refraction contrast imaging works

K. Kajiwara, JASRI Seminar

# 毛髪の内非破壊内部観察

BL19B2第3ハッチ「X線電子顕微鏡」

エネルギー: 13keV  
カメラ距離: 1m  
照射時間: 120s



# 光学顕微鏡写真との比較

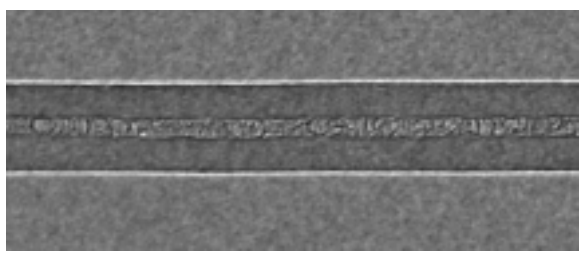


Figure 2 (a).  
X線屈折コントラスト画像:  
毛皮質、毛髄の情報



Figure 2 (b).  
共焦点光学顕微鏡画像:  
毛小皮の情報

## 半定量的解釈 毛皮質部の密度評価

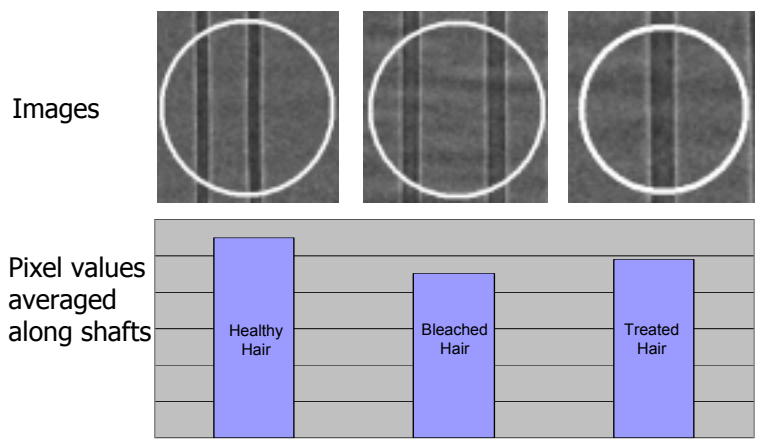


Figure 3. X-ray micrographs and their interpretation

## 屈折コントラストイメージング法の有用性

- 非破壊内部観察法としての優れた特性
  - 逐次化学処理による変化の追跡
  - 形態、密度の情報
- ソフトマテリアルへの幅広い適用性



## 毛髪単繊維のX線回折

## 応力下の毛髪単繊維のX線回折

### BL24XUハッチA イメージングプレートX線回折装置

エネルギー: 15keV

ビーム径: 80 $\mu$ m

カメラ距離: 500mm

照射時間: 600s

荷重: 0 から 90g

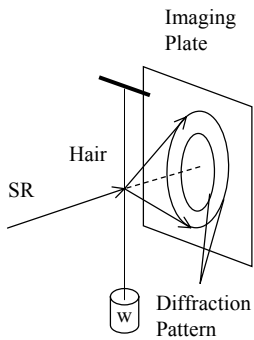


Figure 4. SR  $\mu$ -XRD setup

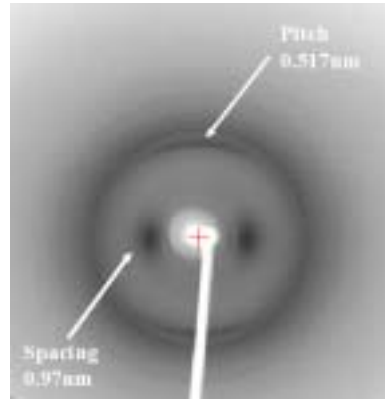
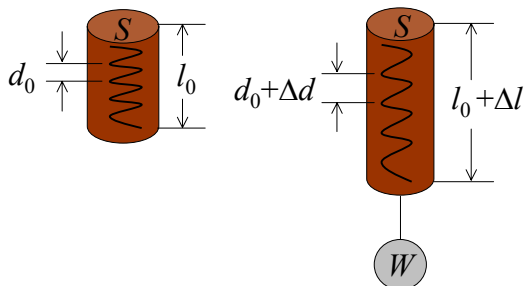


Figure 5. Diffraction pattern

## 結晶弾性率



$$\text{ヤング率: } E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

$$\text{ひずみ: } \varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$$

$$\text{応力: } \sigma = \frac{W}{S}$$

$$\text{結晶弾性率: } E_l = \frac{W/S}{\Delta d/d_0}$$

$$\text{ブラッグの式: } 2d \sin \theta = \lambda$$

## ヒト毛髪 $\alpha$ -ケラチンの応力-ひずみ曲線

$\alpha$ -ヘリックスのピッチの伸び

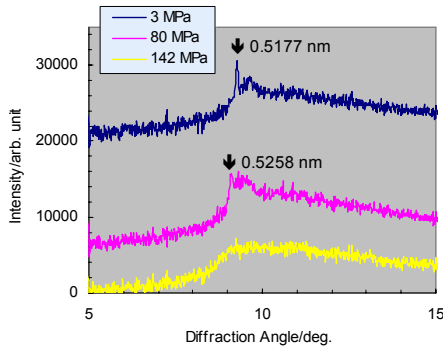


Figure 6. Shift of diffraction peak after stress application

(Sample: Treated with dil. HCl (pH=4.5))

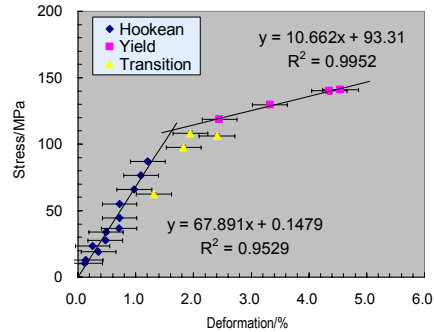


Figure 7. Stress-crystal deformation curve of hair single fibers treated with a conditioning technology

## ヘアボリュームコントロール剤処理による $\alpha$ -ケラチンの結晶弾性率の変化

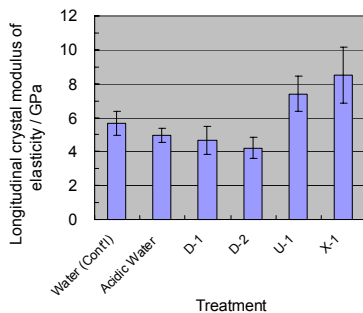


Figure 8. Longitudinal crystal modulus of elasticity of  $\alpha$ -keratin in human hair treated with conditioning actives

- 毛髪バルクタンパクとヘアコンディショナー有効成分の相互作用
- ヘアボリュームコントロール成分による  $\alpha$ -ケラチンの軟化・硬化
  - ボリュームダウン成分 D-1 と D-2 は、 $\alpha$ -ケラチンを軟化
  - ボリュームアップ成分 U-1 は、硬化
- ヘアボリュームコントロール技術の一つの手法として、毛髪成分分子の力学的特性を制御することは有効であろう



## 毛幹横断面方向の結晶化度

前提:

“Spacing”ピークの全回折強度 $\propto$ 結晶化度

実験:

- 同一の単繊維に順次、脱色、コンディショニング
- 標準試料を用いた回折強度の規格化

定義:

$$\text{ダメージ回復率} \equiv \frac{I_B - I_T}{I_B - I_V}$$

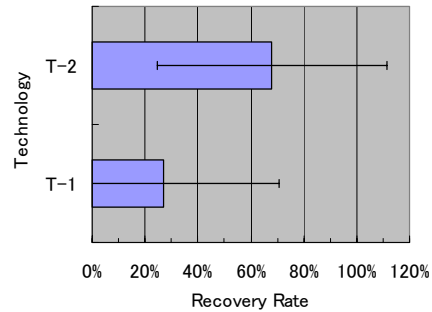


Figure 9. Recovery rates of two damage care technologies

### 「ダメージケア」の結晶学的解釈

新コンディショニング技術 T-2 は、脱色により上昇するケラチンの結晶化度を7割、脱色前の状態に戻す。(信頼水準 95%)

## 放射光X線回折法の有用性

### ■ 高輝度のマイクロビームが利用できる

- 応力下の単繊維の結晶構造研究
- 結晶性の低い試料の構造研究

- 結晶弾性率
- 結晶化度

## SPring-8利用の概要

### 目的

- **コンディショニング効果**の発現機構を解明し、新処方評価に応用する
- ソフトマテリアル用の最先端の**視覚化技術**を獲得する

### 利用形態

- ひょうご科学技術協会との研究支援業務委託契約 (2002年より)
- 共同利用課題トライアルユース (2003A/B)

### 成果

- **ポリウムコントロール効果**、**毛髪ダメージ補修効果**の結晶学的考察
- 分子レベルの毛髪コンディショニング技術開発への指針・検証
- **"9/11 新発想のパンテーンへ" 高浸透アミノプロビタミン処方**
- **屈折コントラストイメージング法**の習得  
各種メディアで「毛髪単繊維のレントゲン写真」を利用
- 関連分野の研究者との連携



## SPring-8への道

1.  $\mu$ -XRDの必要性：毛髪の力学的特性と構造との関連
2. 理研出身の上司→Mr. X→松井純爾先生 (旧姫路工業大学)
3. BL24XUにおける試し実験：笹島靖先生 (兵庫県立大学)
4. 「産業利用研究会」「兵庫BL講習会」にて種々の応用例を学ぶ
5. 社内研究提案懸賞に当たる
6. 兵庫県課題採択、実験を続け現在に至る
7. 「産業ネットワーク」からの情報
8. 屈折コントラストイメージング法講習会
9. 一般課題応募、古宮聰先生 (JASRI) にTUを強く勧められる
10. 2003A/B期採択、実施

## 謝辞

### 敬称略

#### 共同研究者

- 小林ゆかり、山口博史、森田直博、北森敦子 (P&G)
- 横山和司、清水川豊、和田いづみ (HSTA)
- 梶原堅太郎 (JASRI)

#### お世話になっている方々

- 岩崎英雄 (HSTA)
- 松井純爾 (CAST)、籠島靖 (UH)、宮本直樹 ( 県警科捜研 )
- 小寺賢、中前勝彦、古宮聰 (JASRI)