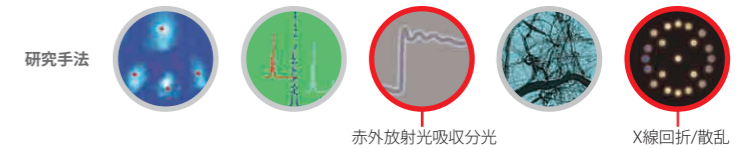


# 長寿命人工関節の開発

人工関節の酸化・劣化を防ぐ材料設計法に指針



## 成果

- 人工関節に使われる**超高分子量ポリエチレン\***の酸化・劣化を防ぐため、**ビタミンE\*\***を添加した製品を世界で初めて開発
- ビタミンE添加量の高精度な分析を行って、抗酸化機能を確認し、製品管理と今後の材料設計に貢献
- 人工関節の経年変化を結晶レベルで初めて観察

研究・開発機関：ナカシマメディカル(株)

**\*超高分子量ポリエチレン** (Ultra High Molecular Weight Polyethylene:UHMWPE) ポリエチレンの分子量を高めたスーパーエンジニアリングプラスチックの1つ。耐衝撃性、耐摩耗性に優れ、自己潤滑性をもっています。ギアやベアリング、工作機械などに利用されるほか、生体内でも安定なことから、人工骨などに用いられています。

**\*\*ビタミンE** 細胞などの酸化を防いで健康を保つ働きをする脂溶性ビタミン。クロマン核と呼ばれる分子構造をもち、そのOH基の水素が脱離して、代謝などで発生したフリーラジカルと反応することで、酸化・劣化反応(ラジカル)を抑制します。食品添加物の酸化防止剤にも利用されています。

## SPring-8の活用

### Before

人工関節の置換手術数が近年増えています。ところが、人工関節の耐用年数は10～20年なので、60代で変形関節症になった人は、80代で再手術を受けることとなります。人工関節の長寿命化は、実現が急がれる研究課題なのです。

人工関節の材料として多く使われているポリエチレンは、酸化によって劣化が進みます。そこで、抗酸化剤の研究が続けられ、生体への影響が少ないビタミンEを添加した超高分子量ポリエチレンが開発されました。ビタミンE添加ポリエチレンは、酸化しにくいだけでなく、潤滑性も向上します。2004年、65症例の臨床試験が行われました。

### After

ビタミンE添加ポリエチレンが酸化しにくいことを実際に確認できるのは、5～10年後になります。しかし、製品化を進めるには抗酸化機能を調べる必要があります。そこで、SPring-8の高輝度赤外放射光を使って、人工関節中の微量な**ビタミンE**を高精度でとらえました。その結果、ビタミンEの添加量と抗酸化機能の関係が明らかになり、2010年には製品化されました。

また、SPring-8の小角X線散乱法を使うと、**ポリエチレンの経年変化を結晶構造の変化として分析**できることがわかりました。この手法をビタミンE添加製品にも適用していけば、今後の経年変化からその有効性が実証されることでしょう。

### 人工膝関節への置換手術

疾患や外傷によって関節の機能が障害を受け、痛みをとまなうとき、その部分を切除して人工関節に置き替え、機能の再建を図ります。人工関節の約60%は膝関節で、人口1万人対の手術数は日本では4.3人にもなります。



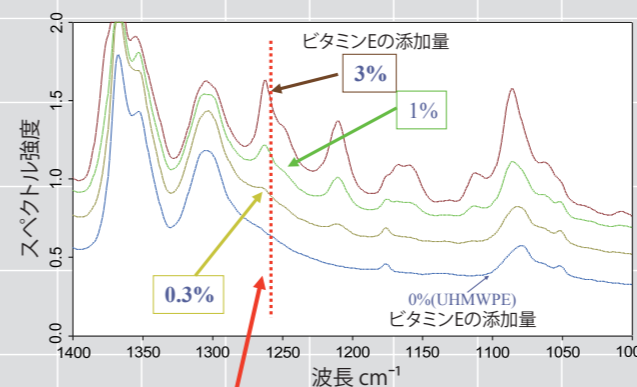
### ポリエチレンプレートの経年劣化



### 人工膝関節中のビタミンEの濃度分析

SPring-8の赤外物性ビームライン(BL43IR)で測定したビタミンE(dl- $\alpha$ -トコフェロール)の吸収スペクトル

微量成分として含まれるビタミンEを解析する場合、従来の測定法では試料が厚くなり、十分な精度が得られません。SPring-8の赤外放射光では、厚さ500マイクロメートルにスライスした試料を高精度で分析することができます。ビタミンEの添加量は0.3～0.5%が適量で、多すぎると機械的な特性に影響を及ぼします。



1262cm<sup>-1</sup>のバンドがビタミンEの濃度に比例して変化している

### 人工膝関節として使われたポリエチレンのX線散乱パターン

SPring-8の小角X線散乱法(SAXS)

体内で14年間使用された人工関節を取り出して観察したデータ。この散乱パターンから、結晶構造を読み取ることができます。

