

研究課題別中間評価結果

1. 研究課題名： ナノ生物物理化学アーキテクチャの構築と応用

2. 研究代表者名： 北森 武彦（東京大学大学院工学系研究科 教授）

3. 研究概要

本研究は、マイクロチップに化学システムを集積するトップダウンテクノロジーと物理化学や生物化学を活用したボトムアップナノテクノロジーを融合し、メソ・ナノ空間領域を人為構築して、高度疾病センサ - や選択的機能人工臓器デバイスなど高機能な化学・バイオ素子の創出を目指すものである。現在までに、トップダウン的加工技術を用いてマイクロ・ナノ複合構造の作製に成功している。ナノ空間における物質挙動を測定する上で必要な水の挙動についても、石英ガラスナノ空間中の水物性の形で検討しており、水分子間のプロトン移動度が物性の空間サイズ効果に重要な役割を果たしていることを見出した。一方、マイクロ空間での界面の直接測定に成功しており、マイクロ向流を実現し、液-液界面付近で生じるナノサイズの渦流を見出すなど、重要な発見が相次いでいる。

4. 中間評価結果

4 - 1. 研究の進捗状況と今後の見込み

研究は当初計画を上回る進捗を見せている。新しい発見も相次いでおり、順調に進んでいる。トップダウン的なナノ加工技術によるナノパターニングは世界トップレベルにあり、拡張ナノ空間構築を実現している。ナノ - ミクロ空間領域の物理化学現象の特性及び現象の解明は、水のプロトン移動速度の増強や液-液向流界面での渦流現象の発見等の興味ある成果を得ており、拡張ナノ空間での物理化学を分子レベルで理解する端緒を開いている。初期の設備投資により最適なナノ加工システム・評価システムが立ち上げられており、健康や医療の高度センシング・モニタリング技術としての応用、あるいはマイクロチップ型の機能選択的臓器代替技術などへの基盤技術確立が期待できる。

4 - 2. 研究成果の現状と今後の見込み

微細加工技術が着実に進み、拡張ナノ空間の構築に成功している。拡張ナノ空間での物理化学、バイオの現象の科学的なインパクトは高い。且つ、環境に配慮した産業技術的な側面のインパクトも極めて高いと考える。

液-液界面状態を直接計測できる μ QELS装置を開発し、界面吸着挙動を界面張力波の変化から検出することに成功していることも顕著な成果である。マイクロ空間での界面の直接測定は、本研究が初めて実現したものであり、マイクロ向流の液-液界面の現象を、高速度カメラなどで観測し、液-液界面付近で生じるナノサイズの渦流を発見している。マイクロ流路における高い抽出効率や

反応速度などの、理論的、実験的な体系化を期待したい。さらに、超微細加工技術の超微量化学物質センサ等への応用により種々の疾患を迅速に診断する疫病センサ、細胞培養及び分化制御による人工臓器創製への道を開くことができ、ナノ流体デバイス、ナノバイオアッセイデバイスへの展開も可能となろう。マイクロ-ナノ空間では、相変化を伴う単位操作は困難を伴うが、その代表例である蒸留にも成功しており、今後の展開が期待できる。

4 - 3 . 今後の研究に向けて

本研究チームが開発してきた拡張ナノ空間創製技術及び観察・測定・評価システムはいろいろな分野への応用が可能である。本研究の成果は世界超一流のものであり、今後の展開も大いに期待出来る。拡張ナノ空間領域の理論構築は、マクロ空間での理論とは異なる理論が不可欠になる筈であり、未踏の分野である。細胞内の物質と流体挙動との関係・解析もその範疇に入るものであり、そのようなサイエンスの構築にも期待したい。

環境技術としての展開も大いに期待できる分野であり、他のプロジェクトとの連携も視野に入れて推進して行く必要もあろう。

4 - 4 . 戦略目標に向けての展望

拡張ナノ空間領域と言う新しい分野での研究であり、スピードアップして世界でトップの革新的な研究としての成果を期待している。

超微細加工技術を駆使することにより、ナノ流体デバイス、ナノバイオアッセイデバイスへの展開が可能であり、生体内の超微量化学物質センサ等への応用を図り、種々の疾患を迅速に診断する疫病センサを開発できる可能性もある。さらに、細胞培養及び分化制御による人工臓器創製への道を開くことができるかもしれない。非常に応用範囲の広い研究であり、期待も大きい。

4 - 5 . 総合的評価

開発された拡張ナノ空間創製技術等は、他の追随を許さない、優れたものであり、これにより創製されたナノデバイス(ナノ流路等)の物理化学及び生物のナノ制御関連研究に及ぼす効果は、極めて大きい。ナノの世界とマイクロの世界を繋ぐ細胞培養・分化制御の分野においても、これらのデバイスの果たす役割は大きい。チーム間の連携も十分で、効果的に機能している。ナノ、マイクロ流路を用いた新しい化学の研究が進められており、とくに基礎研究面での成果が上がっている。また細胞への影響など挑戦的な課題にも取り組んでいる。これまでの成果及び研究への取り組み姿勢から、今後も画期的な成果が期待でき高く評価できる。