

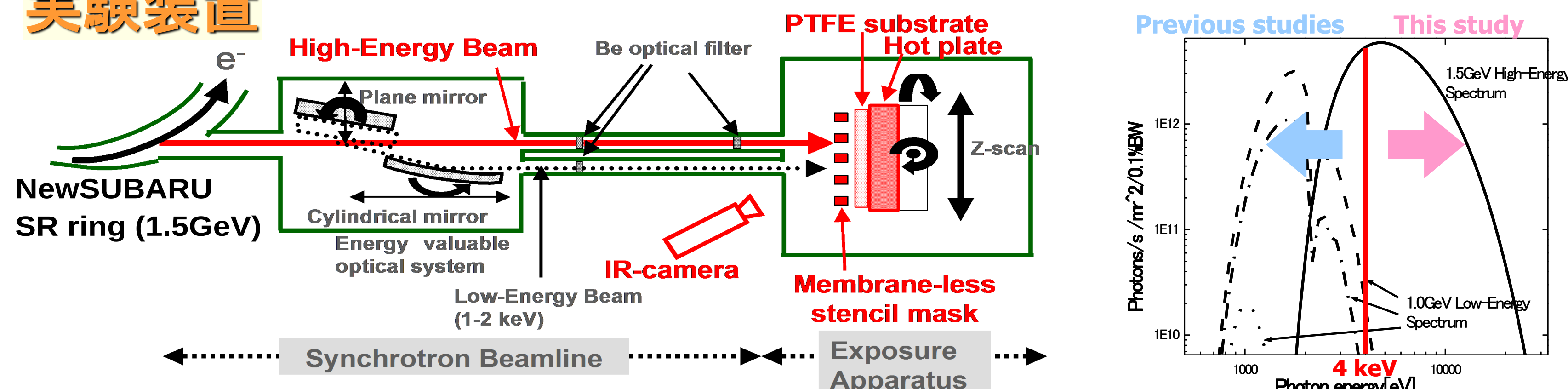
放射光を用いたPTFE加工と流体チップへの応用

兵庫県立大学高度産業科学技術研究所
LIGAプロセス研究開発センター

背景

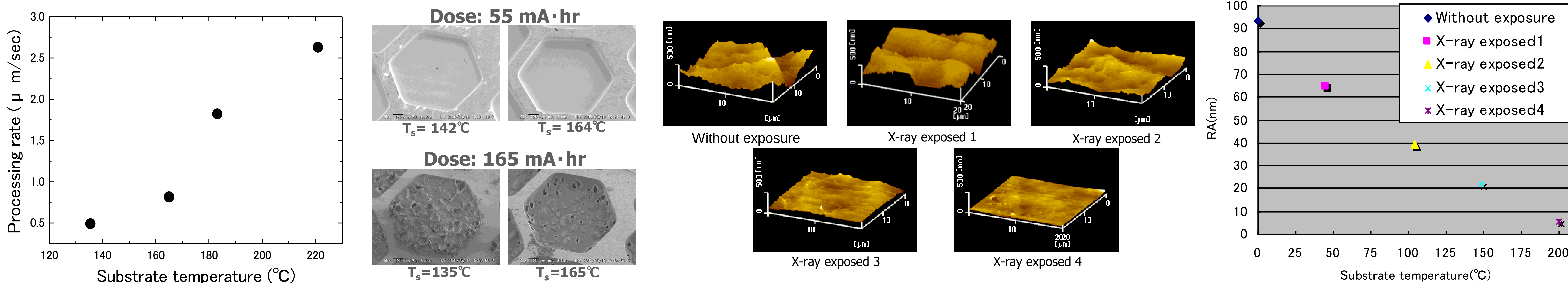
ポリテトラフルオロエチレン (PTFE) は熱的、化学的に安定かつ撥水性、電気絶縁性に優れ非常に個性的で魅力的な材料です。兵庫県立大学が所有するニュースバル放射光施設の大面積X線露光装置「BL-2」では従来の手法では困難であったPTFEの微細構造体の作製を実現する研究を行っています。研究の進め方としては放射光によるPTFE光刺激脱離プロセスの解明、超高精度(分解能nmオーダー)のハイアスペクト構造体の形成及びマイクロデバイス応用と大きく分けて二つの研究を進めています。

実験装置



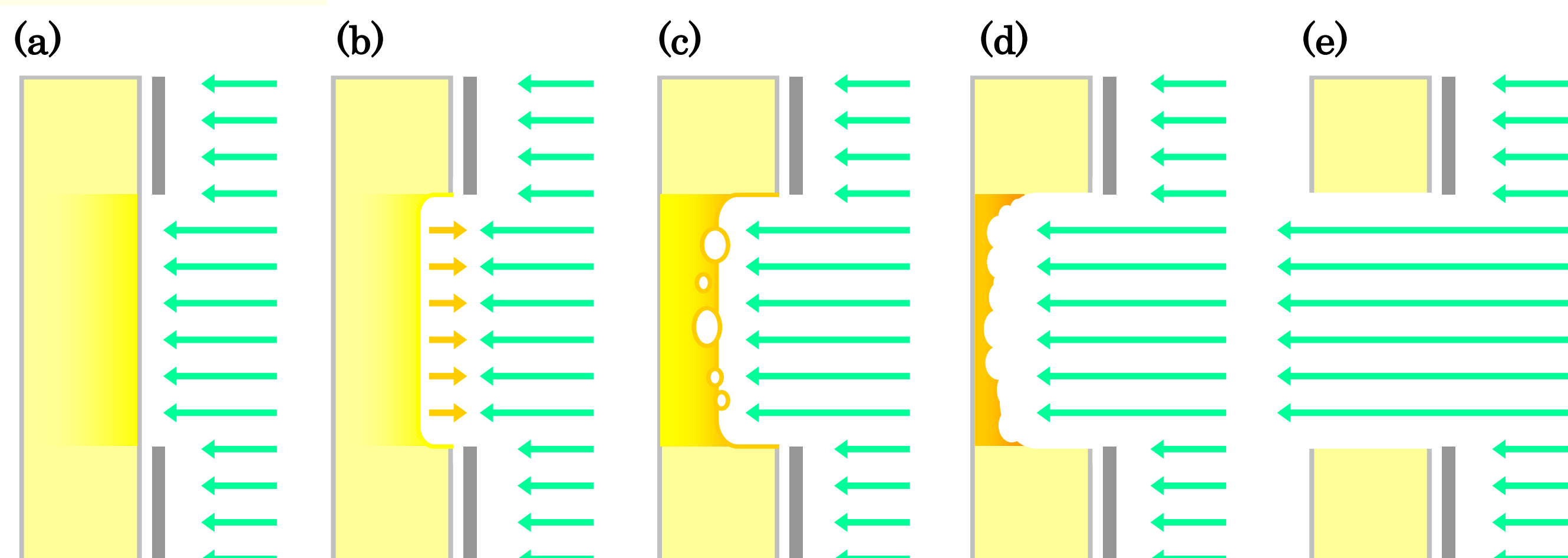
BL-2では高エネルギービームライン(2-12keV)と低エネルギービームライン(1-2keV)が利用可能です。これまでのPTFE加工の研究では4keV以下のエネルギーが使用されていたのに対し本研究では10keV以上の比較的高エネルギーの放射光を使用しており、これによって新たなPTFEの光刺激脱離プロセスの解釈を得ることができました。

高エネルギーX線によるPTFEの微細加工特性

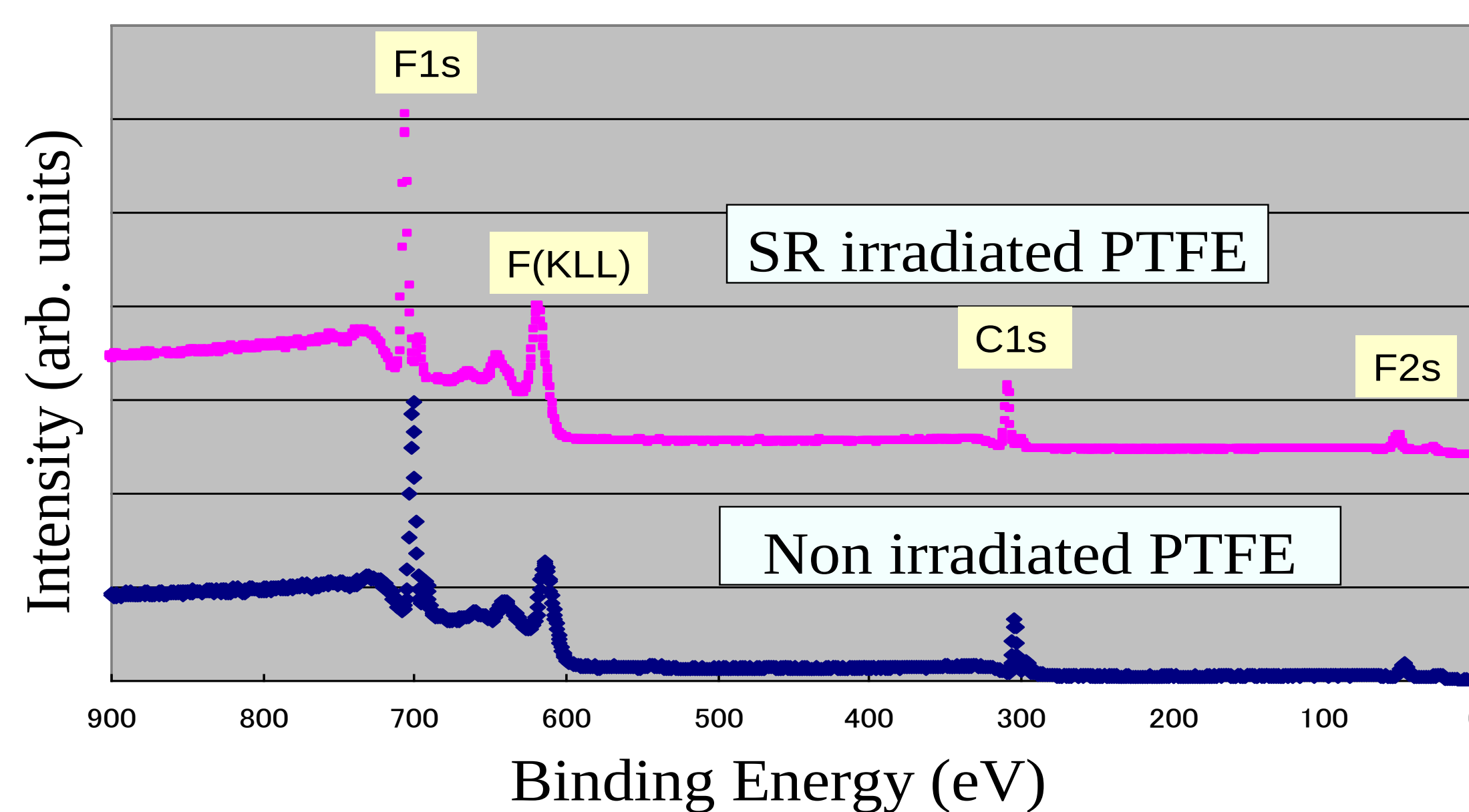


高エネルギーの放射光(2keVから10keV以上)をPTFE基板に照射することにより、これまでの報告例より高い基板の温度上昇やPTFE基板表面に泡構造の形成が確認されました。また放射光照射後のPTFE基板表面をAFMにて観察することにより、放射光照射後のPTFE表面の平滑化現象を発見しました。

加工メカニズム



(a) 表面のエッチング (b) 深層の変質 (c) 気泡の発生
(d) クモの巣構造の形成 (e) 基板の貫通加工

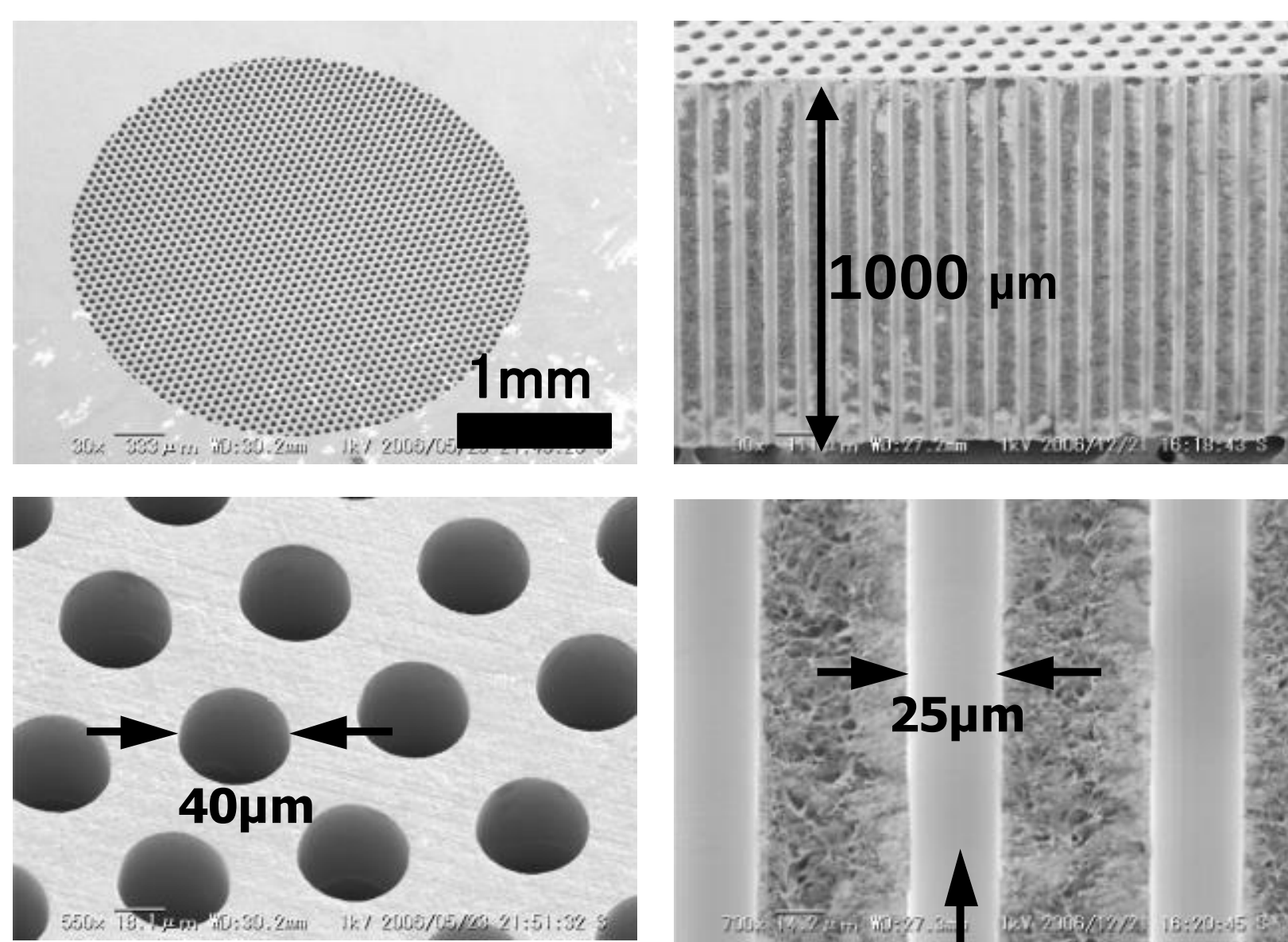


エッチング過程の初期段階において、PTFE基板に高エネルギーX線が照射されることにより基板の深部にまでX線が到達するため、基板表面から基板深部にわたり加工の初期段階から化学結合の切断が起こり、PTFEの低融点化が進行していると考えられます。さらにX線を照射し続けることにより基板表面付近のPTFE分子断片の脱離が促進され、X線照射表面は粘性の高い液体状態を経て蒸発過程に達し、基板深部からの蒸発(沸騰)により発砲したような構造が形成されます。照射を続けることによりエッチングが泡構造まで進行し荒いPTFE加工表面が現れ、最終的にはPTFE断片は蒸発し、消失するため基板のエッチングは飽和することなく基板を貫通するまで進行すると考えられます。PTFEの加工表面の化学量論は維持されているので理論上は無限のアスペクト比を得ることが可能です。

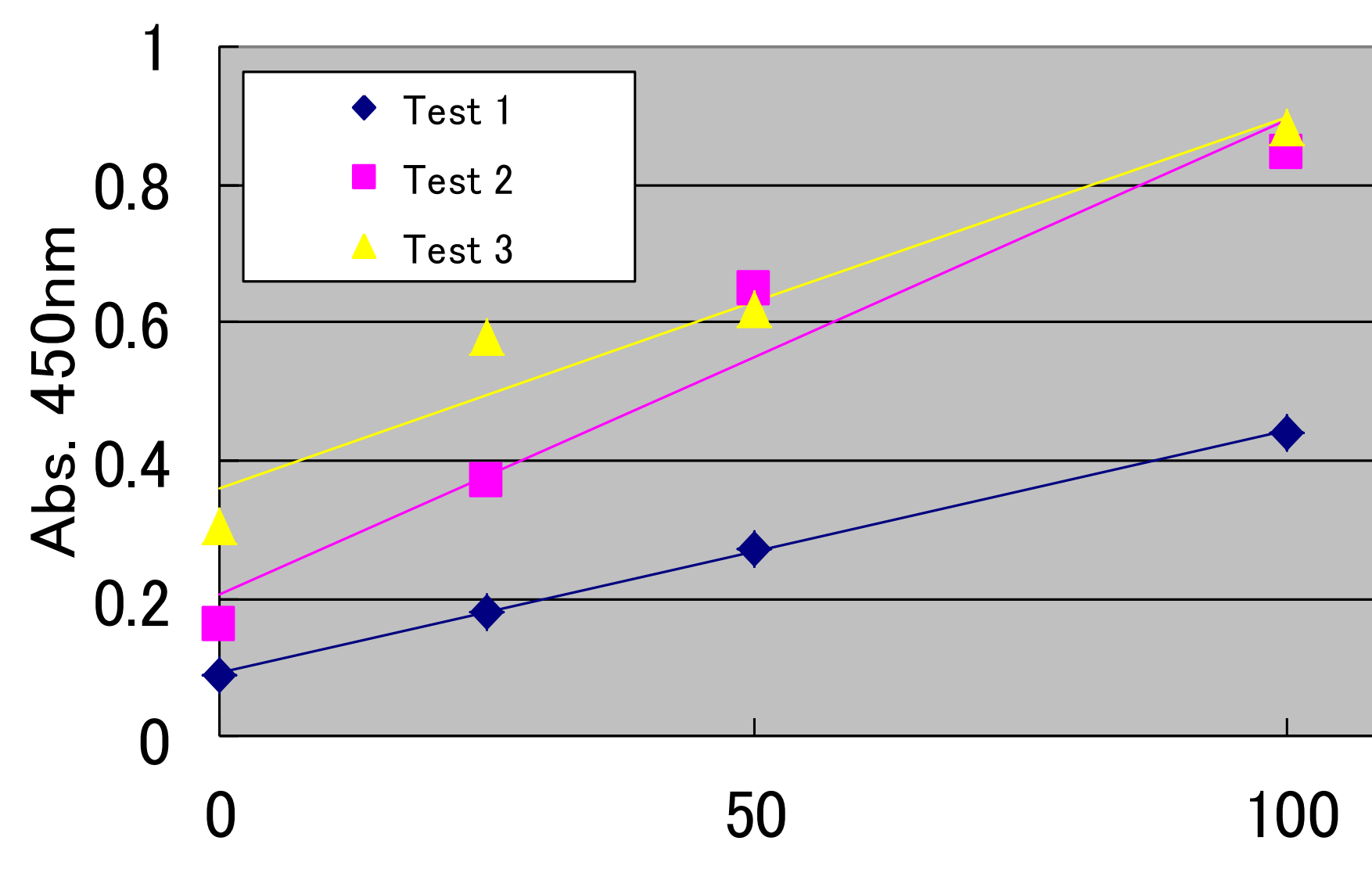
PTFE製マイクロフィルターのELISAへの適用



垂直型マイクロリアクター



PTFE製マイクロフィルター



PTFE製高アスペクト比微細構造体のマイクロ流路への適用として、PTFE製マイクロフィルターを反応場としたELISA測定を行いました。抗体を固定化したPTFE製フィルターを垂直型マイクロリアクターに実装し、サンドイッチELISA法によりマウスIgGを測定しました。異なる日に行った3度の実験でいずれも0~100ng/mlの濃度範囲で検量線の作成に成功しており、本手法の有効性を示しています。