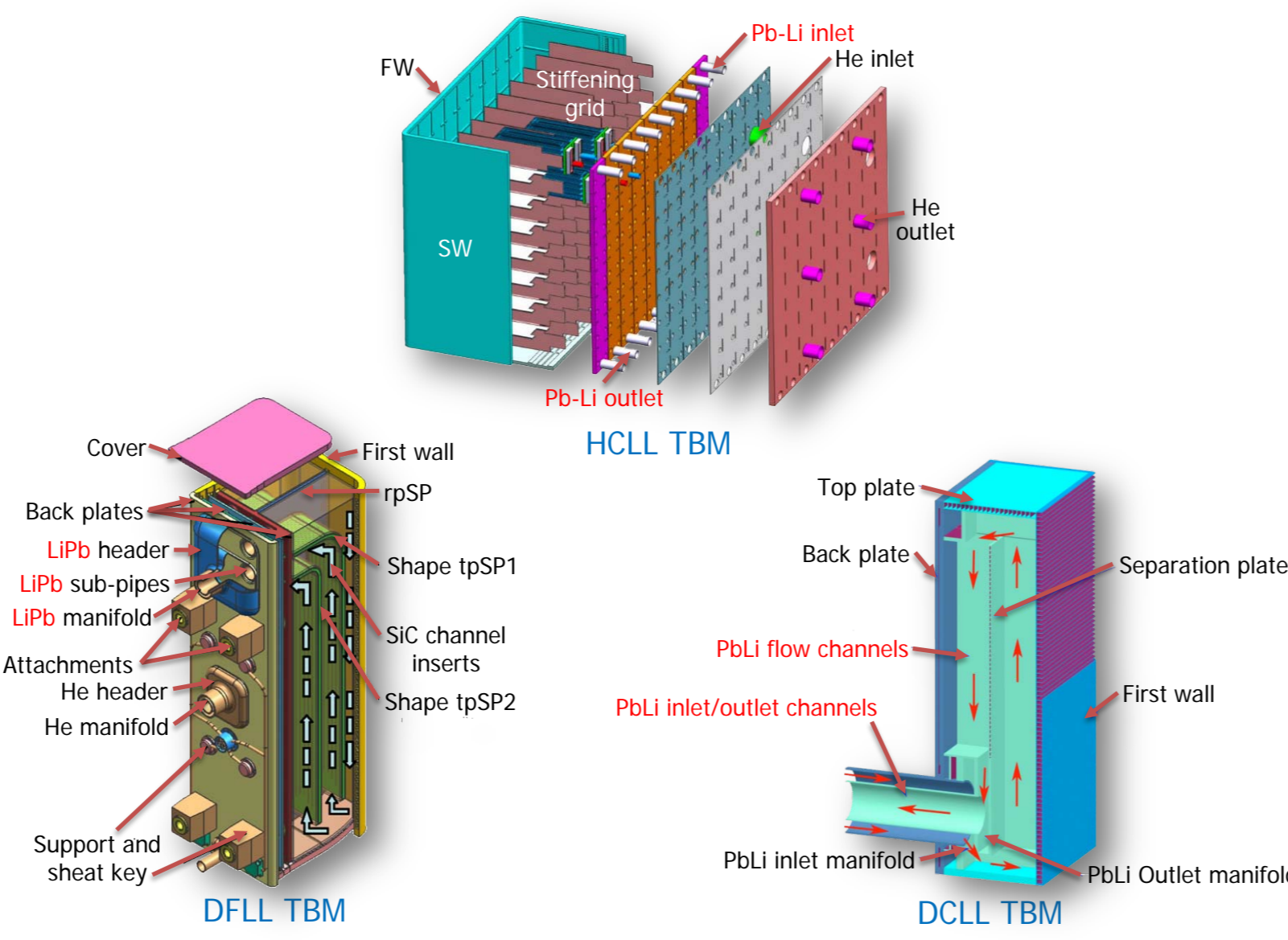


背景

高温液体LiPbブランケットは将来の核融合炉において有望な利点があり、世界的に注目されている。特にその成立性に先進候補構造材で注目される低放射化フェライト鋼、SiC_f/SiC複合材などの材料と高温液体金属との適合性は不可欠であり、高温運転の流動条件における液体金属での腐食挙動に対する研究は核融合炉の安全確保、減肉による材料の性能及び寿命とそれによる信頼性のデータを評価するための重要な課題の一つである。



目的

演者らはSiC複合材を用いた高温液体LiPbブランケットの研究を進めているが、その成立性には先進候補構造材であるSiC_f/SiC複合材と高温液体金属との適合性は不可欠である。

本研究では、900°Cレベルの高温液体LiPbに対する材料の時間に対する動的な腐食挙動を測定するため、改良した回転腐食装置を用いて高温LiPbの流動条件(流速、温度、時間)におけるSiC複合材の変化を分析した。

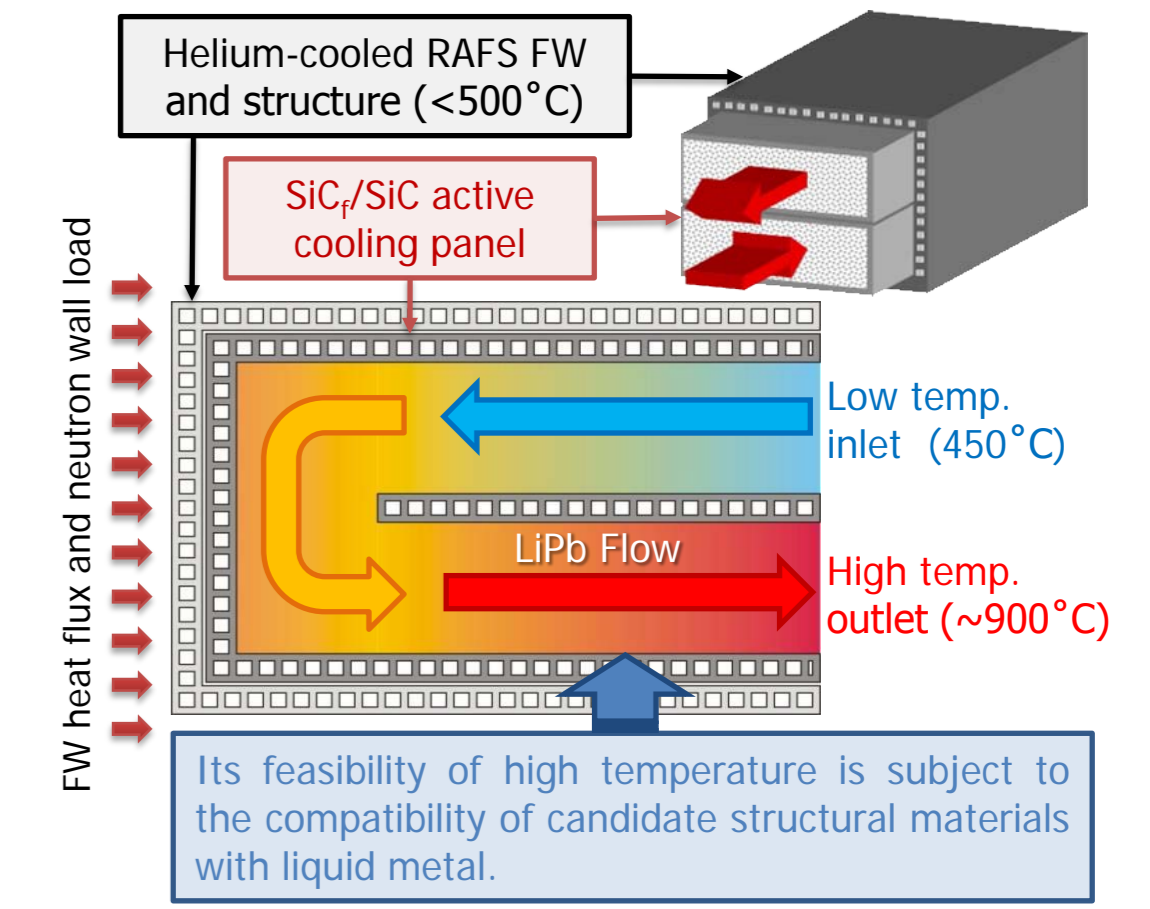


図1 Simplified SiC-LiPb Blanket Module Flow Scheme

試験方法及び実験装置

実験装置

- 回転腐食試験装置: LiPbに非活性であるMoを用いた装置
- ディスク状の試験片を回転させて、実際の運用温度及び流速などの広範囲なパラメータ領域で実験を行う。
- 雰囲気: アルゴン雰囲気グローブボックス内 (O₂, moisture < 0.1ppm)

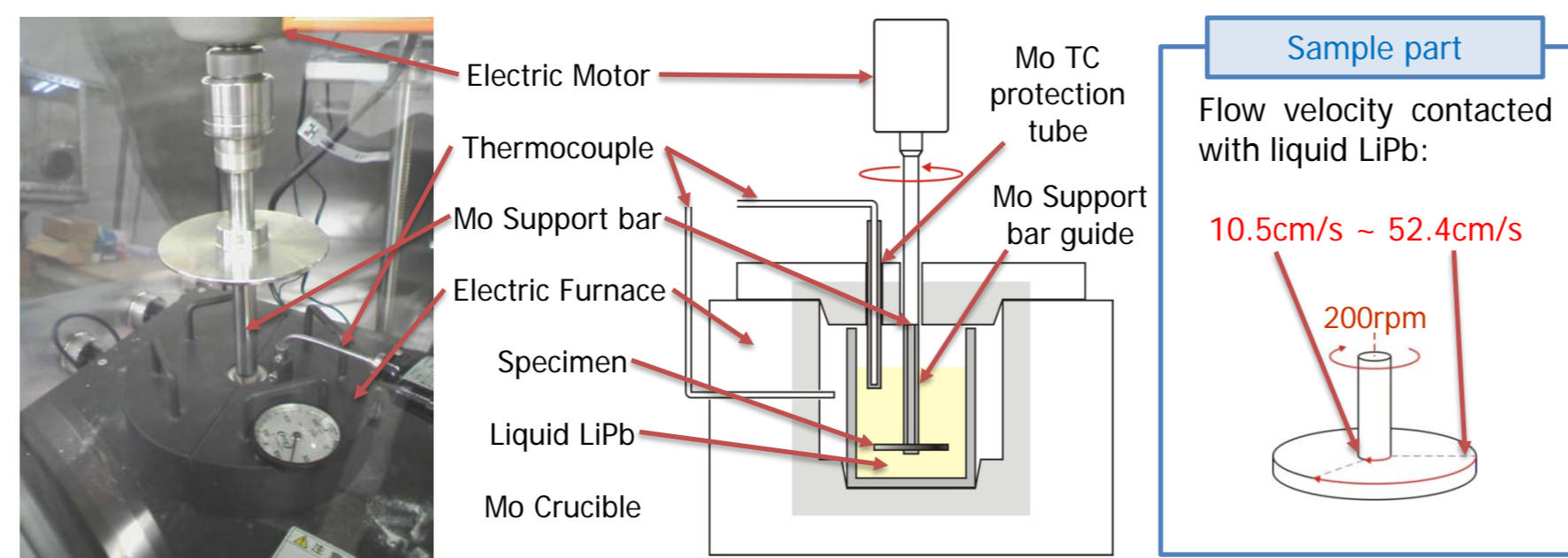


図2 回転腐食試験装置

試験サンプル及び実験条件

Materials	Diameter	Duration	Temperature	Flow velocity
SUS316 (tester)	30mm	500h	500°C	16.8~31.4cm/s
NITE SiC _f /SiC composite	50mm	500h	900°C	10.5~52.4cm/s
	"	1000h	"	"

* Nano-Infiltration Transient-Eutectic Phase Process, density: 3.0083g/cm³

分析方法

試験片の表面、荒さ、造成の変化などは光学顕微鏡, SEM/EDX, EPMAによって腐食特性を評価

実験結果

相対流速に対する腐食挙動の評価

- 円盤上の位置ごとに調べること、腐食挙動を相対流速に対して評価することができる。
- 腐食量は円板外側で大きく、相対流速に依存していることがわかる。
- この試験で得られた金属サンプルのLiPb中ではCr, Niが選択的に腐食される結果が得られた。

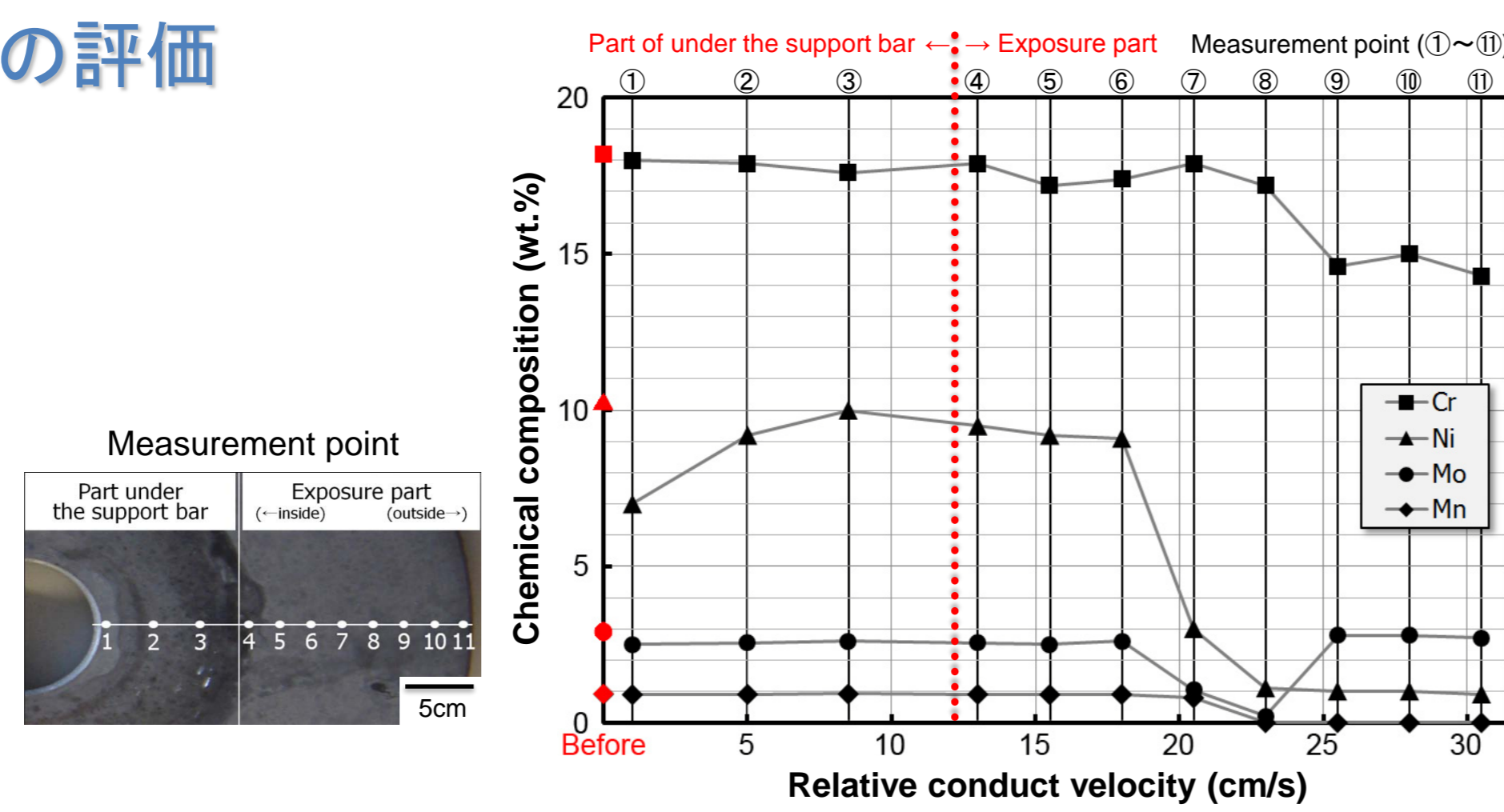


図3 回転腐食試験での金属元素の径方向元素分布 (500°C, 500時間前後のSUS316の場合)

元素分析

- 浸漬されたNITE SiC_f/SiC複合材の900°Cの両方とも(図4, 5)、露出された表面へ全般的に酸素を含む層を形成したことを目視で確認でき、この層は特定の厚さを持つ表面下層から表面上までまずYを含むSi, C, Alの物質移行が起きて元素希薄層及び酸素を含む層を形成したことで見られる。
- この酸素含むYの層は他の元素(Si, C, Al)を含む層より上に位置していることを確認できること、また1000時間後の元素分析では微量のYしか確認できないことをみて、500時間前後のところで酸素を含むYから物質移行が起きることを見出した。
- また二種類の層の厚さはマトリックス部と繊維部に関係なく直径・露出時間による相対的な接触速度によって比例的に増加することを確認することができた。
- 本試験において、雰囲気中の酸素は少ないため、酸素の供給減はまた不明である。しかし、このことから考えられる材料変化の一つの説明としては、LiPb中に化合物(Li₂O)などの形で存在している酸素が、SiC複合材の構成元素と複合酸化物(LiAlO₂, Li₂SiO₃等)を作るといふ可能性がある。

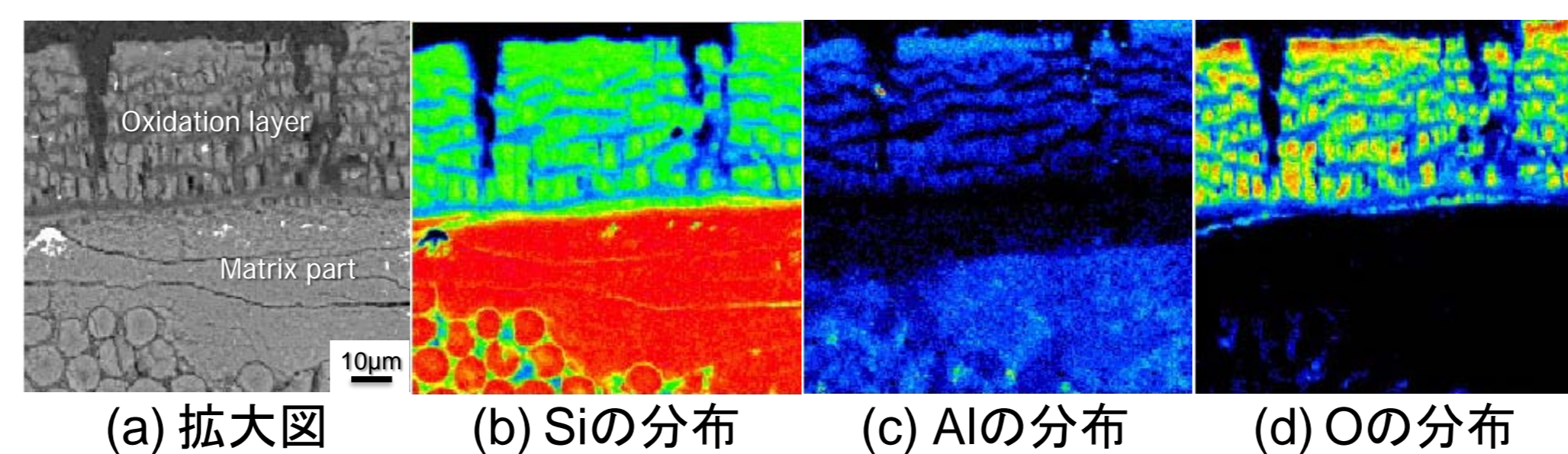


図6 900°C, 1000時間後のSiC_f/SiC複合材(断面)のEPMA分析

SiC_f/SiC複合材の場合、

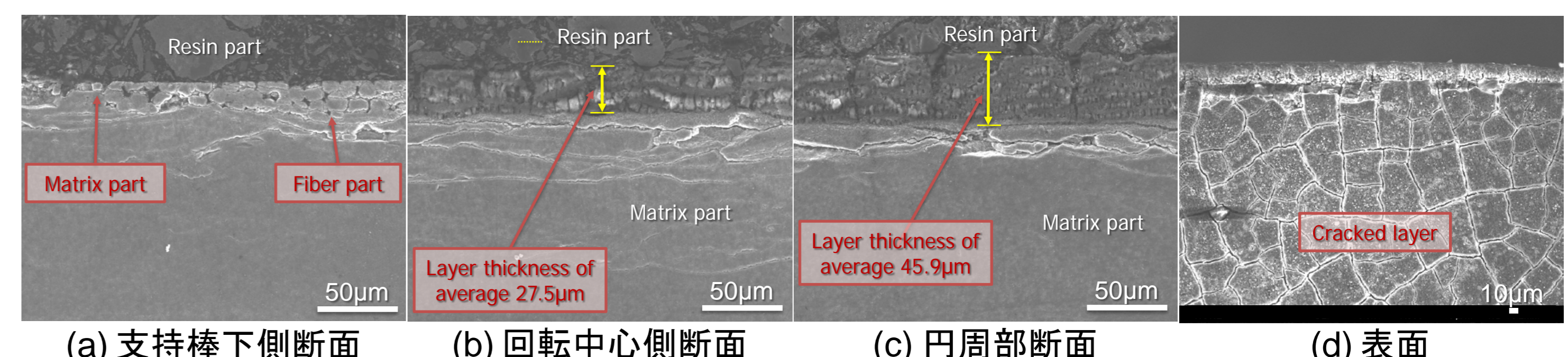


図4 900°C, 1000時間後のSiC_f/SiC複合材

- 全体の厚みにはほとんど差が見られないが、(d)のように特にマトリックス表面にひび割れた層は顕著にみられる。
- 断面を見ると、LiPbとの接触速度の遅い内側で27.5μm、外側では45.9μmの層となっており、接触速度とこの表面層の厚みの間には相関関係が認められる。

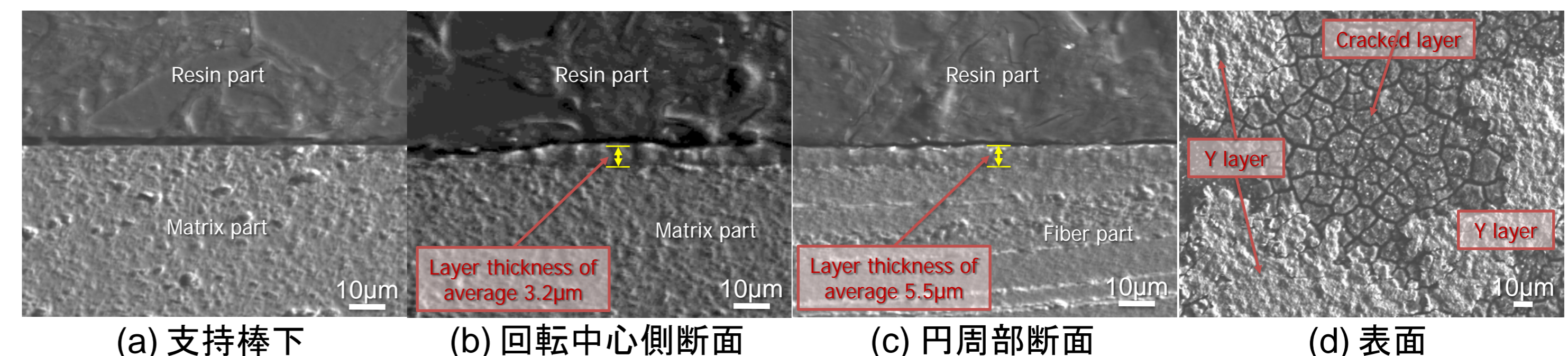


図5 900°C, 500時間後のSiC_f/SiC複合材

- 900°C, 1000時間後の場合と同様に、マトリックス表面にひび割れた層は顕著にみられ、また(d)のように特にひび割れた層上に酸素を含むYの層が顕著にみられる。
- 断面を見ると、LiPbとの接触速度の遅い内側と外側ではそれぞれ3.2μm、5.5μmの層となっている。

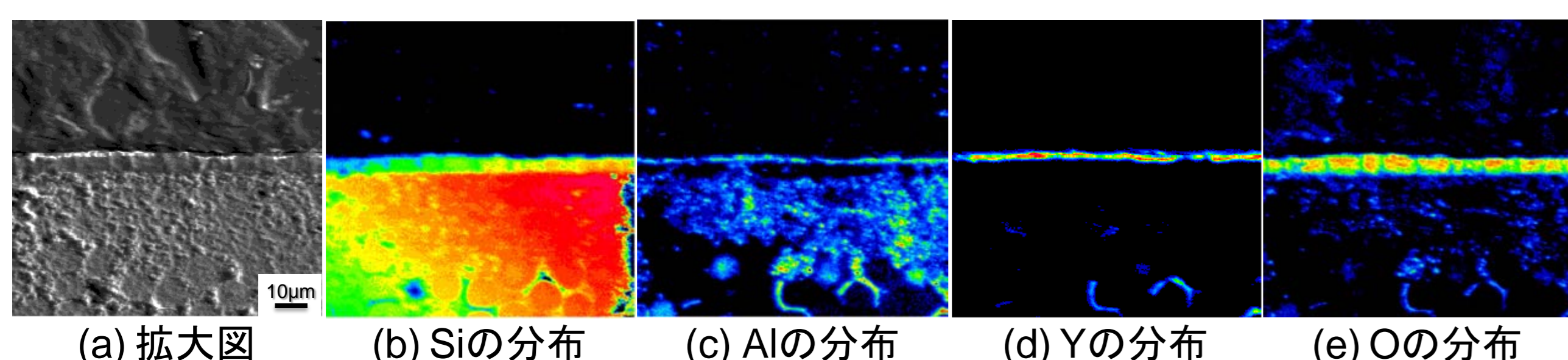


図7 900°C, 500時間後のSiC_f/SiC複合材(断面)のEPMA分析

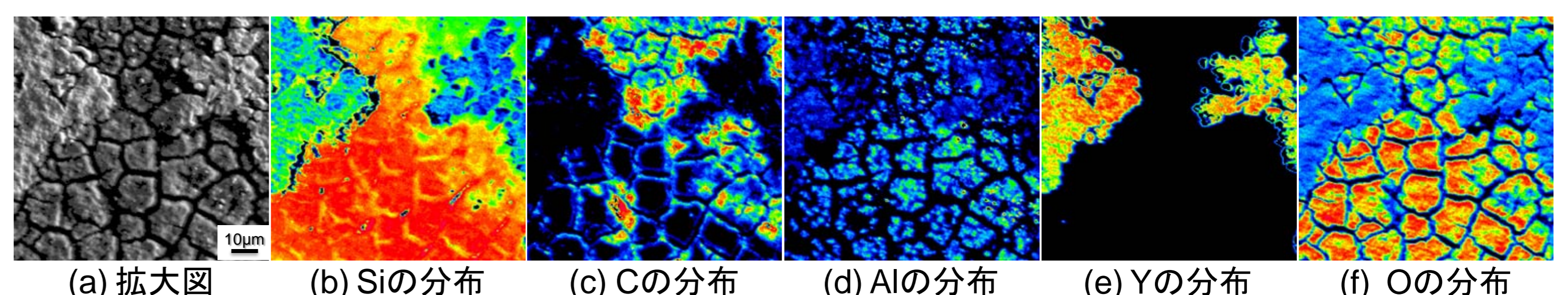


図8 900°C, 500時間後のSiC_f/SiC複合材(表面)のEPMA分析

まとめ

- 900°Cレベルの高温領域で、材料として形成するための焼結助剤(Al₂O₃, Y₂O₃)を含むSiC_f/SiC複合材は、500時間前後のところで表面上に物質移行が起きた。
- 高温液体LiPbとの接触速度とこの表面層の厚みの間には相関関係が認められた。

今後の予定

- 本試験で確認した酸素の供給減を究明するため、液体金属LiPbが大気に接触している条件上等で実験を行う。
- SiC材の表面から起こる現象を明らめ、それによるブランケット機能材として必要とされる性能(電気伝導度・絶縁能力、熱伝導度等)変化の可能性も求める。
- 高温液体金属のMHD流動に対する先進材料の共存性を究明する。