

A Study on Reforming of Fuels and Efficient Energy Conversion System Through Chemical Reactions under Super Critical Conditions

超臨界状態における反応を利用した燃料の 高品位化と高効率エネルギー変換に関する研究

プロジェクトリーダー 富 安 博
東京工業大学 名誉教授

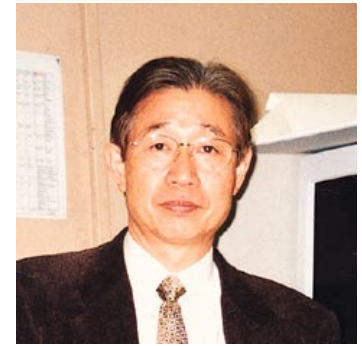


図1．研究打ち合わせ風景



図2．超臨界水高分解能核磁気共鳴吸収装置

1．研究の目的

“水と油”という喩がある。これは水と油が混ざらないことにその語源がある。しかしながら、高温（374 以上） 高压（220 気圧以上）の超臨界状態では、このことは全く通用しない。水と油は混ざってしまうからである。超臨界状態では、水の誘電率が著しく低下するため、通常は難溶性の有機物も超臨界水には溶解する。逆に、水溶性の金属イオンの多くは酸化物として沈殿してしまう。溶解した有機物は、還元雰囲気では炭素－炭素結合の切断により低分子物質に分解され、酸化剤の存在下では燃焼もする。本研究は、この超臨界状態の特異な性質とそこで起こる反応を利用して、低品位燃料を高品位化することおよび高効率エネルギー変換システムを開発することを最終的な目的としている。つまり、水中で燃料を処理し、有害物質を取り除いたり揮発性を高めたりして品質を向上させ、それを効率良く燃やすことである。上記の目的を達成するためには、超臨界水中で起こる反応を制御しなければならない。そのためには、まだ十分には理解されていない超臨界状態における水の性質、溶質の構造、電子状態、反応性等の物理化学的基礎データを構築していく必要がある。本研究は、超臨界状態をキーワードとし、分光学、熱力学と反応速度論に関する基礎的な研究を行い、次に、それら基礎研究を基にして、超臨界反応容器を有するエネルギー変換装置を製作し、高効率エネルギー変換技術を確立していく。

2. 研究の内容

(1) 超臨界高分解能核磁気共鳴吸収装置 (NMR) の開発とその応用

超臨界水中で高分解能NMR測定を行うことができる装置を開発した。高分解能測定という点では、本研究が世界で最初の試みである。この装置を開発した目的は、高分解能NMR測定により、超臨界水中の有機物を直接同定することである。これにより、超臨界水中で、還元分解あるいは部分酸化により生じた物質の種類と濃度を、NMRスペクトルの解析から決定することができる。本研究では、超臨界水中で起こる有機物の反応を分単位で追跡する。最初は燃料の模擬物質で、次に、実際の燃料について、実験を行っていく。また、NMR測定から得られるケミカルシフトと核磁気緩和時間のデータから、超臨界水の性質、超臨界水と溶存する有機物あるいは金属イオンとの相互作用、さらに非常に速い溶媒-溶質交換反応について詳細な研究が可能である。

(2) 超臨界可視・紫外分光光度計 (UV) 装置の製作とその応用

超臨界水中でUVスペクトルを測定することができる分光セルを製作した。このセルには、3面にサファイアの窓を有し、2面は透過光用に、他の1面は照射光用に使われる。セル以外は通常の分光器を使用することができる。UV測定だけでなく、レーザーラマン、蛍光スペクトルおよび蛍光寿命測定が可能である。このセルを使用した様々な分光学的な測定から、超臨界水中の有機物あるいは金属錯体の構造と結合、電子状態および反応性に関して定量的な研究を行っていく。

(3) 超臨界状態における光反応とその触媒への応用

通常の状態 (常温、常圧) において、金属 (あるいは金属を含む化合物) が有機物の分解触媒として作用することがある。特に、光触媒の効果はさらに顕著になることが知られており、すでに、実用化もされている。本研究では、超臨界状態において、金属化合物の光触媒の可能性について調べる。その第一段階として、超臨界水中の金属化合物の光吸収と光励起および励起状態の寿命とその反応性について測定を行い、光触媒の実用化に向けて研究を行っていく。

(4) 超臨界水の電気化学的研究

超臨界水は有機溶媒を溶解するが、その性質はむしろ僅かに極性のある非水溶媒に近い。そのことは、すでに本研究において、分光学的にも支持されている。即ち、超臨界水には電解質がある程度は溶解し、水としての性質も保持している。本研究は、超臨界水の僅かな水としての性質に注目し、サイクリックボルタメトリ (CV) 等の電気化学的な研究を行い、その工業的有用性について検討する。

(5) 輸送現象観察用超臨界水反応容器の製作と反応帯形成に関する研究

これまでの研究成果として、観察用の窓を有する小型な超臨界水反応容器を製作した。この装置を用いることにより、超臨界水中における熱の伝播、模擬燃料の燃焼について研究を行っている。今後は、燃料の還元分解、部分酸化、それら生成物の燃料としての最適条件について、さらには有害物質の除去に関して基礎データを構築していく。これらのデータを基に、大型の超臨界水反応容器を製作し、さらに詳細な研究を行い、燃料の高品位化技術と超臨界状態で保有するエネルギーの効率的な回収技術を確立していく。本研究により、超臨界水反応容器の工業的利用に向けた技術を発展させていく。

3. 研究の体制

期 間：1997年9月 - 2002年3月

構 成：プロジェクトリーダー：富安 博 (東京工業大学・原子炉工学研究

所・教授) コアメンバー：2人、研究協力者：11人 (内ポストドク3人)

実施場所：東京工業大学・原子炉工学研究所 目黒区大岡山2 - 12 - 1

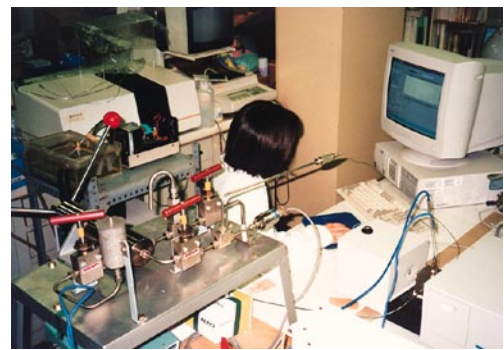


図3. 超臨界水可視・紫外分光光度計装置

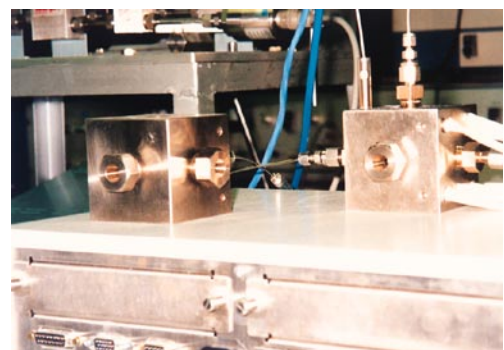


図4. 超臨界水用分光セル

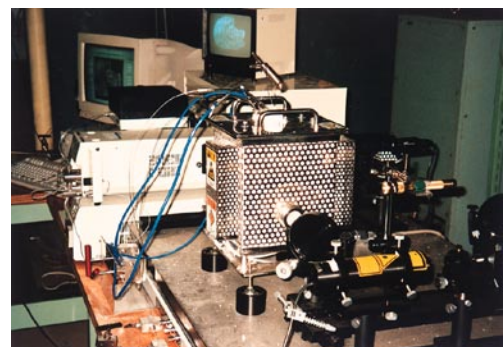


図5. 輸送現象観察用超臨界水反応容器