

原子力機構における最近の原子分子データ活動

日本原子力研究開発機構、核融合研究開発部門

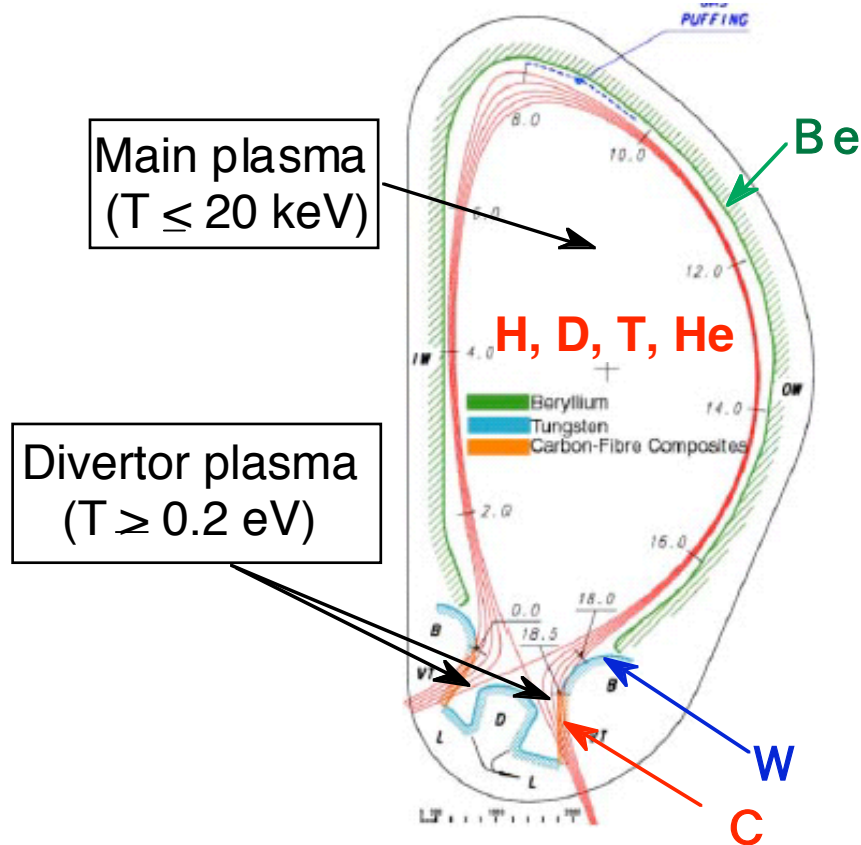
久保博孝、左高正雄

本講演の内容

1. 核融合研究で重要な原子分子データ
2. 評価済みデータのwebによる公開
3. JT-60Uを用いたデータの生産
4. 委託調査
5. 外部協力
6. まとめ

1. 核融合研究で重要な原子分子データ

ITERのポロイダル断面



- 低温ダイバータプラズマ中の原子分子過程に関するデータ
- 高温主プラズマ中の重不純物高電離イオンに関するデータ
- 固体とプラズマの相互作用に関するデータ

- 衝突エネルギーは、その粒子が存在する温度程度 (~電離エネルギー)
- 重要な元素は限られる。
(H,D,T, He, Li,Be,B,C,N,O,Ne, Ar,Cr,Fe,Ni,Cu,Kr,Mo,Xe,W)
- 電子、水素、ヘリウムとの衝突が重要
(不純物と不純物の衝突は、あまり重要ではない)

2. 評価済みデータのwebによる公開

<http://www-jt60.naka.jaeri.go.jp/JEAMD/INDEX.htm>

評価済みの衝突断面積

約980の衝突過程

経験式がダウンロードできるように改造中

例: excitaion from $X\ 1\Sigma_g^+$ to $B'\ 3\Sigma_u^-$

$$\sigma = 1 \times 10^{-16} \left(a_1 (E_1/E_R)^{a_2} / (1 + (E_1/a_3)^{a_2+a_4}) \right. \\ \left. + a_5 (E_1/E_R)^{a_6} / (1 + (E_1/a_7)^{a_6+a_8}) \right) \text{ (cm}^2\text{)}$$

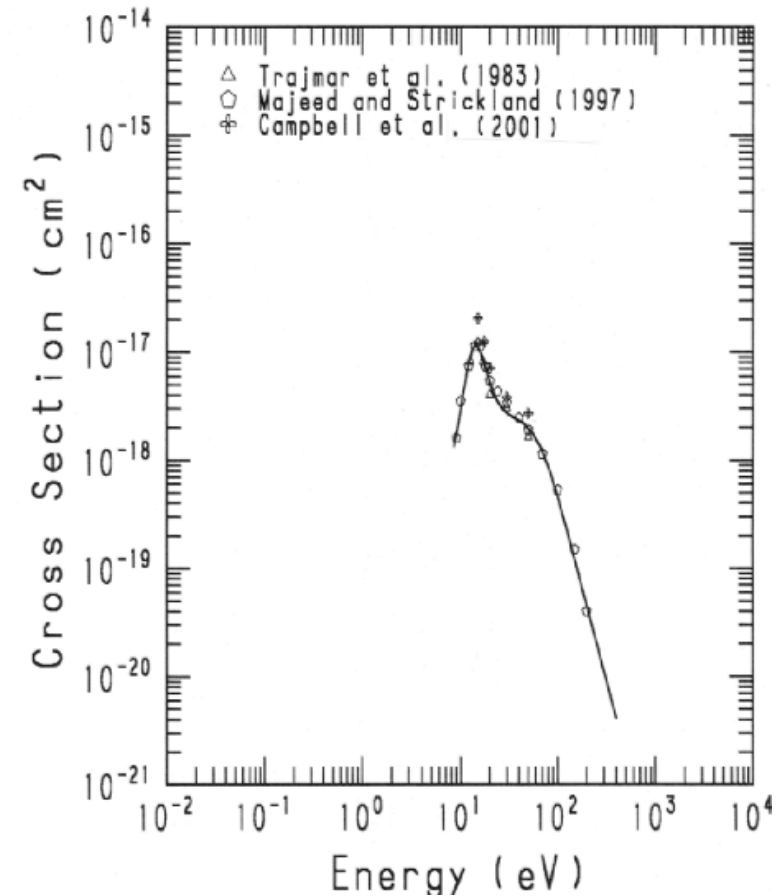
$$E_1 = E - E_{th} \text{ (keV)}$$

$$E_{th}=0.00816,$$

$$a_1=0.750, a_2=1.97, a_3=0.00670, a_4=3.03,$$

$$a_5=0.0212, a_6=0.150, a_7=0.0578, a_8=3.39$$

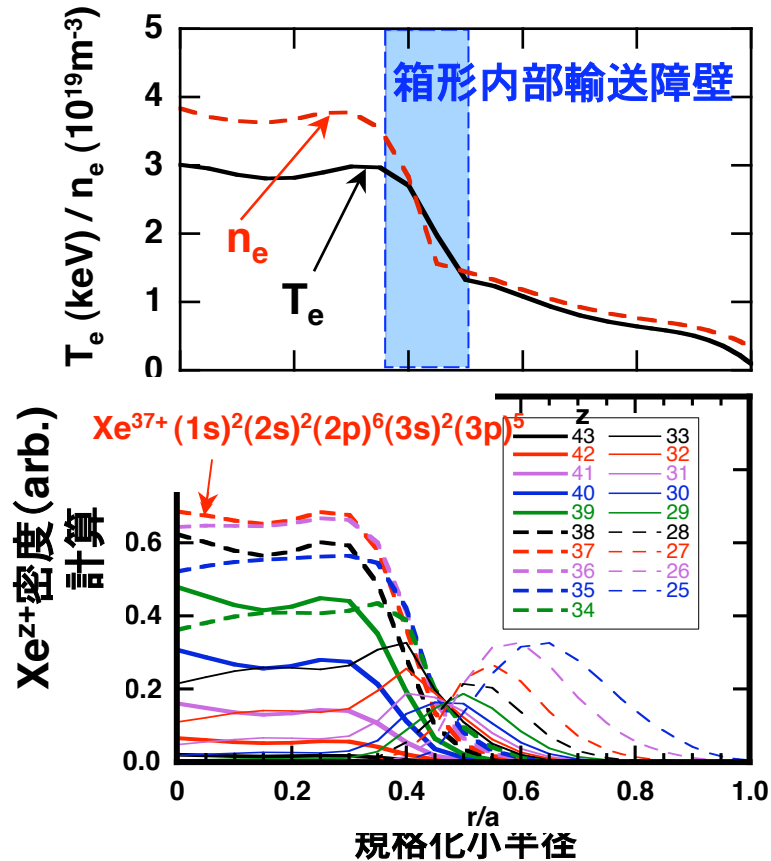
例: excitaion to $B'\ 3\Sigma_u^-$



3. JT-60Uを用いたデータの生産

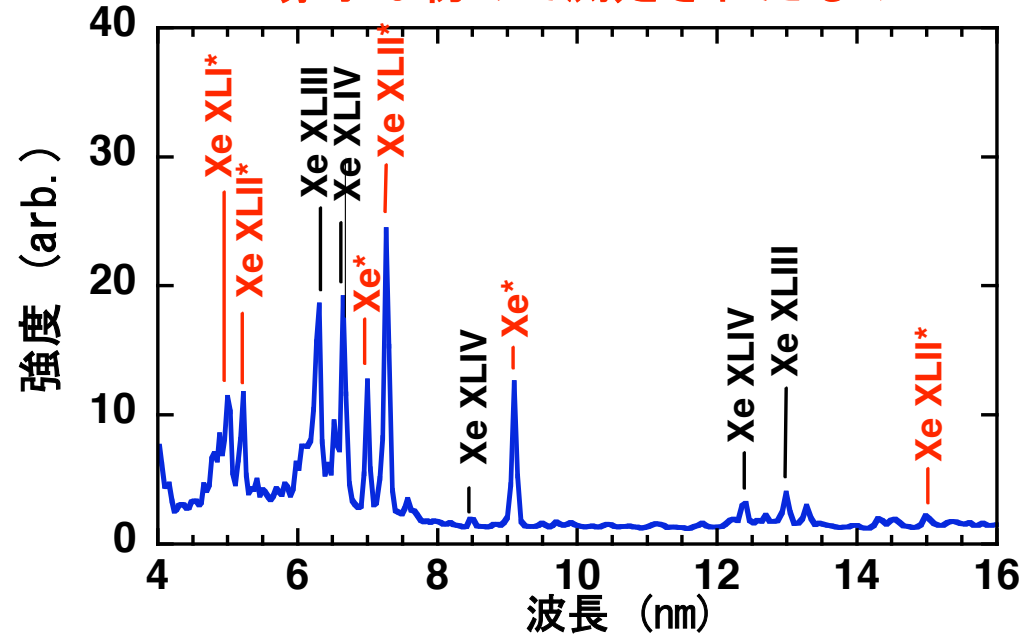
(1) 高電離Xeイオンの波長同定

Xeは、重不純物の輸送を研究するため、
放射冷却によってダイバータ板の熱負荷を軽減するため、
プラズマに入射



JT-60Uで観測したXeのスペクトル ($n=3-3$)

*赤字は初めて測定されたもの



HULLAC, Desclauxを用いた解析
(関西研、佐々木氏、森林氏の協力)

(H. Kubo, J. Nucl. Mater., in press.)

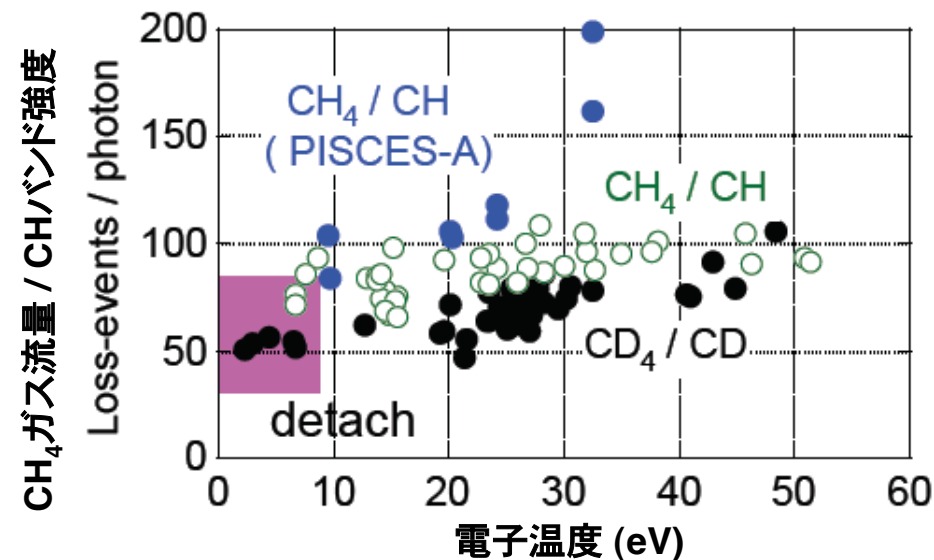
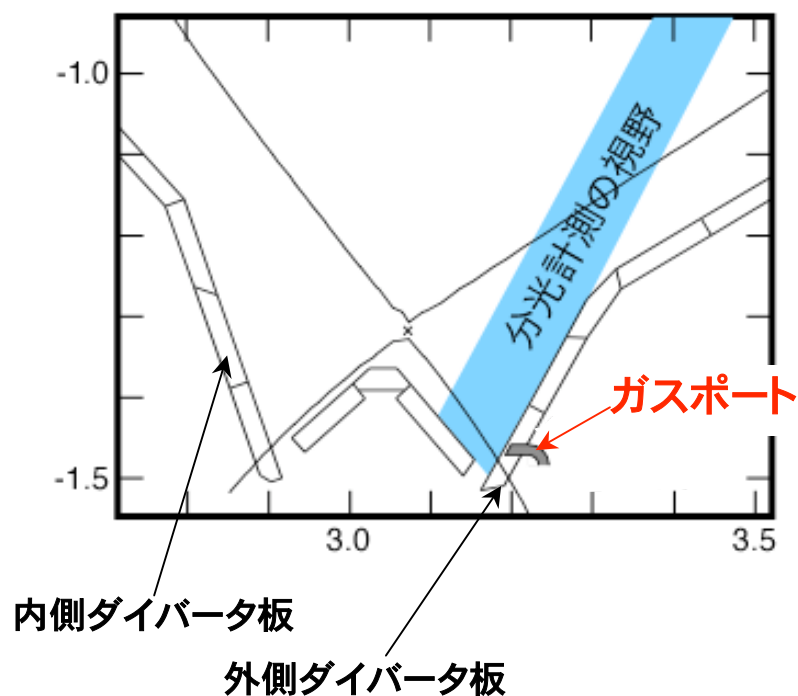
箱形内部輸送障壁を持つプラズマでは、一定の温度のプラズマから放射される高電離イオンのスペクトルが観測可能 ---> 原子分子の研究にも有効

3. JT-60Uを用いたデータの生産 (2) 炭化水素分子の発光率の測定

CH_4 , CD_4 , C_2H_4 , C_2H_6 をダイバータプラズマに入射し、
CH(或いはCD)バンド, C_2 バンドの発光率を測定

炭素材の化学スパッタリングで生成される炭化水素分子の定量評価のため必要

JT-60Uのダイバータ領域



T. Nakano, International Tokamak Physics
Activity meeting, Divertor&SOL Physics (2006).

4. 委託調査(1)

(1) 低電離Wイオンの電荷変化断面積(京都大学、伊藤教授)

- W⁺と希ガス(He, Kr), H₂, N₂, 炭素含有分子の電荷変化断面積の測定
- 2006年に学術誌等に発表される電荷変化断面積実験データの収集
- 来年度継続を提案中

W²⁺の電荷変化断面積の測定

(2) 軽元素イオンと水素の電荷移行断面積(新潟大学、島倉教授)

- H(n=2)との電荷移行後に放射される可視光はダイバータプラズマ診断に有効



その後に放射される可視光

n=6-7: 722.6 nm, n=5-6: 466.0 nm (15年度の委託調査)

- Be³⁺, Be²⁺, C⁶⁺とH原子(n = 1, 2) の低エネルギー領域での電荷移行断面積を分子基底展開緊密結合法を用いて計算
- 来年度継続を提案中

C⁺⁶の高精度の計算

今まで(Be⁴⁺, Be³⁺, Be²⁺, B³⁺, C⁶⁺, C⁴⁺, C³⁺)のまとめ

4. 委託調査(2)

(3)ヘリウム原子・イオン衝突による原子・分子の反応断面積の経験式の作成

(大阪府立大学、多幡名誉教授)

- He原子、イオンと原子・分子の衝突断面積の評価と経験式の作成(現在まで174過程)
- データ収集、図の作成は、原研が担当
- 来年度継続を提案中
電荷変換過程(京都大学の委託調査結果)等を中心に

(4)Xe, Wの多価イオンのスペクトル(電気通信大学、大谷教授)

- 電子ビームイオントラップを用いて、高電離Wイオンの2電子性再結合のデータを取得
- 来年度継続を提案中
W, Xeの2電子性再結合を中心に

(5)炭素材の化学スパッタリング率(名古屋大学、松波助教授)

- 実験結果データの収集、評価
- 来年度継続を提案中
炭素材に不純物が混入している場合を中心

5. 国際協力

(1) 米国国立標準技術研究所 (NIST)、原子、イオンのスペクトルデータ

W:

"[Compilation of Wavelengths, Energy Levels, and Transition Probabilities for W I and W II](#)", A. E. Kramida and T. Shirai, J. Phys. Chem. Ref. Data, 35 (2006) 423.

771のエネルギー準位、9887のスペクトル線波長

W-III-LLXIVの波長表; 投稿に向けてNISTで準備中

Ga: (液体ダイバータの候補材料):

"[Spectral Data for Gallium: Ga I through Ga XXXI](#)", T. Shirai, et al., J. Phys. Chem. Ref. Data, 印刷中

核融合研究に重要な元素は一通り終了したので、NISTとの協力は終了する予定

(2) IAEA , Subcommittee on Atomic and Molecular Data for Fusion,

IAEA International Fusion Research Council (April 20-21, 2006, Vienna, Austria)

IAEAにおける核融合のための原子分子データ活動及び加盟国各国相互の協力に関する基本方針等について審議し、その結果をIFRCに勧告

6. まとめ

- 原子力機構では、核融合研究で重要な
低温ダイバータプラズマ中の原子分子過程
高温主プラズマ中の重不純物高電離イオン
固体とプラズマの相互作用
に関するデータを収集、評価、生産
- ホームページの整備
- JT-60Uで、Xeのスペクトル、炭化水素分子の発光率を測定
- 委託調査では、ITERやJT-60Uに必要なデータを重点的に生産、収集、評価
来年度はすべての課題が3, 4年目になるので、再来年度は新しいテーマに
したい ← 新規提案の募集を今年秋まで
- NISTとの協力では、W, Gaのスペクトルのまとめを進行
- IAEAの原子分子データ活動に協力