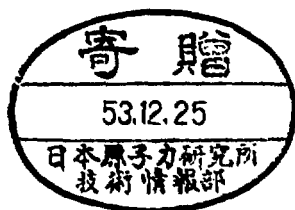


「核融合第一壁とプラズマとの  
相互作用に関する研究会」報告書

参加者：〔名大プラズマ研究所〕 高原 昭・赤石速也・川村孝哉  
〔名大工学部原子核工学科〕 壁谷善三郎・相良明男(D.C.3年)・  
上館裕幸(M.C.1年)  
〔北大工学部原子工学科〕 山科俊郎・毛利 衛・数本政男  
〔東大工学部〕 富永五郎  
〔高エネルギー物理研究所〕 堀越源一  
日本真空技術(株) 岡本耕輔

IPPJ-DT-60

1978年12月



名古屋大学プラズマ研究所

## 「核融合第一壁とプラズマとの 相互作用に関する研究会」報告書

参加者：〔名大プラズマ研究所〕宮原 昭・赤石憲也・田村孝次  
〔名大工学部原子核工学科〕雙谷善三郎・相良明男(D.C.3年)・  
土館裕幸(M.C.1年)  
〔北大工学部原子工学科〕山科俊郎・毛利 衛・穀本政男  
〔東 大 工 学 部〕富永五郎  
〔高エネルギー物理研究所〕堀越源一  
〔日本真空技術(株)〕岡本耕輔

IPPJ-DT-60

1978年12月

# 「核融合第一型とプラズマとの相互作用に関する研究会」報告書

参加者：(名古屋プラズマ研究所) 菅原 昭、石巻 世、川村 孝次  
(名古屋大学工学部原子核工学専攻) 梶谷 善三郎、相良 明男 (DC3年)、工藤 裕幸 (MC1年)  
(北沢工学部原子核工学専攻) 山科 俊郎、毛利 衛、藤本 政男  
(東大工学部) 富永 立郎  
(高エネルギー物理研究所) 塚越 淳一  
(日本真空技術(株)) 岡本 耕輔

日時および場所：昭和53年7月24日(月) ~ 27日(木)  
名古屋大学プラズマ研究所

## [I] はじめに

核融合炉実現のために、第一型 表面プラズマ相互作用の問題は最も重要な問題の一つとして世界的に注目され、これに関連しての研究は急速に進展しつつある。しかし我が国には、この研究の進展が十分に不充分で、研究が基礎的に行われるには至っていないのが現状である。とくに、我が国の不足している各所に研究は進められてはいるが、完全な連携がなく、全く組織化がなされていない。このような状況のもとで、まず名古屋、プラズマ研、プラズマ-表面相互作用研究グループと、北沢工学部山科グループとが第一段階の研究会を持ち、世界的状況と分析するとともに我が国における関連の研究グループ間の組織的にこの問題に取り組む方向が検討できるとして当面の目的とした。

具体的には以下の諸問題について完全な検討を行った。

1. 各研究室における研究活動の紹介
2. 両研究室共同研究の具体的な進め方
3. JET-PP-T-IIに利用する実験装置における共同研究の方針
4. 我が国における関連研究の現状分析と今後の計画の策定方法
5. プラズマ-壁相互作用と不純物の効果に関する理論的解析の紹介
6. その他

さらにこの報告者らととのいろいろなプラズマ研の共同研究の機会をもつことができた。この際、記録も本報告者の中に含めた。上記の項目について以下に記す。

## [II] プラズマ-壁相互作用と不純物の効果

名古屋プラズマ研

川村 孝次

核融合のための炉心プラズマを實現し維持するために、その中に含まれる不純物の利害が十分である。その原子番号の不純物は、大きな利動輻射を生成し、その一部分は壁に降り着く軌道電子による輻射も大きなエネルギー損失でプラズマに与える。

プラズマ中の不純物は、生成時のものを別とすれば、燃料プラズマ(重水素及び三重水素)が壁に

する容器壁やフラズマ境界を迂回するミラーなどの関係でも行われる。フラズマに付着する磁気拘束にのみかたど完全なみかたとして、壁に付着した燃料水素が蒸発した中性水素とフラズマイオンが荷電交換してまする急速中性水素が壁やミラーをたたくことによりまする不純物が不可避的にフラズマに混入する。まして現在の磁気拘束にのみかたでは、フラズマが磁気流体的に拘束にのみかたされても、フラズマで粒子間の衝突や減速不安定に起因する損失があり、荷電粒子の拘束にのみかたとはいえないので「スパッタリング」による不純物の混入は避けられない。

いま燃料水素イオンの数密度を  $N_0$  ( $D$  及び  $T$  が等量なフラズマ) とし、リミターが十分な幅を持ちフラズマイオンが境界から壁へ採取する前に殆どリミターに触れるとして、壁をたたくのは荷電交換による急速中性水素のみを極限を考ふる。このとき、壁での水素原子による不純物のスパッタリング係数を  $S_{D,I}$  とすると、通常状態での不純物の燃料水素に対する数密度の比はほぼ次のようになる。

$$\frac{n_I}{N_0} = C \frac{A}{1-A} S_{D,I} \frac{\tau_I}{\tau_0} \quad (1)$$

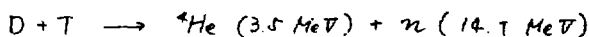
ここで  $\tau_0$ ,  $\tau_I$  はそれぞれ水素イオン及び不純物粒子の拘束にのみかた時間、 $A$  は水素イオンの荷電交換して急速中性粒子となる壁をたたく確率である。C はリミターやダイバータの性能に依存する係数で、モデル計算から例は

$$C = \left( \frac{1}{1-S_I} - \epsilon'_I \right) \left\{ S_0 + (1-S_0) \frac{A_R}{A} \right\} \quad (2)$$

のように書ける。ここで  $A_R$  は  $A$  と同じ意味の確率であるが、たゞこれには水素イオンが外部から補給される燃料水素と荷電交換して壁へ向う急速中性粒子となる確率である。また  $S_0$  及び  $S_I$  はそれぞれリミターあるいはダイバータに行つた水素イオン及び不純物イオンが中性化してフラズマにもどる確率、 $\epsilon'_I$  は壁から出た中性不純物原子が、壁-フラズマ間 (暑い高温フラズマが存在する) を速く向うイオン化して磁力線に沿つてリミターあるいはダイバータに捕えられ確率である。従つて、ダイバータ等は C が十分小さくなるよう設計しなければならぬ。このためには、補給する中性水素を急速にして  $A_R/A \ll 1$  とし、ダイバータの性能を上げて  $S_0, S_I \ll 1$  とすると共に、 $\epsilon'_I \approx 1$  とすること即ち壁から出た不純物をフラズマに速くまかにできるに代りイオン化させ、磁力線に沿つてダイバータにもたらさなければならない。

また (1) 式から明らかなるように不純物量はスパッタリング係数  $S_{D,I}$  に直接比例するから、壁材料あるいは表面処理について十分考慮が必要となる。

核融合の炉のフラズマについて、許容できる不純物量の燃料フラズマに対する比  $n_I/n_0$  の上限を決定するための条件の一側として、 $D-T$  反応



によりまする  $\alpha$  粒子 ( ${}^4\text{He}$ ) がフラズマを加熱し、水素イオンによる制動輻射と不純物イオンによる放射 (制動輻射 + 線輻射) による損失を補うことができるとした場合を考えてみる。ここではフラズ

マのエネルギー均しに均等な割合で発生し エネルギー損失は輻射によるものと見られる。  
 なる。このときは、

$$\frac{n_I}{n_0} \leq \frac{\frac{1}{2} \epsilon_0 \langle \sigma V \rangle_{DT} - \alpha \sqrt{T_e}}{L_I} \quad (3)$$

となる。ここで  $\epsilon_0 = 5.64 \times 10^{-13} \text{ joule}$  は D-T 反応で発生する中性子のエネルギー (3.5 MeV) である。 $\langle \sigma V \rangle_{DT}$  は D-T 反応の反応率 ( $\text{cm}^3 \text{ sec}^{-1}$ ) である。 $\alpha = 4.9 \times 10^{-21} \text{ Watt cm}^3 (\text{keV})^{-1}$  は中性子の制動輻射パワー密度の係数で  $T_e$  は keV で表わしたプラズマの電子温度である。また、 $L_I$  は不純物による放射パワー密度の係数で、不純物による全放射パワー  $P_I$  ( $\text{Watt cm}^{-3}$ ) に対し、

$$L_I = P_I / n_0 n_I \quad (4)$$

で定義される。 $n_0$  はプラズマの電子密度である。

不純物の放射パワー係数  $L_I$  は C, O など軽い不純物と Mo, W など重い不純物とは大きく異なる。中性子から温度 10 keV のプラズマを加熱する場合と異様に計算してみると、軽い不純物の融量の場合 (3) の上限が 5% となるのに対し、重い金属不純物の  $n_I$  の場合は 0.1% となる。従って、リミターや壁から与えられる重い不純物を制御することはプラズマの安定性にとって重要な問題となることがわかる。

### [Ⅲ] 各研究室における研究活動

#### 1. 名大プラズマ研

##### α) リミター材としての Mo 表面に関する ISS による観察

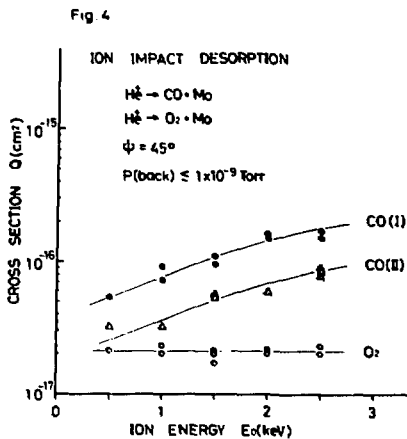
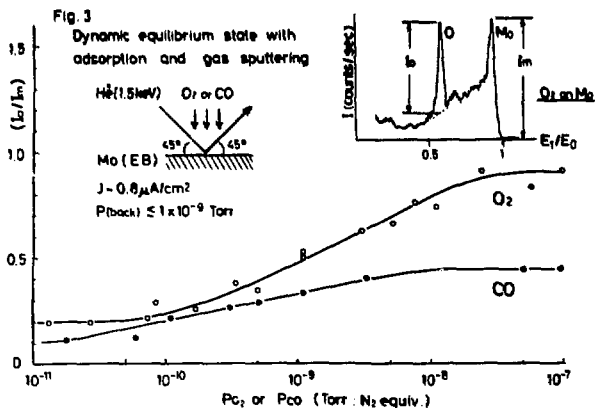
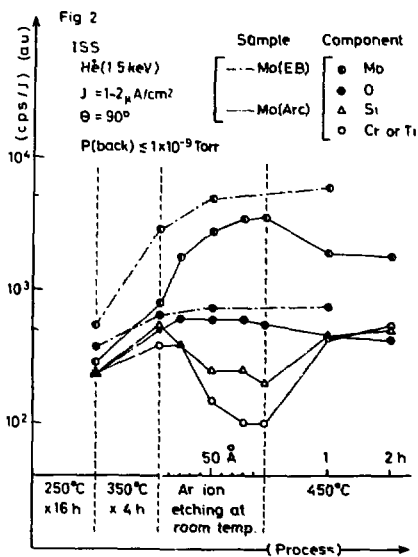
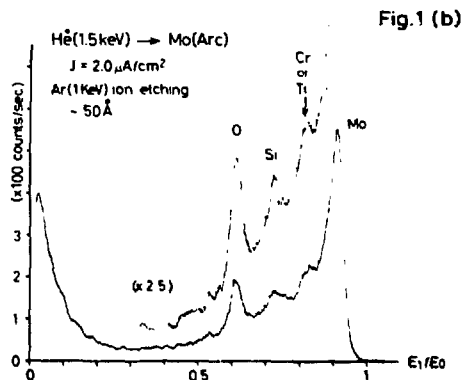
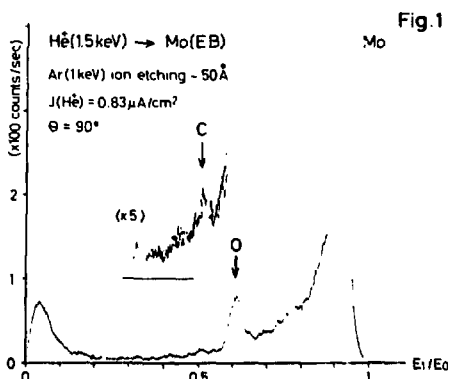
名大工 相良明男

名大プラズマ研 赤石善也

名大プラズマ研の JIPP-T-II ではリミター材として、アーフ溶解 (Arc) による従来のモリブデンに加え、電子ビーム溶解 (EB) によるモリブデンを用いている。その T-10 であるかどうかは充分には明らかでないが、カスプアのない状態でも低い電位値を得ている。他方プラズマの不純物濃度に直接影響する壁表面の元素組成は個体内部の組成とは異なり予想される。そこで EB による Arc による Mo 表面最上層の元素分析を ISS 法で行い比較検討する。

【実験と結果】 試料はトリクレンで洗淨後、真空中にて 220°C の 20 時間加熱脱ガスされる。本実験中の試料温度は全て室温である。代表的な散乱イオンのエネルギースペクトルと、表面組成分析の結果を Fig. 1, Fig. 2 に示す。Mo (Arc) の Si と Cr は T-10 は個体内部から表面へ拡散し析出したものであることがわかる。他方、融量については Mo (EB), Mo (Arc) とともに顕著な差は観察されず、主に交差の残留カスが吸着したものであると思われる。そこで、真空中に CO または C<sub>2</sub> O<sub>2</sub> を導入し Ar イオン衝撃後の Mo (EB) 表面の吸着量を He イオンプローブによる衝撃脱離の様子を観望した。Fig. 3 は吸着と脱離が平衡状態にある時の O と Mo の散乱イオン強度比を導入ガス分圧と関係させたもので、CO, O<sub>2</sub> 共に約 10<sup>-8</sup> Torr で吸着が飽和し、しかも Mo 表面は完全に覆われている。

とわかる。他方HeイオンによるCO又はO<sub>2</sub>の脱離断面積は、ガス導入停止後の散乱スputル量化の時定数から求められ、Fig. 4の結果から特にCOにはMoとの結合エネルギーの違いによると思われる二つの断面積が得られた。尚材料のモリブデン板は大同特殊鋼中央研究所より提供された。現在AESによる同様の比較実験観察を準備中である。



## 1. マイクロバランス

構造を Fig. 1 に示す。骨組は熔融石英棒でできており全長約 10cm。ターゲットは同じく石英棒のポートで釣下げられ、入射イオンビームに対して垂直に挿入される。バランスのキャブレシヨンは真空中で可能である。外部よりペローを通じて pusher を駆動し、バランス上に固定された石英パイプ中の rider (重量を計測してよい石英) の位置変化とバランスの傾きによる出力電圧を校正を行なう。トーションワイヤーとして 10 $\mu$ m のタンダステン線を使用している。同時にターゲット電流のリード線としても用いていて、モリブデン支持棒に AgCl 溶着して固定してある。現在まで使用したバランスの感度は以下のものである。

$Ar^+$ $\rightarrow$ Cu 測定時	$K = 8 \times 10^{-7} \text{g/mV}$
$Ar^+$ $\rightarrow$ Nb 測定時	$K = 4.5 \times 10^{-7} \text{g/mV}$
最小感度	$K = 7.3 \times 10^{-8} \text{g/mV}$

## 2. 実験装置とスパッタ率測定方法

実験装置の略図を Fig. 2 に示す。容器はターボ分子ポンプで真空中に保たれ、ターゲットの傾斜と速度は  $1 \times 10^{-7} \text{ Torr}$  である。イオンソースとスパッタ装置中に組み込まれているため、距離射撃時には真空中は  $5 \times 10^{-3} \text{ Torr}$  程度のアルゴン雰囲気になっている。ビーム径 3mm $\phi$ 、約 1 $\mu$ A のターゲット電流を得た。スパッタ率は Fig. 3 に示すような方法で検出した。バランスの傾きは He-Ne レーザー光の反射角度に変えられ optical lever で検出されたものがさらに PPM (photo potentiometer) 上で電圧変換される。この出力電圧の変化を測定することによりターゲットの重量変化率が求まる。レーザー光反射用のミラーの相対的位置が変化しないようにバランス容器およびレーザー手は 2 重の恒温室内にある。

## 3. マイクロバランスの零点変動

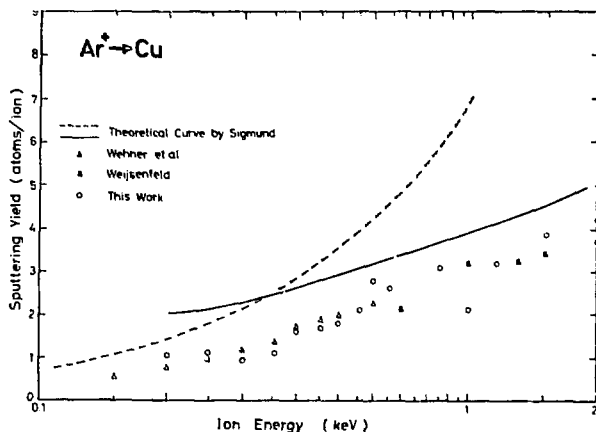
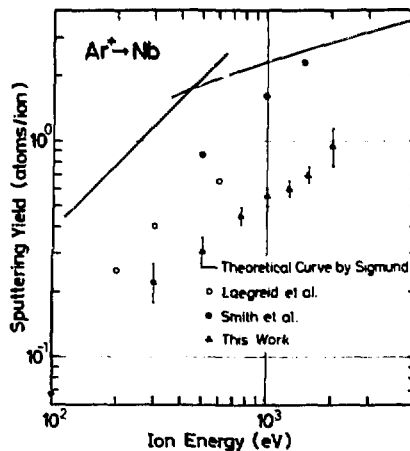
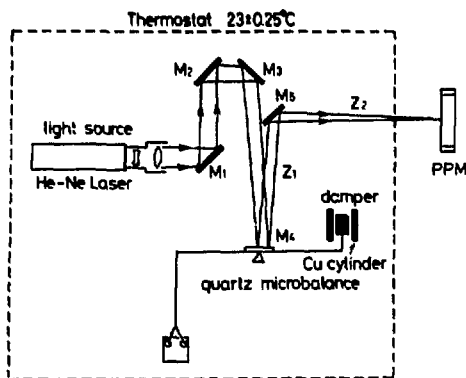
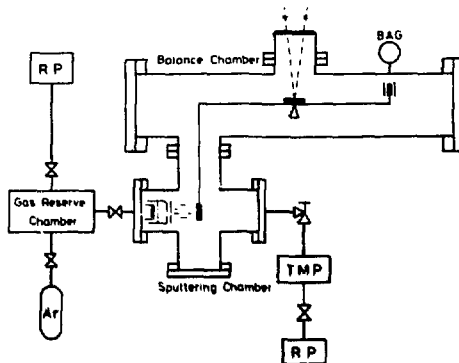
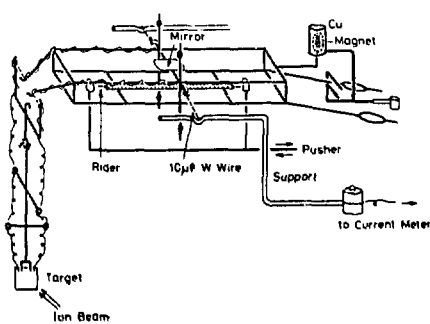
スパッタ率測定時のように微小重量変化をマイクロバランスで測定する際、問題となるのは零点の不安定性である。我々の実験では次のような零点変動の原因が考えられた。① バランス自身の固有振動、② 外部からの機械的振動、③ 温度変化がレーザー光の相対的位置を変え得ることによるもの、④ 外光の変化による PPM 中の暗電流変化によるもの、⑤ 真空中でバランスを稼働させる時、室内の圧力変化によるものなどがある。①および②は  $f_c = 0.1 \text{ Hz}$  程度の Low pass filter を用いることにより除去された。③は実験室の恒温化を進めればよいが、今の所まだ不十分である。④は実験室の恒温化が可能、レーザー光を modulate する方法を考えている。⑤はイオンソースを差動排気系にしてスパッタ容器内を真空中にすればよい。

## 4. スパッタ率測定例

Fig. 4 に  $Ar^+$  による Cu のスパッタ率、Fig. 5 に Nb のスパッタ率を示す。本実験におけるこれらの測定点の誤差に寄与するものとして二次電子、二次イオン、低速イオン、高速中性粒子などのターゲット電流に影響をあたえるもの、およびマイクロバランスの零点変動によるもののみが挙げられる。零点変動による誤差は 10% 以内と考えられるが、ターゲット電流に含まれる誤差はかなり大きい。前者による

誤差はほとんどのものがマージンを over-estimate する方向には働かない。また真空度が悪くターゲット電流密度も小さい実験であるため、ターゲットへの吸着分子の重量も問題となる。これらの原因で、我々の実験値は他の実験者の値よりも低のようになったと思われる。

現在の所、差動測定が可能でビーム強度の大きいイオン源を開発中である。





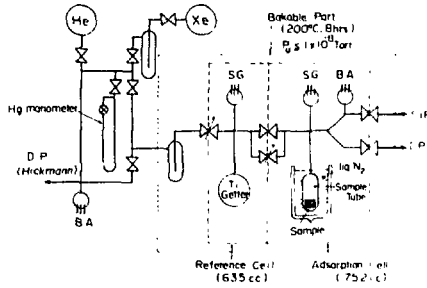
## 2. 山科研究室

### a) 一型材料表面の原子のオーガーにおける表面粗さの測定

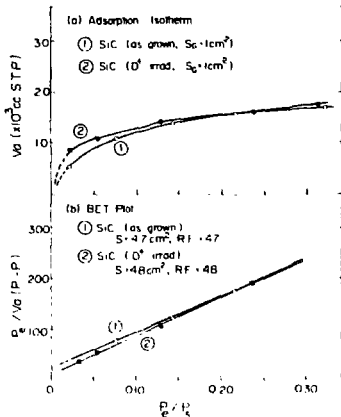
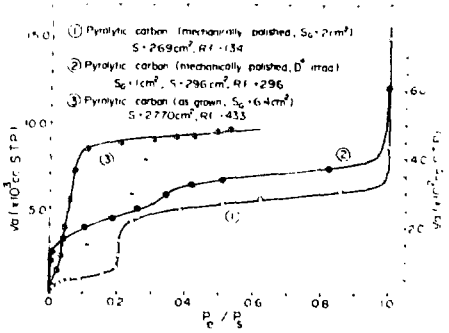
北 大 工 山 科 俊 郎

スパッタリング、フリスティングあるいはフレキング等による一型材料の表面状態の変化は従来の電子顕微鏡による形態観察あるいは触針測定による測定されて来たが、これらと定量的には両者はこと困難であった。我々は独自に開発した小表面積迅速測定法を利用して、一型材料の表面粗さを原子のオーガーで評価する方法を確立した。そしてD<sup>+</sup>照射にもなうC、SiC、Mo等の粗さを測定するとともに電子顕微鏡による観察と比較させた。

Fig. 1は測定装置の概略図である。装置は超高真空(〜10<sup>-10</sup>Torr)に排気可能で、2つの貯気吸着セル(adsorption cell)と参照セル(reference cell)よりなり、それらの容積は72ccと13ccとであった。試料を入れたのを充分に排気し、液体窒素温度に冷却する。そののちXeガスを参照セルに毎2〜5×10<sup>2</sup>cc(STP)し、次に2リットルバルブにより吸着セルへXeを等量試料に吸着させる。平衡が完了、吸着平衡に達したのち、より高い圧での吸着をくり返し行ない、吸着量温度を一定より BETの理論にしたがって表面積を算出する。この方法による最小検知表面積は1.0cm<sup>2</sup>である。同等温度の例をpyrolytic carbonおよびSiCについてFig. 2、Fig. 3に示す。図2は明らかにpyrolytic carbonの場合には極めて小さな表面積(其の表面積/幾何学的表面積)を与えながら、SiCの場合には比較的小さい。前処理、照射にもなう表面粗さの変化の例を表1に示した。この方法による表面粗さの測定は、将来一型アライメント相互作用における型表面の特性の定量的評価法として極めて重要なものと考えられる。



Adsorption Isotherms of Xe at LiqN<sub>2</sub> Temp. on Various Carbon Surfaces



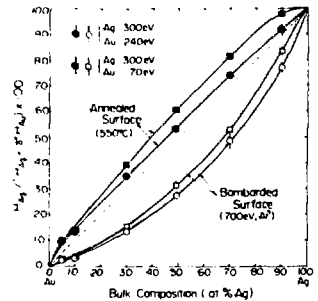
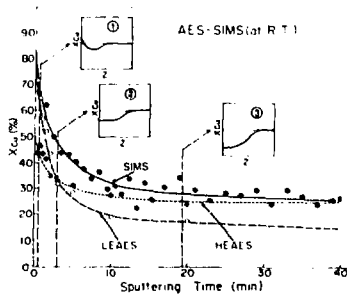
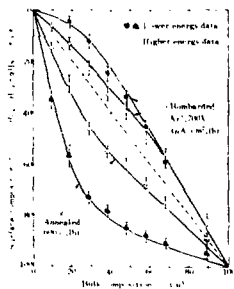
Some Examples of Roughness Factor

Sample	Treatment	S <sub>g</sub> (cm <sup>2</sup> ) (Geometrical Surface Area)	S (cm <sup>2</sup> ) (Total Surface Area)	S/S <sub>g</sub> (Roughness Factor)
Graphite	No Treatment	6.4	2770	433
	Mechanical Polishing	2.0	269	134
SiC	D <sup>+</sup> -Bombardment	1.0	296	296
	No Treatment (As Grown)	1.0	47	47
Mo	D <sup>+</sup> -Bombardment	1.0	48	48
	Mechanical Polishing	28.0	46	1.64

b) 二元合金の選択スパッタリングに関する研究

北 又 工 数子政男

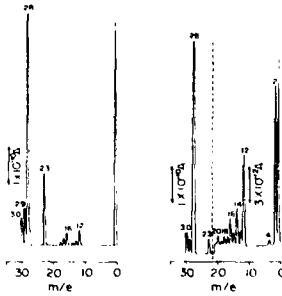
合金表面に高エネルギーイオンを衝撃すると選択スパッタリングにより表面組成はバルブの組成とは異なってくる。つまりスパッタされたいくばくの層がより表面に偏析する。この表面偏析層は変質層と呼ばれる層以上にわたることが近年明らかになっている。当研究室ではCu-NiおよびAu-Ag二元合金の清浄表面における選択スパッタリング過程をオージェ電子分光法(AES)ならびに二次イオン質量分析法(SIMS)を用いて変質層内の濃度分布を推定することを試みている。Cu-Ni合金は、オージェスペクトルが2つの異なるエネルギー領域( $\sim 100\text{eV}$  [LEAES],  $\sim 700\text{eV}$  [HEAES])に存在する。これらのエネルギーの結果によりオージェ電子の脱出深さが異なりそれぞれ約4Åと15Å程度の情報を与える。Fig. 1はアルゴンイオンスパッタ後あるいは600°Cでアール後の表面におけるLEAESおよびHEAESスペクトルより求めた表面組成とバルブ組成に対してプロットしたものである。アール後Cuが表面に偏析するのに対してアルゴンスパッタを施すと逆に表面にNiが偏析する。そして図からわかるようにLEAESで求めた方がいすれもより偏析しており、表面層内に組成の濃度差のあることがわかる。一方Au-Ag合金でも同じような表面偏析が生じることをFig. 2に示す。更にスパッタリングに伴う変質層形成過程を解析するに、一度アールした表面をスパッタレバからAESとSIMSの同時測定を行なった。Fig. 3に50% Cu-Ni合金を室温でスパッタレバからSIMS, LEAES, HEAESから求めた表面組成変化過程を示す。アールにより平衡組成となっていた合金表面組成は選択スパッタにより徐々にNi-richとなっていくが、その途中LEAESとHEAESは図のように逆転しその後定常値に到達する。Sampling DepthがSIMS < LEAES < HEAESの順に深いことを考慮して選択スパッタに伴うIn-depth profileの変化過程を模式化するに①~③のようになりことがわかる。



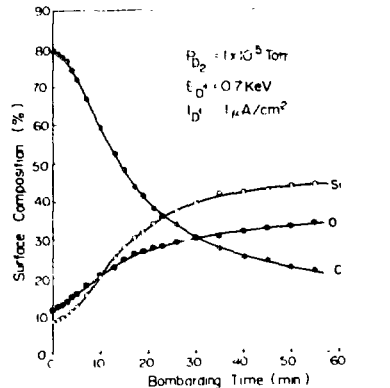
c) CおよびSi材料表面の物理的ならびに化学的スパッタリング

北 大 工 毛 利 衛

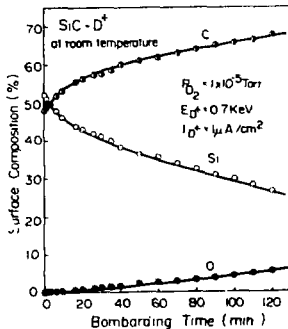
複合材料として将来性が注目されているSiCと高エネルギー $H^+$ ,  $D^+$ ,  $He^+$  又は $Ar^+$ イオンとの表面相互作用をAES-IMA複合装置およびAES-SIMS-FDS (Flash Desorption Spectroscopy) の複合装置を用いて "in situ" な実験を行った。特に興味ある化学スパッタリングに詳しい内容は二酸化イオンならびに表面組成の変化に着目し、その表面特性を調べた。0.7 keVの $He^+$ イオンがSiC表面を衝撃したあとオーグメント法で観測すると表面組成は52%Si, 48%Cの表面となる。こゝときまじるSIMS又はIMAスペクトルはFig. 1(a)のようになる。一方同じエネルギーで $D^+$ イオンで衝撃を行うとFig. 1(b)のようにSiC表面が化学スパッタリングを受けその存在を証明する $CD_2$ ,  $CD_3$ ,  $CD_4$ の酸化水素のほかに $Si_2D$ が生じていることがわかる。つまり物理スパッタリングによって $Si_2C$ がスパッタされたばかりでなく両原子とも化学スパッタを通じて外に飛び出すことが知られた。その際表面組成変化をオーグメント法で観測するとFig. 2の如くに $D^+$ イオン衝撃による表面からSiが減少しCが増加することが認められた。先に述べたように物理スパッタリングによる $Ar^+$ 又は $He^+$ イオンによるスパッタリングでは表面はSi, Cが同割合等にスパッタされる。ところが $D^+$ イオンではSiがCに比べて強く化学スパッタリングを受けやすいと思われる。もしその結果として化合物が存在するとFig. 3に示すように今度は相対的にCの方が表面からより速く脱離して行くことがわかる。また酸素量もSiにともない増加していることから、表面でSiは酸化物を形成しSiCと反応しているために $D^+$ イオン衝撃に対しともより安易に存在し化学スパッタされにくいのであると推測される。



Variations of Surface Composition of SiC during  $D^+$  Ion Bombardment When Oxide Exists on the Surface



Variation of Surface Composition of Clean SiC during  $D^+$  Ion Bombardment



## [IV] 各研究室における研究計画

### 1. アラズマ研究所

アラズマ型相互作用の今後の研究計画

従前から、のこした研究課題は 1) 軽イオン散乱分析器による炉壁材料表面の軽元素カス不純物量およびカススパウチ率の測定 2) マイクロバランスによる各種炉壁材料の物理スパウチ率（エネルギー域 0.2 ~ 3 keV）の測定などである。いずれの場合も評価手段として unique な ISS との トーション型真空バランスとの較正を開発し、これを用いて研究課題にとり組む姿勢で研究を続けてきた。しかし課題の消化がかならずしも迅速に行きわたらず、能率の悪いことが指摘される。

今後の研究の方向としては、従来の実験技術を基盤として

- 1) ステンレス、モリブデン表面のキャフタリセーション
- 2) 各種コーティング表面の物理および化学スパウチ率測定（選別スパウチも含む）
- 3) 自己スパウチ率の測定

4) トカマク装置 (J, PP, T 2) におけるアラズマ・型相互作用の共同研究などを研究課題としてとりあげ実施してゆく。

オ1のテーマのうち ISS によるモリブデンの評価は、現在相互が担当している。モリブデンはアーク溶融、電子ビーム溶融、粉末焼結など3種類の製造法によるものを試料としている。ISS は shadowing 効果を利用して表面のオ1層をみるので、どうしても AES のような深い方向分析が可能な手段とと比較が重要である。このための AES + ISS 複合装置を現在製作中で、この比較実験は工館が担当する。一方 ISS はまだ完全に完成した分析器とはなっていない。例えばイオンビーム厚からの不純物イオンを測定、また質量分析能の向上などがこれである。これらの改善は主に工館が担当する。

オ2のテーマは全く新しい研究課題である。従ってとりあげるべき固体試料も今のところ多くの文献や国際学会の information などを充分考慮して具体化してゆくべきものと考えている。バランス技術は、焦点ドリフトの問題のみ改善がべきものとして残っているが、早く実用段階に来ている。むしろイオンビーム厚、セクター、イオン束束率などスパウチ装置の充実にのむければならない。重イオン (AF) による Ne などのスパウチ試験は壁谷が、のこしているが、コーティング材料自体は今後の研究者を補充してゆく必要がある。

オ3のテーマは、Fe, Ni などの重元素イオンを形成技術の開発をまづ考えなければならない。これらの技術的検討は又得田を中心に行われたい。

オ4のテーマについては、今年8月に行われる北山研グループとの合会からスタートして、まわつてあるが、具体化については議論を、のこすことになる。

### 2. 北山研研究室

当研究室においては、これまでに利用してきた各種の表面分析装置ならびに真空装置を応用して、核融合炉一壁アラズマ相互作用に関する研究をより詳細に行なうとしている。現在進行中の研究を以下に列記する。

1. ナイロ材料としてのポリカーボンおよびSiC表面と高エネルギーイオン(H<sup>+</sup>, D<sup>+</sup>, He<sup>+</sup>, Ar<sup>+</sup>)との相互作用
2. ポリカーボン表面改質のための気相液スパッタリングによるSiCコーティングと有機膜の付着
3. ナイロ材料の表面粗さの定量的測定ならびにプラズマ照射効果
4. 高感度マイクロバランスによる合金表面のスパッタリングイールドの絶対測定
5. 合金中水素の拡散過程の中性子分光による測定

以上研究の遂行に当たり主として次のような装置を使用している。

1. AES-SIMS(JMA)-FDS 複合装置
2. AES-LFED 複合装置
3. 高エネルギー(200keV)イオン銃装置
4. イオン銃から高感度マイクロバランス(2品)
5. 小表面積迅速定量測定装置
6. 気相液スパッタリング装置(2品)
7. 走査型電子顕微鏡

上記の各研究において、主としてポリカーボンおよびSiCを原料として用いているが、また Mr. Stainless Steel, Cu-Ni, Ag-Au 合金等も対象としている。

#### [V] JIPP-T-II, TEXTOR 等における実験に関する将来計画

プラズマ研究所および山科研究所における当面の共同研究を足場にして、将来 JIPP-T-II での実験に入るべく、その計画について予備的検討を行った。

またこれに引続き、近く発足する TEXTOR における国際共同研究にも参加べく、JIPP-T-II による研究との関連、ならびに我国の研究者の協力態勢についても一時的討論を行った。

なお JIPP-T-II 実験実験の具体的な計画案については次のような項目が考えられる。

#### 1. 装置

対象となる装置としては、JIPP-T-II、トカマク・ステラレータ(1979年度より共同研究として利用可能) TEXTOR(1981年度まで建設期、その後国際共同研究)がある。

#### 2. 問題の設定:

a. 川村君の Lecture …… Start up Phase, Barring Phase のプラズマ物理 (Energy Release を含む) の問題

b. 材料の立場からの問題 …… (寿命を含めて)

問題の設定が今後の進展をさぐる。

#### 3. 考えられる道具立て:

a. プラズマ物理の立場から (Present day Tokamak → Start up) の、なかんずく、

- Reproducibility (feedback)
- Break Down Phase ECR
- Shut Down Phase

- Gas Puffing
  - Plasma Diagnostics
  - b. 表面の立場から
    - limiter first wall の環境
    - Bolt Diagnostics
    - Wall Observation (各種の surface analysis の instrument をついで)
  - c. 表面の preparation
    - coating
    - Electroforming
    - etc.
  - d. 表面とプラズマ境界層の Diagnostics (flux の出入)
    - 分光 (分子)
    - Neutral Beam
    - その他
4. Time Schedule :
- a. Preliminary Proposal for JIPP-T-II      10月中旬 ~ 下旬
  - b. Brush Up meeting      12月末
  - c. 共同研究申し入れ      54年1月 ~ 2月
  - d. TEXTOR についても JIPP-T-II と並行して考える。

[VI] 両研究室共同研究の要請

今後、プラズマ研および北天山研研究室では統一型プラズマ相互作用に関して、全面的協力体制の下に共同研究を実施することとし、第一段階に入ける研究の具体的な実施方法について検討した。主要な点は以下のようである。

1. 表面計測装置の比較標準化

同一試料、処理条件下で表面分析を行い、えられた結果を比較検討し、装置自体に内在する問題点を明らかにするとともに標準化の基礎データとする。当面はプラズマ研-ISS、山科研-AES の二つの装置について実施する。また両研究室で独自に設計製作したマイクロバンスを用いて、同一試料に対する性能特性の比較を行ない、またスパッタリングレート測定を行なう。

2. 試料の交換と標準化

従来、別々に試料を購入または入手していたが、今後両研究室においては同一試料を使用することとし、当面の試料についてそのリストアップを行なった。これは以下のようである。

- a. パイロカーボン、SiC
- b. ステンレス鋼
- c. モリブデン

将来は研究に使用される気体類についても標準化をはかるべきであろう。

「その他」

当研究室研究活動の報告に際し出席された諸先生方よりコメントについて。

1. パイロカーボンの Roughness Factor が異常に大きく、その原因として細孔が多数存在する：  
によるならば、高エネルギー水素イオン照射後、更に Roughness Factor が2倍になるといふことは、  
表面が照射によって荒れたというだけでは説明がつかないのではないかと。細孔のない試料を調べ  
てみよう。(温越)
2. スパッタリング収率を測定する場合、入射ビームの角度依存性や放出される二次イオンの出  
度もチェックする必要があるだろう。また二次イオンはかに中性粒子を叩きまえることかでも  
良い。(富永)