九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

# マイクロ波レンズを用いたECRプラズマ生成に関する研究

杉本, 尚哉
Interdisciplinary Graduate School of Engineering Sciences, Kyushu University

https://doi.org/10.11501/3119147

出版情報：九州大学, 1996, 博士（理学）, 課程博士
バージョン：
権利関係：

# 4 ECR プラズマのイオン飽和電流分布への電子サイクロトロン波の寄与

## 4.1 序論

第3章の実験結果から、生成されたプラズマは直径約 20cm にわたってほぼ一様な分布をしており、マイクロ波凹レンズを使用するとイオン飽和電流値が増加することがわかった。これは、マイクロ波凹レンズにより入射マイクロ波がより入射口近くに集中するようになり、マイクロ波のパワーが効率良くプラズマへ吸収されるようになるためであると考えられる。このようにイオン飽和電流値が増加することは、イオンが重要な役割を果たすプラズマエッチングに対して、マイクロ波凹レンズの利用が有効であることを示している。

しかしながら、さらに周辺部ではイオン飽和電流値が急増する領域が見られる。円形 $TE_{11}$ モードのマイクロ波径方向放射分布は、中心で最大となる分布であるから、この部分ではマイクロ波の径方向放射分布では説明できない分布となっている。さらに大口径で一様なプラズマを生成するためにも、このようなイオン飽和電流値の大きな領域の発生機構を明らかにすることが重要である[54]。

ECR プラズマ生成では、真空容器内へ入射されたマイクロ波により ECW が励起され、ECW が電子サイクロトロン共鳴や衝突減衰によって電子にエネルギーを与え、プラズマが生成される。したがって、生成されるプラズマの分布は、ECW の伝播経路と密接な関係があると考えられる。ここでは、中心軸上以外の場所での干渉波形を測定し、生成されたプラズマ中を伝播する ECW の波面を合成した。また、同様な方法で中心軸上以外の場所でのイオン飽和電流の軸方向分布を測定した。これらの結果を用いて、周辺部に発生するイオン飽和電流値の大きな領域についてその発生機構を調べた。

以下、4.2 では、中心軸上以外での干渉波形を測定して同位相の点を調べることにより、プラズマ中を伝播している ECW の波面を合成する。4.3 では、中心軸上以外でのイオン飽和電

流の軸方向分布を測定し、4.2 で得られる波面から ECW の伝播方向を考え、イオン飽和電流値の大きな領域の発生機構について考察する。最後に、4.4 で結論をまとめる。

## 4.2 プラズマ中を伝播する ECW の波面

本実験においては、図 3-2 に示すように鍵形に曲げたステンレス製パイプでループアンテナのループを支持しているため、中心からの距離が違う場所での干渉波形を得ることが可能である。図 4-1 は中心からの距離が違う場所での干渉波形の、マイクロ波凹レンズを使用した場合と使用しない場合の図である。$r = 0 \sim 11$cm においては、上に述べたようにマイクロ波凹レンズがある場合の方が ECW は速く減衰している。しかしさらに外側の領域では、レンズの有無に関わらず波は長距離にわたって伝播している。

この図から波動の山の位置を $(r, z)$ 面にプロットしたのが図 4-2 である。山の位置を結んで得られる曲線は波面を表す[49]。中心から半径 11cm 内では ECW は球面波状に伝播している。しかし、その周辺部では波面は折れ曲がるように変化している。この図から、ECW の光線を考えると、内部では平行伝播に近い向きで外側へ伝播しているが、周辺部では入射口近くでは外向きであるが伝播するにつれて内向きに変化している。これは、テーパー導波管から球面波状に放射されるマイクロ波が真空容器壁で反射され、内向きへ伝播するからであると考えられる。マイクロ波凹レンズを使用するとマイクロ波入射口での放射がさらに外向きになるので、入射直後から壁での反射の効果が出ている。

図 4-3 はアルゴンガス圧力が $2 \times 10^{-4}$Torr の場合の ECW の波面の図である。波面は中央部ではほぼ平面波状であり、中心軸にほぼ平行に ECW は伝播していると考えられる。一方、周辺部では伝播して行くにつれて内向きに伝播方向が変化しているが、$1 \times 10^{-3}$ の場合と比べてやや緩やかである。低パワー、低磁場の場合も図 4-3 とほぼ同様な波面となっている。

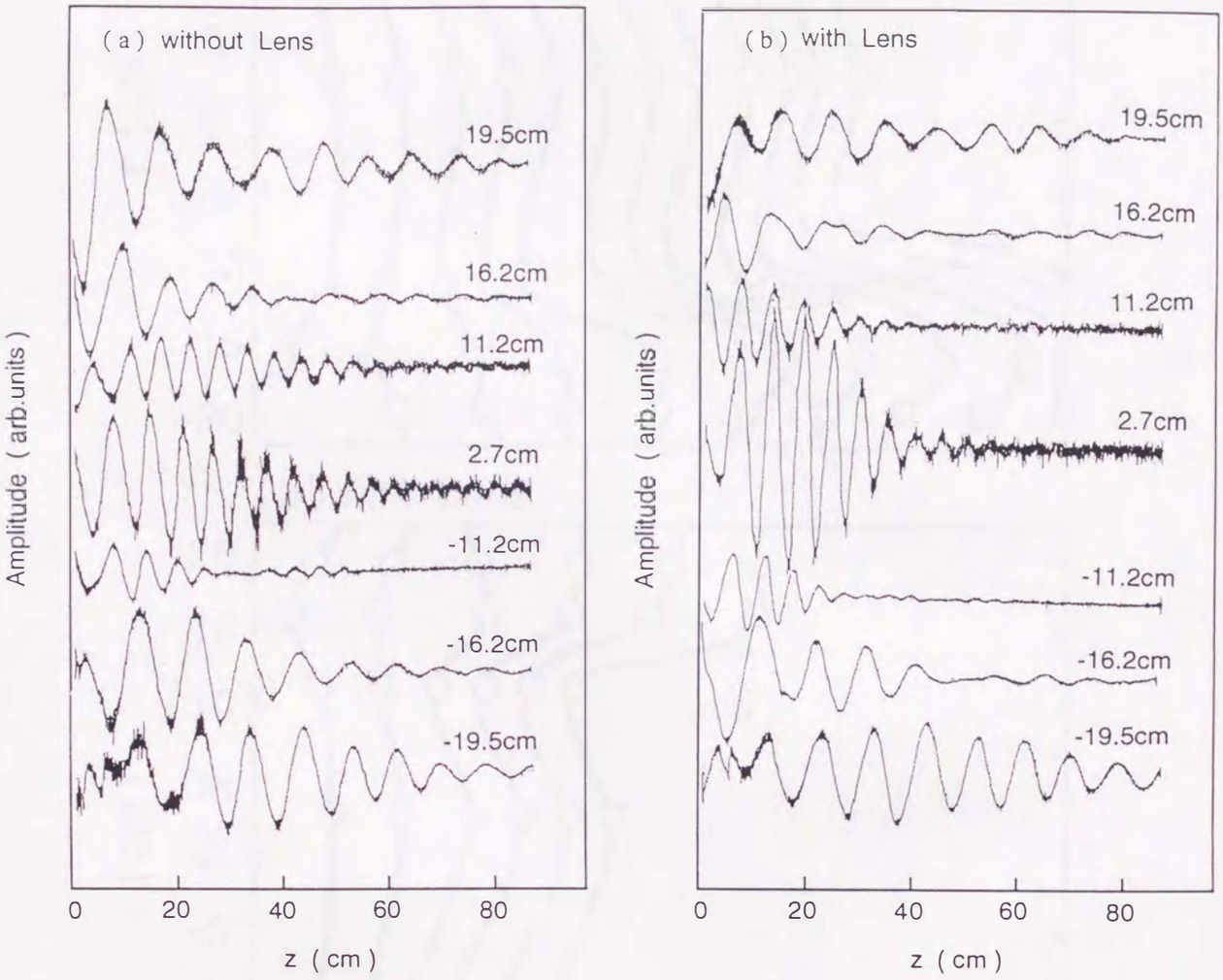



図 4-1　中心からの距離が違う場所での干渉波形

入射マイクロ波パワー 3kW、アルゴンガス圧力 $1 \times 10^{-3}$Torr

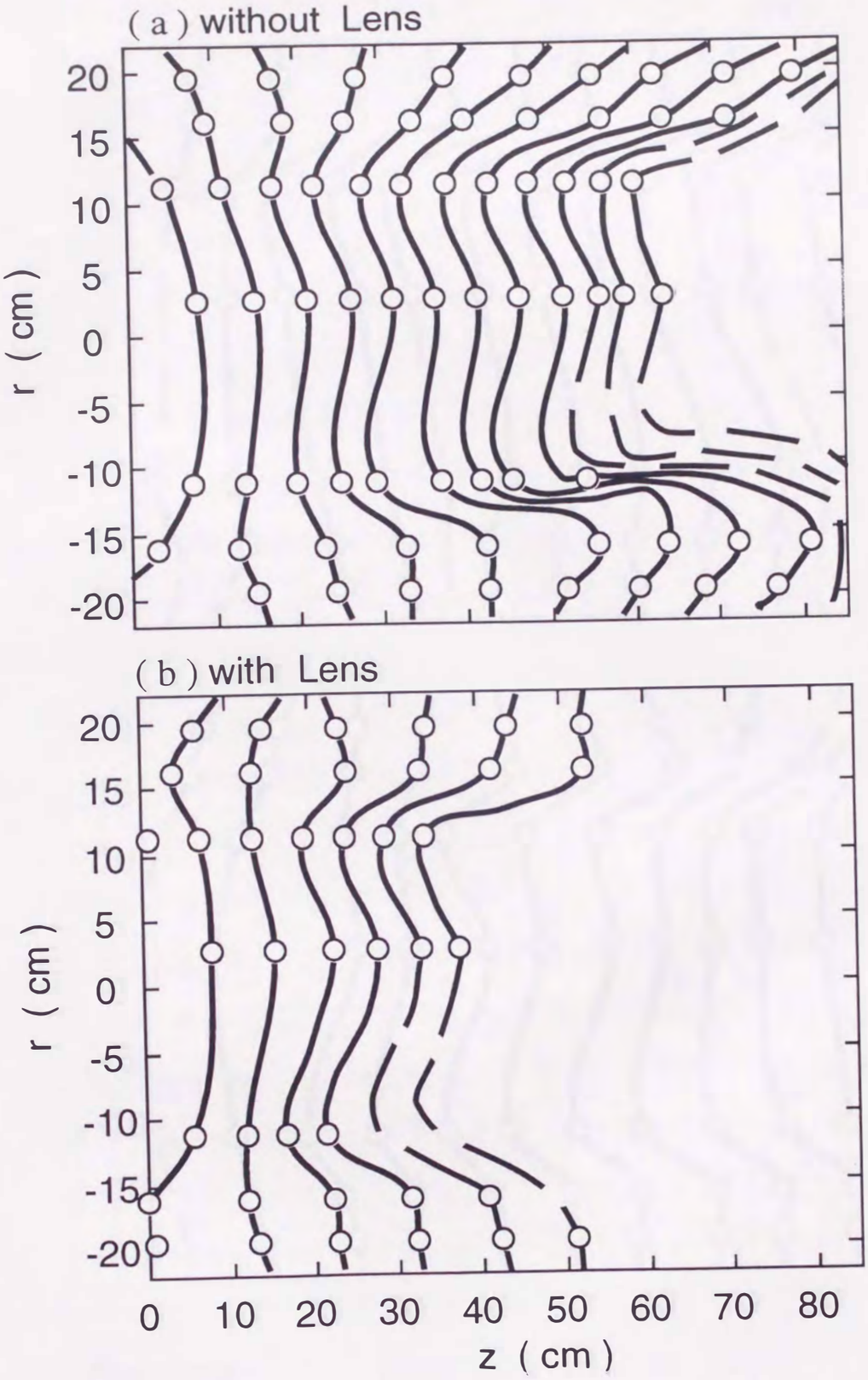



図 4-2　ECW の波面

入射マイクロ波パワー 3kW、アルゴンガス圧力 $1 \times 10^{-3}$Torr

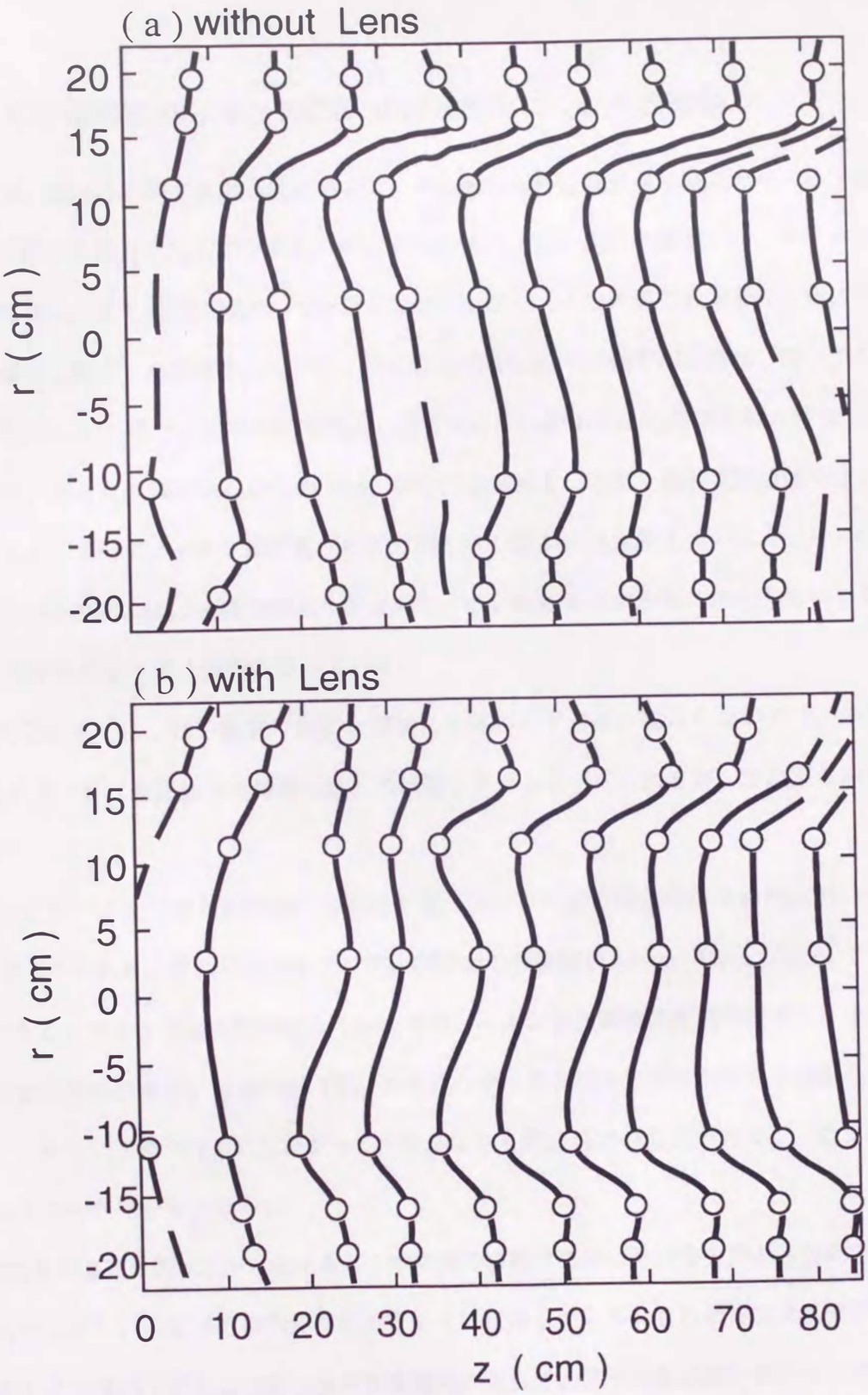



図 4-3　ECW の波面

入射マイクロ波パワー 3kW、アルゴンガス圧力 $2 \times 10^{-4}$Torr

## 4.3 イオン飽和電流分布と ECW の伝播方向についての考察

図 4-4 は、図 4-2 と同じ実験条件において、中心軸からの距離が違う場所でのイオン飽和電流の軸方向分布を測定したものである。中心から半径約 10cm 以内の領域では、マイクロ波入射口から約 60cm まで単調に増加して一定となる。しかし、その外側の領域では、軸方向分布は内側の領域と異なった分布をしている。中心から約 16cm での軸方向分布は、マイクロ波入射口から約 40cm の間では緩やかに増加し、約 40cm から約 60cm の間で急激に増加した後、一定となる。さらに外側の中心から約 20cm での測定結果も、イオン飽和電流値は小さいが同様な分布を示している。イオン飽和電流の径方向分布の図 3-11 と比較してみると、中心から約 10cm 以内の径方向にほぼ一様な領域と周辺部のイオン飽和電流が急激に増加している領域では、軸方向分布は全く違う分布となっている。

この周辺領域では、電子密度の急激な増加にも関わらず波長が変わらないので、ECW ではなく他のモード（表面波や高域混成波）で伝播していると考えられるが、まだ明らかではない[55]。

図 4-4 よりマイクロ波入射口からの距離が違う場所での径方向分布を求めたのが、図 4-5、図 4-6、図 4-7 である。それぞれマイクロ波入射口からの距離が 10cm、40cm、70cm での径方向分布である。マイクロ波入射口から 10cm では、イオン飽和電流の径方向分布は、中央部でほぼ一様な山形の分布で、ほぼ円形 $TE_{11}$ モードのマイクロ波径方向放射分布を反映した分布である。しかし、下流へ行くにしたがって中央部よりも周辺部での増加が大きく、図 3-11 に見られるような径方向分布となる。

この場合の波面の図 4-2 から考えると、中央部の波動は磁場に平行な方向から外向きに伝播しているのに対し、周辺部では内側へ向かうように伝播している。したがってマイクロ波入射口から離れた下流の周辺部に波動の集中する領域が現れて、電子密度の高い部分ができると考えられる。

図 4-8 は、アルゴンガス圧力が $2 \times 10^{-4}$Torr の場合に、中心軸からの距離が違う場所でのイオン飽和電流の軸方向分布を測定したものである。$1 \times 10^{-3}$Torr の場合に見られたようなイオン飽和電流が急激に増加するような領域は、この場合には発生していない。図 4-9、図 4-10、図 4-11 はそれぞれマイクロ波入射口からの距離が 10cm、40cm、70cm でのイオン飽和電流の径方向分布である。マイクロ波入射口から下流の広い範囲において周辺部のイオン飽和電流値の大きな領域は発生していない。このように、周辺部のイオン飽和電流値の大きな領域は、低パワーや低磁場の場合にも発生していない。

この場合の波面の図 4-3 から考えると、中央部でほぼ平面波状で、ECW の伝播方向は中心軸にほぼ平行であり、また周辺部では中心部へ向かって伝播しているが、アルゴンガス圧力が $1 \times 10^{-3}$Torr の場合のような ECW が集中する領域は現れない。したがって、イオン飽和電流値の大きな領域は現れないと考えられる。

(a) without Lens

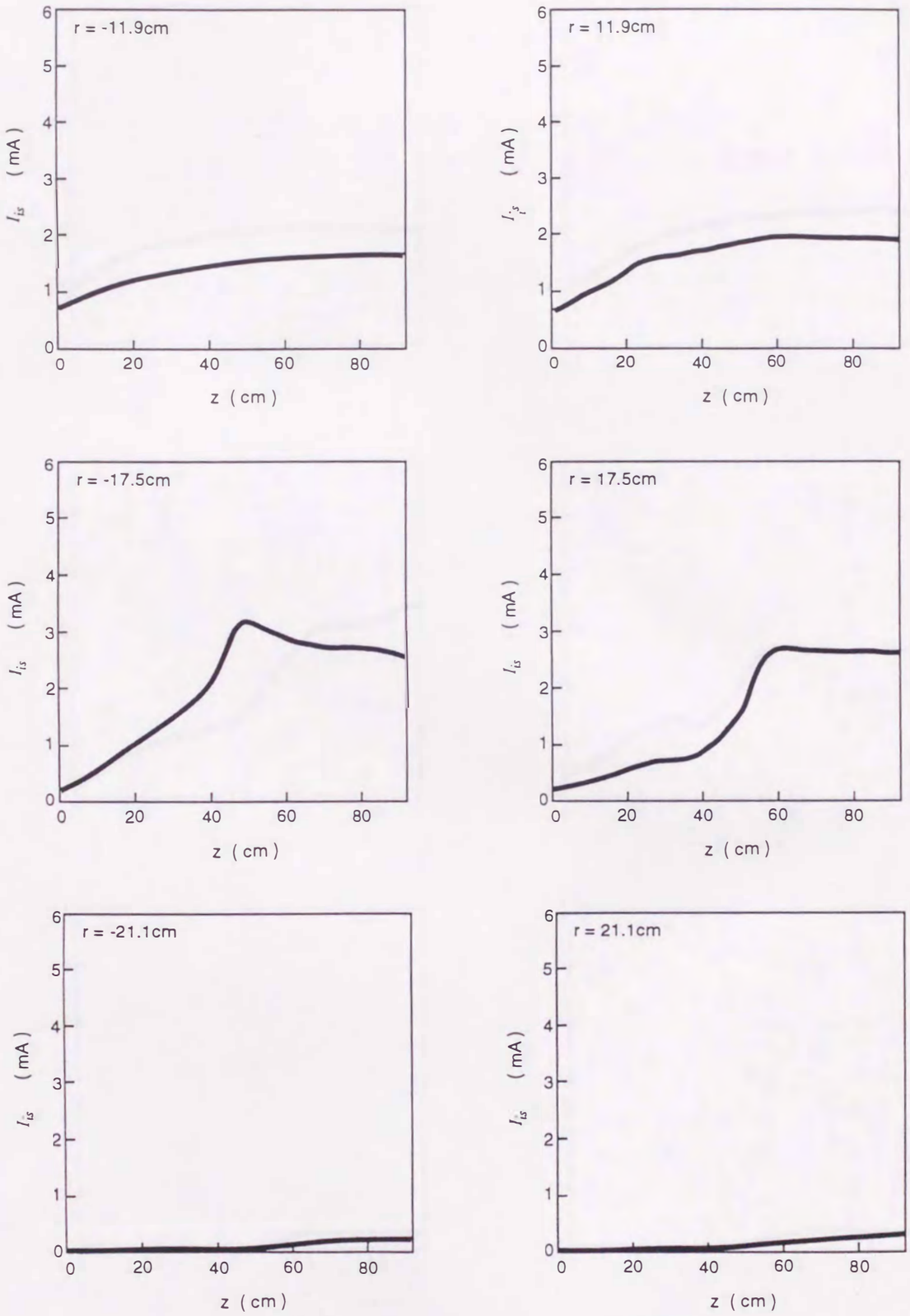



図 4-4　中心からの距離が違う場所でのイオン飽和電流の軸方向分布

入射マイクロ波パワー 3kW、アルゴンガス圧力 $1 \times 10^{-3}$Torr

(b) with Lens

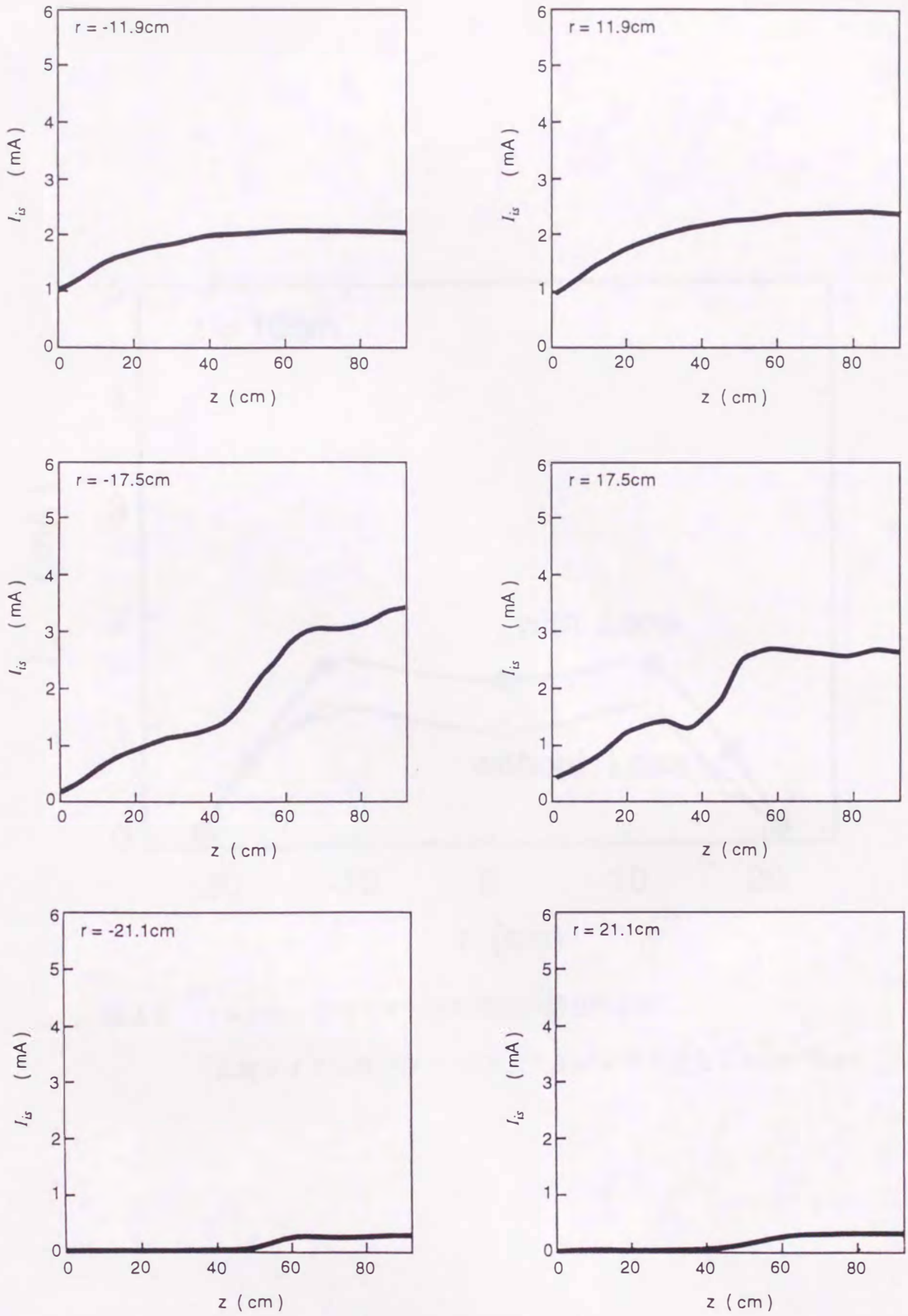



図 4-4　中心からの距離が違う場所でのイオン飽和電流の軸方向分布

入射マイクロ波パワー 3kW、アルゴンガス圧力 $1 \times 10^{-3}$Torr

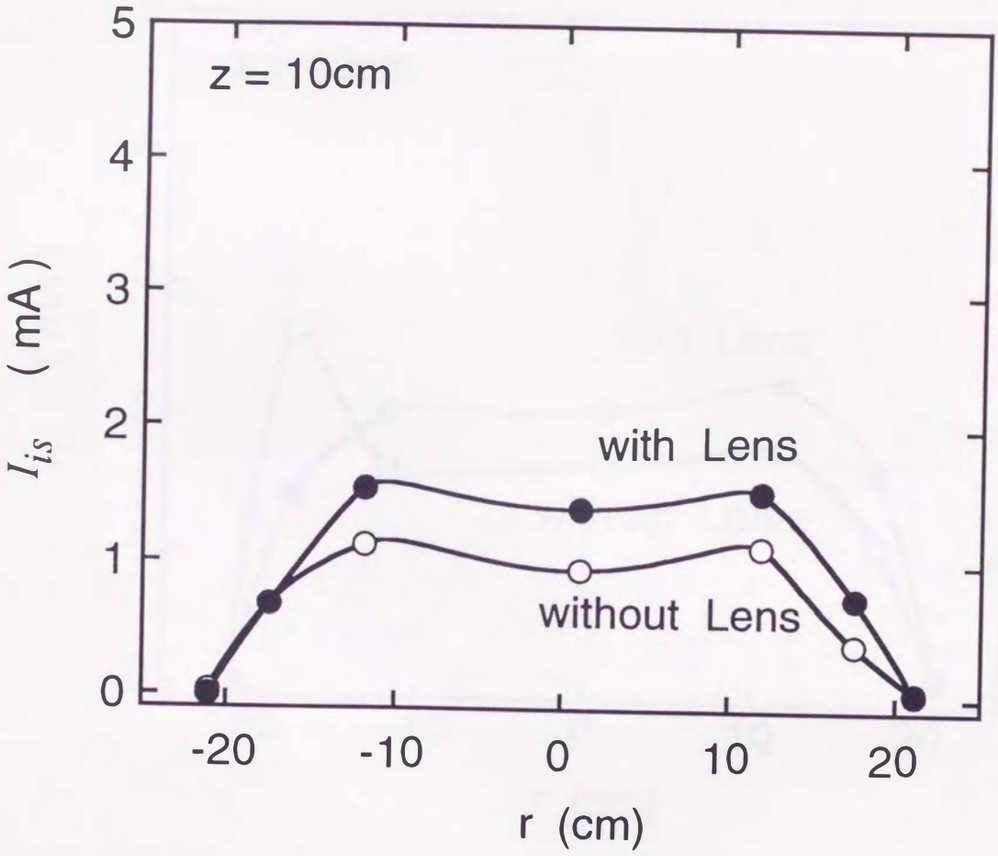



図 4-5　$z = 10$cm でのイオン飽和電流の径方向分布

入射マイクロ波パワー 3kW、アルゴンガス圧力 $1 \times 10^{-3}$Torr

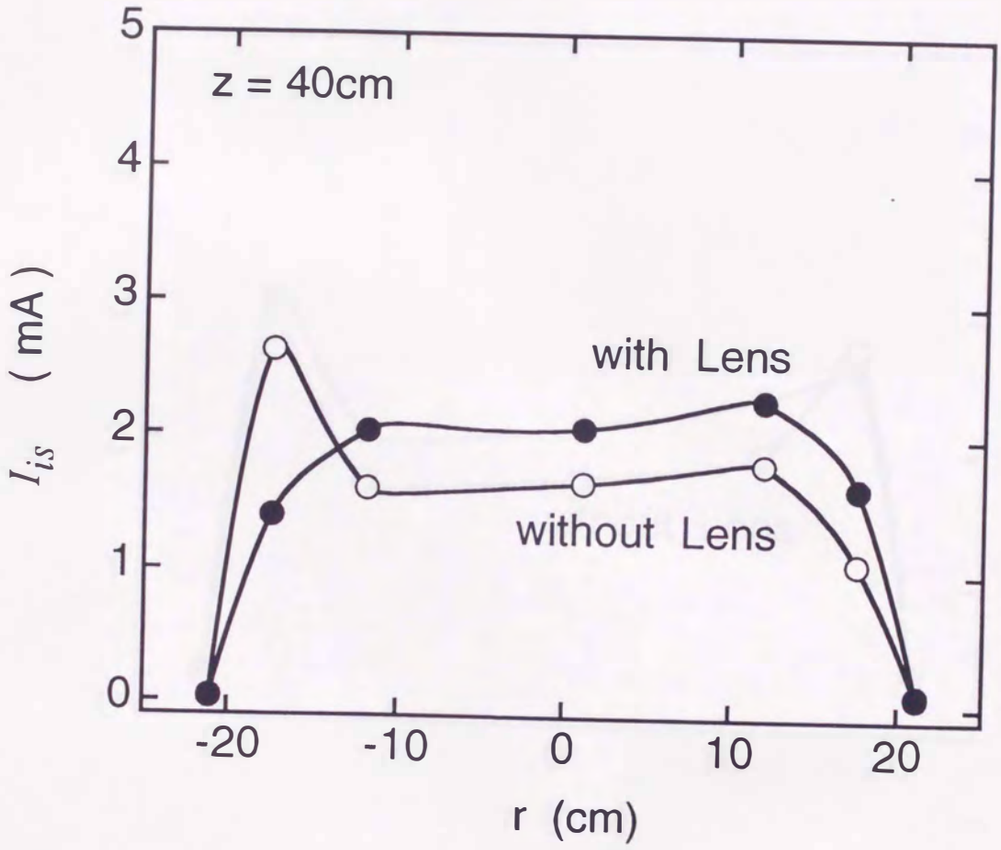



図 4-6　$z = 40$cm でのイオン飽和電流の径方向分布

入射マイクロ波パワー 3kW、アルゴンガス圧力 $1 \times 10^{-3}$Torr

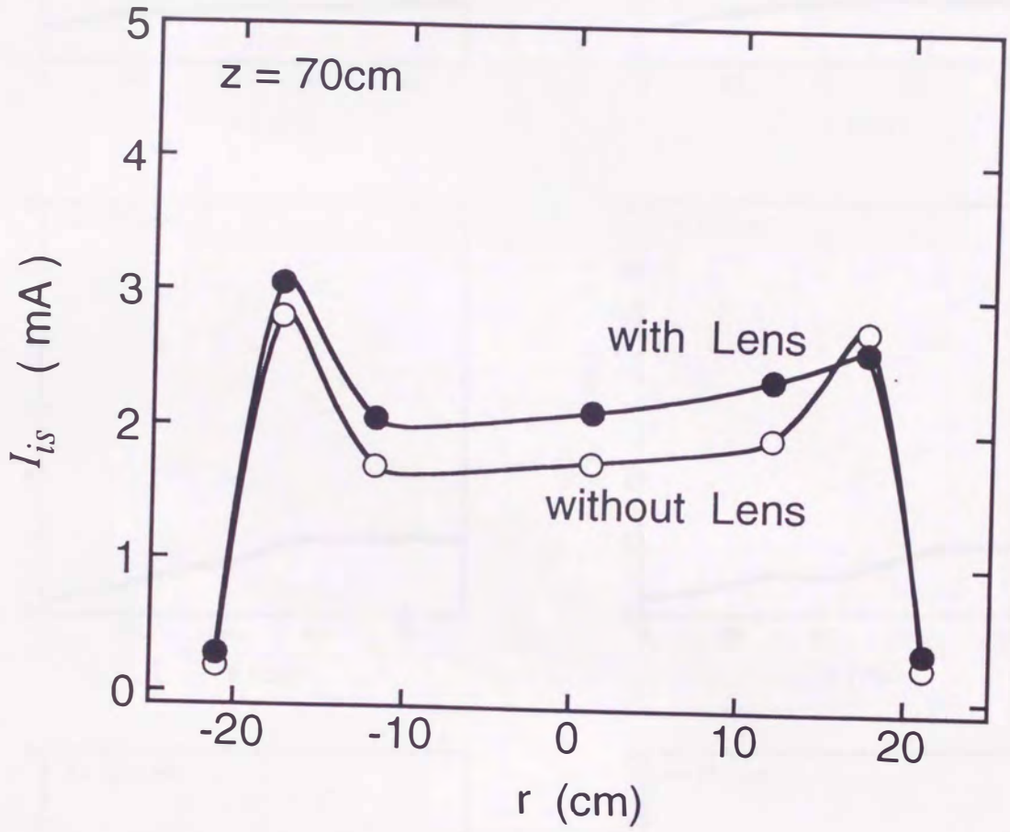



図 4-7　$z = 70$cm でのイオン飽和電流の径方向分布

入射マイクロ波パワー 3kW、アルゴンガス圧力 $1 \times 10^{-3}$Torr

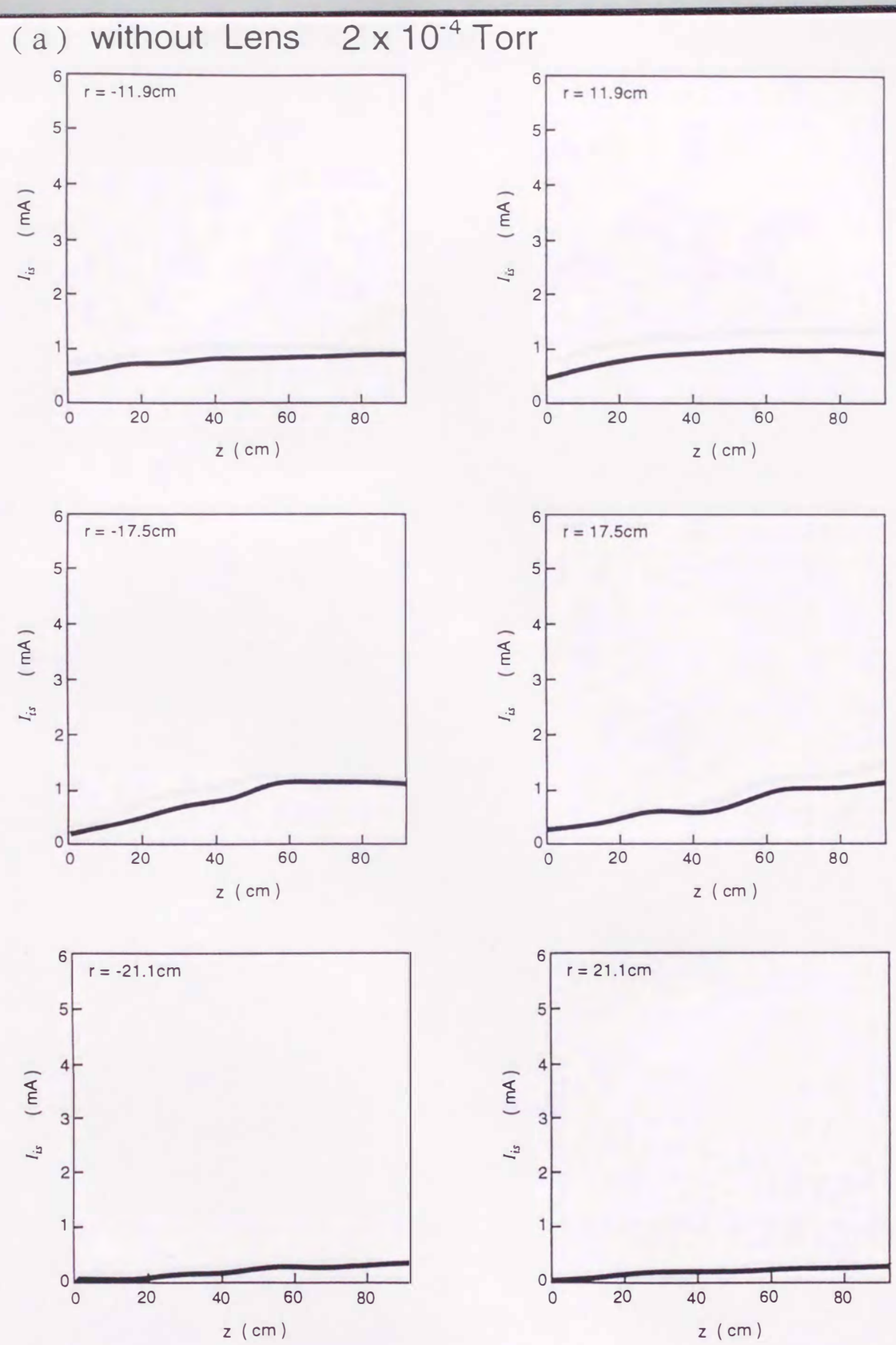



図 4-8　中心からの距離が違う場所でのイオン飽和電流の軸方向分布

入射マイクロ波パワー 3kW、アルゴンガス圧力 $2 \times 10^{-4}$Torr

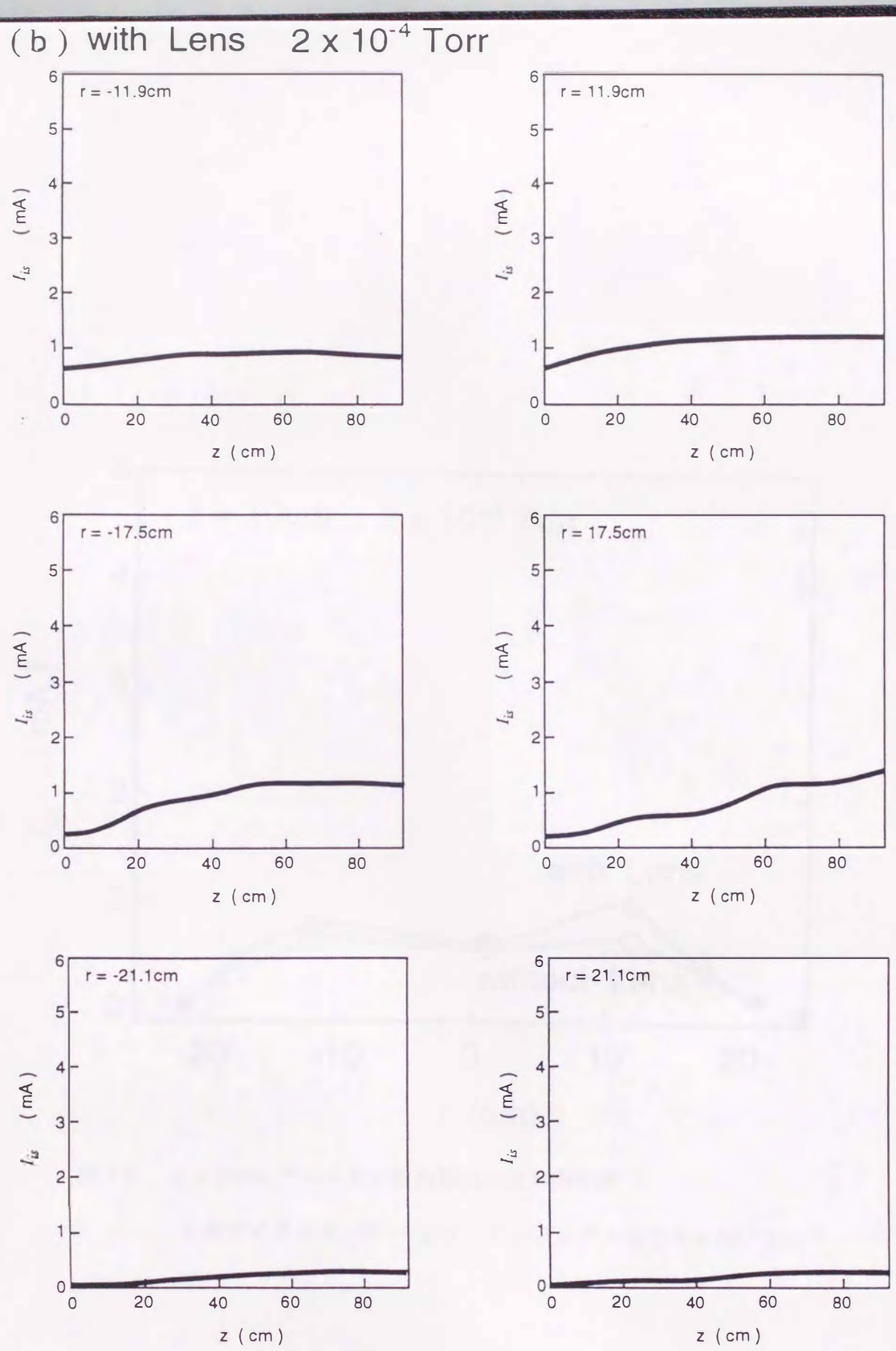



図 4-8　中心からの距離が違う場所でのイオン飽和電流の軸方向分布

入射マイクロ波パワー 3kW、アルゴンガス圧力 $2 \times 10^{-4}$Torr

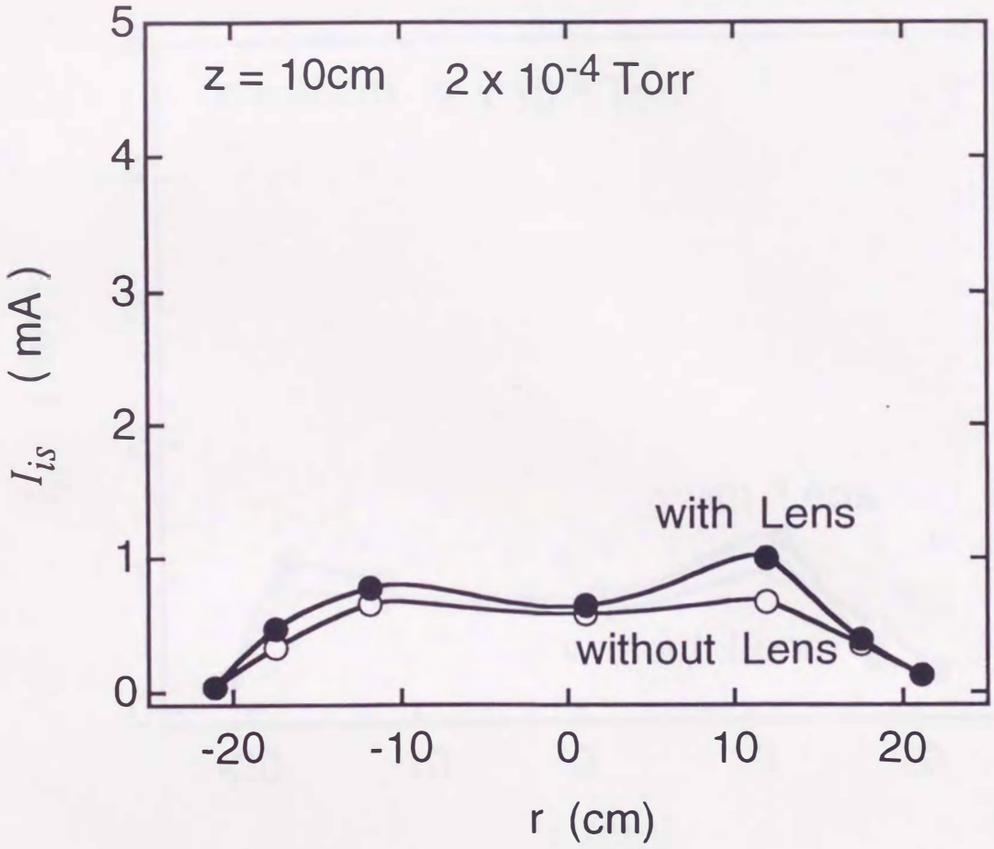



図 4-9　$z = 10$cm でのイオン飽和電流の径方向分布

入射マイクロ波パワー 3kW、アルゴンガス圧力 $2 \times 10^{-4}$Torr

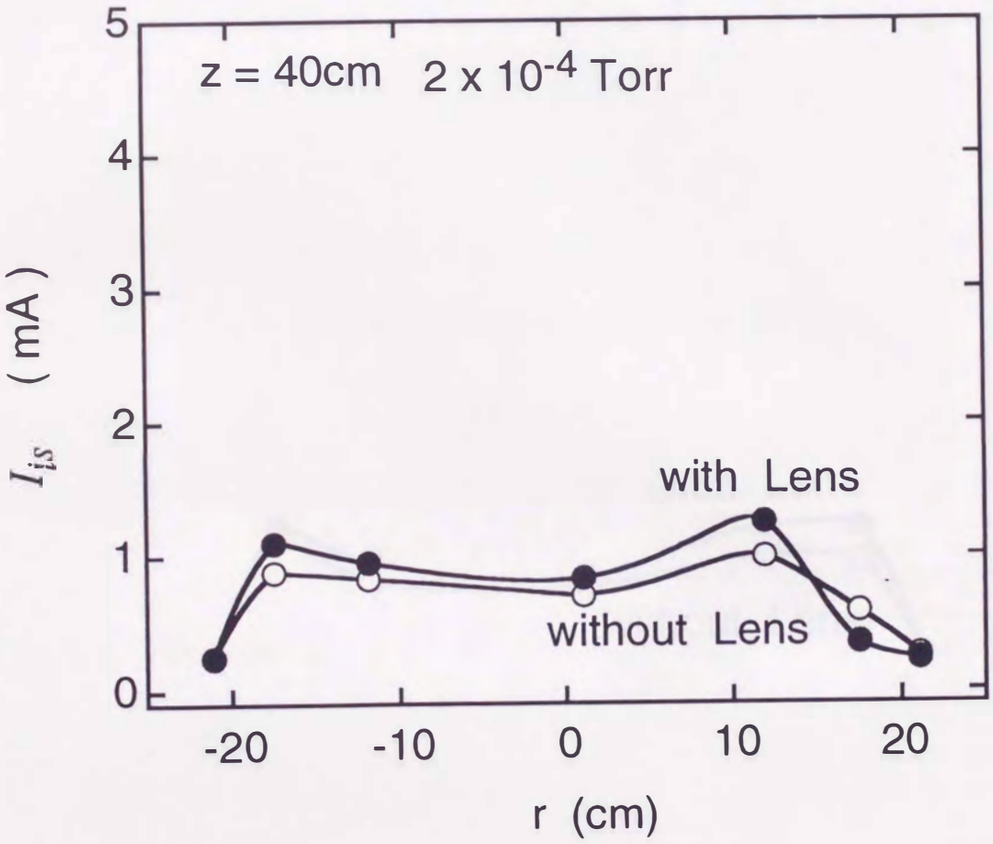



図 4-10　$z = 40$cm でのイオン飽和電流の径方向分布

入射マイクロ波パワー 3kW、アルゴンガス圧力 $2 \times 10^{-4}$Torr

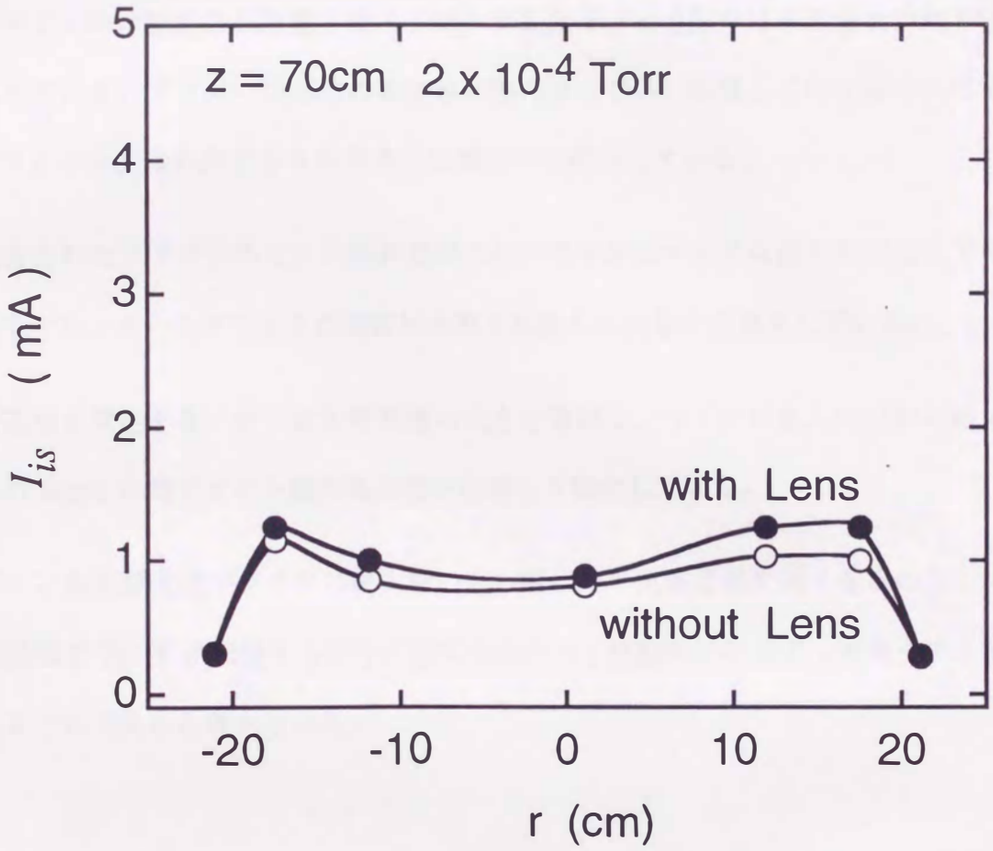



図 4-11　$z = 70$cm でのイオン飽和電流の径方向分布

入射マイクロ波パワー 3kW、アルゴンガス圧力 $2 \times 10^{-4}$Torr

## 4.4 結論

中心軸上以外での ECW の干渉波形を測定し、プラズマ中に伝播している ECW の波面を合成した。また、中心軸上以外でのイオン飽和電流の軸方向分布を測定し、波面から求めた ECW の伝播方向と周辺部に発生するイオン飽和電流値の大きな領域との関係について調べた結果、以下のことが明らかとなった。

1. プラズマ中に励起された電子サイクロトロン波は、中央部では平面波状か球面波状に伝播している。プラズマ周辺部の真空容器壁の近くでは、伝播して行くにつれて電子サイクロトロン波は外向きから内向きへ伝播方向が変化している。

2. 生成されたプラズマのイオン飽和電流の径方向分布はマイクロ波入射口近くでは、ほぼ円形 $TE_{11}$ モードのマイクロ波放射分布を反映した山形の分布をしている。

3. 周辺部に発生するイオン飽和電流値の大きな領域は、マイクロ波入射口から約 40cm から約 60cm の間でイオン飽和電流値が急増して発生している。

4. イオン飽和電流値がマイクロ波入射口から離れた下流周辺部で高くなるのは、中央部と周辺部で ECW が伝播する向きが逆であるため、波動のエネルギーが集中する領域が現れるためであると考えられる。

# 5 総括

最後に、各章で得られた結論をまとめる。

円形 $TE_{11}$ モードで放射されるマイクロ波の径方向放射分布を拡大し ECR プラズマの一様化をはかるため、マイクロ波凹レンズを設計、製作した。また、このマイクロ波凹レンズを基に大面積開口面を持つテーパー導波管を製作した。これらを用いてマイクロ波の径方向放射分布を測定し、以下の結果が得られた。

1. マイクロ波径方向放射分布を拡大するため、マイクロ波凹レンズの使用を検討し、直径 42cm のテフロン製の凹レンズを製作した。

2. テーパー導波管から放射されるマイクロ波径方向放射分布は、ほぼ導波管の中心軸上で最大となる山形の分布をしている。これより、マイクロ波は円形 $TE_{11}$ モードで放射されていると考えられる。

3. 大気中でのマイクロ波放射実験の結果、マイクロ波凹レンズによりマイクロ波径方向放射分布は、テーパー導波管開口面の半径方向に拡大され、その拡大率は約 1.2 倍である。

マイクロ波凹レンズを使用して ECR プラズマ生成実験を行い、マイクロ波径方向放射分布、プラズマ中の波動、イオン飽和電流分布、電子密度及び電子温度を測定し、マイクロ波凹レンズのマイクロ波径方向放射分布制御、及びプラズマの一様化への有効性について調べ、以下の結果が得られた。

1. プラズマ生成を行った場合の径方向放射分布の測定においても、マイクロ波凹レンズを使用した場合に径方向放射分布が半径方向に拡大されていることが確認された。入射マ

イクロ波パワー 3kW 以上、アルゴンガス圧力 $\sim 1 \times 10^{-3}$Torr 以上の時、その変動磁場の半値幅は約 17cm から約 23cm へと約 1.4 倍に拡大される。

2. 干渉法により得られた波形から、プラズマ中に励起された波動の分散特性を調べた結果、マイクロ波凹レンズの有無に関わらずプラズマ中に電子サイクロトロン波が励起されていることがわかった。

3. 励起される電子サイクロトロン波は、いずれの場合においても共鳴点に到達する前に減衰する。しかし、その減衰率はマイクロ波凹レンズを使用した場合の方が大きい。これは、磁場の非一様性と電子温度の違いが主な原因であると考えられる。

4. 生成されたプラズマのイオン飽和電流値は、直径 20cm にわたってほぼ一様である。入射マイクロ波パワー 3kW、アルゴンガス圧力 $1 \times 10^{-3}$Torr、$\omega/\omega_{ce} \sim 0.6$ の場合、一様性はレンズがない場合が ±6%、レンズを使用した場合 ±4% である。これは、現在必要とされるプラズマ応用のためのプラズマ源として使用可能な値である。

5. イオン飽和電流値は中心から約 10cm 以上の周辺部で高くなることが見出された。周辺部のイオン飽和電流値の高い領域は、低磁場、低圧力では現れない。

6. マイクロ波凹レンズにより、アルゴンガス圧力が 低い場合には電子温度が上昇し、$1 \times 10^{-3}$Torr、入射マイクロ波パワー 5kW で 5eV から 12eV へと 70% 高くなる。一方、さらにアルゴンガス圧力が高い場合には電子密度が上がり、$1 \times 10^{-2}$Torr、入射マイクロ波パワー 5kW で $4.5 \times 10^{12}$cm$^{-3}$ から $6.0 \times 10^{12}$cm$^{-3}$ へと 30% 高くなる。生成されたプラズマは、応用のためのプラズマ源として十分な高密度プラズマである。

7. マイクロ波凹レンズの効果は、中央部の方が大きい。アルゴンガスの圧力が $1 \times 10^{-3}$Torr 以下では、中央部の電子温度が上昇する。さらに圧力が高い場合には電子密度が増加す

る。この結果、マイクロ波凹レンズを使用するとイオン飽和電流値が増加する。

中心軸上以外での ECW の干渉波形を測定し、プラズマ中に伝播している ECW の波面を合成した。また、中心軸上以外でのイオン飽和電流の軸方向分布を測定し、波面から求めた ECW の伝播方向と周辺部に発生するイオン飽和電流値の大きな領域との関係について調べた結果、以下のことが明らかとなった。

1. プラズマ中に励起された電子サイクロトロン波は、中央部では平面波状か球面波状に伝播している。プラズマ周辺部の真空容器壁の近くでは、伝播して行くにつれて電子サイクロトロン波は外向きから内向きへ伝播方向が変化している。

2. 生成されたプラズマのイオン飽和電流の径方向分布はマイクロ波入射口近くでは、ほぼ円形 $TE_{11}$ モードのマイクロ波放射分布を反映した山形の分布をしている。

3. 周辺部に発生するイオン飽和電流値の大きな領域は、マイクロ波入射口から約 40cm から約 60cm の間でイオン飽和電流値が急増して発生している。

4. イオン飽和電流値がマイクロ波入射口から離れた下流周辺部で高くなるのは、中央部と周辺部で ECW が伝播する向きが逆であるため、波動のエネルギーが集中する領域が現れるためであると考えられる。

## 今後の課題

本研究の結果から、マイクロ波凹レンズがマイクロ波の径方向放射分布の制御に有効であることがわかった。しかし、次世代の半導体プロセス装置に要求されている直径 30cm の ECR プラズマ生成のためには、周辺部分を一様化する必要がある。以下に、今後の課題を述べる。

1. マイクロ波凹レンズによるマイクロ波径方向放射分布の変化は、低パワーや低圧力の場合などの電子密度の低い場合には現れていない。この理由を明らかにする必要がある。

2. 本研究では、磁場配位の形は固定したまま強度だけを変えて実験を行ったが、磁場配位を変えた場合（ミラー磁場や発散磁場）の効果も調べる。

3. 本研究の結果から、マイクロ波径方向放射分布を拡げると周辺部の一様性に関してはあまり良くないと考えられる。したがって、周辺部のマイクロ波放射については拡大を抑制するような複合的な凹面を持つマイクロ波凹レンズについて検討すべきである。

4. 本研究で見られるような、周辺部にプラズマの密度が高い領域が現れることは、装置固有の現象ではなく一般に見られるものである。その発生理由について、本研究では電子サイクロトロン波の伝播方向との関係から考察したが、定性的なものであり、今後さらに定量的に詳しく調べる必要がある。

# 参考文献


1) F. F. Chen : *Introduction to Plasma Physics and Controlled Fusion, 2nd. Ed, Vol. 1, Plasma Physics* (Plenum Press, New York, 1984).

2) P. Zhu and R. W. Boswell : Phys. Rev. Lett. **63** (1989) 2805.

3) P. Zhu and R. W. Boswell : J. Appl. Phys. **68** (1990) 1981.

4) T. Nakagawa, T. Kageyama, M. Kase, A. Goto and Y. Yano : Jpn. J. Appl. Phys. **34** (1995) 2463.

5) S. Satori, K. Nishiyama, H. Kunikawa and K. Kuriki : Jpn. J. Appl. Phys. **35** (1996) 274.

6) 赤崎正則、村岡克紀、渡辺征夫、蝦原健治：プラズマ工学の基礎（産業図書、1984）1 ～ 8.

7) S. Watanabe : Jpn. J. Appl. Phys. **33** (1994) 3608.

8) S. Samukawa : Jpn. J. Appl. Phys. **30** (1991) 3154.

9) S. Samukawa : Jpn. J. Appl. Phys. **33** (1994) 2133.

10) T. Watanabe, K. Azuma, M. Nakatani, K. Suzuki, T. Sonobe and T. Shinoda : Jpn. J. Appl. Phys. **25** (1986) 1805.

11) M. Kitagawa, K. Setsune, Y. Manabe and T. Hirao : Jpn. J. Appl. Phys. **27** (1988) 2026.

12) K. Akiyama, E. Tanaka, A. Takimoto and M. Watanabe : Jpn. J. Appl. Phys. **27** (1988) 2192.

13) 堤井信力：プラズマ基礎工学　増補版（内田老鶴圃、1986）117 ～ 122.

14) F. F. Chen : Plasma Phys. Controlled Fusion **33** (1991) 339.

15) R. W. Boswell : Plasma Phys. Controlled Fusion **26** (1984) 1147.

16) A. Komori, T. Shoji, K. Miyamoto, J. Kawai and Y. Kawai : Phys. Fluids **B3** (1991)893.

17) P. Zhu and R. W. Boswell : Phys. Fluids **B3** (1991)869.

18) 杉本尚哉、小森彰夫、田中雅慶、河合良信：九州大学大学院総合理工学研究科報告第１５巻第２号 195 ～ 202、平成５年９月.

19) M. Sugimoto, A. Komori, M. Tanaka and Y. Kawai : *Proceedings of The 2nd International Conference on Reactive Plasmas and 11th Symposium on Plasma Processing* 557 ～ 560.

20) A. Yonesu, Y. Takeuchi, A. Komori and Y. Kawai : Jpn. J. Appl. Phys. **27** (1988) 1746.

21) A. Yonesu, A. Komori and Y. Kawai : Jpn. J. Appl. Phys. **27** (1988) 1482.

22) N. Hirotsu, T. Yamaguchi, R. Hidaka, M. Tanaka and Y. Kawai : Jpn. J. Appl. Phys. **33** (1994) 2712.

23) M. Tanaka, R. Nishimoto, S. Higashi, N. Harada, T. Ohi, A. Komori and Y. Kawai : J. Phys. Soc. Jpn. **50** (1991) 1600.

24) M. Tanaka, M. Tamaoki, S. Higashi, M. Matsuoka, A. Komori and Y. Kawai : Jpn. J. Appl. Phys. **32** (1993) 1818.

25) M. Tanaka, K. Nagao, H. Shoyama, M. Sugimoto and Y. Kawai : Jpn. J. Appl. Phys. **33** (1994) 5028.

26) J. E. Stevens, Y. C. Huang, R. L. Jarecki and J. L. Cecchi : J. Vac. Sci. Tech. **A10** (1992) 1270.

27) 阿部英太郎：マイクロ波技術（東京大学出版会、1990）80 ～ 83, 141 ～ 151.

28) 牧本利夫、松尾幸人：マイクロ波工学の基礎（廣川書店、1964）52 ～ 94, 345 ～ 358.

29) 虫明康人、安達三郎：基礎電波工学（共立出版、1970）158 ～ 165.

30) C. A. Hugenholtz : Rev. Sci. Instrum. **45** (1974) 1474.

31) T. Uckan : Rev. Sci. Instrum. **45** (1981) 21.

32) M. A. Heald, C. B. Wharton : *Plasma Diagnostics with Microwaves* (John Wiley & Sons Inc., New York, 1965) 346 ～ 352.

33) Y. Ueda, M. Y. Tanaka, S. Shinohara and Y. Kawai : *1995 IUVSTA WORKSHOP ON PLASMA SOURCES AND SURFACE INTERACTIONS IN MATERIALS PROCESSING* : Abstracts, 46.

34) G. Lisitano, M. Fontanesi and S. Bernabei : Phys. Rev. Lett. **26** (1971) 747.

35) K. Ohkubo and S. Tanaka : J. Phys. Soc. Jpn. **36** (1974) 572.

36) T. Ono, C. Takahashi and S. Matsuo : Jpn. J. Appl. Phys. **23** (1984) L534.

37) M. Matsuoka and K. Ono : Jpn. J. Appl. Phys. **28** (1989) L503.

38) M. Matsuoka and K. Ono : J. Appl. Phys. **65** (1989) 4403.

39) T. Nakamura, S. Samukawa, T. Ishida, A. Ishitani and Y. Kawase : Jpn. J. Appl. Phys. **31** (1992) 4343.

40) J. Forster and W. Holber : J. Vac. Sci. Tech. **A7** (1989) 899.

41) プラズマ・核融合学会編：プラズマ診断の基礎（名古屋大学出版会、1990）11 ～ 30.

42) 八田吉典：気体放電（近代科学社、1968）116 ～ 130.

43) S. M. Gorbatkin, L. A. Berry and J. B. Roberto : J. Vac. Sci. Tech. **A8** (1990) 2893.

44) Yu. M. Kagan and V. I. Perel : Usp. Fiz. Nauk **81** (1963) 409.

45) 宮本健郎：プラズマ物理入門（岩波書店、1991）151 ～ 184.

46) T. H. Stix : *Waves in Plasmas* (American Institute of Physics, New York, 1992) 1 ～ 24, 237 ～ 242.

47) 田中基彦、西川恭治：高温プラズマの物理学（丸善、1991）53 ～ 99.

48) H. Sugai and S. Takeda : Phys. Fluids **23** (1980) 194.

49) R. L. Stenzel : Phys. Fluids **19** (1976) 857.

50) R. L. Stenzel : Phys. Fluids **19** (1976) 865.

51) M. Feix : Phys. Lett. **9** (1964) 123.

52) K. Ohkubo and S. Tanaka : J. Phys. Soc. Jpn. **36** (1974) 843.

53) K. Ohkubo and S. Tanaka : J. Phys. Soc. Jpn. **41** (1976) 254.

54) E. S. Aydil, J. A. Gregus and R. A. Gottscho : Rev. Sci. Instrum. **64** (1993) 3572.

55) A. W. Trivelpiece and R. W. Gould : J. Appl. Phys. **30** (1959) 1784.

## 謝辞

本研究を行うにあたり、九州大学大学院総合理工学研究科　河合良信教授には多大なる御指導、御助言をしていただきました。

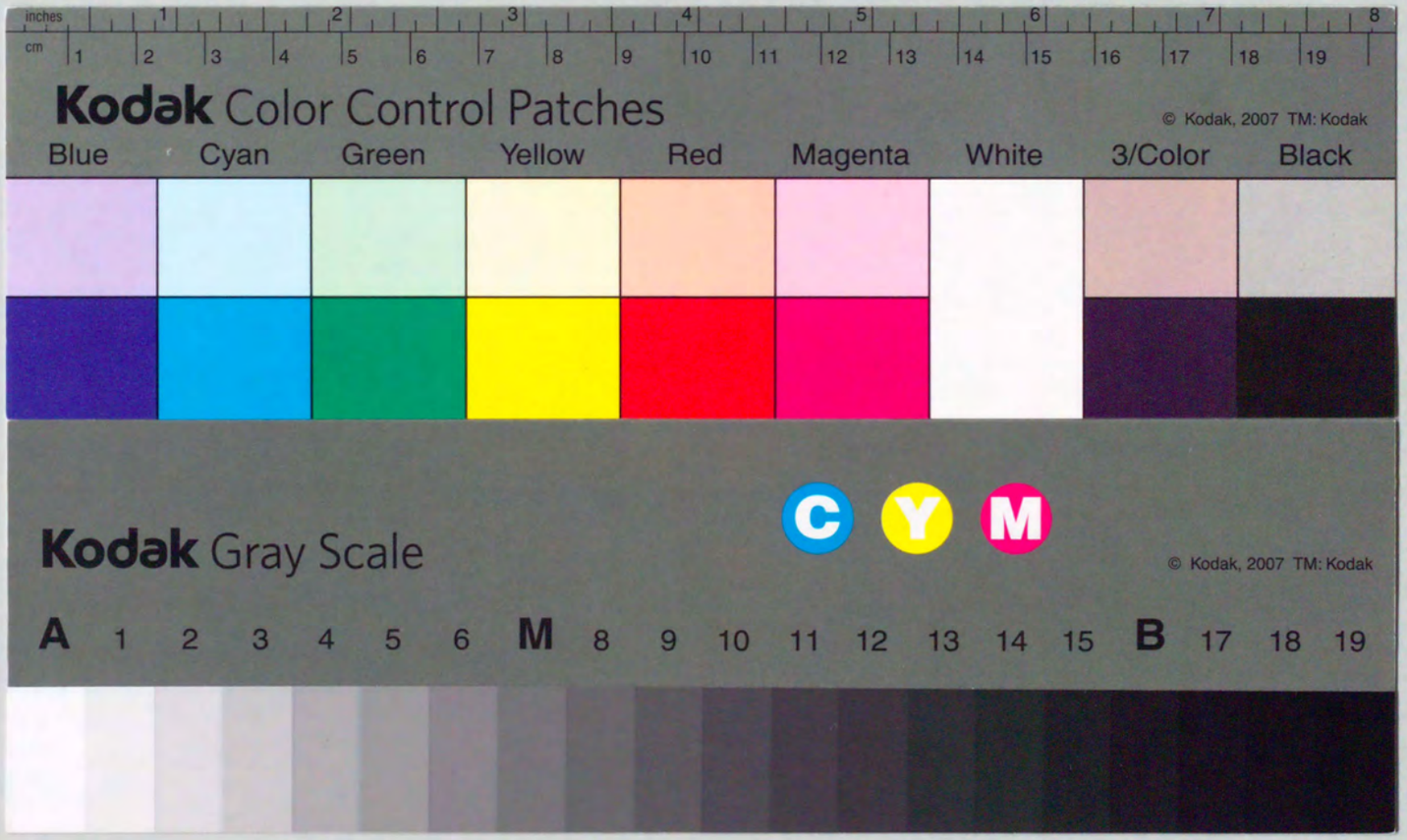
本論文をまとめるに際して、九州大学大学院総合理工学研究科　伊藤智之教授、九州大学大学院総合理工学研究科　村岡克紀教授には、真摯に問題点を指摘していただき、非常に有益な御意見、御助言をいただきました。

核融合科学研究所　田中雅慶助教授には、実験を行うにあたって有意義な御指導、御援助と実り多い御討論をしていただきました。

また、九州大学大学院総合理工学研究科　篠原俊二郎助教授には、平素から貴重な御意見、御助言をいただきました。

更に、九州大学大学院総合理工学研究科　上田洋子助手をはじめ、九州大学大学院総合理工学研究科高エネルギー物質科学専攻河合研究室の院生諸氏の方々には、実験の準備、補助など様々な面で御世話になりました。

ここに、謹んで御礼申し上げます。


inches
1 2 3 4 5 6 7 8
cm
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19
Kodak Color Control Patches
© Kodak, 2007 TM: Kodak
Blue
Cyan
Green
Yellow
Red
Magenta
White
3/Color
Black
Kodak Gray Scale
C
Y
M
© Kodak, 2007 TM: Kodak
A 1 2 3 4 5 6 M 8 9 10 11 12 13 14 15 B 17 18 19