

# P-231 極域カスププラズマ擾乱現象の観測的研究：ノルウェーの観測ロケット実験ICI-4への観測装置の搭載

## LEP and FBP on Norwegian Sounding Rocket ICI-4

齋藤義文、阿部琢美、横田勝一郎（宇宙研）

Y. Saito, T. Abe, and S. Yokota

### 背景と科学目的

極域電離圏の対流パターン推定に有効なHFレーダ観測において、予期しないような強い後方散乱波を受信する事があるが、ICIプロジェクトの科学目的はこれらの後方散乱を引き起こす散乱源（プラズマ擾乱）の生成メカニズムを解明することである。ICI-2 キャンペーンは平成 20 年 12 月に行われ、EISCAT レーダや光学カメラを含めた総合観測を実施した。ICI-2 観測ロケットはキャンペーン期間中の 12 月 5 日にノルウェー・スバルバード島のニーオレスンロケット実験場から打ち上げられ、カスプ領域から極側に向けて移動するオーロラ発光領域で電子密度擾乱を直接観測することに成功した。平成 23 年 12 月に実施された ICI-3 キャンペーンは、大規模プラズマ流の中に存在する逆向きのプラズマ流である Reversed Flow Channel におけるプラズマ擾乱がターゲットであった。ICI-3 観測ロケットは 12 月 3 日にノルウェー・スバルバード島のニーオレスンロケット実験場から打ち上げられ、Reversed Flow Channel 上空のデータ取得に成功した。ICI-4 観測ロケットは平成 25 年 12 月にノルウェーのスバルバード島から Flow Channel Event と交差するように打ち上げられる予定であったが、使用予定のロケットモーターと同種のロケットモーターに問題が発生したことから ICI-4 の打ち上げは平成 27 年 2 月まで延期となった。ICI-4 観測ロケットによる Flow Channel Event に伴うプラズマ擾乱領域のその場観測を実施すると共に、これまでに得られている ICI-2、ICI-3 のデータを同時に解析することによって、昼間側カスプ領域で発生するプラズマ密度擾乱現象の総合的な理解を目指す。

### ICI-4 ロケット搭載観測機器

- |   |                              |
|---|------------------------------|
| 1) 電子密度擾乱測定器 (FBP)<br>電子密度およびその擾乱測定   | 担当： JAXA 宇宙科学研究所             |
| 2) 針型ラングミュアプローブ (4-NLP)<br>ロケット軌道に沿った電子密度と電子温度の変化を測定  | 担当： オスロ大学                    |
| 3) 電界波動測定器 (EFW)<br>電場波動ベクトルの決定と 6 つのプローブ間の差動AC電場成分の測定  | 担当： オスロ大学                    |
| 4) フラックスゲート磁力計 (FGM)  | 担当： アルバータ大学                  |
| 5) AC/DC 磁力計 (ADM)<br>DC から 4kHz までの周波数範囲でプラズマ波に関連した弱い磁場変動の測定                                   | 担当： フランス環境物理化学研究所            |
| 6) 低エネルギー電子計測器 (LEP-ESA)<br>10eV-10keV のエネルギー範囲において電子エネルギー分布関数を測定する                             | 担当： JAXA 宇宙科学研究所             |
| 7) GPS・慣性計測装置 (GPSIMU)<br>電離層全電子数とその空間変化量及び電離層シンチレーションの計測を行う                                    | 担当： Johns Hopkins 大学応用物理学研究所 |
| 8) 観測ロケット姿勢決定システム (SRADS)<br>ロケット 3- 軸姿勢決定のために開発された MEMS ジャイロによる慣性基準装置、1- 軸デジタルサンセンサーおよび 3 軸磁力計 | 担当： オスロ大学                    |

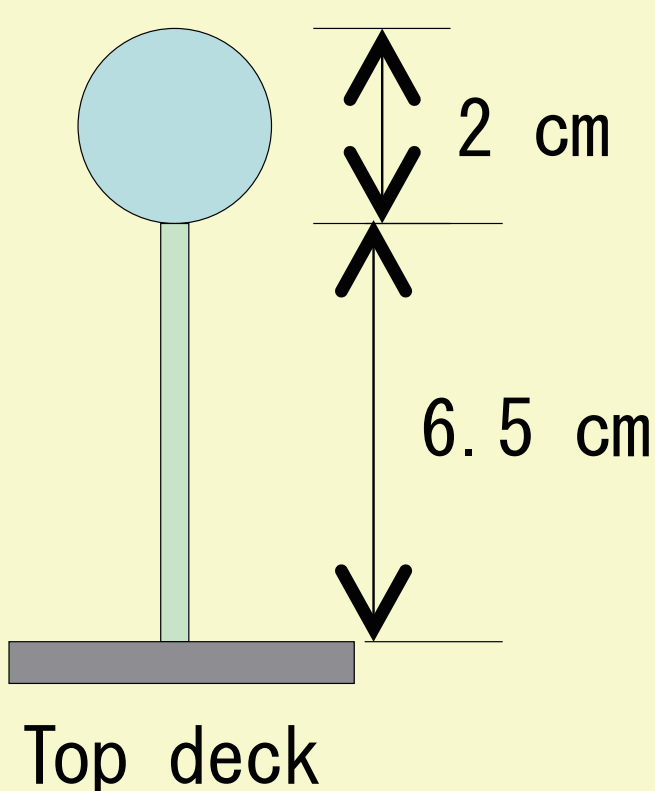
### JAXA の貢献：ICI-4 プロジェクトに以下の2つの観測機器を開発・搭載して観測を行う

- 1) 電子密度擾乱測定器 (FBP)  
極域電離圏カスプ領域に発生する電子密度擾乱は、それが後方散乱エコーの原因となることからレーダー運用波長の半分である10m オーダーの空間スケールをもつと推定されている。今回のロケット実験の科学目的のひとつとして、RFE発生後に駆動されるプラズマイレギュラリティ領域における電子密度擾乱の空間スケールと変動量に関する情報を得ることがあげられる。頭胴部先端に配置され正の電圧に印加したプローブにより微小スケールの電子密度変動を観測する事は最も重要な観測項目のひとつで現象の解明にとって欠かせないデータを提供することになる。
- 2) 低エネルギー電子計測器 (LEP)  
低エネルギー電子の計測を行なう LEP-ESA はカスプ上空においてこれまでに無い高い時間分解能(11 ミリ秒で 16 ステップのエネルギー スペクトルを取得)でエネルギー分布関数計測を行う。前述したようにRFE領域における降下電子の役割を解明するため、またカスプ領域に生起するプラズマ不安定現象のエネルギー供給源としての低エネルギー電子の寄与を明らかにするために、LEP-ESA による低エネルギー電子の観測は重要である。

#### 固定バイアスプローブの主な諸元

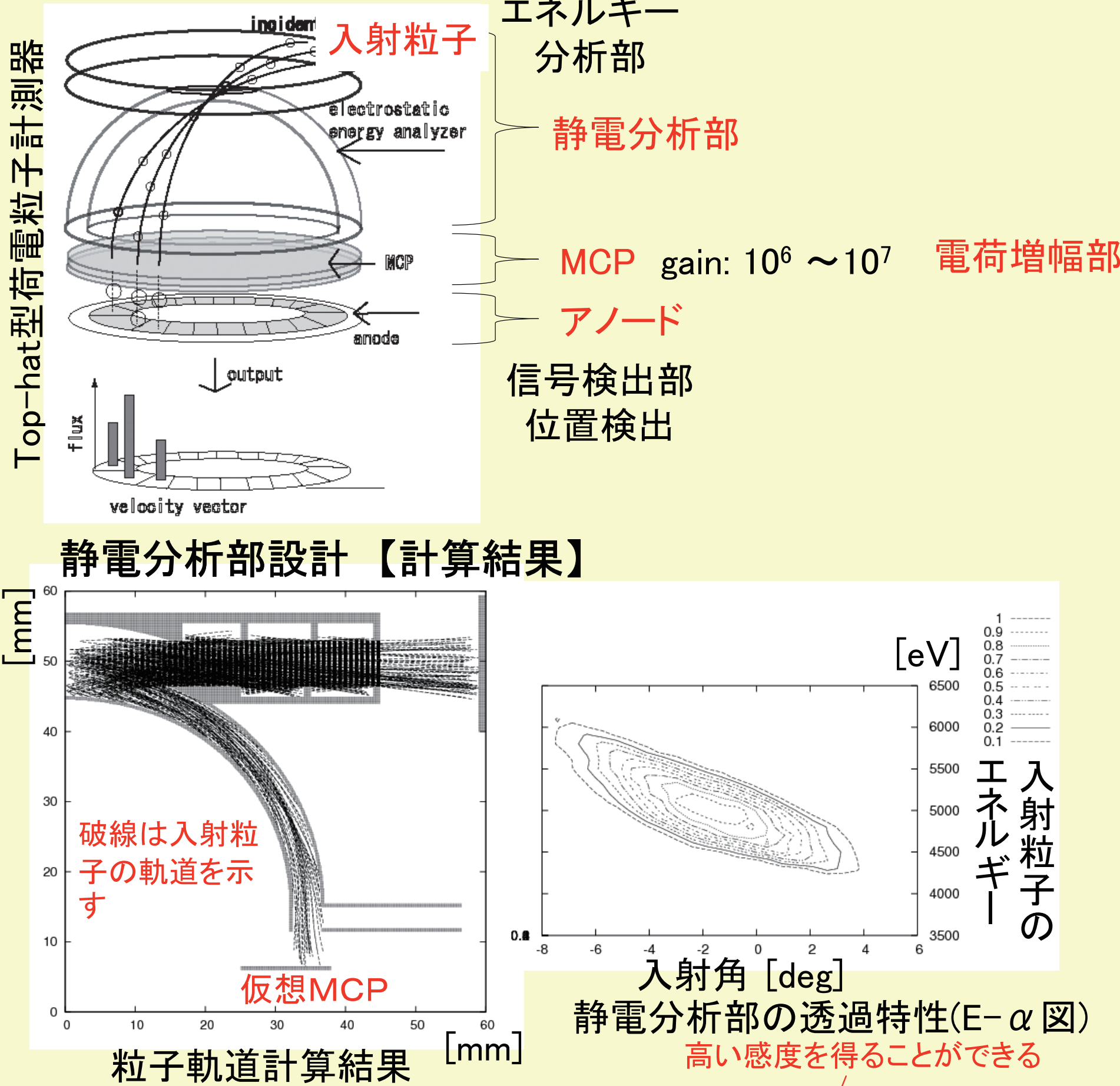
- ・  $10^4 \sim 10^6 \text{ cm}^{-3}$  の電子密度の領域で<1mスケールの擾乱を観測  
(Sampling rateはロケット上で >1kHz)
- ・ プローブは球形 (直径2cm)。+4Vを印加。
- ・ プローブはスピンの影響を受けにくいロケット先端に設置。

Applied voltage : +4 V



Channel	Measurement Full Scale	Sampling (/sec)
DC-L (Low-Gain)	$N_e \leq 3.0 \times 10^6 \text{ cm}^{-3}$ 30 $\mu\text{A}$	2893.5
DC-H (High-Gain)	$N_e \leq 6.0 \times 10^4 \text{ cm}^{-3}$ 0.6 $\mu\text{A}$	2893.5
AC-M (Low-Gain)	1000 - 3000 Hz 9.0 $\mu\text{A}$	11574.0
AC-H (High-Gain)	3000 - 5000 Hz 0.3 $\mu\text{A}$	11574.0

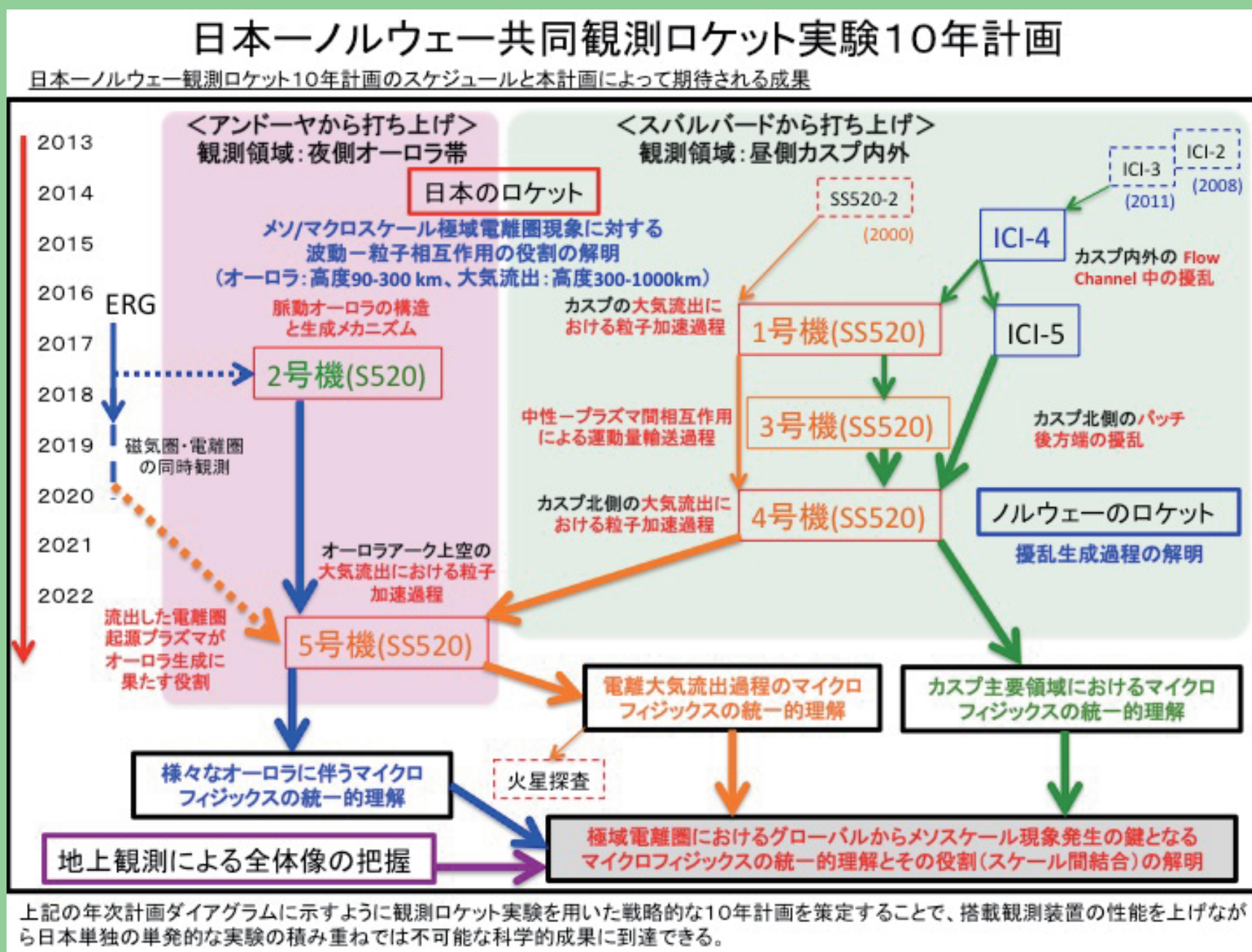
#### LEP-ESA 概観



MCP マルチアノード  
ロケット実験では信号検出部に**ASIC 搭載型MCP マルチアノード**を使用  
利点 1.信号処理能力が高い 2.重量の削減 3.低消費電力化  
64chを処理できるASIC チップの使用により従来の消費電力の問題を解決でき小型化も実現できる。

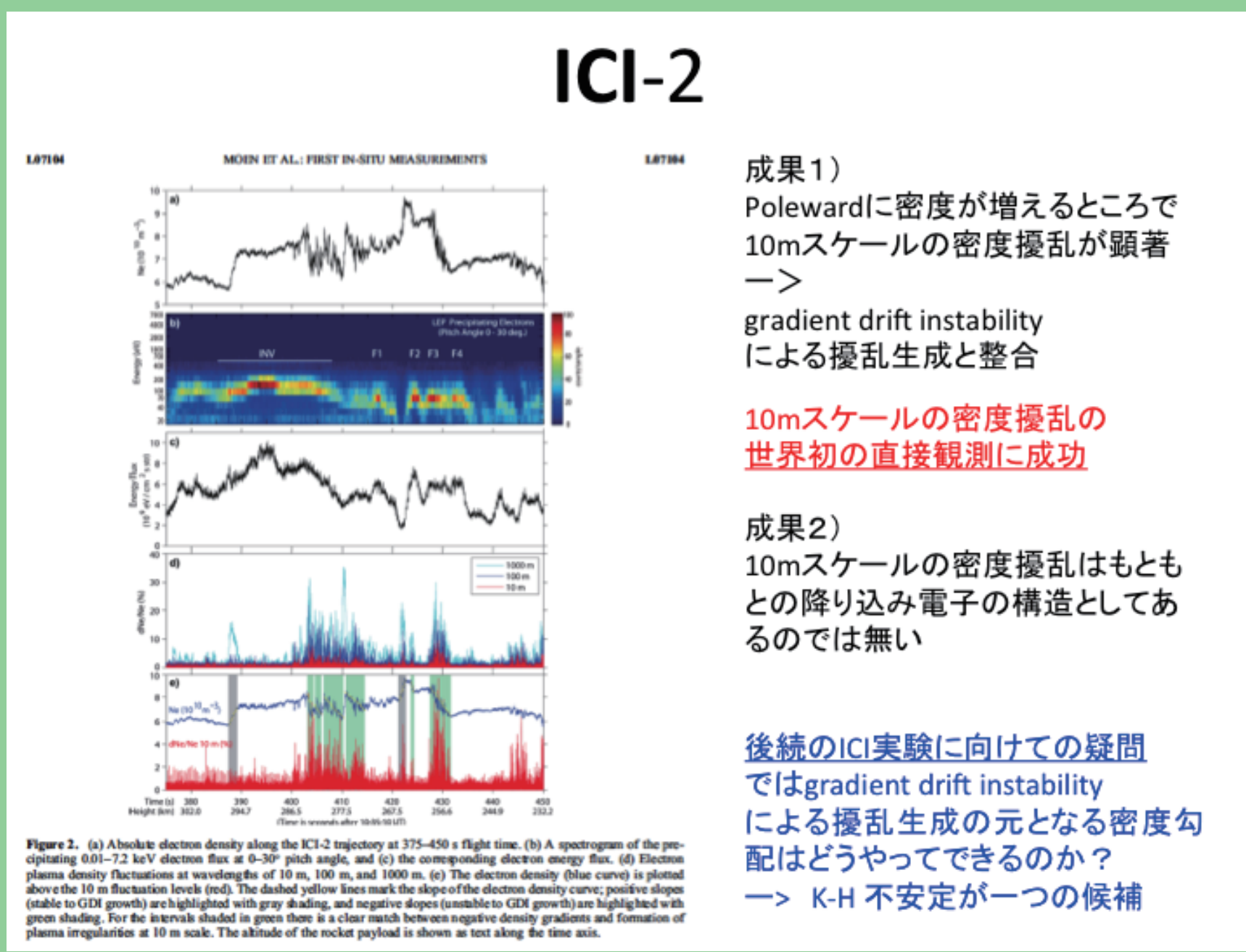
	信号処理時間	カウントレート	重量	消費電力
Resistive anode	10 $\mu\text{s}$	$1 \times 10^5$	○	0.2W
Delay line anode	100 ns	$1 \times 10^7$	○	0.8W
Multi anode	500ns/ch	$2 \times 10^6 \times 64\text{ch}$	◎	0.3W/64ch

### 日本ーノルウェー共同観測ロケット実験10年計画



ICI-4 への参加は宇宙研の観測ロケット実験を含む「日本ーノルウェー共同観測ロケット実験10年計画」の一環である。「極域電離圏におけるグローバルからメソスケール現象発生の鍵となるマイクロフィジックスの統一的理解とその役割(スケール間結合)の解明」を計画全体の目的として、日本ーノルウェーの国際協力の下で観測ロケット実験を中核とした地上観測・衛星観測を含む総合観測を実施する。極域電離圏においては、様々な形態のオーロラの発光、電離大気の流出、電波の後方散乱など様々なグローバルスケール(〜1000km スケール)・マクロ/メソスケール(〜100km スケール)の現象が起きている。「極域電離圏におけるグローバルからメソスケール現象発生の鍵となるマイクロフィジックスの統一的理解とその役割の解明」によって、それらの現象の成因の鍵となるマイクロフィジックスをロケット観測で明らかにし、そのマイクロフィジックスがマクロ/メソスケールの現象、さらにはグローバルスケールの現象にどのように影響を及ぼしているのかを、地上光学・電波観測機器を組み合わせることで総合的に理解する事を目指す。

### ICI-2 観測ロケット実験の成果



### ICI-3 観測ロケット実験の状況

