

核融合・加速器向け電子デバイス 開発の取り組み

キヤノン電子管デバイス株式会社

Effort to develop electron devices for nuclear fusion and accelerators.

Canon Electron Tubes & Devices Co., Ltd. (CETD)

キヤノン電子管デバイス株式会社
2022年 12月22日

開示範囲	QST殿/(CETD)
情報オーナー部門	キヤノン電子管デバイス

目次 -Index-

1. 会社紹介 –Company introduction of CETD–
2. 核融合への取り組み –Effort for nuclear fusion–
3. 加速器への取り組み（科学技術関連の製品紹介）
 –Effort for accelerator (Product introduction for science technology)–
4. 開発技術の展開 –Application of technology–
5. まとめ –Summery–

1.1 会社紹介 –Company introduction–

開発設計から製造までの 機能を有する電子管・デバイス専門会社

Specialized company for design and development of Electron tubes & Devices.

社 名 キヤノン電子管デバイス株式会社

Canon Electron Tubes & Devices Co.,Ltd.

医療・食品等検査・科学技術分野におけるキーコンポーネントを
開發生産販売し、顧客・社会に貢献していきます



電力管



研究科学分野
ジャイロトロン
クライストロン
(ITER / QST 他)

Microwave Tubes

X線管



医療
歯科医療
分析科学工業

X-ray Tubes

X線平面 検出器 : FPD



医療用
動画 / 静止画

X-ray Flat Panel
Detectors

X線イメージ管



医療用 / 工業用
X線TV

X-ray Image
Intensifiers

Contribute to the society by Development and Manufacturing the Key components for Medical, Inspection, Science research field.

1.2 沿革 -Company History-

その時代で求められる最先端の電子管・デバイス開発

Development of Electron Tube Devices with the times

ジャイロトロン開発開始
(1979年)

川崎市堀川町から
栃木県大田原市へ

一部中国生産
中国販社設立

東芝より分社

社名変更
キヤノン電子管デバイス

Canon
グループ

新製造棟
増設

1915 '20

'60

'80

'90

87

03

2000

04

15

16

18

22

未来技術遺産登録



**我が国の
危機を救え!**

日本初のX線管球
ギバX線管
(1915年)



**医療の革新
に貢献!**

国産初熱陰極
クーリッジX線管U型
(1925年)



**日本中に
テレビ電波よ届け!**

TV放送用
進行波管
(1963年)



**未来の電力源
を確保せよ!**

エネルギー回収
大電力ジャイロトロン
(1994年)



**未知への探求で
人類へ貢献!**

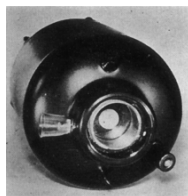
世界最大出力
連続波クライストロン
(2002年)



**世界の医療/科学技術
へ貢献!**



これからはラジオ放送だ!
送信管プライオトロン
(1919年)



鮮明な動画画像を!
X線イメージ管
製品化(1956年)



固体素子で画像を!
FPD製品化
(2009年)



2.1 核融合への取り組み（核融合施設構成）

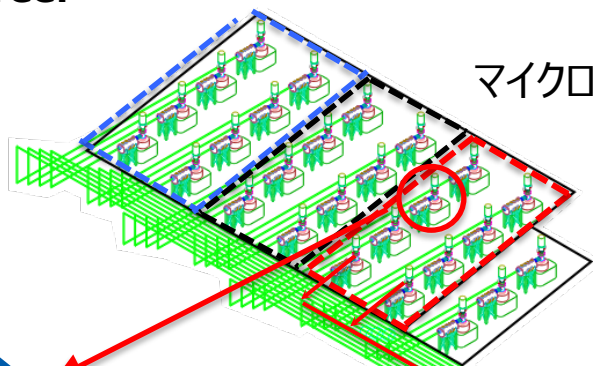
Effort for nuclear fusion (Constitution of nuclear fusion facility)

核融合を起こすためには、プラズマを数億度にする必要があり、外部より加熱を行う。
有力な加熱方法としてマイクロ波(電磁波)をプラズマに入射する方法がある。

Gyrotron is a microwave device for heating plasma to activate nuclear fusion which is about hundreds million degree.



ジャイロトロン



マイクロ波発生部

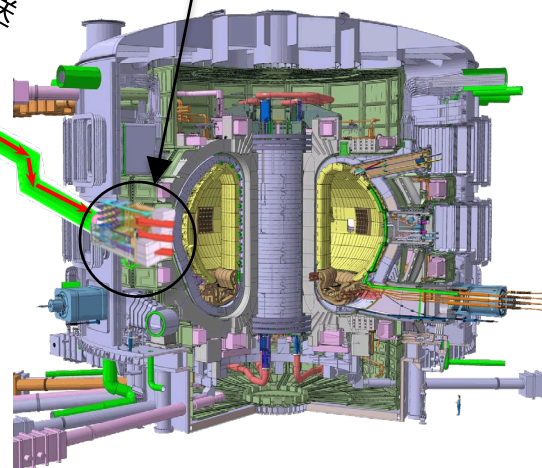
伝送部

エネルギー伝送

100m以上

国際熱核融合実験炉(ITER)では、ジャイロトロン24台でプラズマを加熱する。そのうち日本分担は8台。

入射部



	出力電力	周波数
電子レンジ	500 W	2.45 GHz
ジャイロトロン(ITER向け)	1,000,000 W	170 GHz

出力は2,000倍、周波数は約70倍

2.2 ジャイロトロンの開発 (QST共同開発)

Development of Gyrotron (Co-Development with QST)



(実用化のためのキーポイント) -Key Technologies for practical operation-

冷却の強化・ダイヤモンド窓

Enhancement of cooling · Diamond Window

● 出力窓の材質変更

マイクロ波透過の発熱で割れてしまう



発熱小、熱伝導が良い**ダイヤモンド窓**
使用し高出力を実現・商用炉に繋がる

世界初大口径人工ダイヤモンド窓
(QST開発)



マイクロ波放射部の最適化

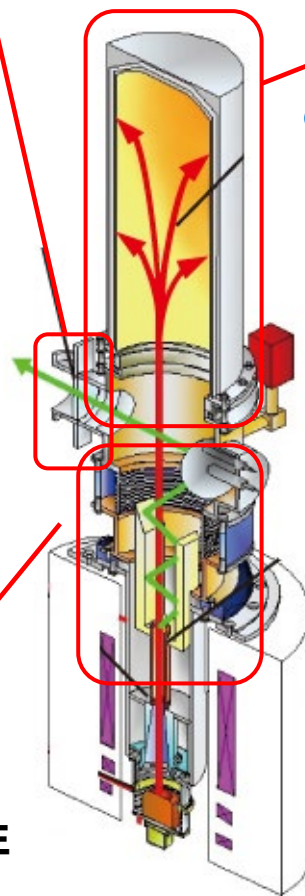
Optimization for emittance of microwave

● 放射部の内面形状最適化

マイクロ波散乱で伝送損失と内部発熱発生
(QST共同開発)



放射部形状を最新シミュレーションで設計
最適形状を特殊加工技術で実現し損失と
発熱を減少



エネルギー回収技術

Energy recovery technology

● コレクタ電位効果(CPD)方式を採用

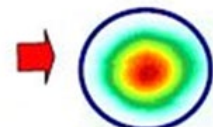
高出力化は設備全体の大型化必要

(QST共同開発)



電子ビームエネルギーを一部回収する
ことで、**変換効率が上がり**、高出力化と
設備全体の小型化・省電力化を実現

エネルギー回収技術を
搭載した製品は
重要科学技術史資料
(未来技術遺産)に登録



発振モード :

TE_{31,8}(高周波発生部)

出力窓 :
ガウス型電磁ビーム

2.3 ITER向けジャイロトン製作

Manufacturing the Gyrotrons for ITER PJ

- ・量子科学技術研究開発機構
- ・欧州やロシアに先駆けて完
- ・先行のジャイロトン
- ・ITERの初プラズマ加熱に

超高温プラズマ加熱用高出力マイクロ波源の製作完遂 ～イーター初プラズマに道筋～

掲載日：2021年5月28日更新

発表のポイント

- ・ 核融合実験炉イーターのプラズマ加熱に用いる高出力マイクロ波源「ジャイロトン」の日本分担分全8機の製作を、ロシアや欧州に先駆けて完遂
- ・ 初プラズマで使用される4機が性能確認検査に合格し、イーターの運転開始とその後の核融合実験に向けて大きく前進

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構（理事長 平野 俊夫。以下「量研」という。）とキャノン電子管デバイス株式会社（代表取締役社長 中牟田 浩典。以下「CETD」という。）は、南フランスに建設中の核融合実験炉イーター¹⁾でプラズマ加熱に用いる高出力マイクロ波源「ジャイロトン」²⁾ 24機のうち日本分担分全8機の製作を、同じく分担して製作しているロシアや欧州に先駆けて完遂させました。さらに、このうち初プラズマ³⁾の実現に必要な8機のうち日本が担当する4機について、性能確認検査を成功裏に終了させ、今後、順次イーター機構に輸送する計画です。本成果は、イーターの運転開始に向けてプロジェクトを大きく前進させるとともに、その後の実験運転や研究に大いに貢献するものです。

ahead of the schedule with Europe

QST殿プレスリリース(2021年5月28日)

<https://www.qst.go.jp/site/press/20210528.html>

術を搭載。

した。

3.1 加速器への取り組み（科学技術分野への貢献）

Effort for accelerators (Contribution for science technology)

ジャイロトロンだけでなくクライストロンでも国内外の大学・研究機関との共同研究で得られた技術を活かし、世界トップレベルの性能の製品を各研究機関に提供している。

CETD have been providing state of the art klystrons to the research facility in the world.

・国立研究開発法人理化学研究所

X線自由電子レーザー施設

SACLAに弊社製クライストロンが採用され、第42回日本産業技術大賞(2013年)において「文部科学大臣賞」を受賞。

(Contribution for SACLA, XFEL facility)

・高エネルギー加速器研究機構(KEK)

KEK-B加速器でも使用されており、『小林・益川理論(2008年ノーベル物理学賞受賞)』の検証にも貢献。

(Contribution for Nobel prized Research Facility)



TOP > お知らせ一覧 > お知らせ 2013年4月10日

クライストロンが日刊工業新聞社主催 第42回日本産業技術大賞「文部科学大臣賞」を受賞

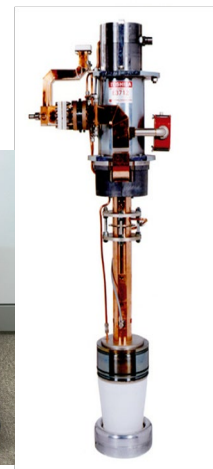
～従来型と比較してコンパクト、高出力、長時間動作安定性が評価される～

東芝電子管デバイス社が開発したクライストロン（大電力マイクロ波発生真空管）は、4月10日(水)「X線自由電子レーザー（XFEL）施設SACLA*1の整備及共用開始」の成果により、日刊工業新聞社主催 第42回日本産業技術大賞文部科学大臣賞を独立行政法人理化学研究所産研研究所他9団体と共同受賞しました。

SACLAは、国家基幹技術の一つとして、世界最短波長のX線レーザー（0.06ナノメートル）を用い、膜たんばく質の構造解析のほか、触媒反応などの速い化学反応の観察を可能とすることで新しい技術を生みだすことを目的に作られた施設です。レーザー光を得るためには、電子を加速させることが必要となります。70台の東芝電子管デバイス社製クライストロンがこの電子を加速させるためのエネルギー源として使用されています。東芝電子管デバイス社製クライストロンは、他社と比較してコンパクト、高出力、長時間動作安定性に優れていることから本施設に採用されました。

XFEL装置はスイス、スウェーデン、韓国などの海外でも建設計画が進んでいます。東芝電子管デバイス社は、それらの施設にクライストロンが採用されるよう、さらなる技術力、信頼性およびコストパフォーマンス向上に努めてまいります。

*1:SACLA(Spring-8 Angstrom Compact Free Electron Laser 通称:さくら)



第42回日本産業技術大賞「文部科学大臣賞」受賞
Klystron awarded from the Minister of Technology

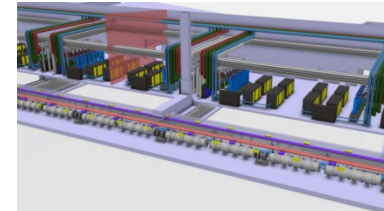
3.2 弊社デバイス使用大型加速器施設(グローバル)

CETD is working with Major accelerator facilities in the world

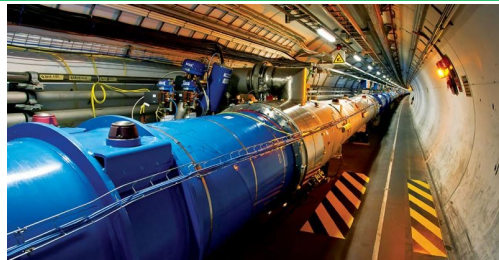
赤 : KLY他
青 : ジャイロトロン他
緑 : カプラー
黄色 : PSD



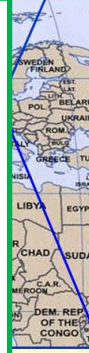
E37504



ESS



E37503
(MBK)



CERN



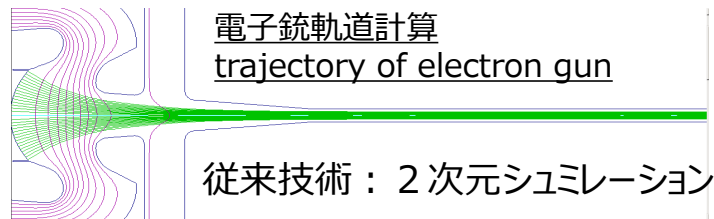
E37113



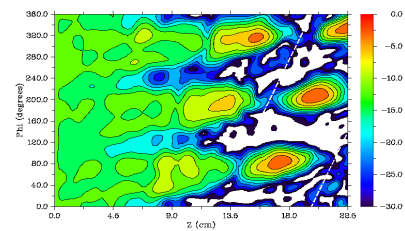
4.1 開発技術の横展開（設計技術の進化）

Application of development technology (Evolution of design technique)

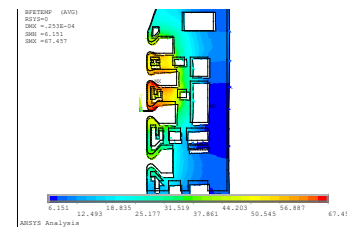
ITER PJで培った技術を活用シミュレーション技術向上で精度が高い設計検証が可能となった



QST
ジャイロトロン放射器設計(QST)
Microwave radiator design



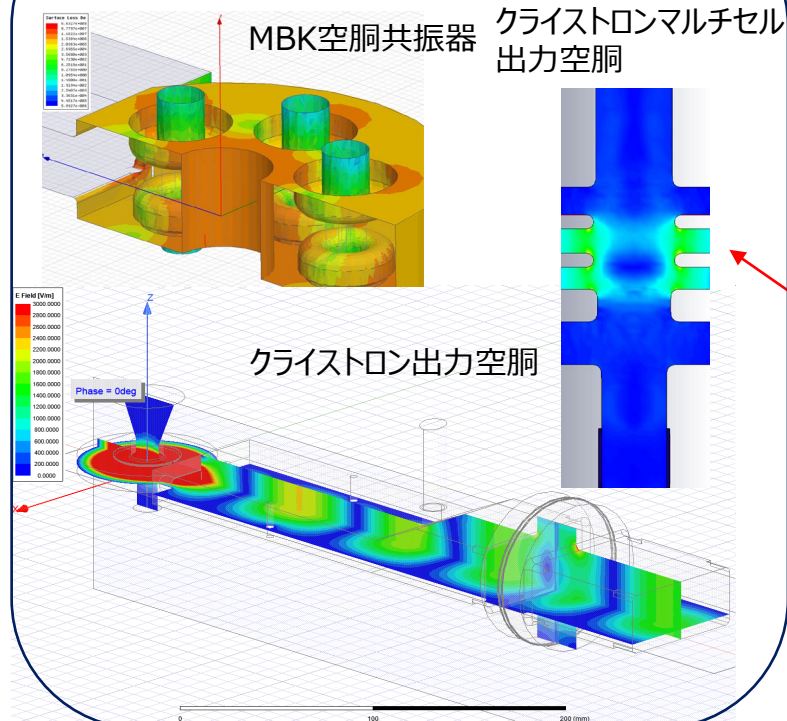
クライストロン空洞共振器
熱応力解析/Heat stress
analysis at cavity resonator



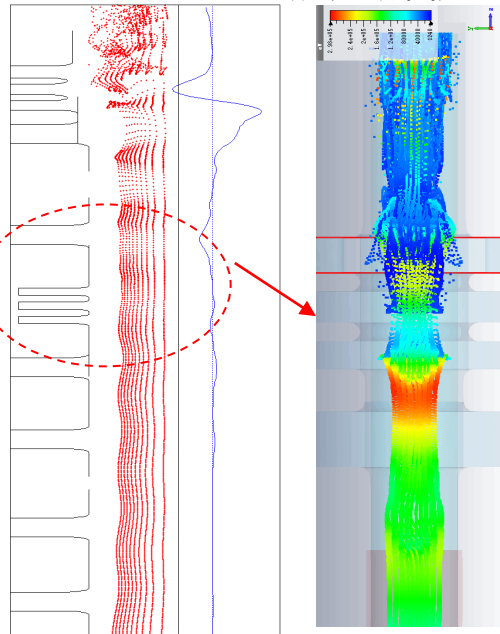
3D電磁界解析
3D analysis for Electromagnetical field

MBK空洞共振器 クライストロンマルチセル
出力空洞

クライストロン出力空洞

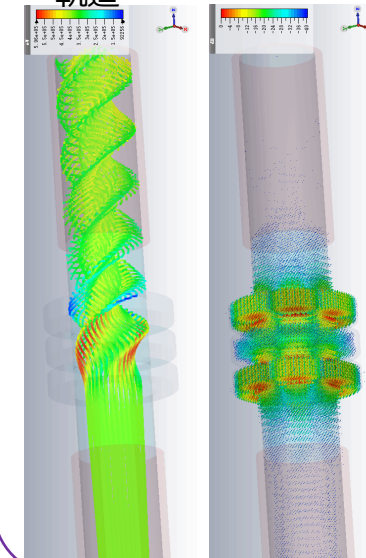


クライストロンビームシミュレーション/
Beam simulation with klystrons
2Dシミュレーション マルチセル出力空洞3D



クライストロン 3D
不安定動作解析/3D
analysis for instability

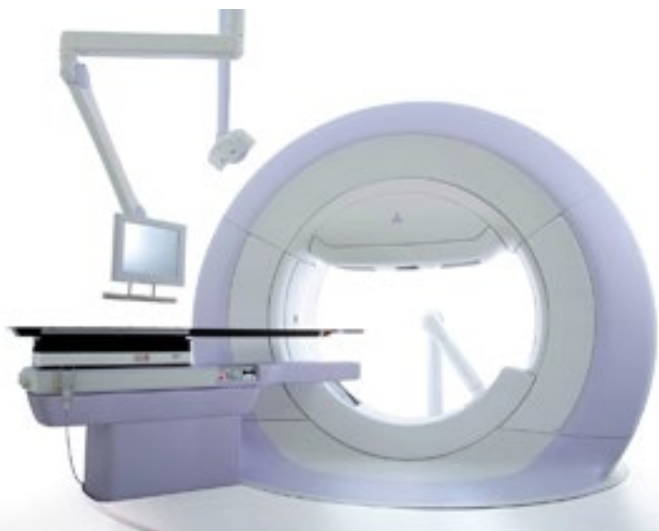
電子ビーム 軌道 電磁界



4.2 産業用分野への応用 (医療用)

Application for Medical industry

がん治療装置用/Cancer treatment



リニアック装置

C-band PPM Klystron



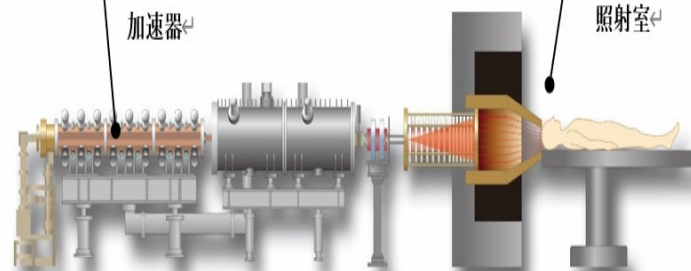
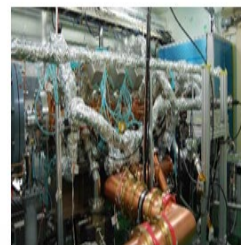
E3773 5.5/4.0MW

S-Band Klystron



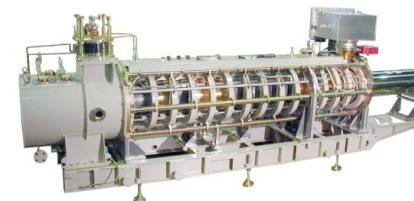
E3772/E3779
7.5/6.5 MW

ホウ素中性子捕捉療法(BNCT療法)



http://www.tsukuba-sogotokku.jp/project/project1_measure/

P-Band Klystron



E37619 ロングパルス1.2MW

5. まとめ（国内唯一のジャイロトロン製造メーカーとして）

Summery (As the only one manufacturer of Gyrotrons in Japan)

海外に頼らないエネルギー源の確保への貢献

Contribution for securing independent energy resource.

マイクロ波デバイス開発を通じ安全で安心なエネルギーの実現に貢献

Contribution for realizing safe energy through development of microwave devices.

① ジャイロトロン製造メーカの責任 Responsibility as the manufacturer of gyrotrons

環境負荷軽減製品の創出（最高効率・エネルギー回収技術応用）

コンパクト+高出力デバイスの開発

② ITER PJ：ITER向けジャイロトロン供給 Supply gyrotrons for ITER PJ

将来の増強計画や保守用途需要へ対応

③ 原型炉：ITER PJで培った技術を活用 Contribution to DEMO with the know-how from ITER PJ

複数の世界的な核融合PJへ参画(JT-60SA、UKAEA、DA他)

ジャイロトロン商用量産化に向け、完成度向上と性能向上

④ 核融合開発市場の将来に向けて To the Future of nuclear fusion development market

技術・人材の継承（さらなる産学連携）

サプライヤーとの協力関係維持（PJを通じてサプライヤーを育てる）

