

核融合エネルギーフォーラム第16回全体会合

科学技術研究用電源

ニチコン草津株式会社
NECST応用機器グループ
内藤 伸吾

2024年2月28日



会社概要 & 製品紹介
Company Profile & Products

October 10, 2023
NICHICON CORPORATION
<https://www.nichicon.co.jp/english/>

会社概要 Company Profile

商号 Company Name	ニチコン株式会社 NICHICON CORPORATION	
本社所在地 Head Office Location	〒604-0845 京都市中京区烏丸通御池上る TEL 075-231-8461 FAX 075-256-4158 Karasumadori Oike-agaru, Nakagyo-ku, Kyoto, 604-0845 Japan TEL. 81-75-231-8461 FAX. 81-75-256-4158	
設立年月日 Established	1950年(昭和25年)8月1日 August 1, 1950	
売上高 Net Sale	184,725百万円(2023年3月期 連結) 184,725 million yen (As of March 31, 2023 Consolidated)	
従業員数 Employees	5,408名(2023年3月31日現在 連結) 5,408 (As of March 31, 2023 Consolidated)	
株式上場 Listings	東京証券取引所 プライム市場 The Prime Market of the Tokyo Stock Exchange	
営業品目 Product Lines	<p>アルミ電解コンデンサ、フィルムコンデンサ、小形リチウムイオン二次電池、正特性サーミスタ“ポジアール®”、家庭用蓄電システム、V2Hシステム、EV・PHV用急速充電器、公共・産業用蓄電システム、スイッチング電源、機能モジュール、医療用加速器電源、学術研究用加速器電源、瞬低・停電補償装置など</p> <p>Aluminum electrolytic capacitors, Plastic film capacitors, Small Li-Ion Rechargeable Batteries, Positive thermistors “Posi-R”, Household energy storage systems, Vehicle-to-Home (V2H) systems, EVs/PHVs Quick Charger, Public and industrial power storage system, Switching power supplies, Function modules, Power sources for medical accelerator, Power sources for academic study accelerator, Momentary voltage sag compensator, Power outage compensator</p>	



国内販売拠点

Japan Sales Network

本社をはじめ **10** 拠点

10 locations, including the head office



国内開発・製造拠点

Japan Development and Production Network

京都・長野・東京・福井・滋賀・岩手など **15** 拠点

15 locations including Kyoto, Nagano, Tokyo, Fukui, Shiga, Iwate, etc.



海外拠点 Global Network

欧米、東南アジア、中華圏に20拠点 20 locations in Europe, the U.S., Southeast Asia, and Greater China



- 1 NICHICON (AMERICA) CORP.
- 2 NICHICON (AUSTRIA) GmbH
- 4 NICHICON (HONG KONG) LTD.
- 5 THE REPRESENTATIVE OFFICE OF NICHICON (HONG KONG) LIMITED IN HANOI CITY
- 6 NICHICON (SINGAPORE) PTE. LTD.
- 7 NICHICON (TAIWAN) CO., LTD.
- 8 NICHICON (THAILAND) CO., LTD.
- 9 NICHICON ELECTRONICS TRADING (SHANGHAI) CO., LTD.
- 10 NICHICON ELECTRONICS TRADING (SHANGHAI) CO., LTD. DALIAN REPRESENTATIVE OFFICE
- 11 NICHICON ELECTRONICS TRADING (SHENZHEN) CO., LTD.
- 12 NICHICON ELECTRONICS TRADING (SHENZHEN) CO., LTD. CHONGQING BRANCH
- 13 NICHICON ELECTRONICS TRADING (SHENZHEN) CO., LTD. CHENGDU BRANCH
- 14 NICHICON ELECTRONICS (INDIA) PVT. LTD.
- 15 NICHICON ELECTRONICS (INDIA) PVT. LTD. DELHI OFFICE
- 16 NICHICON ELECTRONICS (INDIA) PVT. LTD. PUNE OFFICE
- 17 KOREA REPRESENTATIVE OFFICE
- 18 NICHICON (MALAYSIA) SDN. BHD.
- 19 NICHICON ELECTRONICS (WUXI) CO., LTD.
- 20 WUXI NICHICON ELECTRONICS R&D CENTER CO., LTD.
- 21 NICHICON ELECTRONICS (SUQIAN) CO., LTD.

コーポレートメッセージ Corporate Message

コンデンサ事業 Capacitor business

アルミ電解コンデンサ
Aluminum electrolytic capacitors

フィルム コンデンサ
Film capacitors

電子機器用から電力、パワーエレクトロニクス用まで
From electronics to power and power electronics



NECST事業 NECST business (Nichicon Energy Control System Technology)

回路製品
Circuit products

スイッチング電源から加速器用特殊電源まで
From switching power supplies to special power supplies for accelerators



重点4市場 Four Focus Markets

エネルギー・
環境・医療機器
Energy, Ecology &
Medical equipment



自動車・
車両関連機器
Automotive &
Railway-car related
appliances



白物家電・
産業用インバータ機器
Home appliances &
Industrial Inverters



情報通信機器
Information &
Communications
equipment



ニチコン草津 製品紹介

Product Introduction

NICHICON CORPORATION
NICHICON (KUSATSU) CORPORATION

ニチコン草津株式会社 概要

NICHICON (KUSATSU) CORPORATION Overview

社名 ニチコン草津株式会社

創業開始 2003年(平成15年)10月1日

本社所在地 草津市矢倉2丁目3番1号

郵便番号 525-0053

電話番号 077-563-1181

FAX番号 077-563-1208

生產品目 電力用コンデンサ及び附属機器、進相設備
(高圧・低圧進相コンデンサ、直列リアクトル)
産業機器用コンデンサ(電管用、車載用など)
電子機器用コンデンサ
応用機器電源
(加速器電源、各種産業機器用電源など)



- 1950年 8月 株式会社関西二井製作所を設立(資本金300万円)
滋賀県草津市において製造を開始。
- 1951年 8月 工業標準化法によるJISC4901の日本工業規格表示許可を受ける。
- 1961年 4月 商号を日本コンデンサ工業株式会社に変更
- 1961年 6月 電力用及び機器用コンデンサ総合工場として滋賀県草津市に草津工場を新設。
- 1964年 9月 工業表標準化実施優良工場として通商産業大臣賞を受賞
- 1968年 4月 世界最大の自立形衝撃電圧発生装置(6,600kV)を完成
- 1983年 2月 電力利用合理化優良工場として資源エネルギー庁長官賞を受賞
- 1986年 6月 文部省高エネルギー物理学研究所、トリスタン計画の巨大加速器用電源開発に成功
- 1987年 3月 加速器用超高安定化直流電圧電源を開発
- 1987年10月 商号をニチコン株式会社に変更
- 1991年 1月 世界初、高エネルギー充放電用コンデンサの開発に成功
- 1991年 8月 オイルレス(SF6ガス入)高圧進相コンデンサ“DRYVAR(ドライバル)”を商品化
- 1993年 3月 世界最大250万V直流高電圧発生装置を完成
- 1993年11月 草津工場が国際標準化機構 ISO9001登録認証を取得
- 1994年 4月 300万V可搬形インパルス電圧・電流発生装置を完成
- 1998年12月 草津工場が国際標準化機構 ISO14001登録認証を取得
- 1999年 3月 乾式産機コンデンサ“NUSCUP(ナスキャップ)”を商品化
- 2000年 2月 環境対応形乾式高圧進相コンデンサ“Geo DRY(ジオドライ)”を商品化
- 2003年10月 ニチコン株式会社草津工場分社化 ニチコン草津株式会社創業開始
- 2005年12月 コンデンサ用蒸着フィルムの量産開始
- 2006年 1月 HV用平滑コンデンサの量産開始
- 2021年 2月 ニチコン草津が IAFT16949登録認証を取得

ニチコン草津株式会社 航空写真
NICHICON (KUSATSU) CORPORATION Overview Photo



敷地 52,328m²
Site area
about 300m × 175m
建物 24,088m²
Building area
敷地面積は
甲子園グラウンド4個分
The site area is the
size of the Koshien
grand 4 pieces

フィルム・装置グループの商品概要

Product outline of Film Capacitor & Apparatus Group

電子機器用コンデンサ

Capacitor for electronic equipment



- ・ディップタイプ
Dip type
- ・テープラップタイプ
Tape wrap type
- ・樹脂ケース入りタイプ
Resin case containing type



全モールドタイプ
All mold types

電车用・産業インバータ用
For train and industrial inverter



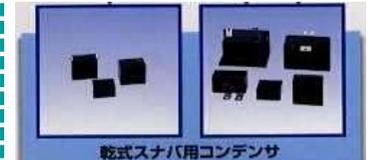
N700



台湾新幹線
Taiwan Bullet train

産業機器（パワエレ）用コンデンサ

Capacitor for industrial equipment (power electronics)



乾式スナバ用コンデンサ

スナバ用
For snubber



自動車用
For automobiles



クラウン
Crown



アコード
Accord



炊飯器
Rice cooker
レンジ Microwave



電力用関連機器

Power related equipment

電力用コンデンサ・リアクトル

Power capacitor / reactor



進相コンデンサ用リアクトル
Reactor for phase advancing capacitor

高圧・低圧進相コンデンサ
High & Low - voltage phase - advancing capacitor

受変電設備
Substation facilities



進相設備

Phase advancer



進相コンデンサ設備
Phase advancing capacitor equipment

電気品質改善設備

Electrical quality improvement equipment

アクティブフィルタ設備
Active filter equipment



瞬低補償装置
Multiple Power Compensator

リチウム電池式
停電補償装置
Lithium battery type
power failure compensation device

リチウム電池 PCS
Lithium battery Power
Conditioning System



NECST 応用機器グループの商品概要

Product outline of NECST Capacitor-Applied System and Equipment Group

医療機器電源 Medical equipment power supply

偏向電磁石電源
Bending magnet power supply



ESI,ESD



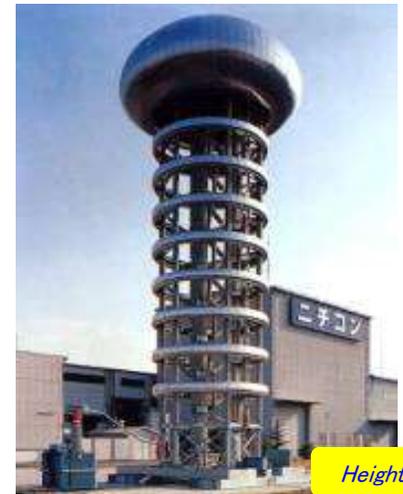
ハンパ電源
Bump magnet power supply



スキャニング電源
Scanning magnet power supply



250万V 直流高圧発生装置
2.5MV DC High Voltage Generator

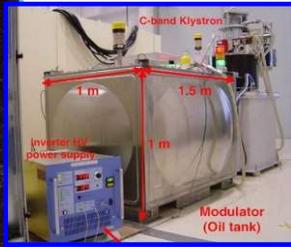


Height 15m

SPring-8, SACLA, NanoTerasu



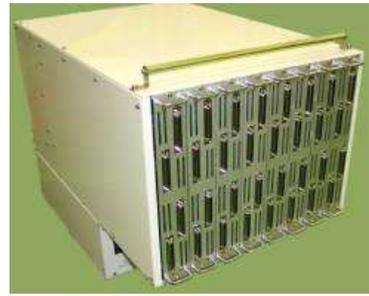
高精度PFN充電器(左)
High Precision PFN Charger (Left)
クライストロンモジュレータ(右)
Klystron Modulator(Right)



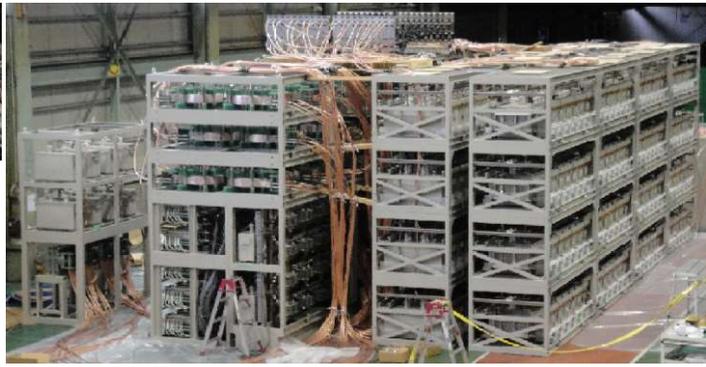
加速器用電磁石電源
Magnet power supply for accelerator



Liイオン電池用
充放電電源
Charge / discharge power supply
for Li-ion battery



大型コンデンサバンクシステム
Large Capacitor Bank System

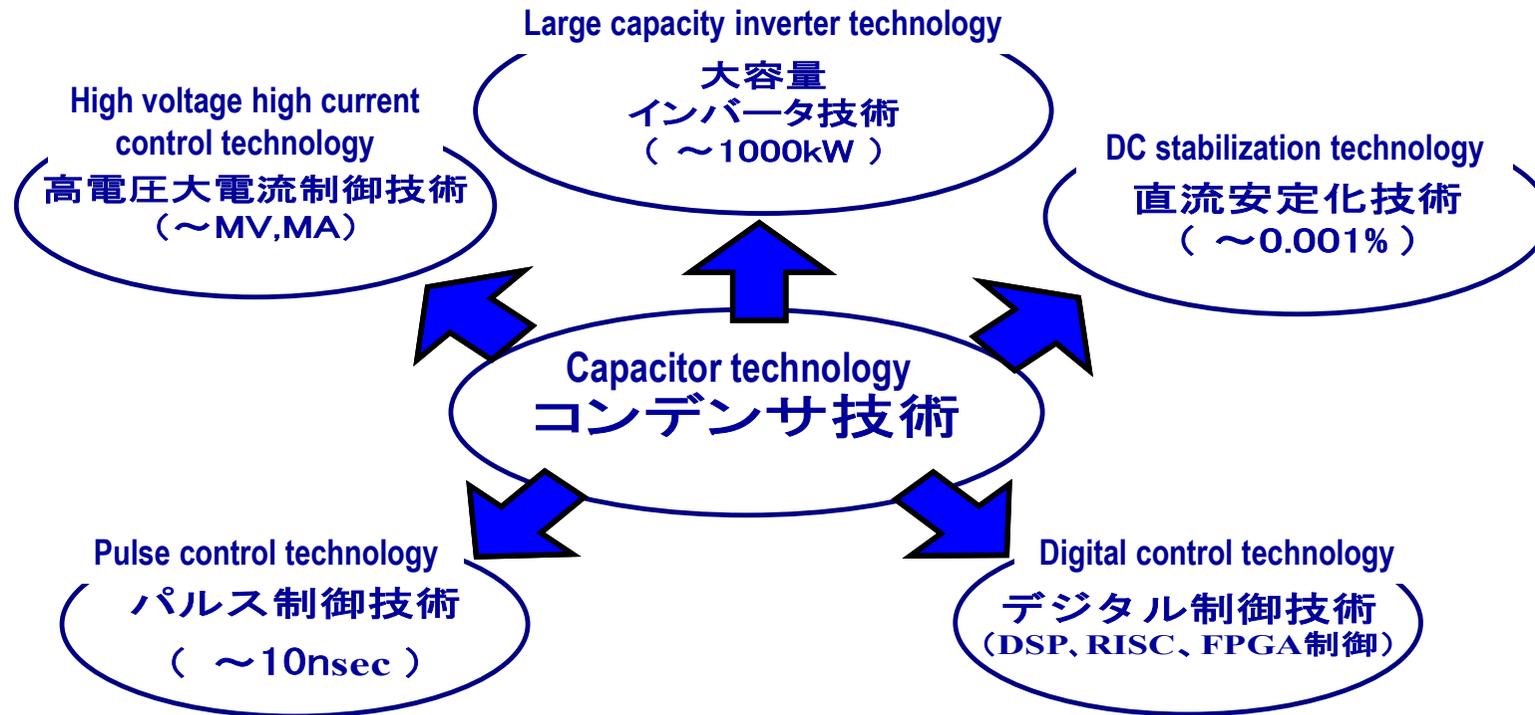


応用機器製品紹介

Capacitor-Applied System and Equipment Products Introduction

ニチコン草津株式会社
NICHICON (KUSATSU) CORPORATION

応用機器製品 Capacitor-Applied System and Equipment Products



分類 Classification
加速器関連機器
Accelerator related equipment

- 電源の名称 Name of power supply**
- 1.イオン源電源
Ion Source Power Supply
 - 2.電子管用電源 (大電力クライストロン電源)
P.S. for electron tube (High power klystron P.S.)
 - 3.パルスマグネット用電源
Power supply for pulsed magnet
 - 4.電磁石電源
Electromagnet power supply
 - 5.電子線滅菌用電源
Power supply for electron beam sterilization

核融合・強磁場関連
Nuclear Fusion &
Strong magnetic field relation

- 1.直流遮断装置用転流制御装置
Commutation control device for DC blocking device
- 2.NBI用電源
P.S. for Neutral Beam Injection
- 3.超強磁場電源・インパルス電流発生装置
Ultra-high magnetic field P.S. / Impulse current generator

分類 Classification
医療関連機器
Medical equipment

- 電源の名称 Name of power supply**
- 1.医療用加速器電源
Medical accelerator power supply
 - 2.眼底カメラ用電源
Power supply for fundus camera
 - 3.医療用YAGレーザー用電源
Power source for medical YAG laser

生産設備関連
Production equipment related

- 1.Liイオン電池用充放電電源
Charge / discharge P.S. for Li-ion battery
- 2.イオン注入装置用電源
Power supply for ion implanter

環境関連機器
Environment-related equipment

- 1.静電塗装用電源
Power supply for electrostatic painting
- 2.集塵機用電源・消煙器用電源
P.S. for dust collector / P.S. for smoke consuming apparatus
- 3.オゾンナイザー電源
Ozonizer power supply

Nuclear fusion N-NBI power supply for magnetic field confinement device LHD



特長 Features

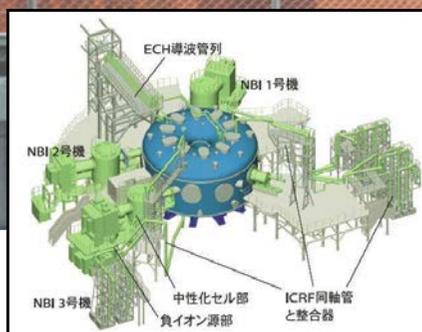
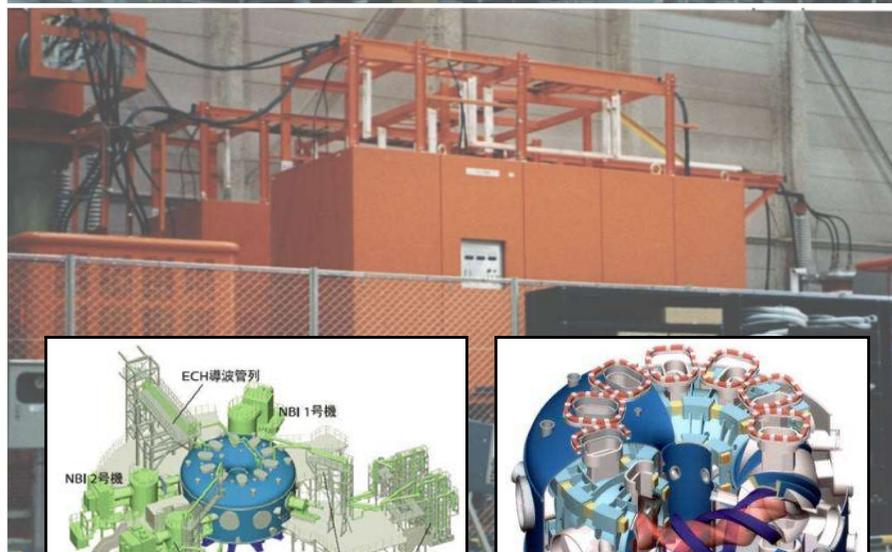
引出し電源、アーク電源にはIGBTを使用しています。

特に引出し電源では、24個のIGBTを直列接続した半導体スイッチにより出力を直接制御しています。これにより、高電圧・大電流の高速制御が可能となっています。

IGBT is used for extracting power supply and arc power supply.

Especially with the extracting power supply, the output is directly controlled by a semiconductor switch in which 24 IGBTs are connected in series.

As a result, high-speed control of high voltage and large current is possible.



構成機器 Equipment	出力電圧 Output Voltage (V)	出力電流 Output Current (A)	パルス幅 Pulse Width (s)	繰返し間隔 Repeat interval (s)
加速電源 保護計測装置 Accelerating PS Protective measuring equipment	-170,000	90	10	300
引出し電源 Extracting PS	-15,000	75	10	300
バイアス電源 Bias PS	15	1,000	20	300
アーク電源 Arc PS	108	5,000	20	300
フィラメント電源 Filament PS	20	6,000	30	300

加速器の用途 Uses of accelerator

加速器 Accelerator

医療用

Medical use

(がん治療、検査)
(Cancer treatment,
examination)

産業用

Industrial use

滅菌、殺菌、環境保全

Sterilization, Environmental preservation

(食品衛生、環境検査)
(Food Hygiene,
Environmental Inspection)

研究用

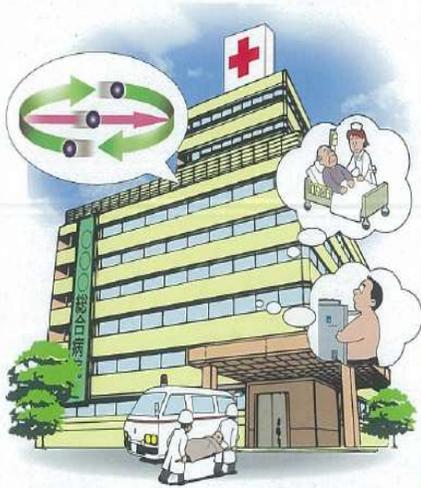
Research use

物理研究

Physics research

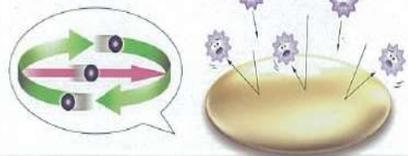
(原子核、タンパク質、物性研究他)
(Nuclear, Protein,
Physical Properties Research, etc.)

医療機械 (診断装置、治療装置) の一部として

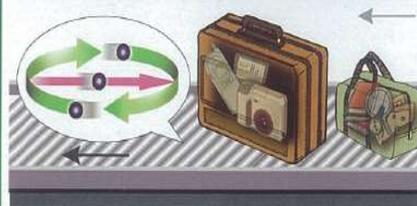


食品の滅菌・殺菌、品種改良装置の一部として

世界的には滅菌、殺菌等のために多くの食品に放射線照射処理が許可されています。



空港にある非破壊検査装置の一部として



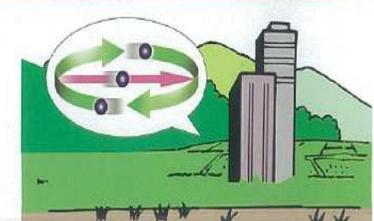
工業用材料の性質を改変するための装置の一部として



環境浄化装置の一部として



研究所での大型加速器



大学での研究用加速器



J-PARC加速器メインリングのビームパワー増強 500kW→760kW

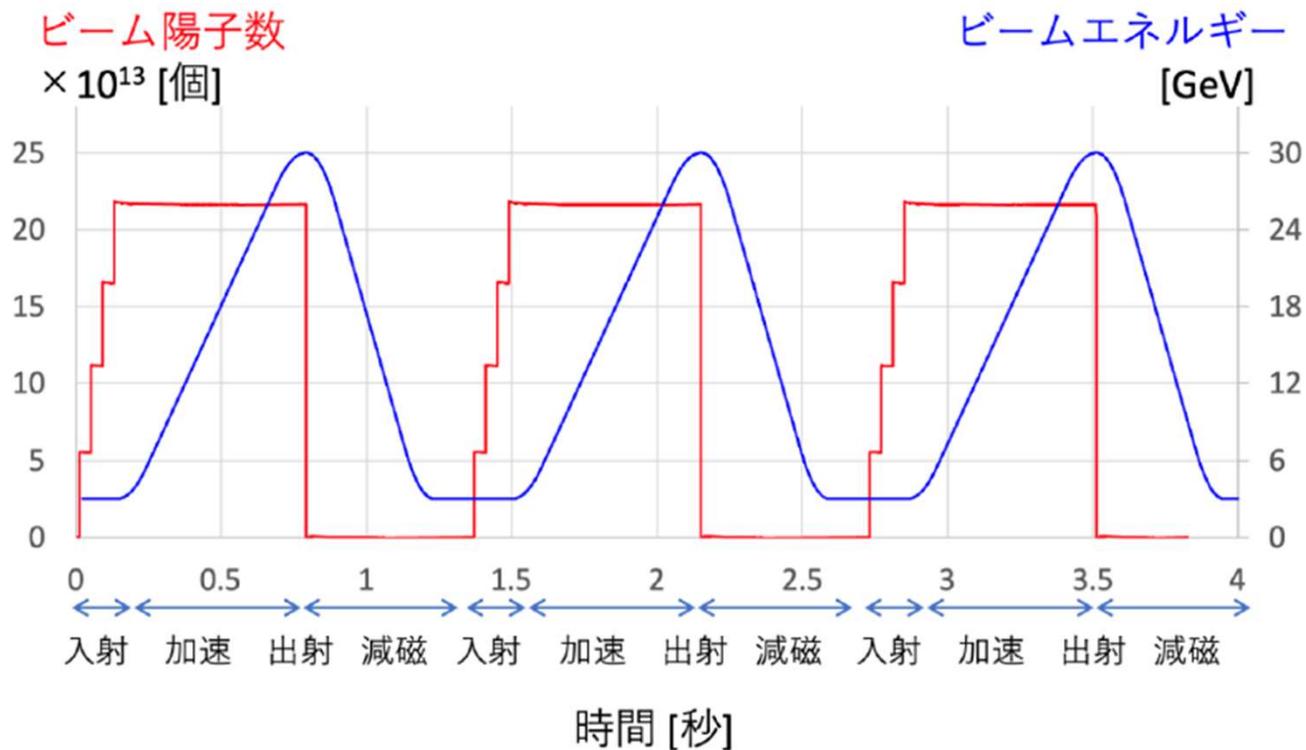
大強度陽子加速器施設J-PARC



出典: J-PARCセンター、高エネルギー加速器研究機構、日本原子力研究開発機構プレスリリース(2024年1月17日)

線形加速器(リニアック)、
3GeVシンクロトロン円形加速器(RCS)、
メインリングと呼ばれるシンクロトロン円形加速器
の3台の加速器で段階的に陽子を加速する。
陽子をほぼ光の速さまで加速し、素粒子や原子核の未知の現象を捉えるさまざまな実験
が行われる。

J-PARC加速器メインリングのビームパワー増強 500kW→760kW



出典: J-PARCセンター、高エネルギー加速器研究機構、日本原子力研究開発機構プレスリリース(2024年1月17日)

実験の成否は、加速陽子を実験施設に供給できる数に大きく依存する。このため、その指標である「ビームパワー」を増やす努力が続けられてきた。

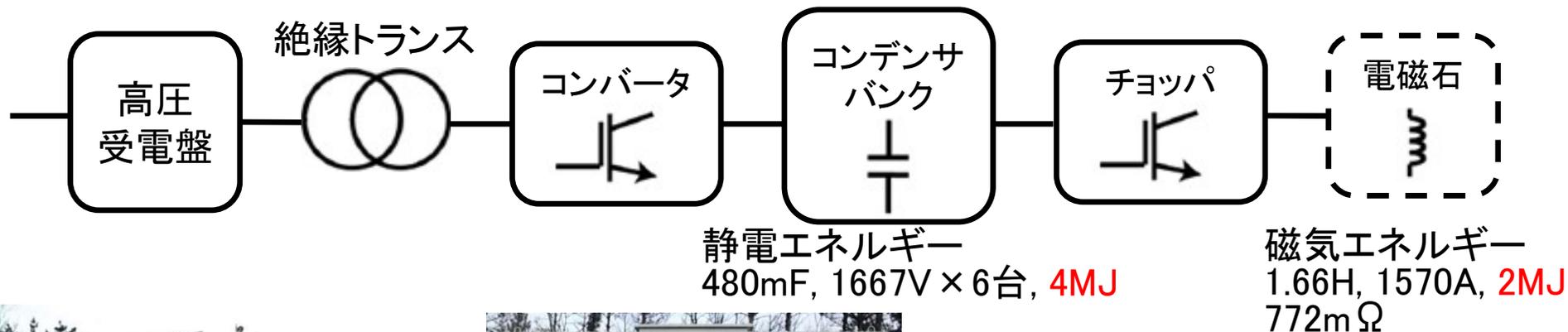
メインリングでは前段加速器からエネルギー3GeVのビームを入射し、30GeVまで加速して、ビームを実験施設に向けて出射する。

このサイクルの繰り返し周期を2.48秒から1.36秒に短縮してビームパワーを増強する改造が行われた。左図はメインリングを周回する陽子数(赤色)とビームエネルギー(青色)の時間変化。

$$30\text{GeV} \times 1.6 \times 10^{-19}\text{J/eV} \times 21.6 \times 10^{13}/1.36\text{s}=763\text{kW}$$

J-PARC Main Ring / 偏向電磁石ファミリー用電源

磁場の力でビームを円軌道にする電磁石のための電源に、大容量のコンデンサを用いる方式が採用された。電磁石にたまったエネルギーを効率よくコンデンサバンクに回収し、再利用することで、改造前の電源と同じ消費電力で約1.5倍のビームパワーを供給し、大幅な省エネを実現した。



高圧受電盤



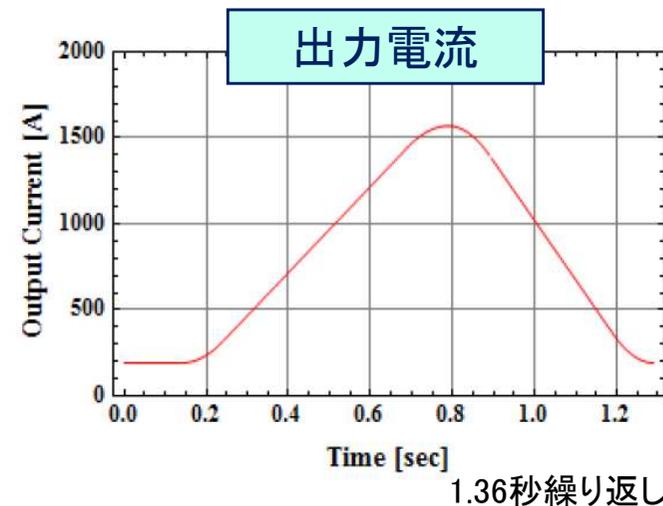
絶縁トランス



変換器盤
(コンバータ, チョップ)

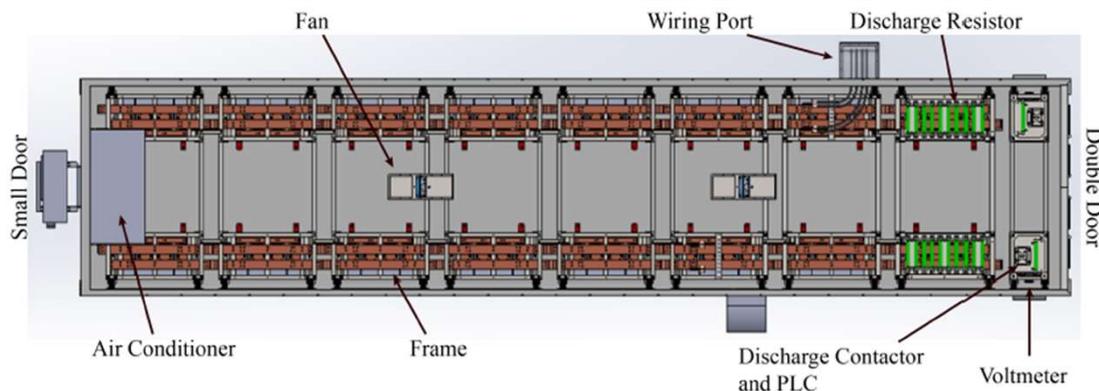


コンテナ型コンデンサ
バンク



電源種類: パターン電源
出力: 1570Ap, ±5500Vp
8MVA(ピーク)
受電: 6600V, 3φ, 50Hz, 2.5MVA
水冷(純水): 545L/min

コンテナ型コンデンサバンク

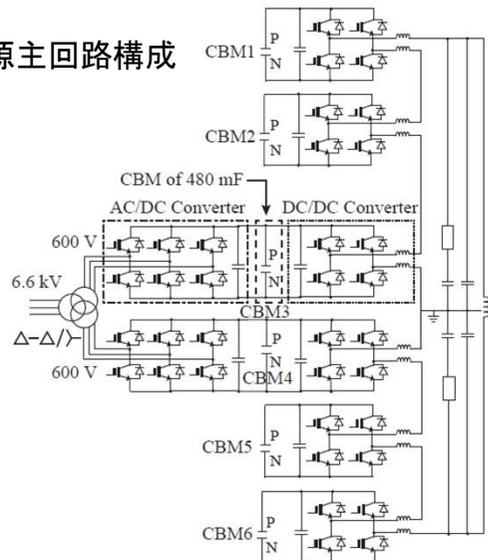


コンテナ内部 (TOP VIEW)

出典: Y.Morita et al., Development of Capacitor Bank of J-PARC MR main magnet power supply for high repetition rate operation, PASJ2017 WEP076

海上コンテナ(40フィートドライ) L=12.2m, W=2.4m, H=2.6m
コンテナ1本あたりフィルムコンデンサ単器 192台収納、
コンテナ1本あたりの静電(充電)エネルギー **1.33MJ**

偏向電磁石電源主回路構成



コンテナ内部 (両開き扉側から見る)
フィルムコンデンサ単器 5mF, 1667V

出典: Y.Morita et al., Capacitor bank of power supply for J-PARC MR main magnets, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, Volume 901, 2018, Pages 156-163)

J-PARC / Ion source power supply



リニアック棟地下2Fのイオン源電源室に設置
Installed in the ion source power room of the basement 2F underground basement

特長 Features

1. 加速電源高速変調部のパルス出力回路は、コンデンサからのパルス切出し方式で、切出し用スイッチはFETを24素子直列6素子並列で構成している。
The pulse output circuit of the accelerating power supply high-speed modulating section is a pulse cutting out method from the capacitor, and the cutting out switch is composed of 24 FETs in series and 6 elements in parallel.
2. 引出電源は、FETを18素子直列6素子並列で使用している。
For the extracting power supply, 18 FETs are used in parallel in six elements in series.
3. アーク電源は定電圧電源、定電流電源、IGBTを組み合わせ、定電圧/定電流のハイブリッド方式としている。
The arc power supply uses a constant voltage / constant current hybrid system combining a constant voltage power supply, a constant current power supply, and an IGBT.

Equipment	Output Voltage (V)	Output Current (A)	Pulse Width (ms)	Repetition Rate (Hz)	Remarks
Accelerating PS constant voltage section	-40,000	0.2	1	50	Voltage applied by DC
Accelerating PS High speed modulation section	-15,000	0.2	1	50	Overlap on constant voltage section
Extracting PS	-10,000	1	1	50	
Bias power supply	40	100	1	50	Voltage applied by DC
Arc power supply	300	400	1	50	CV / CC hybrid system
Filament power supply	20	150	DC	DC	CV



図1 J-PARC(原子力機構 東海/茨城県東海村)

[出典] 池田裕二郎、大山幸夫: 量子ビームテクノロジーの時代を築くJ-PARC、月刊エネルギー(日本工業新聞社)、2000年1月号、p.45(2006)

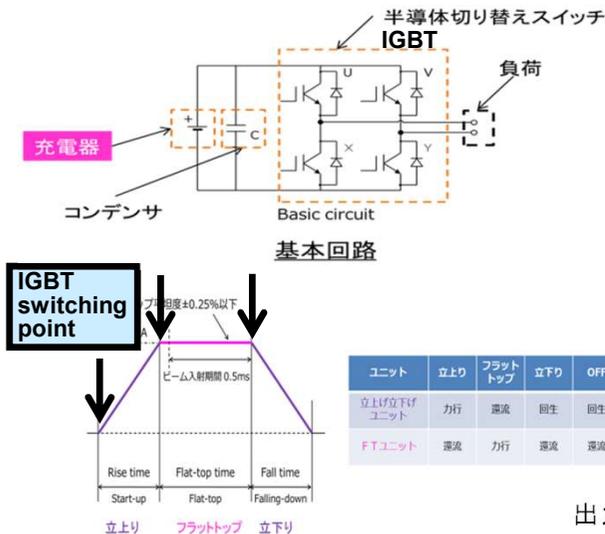
J-PARC / Horizontal shift bump magnet power supply

高周波リップル成分を除去することで、
加速ビームのロス进行減らし、加速器性能を向上

By removing the high frequency ripple component,
Reduce acceleration beam loss and improve accelerator performance

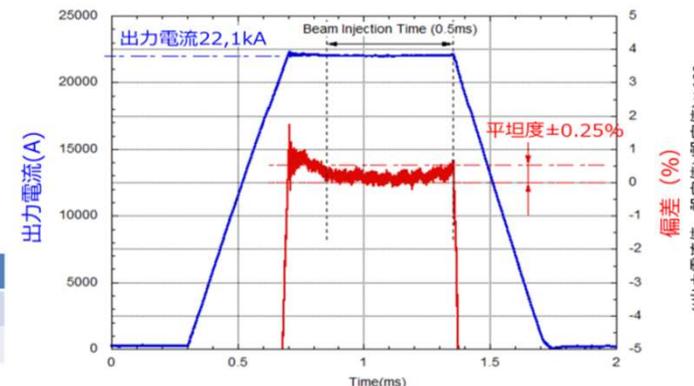


上の写真は16台のうちの1台です。
The above picture is one out of 16 units.



項目 Item	仕様 Specification
最大出力電流/電圧 Maximum Output Current / Voltage	32 kA / 12 kV (* 1)
繰返し Repetition	25Hz
立上り時間 Rise Time	0.14~0.60ms
フラットトップ時間 Flat Top Time	0.80 ms or less
立下り時間 Fall Time	0.15 to 1.00 ms or less (* 2)
出力電流偏差 Output Current Deviation	± 0.25% or less of the setting value (* 3)
出力電流リップル Output Current Ripple	± 0.25% or less of the setting value (* 3)
出力電流安定度 Output Current Stability	± 0.25% or less of the setting value (* 3)

* 1: In the case of 32 units of 32 kA. Maximum output current per unit is 2 kA.
* 2: Fall time varies with load.
* 3: Applied when set value is 10 kA or more



出力電流波形 (16台全体) Output current waveform (16 units in total)

用途 Use

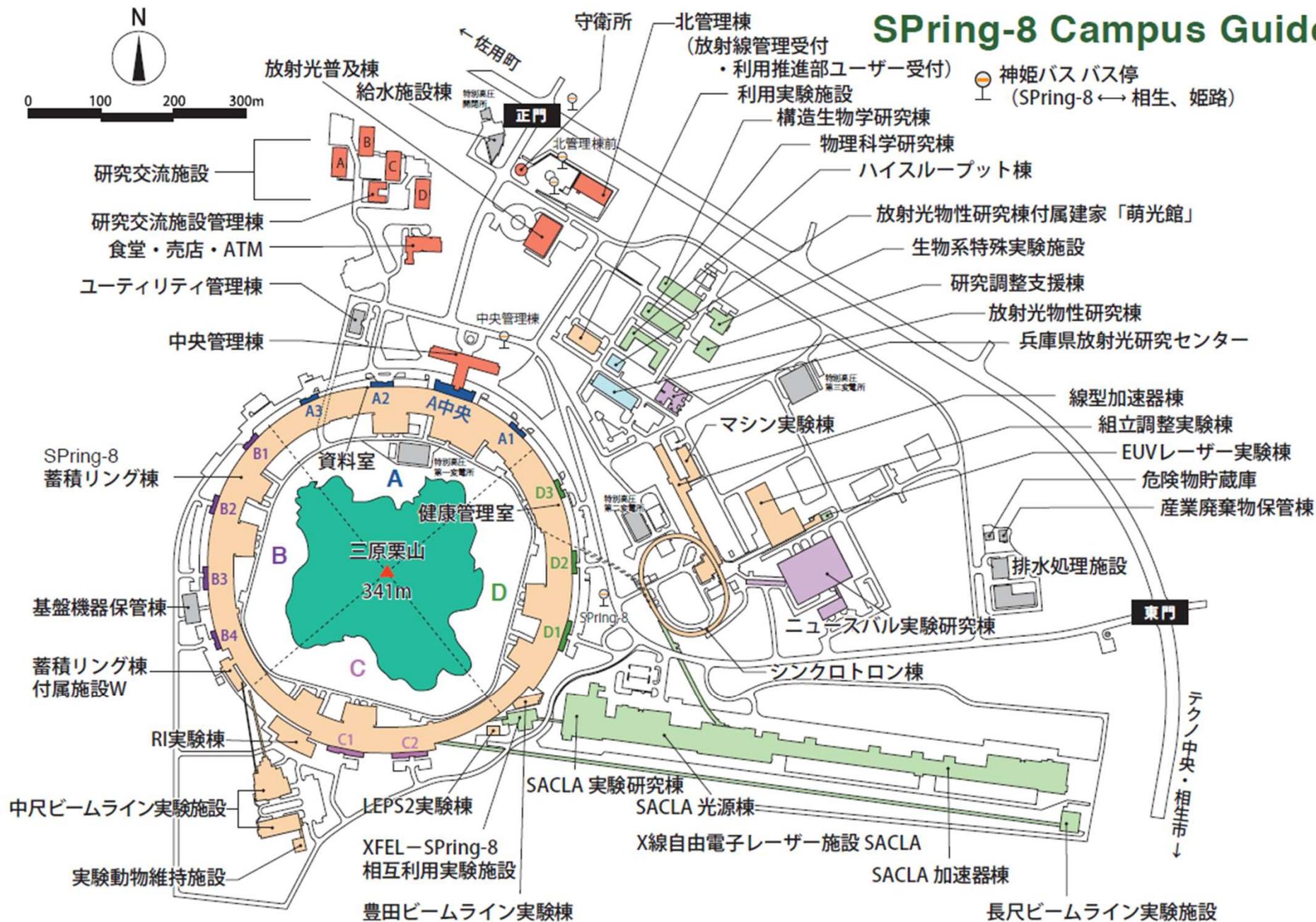
- 大強度陽子加速器施設(J-PARC)で使用される
Used at the high-intensity proton accelerator facility (J-PARC)
- 本電源で水平シフトバンプ電磁石を励磁して、リニアック加速器からのビームを3GeVシンクロトロン加速器へ入射する
By exciting the horizontal shift bump electromagnet with this power supply, the beam from the linac accelerator is made incident on the 3 Ge vs synchrotron accelerator

特長 Features

- 出力電流の高い平坦度
High flatness of the output current
コンデンサの充放電を利用した転流方式によりスイッチング回数を極小化。これにより出力電流、特にフラットトップ部での高周波リップル成分の除去に成功。Minimize the number of switching by commutation method using charging / discharging of capacitor. This successfully eliminates the output current, especially the high frequency ripple component at the flat top.
- 出力電流の繰返しショット毎の安定性が優れた台形波形パターンを実現
A trapezoidal waveform pattern with excellent stability for each repetitive shot of output current realized
- 出力電流の切り替え機能
Output current switching function
フラットトップ電流値を、25Hzの切り替えで±0.01%~25%増減させることが可能
It is possible to increase / decrease the flat top current value by ± 0.01% to 25% by switching at 25 Hz
- メンテナンス性向上 Improve maintenance
ユニット電源を組み合わせた構造とすることで、メンテナンス性を大幅に向上
Maintainability is greatly improved by adopting a structure combining unit power supply

Spring-8 / SACLA

SPring-8 Campus Guide



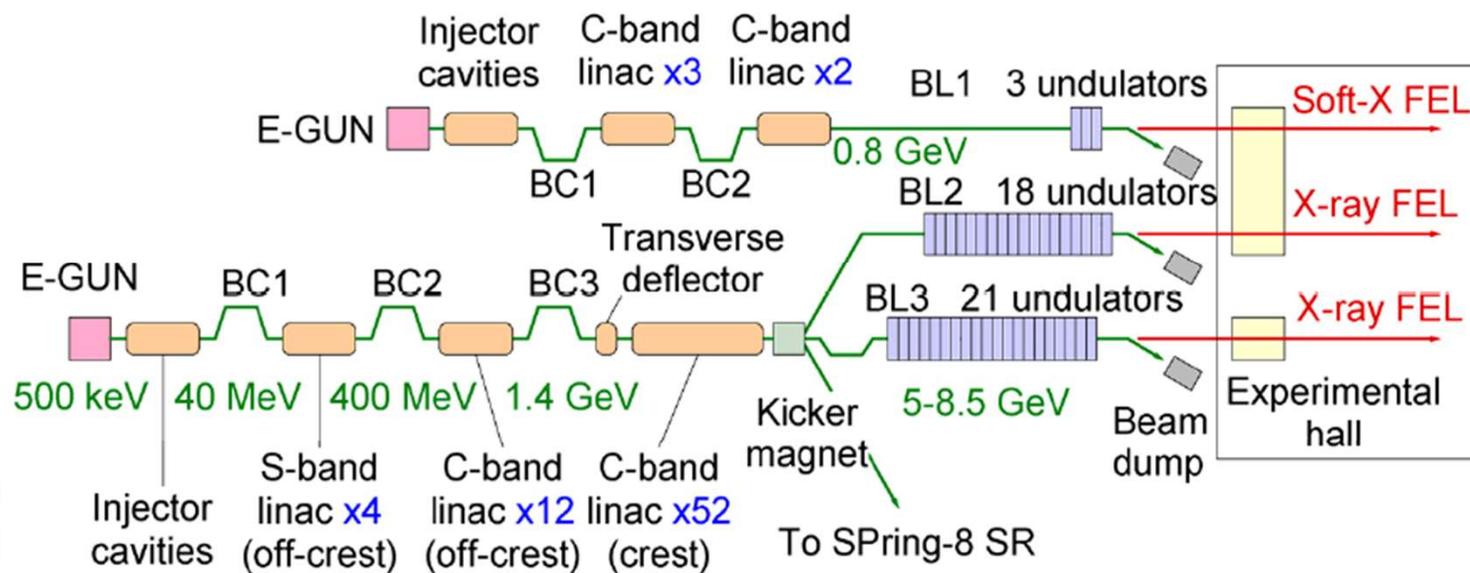
出典: Spring-8 WEBページ (<http://www.spring8.or.jp/ja/>)

SACLA加速器のクライストロンとモジュレータ

- X線自由電子レーザー施設「SACLA」
 - 2011年～ 年間 6,000～7,000時間 運転
 - 2015年～ BL1専用加速器 (SCSS+) 運転
- 110 MW パルス・モジュレータ
 - 50 MW クライストロンのパルス電源
 - SACLA 8 GeV加速器で72台使用
 - SCSS+/BL1 800 MeV加速器で7台使用

Cバンド 50MW
クライストロン

110MW パルス
モジュレータ



出典: Proceedings TUOL08_oral-PASJ2017

SACLA高精度PFN充電器／クライストロンモジュレータ

SACLA High Precision PFN Charger / Klystron Modulator



クライストロンモジュレータ
Klystron Modulator

高精度PFN充電器
High Precision PFN Charger

SACLAクライストロンモジュレータ: 特長 SACLA Klystron Modulator: Features

ノイズの原因になる、高電圧、大電流、高周波回路を全て金属密閉容器内に収納。絶縁劣化の原因になる、高電圧回路を全て油容器内に収納。吸湿せず、外気の影響をうけない。高電圧回路を油容器内に収納。短い絶縁距離。

All high-voltage, high-current, high-frequency circuits, which cause noise, are housed in a metallic closed container. All high voltage circuits that cause insulation deterioration are stored in oil container. It does not absorb moisture and is not affected by outside air. High voltage circuit housed in oil container.

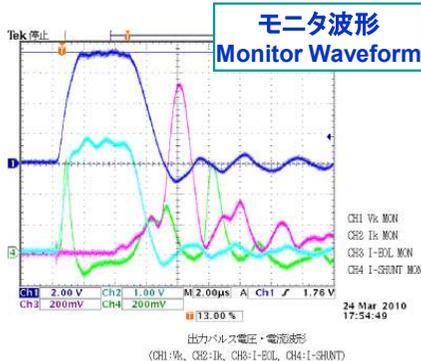
- | | |
|-------------------------|---------------------------------|
| 最大カソード電圧: -22kVp | 最大繰返し: 60pps |
| Maximum cathode voltage | Maximum repetition |
| 最大ビーム電流: 6000A | PFNコンデンサ: 0.0293μF |
| Maximum beam current | PFN capacitor |
| パルス幅: ~2μs | PFN段数: 16段 |
| Pulse width | Number of stages of PFN circuit |

SACLA高精度PFN充電器: 特長 SACLA High Precision PFN Charger: Features

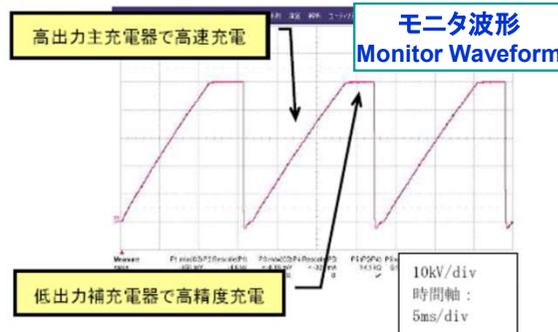
ローカル、リモートで操作可能
高周波インバータ充電方式を採用し高安定化
効率 85%以上、力率 85%以上、安定度 0.01%以下を実現
主充電器と補充充電器を切り替える事により、
高速充電と高精度の相反する性能の両立を実現
高周波インバータ部と高圧発生部を金属製密閉容器に収納し
低ノイズ化を実現

Local, remote controllable
High frequency stabilization by adopting high-frequency inverter charging method
Efficiency of 85% or more, power factor of 85% or more, stability of 0.01% or less achieved
Switching between main charger and supplementary charger realizes both high speed charging and highly accurate conflicting performance
High-frequency inverter section and high-pressure generating section are housed in a metallic hermetic container to realize low noise

- | | |
|--------------------------|-----------------------------|
| 最大充電電圧: +50kV | 最大充放電頻度: 60pps |
| Maximum charging voltage | Maximum repetition |
| 最大充電電流: 1.5A | 短時間出力安定度: 0.01%p-p |
| Maximum charging current | Short-term output stability |
| 最大充電エネルギー: 35kW | 長時間出力安定度: 0.05%p-p |
| Maximum charging energy | Long-term output stability |

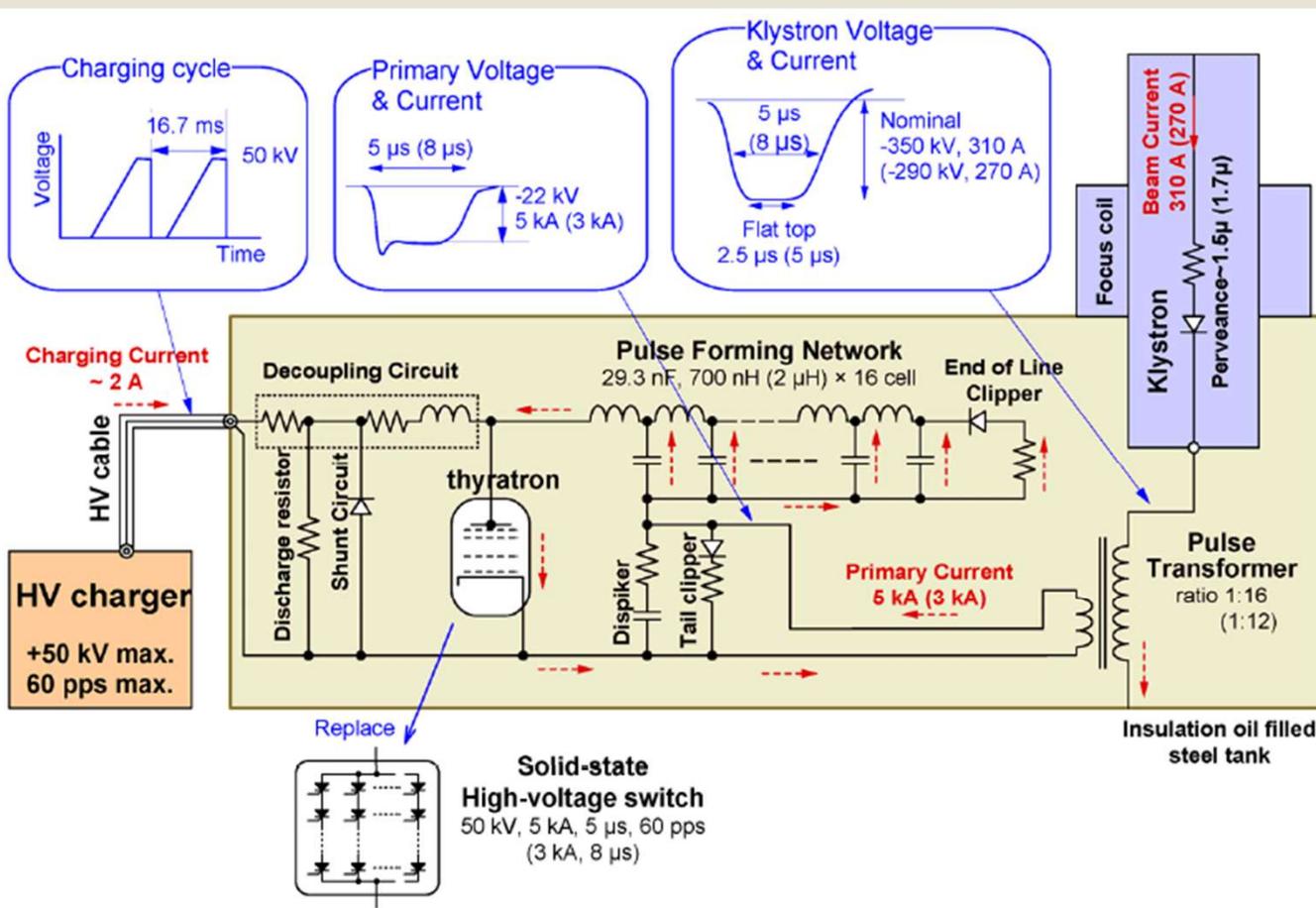


モニタ波形
Monitor Waveform



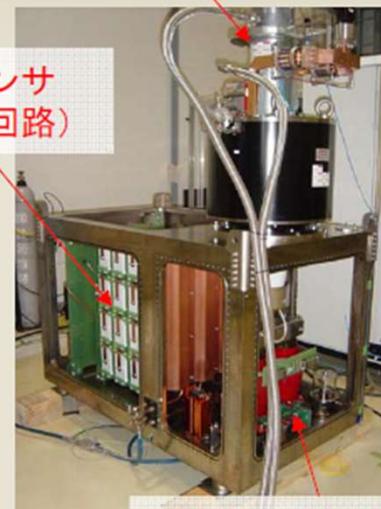
SACLA 油密閉型モジュレータの構成

- クライストロン定格 -350 kV、310 A (バンドは-290kV、270A)
- EMIノイズ低減のため、パルストランスタンクと一体化
- 小型化、高信頼化のため、絶縁油を封入
- RF安定化のため、充電電源を高安定化 (<10ppm)

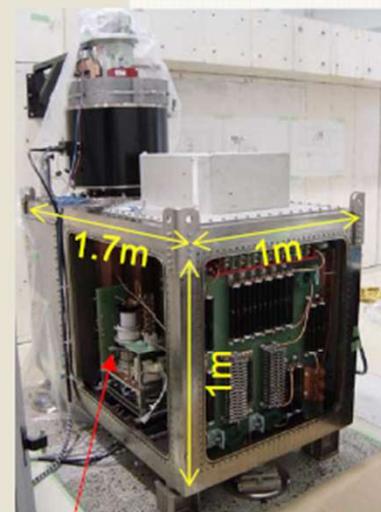


クライストロン

コンデンサ
(PFN回路)



パルストランス



サイラトロン

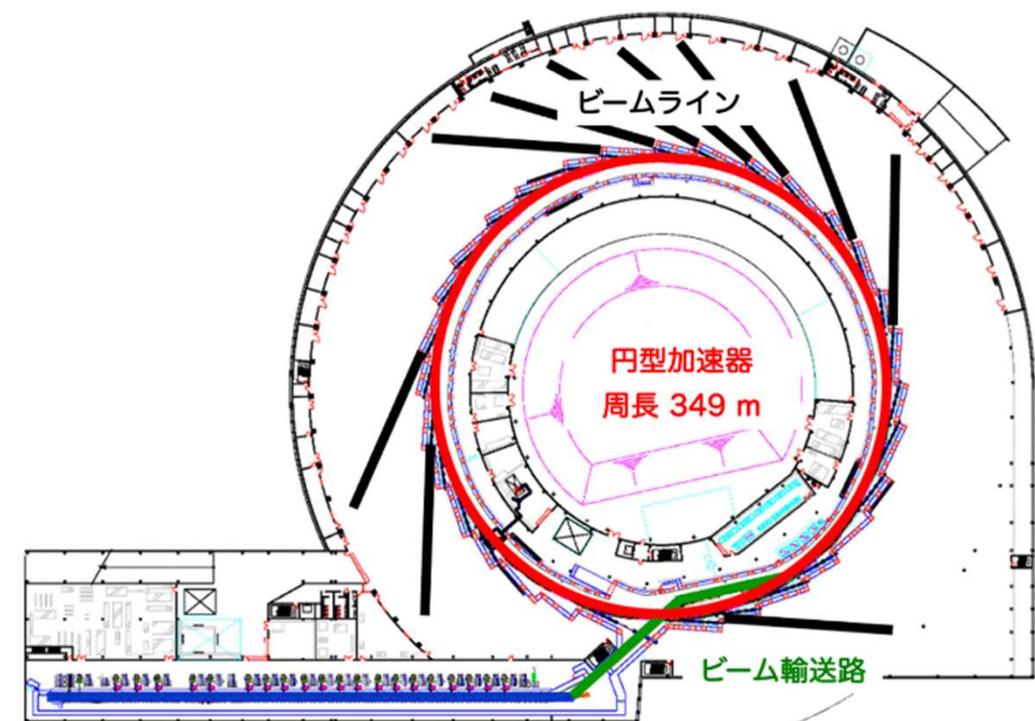
出典: Proceedings TUOL08_oral-PASJ2017

NanoTerasu (次世代放射光施設)



出典: QST次世代放射光施設整備開発センターWEBページ(<https://www.qst.go.jp/site/3gev/>)

NanoTerasu (次世代放射光施設)



線型加速器 全長110 m

ナノテラス放射光施設



①電子源

②Cバンド加速器

③電子ビーム性能診断部

ナノテラス入射線型加速器



入射線型加速器クライストロンギャラリー



Cバンドクライストロンモジュレータ・高精度PFN充電器 (20台)

出典: QST次世代放射光施設整備開発センターWEBページ (<https://www.qst.go.jp/site/3gev/>)

出典: QST WEBページプレスリリース (<https://www.qst.go.jp/site/press/20230511.html>)

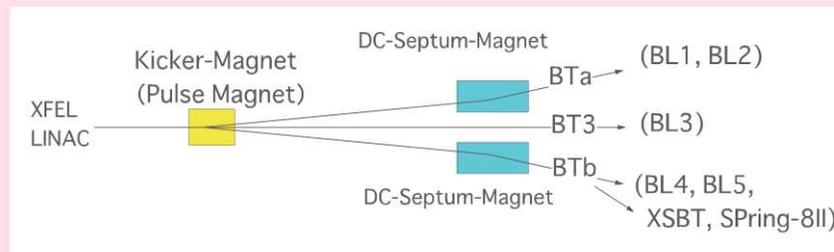
SACLA/ビーム振り分け用キッカー電磁石電源

SACLA / Beam distribution kicker magnet power supply



- この電源の開発により、一つの加速器からの電子ビームを高速に振り分け、複数の実験施設にX線レーザーを供給し、同時並行して多くの実験を行うことが可能になる。国家基幹技術として開発されたXFELの利用効率の向上に大きく貢献。

This power supply was developed for use in high speed electron beam accelerator. It can be used to send beams to parallel systems.



出力電流: ±320A
Output Current

出力電圧: ±150V
Output Voltage

電流安定度: ≤30ppm
Current Stability

電流リップル: ≤30ppm
Current Ripple

繰返し: 60Hz
Repetition Rate

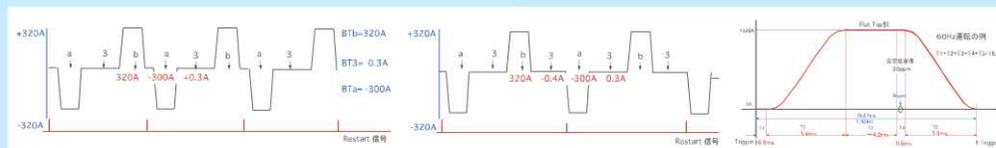
これまでに培った高い技術で実現 We achieved by using high technology which we have accumulated.

- 高精度なアナログ制御技術 High precision analog technology.
- 波形パターン変更を可能にするデジタル制御技術 Digital control technology for waveform pattern change



30ppm以下の安定性と柔軟な制御性を実現した最大±320Aの高速パルス電源を新たに開発

We developed the high-speed power supply which made it possible to for super high precision stability less than 30ppm.



図と波形は理化学研究所様ご提供 The figures and wave patterns are from the Institute of Physical and Chemical Research

SACLA/ビーム振り分け用キッカー電磁石電源2号機

SACLA / Beam distribution kicker magnet power supply Number 2



出力電流: $\pm 299\text{A}$
Output Current

出力電圧: $\pm 1000\text{V}$
Output Voltage

電流安定度: $\leq 30\text{ppm}$
Current Stability

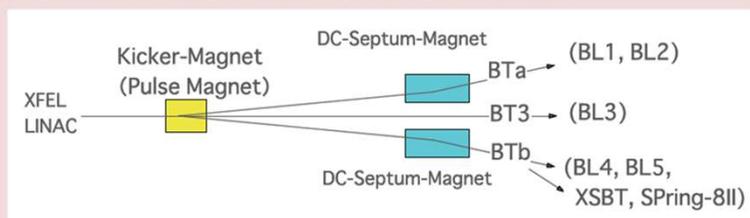
電流リップル: $\leq 30\text{ppm}$
Current Ripple

繰返し: 60Hz
Repetition Rate



- 一つの加速器から電子ビームを高速に振り分け、複数の実験施設にX線レーザーを供給し、XFELの利用効率の向上に大きく貢献。

This power supply was developed for use in high speed electron beam accelerator. This contributes to improvement of the use efficiency of XFEL facilities.



- CSR効果の抑制に寄与することでレーザーパルスの出力向上を可能にする。

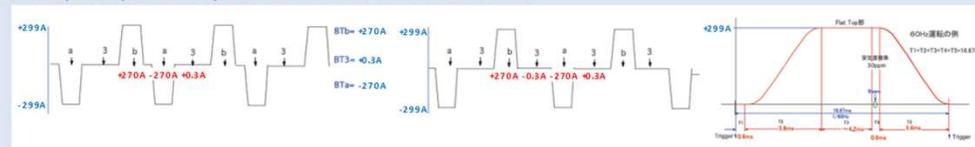
This power supply is to contribute to restraint of the CSR effect, and output improvement of laser pulse is enabled.

これまで培った高い技術で実現 we achieved by using high technology which we have accumulated.

- 高精度アナログ制御技術
High precision analog control technology.
- 運転中の波形パターン変更を可能にするデジタル制御技術
Digital control technology for waveform pattern change.
- 次世代パワー半導体SiC-MOSFETを使用した電気回路技術
The electric circuit technology in which the SiC-MOSFET which is a next generation semiconductor was included.

30ppm以下の安定性と最小0.3A~最大299Aまで出力可能な柔軟な制御性を実現した高速パルス電源を開発

We developed the high-speed power supply which achieved less than 30 ppm of stability and the flexible control by which output is possible up to at least 0.3A to at most 299 A.



図と波形は理化学研究所様ご提供 The figures and wave patterns are from the Institute of Physical and Chemical Research

KEK (高エネルギー加速器研究機構) KEKB KEK (High Energy Accelerator Research Organization) KEKB

加速器

Accelerator

1km

実験室

Laboratory

KEKB主リングトンネル

KEKB main ring tunnel



KEKB／ビーム偏向用およびビーム集束用電磁石電源

KEKB / Beam bending and focusing magnet power supply

加速器でのビーム軌道を安定に保つための偏向、集束用マグネットを励磁するための直流定電流電源です。

従来のサイリスタ・トランジスタを用いたシリーズドロップ方式に比べ、電源効率の向上、小形化を図っています。

It is a DC constant current power supply for exciting the bending and focusing magnet to keep the beam orbit in the accelerator stable.

Compared with the conventional series dropper type using thyristor and transistor, we are improving power supply efficiency and miniaturizing it.



性能 Performance

- | | |
|--------------------|---|
| 1.高安定 短期 | 20ppm／日 |
| 長期 | 100ppm／年(目標) |
| High stability | Short-term 20 ppm / day |
| | Long-term 100 ppm / year (target) |
| 2.低電流リップル | 10ppm |
| | (時定数200ms程度のコイル) |
| Low current ripple | 10 ppm |
| | (Coil with a time constant of about 200 ms) |
| 3.低ノイズ | VCCIクラスA以下 |
| Low noise | VCCI Class A or less |
| 4.高効率・高力率 | 効率 0.9以上 |
| | 力率 0.95以上 |
| High efficiency | Efficiency 0.9 or more |
| High power factor | Power factor 0.95 or more |

KEKB / Power supply for superconducting compensation magnet

1. 特長 Features

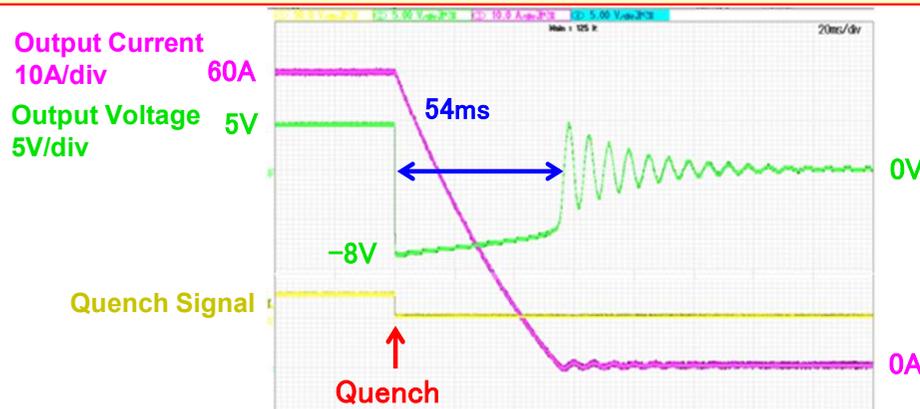
- (1)用途: 小型の超伝導補正電磁石に適しています。
Application: Suitable for small superconducting compensation electromagnets.
- (2)出力: ①バイポーラ
②出力電流ゼロ付近の安定性と連続性を有しています。
Output: ① Bipolar ② It has stability and continuity near zero output current.
- (3)安定度: 低ドリフトの安定性 Stability: Stability of low drift
- (4)出力リップル: 低リップル Output ripple: Low ripple
- (5)保護: クエンチ保護を有しています。 Protection: It has quench protection.

2. 仕様(参考例) Specification (Reference example)

項目 Item	仕様 Specification
入力電圧 Input Voltage	AC210V±10% (Three-phase)
出力電圧 Output Voltage	±5V
出力電流 Output Current	±60A
出力安定度 Output Stability	20 ppm / 8 hours (at rated output)
出力電流リップル Output Current Ripple	50 ppm (at rated output)
電磁石インダクタンス Magnet Inductance	8.7mH

3. クエンチ保護 Quench protection

クエンチ発生時にクエンチ信号を受け、電磁石のエネルギーを電源内に吸い込み、直ちにエネルギー消費して、電磁石を保護します。
Receive the quench signal at quench occurrence, suck the energy of the electromagnet into the power supply, immediately consume energy to protect the electromagnet.



4. サイズ Size

受電ユニット
AC/DC Power unit

電源部:
480 × 240 × 800 mm
幅 高さ 奥行
Power supply unit:
480 × 240 × 800 mm
Width Height Depth

DCCT用アンプ
(本電源にはDCCTとしてTOPACCを使用した為、アンプが必要)
Amplifier for DCCT
(Since TOPACC was used as the DCCT for this power supply, an amplifier is necessary)

電源部
Power supply unit

Height 240mm

Depth 800mm
(Excluding the Amplifier for DCCT)

Width 480mm



KEKB / Power supply for superconducting magnet

<特徴 Features>

- (1)用途: 超伝導電磁石に適しています。
Application: Suitable for superconducting electromagnets.
- (2)出力: ①ユニポーラ
②定電圧大電流
Output: ① Unipolar ② Low voltage and large current output
- (3)安定度: 低ドリフトの安定性 Stability: Stability of low drift
- (4)出力リップル: 低リップル Output ripple: Low ripple
- (5)保護: クエンチ保護を有しています。 Protection: It has quench protection.

<製作例 Production example>

項目 Item	仕様 Specification
電源種類 Power supply type	直流電源(ユニポーラ出力) DC power supply (unipolar output)
制御方式 Control method	定電流制御 Constant current control
受電 Input	AC420V ± 10%, 3φ, 50Hz/60Hz, 45kVA
定格出力 Rated output	10V, 2000A
出力電流安定度 Output current stability	2ppm(p-p) / 8 hours
出力電流リップル Output current ripple	1ppm(rms)
負荷インダクタンス Load inductance	0.7mH(100Hz)



<Size>

1200mm × 1700mm × 2460mm
Width Depth Height
 ※恒温槽除く Excluding oven unit

大電カクライストロン電源

High power klystron power supply



特長

- 1.大電力高電圧を安定出力します。
- 2.負荷短絡時に高速でクローバ回路を動作させ負荷を保護します。

寸法

受電盤	800 × 1400 × 1900mm
IVR	1100 × 1000 × 2070mm
変圧整流器	4000 × 2300 × 2800mm
コンデンサクローバ	1200 × 1610 × 2600mm

定格

	カソード電源	ヒータ電源	アノード抵抗
出力電圧	DC90kV	DC12V	DC55kV
出力電流	DC20A	DC32A	DC10mA
リップル	0.5%	0.5%	
安定度		0.5%	
特徴	負荷短絡時6 μ s以内にクローバ動作	カソード電位に接続	抵抗分圧 9M Ω

大電力クライストロン電源

High power klystron power supply



特長

1. 大電力高電圧を安定出力します。
2. 負荷短絡時に高速でIGBTを停止させ負荷を保護します。

定格

出力電圧	カソード電源 DC45kV	ヒータ電源 DC9V	アノード抵抗 DC40kV
出力電流	DC 9A	DC18A	DC10mA
リップル	0.5%	0.5%	
安定度		0.5%	
特徴	負荷短絡時10 μ s以内にゲートブロック動作	カソード電位に接続	抵抗分圧 1M Ω

大電カクライストロン電源

High power klystron power supply

仕様

カソード電圧 DC42kV 電流 7A

負荷短絡時はIGBT直列スイッチで
高速遮断し、負荷を保護する。

ヒータ電源、アノード電源、集束電源付帯
乾式トランスを使用し、密閉構造により
高圧露出部のない安全設計



オーストラリアン・シンクロトロン

真空管プレート電源

Vacuum Tube Plate Power Supply



特長

- 1.大容量電源をコンパクトにまとめています。
- 2.負荷短絡時にクローバ回路を高速動作させ負荷を保護します。

定格

出力電圧	DC16kV
出力電流	DC70A
容量	1.1MW
使用条件	連続
特徴	負荷短絡時に6 μ s以内にクローバ動作

寸法

受電盤	800×1500×2300mm
変圧整流器	2240×2155×2855mm
コンデンサクローバ	1200×1610×2600mm

コンデンサクローバ 変圧整流器 受電盤

キッカー電磁石電源

Kicker Magnet Power Supply



特長

- 1.超高速高電圧パルス電源です。
- 2.同軸ケーブルに充電し、高圧電位にあるサイラトロンを放電して負荷に高電圧大電流短形波パルスを供給します。

定格

出力電流	1142A		
パルス幅	60ns	1320ns	台形波
充電電圧	58kV		
繰返し	60Hz	8pps	1Hz
再現精度	1%		
負荷インピーダンス	25Ω		
寸法	3000×1400×2650		

パルスクライストロン電源 (PK-4)

産業用 Industrial use

Pulse klystron power supply (PK - 4)



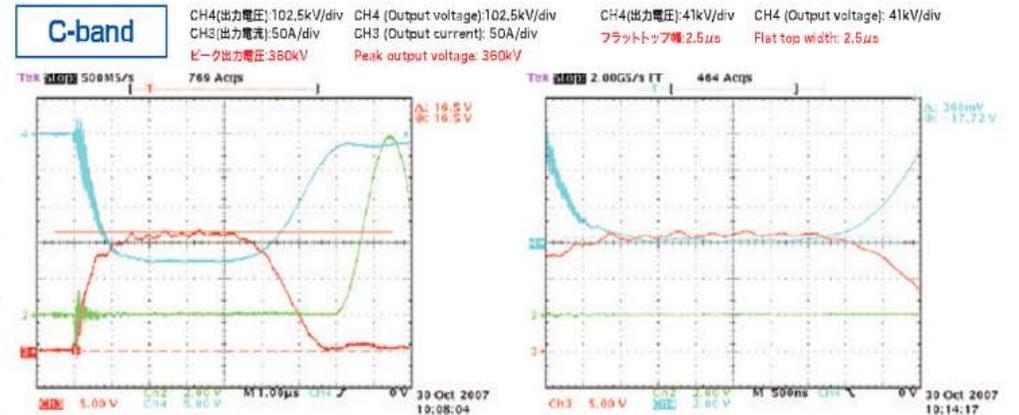
特長

Features

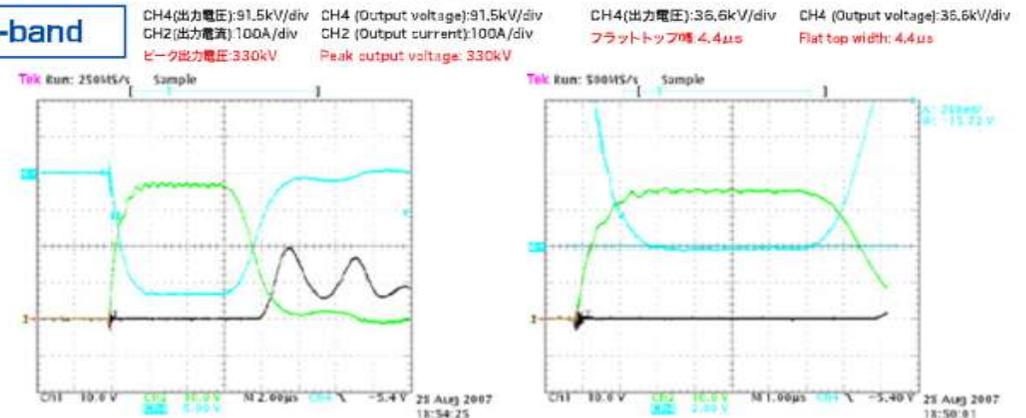
- **コンパクト:** 自社製SHタイプのPFNコンデンサを搭載
Compact: Equipped with our SH type PFN capacitor
- **高い信頼性:** 高圧回路を全て油タンクに収納
High reliability: We have housed all the high voltage circuits in the oil tank
- **優れたメンテナンス構造:** タンク内部品は上蓋からの吊り下げ構造
Excellent maintenance structure: There is a structure in which the tank parts are suspended from the upper lid

Specification	C-band	S-band
Output voltage [kV]	370	330
Output current [A]	350	398
Flat top [μ s]	$\cong 2.5$	$\cong 4.0$
Flatness	$\cong \pm 1\%$	$\cong \pm 1\%$
Stability	$\cong \pm 0.5\%$	$\cong \pm 0.5\%$
Repetition rate [pps]	60	60

C-band



S-band

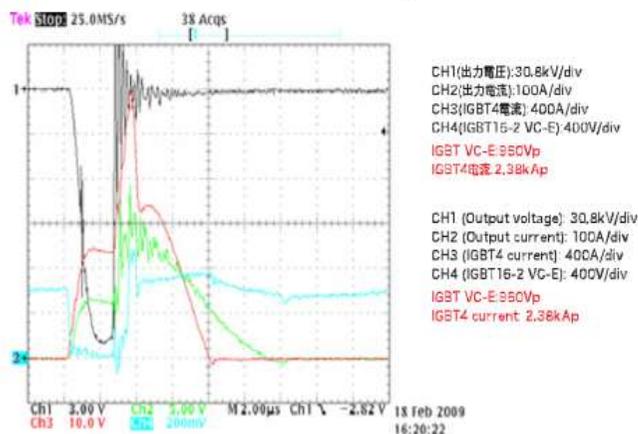
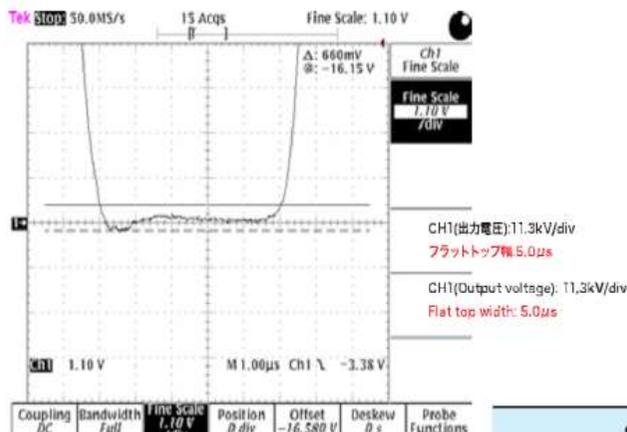
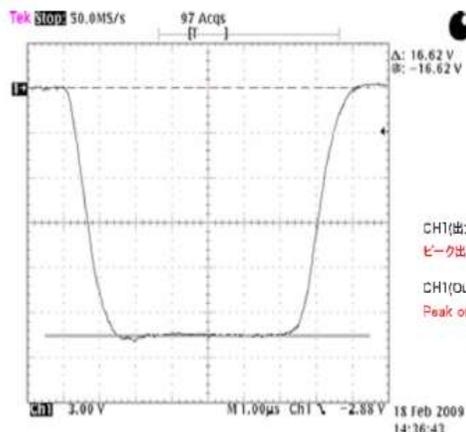


Pulse klystron power supply (PK - 5)

特長

Features

- 長寿命:サイラトロンから半導体(IGBT)を採用
Long life: We have adopted a semiconductor (IGBT) in place of a thyratron
- 直流切り出し方式の採用:パルス波形の優れた平坦性を実現 / パルス幅の任意可変が可能
Adoption of a DC cut-out system: This achieves excellent flatness in pulse waveforms / It is possible to change the pulse width to your choosing
- 優れた出力遮断性能:負荷短絡から出力遮断まで1 μ s以下
Excellent output cutoff performance: 1 μ s or less from a load short-circuit to output cutoff



Specification	Value
Output voltage [kV]	170
Output current [A]	130
Flat top [μ s]	≥ 4.5
Flatness	$\leq \pm 2\%$
Stability	$\leq \pm 1\%$
Repetition rate [pps]	400

Pulse klystron power supply (PK - 6)



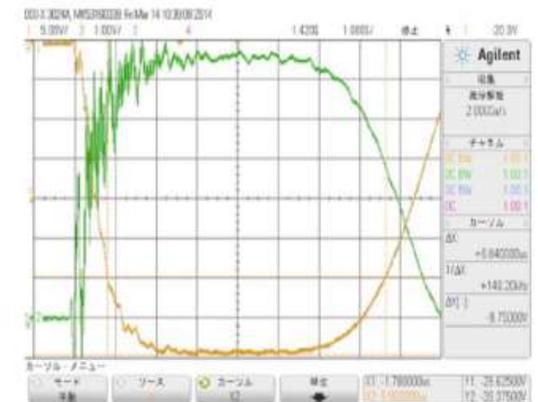
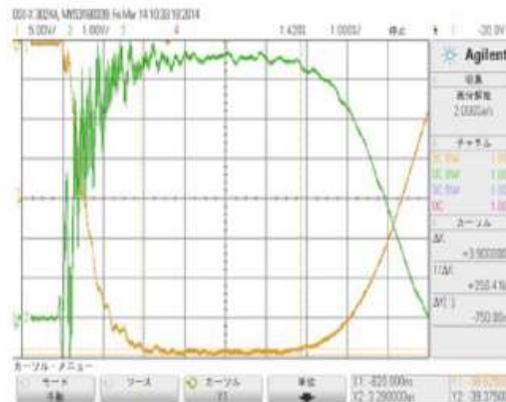
特長 Features

- 優れたメンテナンス性:サイラトロンとの電気的取り合い部にマルチコンタクト社の接触子を用いることで交換が容易

Excellent maintainability: We use contacts by Multi-Contact for the electrical mounting part with the thyatron to make replacements easy

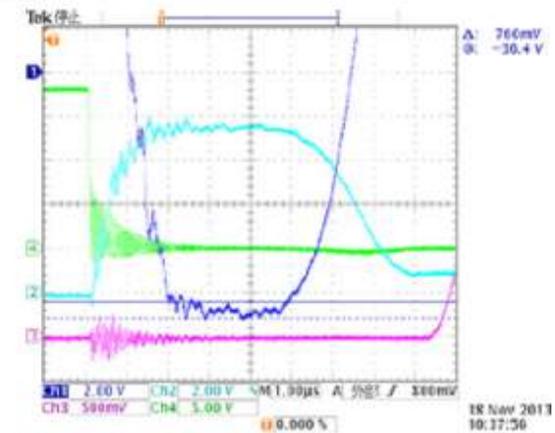
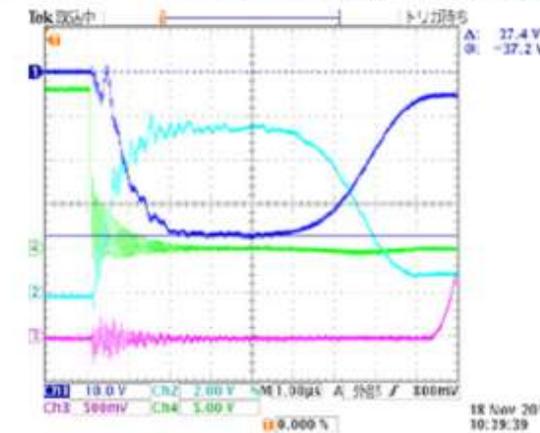
C-band CH1(出力電圧):53.6kV/div
ピーク出力電圧:420kV
フラットトップ幅:3.9 μ s

CH1 (Output voltage): 53.6kV/div
Peak output voltage: 420kV
Flat top width: 3.9 μ s



S-band CH1(出力電圧):100.2kV/div
ピーク出力電圧:375kV
フラットトップ幅:2.5 μ s

CH1 (Output voltage): 100.2kV/div
Peak output voltage: 375kV
Flat top width: 2.5 μ s



Specification	C-band	S-band
Output voltage [kV]	370	425
Output current [A]	344	550
Flat top [μ s]	≥ 2.5	≥ 4.5
Flatness	$\leq \pm 1\%$	$\leq \pm 1\%$
Stability	$\leq \pm 0.5\%$	$\leq \pm 0.5\%$
Repetition rate [pps]	120	60

Power supply for electron beam sterilization



マグネトロン用高圧パルス電源
High voltage pulse power supply
for magnetron

出力電圧 46kV

Output Voltage

出力電流 110A

Output Current

パルス幅 $4.4 \mu s$

Pulse Width

フラットトップ幅 $4 \mu s$ or more

Flat Top Width

繰返し 240pps

Repetition

電子銃用高圧パルス電源

High voltage pulse power supply for electron gun

出力電圧 32kV

Output Voltage

出力電流 3.2A

Output Current

パルス幅 $4.4 \mu s$

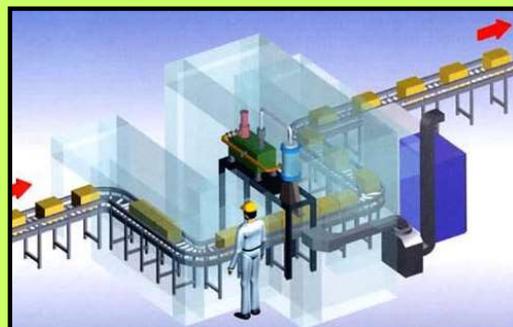
Pulse Width

フラットトップ幅 $4 \mu s$ or more

Flat Top Width

繰返し 240pps

Repetition



クライストロン用高圧パルス電源

High voltage pulse power supply for klystron

出力電圧 132kV

Output Voltage

出力電流 91A

Output Current

フラットトップ幅 $9.5 \mu s$ or more

Flat Top Width

繰返し 480pps

Repetition

電子銃用高圧パルス電源

High voltage pulse power supply for electron gun

出力電圧 31kV

Output Voltage

出力電流 3A

Output Current

フラットトップ幅 $9.5 \mu s$ or more

Flat Top Width

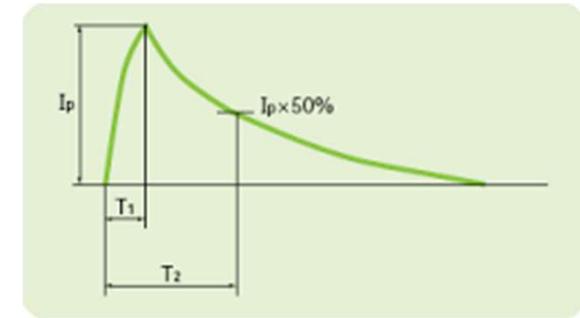
繰返し 480pps

Repetition



インパルス電流発生装置

Impulse current generator



特長 Features

- ・本装置は屋外型インパルス電圧発生装置と外付けコンデンサバンクを複合し、制限電圧が300kVを超える特別高圧用避雷器の耐電流試験を可能とした多段型インパルス電流発生装置です。
- ・ This device is a multistage type impulse current generator which combines an outdoor impulse voltage generating device and an external capacitor bank and enables current withstanding test of a special high voltage arrester with a limit voltage exceeding 300 kV.
- ・インパルス電圧発生装置としては、800kVの雷インパルス電圧を発生できます。
- ・ Impulse voltage generator can generate lightning impulse voltage of 800 kV.

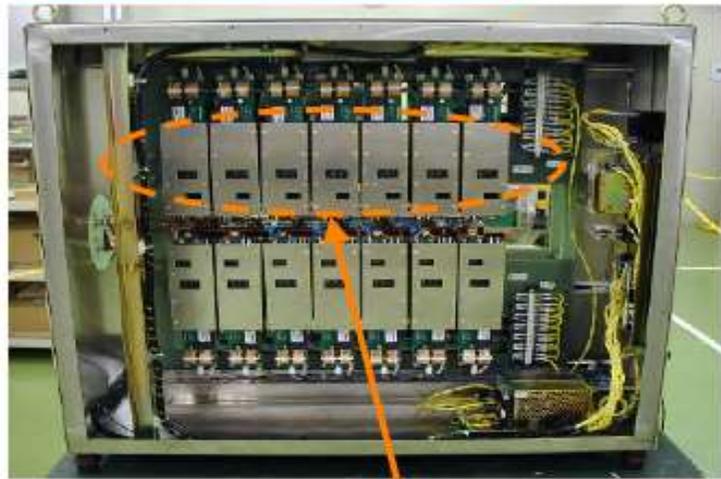
定格電圧 800kV
Rated Voltage

最大充電エネルギー 240kJ
Maximum charging energy

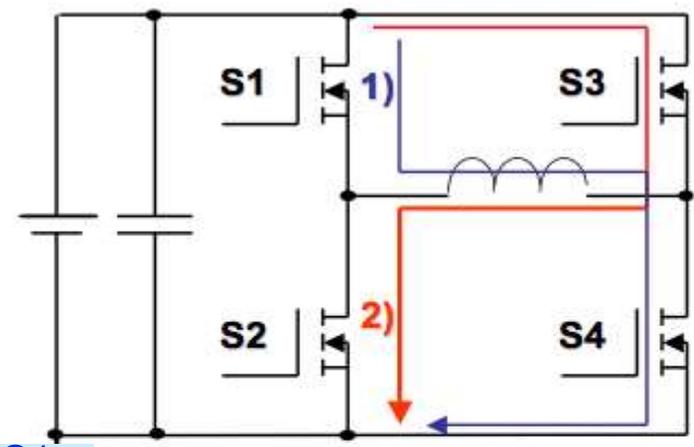
最大放電電流 50kAp
Maximum discharge current

High-speed switching power supply for induction synchrotron

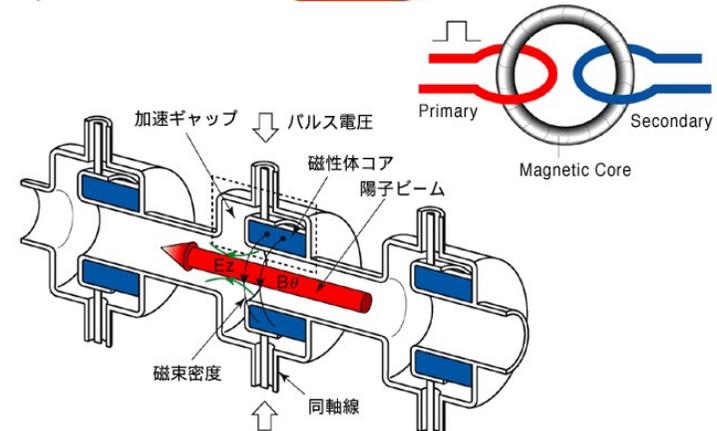
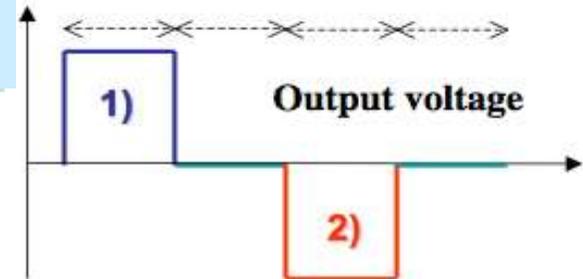
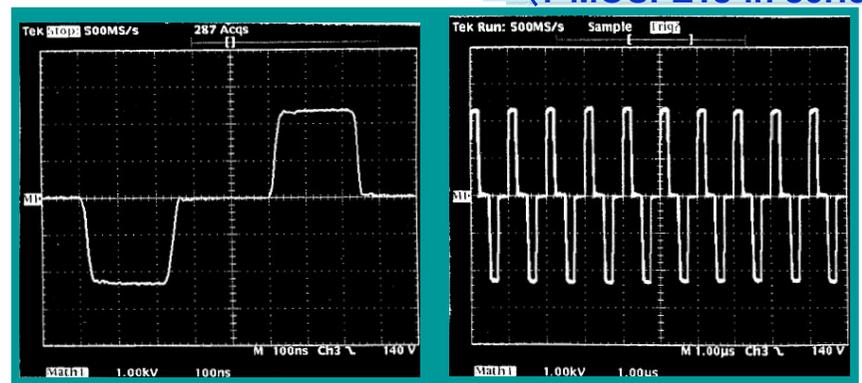
2.5kV, 20A, 1MHz, 500nsec



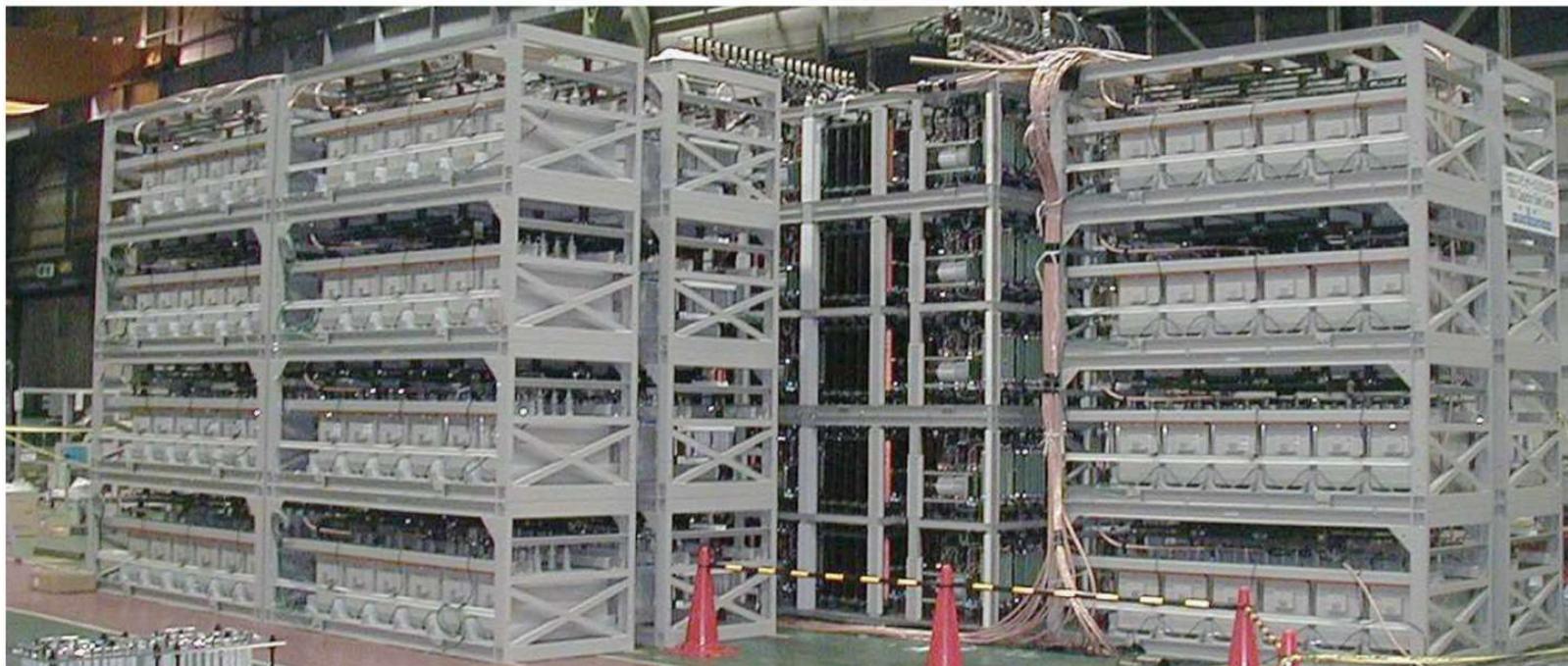
回路アーキテクチャー
Circuit architecture



スイッチングアームS1
Switching arm S1
(7 MOSFETs in series)

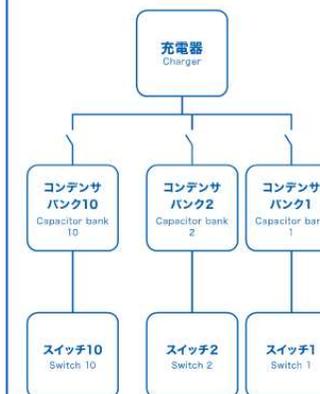


Large capacitor bank system for strong magnetic field generator



コンデンサバンク
Capacitor Bank

基本回路構成 Basic Circuit Configuration



コンデンサバンクシステム仕様 Capacitor Bank System Specifications

静電容量 Capacitance	0.0264F
最大充電電圧 Maximum charging voltage	28kVDC
最大充電エネルギー Maximum charging energy	10MJ
使用電圧範囲 Usage voltage range	1kVDC~28kVDC
最大放電電流 Maximum discharge current	40kA / コイル (コイル1mH, 40mD時) 40kA / unit (When the coil is 1mH and 40mD)
充放電頻度 Charging/discharging frequency	1回以下 / 30分 1 time or less / 30 minutes
充電時間 Charging time	4分以内 Within 4 minutes

大型大口径パルス磁石 Large Diameter Pulse Magnet



(供与先: 大阪大学先端強磁場科学研究センター)
(Supplied to the Advanced Strong Magnetic Field Science Research Center)

特長

Features

本コンデンサバンクシステムは、放電出力を10系統に分割し、使用コンデンサバンク、電圧などを自由に設定することで、多種多様な電磁石(負荷コイル)に必要な電流を供給できる設計としており、様々な物性研究が可能となる。

強磁場コラボラトリー計画に従って、全国共同利用・共同研究が行える強磁場施設の実現を目指し、10MJという大容量のコンデンサバンクシステムを用いた強磁場施設を大阪大学の先端強磁場科学研究センターに導入することになり、当社がコンデンサバンクシステムを設計製作し、2014年3月に納入。

This capacitor bank system has a design that is capable of supplying the necessary current to a great variety of electromagnets (load coils) by splitting discharged output into ten systems and then freely setting the used capacitor bank, voltage and other factors. This makes it possible to research various physical properties.

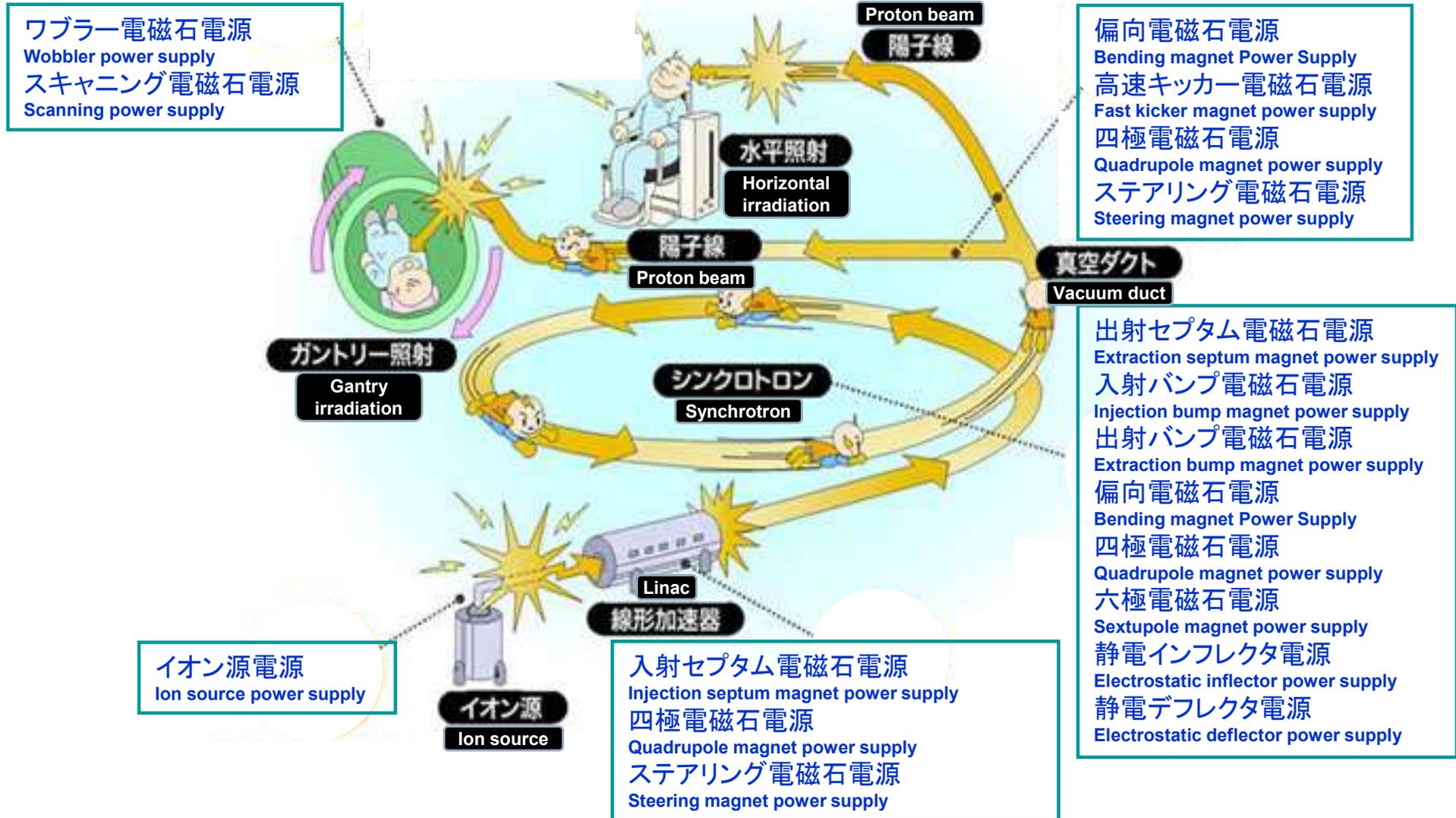
We introduced a strong magnetic field facility using this capacitor bank system with a large capacity of 10MJ in the Advanced Strong Magnetic Field Science Research Center in Osaka University. The aim of this is to realize a strong magnetic field facility that makes joint use/research across Japan possible in accordance with the Strong Magnetic Field Co-Laboratory Plan. We designed and manufactured this capacitor bank system and then delivered it in March 2014.

医療用加速器の構成

Construction of medical accelerator

ニチコンは、患部に集中してビームを照射する為の制御用電源にコアコンピタンスを持っています。

Nichicon has a core competence in the power supply for control to focus on the affected part and irradiate the beam.



粒子線治療の照射野形成方法

粒子線治療の照射野形成方法にはワブラー法とスキヤニング法があります。

・ワブラー法

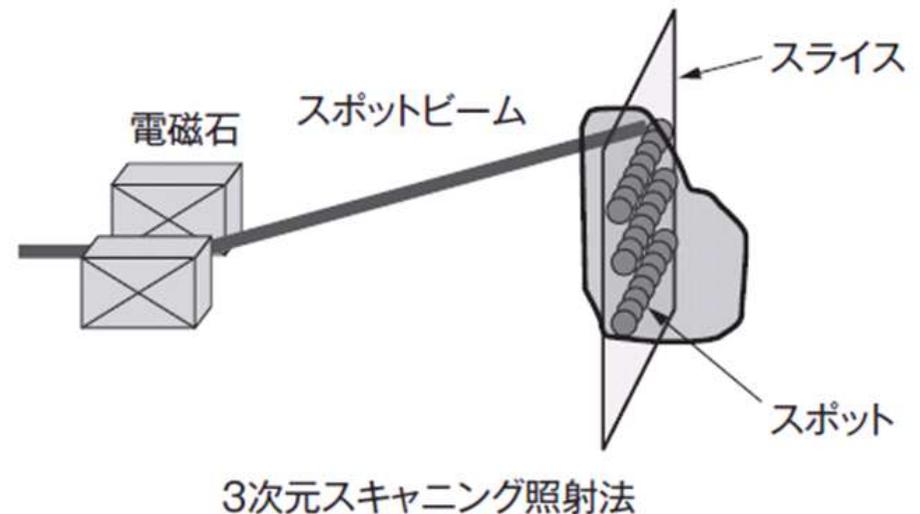
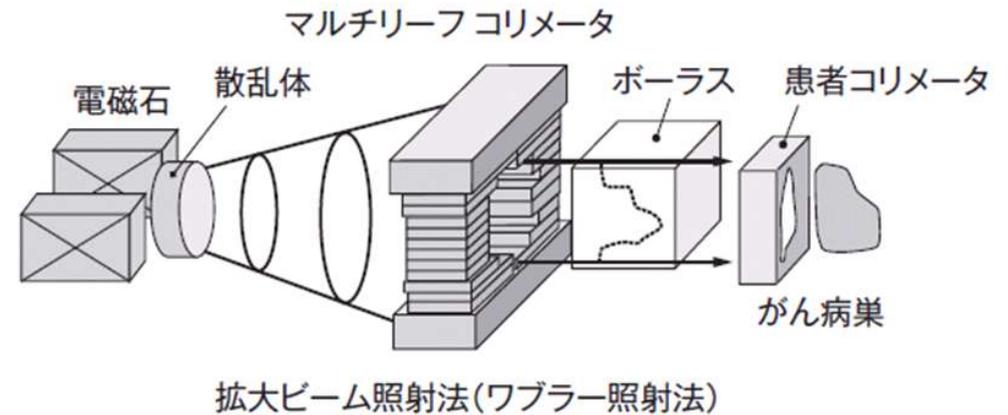
均一に広げた粒子線ビームをボラスやコリメータと呼ばれる治具を使用して腫瘍の形状に合わせて粒子線を照射します。

・スキヤニング法

粒子線ビームを細く絞って、がん病巣をスポット(点)で塗りつぶしていく照射方法で、がん病巣の形状に沿って精密に線量分布を形成できる利点があります。また、ビーム利用効率が非常に高い特長もあります。

当社では両者に必要な電磁石電源の製作実績があります。

どちらもがん病巣に粒子線ビームを照射する部分の電源であるため、その性能が非常に重要となる電源。



医療用電磁石電源(スキャンング電源)

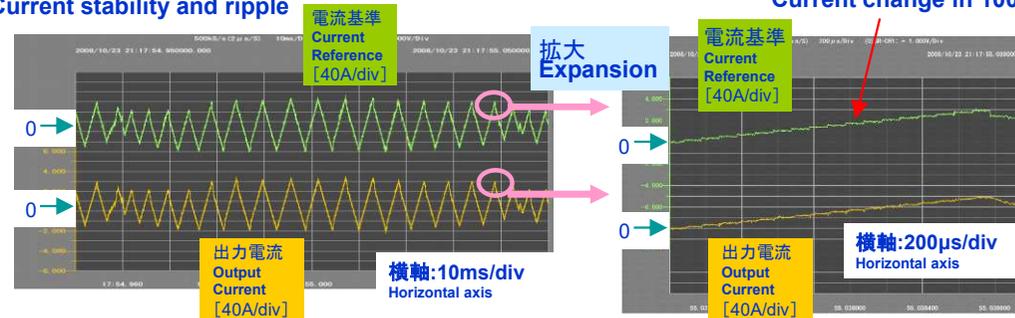
Medical magnet power supply (Scanning power supply)



	X電源 X-Power Supply	Y電源 Y-Power Supply
定格電流[A] Rated Current	±410	±440
定格電圧[V] Rated Voltage	430	480
励磁速度[A/μs] Excitation speed	7/20	7/40
コイル抵抗[mΩ] Coil resistance	6.3	12.1
コイルインダクタンス[mH] Coil inductance	0.981	2.246
電流安定度及びリップル[%] Current stability and ripple	±0.1	±0.1

切らずになおす最先端ガン治療のための医療用加速器用電源
Power supply for medical accelerator for cutting-edge cancer therapy without cutting

他に治療法がない深部、大きなガンにも有効
Also effective for deep and large cancers with no other treatment



特長 Features

立ち上げ用電源(IGBTユニット)と維持用電源(FETユニット)を直列接続した回路方式とデジタル制御技術により、高速ステップでの電流制御が可能となっています。

スキャンング電源以外でも、ワブラー電源(交流出力電源)や四極電源(パターン電源)などの製作も可能。

Current control in high-speed steps is enabled by a circuit system in which a start-up power supply (IGBT unit) and a maintenance power supply (FET unit) are connected in series and digital control technology. Wobbler power supply (AC output power supply) and quadrupole power supply (pattern power supply) etc. can also be manufactured, other than the scanning power supply.



治療装置例
Treatment device example

医療用電磁石電源(ワブラー電源)

Medical magnet power supply (Wobbler power supply)



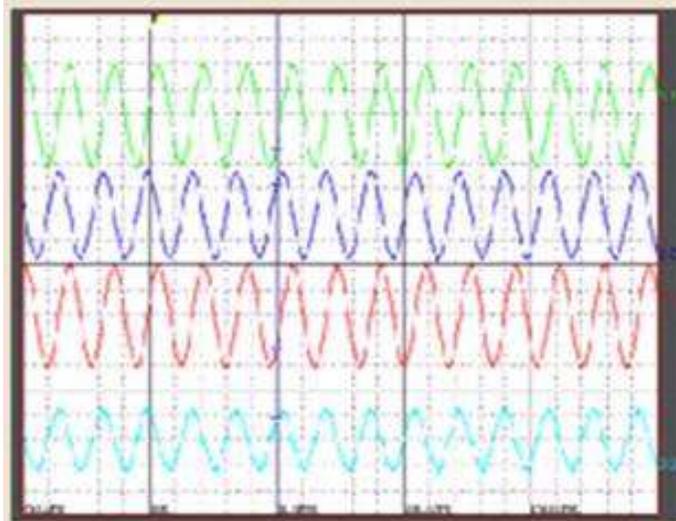
技術ポイント:

一台で様々なパターン出力を実現

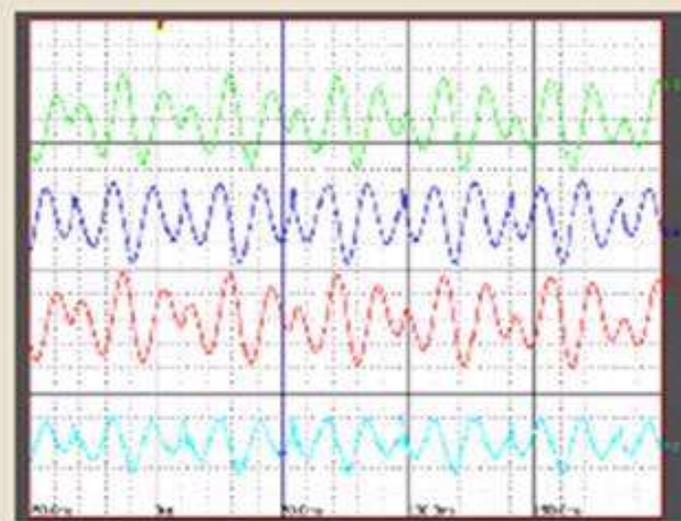
Technical points:

Various pattern output realized by one unit

● 出力波形 (正弦波、変調波) Output waveform(sine wave, modulated wave)



【単一ワブラーパターン】
Single Wobbler Pattern



【螺旋ワブラーパターン】
Spiral wobbler pattern

電流基準
Current Reference
215A/div

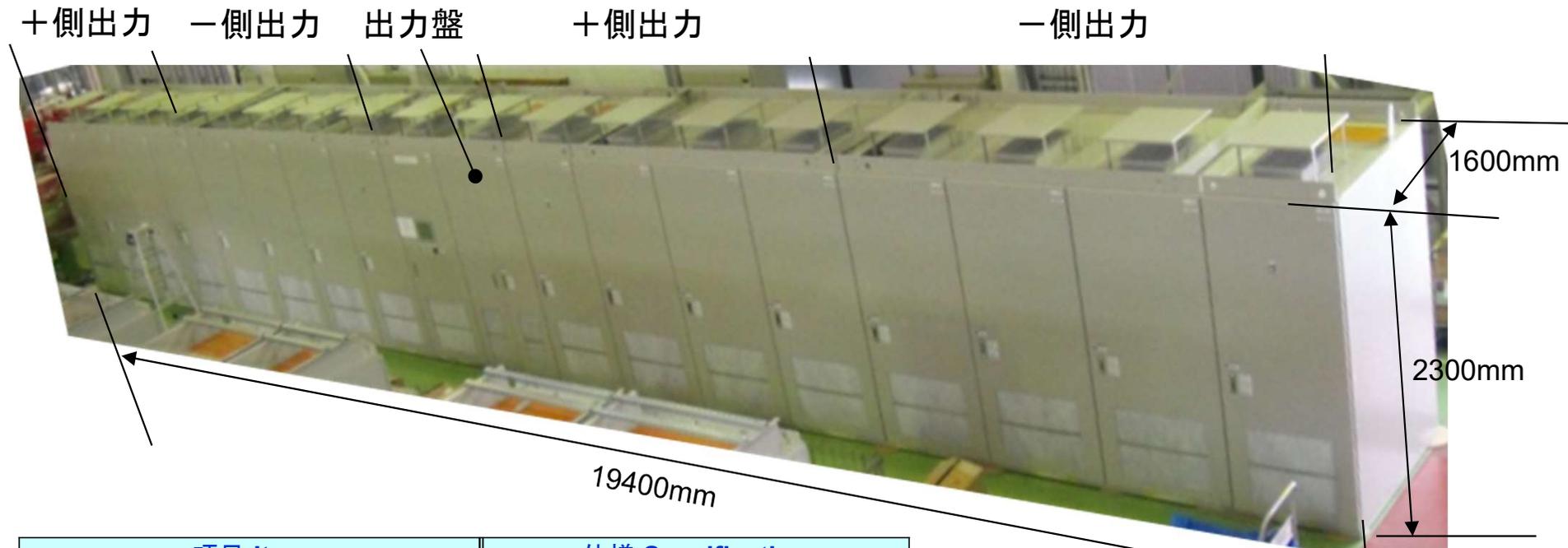
出力電圧
Output Voltage
210V/div

出力電流
Output Current
215A/div

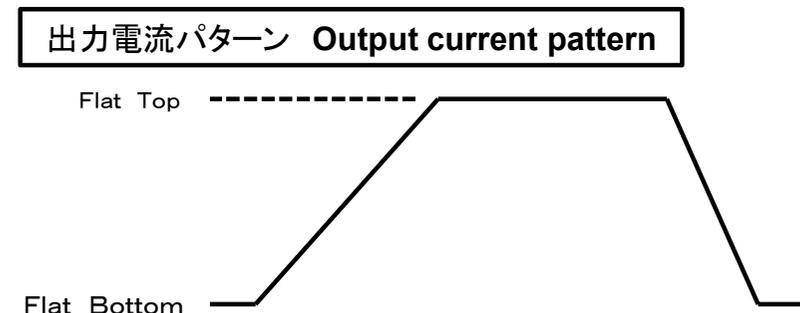
電流偏差
Current deviation
0.1%/div

医療用電磁石電源(重粒子線用 偏向電磁石電源)

Medical magnet power supply (Bending magnet power supply for heavy particle radiation)



項目 Item	仕様 Specification
回路方式 Circuit type	三線対称型 Three-line symmetric type
出力電流 Output Current	3800A
出力電圧 Output Voltage	±1200V
立上り Rise time	755ms
立下り Fall time	435ms
出力平均電力 Output average power	1.8MW
出力電力 Output power	4.6MWp
受電容量 Received capacity	2.4MVA(6.0MVAp) Power factor 1, harmonic suppression
冷却方式 Cooling method	Water cooling
電磁石 Magnet	10mH, 8mΩ × 12 series
出力電流リップル Output Current Ripple	2 × 10 ⁻⁶ p-p (at flat top)



ありがとうございました。
Thank You .

ニチコン株式会社
ニチコン草津株式会社
NICHICON CORPORATION
NICHICON (KUSATSU) CORPORATION