

秋田高専における S-band 大電力高周波試験装置の開発と共同利用展開 DEVELOPMENT OF S-BAND RF SOURCE FOR HIGH POWER TEST BENCH AT NIT, AKITA COLLEGE

坂本文人 *^{A)}、飛沢瑠伽 ^{A)}、黒田隆之助 ^{B)}、林崎規託 ^{C)}

Fumito Sakamoto*^{A)}, Ruka Tobisawa^{A)}, Ryunosuke Kuruda^{B)}, Noriyosu Hayashizaki^{C)}

^{A)}National Institute of Technology, Akita College

^{B)}National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

^{C)}Tokyo Institute of Technology

Abstract

We are constructing a high-power RF source in National Institute of Technology (NIT), Akita College. This project is based on a partnership between National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST) and NIT, Akita College for purposes of education and study of RF components. In this paper, we report the details of our RF source system and future prospect.

1. はじめに

東北地方においては、宮城から岩手に跨る国際リニアコライダの誘致や、山形大学医学部の重粒子治療センターの本格稼働、仙台青葉地区に建設中の東北放射光施設など、高エネルギー加速器の開発が近年活発に行われている。これに伴い、東北地方における中小企業の加速器産業への参入も盛んになっている。秋田県においても産官学が連携して加速器の要素技術開発に取り組み、加速器産業への参入を展開しており、2018年から秋田県高エネルギー加速器研究会が発足し、技術研修や加速器施設への見学会を通じ、加速器技術の習得などに取り組んでいる。このような背景もあり、秋田高専と産総研では2020年より共同研究契約を締結し、教育および研究用として小型大電力クライストロンとパルス電源を秋田高専のキャンパス内に設置した。秋田県に隣接する他県には自由に使用することが可能な単独の大電力高周波実験装置は存在しないため、本装置は産官学連携を展開して企業などと共同利用展開することにより、東北地方における加速器用高周波機器の開発や人材育成などで大きな効果が期待できると考えている。

一方学生への教育の観点からすると、秋田高専には教育用に超精密マシニングセンタも設置されていることから、秋田高専においてこれまで開発してきた RF シミュレータ [1-4] や高周波測定機器などと組み合わせることにより、学生の研究活動において本格的な高周波機器の設計・製作・試験を実施することができる。これは、高専における加速器に関連した高度な知見と技術を有する人材育成とこれによる加速器業界への人材の輩出にも極めて有効であると考えている。本発表では、秋田高専に設置した高周波試験装置とこれを用いた研究内容、および教育の状況について今後の展望も含めて報告する。

2. パルス電源とクライストロン

図 1 にパルス電源とクライストロンの外観写真を示す。図 1 において、左から制御盤、パルス発生回路部、



Figure 1: Photograph of pulse modulator and klystron.

パルストランスおよびクライストロンの配置になっている。実験室は安全面を考慮してインターロックを取り付けた安全ゲートに囲まれた半地下領域に機器を配置しており、地上部からコンピュータを用いた遠隔による制御およびデータ取得が可能な体系となっている。現時点においては、パルス電源による高圧印加までが可能な状態であり、今後 RF のクライストロン出力以降における立体回路系および高周波測定機器類を整備していく計画である。

2.1 パルス電源

パルス電源は日新電機株式会社製であり、主要性能を表 1 に示す。実験室に移設した際に実施した動作試験においては、定格最大値までのパルス出力を確認している。図 2 に出力パルスの波形を示す。黄色の Ch.1 が出力電圧であり、プローブの変換比によって約 110 kV となる。また水色の Ch.2 は出力電流であり、約 70 A に相当している。なお、最大繰り返しである 10 Hz 運転時においても、動作は良好であり安定な数時間にわたる運転においても異常等は確認されていない。

* saka@akita-nct.ac.jp

Table 1: Performance of Pulse Modulator

Primary	Charging voltage : 25 kV
	Output voltage : 12.5 kV
	Output current : 750 A
	Thyratron : DC 33kV (TRITON, F-117)
Secondary	Pulse width (flattop) : 1 μ s
	Output voltage : 113 kV
	Output current : 75 A
	Repetition rate : 10 Hz

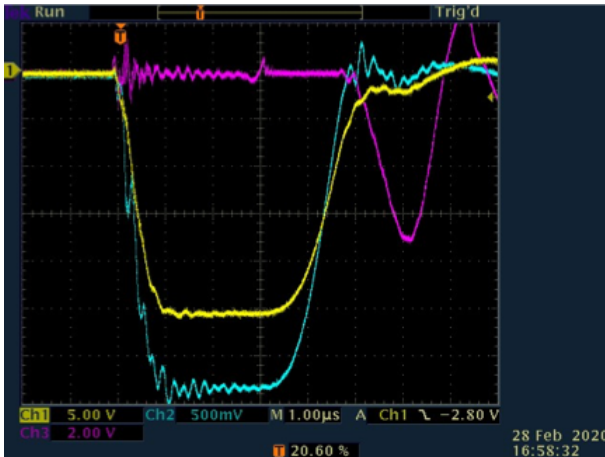


Figure 2: Waveform of output voltage and current.

2.2 クライストロン

クライストロンは THOMSON 社製 CA2074F であり、周波数 2856 MHz、最高出力は約 4 MW である。現在は LLRF 系のデザインを実施中で、出力後の導波管やダミーロード、方向性結合器など必要な機器の整備を進めている。来年度における RF 出力を目標としている。

3. 利用用途

3.1 教育用途として

秋田高専では学生の機械加工実習用としてマシニングセンタを保有している。また、オシロスコープやネットワークアナライザ、スペクトラムアナライザもアンテナ関係を専門とする教員もいることから、計測機器の共有体制も整っている。電場解析コードを組み合わせることにより、学生による加速空洞の設計・製作・特製測定・RF 試験の一連の流れを実施することができるようになる。これは本格的な高周波デバイスの開発スキルの習得に極めて有効な実験テーマであり、加速器業界へ高度な知見を持つ若手研究者もしくはエンジニアの輩出として一躍を担えるのではと考えている。同時に、一般企業等への共同利用を展開することで、学生のみならず企業にとっての加速器技術の研修の場ともなり得ると、県内企業からの期待の声もいただいている。

3.2 研究用途として

通常クライストロンを保有する研究・教育機関においては、加速器が運転を開始すると停止期間まで通常はクライストロンが開放されることもなく、高周波デバイスの試験用途として専用で保有している機関は稀であろう。2856 MHz に限られてしまうが、RF 電子銃や加速空洞のエイジング、または新しい高周波窓やパルス圧縮技術への挑戦など、高周波デバイスに関連する新しいテーマに多くの時間を割くことができるシステムになり得ると期待している。

4. まとめと今後の展開

産総研・秋田高専の共同研究により、秋田高専キャンパス内にパルス電源とクライストロンが設置されている。来年度における本格的な RF 出力試験の実施を目標としており、高度な学生への教育・研究展開を行い、加速器業界への人材輩出につなげたいと考えている。また学生のみならず、加速器産業への参画に挑戦する東北企業とも共同利用を展開することで、加速器技術の習得や新しいアイデアの創生に役に立てる施設となるよう、多くの方々のご助言を頂きつつ今後の展開を計画していきたいと考えている。

謝辞

本装置を秋田高専に設置するにあたり、(株)バルパワー技術研究所の徳地明氏および中村製作所の中村成太氏に技術面等多大なるご助言およびご協力を頂きました。ここに深く感謝申し上げます。

本研究は産総研・秋田高専で締結されて共同研究「電子加速器ならびに高周波電源の高度化と応用に関する研究」にもとづいて実施されている。本共同研究の締結にご尽力いただいた関係者のみなさまに感謝致します。

参考文献

- [1] F. Sakamoto *et al.*, "加速器設計のための電磁場解析手法に関する検討 (高精度ビームシミュレータの開発)", 平成 23 年度 電気・情報関係学会北海道支部連合大会, はこだて未来大学, 2011 年 10 月.
- [2] Y. Chigama *et al.*, "三角形一次有限要素法による加速器空洞の数値解析", 平成 23 年度 電気・情報関係学会北海道支部連合大会, はこだて未来大学, 2011 年 10 月.
- [3] S. Sasaki *et al.*, "STUDY ON ELEMENT STRUCTURE DEPENDENCY FOR HIGH-PRECISE FEM ANALYSIS OF RF CAVITY", Proceedings of the 10th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan, Osaka, Japan, Aug. 6, 2012.
- [4] S. Hirasawa *et al.*, "STUDY ON ELEMENT STRUCTURE DEPENDENCY FOR HIGH-PRECISE FEM ANALYSIS OF RF CAVITY", Proceedings of the 10th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan, Osaka, Japan, Aug. 6, 2012.