

SK新エネルギー一較正加速器開発

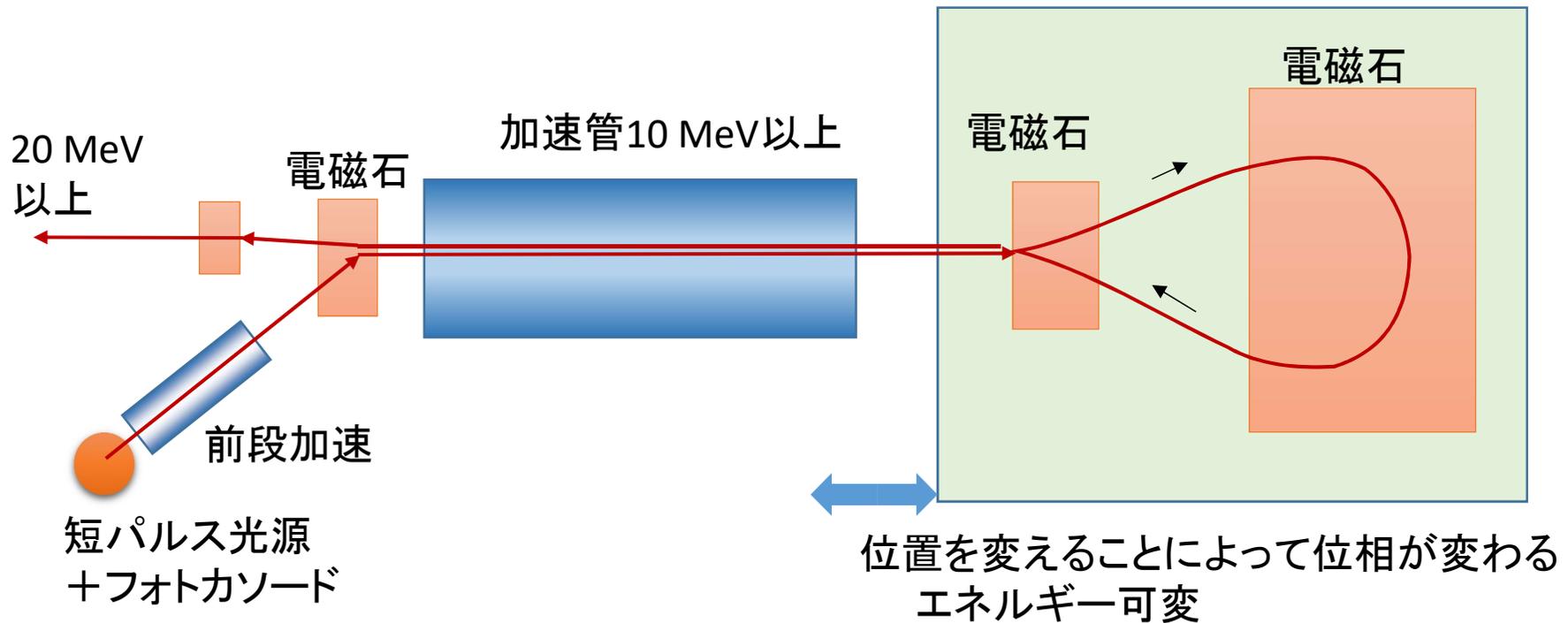
産総研 鈴木良一

2019.8.24. 新学術「地下宇宙」領域研究会 @大阪大学

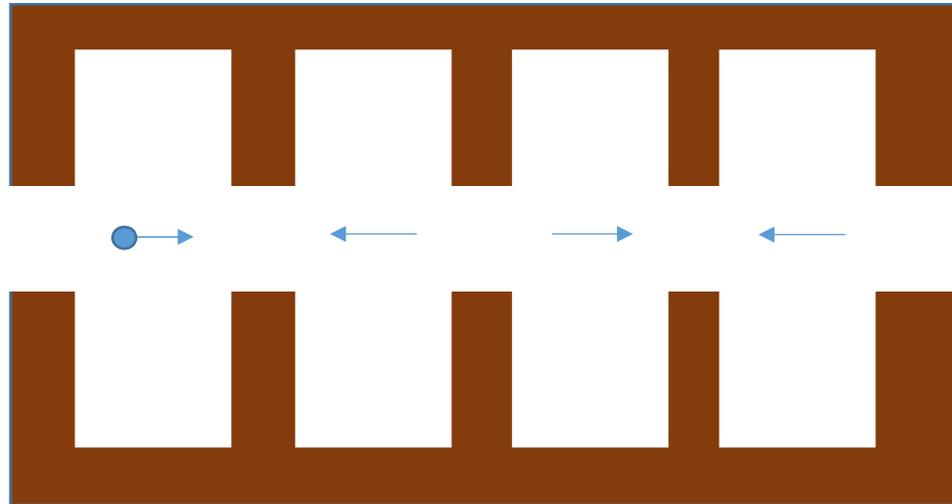
SK新エネルギー較正用加速器

高エネルギー電子1個による検出器
のエネルギー較正(20 MeV~30 MeV)

エネルギー 20 MeV以上
エネルギー可変
コンパクト: 1つの加速管で往復加速
極微弱電流: フォトカソード



電子の加速



加速管の性能

単位長さ当たりのシャントインピーダンス ($M\Omega/m$)

値が高いほど低パワーで高電界加速可能

Q値が高く、周波数が高いほどシャントインピーダンスを高くできる

理想は超伝導空洞だが。。

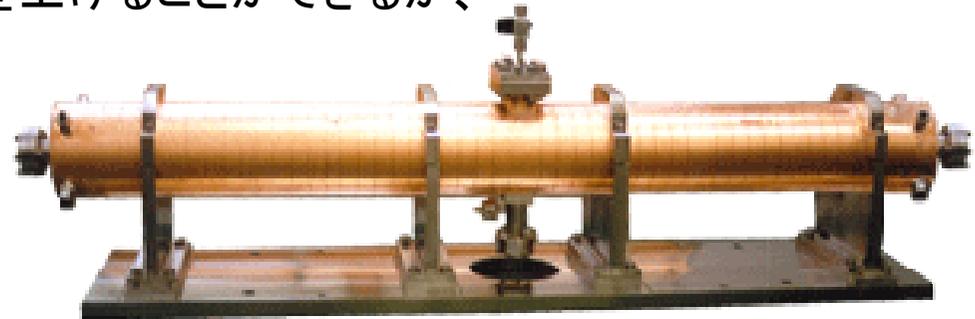
極微弱電子加速器用加速管

Q値の高い加速管

Cバンド(5.712GHz 80cm定在波加速管)を用いる

エネルギーゲイン ~10 MeV/本

(本数を増やせばその分ゲインを上げることができるが、コストがかかる)

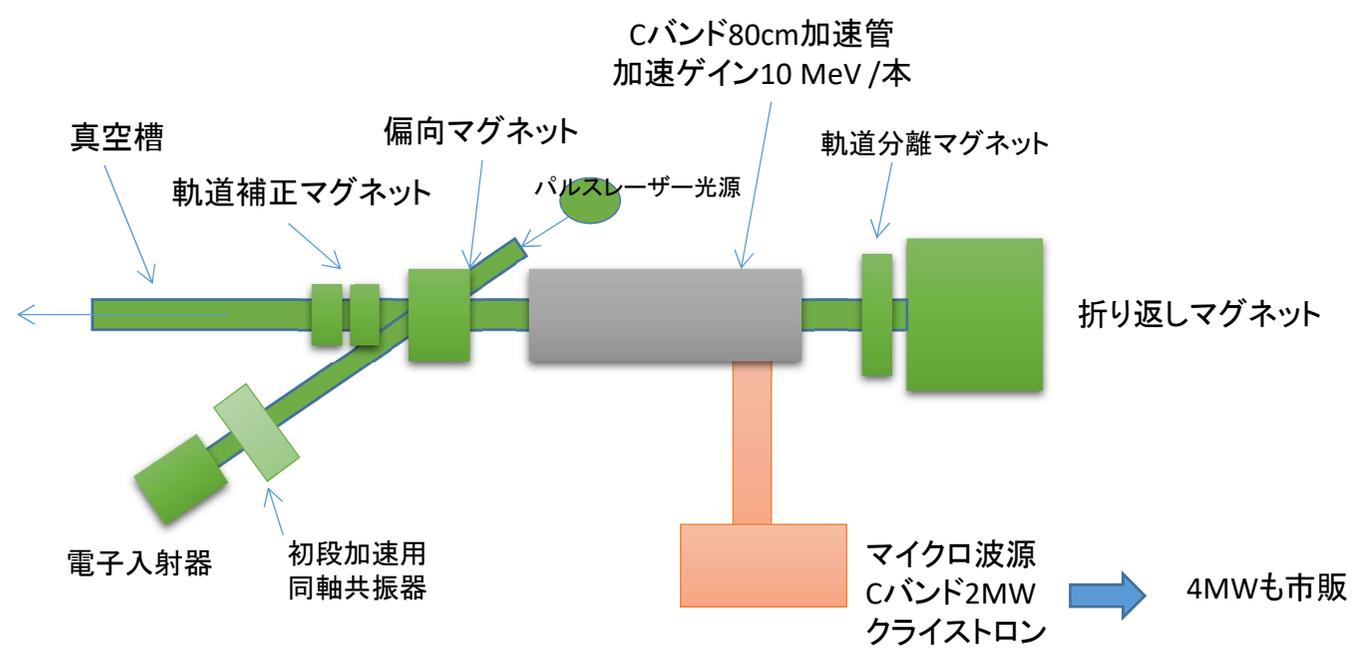


仕様

加速構造	オンアクシス定在波型
加速管材質	OFHC
加速管長	80cm
加速周波数	5712±0.1MHz
Q ₀ 値	11,000
シャントインピーダンス	75MΩ/m
微弱電流エネルギーゲイン	10MeV@~2MW

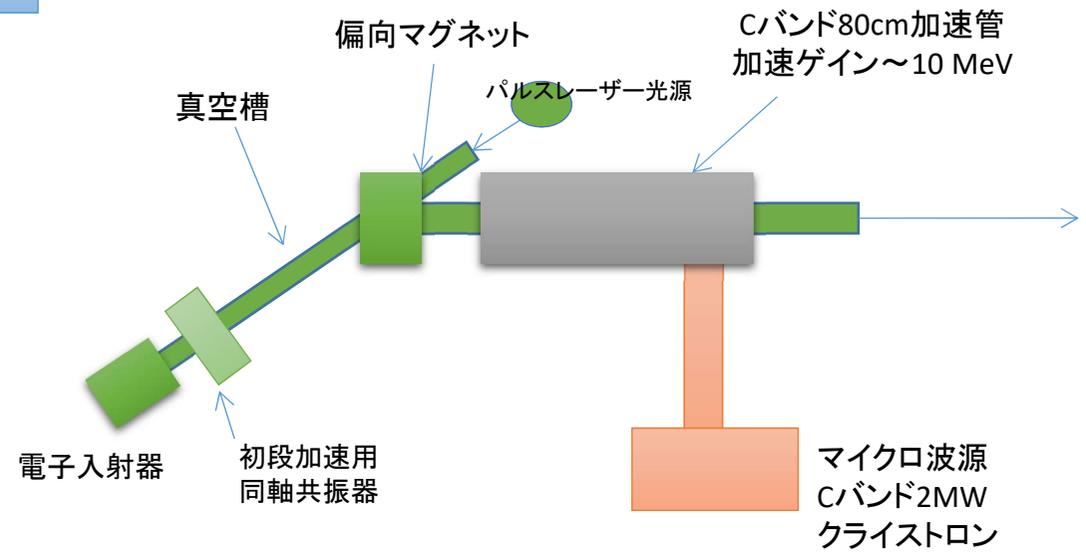
往復加速

1~20 MeV/本



1回加速

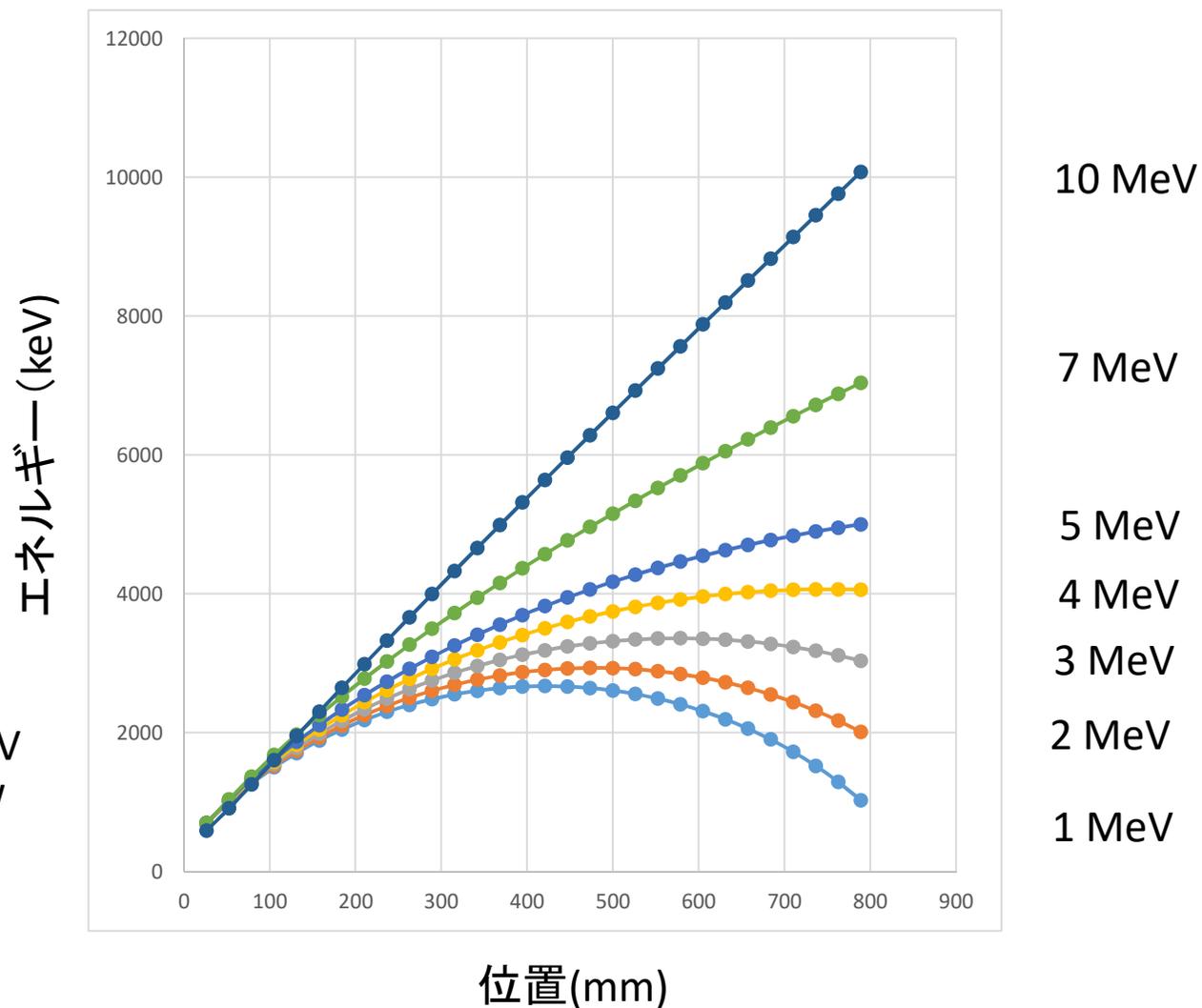
1~10 MeV



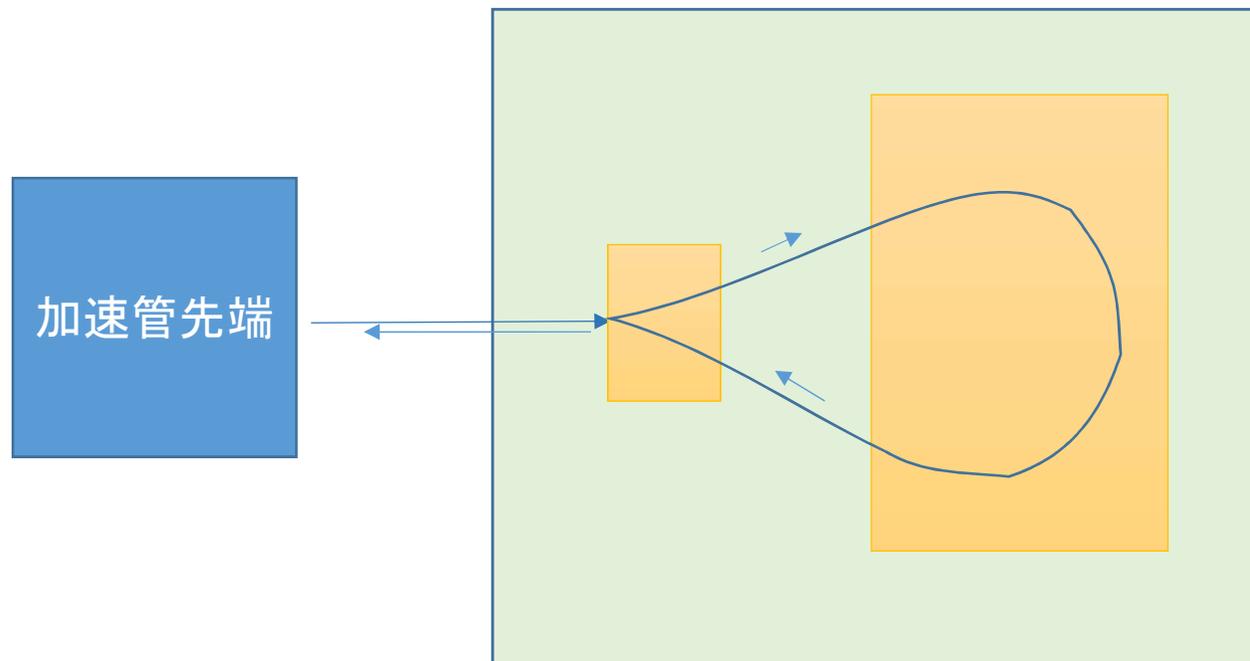
1回加速・往復加速共通

加速管内の電子のエネルギー

入射 : 350 keV
Prf: 1.85 MW



電子ビームの折り返し



光路長 = 加速位相の調整

1 波長 : 26 mm

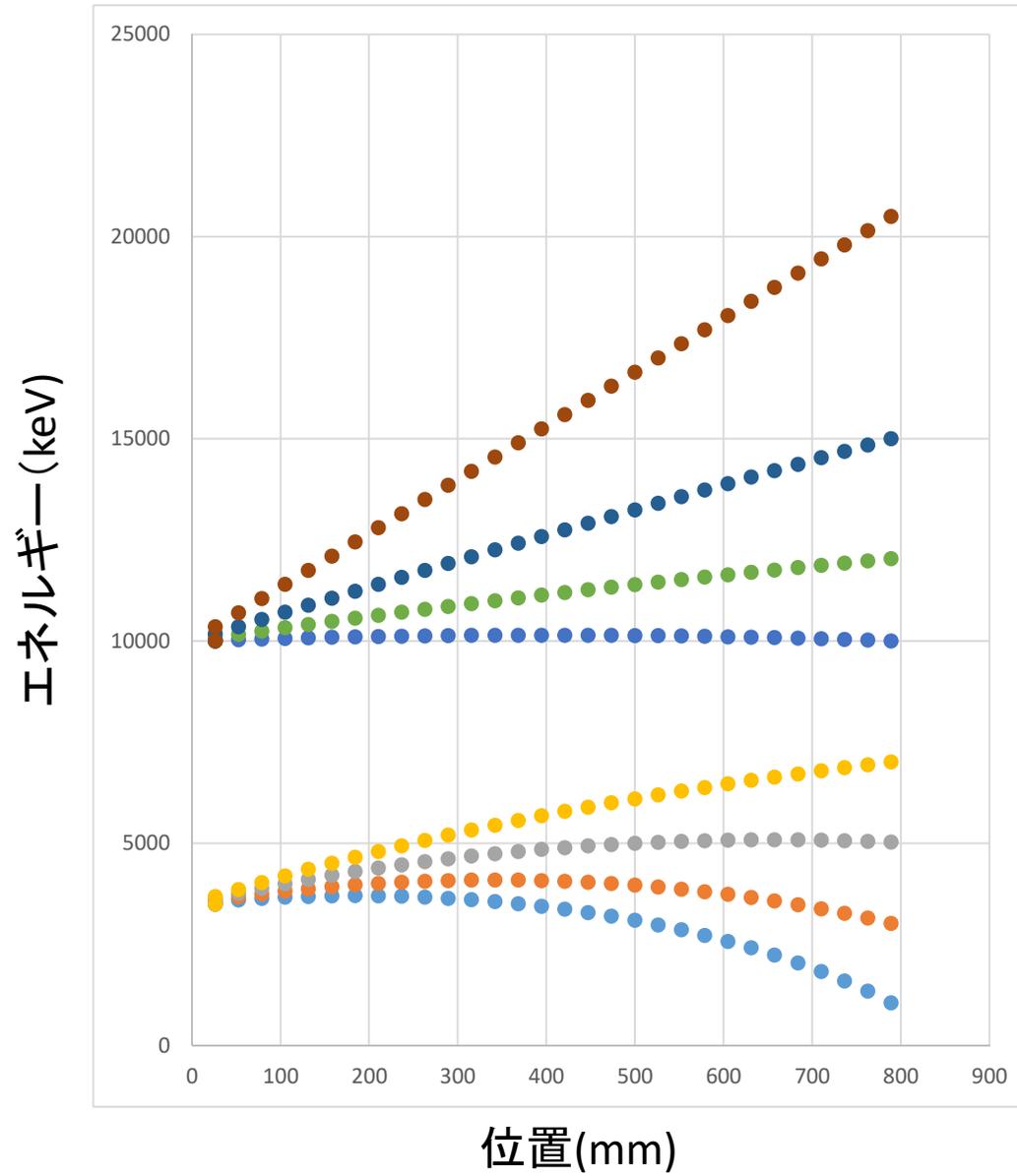
ビーム軌道の調整

磁場強度 : エネルギーフィルタになる

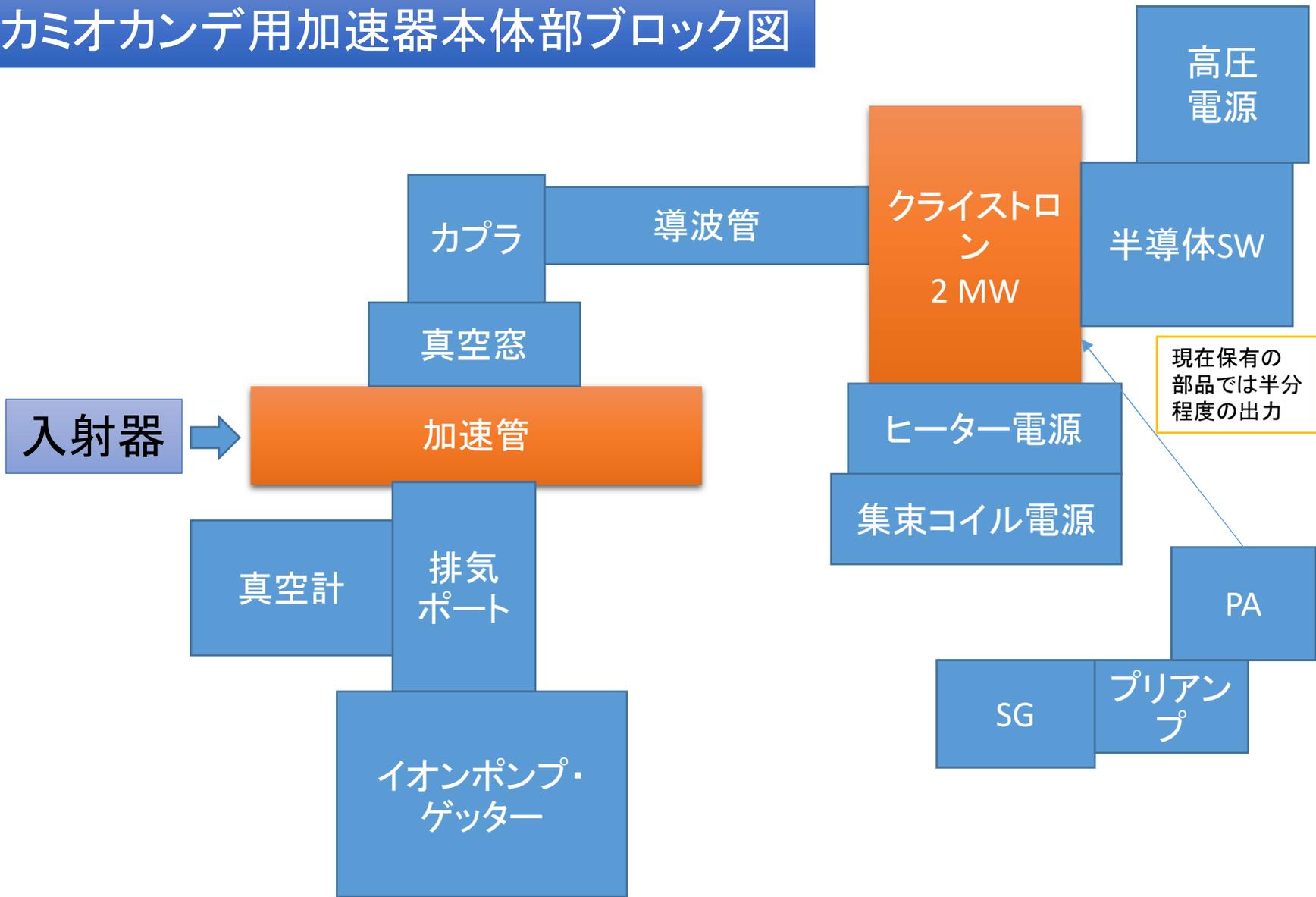
補正コイル

往復加速の後段

加速管内の電子のエネルギー(後段)

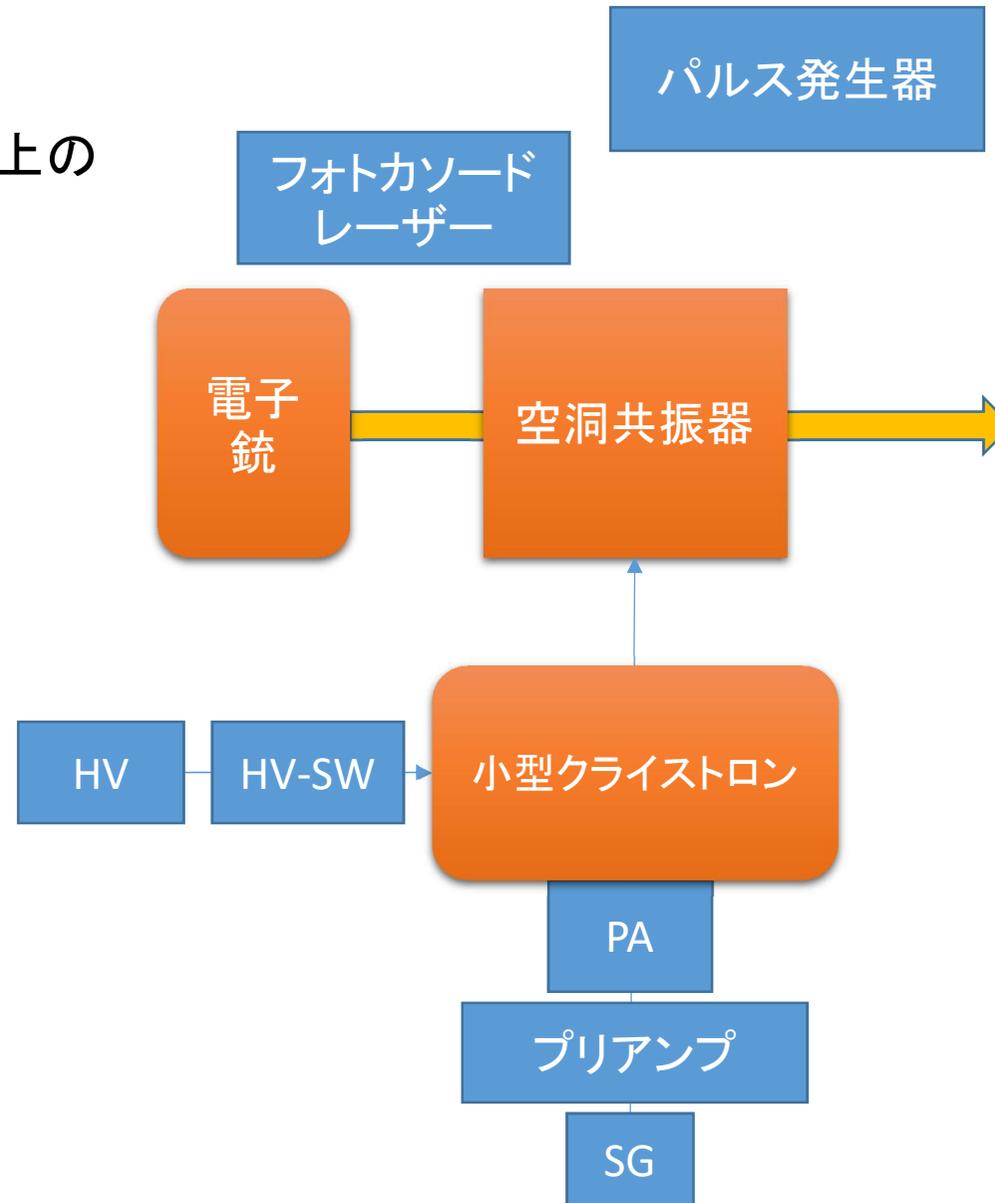


カミオカンデ用加速器本体部ブロック図



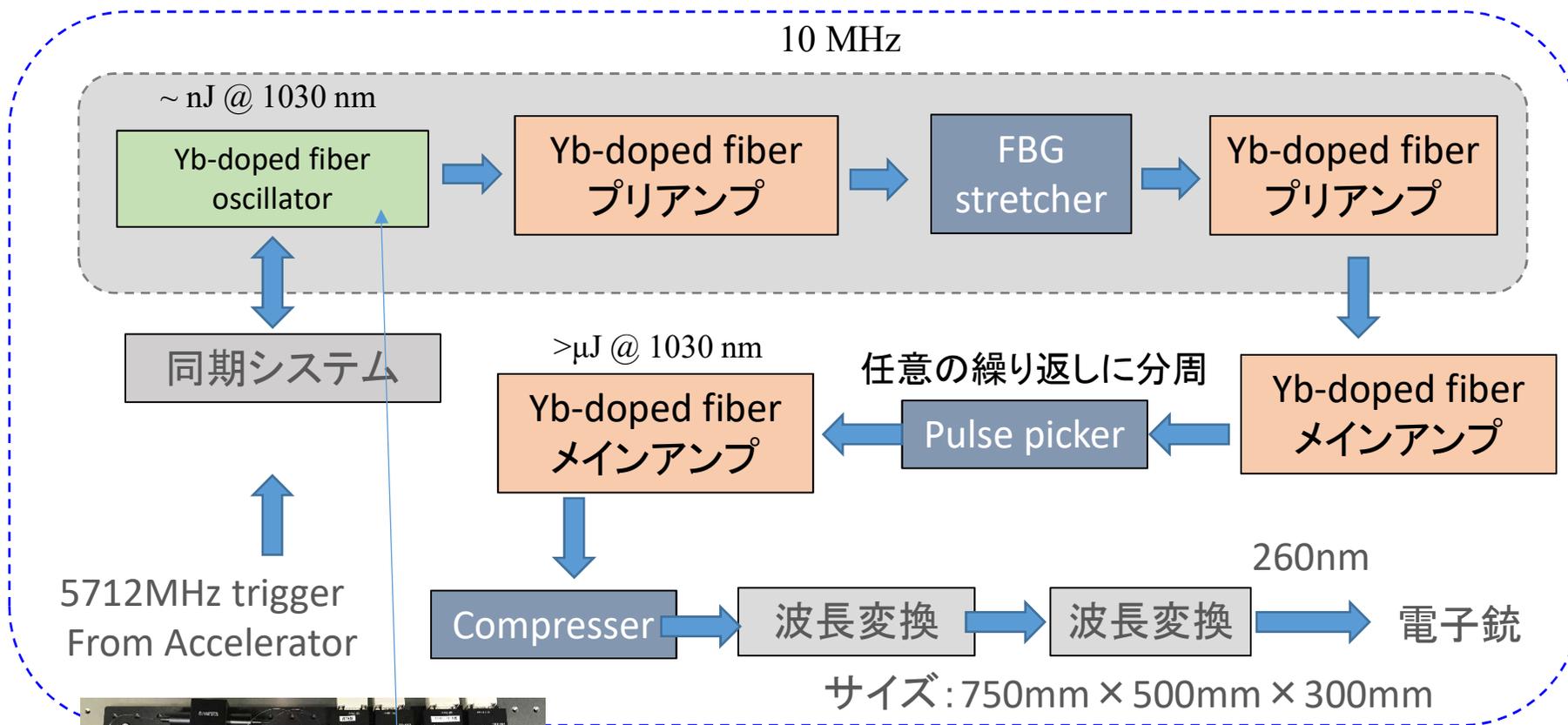
入射器部

主加速管に300 keV以上の
エネルギーで入射

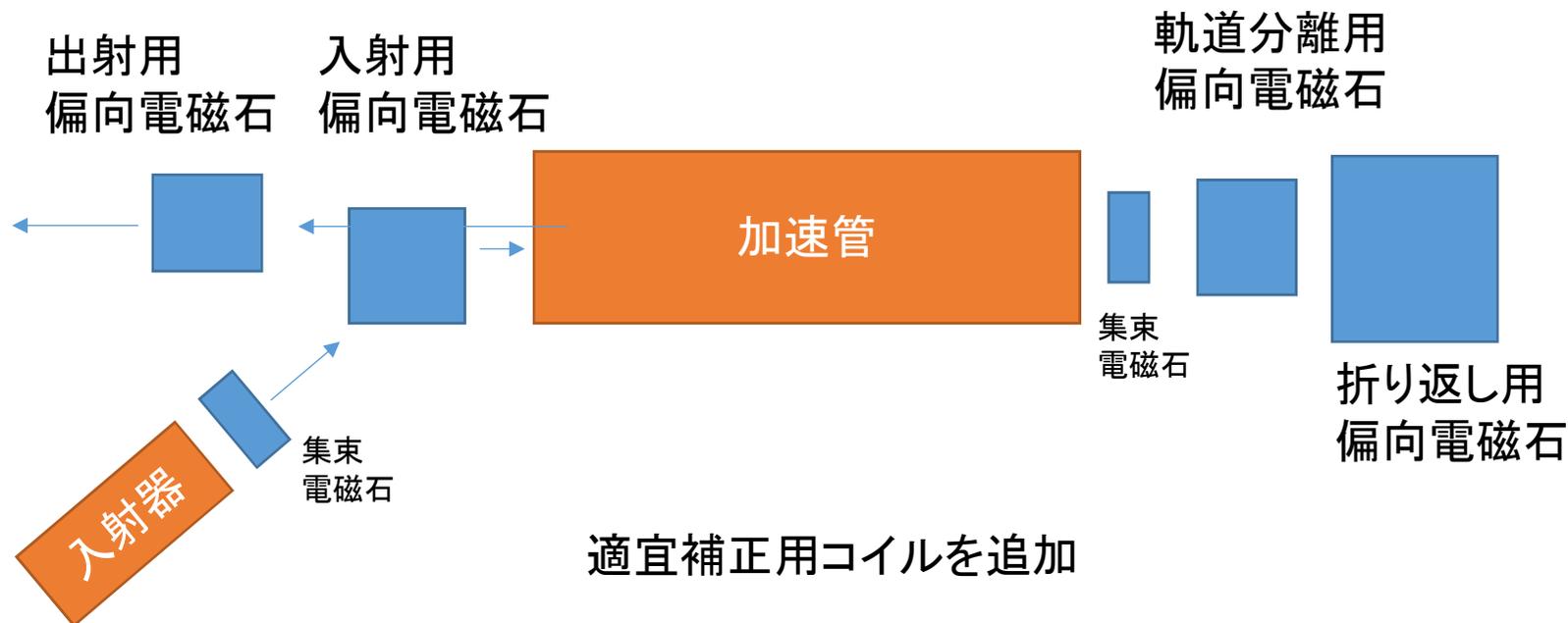


フォトカソード用レーザーシステム

環境安定性を重要視して、できる限り自由空間に出ないファイバーレーザーが最適。



ビーム輸送用電磁石



エネルギー増強法

同一加速管での加速回数を増やす

加速管の本数を増やす

マイクロ波源のパワーを上げる

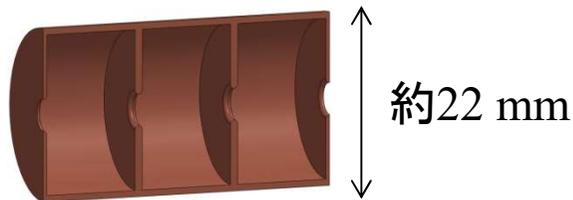
加速管を冷やす

よりQ値(シャントインピーダンス)の高い加速管を使う

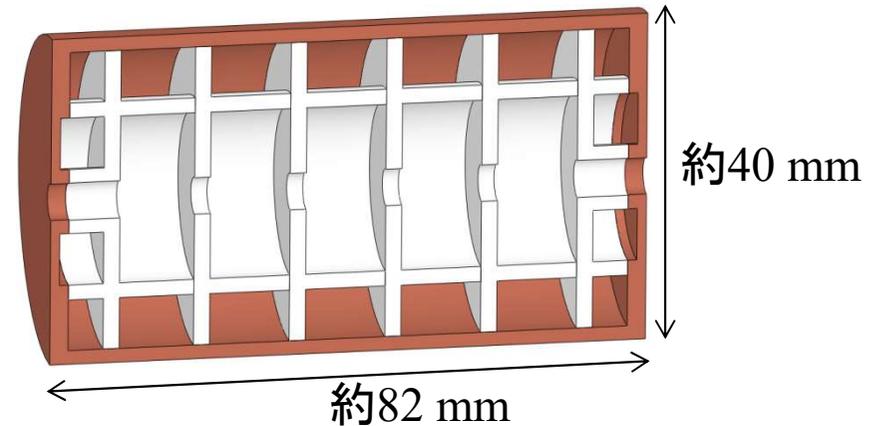
誘電体アシスト型(DAA)加速管

[下図: 銅製定在波型加速空洞]

一般に利用されている加速管



[下図: 5セルDAA空洞]



Parameter	X-band copper cavity		5 cell DAA Structure*
Accelerator type	standing wave type		standing wave type
Accelerating Mode	TM ₀₁ - π mode		TM ₀₂ - π mode
Operation Frequency	11.424 GHz		11.424 GHz
unloaded - Q	9,800	× 10 →	92,951 = 発熱量が1/10
Shunt impedance	183 MΩ/m	× 4 →	813 MΩ/m = 必要電力が1/4

RF : 6.5 kW → $E_{acc} = 5\text{MV/m}$, $E_{gain} = 250\text{keV}$

→ 非常に低電力であるため、同軸ケーブルによるRF伝送が可能。

まとめ

現状

これまでの電子加速器の研究で使った加速管(1本)・クライストロン(2 MW)・導波管等の部品があり、それらを用いた電子加速器システムを設計中

今後

第一段階として、電子加速本体部の組み上げと、電子入射部を開発し、1回加速で数MeVの電子ビーム発生を目指す。

第二段階では、電子ビーム折り返し機構を付けるとともに、加速ゲインを上げ、20 MeV以上の電子加速を目指す。