



J-PARC評価部会 2012.04.11

資料6
科学技術・学術審議会
大強度陽子加速器施設評価作業部会
(第3回)平成24年4月24日

物質生命科学実験施設 ミュオン科学実験施設(MUSE)の現状と将来 補足資料

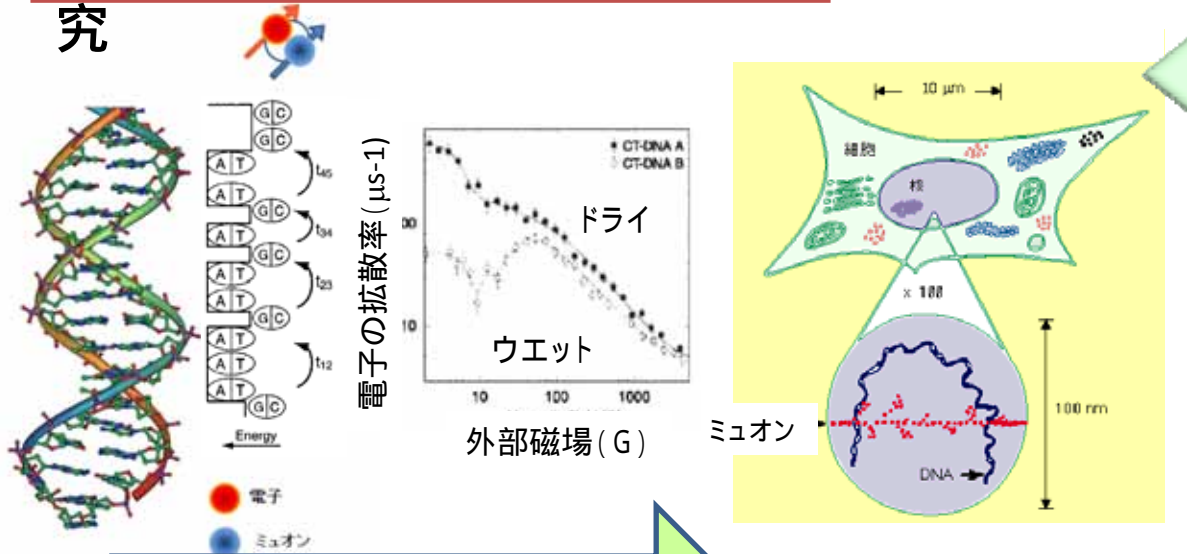
門野良典

将来計画:生命科学への展開

“*in vitro*”

...生命を構成する物質の機能をミクロな電子状態から見る

例: DNAにおける電子伝達の研究



高密度ミュオンマイクロビームによる
3Dイメージングと極微μSR
ミュオン電子ラベル法 500mgからngへ

- ・放射線ミュオンによるDNA鎖の二重損傷 生成と効果の直接観測
- ・細胞膜/細胞内イメージング

電子の1次元的運動を観測、生命の機能性の直接検証へ
塩基配列制御試料による構造と機能の関連の検証、DNAナノワイヤの機能など

DNAの自己修復機能に対する放射線効果の検証
高密度マイクロビームで、ミュオンがDNAの二重損傷を作り二重損傷の効果をミュオン自身が観測することにより、放射線効果の機構解明に挑みます。

DNAの自己修復機構であるストランド内の遠距離電子伝達をミュオンが探ることは従来の研究(例えば中図)で検証されています。高密度マイクロビーム化により、DNAの二重らせんに二重損傷(1本のストランドに同時に2つの損傷)を発生させ、低線量の場合との相違(電子伝達の変化)をミュオン自身で探ることができます。
従来のミュオンビームの密度では1本のストランドに2個のミュオンが止まる確率はほとんどゼロでした。他の手段(例えば陽子線)では、二重損傷は起こせても電子伝達を観測することは不可能です。

K. Nagamine et al., Physica B 289-290(2000)631,
E.Torikai et al., Hyp. Int. 138(2001)509

将来計画:生命科学への展開

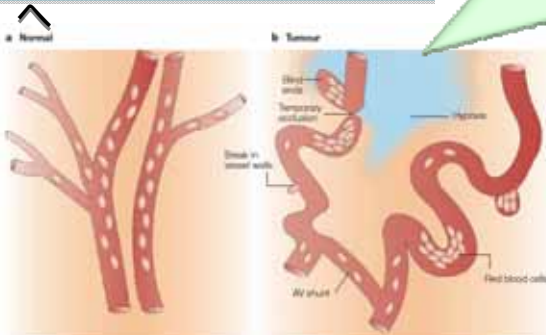
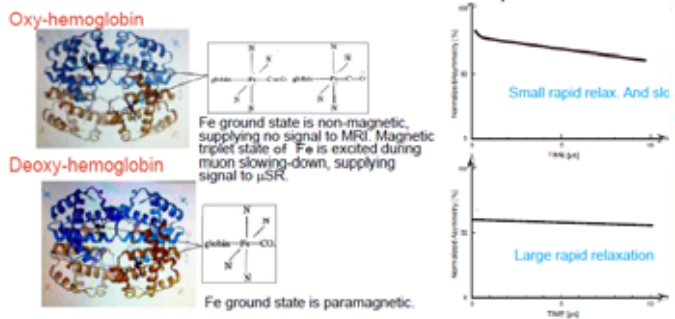
“in vivo”

...生体機能を正ミュオンスピンプローブによる微視的磁場の3次元イメージングで高感度に非破壊的に見る

例:ヘモグロビン磁性と脳機能、細胞の酸素分圧と癌診断

ミュオンは血液中のヘモグロビンのオキシとデオキシとを区別出来る。

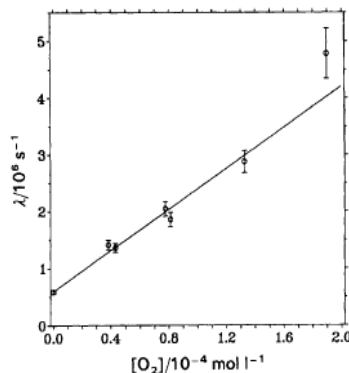
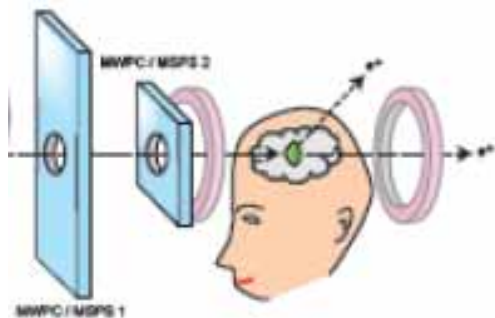
癌腫瘍につながる低酸素症の新診断法の開発



血液中の酸素濃度の分布と時間変化の測定による病理診断への応用:

低酸素が癌を始め多くの病気に関係していると言われております。指先など光の通る範囲での酸素測定は行われていますが、体内の特定部分の酸素濃度をイメージング可能にする方法はマイクロビームしかありません。

K. Nagamine et al., Physica 374B(2006) 441.; Proc. Japan Academy B83 (2007) 120.



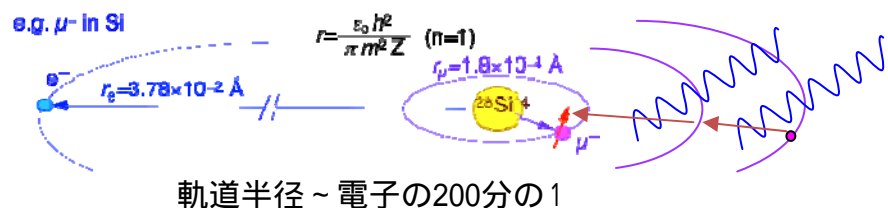
ヘモグロビン磁性を用いたミュオンイメージング法による脳機能測定: 癌細胞中では、血管中のオキシヘモグロビンからの酸素の供給が無く、酸素分子の濃度が減少します。水中の酸素濃度はミュオンのスピン緩和で観測することが出来、癌の高感度診断に繋がる情報が得られます。

MRIは強い磁場を必要とし、オキシに感度が無い。ミュオンは相補的。脳機能に繋がる情報が得られる。

将来計画:生命科学への展開

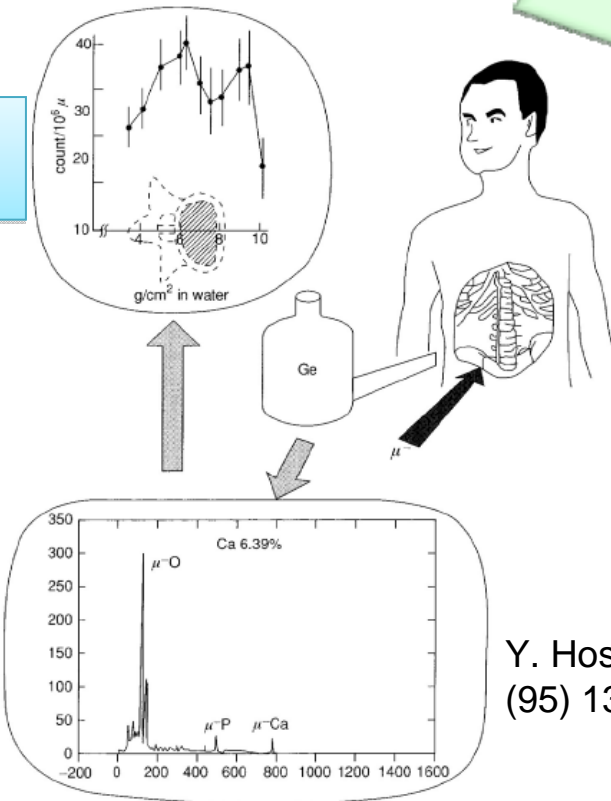
“in vivo” ...生体内の軽元素の分布を非破壊で見る

例: 負ミュオン特性X線による生物中のカルシウムの分布測定



負ミュオン特性X線は通常のX線の200倍のエネルギー！

負ミュオンの入射深さ(水):
0.1 mm ~ 10 cm
特性X線の透過力 (>50 keV):
> 10 cm



生命活動を担う軽元素の非破壊定量分析:

負ミュオンは、物質に照射されると原子核に捕獲されますが、その際に通常の特性X線の約200倍のエネルギーの特性X線を出します。これは、胸部X線撮影に使われるものと同程度のエネルギーで、人体程度の物質を容易に透過し、負ミュオンが捕獲された元素が何であることを知らせてくれます。

負ミュオンのビームサイズやエネルギーを変えて照射することで、生体内の軽元素の分布がわかります。これは、例えばカルシウム分布の測定による骨粗鬆症の研究などにも応用が期待されます。

Y. Hosoi et al., Br. J. Radiology, 68 (95) 1325.