

シンチレーション検出器

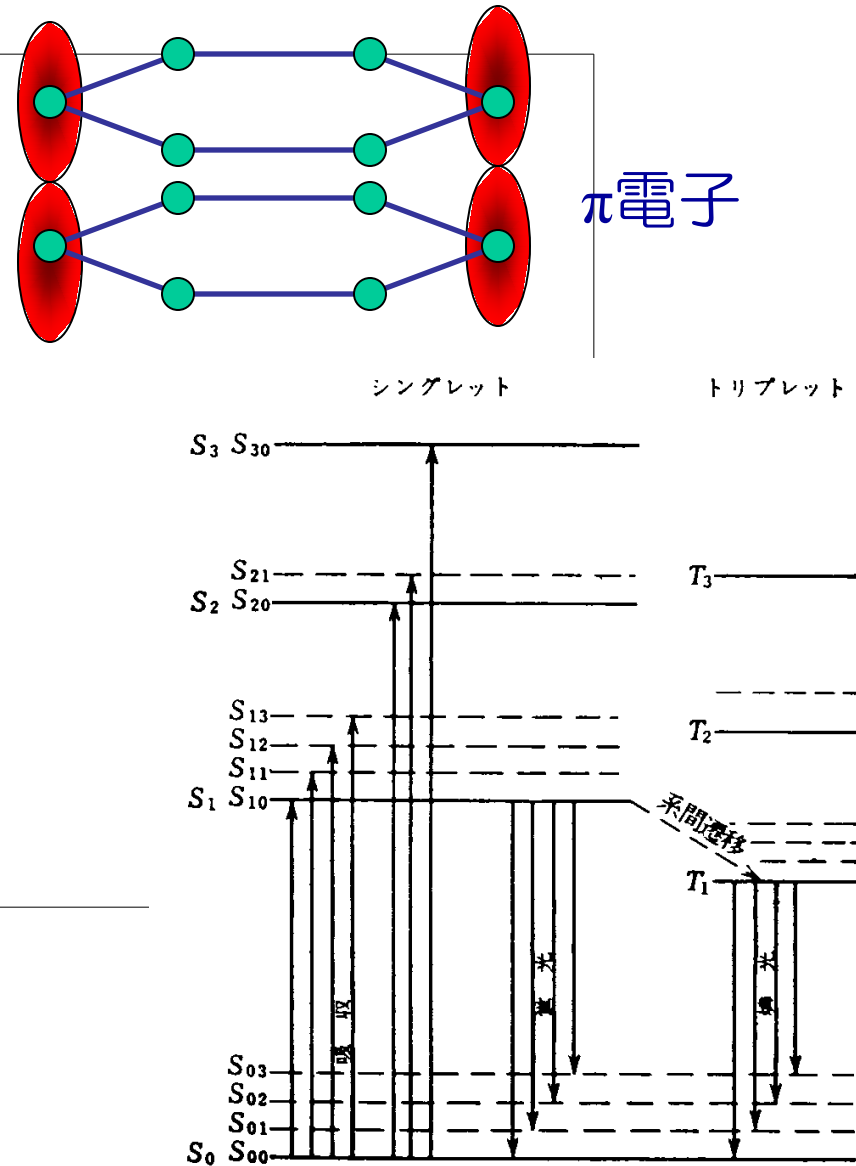
シンチレータ，光電子増倍管

シンチレーション

- 放射線のエネルギー付与による発光
- 光→電子への変換，増幅
 - 光電子増倍管，フォトダイオード
- 有機シンチレータ 荷電粒子，中性子
 - 有機物(プラスチック，液体に蛍光物質を混入)
- 無機シンチレータ γ 線
 - 希土類元素の結晶

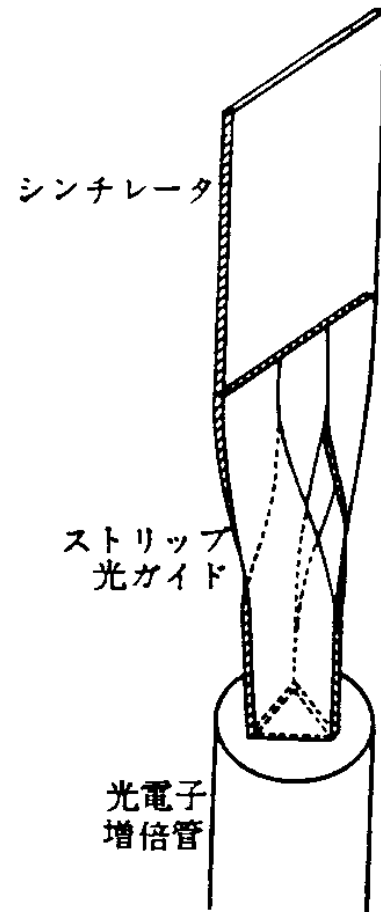
有機シンチレータ 1

- 発光が速い 数ns
- 励起エネルギー 数eV
- 材料密度 約 1gcm^{-3}
- 加工性 良い
- 付与エネルギーと発光量
 - ある範囲では比例性良い



有機シンチレータ 2

- 純粋有機結晶
 - アントラセン, スチルベン
- 有機液体シンチレータ
 - 大型化可能
 - 低エネルギー β 線放出核種の検出
 - 汚染検査
- プラスチックシンチレータ
 - 様々な形状にできる $\rightarrow$ ライトガイド使用
 - 薄膜シンチレータ

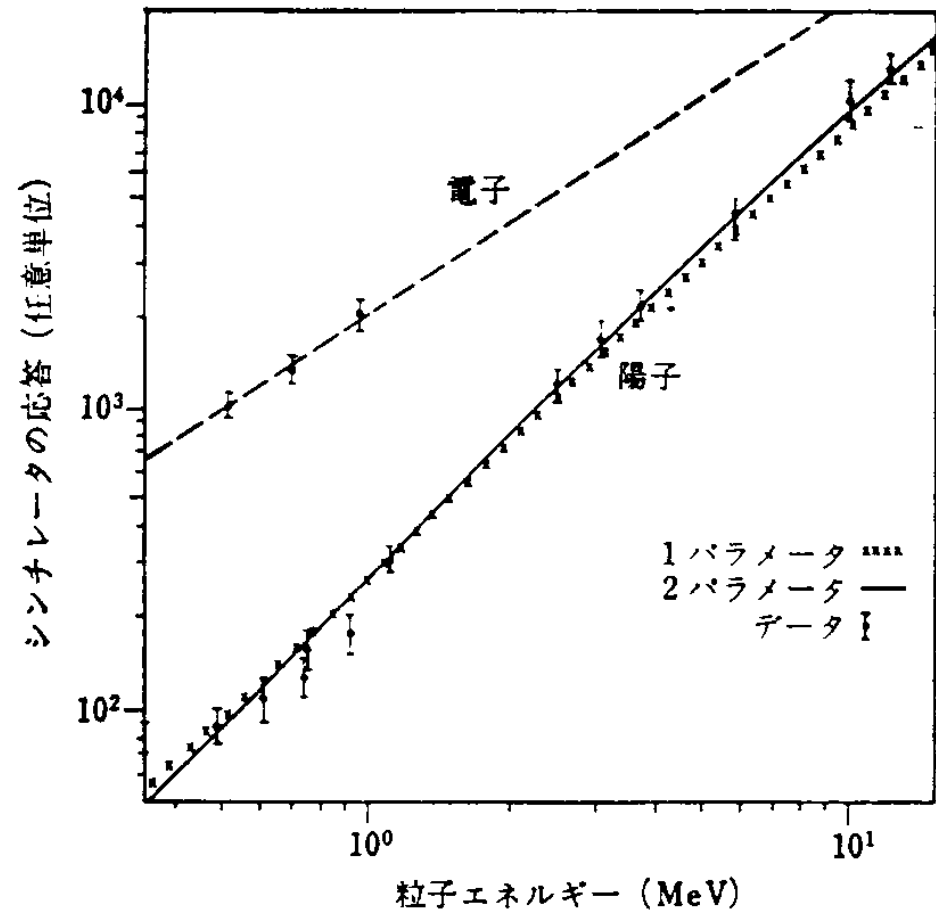


有機シンチレータのエネルギー応答 バルクに対して

- 荷電粒子に対する応答
 - 電子 > p, α粒子

$$\frac{dL}{dx} = S \frac{\frac{dE}{dx}}{1 + kB \frac{dE}{dx}}$$

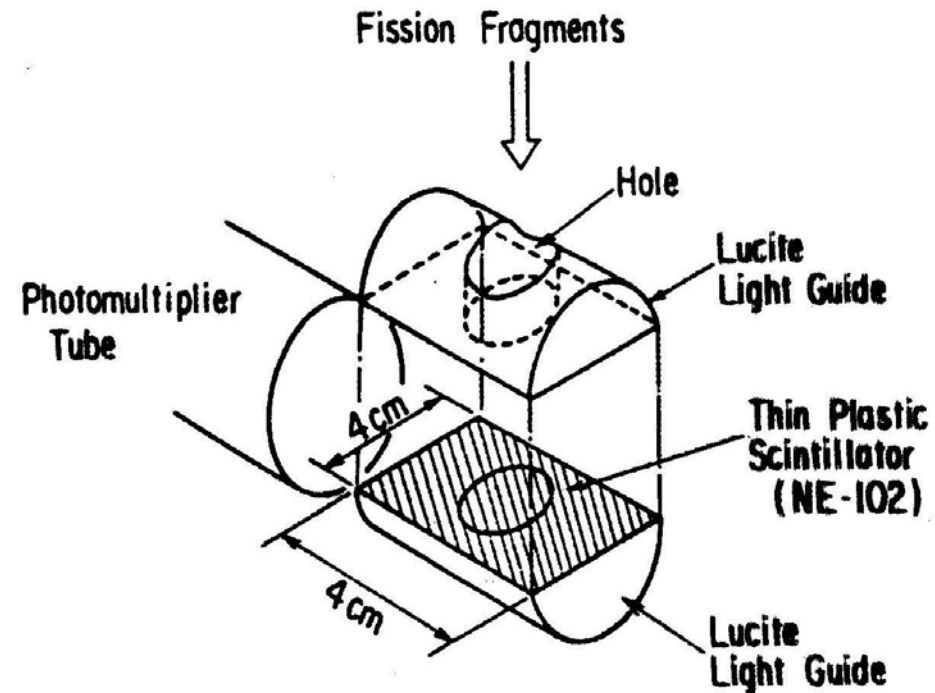
$$kB = \frac{(dL/dx)_e}{(dL/dx)_\alpha}$$



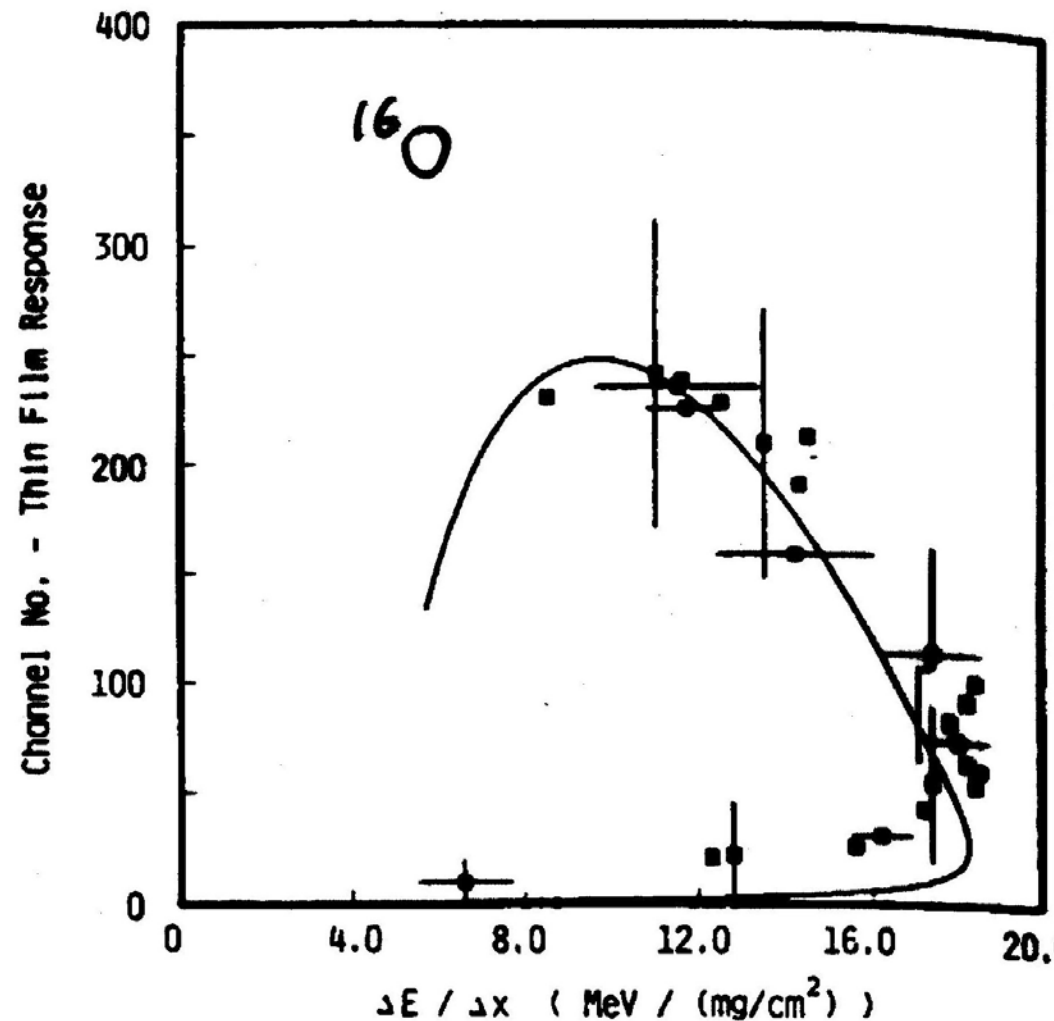
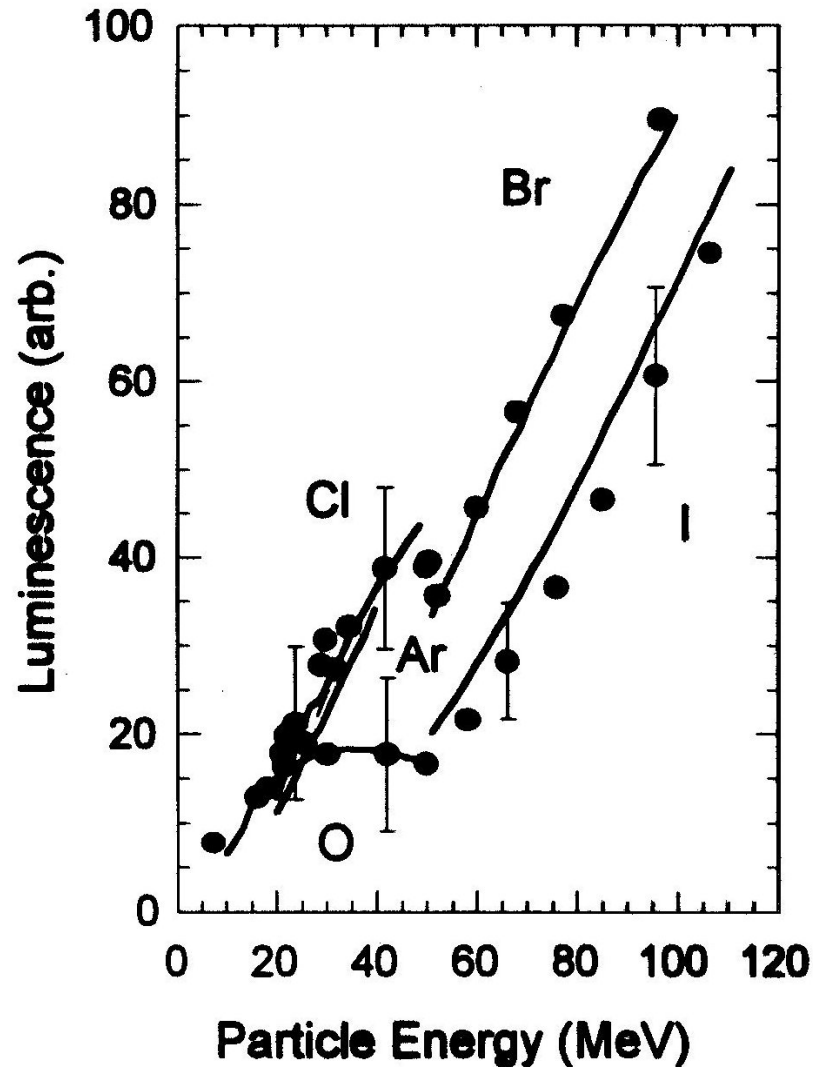
有機シンチレータのエネルギー応答

薄膜に対して

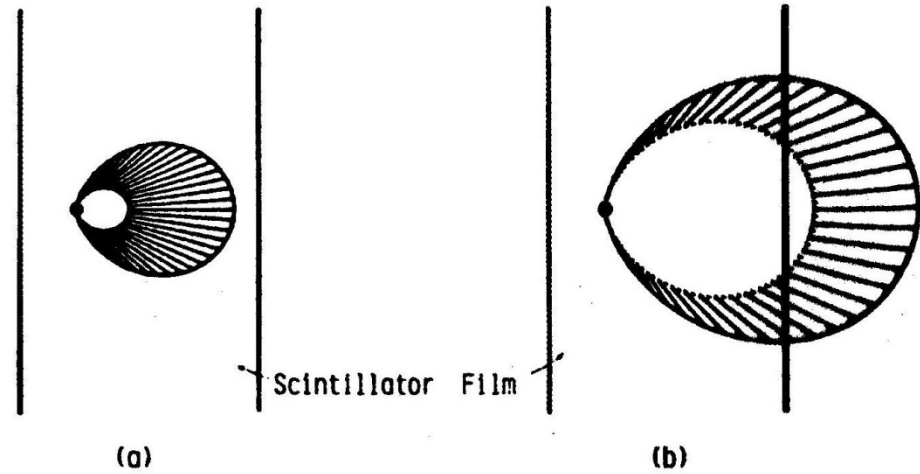
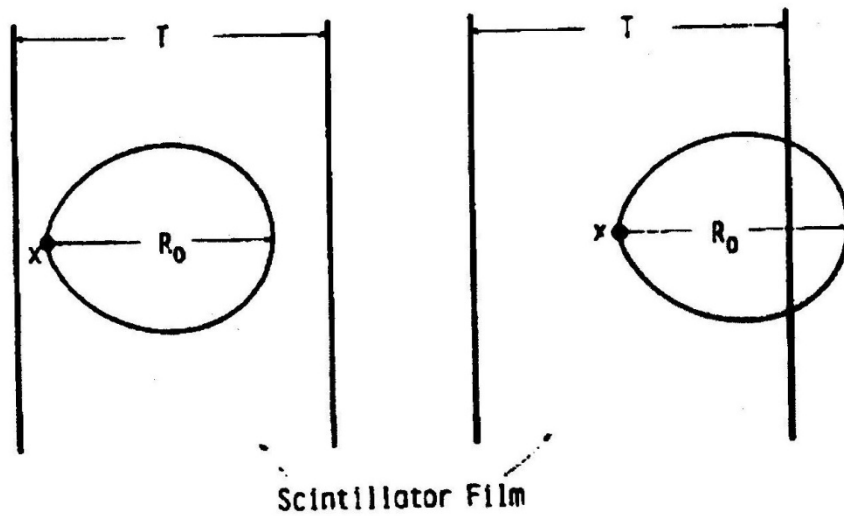
- 薄膜シンチレーション検出器
 - プラスチックシンチレータ膜
 - 厚さ $< 1\mu\text{m}$
 - 重イオン用タイミング検出器



薄膜シンチレーション検出器の エネルギー応答

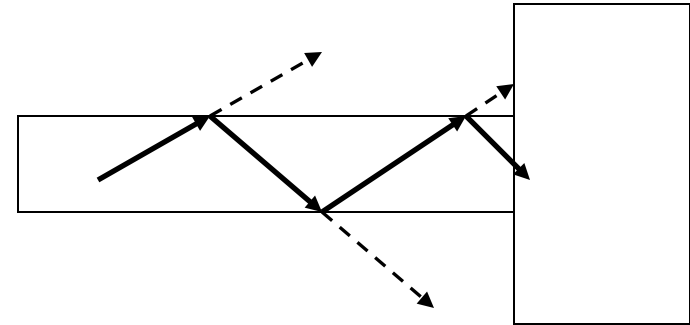


有機シンチレータにおける 発光のモデル



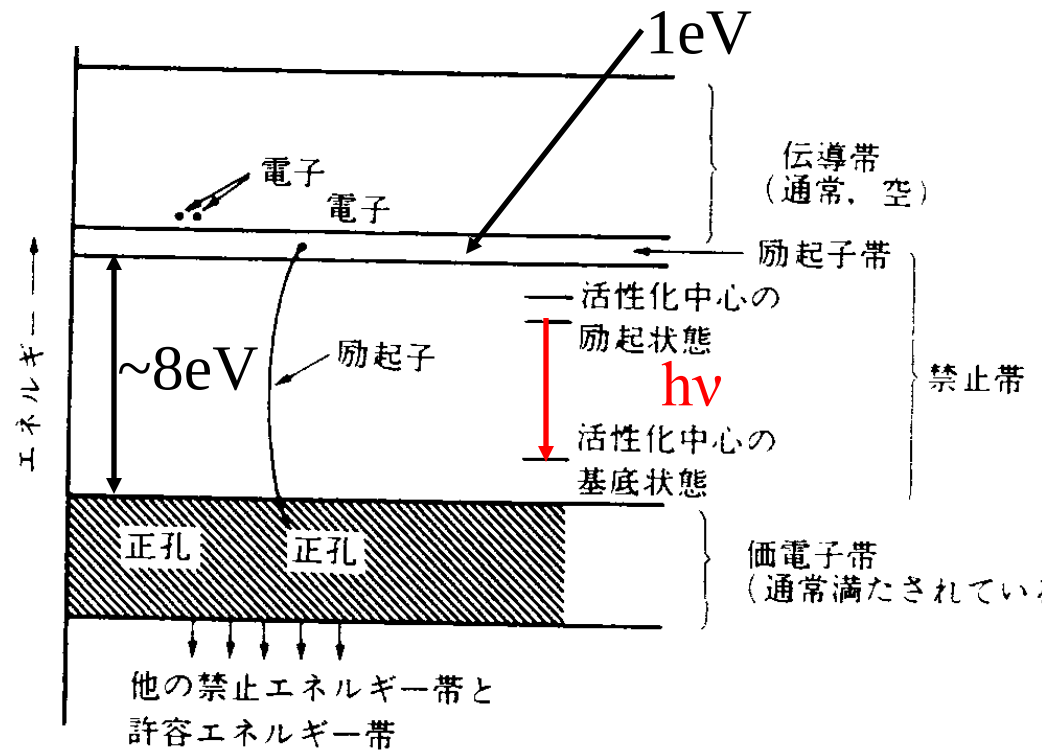
Quiz 7 光の減衰

- プラスチックと真空との境界で一度散乱されると光は99.9%に減衰するものとする。発光点から光電子増倍管までの距離が5mm，膜厚が $1\mu\text{m}$ ，光の放出角度が30度の場合の光の減衰を評価せよ。



無機シンチレータ 1

- 時間応答
 - 遅い $1\mu\text{s}$
- エネルギー比例性
 - 良い
- 励起エネルギー
 - 20eV 程度
- 材料
 - 密度, 原子番号 高い
- 加工性
 - しばしば困難 潮解性



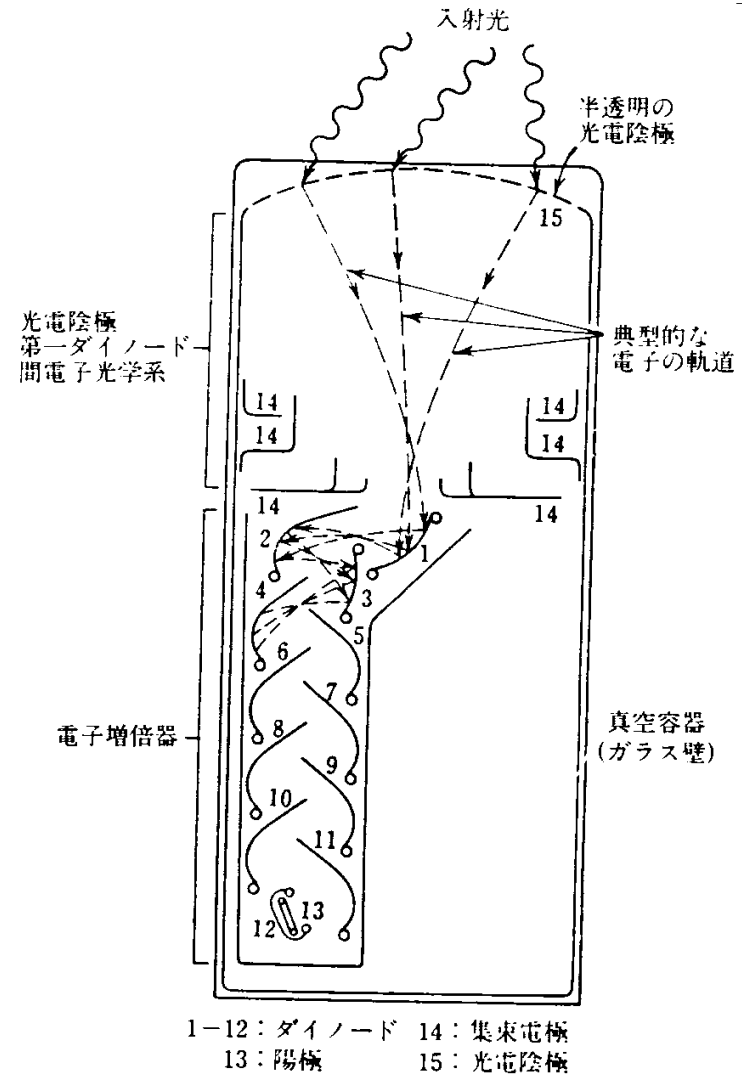
無機シンチレータ 2

表 8.3 よく用いられる無機シンチレータの特性

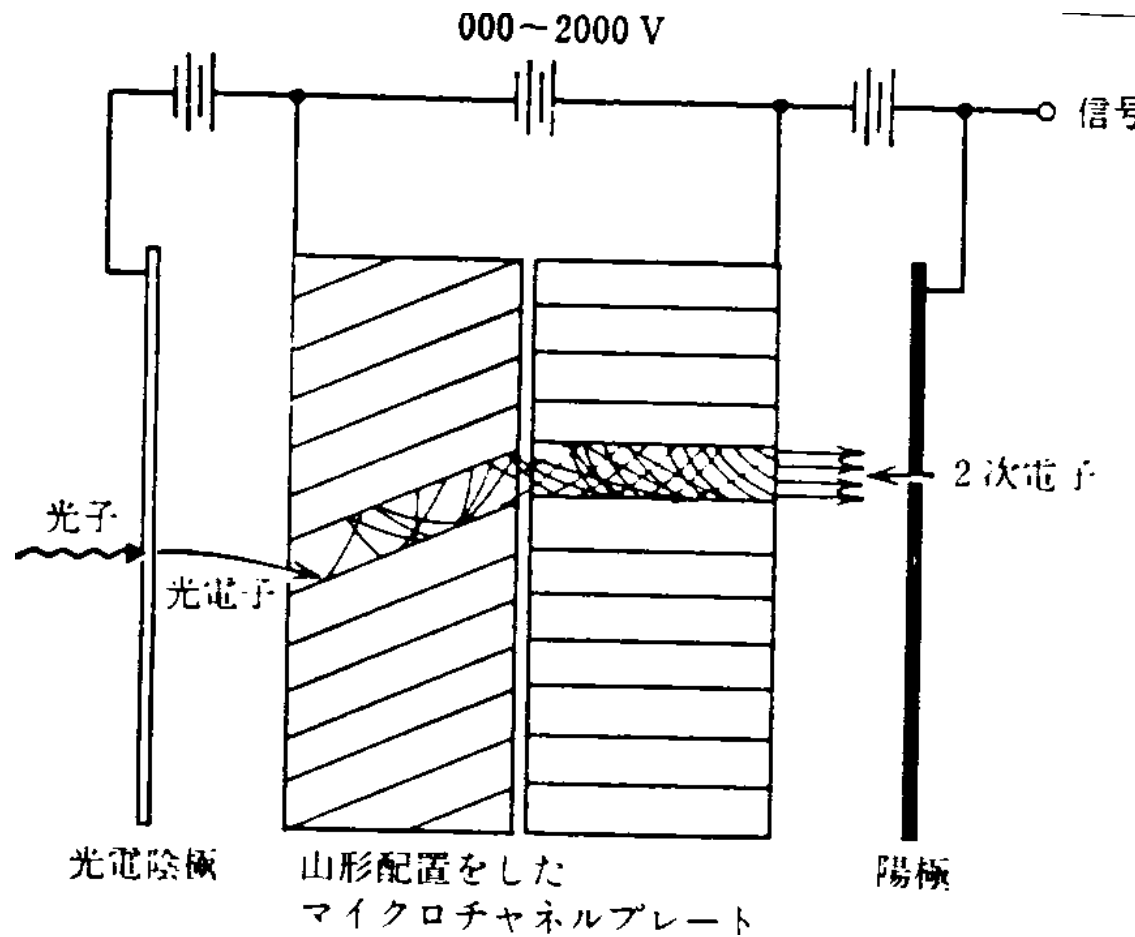
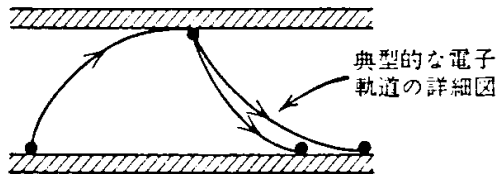
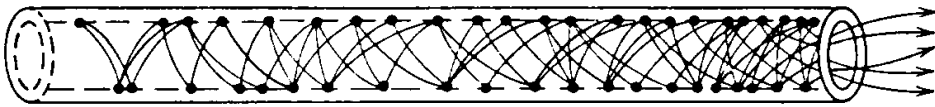
物質	比重	最大放出波長 $\lambda_{\max}$ (nm)	$\lambda_{\max}$ での屈折率	減衰定数 (μs)	立ち上がり時間 (10-90%) (μs)	全光収率 (光子/MeV)	高速電子に対する絶対シンチレーション効率	バイアルカリ光電子増倍管による相対的ガンマ線パルス波高
NaI(Tl)	3.67	415	1.85	0.23	0.5	38000	11.3%	1.00
CsI(Tl)	4.51	540	1.80	1.0	4	52000	11.9	0.49
CsI(Na)	4.51	420	1.84	0.63	4	39000	11.4	1.11
LiI(Eu)	4.08	470	1.96	1.4	—	11000	2.8	0.23
BGO	7.13	505	2.15	0.30	0.8	8200	2.1	0.13
BaF ₂ slow component	4.89	310	1.49	0.62	3	10000	4.5	0.13
BaF ₂ fast component	4.89	220	—	0.0006	—	—	—	0.03 ^a
ZnS(Ag) (polycrystalline)	4.09	450	2.36	0.2	—	—	—	1.30 ^b
CaF ₂ (Eu)	3.19	435	1.44	0.9	4	24000	6.7	0.78
CsF	4.11	390	1.48	0.004	—	—	—	0.05
Li glass ^c	2.5	395	1.55	0.075	—	—	1.5	0.10
比較のため典型的なプラスチックシンチレータの値を示す.								
NE 102 A	1.03	423	1.58	0.002		10000	3.0	0.25

光電子増倍管

- 光→電子変換→増倍
- ダイノード間隔
12mm, 電位差150V
の場合, 電子の走行
時間は?



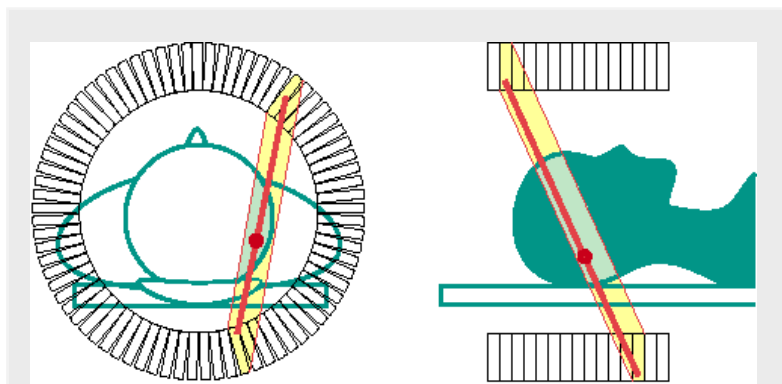
マイクロチャンネルプレート



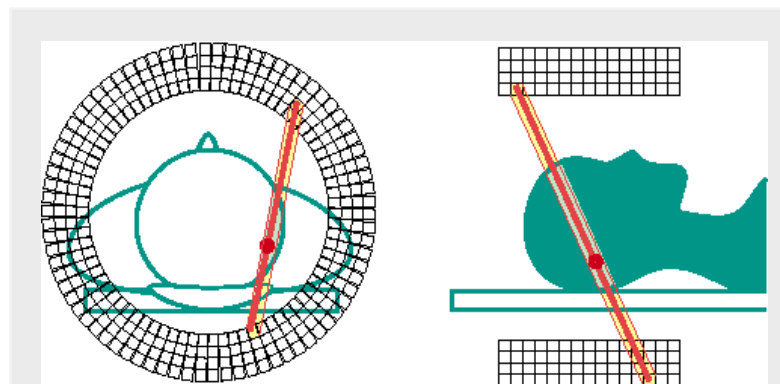
シンチレータの応用例

放射線医学総合研究所の好意による

- PET

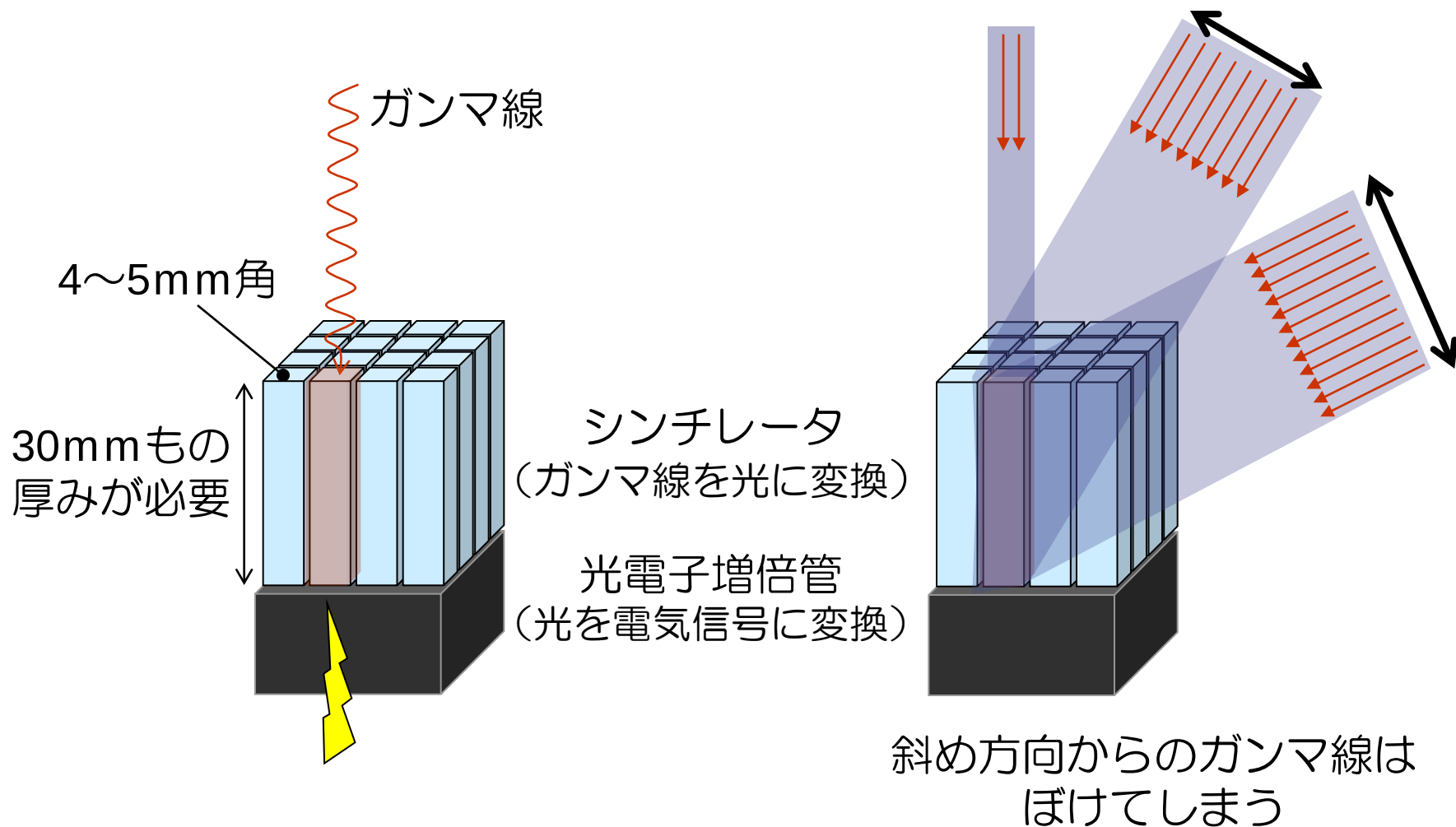


従来のPET
感度と解像度の両立不可

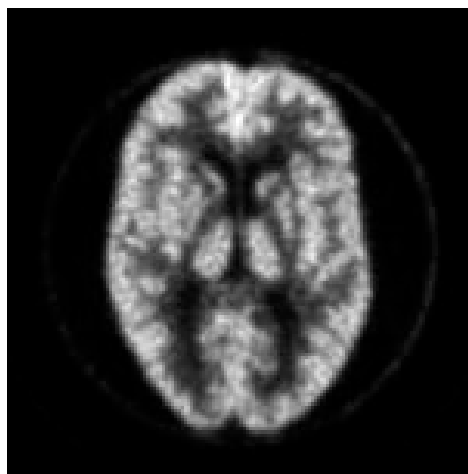
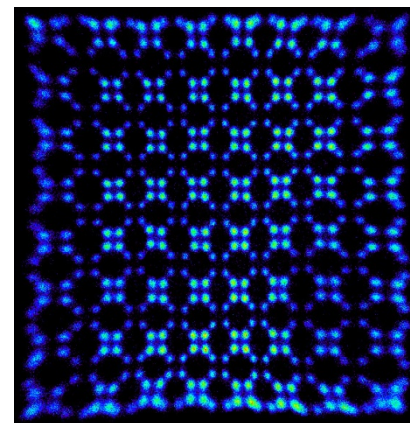
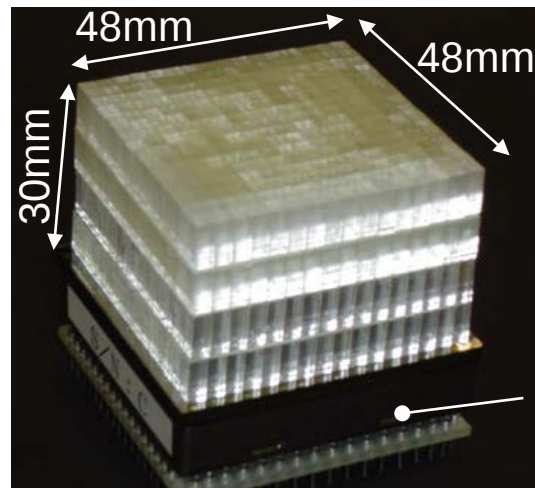
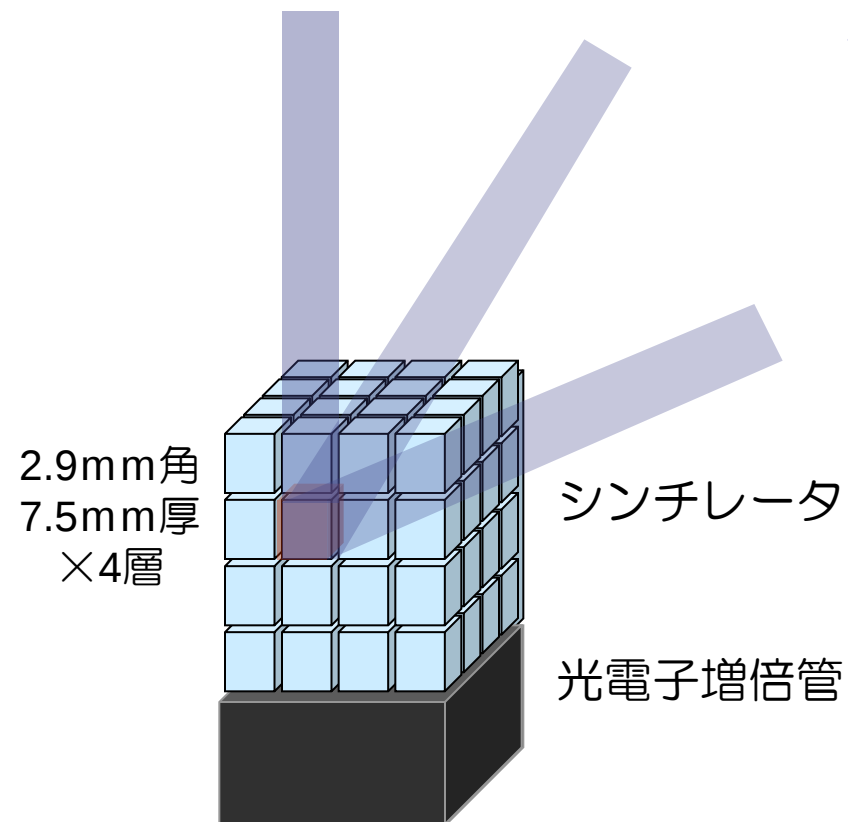


DOI-PET
高感度かつ高解像度の実現へ

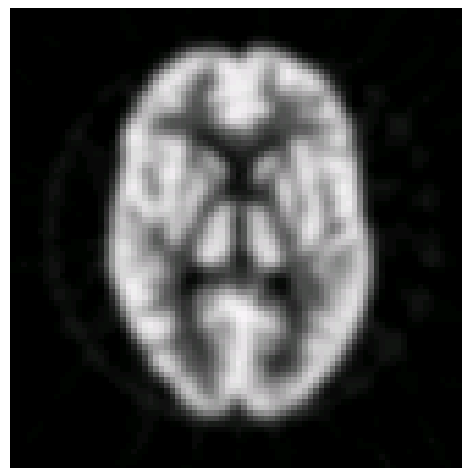
従来のガンマ線検出器



画像



jPET-D4試作機



従来装置

液体シンチレータ

- 溶媒中に発光する溶質を溶かす.
- 測定試料を溶媒に漬ける・溶かす.
- 低エネルギー β 線測定に有効.
- 微少な光の測定→同時計数回路の利用
 - 熱電子を減少させるため、光電子増倍管の冷却

同時，非同時計数回路

