

第一種放射線取扱主任者講習



慶應義塾大学理工学部実験教育支援センター
小向康夫

発表の概要

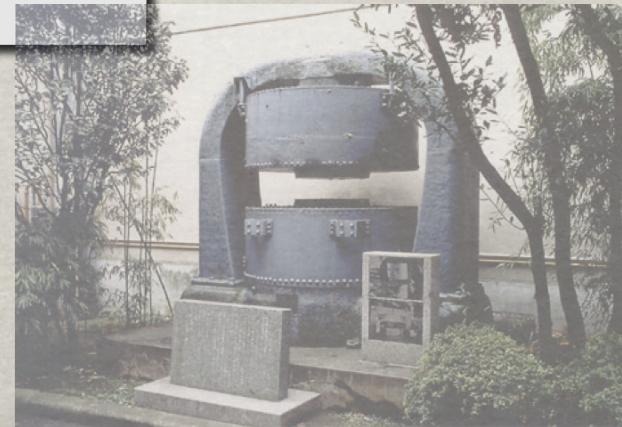
背景

放射線取扱主任者とは

放射能の発見・特徴・応用例

放射線取扱主任者講習

まとめ



背景

放射線取扱主任者とは
放射能の発見・特徴・応用例
放射線取扱主任者講習
まとめ



何故、放射線取扱主任者の資格取得？

2003年 物理学科学生実験室兼務

「物理学実験第一」 → 「結晶によるX線回折」

(以前は放射性同位元素を扱う実験も行っていた)

「エックス線作業主任者」 + 物理的興味 = 「放射線取扱主任者」

2004年8月 第2種放射線取扱主任者試験を受ける（密封線源）

2004年10月 技術士「原子力・放射線」部門1次試験

2005年7月 第2種放射線取扱主任者免状取得（茨城県原子力安全センター）

2005年8月 第1種放射線取扱主任者試験を受ける

2006年7月 第1種放射線取扱主任者免状取得（日本アイソトープ協会）

背景

放射線取扱主任者とは

放射能の発見・特徴・応用例

放射線取扱主任者講習

まとめ



放射線取扱主任者とは？

放射線取扱主任者とは、**放射線障害防止法**に基づき、放射性同位元素あるいは放射線発生装置を取扱う場合に、**放射線障害の防止について監督を行う者**です。

放射線及び放射性同位元素の利用はがんの治療、医療用具の滅菌、工業製品の透過検査、厚さの測定、物質の定性・定量、あるいはトレーサ実験等々多岐にわたっています。しかし、**放射性同位元素及び放射線発生装置は、その取扱いによっては、放射線障害を発生する恐れがあります。**そこで、放射性同位元素等の取扱に際しては、**放射線業務従事者や一般公衆等に対して**このような放射線障害が起らないようにするために、事業所又は法人ごとに**放射線取扱主任者**を選任し、監督を行わせることなどが法律で規定されています。



放射線障害防止法

放射線取扱主任者とは？

- ・資格の区分

区分	放射線取扱主任者に選任できる者		
	第一種	第二種	第三種
・特定許可使用者、密封されていない放射性同位元素の使用をする許可使用者 ・許可廃棄業者	<input type="radio"/>		
・上欄に掲げる許可使用者以外の許可使用者	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
・届出使用者 ・届出販売業者 ・届出賃貸業者	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

- ・試験は「物理・化学・生物・物化生・管理測定・法令」の6科目

「合格者は、試験課目ごとの得点が5割以上であり、

かつ、全試験課目の合計得点が6割以上である者とする。」

- ・主任者となるためには試験合格後、**主任者講習**を受ける必要がある
- ・**主任者講習**でも試験がある

背景

放射線取扱主任者とは

放射能の発見・特徴・応用例

放射線取扱主任者講習

まとめ



放射線発見の歴史

1895年 X線の発見（レントゲン）

1896年 ウランの放射能発見（ベクレル）

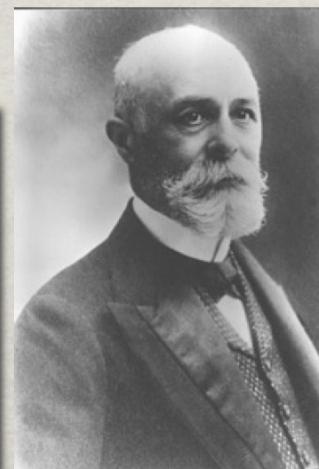
1898年 放射線元素ラジウム²²⁶Ra、ポロニウム²¹⁰Poの発見（キュリー）



レントゲン夫人の手



レントゲン



ベクレル



マリ・キュリー



ピエール・キュリー



放射線発見と同時に放射線障害の歴史が始まる

放射能

- ・放射能とは

放射性核種が自発的に放射線を出して別の核種に変わる性質
(性質を有するものを放射性物質という)

- ・放射性物質を原子（核）レベルで表現するときには、放射性同位体またはラジオアイソトープRI (radioisotope)という
- ・アイソトープ：原子番号が同じで質量数（中性子数）が異なる
- ・放射線もれ・放射能もれ

放射線もれ → 遮蔽が不十分

放射能もれ → 放射性物質そのものが・・・ (+放射線もれ)

- ・放射性壊変：自発的に放射線を出して別の核種に変わる

1秒間当たりに壊変する原子の数が放射能の強さ

α 壊変 (Heの原子核)

β^- 壊変 : $n \rightarrow p + \beta^- + \bar{\nu}$

β^+ 壊変 : $p \rightarrow n + \beta^+ + \nu$

EC壊変 : $p + e^- \rightarrow n + \nu$

) 競合過程 特性X線、オージェ電子

γ 線の放出：励起状態の原子核→基底状態 原子核内から放出される電磁波
(核異性体)

放射線の種類

α 線： α 壊変により原子核内からヘリウムの原子核

β 線：（ β^- と β^+ ）電子e⁻と陽電子e⁺

γ 線：原子核内のエネルギー準位に基づき放出される電磁波+陽電子の消滅生成線

X線：特性X線（原子核外の軌道電子が高エネルギー準位→低エネルギー準位）

制動X線（電子が原子核の影響を受けて進行方向を変えるとき）

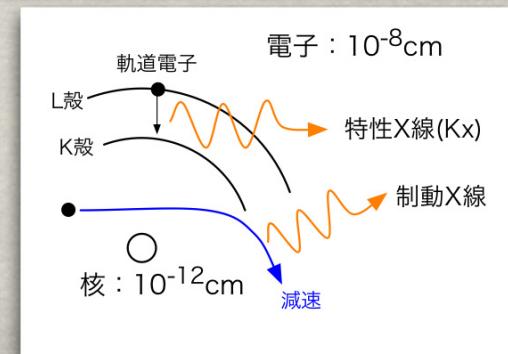
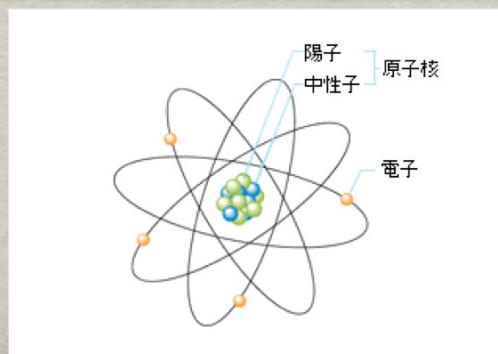
中性子線：（熱中性子は0.025eV原子核に取り込まれやすい）

重粒子線：（炭素など）→医療

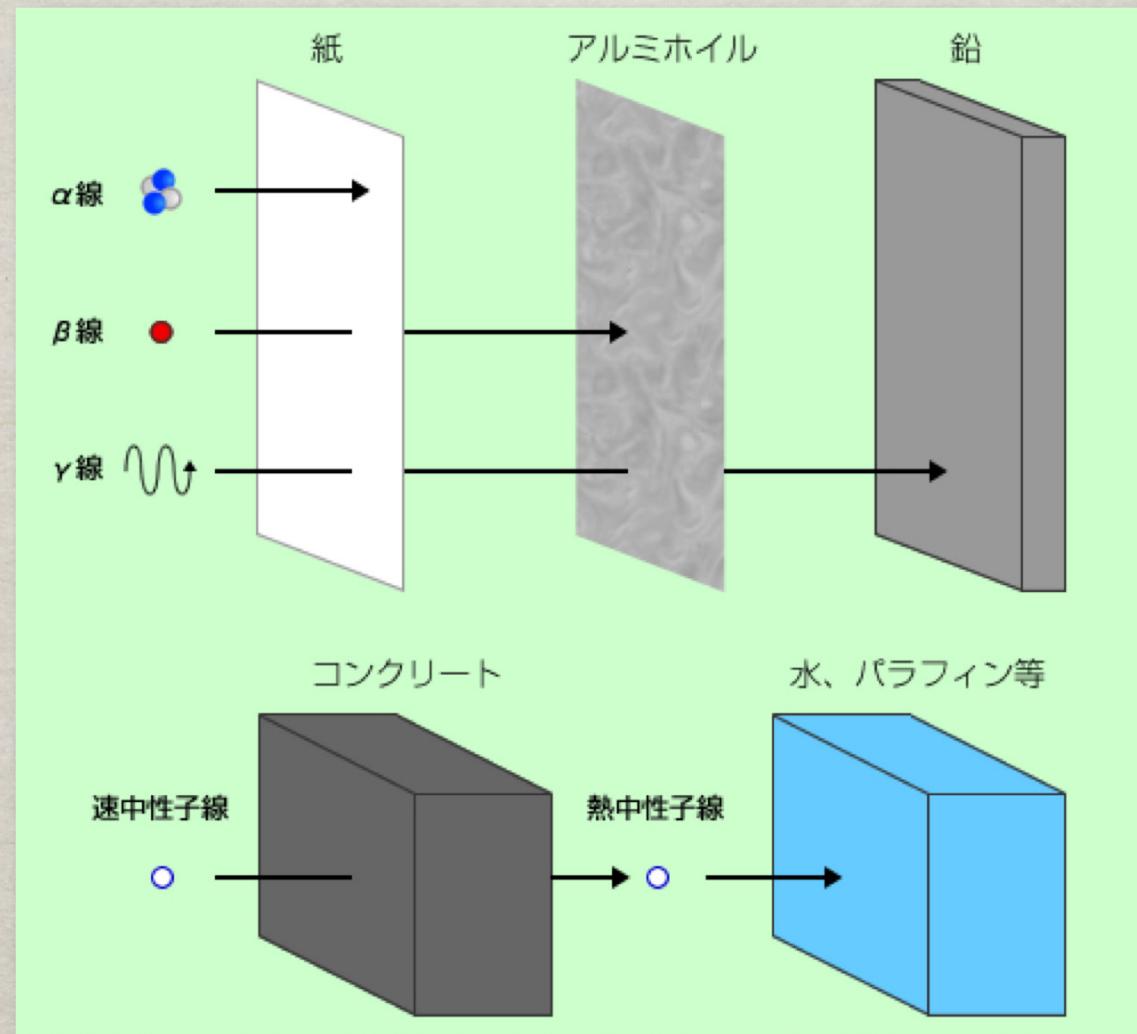
自然放射線と人工放射線

<放射線障害防止法による放射線の定義>

電磁波または粒子線のうち、直接又は間接に空気を電離する能力をもつもので・・・（ α 線、重粒子線、陽子線、その他重荷電粒子線、 β 線、中性子線、 γ 線、特性X線*、1MeV以上のエネルギーを有する電子線及びX線）



放射線の透過能力

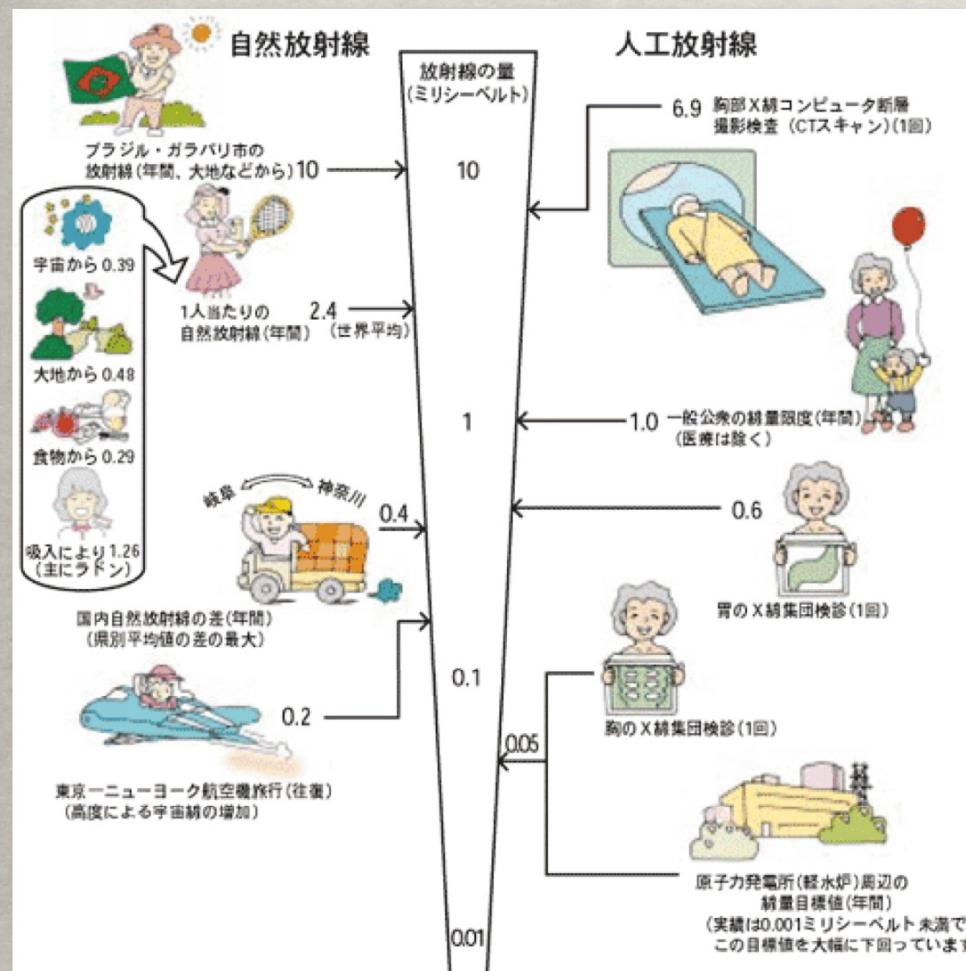


放射線総合医学研究所HPより

放射線に関する量と単位

- ・エネルギーの単位[eV]
- ・照射線量 [C/kg]：光子が空気を電離→2次電子が空気1kg当たりに作るイオン対の正または負の総電気量（クーロン）
- ・吸収線量 [Gy] = [J/kg] 放射線のエネルギーがどれくらい物質に吸収されたか
→ 確定的影響
- ・カーマ：電荷を持たない放射線（中性子、X、 γ ）の電離作用によって作られる荷電粒子の運動エネルギーの合計
- ・等価線量 [Sv] 人体への影響はどれくらいか
放射線荷重係数（放射線の種類・エネルギー）×組織・臓器の平均吸収線量 [Gy]
- ・実効線量 [Sv] 臓器の感受性の違いを考慮
 Σ (等価線量 [Sv] × 組織荷重係数) → 確率的影响を評価
- ・線量率 [Gy/h]
- ・放射能の単位：ベクレル [Bq] = 1秒間の壊変数 [dps]
 $1[\text{Ci}] = 3.7 \times 10^{10} [\text{s}^{-1}] = 3.7 \times 10^{10} [\text{Bq}]$

自然放射線による被曝



中部電力HPより

宇宙線から : 0.39mSv / 年 → 飛行機

大地から : 0.48mSv / 年

→ 土壤、岩石に含まれるウラン、トリウム、カリウム

インドのケララ地方、イランのラムサール市、
ブラジルのガラパリ市は世界平均の10倍以上

食物から : 0.29mSv / 年

炭素14とカリウム40

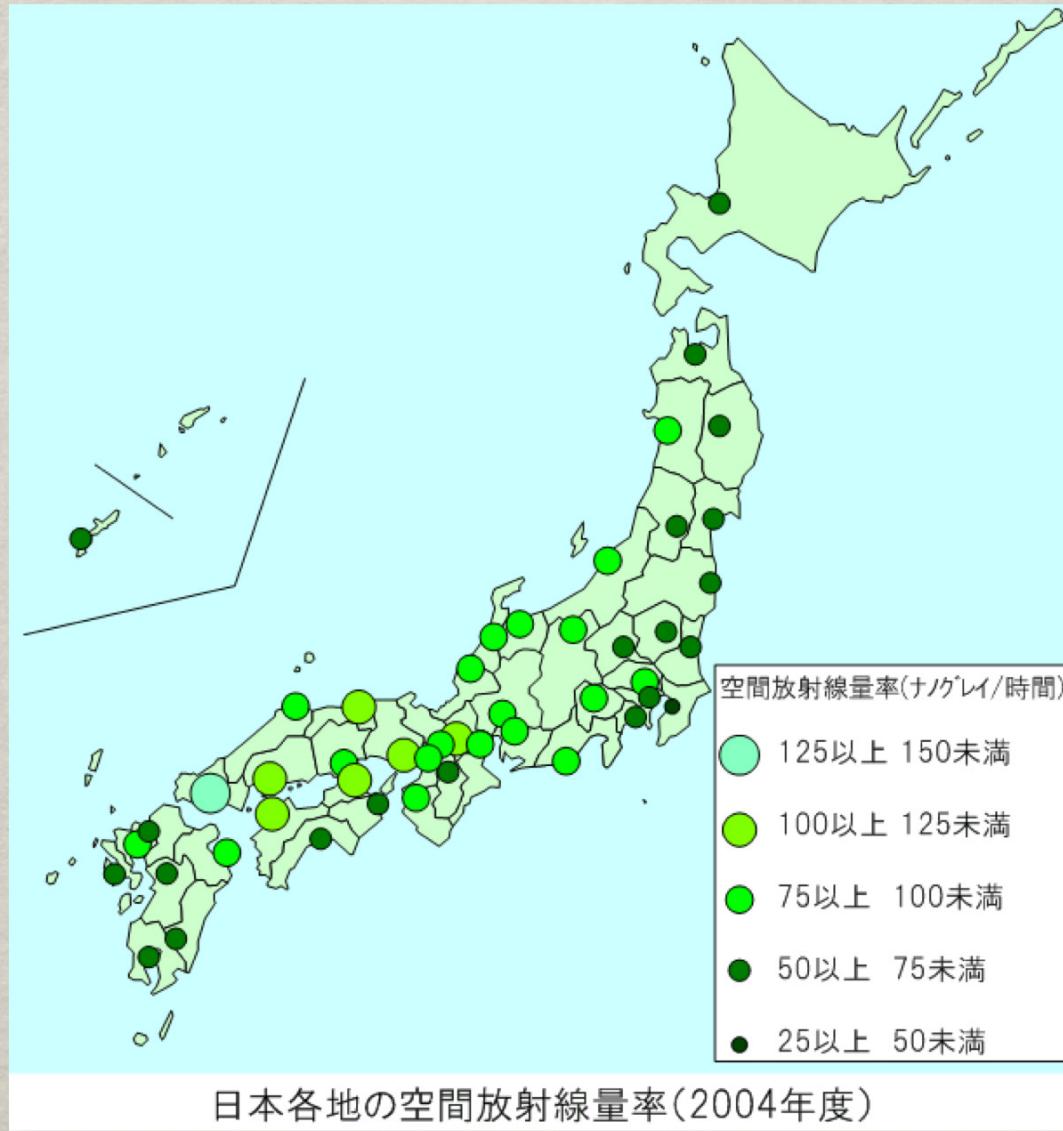
空気中のラドンなどから : 1.26mSv / 年

年間約2.4mSv

+

人工放射線

地域による違い



文部科学省HPより

放射線の測定器

個人線量計



ポケット線量計



ルクセルバッヂ



電離箱式サーベイメーター (β, γ)

作業環境の放射線測定器



NaI(Tl)サーベイメーター (γ)



中性子サーベイメータ



ハンドフットクロスモニタ



GM管式サーベイメーター (β, γ)



Ge半導体検出器

放射線障害の分類

放射 線 影 響	身体的影響	急性影響	皮膚の紅斑 脱毛 白血球減少 不妊	確定的影響
		晚発影響	白内障 胎児の影響	
			白血病 ガン	確率的影響
	遺伝的影響		代謝異常 軟骨異常	

放射線防護の原則

安全取扱の3原則（3C）

- ①Contain：閉じこめる。広がらないようにする
- ②Confine：効果的に利用、必要最小限
- ③Control：適切に管理

外部被爆防護の三原則

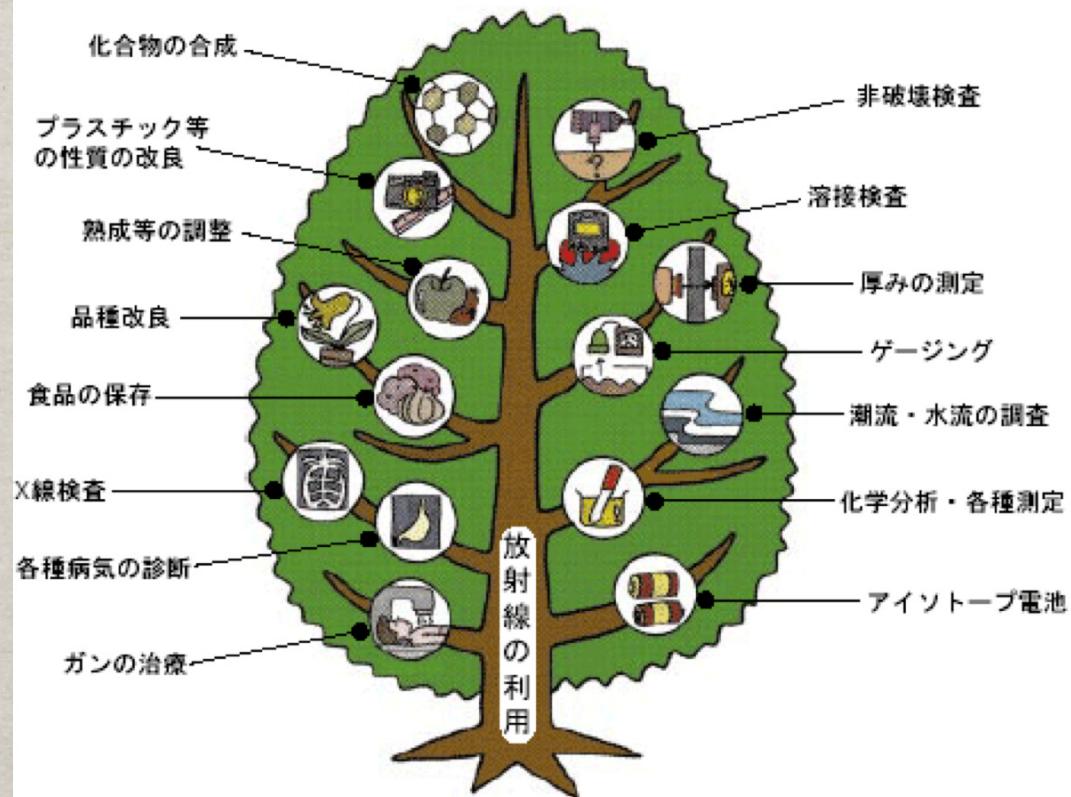
- ①距離
- ②時間
- ③遮蔽

内部被爆防護の5原則—3D・2Cの原則—

- ①Dilute：希釈する
- ②Disperse：分散する
- ③Decontaminate：除去する
- ④Contain：閉じこめる
- ⑤Concentrate：集中する

放射線の利用

放射線のいろいろな利用



出典：日本原子力文化振興財団「放射線のはなし」

放射線の利用

医学利用

X線診断（X線撮影、X線透視検査、X線CT）

核医学的診断(PET : Positron Emission Tomography) トレーサー照射（がん治療）

放射線滅菌

農業利用

品種改良

食品照射（発芽を防止）

害虫駆除

トレーサー

工業利用

厚さ計・レベル計・密度計

中性子水分計

非破壊検査装置（ラジオグラフィ）

放射線照射

煙感知器

$$I = I_0 \cdot e^{-\mu x}$$

I/I_0 を測定

μ ：線吸収係数

① μ がわかれれば厚さ x がわかる

② x がわかれれば μ がわかる

非破壊検査： μ の分布を調べる

背景

放射線取扱主任者とは
放射能の発見・特徴・応用例
放射線取扱主任者講習

まとめ



放射線取扱主任者講習とは？

国際免除レベル法令への取り入れの基本的考え方について
文部科学省 科学技術・学術政策局

第3章 国際免除レベル取り入れに関連する事項

1. 放射線取扱主任者制度

- (1) 現状
- (2) 国際免除レベル取り入れに伴う新たな放射線取扱主任者の選任のあり方
- (3) 医療機関における放射線取扱主任者の選任の取扱い
- (4) 新たな放射線取扱主任者制度の概要
- (5) 放射線取扱主任者の技術的能力の維持・向上



「放射線取扱主任者免状は、法令に基づく国家試験に合格し、講習を受講した者に交付され、・・・」



第267回 第一種放射線取扱主任者講習

日時：2006年7月10日（月）～14日（金）

場所：日本アイソトープ協会

日本アイソトープ協会



サイクロトロンのイオン加速箱



朝永振一郎



仁科芳雄

駒込の理化学研究所

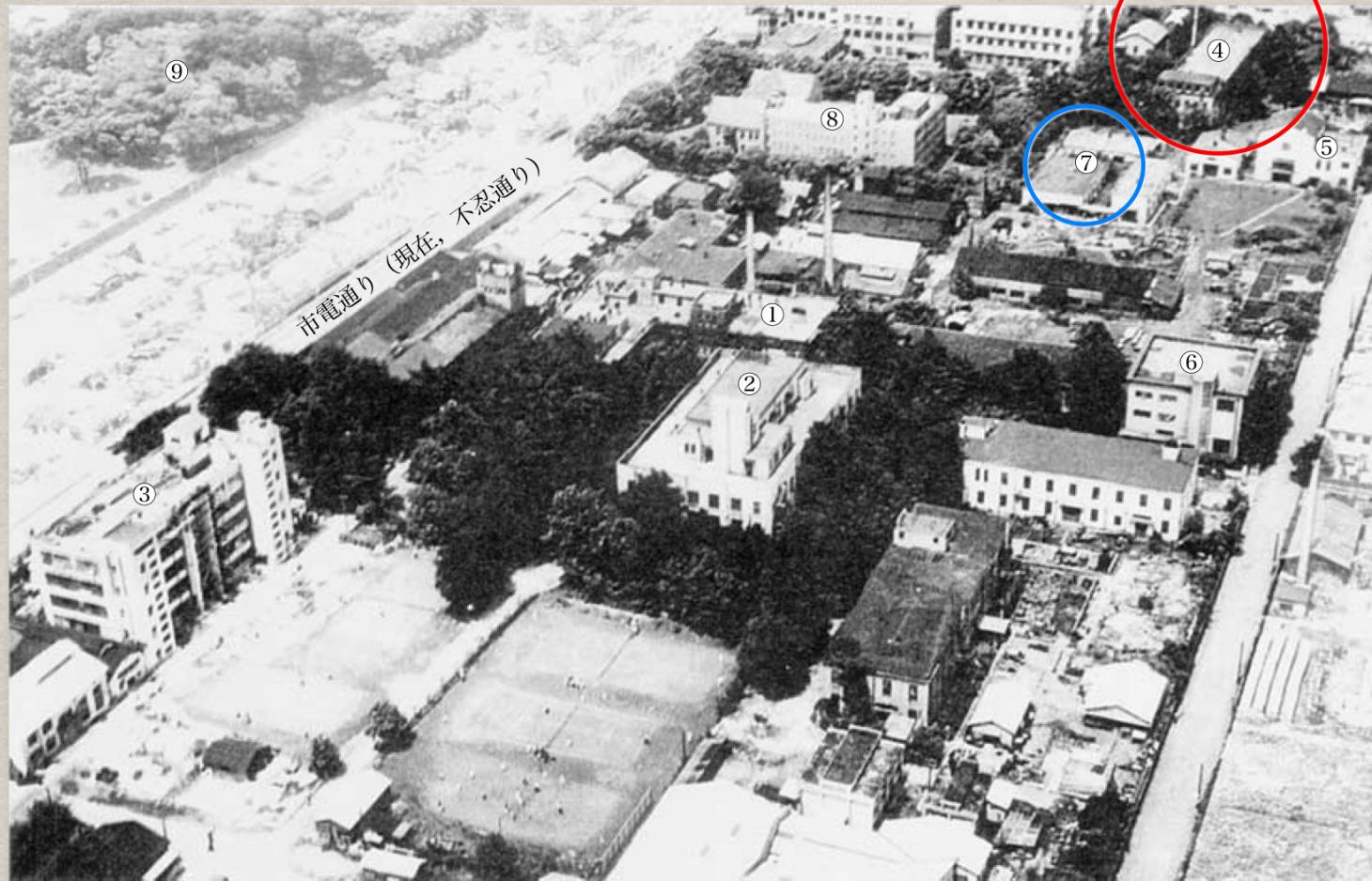


写真8 駒込の理化学研究所全景 (昭和29年(1954年), 撮影:朝日新聞社)

①1号館, ②2号館 (1階に所長室, 4階に講堂), ③18号館, ④23号館 (現在, 日本アイソトープ協会本館), ⑤37号館 (現在, 2階の一部が仁科記念室), ⑥43号館 (現在, 理化学研究所駒込分室), ⑦サイクロトロン跡, ⑧東洋文庫, ⑨六義園

六義園（りくぎえん）



1695年に、5代将軍徳川綱吉の側用人柳沢吉保が綱吉から賜った地に下屋敷を造りそこに造成した庭園である。御殿を六義館、庭園を六義園と称した。『詩経』の六義（りくぎ）から園名が名付けられている。江戸初期に完成した桂離宮の庭園の様式を採用し、回遊式築山泉水庭園で、元禄時代の明るいおおらかな気風を反映した江戸大名庭園の代表的なものである。（Webから引用）

三百人劇場



本駒込にある三百人劇場の名前のは、座席数が302席というところに由来する。文学者・評論家であった故福田恆存（ふくだつねあり）氏が創立した財団法人現代演劇協会と劇団昴（すばる）。その昴の演劇上演を目的に1974年に開場した。劇団昴のほか、名作映画などの劇場企画の上映でも知られている。

（12月末日で老朽化のため閉館予定）

第一種放射線取扱主任者講習スケジュール

第1種放射線取扱主任者講習・時間割

		講義	実習									
第一日目	月 日 (月)	9:20 講習の説明	9:50 放射線安全管理の基本	12:20 昼食・休憩	13:10 異常時の措置と対策	14:10 休憩	14:20 汚染除去法と放射性廃棄物の処理	15:50 休憩	16:00 非密封放射性物質の安全取扱法	17:30 実習の説明	19:00まで	
		9:30 放射性同位元素の運搬	10:30 休憩	10:40 密封小線源の安全取扱	12:00 モニタ等の校正と線量測定	13:00 昼食・休憩	14:00 モニタ等の校正と線量測定	17:00 レポート整理等	～19:00まで			
第二日目	月 日 (火)	9:30 放射性同位元素の運搬	10:00 休憩	10:10 密封小線源の安全取扱	12:00 モニタ等の校正と線量測定	13:10 昼食・休憩	14:10 モニタ等の校正と線量測定	17:10 レポート整理等	～19:00まで			
		9:30 実習講義	10:00 休憩	10:10 放射性物質濃度の測定	12:00 昼食・休憩	13:10 モニタ等の校正と線量測定	14:10 モニタ等の校正と線量測定	17:10 レポート整理等	～19:00まで			
第三日目	月 日 (水)	9:30 実習講義	10:00 休憩	10:10 放射性物質濃度の測定	12:00 昼食・休憩	13:10 モニタ等の校正と線量測定	14:10 モニタ等の校正と線量測定	17:10 レポート整理等	～19:00まで			
		9:30 実習講義	10:00 休憩	10:10 放射性物質濃度の測定 表面汚染密度の測定及び汚染除去	12:00 昼食・休憩	13:10 モニタ等の校正と線量測定	14:10 モニタ等の校正と線量測定	17:10 レポート整理等	～19:00まで			
第四日目	月 日 (木)	9:30 実習講義	10:00 休憩	10:10 放射性物質濃度の測定 表面汚染密度の測定及び汚染除去	12:00 昼食・休憩	13:10 モニタ等の校正と線量測定	14:10 モニタ等の校正と線量測定	17:10 レポート整理等	～19:00まで			
		9:30 放射線施設の安全管理	12:30 昼食・休憩	13:20 装備機器・発生装置の安全管理	16:20 休憩	16:30 修了試験	17:30 試験結果発表	～18:00				
第五日目	月 日 (金)	9:30 放射線施設の安全管理	12:30 昼食・休憩	13:20 装備機器・発生装置の安全管理	16:20 休憩	16:30 修了試験	17:30 試験結果発表	～18:00				

講習前＆講習1日目

[講習前]

- ・事前に「実習テキスト」と「放射線安全管理の実際」が送られてくる。
 - ・管理区域に入るため、**健康診断の結果**を送付する。
 - ・講習費用は170, 205円を振り込む
-

[講習一日目]

- ・座学の一日
- ・隣の席は、実習パートナーは埼玉○×大学の女医さん

「放射線安全管理の基礎」、「異常時の措置と対策」（講師：齊藤圭）

<許可申請には時間がかかる→事前打ち合わせ・キーパーソン>

「汚染除去法と放射性廃棄物の処理」、「非密封放射性物質の安全取扱法」

（講師：老人研究所 佐々木徹）

- ・翌日の「実習の説明」**<ひたすら計算機><標準線源=トレーサビリティー>**

$$I = I_0 \cdot e^{-\lambda t}, A = A_0 \cdot e^{-\lambda t} \quad I = I_0 \cdot (0.5)^{\frac{t}{T}}, A = A_0 \cdot (0.5)^{\frac{t}{T}}$$

[その他]

- ・出席確認のための判子が必要、計算機も必須！
- ・自在曲線定規・バインダー・名札が用意されている。（PCは使えない）

講習2日目

[講習二日目]

放射線同位元素の運搬（講師：日本アイソトープ協会 木村俊夫）

密封小線源の安全取扱法（講師：理化学研究所 篠原茂巳）

実習講義「モニタ等の校正と線量測定」（講師：理化学研究所 篠原茂巳）

実習1-1, 1-2半導体式ポケット線量計の校正（実習パートナーが・・・）

実習1-3サーベイメーターの校正

実習1-4サーベイメーターのエネルギー校正

- ・ファントム校正 → 個人線量計の基準となる校正
 背後にファントムを設置して照射 → 人間の体が散乱体
- ・実用校正 → ファントム校正した線量計と校正する線量計を同条件で照射し校正
- ・標準線源は自由空間中で値付けされている → 実際には散乱線の寄与
- ・逆自乗則からのずれ → 散乱線の寄与
 (α 、 β 、 γ など放射線の種類を問わず $I=k/r^2$)

懇親会



写真は日本アイソトープ協会HPより

講習3日目

[講習三日目]

実習講義：空気中H-3の濃度測定（講師：東京大学 埃（タオ）和之）

液体シンチレーションカウンター → 弱β

実習2 凝集沈殿法による水中RI濃度の測定（講師：日本大学歯学 野口邦和、
埃和之、東大大学院 飯本武志）

- ・凝集沈殿法による鉄・バリウム沈殿法を実際におこなう（廃水できる条件）
- ・たいていの核種が共沈する
- ・PHが高いと壁（容器の壁）に吸着する可能性がある
→ 廃水を取って数回分析する場合は、酸を入れてPHを1~2にする

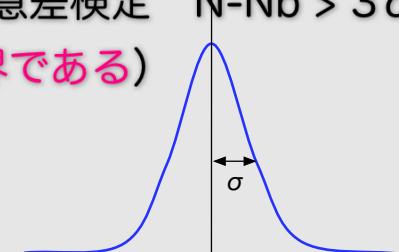
実習3-1 空気中H-3濃度の測定、実習3-2NaIによるエネルギー校正

- ・主任者の義務は原因を突き止めることである

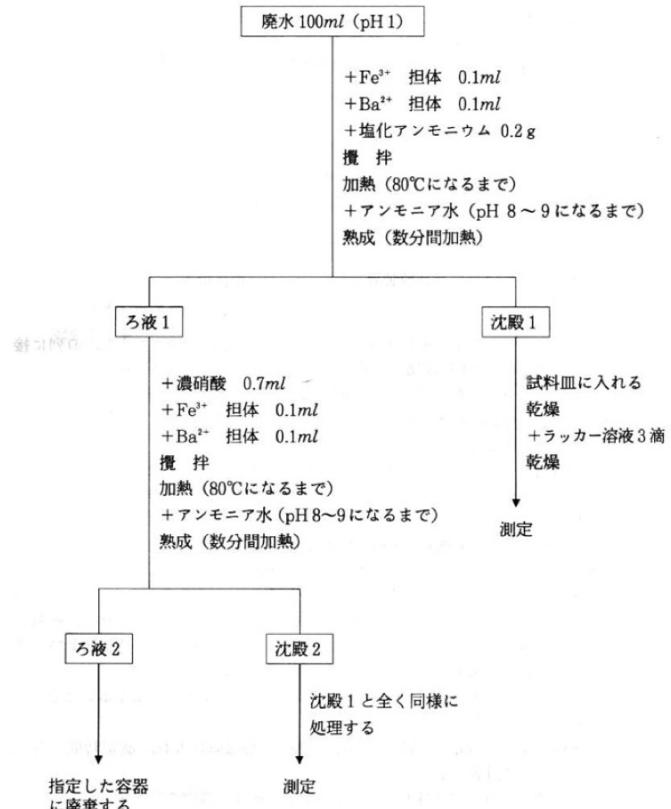
「実験をするな」は20年前の管理者の言うこと

- ・測定値NがバックグラウンドNbに近い場合、有意差検定 $N-Nb > 3\sigma$ を行う
(正味計数率が 3σ より小さい場合は検出限界である)

$$3\sqrt{\frac{n_b + n}{t}}$$



凝集沈殿法による鉄・バリウムの操作



-9-



空气中放射性濃度の測定
(液体シンチレーションカウンター)



模擬廃液のサンプリング

写真は日本アイソトープ協会HPより

講習4日目

[講習四日目]

実習講義：スペクトロメトリ（講師：元理化学研究所 天道芳彦）

- ・スペクトロメトリ → **核種同定**

実習4 γ 線スペクトロメトリによる濃度測定

- ・統計現象であることを理解する → **数値の信頼性は誤差からわかる**
- ・統計現象→正規分布→ガウス分布 $\sigma = \text{巾は標準偏差}$
 - ①エネルギーは同じであってもイオンペアの生成での統計的ばらつきがある
 - ②実験誤差 = 機器の誤差 + 人為的（人間の）誤差 → 同じにならない
- ・未知核種の同定で一番大切な機器構成は「**エネルギー校正**」
- ・低エネルギー側ではより高エネルギー側の影響（コンプトン散乱等）を受ける可能性が高いため、高エネルギー側を校正に用いる方がより正確であると考える
- ・汚染の原因の追及 → 主任者としては核種から実験者を推定する

実習5 表面汚染濃度の測定及び汚染除去（講師：山梨大病院 石井忠）

- ・お湯→なめらか（水に比べて粘性） 中性洗剤→油
- ・EDTA→キレート剤（有害物質の指定を受けている）
プラスイオン特に2価の+イオンに効く（テクネシウムには効かない）



講習 5 日目

[講習 5 日目]

放射線施設の安全管理（講師：北里大学 青木勝巳）

- ・組織図上、横にいなければダメ
- ・コンクリートブロックの気泡により遮蔽計算が変わるので施工図のチェックが必要
- ・申請時にMax性能を記入してはダメ。余裕をもった使用を想定する
将来の使用変更を考える
- ・他の法令（消防法等）も考慮する
- ・主任者は正確な情報をもとに行動 → 客観性を整える

装備機器・発生装置の安全管理（講師：日本アイソトープ協会技術部 深野重男）

試験

10 / 15

背景

放射線取扱主任者とは
放射能の発見・特徴・応用例

放射線取扱主任者講習

まとめ



まとめ

- ・資格試験を通じて、物理・化学・生物の基礎を復習
- ・講習を受けることによる経験を通して理解
- ・主任者としてはあまりに未熟

経験・学習

- ・今後は主任者の業務の補助をおこないながら、経験を積むと同時に学習