

# 群馬パース大学紀要

## 第 23 号

---

### 目 次

#### 巻頭言

放射線学科における教育とその特色

.....土屋 仁 1

#### ★放射線学科特集★

##### 総 説

キラル医薬品製造技術の進歩

—— 分子認識を制御する新しい光学分割技術 ——

.....酒井健一・櫻井ルミ子 3

#### 研究ノート

業務流れ図を用いた事故分析法について

—— バリウム検査中の転倒を事例に用いて ——

.....土屋 仁・平本壮一・関みさよ 13

#### 資 料

簡易型シンチレーションサーバイメータの簡易補正法

.....倉石政彦・倉石理佳・杉山和希 19

#### その他

第20回流星祭企画オープン・スクール実施報告

.....徳重佑美子・酒井健一・坂本重己・山岸貴子 27

URL:<https://gair.media.gunma-u.ac.jp/dapace/handle/10087/8203>

群馬パース大学

2018年3月

# BULLETIN OF GUNMA *Pa*Z UNIVERSITY

No. 23

---

## CONTENTS

### Foreword

- Education Policy and Features of School of Radiological Sciences, Gunma PAZ University  
.....H. Tsuchiya 1

### ★ School of Radiological Sciences Special Report★

#### Review

- Technological Advances in Chiral Drug Manufacture  
— Novel Optical Resolution Technologies Controlled by Molecular Recognition  
Mechanism —  
.....K. Sakai, R. Sakurai 3

### Note

- Accident Analysis Method Based on Work-Flow Chart  
.....H. Tsuchiya, S. Hiramoto, M. Seki 13

### Data

- Simple Correction Method for Simplified Scintillation Survey Meter  
.....M. Kuraishi, R. Kuraishi, K. Sugiyama 19

### Other

- Open-School Working Report on Gunma PAZ University School Festival 2017  
— School of Radiological Sciences —  
.....Y. Tokushige, K. Sakai, S. Sakamoto, T. Yamagishi 27

**GUNMA *Pa*Z UNIVERSITY**

March 2018

## 巻頭言



## 放射線学科における教育とその特色

土屋 仁<sup>1)</sup>

## Education Policy and Features of School of Radiological Sciences, Gunma PAZ University

Hitoshi TSUCHIYA<sup>1)</sup>

かつて臨床現場において放射線技術は、欠かせざる技術のひとつでした。しかし、近年では超音波(エコー)を利用した「超音波画像」や磁場を利用した「MRI (Magnetic Resonance Imaging) 画像」、さらにベータ線やガンマ線などを用いた「核医学」など、技術の大きな進化が起っています。そのため、臨床現場の多くの放射線技師は、新たな画像技術を研修会や勉強会に参加して学習・習得するなど技術進化に対応してきています。一方、教育現場ではこれらの技術の進歩に対して対応が遅れています。そこで、本学では放射線学科の開学に先立ち、上述の状況を踏まえて、臨床現場における問題点と教育現場における問題点の相違などを考慮した学習カリキュラムを立案しています。以下、本学における放射線学科が目指す教育とその特色について述べます。

## 大 学 教 育

大学では、学生に「診療放射線技師国家試験」に向けて、「基礎学力」、さらに「専門科目」の知識を身に付けさせなければなりません。しかし、診療放射線技師を養成するという明確な目的・目標にもかかわらず、専門の教師が大きく不足していました。これまでの技師・技術教育は医師および理学・工学専攻者が中心であり、診療放射線技師教育が大学・大学院レベルになるにはかなりの時間がかかりました。診療放射線技師の教育は、まず専門学校から始まり大学へと移行する形で次第に発展して行き、近年になってようやく大学院での教育が始まりました。このようにして学位を持った診療放射線技師が誕生し、ようやく専門教育の

できる大学教員が教育現場へ出て来ました。当大学では、診療放射線技師の資格を持ち、5年以上の臨床経験を持つ教員を中心に基礎と専門の全方位の学生指導を行っています。そして2017年4月に1年目の教育課程がスタートしました。

## 放射線学科の特徴

本学科の特徴のひとつは、医療安全の管理及び医療機器の管理を正規の教育課程に取り込んだことです。病院へ就職すると第一にやらなければならないことは、業務を覚えること(撮影法、治療法等)であり、安全管理や機器管理はおろそかになりがちです。就職すれば実業務と並び医療事故防止の一環として「安全文化」を習得することが大事となります。特に「被曝低減」という大きなテーマがあり、診療放射線学の根幹を成す大事な教育テーマです。また、当大学のディプロマポリシーの一つに「医療コミュニケーション能力」の習得があります。そこで本学では、1年生時にプレゼミ(専門教育を行うための導入教育)を行い、少人数によるディスカッション・プログラム(D.P.)を実施しています。ここでのD.P.は専門用語未学習の1年生が、いかに相手に自分の思いを伝えるかの技術を学ぶところでもあります。ある教育現場で「放射線技師養成の学生を患者さんに対応させても患者は喜ばない」というのに対し、「看護師の学生を患者さんに対応させると患者さんは喜ぶ」と言われています。この原点と見られているのが、「参加型の臨床実習」の実施であると考えています。この参加型(体験型)の臨床実習を実施するためには、(1)「実習指導者の指導の下に実

1) 群馬パース大学保健科学部放射線学科長

施が許容されるもの」、(2)「状況によって許容されるもの」や(3)「見学にとどめるもの」の三種に分類してガイドラインの作成を進めなければなりません。つまり臨床実習においては、大学との連携を重視して複数力所の病院（放射線部）を実習先として選択することも検討する時代に入っているものと考えています。

### カリキュラムの特徴

また、平成22年の技師法の改正に伴い読影の補助、画像検査の説明・被爆相談が新たに診療放射線技師の業務に加わりました。この改正に基づき専門医、および認定技師による画像診断学を増やし、特別講義として(1)臨床現場で働く認定資格を持つ技師による専門教育、(2)将来病院を担うための組織論、人材教育論、リーダーシップ論などを現職の放射線部技師長の談話、さらに(3)海外で働く診療放射線技師の仲間からの報告、(4)臨床から離れてメーカーのアプリケーションを仕事としている人材などからの講義も取り入れたカリキュラムを組み立てています。このことは、診療放射線技師は病院で働くものという概念を取

り除くためにも有効なものであると捉えています。こうした技師法の改正は、「我々診療放射線技師は診断してはいけない。」という概念を捨てる機会になったととらえられています。こうしたカリキュラムの設置の目的は、現場入職後すぐにでも画像読影などの研究会や研修会に参加できるよう、基礎知識を植え付けることです。

### 最 後 に

多くの医療系大学が乱立している現在において、この大学、放射線学科が生き残るためには、「大学の差別化」が重要と考えています。より詳しくは、「患者と向き合える医療従事者」を育てるためのカリキュラムを取り入れることが大事と考えています。数年後にはそうした手法もいずれ変化していくことになるかもしれませんが、新しいものを作り出すには古いものを壊す必要があります。このカリキュラムも新たな進化と改編が繰り返され、より充実したプログラムに発展して行くでしょう。そのためにも、本学科の教師と学生はたゆまぬ努力を続けて行きます。

## 総 説

## キラル医薬品製造技術の進歩

— 分子認識を制御する新しい光学分割技術 —

酒 井 健 一<sup>1)</sup>・櫻井ルミ子<sup>2)</sup>

## Technological Advances in Chiral Drug Manufacture

— Novel Optical Resolution Technologies Controlled  
by Molecular Recognition Mechanism —Kenichi SAKAI<sup>1)</sup>・Rumiko SAKURAI<sup>2)</sup>

## 要 旨

結晶化を経由する光学分割法は、およそ170年以前に発見された技術であるが、現在もなお実験室や工業規模で光学活性な化合物を製造する技術として有効活用されている。中でも「ジアステレオマー塩形成法」は医薬品、農薬、液晶など様々な分野の光学活性物質製造技術として適用されている。しかし、これまで幾多の報告や特許がなされてきたにも関わらず、これらの技術に関する確固たる理論は確立されてこなかった。著者らは、光学活性物質の製造技術開発の中で、これまで知られていなかった技術や理論を開発した。以下我々が発見・開発した以下の3つの技術・理論を紹介する。(1) 設計したキラル添加物を用いた「結晶形態制御」による光学純度の改善法、(2) 作業理論「空間充填コンセプト」に基づく最適分割剤の新しい選択法、(3)「誘電率制御光学分割」によるキラリティー制御法。

キーワード：キラル医薬品、光学分割、分子認識、キラル制御

## 1. はじめに

人体などの生命体の中で行われている化学反応のほとんど全てにキラル（光学活性）な分子が関与していることは良く知られている。そのため、医薬品にもキラルな分子が求められるようになってきた。しかし、単純な化学合成で得られる化学分子には薬効や毒性、さらに味や匂いなどが異なる複数の光学異性体（エナンチオマーやジアステレオマーなど）が存在していることが多い。そのため、キラル医薬品を開発する場合、薬効最大で毒性などの少ない光学異性体を高純度で製造する技術開発に最大限の努力が払われる。言い換え

れば、キラル医薬品の開発は、より選択的な薬理活性を目指し、不要な光学異性体による毒性や副作用などの問題を解決するため、単一の光学異性体の開発・製造を志向している。これまで数々のキラル医薬品が世に送り出されており、今後益々開発が進むものと思われる。図1に著者らが製法開発に携わったキラル医薬品の代表例を示す。

キラル（光学活性）な化合物を得る技術には、酵素法などの生化学的方法、ジアステレオマー塩形成法（以下、ジアステレオマー法と略記）や優先晶析法などの結晶化を利用した物理化学的方法、キラル化合物を用いる不斉誘導法、さらに不斉触媒を用いる方法などが

1) 群馬パース大学保健科学部放射線学科 2) いわき明星大学薬学部

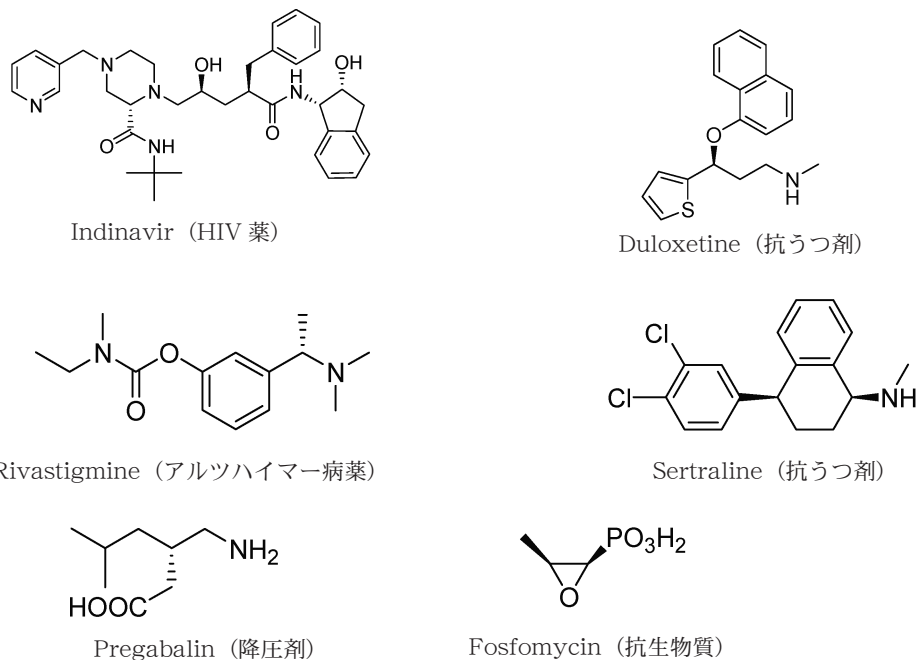


図1 キラル医薬品の例

知られている。これらの中でジアステレオマー法は、(1) 実験室で得られたデータをそのまま工業規模生産で再現しやすい。(2) 操作が簡単で特別な装置を必要としないこと。(3) 製法の検討開始から工業化まで最も早く対応可能である。さらに、(4) 結晶化操作によって不純物が分離除去し易い。以上の特徴から、工業規模生産を目指した研究段階で早くから採用され、これまで数多くの有用な医薬品やそれらの中間体を世に送り出してきた。実際、現在世界中で販売されているキラル医薬品やそのキラル製造中間体の製法の半数以上にジアステレオマー法が採用されていることが知られている。<sup>1)</sup>

ジアステレオマー法は細菌学者ルイ・パスツール (L. Pasteur) によっておよそ170年前に見出された方法<sup>2)</sup> であり、これまで数万の実施例が報告されているが、目的成分を効率よく得るための方法論は未だ試行錯誤の段階である。著者らのグループは、塩結晶のX-線結晶構造解析などをツールに、実験室や現場生産における数々の成功例と失敗例を比較検討した。その結果、ジアステレオマー塩生成における分子認識メカニズムを解明し、制御することで効率よく光学分割を成し遂げる3つの新しい光学分割技術を開発した。

- 1) 結晶形状制御による光学純度改善法
- 2) 結晶空間充填法 (Space Filler 法) による結晶化デザイン法

- 3) 誘電率制御光学分割 (DCR) 法による塩結晶のキラリティ制御

本稿では、上記の3つの開発内容について、それぞれ解説する。ジアステレオマー法のキラル分子間の分子認識メカニズムを制御して分割に成功した例を紹介する。

## 2. ジアステレオマー法の解決すべき課題

ジアステレオマー法とは、光学分割しようとするラセミ体を光学活性な分割剤と反応させてジアステレオマー誘導体 (塩) とし、生成した二種のジアステレオマー混合物を反応溶媒に対するそれぞれの溶解度差によって結晶化分離する方法をいう。これらの分割反応は一般に酸成分 (カルボン酸、スルホン酸など) と塩基成分 (アミンなど) との間で行われることが多いが、アルコールなどは酸無水物や二塩基酸などと反応させてモノエステルとしたのち酸性物質とし、塩基性分割剤を用いて分割する方法が知られている。光学分割の反応例を図2に、また操作フローを図3に示す。

図2に示したように、ジアステレオマー法は極めて単純な酸塩基反応によって行われるが、その詳しい反応メカニズムの解明はほとんど途上にあり、分割剤 (RA: Resolving Agent) と分割基質 (Sub: Racemic Substrate) との分子構造や分子間相互作用を中心と

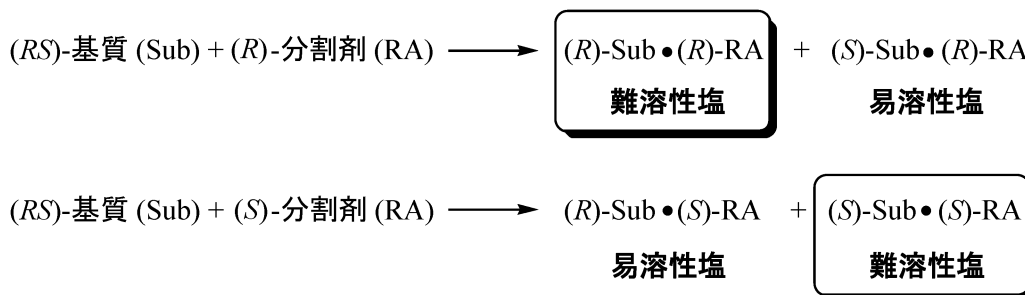


図2 ジアステレオマー法による光学分割反応例

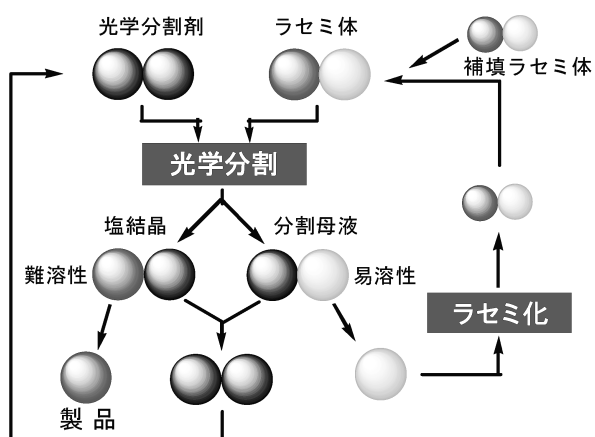


図3 ジアステレオマー法による光学分割フロー  
(\* 不要の光学異性体のラセミ化回収フローを含む)

した研究に基づく仮説の域を脱しておらず、未だに試行錯誤によって分割条件が決定されている。<sup>3,4)</sup>

ジアステレオマー法における分子間認識はほとんどの場合、分割剤と分割基質の分子構造相関や塩塩基間の水素結合やCH-πあるいはπ-πなどの弱い分子間相互作用によって決定付けられていることが多い。それゆえ、分子の長さや大きさを揃えること以外に、水素結合などの相互作用を設計して分子間認識を制御できれば、結晶成長を促し目的成分を得ることが出来るのではないかと考えた。一方、溶媒種や分割剤のモル比など反応環境を変えると分割成績が変化することは早くから経験的に知られていたが、これらを分割の分子認識の制御因子として取り上げた研究例はほとんどなかった。

### 3. 新しい光学分割技術

光学分割反応中の分子間相互作用に関する研究例を以下に示す。

#### 3.1 Tailored Inhibitor による塩結晶の形状制御による光学純度改善<sup>5-7)</sup>

1990年初期、1-フェニルエチルアミン (PEA) の光学活性マンデル酸 (MA) による分割において、得られるジアステレオマー塩結晶中の PEA の光学純度は実験室規模では常に99% ee (enantiomeric excess ; 光学異性体過剰率) 以上であるのに対し、生産現場では97-99% ee と幅があり、安定的に高光学純度の塩結晶を生産することが出来なかった。実態調査の結果、生産現場で得られる塩結晶には大別して「薄くて長い板状」と「厚い六角形」の2種があり、前者は後者に比べ遠心分離機による固液分離性が悪く、分割母液の残留付着によって光学純度が低くなっていることが判明した。そこで、固液分離に有利な結晶形状となったケースについてその原因を探索した結果、不要のエナンチオマーのラセミ化工程で副生する二級アミン (bisPEA ; ビス (1-フェニルエチル) アミン) の3種の光学異性体 ((R,R), (R,S), (S,S)) のうち、難溶性塩として析出する塩を形成する PEA と少なくとも1つ以上同じ立体配置を持つ bisPEA が分割反応系に共存しているとき、結晶形が固液分離に有利な形状に変化することを突き止めた。難溶性塩が (R)-PEA · (R)-MA のとき、(R,R)-bisPEA の効果濃度は分割基質 (RS)-PEA に対してわずか0.007 mol% であることが判明した (図4)。<sup>5,6)</sup>

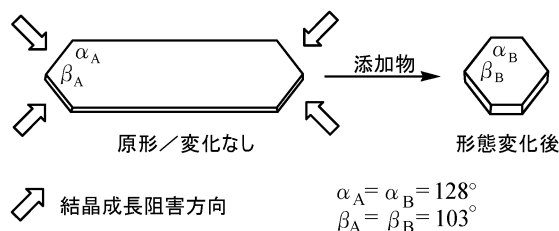


図4 塩結晶の形態変化<sup>5,6)</sup>

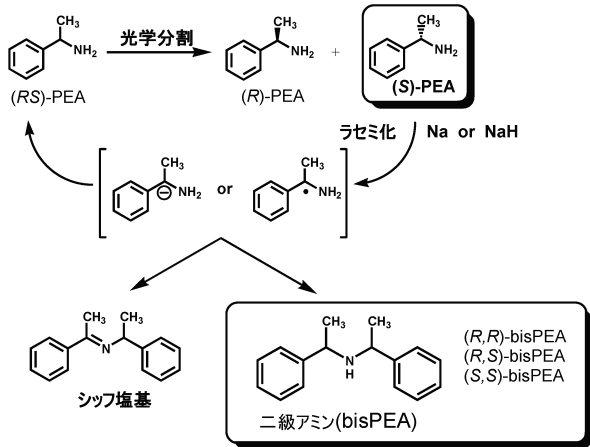


図5 PEAのMAによる光学分割とラセミ化<sup>5)</sup>

実際の製造では、不要の光学異性体のラセミ化反応条件を制御して、結晶形状変化に必要な分だけの二級アミンを副生させたラセミPEAを分割原料の一部として使用することで、常に好ましい形状の塩結晶を得ることに成功し、安定して>99.5% eeの高光学純度の製品を得る工業的製法を確立した(図5)。詳細な結晶形状変化メカニズムや同様の考えに基づいて設計した光学活性添加物による他の化合物への適用例<sup>7)</sup>については原著を参照されたい。

### 3.2 結晶空間充填 (Space Filler) 法による結晶化デザイン<sup>8-13)</sup>

新規抗うつ剤 duloxetine の鍵中間体である二級アミンの*N*-モノメチル体 (MMT) の分割を試みた(図6)。三級アミン*N,N*-ジメチル体 (DMT) は光学活性マンデル酸 (MA) を用いて分割できることが知られていたが、MMTは同条件では結晶化せず、分割条件は知られていなかった。そこで、分割剤選択に関する Space Filler 法<sup>9,10)</sup>に基づいて水素結合能を持つ

第三成分である水を分割系内へ添加し、等モルの水を構成成分とするジアステレオマー塩を結晶化させることに成功し、>99.5% eeの製品を得る工業化に適した製法を確立した(図6)。<sup>8)</sup>

光学分割剤の探索は煩雑な Trial and Error と職人的勘によって行われることが多い。また、数多くの研究者が分割剤と被分割基質間の分子構造相関や相互作用、あるいはジアステレオマー塩の物性などに着目して適正分割剤の選択条件を調べているが、未だ決定的な理論の確立には至っていない。著者らは難溶性ジアステレオマー塩の結晶構造解析や光学分割の成否結果<sup>11-13)</sup>などを通して、最適分割剤の選択について考案した Space Filler 法を提案した(図7)。

すなわち、図7に示したように、NH<sub>2</sub>やCOOHなどの官能基の付いたα-炭素から遠い方向へ重原子を数え、最末端についた番号をその分子の分子長とする。分割剤と被分割基質の分子長が等しいときには分割の成功率が最も高い。もし、分子長に差がある場合、その差に相当する重原子数の水素結合能を有する溶媒分子、例えば水(分子長=1)やメタノール(分子長=

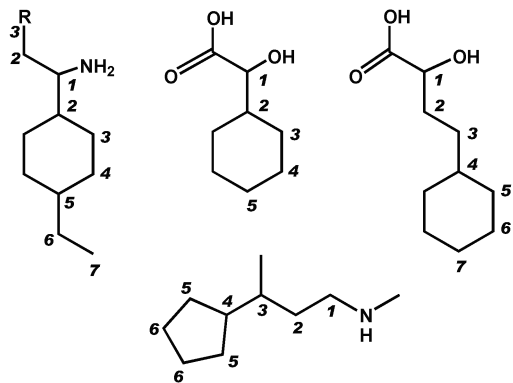


図7 Space Filler 法：分子長の数え方<sup>9)</sup>

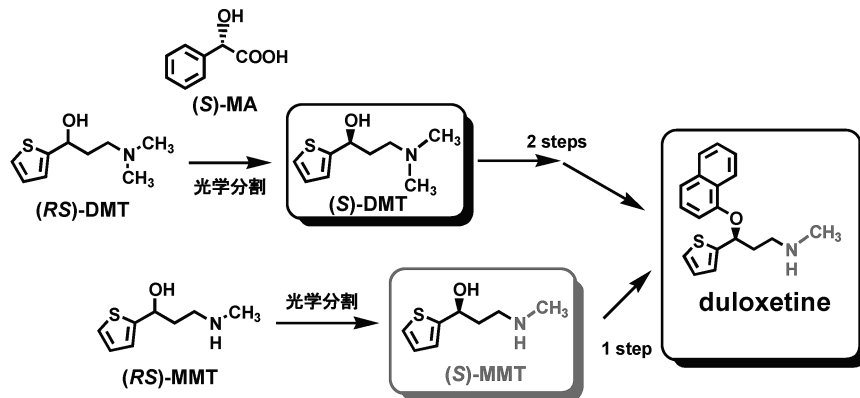


図6 duloxetineの製法<sup>8)</sup>



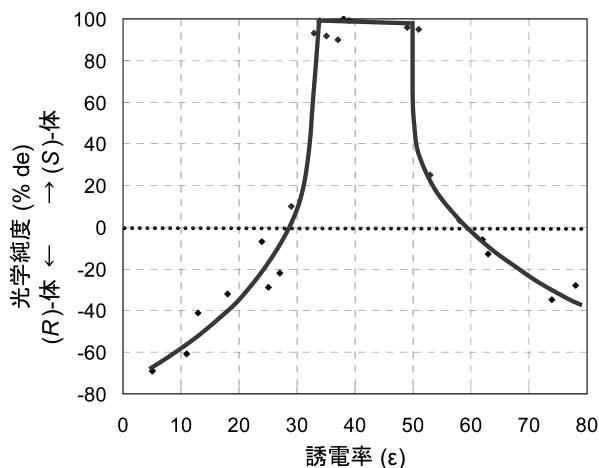
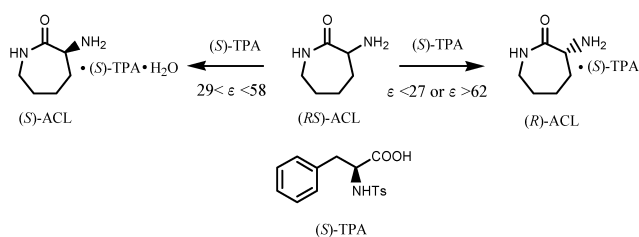


図8 ACL/TPA系分割における溶媒の誘電率と光学純度の関係<sup>15)</sup>



2) などを必要量添加するか、分割溶媒として用いることでその差を補填する。つまり、二級アミン MMT の場合、分割剤 MA との分子長差は  $1 (6_{\text{MMT}} - 5_{\text{MA}}) = 1$  であり、重原子 1 の水が添加物として選択された。このようにして MMT の分割は、分割反応系へ水を添加することで高光学純度の (S)-MMT を含むジアステレオマー塩 1 水和物を結晶化させることに成功した。<sup>8)</sup>

ジアステレオマー法による分割の成否は分子の構造、塩の結晶構造だけで決定されるのではなく、ジアステレオマー塩間の溶解度差などの物性や塩結晶の固液分離性などのほか、反応環境場によっても影響される。それ故、このような考え方だけで全ての分割系の組み合わせに適用できるものではないが、分割成功の確率を確実に向上させることが出来る。

### 3.3 誘電率制御分割 (DCR) 法による塩結晶のキラリティーの制御<sup>14-21)</sup>

光学活性リジンの製造中間体および光学活性医薬品の製造原料として有用な  $\alpha$ -アミノ- $\epsilon$ -カプロラクタム (ACL) の光学分割法を検討した。その結果、効果的分割剤として *N*-トシル-(*S*)-フェニルアラニン (TPA) を見付けたほか、分割反応において得られるジアステレオマー塩の光学純度やその *R/S* 配向 (キラリティー) が、溶媒の誘電率を変化させることによって制御できることを見出した。<sup>14)</sup> この現象に基づき、一種の光学分割剤 (S)-TPA を用いて、(S)-と (R)-ACL をそれぞれ難溶性塩として高効率で取り分ける工業規模光学分割法を確立した。

図 8 に光学純度と誘電率の関係を示す。難溶性塩結

晶のキラリティーはメタノールや DMSO などの中程度の誘電率 ( $29 < \epsilon < 58$ ) を持つ溶媒を用いた場合には (S)-ACL  $\cdot$  (S)-TPA  $\cdot$  H<sub>2</sub>O 塩が、その範囲外 ( $27 > \epsilon$  または  $\epsilon > 62$ ) の誘電率を持つ 2-プロパノールや水などからは (R)-ACL  $\cdot$  (S)-TPA 塩が結晶化した。これら 2 つの塩の単結晶 X 線構造解析を行った結果、(S)-TPA が水分子の持つ水素結合能をうまく使って結晶中の分子配列を組み替えることで、立体配置の異なる (S)-ACL と (R)-ACL を巧みに識別して最密充填したそれぞれ異なる結晶構造のジアステレオマー塩を析出させていることが判明した (図 9)。<sup>15, 16)</sup>

以上の実験結果に基づき、まずメタノール (水分 5 mol%) から (S)-ACL を難溶性塩として分離し、その分割母液の溶媒を 89% の 2-プロパノールに交換して (R)-ACL を難溶性塩として取り出す、工業的に適用しやすく、安価な製法を確立した。<sup>14)</sup>

一方、溶媒の種類によって得られるジアステレオマー塩のキラリティーが変化する現象については、1-フェニル-2-(4-メチルフェニル) エチルアミン (PTE) やベンゾチアゼピン誘導体の (S)-マンデル酸 (MA) による分割の 2 例が知られていたが、その溶媒適用範囲や現象の科学的解明がなされていなかった。そこで、(RS)-PTE/(S)-MA 系分割における溶媒誘電率 ( $\epsilon$ ) の影響について詳細な実験を行った。その結果、この分割系において得られる難溶性塩のキラリティー変化が、(RS)-ACL/(S)-TPA 系の分割と同様、誘電率の調整によって制御できることがわかった。また、使用するアルコール溶媒の種類 (嵩高さ) によって分子認識が変化することが分かった (図 10)。これらの事実は、溶媒と基質との間に密接な相互作用

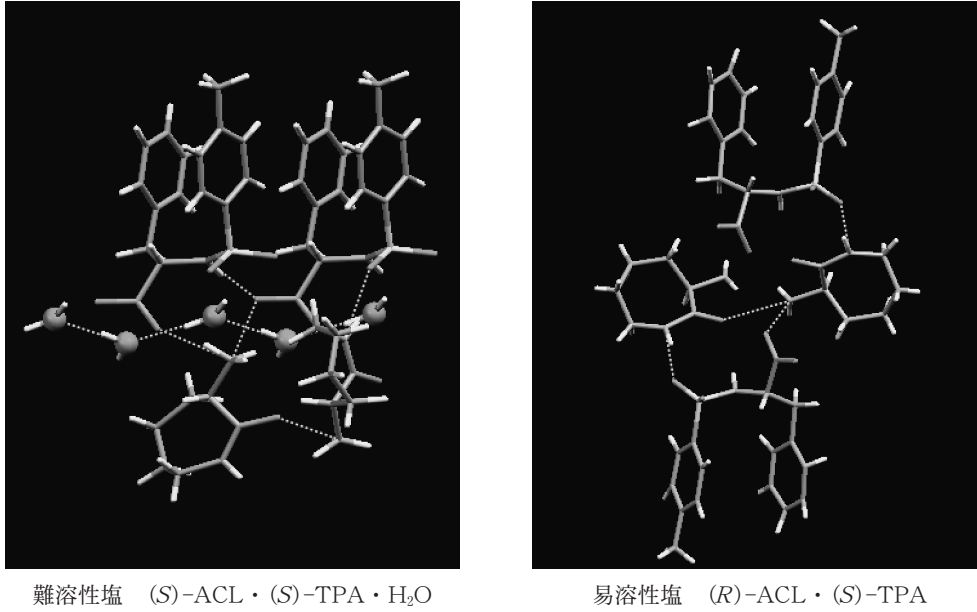


図9 ACL-TPA 光学分割系で得られた二種の塩結晶の結晶構造

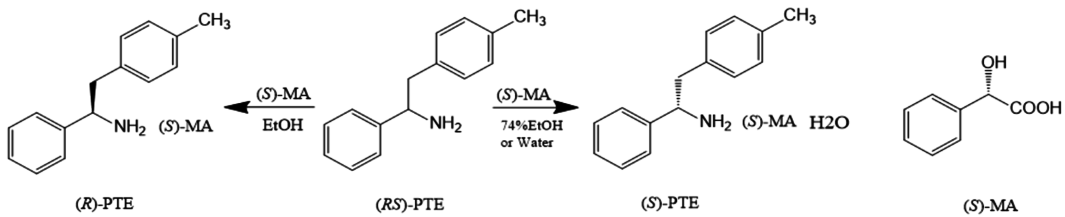
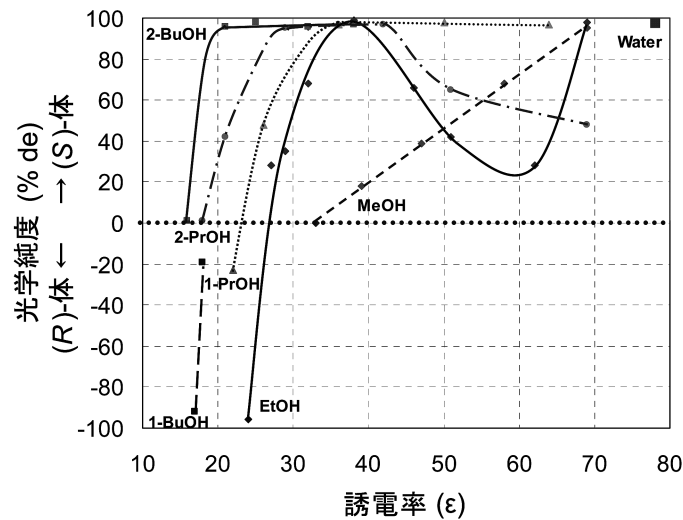
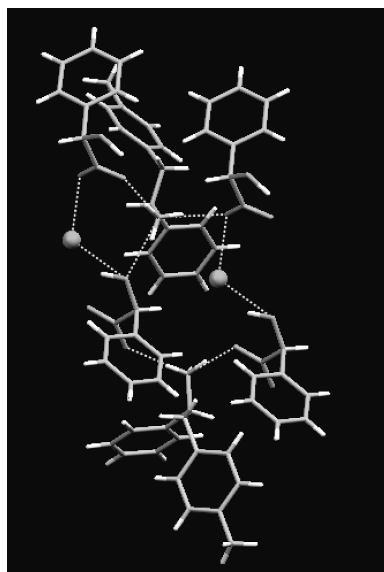
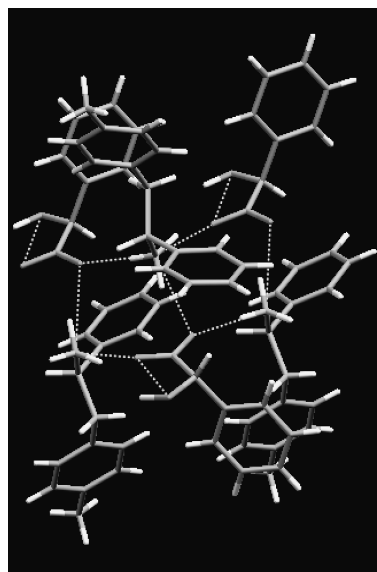


図10 PTE/MA 分割系における DCR 現象<sup>18)</sup>

があることを示している。<sup>18)</sup> 実際に2種のジアステレオマー塩結晶の結晶構造を測定した結果、ACL/MA 分割系と同様、難溶性塩では結晶構造中に水分子が結晶の構成要素として入り込むことで安定した結晶になっていることが確認された (図11)。

以上の2例のキラリティ変化現象は、誘電率 ( $\epsilon$ ) が

ジアステレオマー塩結晶中への水分子取り込みを決定付ける重要な因子であることを示している。著者らは、溶媒の誘電率を分割反応 (キラル識別) の環境場を表す一つの制御因子として考慮し、各種分割系について検討を行った結果、Cyclohexylethylamine (CHEA)-Mandelic acid (MA) 分割系<sup>19-21)</sup> や 2-Methylpyrrolidine

難溶性塩 (S)-PTE · (S)-MA · H<sub>2</sub>O

易溶性塩 (R)-PTE · (S)-MA

図11 PTE-MA系光学分割系で得られた二種の難溶性塩の結晶構造

(2MP)-TA (Tartaric acid) 分割系<sup>21)</sup> など、DCR 現象が発現する組み合わせをこれまで数多く見出している。このように、DCR 現象はここで紹介した分割系だけに特異的なものではなく、あらゆる組み合わせの分割系でも起こり得る現象であると考えられる。今後この現象の解明が進むことで、被分割基質（ラセミ体）に特別に合わせた高価な tailor-made 分割剤を使用することなく、入手容易で安価な既知分割剤を用い、溶媒の誘電率を変えるだけで二つの光学異性体を分離できる実用的な光学分割法を設計できるようになると予測される。

#### 4. ま と め

本稿で紹介した新しい光学分割例は、いずれもジアステレオマー法による光学分割において、分割剤や被分割基質、そして溶媒分子の分子構造を考慮しつつ、それらの持つ水素結合能などの分子間相互作用をうまく制御することで塩結晶の析出やキラリティの制御に成功した例である。これらの研究成果は、ジアステレオマー法で成功を収めるには、分子の構造相関を考慮することに加え、反応環境場を設計・制御することが重要であることを示している。前者は多くの研究者が挑戦を続けているが、後者について詳細に検討された例は少なく未開拓な領域である。今後、この領域の研究が進むことで、ジアステレオマー法光学分割はより

高度な戦略をもって設計・計画できるようになると期待される。

#### 参 考 文 献

- 1) A. Maureen Rouhi, *Chemical & Engineering News*, May 5, 46 (2003).
- 2) L. M. Pasteur, *Compt. Rend.* 26, 535 (1848).
- 3) J. Jacques, A. Collet, and S.H. Wilen, *Enantiomers, Racemates, and Resolutions*, (1981) Wiley, New York.
- 4) 野平, 季刊化学総説 No.6, 日本化学会編, p45(1989) 学会出版センター.
- 5) K. Sakai, Y. Maekawa, K. Saigo, M. Sukegawa, H. Murakami, H. Nohira, *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, 65, 1747 (1992).
- 6) 酒井, 有機合成化学協会誌, 57, 458 (1999).
- 7) K. Sakai, S. Yoshida, Y. Hashimoto, K. Kinbara, K. Saigo, H. Nohira, *Enantiomer*, 3, 23 (1998).
- 8) K. Sakai, R. Sakurai, A. Yuzawa, Y. Kobayashi, K. Saigo, *Tetrahedron Asymmetry* 14, 1631 (2003).
- 9) 酒井, 博士論文 (埼玉大学, 1994).
- 10) 酒井, 化学と工業, 57, 507 (2004).
- 11) K. Kinbara, K. Sakai, Y. Hashimoto, H. Nohira, K. Saigo, *Tetrahedron Asymmetry* 7, 1539 (1996).

- 12) K. Kinbara, K. Sakai, Y. Hashimoto, H. Nohira and K. Saigo, *J. Chem. Soc., Perkin Trans. 2*, 1996, 2615.
- 13) K. Sakai, Y. Hashimoto, K. Kinbara, K. Saigo, H. Murakami, and H. Nohira, *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, **66**, 3414 (1993).
- 14) K. Sakai, R. Sakurai, A. Yuzawa, N. Hirayama, *Tetrahedron Asymmetry* **14**, 3713 (2003).
- 15) K. Sakai, R. Sakurai, N. Hirayama, *Tetrahedron Asymmetry* **15**, 1073 (2004).
- 16) K. Sakai, R. Sakurai, T. Akimoto, N. Hirayama, *Org. Biomol. Chem.*, 2005, **3**, 360.
- 17) N. Hirayama, K. Sakai, *Acta Cryst.* 2006, *A62*, s7.
- 18) K. Sakai, R. Sakurai, H. Nohira, R. Tanaka, N. Hirayama, *Tetrahedron Asymmetry* **15**, 3495 (2004).
- 19) K. Sakai, R. Sakurai, M. Yokoyama, N. Hirayama, *Tetrahedron Asymmetry* **17**, 1541 (2006).
- 20) K. Sakai, R. Sakurai, N. Hirayama, *Tetrahedron Asymmetry* **17**, 1812 (2006)
- 21) R. Sakurai, A. Yuzawa, K. Sakai, N. Hirayama, *Crystal Growth & Design* 2006, **6**, 1606.

### Abstract

It is well known that optical resolution via crystallization is still a useful and practical method for obtaining enantiomerically pure compounds for both laboratory experiment and industrial production, although it is a classical technique discovered nearly 170 years ago. In particular, diastereomeric salt formation using a resolving agent (diastereomer method) has been well applied in various fields such as the pharmaceutical, agrochemical, and liquid crystal industries. Despite these affluent reported and patented examples, no concrete theory to determine an optimum resolution condition has been devised, and only empirical procedures seem to provide a unique path in process development. In this review, three novel approaches for optical resolution via diastereomeric salt formation are presented: (1) chiral purity improvement by crystal habit modification with a tailored chiral additive; (2) a new approach for finding a suitable resolving agent based on the space filler concept; and (3) chirality control by dielectrically controlled resolution (DCR).

**Key words:** chiral drugs, optical resolution, molecular recognition, chirality control



## 研究ノート

## 業務流れ図を用いた事故分析法について

—バリウム検査中の転倒を事例に用いて—

土屋 仁<sup>1)</sup>・平本 壮一<sup>2)</sup>・関 みさよ<sup>3)</sup>

## Accident Analysis Method Based on Work-Flow Chart

Hitoshi TSUCHIYA<sup>1)</sup>, Souichi HIRAMOTO<sup>2)</sup>, Misayo SEKI<sup>3)</sup>

## 要 旨

医療事故分析には多くの時間と経験が必要である。分析未経験者は現状把握と分析手法が混乱して、対策案構築に多大な時間を要する。ゆえに事故事象を時系列に並べただけの現状把握は、難しいのである。そこで我々は、現状把握の目的で「業務流れ図」を作成した。「業務流れ図」には手順書の事象と、事故時の事象を患者時間系列に沿って表示する。そしてエラー時と発見時を直線（又は点線）で結び、患者被害程度を書き込むことで事故の全容の解明ができる。得られた「業務流れ図（Work Flow Chart）」を基に Why-Why Diagram を用いて背後要因を特定し対策案を構築する。ここでは、バリウムを用いた胃の検査事故を事例に報告する。

キーワード：ヒューマンエラー、アクシデント、インシデント

## 1. 序 論

日本医療機能評価機構の報告書<sup>1)</sup>によると、2017年1月1日から3月31日のわずか3か月間で980件（医療機関数：1148施設）の医療事故情報が報告されている。この件数を多く見るか、少なく見るかは人それぞれであろうが、報告義務が課せられている医療機関数から見ると報告件数が少ないと言わざるをえない。

ヒューマンエラーとは、“意図しない結果を生じる人間の行為である”と定義<sup>2)</sup>されている。すなわち、人間が犯す誤り、見間違い、思い違い、勘違い、亡失などなどがこれに当たる。そこで医療現場では再発防止システムとして産業事故防止モデルの導入を図り、NASA（米国航空宇宙局）のリスク管理に使用されている4M-4Eマトリックス<sup>3)</sup>、ヒューマンエラー工学のSHELモデル<sup>4)</sup>など幾つかの分析方法が医療界へと導入されてきた。さらに最近では、RCA（Root Cause

Analysis)<sup>5)</sup>や Medical SAFER<sup>6)</sup>などが幾つかの病院で使用されている。しかしこれらの分析方法は分析経験のあるリスクマネージャの存在が不可欠であり、解析には多くの時間がかかるのが難点であることが知られている。そこで、著者らは患者の時間軸の流れに対し、各医療従事者が「いつ」、「どこで」、「誰が」、「何を」したかを網羅したフローチャート図（以下「業務流れ図」という）を作成し、この「業務流れ図」から、事象と原因の因果関係を導く方法（以下“Why-Why Diagram”<sup>7)</sup>）を考案した。この手法は現象を発生させている要因を思い付きで考えるのではなく、規則的に順序良く漏れなく出し切るための分析方法である。そこで得られた原因及び結果の論理的整合性が確認できれば、事故要因における根本原因が確定でき、必要な対策案が構築される。

本稿では、事故対策が難しいとされているバリウム検査における転倒事故について業務流れ図を用いて分

1) 群馬バース大学保健科学部放射線学科教授 2) 国家公務員共済組合連合会虎の門病院放射線部  
3) 独立行政法人国立病院機構西埼玉中央病院放射線科（元 国家公務員共済組合連合会虎の門病院放射線部）

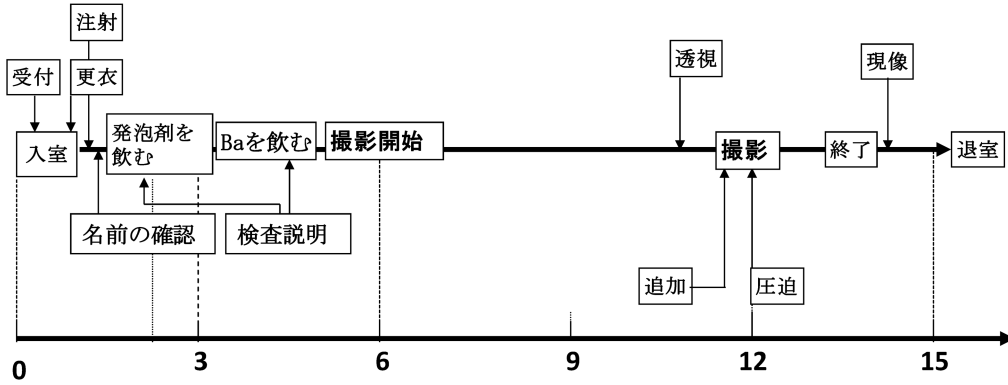


図1 バリウム検査の業務流れ図

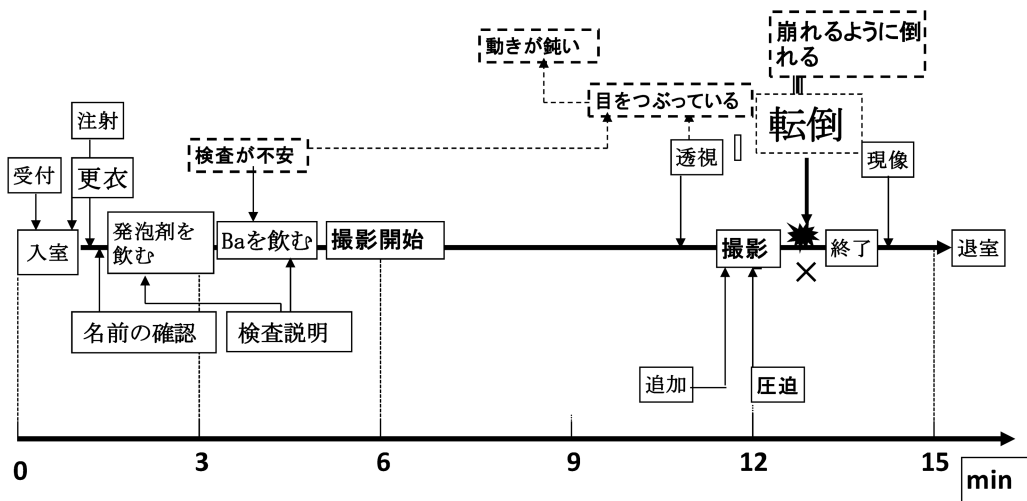


図2 バリウム検査事故時の業務流れ図

析を行い、事故対策の構築を行った事例を基に、「業務流れ図」を用いた分析手法の有効性を検証した。

## 2. 方法

### 2.1 材料：調査データ

本研究では、既に報告されているインシデント・アクシデント調査データ<sup>8)</sup>を用いた。このデータを基に病院機能評価機構報告書から類似例を抽出し、さらに筆者の経験を加えてモデル事例を作成した。

### 2.2 事前準備：「業務流れ図」(図1)の作成

業務手順書に沿った業務流れ図の作成：「業務流れ図」の中心横軸は患者の時間軸である。各医療従事者は業務マニュアルに沿って、全体像が判るように記入して作成した。

### 2.3 全体像からの逸脱条件の洗い出し手順

(事故当時の業務)

(1) 事故の状況を確認し、手順の変更があれば理由を含めて追記する(事故当事者とのインタビュー情報も含む)。ここでの記載事項は、マニュアル、手順書に記載されていない内容(暗黙の了承等)も確認する。

(2) エラーによる患者への影響は、エラーを起こした時点を(X)で示し、事故発覚時点を爆発マーク(\*)で示し、エラーが患者に影響を及ぼさない時間帯は点線、及ぼし始めたら実線で示す。(ただし、今回の事例においては、エラーを起こした時間と患者に影響を及ぼした時刻が同一であるため直線は記載されていない)

以上の条件に基づいたモデル図を(図2)に表す。

### 2.4 事故の概要

患者は初めての検査であることから緊張度は高く、患者は技師を直視していたと報告されている。患者は



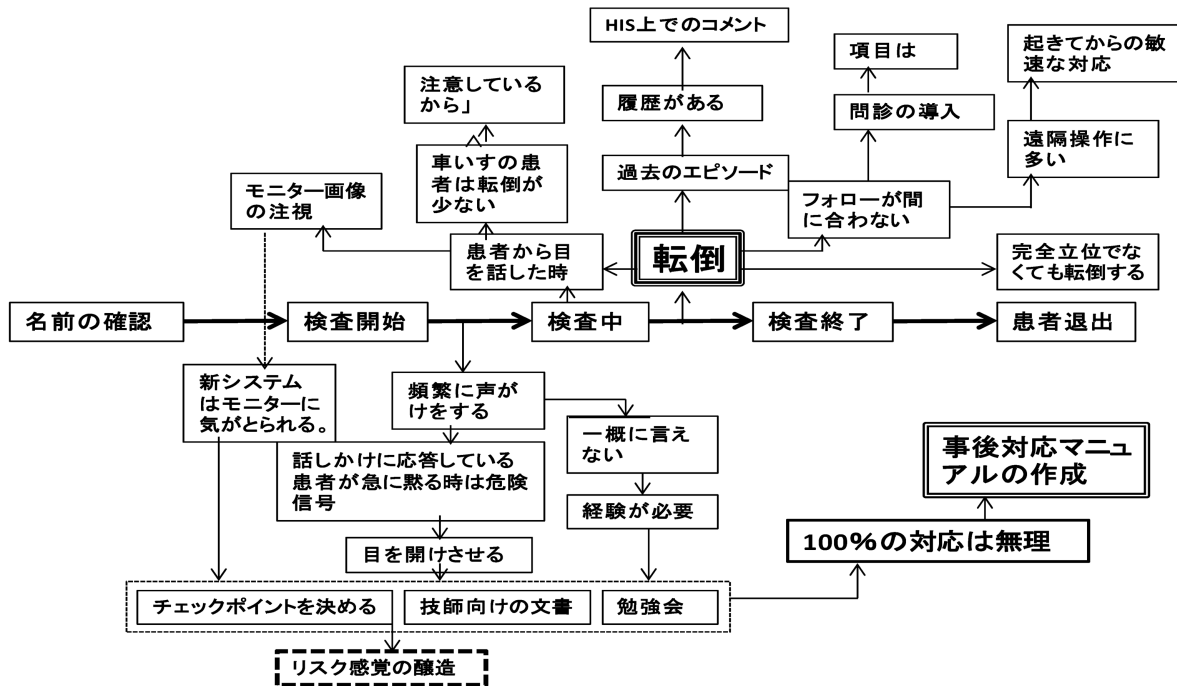


図3 業務流れ図による分析結果

液体バリウムと発泡剤（粉末状錠剤）を飲み、技師の指示に従って、撮影台で身体をローリングやピッチング（右向き、その後、正面を向き、左を向く。これを繰り返す）を行いながら10～15回の撮影を行った。検査後半には、患者の動きが徐々に鈍くなり、技師から指示に対する反応も悪くなっていった。患者は目を閉じたままであった。一通りの撮影を繰り返した後、胃の圧迫を行なうため、透視台を起立させた。透視台が80度近辺で、患者は踏み台から崩れるように転落した。

2.5 業務流れ図による分析（図3）

ここでの転倒における原因は虚血性発作によるものではないことは明らかである。発泡剤を患者に与えることにより、胃を急激に膨らませたことが原因と考えられる。以上の事故について、業務流れ図による分析結果を図3に示す。

モニター画面と患者の両方を見ながら撮影を行うことができるのは経験豊富な技師である。つまり患者が不穏な場合に検査中により患者を注視できるのは経験者である。このことから、経験の少ない技師は一度に3gの発泡剤を与えるのではなく二度に分けて患者に与えるべきであった。

3. 結 果

業務流れ図を用いた転落転倒の分析結果を（図4）に示す。

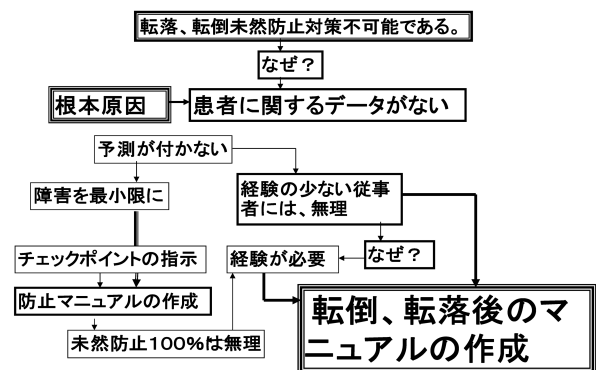


図4 分析結果からの事故対策案まで

検査中の胃の検査において事故を起こさないためには、経験豊富な技師に検査をさせるのも一法であるが現実的ではない。また、経験の少ない技師の場合、発泡剤を投与しないことも対策の一つとなる。しかしながら、診断に有効な画像を得る検査と考えた場合、有効的とはいえない。過去において転落歴がある患者は、要注意患者として注意深く胃の検査を行うことが可能であるが、新規患者に関しては、それは難しい。新規の患者のみを経験豊富な技師に回すことは可能である。

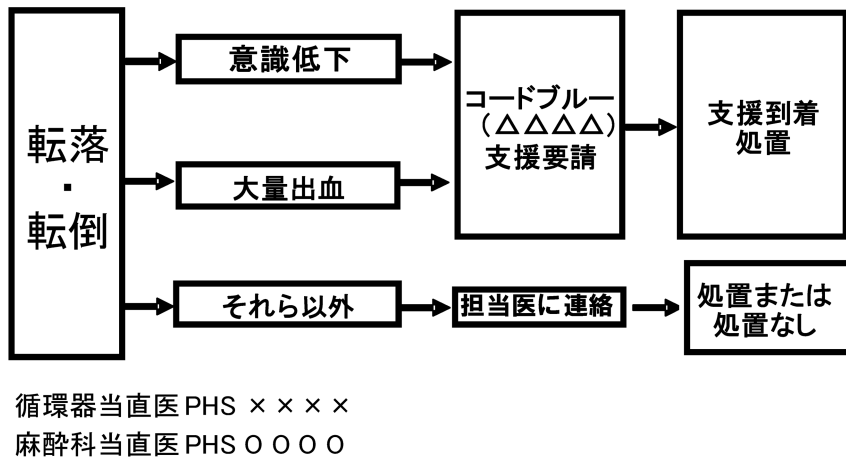


図5 転落・転倒対応フォローチャート

それでも限界はあり、転落の履歴のない患者が転落する場合もあり得る。発泡剤を少しづつ追加する手法も考えられるが、時間の経過とともにバリウムが小腸へと流れ、診断が難しい画像が映し出されることになる。

以上のことをふまえて、事故対応マニュアルの作成を行った。図5に転落転倒マニュアル基本形を示す。

#### 4. 考 察

従来から使用されている医療事故分析法は、原因が明確であり、新たなマニュアルを策定もしくは備品を装備することによってエラー回避できる場合にのみ有効であった。しかし、現実にはこのようなエラーはほとんどない。また、複合的なヒューマンエラーに対して効果が期待できず、再発を繰り返しているのが実情である。一般に業務システムは病院ごとに異なり、緊急体制、技師の経験年数、患者数、患者の状態、エラーの種類などにより様々である。

本研究で提案した時間分析法には従来の分析手法と異なる点は次の3点が挙げられる

- (1) 第一に日常業務と事故時の業務が区別できる。これまでの事故分析法では事故分析を行う際、エラー時の業務に重点を置きすぎることによって、日常業務（マニュアル、手順書）が分かりにくい。それは日常業務とエラー業務が混在しているためである。日常業務の手順が、エラーを誘発させる原因となる場合もある。またエラー行動だけではなく、前後の行動も業務システムの問題点を探るには必要不可欠である。よってエラー事象に拘るのではなく、再度業務の見直し

を行なうことは、日常業務の流れを検証し、業務手順、ルール、申し送り、患者チェック等全てにおいて見直しが可能である。

- (2) 第二に業務の流れの中で、何処でエラーが起きたのか、患者に被害を及ぼし始めたのが何処の時間帯なのかが判る。事故対策を考え実行するには、実行する為の時間が必要である。そして対策を実行する為に新たな時間を確保する事は、業務効率の低下を招き、新たな事故を誘発する要因ともなる。よって業務流れ図を用いることで何時、何処で対策行為を行う事ができるかを検討する事ができる。
- (3) 第三に患者被害状況を業務流れ図に挿入することができる。一般にエラーを起こしたことが、即患者被害を発生させるわけではない。患者に影響のない時間帯、すなわち潜在的危険時間帯である。この潜在的危険時間帯での事故対策を構築する事が可能である。

現在の医療におけるリスク管理は、目に見える視点のみリスク分析を行われている。新たな事故＝隠れたリスク（目に見えにくいリスク）は分析の対象となりにくい。多くの推論を導くためには、こうした目に見えにくいエラー（新たに起きる可能性のリスク）を推測し、対策を構築しなければならない。また業務流れ図は視覚に依存するため、各自が目指す時点での物事を捉えることができ、それらが漏れや抜けを防止するのに効果的であるといえる。現在使用されているマニュアルに不備（不十分なルール、手順）があれば、第一の表（マニュアルによる業務流れ図）と第二の表（報告された業務流れ図）を比較する事で業務

の全貌が見えてくる。これはシステム上の欠陥をも示唆するものである。しかし、手順書（マニュアル）の作成されていない業務（暗黙の了解等）においてはこれに対応し難い点もあるが、業務流れ図を用いることでこれらを明示することも可能である。

## 5. ま と め

バリウム検査で転倒するのは、一過性意識消失発作が起きるためである。この理由は、被検者がバリウムと発泡剤を飲むことによって起きる。バリウムは胃の中の粘膜を描出するためのものであり、発泡剤は胃を広げ、全体を描出するのが目的であり、胃検査には必要不可欠なものである。ここでは、胃のバリウム検査中に起きた転落事故事例を取り上げ、業務流れ図を用いた分析を行い、再発防止システムを提案した。

・利益相反なし

## 参 考 文 献

- 1) 公益財団法人日本医療機能評価機構 医療事故情報収集等事業. <http://www.med-safe.jp/>
- 2) J. Reason. ヒューマンエラー 監訳 ; 林喜男. 東京. 海文堂 : 2000.
- 3) 柳田邦雄. 医療事故の政府臨調を設けよ. 東京 : 現代, 2000 ; 39(9) : 46-66.
- 4) 厚生省健康政策局総務課. 横浜市立大学患者誤認事件. 東京 : ミクス, 1999.
- 5) Patient Safety Improvement/RCA 101 Training. Department of Veterans Affairs National Center for Patient Safety. 2005.
- 6) 河野龍太郎. 医療におけるヒューマンエラー. 東京 : 医学書院, 2005.
- 7) 小倉仁志. なぜなぜ分析徹底活用術 東京 : 日本プラントメンテナンス協会, 1997.
- 8) 熊谷孝三. 「放射線診療におけるリスクマネジメントの研究」日本放射線技師会雑誌, 46. 1-3, 1999.



## 資料

## 簡易型シンチレーションサーベイメータの簡易補正法

倉石政彦<sup>1)</sup>・倉石理佳<sup>2)</sup>・杉山和希<sup>3)</sup>

## Simple Correction Method for Simplified Scintillation Survey Meter

Masahiko KURAIISHI<sup>1)</sup>, Rika KURAIISHI<sup>2)</sup>, Kazuki SUGIYAMA<sup>3)</sup>

キーワード：簡易型シンチレーションサーベイメータ、簡易補正、測定回数、線量率依存

## I. はじめに

あらゆる測定に誤差が伴うことを回避することはできない。この誤差の要因としては、測定装置に付随する誤差、測定者の技術に起因する誤差、気温や気圧などの外部条件による誤差などがあり、誤差を許容範囲に収めるためには、必要にして十分な精度をもつ機器・技術を以って計測し、統計処理を施すことが求められる。また、測定結果を表示する際には、測定値に影響すると考えられる環境条件を付記するとともに、測定系に由来する誤差を明示するのが一般的である。

同一のものに対する測定であれば、測定回数を増すことにより算術平均値の精度を高めることは可能であるが、放射線計測においては、放射線の発生自体が確率的であることから、測定対象自体に不確かさが存在している。電氣的に発生されるエックス線であれ、原子核崩壊により放出されるガンマ線であれ、放射線は必ず統計的な変動をもって観測される。この統計的な揺らぎが偶然誤差（確率誤差、統計誤差ともいう）である<sup>1)</sup>。

2011年3月11に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う東北電力福島第一原子力発電所の事故により放出された放射性物質が広範囲に拡散し、福島県のみならず多くの地域で環境放射線の影響が危惧され、空間線量率の測定が現在も続けられている。空間線量率は、日本工業規格のエネルギー補償型のシンチレーション式サーベイメータに関する校正手法に準拠した方法で校正された測定器で測定することが求められる。日本工業規格に準拠した校正が困難な場合、これに準ずる簡

易な校正方法による校正を行い、補正した値を正しい測定値とすることが可能とされている<sup>2)</sup>。この校正が困難な場合とは、簡易型のシンチレーション式サーベイメータを用いる場合のことを指すものである。2011年3月から1年以上にわたり上記の校正済みシンチレーション式サーベイメータの入手が困難となったが、早急に除染対象地域の決定をするために多数の測定器が必要となり、構造等が比較的簡易で量産可能な簡易型サーベイメータが広く使用されることとなった。そこで、これらによる測定値を信頼性のあるものとするため簡易補正法が示されたのである。

簡易補正法は、基準となる校正済みのエネルギー補償型のシンチレーション式サーベイメータを用いた測定と同じ場所を5回測定し、対象機器による測定値の平均値に対する基準となる校正済み測定器により得られた測定値の平均値の比をとる方法であり、JIS4511において規定されている置換法とみなすことができる（実際、JIS4511の置換法の但し書きに「置換法には、ISO 4037-3に規定する被校正測定器と基準器とを同時に照射する方法及び照射装置の出力変動を監視するビームモニタを併用する方法を含める。」と記されている<sup>3)</sup>。

しかしながら、偶然誤差を考慮しなければならない放射線測定において5回の測定値の平均で十分とは考え難いが、2011年10月に文部科学省・日本原子力研究開発機構から通知された「放射線測定に関するガイドライン」では「1点での計測回数は1回」<sup>4)</sup>、翌2012年8月に日本電気計測器工業会放射線計測委員会が公開した「簡易的な環境放射線測定に関するガイドライン」

1) 群馬パース大学保健科学部放射線学科 2) 医療法人高柳会赤城病院 3) 医療法人五紘会東前橋整形外科

では「1点での測定回数は3回以上として、その平均値を測定結果とします」と記されている<sup>5)</sup>。以上のように、ある地点のある時刻における空間線量率として信頼に足る値とするための測定回数については必ずしも統一された明確な基準が示されている訳ではない。

また、シンチレーション検出器には、通常はそう大きくはない(1%程度)ものの、short term stabilityと称される特性がある<sup>6)</sup>。Short term stabilityはcount rate stability、計数率依存性とも称される特性であり、簡易型シンチレーションサーベイメータによる測定時には、線量率依存性として出現する。線量率依存性は、異なる線量率で異なる感度を示す特性である。補正係数は、感度の逆数に正比例する値であることから、short term stabilityは、線量率による補正係数の差が生じさせることになる。

これらのことを踏まえ、本研究では空間線量率を推定する際の測定回数及び簡易型シンチレーションサーベイメータの補正係数の線量率依存について検討する。

## II. 方 法

### II-1. 測定回数の検討

#### (1) 測定器

簡易型シンチレーションサーベイメータ  
 製造・販売：株式会社堀場製作所  
 品名：環境放射線モニタ PA-1000 Radi  
 Model：PA-1000  
 HGS No.：T4FYBVVWH  
 製造年月日：18-May-11

#### (2) 測定方法

異なる空間放射線量率を示す4地点において、地上1mの高さにおける空間線量率を10秒間隔で連続400回測定し記録する。なお、使用した簡易型シンチレーションサーベイメータは、過去60秒間の測定値の平均値を10秒間隔で表示する仕様となっている。

#### (3) 検討方法

各測定地点における連続する測定データ  $x_j$  について、次式により移動平均値群を求める。

$$m_{k,i} = \frac{1}{k} \sum_{j=i}^{i+k-1} x_j$$

ここに、 $k$  は平均を算出するデータ数、 $i$  は移動量で

あり

$$k = 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50$$

$$i = 1 \sim 400 - k + 1$$

とする。このとき、算出される平均値の数を  $n_5, n_{10}, \dots, n_{50}$  とする。

次に、連続データ数毎に算出した平均値と400回の全データによる平均値 ( $m_{400}$  とする) との偏差二乗平均を求める (次式)。

$$RMS_k = \frac{1}{n_k} \sum_{j=i}^{n_k} (m_{k,j} - m_{400})^2$$

上記の計算を各測定地点のデータに対して行い、得られた偏差二乗平均の変化から、許容可能と考えられる測定回数を検討する。

### II-2. 補正係数の線量率依存の検討

#### (1) 使用測定器

基準とする測定器

製造・販売：日立アロカメディカル株式会社  
 品名：空間線量率測定器  
 型名：TCS-172B  
 SN：201V6294 検出器 SN：20189095  
 校正日：2012年4月11日、2014年8月20日、2016年8月31日

校正定数：(3回とも)  $1 \mu \text{ Sv/h}$  において0.98

検討対象測定器

対象機種9台すべて、株式会社堀場製作所製の環境放射線モニタ PA-1000である。

製造番号、製造年月日を表1に示す。

表1 検討対象測定器

測定器番号	HGS No.	製造年月日
①	T4FYBVVWH	2011/5/6
②	JSPS12SA	2011/5/18
③	3K9GXWP9	2011/7/1
④	DXPAVMR0	2012/3/29
⑤	JH2E3RWD	2012/3/29
⑥	NCF205V7V	2011/11/8
⑦	TTWY4DFP	2011/11/8
⑧	C5V04SM0	2011/11/10
⑨	2P6HVJ05	2011/11/1

測定器番号①～③は、任意団体Aが所有・保管し、比較的高頻度(年間約200時間)で測定に使用している。

また、測定器番号④～⑨は、任意団体Bに所属する個人所有の測定器であり、使用頻度は高くはない（年間約50時間）。任意団体Aに所属する我々は、簡易補正法により補正係数を算定しているが、他者からの測定依頼、測定器の補正依頼も行っている。依頼を受ける際にデータ利用の許諾を得ており、本研究では継続して補正係数を算定した9台を検討対象とした。

## (2) 測定方法

基準とする測定器及び検討対象測定器を用いて、異なる空間放射線量率を示す5地点において、地上1mの高さにおける空間線量率を10秒間隔で20回測定した。

## (3) 検討方法

基準とする測定器による測定結果の平均値に校正定数を乗じることにより、当該地点の空間線量率とする。この値を対象測定器による平均値で除した値を当該測定器の補正係数とする。任意団体Aの測定結果から、空間線量率が異なる地点で同様の測定を行い、異なった空間線量率における補正係数を算出する。

この測定及び補正は同様の方法で2012年にも実施しており、2017年の結果と合わせて検討する。なお、測定器番号①～③については、2013年、2015年にも補正係数を算出しており、これらも検討対象データとする。

なお、各年の測定地点は、異なる空間線量率の地点を採用したため必ずしも同一ではない。また、2013年以降の測定は5地点で行ったが、2012年は高線量率地

点を含む7地点での測定結果を検討対象とした。

## Ⅲ. 結 果

### Ⅲ-1. 測定回数

全400回の測定データを図1に示す。空間線量率(単位は $\mu\text{Sv/h}$ )は、上から順に $0.228 \pm 0.008$ 、 $0.162 \pm 0.006$ 、 $0.106 \pm 0.003$ 、 $0.069 \pm 0.003$  (平均値 $\pm$ 標準偏差)である。

何れの空間線量率においても大きなトレンドは見られないが、全体的な標準偏差の違いに加え、平均空間線量率の高い測定値において区分的な振幅の差が視認できる。

これらのデータから算出した測定回数別の平均値の偏差二乗平均及び次式による変化率( $r_{k,i}$ )を図2-a, b, c, dに示す。縦軸は、第一主軸が偏差二乗平均値、第二軸が変化率である。

$$r_{k,i} = \frac{RMS_{k,i-1} - RMS_{k,i}}{RMS_{k,i-1}}$$

何れの線量率においても偏差二乗平均は、データ数の増加により減少し、15回までの減少は急激であり、30回以上での変化は緩やかであることがわかる。

一方、偏差二乗平均の変化率は、測定回数に対して減少傾向は認められるが、その減少率は必ずしも一様ではない。

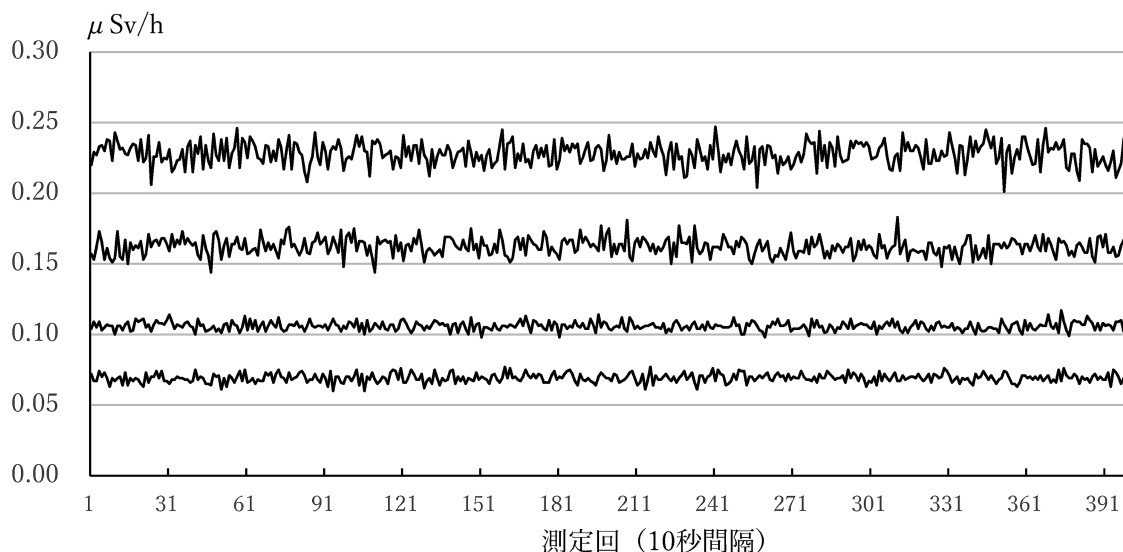


図1 簡易型シンチレーションサーベイメータによる異なる4地点の空間線量率の測定値

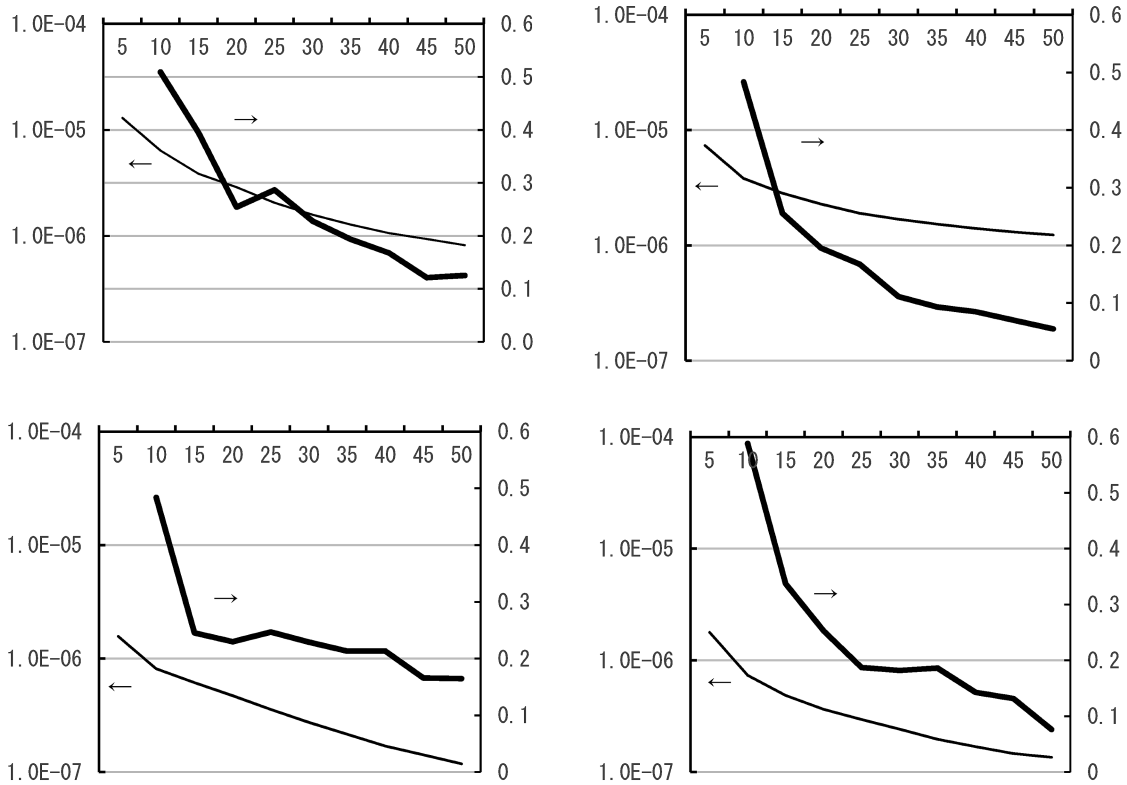


図2 平均値を算出する際の測定回数による偏差二乗平均とその変化率

a	$0.228 \pm 0.008 \mu \text{ Sv/h}$	b	$0.162 \pm 0.006 \mu \text{ Sv/h}$
c	$0.106 \pm 0.003 \mu \text{ Sv/h}$	d	$0.069 \pm 0.003 \mu \text{ Sv/h}$

いずれのグラフにおいても  
 横 軸 測定回数  
 第1縦軸 偏差二乗平均 (対数目盛) —— (細線)  
 第2縦軸 偏差二乗平均の変化率 —— (太線)  
 である。

### Ⅲ-2. 補正係数の線量率依存

測定器番号①～③及び④～⑨の2012年の空間線量率による補正係数の違いを図3-a, bに示す。いずれの測定器においても $0.1 \mu \text{ Sv/h}$ 前後の空間線量率において補正係数の大きな谷がみられる。

同様に求めた2017年の補正係数(図4-a, b)では、この傾向は必ずしも明確ではない。

測定器番号①～③についてのこの間の補正係数(図5-a, b)の変化からも一定の傾向を読み取ることは困難である。

## IV. 考 察

### IV-1. 測定回数の検討

空間線量率が通常でもゼロでないのは、宇宙線、大地の岩石及び大気中のラドンが主な放射線源となっているからである。2011年以降の日本、とりわけ東日本においては、原子力発電所事故由来の放射性同位元素がこれらに付加される形となっている。少なくともこの付加された放射線は、原子核崩壊という確率的事象で発生する放射線であり、原理的にポアソン分布となる崩壊現象に伴うものである。このため本研究においては、10秒間隔で400回、トータル1時間超の測定による平均値を当該地点の信頼に足る空間線量率とした。また、低線量率では、そもそもの測定データの標



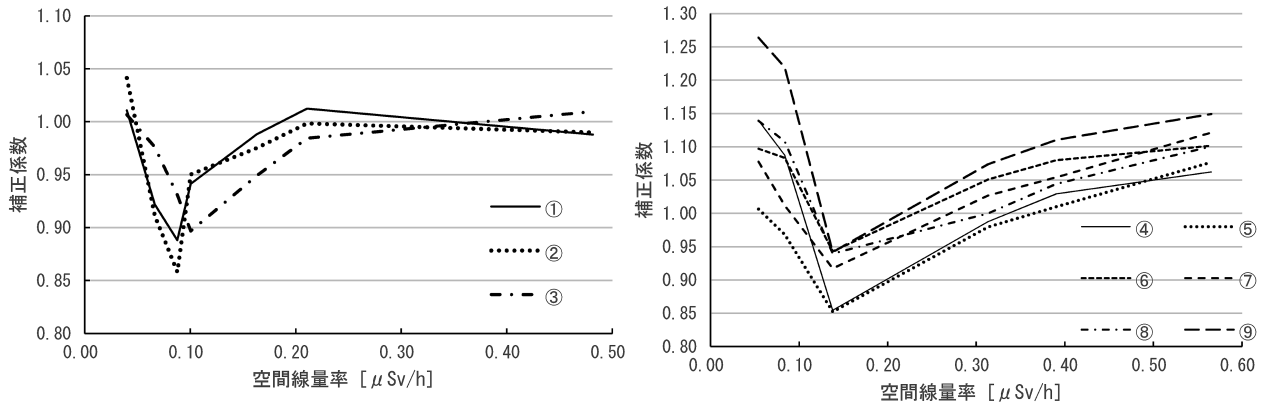


図3 補正係数の線量率特性 (測定: 2012年5月)  
 a (左図) 製造: 2011年5月 (①, ②), 7月 (③)  
 b (右図) 製造: 2011年12月 (⑥~⑨), 2012年3月 (④, ⑤)

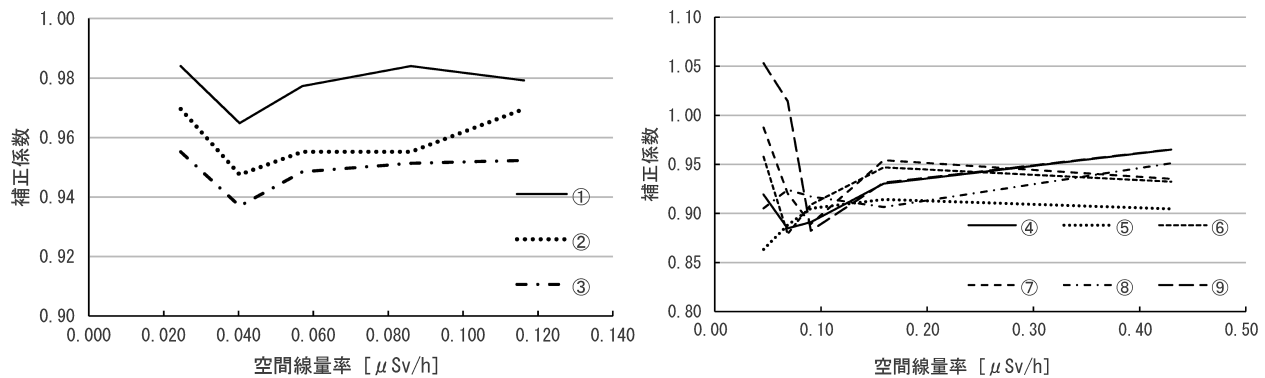


図4 約5年後の補正係数の線量率特性 (測定2017年9月)  
 a (左図) 年間使用時間: 約200時間  
 b (右図) 年間使用時間: 約50時間

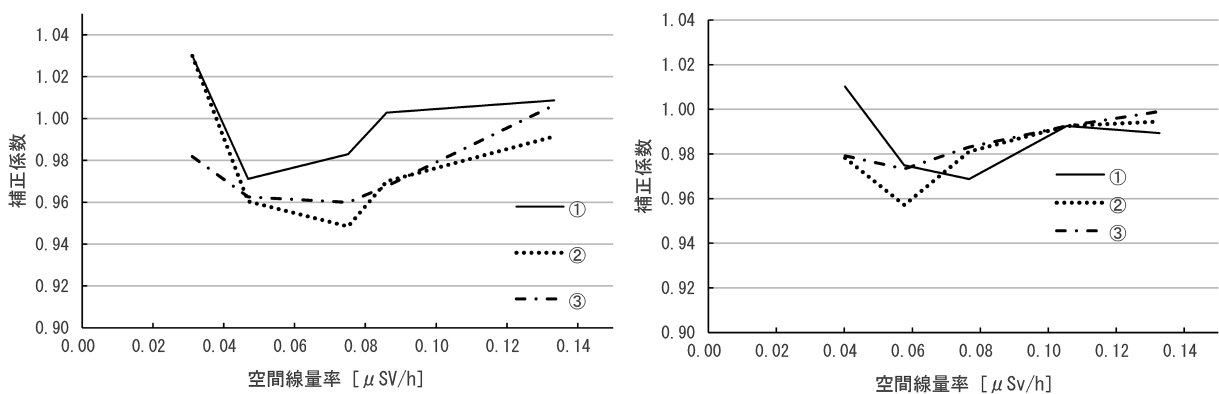


図5 1年後, 3年後の補正係数の線量率特性補正係数の変化  
 a (左図) 測定: 2013年5月  
 b (右図) 測定: 2015年5月

準偏差が小さいため偏差二乗平均も小さいが、測定結果からその変化率は線量率によらないと判断できる。

これらのことから、当該地点の信頼に足る空間線量率とした400回の平均値に対する偏差二乗平均の変化

について検討することとした。

変化率が減少する測定回数を図2から求めると、20回程程度の測定による平均値を採用することが望ましいのではないかと考えられる。いずれの空間線量率にお

いても20回以上で変化率は0.2程度となり変化率の減少が少なくなっていることが根拠である。また、20回以上の測定による平均値と400回測定による平均値の差は、いずれの線量率においても1%未満であった。

今回のデータにおいては、測定値の標準偏差が相対的に大きい高空間線量率において25回で上昇に転じていることから一般性があるとは言えないが、20回程度の測定回数でよいものと判断した。

満足する測定回数に違いがあるかどうかを検討するためには、同程度の線量率を示す多地点の測定データによる検討が必要と考える。

#### IV-2. 補正係数の線量率依存

測定器番号①～③における2012年の補正係数は、空間線量率が0.05～0.25  $\mu\text{Sv/h}$  の間で15%程度の違いがみられる。⑨においては25%もの違いが認められる。すなわち、シンチレーション検出器としての short term stability で想定されるよりも大きな線量率依存性が簡易型シンチレーションサーベイメータには存在すると考えられる。これは実際に測定する際にも経験することであり、十分な配慮が必要である。

上記(異なる線量率での補正係数が25%という状況)とは異なるが、環境省が定めた除染関係ガイドラインにおいて「補正係数が20%を超える場合(0.8未満, 1.2超)、その測定器には十分な信頼性がないものとみなす」とされている<sup>2)</sup>。現実に販売されている測定器の中には、非常に異なる特性を持った測定器があり、線量率に対する補正係数がほぼ直線的に増加するものも見られた(図6)。この測定器は補正係数が1.2を超えているため、今回の検討対象から除外した。①～⑨の測定器は、線量率による補正係数に差はあるが、0.8から1.2の間に収まっていることから実用に耐える測定器と判断できる。

次に、補正係数の線量率依存の経年変化について検討する。2012年における線量率依存は、9台とも似たようなグラフ形状を示しているが、5年後の線量率依存は、測定器番号④～⑨については同傾向であるが、測定器番号①～③では、かなり異なったグラフ形状を示している。シンチレーション検出器の short term stability は、主に光電子増倍管の電子軌道の問題と考えられており<sup>6)</sup>、シンチレータ自体の特性ではないと考えられる。また、測定器番号①～③は、ほぼ同様の使用状況、保管状況であり、使用者は環境測定に熟練した数名に限定され、線量率特性の変化は通電時間

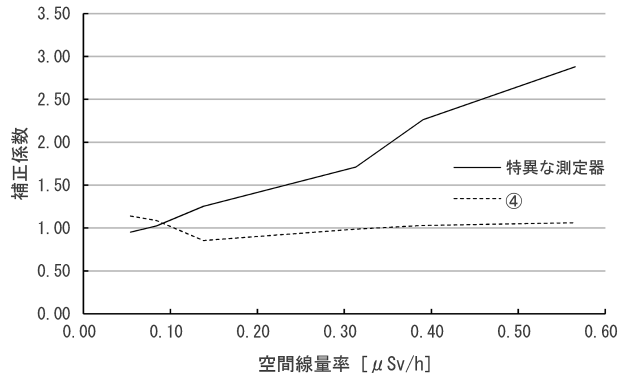


図6 特異な補正係数を示した測定器 (④との比較)

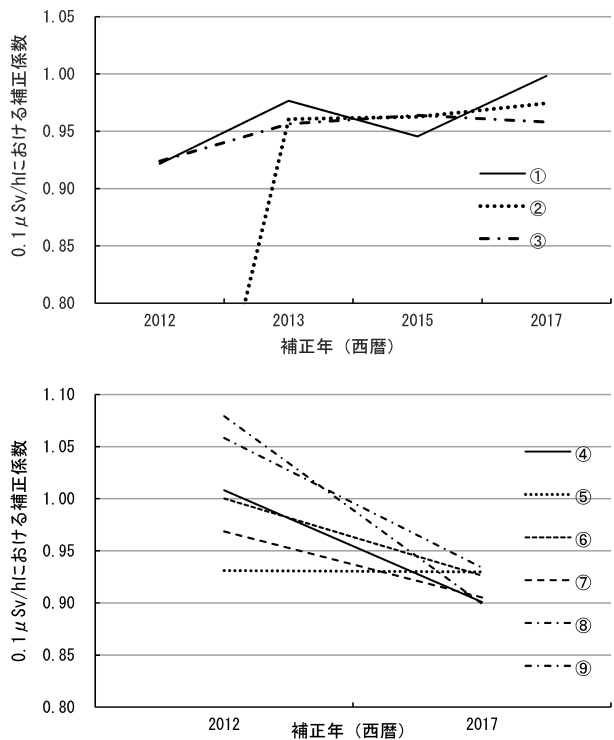


図7 0.1  $\mu\text{Sv/h}$  における補正係数(内挿値)の変化  
 a (上図) 製造: 2011年5月 (①, ②), 7月 (③)  
 b (下図) 製造: 2011年12月 (⑥～⑨), 2012年3月 (④, ⑤)

とも無関係であり、製造年月日との相関も認められない。

これらのことから、製造初期においては製造元のコントロールが効いているものの、使用することによりシンチレータ以外の構成部の変化により、補正係数の線量率特性は個別の変化を示したものと判断した。

最後に、一定の空間線量率における補正係数の変化

を検討するため、 $0.1 \mu\text{Sv/h}$ における補正係数を内挿法により算出した(図7-a, b)。④~⑨の測定器においては、概ね補正係数が小さくなり、 $0.90\sim 0.94$ 程度であった。①~③では、必ずしも同様ではないが、概ね増加し、 $0.97$ 程度であった。しかし、傾向を論じられるほどにデータ量は多くないため今後の継続的測定が必要と考える。

## V. 結 論

簡易型シンチレーションサーベイメータにより空間線量率を測定しようとする際には、簡易補正であれ線量場の測定であれ、確度の高い測定値を得るためには、20回以上(あるいは3分以上)の測定が必要と考えられる。

また、簡易型シンチレーションサーベイメータには線量率依存性があり、使用範囲の空間線量率における数点で補正係数を求めておくことが必要である。

更に、簡易型シンチレーションサーベイメータの場合、補正係数の経時的変化が必ずしも一定の傾向を持つとは言えず、正しく測定するために定期的な校正及び補正が必要であることが確認された。

本研究が簡易型シンチレーションサーベイメータの正しい利用に役立てば幸甚である。

### 利益相反

本論文内容に関連する利益相反事項はない。

### 謝 辞

測定に際して、測定環境をご提供くださった群馬県内の学校及びその近隣の方々に感謝いたします。

## 参考文献

- 1) 前川昌之. “測定値の処理”. 診療放射線技師 スリムベーシック 放射線計測学. 福祉政広編. 東京, メジカルビュー社, 2009, p79-80.
- 2) 環境省. 除染関係ガイドライン. 第2版, 東京, 環境省, 2013, p1-17
- 3) 経済産業大臣. “日本工業規格 Z 4511 : 2005 照射線量機器, 空気カーマ測定器, 空気吸収線量測定器及び線量当量測定器の校正”. 更新日時不明. <http://kikakurui.com/z4/Z4511-2005-01.html>. (参照 2017-11-15)
- 4) 文部科学省・日本原子力研究開発機構. “放射線測定に関するガイドライン”. 更新日時2011-10-21. [http://www.kantei.go.jp/jp/tyoukanpress/201110/\\_icsFiles/afieldfile/2011/10/21/21shiryou02.pdf](http://www.kantei.go.jp/jp/tyoukanpress/201110/_icsFiles/afieldfile/2011/10/21/21shiryou02.pdf). (参照 2017-11-15)
- 5) 一般社団法人 日本電気計測器工業会 放射線計測委員会. “簡易的な環境放射線測定に関するガイドライン”. 更新日時2012-8-30. [http://www.jemima.or.jp/assets/files/kankoubutsu/guideline/SimpleMeasurementOfRadiation\\_Guideline.pdf](http://www.jemima.or.jp/assets/files/kankoubutsu/guideline/SimpleMeasurementOfRadiation_Guideline.pdf). (参照 2017-11-15)
- 6) 浜松ホトニクス株式会社 編集委員会. 光電子増倍管—その基礎と応用—. 第3 a 版 (PDF 版), 静岡県, 浜松ホトニクス株式会社, 2007, p165. (ダウンロード 2017-11-15)



その他

## 第20回流星祭企画オープン・スクール実施報告

徳重佑美子<sup>1)</sup>・酒井健一<sup>1)</sup>・坂本重己<sup>1)</sup>  
山岸貴子<sup>2)</sup>

### Open-School Working Report on Gunma PAZ University School Festival 2017

— School of Radiological Sciences —

Yumiko TOKUSHIGE<sup>1)</sup>・Kenichi SAKAI<sup>1)</sup>・Shigemi SAKAMOTO<sup>1)</sup>  
Takako YAMAGISHI<sup>2)</sup>

キーワード：放射線学科、学生教育、放射線

#### 1. はじめに

平成29年10月28日(土)、29日(日)に、流星祭の一企画としてオープン・スクールが実施された。放射線学科では、放射線実習エリア（4号館3階）にて「診療放射線技師のお仕事紹介」をテーマに、放射線機器の展示説明と共に、5種の公開実験を学生（スタッフ計12名）主体にて実施した。なお、公開実験に先立ち、スタッフとして担当する1年生には教員より実験の内容・方法の講義および事前実験指導を行った。当日は、テーマ毎に担当者が作成した展示説明および公開実験が行われ、終了後には来場者に無記名のアンケートを実施した。

本報告は、アンケート結果を基に、来場者及び学生スタッフの意見や感想を整理し、実施内容の検証と今後の課題について検討することを目的とした。

#### 2. 方法

放射線実習エリア（4号館3階）で行われたオープン・スクールは、以下の企画で行われた。オープン・スクールのテーマは診療放射線技師の仕事紹介であり、白衣を着用した1年生による5種類の展示説明と公開実験が行われた。

#### 2-1 企画の具体的なテーマ

- テーマ(1) X線TV装置<sup>1</sup>：装置・検査法の説明、画像提示
- テーマ(2) CT装置<sup>1</sup>：装置・検査法の説明、画像提示
- テーマ(3) X線撮影装置<sup>2</sup>：装置・撮影法の説明、蛍光板を用いたX線照射
- テーマ(4) 霧箱<sup>3</sup>：霧箱を用いた放射線の可視化実験
- テーマ(5) 放射線量測定<sup>4</sup>：サーベイメータによる自然放射線測定

また、会場内では、展示・実験とは別に①放射線の歴史、②放射線と放射能の違い、③放射線被ばくによる影響等を説明したカラー・パネル（日本診療放射線技師会より貸与）を会場内の壁に掲示し、放射線に関する説明を行った。担当分野は、各実験とパネル説明でそれぞれ2名ずつが配置され、2時間にわたって行われた。

#### 2-2 アンケートについて

来場者には会場出口にて、学生スタッフにはオープン・スクール終了後に、研究の目的及び調査内容、方法等を口頭で説明し、アンケート用紙（来場者用と学生スタッフ用）（表1）を配布した。また、アンケー

1) 群馬パース大学保健科学部放射線学科 2) 日本医療科学大学保健医療学部看護学科

表1 オープン・スクール アンケート設問

<p>オープン・スクール アンケート設問 (来場者用)</p> <p>1. 性別 (男性、女性)</p> <p>2-1 職業 (学生) : (看護、臨床検査、理学療法、臨床工学、放射線、その他)</p> <p>2-2 職業 (一般) : (会社員、主婦、その他)</p> <p>3. 放射線学科の展示説明会に関する意見、感想 (大変興味があった、興味があった、普通、難しかった、その他)</p> <p>4. 特に興味があった展示とその感想 (複数回答可) (カラーパネル、X線 TV 装置、CT 装置、X線撮影装置、霧箱、放射線量測定)</p> <p>5. 学生の説明対応はどうだったか (大変理解できた、理解できた、普通、分からなかった、全く理解できなかった)</p> <p>6. 今後どのような内容をやってほしいのか (自由記載)</p>
<p>オープン・スクール アンケート設問 (学生用)</p> <p>1. 性別 (男性、女性)</p> <p>2. 放射線学科の展示説明会に関する意見、感想 (大変興味があった、興味があった、普通、難しかった、その他)</p> <p>3. 実際に担当した分野と苦労したこと (カラーパネル、X線 TV 装置、CT 装置、X線撮影装置、霧箱、放射線量の測定、受付)</p> <p>4. 来場者からの質問の有無とその内容 (有り、無し)</p> <p>5. 今後どのような内容をやってほしいか (自由記載)</p> <p>6. 今後の大学教育に役立ちそうか (大いに役に立つ、役に立つ、役に立たない)</p> <p>7. 説明はうまくいったか (大変うまくいった、うまくいった、普通、良くなかった、不明)</p> <p>8. 展示説明会の感想 (自由記載)</p>

ト配布の際に、回答は本人の自由意思であり、回答しないことによる不利益がないこと、アンケート用紙の回収をもって調査への同意ありと判断すること等も説明した。回収方法は、来場者は匿名性確保・紛失防止のため、即日会場受付に設置した回収箱への投函、学生スタッフは、匿名性確保・自由意思の尊重のため、期限を設定し回収箱への提出とした。本調査については、群馬バース大学倫理審査委員会の承認を得た(承認番号:PAZ17-31)。

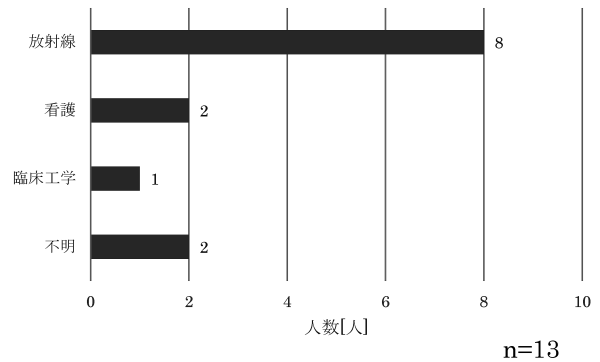


図1 来場した学生数 (学科別)

3. 結 果

総数約60名の来場者のうち、個人またはグループ代表者48名から回答を得た。また、学生スタッフからは、12名の回答を得た。アンケート結果を以下(図1~7)に示す。

3-1 来場者意見

(1) 来場者の学科別学生数と職業 (図1、2)

学生来場者の半数以上が放射線学科の学生であり、検査技術学科・理学療法学科学生の来場者はいなかつ

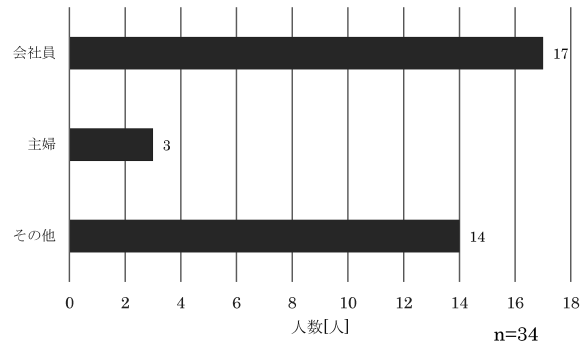


図2 一般来場者の職業

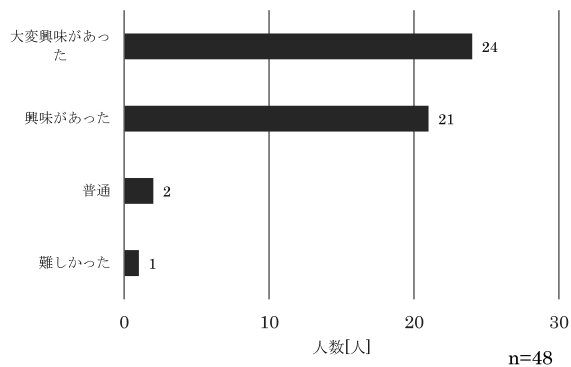


図3 放射線学科の展示説明会に関する意見・感想  
(来場者)

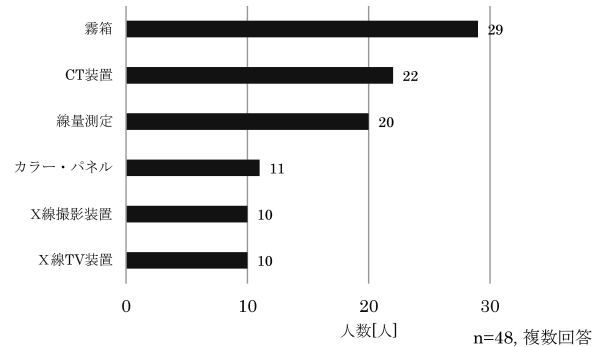


図4 特に興味があった展示 (来場者)

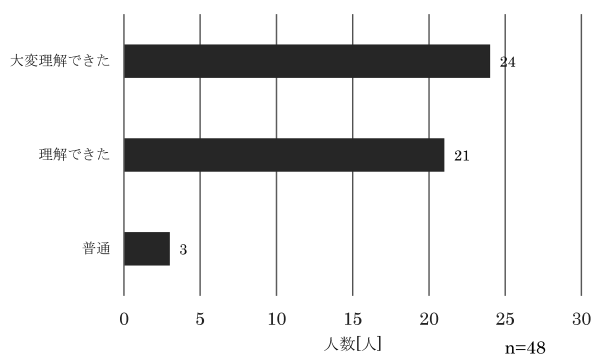


図5 学生の対応について (来場者)

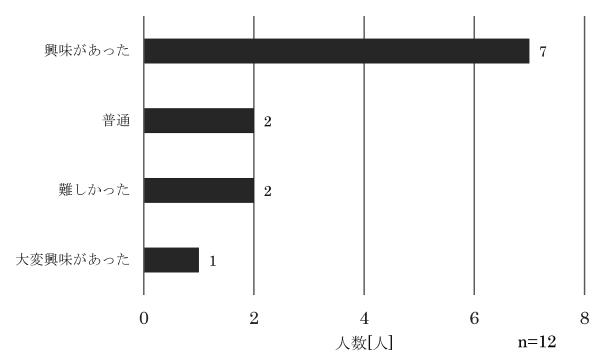


図6 放射線学科の展示説明会に関する意見・感想  
(学生スタッフ)

た。一方、一般来場者の多くは会社員であった。

## (2) 放射線学科の展示説明会に関する意見・感想 (図3)

「大変興味があった (24名)」が最も多く全体の半数を占め、「興味があった (21名)」と合わせて9割を超えた。また、意見・感想としては、①「新しく知った情報があった」、②「学生さんが頑張って説明していたのが良かった」など好意的なものが多かった。

## (3) 特に興味があった展示 (図4)

①霧箱、②CT装置、③線量測定に人気が集まった。

## (4) 学生の対応はどうだったか (図5)

「大変理解できた (24名)」と「理解できた (21名)」が多く、全体で9割を超えた。「分からなかった」、「全く理解できなかった」の回答はなかった。また、感想として、①「一生懸命に対応している姿は初々しかった」、②「図や説明の工夫がみられ理解しやすかった」、

③「質問に分かりやすく答えてくれた」など好意的なものが多かった。

## (5) 今後やってほしい課題

①「装置が実際に動いているところを見たい」、②「簡単に安全な装置の操作をやってみたい」などの要望・希望があった。

## 3-2 学生スタッフ意見

### (1) 放射線学科の展示説明会に関する意見・感想 (図6)

「興味があった (7名)」と回答した学生が最も多かった。主な感想は、①「まだ基礎しかやっていないが、先生に聞いたり自分で調べたり、機器に触れることができ良い経験になった」、②「説明しても良く分からないといった意見が多く、一般の方に分かるように説明するのが難しかった」であった。

### (2) 学生が受けた質問

主な質問は、①「CTとMRIの違い」、②「胸部X

線画像の肺に写った血管や気管支について、③「霧箱がなぜノーベル物理学賞を受賞したか」であった。

(3) 今後の大学教育に役立ちそうか

「大いに役立つ」と「役立つ」の回答が半数ずつ（各6名）であり、感想は、①実際に見て、操作できたので勉強の時イメージしやすい、②「将来自分たちが使うものなので、これから知識を増やして今回疑問だったところを学習していきたい」などであった。

(4) 今後どのようなことをやってほしいか

①「実験や実演」、②「参加者が体験できること」などの要望・希望が挙げられた。

(5) 説明はうまくいったか（図7）

「うまくいった（7名）」との回答が最も多かったが、「普通（2名）」や「不明（3名）」との回答もあった。意見・感想は、①「お客さんに説明するために調べたことで自分が良く理解できた」、②「説明するのは難しかったが達成感があった」、③「貴重な経験が出来て良かった」などが挙げられた。

4. ま と め

来場者から放射線を実際に見ることや、身近に放射線が存在していると実感できる企画に多くの賛同が得られた。また、①学生スタッフの説明が分かりやすく、②展示内容が来場者にとって身近なものだった、とまとめることができた。

学生スタッフから得られたアンケート結果からは、公開展示前の不安や準備の大切さ、説明（知識）不足への苦悩、事後の喜びや反省など、実に多彩であった。学生スタッフは、このオープン・スクールにより新た

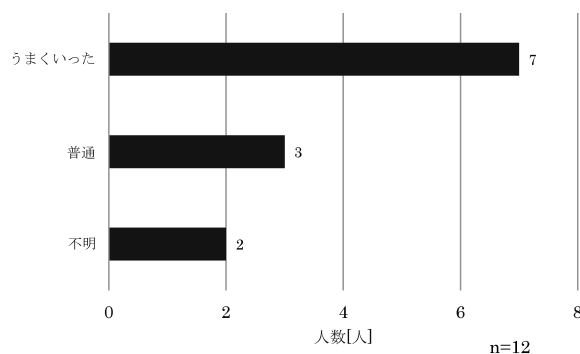


図7 説明はうまくいったか（学生スタッフ）

な視野を広げ、成長したことがうかがえる。したがって、この結果を基に、次年度は学生が自ずから考え計画を立て来場者の対応ができるよう指導したい。なお、今回人気の低かった企画に関しては、工夫を凝らした新たな対応が必要であると考えられる。

参 考 文 献

- 1) 青柳泰司, 安部真治, 小倉 泉, 根岸 徹, 沼野 智一. 改訂新版 放射線機器学 (I) — 診療画像機器 —. 青柳泰司, 安部真治編. 東京, コロナ社, 2015, p.104-124, 211-232.
- 2) 日本診療放射線技師会編. 身近な放射線の専門家 — 診療放射線技師のことがわかる本. 2013, p.1-15.
- 3) 鳥井寿夫. 液滴の魔術 — ウィルソンの霧箱とニュートンの虹 —. 現代科学. 2017, no.559, p.24-27.
- 4) 日本放射線技師会編. 知らないことだらけの放射線被ばく — 医療被ばくの専門家である診療放射線技師が答える —. 東京, 医療科学社, 2013, p.1-104.



# 群馬パース大学紀要投稿規程

## (資格)

第1条 群馬パース大学紀要（以下「紀要」という。）に投稿することができる者は、次に掲げる者、及びこれらの者と共同研究を行っている者とする。

- (1) 群馬パース大学の教員
  - (2) 群馬パース大学附属研究所研究員
  - (3) 群馬パース大学の卒業生、研究生、大学院生、大学院修了生
  - (4) 群馬パース大学関連医療機関・施設の従事者
- 2 前項とは別に、委員会は、必要に応じて特別のテーマについて原稿を依頼することができる。この場合は、原則として総説に準じた扱いとする。

## (発行)

第2条 紀要は、年1回以上発行する。

## (投稿原稿の種類)

第3条 投稿原稿の種類は、次のとおりとする。

- (1) 投稿は、群馬パース大学の学術研究の発展に寄与する総説、原著論文、研究ノート、資料、事例報告、その他（書評、資料紹介など）のいずれかとし、未発表のものに限る。
- (2) 総説とは、研究の動向、成果など当該分野の研究の全般について広く解説するものとし、図表・注等一切を含め20,000字以内とする。
- (3) 原著論文とは、新しい価値ある理論・結論あるいは事実を含むと認められるものとし、12,000字以内とする。
- (4) 研究ノートとは、論文として十分な結論を得るに至らないが、限定された部分についての知見・発見や新たな実験方法などによる速報的な内容をもつものとし、8,000字以内とする。
- (5) 資料とは、調査、統計、文献検索、実験などの結果の報告で、研究の資料として役に立つものとし、12,000字以内とする。
- (6) 事例報告とは、注目すべき事例の記述や、先行の研究成果や方法を実践に適用して得られた結果を記述したものとし、8,000字以内とする。
- (7) その他とは、紹介、翻訳、書評、随筆などで、4,000字以内とする。
- (8) 上記の原稿の区分は、投稿者が行うが、群馬パース大学研究委員会紀要部会（以下「紀要部会」という。）が区分およびそれに伴う必要な変更を求めることがある。

## (投稿の手続き)

第4条 投稿の手続きは、次のとおりとする。

- (1) 投稿原稿は、群馬パース大学紀要投稿に関するガイドラインに従って作成したものでなければならない。群馬パース大学紀要投稿に関するガイドラインは別に定める。
- (2) 投稿から掲載までにかける期間（編集等に要する期間）は、原則1年以内とする。
- (3) 投稿原稿がきめられた枚数を超える分については、投稿者の実費負担とする。
- (4) 英文投稿、英文要旨については、校閲を受けたものを提出する。その際、校閲を受けたことを証明できる書類（校閲証明書、領収書等のコピー）を添付する。

(審査および採否)

第5条 原稿の審査および採否は、査読を経て紀要部会において決定する。

(校正)

第6条 校正は、初校から校了まで投稿者の責任とする。また、校正時における内容の変更や追加は、認めない。

(別刷り)

第7条 別刷りは、30部とする。なお、30部を超える別刷りに要する費用は、投稿者の負担とする。

(著作権)

第8条 紀要に記載された論文等の著作権は、群馬パース大学に帰属する。

(論文掲載証明書)

第9条 本紀要に採用が決定し、掲載予定の論文に対して、本人の求めに応じ、「論文掲載証明書」を発行する。

(改 廃)

第10条 この規程の改廃は、教授会の議を経てこれを行う。

附則 この規程は、平成10年12月2日から施行する。

この規程は、平成12年9月1日から施行する。

この規程は、平成12年9月11日から施行する。

この規程は、平成17年4月1日から施行する。

この規程は、平成17年10月19日から施行する。

この規程は、平成23年4月1日から施行する。

この規程は、平成23年1月18日から施行する。

この規程は、平成24年4月1日から施行する。

# 群馬パース大学紀要投稿に関するガイドライン

## I. 執筆要項

### 1. 執筆の形式

- 1) 投稿原稿は、横書きとし、パーソナルコンピューターを使用して作成する。
- 2) 入稿時のファイル保存形式はワード、エクセル、PDF で保存されたファイルに限る。
- 3) 和文原稿はA 4判用紙に40字×30行、英文原稿はA 4判用紙に20行ダブルスペースで片面印刷する。
- 4) 字句・叙述は完結・明確にして常用漢字・現代仮名遣い・算用数字を原則として用いるが、専門分野によってはこの限りでない。
- 5) 英数字は原則として半角を用いる。
- 6) 文中に元号と西暦は混用せず、一方又は両方を記載する。

### 2. 提出書類

#### 1) 添付票

群馬パース大学学内グループウェア上の共有ファイル (Word 文書)に入力する、もしくは紀要の巻末ページをコピーして作成する。

#### 2) 論文

「本文」のフッターには連続のページ番号を、「要旨等」と「本文」の各ページには行番号を付与する。

##### (1) 要旨等

【和文の総説及び原著論文の場合】

- ・和文表題、400字程度の和文要旨、和文キーワード（5個以内）をつける。
- ・英文表題、250字程度の英文要旨、英文キーワード（5個以内、固有名詞・略語等を除き小文字とする）をつける。

例)

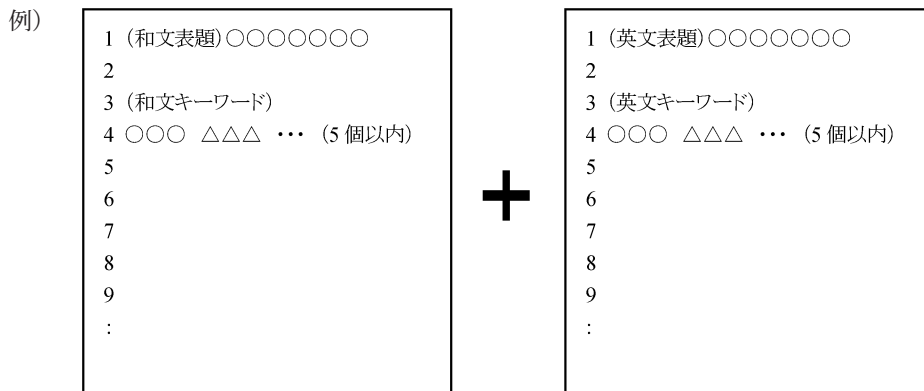
1 (和文表題)○○○○○○○
2
3 (和文要旨)×××……………××
4 ×××……………××
5 ×××……………××
6 ×××(400字程度)
7
8 (和文キーワード)
9 ○○○ △△△ …… (5個以内)
:

+

1 (英文表題)○○○○○○○
2
3 (英文要旨)×××……………××
4 ×××……………××
5 ×××……………××
6 ×××(250ワード程度)
7
8 (英文キーワード)
9 ○○○ △△△ …… (5個以内)
:

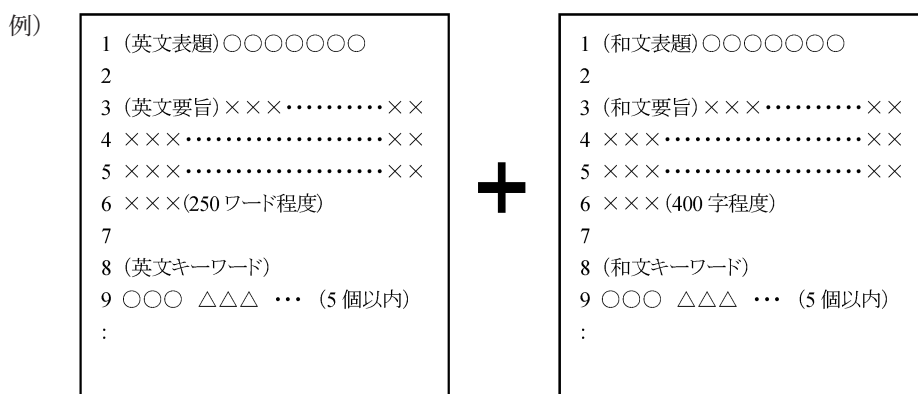
【和文：研究ノート、資料、事例報告、その他の場合】

- ・和文表題、和文キーワード（5個以内）をつける。
- ・英文表題、英文キーワード（5個以内、固有名詞・略語等を除き小文字とする）をつける。



【英文論文の場合】

- ・英文表題、250字程度の英文要旨、英文キーワード（5個以内、固有名詞・略語等を除き小文字とする）をつける。
- ・和文表題、400字程度の和文要旨、和文キーワード（5個以内）をつける。
- \*和文要旨は印刷される。



(2) 本文

- ・「I. はじめに」等から書き始め、表題、著者名等は記載しない。
- ・倫理的配慮について記載する。
- ・他人の著作を引用した場合には、引用文献／出典を明記する。
- ・利益相反の有無について、掲載論文の末尾に「本論文内容に関連する利益相反事項はない。」又は「著者○○は△▽との間に本論文内容に関連する利益相反を有する。」と記載する。
- ・章立て、見出し、註、文献の記入の仕方は各学問領域における慣行に従うこととし、統一された記載方法であれば特に問題ないが、参考までに文献の記載例を以下に示す。

【雑誌論文】

和文

著者名：論文名，雑誌名 巻（号）：発行年（西暦）：頁〇—〇，引用頁.

英文

著者名：論文名，雑誌名（イタリック） Vol. (No.)：発行年（西暦）：頁〇—〇，引用頁.

【著書・編著】

和文

単著の場合

著者名：書名，出版社名，発行地：発行年（西暦），引用頁.

共著の場合

著者名：論文名，書名，編者名，出版社名，発行地：発行年（西暦），引用頁.

英文

単著の場合

著者名：書名（イタリック），出版社名，発行地：発行年（西暦），引用頁.

共著の場合

著者名：論文名，書名（イタリック），編者名，出版社名，発行地：発行年（西暦），引用頁.

【インターネット】

著者名：“Web ページの題名”. Web サイトの名称，入手先，（参照日付）.

（注1） 著者が3名以上の場合は、「～他」、若しくは「et. al」で略記する。

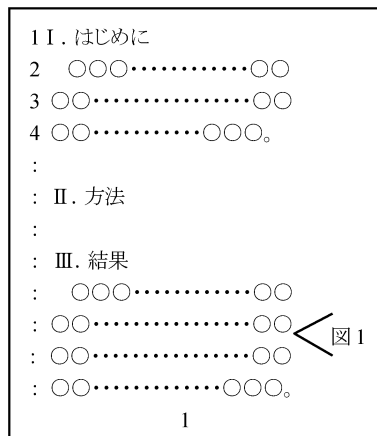
（注2） 編者は、氏名の後に「編」、若しくは「ed.」をつける。

（注3） 雑誌名は、慣用略称を用いる。医学系の場合は、医学中央雑誌収載誌目録および Index Medicus に従う。

(3) 図表等

- ・ 図、表には「図1」、「表1」等の通し番号をつける。
- ・ 図表は一括して原稿末尾に添付し、A4版用紙1枚につき1つ記載する。
- ・ 図表の枚数および大きさは、全原稿の制限内に納めることとする。
- ・ 印刷時の大きさの特定を希望する場合は、縦横の寸法も記入する。
- ・ 本文の欄外に、各図表の挿入希望位置を指定する。

例)



- ・他から引用した図表や写真は、その出典を明記する。
- ・著作権に帰属する図表や写真の使用について許可をとる必要がある場合は、著者の責任で行う。
- ・特殊印刷の場合の経費は、投稿者が負担する。

## II. 投稿原稿の提出方法

### 1. 提出内容

- ① 添付票 1部
- ② 論文…原本1部+コピー2部。1部毎にダブルクリップで綴じる。
- ③ 臨床研究/疫学研究/遺伝子研究の場合は、研究倫理に関する承認書のコピー1部
- ④ 総説/原著論文/英文論文の場合は、第1回査読結果の報告を受けた後、編集委員会の判断により、英文校閲を受けたことを証明できる書類（校閲証明書、領収書等）のコピー一部の提出を求める場合がある。

### 2. 提出先・問い合わせ先

〒370-0006 群馬県高崎市問屋町1-7-1  
群馬パース大学 紀要編集委員会  
TEL：027-365-3366（代）

## 群馬パース大学紀要 添付票

該当項目について記入し、□にチェックを入れてください。

<input type="checkbox"/> 初回	<input type="checkbox"/> 査読後提出( 回目)	<input type="checkbox"/> 査読後最終提出	<input type="checkbox"/> 取り下げ希望	提出日	年	月	日
-----------------------------	-------------------------------------	----------------------------------	---------------------------------	-----	---	---	---

(1) 論文の種類  総説  原著論文  研究ノート  資料  事例報告  その他(書評、資料紹介など)

(2) 表題(和文) \_\_\_\_\_

(3) 表題(英文) \_\_\_\_\_

(4) 所属機関および連絡先

著者名(和文) \_\_\_\_\_ 著者名(英文) \_\_\_\_\_

所属機関(和文) \_\_\_\_\_ 所属機関(英文) \_\_\_\_\_

連絡先(校正原稿送付先:  自宅  所属機関)

〒 \_\_\_\_\_

住所: \_\_\_\_\_

TEL: \_\_\_\_\_ E-mail: \_\_\_\_\_

共同著者名(和文) \_\_\_\_\_ 共同著者名(英文) \_\_\_\_\_

所属機関 \_\_\_\_\_

共同著者名(和文) \_\_\_\_\_ 共同著者名(英文) \_\_\_\_\_

所属機関 \_\_\_\_\_

共同著者名(和文) \_\_\_\_\_ 共同著者名(英文) \_\_\_\_\_

所属機関 \_\_\_\_\_

共同著者名(和文) \_\_\_\_\_ 共同著者名(英文) \_\_\_\_\_

所属機関 \_\_\_\_\_

共同著者名(和文) \_\_\_\_\_ 共同著者名(英文) \_\_\_\_\_

所属機関 \_\_\_\_\_

### 投稿者用チェックリスト

- 原稿スタイルは群馬パース大学紀要投稿に関するガイドラインに従っている。
- 用紙 A4
- 1 ページ字数 ワードプロセッサ: 1200字
- 全体字数 総説: 20,000字、原著論文: 12,000字、研究ノート: 8,000字  
資料: 12,000字、事例報告: 8,000字、その他: 4,000字
- 本文中の図表番号と図表の番号が正しく対応している。
- 本文原稿の欄外に各図表の挿入箇所を指定している。
- 本文中の注、脚注、引用文献の番号と注釈、文献の番号が合致している。
- 本文中の引用と文献のつづり、発行年が合致している。
- 句読点は、「,」「。」を使用している。
- 本文のフッターには連続のページ番号を、要旨等と本文の各ページには行番号を付与している。
- 原稿の順序は①添付票、②要旨等(題目、キーワード含む)、③本文(文献含む)、④図表(資料、写真含む)の順になっている。
- 原稿を3部(①~④原本1部、②~④コピー2部)/査読後(最終)の場合は①~④1部(原本)と電子データ(CD、USBのいずれか)を準備した。
- 臨床研究/疫学研究/遺伝子研究の場合は、研究倫理に関する承認書のコピー1部を添付した(初回のみ)。
- 英文校閲を証明する書類を添付した(総説、原著論文、英文論文の場合、査読後指示があった時)。
- 利益相反の有無について論文中に記載した。
- 著作権に帰属する資料、図表や写真の使用について必要な許可を得た。





## 編集後記

二〇一十七年四月に、放射線学科と臨床工学科の二つの学科がスタートしてから、一年が過ぎました。これまで、看護、理学療法、検査技術の三学科と、教養共通教育部および事務部の教職員で構成されていた紀要編集委員会にも、新学科の先生方が加入し、大変心強く思っています。創刊以来、年二回のペースで発行してきた紀要ですが、近年は論文投稿数が減ってきており、二〇一十六年度以降は年一回となっています。研究領域の専門分化が進み、学会誌等も数多く存在する中、大学における紀要の価値、位置づけを明確に打ち出していくことの必要性を感じています。大学紀要には、分野を限定せず多様な研究の取り組みを発表できる場としての役割があります。特定の領域に限局せず、広く採用の門戸が開かれているため、特に若手研究者にとっては気軽に挑戦できる、最も身近な雑誌と云えるのではないのでしょうか。また、論文はインターネット上に公開されており、医学中央雑誌等の検索サービスを紹介して容易にアクセスでき、多くの方に読んでいただくことが可能です。一方、本学紀要には査読があり、掲載論文の質を担保しています。論文作成の腕を磨くための修練の場として、大いに活用していただきたいと思います。

紀要第二十三号は、放射線学科の特集号としました。土屋学科長による巻頭言の他、四編が掲載されています。酒井氏らの総説は、キラル医薬品製造技術の進歩について報告しています。また土屋氏の研究ノートでは、胃バリウム検査中の転倒事故事例について業務流れ図を用いた分析法の有効性を検証しています。倉石氏らは、東北電力福島第一原子力発電所の事故後、急速にニーズが高まった簡易型シンチレーションサーベイメータの補正係数の線量率依存性について検討しています。また、徳重氏らは流星祭企画のオープン・スクールで実施した、学生主体の展示説明や公開実験等の検証と今後の課題について報告しています。新学科のスタートにふさわしい、今後の放射線学科の発展を予感させる内容となりました。

群馬パース大学

紀要編集委員会委員長

小林亜由美

### 群馬パース大学紀要 第23号

2018年3月31日 印刷発行

発行人	栗田昌裕	小林亜由美	中島久美子
	浅田春美	橋口優	白土佳子
	岡山香里	酒井健一	佐藤求
	洞口貴弘	佐藤駿介	

発行所 群馬パース大学

〒370-0006 群馬県高崎市問屋町1-7-1

Tel 027(365)3366 Fax 027(365)3367

E-mail paz@paz.ac.jp