

非密封 RI の使用許可を有する施設における  
下限数量以下での非密封 RI の使用に関する  
安全取扱マニュアル

2019 年 3 月

公益社団法人 日本アイソトープ協会  
理工・ライフサイエンス部会  
下限数量以下の非密封 RI の安全取扱に関する専門委員会

## 目 次

はじめに .....	1
1. 下限数量以下の非密封 RI とは .....	2
1-1 非密封 RI の定義について .....	2
1-2 下限数量について .....	2
2 非密封 RI の許可事業所における下限数量以下での使用 .....	5
2-1 法的使用条件 .....	5
2-2 非密封 RI の購入・受入 .....	7
2-3 管理区域からの搬出 .....	7
2-4 管理区域外での下限数量以下の非密封 RI 取扱の実際 .....	7
2-5 取扱う実験室における排気・排水 .....	8
2-6 管理区域への返却 .....	8
2-7 使用等の記録 .....	8
(付 録) Q & A .....	10

## はじめに

放射性同位元素（以下、「RI」という）は微量でも検知できることから、広い領域で利用されてきました。しかし、RI から放出される放射線の種類や量によっては、人体に影響を及ぼすこともあります。そのため、RI の利用は法令で規制されています。

平成 17 年 6 月に放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律で核種毎に下限数量が設定され、下限数量以下であれば、非密封 RI の使用許可を持つ施設の管理区域外での使用が認められることになりました。管理区域外で使用するためには、その許可を取得する必要があり、たとえ 1 つの放射性試料が下限数量以下であっても、複数の試料を同時に管理区域外で使用する場合は、総量が下限数量以下でなければなりません。

現在の日本アイソトープ協会理工・ライフサイエンス部会の前身であるライフサイエンス部会では、平成 26 年 5 月に「下限数量以下の非密封 RI の安全取扱に関する専門委員会」を立ち上げ、実際に下限数量以下の非密封 RI を利用した実施例を含めて、安全に利用できるようにマニュアルを作成しました。本書は、管理区域を有する事業所における管理区域外使用を念頭に置いたものです。

管理区域外使用に係る適正かつ効率的な管理をご検討いただき、法令遵守の参考としてご利用いただけますと幸いです。

「下限数量以下の非密封 RI の安全取扱に関する専門委員会」委員長 都筑 幹夫

## 1. 下限数量以下の非密封 RI とは

### 1-1 非密封 RI の定義について

「密封された RI」については、規格、使用について定義されていますが、「非密封 RI」については、明確な法的定義がありません。

密封された RI は、その使用について「放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律」（以下、「放射線障害防止法<sup>\*1</sup>」という）の施行規則<sup>\*2</sup>に「密封された放射性同位元素を使用する場合には、その放射性同位元素を常に次に適合する状態において使用をすること。イ. 正常な使用状態においては、開封又は破壊されるおそれのないこと。ロ. 密封された放射性同位元素が漏えい、浸透等により散逸して汚染することのないこと」と記載されています。

また、その規格については「設計に従った使用において、設計条件での放射性物質の散逸を避けるため、カプセルに密閉するか、支持材に結合して一体化した放射線源」と日本工業規格<sup>\*3</sup>で定義されています。

したがって、非密封 RI は、密封された RI 以外の RI と定義されます。

### 1-2 下限数量について

「下限数量」は、国際原子力機関（IAEA）等の国際機関が共同で策定した「国際基本安全基準」で提唱されている免除レベルという考え方が導入されたものです。

平成 17 年 6 月に放射線障害防止法の一部が改正され、同施行令第 1 条に以下のとおり記載されています。

「放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律施行令」  
(放射性同位元素)

第 1 条 放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律（第 20 条の 3 第 2 号及び第 20 条の 4 第 1 号を除き、以下「法」という。）第 2 条第 2 項 の放射性同位元素は、放射線を放出する同位元素及びその化合物並びにこれらの含有物（機器に装備されているこれらのものを含む。）で、放射線を放出する同位元素の数量及び濃度がその種類ごとに原子力規制委員会が定める数量（以下「下限数量」という。）及び濃度を超えるものとする。ただし、次に掲げるものを除く。<sup>\*4</sup>

<sup>\*1</sup> 法令改正に伴う法律名の変更（平成 31 年 9 月頃）への対応として、本マニュアルに記載されている「放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律（放射線障害防止法）」は、「放射性同位元素等の規制に関する法律」と読み替えてください。

<sup>\*2</sup> 放射線障害防止法施行規則 第 15 条（使用の基準）

<sup>\*3</sup> 日本工業規格「JIS Z 4821-1：2015 密封放射線源-第 1 部：一般要求事項及び等級」、「JIS Z 4821-2：2002 密封放射線源-第 2 部：漏出試験方法」

<sup>\*4</sup> 除外条項の記載は省略

また、非密封 RI の下限数量及び濃度については、「放射線を放出する同位元素の数量等を定める件」（平成 12 年 10 月 23 日科学技術庁告示第 5 号）第 1 条で、次のように定めています。

- 放射線を放出する同位元素の数量（以下「下限数量」という。）及び濃度は、密封／非密封の区分に応じて以下のように定める数量及び濃度とする。

	数 量	(濃度)
密封された放射性同位元素	線源 1 個（通常、1 式又は 1 組で用いるものは、1 式又は 1 組）	線源 1 個
密封されていない放射性同位元素	事業所全体	容器 1 個

- 核種が 2 種類以上の場合、核種ごとの規制対象下限値（別表第 1）に対する比の和が 1 を超える場合に下限数量を超えるものとし、規制対象となる。
- 数量と濃度の双方が規制対象下限値を超える場合に、規制対象となる。

表 1 告示「放射線を放出する同位元素の数量等を定める件」別表第 1 より抜粋

第 1 欄		第 2 欄	第 3 欄
放射線を放出する同位元素の種類		数 量 (Bq)	濃 度 (Bq/g)
核 種	化学形等		
$^3\text{H}$		$1 \times 10^9$	$1 \times 10^6$
$^{14}\text{C}$	一酸化物	$1 \times 10^{11}$	$1 \times 10^8$
$^{14}\text{C}$	二酸化物	$1 \times 10^{11}$	$1 \times 10^7$
$^{14}\text{C}$	一酸化物及び二酸化物以外のもの	$1 \times 10^7$	$1 \times 10^4$
$^{22}\text{Na}$		$1 \times 10^6$	$1 \times 10^1$
$^{32}\text{P}$		$1 \times 10^5$	$1 \times 10^3$
$^{35}\text{S}$	蒸気	$1 \times 10^9$	$1 \times 10^6$
$^{35}\text{S}$	蒸気以外のもの	$1 \times 10^8$	$1 \times 10^5$
$^{45}\text{Ca}$		$1 \times 10^7$	$1 \times 10^4$
$^{68}\text{Ga}$		$1 \times 10^5$	$1 \times 10^1$
$^{68}\text{Ge}$	放射平衡中の子孫核種を含む。	$1 \times 10^5$	$1 \times 10^1$
$^{125}\text{I}$		$1 \times 10^6$	$1 \times 10^3$
$^{131}\text{I}$		$1 \times 10^6$	$1 \times 10^2$
$^{137}\text{Cs}$	放射平衡中の子孫核種を含む。	$1 \times 10^4$	$1 \times 10^1$
$^{137\text{m}}\text{Ba}$		$1 \times 10^6$	$1 \times 10^1$

## 【コラム1】

### 本マニュアルにおける下限数量の管理について

先述のとおり、法令上は数量、濃度いずれかが下限値を下回っていれば法令規制対象外として取扱可能となっており、どちらか一方で管理を行えばよいこととなります。ただし実際の運用では、一事業所内に存在するRI（廃棄物を含む）の濃度は通常不均一であり、濃度での管理は非常に複雑になります。よって、本マニュアルでは数量で管理することを推奨しており、数量での管理を前提に記述しています。

数量が第2欄の値を超えるものの、濃度が第3欄の値を超えずに結果として放射性同位元素に該当しないという場合もあるかと思われませんが、これには表1の第2欄[Bq]を第3欄[Bq/g]で割った値が液量[g]としてある場合に限られます。

（第2欄の値が第3欄より2桁大きい場合は液量100g、3桁の場合は1kgになります。）

各施設での使用方法や管理の方針によってご判断いただくことではありますが、このようなことも考慮して数量での管理を前提に記述しております。

## 2 非密封 RI の許可事業所における下限数量以下での使用

### 2-1 法的使用条件<sup>\*1</sup>

- 1) 管理区域外で使用する場合、事前に使用の場所、核種、化学形等、数量、使用目的・方法について次のように原子力規制委員会へ（変更）許可申請を行います。（表2「様式第一中別紙様式イの二」を追加します。また、使用場所の確認のため、事業所の平面図、使用場所の平面図と断面図も様式の後ろに添付します。）
  - ・使用数量については、使用施設の1日最大使用数量または下限数量の内いずれか小さい数量以下の数量を設定し、管理区域内1日最大使用数量の内数とする旨を追記する。
  - ・使用の目的、方法について、管理区域外使用の内容を記載する。
  - ・使用の場所については実験室等の名称を記載する。
  - ・管理区域外使用に係る線量計算等の評価は不要となる。
- 2) 許可後に、予防規程の変更と届出を原子力規制委員会へ行います。記載すべき事項は次の通りです<sup>\*2</sup>。
  - ・管理区域外で使用しようとする密封されていない放射性同位元素が下限数量以下であることの確認に関する事（確認した者の氏名を含む）。
  - ・管理区域内の使用施設、貯蔵施設から管理区域外の使用場所への、放射性同位元素の持ち出しに関する事。
  - ・管理区域外の使用場所から、管理区域内の使用施設、貯蔵施設への放射性同位元素の持込み及び廃棄施設への放射性同位元素によって汚染された固体状の物の持込みに関する事。
  - ・管理区域外の使用場所における放射性同位元素の管理方法に関する事。
  - ・密閉されていない放射性同位元素を取扱う「取扱等業務従事者」の教育訓練に関する事。
  - ・その他、必要と判断される項目に関する事。
- 3) 使用前及び使用を開始した後には、前回の教育及び訓練を行った日の属する年度の翌年度の開始の日から1年以内に、管理区域外使用者<sup>\*3</sup>に教育訓練を行います（表4、表5参照）。ただし、管理区域内での作業（RIの持込み、持出しを含む）をするためには、放射線業務従事者に登録されることが必要です。
- 4) 管理区域外での使用は許可を受けた使用数量を厳守します。また、複数の核種の場合には核種ごとの下限数量に対する比の和が1.0を超えない管理が必要となります（表1、表3参照）。管理区域外使用場所では、存在するRI汚染物も含めた数量が管理区域外使用数量となるため、使用の都度これらを管理区域に持ち帰るようにします。なお、管理区域外使用場所ではRIの保管はできません。
- 5) 「管理区域外使用」として許可を得た核種、化学形等、数量、場所、目的、方法以外には使用できません。
- 6) RIの管理区域外使用及び廃棄に係る記録が必要となります。

<sup>\*1</sup> 平成17年6月事務連絡 許可使用者による下限数量以下の非密封線源の管理区域外における使用[別添1-8.]

<sup>\*2</sup> 平成17年6月事務連絡 放射線障害予防規程の作成等の留意点について[別添3]

<sup>\*3</sup> 放射線障害防止法施行規則第21条の2第1項第3号の「取扱等業務に従事する者」に該当

表2 様式第一中別紙様式イの二

一時的に管理区域の外において使用をする密封されていない放射性同位元素					
核	種				
化	学	形	等		
使	用	数	量		
使	用	の	目	的	
使	用	の	方	法	
使	用	の	場	所	

表3 核種が2種類以上の場合の下限数量を超えているかの判断 (例)

核種	化学形等	半減期	下限数量 (Bq)	使用数量 (Bq)	下限数量 との比
<sup>32</sup> P		14日	1 x 10 <sup>5</sup>	4 x 10 <sup>4</sup>	0.4
<sup>35</sup> S	蒸気以外のもの	88日	1 x 10 <sup>8</sup>	8 x 10 <sup>4</sup>	0.0008
<sup>45</sup> Ca		163日	1 x 10 <sup>7</sup>	4 x 10 <sup>4</sup>	0.004
				比の合計	0.4048

表4 管理区域外使用者の教育訓練項目と最低限必要な時間数\* (例)

項 目	時間数
1. 放射線の人体に与える影響	30分(以上)
2. 放射性同位元素等又は放射線発生装置の安全取扱い	60分(以上)
3. 放射線障害の防止に関する法令及び放射線障害予防規程	30分(以上)

\* 「教育及び訓練の時間数を定める告示」(平成3年11月15日科学技術庁告示第10号[最終改正平成30年1月5日原子力規制委員会告示第1号]) より

上記を参考に、各事業所の予防規程に応じて定めてください。



表5 管理区域／放射線業務従事者と、管理区域外使用場所／管理区域外使用者における法的義務、任意事項の対照表

設備・使用条件	管理区域外使用場所 ／管理区域外使用者		管理区域 ／放射線業務従事者
	法的義務	任意	法的義務
汚染検査室	不要	測定器、着衣履物交換、手洗い等	必要
排気・排水設備		可能な局所排気、流し等	
管理区域の設定		使用場所の表示、施錠区画等	
空間線量の測定	不要	各事業所の状況により測定判断	
汚染の状況の測定			
被ばく量の測定			
健康診断	不要*	各事業所の状況により判断	
教育訓練	必要（表4参照）	必要な教育時間を判断	

\*放射線障害防止法においては不要ですが、労働安全衛生法解釈等により各事業所で判断してください。

## 2-2 非密封RIの購入・受入

非密封RIの許可事業所のRI購入手続きに従います。下限数量以下ではないRIは、「下限数量以下のRI」として搬出・使用するために小分けします。

## 2-3 管理区域からの搬出

- 1) 管理区域外使用者は、各事業所の予防規程の手順に従って必要な情報をRI管理部門へ提出し、承認を得てから管理区域外に持ち出します。
- 2) 管理区域外使用者は、RIを使用する前に下限数量以下であることを再度確認します。
- 3) RI管理部門ではこれらの情報を基に管理区域外使用を把握しますが、他の管理区域外使用がある場合はそれらの数量を累積し、比の和が1を超えない管理を行います。（必要に応じて管理台帳等を作成します。）なお、管理区域外使用数量は管理区域内使用数量の内数となるため、該当する管理区域内使用数量から除外しないようにします。

## 2-4 管理区域外での下限数量以下の非密封RI取扱の実際

- 1) 管理区域から搬出した下限数量以下RIの運搬について、その時間が極めて短く放射線障害のおそれがない場合には所内運搬の基準は課されませんが、管理区域内運搬あるいは事業所内運搬の基準に従って運搬するのが望ましいです。
- 2) 実験中は「下限数量以下RI使用中」であることを明示し、一般実験者に注意を喚起します。一般実験台とRI使用実験台を区別すべきですが、RI使用者に対しては教育訓練が必要な事から、実験室へは一般実験者の入室を禁止する方が適切です。
- 3) RI使用時には必要に応じ履物を交換し手袋を着用します。

- 4) 飲食、喫煙等の体内に摂取するおそれのある行為は避けます。
- 5) 洗浄後の器具について汚染検査をします。
- 6) 実験終了後は実験室内及び管理区域外使用者等の汚染検査を行います。

3)～6)は管理区域内での使用時には施行規則により定められている項目です。区域外での使用時には行う義務はありませんが、実施することが望まれます。

## 2-5 取扱う実験室における排気・排水

下限数量以下の非密封 RI の使用にあたっては、十分に換気し排気口から排気、また器具等の洗浄水は大量の水と共に排水するのが望ましいです。なお、排気・排水への廃棄数量はその使用内容からの計算あるいは実測等で類推算出します。

## 2-6 管理区域への返却

- 1) 「管理区域外使用場所」で使用した RI の残りおよび固体状の汚染された廃棄物は、使用の都度、管理区域内に持ち帰ります。この運搬についても事業所内運搬等の基準に従うのが望ましいです。
- 2) 管理区域外使用者は、各事業所の予防規程の手順に従って必要な情報を RI 管理部門に提出します。
- 3) 管理区域内に返却した下限数量以下の RI は、管理区域内の規則に従って使用を継続、あるいは廃棄します。
- 4) RI 管理部門はこれらを基に管理情報を更新します。
- 5) 長半減期核種を下限数量以下で繰り返し使用する場合は、その都度管理区域に返却します。

## 2-7 使用等の記録

あらかじめ、管理区域外で使用しようとする RI が下限数量以下であることを確認し、RI 管理部門はその確認者の氏名も記録します。

使用簿(帳簿)には、「持出年月日時間」「核種・数量」「持出者(使用者)」「使用目的」等の必要事項を記入し、RI 管理部門に提出します。

使用後に管理区域内に戻された固体状の汚染された廃棄物、管理区域外で排気排水に廃棄された数量(Bq)についても記録します。なお、この帳簿は管理区域内使用等の帳簿同様、毎年度末に閉帳し5年間保存します。

【コラム2】

表5について、本マニュアルでは下表に基づいて記載をしています。

非密封 RI に係る電離放射線障害防止規則の法的義務と管理区域外使用場所での適用解釈

	電離則法的義務（管理区域）	管理区域外使用場所での適用解釈
定義等	「放射線業務」： 労働安全衛生法施行令別表第二 「放射性物質取扱作業室」： ・構造基準あり ・空气中 RI 濃度基準等あり	管理区域外使用場所での下限数量以下の RI 業務が「放射線業務」に該当するかは明記されていない。ただし、区域外使用場所は「放射性物質取扱作業室」には当たらない。
汚染検査室	放射性物質取扱作業室の出口に要設置	不要
排気・排水設備	構造材料基準あり	不要
管理区域の設定	要	不要
空間線量の測定	管理区域について毎月測定	管理区域ではないため不要
空气中濃度の測定	放射性物質取扱作業室について毎月測定	放射性物質取扱作業室ではないため不要
汚染の状況の測定	「放射性物質取扱作業室」について ・毎月汚染検査 ・作業室における作業者退去時に要検査	放射性物質取扱作業室ではないため不要
被ばく量の測定	事業者は…管理区域内において受ける外部被ばくによる線量及び内部被ばくによる線量を測定しなければならない。	管理区域ではないため測定不要
健康診断	管理区域に立ち入るものに対し 雇い入れ又は配置替え時、6月以内	管理区域には立ち入らないため不要
教育訓練	非密封 RI 使用については規定なし	不要

非密封 RI に係る労働安全衛生規則の法的義務と管理区域外使用場所での適用解釈

	労安衛規則法的義務（管理区域）	管理区域外使用場所での適用解釈
健康診断	一般健康診断（雇入れ時、毎年）は要 特定業務従事者健康診断（配置替え、及び6月ごと）…「ラジウム放射線、エックス線その他の有害放射線にさらされる業務」は必要	管理区域外使用場所での下限数量以下の RI 使用が「有害放射線にさらされる業務」に該当するかどうかは明記されていない。
教育訓練	通常的安全衛生教育のみ要 （特別教育はエックス線装置又はガンマ線照射装置撮影業務のみ）	通常的安全衛生教育のみ要

## (付 録) Q & A

- Q1. 一事業所内に複数の管理区域（使用施設）がある場合、使用場所の使用量、汚染物の返却はどのように考えたらよいですか？
- A1. 変更許可申請時に内数とした管理区域の使用数量に含まれ、その管理区域に返却する必要があります。また、許可を受けた内数以外の管理区域使用場所から持ち出すことはできません。
- Q2. 同じ敷地内に二つの事業所がある場合、管理区域外使用場所を共有することはできますか？
- A2. 共有はできません。
- Q3. 管理区域外使用場所を複数設置することはできますか？
- A3. 変更許可で各使用場所を申請すれば可能です。ただし、一事業所内における全ての管理区域外使用場所での総量が、下限数量に対する比の和で1を超えない管理が必要となります。
- Q4. 管理区域外使用場所に持ち出した RI は、下限数量以下ですのでそのまま事業所外へ送ってもよいですか？
- A4. 事業所外に持ち出しはできません。固体状の汚染物も含め、元の管理区域に戻すことが必要です。
- Q5. 管理区域外使用場所を変更する場合、軽微変更になりませんか？
- A5. 軽微変更には該当せず、変更許可申請が必要となります。
- Q6. 管理区域外使用場所に下限数量以下の RI を運搬する人は、放射線業務従事者でなくてもよいですか？
- A6. 管理区域内に入らなければ放射線業務従事者である必要はありませんが、所定の教育を受けた管理区域外使用者が運搬する必要があります。
- Q7. 管理区域からの搬出や使用後の管理区域への返却の際には、RI 管理部門へどのような情報を提出することとすればよいですか？
- A7. 所定の用紙に、核種、数量、形状、使用者名、使用の目的等を記入して RI 管理部門へ提出する等、各事業所でルールを適切に定めて予防規程（下部規程を含む）に記載してください。なお、搬出 RI 量と返却 RI 量については、毎回の搬出 RI 量＝返却 RI 量＋排気排水 RI 量、とするような収支記録管理を行うのが効率的でしょう。
- Q8. RI を使用する前に下限数量以下であることを確認するにはどのような方法がありますか？
- A8. RI 原液からの希釈倍率や半減期を基にした計算または実測のいずれでも確認できますが、各事業所において管理する基準を定めて、判断してください。

Q9. 法令上管理区域外使用場所での汚染検査は不要ですが、管理区域外の汚染が管理区域に持ち込まれると、管理区域内の汚染管理に問題が生じてきませんか？

A9. 事業所の管理状況にもよりますが、その可能性はありますので、必要に応じて管理区域外使用場所等の汚染検査も行う方が望ましいでしょう。

Q10. 管理区域外使用場所には、標識、掲示等をしておいた方がよいでしょうか？

A10. 所定の管理区域外使用者以外の入室を禁止するために、何らかの表示等はしておく方が望ましいでしょう。管理区域外使用をしない時に通常実験室とする場合には、その表示を取る（裏返す）等の工夫もあるとよいでしょう。ただし、管理区域外使用場所には法定のRI 標識は使えないため、標識にも工夫が必要です。

Q11. 管理区域内貯蔵施設から直接管理区域外使用場所へ下限数量以下のRI を持ち出すことはできますか？

A11. 定めた予防規程を遵守すれば問題はありませんが、管理区域外使用数量は管理区域内使用数量の内数となるため、管理区域内帳簿上は管理区域内使用数量に搬出RI 数量が含まれる帳簿管理としなければなりません。

Q12. 管理区域外使用場所で、終夜数日に渡ってRI を連続使用することは可能でしょうか？

A12. RI 使用を継続して行うことは可能です。ただし、管理区域外使用場所でRI を保管することはできませんので、残ったRI は都度管理区域に返却しなければなりませんし、RI 汚染物も都度返却するようにします。また、管理区域外使用者以外の者が使用場所に入らないような工夫も必要です。

Q13. 管理区域外使用場所で余剰RI 水溶液や実験で出たRI 排水を流してもよいでしょうか？

A13. 法令上禁止とはなってはいませんが、できる範囲で管理区域に戻すことが望ましいでしょう。

Q14. 管理区域外使用者の被ばく線量測定、健康診断は不要ですか？

A14. 放射線障害防止法上は不要です。ただし、本マニュアルでは各事業所の実態により必要に応じて実施を検討することを推奨しています。

Q15. 管理区域外使用の事例にはどのようなものがありますか？

A15. 例えば、次のような使用例が考えられます。

- ・管理区域内に必要な分析機器がなく、RI を含んだ試料をこの機器で分析する。

- ・多数の学生に対して管理区域外の広い場所でRI 実習を行う。

（「許可を持たない施設における下限数量以下の非密封RI の使用に関する安全取扱マニュアル」内実習例参照）

- ・特殊な設備、エリアが管理区域内になく、この設備・エリアでRI 実験を行う。

- ・管理区域維持費用等経費節減のため管理区域を縮小し、別途区域外使用場所を設定する。

- ・管理区域が狭隘で不都合が生じる場合に設定する。

(注1) 印刷物等に転載するには、転載許可が必要です。

(注2) 委員の所属等は執筆時のものです。

本マニュアルは、公益社団法人日本アイソトープ協会第1期理工・ライフサイエンス部会  
「下限数量以下の非密封RIの安全取扱に関する専門委員会」にて作成いたしました。

(発行年月日：平成31年3月)

委員長	都筑 幹夫	(東京薬科大学名誉教授)
委員	伊藤 賢志	(特定国立研究開発法人産業技術総合研究所)
	加藤 美砂子	(お茶の水女子大学理学部)
	小島 周二	(東京理科大学名誉教授)
	佐藤 浩之	(東邦大学理学部)
	田野井慶太郎	(東京大学大学院農学生命科学研究科)
	反保 浩一	(第一三共株式会社品川研究開発センター)
	藤浪 真紀	(千葉大学大学院工学研究院)
	古川 純	(筑波大学アイソトープ環境動態研究センター／生命環境系)