

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公表特許公報(A)

(11)公表番号

特表2025-520573

(P2025-520573A)

(43)公表日 令和7年7月3日(2025.7.3)

(51)国際特許分類

G 2 1 G 4/08 (2006.01)

F I

G 2 1 G 4/08

G

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全17頁)

(21)出願番号 特願2024-574579(P2024-574579)
 (86)(22)出願日 令和5年6月23日(2023.6.23)
 (85)翻訳文提出日 令和6年12月18日(2024.12.18)
 (86)国際出願番号 PCT/EP2023/067202
 (87)国際公開番号 WO2023/247788
 (87)国際公開日 令和5年12月28日(2023.12.28)
 (31)優先権主張番号 22180762.1
 (32)優先日 令和4年6月23日(2022.6.23)
 (33)優先権主張国・地域又は機関
 欧州特許庁(EP)
 (81)指定国・地域 AP(BW,CV,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ
 ,NA,RW,SD,SL,ST,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),
 EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,RU,TJ,TM),EP(
 AL,AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,
 FI,FR,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV
 最終頁に続く

(71)出願人 518251653
 エスシーケー・シーイーエヌ
 ベルギー国, 1160 ブリュッセル,
 ヘルマン デブルクスラーン 40
 (74)代理人 100114775
 弁理士 高岡 亮一
 (74)代理人 100121511
 弁理士 小田 直
 (74)代理人 100202751
 弁理士 岩堀 明代
 (74)代理人 100208580
 弁理士 三好 玲奈
 (74)代理人 100227329
 弁理士 延原 愛
 (72)発明者 マーテンス, ドミニク

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 放射性同位体の製造のための標的物質の精製

(57)【要約】

放射性同位体の製造における再利用のための標的物質の精製方法が開示されている。本方法は、Ra-226、並びに任意選択的にRa-225及びAc-225を含む、照射された標的物質の溶液を得ることと、その後、HNO₃である酸を、所定量で添加して、標的物質を定量的に溶解するための、及び任意選択的に存在する放射性同位体の共沈を回避するための条件を提供することと、を含む。本方法はまた、蒸留によって、溶液からH₂Oを選択的に除去し、主に溶液中に酸を残し、それによって、溶液中の酸濃度が上昇する間に、標的物質が沈殿することを可能にし、それによって、任意選択的に存在する放射性同位体及び不純物の共沈を低減又は回避することも含む。過剰なH₂Oを除去した後、本方法は、溶液の温度を下げて、標的物質の沈殿を最大化し、残液中の標的物質の溶解度を低下させることと、任意選択的に存在する放射性同位体を含有する液体を、沈殿した標的物質から分離することと、放射性同位体の製造のための再照射による放射性同位体の製造における再利用のために、沈殿した標的物質を調製することと、を含む。

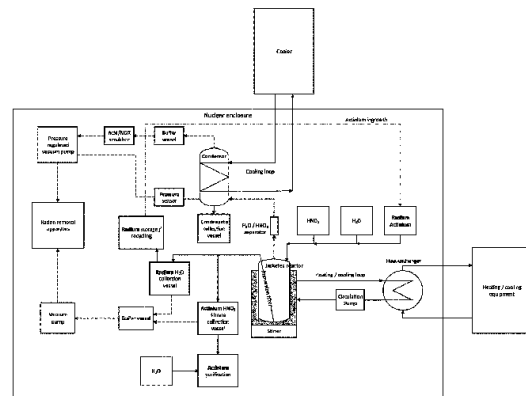


FIG. 1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

放射性同位体の製造における再利用のための標的物質の精製方法であって、前記方法が、

- 照射された標的物質の溶液を得ることであって、前記溶液が、したがって、少なくとも標的物質を含み、かつ任意選択的にまた放射性同位体、及び任意選択的に不純物を含む、得ることと、その後、
- 所定量及び濃度で酸を添加して、前記標的物質を定量的に溶解するための、及び任意選択的に存在する前記放射性同位体の共沈を回避するための条件を提供することと、
- 蒸発によって、前記溶液から H₂O を選択的に除去し、主に前記溶液中に前記酸を残し、それによって、前記溶液中の酸濃度が上昇する間に、前記標的物質が沈殿することを可能にし、それによって、前記任意選択的に存在する放射性同位体の共沈を低減又は回避することと、
- 過剰な前記 H₂O を除去した後、前記溶液の温度を下げて、前記標的物質の前記沈殿を最大化し、残液中の前記標的物質の溶解度を低下させることと、
- 前記任意選択的に存在する放射性同位体を含む液体を、沈殿した前記標的物質から分離することと、
- 前記放射性同位体の製造における再利用のために、前記沈殿した標的物質を調製することと、を含み、

前記照射された標的物質が、Ra - 226、並びに任意選択的に Ra - 225 及び Ac - 225 を含み、前記酸が、HNO₃であることを特徴とする、方法。

【請求項 2】

照射された標的物質を含む溶液を得ることが、標的物質の照射された溶液を得ること、又は照射された標的物質の溶液を得ることであって、前記照射された標的物質が、固体形態であるときに照射された、照射された標的物質の溶液を得ることを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

照射された標的物質の溶液を得ることが、水溶液又は固体、例えば、主要な前記標的物質の移送の前、それと同時に、又はその後、固体又は液体形態で、標的カプセル / 容器をすすぐために使用されるすすぎ用物質、移送配管をすすぐために使用されるすすぎ用物質、より少ない量の標的物質及び放射性同位体又はそれらの混合物を含む副プロセス流を得ることを更に含む、先行請求項のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 4】

前記 HNO₃ が、反応容器に添加されるときに、65% ~ 68% の濃度で存在する、先行請求項のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 5】

方法ステップのうちの 1 つ以上が、大気圧よりも低い圧力で実行される、先行請求項のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 6】

前記溶液の加熱若しくは冷却が、二重壁反応容器の二重壁内の循環液を使用して実行され、かつ / 又は前記方法が、熱交換器を通して加熱及び / 若しくは冷却される閉回路において適用される、先行請求項のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 7】

前記方法が、透明な反応容器を使用して、プロセスを視覚的に追跡することを含む、先行請求項のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 8】

前記方法が、例えば、磁気攪拌を使用して、前記溶液を攪拌することを更に含む、先行請求項のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 9】

前記方法が、回転式蒸発器システムに適用される、先行請求項のいずれか一項に記載の

方法。

【請求項 10】

前記過剰な H_2O を除去した後、前記温度が、室温未満だが前記液体の凍結温度超に下げられる、先行請求項のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 11】

前記溶液が、濾液収集容器及び真空ポンプ、又は任意選択的にバッファ容器に接続された浸漬フィルタを使用して濾過される、先行請求項のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 12】

前記沈殿した標的物質を調製することが、初回濾過後に、沈殿物を酸で洗浄し、任意選択的に濾過プロセスを繰り返すことを含む、先行請求項のいずれか一項に記載の方法。

10

【請求項 13】

標的物質の精製のためのシステムであって、前記システムが、反応容器と、

照射された標的物質の溶液のための入口と、

酸を添加するための入口と、を備え、

前記反応容器が、前記照射された標的物質の溶液から H_2O を除去し、前記酸を主に前記溶液中に残し、それによって、前記溶液中の酸濃度が上昇する間に、前記標的物質が沈殿することを可能にし、それによって、任意選択的に存在する放射性同位体の共沈を低減又は回避するための蒸発機器と、前記任意選択的に存在する放射性同位体を含む液体を、沈殿した前記標的物質から分離するための濾過手段と、を備える、システム。

20

【請求項 14】

前記システムが、前記反応容器の温度を、加熱及び/若しくは冷却によって制御するための加熱/冷却システム、並びに/又は前記反応容器内に大気圧未満の圧力を誘起するためのポンプシステム、

前記反応容器内の圧力を測定するための圧力センサ、並びに/又はラドンを除去するためのラドン除去装置のうちの1つ以上を備える、請求項 13 に記載のシステム。

【請求項 15】

請求項 1 ~ 12 のいずれか一項に記載の方法を実行するために前記システムを制御するためのコントローラを更に備える、請求項 13 又は 14 に記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

30

【技術分野】

【0001】

本発明は、放射性同位体の分野に関する。より具体的には、本発明は、放射性同位体の製造における再利用のための、照射された標的の精製のための方法及びシステムに関する。

【背景技術】

【0002】

放射性同位体の製造の場合、一般的に、固体標的が、最先端のシステムにおける高収率のために使用されており、固体標的に関しては、放射性同位体が製造される親核種の大きな密度が、容易に達成され得る。

40

【0003】

液体標的の場合、ほとんどの親核種化合物の室温での（典型的には、液体溶媒として使用される）水に対する溶解度が制限されている。例えば、 $Ra-226$ ($T_{1/2}$: 1600年)の塩であって、放射性同位体 $Ac-225$ ($T_{1/2}$: 10日)へと崩壊し得る放射性同位体 $Ra-225$ ($T_{1/2}$: 14.8日)を製造するための親核種を提供するための塩基性化学物質として使用され得る、 $Ra-226$ の塩は、水に対する制限された溶解度を有する。例解として、硝酸ラジウム塩 $Ra(NO_3)$ は、20 で H_2O の 100g 当たり 13.9g の溶解度を有する。それにも関わらず、最近、制限された溶解度の問題を克服する方法が見出されたため、液体標的への関心が高まっている。

【0004】

50

固体標的の場合及び液体標的の場合の両方において、標的から放射性同位体を分離することが必要であり、これは、典型的には、固相抽出法によって分離カラム内で行われ得る。

【 0 0 0 5 】

放射性同位体を製造することができる、いくつかの親核種の標的物質の世界的に利用可能な在庫は限られている。特に、例えば、Ra - 226の場合などであるがそれらに限定されない、これらの場合では、標的物質を再利用することが有用である。

【 0 0 0 6 】

標的物質の再利用は、国際特許出願第 2 0 2 0 / 2 6 0 2 1 0 号で言及されており、ラジウム - 226の液体標的に照射し、アクチニウムの分離後に、閉ループシステムを使用して、ラジウム - 226の液体標的溶液に照射する、光核ルートに基づいて、アクチニウムの製造方法が記載されている。

10

【 0 0 0 7 】

アクチニウム放射性同位体の製造プロセスにおけるアクチニウムの精製は、国際特許出願第 2 0 2 0 / 1 4 8 3 1 6 号に記載されている。

【 0 0 0 8 】

それにも関わらず、放射性同位体の製造における更なる照射のために標的物質を再利用することができるようにするための、優れた精製方法及びシステムが依然として必要である。

【 発明の概要 】

20

【 0 0 0 9 】

本発明の目的は、放射性同位体の製造における再利用のための、照射された標的を精製するための方法及びシステムを提供することである。

【 0 0 1 0 】

本発明の実施形態の利点は、これらのシステム及び方法が、例えば、放射性同位体の生成のための、照射された標的を再利用する効率的なやり方を提供することである。

【 0 0 1 1 】

本発明の実施形態の利点は、これらの標的が照射時に固体形態であったか液体形態であったかに関わらず、照射された標的を再利用するためのシステム及び方法が提供されることである。

30

【 0 0 1 2 】

本発明の実施形態の利点は、放射性同位体の製造において、標的物質を再利用することができ、所与の量の標的物質を用いた放射性同位体の増産を可能にすることである。更に、例えば、Ra - 225の崩壊によって形成される、非キャリア添加 (NCA) Ac - 225の製造は、少量の Ac - 227 ($T_{1/2} : 21.8$ 年) もまた、親核種 Ra - 226の中性子捕捉によって、光核製造経路に形成されるので、第1のラジウム/アクチニウム分離ステップでは可能ではないということも注意すべきである。したがって、ラジウム/アクチニウムベースの製造の例では、NCA Ac - 225が、製造プロセスの主な目標である場合、閉ループシステムにおける液体ラジウム標的の操作は望ましくない。アクチニウム (225 + 227) 同位体からのラジウム (224 + 225 + 226) 同位体の第1の高効率な分離の後、ラジウムは、Ra - 225の崩壊による新たな Ac - 225の内部成長のために保存しなければならず、これは、第2の Ra / Ac 分離ステップの後、最終的に NCA Ac - 225になる。その結果として、このことは、Ac - 225を製造するために必要な親核種 Ra - 226の量を増やし、Ra - 226に対する優れたリサイクル戦略の重要性に重点を置く。

40

【 0 0 1 3 】

本発明の実施形態の利点は、提供される精製プロセスにより、標的物質の再利用を実行することができるように、すすぎ (例えば、標的の希釈) に起因して引き起こされる問題と、照射された溶液の pH に関連する不確実性と、を克服し得ることである。

【 0 0 1 4 】

50

本発明の実施形態の利点は、無機及び有機汚染を標的物質から除去できることである。

【0015】

本発明の実施形態の利点は、これらのことが、標的物質、例えば、Raが、リサイクルされ再度照射されるのに必要な最小限の化学的純度を得ることを可能にすることである。

【0016】

本発明の実施形態の利点は、本発明の実施形態による精製プロセスによって引き起こされる複雑さが制限されることである。

【0017】

上記の目的は、本発明による方法及び装置によって達成される。

【0018】

本発明は、一態様では、放射性同位体の製造における再利用のための標的物質の精製方法に関するものであり、方法は、

- 照射された標的物質の溶液を得ることであって、溶液が、したがって、少なくともRa-226を含む標的物質を含み、かつ任意選択的にまた放射性同位体Ra-225及びAc-225、並びに任意選択的に不純物を含む、得ることと、その後、

- HNO₃である酸を、所定量及び濃度で添加して、標的物質を定量的に溶解するための、並びに任意選択的に存在する放射性同位体及び/又は不純物の共沈を回避するための条件を提供することと、

- 蒸発によって、溶液からH₂Oを選択的に除去し、主に溶液中に酸を残し、それによって、溶液中の酸濃度が上昇する間に、標的物質が沈殿することを可能にし、それによって、任意選択的に存在する放射性同位体の共沈を低減又は回避することと、

- 過剰なH₂Oを除去した後、溶液の温度を下げて、標的物質の沈殿を最大化し、残液中の標的物質の溶解度を低下させることと、

- 任意選択的に存在する放射性同位体及び/又は不純物を含有する液体を、沈殿した標的物質から分離することと、

- 放射性同位体の製造における再利用のために、沈殿した標的物質を調製することと、を含む。

【0019】

後者は、例えば、放射性同位体の製造のための再照射によるものであり得るか、又は、例えば、新しいAc-225の内部成長のための保存を伴い得る。

【0020】

蒸発は、H₂Oを蒸発相にすることによって選択的に除去することを指し得る。蒸発は、いくつかの実施形態では、蒸留であり得る。

【0021】

温度を下げることは、能動冷却ステップを含み得るが、能動冷却ステップを必要とするが必要ではない。温度が下がるということは、蒸発が実行される温度が、液体の分離が実行される温度よりも高いという事実を指す。

【0022】

本発明の実施形態の利点は、蒸発プロセス、例えば、蒸留プロセスによって実行されている、本発明の実施形態では、少なくとも1つの濃縮ステップが実行されることである。

【0023】

例えば、ラジウム-226標的物質からアクチニウム-225を製造する場合、Ac-225は、平均して2週間ごとにラジウムから分離される。これにより、蒸発、例えば、蒸留、プロセスで得られるようなゆっくりとしたプロセスが容易になり、Ra-226の損失を最小限に抑えることに焦点を当てることを可能にし、分離後のAc-225の迅速な処理を可能にする。

【0024】

酸、例えばHNO₃は、1%~100%の濃度で、例えば、上限として、例えば90%、例えば80%、例えば75%、例えば70%、例えば69%を有する範囲で、下限として、例えば10%、例えば25%、例えば40%を有する範囲で、添加され得る。酸は、

10

20

30

40

50

例えば、Ra - 226 標的物質を使用してAc - 225 同位体を製造する場合、HNO₃ であり得る。本方法は、標的物質と、以前の照射中に製造された放射性同位体の分離が、異なる様式で実行されていても、標的物質をリサイクルするために使用され得ることを注意すべきである。例えば、標的物質がRa - 226 である場合、本方法はまた、Ra - 225 及びAc - 225 の量が、少ない又は完全に存在しない場合にも使用され得、本プロセスは、主に、Ra - 226 を得るために実行され、Ra - 226 は、無機若しくは有機不純物又は大量のHNO₃ の存在の無い、純粋で濃縮された形態である。

【0025】

精製方法は、新たに照射された標的物質、又は複数回ミルクキングされた標的物質に適用され得ることに留意されたい。

10

【0026】

照射された標的物質を含む溶液を得ることは、標的物質の照射された溶液を得ること、又は照射された標的物質の溶液を得ることであって、照射された標的物質が、固体形態であるときに照射された、照射された標的物質の溶液を得ることを含み得る。本発明の実施形態の利点は、これらが、固体照射標的及び液体照射標的の両方に使用され得る精製方法を提供することである。

【0027】

標的物質の液体又は固体形態のいずれかにおける、標的物質の照射は、光子、中性子、又は、例えば陽子又は重陽子などの荷電粒子によることができる。有利な実施形態では、ラジウム - 226 標的物質は、ラジウム - 225 の製造を通じたアクチニウム放射性同位体の製造のために、液体又は固体形態で、光子又は中性子によって照射される。

20

【0028】

照射された標的物質の溶液を得ることは、水溶液又は固体、例えば、主要な標的物質の移送の前、それと同時に、又はその後、固体又は液体形態で、標的カプセル / 容器をすすぐために使用されるすすぎ用物質、移送配管をすすぐために使用されるすすぎ用物質、より少ない量の標的物質及び放射性同位体又はそれらの混合物を含有する副プロセス流を得ることを更に含み得る。

【0029】

いくつかの実施形態では、本方法は、主に、不純物又は大量のHNO₃ の存在の無い、純粋で濃縮された形態のRa - 226 を得るために実行され得る。

30

【0030】

照射された標的物質は、Ra - 226、並びに任意選択的にRa - 225 及びAc - 225 を含み得、酸は、HNO₃ であり、HNO₃ は、ラジウムの沈殿が実行される時、65% ~ 68% の濃度で存在する。本発明の実施形態の利点は、沈殿のために65% ~ 68% の濃度を使用することによって、連続的な蒸発プロセスにおいて、増量したH₂O を除去する必要があることを回避することができ、これは、多くの場合、より低い濃度を添加する場合であるか、又は腐食性蒸気 (HNO₃、NO_x) の存在が高まることを回避することができ、これは、多くの場合、より高い濃度を添加する場合である。

【0031】

方法ステップのうちの一つ以上は、減圧、すなわち、大気圧未満の圧力で実行され得る。減圧は、50 mbar ~ 200 mbar の範囲の動作圧力であり得る。後者は、揮発性同位体を選択的に捕捉すること、及び / 又は腐食性煙霧の拡散を低減することを可能にし得る。圧力を低下させることは、有利なことに、溶液の沸点を低下させることをもたらし得る。

40

【0032】

溶液の加熱又は冷却は、二重壁 (ジャケット形) 反応容器の二重壁内の循環液を使用して実行することができる。

【0033】

本方法は、透明な反応容器を使用して、プロセスを視覚的に追跡することを含み得る。

【0034】

50

加熱 / 冷却用の溶液は、主に H_2O であり得る。

【0035】

本方法は、例えば、磁気攪拌を使用して、溶液を攪拌することを更に含み得る。本発明の実施形態の利点は、攪拌が、蒸発プロセス、例えば蒸留中の蒸発又は沸騰プロセスを改善し得ることである。

【0036】

本方法は、回転式蒸発器システムに適用され得る。本発明の実施形態の利点は、蒸発のための表面が能動的に増加され、したがって、プロセスの効率が改善されることである。

【0037】

本方法は、熱交換器を通して加熱及び / 又は冷却される閉回路において適用され得る。本発明の実施形態の利点は、二重壁反応容器を使用したときに二重壁が壊れた場合、閉回路を使用することによって、標的物質を液体から回収することができることである。 10

【0038】

過剰な H_2O を除去した後、温度は、室温未満だが液体の凍結温度超に下げられ得る。

【0039】

溶液は、濾液収集容器、任意選択的にバッファ容器、及び真空ポンプに接続された浸漬フィルタを使用して濾過され得る。

【0040】

沈殿した標的物質を調製することは、初回濾過後に、濃縮された酸で沈殿物を洗浄し、任意選択的に濾過プロセスを繰り返すことを含み得る。初回濾過後に沈殿物を酸で洗浄し、任意選択的に濾過プロセスを繰り返すことによって、標的物質の溶解を最小限に抑えながら、放射性同位体の回収を改善し得る。 20

【0041】

最終濾過後、標的物質沈殿物を乾燥させて、残留酸を除去し得、したがって、 H_2O 中の標的物質の溶解度を更に改善し得る。

【0042】

H_2O は、標的物質を回収するために添加され得、それによって、標的物質を完全に溶解する。

【0043】

いくつかの実施形態では、溶液を加熱して、残留標的物質の固形物の濃縮及び溶解によってプロセスが実行される反応容器を清掃し得る。 30

【0044】

溶液は、還流され得る。

【0045】

一態様では、本発明はまた、標的物質の精製のためのシステムに関するものでもあり、システムは、反応容器と、照射された標的物質の溶液のための入口と、酸を添加するための入口と、を備え、反応容器は、例えば、蒸留機器などの、照射された標的物質の溶液から H_2O を除去し、酸を主に溶液中に残し、それによって、溶液中の酸濃度が上昇する間に、標的物質が沈殿することを可能にし、それによって、任意選択的に存在する放射性同位体の共沈を低減又は回避する、蒸発機器を備え、システムは、任意選択的に存在する放射性同位体を含む液体を、沈殿した標的物質から分離するための濾過手段を更に備える。 40

【0046】

照射された標的物質は、Ra - 226、並びに任意選択的に Ra - 225 及び Ac - 225 を含み得る。酸のための入口は、 HNO_3 のための入口であり得る。

【0047】

本システムは、反応容器の温度を、加熱及び / 又は冷却によって制御するための、加熱 / 冷却システムを備え得る。加熱 / 冷却システムは、二重壁加熱 / 冷却ジャケットであり得る。加熱 / 冷却システムは、加熱 / 冷却ジャケットを、液体循環ポンプシステムを備えた一次流体回路と接続し得る。

【 0 0 4 8 】

本システムは、反応容器内に減圧を誘起するための空気ポンプシステムを含み得る。

【 0 0 4 9 】

本システムは、反応容器内の圧力を測定するための圧力センサを備え得る。

【 0 0 5 0 】

更に、本システムは、前述したように方法を実行するための、例えば、空気ポンプシステム、加熱/冷却システム、及び添加される酸の量を制御するためのシステムなどの、システムを制御するためのコントローラを備え得る。

【 0 0 5 1 】

更に、システムは、ラドンを除去するためのラドン除去装置を備え得る。

10

【 0 0 5 2 】

本発明の特定の及び好ましい態様は、添付の独立請求項及び従属請求項に示される。従属請求項からの特徴は、請求項に適切なだけでなく明確に述べられるように、独立請求項の特徴及び他の従属請求項の特徴と組み合わせることができる。

【 0 0 5 3 】

この分野では、デバイスの絶え間ない改善、変化、及び進化があったが、本概念は、従来の慣行からの逸脱を含む、実質的な新規かつ斬新な改善を表し、この性質のより効率的で安定的かつ信頼性の高いデバイスの提供をもたらすと考えられる。

【 0 0 5 4 】

本発明の上記及び他の特性、特徴、及び利点は、例として、本発明の原理を例示する添付の図面と併せて、以下の詳細な説明から明らかになるであろう。この説明は、本発明の範囲を限定することなく、例示のためにのみ与えられるものである。以下に引用する参考図は、添付図面を指す。

20

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 5 5 】

【 図 1 】 本発明の実施形態による、標的物質の精製のためのシステムを図示する。

【 0 0 5 6 】

異なる図面において、同じ参照符号は、同じ又は類似の要素を指す。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 5 7 】

本発明は、特定の実施形態に関して、特定の図面を参照して記載されているが、本発明は、それらに限定されず、特許請求の範囲によってのみ限定される。記載されている図面は、概略的であるにすぎず、非限定的である。図面において、要素のいくつかのサイズは、説明の目的で誇張されている場合もあり、縮尺どおりに描かれていない場合もある。寸法及び相対寸法は、本発明の実施に対する実際の縮小に対応していない。

30

【 0 0 5 8 】

更に、本明細書及び特許請求の範囲における、第 1 の、第 2 の、第 3 のなどの用語は、類似の要素を区別するために使用されており、必ずしも、時間的、空間的、ランキングの、又は任意の他の様式で順序を説明するために使用されているわけではない。このように使用される用語は、適切な状況下で交換可能であり、本明細書に記載の本発明の実施形態は、本明細書に記載又は図示される以外の順序で動作可能であることを理解されたい。

40

【 0 0 5 9 】

更に、本明細書及び特許請求の範囲における、上部 (t o p)、下部 (b o t t o m)、上 (o v e r)、下 (u n d e r) などの用語は、説明目的のために使用されており、必ずしも、相対位置を説明するために使用されているわけではない。このように使用される用語は、適切な状況下で交換可能であり、本明細書に記載の本発明の実施形態は、本明細書に記載又は図示される以外の配向で動作可能であることを理解されたい。

【 0 0 6 0 】

特許請求の範囲で使用される「含む (c o m p r i s i n g) 」という用語は、その後

50

ップを除外しないことに留意されたい。したがって、規定されるように、述べられた特徴、要素、ステップ、又は構成要素の存在を特定するものと解釈されるが、1つ以上の他の特徴、要素、ステップ、若しくは構成要素、又はそれらのグループの存在又は追加を排除するものではない。したがって、「含む (comprising)」という用語は、述べられた特徴のみが存在する状況、及びこれらの特徴及び1つ以上の他の特徴が存在する状況を包含する。したがって、本発明による「含む (comprising)」という語はまた、一実施形態として、更なる構成要素が存在しないことも含む。したがって、「手段 A 及び B を含むデバイス」という表現の範囲は、構成要素 A 及び B のみからなるデバイスに限定されると解釈されるべきではない。これは、本発明に関して、デバイスの唯一の関連する構成要素が、A 及び B であることを意味する。

10

【0061】

同様に、「結合された (coupled)」という用語は、直接接続のみに限定されるものとして解釈されるべきではないことに留意されたい。「結合された (coupled)」及び「接続された (connected)」という用語は、それらの派生語とともに使用され得る。これらの用語は、互いの同義語として意図されていないことを理解されたい。したがって、「デバイス B に結合されたデバイス A」という表現の範囲は、デバイス A の出力がデバイス B の入力に直接接続されている、デバイス又はシステムに限定されるべきではない。これは、A の出力と、他のデバイス又は手段を含む経路であり得る、B の入力との間に経路が存在することを意味する。「結合された (coupled)」とは、2つ以上の要素が、直の物理的若しくは電氣的に接触しているか、又は2つ以上の要素が、互いに直接接触していないが、それでも互いに協働又は相互作用していることを意味し得る。

20

【0062】

本明細書の全体を通じた「1つの実施形態」又は「一実施形態」への言及は、実施形態に関連して説明される特定の特徴、構造、又は特性が、本発明の少なくとも1つの実施形態に含まれることを意味する。したがって、本明細書全体を通じて様々な箇所「1つの実施形態では」又は「一実施形態では」という語句が見られるが、必ずしも全てが同じ実施形態を指すわけではないが、そうである場合もある。更に、特定の特徴、構造、又は特性は、1つ以上の実施形態では、本開示から当業者に明らかであるように、任意の好適な様式で組み合わせられ得る。

30

【0063】

同様に、本発明の例示的な実施形態の説明では、本開示を簡素化し、様々な発明態様のうちの1つ以上の理解に役立つ目的のために、本発明の様々な特徴が、単一の実施形態、図、又はそれらの説明にまとめられることもあることを理解されたい。しかしながら、本開示の方法は、特許請求される発明が、各請求項に明示的に列挙されているよりも多くの特徴を必要とする意図を反映するものとして解釈されるものではない。むしろ、以下の特許請求の範囲が反映するように、発明態様は、単一の前述の開示された実施形態の全ての特徴よりも少ない範囲にある。したがって、詳細な説明に続く特許請求の範囲は、この詳細な説明に明示的に組み込まれ、各請求項は、本発明の別個の実施形態として単独で存在している。

40

【0064】

更に、本明細書に記載のいくつかの実施形態は、他の実施形態に含まれるいくつかの特徴を含むが、他の特徴を含まない一方で、異なる実施形態の特徴の組み合わせは、当業者によって理解されるように、本発明の範囲内であり、異なる実施形態を形成することを意味する。例えば、以下の特許請求の範囲では、特許請求される実施形態のいずれかを、任意の組み合わせで使用することができる。

【0065】

更に、実施形態のうちのいくつかは、コンピュータシステムのプロセッサによって、又は機能を遂行する他の手段によって実施され得る方法又は方法の要素の組み合わせとして、本明細書に記載される。したがって、そのような方法又は方法の要素を遂行するために

50

必要な命令を有するプロセッサは、方法又は方法の要素を遂行するための手段を形成する。更に、装置の実施形態の本明細書に記載の要素は、本発明を遂行する目的のために、要素によって実行される機能を遂行するための手段の例である。

【0066】

本明細書に提供される説明では、多くの特定の詳細が示されている。しかしながら、本発明の実施形態は、これらの特定の詳細なしで実施され得ることを理解されたい。他の例では、周知の方法、構造、及び技術は、この説明の理解を不明瞭にしないように、詳細に示されていない。

【0067】

ここで、本発明を、本発明のいくつかの実施形態の詳細な説明によって説明する。本発明の他の実施形態は、本発明の技術的教示から逸脱することなく、当業者の知識に従って構成され得、本発明は、添付の特許請求の範囲の条件によってのみ限定されることは明らかである。

【0068】

第1の態様では、本発明は、放射性同位体の製造における再利用のための標的物質の精製方法に関する。更に、本方法は、放射性同位体の製造の枠組みに適用され得、その結果として、本発明はまた、放射性同位体を製造し、標的物質の精製を利用し、放射性同位体の製造において標的物質を再利用する方法に関する。

【0069】

標的物質の精製方法は、照射された標的物質の溶液を得ることであって、溶液が、したがって、少なくとも標的物質を含み、かつ任意選択的にまた放射性同位体、及び任意選択的に不純物を含む、照射された標的物質の溶液を得ることを含む。照射された標的物質の溶液を得ることは、照射された液体標的を得ること、又は固体形態で照射された、照射された標的物質を溶解することによって得られる溶液を得ることを含み得る。いくつかの実施形態では、溶液は、Ac-225精製プロセスの前に保存される、Ra-225及びRa-226溶液であり得る。そのような溶液は、例えば、まず2週間保存することができる。本方法はまた、その後、標的物質を定量的に溶解するための、及び任意選択的に存在する放射性同位体の共沈を回避するための、所定の温度条件下で添加することであり得る、所定量及び濃度で酸を添加することも含む。したがって、酸が添加される温度、並びに酸の量及び濃度は、放射性同位体及び不純物の共沈が起こらないか、又は実質的に起こらないように選択され得る。代替的に、添加中又は添加後に、標的物質を定量的に溶解又は再溶解し、任意選択的に存在する放射性同位体の共沈を回避又は除去するように、条件を選択し得る。本方法はまた、例えば蒸留などの蒸発によって、溶液からH₂Oを選択的に除去し、主に溶液中に酸を残し、それによって、溶液中の酸濃度が上昇する間に、標的物質が沈殿することを可能にし、それによって、任意選択的に存在する放射性同位体の共沈を低減又は回避することも含む。本方法はまた、過剰なH₂Oを除去した後、溶液の温度を下げて、標的物質の沈殿を最大化し、残液中の標的物質の溶解度を低下させることも含む。このことは、アクチニウム精製ステップに導入されるRa物質の量が低減され、このプロセス副流から回収する必要があるRaが少ないという特定の利点を有する。温度を下げることは、能動冷却ステップを含み得るが、そのような冷却が能動的であることは必要ではない。

【0070】

本方法は、任意選択的に存在する放射性同位体及び不純物を含有する液体を、沈殿した標的物質から分離することと、放射性同位体の製造における再利用のために、沈殿した標的物質を調製することと、を更に含む。本方法は、放射性同位体の製造のための再照射、及び/又はRa-225からのAc-225の新たな内部成長のために貯蔵することを含み得る。

【0071】

例解として、本発明の実施形態は、それらに限定されず、更なる標準及び任意選択の特徴は、例示的な方法及び実施形態において以下に例解される。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 2 】

第1の例示的な方法では、アクチニウムの製造のための照射後にラジウム標的物質を精製するための方法が記載されている。プロセスは、pHが1～3であり、Ra-226、Ra-225、Ac-225及び不純物を含む液体標的溶液を、沈殿容器内に移送することによって開始される。その後、すすぎ溶液が移送され、すすぎプロセスの性能を最大化することにより、Ra-226の沈殿容器への(ほぼ)定量的な移送が保証される。液体標的溶液は、照射された液体標的であり得るか、又は液体標的溶液を得るために溶媒中に溶解された固体標的に由来し得る。ここで、Ra溶液は、最大溶解度レベルをはるかに下回って希釈されている。次に、例えば濃縮されたHNO₃、例えば25～50mlの濃縮されたHNO₃(68%)などの酸を、好ましくは、濾過プロセスにおいてAcが好ましく分離されるモル量で添加する。この段階では、この添加後にHNO₃濃度を1～3MのHNO₃まで高めることができるため、一部のRa沈殿が起こる可能性がある。しかしながら、蒸発、例えば、蒸留プロセスを開始すると、全てのRaは、温度の上昇によって再度溶解され、したがって、濃縮されたHNO₃の添加時の、Ac-225/Ac-227及び不純物の共沈の可能性を除外する。代替的に、過剰なH₂Oでさえも、濃縮されたHNO₃の添加後、全てのRa-226が溶解する状態に達するまで、添加することができる。換言すれば、標的物質を定量的に溶解するための、及び任意選択的に存在する放射性同位体の共沈を回避するための条件が提供される。次に、H₂Oを、高温及び減圧での蒸発、例えば、蒸留によって溶液から除去し、蒸留物収集フラスコに収集する。蒸発中、例えば、蒸留中に、HNO₃濃度が上昇し、体積が減少すると、ますます多くのRa(NO₃)₂結晶が形成される。しかしながら、蒸発、例えば、蒸留中の液体内の温度変動の間の、このようなゆっくりとして制御された結晶の形成及び成長によって、共沈によるAcの包含は効果的に回避される。

10

20

【 0 0 7 3 】

蒸発プロセス、例えば、蒸留プロセスが完了すると、減圧が除去され、沸騰プロセスは直ちに停止し、ここで、液体は、最小限まで冷却される必要がある。加熱ジャケットは、70～80から、例えば5まで冷却する必要がある。これにより、濃縮されたHNO₃中のRaの残留溶解度が最小限に抑えられる。

【 0 0 7 4 】

完全な冷却後、フィルタ浸漬管を反応器に挿入し、フィルタを、丸底反応容器の下部に向ける。フィルタ浸漬管は、アクチニウム留分用の収集容器と、小型バッファ容器と、Rn捕獲システムに接続された真空ポンプと、に接続されている。濾過プロセスが実行される。

30

【 0 0 7 5 】

25～50mlの低温濃縮されたHNO₃(68%)を、フィルタ浸漬管がまだ所定の位置にある状態で、反応器内に添加し、この追加体積を、アクチニウム収集容器に向けて再度除去する。このプロセスは、Raの追加溶解を最小限に抑えながら、Raから全てのAcを除去することに焦点を当てており、体積を最小限に保ちながら、数回繰り返すことができる。RaからAcを定量的に移送した後、フィルタ浸漬管を取り外し、H₂Oで洗浄して、管から存在するRaを全て除去する。

40

【 0 0 7 6 】

これらの洗浄液は、例えば、リサイクルされた(HNO₃が低い)蒸留物又は新たなH₂Oであり得る。Ra-226は、この副流から回収することがより困難であるため、主な焦点は、濃縮されたHNO₃中のAcに向けてのRaの追加の移送を最小限に抑えることである。ここで、蒸留物を使用して、Acを含む濃縮されたHNO₃を、典型的には、2～4MのHNO₃である、DGA Ra/Ac分離のための適切な条件まで希釈することができる。

【 0 0 7 7 】

フィルタ浸漬管を取り外した後、蒸発プロセスを再度開始し、反応器及びH₂O/HNO₃分離器内の濃縮されたHNO₃の残留痕跡を全て除去する。最後に残った量のHNO

50

3を除去することによって、Ra溶解度が最大化され、最小限の酸が、場合によっては照射液体標的システムに移される。

【0078】

新たなH₂O、120～200mlを反応容器に添加し、蒸発、例えば、蒸留プロセスを、ジャケットを加熱して、減圧をかけることによって再度開始する。このプロセスは、H₂Oの還流によって、残留Ra-226から壁を効果的に清掃する。次に、プロセスを停止し、浸漬管を使用して、液体を除去する。新たなH₂Oを反応器に添加することができ、プロセスは、残留Ra-226から反応器が効果的に精製されるまで繰り返される。

【0079】

Ra-226+Ra-225が、2週間のAc-225の内部成長のために崩壊貯蔵容器に送られているか、又は照射プロセスに戻されているかに応じて、すすぎが、主要なRa溶液に追加されるか又はされない。前者の場合には、すすぎ溶液を、照射に戻す前に最後にミルクングされるRaバッチに添加することができる。この戦略は、この沈殿反応器におけるRa-226のループを閉じる。

10

【0080】

崩壊タンク内の容積は、液体標的+すすぎの体積に相当する。そうすることで、プロセスは、新たに照射された標的と連続したミルクングとを区別せず、プロセスを更に簡素化する。

【0081】

例えば、Raなどの標的物質をうまく再利用するために、最小限の化学的純度が必要である。したがって、標的物質を再利用することによって、標的物質から同位体を製造するための方法で使用されるプロセスは、有機物又は浸出抽出剤の導入を回避又は最小限に抑える必要がある。本発明の実施形態による精製方法は、不純物の低減を有利に支援する。そのような不純物としては、例えば、光核分裂プロセス生成物などの核分裂生成物、標的物質に由来する生成物（例えば、ラジウムの場合、安定した及び/又は放射性Pbの発生、並びにPo-210）、Ti、Fe、Ni、Cr、Zr、Nbなどの封入物質に由来する生成物、又は石英又はホウケイ酸塩などに由来するSi、Al、Na、Bなどの浸出生成物、放射化生成物などが挙げられる。

20

【0082】

いくつかの例示的な実施形態では、反応容器は、減圧で動作される。減圧は、例えば、50mbar～200mbarの範囲、例えば、100mbar～200mbarの範囲であり得る。このようにして、容器からホットセル格納容器内への酸煙及びラドン(Rn-220、Rn-222)の漏洩を回避することができる。ラドンを濾過し、低流量で捕捉することができる。酸煙及びラドンの漏洩は、代替的に又は追加的に、水分トラップカラム、Ag-ETS10カラムを使用するか、又は崩壊タンクを使用することによって低減され得る。1つの実施形態では、崩壊タンクは、例えば、例を挙げると最大10barに加圧された、100リットルの容積を有し得る。100mbar～200mbarの圧力で反応容器を動作させることにより、液体の沸点が、50～70の範囲の温度に下がる。いくつかの実施形態では、圧力センサは、凝縮器と蒸留物収集容器との間に設置されている。例えば、回転式蒸発器システムで知られているような同様の装備が使用され得る。本発明の実施形態の利点は、使用される機器が、放射線耐性であり、したがって、システムに加わる複雑さは皆無かそれに近い。本発明の実施形態の利点は、圧力及び圧力差を、システム、例えば、ホットセルで容易に測定できることである。

30

40

【0083】

いくつかの例示的な実施形態では、蒸発、すなわち、蒸留を制御するための温度は、液状加熱/冷却システムを使用して制御することができる。本発明の実施形態の利点は、反応容器と直接接触する電気加熱機器を必要としないことである。液状加熱/冷却システムは、例えば、二重壁加熱/冷却システム、例えば、二重壁加熱/冷却ジャケットであり得る。そのような二重壁加熱/冷却システムは、例えば、水に基づき得る。二重壁加熱システムは、例えば、80で動作することができるため、液体の沸騰温度は、典型的には、

50

50 ~ 70 の範囲の温度に下がり、したがって、水による温度制御が完全に可能であるため、低圧で反応容器を動作させるときに、システムを有利に使用することができる。水を用いる二重壁加熱/冷却ジャケットは、例えば、80 で動作することができるため、上記の条件は、有利なことに、蒸発プロセスが制御及び/又は高速化され得るような、著しい温度差を提供し得る。

【0084】

二重壁加熱/冷却システムは、循環ポンプを備えた一次液体回路と接続され得る。本発明の実施形態の利点は、水を使用する場合、及び問題のある二重壁加熱システムの場合、水中のラジウム濃度が下がるが、これにより、(例えば、シリコン油を用いた加熱/冷却と比較して)より容易な回収が可能になることである。

10

【0085】

いくつかの実施形態の利点は、沈殿のために蒸発、例えば、蒸留を制御するための、電気加熱ジャケット及び熱電対を必要としないことである。電気加熱ジャケットを使用すること、及び熱電対を使用することにより、同位体製造システム及び/又は標的物質精製システムをいっそう複雑にするため、電気加熱ジャケット及び/又は熱電対を回避する可能性により、そのようなシステムの制御/使用がより容易になる。

【0086】

本発明の実施形態の利点は、例えば濾過前に、強制冷却を利用して、残留標的物質(例えば、Ra-226)濃度を低下させ、及び/又は、蒸発、例えば蒸留後の冷却プロセスを高速化することができることである。

20

【0087】

本発明の実施形態の利点は、室温よりも低い温度でAc-225を含有する液体を濾過することによって、Ra-226の後の沈殿を回避することができることである。

【0088】

本発明による実施形態では、攪拌デバイスが、反応容器内、例えば、反応容器の下部で、攪拌作用を実行するため使用され得る。1つの実施形態では、そのような攪拌デバイスは、磁気攪拌器であり得る。磁気攪拌器は、1つの実施形態では、例えば、PTFEの代わりにホウケイ酸塩に覆われた、楕円型の攪拌器であってもよい。攪拌器は、有利なことに、丸底反応容器内で使用することができるが、実施形態はそれに限定されない。攪拌デバイスを使用することにより、低圧で激しくなる可能性がある沸騰プロセスの気泡サイズを縮小し、ガスの形成を、反応器の中央に集中させることができる。

30

【0089】

本発明の実施形態によれば、蒸発、例えば、蒸留のパラメータは、溶液中にHNO₃がほぼ完全に残っている状態に調整され、濃縮されたHNO₃の共沸混合物に到達すると、蒸発プロセスは大幅に減速する。これにより、安全性が高まり、液体を不必要に蒸発乾固する可能性を低下させる。いくつかの実施形態では、反応容器と蒸留ブリッジとの間のVigreux型カラムは、H₂OからのHNO₃の分離で効率的であり、HNO₃最大実用濃度68%に比較的容易に到達することができる。この共沸点を超えると、典型的には、褐色のNO_x煙霧が溶液中で見られるが、これは、回避すべきである。蒸留物は、圧力が大幅に低下しない限り、HNO₃を比較的含まないままである。

40

【0090】

第2の態様では、本発明は、標的物質の精製のためのシステムに関する。本システムは、反応容器と、照射された標的物質の溶液のための入口と、酸を添加するための入口と、を備える。反応容器は、蒸発機器、例えば、蒸留機器であって、照射された標的物質の溶液からH₂Oを除去し、主に溶液中に酸(例えば、HNO₃)を残し、それによって、溶液中の酸濃度が上昇する間に、標的物質が沈殿することを可能にし、それによって、任意選択的に存在する放射性同位体及び不純物の共沈を低減又は回避するための蒸発機器を備える。更に、任意選択的に存在する放射性同位体を含有する液体を、沈殿した標的物質から分離するための濾過手段を備える。本システムはまた、溶媒、例えば、H₂Oを添加するための入口も備え得る。本システムはまた、反応容器の温度を、加熱及び/又は冷却に

50

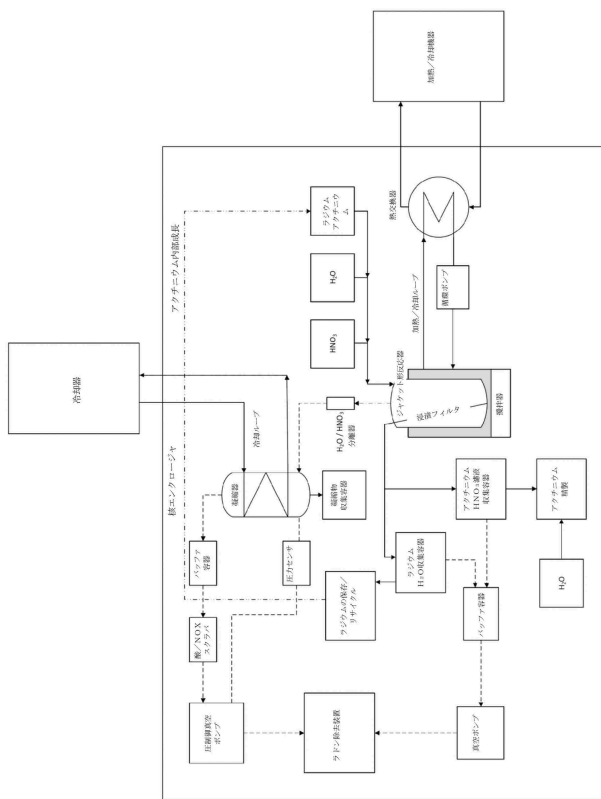
よって制御するための、加熱/冷却システムも備え得る。加熱/冷却システムは、二重壁加熱/冷却ジャケットであり得る。本システムはまた、反応容器内に減圧を誘起するための空気ポンプシステムも備え得る。更に、本システムは、反応容器内の圧力を感知するための圧力センサを備え得る。いくつかの実施形態によれば、本システムはまた、第1の態様に記載されるような方法を実行するためのシステムを制御するためのコントローラも備え得る。本システムはまた、ラドンを除去するためのラドン除去装置も備え得る。本発明の第1の態様に記載されるような機能性を実行するための、更なる特徴及び構成要素が提供され得る。例解として、本発明の実施形態は、それらに限定されず、異なる構成要素は、図1に示すようであり得る。

【0091】

更なる態様では、本発明はまた、放射性同位体の製造のための照射のために再度再利用することができる標的物質を製造するための第1の態様による、精製方法の使用に関する。

【図面】

【図1】



10

20

30

40

50

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2023/067202

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
INV. G21G1/00 B01D17/00 C22B60/00		
ADD.		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)		
G21G F17C B01D C22B		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2006/051269 A1 (BRAY LANE A [US] ET AL) 9 March 2006 (2006-03-09)	13
A	paragraphs [0010], [0015], [0033] - [0040]; claims	1-12
X	US 5 371 372 A (PHILLIPS DENNIS R [US]) 6 December 1994 (1994-12-06)	13-15
A	column 7, line 38 - line 52; figure 2	
A	WO 2020/148316 A1 (MAERTENS DOMINIC [BE] ET AL) 23 July 2020 (2020-07-23)	1-15
	cited in the application claims; figure 4	
A	WO 2019/183724 A1 (TRIUMF A JOINT VENTURE OF THE GOVERNORS OF THE UNIV OF ALBERTA THE UNI) 3 October 2019 (2019-10-03)	1, 13
	claim 35; figure 6	
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents :		
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention	
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone	
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art	
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&" document member of the same patent family	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		
Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report	
11 September 2023	20/09/2023	
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Smith, Christopher	

10

20

30

40

1

50

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2023/067202

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2006051269 A1	09-03-2006	AT 390692 T	15-04-2008
		CA 2571349 A1	02-02-2006
		EA 200700160 A1	31-08-2007
		EP 1766635 A1	28-03-2007
		US 2006051269 A1	09-03-2006
		WO 2006012153 A1	02-02-2006

US 5371372 A	06-12-1994	CA 2116870 A1	18-03-1993
		EP 0604505 A1	06-07-1994
		US 5204072 A	20-04-1993
		US 5371372 A	06-12-1994
		US 5405589 A	11-04-1995
		WO 9304768 A1	18-03-1993

WO 2020148316 A1	23-07-2020	CA 3126189 A1	23-07-2020
		CN 113316475 A	27-08-2021
		EP 3682959 A1	22-07-2020
		EP 3911428 A1	24-11-2021
		JP 2022517339 A	08-03-2022
		KR 20210111777 A	13-09-2021
		US 2022145423 A1	12-05-2022
		WO 2020148316 A1	23-07-2020

WO 2019183724 A1	03-10-2019	AU 2019243560 A1	10-12-2020
		CA 3095255 A1	03-10-2019
		EP 3773996 A1	17-02-2021
		US 2021027905 A1	28-01-2021
		WO 2019183724 A1	03-10-2019
		ZA 202006167 B	29-06-2022

10

20

30

40

50

フロントページの続き

,MC,ME,MK,MT,NL,NO,PL,PT,RO,RS,SE,SI,SK,SM,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,KM,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BN,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CL,CN,CO,CR,CU,CV,CZ,DE,DJ,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IQ,IR,IS,IT,JM,JO,JP,KE,KG,KH,KN,KP,KR,KW,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LU,LY,MA,MD,MG,MK,MN,MU,MW,MX,MY,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PA,PE,PG,PH,PL,PT,QA,RO,RS,RU,RW,SA,SC,SD,SE,SG,SK,SL,ST,SV,SY,TH,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,WS,ZA,ZM,ZW

ベルギー国, 2480 デッセル, スピナースタート 13

(72)発明者 ドゥ プーター, ジョラン

ベルギー国, 2490 バーレン, リエットスタート 22

【要約の続き】

ることと、放射性同位体の製造のための再照射による放射性同位体の製造における再利用のために、沈殿した標的物質を調製することと、を含む。

【選択図】図1