

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公 開 特 許 公 報(A)

(11)特許出願公開番号
特開2024-138231
(P2024-138231A)

(43)公開日
令和6年10月8日(2024. 10. 8)

(51)Int. Cl.
G 2 1 B 3/00 (2006. 01)
G 2 1 G 1/10 (2006. 01)

F I
G 2 1 B 3/00
G 2 1 G 1/10

A

テーマコード (参考)

審査請求 有 請求項の数 11 O L 公開請求 (全 50 頁)

(21)出願番号	特願2024-58388(P2024-58388)	(71)出願人	714009083
(22)出願日	令和6年3月31日(2024. 3. 31)		西沢 克弥
(31)優先権主張番号	特願2023-150635(P2023-150635)		長野県上田市吉田 5 1 5 番地 2
(32)優先日	令和5年9月18日(2023. 9. 18)	(72)発明者	西沢 克弥
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		長野県上田市吉田 5 1 5 番地 2
(31)優先権主張番号	特願2023-174791(P2023-174791)		
(32)優先日	令和5年10月6日(2023. 10. 6)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		
(31)優先権主張番号	特願2023-196029(P2023-196029)		
(32)優先日	令和5年11月17日(2023. 11. 17)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		

最終頁に続く

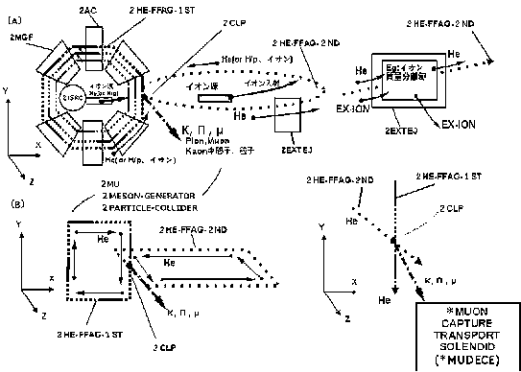
(54)【発明の名称】 可動標的、加速器、粒子衝突システム、中間子生成装置、実験装置、核融合システム、核変換システム

(57)【要約】

【課題】ミュオン標的に炭素原子を用いた炭素素材・バルクの炭素からなる標的を用いると炭素原子が高エネルギーの陽子照射を経て高度に放射化される問題があり、ミュオン標的が放射化しにくくなる系を考案したい。標的の交換の負荷・工数を減らすシステムを考案したい。またミュオンは高速のため標的の原料原子と反応しにくい可能性もあった。

【解決手段】宇宙ミュオンや原子衝突により生成した中間子由来の高速なミュオンを電場・減速手段を用いて減速させ核変換に用いる系を考案する。またミュオンを生成させる場合に第1の加速器と第2の加速器にて水素又はヘリウムを循環加速させ、第1の加速器と第2の加速器の粒子軌道の交差点 2 C L P にて衝突させ、中間子・ミュオンを生成させる。ミュオンは例えば炭素 1 2 や窒素・ホウ素等と結合させ核変換に用いる。

【選択図】図 1 5



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

ミュオンを減速する工程又は減速手段を備え、ミュオンを核変換させるターゲット原子・原料原子に結合可能とする特徴を有する、ターゲット原子・原料原子の核変換システム。

【請求項 2】

ミュオンを電場又はレーザー航跡場又は加速器にて減速可能な請求項 1 に記載の核変換システム。

【請求項 3】

ターゲット原子・原料原子にレーザーを照射し電場又はレーザー航跡場を生成する特徴を有するターゲット原子・原料原子の核融合又は核変換を行う請求項 1 に記載の核変換システム。

10

【請求項 4】

核変換させたいターゲット原子・原料原子にレーザーを照射し電場又はレーザー航跡場を生成し、宇宙ミュオン若しくは宇宙側から地上側に飛来する宇宙線に由来するミュオンを減速させ、前記減速されたミュオンを核変換させたいターゲット原子・原料原子に結合可能な特徴を有する、請求項 1 に記載の核変換システム。

【請求項 5】

ミュオンを用いた核変換システムであって、核変換するときに核変換の原料となる原子 A の原子番号 Z または (1 S 軌道の) 有効核電荷は、前記原子の核変換後に生成される原子 X の原子番号 Z または (1 S 軌道の) 有効核電荷よりも大きい特徴を有する請求項 1 に記載の核変換システム。

20

【請求項 6】

炭素又は炭素 12 を含むターゲット原子にミュオンを投入・照射する特徴を有する請求項 2 に記載の核変換システム。

【請求項 7】

窒素又は窒素 15 と水素を含むターゲット原子にミュオンを投入・照射する特徴を有する請求項 2 に記載の核変換システム。

【請求項 8】

ホウ素又はホウ素 11 と水素を含むターゲット原子にミュオンを投入・照射する特徴を有する請求項 2 に記載の核変換システム。

30

【請求項 9】

請求項 5 に記載の核変換システムにて生じるエネルギーを用いた発電システム。

【請求項 10】

第 1 の加速器にて水素又はヘリウムを加速循環させており、第 2 の加速器にて水素又はヘリウムを加速循環させており、第 1 の加速器と第 2 の加速器の粒子軌道の交差部にて水素又はヘリウムを衝突させ中間子生成させる特徴を有する粒子生成システムを用いミュオンを生成し前記核変換に用いる請求項 1 に記載の核変換システム。

【請求項 11】

核分裂生成物を核変換する特徴を有する請求項 1 に記載の核変換システム。

【発明の詳細な説明】

40

【技術分野】**【0001】**

本発明は、原子力に関連する考案・発明である。本発明はミュオン触媒核融合システムに関するものである。(アイデアによる出願であって、実証が必要である)

【背景技術】**【0002】**

非特許文献 1 のようにミュオン触媒核融合方式 (ミュオン触媒核融合) が公知である。

【0003】

重水素 D や三重水素 T を含む水素分子を液体とし、そこへミュオン (ミュオン) を投入しミュオンが核融合の触媒のようにふるまい核融合反応をさせる。しかし水素分子では

50

核融合後の原子核の電荷が水素原子の + 1 からヘリウム原子の + 2 に増え、+ 2 の電荷をもつ核・ヘリウム核・アルファ粒子核によりミュオンがクーロン力的に捕捉・トラップされて前記ミュオン触媒核融合が停止する（反応しにくくさせる）課題があった。

【 0 0 0 4 】

非特許文献 2 によれば、陽子とホウ素を用いる熱核融合方式が公知である。熱核融合炉では D - T、D - D 反応で核融合炉を放射化させうる高エネルギーの中性子線が問題になっており、その解決の例として中性子を放出しない、しにくい、陽子とホウ素を用いる系（P - 1 1 B 系、陽子ホウ素系）が検討されている。前記 P - 1 1 B 系を熱核融合炉で行う場合、熱核融合を起こさせる温度が D - T 系より 1 0 倍高温にする必要がある課題があった。

10

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 5 】

【 非特許文献 1 】 高エネルギー加速器研究機構 K E K、ミュオン触媒核融合 [インターネット、WEB ページ、URL : <https://www2.kek.jp/ims/mssl/muon-tour/fusion.html>、令和 5 年 9 月 1 8 日閲覧]

【 非特許文献 】

【 0 0 0 6 】

【 非特許文献 2 】 核融合科学研究所 N I F S、先進的核融合燃料を使った核融合反応の実証 - 中性子を生成しない軽水素ホウ素反応を利用したクリーンな核融合炉への第一歩 - [インターネット WEB ページ、URL : <https://www.nifs.ac.jp/news/researches/230309-01.html>、令和 5 年 9 月 1 8 日閲覧]

20

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 7 】

解決しようとする問題点は、水素原子・水素分子を用いるミュオン触媒核融合の系において、ミュオンがクーロン力的に捕捉・トラップされて前記ミュオン触媒核融合が停止する（反応しにくくさせる）問題である。また、ミュオン核融合において重水素 D や三重水素 T 等を用いる系では核融合炉や核融合システムの部材を放射化する虞のある中性子が発生するが、中性子の発生しない系があってもよいかもしれない。

30

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 8 】

ミュオン触媒核融合において核融合前の燃料物質である水素原子にミュオンを近づけて核融合させたいが、核融合後の原子核のヘリウム原子核は核融合前の水素原子核よりも電荷が増えてミュオンを捕捉しやすくなる。そこで本発明ではその電荷の変化を逆にする系として、陽子とホウ素を用いる系を実施例 1 として図 1 に開示する。またそれを搭載した宇宙船 3・輸送機器 3 の想定例を図 5 に記載する。

【 0 0 0 9 】

図 5 の意図として恒星間惑星間を航行する宇宙船や宇宙探査ロボット 3 は太陽光・恒星の光の届かない、惑星間・恒星間においても宇宙船に搭載された燃料を用いて発電や推進する事が求められうる。その動力源として、宇宙の真空環境を用い、粒子加速器を稼働させミュオンや陽子を生成させ核融合炉・核融合推進器を構成出来ればと考えた背景がある。

40

【 0 0 1 0 】

また中性子が出る可能性はあるものの、本発明の別の視点での実施例（実施例 2）として、陽子ホウ素を用いる系に限定しない例として、陽子とリチウムを用いる系等も開示する。リチウムの系を開示する意図としては、リチウムは融点ホウ素より低く、加熱して液体リチウムにしやすい。他方ホウ素を用いる系はホウ素の融点として摂氏 2 0 0 0 度超える高温に加熱する必要がある。

50

【 0 0 1 1 】

本発明は、陽子ホウ素による核融合反応系（P - 1 1 B系）において、核融合燃料となるホウ素の原子核の電荷が + 5 であり、核融合後に生じるヘリウムの電荷が + 3 であることに着目する。P - 1 1 B系はホウ素からヘリウムへと核融合反応する時に原子核の電荷が減少する系である。（* 他方、D - T系は先述のように核融合後に電荷が増加する系でありトラップが起きる。）

【 0 0 1 2 】

本願の図 1 では次の反応を想定している。（実証されていない）

1 . + 1 の電荷をもつ陽子が - 1 の電荷をもつミュオンを補足した + 5 の電荷をもつホウ素原子核（ホウ素を含むミュオン分子）に入射し核融合反応する・反応を促す。

2 . 核融合により、1 個の陽子と 1 個ホウ素から + 3 の電荷をもつ 3 個のヘリウム・アルファ線とエネルギーが生成される。

3 . ミュオンは生成後の + 3 のヘリウムにトラップされるよりは、ミュオンの周囲に多量にバルクに存在する + 5 の電荷をもつホウ素にトラップされることを好む（電氣的に引き寄せられる）と考える。

4 . ミュオンはヘリウムよりはホウ素近傍に留まるようになり、ミュオンをトラップしホウ素は（ミュオン分子化し陽子が電氣的に接近しやすく核融合しやすくなり）入射した陽子により核融合してを繰り返し、陽子とホウ素による核融合反応をミュオンが触媒する。

【 0 0 1 3 】

本発明又は考案では、陽子ホウ素による核融合反応系（P - 1 1 B系）において、核融合燃料となるホウ素が電荷が 5（+ 5）であり、核融合後に生じるヘリウムの電荷が 3（+ 3）であるから、ミュオンと陽子をホウ素のターゲットに照射しミュオン触媒核融合を起させようとする系（図 1）を提案する。

* 本願はアイデアの段階であり実証はされていないが、P - 1 1 B系では燃料はホウ素の + 5 の電荷をもっており生成後のヘリウムの + 2 の電荷よりは負電荷のミュオンを強く補足・トラップしやすい系であると仮定して出願を行う。* この逆の系、公知の水素・D - T系ミュオン触媒核融合システムでは負電荷のミュオンはヘリウムに補足されやすい。

【 0 0 1 4 】

* 本願考案・発明は陽子ホウ素の核融合の系を例として示したが、発明の範囲を限定しないように、より一般的に本発明の条件を開示すると、原子核が融合する際に生成した物質の電荷が核融合燃料となる原子の電荷より小さい系であれば良いかもしれない。* 例えば図 2 に記載のような反応式の系が考えられる。図 2 の例のようにホウ素 B やリチウム Li を用いる系であってもよい。

【 0 0 1 5 】

本願のホウ素やリチウムは常温より加熱し液体として用いてよい。例えば液体リチウムを用いてよい。

既存のミュオン触媒核融合系では冷却された液体水素（融点は摂氏マイナス 2 5 0 度）を用いるが、それに対し液体リチウムは融点が摂氏 1 8 0 度程度であるので、液体水素に比べ液体リチウムのほうが液体化してミュオンのターゲット部に用いたいときに液体化しやすい利点があるかもしれない。

ホウ素についても融点は摂氏 2 0 7 0 度であり、沸点は 4 0 0 0 度でリチウムと比べ温度は高いものの液体ホウ素としてミュオンと陽子が照射されるターゲット部に用いることができる。ターゲット部ではミュオン触媒核融合が原子核の電荷が + 5 のホウ素や + 3 のリチウムを核融合燃料として用い起きることを期待している。前記ミュオン触媒核融合後に原子核の電荷が + 2 であるヘリウム・アルファ線が生成され系より放出される。（ホウ素と陽子を用いる系は図 1、陽子・中性子とリチウムを用いる系は図 3 に開示する。）

【 0 0 1 6 】

本発明は原子核が前記核融合する際に生成した物質（図1のHe、アルファ線）の電荷が核融合燃料となる原子（図1のB）の電荷より小さい系をミューオン触媒核融合システムに用いることを最も主要な特徴とする。

【発明の効果】

【0017】

本発明は、P-11B系の持つ中性子を放出しない核融合システムであって、核融合時に放射化された物質が出にくい可能性があるという利点がある。

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】図1はホウ素と陽子を用いたミューオン触媒核融合システム1F-SYSの説明図である。

10

【図2】図2は原子核が核融合する際に、核融合により生成した物質の原子核の電荷が、核融合燃料となる原子の原子核の電荷より小さい特徴を持つ、核融合反応系の例である。（図2は説明の資料であって、図2に記載のすべての例が本願発明に用いられるわけではないが、該特徴を持つ反応系の例として記載する。例えば図2のグループAにおいて陽子とリチウム、陽子とホウ素11、陽子と窒素15、陽子と窒素15、陽子と酸素17・酸素18等を用いる系の反応式を記載する。グループBにはリチウム6・リチウム7と陽子・D・中性子・ヘリウム3の反応式を記載する。グループCには炭素に関連する反応式を記載する。炭素については炭素同士が核融合反応する例も記載する。）

【図3】図3はリチウムと陽子を用いたミューオン触媒核融合システム1F-SYSの説明図である。リチウムに対し陽子・中性子・重水素を照射投入する例を（A）に、リチウム6と重水素を化学的に結合させた（イオン結合させた）重水素化リチウム6を用いた例を（B）に記載する。

20

【図4】図4は既存のDやTを持ちいたミューオン触媒核融合方式と本願陽子とBやLiを用いたミューオン触媒核融合方式の比較説明図である。（図4上段D、Tによる方式、図4下段は本願の陽子とB、Liによる方式）

【図5】図5は本願1F-SYSを含む核融合反応炉1Rや核融合応用推進器1THとその応用例。*例えば、空中・宇宙空間・惑星間・恒星間を推進・移動する宇宙船3・探査ロボット3に1F-SYSが搭載されていてよい。宇宙船3は加速器によりミューオン・陽子・中性子を生成し核燃料のBやLiを採取保管し前記核融合反応させHeアルファ線等を3の後方に放出した反作用により推進させる宇宙船があってもよい。*3は宇宙船に限らず各種輸送機器、航空機・宇宙機、船舶・潜水艦、車両・自動車、ロボット、各種産業機械、宇宙探査ロボットでもよい。

30

【図6】図6はジボラン・水素化ホウ素・アルカン・アザンを用いるミューオン触媒核融合システム1F-SYS/1EXP-SYSの説明図・想定図である。（図1における陽子を照射する部分を除き、ターゲットT1をジボラン・アルカン・アザンにしたシステムの説明図である）

【図7】図7はラムジェット方式で加圧されるジボラン・水素化ホウ素部分を用いるミューオン触媒核融合システム1F-SYSの説明図である。

【図8】図8は圧縮部でジボラン等水素化ホウ素とミュオニック水素原子を混合し圧縮する系1F-SYS-MP1の説明図である。

40

【図9】図9は圧縮部・加熱部を有する系1F-SYSの1つの例である。（レーザー照射系を備えてもよい）

【図10】MERIT式加速器・MERITリングに、ミュオン発生用可動ミュオン標的・回転型ミュオン標的を挿入し標的を回転させ可動とし標的に粒子ビームを受けさせてパイオンミュオンを生成させようとする場合の説明図。（回転する円板の断面は薄い、楔形のように外周部が薄くなるものでもよい）

【図11】円板型の可動なミュオン標的を機械により交換する際の説明図。

【図12】片方取り出し口を休止し可動なミュオン標的部を加速器から抜去・移動させミュオン標的部を別のミュオン標的に取り換える場合の説明図。

50

【図 1 3】可動なミュオン標的を用い、ミュオン標的の交換とミュオン標的への粒子衝突・パイオンミュオン生成を並行して行う装置と、ミュオン核融合・ミュオン核変換システムの説明図。(ミュオンの減速部を含む)

【図 1 4】可動なミュオン標的は水素原子・陽子又はヘリウム原子を含む中間子・ミュオンの生成システムの説明図。

【図 1 5】円形加速器を移動するヘリウム原子(又は水素原子)をミュオン標的として用いる中間子・ミュオンの生成システムの説明図。

【図 1 6】中間子生成システムを用いた核融合システム・核変換システム・原子製造システムの説明図。

【図 1 7】本願実施形態の一つとして、宇宙ミュオンや高速ミュオンを減速しターゲット部 T 1 原子へ照射・投入・結合し核変換・核融合を試みる説明図。(A)地上側のターゲット T 1 について、天球側・宇宙側・上空側をカバーするドーム状の減速器アレイで高速宇宙ミュオンを減速し T 1 へ照射し核変換を試みる例。(B)直接原料原子・分子の標的 T 1 にレーザーを照射しミュオンを減速可能な電場を形成しミュオンを減速させ T 1 のミュオン核融合・ミュオン核変換を試みる例。

【発明を実施するための形態】

【0019】

図 1 は実施例 1 である。ミュオン触媒核融合の前記トラップ問題に着目し、図 1 の M 1 や T 1、B 1 に記載のように、ホウ素を用いるミュオン触媒核融合システムを考案した。図 1 の実際に利用する形態として太陽光の届かない惑星間・恒星間を移動する宇宙船や探査ロボット 3 の形態を図 5 に記載する。

【実施例 1】

【0020】

図 1 は、燃料 F 1 やターゲット部 T 1 にホウ素を用いる本発明装置・システムの実施例の説明図である。*本系はミュオンや陽子を用いるため、加速器等設備が必要になる点もある。加速器の駆動には真空を要する。宇宙空間に加速器を配置する場合は宇宙空間の真空を用いてよい。

【実施例 2】

【0021】

図 2 は、燃料 F 1 やターゲット部 T 1 にリチウムを用いる本発明装置・システムの実施例の説明図である。リチウムはホウ素より融点が高い。

【産業上の利用可能性】

【0022】

ホウ素やリチウム等の資源を確保する必要はあるものの、核融合による電源を作る事ができるかもしれない。本願発明は真空の必要な加速器などを用い、噴射速度が高くなると想定されるアルファ線を生じるので、図 5 のように真空である宇宙空間を航行する宇宙船の推進装置に用いてもよいかもしれない。

【符号の説明】

【0023】

< 図 1、図 3 >

1 F - S Y S : ホウ素と陽子を用いる核融合反応を利用したミュオン触媒核融合システムの説明図。

M 1 : ミュオン生成手段、ミュオンを核融合燃料ターゲット T 1 に投入照射する手段。例: ミュオン生成可能な粒子加速器を用いた系

P 1 : 陽子生成手段、陽子を核融合燃料ターゲット T 1 に投入照射する手段。例: 陽子を加速しターゲットに打ち込み・照射可能な粒子加速器。ホウ素陽子核融合反応系における核融合燃料の要素。N 1 : 中性子生成手段、中性子を核融合燃料ターゲット T 1 に投入照射する手段。例: 中性子を加速しターゲットに打ち込み・照射可能な粒子加速器。A 1 : 粒子加速器 A 1。

T 1 : 核融合燃料を含むターゲット部。核融合燃料 T 1、F 1。

10

20

30

40

50

B 1 : T 1 のうちホウ素を用いる部分。ホウ素ターゲット。ホウ素は溶融していてもよい。

L 1 : T 1 のうちリチウムを用いる部分。リチウムターゲット。リチウムは溶融した液体リチウムでもよい。

E X 1 : 核融合後の生成物 E X 1 。図 1 や図 3 等においては核融合後に生成するヘリウム H e ・アルファ線。

< 図 5 >

3 : 輸送機器

1 R : 核融合炉である 1 F - S Y S 。 1 F - S Y S を含む核融合炉。アルファ線のエネルギーを電力エネルギーに変換する発電部が備えられていてもよい。

1 G E N R : 発電部 (核融合システム 1 F - S Y S や核変換システム 1 E X P - S Y S により得たエネルギーを電力に変換する部分)

* 図 5 には明記されていないが、 1 E X P - S Y S 、 1 F - S Y S 、 1 R により生じた核融合由来の電力を、ミューオン発生部 M 1 や陽子発生部 P 1 に供給し、ミューオンや陽子を発生させることに用いてよい。該電力を本発明のシステムやシステム各部の駆動に用いてよい。

1 T H : 1 F - S Y S を含む核融合応用推進装置、推力発生装置。推進手段。移動手段。
(1 T H は、 3 が宇宙船の場合アルファ線・ガンマ線・光子・粒子などの粒子ビーム放出部でもよい。 3 が航空機の場合 1 G E N R で得た電力を用いて推進剤や空気取り込みし加熱・圧縮・ 3 の後方へ噴出を行う推進剤噴出部でもよいし電力駆動のプロペラ部でもよい。 3 が船舶の場合 1 G E N R で得た電力を用いてプロペラの回転や水流の生成をできる部分。 3 がアームを持つロボットないしは陸上を移動する車両の場合は 1 G E N R で得た電力で駆動できてもよい車輪・タイヤ・モータ若しくはロボットのモータ・アーム部でよい。)

1 T H - N Z : 1 T H のノズル部。核融合後の生成物 E X 1 がエネルギー持つヘリウム、アルファ線であるときに前記アルファ線を放出するノズル部。推力偏向装置・ノズルでもよい。該アルファ線を推進剤に照射し、推進剤を加熱させ噴射してもよい。* 1 T H - N Z とは別に、 1 R で生じた電力を用いてイオン推進器や光子レーザーを放出した反動で推進する推進装置を稼働してもよい。

< 図 6 > ジボラン B 2 H 6 を用いた系

B H 1 : ホウ素を含む物質であって、水素化ホウ素・ジボラン・ボランである B 1 。ジボランである T 1 、 F 1 。ジボランのターゲット。ジボラン、 B H 1 は気体、液体、流体、(固体) でもよい。(流体を用いた図 7 の構成も可能である) 図 6 の系では水素・陽子を含むジボランを用いるので図 1 等に記載の陽子導入部 P 1 が不要になる。

< 図 7 >

1 F - S Y S - R A M : 核融合システム。(公知のラムジェット部を持つ核融合燃料流体がクローズドループ系にて循環する系に、本願ジボランを用いる系を適用した場合の想定図)

R A M : ラムジェット式で圧縮する際のラム圧発生装置部。

P B H 1 : 圧縮された B H 1 部。圧縮されたジボラン流体部を持つミューオンのターゲット部。

F P : 核融合反応部、ミューオン照射部。

F E E D C : システム内を循環するジボラン流体内のヘリウムを除去したり、余剰な物質を除去し、必要な物質、燃料となるジボランを追加する部分。フィードのコントロール部。燃料供給系、燃料制御系。ヘリウム H e 除去部、ジボラン燃料供給部等

H X : 熱交換器

E N E X : 図中にはないが、アルファ線・核融合エネルギーを基に発電する装置部、発電部。システム内に含まれていてもよい。

P U M P : 圧縮機、ポンプ。システム内の流体を加圧し、圧縮し、循環させる。モーターなどで駆動される。(発電部より電力を得て駆動される)

10

20

30

40

50

M 1 : ミューオン発生部、ミューオン照射部。(発電部より電力を得て駆動される)

E X 1 : 核融合後に生成した(除去必要な)ヘリウム。

【0024】

<その他>本願では核燃料物質(例: B、Li)の原子核の正電荷が核融合後生成物(例: He)よりも大きくなっている系を用いることで、負電荷をもつミューオンを核燃料物質の原子の原子核にとどめるようとしている。核融合生成物より核融合燃料にミューオンが位置するほうがクーロン力・電荷・電場・電氣的に安定となる意図を持っている。

*例えばホウ素の系に、ホウ素よりも原子番号Zが大きい不純物がある場合、本願の考えに従うならば、ホウ素よりZの大きい不純物はミューオンをトラップし反応を停止させるかもしれない。(例えばジボランの原料にされる水素化ホウ素ナトリウムNaBH₄を考えると、ナトリウムはZがホウ素より大きく、本願の考えによればミューオンはNaBH₄中のNaにトラップされるはずである。)

【0025】

本願の考案、本発明の実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら新規な実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行なうことができる。

【0026】

<<優先権を主張した出願による追記部分>>先の出願、特願2023-150635に対し次の項目を追加した。

【0027】

図1において陽子をホウ素に照射しているが、図6に示すように、予めホウ素と陽子・水素原子が結合したボラン、ジボランB₂H₆、水素化ホウ素をターゲット部T1に利用してよい。例えば液化した、液体のジボランを核融合燃料F1またはターゲットT1部に用いてよい。図6の系では水素・陽子を含むジボランを用いるので図1等に記載の陽子導入部P1が不要になる利点があるかもしれない。

【0028】

図7に、ジボランを加圧・圧縮・循環させミューオンを照射し核融合させようとする系1F-SYS-RAMを記載する。(図7は図6の実施例・実施形態の1つである。)図7は公知のラムジェット部を持つ核融合燃料流体がクローズドループ系にて循環する系に、本願ジボランを用いる系を適用した場合の想定図である。

【0029】

図7の1F-SYS-RAM系内にあるジボランは圧縮機PUMPにより加圧、圧縮され循環している。加圧された流体のジボランは圧縮装置部RAMによりさらに圧縮され、圧縮されたBH1部(PBH1部)を形成する。

ミューオン照射部M1よりPBH1にミューオンが照射され、核融合を促す。(ジボランは圧縮されているため密度が高くなり、ミューオンと接触・近接・触れ合いやすくなり、前記触媒核融合反応が起きやすいことを期待している。)

【0030】

図7の系1F-SYS-RAMでは陽子とホウ素を水素とホウ素の結合したジボランとして共にシステムに供給できる利点がある。

陽子導入部P1が不要である上に、系への燃料の追加や系からのHeの除去(デガス)も可能である。(ヘリウムHe除去部、ジボラン燃料供給部等、フィードコントロール部FEEDCを利用)

【0031】

またホウ素より原子番号が大きい不純物の混入しやすさを考慮すると、固体ホウ素よりも、精製可能な気体のジボランのほうがよいかもしれない。(固体ホウ素は固体結晶として生成・精製・精錬が必要。)

本願段落0024で水素化ホウ素ナトリウムNaBH₄を例として述べたように、本願は核融合燃料の原子番号より大きな原子番号の原子・核融合後生成物EX1あるいは燃料中

10

20

30

40

50

不純物の存在を存在を好まないと考えられる。

【 0 0 3 2 】

また本願の図 1、図 3、図 6、図 7 等の系ではミュ オンの進む先には核融合燃料の原子番号より大きな原子番号の原子・核融合後生成物 E X 1・不純物の存在を想定していない。例えばホウ素 B より原子番号の大きな大気分子原子（例えば窒素 N や酸素 O）が存在しない前提である。仮に窒素 N が存在する場合、トラップされるかもしれない。本願構成は燃料とするホウ素（あるいはリチウムなどの他の候補元素・原子）よりも大きな原子番号の原子を避けるように配慮する必要があるかもしれない。

【 0 0 3 3 】

< 書類名 > 特許請求の範囲

10

< 請求項 1 > 核融合反応によって生成した原子・粒子の原子核の電荷が、核燃料物質の原子の原子核の電荷より小さい特徴を持つ、核融合反応系を用いる、ミュオン触媒核融合システム。

< 請求項 2 > 前記核融合燃料はホウ素又はリチウムを含み、前記核融合反応によって生成した原子・粒子はヘリウム・アルファ線である、請求項 1 に記載のミュオン触媒核融合システム。

< 請求項 3 > 前記燃料は液体又は流体の状態である請求項 2 に記載のミュオン触媒核融合システム。

< 請求項 4 > 核融合反応によって中性子を生じにくい特徴を持つ系であって、前記核融合燃料はホウ素・水素化ホウ素を用い、前記核融合反応によって生成した原子・粒子はヘリウム・アルファ線である、請求項 1 に記載のミュオン触媒核融合システム。

20

< 書類名 > 要約書

< 要約 > < 課題 > 公知のミュオン触媒核融合において、水素・重水素 D・三重水素 T 等の核融合燃料物質でなく核融合後の生成物質であるヘリウムにミュオンが付着・捕捉・トラップされ触媒核融合が停止する課題があった。ミュオンが核融合燃料物質でなく核融合後の生成物質に補足されミュオン触媒核融合反応が進みにくい問題を解決したいと考えた。また中性子を発生しにくい系も考案したい。

< 解決手段 > ミュオン触媒核融合において原子核が核融合する際に、核融合により生成した物質の原子核の電荷が、核融合燃料となる原子の原子核の電荷より小さい特徴を持つ、核融合反応系を用いる。具体的には核融合燃料に陽子とホウ素、若しくは陽子を水素分子としてホウ素とともに含むジボランを用いるミュオン触媒核融合系を提案する。

30

【 0 0 3 4 】

< 優先権を主張した出願による追記部分 > 先の出願、特願 2 0 2 3 - 1 5 0 6 3 5 及び特願 2 0 2 3 - 1 5 1 7 8 7 に対し次の項目を追加した。

【 0 0 3 5 】

< 図 8：図 5 の P 1 と M 1 をミュオニック水素として同一の射線・ライン上で併せて・混ぜてターゲット部に導入する場合 >

本願では図 5 のように、陽子 P 1 とミュオン M 1 を同一の射線・ライン上で併せて・混ぜてターゲット部 T 1 に照射することができる。図 5 のように粒子加速器 A 1 を用いて、燃料の陽子 P 1 と触媒となるミュオン M 1 を同一の射線・ライン上で併せて・混ぜてホウ素を含むターゲット部 T 1 に照射することができる。

40

【 0 0 3 6 】

また、本願では図 5 のように粒子加速器 A 1 若しくは中性ビーム入射装置 N B I を用いて、燃料の陽子 P 1 と触媒となるミュオン M 1（ミュオン M 1）が結合して形成された電氣的に中性であるミュオニック水素原子 M P 1（場合によりミュオニック水素原子 2 つからなる電氣的に中性なミュオニック水素分子 M P 1 2 も）をターゲット部 T 1 の水素化ホウ素に照射・投入することができる。（又は M P 1 や M P 1 2 を水素化ホウ素と混ぜ込んでターゲット部に吹き込み圧縮することができる。）

そしてミュオニック水素原子 M P 1 をターゲット部 T 1 の加圧された水素化ホウ素に照射・投入している際に、投入中の経路又はターゲット部 T 1 近傍にて、ミュオニック水素原

50

子MP1と水素化ホウ素が加圧され、（さらにガス流体の内部でMP1と水素化ホウ素、MP12と水素化ホウ素は加圧により混ぜられることもでき、）ミュオニック水素原子と水素化ホウ素の混合体MP1-XBHが形成される。

ミュオニック水素原子と水素化ホウ素の混合体MP1-XBHはラム部（RAM）に加圧輸送され、ラム部にてさらに加圧・圧縮され圧縮された混合物PMP1-XMBとなる。ラム部で圧縮されたミュオニック水素原子MP1・MP12と水素化ホウ素の混合体MP1-XBH（圧縮された混合物PMP1-XMB）はミュオン触媒反応時の温度やミュオンと陽子・ホウ素の体積当たりの密度を増加され、ミュオン触媒核融合反応を促す事につながる。

またラムジェット方式でラム部を用いて前記混合体MP1-XMBを加圧・圧縮し高温にすることもできて、ミュオニック水素原子MP1・MP12と水素化ホウ素の混合体MP1-XBHはミュオン触媒反応時の温度やミュオンと陽子・ホウ素の体積当たりの密度を増加する事に加えて、温度の高い、分子や粒子の運動の盛んな条件でミュオン触媒反応を行わせることができる。本願ではミュオニック水素原子を用いミュオン触媒反応時の温度やミュオンと陽子・ホウ素の体積当たりの密度やミュオンと陽子やホウ素の熱運動を増加させ、ミュオン触媒核融合反応を促す。

【0037】

ミュオン単体（ミュオンビーム線）をホウ素の表面やリチウムの表面、あるいは水素化ホウ素のガス・流体の表面に照射した場合、負に帯電し、ミュオン同士で反発してしまい、ミュオンを一点に集めたり圧縮出来なくなる恐れがあるので、本願図8のようにミュオンを陽子ホウ素燃料の陽子と組み合わせ電荷を中性子にして、前記圧縮しミュオンと陽子ホウ素燃料を一か所に高密度に集め、より多くのミュオンと燃料を近接させミュオン触媒核融合を促す。

*ミュオンの持つ負電荷の問題でミュオン同士では電氣的に反発して一か所に圧縮しにくい虞があるが、ミュオンを（ホウ素陽子核融合にて燃料でもある）陽子・水素原子核と結合させミュオニック水素原子MP1（又はMP12）として電氣的に中和することで、前記電氣的に反発することなく、圧縮することができるようになる。

【0038】

水素化リチウムは融点が高く、通常は固体または液体で存在する。水素化ホウ素よりは水素化リチウムは気体にしにくい点がある。水素化リチウムや固体のホウ素では前記のように常温常圧では固体の為、常温常圧でガスである水素化ホウ素と比較して混ぜ合わせにくく、ラム部に圧送して圧縮することも難しいかもしれない。他方MP1やガスであるとみられるMP12とガスである水素化ホウ素は加圧等の手段、混合手段を用い、混ぜ合わせ、その後ラム部に向け加圧・圧送しさらに圧縮・断熱加熱することが可能である。

【0039】

公知のD-T反応ではミュオンが最大2個必要であるのに対し、リチウムと陽子では4つ、ホウ素では6つミュオンが必要になり、限られた空間内にミュオンと陽子・ホウ素を圧縮して閉じ込めることが必要かもしれない。公知のD-T反応系より、本願で検討するp-11B反応系のほうがミュオンと核融合燃料を混ぜて一か所に閉じ込めて高密度にして核融合燃料と反応させる必要があるかもしれない。

そこで、本願では電氣的に中性な前記ミュオニック水素原子MP1と水素化ホウ素を用い、それらを混合し、圧縮し、一か所に閉じ込めて高密度にしてミュオン触媒核融合（若しくはミュオンによりアシストされた核融合）を起させることを試みる。

【0040】

< 飛翔中ミュオン触媒核融合 >

ミュオニック水素原子MP1は通常の陽子電子からなる水素原子よりもボーア半径が小さく・クーロン障壁が低く（又は量子力学的にトンネリングしやすく）他の原子に向けて飛翔し、他の原子と衝突・近接した際に核融合（飛翔中ミュオン触媒核融合）反応しやすい事が期待される。速度を持ちホウ素と衝突したミュオニック水素原子はその後エネルギーをもつアルファ線を生成するがそのアルファ線のエネルギーを用いて水素化ホウ素を加熱

10

20

30

40

50

し、その水素化ホウ素が熱交換器 H X を通るときに外部の蒸気発生器等に熱エネルギーを伝えて、該熱エネルギー・運動エネルギーは水を供給した蒸気発生器からタービン発電機 1 P P に伝達され蒸気タービン発電機 1 P P を回転・稼働させ電力を生じさせて良い。

【 0 0 4 1 】

図 8 において、ミュオニック水素原子 M P 1 の源になる部分 M P 1 若しくは中性粒子ビーム入射装置 N B I ・粒子加速器 A 1 から水素化ホウ素 (B 2 H 6 等) にて満たされた進路又は経路 S 1 を通りノズル部 N Z を通り、ターゲット部 T 1 ・ラム部 R A M に向かって M P 1 や M P 1 とホウ素の混合物 M P 1 - X M B は進んでいく。その際に、ミュオニック水素原子 M P 1 は進路 S 1 上にある水素化ホウ素と反応してもよい。* 固体のホウ素、熔融したホウ素や固体液体の水素化リチウムの表面に M P 1 を入射した場合、その表面で核融合反応が起きエネルギーが生じることが期待でき本願の一つの例として固体や液体のホウ素や水素化リチウム・リチウムをターゲット T 1 とした際にミュオン触媒核融合を促進させることができてもよい。(但し図 8 や上記のような M P 1 ・ M P 1 2 と水素化ホウ素の混合体・混合流体・混合気体 M P 1 - X M B を圧縮し高密度・高温にして核融合を促す事はできないかもしれない。)

10

【 0 0 4 2 】

記号等 < 図 8 >

1 F - S Y S - M P 1 、 1 F - S Y S - M P 1 - R A M : ミュオニック水素原子と燃料の混合物を用いる核融合システム

ミュオニック水素原子 M P 1 :

A M P 1 : ミュオニック水素原子生成照射部 (粒子加速器 A 1 、 中性粒子ビーム照射装置 N B I 等、 M P 1 や M P 1 2 を生じ、入射・投入できるもの。)

S 1 : 経路 S 1 (M P 1 と水素化ホウ素の混合有)

M P 1 - X M B : M P 1 と水素化ホウ素・ジボランの混合物。若しくは水素とホウ素・ (炭素・) 窒素・酸素・フッ素等の混合物。若しくは核融合に必要な第 1 の原子番号 Z A の原料原子核と第 2 の原子番号 Z A A の原料原子核が化学結合された化合物を含む部分・混合物部分。

P M P 1 - X M B : R A M 等の圧縮手段により圧縮 (及び又は加熱) された混合物 M P 1 - X M B 、若しくは R A M 等の圧縮手段により圧縮 (及び・又は加熱) された混合物 M P 1 - X M B 。

30

R A M : ラム部などの圧縮手段。レーザー照射により (R A M 部がレーザー閉じ込め・慣性閉じ込め式の場合、前記レーザーの光の波長は光子の運動量がより大きく取れるように青色・紫外線・X線・ガンマ線側の短波長を用いてよく) 核融合位燃料ペレットを照射し閉じ込めを行う慣性閉じ込め型核融合が公知であるが、本願においても圧縮部 R A M 部にてレーザーでターゲット部・混合物を圧縮してもよい。(レーザー閉じ込め式の慣性閉じ込め核融合にミュオン投入プロセスを加えてもよい。)

ラム部はレーザー、イオンビーム、原料原子を含むイオンビームを複数の発射部から原料原子を含む部分に収束させるよう照射してもよい (図 9) 。 (Z ピンチや磁化標的型など慣性型で原料原子を圧縮可能、慣性によりとじ込み可能なものでもよい。)

R A M 部にてレーザーないしはラムジェット機構などを用いて核融合に必要な燃料となる原料原子、原料原子同士を化学結合させた化合物・混合物の部分にレーザー等により圧縮・加熱しつつミュオンを照射することで、化合物分子内若しくは化合物・混合物の分子運動・原子運動は圧縮加熱により大きくでき、その結果、ミュオンと結合した粒子・粒子同士がより熱運動により接近しやすくなり、接近による核融合・ミュオン核融合・ミュオン触媒核融合を起しやすくする意図があるほか、核融合後に触媒となるミュオンが、(リリースされ次の原料原子に近接・捕捉されを繰り返す、) 次の触媒反応を起しやすくする狙いもある。

40

(極低温に冷却された液体の水素・ D T ・ D D ・ T T にミュオンを照射しても温度が低く熱運動による原料原子の接近効果は低い虞があるが、レーザーやラムジェット部等で圧縮・加熱された部分にミュオン・ミュオニック原子・ミュオニック水素を投入する場合は圧

50

縮や熱運動による近接効果が期待できる。)

N Z : ノズル部

1 P P : 蒸気タービン発電機

H X : 熱交換器、蒸気発生部、蒸気パイプ・冷却パイプ

1 B K T : 中性子やガンマ線等核融合反応によりエネルギーを持ちつつ飛翔する粒子を受取り熱エネルギー等に変換しエネルギー利用できる部分・ブランケットがあってもよい。核反応を怒る部分の近くに R A M 或いは反応容器部、F E E D を詰め込み・ラムする容器部分 R A M、反応容器の壁面があるとき、R A M 部や容器壁面内にブランケット 1 B K T が配置されていてもよい。

A E C : アルファ線エネルギー変換装置 (アルファ線を受け取って電力に変換する装置。A E C には酸化チタンなどのアルファ線を用いてラジカルを生成し水を (光触媒反応のように) 分解し水素と酸素を得て水素・化学エネルギーの形で系の外にエネルギーを提供・出力してもよい。* A E C は α - v o l t a i c - c e l l

でもよい。* A E C 部分はアルファ線のエネルギーを受け止め (制動放射の、) シンクロン放射光の光子を生じさせてもよい。当該放射光の光子のエネルギーを用いて化学物質を化学反応・光化学反応させてもよい。当該光子を加熱したい部分に照射して物質の製造や推進剤・蒸気の加熱・噴射をしてもよい。当該放射光の光子の波長を長波長側に波長変換する手段を用い長波長側の光子に変換し、前記長波長側の光子を光電変換素子にて受光させ光電変換して電力を得て系の外に出力してもよいし、前記長波長側の光子が光触媒にて光触媒反応可能なエネルギーを持つ光子ならば水から水素と酸素を生成させる光触媒反応を起こさせて水素エネルギーに変換してもよい。前記長波長側の光子を二酸化炭素・窒素の分子内の結合を解離可能・光化学反応な光子の波長とすれば二酸化炭素を解離させ炭素・炭素化合物・窒素化合物等の化学物質のエネルギーとして変換し系の外に出力してもよい。

【 0 0 4 3 】

< 請求項 1 > 核融合燃料は陽子 (P 1) とホウ素 (B 1) を含み、前記核融合燃料がミュオンを用いてミュオン触媒核融合反応又はミュオンを用いた核融合反応により核融合したのちに生成した原子・粒子はヘリウム・アルファ線である、ミュオン触媒核融合システムであって、前記核融合燃料は水素化ホウ素を用いる、ミュオン触媒核融合システムであって、ミュオン (M 1) と陽子 (P 1) が結合し電氣的に中和されたミュオニック水素原子を前記水素化ホウ素に投入・入射させ、ミュオニック水素原子と水素化ホウ素の混合物 (M P 1 - X M B) を形成する特徴を持つ、ミュオン触媒核融合システムであって、ミュオニック水素原子の照射手段 (N B I) を用いて、ミュオニック水素原子を前記水素化ホウ素に投入・入射する特徴を持つ、ミュオン触媒核融合システムであって、前記混合物 (M P 1 - X M B) は第 1 の加圧手段 (P U M P) により加圧される特徴を持つミュオン触媒核融合システムであって、前記混合物 (M P 1 - X M B) は第 1 の加圧手段 (P U M P) により混合される特徴を持つミュオン触媒核融合システムであって、前記混合物 (M P 1 - X M B) は第 2 の加圧手段 (P U M P) により第 1 の加圧手段による圧力よりも高い圧力になるように圧縮され (圧縮された混合物 P M P 1 - X M B となって) 加熱される特徴を持つミュオン触媒核融合システム (図 8、1 S Y S - M P 1)

。< 請求項 2 > 第 2 の加圧手段はラムジェットのパラム部 (R A M) を用いた圧縮部にて行われる特徴を有する、請求項 1 に記載のミュオン触媒核融合システム (図 8、1 S Y S - M P 1 - R A M)。

【 0 0 4 4 】

< 優先権を主張した出願による追記部分 > > 先の出願、特願 2 0 2 3 - 1 5 0 6 3 5 及び特願 2 0 2 3 - 1 5 1 7 8 7 及び特願 2 0 2 3 - 1 7 4 7 9 1 に対し次の項目を追加した。

< < 原子番号 Z の減少する系の例 > > >

本願ではホウ素 1 1 を用いる系の他に、窒素 1 5 を用いる系も開示する。(出願時点ではミュオンを用いてホウ素 1 1 や窒素 1 5 を用いた核融合が起きるかは確認が必要である。

前記系は核融合システムの系でもよいし、物理学の原子核に関する実験系・実験システムでもよい。）

以下ホウ素 11 や窒素 15 の例は本発明の表現しようとする考案の 1 つの例である。

本願図 2 のグループ A のように原子番号 Z が 3 (リチウム) から 9 (フッ素) までの元素について検討している。

<<ホウ素 11 を用いる系>>

陽子とホウ素 11 を核融合させ 3 つのヘリウム 4 (アルファ線) とエネルギーを生じる核融合反応が公知である。

($p + {}^{11}\text{B} \rightarrow 3 \times {}^4\text{He} + 8.7 \text{ MeV}$)

ホウ素原子と水素原子が化学的に結合している分子を核融合反応をさせる前の原料物質・核融合燃料に用いてよい。例えば水素化ホウ素、ボラン、ジボランを用いてよい。水素とホウ素 11 の化合した水素化ホウ素を用いた場合、分子内で結合しているため、予め前記原子同士を接近させることができる。

ホウ素と陽子を近接させミュオンを照射する時にホウ素は単体では固体 (高温に加熱しても液体) であり、ホウ素に水素原料を吹き込んでもホウ素の固体表面に水素が触れ合うことになりミュオン触媒核融合も固体ホウ素の表面で起こる可能性があった。そこで本願では予め核融合反応の原料となる陽子とホウ素 15 を化学結合・共有結合により近接させた水素化ホウ素のバルクな流体・気体・液体を原料物質に用いることで、核融合反応に関わる第一の原料原子 (陽子) と第二の原料分子 (ホウ素 11、後述の窒素 15 のケースも同様) を近接しやすい配置に、若しくは予め 2 つの原料原子を混合した状態かつ近接した状態で配置できるため好ましくは水素化ホウ素 B_2H_6 等・水素化窒素 NH_3 等を用いる。ミュオン又はミュオニック水素を照射投入してもよい。

【0045】

<<窒素 15 を用いる系>>

陽子と窒素 15 を核融合させ炭素 12 とヘリウム 4 (アルファ線) とエネルギーを生じる核融合反応が公知である (自然界では恒星において CNO サイクル反応において窒素 15 と陽子から炭素 12 とヘリウム 4 を生じる反応が公知である。)

($p + {}^{15}\text{N} \rightarrow {}^{12}\text{C} + {}^4\text{He} + 5.0 \text{ MeV}$)

本願では水素分子と窒素 15 のみからなる窒素 15 分子とを混合させ液状の混合物又は気体状の混合物又は流体の混合物とし、その混合物に前記ミュオンを用いた前記核融合を起そうとしてよく、核融合システムに用いてよい。

また前記水素化ホウ素の例と同じように、アンモニア NH_3 のような窒素原子と水素原子が化学的に結合している分子を核融合反応をさせる前の原料物質・核融合燃料に用いてよい。例えば窒素化水素、アザン、アンモニア NH_3 を用いてよい。(アザン、ジアザンを用いてよい。) ミュオン又はミュオニック水素を照射投入してもよい。

<アザン、アンモニア分子の利用、流体・気体のアンモニアの利用>

例えば窒素 15 と水素から成るアンモニア ${}^{15}\text{NH}_3$ にミュオンを照射して、アンモニア ${}^{15}\text{NH}_3$ 分子内の窒素 15 原子と水素原子に対し (それら原子の電子に対し) ミュオンが結合置換し、前記原子の半径を短くして・短縮して、窒素 15 原子と水素原子の原子核を近接させ両原子核を核融合させるよう促して核融合反応を起させようとしてよい。(${}^{15}\text{N}$ と P を含む気体・液体・流体のアンモニア分子内で、ミュオンを用い、 $p + {}^{15}\text{N}$ から ${}^{12}\text{C}$ と ${}^4\text{He}$ を生成する核融合反応を起させてよい)

【0046】

<窒素 15 を含む有機化合物・有機分子の利用>

例えば、炭素と窒素 15 と水素からなる有機化合物 CHN^{15} があり、その化合物は窒素 15 と水素間での結合している化合物 CHN^{15} であってよい。もしくは化合物 CHN^{15} 分子内で核融合燃料・原料原子の窒素 15 と水素が近接する特徴を持つ分子構造を有する化合物 CHN^{15} であってよい。前記有機化合物 CHN^{15} にミュオンを照射し、ミュオンが CHN^{15} 内の窒素 15 と水素を前記近接させた核融合した場合、化合物内で炭素 12 が生じるが、炭素 12 より化合物のバルク内で周囲に存在する別の窒素 15 にミュオ

10

20

30

40

50

ンが結合することでミュオンによる触媒反応が継続する事を意図する。(例えば簡単な化合物の例として、窒素 $15(15N)$ を含む液体・気体・流体になるメチルアミン CH_3-15NH_3 がある。)

ボラン類やアンモニアはガスであるが毒性や腐食作用があり、ガスをタンクに圧縮する必要もあって、取り扱いに注意する必要があるが、有機化合物であって窒素 15 に水素を近接して配置可能な化合物・有機化合物、炭素-窒素 15 -水素化合物 $CHN15$ ならば、ボラン・アンモニアよりは腐食性・毒性低く、(ボンベに圧縮・液化して封入せずに)かつ気体・液体状の物質 $CHN15$ として、(例えるなら揮発性のオイル、炭化水素燃料のような、液体の原料物質 $CHN15$ を)タンクに格納し需要のある地域・発電システム部に燃料物質 $CHN15$ を運搬できる。そして、その後核融合システム・リアクター・反応炉に供給する際に、液体の化合物 $CHN15$ を加熱し、加熱されることで粘度等物性の変った液体若しくは加熱されることでガス・蒸気となった物質 $CHN15$ を、圧縮部を持つ反応器内部で循環せたり圧縮させることが可能になる。核融合燃料の液体でもよい前記化合物 $CHN15$ を用いることで毒性や腐食性をボラン・アンモニアより抑えながら揮発油・オイルのように市中運搬できれば発電システム部に輸送しやすいかもしれない。

なお、化合物 $CHN15$ は、化合物内の原子について、核融合反応する最も原子番号の大きい原料原子の原子番号 Z_A と、核融合反応によって生成した原子・粒子のうち最も原子番号の大きい前記生成した原子の原子番号 Z_B について、原子番号 Z_B は原子番号 Z_A 以下の番号の大きさである特徴を有してよく、窒素 15 を用いるケースでは、原料原子である窒素 15 は原子番号 7 (前記原子番号 Z_A は 7)であり、窒素 15 と陽子が反応し生じる炭素 12 は原子番号 6 (前記原子番号 Z_B は 6)であって前記原子番号 Z_B は原子番号 Z_A 以下の番号の大きさである特徴を有している。

窒素 15 を用いるケースでは、炭素 12 が核融合反応により生成しても元の化合物 $CHN15$ 内に(有機化合物の、例えば炭素骨格部として)含まれる炭素 12 と原子核の正電荷は同じであり、生成後の炭素 12 よりは原子核の正電荷がより正である別の窒素 15 に向けてミュオンが動き回り窒素 15 に捕捉されて炭素 12 とヘリウムを生じて窒素 15 に再捕捉されを繰り返し、ミュオンによる触媒された核融合反応が持続して起きる想定をしている。

【0047】

<断面積>

原子核の反応の断面積の観点(*参考文献B)では、*水素 $1-H-1:33.22$ バーンであり、* $1-H-2:4.70$ *リチウム $6:942.1$ *リチウム $7:1.22$ *ベリリウム $9:7.33$ *ホウ素 $11:5.96$ *窒素 $15:5.35$ バーンである。他にフッ素 $9:4.23$ 、炭素 $12:5.57$ である。窒素 15 とホウ素 11 の断面積は5から6バーンの間である。他方リチウム 7 の断面積は1程度で前記窒素・ホウ素のケースより断面積が小さいので、断面積の観点ではホウ素 11 や窒素 15 を用いることが好ましいかもしれない。

[*参考文献B:日本原子力開発機構WEBページhttps://www.ndc.jaea.go.jp/jendl/j33/J33_J.html、インターネット、閲覧日令和5年11月17日。各表の中性子についてMT1のMaxwellian Averageより引用。実際のミュオンと原子を用いた系では断面積は違う虞はあるものの、同位体間での同一条件でのバーン値の比較よりミュオン核融合時の断面積について考察するために記載する。

○参考文献B:JENDL-3.3 - JAEA Nuclear Data Center

K. Shibata, T. Kawano, T. Nakagawa, O. Iwamoto, J. Katakura, T. Fukahori, S. Chiba, A. Hasegawa, T. Murata, H. Matsunobu, T. Ohsawa, Y. Nakajima, T. Yoshida, A. Zukeran, M. Kawai, M. Baba, M. Ishikawa,

T. Asami, T. Watanabe, Y. Watanabe, M. Igashira, N. Yamamuro, H. Kitazawa, N. Yamano and H. Takano: "Japanese Evaluated Nuclear Data Library Version 3 Revision - 3: JENDL-3.3," J. Nucl. Sci. Technol. 39, 1125 (2002).

(Eds.) T. Nakagawa, H. Kawasaki and K. Shibata: "Curves and Tables of Neutron Cross Sections in JENDL-3.3 (Part I and II)," JAERI-Data/Code 2002-020, Part I, Part II (2002). (Ed.) K. Shibata: "Descriptive Data of JENDL-3.3 (Part I and II)," JAERI-Data/Code 2002-026, Part I, Part II (2003).]

10

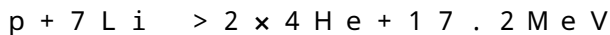
【0048】

<リチウムを用いる系>

<リチウム7>

リチウム7と陽子を用いる系は断面積が低い特徴があり、気体分子にしにくい・固体液体で存在する特徴があり、リチウムイオン電池等の材料に用いられ資源量が限られているものの、本願の1つの例として開示する。リチウムを用いる場合、リチウム7と水素から成る水素化リチウムが利用されうる。液体の水素化リチウム表面にミュオンを照射する。

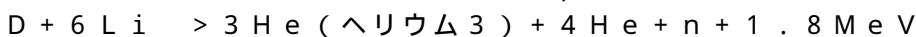
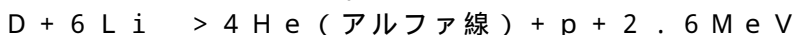
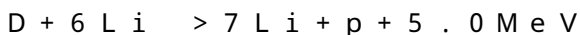
20



<リチウム6>

リチウム6 ($6Li$ と本願では表記) と重水素Dを用いる場合 (重水素化リチウム6、 $6LiD$ を用いる場合) は、リチウム6の核融合反応の断面積がリチウム7よりも大きく核融合反応に有利であると推測する。この場合、原料物質FEEDであるリチウム6と重水素Dの化合物は加熱手段RAMHにより加熱されてよく、例えばレーザー・電波・電磁波により加熱されていてもよい。もしくは混合物・FEED及び・又はその格納容器 (反応システム内でFEEDを保持する容器・部分) は電気抵抗式ヒータ・電気による加熱手段等の加熱手段により加熱されて、混合物FEEDはバルクの液体の状態になっていてもよい。*ミュオン照射可能なバルクの液体である重水素化リチウム6 ($6LiD$) でもよい。なお下記のように重水素Dとリチウム6を用いる場合はアルファ線・ヘリウム4や陽子・中性子などを生じる反応が起きうる。(図2のグループBにリチウムに関連する反応式を記載する。)

30



*リチウム7よりも断面積の大きいリチウム6と重水素を化学結合 (イオン結合) させ原料物質FEEDとし、前記原料物質FEEDを加熱手段RAMHにより加熱されてもよい、ターゲット部 T1、FP、PBH1、PMP1-XMBに配置し、ミュオン (・ミューオン原子) を前記配置された前記FEEDに照射・投入することにより、ミュオンを用いた核融合を促すこと (そして核融合システム・核融合炉・核融合反応器につなげる事) はできうるかもしれない。前記のように、断面積の大きいリチウム6と重水素を化学結合させ原料物質FEEDとした発明・考案の場合、断面積はリチウム7やホウ素11、窒素15、酸素18と水素・重水素を核融合・ミュオン核融合に用いる場合よりも大きくでき、より核融合しやすくできる利点がある。

40

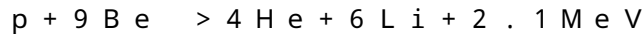
【0049】

<ベリリウムを用いる系>

本願の1つの例として開示する。ベリリウム9と陽子を核融合反応させる系を用いてよい

50

。ミューオンを照射するときに照射される原料物質として水素化ベリリウム BeH_2 を用いてよい。水素化ベリリウムは固体であり融点近くで分離するため核融合システムにて流体として用いにくい、用いることのできない点がある。



ベリリウム 9 は天然のベリリウムの安定な同位体でありベリリウムの 100 パーセントを占めているので同位体の分離工程は不要にできる。ベリリウム 9 は（天然に多くの比率で存在するリチウム同位体の）リチウム 7 に比べ（他にホウ素 11、窒素 15 に比べ）断面積が大きい特徴を持ち、断面積の観点では本願システム利用時に優位であるかもしれない。

10

ベリリウムボロンハイドライド $\text{Be}(\text{BH}_4)_2$ はホウ素とベリリウムと水素・陽子からなる化合物であり、ホウ素 11 やベリリウム 9 と水素原子とを化学結合させ近接させた状態で配置可能な化合物・無機化合物・無機ポリマー化合物であり、本願の一つの形態として用いることもできる。該物質は液体固体などで利用されうる。

ホウ素 11 ($Z = 5$) の反応ではヘリウム ($Z = 2$)、ベリリウム 9 ($Z = 4$) の反応ではリチウム ($Z = 3$) とヘリウム・重水素が生じるが、その二つの反応で生じた最終生成物 ZB 群（ヘリウム、リチウム、重水素、 ZB は 3）は核融合原料原子 $Z A$ 群（ホウ素 11、ベリリウム 9、水素、 $Z A$ は 11 や 9）であるので、最終生成物の正電荷 3 のリチウム 6 よりは核融合原料原子 $Z A$ 群の原子により正電荷の大きい原子核があるので負ミューオンは核融合原料原子に捕捉されやすくなると推測でき、利用されうる。

20

【0050】

< 資源量など >

宇宙や地球圏の資源量の観点では魔法数 8 の酸素の酸素 18・酸素 17 が優位かもしれない。他に窒素 15 やホウ素 11 が優位である。酸素 18・窒素 15 は大気中窒素に含まれ、酸素や窒素蒸留プロセスにより大気中の酸素・窒素より他の同位体と分離できる。炭素も資源量が多い。

原子番号が大きくなるほどミューオンが弱い相互作用により電子とニュートリノに崩壊する（負ミューオンの寿命が減少する）などの作用もあり、リチウム ($Z = 3$) よりも Z の大きくなる窒素 15 ($Z = 7$) ではその影響を考慮したいため、本願ではリチウムを用いない事に制限しない。

30

（ $Z = 1$ から $Z = 10$ 程度であれば負ミューオンの寿命はマイクロ秒近くで済むため、前記核融合反応で触媒として働く時間もマイクロ秒程度を保持できるならば、 $Z = 10$ までの原子を本願システムの原料原子の候補に用いられうる。あるいは $Z = 20$ まで等。負ミューオンの寿命が考慮されうる。）

本願で好ましくは $Z = 9$ から 3 までの元素を検討し、リチウム 6、酸素 18、窒素 15 やホウ素 11 を例として開示し、それらと第 2 の原料となる陽子・重水素を化学結合させた化合物を用いた例を開示した。

【0051】

< フッ素を用いる系 >

実験系において、フッ素 19 ($Z = 9$) と陽子から酸素 16 ($Z = 8$) とヘリウムを生成する核融合系を用いてよい。フッ素 19 と陽子の結合したフッ化水素にミューオンを照射する事もできる。（フッ化水素は毒性が高い点がある。）

40

【0052】

< 酸素を用いる系 >

酸素 18 と陽子から窒素 15 とヘリウムを生成する核融合系を用いてよい。酸素 18 と陽子の結合した酸化水素、水 H_2O （液体、気体、蒸気、流体の水 H_2O ）にミューオンを照射する事もできる。該ケースでは窒素 15 が得られるが（反応式は本願図 2 のグループ A）、この後に窒素 15 と陽子を前記のように反応させ炭素 12 とヘリウムを生じる核融合反応に用いてもよい。

酸素 18 は 0.2 パーセント存在する。例えば金星においては二酸化炭素の大気として存

50

在し、月や火星金星小惑星の岩石（酸化ケイ素、酸化アルミニウム、酸化鉄等を含みうる）には金属元素（珪素、アルミニウム、鉄等）と化合した酸素原子が含まれており、資源として得やすい可能性があり、宇宙空間を航行する際に採取できるかもしれない。酸素の同位体についても公知の分離プロセスにより望みの酸素同位体を大気中酸素や天体の酸素と化合した物質（酸化珪素等を含む岩石等を還元し得られた酸素）から分離してよい。酸素 17 と陽子を用いてもよい。

【 0 0 5 3 】

< < 原子番号 Z は減少しないが原料原子が他の原料原子と化学結合している例 > >
本願の一つの例として、核融合反応する前記原子番号 Z B は原子番号 Z A 以上の場合・大きい場合であって、原料となる第一の原料原子 Z A と第二の原料原子 Z B を同一の化合物分子に備えさせた例を開示する。

10

< 炭素を用いる系 >

実験系において、陽子と炭素を含む炭化水素にミュオンを照射してもよい。炭素原子と水素原子が化学的に結合している分子を核融合反応をさせる前の原料物質・核融合燃料に用いてよい。例えば炭化水素、メタン等炭素と水素を含む有機化合物を用いてよい。ミュオン又はミュオニック水素をメタン等炭素と水素を含む有機化合物にミュオンを照射・投入してもよい。

前記炭素を用いる系、前記メタン等炭化水素・有機物を用いる系は図 7・図 8 のような圧縮部 P U M P・R A M にて（気体・流体の）前記メタン等炭化水素・有機物を圧縮してよく、前記圧縮された箇所（ターゲット部 T 1、F P、P B H 1、P M P 1 - X M B）にミュオン又はミュオニック水素原子等のミュオンを投入し前記箇所にてミュオン核融合を促すようにしてよい。

20

メタン・プロパン等の炭化水素ガスを用いる場合、既存のガスの運搬・輸送・貯蔵インフラを用いることができる。ガスの配管・パイプライン・バルブ・ポンプなどを流用できる。（他方、アンモニア、水素化ホウ素等ガスは専用のインフラ・配管・ポンプが必要にある恐れがある。）

（負ミュオンが原子核に接近すると負ミュオンは原子核中の陽子と弱い相互作用を起こし、原子核中の陽子が中性子に変わり、原子番号が一つ小さい原子核へと変換される。炭素 12 にミュオンを照射するとホウ素 11 となり、その後再度到達したミュオンによりホウ素 11 と水素原子・陽子との反応も期待できる。）

30

< 炭素炭素同士の核融合、炭素燃焼、Z が炭素以上の原子との核融合反応 >

図 9 等のように炭素原子同士が結合した有機化合物の原料物質 F E E D について、R A M や R A M H 等の加熱・圧縮手段を用いて F E E D を加熱（・圧縮）しつつ、F E E D にミュオン・ミュオニック原子を照射投入し、炭素原子同士をミュオンを用いて前記核融合反応させるように促してもよい。また実験の目的で、若しくは核変換・より原子番号 Z の大きい元素を人工的に合成する目的で、ミュオニック原子の内炭素原子をもちいたミュオニック炭素原子を別の原子に衝突させて核融合を促してもよい。

炭素同士の核融合の他に、酸素燃焼過程の酸素同士の核融合、ケイ素燃焼過程、より原子番号 Z が大きい元素同士の核融合反応を本願の系で試みてもよい。

【 0 0 5 4 】

40

< 原料物質 F E E D を加熱若しくは圧縮可能な系 >

図 8 の構成よりもさらに R A M 部（R A M H 部）で圧縮・加熱可能な構成として図 9 に（複数の）レーザー・イオンビーム・マイクロ波等の発射元より、ターゲット部に照射を行いターゲット部にある F E E D を加熱可能な系を開示する。（レーザーやイオンビームにより圧縮出来てもよい。）

図 9 は原料物質 F E E D の圧縮部・加熱部を有する系 1 F - S Y S の例である。（図は例であって図に記載された実験系・反応系・装置・構造・配置に限定されない。例えば図 8 や図 9 ではクローズドサイクル内を F E E D が循環する構成であるが、閉じた容器・バッチ式の容器に F E E D を格納してよく、加熱部 R A M H を F E E D を格納した容器・反応部に備えており、F E E D を加熱部 R A M H にて加熱しながら F E E D に対しミュオン・

50

ミュオニック原子を照射投入してよい。レーザー閉じ込め慣性型核融合のように F E E D を格納した容器に（複数光源部でもよい光源部から）レーザーを照射し、レーザーにて閉じ込め・レーザーにより加熱してよい。電磁波であるレーザー・ミリ波・マイクロ波、電磁誘導、粒子ベースのイオンビーム、粒子ビームを F E E D が格納された容器に照射し F E E D を加熱してよい。）

例えば図 9 の圧縮部 R A M はレーザ照射・イオンビーム照射できてよい。レーザー圧縮できてよい。またレーザー・光子・電磁波・電場磁場・電波・ビームによる加熱ができてよい。

【実施例 3】

【0055】

本願の 1 つの形態として、図 7・図 8・図 9 は分子内に原料原子を含む原料物質 F E E D を用いた核融合システムであって、前記原料物質にミュオンを照射・投入する工程を有する核融合システムであって、原料原子は第 1 の原子番号 Z A の原料原子を 2 つ以上含む、または、第 1 の原子番号 Z A の原子と第 2 の原子番号 Z A A の原料原子をそれぞれ 1 つ以上含む原料原子であって、核融合する第 1 の原子番号 Z A の原料原子と第 2 の原子番号 Z A A の原料原子は化学結合・共有結合・イオン結合して前記原料物質に含まれている特徴を持つ核融合システムの説明図である。

【実施例 4】

【0056】

本願の 1 つの形態として、図 9 は原料物質 F E E D の加熱手段 R A M H や圧縮手段 R A M を備えた、ミュオン・ミュオニック原子を F E E D に照射投入する工程を含む核融合システムの説明図である。前記加熱手段 R A M H は例えばレーザ加熱やイオンビーム加熱やマイクロ波・ミリ波、電場磁場、電磁誘導による加熱手段を用いてよい。

図 9 は例えば（複数光源部でもよい光源部から）レーザーを照射し、レーザーにて閉じ込めする慣性核融合システム、或いはレーザーにより加熱してよい核融合システムであって、ミュオン・ミュオニック原子を F E E D に照射投入する工程を含む核融合システムの説明図である。

もしくは、図 9 は、電磁波であるレーザー・ミリ波・マイクロ波、電磁誘導、粒子ベースのイオンビーム、粒子ビーム、ミリ波を F E E D が格納された容器に照射し F E E D を加熱する（場合により、例えばイオンビームを一点に向け放つことでイオンビームが F E E D のある一点 F P、T 1、に向けて複数照射されており、一点に向けて進むイオンビームが F E E D を圧縮する・詰め込む・ラムする形になることで圧縮する、圧縮と加熱を行う）核融合システムであって、ミュオン・ミュオニック原子を F E E D に照射投入する工程を含む核融合システムの説明図である。

【実施例 5】

【0057】

本願の 1 つの形態として、本願図 3 の下部分の（B）は原料物質 F E E D に重水素化リチウム 6 を固体又は液体・熔融した状態で（原料原子が熱により運動でき原料原子同士が接近しやすくなると考える場合、好ましくは液体・熔融状態とし、）ターゲット部 T 1 に配置し、前記重水素化リチウム 6 にミュオン（・ミュオニック原子）を照射・投入する系の説明図である。図 3 の（B）において重水素化リチウム 6 は T 1・F E E D 部は加熱手段 R A M H を用いて加熱されていてもよい。（加熱手段 R A M H を用いて F E E D を熔融させ、液体にするよう加温されていてもよい。）

*リチウム 7 よりも断面積の大きいリチウム 6 と重水素を化学結合させ原料物質 F E E D とし、前記原料物質 F E E D を加熱手段 R A M H により加熱されてもよい、ターゲット部 T 1、F P、P B H 1、P M P 1 - X M B に配置し、ミュオン（・ミュオニック原子）を前記配置された前記 F E E D に照射・投入することにより、ミュオンを用いた核融合を促し、核融合システム・核融合炉・核融合反応器につなげる意図がある。

断面積の大きいリチウム 6 と重水素を化学結合させ原料物質 F E E D とした場合、断面積はリチウム 7 やホウ素 11、窒素 15、酸素 18 と水素・重水素を核融合・ミュオン核融

10

20

30

40

50

合に用いる場合よりも大きくでき、より核融合しやすくできる利点がある。

リチウム7とリチウム6では断面積の観点でリチウム6のほうが好ましく、リチウム6と重水素を用いる事が好ましい。リチウム7を用いる場合断面積が小さい課題があるので、本願の一つの例ではリチウム6と重水素に利用を限定して断面積を大きくし、断面積が小さい課題を解決するように試みてもよい。

【0058】

記号等

< 図9 >

PMP1 - XMB: RAM等の圧縮手段により圧縮（及び又は加熱）された混合物MP1 - XMB、若しくはRAM等の圧縮手段により圧縮（及び・又は加熱）された混合物MP1 - XMB。

10

RAM: ラム部などの圧縮手段。レーザー照射により（RAM部がレーザー閉じ込め・慣性閉じ込め式の場合、前記レーザーの光の波長は光子の運動量がより大きく取れるように青色・紫外線・X線・ガンマ線側の短波長を用いてよく）核融合位燃料ペレットを照射し閉じ込めを行う慣性閉じ込め型核融合が公知であるが、本願においても圧縮部RAM部にてレーザーでターゲット部・混合物を圧縮してもよい。（レーザー閉じ込め式の慣性閉じ込め核融合にミュオン投入プロセスを加えてもよい。）

ラム部はレーザー、イオンビーム、原料原子を含むイオンビームを複数の発射部から原料原子を含む部分に収束させるよう照射してもよい（図9）。（Zピンチや磁化標的型など慣性型で原料原子を圧縮可能、慣性によりとじ込め可能なものでもよい。）

20

RAM部にてレーザーないしはラムジェットの機構などを用いて核融合に必要な燃料となる原料原子、原料原子同士を化学結合させた化合物・混合物の部分にレーザー等により圧縮・加熱しつつミュオンを照射することで、化合物分子内若しくは化合物・混合物の分子運動・原子運動は圧縮加熱により大きくでき、その結果、ミュオンと結合した粒子・粒子同士がより熱運動により接近しやすくなり、接近による核融合・ミュオン核融合・ミュオン触媒核融合を起しやすくする意図があるほか、核融合後に触媒となるミュオンが、（リリースされ次の原料原子に近接・捕捉されを繰り返す、）次の触媒反応を起しやすくする狙いもある。

（数ケルビンの極低温に冷却された液体の水素・DT・DD・TTにミュオンを照射しても温度が低く熱運動による原料原子の接近効果は低い虞があるが、レーザーやラムジェット部等で圧縮・加熱された部分にミュオン・ミュオニック原子・ミュオニック水素を投入する場合は圧縮や熱運動による近接効果が期待できる。）

30

RAMH: 加熱手段。（ラム部に含まれてもよい。例えばレーザーやマイクロ波などの、遠隔で電磁波・光子により物質に照射可能であり物質を加熱可能な手段。例えば水・酸化水素とミュオンを用いる系では水はマイクロ波加熱可能である。他に物質は電磁氣的に誘導加熱されてもよい。）

例えば炭化水素を原料物質に用いて図8と図9の構成でミュオンを用いて炭化水素内の化学結合して近接している炭素原子と水素原子に核融合を促す場合、図8より図9のほうが、レーザー等による原料加熱が可能なので原料物質中の原子・粒子の運動がレーザー等加熱手段により高温になるにつれ盛んになりミュオン触媒核融合を促進する効果があるかもしれない。（レーザー加熱、もしくはイオンビームもしくは中性粒子ビーム・NBI、原料原子を含むイオンビームもしくは中性粒子ビーム・NBI、ミュオンとイオン・原料原子を結合した粒子ビーム、ミリ波、マイクロ波等の加熱手段でもよい。）

40

RAM、RAMHはレーザー照射・イオンビーム照射できてよい。レーザー圧縮できてよい。またレーザー加熱できてよい。

PUMP: 圧縮機、ポンプ、モーター

FEED: 原料物質（例：水素化ホウ素、（炭化水素）、窒素化水素、酸化水素等。）（重水素化リチウムなど液体・固体のターゲットでもよい。核融合反応させる原料となる物質。）

FEEDC: フィードのコントロール部。フィード・原料物質供給部、燃料供給部等、へ

50

リウム等核融合後の生成物の除去部も含んでよい。

F P : 核融合 (促進) 部

【 0 0 5 9 】

< 請求の範囲 >

< 請求項 N B 1 >

原料原子を含む原料物質を用いた核融合システムであって、
前記原料物質は流体・気体・液体の原料物質を用いる核融合システムであって、
前記原料物質にミューオンを照射・投入する工程を有する核融合システムであって、
原料原子は第 1 の原子番号 Z A の原料原子を 2 つ以上含む、または、第 1 の原子番号 Z A
の原子と第 2 の原子番号 Z A A の原料原子をそれぞれ 1 つ以上含む原料原子であって、
核融合反応する最も原子番号の大きい原料原子の原子番号 Z A と、核融合反応によって生
成した原子・粒子のうち最も原子番号の大きい前記生成した原子の原子番号 Z B について
、原子番号 Z B は原子番号 Z A 以下の番号の大きさである特徴を持つ核融合システム。

10

< 請求項 N B 2 > 核融合する第 1 の原子番号 Z A の原子と第 2 の原子番号 Z A A の原料原
子は化学結合・共有結合・イオン結合して前記原料物質に含まれている特徴を持つ請求項
N B 1 に記載の核融合システム。

< 請求項 N B 3 > 第 1 の原子番号 Z A の原子はホウ素 1 1 ・窒素 1 5 であって、第 2 の原
子番号 Z A A の原料原子は水素・陽子である請求項 N B 1 に記載の核融合システム。

< 請求項 N B 4 > 原子核にミューオンが結合・付加した原子・粒子若しくはミュオニック原
子を前記核融合燃料物質に投入・入射させる特徴を持つ、ミューオン触媒核融合システム
。

20

< 請求項 N B 5 > ミューオンまたはミュオニック原子を前記核融合燃料物質に投入・入射
させた後、前記核融合燃料物質は加圧手段により加圧される特徴を持つミューオン触媒核
融合システム。

< 請求項 N B 6 >

ミューオンまたはミュオニック原子を前記核融合燃料物質に投入・入射させた後、前記核
融合燃料物質は加圧手段により混合される特徴を持つ請求項 N B 1 に記載のミューオン触
媒核融合システム。

< 請求項 M M F 1 >

原料原子を含む原料物質を用いた核融合システムであって、
前記原料物質にミューオンを照射・投入する工程を有する核融合システムであって、
(原料原子は第 1 の原子番号 Z A の原料原子を 2 つ以上含む、または、第 1 の原子番号 Z
A の原子と第 2 の原子番号 Z A A の原料原子をそれぞれ 1 つ以上含む原料原子であって、
)

30

核融合する原料原子は (又は第 1 の原子番号 Z A の原料原子と第 2 の原子番号 Z A A の原
料原子は) 化学結合・共有結合・イオン結合して前記原料物質に含まれている特徴を持つ
核融合システム。

< 請求項 M M F 2 >

前記第 1 の原子番号 Z A の原子はホウ素 1 1 ・窒素 1 5 であって、第 2 の原子番号 Z A A
の原料原子は水素・陽子である、若しくは、前記第 1 の原子番号 Z A の原子はリチウム 6
であって、第 2 の原子番号 Z A A の原料原子は重水素である、請求項 M M F 1 に記載の記
載の核融合システム。

40

< 請求項 M M F 3 >

前記第 1 の原子番号 Z A の原子は炭素であって、第 2 の原子番号 Z A A の原料原子は水素
・陽子である、(前記原料物質はメタン・炭化水素・炭素と水素の結合を含む有機化合物
である、) 請求項 M M F 1 に記載の記載の核融合システム。

< 請求項 M M F 4 >

原料原子を含む原料物質を用いた核融合システムであって、
前記原料物質にミューオンを照射・投入する工程を有する核融合システムであって、原料
物質はリチウム 6 と重水素の化学結合した (液体の) 重水素化リチウムを用いる核融合シ

50

ステム。

< 請求項 M H F 1 >

原料物質 F E E D の加熱手段 R A M H を備えた核融合システムであって、ミューオン・ミュオニック原子を原料物質 F E E D に照射・投入する工程を含む核融合システム。

< 請求項 M H F 2 >

加熱手段 R A M H はレーザー・イオンビーム・粒子ビーム・中性粒子ビーム・原料原子を含むイオンビームもしくは中性粒子ビーム・ミュオンとイオン・原料原子を結合した粒子ビームを原料物質 F E E D に照射する事で行う加熱を用いる、
若しくは、電波・ミリ波・マイクロ波・電場地場による加熱・電磁誘導による加熱を原料物質 F E E D に用いる、特徴を有する請求項 M H F 1 に記載の核融合システム。

10

< 書類名 > 要約書

< 要約 > < 課題 > 公知のミューオン触媒核融合において、水素・重水素 D ・三重水素 T 等の核融合燃料物質では核融合後の生成物質であるヘリウムにミューオン（ミュオン）が付着・捕捉・トラップされ触媒核融合が停止する課題があった。ミューオンが核融合燃料物質でなく核融合後の生成物質に補足されミューオン触媒核融合反応が進みにくい問題を解決したいと考えた。

< 解決手段 > ミューオンを用いた核融合において核融合燃料物質・原料物質に第 1 の原子番号 Z A の原料原子と第 2 の原子番号 Z A A の原料原子を化学結合させて含む系を開示する。リチウム 6 と重水素を含む水素化リチウム、若しくは陽子とホウ素 1 1 を含むジボラン、陽子と窒素 1 5 を含むアンモニアを用いるミューオン触媒核融合系を提案する。また加熱手段・圧縮手段を備えたミューオンを用いる核融合系を提案する。

20

【 0 0 6 0 】

< 優先権を主張した出願による追記部分 > > 先の出願、特願 2 0 2 3 - 1 5 0 6 3 5 及び特願 2 0 2 3 - 1 5 1 7 8 7 及び特願 2 0 2 3 - 1 7 4 7 9 1 及び特願 2 0 2 3 - 1 9 6 0 2 9 に対し次の項目を追加した。

< 書類名 > 要約書

< 要約 > < 課題 > ミューオン核融合炉を停止せずにミュオン標的を取り換えやすくしたい。（標的交換時のダウンタイムを減らしたい。標的寿命を増やしたい。）またミュオン生成部・加速器を小型化したい。

< 解決手段 > 円形加速器（固定磁場強収束加速器 F F A G 加速器、M E R I T リング・M E R I T 加速器 * M E R I T : 多重エネルギー回復内部標的法、M u l t i p l e x E n e r g y R e c o v e r y I n t e r n a l T a r g e t ）において楔形又は薄い円板・板の（挿入可能な）可動な標的を用いる。

30

可動な標的は取り換え装置により交換可能でもよいし、可動な標的部とミュオン捕獲用ソレノイド・ミュオン取り出し部を 2 つ以上備えさせ可動な標的部を加速器の外周から内周側に向けて出し入れ・前後移動（図 1 2 の M O V E の箇所）できてよい。可動標的に陽子粒子ビームを照射させパイオンミュオンを生成させてよい。

< 発明を実施するための形態 >

【 0 0 6 1 】

< 課題 > 発明が解決しようとする課題

40

< ミュオン標的の放射化と取り換え保守やミュオン生成できないダウンタイム低減の課題 >

ミュオンを発生させる際に加速された高エネルギー陽子ビームを炭素やリチウムのミュオン発生用ターゲット部に照射し、パイオン・パイ中間子、ミュオンを生成させる。この際に陽子ビーム照射を受けるパイオン・ミュオン発生用ターゲット部・ミュオン標的は使用するにつれ劣化・放射化し交換が必要である。標的はヒトの接近しにくいレベルに高度に放射化する。

ミュオン標的の交換はミュオン発生装置やミューオン核融合システムを停止させる課題があった。そこで標的部が回転することで照射された時間を回転可能なディスクの他の部分に分散・平均化させる回転型ミュオン標的が開発されている。

50

ミューオン核融合システムにおいてもミューオン標的の取り換えや保守をミューオン核融合システム駆動時にミューオン生成部を停止しないで行えると（・ミューオン生成できないダウンタイム低減できると）商業的に（ミューオン核融合発電所が例えばミューオン標的交換の為、半年に一回、三週間等スパンで発電停止せずに済み）好ましいかもしれない。

【 0 0 6 2 】

< 解決手段 > 課題を解決するための手段、発明を実施するための形態

< 回転ミューオン標的 MU - D I S K - T G T によるミューオン標的長寿命化、ダウンタイム低減 >

円形加速器 2 MU - A C C - R I N G (F F A G 加速器 2 MU - F F A G、MERIT リング・MERIT 加速器 2 MU - MERIT - R I N G) において、（特に MERIT 型リングにおいて、）楔型に飛び出るよう配置されたミューオン標的部であって、外周の細い・鋭利な（鋭利な形で・楔形に飛び出た）薬研車型の回転標的部、若しくは外周部が細く・薄く・鋭い回転鋸のようになったレコード盤・ディスク形状の回転標的部 MU - D I S K - T G T (図 1 0 ・図 1 1 ・図 1 2 の、外周の先端が鋭利になった細く薄い円板、或いは、楔形になった楔形回転ミューオン標的 MU - W E D G E - D I S K - T G T) とすることで MERIT 式の楔形ミューオン標的（固定式のミューオン標的）の放射化を抑える・平均化させミューオン標的の寿命を延ばし、放射化を遅らせ、ミューオン標的を利用可能な時間を増加させる事を試みる。

例えば、図 1 0 ・図 1 1 ・図 1 2 の、円板の片側の断面が外周方向に向けて薄くなる楔形・三角形でもよい（薄い円板でもよい）回転ミューオン標的 MU - W E D G E - D I S K - T G T ・MU - D I S K - T G T と、回転ミューオン標的を回転させるモータなど回転手段・ベアリングなど回転支持手段を備えた可動ミューオン標的ユニット（2 MU - G E N - R O T - T G T ）を構成してよく、加速器の外周部の粒子の軌道に向けて前記ミューオン標的部 MU - M O V A B L E - T G T ・MU - D I S K - T G T を加速器（2 MU - F F A G、2 MU - A C C - R I N G、2 MU - M E R I T - R I N G ）の粒子ビームの軌道部に挿入（・引き抜き）できてもよい回転ミューオン標的部 2 MU - G E N - R O T - T G T をミューオン生成装置 2 MU の標的部・パイオンミューオン生成部に備えさせて良い。

（円状加速器をドーナツ形状に見立てて、ドーナツの外周側の粒子の循環する部分・MERIT リングの楔の飛び出し部にポロイダル方向に回転鋸のような回転ミューオン標的を挿入・引き抜き・MOVE 可能な、リングに回転鋸にて切れ込みをいれ、若しくは引き抜きするような動作を行える回転標的が図 1 0 や図 1 2 の 2 MU - M E R I T - R I N G に挿入・抜き差しできてよい。）

図 1 0 のように、楔形回転ミューオン標的 MU - W E D G E - D I S K - T G T、若しくは薄型の板状の可動部を持つ回転ミューオン標的 MU - W E D G E - D I S K - T G T (標的 MU - W E D G E - D I S K - T G T は回転可能でよく、標的の形状は MERIT 方式の粒子ビームが標的に命中したのちに粒子が MERIT リング・円形加速器内部で再度エネルギー回復できる形状・楔形・リング部に飛び出た部分が薄い形状・薄板形状でもよい。

図 1 0 では真空にした粒子加速器・円状加速器・FFAG・MERIT リングの円状・ドーナツ状のトロイダル方向に垂直になるように粒子の通過する外周側を切断する回転鋸のように前記（楔形形状・薄くなる部分を持つ形状の）回転ミューオン標的 MU - W E D G E - D I S K - T G T が加速器断面の外周側一部に（加速され外周部を周回する粒子ビームの軌道に衝突するように）挿入され回転可能になっている。図 1 0 ・図 1 1 ・図 1 2 ・図 1 3 において真空を維持しながら粒子加速器の動作と回転または可動なミューオン標的の挿入・移動（MOVE）ができてよく、可動なミューオン標的の取り換え（EXCHANGE・SET）ができてよい。

回転にはモータ（MU - T G T - M O T ）やベアリング（MU - T G T - B R G ）を用いる。軸（A X I S - T G T - B R G ）に取り付けられた楔形回転ミューオン標的 MU - W E D G E - D I S K - T G T は円状加速器・FFAG・MERIT リングの外周部（リングドーナツの外周側の一部を横切るように回転している。＊図 1 0 の断面図 C S 部、点 C

S P 1 から C S P 2 までの断面部 C S。)

< ミュオン標的の放射化時の取り換え・放射化部の除去 >

また、楔形回転ミュオン標的図 1 1 の右図のように放射化した際にその放射化された先端を切除・切削・切断して放射化された部分を取り除き、放射化の弱い部分を再度リサイクルして利用してよい。また無人化の為機械・ロボットを用いてよい。

回転ミュオン標的の場合、固定標的・厚さのある回転標的よりも、楔形・薄くなった部分近くを放射化することになり、陽子イオンビームが照射される箇所の厚さ・ボリュームを小さくでき、放射化された放射性廃棄物の低減につながることを期待する。

< ミュオン生成動作時・加速器動作中に、ミュオン標的放射化の進もうとする回転ミュオン標的のビーム照射される部分の切削・メンテナンス、放射化される部分を砥石研磨除去するシステム。高度に標的が放射化する前にミュオン生成動作時・加速器動作中・装置稼働中に切削・研磨・除去するシステム。 > 楔形回転ミュオン標的図 1 1 の右図のように回転標的部はミュオン生成部・加速器・MERITリングの動作中に回転中に砥石・又は標的の一部を研磨・切除可能な装置を円板の照射部に近づけて照射部を研磨・切除してよい。また切削除去装置により放射化した部分を研磨・切除・除去されてもよい。(研磨をし尽くして削れない場合、ディスクの面が稼働中に研磨して形成できない場合、ディスク交換機械・ロボットアームにて新品のディスクに交換してよい。)

10

< 宇宙下での利用 >

本願では宇宙船の動力部として用いることも想定している。加速器システムについて、真空が必要な部分は宇宙の真空環境を用いてよい。

20

【0063】

< 可動なミュオン標的の取り換えの自動化 >

ミュオン発生用楔形回転ミュオン標的の陽子照射放射化後の取り換え、交替システム、ミュオンターゲット取り出し口 1 か所固定時にターゲットを取り換える場合の例として、図 1 0 にミュオン標的を取り換え可能な系を開示する。

【0064】

例えばジュークボックスのようにレコード盤・ディスク(楔形回転ミュオン標的 MU - WEDGE - DISK - TGT)をロボットアーム等により取り換え可能な装置・ロボット部(TGT EXCHANGE ROBOT / ARM (JUKE BOX MACHINE LIKE))と、楔形回転ミュオン標的 MU - WEDGE - DISK - TGT を複数(回転式拳銃・リボルバーの回転式弾倉のように)モータ等(2 TGT - EXCHANGE - MOT)で回転可能な軸(2 TGT - EXCHANGE - AXIS)と回転手段 2 TGT - EXCHANGE - MOT にて回転できる弾倉部・ディスクホルダー・アーム(2 TGT - EXCHANGE - ARM)に搭載し、アームを回転させ楔形回転ミュオン標的の取り換えをしてよい。取り換えの自動化をしてよい。

30

【0065】

図 1 2 に、ミュオン発生用楔形回転ターゲットの陽子照射放射化後の取り換え、交替システム、(2 か所ミュオン取り出し口とソレノイド配置し、片方取り出し口休止しそのターゲットを取り換える場合)を記載する。ミュオン取り出し口とソレノイド・核融合燃料へのミュオン照射系が 2 系統必要になるが、前記交換用回転機構なく、また照射系や核融合反応部のターゲット T 1 も 2 系統にでき、発電できないダウンタイムを減らそうとする意図がある。(図 1 2 では 2 系統あるが、複数系統でもよい)

40

図 1 2 では楔形回転標的部とミュオン捕獲用ソレノイド・ミュオン取り出し部を 2 つ以上備えさせ可動なミュオン標的部・楔形回転標的部 MU - WEDGE - DISK - TGT を加速器の外周から内周側に向けて出し入れ・前後移動・挿入(図 1 2 の MOVE の箇所)可能である。MERITリング内に可動標的部を移動(MOVE)・押出・挿入・引出・引き戻して、楔形回転標的部に陽子ビームが衝突する・しないを前記 MOVE ステップ・挿入抜去ステップにより制御し、片方の取り出し口のパイオンミュオン生成をオンオフ制御可能である。図 1 2 の標的部の交換時は MERITリングより完全に引出・引き戻して保守取り換えをする。取り換え等は機械・ロボット(TGT EXCHANGE ROBO

50

T / A R M) を用いて自動化してもよい。

【 0 0 6 6 】

< 課題 >

< ミュオンを生じる装置の小型化、小型加速器・小型ミュオン発生器の必要性 >

ミュオンを発生させるシステム（加速器・加速空洞・偏向磁石）を小型化する事が好ましい。輸送機器・宇宙機・宇宙船・航空機・車両・船舶・潜水艦や各種設備・ロボット類に前記核融合システムを搭載したい場合、加速器・ミュオン生成装置を含むシステムの大きさを小さくできると好ましい。

【 0 0 6 7 】

< 解決手段 > 課題を解決するための手段、発明を実施するための形態

10

○ミュオン生成部について、大強度ミュオン源として、円形加速器である固定磁場強収束加速器（F F A G 加速器、F F A G : F i x e d F i e l d A l t e r n a t i n g G r a d i e n t. 一定磁場（静磁場）で勾配磁場形状をもち、その勾配方向を交互に変える磁場形状を有した加速器）を用いた多重エネルギー回復内部標的法：M u l t i p l e x E n e r g y R e c o v e r y I n t e r n a l T a r g e t 方式（M E R I T 方式）が公知である。リング内部で陽子などビーム軌道に楔型の標的を設置し、ビームを周回・貯蔵・蓄積させ、加速させるのと同時に、ビームを標的に照射することで二次粒子を生成する。そして一度標的に照射したビームのうち、標的と反応を起こさなかったものに対しても、（再度加速し、）エネルギーを回復させ、何度も標的に当て続ける事で、高効率で二次粒子を生成することが可能とされるが、その方式を本願のミュオン生成部 M 1 ・粒子加速器に用いてよい。

20

【 0 0 6 8 】

M E R I T 方式では M E R I T のリングのリング中心に入射された陽子が内部を加速回転するうちに外側の軌道に遷移し、外側に楔上・薄い板状に飛び出たミュオン標的部に入射しパイオン・ミュオンを生成しつつ、再度加速・エネルギー回復し再度標的衝突、パイオン・ミュオン生成を行う。

生成したパイオン・ミュオンはミュオン捕獲・輸送用のソレノイド（図 1 0、図 1 1、図 1 2、図 1 3 の M U O N C A P T U R E T R A N S P O R T S O L E N O I D ）に導入・投入しその後前記部分から（必要に応じて加速部・偏向部、或いは各種機器等経てもよく、ミュオンのままでもよく、中性粒子ビームになってもよく、ミュオニック原子にされてもよく）ミュオンを含むものは、ミュオン核融合システム 1 F - S Y S のターゲット部 T 1（同位体の選択された、水素化リチウム（重水素化リチウム 6）、水素化ホウ素、窒素化水素、酸化水素、フッ化水素等、炭化水素等、原料物質）・核融合反応部 F P に照射投入する。なお上記のように本願ではミュオン標的に可動なミュオン標的部 M U - M O V A B L E - T G T、楔形回転標的部 M U - W E D G E - D I S K - T G T を用いてよい。楔形回転標的部とすることで固定型の楔形標的よりも標的が長寿命化できうる。図 1 0・図 1 1・図 1 2・図 1 3 のような構成にすることでミュオン生成装置の小型化と標的・装置の（放射化する時間を伸ばし、）長寿命化を行う意図がある。

30

【 0 0 6 9 】

< 加速空洞 >

40

ミュオンを生じるシンクロトロン・円形加速器について、加速を行う加速空洞と、加速された粒子・陽子の軌道を制御する・収束する・曲げる偏向磁石（四重極磁石等）が含まれる。

加速空洞に関しては銅の空洞にニオブをめっき・コートさせ超伝導体とし、超伝導加速空洞を用いることが公知であり、消費電力低減できるので用いてよい。

また高強度レーザーによるプラズマ利用の陽子・イオン・粒子加速方法（レーザープラズマ駆動によるイオン・電子加速、レーザー航跡場加速（L a s e r W a k e F i e l d A c c e l e r a t i o n、L W F A）、レーザーの持つポンデロモータティブ力を用いるもの）は公知であってレーザー粒子加速可能な空洞を用いることで加速空洞部分を小型にでき、（輸送機器・宇宙機・航空機・車両・船舶・潜水艦・探査ロボット等移動する

50

機器であって小型できると好ましいものに搭載するミュオン核融合炉のミュオン生成部の加速空洞部に用いるときに好ましいと考えられるので、)前記レーザーによるプラズマ利用の陽子加速方法・L W F A等を用い、レーザー利用型の加速器やミュオン発生部を構成してよい。

【0070】

< 偏向磁石 >

< ミュオン捕獲輸送ソレノイド・本願システム内の導体・電線 >

○偏向磁石・四重極電磁石・ミュオン捕獲ソレノイド部に、超伝導体を用いてもよい。偏向磁石・四重極電磁石・ミュオン捕獲ソレノイド部に、超伝導体を用いてもよい。

本願システムの導線部・偏向磁石・四重極電磁石・ミュオン捕獲ソレノイド部に、(炭素材料等に導電性を高めて、もしくは導線を銅から炭素系材料にして軽量にしたり、銅の使用量を減らしたり、超伝導の冷却手順・冷却機器を無くしたり、超伝導体のニオブ等の放射化すると半減期の長い物質の使用を控えつつ導電性のある電線を用いたいの問題を回避する目的で、)特願2022-123161に開示のゲート電極に印加される電圧によりトランジスタの絶縁体と材料部分とゲート電極より構成されるキャパシタ部分が充電可能な導線1 W I R Eであって、第1電極(106)と第2電極(102)の間に電圧(V G S)を印加する事によりキャリア導入部(104)を材料部分(101)に形成させ、前記キャリア導入部(104)を含む前記材料部分(101)の導電性を変化可能な素子であって、前記素子の前記材料部分(101)はトランジスタのチャンネル部分を含み前記キャリア導入部(104)は前記チャンネル部分を含んでおり前記素子の前記第1電極(106)はトランジスタのゲート電極(106)であって、前記素子の前記第2電極(102)はトランジスタのソース電極(102)であって、前記素子は前記ゲート電極(106)に印加される前記電圧(V G S)により前記トランジスタの絶縁体(105)と前記材料部分(101)と前記ゲート電極(106)より構成されるキャパシタ部分が充電可能な特徴を持つ、前記素子を用いた導線1 W I R E、若しくは、ゲート電極に印加される電圧によりトランジスタの絶縁体と材料部分とゲート電極より構成されるキャパシタ部分が充電可能な導線であって、前記材料部分は、多孔質膜又は前記材料部分の全体積に対して隙間となる空間を持つ又は前記材料部分と前記絶縁体の接触する界面の表面積が前記材料部分の全面積よりも大きい導線1 W I R Eからなる、導線を含む偏向電磁石を本願のミュオン生成部・粒子加速器に用いてもよい。前記1 W I R Eを含む電気回路を本願の粒子加速器・ミュオン生成部・核融合システムは備えてよい。

【0071】

< ベアリングの磁気浮上方式 >

可動ミュオン標的部を動かすときに支持する部分として公知のベアリング・支持手段を用いてよい。もしくはベアリングは寿命を増加させるために磁気浮上式のものをを用いてもよい。

本願システムは宇宙空間・宇宙機・宇宙船への利用も検討しているが、宇宙空間では真空・無重力とできる場合があり、前記無重力で(若しくは宇宙空間の無重力を利用しつつも磁気浮上・磁気による搬送・移動・浮上制御・浮上機構を備え、)真空中を回転させる回転ミュオン標的部分を宇宙空間の宇宙機に構成し、図10のようにM E R I Tリングの外周部をポロイダル方向にカットした断面の一部を通過するように挿入され前記回転ミュオン標的部分は回転してよい。

< 宇宙空間の真空・無重力の利用 >

本願システム、本願ミュオン生成部、図10から図13のM E R I Tリング型粒子加速器及び可動なミュオン標的とミュオン捕獲ソレノイド、核融合システム部1 F - S Y Sは宇宙空間の真空・無重力の環境を動作に利用してよく、例えば加速器の加速管・空洞内部は真空引きされ大気圧により押される力に耐えるよう強度を持たせて構築されうるが、その結果鋼材等強度確保の為に用いる重量のある加速器になるかもしれない。

他方宇宙空間では予め高真空であり、大気・大気圧がないので加速器を真空に保つ為の強度確保部や真空ポンプが少ない・部品数強度少なく軽量ですみ、宇宙空間に地球から部材

を持ち上げる際の部品点数・打上重量を減らしコストダウンできうる。

その為、本願核融合システム・粒子加速器・パイオンミュオン生成システム等装置・システムは宇宙空間にて利用されてもよい。また宇宙空間の輸送機器・宇宙機・宇宙基地・宇宙船・探査ロボットの移動・動作の為に電力源・動力源や粒子実験用粒子利用等の為に本願システムが搭載されていてもよい。

【 0 0 7 2 】

< 回転可能・可動なミュオン標的部分の別の形態 >

図 1 0 - 1 2 では回転ミュオン標的部分は円板状としたが、形状はそれに制限されず、図 1 3 のように、例えばチェーンソーの回転するチップ部分・ソーチェーン部に標的部分をつけて可動なミュオン標的部分とし、図 1 0 のように M E R I T リングの外周部をポロイダル方向にカットした断面の一部を通過するようにソーチェーン部が加速器に挿入・循環しチェーンキャッチャー部に戻るようにして、前記ミュオン標的部分は回転してよく、チップ上の前記ミュオン標的部分はエネルギーを有するイオン・陽子・粒子の衝突によりパイオン・ミュオンを生じてよい。

10

放射化の観点で標的部分は軽い元素であると好ましくリチウムや炭素など Z の低い元素を用いる。(大きい Z の元素であると放射化した際に半減期が長い等で管理コストが懸念される) チップ部は放射化したとき・放射化の度合いが強くなる前に取り外して、新しい楔形又は薄いチップ状ミュオン標的部分に取り換えてよい。ミュオン標的部分は本願粒子加速器・ F F A G ・ M E R I T リング中の粒子の照射部を通過可能・可動であってよい。

【 実施例 6 】

20

【 0 0 7 3 】

< 実施例 M T 1 > 図 1 0 ・ 図 1 1 ・ 図 1 2 ・ 図 1 3 は、パイオンミュオンを生成し捕獲しミュオン利用システム・ミュオン核融合システムに対しミュオンを照射投入する粒子加速器・ M E R I T リングと、可動な飛び出た・挿入された楔形・薄型の可動ミュオン標的部分・回転ミュオン標的部分と、標的部分にエネルギーを有する粒子・粒子ビームが衝突することで生じるパイオンミュオンの発生部、パイオンミュオン生成部、パイオンミュオンを捕獲して目的部に向け輸送するミュオン捕捉ソレノイドの説明図。

本願ではミュオンを用いた核融合システムの大きさを前記輸送機器に搭載できるよう小型化したいと考えており、円形加速器の加速空洞は超伝導体やレーザー航跡場加速式の加速空洞・レーザーを用いた加速空洞をもちいてよい。

30

また可動ミュオン標的部分・回転ミュオン標的部分は機械・ロボットアームにより高度に放射化された標的部分や部材にヒトが接近しないように無人・機械にて交換できてよい。

標的部分の放射化・劣化によるミュオン標的部分の取り換えにより粒子加速器や核融合システム・発電システムを止めないように(前記のダウンタイムを減らすように)ミュオン標的部分は可動であり一点に長期にわたり粒子ビームが照射され続けるのを避け、標的部分の他の面に粒子ビーム照射が行われ照射部が分散し長く標的部分が利用可能にする。

< 実施例 M T 2 >

図 1 2 は 2 つの可動標的部分とミュオン捕獲ソレノイド・ミュオン取り出し口を 2 つ備えさせ、その後 2 つ・2 基の核融合システム・核融合反応炉に向けミュオンを投入し、前記核融合システム内のターゲット T 1 ・核融合反応点 F P に照射投入しミュオン核融合を促す(あるいは各種のミュオン関連実験やミュオンを物質に照射し放射性廃棄物などの核変換や核融合、ミュオン応用実験可能な)システムの例が記載されている。前記 2 つの内 1 つの取り出し口を休止させその箇所の可動標的部分を交換・メンテナンスする。図 1 3 では可動標的部分をキャッチする部分にて可動標的部分を交換・メンテナンス可能にする。

40

【 0 0 7 4 】

記号など

< 図 1 0 >

M U - M O V A B L E - T G T : 粒子ビームを受ける部分が可動である(ミュオン)標的部分

M U - D I S K - T G T : 粒子ビームを受ける部分が回転可能・可動である円板型でもよ

50

い標的部ミュオン標的部

MU - WEDGE - DISK - TGT : ・可動で前記円板型でもよい標的部ミュオン標的部であって、ビーム照射を受ける部の厚さは薄い・断面形状は円板の外周に向かうほど薄くなる・楔形であるミュオン標的部。

MU - TGT - BRG : 可動時・回転時に可動する部分を支持するためのベアリング等支持手段、AXIS - TGT - BRG : 可動するとき、回転運動する場合はその回転軸

2 MU - GEN - ROT - TGT : ミュオン標的部とミュオン標的を可動にする手段・モーターとベアリングを備えた標的ユニット部。

2 MU : ミュオン生成部 M 1 の例。(標的・加速器・荷電変換ビーム入射部・電荷を調整する部分・陽子粒子ビーム入射部・陽子粒子ビーム加速器部分・ミュオン捕獲ソレノイドなど含んでよい) M 1 でのミュオンを陽子・原子核に結合させ(中性粒子ビーム・)ミュオニック原子 MP 1 を生成できてよい。

2 MU - ACC - RING : 円状加速器、粒子加速器

2 MU - FFAG : FFAG 加速器

2 MU - MERIT - RING : MERIT リング型加速器(楔形部分の標的が可動で挿入されてよい。挿入された先端部になるにつれて薄くなる可動なミュオン標的が挿入されてよい。回転可能なディスクの外周部やチェーンソーのチップにミュオン標的部が形成され可動になっていてもよい。円の円周の内周側に陽子粒子ビームを照射しその後該加速器・該リングにより円形加速・螺旋形加速し、外周側に高エネルギー・高速になり遷移し、その後前記可動でもよいミュオン標的に衝突しつつ減速してもエネルギー回復して再度標的に衝突可能でもよい。(粒子は標的衝突により減速して内周方向に移動しても再度加速して外周に遷移し再衝突してよい加速器、粒子がリング内に貯蔵・蓄積・再加速される加速器。)

2 MU - FFAG - CS・2 MU - ACC - RING - CS・2 MU - MERIT - RING - CS : 前記加速器をドーナツに見立てた時トロイダル方向に垂直な断面、ポロイダル方向切断した断面であって、点 C S P 1 と点 C S P 2 間で切断したときの加速器の断面。

円形加速器・MERIT リングの外周側の高エネルギーに加速された粒子ビームが断面 C S に挿入された可動な標的(例えば薄い円板状のミュオン標的)が加速器断面の円の外周方向に挿入され可動できる。

CS : 点 C S P 1 と点 C S P 2 間の断面部 CS

< 図 1 2 >

・ミュオン発生用回転ターゲットの陽子照射放射化後の取り換え、交替システム

2 か所の、加速器内部に挿入・抜去・移動可能な可動ミュオン標的部とミュオン取り出し口とミュオン捕獲ソレノイドを配置し、片方取り出し口を休止しミュオン標的部を加速器から抜去・交替させミュオン標的部を取り換える場合の説明図。

2 MU - GEN - ROT - TGT : 加速器内に MOVE、INSERT、EJECT 可能な可動ミュオン標的部ユニット・システム。

MUON CAPTURE TRANSPORT SOLENOID : ミュオン捕獲運搬ソレノイド

< 図 1 1 >

2 TGT - EXCHANGE : を備えた可動なミュオン標的を機械ロボットにより取り換える装置、ターゲット交換部

2 TGT - EXCHANGE - ARM : 交換部のアーム部・ロボットアーム

2 TGT - EXCHANGE - AXIS : 交換部の回転軸

2 TGT - EXCHANGE - MOT : 交換部のモータ

* ジュークボックスのレコード取り換え部のような装置でもよい。TGT EXCHANGE ROBOT / ARM : (JUKE BOX MACHINE LIKE)

< 図 1 3 >

可動なミュオン標的の例、チェーンソーライクな(又は索道風・ロープウェーとリフト風

10

20

30

40

50

の) 標的を可動にする部分を持つ例。

CHAIN - CATCHER : チェーンソーのチェーンキャッチャー部でもありソーチェーン上のミュオン標的部 MU - MOVABLE - TGT をロボットアームなど機械により取り換え可能な部分。

Chain - Saw - and - TGT : チェーンソーのミュオン標的 TGT の取り付けられたソーチェーン部をガイドするガイドバー部分。(図 13 において、ミュオンの減速器 MUDECE でミュオンを減速できてよい。)

【0075】

< 請求の範囲 >

< 請求項 MT 1 >

10

回転可能な円板型のミュオン標的、若しくは、回転可能な・可動可能な標的部 MU - MOVABLE - TGT ・ MU - WEDGE - DISK - TGT を備えたミュオン生成部・ミュオン標的部・ミュオン標的・標的であって、

(例えば前記円板の内周部から外周部までの断面部は外周部が厚く・太く、外周部が薄く・細い・鋭利である、もしくは円板の厚さについて円板の中央部は厚く、円板の外周部は薄い特徴を持つ、円板型のミュオン標的を備えたミュオン生成部であって、(円板・車輪の外周部は薄く・尖っている・楔形様に尖っている円板又は薬研車又は回転鋸形状であって)

前記円板状のミュオン標的は円状加速器の円の外周部の一点又はその周辺部に陽子ビーム・粒子ビームが照射され、パイオン・パイ中間子やミュオンを生じる事が可能であるミュオン生成部。

20

< 請求項 MT 2 >

パイオンミュオンを生成可能な、リチウム・炭素(原子番号 Z の低い材質)を用いた標的部を有する、請求項 MT 1 に記載のミュオン生成部。

< 請求項 MT 3 >

ミュオン標的部が動的・可動であるミュオン生成部、もしくはミュオン標的部となり放射化する箇所を前記可動させ、放射化する部分を円板・板上で分散可能なミュオン生成部(・ミュオン標的)。

< 請求項 MTEX 1 >

ミュオン標的を機械器具により交換可能なミュオン生成部であって、回転可能な円板型のミュオン標的、若しくは、回転可能な・可動可能な標的部(MU - MOVABLE - TGT ・ MU - WEDGE - DISK - TGT)を前記交換可能な加速器(・ミュオン生成部・ミュオン核融合システム)。

30

< 請求項 MERM T 1 >

請求項 MT 1 に記載の回転可能な・可動可能な標的部 MU - MOVABLE - TGT の標的部を、MERIT リング・FFAG リング・円状加速器・ドーナツ状加速器の円周方向・トロイダル方向に対し、円の外周に対し垂直になるよう外周部を一部切断する断面(・ポロイダル方向に切断した断面・ポロイダル断面)であって、陽子ビーム・粒子ビームの通過する軌道の通過する部分に、前記ミュオン標的を挿入・抜去・配置可能な、加速器(・標的・ミュオン生成部・ミュオン核融合システム・ミュオン核融合システムを搭載した輸送機器)。

40

< 請求項 MERLSR 1 >

(加速器の加速空洞の小型化の目的で、)レーザーによるプラズマ利用の陽子加速方法・レーザープラズマ駆動によるイオン・電子加速・レーザー航跡場加速(LWFA)・レーザーの持つポンデロモータティブ力を用いた加速器(・ミュオン生成部・ミュオン核融合システム・ミュオン核融合システムを搭載した輸送機器)。

【0076】

<<優先権を主張した出願による追記部分>> 先の出願、特願 2023 - 150635、特願 2023 - 151787、特願 2023 - 174791、特願 2023 - 196029、特願 2023 - 196327 に対し次の項目を追加した。(本願は考案であって実証

50

が必要である)

<<< ミュオン核融合システム・ミュオン核変換システムの原料・燃料物質に関する記載
>>>

< 発明を実施するための形態 >

< 電気陰性度：原子が電子を引き寄せる強さの相対的な尺度の視点 >

原子核が電子・負電荷をひきつける尺度に電気陰性度がある。アレンの電気陰性度によれば、ヘリウム原子と比較してフッ素電子のほうが電気陰性度が高く、より電子やミュオンをひきつけやすい事が期待できる。そのため、アレンの電気陰性度によればフッ化水素にミュオンを照射し核融合してヘリウムが生成される場合は電気陰性度の面からミュオンは核融合後に生成されたヘリウムよりはフッ化水素のフッ素に引き寄せられやすい可能性があり、その観点でフッ化水素（液体・気体の流体のフッ化水素でもよい）にミュオンを投入し核融合を促すことも本願発明では実施できる。

10

< 有効核電荷の視点 >

有効核電荷について、1 S 軌道の感じる有効核電荷・電荷は、[ヘリウム He : 1.688、水素 H : 1.000、リチウム Li : 2.691、ベリリウム Be : 3.685、ホウ素 B : 4.680、炭素 C : 5.673、窒素 N : 6.665、酸素 : 7.658、フッ素 F : 8.650、ネオン Ne : 9.642、ナトリウム Na : 10.626、カリウム K : 18.490、ルビジウム Rb : 36.208、セシウム Cs : Rb 以上の大きさ]である。

有効核電荷の点ではホウ素や窒素（と水素）を含む系にミュオンを投じてヘリウムを生成する核融合反応が起きる場合は、核融合燃料のホウ素や窒素の有効核電荷が核融合生成物のヘリウムの有効核電荷よりも大きい特徴を持ち、ミュオンはヘリウムよりは有効核電荷の大きいホウ素や窒素に引き寄せられると期待できるので、本願核融合システムで用いてよい。

20

核融合反応系について、本願発明では核融合燃料の原子核の有効核電荷が核融合後生成物の原子核の有効核電荷より大きい核融合反応系を用いてよい。（核融合により生成する原子核の有効核電荷よりも大きい有効核電荷を持つ核融合に用いる原料原子を有する核融合反応系を用いてよい。）

< 鎖状や高分子構造をもつ分子でのミュオン核融合の視点 >

< 鎖状や高分子の水素化ホウ素 >

ホウ素原子は水素化物として鎖状・高分子の構造をとるかもしれない。また水素とベリリウムとホウ素の化合物があることは上記で述べており用いてよい。ボラン・水素化ホウ素は本願発明においてミュオン核融合燃料に用いてよい。（ボラン・水素化ホウ素の例：B₃H₃、B₂H₆、B₂H₂、B₂H₄、B₄H₁₀、B₅H₉、B₅H₁₁、B₆H₁₀、B₆H₁₂、B₁₀H₁₄、B₁₈H₂₂）

30

ミュオン触媒核融合において、触媒反応を持続させ、一つあたりのミュオンに対してのホウ素と水素のミュオン触媒核融合回数を大きくする必要があると考えられ、一つの分子内で多くの核融合回数を稼げたほうが有利と考えるので、本願発明では好ましくはホウ素の連結数の長い鎖状・高分子の水素化ホウ素をミュオン触媒核融合に用いることができる。

* ホウ素には水素化ホウ素のアニオン（例：ドデカボーレート dodecaborate、化学式 [B₁₂H₁₂]²⁻）が存在する。他方当該ドデカボーレートのアニオンの対になるカチオンはリチウムやナトリウムやセシウムなどであろうが、有効核電荷の観点では、ホウ素の有効核電荷より大きなセシウムやナトリウムカチオンを用いてしまうとホウ素ではなくナトリウムにトラップされてミュオン核融合が停止してしまう恐れがあるので、水素化ホウ素アニオンに例えばリチウムカチオンを結合させて良い。

40

当該物質の製造について、以下の 2LiB₃H₈ や Li₂[B₁₂H₁₂] の反応式を想定する。

5NaBH₄ + BF₃ -> 2NaB₃H₈ + 3NaF + 2H₂、2NaB₃H₈ -> Na₂[B₁₂H₁₂]（Na を用いた既存の製造例）

5LiBH₄ + BF₃ -> 2LiB₃H₈ + 3LiF + 2H₂、2LiB₃H₈ -> Li

50

2 [B 1 2 H 1 2] (L i を用いる例。じ実証・検討が必要)

また水素化ホウ素リチウム L i B H 4 を本願発明のミュオン核融合燃料に用いてよい。

< 鎖状や高分子の水素化窒素・アザン >

窒素原子は水素化物として鎖状・高分子の構造をとるかもしれない。本願発明ではアザンをミュオン核融合の燃料物質に用いてよい。(アザンの例: N H 3、N 2 H 4、N 3 H 5、N 4 H 6、N 5 H 7、N 6 H 8、N 7 H 9、N 8 H 1 0、N 9 H 1 1、N 1 0 H 1 2、及びそれ以上の窒素数のアザン)

* 水素分子 H 2 (H 2 の融点は摂氏マイナス 2 5 9 度、沸点は摂氏マイナス 2 5 2 . 7 度) と窒素分子 N 2 (N 2 の融点は摂氏マイナス 2 0 9 度、沸点は摂氏マイナス 1 9 5 度) では摂氏 2 0 9 以下では窒素分子は固体であって水素分子は気体となり N 2 と H 2 が混合しにくい恐れがある。(窒素分子と水素分子を共に液体の状態で互いを近接させて核融合促す構成をとりにくいかもしれない。) 他方本願では水素と窒素の化合物を用いることができ、化合物分子内で窒素原子と水素原子が結合・混合されているので、窒素原子と水素原子とミュオンを用いた核融合反応を化合物・アザン分子内で起こすことが可能になる利点がある。

10

ホウ素の場合もホウ素単体の融点は摂氏 2 0 7 6 度であるため、摂氏 2 0 7 6 度では気体である水素分子とは混合させて共存させられない。そこで本願では水素とホウ素が化学結合した水素化ホウ素としてそこへミュオンを投入することで水素とホウ素を分子内で近接させ核融合反応を起こさせる意図がある。

20

< 炭化水素のミュオン核融合の視点 >

1 2 C と 1 H からなるメタン C H 4 にミュオンを照射すると炭素 1 2 に結合している水素が核融合して窒素 1 3 となり、次いで水素が融合して酸素 1 4 となり次いで水素が核融合してフッ素 1 5 となりフッ素 1 5 は短い寿命 (1 . 1 z s e c、1 0 の 2 1 乗秒、zepto 秒) の後に陽子を一つ放出 (陽子放出) して酸素 1 4 へ崩壊しうる。* 酸素 1 4 は再度水素と核融合可能であれば、酸素 1 4 とフッ素 1 5 まで前記のように核融合し、フッ素 1 5 は前記のように陽子を放出しての酸素 1 4 に戻るサイクル反応を起こせる可能性がある。なので、炭素 1 2 と水素を用いる核融合燃料を本願ミュオン核融合システムに用いてもよい。

1 3 C と 1 H からなるメタンにミュオンを照射すると炭素 1 3 に水素が核融合して窒素 1 4 となり、次いで水素が融合して酸素 1 5 となり次いで水素が核融合してフッ素 1 6 となる。フッ素 1 6 は短い寿命 (2 1 z s e c、1 0 の 2 1 乗秒) にて陽子を放出して酸素 1 5 となるので再度水素原子と核融合して陽子放出・崩壊してを繰り返させることができる。

30

メタンは液化する事も可能であり、液化することでメタン分子が気体の場合よりは近接できるのでミュオン触媒反応をより起こしやすくする事が期待できる。例えば 1 2 C と 1 H からなる液化したメタン C H 4 にミュオンを照射する核融合システムを検討してもよい。(同位体の核種の表において、炭素 1 2 に水素を結合させて横方向・Z が 1 増える方向に元素の種類を変えていくと不安定な核種であるフッ素 1 5 に到達し、フッ素 1 5 から酸素 1 4 へ崩壊しては水素と核融合してを繰り返す系になると想定し、その系をミュオン核融合に用いてよい。)

40

* 水素分子にミュオンを照射すると安定で寿命の長く有効核電荷が燃料の水素よりも大きなヘリウム・アルファ線が生成し、ヘリウムにミュオンがトラップされることによりミュオン触媒核融合反応が停止する。

他方、本願では例えば水素とホウ素や窒素の燃料からヘリウムを核融合にて生成させるときに、有効核電荷はホウ素や窒素の燃料のほうがヘリウムよりも大きくミュオンを燃料であるホウ素や窒素にトラップさせ触媒反応を持続させようとする意図がある。

そして水素と炭素 1 2 を燃料にミュオン核融合させる場合も炭素 1 2 に水素原子を 2 回核融合させ酸素 1 4 とし、酸素 1 4 と水素をミュオン核融合させてフッ素 1 5 を生成させ、フッ素 1 5 は崩壊して酸素 1 4 よりも有効核電荷が小さい水素を陽子として放出させることで、酸素 1 4 と水素原子とのミュオン触媒核融合反応を持続させようとする意図がある

50

。

< 炭素の利用 >

炭素 12 にミュオンを照射して核融合反応・核破碎反応・核変換を促してもよい。

炭素 12 は 3 つのアルファ線・ヘリウム原子核（ベリリウム 8 とヘリウム）から生成されるが、ミュオン・素粒子を照射することでその逆である炭素 12 から 3 つのアルファ線への分解反応を起こさせることができるなら前記反応を用いてよい。本願において炭素とミュオンを用いた核融合反応を用いて核融合システムもしくは原子炉システムを構成してよい。本願において鎖状や高分子の炭素化合物をミュオン核融合燃料に含んでいてもよい。炭素 12 からなるグラファイトなどである。

< ミュオンを炭素 12 に照射した際の視点 >

○炭素 12 にミュオンを照射するとミュオンと炭素 12 中の陽子が弱い相互作用により中性子に代わり原子番号 Z が一つ減ってホウ素 12 になりうる。

ホウ素 12 は 2 つの崩壊モードがあり主流（99.4%）の負のベータ崩壊では炭素 12 を生じて、（0.6%）の負のベータ崩壊でアルファ線 1 つとベリリウム 8 を生じ、ベリリウム 8 は短い半減期で 2 つのアルファ線を生じる。そのため炭素 12 にミュオンを照射すると正のベータ崩壊によりベリリウム 8 を経由して 2 つのアルファ線を生成しつつエネルギーを放出しうるので、本願では炭素 12 にミュオンを投入する核融合システム又は核変換システム・実験システムを実施・構成してよい。

○ベリリウム 8 はその原子核に 2 つのヘリウム粒子の構造があるかもしれず、（崩壊して）ヘリウム粒子になることで安定化する。炭素 12 はその原子核に 3 つのヘリウム粒子の構造があるかもしれず、何らかのエネルギー・手段を加えて 3 つのヘリウム粒子とエネルギーを放出させることで安定化するために崩壊するかもしれない。（陽子とホウ素の核融合後にヘリウムを放出してヘリウムに崩壊しつつエネルギーを放出するのと同様に炭素が崩壊して結合エネルギーを出す）というイメージである。

*ヘリウム 3 から（ベリリウム 8 を経由し）炭素 12 を生成するにはホイル状態となる必要がある。ホイル状態とは炭素 12 原子核の励起エネルギー 7.65 MeV に存在する状態である。

*負ミュオンは原子核のクーロン場に捕捉されミュオニック原子を形成する。原子番号 Z 、質量数 A をもつ原子核 $N(Z, A)$ において負ミュオンが原子核に捕獲されると、原子核内の素過程としてミュオンが陽子と結びつき中性子と電子ニュートリノが形成される。

*ミュオンの静止質量エネルギー 106 MeV の殆どはニュートリノが運動エネルギーとして持ち去って、原子核励起エネルギーとして 10 - 20 MeV 程度が残され则认为られている。

*原子番号 Z の原子核のミュオニック原子核の捕獲反応では、 $Z - 1$ の原子核の複合核励起状態（20 から 10 MeV）から複数個の中性子放出が起こり、 $Z - 1$ 原子核の同位体が生成する。

炭素 12 原子にミュオンが捕捉・捕獲された場合、ホウ素 12 となり、ホウ素 12 の原子核を 20 から 10 MeV 励起しうる。もしくは炭素原子を 20 から 10 MeV 励起しうる。

。

（ホウ素 12 は 20 ミリ秒で炭素 12 になるかベリリウム 8 を経て 2 つのアルファ線に崩壊する。）

ここでミュオンが炭素 12 に捕捉され炭素 12 がミュオンの静止質量エネルギーをもとに 10 MeV 以上励起された場合、炭素 12 のホイル状態への励起エネルギー 7.65 MeV を超えるエネルギーが炭素原子核に与えられる。そして励起した炭素 12 は、（その後 3 つのヘリウムに分解する方向に進むならば、）炭素原子核は結合していた時のエネルギーとガンマ線、そして 3 つのアルファ線・ヘリウム原子核を生成し出力するかもしれない。*ホウ素 11 と陽子を核融合させた場合、高エネルギー化した・励起した炭素 12 を経て 3 つのヘリウム 4 と 8.7 MeV のエネルギーを生じうる。本願において炭素 12 にミュオンを照射し炭素 12 をホイル状態へと励起したのち励起した炭素は 3 つのヘリウム 4 と 8.7 MeV（ $3 \times 7.6 + 2 \times 2.26$ [MeV]）のエネルギーを生じうる。

上記の想定から、本発明では、ミュオンを核融合燃料・核変換燃料である炭素原子核（炭素 12）に照射すると 3 つのアルファ線とエネルギー（ガンマ線）が生じうるミュオン核融合システム・ミュオン核変換システムを構成・実施してよい。

< 炭素 13 の視点 >

自然界の炭素には炭素 12 と炭素 13・炭素 14 が含まれる。炭素 13 にミュオンを照射するとミュオンと炭素 13 中の陽子が弱い相互作用により中性子に代わり原子番号 Z が一つ減ってホウ素 13 になりうる。ホウ素 13 は 2 つの崩壊モードがあり主流（99.7%）の負のベータ崩壊では炭素 13 を生じて、（0.2%）の正のベータ崩壊で炭素 12 を生じる。炭素 12 については前述の通り。

○炭素 13 に陽子を結合した炭化水素化合物にミュオンを照射し炭素 13 に陽子を核融合させ窒素 14 とガンマ線と 7.54 MeV のエネルギーを生じうるので本願核融合システム・核変換システムに用いてよい。*炭素同士の核融合工程において、起きにくいかもしれないが、2 個の炭素 12 をミュオン核融合させマグネシウム 24 とガンマ線とエネルギー 13.3 MeV を生じうる。そして 13.3 MeV は炭素 12 のホイール状態への励起エネルギー 7.65 MeV を超えるので、そのエネルギーを励起に用いられるなら、炭素 12 をホイール状態としミュオンが存在する状態とでき、そして励起した炭素 12 は、（その後 3 つのヘリウムに分解する方向に進むならば、）炭素原子核は結合していた時のエネルギーとガンマ線、そして 3 つのアルファ線・ヘリウム原子核を生成し出力するかもしれない。

（しかし、この炭素同士の反応ではマグネシウム等の炭素より Z の大きい原子が生じてミュオンをトラップしそうに感じられる。ここでマグネシウム等の炭素よりも Z の大きい原子が生じにくければ、ミュオン照射されてミュオニック炭素原子になり励起した炭素 12 は、（その後 3 つのヘリウムに分解する方向に進むならば、）炭素原子核は結合していた時のエネルギーとガンマ線、そして 3 つのアルファ線・ヘリウム原子核を生成し出力するかもしれない。炭素 12 からなる炭素同素体・黒鉛・グラフェン・ダイヤモンドと炭素 12 を窒素 14 に置換された六方晶窒化炭素と炭素を含まない窒化ホウ素 BN それぞれにミュオンを照射した場合、炭素 12 の有無や炭素 12 の近接有無に由来するに違いが起きるかもしれない。）

< 近接した炭素原子と励起した炭素原子との視点 >

ミュオンを照射された炭素 12 は励起した炭素原子 $^{12}\text{C}^*$ となり 3 つのアルファ線に崩壊した場合には、その励起エネルギー（又はミュオンと励起エネルギー）を次の・隣り合う炭素 12 原子に移していくことで励起した炭素 12 原子（ $^{12}\text{C}^*$ ）を次々・連続して励起・生成しては $^{12}\text{C}^*$ をヘリウム 4 へ崩壊させてを繰り返すことで、炭素 12 のヘリウムへの核変換によるエネルギーを取り出し続けられるかもしれない。

例えば、炭素 12 の炭素鎖を含み水素を含む炭化水素分子（アルカン・パラフィン、アルケン・オレフィン、ポリアセチレン）の高分子があって、その高分子にミュオンを照射した場合、炭素 12 とミュオンが結合し基底状態より励起したミュオニック炭素 12 原子が生じてその後、ホイール状態以上のエネルギーを持つことで 3 つのヘリウム 4 を生成することで核変換しエネルギーを生じうるので本願の核変換システム及びそれを応用したエネルギー生成システム・発電システムに用いてよい。

炭素 12 の炭素鎖を含む炭化水素分子高分子はミュオン照射を受け分子内の炭素 12 はミュオンと結合し励起された炭素 $^{12}\text{C}^*$ を生成しヘリウムに崩壊した時、当該高分子内の隣り合う炭素 12 原子にミュオンや炭素原子励起のためのエネルギーを移せるならば、（ミュオンを核変換のための触媒のように用いて）当該高分子内の隣り合う炭素 12 を次々とヘリウムに核変換する反応（分子内でのミュオン触媒核変換反応）を行わせることができる。○例えばボラン・メタン等気体分子の代わりに当該高分子を用いたとき、物理的距離の離れた他の（メタン等）気体分子・液体分子間でミュオンを移動させるよりも、当該高分子内で炭素原子が結合して近接しているためミュオン（又はミュオンと炭素原子の励起エネルギー）を次の原子に移動させる距離を減らせる構成となるメリットがあり、本願発明では一つの分子内で多くの核変換回数を稼げたほうが有利と考えるので、炭素 12 を

10

20

30

40

50

含む、炭素鎖・水素を含む炭化水素分子の高分子にミュオンを照射して核変換を促してもよい。

仮に励起した炭素 1 2 (1 2 C *) が励起子のようなものであるとすれば、(光合成での励起子の分子間・分子内のエネルギー移動のように、共鳴エネルギー移動 (フェルスター機構) 又は電荷移動 (デクスター機構) における励起子の励起エネルギー移動のように) 近接した励起原子と基底原子間で共鳴・エネルギー交換により励起した状態を伝え移動 (・量子力学的にトンネル) させるように、隣り合う炭素原子へ励起エネルギーと励起した炭素 1 2 の状態を伝えていき、炭素 1 2 をヘリウム 4 に核変換していくかもしれない。(例えばフェルスター機構ではドナーとアクセプターの原子間・分子間の距離 6 乗に反比例してフェルスター共鳴エネルギー移動効率・F R E T 効率が変わり、距離が小さいほど F R E T 効率は増加する。本願のミュオンを受けて励起したドナーの炭素 1 2 (の 1 2 C *) が他のアクセプターの炭素 1 2 に励起エネルギーを移動させるとすれば、その距離は小さいほど効率が良くなる期待がある。) 本願の一つの実施形態として、前記距離を短くするため、炭素 1 2 同士を結合させ分子として炭素 1 2 間の距離を短くし、前記分子にミュオンを照射してもよい。

10

< 炭素と水素を用いる構成 >

例えば、(以下反応ができるかどうか不明であり、単純に核融合して原子核内の中性子と陽子の数が増えるという仮定であるが、) 炭素 1 3 (1 3 C 6) に重水素 D (2 H 1) を結合させ、ミュオン核融合できた場合、窒素 1 5 (1 5 N 7) を生じうる。窒素 1 5 もまた水素と反応し核融合させることが期待でき、本願発明の核融合システムに利用してよい。

20

炭素 1 2 (1 2 C 6) に三重水素 T (3 H 1) を結合させ、ミュオン核融合できた場合、窒素 1 5 (1 5 N 7) を生じるので用いられてもよい。例えば化合物としてメタン・脂肪族飽和炭化水素 ($C_n H_{2n+2}$, n は炭素数) の炭素原子に炭素 1 3 を用いており、水素原子に重水素を用いているミュオン核融合燃料 (炭素 1 3 と重水素からなる脂肪族飽和炭化水素) [(1 3 C 6) n (2 H 1) $2n+2$]、[(1 3 C 6) n (2 H 1 + 1 H 1) $2n+2$] を本願ミュオン核融合システムに用いてよい。

炭素 1 3 と重水素からなるメタン・脂肪族飽和炭化水素は分子内の n 個の炭素 1 3 とミュオン核融合して窒素 1 5 を生じえて、その後窒素 1 5 が分子内に残る水素原子と核融合しうるから、本願ミュオン核融合システムに用いてよい。窒素 1 5 と陽子は核融合して炭素 1 2 とヘリウム 4 とエネルギーを生じうる。

30

炭素 1 4 と水素・陽子からなるメタン・脂肪族飽和炭化水素 [(1 4 C 6) n (1 H 1) $2n+2$] は分子内の n 個の炭素 1 4 と水素がミュオン核融合して窒素 1 5 を生じえて、その後窒素 1 5 が分子内に残る水素原子と核融合しうるから、本願ミュオン核融合システムに用いてよい。

< 請求の範囲の例 >

< 請求項 N C T 1 >

炭素 1 2 にミュオンを投入・照射しヘリウム 4 に変換する特徴を有する核変換システム。

< 請求項 N C T 2 >

請求項 N C T 1 に記載の核変換システムにて生じるエネルギーを用いた発電システム。

40

< 請求項 N C T 3 >

炭素原子にミュオンを投入する特徴を有する核変換システム。

< 請求項 N C T 4 >

ミュオンを用いた核変換システムであって、核変換するときに核変換の原料となる原子 A の原子番号 Z または (1 S 軌道の) 有効核電荷は、前記原子の核変換後に生成される原子 X の原子番号 Z または (1 S 軌道の) 有効核電荷よりも大きい特徴を有する核変換システム。

< 請求項 C M F 1 >

炭素原子にミュオンを投入する特徴を有する核融合システム。

< 請求項 C M F 2 >

50

炭素と水素の化合物または分子にミュオンを投入する特徴を有するミュオン核融合システム。

< 請求項 C M F 3 >

炭素と水素の化合物または分子にミュオンを投入し炭素原子核を他の原子核に変換する特徴を有するミュオン核変換システム。

< 請求項 A C M 1 > ミュオンを用いて原子 A と原子 B を核融合させ、原子 X を生じるミュオン核変換システム。 < 請求項 A C M 2 > ガリウム 6 8、銅 6 3、銀 1 0 7、金 1 9 7、白金 1 9 5（など）を前記原子 A と原子 B とミュオンを用いて原子 X を生成したのちに原子 X から得る、または原子 X を崩壊させて得られた原子 Y から得る、特徴を有する請求項 A C M 1 に記載の核変換システム。 < 請求項 A C M 3 > 請求項 A C M 2 に記載の核変換システムを用いて製造された原子。

10

【 0 0 7 7 】

< < ミュオン標的、中間子生成装置に関する記載 > > >

< 課題 > ミュオン標的に炭素原子を用いた炭素素材・バルクの炭素からなる標的を用いると炭素原子が高エネルギーの陽子照射を経て高度に放射化される問題がある。またベリリウムやリチウムを前記標的に用いた場合も同様に問題があるかもしれない。ミュオン標的が放射化しにくくなる系を考案したい。またミュオン標的がロックアウト反応し標的内の原子核が変換されアルファ線等になって抜けていき空隙が増えてもろくなり利用できなくなり標的の交換が必要であるが、標的の交換の負荷・工数を減らすシステムを考案したい。

20

< 解決手段 1 > < 発明を実施するための形態 > < 実施例 >

< ミュオン標的を構成する同位体の選別 >

ミュオンを生成するために標的となる原子番号 Z の原子核に陽子（又はアルファ線やヘリウム等の原子核・粒子）を入射・衝突させる。この際に、原子核は衝撃を与えられて原子核から構成要素である陽子や中性子が飛び出してくるはずである。その後は何らかの放射性のある同位体になることで標的もしくは標的となる原子核を含む部分は（高度に）放射化されうる。（ミュオン生成時のミュオン標的の放射化、ロックアウト反応）

例えばミュオン標的に炭素を用いた場合、単一の同位体を選別するプロセスを経ていない場合は、標的は炭素 1 2 と炭素 1 3 と炭素 1 4 を含むうる。炭素 1 2（自然界存在比およそ 9 8 . 9 %）に加速された陽子を打ち込むことでロックアウトされ、（原子核のロックアウト反応によりアルファ粒子が叩き出されて、）ベリリウム 8 とアルファ線が生じうる。ベリリウム 8 は $8 . 1 9 \times 1 0$ のマイナス 1 7 乗秒の半減期で 2 つのアルファ線に崩壊しうる。また炭素 1 3（自然価存在比 1 . 1 %）は同様に陽子を打ち込むことで核が破碎され、ベリリウム 9 とアルファ線が生じうる。ベリリウム 9 はミュオン標的上に生成された場合、引き続き標的に照射された陽子と衝突しロックアウト反応がおきうる。さらに炭素 1 4 が含まれている場合、陽子を打ち込むことで核が破碎され、ベリリウム 1 0 とアルファ線が生じうる。ベリリウム 1 0 は半減期 1 0 0 万年以上の同位体である。

30

炭素 1 4 を含むミュオン標的に陽子を衝突させ、ミュオンを生成させつつ、炭素 1 4 原子核が陽子によりロックアウトされ 1 つのヘリウム原子核・アルファ線とベリリウム 1 0 が生成するとした場合、ミュオン標的は長期にわたり放射化されうると想定される。もし前記想定が実際にミュオン標的にて起きるのならば、炭素を用いるミュオン標的において、ベリリウム 1 0 のような放射性の同位体が生じないように、ミュオン標的を構成する同位体の比率や原子核の種類を人工的に制御する必要がある。例えば前記想定が実際に起きるならば炭素を用いたミュオン標的について、炭素 1 2 のみ（あるいはロックアウト後に放射性同位体の生じない炭素同位体のみ）とすることで、炭素を用いたミュオン標的の放射化の度合いを低減できるかもしれない。

40

炭素 1 2 のみからなるミュオン標的は炭素 1 2 と炭素 1 3 と炭素 1 4 を含むミュオン標的と比べ放射化される度合いに違いが出るかもしれないので、ミュオン標的の同位体を単一の種類になるよう同位体を選別する事が必要かもしれない。* 例えば炭素を用いたミュオン標的は炭素 1 2 のみから構成されるグラファイトや炭素同素体による標的でもよい。炭

50

素を用いたミュオン標的は炭素 14 を含まないミュオン標的であってもよい。* また標的は陽子が照射される部分が可動であってもよく、陽子線が照射される部分が図 10 の円軌道に沿って回転可能な薄い円板の標的部のように、可動な標的であってもよい。(本願の上記考案によれば、炭素を用いたミュオン標的について、半減期が 100 万年を超えるベリリウム 10 を陽子衝突による核破碎反応により生じさせないようにするためには、炭素 14 を分離し炭素 12 のみからなるミュオン標的を用いる事が有用であると推測され、本発明では炭素 12 のみを用いるミュオン標的を用いることができる。)

<ミュオン標的上での核変換>

ノックアウト反応の他に、核融合を起こしうる高エネルギーの陽子(或いはアルファ線、その他原子核のビームライン)を標的部の原子核と衝突させた時に衝突による核融合反応

10

が起きた場合、核融合により新たな核種・同位体がミュオン標的部に生成されうる。例えば炭素 13 よりノックアウト反応によりベリリウム 9 が生じて、その後ベリリウム 9 (断面積大きい)が照射された陽子と衝突し核融合しアルファ線とリチウム 6 を生じたり重水素とアルファ線を生じえる。リチウム 6 はさらに次に到達する陽子により同核融合し

うる。例えば炭素 12 が照射された陽子と衝突し核融合し、窒素 13 が生じたり重水素とアルファ線を生じえる。リチウム 6 はさらに次に到達する陽子により同核融合しうる。

炭素やベリリウム・ホウ素・リチウム等を含むバルクな塊上の固体の標的を用いるとノックアウト反応により核破碎が起きアルファ線を放出しながら固体部分が抜け落ちてもらう虞がある。

20

<解決手段 2> <発明を実施するための形態> <実施例>

炭素標的などの場合、その固体部分が陽子の衝突により叩き出されて抜け落ちうる。そこで炭素ではなく、より原子番号 Z が小さい原子(本願の一つの形態では水素原子・陽子。他の形態ではヘリウム原子・アルファ線)をミュオン標的に用いる系を考案する。

<陽子・陽子ビーム・水素原子やヘリウム原子をミュオン標的の原子核に用いる系>

上記固体標的の有するノックアウト反応により固体部分が抜け落ちる(そしてもろくなり・機械強度が下がり、標的の交換が必要である)課題を解決することと、標的が放射化する問題を解決するため、陽子と炭素原子ではなく陽子と水素原子(陽子)若しくはヘリウム原子を衝突点 2CLP にて衝突させる系を図 14 等に記載する。

陽子・ヘリウムのような原子番号 Z が小さく軽い原子同士の為、核破碎反応しない期待を持つ粒子の衝突系であって、衝突による核融合をしても陽子同士がヘリウム原子核になる系で(ヘリウム同士の場合はベリリウム 8 に核融合して短い半減期で崩壊しヘリウムに戻る系で、)炭素を用いたミュオン標的のように標的上でノックアウト反応や衝突による核融合を経て元の原子核(炭素 12)から別の原子核を生じない系であって、なおかつターゲット部がノックアウト反応により叩き出されて空隙を生じて機械的・物理的にもろくなって壊れる事のない期待をする標的 MU - P - HE - ORBIT - TGT を図 14 に記載する。ヘリウム標的・陽子標的へ、加速されたヘリウム・陽子が衝突した後に生成した・残っているヘリウム原子核は加速器を通じて再利用・回収可能(固定磁場強集束 FFA G 方式・MERIT リング方式の場合、エネルギーを回復・再加速可能)である標的 MU - P - HE - ORBIT - TGT を有するミュオン生成システム 2MU を図 14 に記載する。

30

40

図 14 では第 1 の加速器 2MU - ACC - RING にて陽子線を加速・循環させており、第 2 の加速器 2HE - ACC - RING にて(イオン化された)水素又はヘリウムを粒子加速器でもよい部分内で加速・循環・ループさせ、2MU - ACC - RING と 2HE - ACC - RING の粒子軌道の交差点 2CLP にて交差させ衝突させ、ミュオンを生成させようとしている。

(図 14 では第 1 の加速器(2MU - FFA G、2MU - ACC - RING、2MU - MERIT - RING、図 15 の 2HE - FFA G - 1ST)に陽子(・ヘリウム・粒子)を投入し円軌道・螺旋軌道を描かせながら外周側に陽子(・ヘリウム・粒子)が加速されながら循環しており、第 2 の加速器(2HE - ACC - RING、2HE - FFA G、図

50

15の2HE - FFAG - 2ND)には標的部MU - P - HE - ORBIT - TGTとして陽子又はヘリウムイオンを投入し加速循環させており、円軌道・ループした軌道を描きながら第2の加速器内を循環している。そして第1の加速器と第2の加速器の軌道が交差させる部分2CLPにて2MU - ACC - RINGの陽子と2HE - ACC - RINGの陽子・ヘリウムとを衝突させ中間子(パイオン、K中間子)を生成させ、その後パイオンからミュオンを生成させようとしている。))

図14の系では水素原子又はヘリウム原子にミュオンを生成可能なレベルに加速された陽子線(orヘリウム・粒子)を衝突させる。図14では陽子と陽子の衝突により核融合が起きるか、若しくは水素とヘリウム原子核の衝突による核融合が起きて、水素同士では核破砕反応による新たな核破砕由来原子核が生成しなくても済み、また水素とヘリウムではヘリウム原子核は魔法数2の安定な原子核であり核破砕されにくい期待があり、新たな核破砕由来原子核生成しなくても済むかもしれない。

10

(水素やヘリウムをミュオン標的に用いる場合、炭素をミュオン標的に用いる場合のように核破砕反応後・陽子による核融合後に生成したベリリウム10のような半減期の長い放射性同位体が生じにくくなり、その結果放射化しにくくなることを水素やヘリウムをミュオン標的に対して期待している。また固体の標的ではなく加速器で加速された陽子・ヘリウムのビームであるためロックアウト反応により叩き出された標的がもろくなる事が起きない可能性がある。)

図15ではターゲットになるリング2HE - FFAG - 2NDにイオン除去部(イオン取り出し部。イオン取入れ部兼ねてもよい)2EXTJを備えさせている。イオン除去部2EXTJは加速器内で意図しない重元素のイオンが生じている場合に除去する部分である。例えば水素とヘリウムが存在するべき加速器の軌道に炭素等の原子番号Zの大きな原子が生成された場合にそれを原子番号Z・電荷ZCや質量の大きさMSにより分離可能・除去可能な装置2EXTJを備えさせて良い。例えば2HE - FFAG - 2NDの軌道に沿って移動するイオンに電場や磁場をかけて質量や正電荷Zの大きさによってイオンを分離してよい。(2EXTJはイオン化して電場磁場により質量を分離・分析する質量分析装置の質量分離機能部を持っていてよい。)装置2EXTJにより加速器内の粒子の交換や不純物管理を行い、固体ディスクミュオン標的で必要な交換工程を減らしたい意図があり、本願の中間子生成装置を連続稼働させたい意図がある)

20

<ヘリウム・ヘリウムビーム・ヘリウム4をミュオン標的の原子核に用いる系(核破砕反応しにくいと期待する安定なヘリウム原子核をターゲットに用いる例)>

30

ヘリウム4(アルファ線粒子)は魔法数2の安定同位体である。図14・図15では第1の加速器2MU - ACC - RING・2HE - FFAG - 1STにて陽子線・粒子線を加速循環させており、第2の加速器2HE - ACC - RING・2HE - FFAG - 2NDにて水素又はヘリウム・粒子線を粒子加速器でもよい部分内で加速させ、2MU - ACC - RINGと2HE - ACC - RING(2HE - FFAG - 1STと2HE - FFAG - 2ND)の粒子軌道の交差点2CLPにて衝突させ、中間子・ミュオン(・素粒子・粒子)を生成させようとしているが、この際に2MU - ACC - RINGは陽子の他にヘリウムを用いてもよく、ヘリウム4を2MU - ACC - RINGと2HE - ACC - RING内で循環させ交差点部2CLPにて交差・衝突させミュオンを生成させることを試みて

40

もよい。(前記交差する際の角度は本願では指定しないが、例えば直角・直交して衝突させる事も想定される)

ヘリウム4を2つ衝突させると不安定なベリリウム8が生成されうるが、その後、短い半減期(10のマイナス17乗秒)を経過したのち、2つのヘリウム4(アルファ線)となりえて、2つのヘリウム4が衝突による核融合を起こしたとしても(ベリリウム8は)短い時間(10のマイナス17乗秒)で再度アルファ線に戻ろうとするため新たな核種が生じにくい期待がある。

ヘリウム4そのものが安定な粒子であり、それら同士を1対1で衝突させても核破砕破砕や核融合により新たな核種が生じにくいのではないかという視点から、本願の1つの形態ではヘリウム原子核、ヘリウム4同士を(粒子加速器をもちいて)加速させ衝突させメソ

50

ン・中間子・パイ中間子・K中間子を生成しその後ミュオン等の粒子を生成させてよく、そのミュオンをミュオン核融合や放射性核種の核変換（長寿命の放射性同位体の核変換）に用いてよい。

○本願の一つの実施形態によれば第1のMERIT方式でもよい加速器2MU-ACC-RINGにヘリウム4を加速・循環させており、第2のMERIT方式でもよい加速器2HE-ACC-RINGにヘリウム4を加速・循環させており、2MU-ACC-RINGと2HE-ACC-RINGの粒子軌道の交差点2CLPにて衝突させ、中間子・ミュオンを生成させてもよい。（2つの粒子の軌道は交差してもよい。一つの実施形態では2つの粒子軌道は直交してもよい。）この場合ヘリウム4とヘリウム4が衝突型の核融合を起こす場合であっても生成する原子は半減期・寿命の短いベリリウム8であり、ベリリウム8は崩壊して再度2つのヘリウム4となると考えると、新たな元素（放射性を持つ元素）が生じにくい可能性があり、本願ではヘリウム4を用い、ヘリウム4同士を衝突させベリリウム8となるような粒子衝突系を用いる中間子・素粒子の生成装置を提案する。*中間子を含む素粒子の生成に本願の2CLPと2HE-FFAG-1STと2HE-FFAG-2NDと陽子・ヘリウムを含む粒子衝突型の装置を用いてよい。（中間子のほか、ターゲットに粒子を衝突させ何らかの素粒子を生成する実験系に本願衝突系を含む装置を用いてよい。）

10

*図14や図15の構成ではヘリウム同士を加速器内でイオン化させて衝突させる構成のため固体物質のターゲットの場合でみられるターゲットの機械的高度の低下・寸法変化などの問題（固体ディスク標的の場合に見られた標的の交換問題）は生じにくい効果も期待する。*ミュオン核融合において核融合後にヘリウムを生成する場合は当該ヘリウムをミュオン標的原子に用いてよい。

20

<<リチウムの同位体を制御したターゲット部>>

リチウム7と陽子の核融合により生成するベリリウム8の半減期寿命の短さに着目した場合、リチウム7と陽子を衝突させる系も候補となりうるかもしれない。例えばリチウム7と陽子を衝突させベリリウム8を衝突型の核融合により生成したとき、ベリリウム8は半減期が短く（10のマイナス17乗秒）、2つのアルファ線・ヘリウム4を生成することはコッククロフト・ウォルトンらによって行われており公知である。この反応に注目し、天然のリチウム（リチウム7を92.5%、リチウム6は7.5%である）のうちリチウム7の存在比を増したターゲット部、（もしくはリチウム6を取り除いて/リチウム7を取り出して）リチウム7のみからなるターゲット部をミュオン・中間子生成装置に用いてもよい。（例えば図10のように可動可能なディスク型MU-DISK-TGTでもよいリチウム7のみからなるミュオン標的を用いてもよい。図14図15の加速器2HE-FFAG-1STと2HE-FFAG-2NDのイオンを陽子とリチウム7イオンとし両者を2CLPにて衝突させてもよい）

30

*リチウム6のみをミュオン標的に用いリチウム6に陽子を照射し衝突により核融合した場合、半減期が53日と長いベリリウム7が生じうる。ベリリウム7は次の陽子の衝突が可能な時間内に標的部に残るため、陽子とベリリウム7は衝突しうる。ベリリウム7を含む標的部が再度陽子の照射を受けた場合、ホウ素8が生じたり、炭素9等へ（寿命の長い生成物が徐々に陽子と核融合を進めて）重元素側の放射性の生成物を生成し標的に蓄積しうるかもしれない。他方リチウム7のみを含む標的の場合は陽子と核融合しベリリウム8を生じてその後短時間（10のマイナス17乗秒）でアルファ線になることで、（リチウム7ミュオン標的からヘリウムの形で揮発・離脱して除去されて残らなければ）上記の寿命の長いベリリウム7等の生成物が生じにくいかもしれない。

40

<<衝突による核融合で生成した原子核の寿命が短い（例：10のマイナス17乗秒）ミュオン標的原子の利用>>

○本願の一つの実施形態では、原子番号Zが4のベリリウム8（ $8\text{Be}4$ ）を生み出すパターンとしてヘリウム4を2つ衝突させる場合（ $4\text{He}2 + 4\text{He}2 \rightarrow 8\text{Be}4$ ）とリチウム7（ $7\text{Li}3$ ）に陽子（ $1\text{H}1$ ）を衝突させる場合（ $7\text{Li}3 + 1\text{H}1 \rightarrow 8\text{Be}4$ ）が考えられ、本願ではベリリウム8の寿命に着目した場合その2つのパターンを用い

50

て2つの粒子同士を衝突させ、ミュオン生成や核融合に用いてよい。

○本願の一つの実施形態では、陽子とヘリウムを衝突させる系を用いてもよい。陽子とヘリウム4を衝突し仮に単純に核融合したとするとリチウム5が生成するがその半減期は短く、崩壊後はヘリウム4と陽子を生成するので再度それをリサイクルして中間子・ミュオン生成装置の衝突に用いることができる。

陽子とヘリウム3を用いた場合もリチウム4が生じるがその半減期は短く、崩壊後はヘリウム3と陽子を生成するので再度それをリサイクルして中間子・ミュオン生成装置の衝突に用いることができる。

< 請求の範囲の例 > < 請求項 P H E 1 >

第1の加速器 2 M U - A C C - R I N G にて陽子線を加速循環させており、第2の加速器 2 H E - A C C - R I N G にて水素又はヘリウムを粒子加速器でもよい部分内で加速させ、2 M U - A C C - R I N G と 2 H E - A C C - R I N G の粒子軌道の交差点 2 C L P にて衝突させ、中間子・ミュオンを生成させる特徴を有する粒子生成システム。

10

< 請求項 P H E 2 >

陽子と陽子又は陽子とヘリウム又はヘリウムとヘリウムを衝突させてミュオンを生成し、前記ミュオンを用いてミュオン核融合させる特徴を有する、請求項 P H E 1 に記載の中間子の粒子生成システムを用いたミュオン核融合システム。

< 請求項 P H E 3 >

リチウム7からなるミュオン標的若しくは粒子の衝突標的を用いた、中間子・ミュオンを生成させる特徴を有する粒子生成システム。

20

【実施例 7】

【 0 0 7 8 】

本願の実施例・実施形態の想定図として図 1 4 から図 1 7 に説明図を記載する。

< 図の説明 >

< 図 1 4 >

第1の加速器 2 M U - A C C - R I N G にて陽子線・ヘリウムを加速循環させており、第2の加速器 2 H E - A C C - R I N G にて水素又はヘリウムを粒子加速器でもよい部分内で加速させ、2 M U - A C C - R I N G と 2 H E - A C C - R I N G の粒子軌道の交差点 2 C L P にて衝突させ、中間子・ミュオンを生成させる特徴を有する粒子生成システムの説明図。陽子と陽子又は陽子とヘリウム又はヘリウムとヘリウムを衝突させてもよい。(第1の加速器 2 M U - A C C - R I N G にて陽子線を加速循環させており、第2の加速器 2 H E - A C C - R I N G にて水素又はヘリウムを粒子加速器でもよい部分内で加速させ、2 M U - A C C - R I N G と 2 H E - A C C - R I N G の粒子軌道の交差点 2 C L P にて衝突させ、中間子・ミュオンを生成させる特徴を有する粒子生成システムの説明図。陽子と陽子又は陽子とヘリウム又はヘリウムとヘリウムを衝突させてもよい。)

30

< 図 1 5 >

本願実施形態の一つとして、ヘリウム・陽子をターゲット部とする中間子生成のための衝突実験系の説明図。(B)にループした2つの経路 2 H E - F F A G - 1 S T と 2 H E - F F A G - 2 N D を備えた中間子生成のための衝突実験系。

* 2つの経路 2 H E - F F A G - 1 S T と 2 H E - F F A G - 2 N D は F F A G 若しくは M E R I T 方式の加速器や加速器内の粒子の軌道でもよい。M E R I T 方式の場合、2つの加速器の経路内をヘリウム・水素の原子が衝突したのちエネルギー低下した場合であっても再度加速器内でエネルギー再生し・再加速し、再度の中間子生成(若しくは何らかの粒子、素粒子、原子核)の生成を行わせたい意図がある。

40

< 図 1 6 >

本願実施形態の一つとして、ミュオン核融合や核種の変換に用いる例(A)と、元素の変換・核変換後の製品原子核製造に用いる例(B)の説明図。

< 図 1 7 >

本願実施形態の一つとして、宇宙ミュオン S M 1 や高速ミュオンを減速しターゲット部原子に照射投入結合する工程を含む例。

50

(A) 天球・上空をカバーするドーム状の減速器アレイ・減速器 2 MUDECEで高速宇宙ミュオンを減速し、捕獲部 2 CAPにて捕獲し、減速したミュオンを T 1 へ照射し核変換を試みる例。(B) 直接原料原子・分子の標的 T 1 にレーザーを照射し宇宙ミュオンの減速用の強度を持つ電場 2 LASER-EF・レーザー航跡場を形成し、前記電場を用いて宇宙ミュオンを減速させ、減速したミュオンを原料原子と結合させミュオン核融合・ミュオン核変換を試みる例。

【0079】

< 符号の説明 >

< 図 13 >

(A) 可動なミュオン標的の例 (負ミュオン減速部含む)

10

MU-MOVABLE-TGT: 可動なミュオン標的

2 MUCAP: ミュオンを捕獲し移動させるデバイス。ミュオンの加速部、ソレノイドなど。

MUDECE-ELEMENT: 速度を持つ負ミュオンを減速する向きに配置した減速部・減速素子 (レーザー航跡場応用加速器を用いた減速部でもよい。)

MUDECE(MDC): MUDECE-ELEMENTを含む減速器。ミュオンの減速器 (レーザー航跡場を用いる加速器でもよい加速器 2 ACや加速器 A 1 を減速用に用いてもよい)

< 図 14 >

2 MU: ミュオン生成装置

20

2 MESON: 中間子生成装置

2 PARTICLE-COLLIDER: 粒子衝突装置、粒子衝突による中間子・素粒子生成装置

2 MU-ACC-RING: 陽子・水素 (又はヘリウム) をイオン・ビームとして加速・循環・移動する加速器。第 1 の加速器。

2 MU-FFAG: FFAG 式の 2 MU-ACC-RING。

2 MU-MERIT-RING: MERIT リング式の 2 MU-ACC-RING。

2 HE-ACC-RING: ヘリウム (又は陽子・水素) をイオン・ビームとして加速・循環・移動する加速器。及び加速器の軌道。第 2 の加速器。

2 HE-FFAG: FFAG 式の 2 HE-ACC-RING。

30

2 MU-FFAG-CS、2 MU-ACC-RING-CS、2 MU-MERIT-RING-CS: 第 1 の加速器の断面部

MU-MOVABLE-TGT: 可動標的。ミュオン標的の原子は可動。

MU-P-HE-ORBIT-TGT: 可動である、水素やヘリウム (のイオン・ビーム・加速器中の軌道) からなるミュオン標的。加速器を加速・循環・移動するヘリウムや水素である中間子や素粒子ミュオンを生成させるための標的。

2 CLP: 加速された粒子イオン・ビームの軌道の交差点・衝突点、又は交差部分・衝突部分。

ヘリウムと水素、ヘリウムとヘリウム、水素と水素の衝突する部分 (2 CCP)。衝突により中間子・素粒子が生成されうる箇所。* 第 1 の加速器 2 MU-ACC-RING・2 HE-FFAG-1STにて陽子線・粒子線 (ヘリウム) を加速循環させており、第 2 の加速器 2 HE-ACC-RING・2 HE-FFAG-2NDにて水素又はヘリウム・粒子線を粒子加速器でもよい部分内で加速させ、2 MU-ACC-RINGと 2 HE-ACC-RING (2 HE-FFAG-1STと 2 HE-FFAG-2ND) の粒子軌道の交差点 2 CLPにて衝突させ、中間子・ミュオン (・素粒子・粒子) を生成させようとする時の前記交差・衝突させる部分。

40

< 図 15 >

2 AC: 加速空洞、加速手段。

* レーザー航跡場の加速空洞を用いてもよく、レーザーはレーザーデバイスや粒子加速器・アルファ線を用いたシンクロトロン放射光 (放射光) の光子・レーザーを用いてもよい

50

。

2 M G F : 磁石、イオン・ビーム・荷電粒子の偏向手段・収束手段。偏向電磁石等の偏向磁石、ビームを飛び散らぬよう絞り収束する四重極電磁石などの収束磁石。

2 I S R C : イオン源 H e (o r 、 H / p) 。イオン入射部。イオン化する装置やイオンを加速して入射する装置を含んでよい。

2 E X T E J : イオン除去部。イオン取入れ部、イオン取り出し部であってもよい。

E X - I O N : 2 H E - F F A G - 2 N D (加速器の軌道) を移動・循環するイオンのうち、2 E X T E J で取り除くイオン。質量分析で用いるイオンの質量の違いによる分離方法を用いてよい。イオンを電荷・磁場によりイオンの電荷に対して質量の違いがあることを利用して異なる質量のイオンを分離してよい。

10

2 H E - F F A G - 1 S T : 第 1 の加速器。F F A G 型のヘリウムを加速循環する円形加速器等。

2 H E - F F A G - 2 N D : 第 2 の加速器。F F A G 型のヘリウムを加速循環する円形加速器等。

2 C L P : 2 つの H e ・粒子・ビームが衝突する部分

< 図 1 6 >

2 M U 、2 M E S O N - G E N E R A T O R 、2 P A R T I C L E - C O L L I D E R : ミュオン生成手段、中間子生成手段、粒子衝突手段。

M U O N - C A P T U R E - T R A N S P O R T - S O L E N O I D : パイオンや K 中間子等の中間子よりミュオンを捕捉し輸送する手段。パイオンを磁場により捕捉し、パイオンを移動させ、パイオンがミュオンに変化しつつミュオンを輸送するソレノイド。

20

M U D E C E : ミュオンを減速する手段。負ミュオン減速器。低速ミュオン生成部。M U D E C E を M U O N - C A P T U R E - T R A N S P O R T - S O L E N O I D 部分に備えさせてもよい。パルス電源と減速セルを組み合わせた負ミュオンの減速器は検討されており公知でありそれを用いてもよい。より低速に減速できる負ミュオン減速器を用いると好ましい。加速器・中間子生成部を用いて生成した負ミュオンのエネルギーは約 3 0 0 k e V (= 8 M e V / c) 以上で例えばそれを 3 0 k e V 以下に減速できると好ましい。レーザー航跡場とそれを用いた加速空洞・加速部を逆向き・減速する向きに配置可能ならば配置して負ミュオンの減速に用いてもよい。

1 F - S Y S : ミュオンを用いた核融合システム

30

1 E X P - S Y S : ミュオンを用いた実験システム、核変換システム (L L F P ・ M A の核変換システム)

F P : 核融合部、ミュオン核融合部、核融合部炉心の一部。

N C T P : 核変換部、ミュオン核変換部、核変換炉心の一部。

M u o n i c - A t o m - G e n e r a t o r : 原子核 A (o r 、 B) に負ミュオンを結合させミュオニック原子 A (o r 、 B) を生成する部分。

M A 1 : ミュオニック原子 A (o r 、 B) 。 (ターゲットに照射される原子 A / B)

F U S I O N E D - T 1 - A B - X : 原子 X 。原子核 A と B がミュオンによる核融合・核変換して生成された原子 X 。

T 1 - A B : 原子核 A と B の結合した化合物・混合物からなるミュオンのターゲット T 1 部。

40

原子 A と原子 B は Z の異なるものでもいい。Z の同じものでもいい。例えば原子 A と原子 B が同一の炭素 1 2 であってもよい。T 1 - A B は原子核 A と B の結合した化合物・混合物。T 1 - A B は原子 B に原子 A を衝突させ原子 A と原子 B の混合物・もしくは A と B を近傍に配置したものでもいい。

F U S I O N E D - T 1 - M A 1 B - X : 原子 X 。ミュオニック原子 A と原子 B をミュオンによる核融合・核変換させて生じた原子 X 。原子 X から原子 Y を放射性崩壊工程を経て生じさせても良い。

T 1 - B : 原子核 B (o r A) のターゲット。T 1 - B はミュオン・ミュオニック原子照射部は移動可能な T 1 ・ T 1 - B 。 (T 1 - B は移動可能な T 1 のフィルム面や固体液体

50

面でもよい。元素によっては気体やプラズマ・ビームでもよい) T 1 - B は原子 X 除去工程で表面を除去可能でもよい。

(図 1 1 の固体の可動なディスク型でもよいミュオン標的 MU - D I S K - T G T を砥石 MU - D I S K - G R I N D I N G - D E V I C E で研磨するように、ミュオン核変換で標的 T 1 上で原子 A と原子 B から原子 X を製造したのちに原子 X を砥石や研磨・切削手段により除去・回収できてよい。)

T 1 - I N : 原子供給工程・手段。原子 A と B の供給部。

T 1 - O U T : 原子除去工程・手段。原子 X の除去部。

< 図 1 7 >

(A) 地上側に配置された T 1 から見て、天球・上空側をカバーするドーム状の減速器アレイで高速宇宙ミュオンを減速し T 1 へ照射し核変換試みる例。

S M 1 : 上空から飛来する宇宙ミュオン (宇宙線ミュオン、宇宙線ミュオン粒子) 。高速宇宙ミュオン S M 1 。地球大気 (大気圏) に宇宙線が衝突し大気分子と宇宙船粒子の衝突により宇宙線パイオン・中間子が発生し、その中間子から宇宙線ミュオンが生じる。宇宙線パイオンは高度 2 0 k m 程度で生じえて、高度 5 k m 以下ではミュオンが降り注ぐ。(図 1 7 (A) のシステムを有する航空機の輸送機器 3 は宇宙ミュオンを受け取る高度にある。宇宙ミュオンを航空機 3 は核変換に利用できる。他に地上付近・海上の輸送機器 3 も宇宙ミュオンを受け取る事はできる。)

宇宙線 : 宇宙空間を高エネルギーで飛び交っている粒子。

M D C - L A S E R : ミュオン減速器がレーザー航跡場を用いる加速器を減速器に用いる場合に前記加速器のレーザー光源・レーザー生成部。光源は既存のレーザーデバイスを用いてよい。光源は放射光を用いてもよい。

M D C : 減速器。

2 M U D E C E : 減速器。ミュオンの減速器 (加速器を減速用に用いてもよい) (レーザー航跡場を用いる加速器でもよい加速器 2 A C や A 1 を減速用に用いてもよい)

2 M U D E C E - A R R A Y : 2 M U D E C E のアレイ。2 M U D E C E に光子・レーザーを分配していてもよい。また 2 M U D E C E 駆動のための電気・電力・信号やレーザー等の回路を含んでもよい。

2 M U C A P : M U O N C A P T U R E T R A N S P O R T D e v i c e 、ミュオンを捕獲し移動させるデバイス。ソレノイドなど。

T 1 : ターゲット、F E E D 。一つの実施形態によれば、システム 1 F - S Y S / 1 E X P - S Y S は、既存公知の水素 H ・重水素 D ・三重水素 T やリチウム 6 等のミュオン触媒核融合用の核燃料原子・原料原子を (又は原料原子同士を) 減速器 2 M U D E C E にて減速したミュオンを結合させて用いる構成においてミュオン触媒核融合・核変換させようとしてもよい。また本願記載の水素・ホウ素・炭素・窒素等の核融合・核変換の原料原子・燃料原子を図 1 3 (B) や (A) 等のシステム 1 F - S Y S / 1 E X P - S Y S で用いてもよい。

図 1 7 の宇宙ミュオンを減速する構成・システム・装置は輸送機器 3 に搭載されていてもよい。宇宙ミュオンを用いてミュオン核変換できる場合、大型の加速器を不要にできるので、輸送機器 3 に搭載する際も輸送機器 3 の大きさをミュオン生成用の大型加速器をなくすことができればコンパクトにできる利点がある。なお宇宙ミュオンのミュオン減速器をコンパクトにするためレーザー航跡場を用いる加速器でもよい加速器 2 A C や A 1 を減速用に用いてもよい。(電子・負電荷の粒子をレーザー航跡場で G e V 級に加速する構成が公知であり、その応用として同負電荷の粒子である負ミュオンの減速用途を本願は想定する。)

また、輸送機器 3 にコンパクトにミュオン・中間子の生成部や高速なミュオンの減速部を搭載する目的で レーザー航跡場を用いる加速器でもよい加速器 2 A C や A 1 にて中間子生成用の装置 2 M U や 2 M E S O N - G E N E R A T O R 、 2 P A R T I C L E - C O L L I D E R を構成してもよい。

(B) 直接原料原子・分子の標的 T 1 にレーザーを照射しミュオンを減速させ T 1 のミュ

オン核融合・ミュオン核変換を試みる例

2 L A S E R - P L A S M A : T 1 をプラズマ化させレーザー航跡場を形成する際のレーザーとT 1 により生成されたプラズマ部。

2 L A S E R - E F : レーザーとT 1 による電場、T 1 内に形成したレーザー航跡場。

T 1 , F E E D : 核変換・核融合させたいターゲット原子、原料原子・燃料原子。

2 L A S E R : レーザー源。

M D C - L A S E R : レーザー利用型の減速器に用いるレーザ(当該図ではレーザーは外部からのエネルギーによりレーザーを生成してもよいし、核融合・核変換によるアルファ線やガンマ線などのもつエネルギーを用いて光子・ガンマ線を生成しそれをレーザー生成に用いてよい。A E C はアルファ線エネルギーの変換部で、当該図では電力ではなくアルファ線の制動放射による光子のエネルギーとして取り出す事可能)

10

【 0 0 8 0 】

<ミュオンの速度>

宇宙線にミュオンが含まれており、そのエネルギーはG e V 領域で宇宙ミュオンの速度は高速である。(光速に近い)(地上・公知の加速器・ミュオン生成部にて生成するミュオンより宇宙ミュオンは高速であると思われる。ミュオン粒子が光速で運動するとして単純に計算すると、2 . 2 マイクロ秒の時間におよそ6 6 0 m 進むとされる。宇宙ミュオンはエネルギーが高すぎて物質を通り抜けてしまう。)

本願で用いるミュオンは原料原子と結合させたいため、原料原子を高速で素通りさせてしまう構成よりは低速で結合させる構成とすることが好ましい。例えば本願で用いるミュオンは宇宙ミュオンよりは低速である必要があるかもしれない。ミュオンは炭素1 2 等のミュオンを照射し結合させ核変換させたい原子に低速で・結合できる速度で照射・投入してよい。

20

地表では、1 秒間に1 m 2 の面積をおよそ1 7 0 個程度の宇宙由来の高速なミュオン粒子が通過している。高速なミュオンは(想定であるが、)ミュオン触媒核融合でミュオンが触媒となってホウ素や炭素や窒素等の本願の核変換対象の原子核を核変換・核融合させたくとも宇宙ミュオンは高速で通り抜けてしまうので、自然な・高速な宇宙ミュオンでは本願にて意図するミュオン触媒核融合・ミュオン触媒核変換が起きにくいかもしれない。そこで本願ではミュオン触媒核変換・ミュオン触媒核融合を起こせるほどに低速な(公知の中間子生成可能な地上の装置で生成可能な中間子・パイオン等から得た)減速されてもよいミュオンを用いてよい。

30

<宇宙ミュオン減速器によるミュオン核変換システム>本願ではミュオンを中間子生成装置から得るが、その後ミュオンを減速する装置部M U D E C E (2 M U D E C E 、 2 M U D E C E - A R R A Y) を用いて減速してミュオン触媒核変換・核融合を行わせたい原子に投入してよい。)そして宇宙ミュオンをもし減速可能であれば、本願発明のミュオン触媒核変換・核融合システムに用いてもよい。

○負ミュオンをパルス電源と減速セルを組み合わせたミュオン減速器は検討されており公知である。飛行船のような巨大な(ミュオン減速のための物理的な距離の取りやすい)航空機・飛行船を空中に浮かべて、その航空機内に規模の大きなミュオン減速機を構成・搭載してミュオンを減速させ、ミュオンをソレノイドなどで捕獲・輸送してミュオン触媒核変換のターゲット部に照射し、前記核変換を促してもよく、その核変換により生じたエネルギーで航空機を推進させ、航空機のエネルギー・電力を発電部(アルファ線のエネルギーを熱に変換し水を沸かして蒸気タービンを動かす形式の発電部1 P P やアルファ線のエネルギーを電力・エネルギーに変換する部分A E C)を用いて生成供給してもよい。

40

<ミュオン減速用のレーザー航跡場とそれを用いた加速空洞・加速部の要件>

○レーザー航跡場とそれを用いた加速空洞・加速部により電子(負ミュオン)を加速可能だが、その加速部を(可能ならば進行する負ミュオンを減速する向きに配置し)負ミュオンの減速部(M U D E C E (2 M U D E C E 、 2 M U D E C E - A R R A Y) に用いてもよい。レーザー航跡場を用いた加速器はヘリウムのレーザー標的等をプラズマ化しレーザー照射による電場を生成するプラズマデバイス部を有する。当該レーザー航跡場加速器の

50

電場強度は既存の磁石や高周波による電場・磁場を生成する加速器よりも高くなり、既存の高周波や電磁石を粒子加速に用いた加速器よりも加速器を小型にできうと期待されている。

(図17の(A)のように、2MUDECEを小型化にすることで地上から見て空中の全方向・天球をカバーする宇宙ミュオン減速器アレイ2MUDECE-ARRAYを構成できるかもしれない。そして2MUDECE-ARRAYを含む核変換システム1EXP-SYSやそれを含む発電部1GENRを含む輸送機器3を構成してもよい。ターゲット部T1をドーム状に覆うようなミュオン減速器アレイを構成することでランダムに空中から地上側に向けて様々な角度で2MUDECE-ARRAYやT1に向かって飛翔・飛来(例:図17の(A)の2つの宇宙ミュオン)する宇宙ミュオンを予め設置された前記減速器アレイにより減速し、減速したミュオンを回収しターゲット部T1に投入・照射することが本願発明では可能になりうる。)

10

○ミュオンは重元素・Zの大きい原子に弱い相互作用でトラップされ核と反応・崩壊しうるので、レーザー航跡場とそれを用いた加速空洞・加速器部のプラズマの原子元素はZが低いものが好ましく考えられ、例えばヘリウムを用いてもよい。(レーザー航跡場を用いた加速器のプラズマに鉄等の重元素を用いると鉄はZが大きくミュオンがトラップされる弱い相互作用で鉄などの重元素のZを減らす反応に負ミュオンが消費されて減速できない・目的とする核変換の用途に使えない恐れがあるかもしれない。そのため本願の一つの形態ではヘリウムなどのミュオンと弱い相互作用しにくい原子のプラズマを用いるレーザー航跡場とそれを用いた加速空洞・加速部、あるいはミュオン減速部2MUDECE-を用いてよい。)

20

<Zの低い原料原子(例:Z=B,C,N,O,F,Ne...)へのレーザー照射によるレーザー航跡場の生成と、レーザー航跡場を生成したその場での高速宇宙ミュオン又は加速器原子衝突由来の高速ミュオンの低速化と、当該低速化されたミュオンを用いたミュオン核変換反応の促進の視点>レーザー航跡場のレーザーデバイスに用いるレーザーを照射するレーザー標的の気体のリソース(プラズマのリソース、プラズマの原子)に前記ヘリウムのレーザー標的の代わりに、本願で主張するホウ素や炭素や窒素等のミュオン核変換を起こす原子であってZが小さい・弱い相互作用を起こしにくいと期待されるZの原子を含む物質(例:Z=B,C,N,O,F,Ne...さらにはH,He,Li,Be。例えばボラン、アザン、メタン、炭素12)を用いてよい。さらにレーザーデバイス内で原子(例:Z=B,C,N,O,F,Ne...)のプラズマを生んでプラズマ波そして高強度電場のレーザー航跡場が生まれ、当該レーザー航跡場が宇宙から大気・地上側へと飛来する高速の宇宙ミュオンを減速できれば、前記レーザー航跡場を生じるプラズマの原子(例:Z=B,C,N,O,F,Ne...)に減速されたミュオンを結合させミュオン核融合・ミュオン核変換を起こせるかもしれないので当該の特徴を有する構成を本願のミュオン核変換システムに用いてよい。

30

○図9ではレーザーをレーザー標的及び核融合・核変換の原料原子を含むターゲットT1(T1は本願で主張するホウ素や炭素や窒素等のミュオン核変換を起こす原子であってZが小さい・弱い相互作用を起こしにくいと期待されるZの原子を含む物質、例えばZ=B,C,N,O,F,Ne...さらにはH,He,Li,Be。例えばボラン・ジボラン、アザン、メタン、炭素12)に照射してよい構成であり、図9のように、T1にレーザー航跡場を起こせるレーザーをレーザー源・レーザー生成装置(2LASER)から照射してT1にてT1に飛来する宇宙ミュオンを(レーザーと原子・プラズマによる電場で)減速して低速ミュオンとして、当該低速ミュオンを当該T1部の原料原子に結合させT1の原料原子を核融合・核変換するように促してもよい。

40

○図17の(B)のように、ターゲットT1にレーザー源2LASER・MDC-LASERからレーザーを照射して、T1にプラズマ(2LASER-PLASMA)を生成し、高強度の電場2LASER-EF、レーザー航跡場2LASER-EFを生成・形成し、前記電場2LASER-EFにより、T1に入射し2LASER-EFに入射した高速ミュオン又は高速宇宙ミュオンSM1を減速し、(T1の2LASER-EF内部又は近

50

傍にて) 低速ミュオン・減速ミュオンとし、前記減速ミュオンを T 1 に含まれるミュオンを結合させたい原料原子に結合させ、ミュオンが結合したことにより T 1 の原料原子はミュオン核変換反応やミュオン核融合を引き起こしうるので、本願発明では当該の構成を用いてよい。

ターゲット原子 T 1 にレーザーを照射し高速ミュオン・高速宇宙ミュオン S M 1 やミュオン M 1 を減速させる電場を形成し、高速ミュオンを減速させ低速ミュオンに変えて、低速ミュオンをターゲット原子 T 1 の核変換・核融合に用いてよい。

< 請求の範囲の例 >

< 請求項 M U D E C 1 >

ミュオンを減速する工程を備え、ミュオンを核変換させるターゲット原子・原料原子に結合可能とする特徴を有する、ターゲット原子・原料原子の核変換システム。

10

< 請求項 M U D E C 2 >

ターゲット原子・原料原子にレーザーを照射し電場又はレーザー航跡場を生成する特徴を有するターゲット原子・原料原子の核融合又は核変換を行う請求項 M U D E C 1 に記載の核変換システム。

< 請求項 M U D E C 3 >

ミュオンを前記電場又はレーザー航跡場にて減速可能な請求項 M U D E C 2 に記載の核変換システム。

< 請求項 M U D E C 4 >

核変換させたいターゲット原子・原料原子にレーザーを照射し電場又はレーザー航跡場を生成し、宇宙ミュオン・宇宙線ミュオン若しくは宇宙側から地上側に飛来する宇宙線により生じたミュオンを減速させ、前記減速されたミュオンを核変換させたいターゲット原子・原料原子に結合可能な特徴を有する、請求項 M U D E C 2 に記載の核変換システム。

20

< 請求項 D L A L 1 >

ミュオンを減速する工程又は減速手段を備え、ミュオンを核変換させるターゲット原子・原料原子に結合可能とする特徴を有する、ターゲット原子・原料原子の核変換システム。

< 請求項 D L A L 2 >

ミュオンを電場又はレーザー航跡場又は加速器にて減速可能な請求項 D L A L 1 に記載の核変換システム。

< 請求項 D L A L 3 >

30

ターゲット原子・原料原子にレーザーを照射し電場又はレーザー航跡場を生成する特徴を有するターゲット原子・原料原子の核融合又は核変換を行う請求項 D L A L 1 に記載の核変換システム。

< 請求項 D L A L 4 >

核変換させたいターゲット原子・原料原子にレーザーを照射し電場又はレーザー航跡場を生成し、宇宙ミュオン若しくは宇宙側から地上側に飛来する宇宙線に由来するミュオンを減速させ、前記減速されたミュオンを核変換させたいターゲット原子・原料原子に結合可能な特徴を有する、請求項 D L A L 1 に記載の核変換システム。

< 請求項 D L A L 5 >

ミュオンを用いた核変換システムであって、核変換するときに核変換の原料となる原子 A の原子番号 Z または (1 S 軌道の) 有効核電荷は、前記原子の核変換後に生成される原子 X の原子番号 Z または (1 S 軌道の) 有効核電荷よりも大きい特徴を有する請求項 D L A L 1 (又は請求項 D L A L 2) に記載の核変換システム。

40

< 請求項 D L A L 6 >

炭素・炭素 1 2 を含むターゲット原子にミュオンを投入・照射する特徴を有する請求項 D L A L 2 に記載の核変換システム。

< 請求項 D L A L 7 >

窒素・窒素 1 5 を含むターゲット原子にミュオンを投入・照射する特徴を有する請求項 D L A L 2 に記載の核変換システム。

< 請求項 D L A L 8 > ホウ素を含むターゲット原子にミュオンを投入・照射する特徴を有

50

する請求項 D L A L 2 に記載の核変換システム。

< 請求項 D L A L 9 > 請求項 D L A L 5 に記載の核変換システムにて生じるエネルギーを用いた発電システム。

< 請求項 D L A L 10 > 第 1 の加速器 (2 M U - A C C - R I N G) にて水素又はヘリウムを加速循環させており、第 2 の加速器 (2 H E - A C C - R I N G) にて水素又はヘリウムを加速循環させており、第 1 の加速器と第 2 の加速器の粒子軌道の交差点 2 C L P にて水素又はヘリウムを衝突させ中間子生成させる特徴を有する粒子生成システムを用いミュオンを生成し前記核変換に用いる請求項 D L A L 1 に記載の核変換システム。

< 請求項 D L A L 11 > 核分裂生成物を核変換する特徴を有する請求項請求項 D L A L 1 (又は請求項 D L A L 2) に記載の核変換システム。

< 請求項 D L A L 12 > 核分裂生成物を核変換する請求項 1 ・請求項 D L A L 10 に記載の核変換システムであって、核分裂生成物を有する建物の区画に向けてミュオンのビームを照射する特徴を有する核変換システム。

【 0 0 8 1 】

< < ミュオンを用いた核種・原子核の変換装置 > >

< 課題 >

或る原子 X の資源量が限られている場合に人工的に原子 X (例えばガリウム等の産業で用いる原子や 11 族原子) を製造したいかもしれない。原子 X の製造には核融合が用いられるが核融合のうち磁気閉じ込め式などでは高温のプラズマに原子を閉じ込めて熱により核融合させる必要があり、より Z が大きく重い原子核同士を核融合するにはより過酷な高温にする事が必要かもしれない。

< 解決手段 >

他方、ミュオン核融合では Z の大きな原子核であってもミュオンが原子核に結合し衝突や近接する事による核融合を起こしやすくなる可能性がある。そこで本願ではミュオン生成装置やミュオンの減速手段や原子 A ・ B や原子 A と原子 B が結合した化合物とミュオンを結合させてミュオン核融合させ原子 X を製造することを考案する。

< 発明を実施するための形態 > < 実施例 >

< 望みの原子核を作る例として周期表の 11 族原子やガリウム原子核を生成しようとする例 > 実証はされていないが、例えば、図 16 の (B) のように、原子 A と原子 B を核融合反応させ別の原子核 X を生成させることや、原子核 X が変化・崩壊することで別の原子核 Y を生成することが可能かもしれない。

(前記のように陽子やヘリウムを中間子生成のターゲットに用いるなどして、ミュオンの生成時にターゲットが放射化されにくい等が可能になると、ミュオン標的のターゲットが核の廃棄物になりづらくなり、ミュオン生成を行う環境負荷・コストを低減でき、その結果ミュオン核融合のほかに、放射性廃棄物へミュオン照射を行い放射性でない原子への変換を行う実験や、既存の元素同士とミュオンを組み合わせでの核融合・核分裂・核破砕等を行わせて原子核の変換も可能になるかもしれない。

*、ミュオン生成装置・加速器の駆動には電力エネルギーが必要であり、例えばその電力は宇宙太陽光発電所や核融合発電所の電力を用いる想定である。以下の例はアイデアであって、実証はされていない。

< 金 A u > 例えば、炭素 12 や炭素 13 にタングステン 184 を結合させた炭化タングステン (具体的にはフィルム状の、ミュオン照射される部分がフィルム・シートを送り出すように移動できて可動である炭化タングステントarget) にミュオンを照射し、タングステンと炭素のミュオン核融合・核変換が起きるかどうかが実験し、その後、核融合・核変換で生じる水銀 (水銀 196 ・水銀 197) 原子や金原子を生成することを試みてよい。* なお炭化タングステンのほかに窒素 15 とタンタル 181 を用いた窒化タンタルを用いてもよい。

* その後水銀 196 に中性子を照射させ水銀 197 としたのち、水銀 197 の電子捕獲のステップを経て金 197 を合成することを試みてよい。* もしくはタングステン 184 と炭素 13 からなる炭化タングステン (他に窒素 15 とタンタル 181 からなる窒化タン

10

20

30

40

50

タル等)をターゲット部 T 1 - A B とし、そこへミュオンを照射し水銀 1 9 7 の生成を試みてその後水銀 1 9 7 が電子捕獲 E C により金 1 9 7 に変化するかを試す系(実験系)を実施してもよい。

(以下の式の反応。1 2 C 6 : 炭素 1 2、1 3 C 6 : 炭素 1 3、1 9 6 H g 8 0 : 水銀 1 9 6、1 9 7 H g 8 0 : 水銀 1 9 7、1 8 4 W 7 4 : タングステン 1 8 4、1 5 N 7 : 窒素 1 5、1 8 1 T a 7 3 : タンタル 1 8 1、n : 中性子、1 9 7 A u 7 9 : 金 1 9 7、E C : 電子捕獲反応の工程。E C は原子核内の陽子が軌道電子を吸収して中性子となり、同時に電子ニュートリノを放出する反応・現象)

1 2 C 6 + 1 8 4 W 7 4 - > 1 9 6 H g 8 0

1 3 C 6 + 1 8 4 W 7 4 - > 1 9 7 H g 8 0

10

1 5 N 7 + 1 8 1 T a 7 3 - > 1 9 6 H g 8 0

1 9 6 H g 8 0 + n - > 1 9 7 H g 8 0

1 9 7 H g 8 0 - > E C - > 1 9 7 A u 7 9 + 電子ニュートリノ

また炭素原子や窒素原子(原子 A)にミュオンを結合させミュオニック炭素原子として当該原子 A を加速させタングステン原子に衝突させ核融合を促してもよい。(もしくはタングステンにミュオンを照射してミュオニックタングステン原子とし、そこに炭素原子を加速衝突させてもいい。ミュオンに炭素 1 2 に照射して炭素が崩壊する場合は、タングステン側に照射してよい。炭素とタングステンの代わりに窒素とタンタルを用いてもよい。)

(1 2 C 6 + 負ミュオン) + 1 8 4 W 7 4 - > 1 9 6 H g 8 0

20

1 2 C 6 + (1 8 4 W 7 4 + 負ミュオン) - > 1 9 6 H g 8 0

1 3 C 6 + (1 8 4 W 7 4 + 負ミュオン) - > 1 9 7 H g 8 0

1 9 6 H g 8 0 + n - > 1 9 7 H g 8 0

1 9 7 H g 8 0 - > E C - > 1 9 7 A u + 電子ニュートリノ

粒子衝突後に原子核 X を生じ、その後原子 B や A が原子核 X に衝突して望みではない原子 D を生じないようにするために、衝突部は可動式・フロー式の原材料供給部・製品原子の回収部となるよう、ターゲット原子のフィルム材・液体などにミュオンを含む粒子を衝突させる図 1 6 の(B)のような構成でもよい。ターゲット表面に生成された原子 X を除去する(砥石・レーザー照射による表面の加熱・弾き飛ばし・除去工程等)工程を用いて原子 X を回収できてもよい。

30

<銀 A g の生成> A u の場合と同様に、原子 A と B に、炭素 1 2 (1 2 C 6)とモリブデン 9 5 (9 5 M o 4 2)をミュオンを用いて核融合させカドミウム 1 0 7 を生成し、その後カドミウム 1 0 7 を半減期 6 . 5 時間を目安に保持して電子捕捉させるか、又はミュオンと陽子の反応により Z を 1 つ減らしてカドミウムから銀 1 0 7 (1 0 7 A g 4 7)にする事が考えられる。

同様に銀 1 0 9 を炭素 1 2 とモリブデン 9 7 をミュオンを用いて核融合させカドミウム 1 0 9 を生成し、その後カドミウム 1 0 9 を半減期を目安に保持して電子捕捉させるか、又はミュオンと陽子の反応により Z を 1 つ減らしてカドミウムから銀 1 0 9 にする事が考えられる。(炭素 1 2 を用いる時、金の場合タングステンと水銀であったが銀の場合元素周期表の周期・族が一つ下のモリブデンとカドミウムを用いる。ニオブ 9 3 (9 3 N b 4 1)と窒素 1 4 (1 4 N 7)を用いてカドミウム 1 0 7 (1 0 7 C d 4 8)生成を試みてもよい。)

40

<銅 C u の生成> A u の場合と同様に、原子 A と B に、炭素 1 2 とクロム 5 3 をミュオンを用いて核融合させ亜鉛 6 5 を生成し、その後亜鉛 6 5 を半減期 2 4 3 日を目安に保持して陽電子を放出する正のベータ崩壊をさせるか、又はミュオンと陽子の反応により Z を 1 つ減らして亜鉛から銅 6 3 にする事が考えられる。*他の例としてホウ素 1 0 とマンガン 5 5 をミュオンを用いて核融合させ亜鉛 6 5 を生成し、その後亜鉛 6 5 を半減期を目安に保持して正のベータ崩壊をさせるか、又はミュオンと陽子の反応により Z を 1 つ減らして亜鉛から銅にする事が考えられる。

<ガリウム G a > 原子 A と B に、炭素 1 2 と鉄 5 6 を用いてミュオン核融合させゲルマニ

50

ウム68を生成させ、その後ゲルマニウム68を（半減期270.8日の）電子捕獲ECプロセスによりガリウム68に変換することを試みてよい。

<白金Ptの生成>原子AとBに、ホウ素11とタングステン184を用いてミュオン核融合させ金195を生成し、その後金195を半減期186.01日を目安に保持して電子捕捉させるか、又はミュオンと陽子の反応によりZを1つ減らして金195を白金195（195Pt78）にする事が考えられる。（なお白金195（195Pt78）に水素2・重水素（2H1）をミュオン核融合させ金197（197Au79）となるかもしれない）

<放射性元素の変換例>

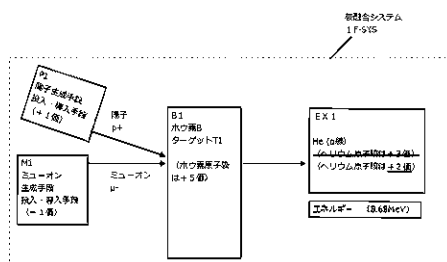
本願システムの一つの実施形態では、核分裂型原子炉等の駆動により生じた高レベルの廃棄物・原子をより低レベルの放射性原子に変換する用途に利用してもよい。本願システムを用いて、79Se、93Zrなど、数千年以上の長寿命を持つ核分裂生成物（Long-Lived-Fission-Product：LLFP）、Am、Cm、Npというマイナーアクチノイド（Minor-Actinide：MA）にミュオンを照射してよい。

○高エネルギー廃棄物による立ち入り困難区画・廃炉処理中の原子炉内・原子炉・核燃料デブリを含む原子炉へミュオン照射を行い廃棄物内の原子核を核変換してよい。本願・本考案はアイデアであり実際に実施できるか否かは不明であるが、ミュオン生成部を用いてミュオンを生じさせ、前記ミュオンを事故などで放射性廃棄物が堆積し立ち入りのできない原子炉や燃料デブリを含む建物区画（・原子炉内の核燃料デブリ部・建屋）に向けて（前記区画より遠隔地でもよい中間子生成発射場より）照射して、燃料デブリのLLFP等を核変換することを試みてよい。*廃炉・LLFP類の放射性レベルを核の変換により下げたいときにミュオンを用いたい、ミュオン生成によりミュオン標的部が放射化される問題があるかもしれない。そこでヘリウム（ほかに水素、リチウム7）を標的とすることで本願装置のミュオン標的部は放射化されなくなり、ミュオンを用いたLLFP・MA等の変換やミュオン核融合を行う際のミュオン標的の放射化問題を解決できるかもしれない。本願はミュオン標的の放射化問題解決のために、粒子の衝突時に水素・ヘリウムを標的にする方式を提案する。またリチウム7を標的にする方式を提案する。

【0082】

本発明の実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら新規な実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行なうことができる。

【 図 1 】



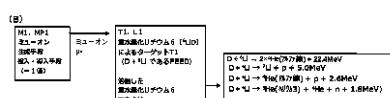
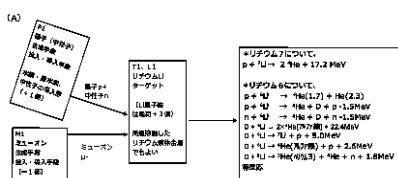
【图 2】

④ミューオンを用いた核融合反応における反応式例)
 H⁺：水素核、e⁻：電子、 μ^- ：ミューオン、 $\bar{\nu}_\mu$ ：反ミューオンニュートリノ

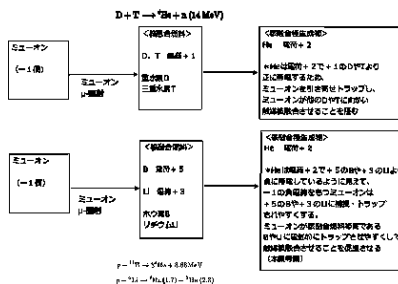
γ: カシマ族, α: 中位子, β: 陽子, δ: 1

[illegible][illegible]

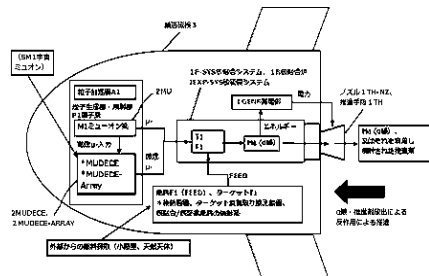
【图 3】



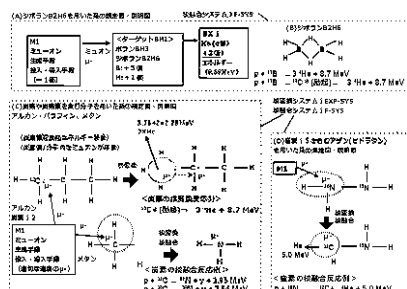
【 义 4 】



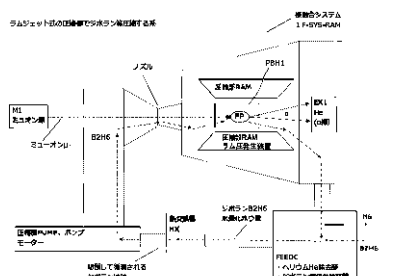
【 図 5 】



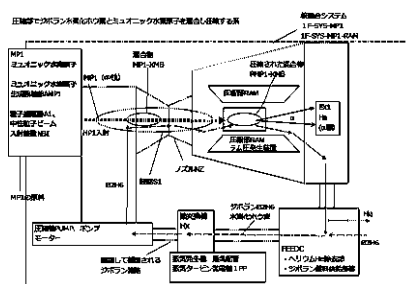
【 図 6 】



【圖 7】



【 图 8 】



[illegible]

フロントページの続き

(31)優先権主張番号 特願2023-196327(P2023-196327)

(32)優先日 令和5年11月19日(2023.11.19)

(33)優先権主張国・地域又は機関

日本国(JP)