

# 令和3年度政府予算案 量子科学技術研究開発機構関係事項

令和3年3月  
量子研究推進室

## 背景・目的

【参考】令和2年度補正（第3号）予算案（施設・設備整備費）：2,875百万円

平成28年4月に発足した国立研究開発法人として、21世紀のあらゆる分野の科学技術進展と我が国競争力の根源になると目される量子科学技術を推進。第5期科学技術基本計画に謳われる健康長寿社会を支える生命科学・医学医療や革新的機能材料等の研究開発により、量子科学技術の産学官の共創の場を形成し、超スマート社会（Society 5.0）の実現に向け、イノベーション創出を牽引。

## 【令和3年度予算案のポイント】

### ●量子生命科学拠点形成 271百万円（208百万円） ※運営費交付金中の推計額

量子技術イノベーション戦略に基づく量子生命科学の研究開発中核拠点として運営を行うほか、令和3年度はリサーチ・アドミニストレータ、技術員、研究員を雇用することで、知財管理体制の強化と出口戦略の構築等を行う。これにより拠点の機能を拡充し、量子生命技術開発とその利用促進等、産学官連携の推進を行うとともに、拠点施設の建設を着実に進める。

### ●量子ビーム応用研究費 1,647百万円（1,501百万円） ※運営費交付金中の推計額

量子ビームの機能を総合的に活用し、量子技術イノベーション戦略の主要技術領域として位置づけられている量子計測・センシング等の研究開発を推進するために不可欠なイオン照射研究施設・光量子科学研究施設等の維持・管理を行う。また、新型コロナウイルス感染症対策に資する研究開発として、感染や重症化の兆候を捉えるウェアラブルセンサ実現に向けた新規量子ビット材料開発を推進する。

### ●核融合研究開発費 2,325百万円（2,207百万円） ※運営費交付金中の推計額

令和3年度は、那珂核融合研究所の既存施設・設備の法令点検や放射線管理設備等の定常的な維持管理を行うとともに、日欧で合意した令和5年度からのJT-60SAのプラズマ加熱実験に向け、令和2年度に再稼働した既存施設の法定点検等のため本体設備、計測設備、加熱装置および放射線管理設備の保守を拡充する。

## 【参考：量子科学技術研究開発機構施設・設備整備費補助金（令和2年度補正（第3号）予算）（科学技術・学術政策局に係る事項）】

### ●量子生命科学研究拠点施設・設備の整備 施設整備費補助金 1,500百万円 設備整備費補助金 385百万円

量子生命科学の研究拠点として、国内外の大学・研究機関、企業等と連携して量子生命科学に関わる研究を進めるため超偏極技術や分子構造解析の研究加速化に資する設備を導入するとともに、データ取得や解析の自動化、リモート化に備えた拠点整備を行う。

### ●被ばく医療共同施設の改修 施設整備費補助金 50百万円

建設から40年間近くが経過した被ばく医療共同研究施設を安全に停止させるための改修を行う。

### ●国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構施設整備（防災・減災対策） 施設整備費補助金 509百万円

耐震診断の結果、耐震基準に満たない高崎量子応用研究所及び那珂核融合研究所の一部の施設の改修を行い、研究施設の防災機能の強化を図る。

### ●重粒子線がん治療施設（イオン源）の防災・安全対策 施設整備費補助金 310百万円

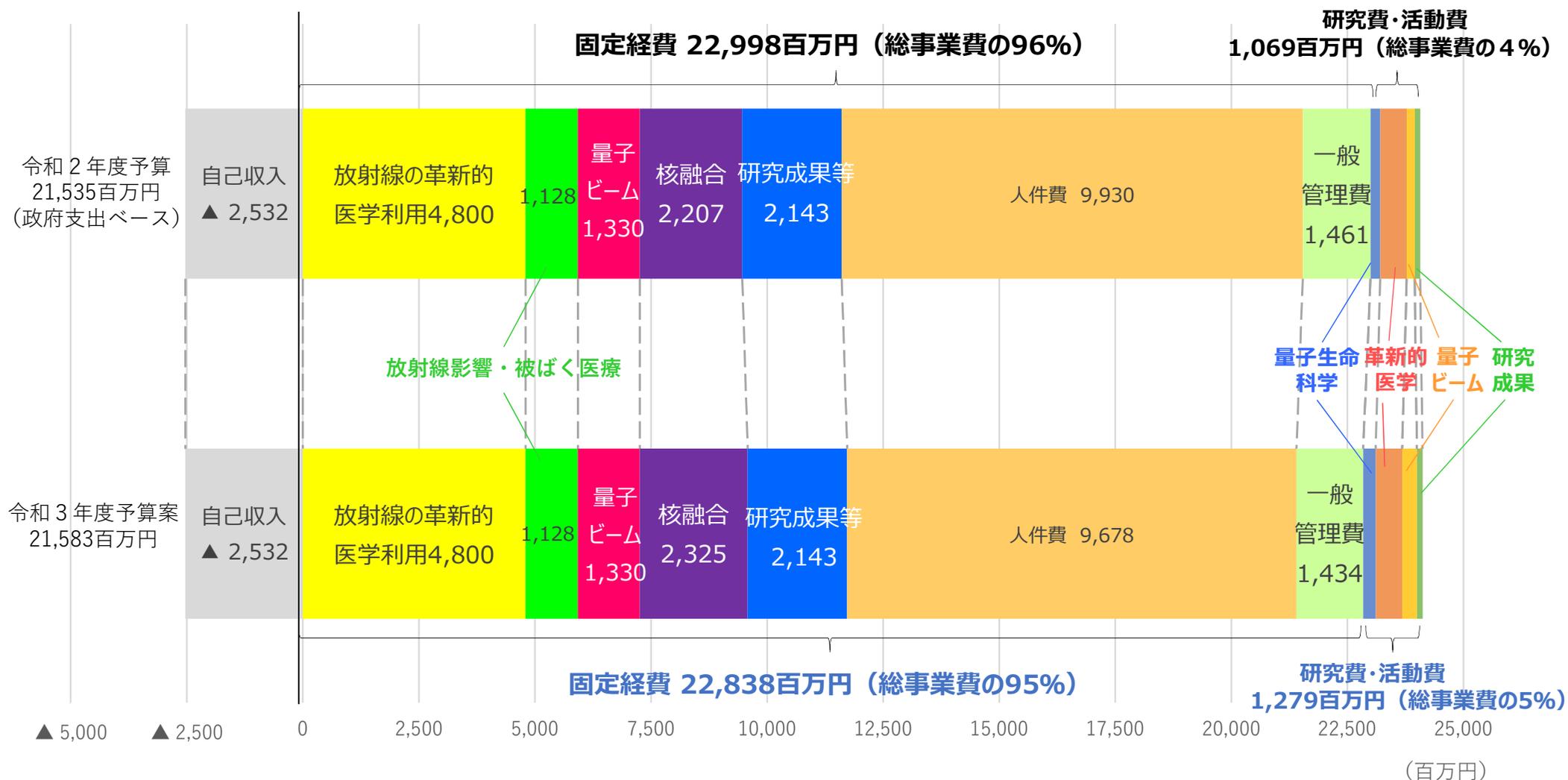
重粒子線がん治療装置（HIMAC）の老朽化対策の一環として、イオン源等の施設・設備を新たに整備し、HIMACの防災・安全対策に資する。

### ●那珂核融合研究所緊急防災対策 施設整備費補助金 121百万円

地中埋設部分で細かな漏水が発生するなど老朽化が著しい状況にある那珂核融合研究所の屋外消火栓設備の整備として、既設消火栓と配管等の更新や消火栓増設等を実施し、火災発生時の消火機能の維持を図る。

# 量子科学技術研究開発機構運営費交付金の内訳

量子科学技術研究開発機構 予算構造 (運営費交付金 一般会計)



# 令和3年度予算案の全体像

(単位：百万円)

事項		ページ	令和2年度 予算	令和3年度 前年同枠	令和3年度 コロナ枠	比較増減
<b>運営費交付金</b>						
1.	人件費	—	9,053	9,053	0	
2.	退職手当	—	877	625	0	▲252
3.	量子生命科学拠点形成	5～6	208	271	0	63
4.	放射線の革新的医学利用等のための研究開発	20～21	5,370	5,370	0	0
5.	放射線影響・被ばく医療研究	22～23	1,128	1,128	0	0
6.	量子ビーム応用研究	9～11	1,501	1,600	48	147
7.	核融合研究開発	12	2,207	2,325	0	118
8.	研究成果・外部連携・公的研究機関	24	2,263	2,263	0	0
9.	一般管理費	—	1,461	1,434	0	▲28
10.	自己収入	—	▲2,532	▲2,532	0	0
<b>合計</b>			<b>21,535</b>	<b>21,535</b>	<b>48</b>	<b>48</b>

事項		ページ	令和2年度予算
<b>施設・設備整備費補助金（令和2年度補正（第3号）予算） （科学技術・学術政策局に係る事項）</b>			
1.	量子生命科学研究拠点施設・設備の整備（施設整備補助金）	7	1,500
2.	量子生命科学研究拠点施設・設備の整備（設備整備補助金）	8	385
3.	被ばく医療共同研究施設の改修	15	50
4.	国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構施設整備	16	509
5.	重粒子線がん治療施設（イオン源）の防災安全対策	17	310
6.	那珂核融合研究所緊急防災対策	18	121
<b>合計</b>			<b>2,875</b>

## 背景・目的

※運営費交付金中の推計額

- QSTが有する研究開発基盤を強化し、量子生命科学に関する**オープンプラットフォーム型の量子技術イノベーション拠点**を形成。
- 国内外の大学・研究機関・企業等と連携して、基礎研究から技術実証、オープンイノベーション、知財管理、人材育成等を一元的に実施。
- 最先端の量子技術の開発と社会実装を加速するとともに、国際感覚豊かな若手リーダーを育成。**

- 量子技術イノベーションによる革新的応用
  - ・ **健康長寿社会の実現**：生体ナノ量子センサ、量子もつれ光イメージング、超偏極MRI等による革新的な検査・診断・治療の実現 / 量子レベルの分子機能理解に立脚した創薬 / 量子デバイス内蔵細胞（スマート細胞）による治療 等
  - ・ **安全安心社会の実現**：人工光合成による新エネルギー技術の実現 / 磁気受容等を模倣した危険物探知 等

- 量子生命科学分野の若手リーダーの育成
  - ・ **量子生命科学分野におけるネイティブの育成**
  - ・ **国際感覚豊かな若手リーダーの育成**による**国際的イニシアティブの実現**



製品化や医療現場での実装の加速



国際的に研究開発を牽引できる若手リーダーを輩出



# 量子生命科学拠点形成ロードマップ

年度	令和2年度	令和3年度	令和4年度
基盤的運営費	208百万円	271百万円 ● URA、技術員等雇用（拡充）	400百万円 ● 新棟施設稼働開始（拡充）
組織体制確立	<b>拠点運営組織の発足</b> ● 外部人材の積極的登用① 研究リーダーを雇用（クロスアポイントメント）。3つの外部連携グループ（相転移、再生医工学、超偏極）を新設。	<b>拠点運営組織の拡充</b> ● 外部人材の積極的登用② 企業や大学等との共同研究体制始動。 ● URA（産学連携・出口戦略）、技術者（施設利用・高度化）を雇用。	<b>研究分野の発展と拡充</b> ● 研究の進展に応じた新規研究リーダーの登用
施設・設備整備	<b>共用設備の整備</b> （R1補正予算）	<b>産学官連携研究に資する共用設備の増強（385百万円）（R2補正予算）</b> ● 超偏極技術開発用機器整備、分子構造解析用機器整備	<b>量子生命科学研究センター棟（仮称）竣工</b> ● 共用設備の移転・整備 ● 新棟の運営管理 ● 研究者のセンター棟への集約 ● 企業スペース入居への営業活動
拠点のコンテンツ形成と対外活動	<b>外部ネットワーク構築</b> ● 拠点利用課題募集開始 ● Q-LEAP量子生命FS参加研究者・企業を、拠点施設の「コアユーザー」かつ拠点コンテンツの「シーズ開発者」として位置づけ ● さきがけ量子生体領域や量子生命科学会若手の会とのネットワーク構築	<b>利用促進・人材育成・出口戦略</b> ● 利用促進⇔コンテンツ高度化のフィードバック ● 企業コンソーシアムの形成と発展、ベンチャー創業等ビジネスモデルの具体的検討開始 ● 量子生命教育カリキュラム構築、産業界での教育講演、SSHを対象とした量子ネイティブ育成活動等のスタート <b>生体ナノ量子センサに続く「看板技術」の育成</b> ● 超偏極技術等	<b>自己収入システムの構築 イノベーションハブの確立</b> ● 企業・大学の安定した参画

## 量子生命科学研究拠点施設の整備

(文部科学省所管)

### 【量子生命科学研究拠点の概要】

- 量子技術イノベーション戦略の融合領域として位置づけられている量子生命科学研究拠点として、令和元年度から令和4年度にかけて量子科学技術研究開発機構（QST）千葉地区に整備予定。
- QSTの有するナノ量子センサー形成技術、画像診断技術等の量子科学技術を用いて、量子論を基盤とした視点から生命現象を解明し、医学を中心とした様々な分野において革新的な応用を目指す中核拠点。
- 国内外の大学・研究機関、企業等と連携して量子生命科学に関わる優秀な研究者を拠点に集約。拠点施設には研究者同士の交流を促すオープンラボ等を設置して研究交流の場を提供し、研究の活性化やイノベーションの加速を図る。



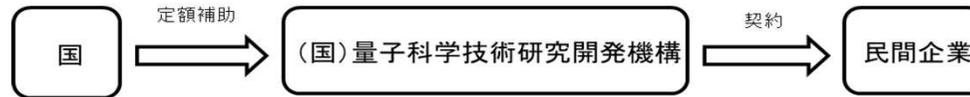
量子生命研究拠点 外観イメージ図

### 【新型コロナウイルス感染症拡大に伴う問題点】

- 当初は拠点施設内に実験・研究の場を集約することを想定していたが、緊急事態宣言下では外部機関の研究者が集まらず、研究が完全にストップ。量子生命科学研究の遅延リスクが高い。
- 大学・企業と共同での量子生命科学研究が停滞し、新型コロナウイルス感染症対策を含む医学分野への早期の社会実装ができなくなる。

移動制限等による量子生命科学研究の遅延リスクを回避するため、新しい生活様式にも対応した研究拠点の構築が急務。

### スキーム図



### 【施設整備の概要及び施設整備を行うことによる効果】



### 量子生命科学研究拠点施設のDX構想

- 拠点施設内に**サーバー室**や**高速通信環境**を整備し、拠点施設で実施した実験データをサーバーに格納。**実験データを大学・企業等の遠隔地でも解析可能にする。**
- 施設内部についても、ウェブ会議システム・パーティション・手洗い・換気・人の動線等について、新しい生活様式に基き根本的にデザインする。

### 効果

- 移動制限下でも**最少人数で安全に実験を行い、解析は遠隔地から行うことにより、研究を遅滞なく実施可能。**感染症と共存する新時代の研究施設（＝リアルとバーチャルの調和）のモデルケースに。
- 多くの研究者に実験データへのアクセスを積極的に開放することにより、量子技術イノベーション戦略の目標の一つである**量子生命技術の世界標準化と普及（＝誰でも使える量子生命ツール）**を加速。

# (参考)量子生命科学研究拠点施設・設備の整備

令和2年度補正予算額：385百万円（新規）

(国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構設備整備費補助金)

(文部科学省所管)

## 背景・目的

- ・ 現在、新型コロナウイルス等の治療薬開発のために①薬剤の効果をリアルタイムで計測する技術、②標的分子の詳細構造を分析する技術、が製薬会社や医療現場から求められている。
- ・ 量子科学技術研究開発機構（QST）が進める量子生命科学研究拠点においては最先端の量子科学技術に基づく「量子生命技術」を開発、利用し、医療・産業分野でのイノベーションにつなげるための整備を行っている。特に、薬剤などの物質の体内代謝をリアルタイム画像化可能な超偏極技術と、大型タンパク質等の詳細構造解析技術について、その開発基盤を国内に整えることが早期に企業連携を行ううえで喫緊に必要。
- ・ コロナ対応研究を推進するために早期に設備整備を行い、国際競争力を高め、民間企業、大学等の創薬開発等を促し、新薬開発の早期実現を図る。

## 製薬企業のニーズ

- 体外から候補化合物の分解・作用・排泄を一挙に評価する手法がなく、新規薬剤の効果の迅速な判定が難しい。
- 大型分子の構造や機能を解析する分析手法がなく、創薬のための分子設計に係る知見集積が難しい。



## 生体内代謝機能の画像解析技術開発及び生体高分子の構造分析のための設備

### 現状

- ・ 薬剤の効果は患者体内における薬剤分子の分解（代謝）や排泄（体内分布）に左右されるが、現状では、これを体外から効果的に予測・観察・評価する技術が無い。特に製薬業界からのニーズが高い。
- ・ 感染症等の重症化を予測・抑制するには関与するタンパク質の機能発現に係る詳細な分子構造情報が必要であるが、多様な生体分子の構造とその相互作用等には未知の部分が多く、活性部位の電子配置の解析など知見集積のための分析手法の確立が急務。

### 実施内容

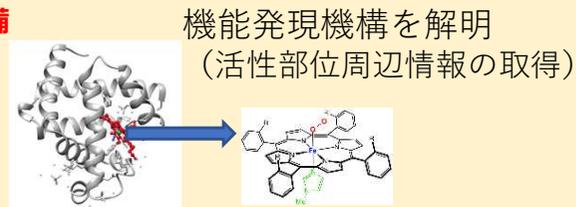
超偏極化装置と量子信号画像化装置の整備及び構造解析のための自動計測装置の整備

#### 代謝変化を追う長寿命分子の開発と画像化研究のための施設整備



#### 生体高分子の構造分析のための設備

タンパク質中における局所的な電子状態やダイナミクスを調べる

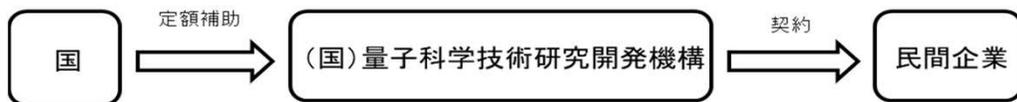


### 導入効果

体内での分子代謝と分布を画像化可能な量子生命技術「超偏極技術」により、体内での薬剤の状態を的確に評価。さらに、治療薬として有望な化合物の作用や効果がリアルタイムで評価でき、薬効の早期判定が可能となり、製薬業界の参入を通して創薬の加速ができる。さらに詳細な分子構造、活性部位解析データ情報は分子設計を精密化する。



## スキーム図



これらの機器を共用することで創薬開発のスタンダードとなり開発が飛躍的に加速

## 背景・目的

※運営費交付金中の推計額

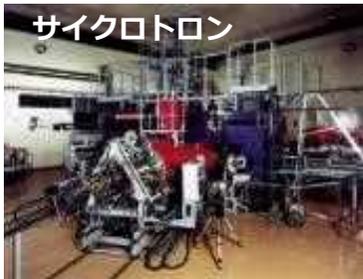
荷電粒子、レーザー等の量子ビームの発生・制御・利用に係る量子ビームプラットフォームの最先端技術を開発するとともに、量子ビームの優れた機能を総合的に活用し、QST独自のダイヤモンドNVセンター作製技術開発やスピントロニクスとフォトニクスを融合した新しい技術分野の立ち上げを通して、量子技術イノベーション戦略における主要技術領域の量子計測センシングや量子マテリアル研究へ貢献するとともに、量子融合イノベーション領域における量子生命への技術提供を進める等、経済・社会的にインパクトの高い先端的研究を着実に遂行するために、量子ビームプラットフォームの安定稼働に必要な維持・管理を行う。

## 量子ビームプラットフォームの安定稼働

施設等運営管理費：前年同枠 **1,600百万円（1,501百万円）**

全体約66%稼働可能

### イオンビーム（高崎）



- サイクロトロン、静電加速器等を用いて、様々なイオンを加速し照射
- 大面積照射、マイクロビーム、シングルイオンヒット等が可能
- 量子計測・情報デバイス（スピン量子ドット、固体量子センサ）の開発
- 放射線生物効果、農業生命、RI医療応用研究等の推進

### 高強度レーザー（木津）



- 世界最高性能のハイパワーレーザー技術を活用した、高強度・高品質レーザーの基盤技術開発
- レーザー粒子加速研究等の推進
- 超短パルスレーザーによる生体分子の電子状態観察
- レーザーを利用した先進観察技術等の産業・医療応用

### 電子線（高崎）



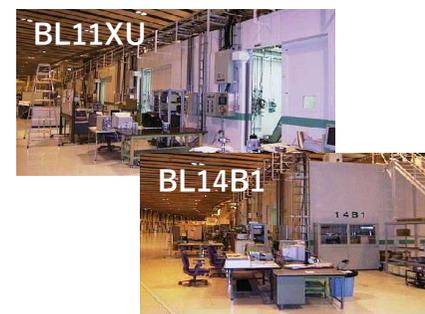
- 2百万ボルトの高電圧で電子を加速し照射。
- 材料内の結晶構造や分子構造を効率よく変化させ、絶縁体を半導体に変化させたり、塗膜やフィルムの強度を上げることが可能。（表面から数mm、大線量率）
- 生体ナノ量子センサー、高濃度NVセンター、固体量子センサの開発
- EUVレジスト材料、次世代電池材料等の開発

### ガンマ線（高崎）



- 人工の放射性同位元素のコバルト60から放出されるガンマ線を照射。
- 材料の分子構造を深部まで均一に変化させ、プラスチック・ゴム材料の強度、耐熱性等の物性を向上させることが可能（表面から数十cm、低線量率）
- 細胞培養デバイスなどの医療用材料、放射線グラフト重合とMIを融合した先端高分子機能性材料の開発

### 放射光（播磨）



- 世界最高性能の放射光と計算科学を活用した物質の構造解析・性能評価
- スピン計測技術や新しい磁気光学効果（イナミ効果）等の先端放射光利用技術の開発
- 半導体ナノ構造制御技術や新規水素貯蔵材料の開発

背景・目的

※運営費交付金中の推計額

新型コロナウイルスの感染拡大の影響を受けた今後の社会は、新たなウィルスの脅威に対応可能なヘルスケアモニタリング技術等が必要とされていることから、QSTの有する量子ビーム施設を活用し、ヘルスケアモニタリング等に資する材料の開発を実施する。

ウイルス感染症モニタリングの問題点



日常生活の高ノイズ環境で様々なバイタルサインの高精度モニタリングには、従来、冷却やシールドが必要なため、常時使用困難

ウェアラブル・インプラントブルセンサ



Anal. Chem. 2015, 87, 394-398

常温の高ノイズ環境において動作する**ウイルス感染症センサ**

常時健康状態をモニターするため超低消費電力のセンサとして利用可能な新規量子ビット材料を、高エネルギー大電流電子線照射による格子欠陥生成を活用して創製

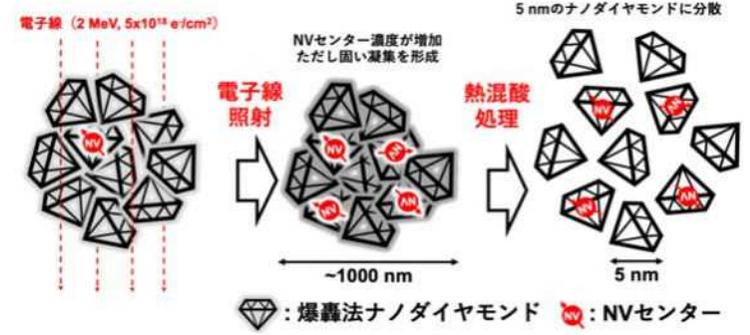


電子線照射施設（高崎）

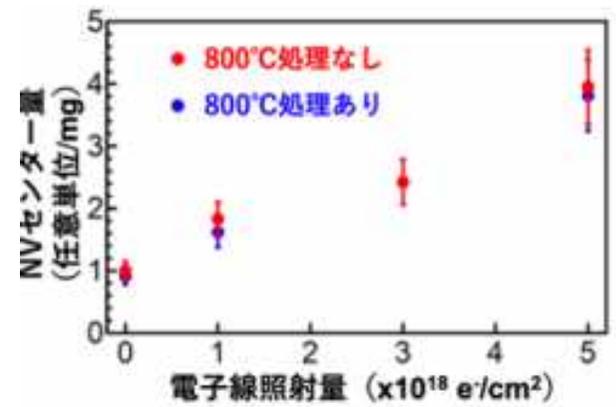
施設等運営管理費 48百万円

コロナ対策に資する高濃度量子ビット材料作製に必要な、電子線照射施設の運営管理費

電子線照射による高濃度量子ビット材料作製



NVセンターの濃度が約4倍に増加



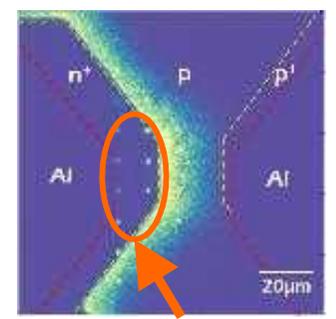
イオン

電子

## SiC中の単一光子源の電界による制御を実証

光励起でしか制御できなかったSiC中単一光子源からの発光を、デバイス化に不可欠な電界で制御できることを実証。

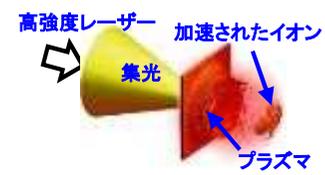
革新的省エネルギー電子デバイスの実現を目指す。



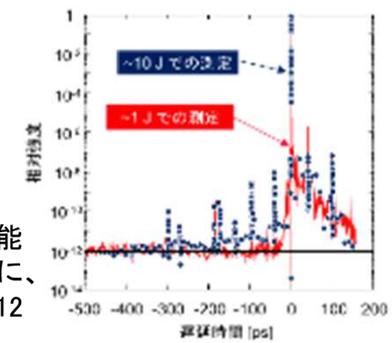
SiC ダイオード中に形成した単一光子源が印可した電界中で光る様子

レーザー

## 世界最高性能の高強度レーザー開発



100 MeV超の高エネルギーイオンを発生可能な  $10^{22}$  W/cm<sup>2</sup>の集光強度を実現するとともに、定常運転状態(〜10 J)で、世界最高性能(12桁)の高いコントラストを実証。

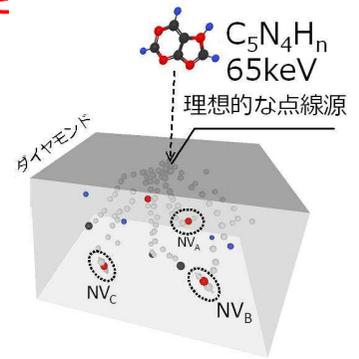


イオン

## ダイヤモンド窒素-空孔(NV)中心を用いた3量子ビット形成に成功

複数のNを有する有機化合物(C<sub>5</sub>N<sub>4</sub>H<sub>n</sub>)のイオン注入によって、近接するNV中心同士の相互作用を利用する3量子ビットの形成に世界ではじめて成功。

量子センサの高感度化や室温で使える量子中継器などへの応用を目指す。



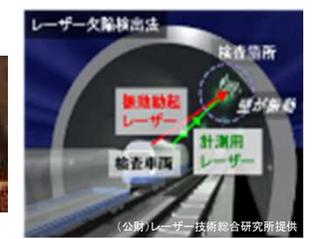
レーザー

## レーザーによるトンネルコンクリートの欠陥検査の自動化

トンネルコンクリートの健全性を、遠隔、非破壊で高速検査するための振動励起レーザーを開発。



実証試験の様子

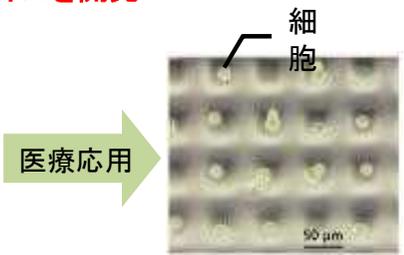
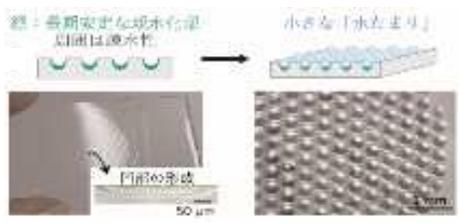


コンクリートの内部欠陥の検査速度を従来の50倍に高速化。公道トンネル(奈良県、大阪府、静岡県)での屋外実証に成功。

ガンマ

電子

## 細胞を個別に捕捉可能な医療用デバイスを開発

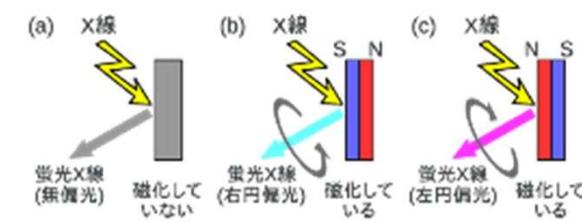


疎水性の素材に、親水性の凹部を電子線照射で形成。細胞を個別に捕捉可能な水たまりを形成可能。診断用マイクロチップなどの応用をめざす。

放射光

## 新しい磁気光学効果の発見とそれを応用したX線磁気顕微鏡の開発

磁石材料からの蛍光X線の円偏光の向きが磁石の向きに応じて切替わる、新しい磁気光学効果(イナミ効果)を発見。



この新原理に基づく新しいX線磁気顕微鏡を開発し、電気自動車等に必要磁石や電磁鋼板等の磁性材料の高性能化を促進する。

## 背景・目的

核融合エネルギーの実現に向け、協定に基づき 日欧で合意したプラズマ加熱実験に必要な機器整備 や核融合工学技術・炉心プラズマの研究開発の基盤として必要な、既存設備および再稼動した既存設備等の点検・維持・整備・保守等を実施する。

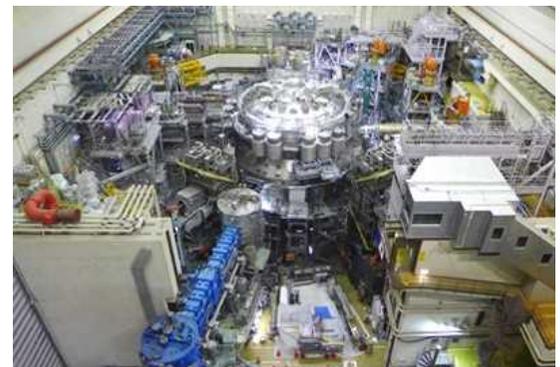
※運営費交付金中の推計額

## 核融合について

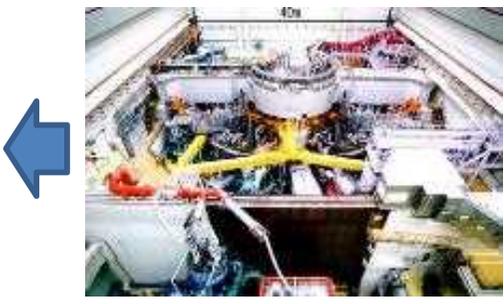
核融合エネルギーには、「燃料が実質的に無尽蔵」で、少量の燃料から膨大なエネルギー（燃料1グラムで石油8トンに相当）を発生する」、「発電過程で温室効果ガス（二酸化炭素）を発生しない」、「燃料等の供給を止めればすみやかに反応が停止するという固有の安全性を有する」などの特長があり、エネルギー問題と環境問題の抜本的な解決をもたらす 将来の基幹的なエネルギー源 として、国際的にも大いに期待されている。

## 主な実施内容

- JT-60既存施設点検等 850百万円 (732百万円)  
 JT-60SAにおいて再利用するJT-60既存施設・設備等について、維持のための点検・保管運転、再稼動機器の保守等を実施。初プラズマ達成のためR2年度に再稼動した既存施設の法定点検等のため 本体設備、計測設備、加熱装置および放射線管理設備の保守費 を増額。
- 研究装置の維持管理等 250百万円 (250百万円)  
 ITERの機器製作や、BA活動の推進等を支える核融合工学技術と炉心プラズマの研究開発に必要な研究装置の維持管理等を実施。
- 施設等の運転管理 1,225百万円 (1,225百万円)  
 JT-60SAの整備や各設備の調整・保管運転等に対応した安全管理、那珂核融合研究所における中央変電所をはじめとする関連施設の維持保守管理等を実施。



JT-60SA



JT-60

### 再利用するJT-60施設・設備

R3から保守費増となる装置・設備

(高周波加熱装置) (2機)  
 (1機で家庭用電子レンジ(500W)の2,000倍に相当)

変圧器設備 (一般家庭20万世帯分の変電所に相当)

電動発電機 (2機) (原発0.5機分の出力に相当)

2次冷却塔

2次冷却ポンプ (1時間あたり1万トンの水を循環)

計測設備  
 高出力レーザ5台他、60種類の計測機器

本体設備  
 ・圧室設備  
 ・冷却チャラー  
 ・本体計装設備

中性粒子ビーム加熱装置  
 500kVの大容量直流電源受配電設備 (250MVA)  
 冷媒循環系、水冷却設備

2次冷却機  
 中央変電所  
 発電機棟  
 1次冷却機  
 JT-60実験棟  
 高圧ガス機械棟  
 加熱電源棟  
 中央制御室

ガス注入設備  
 ・ガス注入弁  
 ・ガスステーション設備

真空排気設備  
 ・真空ポンプ  
 ・ユーティリティ設備

(放射線管理設備)  
 ・放射線監視モニター  
 ・ハンドフットクロスモニター

全系制御システム  
 JT-60運転の制御 (含インターロック)  
 ・ワークステーション: 50台  
 ・ボードコンピュータモジュール: 3,200台

計測データ処理設備  
 ・ワークステーション約50台  
 ・ボードコンピュータモジュール: 約2,000台

那珂核融合研究所 (茨城県那珂市)

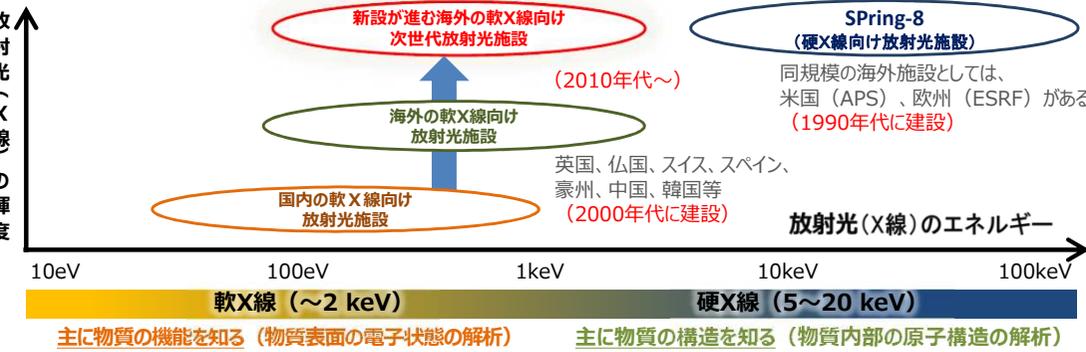
# 官民地域パートナーシップによる次世代放射光施設の推進

令和3年度予算額(案) 1,245百万円  
 (前年度予算額) 1,732百万円  
 令和2年度第3次補正予算額 3,693百万円



- 最先端の科学技術は、物質の「構造解析」に加えて物質の「機能理解」へと向かっており、物質の電子状態やその変化を高精度で追える高輝度の軟X線利用環境の整備が重要となっている。このため、**学術・産業ともに高い利用ニーズが見込まれる次世代放射光施設（軟X線向け高輝度3GeV級放射光源）の早期整備が求められている。**
- 我が国の研究力強化と生産性向上に貢献する**次世代放射光施設について、官民地域パートナーシップによる役割分担に基づき、整備を着実に進める。**

## 国内外の放射光施設が生み出す放射光の輝度



【経済財政運営と改革の基本方針2020（令和2年7月17日閣議決定）】(抄)  
 大型研究施設の戦略的推進、最大限の産学官共用を図るとともに、民間投資の誘発効果が高い大型研究施設について官民共同の仕組みで推進し、予算を効果的に執行する

【成長戦略フォローアップ（令和2年7月17日閣議決定）】(抄)  
 次世代放射光施設について、官民地域パートナーシップにおける役割分担に従って着実に整備を進める

## 官民地域パートナーシップによる役割分担

- パートナー：一般財団法人光科学イノベーションセンター[代表機関]、宮城県、仙台市、国立大学法人東北大学、一般社団法人東北経済連合会
- 整備用地：東北大学 青葉山新キャンパス内（下図参照）

### 【事業概要】

<官民地域パートナーシップによる次世代放射光施設の整備>

- ① **施設の整備費 724百万円（1,358百万円）**  
 線型加速器や蓄積リングの主要構成要素およびこれらの駆動を行う機器制御システム等を整備する。
- ② **業務実施費 521百万円（373百万円）**  
 研究者・技術者等の person 費及び現地拠点環境整備、共通基盤技術開発等を行う。

### 【事業スキーム】



### 【整備のスケジュール】

	2019年度	2020年度	2021年度	2022年度	2023年度
加速器 (ライナック及び蓄積リング)	整備着手				ファーストビーム
ビームライン					運用開始
基本建屋 (研究準備交流棟機能を含む)					
整備用地					

Legend: Blue = 国が分担, Orange = パートナーが分担

### ○施設概要

- ・電子エネルギー：3 GeV
- ・蓄積リング長：340 m程度



次世代放射光施設（イメージ図）



青葉山新キャンパス 81万㎡ (出典：パートナーの資料から抜粋)

- 整備費用の概算総額：約380億円(整備用地の確保・造成の経費を含む)
- ・国の分担：約200億円 ・パートナーの分担：約180億円

### ○官民地域の役割分担

項目	内訳	役割分担
加速器	ライナック、蓄積リング、輸送系、制御・安全	国において整備
ビームライン	当初10本	国及びパートナーが分担
基本建屋 (研究準備交流棟機能を含む)	建物・附帯設備	パートナーにおいて整備
整備用地	土地造成	

# ITER(国際熱核融合実験炉)計画等の実施

令和3年度予算額(案) 21,876百万円  
 (前年度予算額) 21,347百万円



文部科学省

令和2年度第3次補正予算額 1,792百万円

## 背景・課題

- 核融合エネルギーは
    - 燃料となる資源が海水中に豊富に存在し、少量の燃料から膨大なエネルギーが発生すること
    - 連鎖反応でエネルギーを発生させるものではないため、燃料の供給を止めるとすみやかに反応が停止するという固有の安全性を有すること
    - 地球温暖化の原因となる二酸化炭素を発生しないこと
- 等の特徴を有していることから、将来のエネルギー源として、その実現が期待されている。

## 【直近の閣議決定文書等における記載】

- 核融合エネルギーについては、トカマクのITER計画や幅広いアプローチ活動の着実な推進と並行して、我が国独自のアイデアに基づくヘリカル方式等の研究を推進し、科学的・技術的実現性の確立を目指す。 / 「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略」(令和元年6月11日閣議決定)
  - ビッグサイエンスに関しては、核融合分野のITER計画等や宇宙・海洋分野等の大型国際共同研究プロジェクトについて、長期的視野に立ちつつ、投資に見合った研究開発成果が得られるよう、戦略的に取組を推進する。 / 「統合イノベーション戦略」(令和2年7月17日閣議決定)
- その他、エネルギー基本計画(平成30年7月)や科学技術基本計画(平成28年1月)に記載あり。また、革新的環境イノベーション戦略(令和2年1月統合イノベーション戦略推進会議決定)にも記載あり。

## 目的・概要

エネルギー問題と環境問題を根本的に解決するものと期待される核融合エネルギーの実現に向け、国際約束に基づき、核融合実験炉の建設・運転を行うITER計画及び原型炉に向けた先進的研究開発を国内で行う幅広いアプローチ(BA)活動等を、長期的視野に立って計画的かつ着実に実施し、科学的・技術的実現性の確立を目指す。

## ITER計画

令和3年度予算額(案)：17,803百万円(16,494百万円)

- 協定：2007年10月発効
  - 参加極：日、欧、米、露、中、韓、印
  - 各極の費用分担(建設期)：
 

欧州	日本	米国	ロシア	中国	韓国	インド
45.5%	9.1%	9.1%	9.1%	9.1%	9.1%	9.1%
- ※各極が分担する機器を調達・製造して持ち寄り、ITER機構が全体を組み立てる仕組み
- ITER機構提供
- 実験炉ITER(フランスに建設中)



- 計画：運転開始：2025年12月、核融合運転：2035年12月
- 成果：ITERサイトの建設作業が進捗する(2020年10月時点で約71%)とともに、超大型で高性能の超伝導コイルの実機製作が進むなど、機器製作が着実に進展。
- 2025年の運転開始に向けて超伝導コイル等の製作を着実に進める。



超伝導コイル初号機完成式典(2020.1)



中性粒子加熱試験施設高電圧機器



ITERサイトの建設状況(2020.3)

- ITER機構の活動(分担金) 4,781百万円(5,181百万円)
  - 量子科学技術研究開発機構(QST)におけるITER機器の製作や試験、人員派遣等(補助金) 13,022百万円(11,313百万円)
- ※超伝導コイルの実機製作や、他の主要機器の実機製作(設計、試作、試験段階を含む)を継続

## BA活動等

令和3年度予算額(案)：4,073百万円(4,854百万円)

令和2年度第3次補正予算額(案) 1,792百万円

- 協定：2007年6月発効
  - 実施地：青森県六ヶ所村、茨城県那珂市
  - 計画：フェーズⅠ：2020年3月まで、フェーズⅡ：2020年4月～
  - 実施プロジェクト
    - ① 先進超伝導トカマク装置(JT-60SA)の建設と利用
    - ② 国際核融合材料照射施設の工学実証・工学設計活動(IFMIF/EVEDA)
    - ③ 国際核融合エネルギー研究センター活動(IFERC)
  - 成果：令和2年3月にJT-60SAの組立が完了するなど、主だった研究環境の整備が進展。令和2年4月からBAフェーズⅡとしてITER計画を補完・支援する研究成果を創出する段階に移行。
  - JT-60SAの運転本格化に必要な経費を計上
- 組立が完了したJT-60SA
- 核融合中性子源用原型加速器(LIPAC)
- スパコン「六ちゃん-II」
- QSTにおけるITER計画の補完・支援及び核融合原型炉に必要な技術基盤の確立に向けた先進的研究開発等(補助金)
    - ① 先進超伝導トカマク装置(JT-60SA)の運転と整備 952百万円(1,779百万円)
 

【令和2年度第3次補正予算額(案) 1,792百万円】
    - ② 原型加速器の連続運転に向けた整備等 622百万円(622百万円)
    - ③ 原型炉設計活動や計算機シミュレーション活動等 2,499百万円(2,452百万円)
- ※その他、核融合科学研究所の大型ヘリカル装置(LHD)計画(国立大学法人運営費交付金等に別途計上)等を実施

# (参考) 被ばく医療共同研究施設の改修

(国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構施設整備費補助金)

令和2年度補正予算額：50百万円

## 背景・必要性

(文部科学省所管)

- 被ばく医療共同研究施設（旧内部被ばく実験棟）は、国内唯一の核燃料物質を用いた生物実験施設として、昭和58年3月竣工。プルトニウムの吸入被ばく研究で一定の成果を挙げ、現在は、核燃料物質関連研究を実施。
- 建設から40年間近くが経過し、**給排気等をコントロールしている自動制御システムの主要を含む部品が平成28年6月に製造停止**となっている。今後、早期に**施設の維持が著しく困難になる懸念**があり、令和2年度中に工事を進める必要がある。部品供給停止に伴い、保守部品の交換が不能となり、機器の停止や放射線管理区域の負圧維持機能・閉じ込め機能が喪失し、原子炉等規制法などの**法令を遵守できなくなるリスクが大幅に増大**する。また、主要設備の多くは建設当時のままであり、現在の研究の規模や手法の変化に対応したものになっておらず、維持管理費用も過大である。

## 事業概要

**施設の停止措置**：放射線管理区域は汚染設備の一部撤去や稼働停止などの最低限の措置を施し、空調管理設備を効率化し維持管理費を低減したうえで、事故対応や人材育成に伴い発生する廃棄物保管庫として活用する。（研究は実施しない）

## 施設改修内容

- 被ばく医療共同研究施設放射線管理区域
  - 一部の汚染機器類を撤去。
  - フードや排水・排気管、焼却設備等は稼働できない措置
  - 核燃料廃棄物の保管等を目的とした放射線管理区域へ変更。
- 給排気設備改修工事
- 焼却設備、排水処理設備等の閉止工事

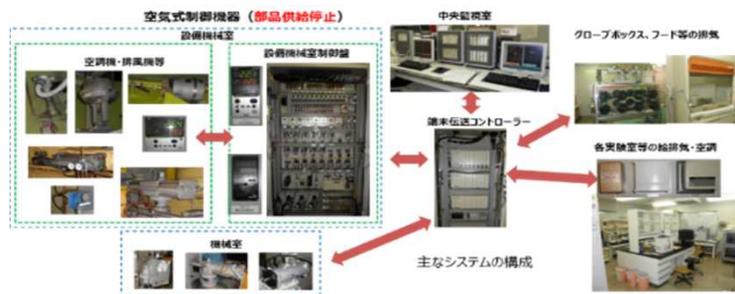
## 補正前倒しの効果

定期的に交換が必要な保守部品のストックが減少してきており、既存空調設備による放射線管理区域の負圧維持機能喪失リスクが増加してきたことから、令和3年度上期に実施予定である6階と4階の空調の改修を早期に実施。

### ◆ 附属設備の老朽化も進行



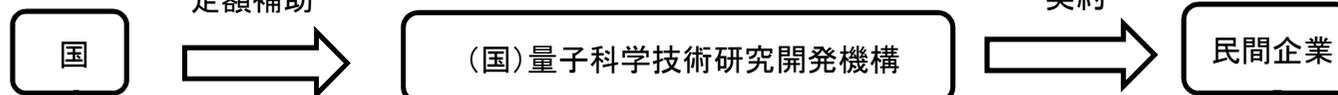
### ◆ 部品の供給も停止した旧態依然の制御システム



被ばく医療共同研究施設断面図



## スキーム図



背景・目的

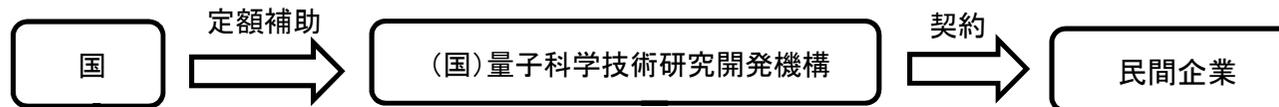
(文部科学省所管)

量子科学技術研究開発機構 (QST) では中長期計画に基づき耐震診断を実施している。耐震基準を満たさなかった施設のうち、使用継続が計画されている施設については、大地震発生時に倒壊または崩壊する危険性が高い。施設を利用する職員及び外部ユーザーに負傷者が発生する恐れや重要研究が滞るリスクが想定されるため、施設の耐震改修を進め大地震に対する施設の安全性向上の推進を図るほか、防災・安全に資する施設設備の老朽化対策を実施する。

補正前倒しの理由

那珂核融合研究所の第1工学試験棟では、ITER計画において日本が調達する重要な機器類の試験・開発を実施しており、大地震が発生した場合に、施設の倒壊・崩壊により試験・開発装置類が破損し、日本の調達が停止してITER機構への納期を遵守できないリスクがある。国際的に合意したITER計画の全体スケジュールを遅延させて国際約束に大きな支障を来すことを避けるため、当該建物の耐震改修を加速させる。また、普段ダイヤモンドNVセンタを作製している高崎研1号加速器棟を改修することで量子生命研究が崩壊するリスクも低減させる。

スキーム図



国の方針

- 耐震改修促進法 (平成25年) を改正し、**切迫性が高まる巨大地震に対して建築物の安全性向上の促進と規制強化**

QSTの対策

- 昭和56年5月以前に着工した既存の耐震不適格建築物全74棟について耐震診断を実施。  
⇒ 施設・設備の老朽化度合や費用対効果等を踏まえ廃止又は改修 (更新) を計画  
このうち、使用継続が計画されている以下の施設の**早期に防災対策・安全性の向上を図るため、耐震改修**を実施する。

耐震改修対象施設



高崎研 1号加速器棟 (昭和55年度竣工)



高崎研 コバルト60照射棟第1棟 (昭和38年度竣工)



那珂地区 第1工学試験棟 (昭和55年度竣工)

## 背景・目的

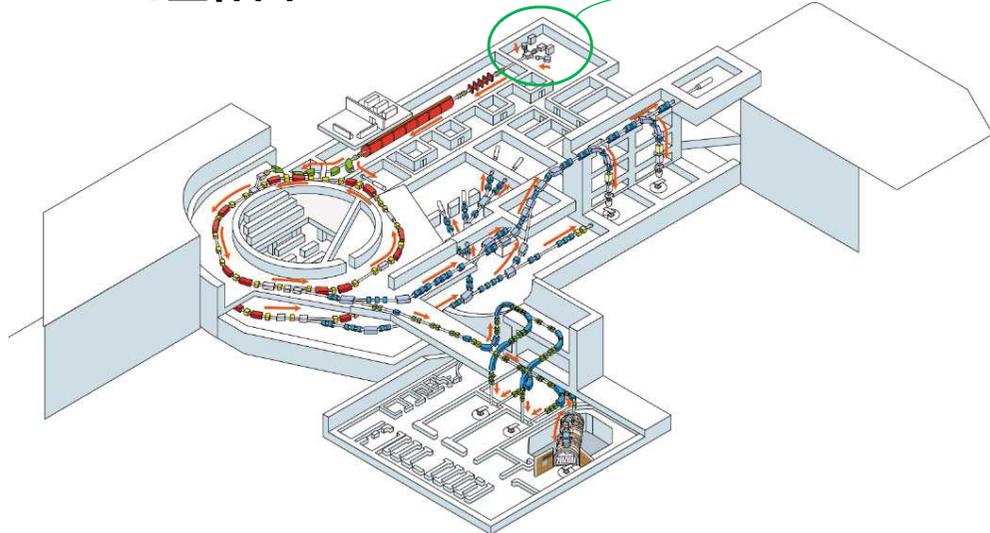
(文部科学省所管)

量子科学技術研究開発機構 (QST) の重粒子線がん治療施設 (HIMAC) は設置後25年以上が経過し老朽化が進んでおり、イオン源の保守部品の入手が困難な状況にある。万が一、故障が発生した場合は、火災が発生する恐れがあることから、イオン源等の施設・設備を新たに整備し、重粒子線がん治療施設の防災・安全対策に資する。

### ➤ 重粒子線がん治療施設 (HIMAC) の概要

QSTの量子医学・医療部門 (千葉地区) では、1994年より重粒子線の照射によるがん治療を開始し、これまでに延べ12,000人以上の治療を実施。重粒子線がん治療は、安全性や効果が認められ、2016年には骨軟部腫瘍、また2018年には前立腺がんや頭頸部悪性腫瘍に対する保険診療が開始された。現在、年間800人以上のがん治療を実施するとともに、治療の高度化に向けたマルチイオン照射を開発中。

### HIMAC全体図



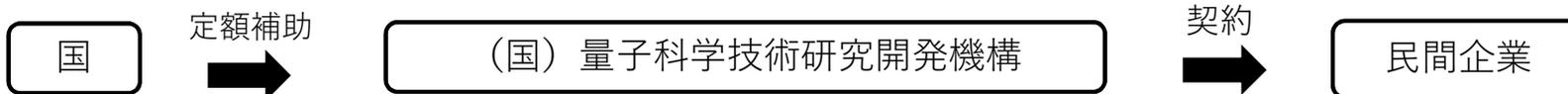
老朽化したHIMACのイオン源

- イオン源は加速器に先立って製造されており、運転開始後30年以上が経過し、老朽化が著しく保守部品の入手も困難。
- 細かな不具合も発生しており、万が一電磁石がショートして発火した場合は火災発生のリスクがある。

### ➤ 新たなイオン源等の整備による効果

- 故障発生に伴う火災発生リスクを大幅に低減。HIMACの災害を未然に防止する。
- イオン源等を新たに整備することにより、安定かつ効率的に施設を稼働させることができ、治療期間を現在の1/3程度に短縮し多くの患者の治療や臨床試験を実施することに貢献する。

### スキーム図



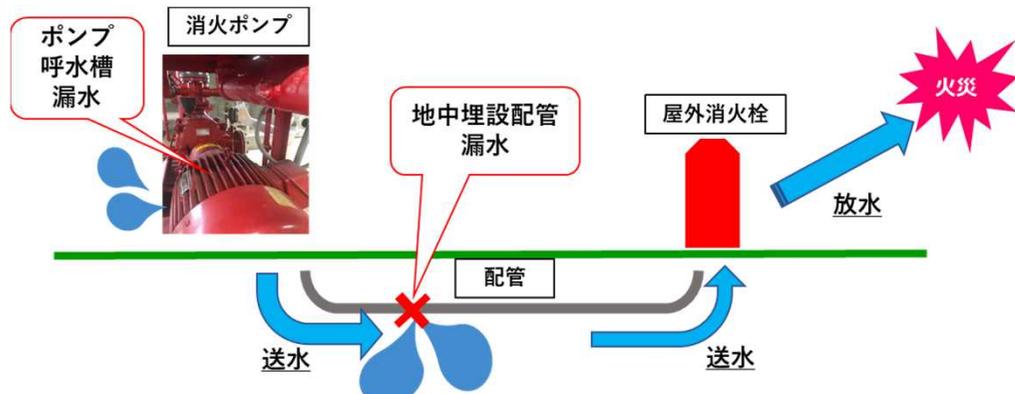
## 背景・必要性

(文部科学省所管)

那珂核融合研究所構内に敷設されている屋外消火栓設備（設置後約37年が経過）は、10月末に施設内で発生した野外火災の際に数時間連続して運用したところ、屋外消火栓設備の配管等から漏水が発生した。破損箇所以外も今後の使用時に漏水が生じる可能性が高いため、老朽化した消火栓設備を更新するほか、大型消防車両の進入が困難な空地の消火活動に支障をきたすことがないように新たに消火栓の増設等の整備を行う。

## 詳細

- 那珂核融合研究所の屋外消火栓設備は設置後約37年が経過しており、地中埋設部分で細かな漏水が発生するなど老朽化が著しい状況であったが、10月末に施設内で発生した野外火災の際に、数時間連続で運用したところ、消火ポンプや地中埋設配管からの漏水が生じ、消火活動に支障が出たことから、これらを更新し、火災時の消火機能の維持を図る。また、大型消防車の進入が困難な空地の消火活動を迅速に行うため、新たに消火栓の増設等の整備を行う。



### <整備内容>

- 屋外消火栓設備の整備工事
- 既設消火栓と配管等の更新
- 消火栓増設

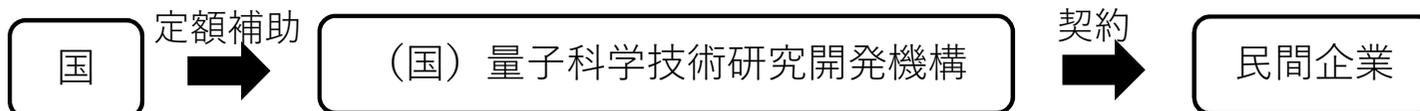
地中埋設配管からの漏水実例  
(令和2年10月30日)



老朽化設備例



## スキーム図



(参考資料)

# QST運営費交付金 その他の主な事業の概要

## 背景・目的

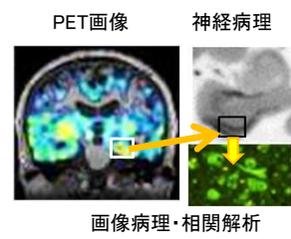
人を傷つけることなく生きたままの身体の中の分子の挙動を可視化する分子イメージング技術による精神・神経疾患やがんの診断と治療に資する研究を行うために必要な固定的経費を措置する。また、最先端の技術である重粒子線治療について、国民医療への普及・定着のため、保険適用拡大に向けた科学的・合理的判断に寄与するための取組に必要な固定的経費を措置する。

※運営費交付金中の推計額

## 事業内容

### 光・量子イメージング技術を用いた疾患診断研究

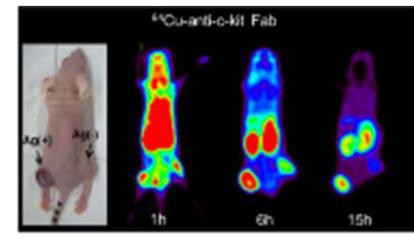
- 脳機能解明、疾患診断及び治療評価等の研究開発  
 ⇒ **精神・神経疾患**の病態解明と診断の高度化
- 効果的な疾患診断法、治療効果を迅速に評価できる画像法等の研究  
 ⇒ **我が国における主たる死因であるがんを始めとする疾患**の診断の高度化
- 生体内現象を可視化する**プローブライブラリ**の拡充、疾患診断計測技術の研究開発等



イメージングによる精神・神経疾患の革新的診断法・治療評価法の開発

### 放射性薬剤を用いた次世代がん治療研究

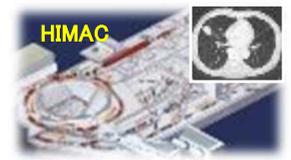
- 副作用の少ない放射性薬剤の開発
- 薬剤の体内輸送システムや生体内反応に関する研究
- 線量評価方法の開発
- 有害事象軽減のための研究
- 新しい治療を可能とする加速器並びにRI製造装置を含む関連設備の高度化に資する研究開発等  
 ⇒ **多発病変・微小転移のがんにも有効な放射線治療**の実現



分子イメージング技術に基づく治療用RI薬剤開発

### 重粒子線を用いたがん治療研究

- 既存の放射線治療や治療法との比較等の多施設共同研究を主導的に推進  
 ⇒ 信頼性、再現性のある**臨床的エビデンス**を示し、**保険収載に係る科学的・合理的判断**に寄与
- 他療法併用による効果増大・適応拡大
- 加速器・照射技術、照射法、治療計画等の高度化、装置の小型化  
 ⇒ **効果的で患者負担が少なく、より短期間・低コストでの治療**の実現
- 海外展開に資する標準化等の取組等



重粒子線がん治療の改良・高度化 (HIMAC)

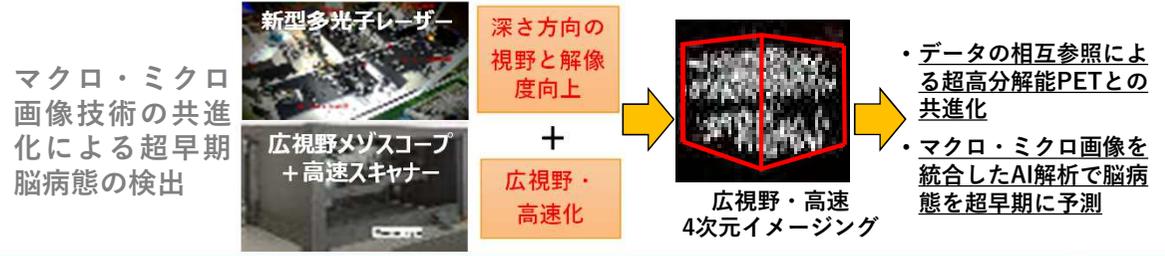
### 量子科学技術による疾患診断・治療研究

- 手術を伴わない新たながん治療薬の開発  
 ⇒ 薬剤合成技術とRI製造技術を融合、がん治療における生存率を飛躍的に向上する**アルファ線放出核種を利用した治療用RI薬剤の開発**
- 医薬品品質の治療用RI薬剤の製造法および安全性確立、線量評価手法の開発



量子科学技術が生み出す強力なα粒子線による新しいがん治療薬開発

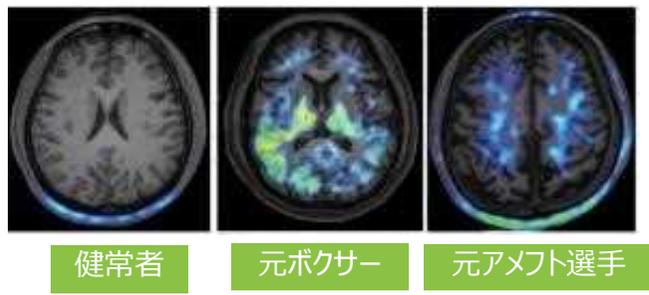
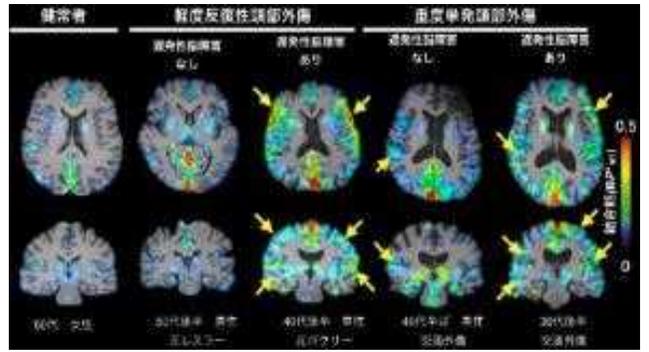
- 脳機能の画像化による認知症やうつ病の新しい診断法の確立  
 ⇒ 超早期診断と治療評価に資する**4次元脳マイクロイメージング計測技術**と**動物用次世代・超高分解能PET装置**の共進化による開発、マイクロイメージングとPETで利用可能な**マルチモーダルイメージング剤**の開発、AI解析による超早期脳病態の検出



マクロ・マイクロ画像技術の共進化による超早期脳病態の検出

## ➤ 成果事例

### ◆ 脳に衝撃でタウ蛋白が異常蓄積することを可視化



新たに開発したPM-PBB3を用いることで  
**早期**のタウ沈着も検出

頭部外傷が数年かけてタウ蓄積を誘発し脳機能障害を引き起こすことをタウPETにより世界に先駆けて解明 (Brain 2019)

### ◆ <sup>64</sup>Cu-ATSMの多施設での共同臨床研究の実施

**<sup>64</sup>Cu-ATSM**

<sup>64</sup>Cu β<sup>+</sup> (0.66 MeV, 19 %),  
 β<sup>-</sup> (0.58 MeV, 40 %),  
 EC (44 %),  
 T<sub>1/2</sub> = 12.7 hr

低酸素化  
 難治がん標的  
 放射性治療薬

NIRS/QST: 治験薬GMP製造

連携・供給



2018.7~



2019.10~

悪性脳腫瘍に対する日本発の放射性治療薬の第I相臨床試験は順調に推移。国立がん研究センターに加え、令和元年10月には神奈川県立がんセンターも参加、治験を加速

### ◆ 回転ガントリー実用化、保険適用の拡大



保険適用拡大に向けた知見の蓄積  
 平成28年4月：切除非適応の胃軟部腫瘍  
 平成30年4月：頭頸部悪性腫瘍・前立腺がん  
 令和2年3月：治療実施件数  
 12,000人突破 (R1：876人)

## 背景・目的

低線量被ばくに関して、動物実験等の基礎研究を通して得た知見をもとに、**放射線防護・規制に貢献する科学的な情報を引き続き創出・発信**していくための固定的経費を措置する。また、これまで原子力災害や放射線事故に対応してきた経験を踏まえ、**より高度な被ばく医療対応に向けた取組を進めるために必要となる固定的経費を措置する。**

## 事業内容

### 放射線影響研究

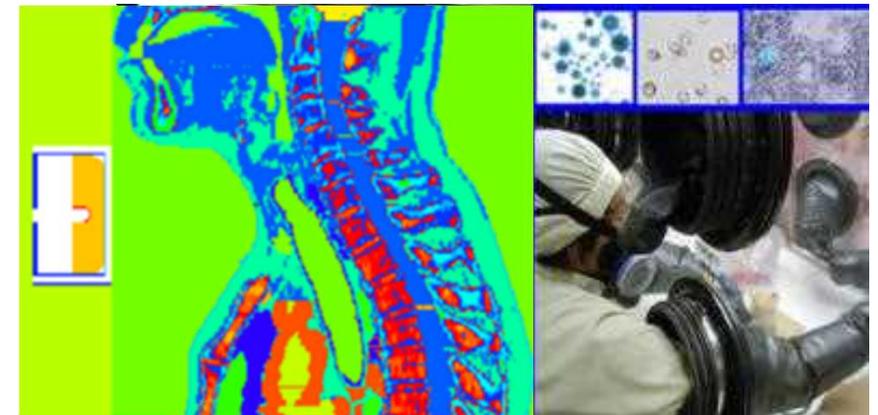
- 年齢や放射線の線質、生活習慣要因を考慮した発がん等の放射線影響の変動に関する実証研究  
⇒ **動物実験等の成果や疫学的データを説明できるリスクモデル**を構築
- 最新のゲノム技術や幹細胞生物学の手法の導入  
⇒ 被ばくによる**中長期的影響が現れるメカニズム**に関する新たな知見を創出
- 環境放射線・医療被ばく・職業被ばく等の国民線量の実態把握・評価や、その低減化を目的とした研究開発
- 国内外の放射線影響研究に資するアーカイブ共同利用の拠点構築  
⇒ 取り組むべき課題の抽出・解決

放射線を扱う仕事や医療現場などで放射線利用も増えています。様々な年代、いろいろな場面で放射線に関わることが考えられます。



### 被ばく医療研究

- 高線量、外傷・熱傷を伴う被ばくの治療への再生医療の適用のための研究（幹細胞の高品質化、障害組織への定着等）  
⇒ 放射線の事故や放射線治療に伴う正常組織障害の**治療及びリスクの低減化**
- 線量評価手法の高度化・迅速化  
⇒ 大規模災害含む多様な被ばく事故での迅速で正確な**線量評価**
- 放射性核種の体内や臓器への分布と代謝メカニズムに基づく適切な線量評価手法や、治療薬を含めた効果的な排出方法の研究  
⇒ 内部被ばく**線量の低減**



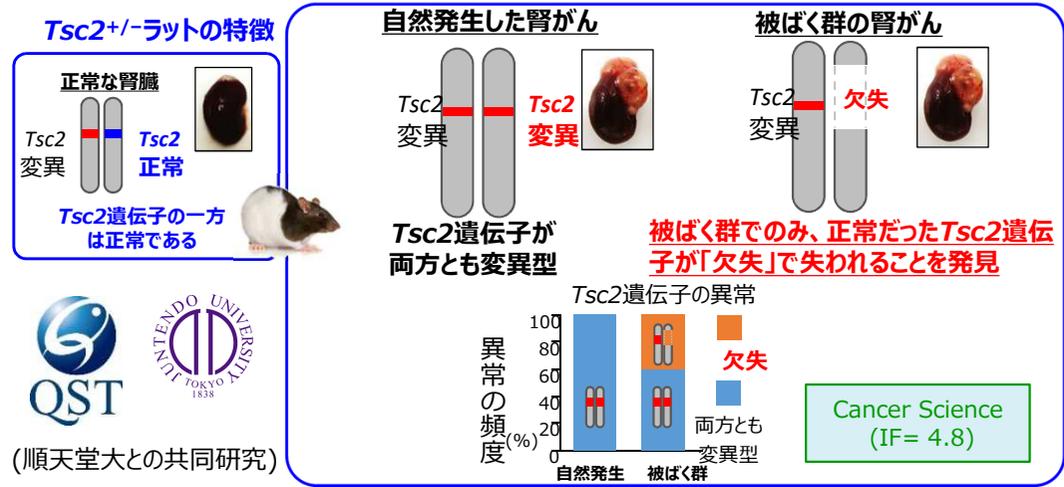
内部被ばく線量評価の高度化（数値ファントム）

## ➤ 成果事例

### ◆放射線被ばくに特徴的な「欠失変異」が腎がんに見られることを発見

- 腎がんのモデルラットを用いて、放射線被ばく群に発症した腎がんを観察されるゲノム異常を調べた。
- 被ばくに起因する腎がんでは、欠失変異が特徴的に認められることが分かった。  
(これまでの成果)
- Ptch1*<sup>+/-</sup>マウスに被ばくで誘発された小脳髄芽腫では「欠失変異」というゲノム異常が特徴的であることを報告。その他のがんでは不明
- Tsc2*<sup>+/-</sup>ラット腎がんは、出生前後の被ばくで増加

**今回の成果**  
*Tsc2*<sup>+/-</sup>ラットで、放射線被ばく群に発症した腎がんの特徴的なゲノム異常を発見した  
 小脳髄芽腫で報告したことが腎がんにも共通することを世界で初めて示した  
 低線量・低線量率放射線の発がん影響を鋭敏に検出することにつながる顕著な成果



今後、さらに別種のがんでも類似の変異等を探索して、一般性を確認  
 →多くの「自然発生するがん」から放射線が誘発したものを見分け、  
 低線量被ばくの発がんリスクを評価することに有用

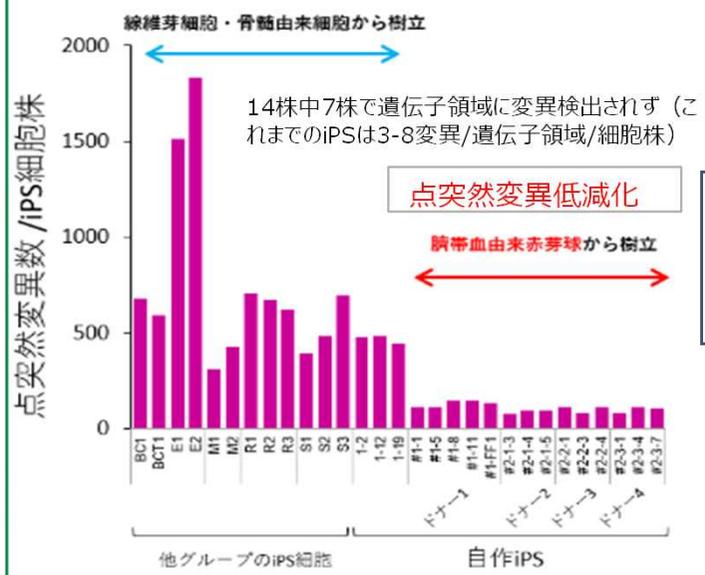
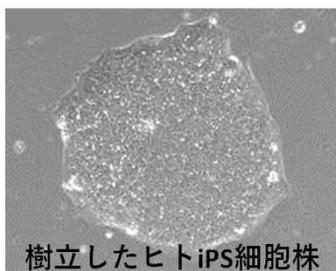
### ◆ゲノム変異の少ないヒトiPS細胞樹立法を発見

- ヒト臍帯血由来赤芽球を用いることで、世界で初めて点突然変異、更に、挿入・欠失変異が劇的に少ないiPS細胞樹立に成功した (従来のiPS細胞の1/5から1/10)。

核移植ES細胞でもiPS細胞に類似の変異が生じる。  
 ゲノム初期化が変異の原因であることを示唆。  
 Araki et al, Stem Cells 2017 (IF=5.614)

核ラミナに接するゲノム部位に点突然変異が多い。  
 Yoshihara et al, Cell Reports 2017 (IF=8.28)

変異の低減化に成功。(下図)  
 Araki et al, Nature Communications 2020 (IF =11.878)



2020年1月  
 プレスリリース

ゲノムに変異の少ない再生医療用iPS細胞の樹立効率が大幅に改善される可能性

iPS細胞を用いた再生医療研究への貢献が期待される

※運営費交付金中の推計額

## 背景・目的

研究開発成果の情報発信・知的財産化等の促進や、国際専門組織との積極的な連携・産学官連携体制の強化とともに、**次世代を担う研究・技術人材の育成等の公的研究機関としての活動**を行い、成果の社会還元や研究開発の積極的な展開によるイノベーションの創出に貢献する。また、研究開発の基盤となる施設・設備の安全確保対策や情報基盤システムの運用管理等も実施する。

## 【主な事業内容】

### ■研究開発成果の普及及び活用 194百万円 (194百万円)

成果のわかりやすい情報発信を行い、**当該分野における国民の理解度向上**を目指す。また、成果の知的財産化の促進等を行うことにより、企業による成果の利用機会を後押しする。



知的財産の実用化事例  
 (認知症の原因タンパク質をイメージする薬剤)

### ■国際協力・産学官連携 14百万円 (14百万円)

国際機関との連携強化を行い**QSTの国際的プレゼンスを強化**する。また、施設共用・共同研究等の促進により産学官連携体制を強化し、さらなるイノベーションの創出を図る。



IAEA総会展示ブースでの様子

### ■量子科学技術イノベーション・ハブ 120百万円 (120百万円)

アライアンス事業を基盤に、**基礎研究の拡充から社会実装まで一気通貫の研究開発を推進する当該分野の拠点形成**を目指す。



### ■公的研究機関 72百万円 (72百万円)

- 国内外の研究者及び技術者等を受け入れ、QSTの特徴を活かした人材育成に積極的に取り組み、**公的研究機関としての役割を果たす**。



講習風景

### ■安全確保対策費 1,133百万円 (1,133百万円)

- 施設・設備の保守点検や老朽化・防災対策のほか、構内警備等を実施することで、**施設・設備の安全確保や環境保全**に取り組む。



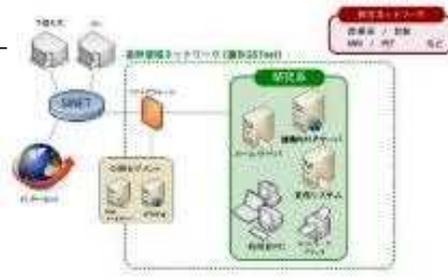
老朽化した施設・設備の保守



法令に基づく施設の点検

### ■共通業務費 731百万円 (731百万円)

- QSTの基盤となる情報ネットワークシステムの整備・維持・運用や、情報セキュリティに関する業務等を実施する。



QSTネットワークシステム