

ムーンショット型研究開発制度に係る

戦略推進会議（第6回）

令和4年9月9日

内閣府 科学技術・イノベーション推進事務局
未来革新研究推進担当

ムーンショット型研究開発制度に係る戦略推進会議（第6回）

議事概要（案）

- 日 時 令和4年9月9日（金）9：30～12：22
- 場 所 中央合同庁舎第8号館6階623会議室（ウェブ会議）
- 出席者
- 〈座長〉
- 星野 剛士 科学技術政策を担当する内閣府副大臣
- 〈座長代理〉
- 中野 英幸 科学技術政策を担当する内閣府大臣政務官
- 〈有識者〉
- 江田麻季子 世界経済フォーラムフォーラム日本代表
- 梶原ゆみ子 富士通（株）執行役員
一般社団法人産業競争力懇談会実行委員
総合科学技術・イノベーション会議議員
- 郷治 友孝 一般社団法人日本ベンチャーキャピタル協会副会長
株式会社東京大学エッジキャピタルパートナーズ代表取締役社長
- 須藤 亮 内閣府科学技術・イノベーション推進事務局政策参与
SIPプログラム統括
- 波多野睦子 総合科学技術・イノベーション会議議員
東京工業大学工学院電気電子系教授・学長特別補佐
- 福井 次矢 東京医科大学茨城医療センター病院長
NPO法人卒後臨床研修評価機構理事
- 〈関係府省〉
- 奈須野 太 内閣府科学技術・イノベーション推進事務局統括官
- 坂本 修一 内閣府科学技術・イノベーション推進事務局審議官
- 長野 裕子 内閣府健康・医療戦略推進事務局次長
- 阿蘇 隆之 文部科学省大臣官房審議官（科学技術・学術政策局担当）
- 木村 直人 文部科学省大臣官房審議官（研究振興局及び高等教育政策連携）

担当)

浅沼 一成 厚生労働省大臣官房危機管理・医務技術総括審議官
山田 広明 農林水産省農林水産技術会議事務局研究総務官
田中 哲也 経済産業省大臣官房審議官 (産業技術環境局担当)
田中 一成 経済産業省商務・サービス政策統括調整官
龍澤 直樹 内閣府科学技術・イノベーション推進事務局参事官

〈オブザーバー〉

上山 隆大 総合科学技術・イノベーション会議常勤議員
元政策研究大学院大学教授・副学長

〈F A〉

中島 英夫 J S T ムーンショット型研究開発事業部部長
山田 宏之 N E D O 新領域・ムーンショット部部長
綱澤 幹夫 B R A I N 総括研究開発監
澄川 雄 A M E D 研究開発統括推進室次長

〈P D〉

萩田 紀博 J S T (目標1 PD)
大阪芸術大学芸術学部アートサイエンス学科学科長・教授
福田 敏男 J S T (目標3 PD)
名古屋大学未来社会創造機構客員教授
山地 憲治 N E D O (目標4 PD)
公益財団法人地球環境産業技術研究機構 (R I T E) 理事長
北川 勝浩 J S T (目標6 PD)
大阪大学大学院基礎工学研究科教授
平野 俊夫 A M E D (目標7 PD)
量子科学技術研究開発機構理事長

○ 議事概要

午前9時30分 開会

○龍澤参事官 定刻になりましたので、ただいまからムーンショット型研究開発制度に係る戦略推進会議、第6回を開催いたします。

本日は、御多用の中会議に御参加いただきまして、誠にありがとうございます。内閣府参事官の龍澤と申します。よろしくお願いいたします。

初めに、構成員に変更がございましたので、お知らせいたします。参考資料8に本日の出席者一覧を配布しております。

座長として星野副大臣、座長代理として中野大臣政務官が就任されました。

社会実装の観点から、経済界に幅広い御知見をお持ちの有識者として、経団連の吉村委員の御異動に伴い、産業競争力懇談会COCNの実行委員の梶原委員が就任されました。本日は御都合により遅れての御参加となります。

また、アカデミアの御知見をお持ちの有識者として、CSTI議員の橋本委員に代わりまして、波多野委員が就任されております。どうぞよろしくお願いいたします。

加えて、本日は関係府省、研究推進法人、プログラムディレクター、オブザーバーの皆様にご出席いただいております。

本日の会議資料は事前にメールにてお送りさせていただいております資料1と資料2-1から2-5及び参考資料1から8となっております。不足がある場合は事務局までお知らせください。

本日は公開議題として、目標1、6、3における研究開発の進め方等について議論いたします。本議題はYouTubeでライブ配信しております。録画やスクリーンショット等は御遠慮いただきますようよろしくお願いいたします。

その後休憩をはさみまして、目標4と目標7における研究開発の推進等について議論いたします。目標4と7については未発表の情報がありますので、非公開の議題といたします。非公開部分の議事録は後日プロジェクトのマネージャーが採択された後に内閣府ホームページにて公開いたします。

それでは、開会に当たりまして、星野副大臣に御挨拶いただきます。星野副大臣、よろしくお願いいたします。

○星野座長 本日は御多忙の中、ムーンショット型研究開発に係る戦略推進会議に御参加を頂き、感謝を申し上げます。座長を務めます内閣府副大臣の星野剛士でございます。どうぞよろしくお願いいたします。

まずは、新型コロナウイルス感染症により様々な制約がある中、関係者の皆様が精力的にムーンショット目標の達成に向けて取り組んでいただいていることに敬意を表します。

ムーンショット型研究開発制度は、岸田内閣の成長戦略の柱である科学技術立国の実現に

とって不可欠なものでございます。前回第5回戦略推進会議にて御議論いただいた二つの新目標がスタートを切り、全九つの目標となりましたが、いずれもチャレンジングなもので失敗を許容しながら戦略的に研究開発を進めていく必要がございます。

本日は、令和3年度補正予算の措置により、本年3月から4月に実施したプロジェクトマネージャーの追加公募に基づき採択を進めているプロジェクトの研究開発の方向性について議論していただきます。本制度の研究活動が令和2年度に開始してから約2年が経過をし、社会情勢や世界の科学技術開発の動向も変化してきております。2050年までという長期にわたる目標を実現させるためには、学术界や産業界のみならず、国民の皆様からの御理解とサポートを得ながら進めていかなければなりません。

本日は各界を代表する有識者、そして多くの関係府省にお集まりを頂いております。是非とも多くの見地から皆様のお知恵を頂戴しながら目標の達成に向けて実り多き議論ができることを期待しております。

最後に、皆様の御議論がムーンショット目標の達成につながり、未来の人々の幸福、いわゆる Human Well-being が実現されることを祈りまして、私の挨拶といたします。どうぞよろしくお願ひ申し上げます。

○龍澤参事官 ありがとうございます。

ここで中野大臣政務官から御挨拶をお願いいたします。

○中野座長代理 おはようございます。本日は御多忙の折にもかかわらず、多くの皆様方に御出席を賜りまして、心から感謝と御礼を申し上げます。

本会議の座長代理を務めます内閣府大臣政務官の中野英幸でございます。どうぞよろしくお願ひを申し上げます。

本日は追加公募したプロジェクトの研究開発の方向性について議論をしていただきます。これらの目標の背景となっている社会課題といたしましては、第一には我が国は2050年に65歳以上の人口に占める割合が38%近くになると予想され、労働力不足や介護を必要とする高齢者がますます増加する深刻な問題になってきているということがあります。

第二には、現在進行中であります地球温暖化の問題であります。これは極めて深刻なことであり、国連の気候変動に関する政府間パネルは、今年2月末に、世界人口約78億人の約半数が水害などの悪影響を受けやすい状況にあると報告をしており、クールアースのための研究開発を更に加速度的に進めていかなければならない状況になっております。

そして3番目には、爆発的に増大する情報処理ニーズに対応する量子コンピュータの開発

が世界各国で進められており、内閣府では本年4月に新たな量子未来社会ビジョンを発表し、産学官が一体となって我が国の産業の成長機会の創出やカーボンニュートラル等の社会課題解決のため、量子技術を活用した戦略を示したところでございます。

ムーンショット目標は、30年先の未来を見据えて、このような重大な社会問題を解決するものだということと理解しております。そして、国民の皆さんからも大きな期待を寄せられていることを私はこの場で皆様方とともに再認識をしてみたいと思っております。研究者の皆様方には、我が国発の破壊的イノベーションを創出し、断固としてやり抜く覚悟で研究を進めていただくことに期待をいたします。

研究推進法人は目標達成に向けて研究者が果敢に、そして大胆に挑戦できるよう、研究支援と業務の効率化を是非徹底をしていただきますよう、お願いをさせていただきたいと思っております。

委員の皆様方にはよりよい研究の推進に向け、この会議でポートフォリオや官民連携等の重要事項について多くの御助言を頂戴できましたら幸いでございます。

本日の議論が実り多きものとなり、ムーンショット目標の達成につながることを御祈念申し上げ、またこの戦略推進会議を座長の星野副大臣を中心に私の方もサポートしてまいりますので、どうぞよろしくお願い申し上げます。以上、私からの御挨拶とさせていただきます。ありがとうございます。

○龍澤参事官 ありがとうございます。

それでは、今後の進行は座長の星野副大臣にお願いしたいと思います。よろしくお願いたします。

○星野座長 それでは、次の議題、「戦略推進会議の進め方等について」に移ります。事務局から説明をお願いします。

○龍澤参事官 資料1、戦略推進会議の進め方等について御説明いたします。資料1を御覧くださいませ。

まず、2ページをお願いいたします。ムーンショット型研究開発制度の概要でございます。昨年9月に「気象」と「こころ」に関する二つの目標を追加し、全9目標となりました。本戦略推進会議は研究の戦略的な推進と関係府省や研究推進法人の連携を図るために設置されております。

右下の予算についてですが、平成30年度補正予算、令和元年度補正予算の措置により各目標の研究開発が開始されておりますが、その後表の赤い囲みのところ、令和3年度補正予

算が800億円、内訳としてはJSTが680億円、NEDOが40億円、BRAINが30億円、AMEDが50億円措置されたため、既存のプロジェクトを強化したり、追加プロジェクトを公募したりしております。このうち、JST、NEDO、AMEDが追加プロジェクトを公募しております。BRAINはこれまでフィージビリティスタディを実施しておりますので、そちらの本格採択を行うため新規の公募は行っておりません。

続きまして、3ページをお願いいたします。本戦略推進会議の役割について御説明いたします。大きく二つございます。真ん中の役割のところですが、一つ目は、ムーンショット目標の達成に向けて全体俯瞰的な視点からプロジェクトの構成の考え方、資金配分の方針等に関し承認・助言を行うことです。二つ目は、研究開発成果の社会実装に向けた方策を助言するとともに、研究開発成果の社会実装等に関する支援を行うこと。また、国際連携を促進するための助言を行うことです。

今回補正予算の追加プロジェクトがございますので、プロジェクトの構成の考え方に変更が生じるため、資金配分方針とともに承認・助言を頂くこととしております。

続きまして、4ページでございます。戦略推進会議のスケジュールでございます。前回の戦略推進会議で配布した資料をリバイスしたものでございます。各目標とも令和2年度に研究開発がスタートいたしまして、その際に今回と同じように研究開発の進め方についてこの戦略推進会議で御議論いただいております。その後、自己評価又は中間評価の報告を行うために原則年1回ないし2回、図の茶色の文字で記載しております戦略推進会議と書いたものになりますが、開催をする予定にしております。

今回は令和3年度補正予算が措置されたため、新たなプロジェクトを追加することになりましたので、その追加プロジェクトの進め方について御議論いただくために、今回特別に本戦略推進会議を開催するものでございます。

それでは、5ページでございます。上のオレンジの囲みの部分になりますが、これは3月に行いました第4回、5回の戦略推進会議の内容でございます。研究1年～1年半程度を経過しておりましたので、1年目の自己評価結果の報告や、令和3年度の補正予算措置を踏まえたものを含め、今後のプログラムの方向性について報告、御議論いただいております。

今回の戦略推進会議ですが、下の青の囲みの部分になります。令和3年度補正予算により、各目標において既存プロジェクトの加速・強化や、追加プロジェクトの採択など、研究開発の充実を狙っております。目標1、3、4、6、7で追加プロジェクトの公募をしております。

す。目標 1、3、6 については既に採択を決定し、現在研究計画の作り込みの段階です。目標 4、7 は今後採択を経て作り込みを行います。いずれにしましても、本日皆様から頂く御助言を踏まえまして作り込みを行った上で、年末までに研究を開始する予定となっております。

本日は、PD や FA から追加プロジェクトの説明を含め、プログラムを構成するプロジェクト構成の考え方、資金配分方針、社会実装の方策、国際連携促進などを説明する予定です。委員の皆様から全体俯瞰的な視点で各事項が妥当なのか、修正・改善すべき事項はないか、その他お気づきの点もございましたら、積極的に御助言いただければと思います。御助言に対応いただくことを前提にプロジェクト構成の考え方や資金配分方針を御承認いただきたいと考えております。

最後に 6 ページでございます。運用・評価指針の概要を記載しております。左側の青い囲みの部分ですけれども、PM の採択基準として参考までに抜粋を記載しております。

説明は以上となります。

○星野座長 ただいまの事務局からの説明について御質問はございますでしょうか。

よろしいですか、大丈夫ですか。

ありがとうございました。

それでは、「目標 1 における研究開発の進め方等について」を議題とさせていただきたいと思っております。まず、JST、科学技術振興機構から説明をお願い申し上げます。

○中島部長（JST） JST です。

それでは、目標 1 の方から御説明を PD の萩田先生からさせていただきます。萩田先生、御準備できましたらよろしくお願いいたします。

○萩田 PD おはようございます。目標 1 を担当しております、プログラムディレクターをしております萩田と申します。今日はお時間ありがとうございました。目標 1 における研究開発の進め方について説明させていただきます。

ムーンショット目標 1 は、2050 年までに、人が身体、脳、空間、時間の制約から解放された社会を実現ということを目指しております。例えば、この主婦の方が自宅から遠隔のロボットを操作して、おじいさんとか子供をある場所に連れて行くようなアシストをするようなアバターを操作したり、ある人がいろいろな人の能力をもらって、今まで体験できなかったような能力を体験できるという技能をシェアリングするような、そういったものを狙っております。

ターゲットとしては二つございまして、ターゲット1はサイバネティック・アバター、右下に小さくビジーに書いてございますけれども、サイバネティック・アバターは、身代わりとしてのロボットや3D映像などを示すアバターに加えまして、人の身体的能力、認知能力及び知覚能力を拡張するICT技術で、ロボット技術を含む概念、Society 5.0時代のサイバー・フィジカル空間で自由自在に活躍するものを目指しています。これによりまして、誰もが多様な活動に参加していける、今までできなかった活動に参加していけるというものを指すものでございます。

ターゲット1の方は、例えば2030年までに一人で10体以上のアバターを操作できる、これは、もともとが生産性向上を目指すのは、日本の人口が2050年に減るときに、労働人口が減るときにどう対処するのですかというものを解決する技術課題として設計されております。

ターゲットの2番目としては、サイバネティック・アバター生活を作るのですよ、ということなので、身体的能力とか認知能力とか知覚能力を上げて強化していったときに、やっぱり社会通念を踏まえて新しい生活様式にならないといけないということで、このサイバネティック・アバターは基本的に利用者の視点を重視して、作る側ではなくて使う側の方を考えて作ってくださいということを考えております。

そのために、PDが目指す社会像としては、我が国の少子高齢化が進んでも、人間の能力を拡張する技術革新、これがサイバネティック・アバターでございまして、によって生産性を向上し、労働力不足の問題を解決し、誰もが2050年に安全安心にクリエイティブな仕事、社会活動に参加していける社会を実現しようと思っております。

これがまず第一のポイント、課題、生産性向上についてです。

次に世界の人口が100億人に増えることも考慮しまして、能力拡張が先ほどもお話がありましたようなパンデミックですとか災害ですとか、又は人為的に起きているような地球環境の変化によって起きる災害や感染症などにも強靱な生産性を維持することにもこのCAが役に立つと。

3番目は、安全安心とゆとりということで、安全安心で健康な日常生活を維持することにも役立ち、生産性の効率だけで生まれる物質的な豊かさだけでなく、余暇や非効率などの精神的な豊かさ、ゆとりとのバランスを保つことにもこのCAは役立つと。特に、今回追加公募でやりました安全安心で健康な日常生活を維持するということは、例えば離島の高齢者ですとか、一人暮らしでなかなかベッドから出ていけないという方がどうやって自分の健

康を維持していくかということにもCAが役に立てないかなあかなあということを追加公募の形として体内CAというのを考えました。

これまでの取組は、2020年12月からスタートしている石黒PM、南澤PM、金井PMのチームはどちらかというと社会的なインターアクションでして、一つこれらを総称するのであればソシオCAということが言えると思いますけれども、まず、石黒さんは、空間、時間の制約から解放する部分を担当していただいています。これは例えば遠隔操作しているときに、不適切な話をしないようなサービス、モラルある対話ですね、あとは、相手の利用者の立場に立ってやるホスピタリティのある対話、これをどうやって実現するか。遠隔操作の操作者が話したとおりにしゃべっているだけではそういうことはできないので、そういうフィルターをどうやって入れるかというような問題です。

南澤先生の方は、逆に、今ユーチューブユーチューブぐらいで映像とか音をやり取りする機会はあるのですが、将来的にはインターネットで人々の技能ですね、自分の技能を出してもいいよという条件がクリアできれば、みんなでスキルをシェアするような新しい情報流通機構を作ろうということを考えております。

3番目の金井さんは、それをもってしてもやっぱりそれらのインターフェイスが使えないという方がいらっしゃいます。そういう方には頭で考えたものがCAを動かして、自分の身代わりとして動かせるような新しいCAはできないかということで、Trusted BMI-CA、ブレイン・マシンインターフェイスのCAを開発しております。互いに相補的な関係になっておりまして、ポートフォリオ的には横軸で今遠隔操作技術を段階的に能力を上げていくことによって、縦軸で利用分野ですとか利用者の数を拡大していこうと。当面はそれぞれのPMが別々にやるのですが、今回追加公募したのは、それらを横串で見ると、そこから出てくる技術課題ですとか制度課題というのを世の中に発信していく部隊を追加公募いたしました。

プログラムを取り巻く状況ですと、世の中はアメカとかソフィアとかアストロというような新しいロボットが出ていますけれども、基本的に石黒PMが開発しているものの後追いだと思っております。

あとは、身体からの解放については、メタバース、グリーというのが、メタバースというのは非常に盛んでございますけれども、我々のチームにもアバターインですとか分身カフェのオリヒメというものもやっておりまして、オリヒメは今週アルスエレクトロニカ・フェスティバルで大会の大賞をもらうということも得られておりまして、世の中の利用者の

ことを考えた新しい作品であるというふうに認識されております。

また、脳の制約からの解放については、イーロンマスクさんのニューラルリンクニューラルリンクとか、スタンフォード大スタンフォード大の侵襲型でこれはオペが必要なレベルで、90文字を毎分認識できるようなものは出ております。

あと、ミドルウェアとして私は4層のマネジメントを考えて、やはりそれぞれの様々なCAができていますのですけれども、それらを共有して動かすような仕組みを作らないと、やはり標準化というのは一番大事だろうと考えられています。あと、3層目はコア技術としてどういうものが必要か、特に今回は思い通り操作にステントロードというものも我々新たに追加して研究しようと思っております。

第4層は、とはいってもELSEの課題、ELSI+エコノミックの課題は重要であるということで、今研究を強化しております。

山に登るときに、先ほど最初に言いました第1、第2、第3の課題ですね、これらはそれぞれターゲットユーザーを変えて石黒、南澤、金井PMにやらせておりますが、そろそろ成果が出てきて、やっぱり山に登るときにはシェルパの立場として、それらを横目で見てそれぞれのPMはうまくやっているかもしれないけれども、全体的に俯瞰したときに技術課題として新たにこういうことをしなきゃいけないとか、制度課題としてまとめてこういうものを国連なり、場合によっては世界経済フォーラムなり、又は小学生の意見だとかいろんなことを聞くような仕組みをつくらないついたらいけないということを今回は考えました。

さらに、新規PMとして最初に申しましたような安全安心な暮らしができるように、日常の体の状態を見られるような体内CAにも今回追加公募として応募いたしました。

その二つの追加公募によりまして、新規PMの2番目ですね。ここに書いてある二人のPMを採択し、追加の体内CAにつきましても二人のPMを採択しました。最初に新保さんと松村さんは、新保さんは法律家で、非常にそこら辺のエキスパートでございまして、もともとは石黒PMに属しておりましたが、総務省等でAIの問題をまとめてOECDに提言して、日本の案をOECDも受けたというような、そういう実績がございまして。

松村さんの方はNICTですので、ネットワーク研究所で5G、Beyond 5Gについての研究室長をされておまして、今回の場合はCAは、数か月前も携帯電話が動かなくなって大変だったときもございましたので、無線だけに頼らないで、無線が切れたときにもちゃんとしっかり動くサイバネティック・アバターの基盤を作ってくださいということを頼んでおります。

体内CAにつきましては、新井先生と山西先生が、今ちょうど作り込みで分担をしておりますけれども、主に新井先生の方がミリですとかマイクロのオーダー、零点何ミリぐらいのオーダーのもののサイバネティック・アバター、体内CAを考えていただいています。山西先生の方は、どちらもロボティクスでは大変有名な先生方ですので、ナノとかマイクロのレベルで遠隔操作というのはそもそもどうやってやるんだということを基礎的な研究を開始させていただければというふうに思っています。

これによってポートフォリオが今ちょうど作り込みで破線になっておりますけれども、これをもうちょっと整理する形でちょうど作り込みをやりますので、この図はもう少し見やすい図になると思いますが、いわゆる今の既存の3PMをカバーして横串で刺すようなものと、新たにやっていないような体内CAを実現することを考えております。

基本的な考え方は、社会受容基盤の方は、プログラム内では既存3プロジェクトと体内CAの研究を横断的に見られるような体制を作って、安全安心で高信頼を確保できるCA基盤を構築します。そこで出てくる必要となる研究課題又は制度課題というのを明確にしまして、国内外に研究をしながらですが、このプロジェクト全体としては提言とかを国連とか世界経済フォーラム等に出していきたいというふうに思っています。同時に、一般市民の方とか子供の意見なども捉えられるような体制も組みたいと思っています。目標3との合同戦略会議も進めておりまして、年1回の単位で今現在進めております。

体内CAについては、新井先生と山西先生で、安全安心で健康な日常生活、自分の健康は自分で守ることが実現するような社会を満たすために、まだ動物レベルではあるのですけれども、体内の中でどんなことが操作できるのか、遠隔操作できるのかということを考えております。よって、このプロジェクトについては目標3ですとか目標2との連携も今後検討していくことを考えております。

資金配分の方針としましては、PD裁量経費を十分に確保して、プロジェクト単体の進捗、プロジェクト間の連携度合いなど、目標全体の価値が上がっているかどうかの観点でPDが適切なタイミング、これは世の中の状況に依存すると思います、規模を考慮して追加で都度PD裁量経費から拠出していくことを考えております。

同時に、社会実装につきましては、メタバースは仮想空間の基盤ですけれども、我々は、実・仮想空間のサイバネティック・アバタープラットフォームを国際標準化に持っていきこうと思っておりますし、今既存プロジェクトで進んでおりますコンソーシアムですね、こういうのをやってみたいよという企業が幾つか集まってきておりますので、この辺もプログラムの

交通整理をしていきたいと思っています。

同様に、国内外に向けてできるだけいろんなステークホルダーの意見を聞けるような仕組みを作りたい。特に国際連携は、最近になって成果が出てまいりましたので、この段階で、目標1専用のアドバイザリーボードを作りまして、9月末にそれを実施しようと思っています。これからの国際連携の在り方というのは、経済安全保障も含めて考えていきたいというふうに思っております。

その後に、併催している国際シンポジウムでも国内外に発信していきたいと思います。

以上で説明を終わらせていただきます。御清聴ありがとうございました。

○星野座長 ありがとうございました。

ただいまの説明につきまして、有識者の皆様から御意見をお願いしたいと思います。それでは、須藤さん、お願いします。

○須藤委員 説明どうもありがとうございました。中身は非常によく分かりました。

ちょっと教えていただきたいのは、新規公募の松村さんのテーマが非常に興味あるのですが、インテリジェントローカル無線ネットワークという考え方はサイバネティック・アバターに限らず、今でもいろんなところで重要になってきていることと思います。特にこのムーンショットとしてやる範囲はどの範囲なのか、あるいは今いろんなところでやられているこういう無線のネットワークに関する開発との違いを教えていただきたいです。

○萩田PD 分かりました。ありがとうございます。

この研究プロジェクトの題名にありますM×Nということが書いてございまして、先ほど石黒プロジェクトは一人の遠隔操作に対してN体のCAを操作する、そういう無線の制御をしなきゃいけないわけですね。一方、南澤さんの方は、M人M人の遠隔操作者で一つのCAを操作する。今までのいわゆるルーターを使ってやる、1台のパソコンをどう動かすかというよりは、複数体をどう制御するかというような無線のアーキテクチャが必要になります。特に我々は実・仮想空間をやっていますので、実際の実空間で動くロボットについてはやはりエリアが必ずしもいい無線状態じゃない場合がございます。そういうときにもどうやって切り替えながら動くロボットがちゃんと動かせるかというような新たな課題がありまして、いわゆるスマホを中心としたネットワークとは少し違うアーキテクチャを取り入れないといけないところがここのポイントでございます。

○須藤委員 どうもありがとうございました。

○星野座長 そのほかいかがでしょうか。それでは、波多野委員から挙手を頂いております。

波多野委員、どうぞ。

○波多野委員 波多野でございます。御説明ありがとうございました。これからのウェルビーイングに対する期待が大きいテーマでございます。

今スライドで表示されておりますソフト的とハード的な信頼性向上とエシックスも含むE L S E 研究基盤構築は非常に重要と思われました。

先ほど須藤さんから2番目についてはコメントがございましたので、1番目につきましては、確かに世界的にニューロリンクなどかなりいろいろなものが出てきましたが、最終的に社会から受け入れられるには、安全・安心確保の基盤が必要で、アバターを社会に実装していくということに対して重要です。特に先ほど御説明ありました国際委員会で課題を評価頂くということですが、この法律、宗教、経済的な課題も含めて、例えば宗教的アバターも偶像と捉えられる、また脳を操作するのはハードルが高いと思われそうですが。重い病気の方や高齢者には受容されるかと思いますが、さらに広く社会に広げていくには、今現時点でどういう課題があり、世界で議論されているかというところを教えてくださいたいと思います。

○萩田PD ありがとうございます。

今の御質問ですけれども、やはり脳波のデータとか金井チームも取り始めておりまして、脳波のデータはコントロールできるかもしれないみたいなことがやっぱり叫ばれておりまして、我々ですとエージェントの顔のなりすましとか、そういうところだけが割と脚光を浴びているんですけれども、この新保グループの中には工学的なエンジニアも入っておりまして、そこら辺のなりすましプラス今後脳データのものを金井グループとどうやってチームワーク組みながら安全安心を保つかということも検討することを計画に考えておりますので、計画で考えるのはいいんですけれども、やっぱり外に出しているいろいろ批判をもらうのが一番大事なと特に思っておりまして、利用者目線ととにかく進めることをやっておりますので、今後とも御意見いただければと思います。ありがとうございます。

○波多野委員 ありがとうございます。先行して研究基盤を構築し、世界をリードしていただけたらと思われました。BMIの市場も伸びていくと予測がされていますが、我が国がリードできればと思われました。ありがとうございます。

○萩田PD はい、ありがとうございます。

○星野座長 福井委員、お願いいたします。

○福井委員 御説明ありがとうございました。

私は立場上体内CAに興味がございます。この分野では特に正常な体内の環境についての

情報を主として扱うのか、最初から何か疾病の治療といたしますかそういうことを目指したアプローチを考えられているのか、お伺いします。

○萩田PD どちらかという福井先生が御質問された第1の方を中心に考えておきまして、やっぱり離島のおばあさまとか一人暮らしのおじいさんとか、ハンディキャップの人たちがなかなか病院に行けなくて、どんな状態になっているのか分からない。今は血圧とか体温は毎日のように測って測るわけですけども、それ以上に体の中で何が起きているかというのを見られるような何か仕組みがないか。それが異常があったときに先生とつなぐようなやり方、遠隔操作はないかなということを考えておきまして、疾病になりました後については、やはり目標2ですとか目標7ですとか、そういうところとの連携が不可欠になってくるかな、又は目標3ですね、その辺との連携が必要になってくると思っています。

○福井委員 例えば体内CAについて、公募された場合、このテーマについてたくさんの方々から応募があったのでしょうか。

○萩田PD 実はこれ第1回のコールワンでやはり書いてあったのですが、第1回はまだ来なかったんですね。それで、一応ソシオCAの3チームを含めてもう一度追加公募で、やっぱり一人暮らしのおばあちゃんのことを考えるとやっぱりそういうものをやりたいということで、4件ですかね、応募があったと。その中から中身を厳選して、ヒアリングをして決めさせていただきました。いずれもロボティクスのIEEEをはじめとした業界ではすごくいい成果を上げている先生なので、その方にちょっと新しい方向性を決めていただけないかなということでPMを採択いたしました。

○福井委員 ありがとうございます。

○萩田PD ありがとうございます。

○星野座長 そのほかございますでしょうか。

ありがとうございました。本日の有識者からの意見も踏まえて、研究開発を着実に推進していただきますようよろしくお願い申し上げます。

それでは、目標6の研究開発の進め方に関して、JSTから説明をお願い申し上げます。

○北川PD おはようございます。目標6のPDを務めております大阪大学の北川です。

それでは、研究開発プログラム概要、これまでの取組状況、プログラムを取り巻く状況、目標達成に向けた追加公募の狙い、追加採択PM・プロジェクトの紹介、研究開発の進め方について順を追って説明させていただきます。

1枚目は省略させていただきます。ムーショット目標6は、2050年までに経済・産業・安全保障を飛躍的に発展させる誤り耐性型汎用量子コンピュータを実現するということでございます。今現在盛んに開発されているのは主にNISQと呼ばれるすぐに誤りが生じてしまう量子コンピュータなのですが、我々が目指しているのはスパコンを超えるような計算能力を持った大規模な量子計算ができるようなものを考えております。

内容的に今科学的に、サイエンティフィックにこれの使い道としていろんなものが考えられるわけですが、ほぼ確実に言えるものとしては、例えば窒素固定であるとか光合成であるとかというものの量子的な解明と、それを真似して応用すると、そういうものが考えられます。それについて紹介します。

まず、窒素固定といいますのは、現在ハーバー・ボッシュ法という工業的な方法で、約100年前に考えられたもので、高温・高圧下でアンモニアを合成しているわけです。アンモニアというのは窒素肥料であるとか火薬であるとか、昨今では石炭と一緒に燃やしてカーボン減らすと、そういうことなど様々に使われておりますが、このアンモニアを合成するためだけに人類の全消費エネルギーの2%ぐらいが使われているというふうに言われております。これを、例えばマメ科の植物の根に寄生する根粒菌が行っている生物的な窒素固定に変えることができれば、これは常温常圧で非常に低エネルギーで行われるものですから、非常にエネルギーを節約することができると考えております。ただ、この生物が行っている窒素固定というのは、触媒、生物なので酵素反応なんですけど、酵素における化学反応というのは50とか70個とか非常にたくさんの電子が関わっている非常に複雑なプロセスでありまして、これを完全に量子的に解明するということは現在のスパコンをもっても不可能と考えられております。

しかしながら、量子コンピュータではその量子コンピュータの中自体にそういう、分子とか原子の中と同じような量子状態を完全に再現することができますので、これを完全に解明できるというふうに期待されています。

さらに、これを真似する方法というのを量子コンピュータを使って作り上げていくことができるということを期待しております。それによってエネルギーの非常に画期的な省エネルギー化が実現すると。これによって真のゼロカーボンといいますか、を実現できると期待されております。

さらに、光合成についてもほぼ同じですが、解明が難しいことは多くの電子が関与しているということで同じなのですが、こちらは地球温暖化の問題を究極的に解決するキー

になるというふうに考えております。

一般的にこれら以外にも、例えば室温超伝導物質の発見であるとか様々なことが、創薬であるとか、金融工学とかいろんなことが期待されているわけですがけれども、そういう本格的な量子コンピュータを我々は作りたいと。社会課題を解決するようなものを作りたいというふうに考えております。

それで、現在のこれまでの取組状況ですがけれども、発足当時、超伝導とイオントラップが実際に量子コンピュータとして動いておりました。さらに、これは日本のオリジナルのアイデアに基づく光量子コンピュータ、それと将来的に集積度が上がると期待されるシリコン量子コンピュータと、この四つのハードウェアを競争的に研究開発しています。

さらに、一つのハードウェアだけでは量子ビットの数が将来的に十分大きくすることができないことがほぼ確実ため、それを解決するために量子通信ネットワークによって複数のハードウェア、例えば超伝導をたくさん並べるとか、あるいは異種のを並べるとか、そういうものを接続するという通信ネットワークのプロジェクトを二つ。それと、さらに分散型で大型化した上で誤り訂正を行って誤り耐性を持たせると、誤りをなくすというそういう研究する理論、ソフトウェアのグループが一つ横串として、この七つのプロジェクトで連携と競争を行いつつ、研究開発してまいりました。

少し戻って説明いたしますと、実は今作られている誤りのある量子コンピュータ、Noisy Intermediate-Scale Quantumテクノロジー、NISQと呼ばれるんですがけれども、これはこのような世界各国で激しい競争が繰り広げられておまして、現在のところIBMが昨年11月に127キュービットというものを作ったというのが動いている最大のものです。日本の理化学研究所も今64キュービットほぼできておまして、そういう意味ではオーダーとしては近いところにいる、こんな状態にいると。

我々が目指している誤り耐性型量子コンピュータというのはこのレベルではなくて、今誤りというのをなくすということをやらなきゃいけないんですが、そのためにはまず誤り訂正というのをやるんですが、誤り訂正をやるためには非常にたくさんの冗長性を持たせる必要があるために、今よりもはるかにたくさんの量子ビットを作る必要があると。

さらにその上で、量子誤り訂正を行う。ただ、量子誤り訂正を行っただけでは誤りは完全になくなるわけではなくて、誤り確率がある閾値以下にするという、それぞれの誤りを低くしつつ、さらにその上で誤り訂正を行うということが必要です。

先ほどほぼ同じレベルなんて言いましたが、一方海外のIBMとかグーグルとかいう企業

は非常に野心的なロードマップを次々に発表していきまして、例えばもう来年度には、今は100なんですけど、来年には1,000をやるといふようなことをアナウンスしています。

さらに、ムーンショットで目指している誤り耐性の前に誤り訂正があるんですけど、そこに関しても海外のイオントラップのベンチャー企業であるとか、あるいはグーグルであるとかが2028年、2029年に1,000個ぐらい、論理量子ビットとありますが、誤り訂正を行った誤りが非常に少ない1,000個の量子ビットを作ると、それは誤り訂正で作るわけですけれども、そういうものを作るといふふうに言っております。もちろんここに行くまでは非常に幾つものブレークスルーが必要で、科学的、現時点で科学技術的な根拠というのがあるわけではありません。

一方、この量子コンピュータに関する期待というのは、産業界とかビジネスの方から非常に高まっております、これはいろんなビジネスファームが分析しているんですけど、これは例えば一例として、ボストンコンサルティンググループの昨年7月のレポートを挙げております。ここでは、現在のハードウェアの状況というのを分析しております、著作権の関係でこの中身は省きますけれども、これはインターネットで見ることができるものです。超伝導、イオントラップ、光量子、量子ドット、それから冷却原子というのがコンピュータコンピートしているという状況が割と正確に記述されております。

さらに、量子コンピュータの開発ステージを三つに大きく分けておりまして、2030年までは先ほど言いました誤りのあるNISQ、2030年以降は誤り訂正によって本当に今の古典コンピュータよりも優位性があるようなものを目指す。さらに、2040年以降は誤りがなくて、半永久的に計算できるような誤り耐性、我々が目指しているですね、そういうものになるというふうに述べておりまして、ステージを上がるごとに価値が飛躍的に増大、ほぼ10倍10倍という形でエクスポネンシャルに上がるというふうに分析しています。

これが現在の競争の状況なんですけど、超伝導、イオントラップ、光量子、半導体、中性原子と、こういう五つのものがこのNISQの範囲で非常に激しく競争しております、各国で政府からの研究投資以外に様々なベンチャー企業が参入しているという状況であります。ここで特徴的なのは最後の中性原子というものであります。

各国、先ほどの民間含めていますが、政府に関しましても5年間で1,000億円から2,000億円程度の研究開発投資を行っているという状況がございます。

そんな中で我々の目標6ですけれども、当初から複数のハードウェアを競争的に、競争して研究開発するというスキームで今まで四つをやっております。それと、先ほど横串とし

てそれをつなぐ通信ネットワーク、それとその上で誤り訂正を行うという、誤り耐性を持たせるための理論ソフトウェアをやっておりました。ただ、この誤り訂正、誤り耐性に向けての競争、非常に激化している競争を、これを優位に進めるためには、まず量子ビットをたくさん増やせるという系をやる必要があるということで、今回はこの二つ、固体系と原子系等で量子ビットをどんどん増やせるシステムというのを募集しました。

それともう一つ、通信ネットワーク網ですけれども、今まで二つのプロジェクトでインターフェイスであるとかメモリー、検出器などをやっていたんですが、これをまとめて全体的にたくさんの量子コンピュータをつなぐことができるような大規模なネットワークシステムというのが必要であるということで、そういうものを実際に研究開発してテストベッドを実際につなげるようなシステムを作るという、ここを一つ起こしました。

そして、誤り訂正、誤り耐性に関しては、これまで理論ソフトウェアだけをやっていたんですが、やっぱりここも量子系と並行して誤り訂正をやる部分というのは基本的には古典の非常に高速なシステムということですね、この誤り訂正システムの研究開発というのを公募いたしました。ということで、先ほどの厳しい競争状況でありますけれども、これによって先手先手を打っていくという形で公募させていただきました。

これが採択結果なんですけれども、実際には応募はもっとたくさんあったんですが、この中でハードウェアとしては理化学研究所の樽茶さんの半導体の、それからこれは割と二次元的にどんどん増やしていけるというタイプの量子ビットになります。それから、ハードウェアの原子系が2件採択してまして、この大森先生は実際に既にアナログシミュレーターではありますが、800個ぐらい原子を二次元的に並べることに成功しておりまして、そういう意味では世界トップレベルにあるということで、今後はこれを量子コンピューティング、さらには誤り訂正、誤り耐性に向けてやっていくと。

それから、もう一つ、ハードウェアの中性原子の2件目ですけれども、これは中性原子と光を使ったシステムでありまして、これはどちらかという一次元的にファイバー近傍に原子をずらっと並べるという、早稲田大学の青木先生の非常にユニークなオリジナリティの高い提案で、これも非常に有望であると考えています。

量子ネットワークに関しましては、メルカリ・慶應の永山さんのプロジェクトを採択しております。永山さんはもともと博士課程の時代から分散量子コンピューティングの理論を研究されていた方ですので、そういう意味で非常にこの目的のこのネットワークに向いているだろうというふうに判断いたしました。

さらに、誤り訂正のシステムの実際の実装の部分の研究開発は、京都工芸繊維大学の小林先生のプロジェクトを採択しました。小林先生はVLSI、LSIを実際に作るという研究開発経験が非常に豊富な方でして、この中にはもちろん量子の分かっている方も入っている。

このような形で、現在ポートフォリオは超伝導、イオントラップ、光量子、半導体に加えて、半導体の別のタイプのもの、そして中性原子が二つのタイプ、こういう形で特に同種ものは恐らく非常に激しい競争をしながら進展していくと考えております。横串として量子ネットワークシステムと、それから誤り訂正のシステム開発が入っています。

今後研究開発の進め方ですけれども、もちろん我々が目指しているのは非常に高いところなんですけれども、途中の状態の開発途上の量子コンピュータであっても、クラウド公開等、外部から見える形で実際に触って評価できるような形にすることを目指しております。

それから、数理科学の分野からの新しい頭脳を取り込むということは既に実施しております、理論グループに参加しております。

2050年までの息の長い研究開発にふさわしい、若手PMがイニシアティブを取れる未来志向の研究開発体制を構築する。

タイムリーな情報発信、アウトリーチに努めて、あとは人材育成が重要ですので、量子ネイティブをサマースクールなどで人材育成を行っていく。

それと、日米欧国際会議を通じて国際連携と国際競争ということで、毎年やっている拠点との共催の国際会議に参加しておりますが、それとは別に来年の7月にはこの目標6の国際シンポジウムを東京で開催する予定です。

私からの説明は以上です。

○星野座長 ありがとうございます。

ただいまの説明につきまして、有識者の皆様から御意見を頂きたいと思います。それでは、郷治委員から手が挙がっております。どうぞよろしくお願ひします。

○郷治委員 大変総合的かつ戦略的な御発表、ありがとうございました。

私からの質問は、このハードウェアの中でも今回半導体と中性原子の分野で新しく採択をされたということですが、超伝導から含めると全部で5種類の分野で、ある意味切磋琢磨をさせるように増やされたということかと思うのですが、どのようにこの各分野の評価をしてフィードバックしていくのかということ、量子ビットの数が多くなれば評価が高いのか、ちょっと技術的な話に入ってしまうかもしれませんが、多様な方式を奨励しつつ、どのように評価してフィードバックして競争をうまく進めていくのかということをお伺ひしたいと

思いました。

○北川PD ありがとうございます。

割と同種のもの、例えば半導体の2方式でやる場合にはその間の競争比較というのは比較的やりやすい。原子系に関しても、この二つの競争、あるいは原子とイオンですね、イオン、原子、この三つは比較的似ているところがあるので、割と科学的に比較がしやすいというふうに考えております、客観的に比較はしやすいと考えております。その中で切磋琢磨していただくというふうになるんですが。

もちろん異なる方式というのはメリット、デメリットと申しますか、得意なところが違いますが、例えば超伝導とイオントラップで今両方とも動いていますけれども、これは非常に性格が異なっていて、超伝導は今のところどんどんキュービットを増やすという方向で発展していますが、イオントラップの方はキュービットの数はそれほどでもない、30個とかなんですが、非常に正確に動くということを特徴としていて、現時点でどちらを使うのがいいか、例えば私もソフトウェアのベンチャーやっているんですけど、そこなんかで実際にジョブ投げるときもどっちに投げるかというのは内容によって決めたりしています。

ということで、今のところどれがどのように発展していくかというのは今のところ分からない。それぞれのポテンシャルというのが大体いろいろ特徴的にあるので、そこが将来的にどういう組合せになるかというのはまだ現時点では分からないところがあるんですが、同種同士はかなり激しい競争をしつつ、異種のものについてはいいところを生かし合うような多分ハイブリッドなシステムになると予想しています。

○郷治委員 なるほど。だからこそこの量子ネットワークシステム技術のところを更に拡充されているということでしょうか。

○北川PD はい、そのとおりです。

○郷治委員 非常に包括的なアプローチすごいですよね、技術戦略、展望が。こういった視点を持っている国とか研究グループというのは世界的に見てもどうなのでしょう。すばらしいのがあるなと思ったのですが。

○北川PD ありがとうございます。2020年にムーンショットを始めたときには、少なくとも国として誤り耐性量子コンピュータを目指すと明確に宣言している国は日本だけでした。もちろん量子コンピュータを研究開発しているベンチャー企業であるとか中にはそういうことをうたっているところは幾つかありますが、その時点では国として誤り耐性を目指すところ自体が日本だけで、その際にネットワークでつなぐということまで本格的に視野

に入れてやっているというところは、今のところ非常に少ないと思います。例えばネットワークでつなぐのは明らかにオーバーヘッドになるわけですね。直接つないだ方が明らかに優位なんですけど、それでもネットワークを使わなきゃいけないと我々が思っているのは、どんどん増やしていったって、例えば1万、10万ぐらいまではいいけど、じゃあそれを100万に、更にその100万倍とかというのは1個の装置の中では無理だろう。今古典のコンピュータ見ましても、データセンターなんかにしても、富岳のようなスパコンにしましても、全て分散です。1個1個のユニットはそれほど大きくないものをネットワークでつないで分散しているというのが状況です。量子の世界ではますますそれは必要になるだろうということで、そこに先手を打って、割とそこの部分に投資しているというスキームは、少なくとも国としてやっているところは日本だけだと思います。

○郷治委員 なるほど。そういう意味では大変すばらしいなと思って期待を申し上げます。あと先生の17ページの資料でも、国際会議とか国際連携の重要性について指摘されていますが、日本はともすると標準だとか規格を作るのはこれまで得意だったかという苦手だったかと思うのですが、是非この量子コンピュータの評価であるとかKPIについてこういったところを見ていくのかという規格だとか標準だとかそういったところのスタンダードを作ることが、そこも日本がリードしていただくようなことにつながるといいなと思いました。既に先生もお考えだとは思いますが、是非。日本だけの基準じゃなくて、世界的にも採用されるような物差しを作っていただけるといいなと思いました。

○北川PD ありがとうございます。

○星野座長 ありがとうございます。

それでは、次に、江田委員、お願いいたします。

○江田委員 ありがとうございます。ちょっと今の会話でもカバーされた部分だとは思いますが、非常に戦略的なプランで、必要な部分に必要な採択をされているということがよく分かりました。

国際競争激しい分野で、どれが伸びてくるかも多分分からないところを詰めて当ててやってらっしゃるという理解ですけれども、実際各国の投資額等々も見せていただきましたが、ざっくりとした質問ですが、我が国はしっかりとここ十分に投資していると北川先生は思っていますでしょうか。それとも、まだまだ規模的に足りないとか、あるいは、ちょっと難しい質問かもしれませんが、制約の中で今回の採択なのか、その辺りの感触を教えていただきたいと思いました。

○北川PD すみません、幾つかの段階に分けさせて答えさせていただきたいと思うんですが、現在ムーンショット予算が付いておりますが、2020年から2025年2025年に関しては今回の補正予算で必要十分な額を付けていただいたというふうに感謝しております。一方、将来にわたる投資といたしましては、量子コンピュータを大型化していくに従って基本的に研究開発費はそれだけ高くなります。10倍のものを作ろうと思ったら基本的には10倍の研究開発が必要というそういう世界でございます。なので、将来にわたってはこの研究開発投資というのはもっと増やす必要があるのかなと思っております。

一方、今すぐたくさんお金を入れたからといって短期間でできるというようなものでも、この誤り耐性型量子コンピュータというのはありません。現時点で全てのピースがそろっているわけではなくて、更に研究フェーズが長く続くことが考えられています。それに耐えるような人材育成、人材をまず増やす、研究人口を増やすということが課題でありますので、お金の問題以外に、もちろんお金をたくさん投資していただければ研究者にポストを与えて増やすことができます、研究場所とポストを与えて、ということは可能です。将来的に更に大きな研究開発投資を官民合わせて必要だというふうに考えております。

○江田委員 ありがとうございます。恐らくどこかの部分から、民間や新しい企業がここを利用してビジネスで広げる、そんな展開も考えられるのかと思います。

ありがとうございました。

○北川PD ありがとうございました。

○星野座長 ありがとうございます。

それでは、次に、波多野委員、よろしく願いいたします。

○波多野委員 北川先生、ありがとうございました。世界の動きが激しい中で、戦略的な、長期にわたる目標、ありがとうございます。今おっしゃったように人材育成は非常に重要だと思っております。

その観点から、量子イノベーション戦略の見直しが行われまして、一つのメッセージは古典と量子のハイブリッドです。今回の新たなテーマには、このハイブリッドは反映されていますかまずお聞きしたいと思います。量子に関わる人材を増やすためにも古典からの人材、周辺技術からの人材、さらに現コンピュータからの人材の活躍も重要だと思っております。

二つ目は、最初のページの目標に安全保障というキーワードがございますが、それに対してお考えを、国際連携とどう両立していくかも含めてお教えいただけるとうれしいです。よろしく願いします。

○北川PD ありがとうございます。

まず1点目のことですけれども、古典量子ハイブリッドというのは、実は昨今言われ始めたことではなくて、今言われている古典量子ハイブリッドは二つあると思います。一つの古典量子ハイブリッド、今使っているNISQというのはもともと最初から古典量子ハイブリッドでしか動かない量子コンピュータなので、そういう意味ではNISQが出た二十数年ぐらいからもう既にずっと量子コンピュータは古典量子ハイブリッドが当たり前でやっているということ。

三つありますね。今盛んに言われているのは、例えばスパコンとの連携とかというのが多分言われていると思うんですけど、スパコンと連携して恐らく本当に役に立つのは誤り耐性量子コンピュータだと私は思っています。NISQをスパコンにくっつけてそんなに何か役に立つところがあるかと、これは本当に非常に賭けみたいなもので、誰も分からない。でも、誤り耐性量子コンピュータをスパコンにくっつけると必ず役に立つというのは分かっています。

もう一つは、誤り耐性量子コンピュータ自体が古典量子ハイブリッドシステムなんです。つまり誤り訂正の部分というのは量子コンピュータの中で起こった誤りを読み取って、それを解析してどこが間違っているかというのを量子コンピュータに戻す。解析するというのは古典的にやる必要があるんです、基本的には。ということで、それを今回誤り耐性システムの構築ということで、小林先生のプロジェクトをお任せしました。プロジェクトメンバー自体は全員古典の人です。だけど、中には量子インターフェイスの研究開発の経験があるベンチャー企業の方も入っています。そういう状況です。

○波多野委員 ありがとうございます。その辺で標準化も取れるのではないかと期待します。

○北川PD それともう一つ、この量子ネットワークのところも、古典のインターネットの方たちがかなり研究に参加しています。

その辺のことは我々も非常に考えてやっております。

もう一点の安全保障の件は、なかなか公の場で言うことは難しい側面もあるんですけども、安全保障に役に立つって、これ非常にトリッキーなところで、例えば量子コンピュータに関しては、まず最初に量子コンピュータができれば公開鍵暗号が破られるということで、これは安全保障を脅かすんじゃないかと言われたわけですよ、最初に、ショアのアルゴリズムで。ただ一方、それぐらい強力なものを持っているという前提で次の暗号システムは構築されなければいけないということで、今、耐耐量子コンピュータ暗号というのも盛んに研究

されています。いちごっこだと思うんですけども、そのいろんな提案の中には量子コンピュータがあることによって初めて実現するような公開鍵暗号、これは岡本さんとかが提案されていますが、いろんな可能性が議論されています。ただ、例えば非常に破りにくいようなキーを生成するとか、いろんな面でこの誤り耐性型量子コンピュータというのが安全保障に役に立つ可能性というのはあると考えております。

○波多野委員 ありがとうございます。

○星野座長 ありがとうございます。

それでは、次に、福井委員、お願いします。

○福井委員 最初のところで窒素固定の例、光合成の例を挙げられました。いろいろな場面で大きな影響がもたらされると思いますが、将来これが達成されたら具体的にこういうふうなことができるという例をもう少し挙げられるといいのではないかと思います。可能であればということですけども。

○北川PD ありがとうございます。創薬であるとかいろいろな可能性は議論されているんですけども、私がこの構想ディレクターを引き受けたときに、一つこの部分の主張に関して科学的に非常に健全なものをまず前面に押し出す必要があると思ひまして、この二つに、あるいはこれに限っては酵素反応とか触媒反応とかいうことに関しては、これは揺るぎなく、誤り耐性型量子コンピュータができればこの分野は必ず世界が変わりますと、ゲームチェンジしますということがほぼ科学的に断言できるので、この部分は全面的に押ししておりますが、もちろんそのほかいろいろな提案があるものもありますし、その中にはなかなか微妙なものもあつたりいろいろあります。その辺はちょっとくみ取っていただいて、提案的にはいろいろ出ていますので、そういうものをこれ以外に提示するような形は将来的には考えたいと思ひます。

○福井委員 遺伝的な疾患とか、それから寿命だけではなくて、クオリティオブライフなどには非常に多くの要素が絡み合っているテーマですので、何か横断的なテーマに関してこれが活用できるのではないかと思います。一般の人々にも分かるようないろんな例を挙げられるといいのではないかと思います次第です。

○北川PD ありがとうございます。アンビシャスなものとしてはこれは全て窒素固定にしても光合成にしても植物であります、生命科学と密接に結びついた部分です。それを更に動物ですね、動物の中の例えば遺伝であるとか様々量子が効いてるかもしれないというような現象は量子生命科学としていろいろ発見されておりますので、その分野の様々な複雑な化学

反応等についても同様に誤り耐性型量子コンピュータは応用可能であるというふうに考えております。

ありがとうございました。

○星野座長 ありがとうございました。

それでは、須藤委員から手が挙がっております、よろしく申し上げます。

○須藤委員 今日追加テーマの中身を評価するというのが一番の目的だと思いますので、大森先生のテーマが新しく、中性原子のテーマ入っているのですけれども、文科省がやっているQ-LEAPとかあるいは私が見ているPRISMとかで大森先生の超高速のシミュレーターが結構動いているのですが、それと今回の御提案との関係性、つながりというのを教えていただきたいです。

○北川PD ありがとうございます。大森先生は、おっしゃったように2018年からQ-LEAPの基礎基盤の割と大型の方で中性原子を使ったアナログ量子シミュレーターというのを京都大学の高橋先生高橋などとともに研究されています。大森先生のそこで培った二次元に原子をたくさん並べて制御するという技術、それは飽くまでアナログシミュレーターとか量子アニーリンクとかの範疇でQ-LEAPがやっておられるのですけれども、PRISMではそれを更にゲート型量子コンピュータに発展させるという部分についてPRISMで追加予算を頂いているというふうに把握しております。ただし、その部分に関しましては、今後はゲート型量子コンピュータの部分については、このムーンショットとしてやっていただく。PRISMは今年度まで付いているかもしれませんが、今後はムーンショットでやっていただく。さらに、そこに誤り訂正、誤り耐性を入れて大型のものに向かって発展させていくと、そういう切り分けになっております。

○須藤委員 よく分かりました。ありがとうございました。

○星野座長 ありがとうございました。

本日の有識者からの御意見も踏まえて研究開発を着実に推進していただけますようお願い申し上げます。

○北川PD ありがとうございました。

○星野座長 ありがとうございます。よろしいでしょうか。

○星野座長 それでは、目標3の研究開発の進め方に関して、JSTから説明をお願い申し上げます。

○中島部長（JST） それでは、目標3、プログラムディレクター、福田先生から御説明いただきます。

○福田PD 目標3について報告させていただきます。プログラムディレクターの福田であります。

目次としては、私自身、それから、追加採択プロジェクト一覧、いろんなことについて開発の進め方について御報告させていただきます。

これは私のプロフィールであります。現在名古屋大学の未来社会創造機構におります。

ムーンショット目標3は、既に前回御報告したように、2050年までにAIとロボットの共進化により自ら学習・行動し人と共生するロボットを実現するということを目指しております。特に2050年までには人生に寄り添って一緒に成長する、横にいてもロボットが座っていても違和感のないロボットを作ろう。そういうことで揺り籠から墓場まで寄り添うロボット、即ち自ら学習し、ずっと人生に伴うようなロボットということを考えており、これはこれからの社会に役に立つということとっております。

それから、自然科学の分野において、自動的に科学的原理・解法の発見を目指す、サイエンス的なディスカバリーとか新しい解法を見いだすAIロボットを考えています。そういうAIロボットを人が一緒に科学研究をやるということを考えております。

3番目の方は、難しい環境下、例えば、災害とかそういうところで自律的に判断して、活躍するロボット、又、月も含めて、そういう未知の環境で人の支持無く自ら活動するロボットを考えております。これはこのSociety 5.0に即していろいろやるということを考えております。

研究開発プログラムとしましては、ここで先ほど申しましたように、一部人生に寄り添うような違和感のないロボット。それから、科学的発見をする。難環境のロボットということで、これは今後私たちが開発すべき社会の中の少子化とか地球資源枯渇、さらに宇宙開発、いろいろ役立つとっております。

これまでの取組状況を見ますと、ここではターゲット1では人生に寄り添って一緒に成長するロボットということで、平田PMと菅野PM、それからターゲット2では自動的に科学的な原理・解法の発展を目指すということで、原田PMのところでした。それから、ターゲット3では、ここは自律的に判断し、自ら難環境で成長するロボットということで永谷PMです。

ポートフォリオでは、横軸が左からロボット全体、右側がAI主体、縦軸は人とロボット

が協調するレベルとし、上から下に人から遠くなり、下の方向については、ここはロボットがオートノマスに、人の力を得ずに自ら全て決定するということでもあります。

現在のプログラムを取り巻く状況として、A I 研究でいいますと、国内外の動向を見ますと、人生に寄り添うA I については、米国等では顔画像から深層学習により23の表情とか8の感情を認識する、そういうような研究が進んでおり、人間の行動や感情の認識技術の製品化も行われていますけれども、2050年に活躍するロボットには必要であろう、重要な研究であるということで、人間の認知や情動に基づく行動変容というような研究は見当たらず、これをやろうと考えました。

また、科学的研究では、イスラエルの言語モデルのBERTと意味ネットワークのWordNetを組み合わせることで、文脈を考慮したいろんな単語の意味予測を行う技術があります。ここでは深層学習と知識・記号推論の融合はホットな話題でありますけれども、科学的原理・解法の発見への適用は発展途上でまだまだの段階であります。

これらをうまくやるために、私たちは人生に寄り添うA I として、人の動作から注意の変化や予測を行うということが必要であるというふうに思っております。

また、科学的原理に関しましては、いろいろな効果的に解空間を探索するアルゴリズムが必要であるということで、そのために実験する回数を減らしたり、そういう効率的なことを考えています。例えば6年で掛かったようなことを半年でやってしまう、そういうような研究開発を考えております。

先行4プロジェクトの課題としましては、研究開発のA I の研究の難易度が非常に高いことをやります。そのためにはいろいろ現在の研究の体制を更に強化、加速することが必要であります。

公募の趣旨としましては、A I 研究としては未知の発見として、それぞれのプロジェクトのAwareness A I を強化して、目標全体の底上げを図る。今現在足りないところをもっとハッチするような形でやるということを考えております。

難環境の場合は、国内外の動向では、DARPAとかいろいろな機関がいろいろ研究しております。そこでは災害からの取組は余り見られておりません。もう一つは、月・宇宙での未知の難環境について、これもいろんな国で研究開発が進められて、現在競争が激しいところでもあります。日本は米国とアルテミス計画で宇宙開発のところの連携強化を確認しております。それに参画できるような、あるいはもっと更にその先に行くような研究を行うということで、難環境下でのA I ロボットの研究開発成果が月面という実環境で実証できるいいチ

チャンスだと思っています。これらの研究をまた地上にも展開できるということを考えております。

既存のプロジェクトでは、地上の難環境ということで、革新的な機能を搭載するロボット群、動的協同AIの要素研究、プロトタイピングを現在実施中でありまして、それから、月面・宇宙では調査・整地を目的とした小型ロボットシステムをプロトタイピングしております。着陸パッドといいますか、宇宙船が着くところを直径50メートルから100メートルぐらいのところを整備しようというところでありましてけれども、これは現在では着陸拠点になります。この限定的なのをもっと広げようということで、難環境の場での拡張、未来の探索ということで、少し着陸パッドだけではなくて極限環境で効率的に拠点を構築、インフラを作れるようなロボットで、地球以外でも人そのものが入ることが困難な場所とか、地上でそういうふうな難環境で活動するロボットもそういうことに応用できるんじゃないかということをやっております。

現在進めているプロジェクトにおいて、AI研究につきましては未知の発見ということで現在やっております。目標全体の底上げを図るために、追加公募で気づきを促すAI、選択・行動を促すAI、インスピレーションするような仮説を推論するAIを採択しましたが、これらは非常にチャレンジなものでありまして、どこでもやろうとしているのになかなか手が出ないところでもあります。

難環境の場の拡張として追加公募では、未開の探索ということで、月面という極限環境において、効率的な拠点を構築するというところで、人そのものがなかなか入ることができないところで宇宙などの極限環境で動くロボットを採択しました。それらは、地上の環境において、被災地とかいうところにいるいろいろなシステムを応用できるような形の活動も想定しております。

このポートフォリオの絵でいいますと、従来の四つのプロジェクトに対して、未知の発見、それから未開の探索ということを考えております。

追加採択したPM・プロジェクトの一覧を見ますと、ここではAIの強化と加速であります。ここでは四つ、牛久さんや大武さん、それから下田さん、森島先生のサイエンス、この四つ採択しました。これから1年間やっていただいて、いいものを残していくというやり方で進めます。ここでは今の4つのPMとどういふふうにコラボレーションできるかという観点も考えてあります。そういうことで、独立してこういうものがあるわけじゃなくて、むしろこれは現在のPMのところ横に付けるつもりであります。

宇宙環境絡みでは、難環境ではこの三つを取りました。ここはどちらかというところを探索をして、更にそこに基地を作り、更にそこに住むような環境を作る、そういう環境の作りを考えておりました、上野さんや國井さんや吉田さんの提案を採択しました。こういうふうな形で、ロボットとAIの応用範囲を作るということでもあります。

このプロジェクトの考え方としては、常にプログラム内で独立しないように、既に推進しているプロジェクトとの連携をやりまして、プロジェクト間での相互作用の効果が得られること。それから、成果最大化の観点ということで、1年間程度で、継続、中止とかそういうことも見極める、あるいは他のプロジェクトとの統合も判断するというところで、機動的に動くということを考えています。

それから、プロジェクト間の横連携としてAIとかロボットオペレーションシステムROSとか、それから、ELSIの研究会を実施しております。それぞれのお互いに気付きも共有し使えるようにということを考えております。

資金の配分方針としては、評価会の結果により、来年度の予算を決定するというところを考えております。予算配分の方針については、いろいろまずやってみるところがありまして、現在動いているプロジェクトと一緒にやってみて、いろいろ協同で有効性検証して、そのための必要な額をいろいろ研究開発に使うということで、進捗状況を考慮した額を配賦して研究の推進を図る予定であります。

この研究開発につきましては、追加公募で採択したAI関係四つのプロジェクトを進めますが、先ほど申しましたように、それぞれのプロジェクトが独立というよりも、それぞれが今現在のプロジェクトにどういうふうに絡むかということで取っております。ここは四つ取ったのは、例えば大武さんは言語で、ちゃんとうまくしゃべる。下田さんは挙動から見るとということで、あるいは牛久さんは新しい研究の科学的研究によって気づきを研究する、それで新しいインスピレーションを出すということでやっています。それから、森島さんは災害現場に行動変容を促すロボットということで考えています。

また、難環境の場におきましては、特に月面を考えておりますけれども、國井さん、吉田さん、それから上野さんにそれぞれ難環境における群制御のロボット、自己再生AIロボット、それから難環境におけるAIロボットの生活圏構築、インフラストラクチャーを作るということを考えておまして、ここをそれぞれ未知の発見と未開の探索ということでこういう技術がここに入ることでやっております。

先ほど申しましたように、うまくいけばどんどん加速してこの研究が進んでいくと思いま

すが、もし一年後に、その先が見通せず継続しても結果が出せないプロジェクトについては、中止もやむを得ない、そういうふうに思っております。

研究開発の進め方につきましては、もう一つは社会実装に向けた方策として、スピニアウトとかスピノフ、途中いろいろな成果が出てきます。それをいろいろ考えて各プロジェクトを推進しております。また、プロジェクトには企業の積極的参加を推進しております。また、本プログラム内に設置したリビングラボ、この中に二つありますけれども、全国で八つあるうちの二つがここに該当しますが、それを通じた企業との情報交換の推進を行う。それから、展示会などでのアウトリーチ活動を行うということを考えています。特に今年は国際会議 IROS 2022 が今年の京都で 10 月あります。ここに展示ブースを借り、既存の PM 成果を展示するとともに、ガバニング委員会の先生方や外国の先生方にも見ていただいて、いろいろ評価していただくということを考えております。

国際連携の促進につきましては、海外と共同研究ということで現在やっている。今度京都では大変ビッグチャレンジ、大きなことをやることになっています。今年は 9 月にスイスでいろいろやるということを考えています。

以上であります。私の方から報告終わります。

○星野座長 ありがとうございます。

ただいまの説明につきまして、有識者の皆様から御意見をお願いしたいと思っております。それでは、須藤委員、お願いします。

○須藤委員 説明どうもありがとうございました。

福田先生の方にむしろこちらから情報を出してないのはいけないような気がするのですが、今、第 3 期の S I P の準備をしまして、その中で F S をやっているのですが、人協調ロボティクスというテーマが入っています。当然 S I P なので目標期間はもうちょっと至近に置いていますので、多少ゴールは違うと思いますが、今のお話聞くとやっぱり A I の技術やロボティクスの技術はきちっと切れるものではなくて、当然連続性がありますし、似たようなところを追及しているような、これから追及するようになる可能性もあります。お願いですが、S I P の方の P D 候補もいますので、こちらとの連携を、我々も責任を持って対応しますので、ムーンショットと S I P、余り切り分けずに連携を取っていただければと思います。

○福田 P D はい、ありがとうございます。私は先生言われたように、そういういろんなところとの共同とかそういうこと全く推進すること大賛成でありまして、現在もヨーロッパとか

アメリカの人たちも含めてこういうことをやろうとしています。まず最初に日本のS I Pというところ、PMPMでやっているものを是非そのロボットの協調あれば実際にやりたいと思っております。

例えばこちらでやっているのは行動変容を行うようなそういうA Iとかインスピレーションを起こすA Iロボットと、そういうことをいろいろやっておりますけれども、是非大いにカップリングするところを一緒にいろいろ教え合う、共同でやるということに全然いとまませんので、是非教えていただければ幸いです。よろしく申し上げます。

○須藤委員 こちらこそよろしくお願ひいたします。

○星野座長 それでは、続きまして、福井委員、お願ひいたします。

○福井委員 福田先生だけに何うことではないと思いますが、プロジェクトを公募する場合、このテーマについてはこれぐらいの研究費が最低限使えるといった情報を得た上で皆さん応募されているのでしょうか。先ほどのお話ですと、研究の進捗に伴って研究費をフレキシブルに配分されるようなお話があったようですが、そのような体制になっているのでしょうか。

○福田PD 先生、どうもありがとうございます。実は先に進んでいるPM、四つのプロジェクトがあります。そこでは大体5年間で30億円の予算でいろいろやっております。その下にずっと20名弱、16名から18名のPIがいます。これは実を言いますと、ガバニング委員会というのがあります、私の上に。ガバニング委員会の方からいろいろサジェッションがありまして、もっと機動的にやるようにということで、今回は予算はそれぞれ皆さんそういうプロジェクト、先輩のプロジェクトを見ながら出してこられるんですが、それに対して現在私の考えているのは今のPM1からPM4にどのようにくつつくか、その今の研究を強化して加速できるか、その観点で見えていますので、それで実はその予算を前もってポンとお渡しするのではなくて、進捗状況を見ながらやるということでいろいろガバナンス委員会からもアドバイス、御指導いただいております。

そういうことで、実は有機的にやるようにということで。もちろんあちらからプロポーザルとしてはそれぞれの例えば30億円のプロポーザル出されておりますが、これをスモールスタートでやるとか、ということで慎重にやっていく。1年間一緒にやってみて、うまくいくなったらもっともつつけておこうということを考えて、それが先ほどの有機的につけるということでもあります。もし駄目であれば、これはやっぱり切るしかないんです。

○福井委員 ありがとうございます。

○星野座長 ありがとうございます。

それでは、次に、梶原委員からお願いいたします。

○梶原委員 御説明大変ありがとうございました。人に寄り添うというAIの追加の話と、難環境というテーマで、大分方向が違うという印象でした。人に寄り添うというテーマでは正に多様な人に対してそれぞれどう寄り添うかというところが課題になってくると思いますし、社会受容ですとか行動変容というところで人の気持ちをどう見ていくかという多様性の視点が非常に重要だと思います。います。この研究を進める進め上で、海外の研究の状況やELSIに関する検討の進捗などについて教えていただきたいと思います。

ご説明資料の中で、展示会などでのアウトリーチについて、既存のPMの成果の展示と書かれています。EUでのワークショップのところもそうですけれども、今回の新しいテーマについての方向感などをそうそうした場で示していくような計画はおありでしょうか。それとも飽くまで今年の展示では既存の成果が中心になるのでしょうか、そこの辺のお考えをお聞かせいただけますか。

○福田PD 分かりました。

まず、海外の方ですけれども、例えばこのアランチューリングがあります。チューリングというのはイギリスのコンピュータの理論的な創始者です。そこはイギリスにありますが、その研究所とかそういうところと共同研究をする方向です。実際にはできたロボットも持って行くということも検討中です。又、人の交流は既に行っています。今度のIROSという京都でやる会議では、ビッグチャレンジフォーラムというプログラムプログラムでアランチューリングの人たちにも講演発表します。又、京都のIROSでは、今できたところまでのロボットを展示します。展示をすることによってもっともっと企業の人たちあるいは若い人たちあるいはほかの研究者の人たちが私もこういうのを手伝ってみたい、もっとこうすれば良いのではないかと、いろいろアイデアをもらいたいということでここでブースを開きます。IROSは、地上ロボットの国際会議で、ブースを借りてロボットを展示だけじゃなくて、ビッグチャレンジというフォーラムを開きまして、そこで外国の人たちも来ていただいて、実際に共同研究やっている人たちに来ていただいていろいろ話してもらおう。そこでいろいろディスカッションするということを考えています。また、そこで外国の先生方にもこの評価もしていただこうと、そういうふうに思っております。

ここでは、追加で公募したプロジェクトについてはまだ現在作り込みの最中でプロジェクトは確定しておりません、これらは、10月、9月末頃までにはそれができようということと今現在進行中でありまして、それで10月のIROSには間に合いません合

ません。ただ、私としてはここで発表するときにそういうところを現在この七つが新たに取ったと、こういうふうに関わるということはちゃんと説明する予定であります。

二つ目ですが、E L S Iの件ですが、E L S Iの方法は現在いろいろ進めておりまして、例えばJ S TのR I S T E Xとかいろいろなところでも入れており、それからその専門家の方々に入ってもらってやっています。P Iもその中にそれぞれ四つのプロジェクトの中に入っておりまして、それぞれE L S Iの観点からやる。一つは、例えば平田PMのところでは、I E E Eというところがあります。世界で一番大きな電気、電子、コンピュータ学会の最大の、43万人の会員がいますけれども、その中でもスタンダードのワーキンググループを作りまして、実はこちらが主体となって作ってやっております。そういうような国際的な枠組みとしてはE L S Iの方はそういうことでいろいろやっております。

3番目の今の方向性ですけれども、これはE Uの方、あるいは今回もスイスに行きます。前回はN S Fとワークショップを3月に開きました。そういうこともありまして、これからこういうことをどんどん進めていく方向で、特にA Iという切り分けでやっていこうということを考えて現在進めております。

よろしいでしょうか。

○梶原委員 ありがとうございます。そういう意味ですと、既存のテーマと同じような枠組みの中で、今回の新しいテーマについてもE L S Iですとか、あるいはA Iを理解していただく際の多様性の問題ですとか、そういったところは一緒に解決できる、あるいは一緒に進めていくということで、既存のテーマと連携しながら新しいテーマを動かしていくというように理解していましたけれども、よろしいでしょうか。

○福田PD はい、そうです。既存PMと一緒に、先ほどちょっと言いましたが、連携して、私はもっと全国にハッチをするような形でやろうと思っています。よろしくお願いします。

○梶原委員 ありがとうございます。

○星野座長 それでは、よろしいでしょうか。

ありがとうございました。

本日の有識者からの意見も踏まえて研究開発を着実に推進していただきますようお願い申し上げます。

それでは、ここで10分間の休憩を取ります。

○福田PD どうもありがとうございました。

○星野座長 これ以降の議題は非公開となりますので、プレスの方は御退室をお願い申し上げます。

ます。11時10分から20分までということで休憩を取らせていただきたいと思います。
よろしく申し上げます。

午前11時10分 休憩

午前11時19分 再開

○星野座長 次は、目標4、研究開発の進め方等に関しまして、NEDOから説明をお願いしたいと思います。

○山田部長（NEDO） それでは、運用評価指針に基づきまして、目標4の研究推進法人でありますNEDOから、目標4の進め方、具体的には追加公募を実施して行いますプロジェクト構成の変更方針について御説明します。NEDOの山田と申します。どうぞよろしく願いいたします。

資料は議論用に御用意しておりますが、15分での説明でありますので、多少スキップしますことをあらかじめ御理解くださいませ。

また、本日はプログラムディレクターの山地先生にも御同席いただいております。山地先生、一言申し上げます。

○山地PD ムーンショット目標4、2050年までに地球環境再生に向けた持続可能な資源循環を実現のプログラムディレクターをしております地球環境産業技術研究所、RITEの山地でございます。

これは先ほどちょっと触れましたけれども、Cool Earth、Clean Earthという二つのキーワードの下で三つの領域ですね、大気中に既に放出されたCO₂を回収、これをDAC、ダイレクトエアーキャプチャーと呼んでいますけれども、それを回収して利用する。それから、2番目はプラネタリーバウンダリーを一番超えているとされる窒素化合物を回収して利用あるいは無害化。3番目は、近年急速に話題になっています海洋プラスチックですね、これは回収というよりも海に出たところでスイッチが入って無害化されるという技術。この領域を扱っております。現在13件、3領域合わせて採択されておりますが、今回追加で、後で説明がある、5件程度追加しようということでございます。どうぞよろしく願いいたします。

○山田部長（NEDO） 先生、ありがとうございます。

では、多少重複もございますが、改めて目標4の概略につきまして、NEDOの方から御説明、振り返りという意味で御説明したいと思います。

目標4設定の背景には、先ほど山地先生からお話ございましたように、地球環境問題の解決という社会課題がございます。これをCool EarthとClean Earthの二つの観点で捉えま

して、さらに山地PDからお話ありましたように、地球温暖化問題、プラネタリーバウンダリー問題、海洋プラスチック問題に着目して、国際シンポジウムの議論を経て目標4が設定されたと理解しております。

この目標4の達成に向けたアプローチについて、研究開発構想を引用して御説明したいと思います。目標に資源循環とございますけれども、循環すべき資源の対象は薄く広がった物質、あるいは希薄な状態で放出されているけれども、量が多くて対策が求められる、そのような技術的にも経済合理性の観点からもこの処理が困難な状態にある物質というふうに定義しております。例えば大気中のCO₂は0.04%と大変希薄な状態にあるわけです。こうした物質に対しまして、回収して資源化する技術、分解・無害化する技術、こうしたものを開発することとしております。これにより人間社会の中で完結する従来型のリサイクルとは異なり、自然界を底流するような大きな循環の構築を目指す、そういう挑戦的な研究によってムーンショット目標の達成を目指すこととしております。

また、2050年までとされていますムーンショット目標の達成時期と技術開発目標の関係については、およそこのようなスケジュールを想定することで整合するようしております。

こちらは構築を目指す資源循環のイメージ図で、先ほど山地先生からお話ありましたように、事業開始時の公募で、こちらに示す13のプロジェクトを採択しております。13のプロジェクトは現在も実施中ですが、2021年10月に閣議決定されましたパリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略を受けまして、研究開発構想が改定されたことを踏まえ、ネガティブエミッション技術にもつながるCO₂回収技術の開発を拡充することにいたしました。大気中のCO₂を回収する技術としては、これまで工学的プロセスでありますダイレクトエアーキャプチャー技術を推進してまいりましたが、これとは別により技術を生み出すことができれば大きな普及ポテンシャルが期待できる別なアプローチ、すなわち自然界のCO₂吸収プロセスを人為的に加速するような技術、これに着目しまして、その可能性を見極める提案を募集することとしています。こちらのスライドに示すような公募を行った次第でございます。18件の提案を受け付け、後ほど御説明する5件を採択する方針です。

この公募の位置づけをプログラムディレクターのポートフォリオマネジメントに照らして御説明したいと思います。こちらに示しているのは当初の公募で採択した13プロジェクトの位置づけを整理したものでございます。詳細の説明はこれまでもさせていただいておりますので省略しますが、競争的に実施するという考え方を核として、技術的な課題が特に大

きいものを見極め型と整理して資金配分を行っております。今回の公募につきましては、その見極め型の中でも普及可能性を見極めるインパクト見極め型と称し、技術的効果というポテンシャルを見極める必要があるもの、このように山地PDは整理されております。ここにそのポートフォリオの各分類の御説明を列挙しておりますが、赤字部分がそれに該当するものです。

少し資料を飛ばしまして、このインパクト見極め型に位置づける今回の採択候補について御説明いたします。スライドの20まで進みます。この図は先ほど説明したものですけれども、このインパクト見極め型としてCO₂回収技術5件を採択する方針でございます。

5件の内訳ですけれども、CO₂回収の方法として、陸上の生物資源バイオマスを活用するものが2件、水圏のバイオマス、藻類を活用するという提案が1件、地上の岩石の炭酸塩化プロセスを利用するというものが2件、計5件でございます。

簡単ではありますが、内容を1件ずつ御紹介したいと思います。

まず1件目、農業・食品産業技術総合研究機構の矢野昌裕シニアエグゼクティブリサーチャーがPMとして提案されている、炭素超循環社会構築のためのDAC農業の実現、こちらにつきましては、農作物のCO₂吸収能力を高めるという提案です。食料生産とCO₂吸収量の増大が両立すればその効果は大ですけれども、食味などの農作物としての要求条件を満たしながらDACとしての能力を満たす遺伝子改変をこの期間中に実現するというのは非常にハードルが高く、その見極め、フィージビリティスタディとして実施する価値があると評価されました。

2件目、産業技術総合研究所、光田展隆副研究部門長がPMとして提案している、遺伝子最適化・超遠縁ハイブリッド・微生物共生の統合で生み出す次世代CO₂資源化植物の開発、こちらはゲノム編集でCO₂吸収能力を高めた植物、こちらに木質材料としての性能も強化するというので、資源循環を構築していこうと、そういう提案でございます。

京都大学、植田充美特任教授がPMとして提案している、機能改良による高速CO₂固定大型藻類の創出とその利活用技術の開発、こちらは導入ポテンシャルが期待できる海洋でのCO₂固定能力の高い大型藻類によるCO₂固定に取り組む提案であります。

残りの2件は、早稲田大学、中垣隆雄教授がPMとして提案されます、岩石と場の特性を活用した風化促進技術“A-ERW”の開発と、産業技術総合研究所、森本慎一郎チーム長がPMとして提案する、LCA/TEAの評価基盤構築による風化促進システムの研究開発の2件でございます、いずれも岩石の風化促進に取り組むものです。低コスト化や副次的

作用による産業応用の推進によって導入実現を目指すものでありまして、その効果を評価する手法の開発にも取り組むことに特徴があります。評価手法の開発につきましては両プロジェクトで連携して取り組むことを求める予定です。

以上5件、それぞれ2年半の事業期間で見極めに取り組んでいただくことになります。予算は各事業5億円を上限に、2年半で5億円を上限としますが、今後計画の精査によって実態の契約額を決定することになります。

以降のスライドは各プロジェクトの概要を簡単にまとめたものであります。これはまだ提案時の内容、概要を整理したものでありまして、計画精査によって変更があり得ることをあらかじめ御了承ください。説明については省略させていただきます。

スライド17に戻ります。残りの時間でこの目標4におけます山地PDのマネジメントの取組状況を御紹介いたします。このスライドは、山地PDのポートフォリオマネジメントを支えるサブPDらの体制を示したものです。分野ごとに設けた分科会をそれぞれ年3回、山地PDは全ての会に参加されておりますほか、全てのプロジェクトの研究現場を訪問されるなど、精力的にマネジメントに取り組んでいただいております。

こちらは国際連携の取組事例であります。左側はICEFといいます Innovation for Cool Earth Forum、国際イベントでのサイドイベント企画の様子を示したものでございます。このようにプログラム全体での国際連携に取り組んでいるほか、各プロジェクトマネージャーによるプロジェクト単位での国際連携も行っている事例を御紹介させていただきました。

以上で、目標4からの御説明を終わりにしたいと思います。どうぞよろしくお願いいたします。

○星野座長 ありがとうございます。

ただいまの説明につきまして、有識者の皆様から御意見をお願いしたいと思います。それでは、江田委員、お願いいたします。

○江田委員 ありがとうございます。御説明ありがとうございました。非常に分かりやすく理解をいたしました。

質問は、15ページでしたか、今回の採択に当たる位置づけですけれども、2年半で5億で、インパクト見極め型のところ、具体的に競争で何がいかという見極めだと思えますが、技術的な要素も多いと思えますし、広がりの部分、実装の要素も多いと思うのですけれども、どのような柱で評価をしていこうとお考えか、そのイメージを教えてくださいませう

か。

○山田部長（NEDO） 御質問ありがとうございます。

スライド22を使って少し御説明をしたいと思います。それぞれ技術の特徴によって課題、評価すべき事項というのは変わってくると思います。先ほどマネジメントの体制も御紹介しましたが、今回採択する5件のマネジメントに当たって新たな有識者も加えながらプログラムディレクターの見極めを進めていただくことをNEDOとしてもサポートしたいと考えております。

それぞれのプロジェクトのポイントを少し御紹介しますと、例えばDAC農業の話につきましても、食べ物とCO₂吸収のこの両立がポイントでございまして、吸収量だけが高いものを開発しても、農業との両立が評価されているのに食べられないものになっては余り意味がないわけです。普及シナリオに合致した技術開発が進められるかどうか、この辺りを早い段階で見極めるということが必要になろうかと思えます。

また、農作物の開発につながるものなので、評価に時間を要することが想定されます。その評価手法が適当で、この2年半という期間の中で見極めることができるものなのかどうか、この辺りも計画精査の段階からよく見ていく必要があるというふうに、この採択審査の過程でそのような意見を頂いております。

その次の産総研も同様に植物でございまして、これは木の強度を増すとか、細胞壁、CO₂をたくさん吸収することで細胞壁を厚くするとか、そういうことで木材としての性能も強化するということが主張されているんですけども、それがどのタイミングで確認できるか、また強度をどうやって測るか、そういったところも見てまいる必要があるかと思えます。

同様に、その後の海洋での取組もそうですが、生物機能を使うものにつきましては、そういう効果をこの短期間でどう確認することができるかというのが大事なポイントになろうかと思えますし、また期待している普及シナリオとの整合というのを見てまいりたいと思えます。

残りの2件の方は、これは岩石の風化する過程でCO₂を吸収するというプロセスを評価しているんですが、それをどのようにカウントするかという評価手法を国際的にも認知してもらえることが重要だと考えておまして、そのプロセスをどう具体化できるか、この辺りをプロジェクト間の連携も含めて見極めてまいりたいというふうに考えております。

すみません、長くなりましたが、お答えになりましたでしょうか。

○江田委員 はい、よく分かりました。ありがとうございます。時間との勝負のところもあると思いますが、よろしく願いいたします。

○星野座長 ありがとうございます。

それでは、波多野委員、お願いいたします。

○波多野委員 波多野です、ありがとうございます。

非常に重要性で喫緊の課題で、Cool EarthとClean Earthというこの社会的な課題の中で、海外に比べましてこの技術というのがどのぐらいの位置づけにあるかということ。

二つ目は、CO₂削減の効果、CO₂のキャプチャーの定量的なロードマップなどを策定していらっしゃると思ったら教えてください。

○山地PD では、この件山地の方からお答えいたします。

多分現在進んでいるものに関する事だと思えますが、まず国際的な研究水準との比較ということは全てのプロジェクトマネージャーに対して要求しております、ムーンショットですから当然先端的であれねばならない、国際的な優位性というものは常に留意して評価を進めている。プロジェクトマネージャーの皆さんもそこは当然ですが考えてやっております。

それから、効果について、特にCO₂の吸収、利用というところですけども、これも非常に大事なところございまして、ムーンショット目標自体は2050年に開発した技術が幅広く利用されることですけども、10年間で研究開発するときのゴールは、パイロットプラントレベルで作られる、あるいは試作品というものもあるんですけども、その段階のもので、じゃあそれが広く普及した場合にどの程度のCO₂を回収して利用できるのか、CO₂の場合はですね、そういうことを、特に大事なものは、ここに書いてあります、Cool Earthのところ、ライフサイクルアセスメントの観点からも有効であることをパイロット規模で確認するというのを要求しております。これはどういう意味かといいますと、大気中からCO₂を取れば当然CO₂は減るんですけども、それを回収するときにエネルギー投入がございまして、設備を作るためにもエネルギー投入がある。それから、利用するためにいろんな変換プロセスがある。そういうライフサイクルを通して評価して、きちんとCO₂が削減できる、どれぐらいできるか、それを評価することを全てのプロジェクトに対して求めています。

よろしゅうございますでしょうか。

○波多野委員 はい、今回今採択候補になっているものに対しても、2030年の段階ではこれぐらいが予測できて、2050年普及した場合にはこれぐらいということを皆さん定量的なロードマップを持って進めてらっしゃるということを理解しました。よろしいでしょうか。

○山地PD 今回の見極め型ということもありますので、もちろんポテンシャルどれぐらい期待できるかというところはございますけれども、逆にプラントを作るというところまで見極めの場合には求めておりませんので。先ほどシナリオという話がありましたよね、山田部長の方から、シナリオを描いて、どの程度のポテンシャルを持っているかという評価は行っていただく、そういう形を取ります。

○波多野委員 ポテンシャルの評価ですか、分かりました。

○山田部長（NEDO） NEDOから少しだけ補足させていただきます。

まず、海外との比較についても御質問の意図にあったかと思しますので、少し補足させていただきますと、技術動向調査をNEDOの方でもまた行ってございまして、これについては各プロジェクトにフィードバックしながらプロジェクト間連携という観点も含めて我々もマネジメント、サポートさせていただいております。

先ほどの山地先生からお話ありましたライフサイクルアセスメントについては非常に重要で、かつその評価手法がNEDOだけガラパゴス的に行っていても仕方ありませんので、LCAの有識者である先生をプログラムディレクターにもなっていただきまして、その方の御協力の下、今年のICEFでもサイドイベントでLCA、DAC、ダイレクトエアーキャプチャーとLCAをテーマにして海外の有識者も招いたディスカッションを行う予定でございます。

簡単ですが、以上です。

○波多野委員 非常に重要だと思いますので、そこの設計をリードして世界の標準的な指数になればよろしいかと思いました。

○山田部長（NEDO） ありがとうございます。

○星野座長 続きまして、梶原委員、お願いいたします。

○梶原委員 私も標準化の取組について発言します。12ページで、工学的プロセスと人為的加速自然プロセスという説明がされていますが、工学的プロセスの方では、標準化についても動いているのだろうだろうと思っていました。私もこの領域においておいて標準や制度として海外にも認められるようにしていくかという点について、現状を教えてくださいと思っていましたが、先ほど御回答いただきました。是非ガラパゴス化せず、セグローバルに標準的な制度設計という形で作られるといいと思いますので、よろしくお願いたします。

もう一点、採択候補の5件を見ると、やはりPMが皆さん男性ですが、女性の応募者は出て出こないものなののでしょうか。バイオマスなど、DACのように工学的プロセスではない

領域であれば、女性の応募者も比較的出てくるのかなと思ったのですが、やはり難しいもの
でしょうか。この研究領域におけるにおけるダイバーシティの状況をどう見てらっしゃるか
ということ、参考として教えていただけますでしょうか。

○山地PD 私の方からまずお答えして、補足をNEDOの山田部長にお願いしたいと思っ
ていますが、今回の追加公募については私詳細にチェックが頭の中に入っておりませんけれ
ども、最初の公募の段階では女性をプロジェクトマネージャー候補とする提案は幾つかござ
いました。ただ、残念ながらムーンショット目標4の評価基準に照らして採択に至らなかつ
たということでございます。

ジェンダー問題に関してはある種基準を設けて一定程度確保というやり方もあるかと思
いますけれども、ムーンショット目標の私が担当する目標4においてはそういう基準は設け
ておりません。もちろんウェルカムではございますけれども、そういう方がいていただくこ
とが望ましいとは思っておりますが、現状こうなっているというのが私の理解です。

ちょっと追加公募も含めて、山田部長の方から。

○山田部長（NEDO） まず、追加公募18件御提案いただいた中に採択には至りません
でしたが、目標4の追加公募にも女性研究者からの提案が1件ありました。私どもも女性ある
いは若い方の提案というのはすごく期待しております、公募説明などあちこちにそういう
期待も込めたメッセージは発信したんですけれども、残念ながら今回ほとんど御応募いただ
けなかったというのがまず事実としてございます。

一方で、先に採択された13件について見てみますと、確かに代表はいらっしゃらない
んですけれども、現場で活躍されている研究者の方は女性で立派な方がいらっしゃるよう
にお見受けしますので、そういった方が次は前に出ていただけるよう日頃のお付き合いの中
で少しエンカレッジしていきたいなというふうには思っております。ただ、情けないことに、切
り札がなかなか我々もちょっと、どうすればいいのかというところは見いだせておりませ
んで、地道に続けていきたいと思っております。

○梶原委員 よろしくお願ひします。こういうことに口を出すのがしつこいかなとかと思いつ
つも、やはり変わっていかねければいけないと思ひ質問させていただきました。是非
引き続きエンカレッジ等よろしくお願ひします。

○星野座長 ありがとうございます。

それでは、福井委員、お願いいたします。

○福井委員 非常にスピードが求められるテーマだと思いますが、一般的に研究者の方々の研

究に割く時間とかエフォートは、ムーンショット型の研究全体として何%以上を割いてほしいとかそういうフレームワークが設定されているのでしょうか。一般的に例えば5%とか10%といったレベルのエフォートなのでしょうか。

○山田部長（NEDO） まずNEDOから御説明します。

公募において何%でなければいけないということはお示ししておりません。ただ、審査の中で、そのPMの方がどのぐらいのエフォートを割く予定であるかというのは見込は確認しております。特にリーダーの、プロジェクトマネージャーを務める方のエフォートがあまりにも小さいようですと、マネジメントがうまく行えるのかという観点で心配になりますので、その観点は審査の中で取るということにしております。

また、先に進めている13プロジェクトなど、そこにつきましては実施マネジメントのプロセスにおいて実態を、山地先生にも現場全部見て回っていただきましたけれども、そういったところで把握しているという状況でございます。

参加している個々の研究者につきましては、人件費をお支払いする場合についてはカウントしているんですけれども、あとはPMのマネジメントに委ねておりまして、何%以上でなければならないとか低いと駄目だとか、そういうことは申し上げていないというのが実態でございます。

○福井委員 ありがとうございます。このような重要な研究テーマに全生活を懸けるような研究者がいれば、研究の進み具合も違うように思った次第です。

以上です。

○山田部長（NEDO） ありがとうございます。

○星野座長 それでは、須藤委員、お願いします。

○須藤委員 新しく採用する五つのテーマに関してなんですけれども、最初のテーマは多分まだまだFSの段階だと思いますので、ちょっと質問しませんけれども、2番目と3番目についてはゲノム編集を利用してCO₂の固定化を促進したりその他の機能を高めたりするという発想だと思うのですが、この辺はもう技術的にはある程度見込が立っているのか、まだ立っていないのか、その辺を教えてください。

それから、4番目、5番目の炭酸塩化については、恐らくこれは世界中でかなり研究がもう始められていると思うのですが、今の世界的な研究のレベルがどの辺まで来ているのか、その辺を分かる範囲で教えてください。

○山地PD まず私の方から、炭酸塩化の方に関して私が理解している範囲で申し上げると、

炭酸塩化に関しては、例えば廃コンクリートに二酸化炭素を吸収させて炭酸カルシウムにして使って利用するとかというのは随分やられているんですけども、今回狙っているのは自然プロセスの加速化ということで、正に岩石そのもの、玄武岩であるとか蛇紋岩であるとか、その風化を促進するというので、これは言われてはいるんですけども、実際の研究は世界的に見てもそれほど進んでおりませんので、今回幾つか提案がありましたけれども、この採択候補にした二つの提案は非常に国際的なレベルから見てもチャレンジングだというふうに私は理解しております。

バイオマスの方は、山田さん、どうぞ。

○山田部長（NEDO） まず、技術の確立の状況でございますけれども、編集技術自体は一定程度確立されたものがあると承知しています。しかしながら、複数の機能付与を期待している、具体的に申し上げますと、CO₂を若干吸収するという能力と、二つ目のテーマであれば木質、例えば細胞壁を厚くして木材としての強度を増すと、そういう二つの機能を両方バランスよく発現させるかどうか、そこについては発現されたかどうかを評価して、またそれがゲノム編集にフィードバックされるというところについては難しいものがあるのではないかと思っています。あるゲノム編集をして、その効果が一定程度見られるというところまではそれなりの技術は出来上がっていると理解していますが、それを短期間で確認するという、複数の発現を両立するということについてはハードルが高いのではないかと見ております。

お答えになりましたでしょうか。

○須藤委員 私もゲノム編集でいろんなことをやるというのはよくいろんなところでやられているので知っているのですけれども、いろんな機能を一つのゲノム編集で一度にやるというのは非常に難しいのではないかなと思っていたので質問したのですが、じゃあまだまだこれから研究の要素からスタートしなければいけないということによろしいですか。

○山田部長（NEDO） はい、研究の要素はかなりあるとは思っております。ただ、今回採択されたプロジェクトにつきましては、それぞれそこで強みを持っている部分の御提案がなされていると評価されましたので、全く見通しが立たないというようなものではないと思っております。例えば2件目のテーマにつきましては、種の関係が結構遠い関係のものであっても交雑をうまくする技術を持っている企業さんが入っているとか、そういう基本、基礎となる技術をお持ちの技術者もメンバーに入っていますので、そういう方との連携と、あとPMが有するゲノム編集の技術とを掛け合わせることで成功確率は高められるのではないかと

期待しております。

○須藤委員 はい、分かりました。非常にムーンショットらしいテーマだと思いますので、是非頑張ってくださいと思います。

○山田部長（NEDO） ありがとうございます。

○星野座長 ありがとうございます。

本日の有識者からの意見も踏まえて、研究開発を着実に推進していただきますようお願い申し上げます。

続いて、目標7の研究開発の進め方等に関して、AMEDから説明をお願い申し上げます。

○澄川次長（AMED） 日本医療研究開発機構AMEDで目標7を担当しております。本日目標7のプログラムディレクター平野先生に御発表をお願いしております

○平野PD 目標7のPDを務めております平野でございます。本日はよろしく願いいたします。

それでは、目標7の概要と新規公募に関する情報、あるいは研究開発の進め方について御説明をさせていただきます。

目標7は、2040年までに主要な疾患を予防・克服し、100歳まで健康不安なく人生を楽しむためのサステイナブルな医療・介護システムを実現するということとございまして、ターゲットとしては三つございます。一つは日常生活の中で自然と予防ができる社会の実現。二つ目は、世界中のどこにいても必要な医療にアクセスできるメディカルネットワークの実現。また三つ目は、負荷を感じずにQoLの劇的な改善を実現。この三つのターゲットは相互関連しながら目標7を進めております。

現在、男性は健康で生きられる寿命というのは大体72歳ぐらいで、女性は75歳ぐらい。平均寿命は、男性は82歳ぐらいで、女性は87歳ぐらいですので、平均寿命と健康で生きる寿命の間、男性で8年、女性で12年の差があり、平均10年ぐらいのギャップがあります。この間、極端な場合は寝たきりで過ごすとか、程度はそれぞれありますが、不健康な時間を過ごすこととなります。この不健康な時間10年を限りなくゼロに近づけるというのが本目標であります。健康寿命が延びると、恐らく平均寿命も延びるであろう。そうすると100歳まで元気に生きられる社会が実現するという観点でございます。

そのためには、加齢に伴う様々な疾患、例えば多発性硬化症とか関節リウマチのような自己免疫疾患、あるいはアルツハイマーとか糖尿病とか動脈硬化などの炎症性疾患、あるいは

肺がんとか肝臓がんなどのがん、そういう加齢に伴う疾患を制御する必要がございます。

そして、最近いろんな研究から分かってきたことは、加齢に伴う様々ながんを含めた疾患は、その根本に慢性炎症があるということです。すなわち、慢性炎症を制御すれば、ある程度こういう加齢に伴う疾患を防ぐことができる予想されます。そういう考えの下に、現在五つのプロジェクトが研究推進しています。

睡眠制御という観点が柳沢PMで、例えば睡眠の質とか量というものは平均寿命であるとかうつ病であるとか認知症の発症と密接な関係があるということが分かっています。柳沢PMは、睡眠をいかに制御するか、良いレム睡眠とか、睡眠の質をよくする、あるいは冬眠を誘導するようなそういう研究をしています。

それから、もう一つ、ミトコンドリアというのはエネルギー生産に非常に重要ですが、加齢とともにミトコンドリアの機能が落ちていきます。その結果フレイルフレイルであるとか様々な疾患と関係してきます。阿部PMはミトコンドリアの機能を感知する技術や、あるいはミトコンドリアの機能を保つような薬の開発など、ミトコンドリアによって起こる慢性炎症、あるいは慢性炎症によってミトコンドリア機能が落ちる、そういうミトコンドリアの機能を保つことによって様々な疾患を治療したり、予防したりします。

それから、微小炎症制御の村上PM。加齢に伴って様々な微小炎症が体に起こってきますが、その微小炎症を早期に量子科学技術等を駆使してキャッチする。あるいはキャッチした微小炎症をニューモデレーション、神経刺激等を介して摘み取る、そういう観点から研究しています。

中西PMは老化細胞制御。当然加齢とともに老化細胞がかなりの量が増えてきます。老化細胞はそもそも慢性炎症を引き起こしますし、慢性炎症によって老化細胞も増えるという悪循環が生じてきます。中西PMはこの老化細胞を除去する、あるいは制御することによって健康を保つというプロジェクトです。

栗田PMはフィージビリティスタディですが、リプログラミングというテーマです。簡単に言えば、例えばイモリは足を切断すれば手足が生えてきますが人間は生えてこない。人間でもそれを実現しようという野心的なプログラムであります。リプログラミングは、後でも説明しますが、炎症と非常に関係しています。

こういった5つのプロジェクトで現在推進中ですが、目標7をすすめるにあたり、腸内細菌、免疫、エンジニアリングを主とした観点が不足していると感じています。さらに、ターゲット2のメディカルネットワークを中心とした研究開発も少し弱いと考えています。

そこで、今回の補正予算の50億円で、不足している観点を補う新規公募を行いました。

そしてもう一つは、日米共同声明に基づいて今回政府間レベルで開始することになりました、がんムーンショットに係る新規採択であります。メディカルネットワークは第2回公募として、がんムーンショットは第3回公募として公募いたしました。

第2回公募としては、ターゲット2のメディカルネットワークに関する研究開発、あるいは腸内細菌等に関する新たなアプローチの研究開発と、1提案当たり10億円程度、5年間で、採択数は0～2、ゼロというのは良い提案がなければやめるということです。第3回公募としては、日米連携に基づくがんゼロ社会に向けた研究開発で、これは1提案当たり20億円程度、0～1件当たりを採択すべく募集いたしました。

公募期間は3月7日から5月10日までの2か月間。その結果34件、ターゲットには14件、新規アプローチは9件、日米がんは11件の応募がございました。そして、書類選考とヒアリング審査を経て、最終的に本日御説明します4件を候補として選びました。特に第3回公募の日米がんに関しましては、米国のレビューアレビューアにも審査に参画していただきました。この34件のうち、海外との連携研究が45件あり、全体として海外との共同研究が提案として多くなされていました。

その結果、ここにありますように、第2回公募としては南学PMと本田PM、そして第3回公募日米がんとしては、西川PMと、フィージビリティスタディとして古関PMを候補として選択いたしました。

南学PMは、メディカルネットワークを主としたプロジェクトで、病院を家庭に、家庭で炎症をコントロールするという研究タイトルです。特に体臭などの皮膚ガスを非常に感度よく測定することによって、健康状態をモニタリングする技術を確認する。炎症には、いろいろな病気を引き起こす悪い炎症と、体にとって良い炎症というものがあると。体にとって良い炎症を見極める技術や、もたらすような技術の開発。例えば運動、経験的に運動すれば良いとはいわれていますが、運動しなくてもそれを代替するような療法として、いろんな電気刺激や神経刺激、あるいは運動を模倣するような薬の開発などを行います。一方で、ウェアラブルセンサーと病院をつなげ、在宅診断を可能とするメディカルネットワークを構築することで、健康長寿社会実現を目指していきます。

本田PMは、新たなアプローチとして、腸内細菌に焦点を当てた研究開発です。研究タイトルは、健康寿命伸長に向けた腸内細菌動作原理の理解とその応用。腸内細菌は最近いろいろなことから、炎症性疾患であるとか神経性疾患に関係するということが分かってきました。

アルツハイマー病とかパーキンソン病あるいは潰瘍性大腸炎にも関係するということが分かってきましたが、その実態は未だ謎に包まれています。彼のプロジェクトは、腸内細菌が例えば食べ物等を分解して産生される代謝物の役割や動作原理の解明。また、それがどのようにして神経系に効くのか、あるいは免疫系に効くのかという基礎的なことを解明する。さらに、その結果から介入する技術を開発し、アルツハイマー病とかパーキンソン病、あるいは様々な慢性炎症疾患を制御していきます。特に百寿者、100歳以上健康で生きている人に焦点を当てているというのが非常に特徴的です。

西川PMは、日米連携に基づき、慢性炎症の制御によるがん発症ゼロ社会の実現を目指したプロジェクトです。例えば、がんが発症する間に炎症状態があり、そこから前がん状態から発がん状態まで、P12の図で、レベル1、レベル2、レベル3と段階を踏んで発がんしていく。その炎症状態も、先ほどの健康に良い良炎症と悪い炎症とあったように、どういう炎症ががんを誘導するのかということもよく分かっていない。そういうことを免疫応答の観点とゲノム解析の視野から、発がんまでのステップを詳細に解明していく。そのことによってどの時期に医療介入を行い、非常に超早期にがんの芽を摘む。医療関与をどの時点ですべきかを見極めることがこのプロジェクトの大きな特徴です。そうして医療介入してがん発症ゼロの社会を目指します。

また、ウェアラブルデバイスなどいろんなものを開発していきいき、特にアメリカ側の研究者と密に連携するという、もともとこれは日米連携に基づいた公募ですので、非常に綿密にアメリカ側との研究者との研究計画が練られておりまして、アメリカ側のレビューアレビューアからも非常に高い評価を得ています。

古関PMは、フィージビリティスタディとしての採択候補です。で老化によっていろんな慢性炎症が起こってきます。その慢性炎症は、実は最近の研究で単に悪いことばかりしていない、良いこともしていると。例えば老化細胞の周辺には細胞が、少数ではありますが、出てくるのがだんだん分かってきました。すなわち、慢性炎症、あるいは老化の過程で細胞の運命転換、何とか若返らそうと必死な努力もなされるということが分かってきました。そのバランスを悪い方じゃなくて良い良方に変えようというのがこのプロジェクトの趣旨であります。例えばがんを抑制するようながん微小環境そのものを若返らせてしまう。あるいはがん細胞になりかけた細胞、あるいはがん細胞を細胞運命転換技術によって正常化してしまうというような、非常に画期的な技術であります。これは言わば山中先生が発見したiPS、リプログラミングのその考えの延長線上にあります、それを全身で実現してがんリスクを

ゼロにしていこうということでありまして、本目標7の全体にも非常に影響するプロジェクトであると考えます。

そういうことで、現在走っているこの五つのプロジェクトに加えて足らなかった部分、例えば腸内細菌の観点では本田PMが、エンジニアリングあるいはターゲット2のメディカルネットワークの観点からは南学PMが、そして免疫の観点からは西川PMを加えるということで、より強力になろうということは考えられます。

さらに、日米がん連携としては、西川PM、古関PM。がん細胞だけじゃなくでがんを取り巻き育成するような田畑、若返らせて、限りなく若返らせて正常化する野心的なプロジェクトプロジェクト、こういうものを採択候補としています。

一つ一つのプロジェクトプロジェクトが当然高いレベルで進捗するだけでなく、慢性炎症を一つのキーワードとして連携し、全体としても最大効果が得られるということをPDとしては期待しています。

資源配分方針は特に前回と変わりませんが、特に今回は国際連携に関しましては日米がんが入った結果、西川PM、あるいは古関PMを中心として強力になりました。今後は米国のNIH-NCIとも協力しながら日米で研究を実施する相乗効果で成果が最大になるように進めたいと思っております。

社会実装等の方策ですが、前回いろいろ助言いただきました。特にELSIの点では今回松尾先生をELSIのアドバイザーとしてお迎えすることができました。今後松尾先生とともにELSIの観点からいろんなアドバイスを受けたいと思います。

数理では、それぞれのPMは既に数理の専門家、AIの専門家と共同研究をしています。それに加えて、目標7全体や各プロジェクトで数理を活用すべく、既に高安先生に数理専門のアドバイザーとして参画いただいております、公募の選択過程を含め数理の観点からいろんなアドバイスを既に受けております。

以上で私の説明を終わります。よろしく申し上げます。

○星野座長 ただいまの説明につきまして、有識者の皆様から御意見を申し上げます。

○福井委員 非常にテーマが広くて、申し訳ありませんが、慢性炎症というキーワードから全部がぱっと思い浮かぶかどうかというと、少し難しいのではないのでしょうか。全てのテーマが重要だということは十分承知しているつもりですが、普通の臨床医の視点からは、さっとなつながらないところもあるように感じました。

それから、遺伝子レベルのお仕事は栗田先生が主として行われるということでしょうか。

- 平野PD すみません、遺伝子レベルというのはどういうレベルの話でしょうか。
- 福井委員 炎症を起こすメカニズムの中で、DNAだとかRNAがどう関わっているのかがテーマになるのではないかと思います。
- 平野PD それは多分西川PMが、前炎症状態、前発がん状態、発がんという過程でゲノム解析しますので、その過程から分かっていくと思います。

栗田PMはゲノムというか、古関PMもそうですがこれはリプログラミングなんですね。例えば山中先生が発見されたiPS細胞、あれは四つの遺伝子を入れることによってリプログラミングする画期的なことが分かったわけでありますが、その考えの下に、例えば栗田PMは切断された四肢のところに、特有のいろんな組合の遺伝子を導入してリプログラミングを起こして手足を生やしていく発想です。一方、古関PMは、例えば山中先生が発見した四つの遺伝子をマウスに全部発現すると、体全体が確かにリプログラミングを起こしますが、テラトーマができたりがんができたりするわけです。ところが最近、部分的にリプログラミングの因子をネズミ全体に放り込むと一時的にちょっとだけ発現させるとか、タイミングよく細胞が若返ってくると、そのことによって加齢に伴う疾患がちょっとよくなったと、そういうマウスの報告が出てきました。

というのはいろんな炎症を誘導して悪いことしますが、老化細胞のごく一部に、若返った細胞が出てくる。老化悪いこともしているが、何とか修復しようという再生機構も働いている。そのメカニズムを、古関PMはできるだけ良い方向に持っていくにはどうしたらいいか、そのメカニズムを解明し、体全体を若返らそうという、非常に野心的な、正にムーンショットにふさわしいプロジェクトですけど、実現性がどこまでいくのかというのはもちろんハイリスクハイリターンですね。

もう一つの質問、慢性炎症で全てをくくれるかですが、これは確かにおっしゃるとおり。そもそも100歳まで健康で生きるということで、ターゲットそのものも非常にばらばらでバラ色、包括的なんです。その下で私はPD任されたときに、いろんな切り口があるだろうけど、私の今までの研究成果や経験から、慢性炎症というのは非常に重要であるということはもう既に確立されていたので、いたので、そこをキーワードにして公募をした。だからといって、ここにある全てが完璧に関係するののかというと全てではない。例えば柳沢PMは別に慢性炎症を意識せずに睡眠制御を純粹に研究しています。当然それはいいのですが、考えてみれば、加齢で睡眠がおかしくなってくると例えばうつ病とか認知症とか慢性炎症と関係するような病気が起こってくる。逆に、睡眠中枢が加齢で老化細胞が脳に増えて、あるいは慢性炎

症が起こって睡眠中枢が侵されるという観点も当然あり得るわけです。そうすると、柳沢PMは目標7に入ったことで、様々な微小炎症とか老化細胞をやっている人と組めば、睡眠中枢をおかしくしている一つの原因を解明できる可能性があります。

ということで、確かに先生のおっしゃるように一見関係ないかもしれないけれども、実は全てのテーマが関連しています。ミトコンドリアも、ミトコンドリアがおかしくなると慢性炎症を起こしますし、慢性炎症を起こすとミトコンドリアがおかしくなるという逆相関があります。老化細胞は正に慢性炎症と表裏一体ですし、微小炎症や腸内細菌も慢性炎症を引き起こす。慢性炎症を切り口に考えると、全てのプロジェクトは共通点がある。ただし、もちろんそれぞれの研究個性があって、さっき言いました睡眠の例のように、何も慢性炎症という観点からやらなくても睡眠制御というのは柳沢PMがもうノーベル賞級の仕事をやっておられる

○福井委員 了解です。ありがとうございました。

○平野PD 私としては、PDとして慢性炎症の観点でやれば私自身もやりがいがあるし、ひとつのストーリーとしてなるんじゃないかと思って、そこから新たな何か発展があればいいと思っています。

○星野座長 ありがとうございます。

本日の有識者からの意見も踏まえて、研究開発を着実に推進していただきますようよろしくお願い申し上げます。

それでは、閉会の議事に移ります。

本日は長時間にわたり御議論を頂き、誠にありがとうございました。

最後に、事務局から今後のスケジュール等について説明をお願い申し上げます。

○龍澤参事官 大変お疲れ様でございました。

本日の議事の内容につきましては、議事概要として後日確認をさせていただきますので、よろしく願いいたします。

次回の予定でございますが、目標4、5の中間評価ステージゲートを議事としまして、12月から1月頃開催する予定としております。

以上でございます。

○星野座長 ただいまの説明につきまして御質問はございますか。

それでは、会議を終了いたします。

本日は活発な御議論を頂き、誠にありがとうございました。

午後0時22分 閉会