

第5回 原子力経済性等検証専門部会・
平成24年度第2回原子力分科会 合同会議

日時 平成24年11月13日（火）15:00～
場所 県庁 本館4階特別会議室

（伊藤理事）

本日はお忙しい中、ご出席いただきまして、誠にありがとうございます。

ただいまから、第5回原子力経済性等検証専門部会および平成24年度第5回原子力分科会の合同会議を開催いたします。

はじめに、川勝知事からご挨拶申し上げます。

（川勝知事）

本日は、この原子力経済性等検証専門部会と、もうひとつ、原子力分科会との合同会議ということになります。

大変、お忙しい中、有馬先生はじめ、松井先生、さらに、各先生方ご参加くださいまして、心より厚く御礼を申し上げます。

そして、本日は、特別委員といたしまして、光産業創成大学院大学の加藤学長先生、そして、北川先生に参加していただき、また、オブザーバーとして、中部電力の阪口副社長にも、ご出席いただいております。

心より、御礼申し上げます。

本日の会議は、将来の発電技術等に関する研究をテーマに設定しております。

この間、私、8月9日ですけれども、レーザー融合発電の実験施設を、加藤先生、北川先生に、ご案内たまりまして、大変、感銘を受けたわけでございます。

そして、レーザー核融合発電の研究開発の状況についてご説明を受け、さらに、また、原子力発電所の廃炉措置への光技術の応用等についても、最新の知見の一端を、この間、ご披露いただきました。

これは、もう、是非、ここで、広く知っていただく必要があるということで、今回、お招きをしたということでございます。

中部電力の皆さま方には、本年7月に、浜岡原子力発電所内に、原子力安全技術研究所における研究の状況等について、ご報告をいただけることとなっております。

この原子力分科会というのは、実は、3.11以前に、「原子力防災安全学術研究会」というのを立ち上げておりまして、その時に、原子力を中心にした分科会を立ち上げたわけですが、それが、そのままになっておりまして、3.11以後、津波の分科会、あるいは、「火山・地震分科会」、そして、この専門部会というものが立ち上がりまして、この分科会に、最も、近いところが、この原子力分科会という会議でございます。

今日、初めて、合同で開くということになったわけでございます。

ここで得られた知見を、県のエネルギー政策に活用してまいりたいと存じますので、なにとぞ、よろしく願いを申し上げます。

(伊藤理事)

続きまして、原子力経済性等検証専門部会会長、また、県防災・原子力学術会議の顧問でもいらっしゃいます、有馬先生から、ご挨拶をお願いいたします。

(有馬部会長)

みなさん、こんにちは。

有馬朗人で、ございます。

先ほど、申しましたように、新幹線が5分ほど遅れましたので、ちょっと、遅れたことを、お詫び申し上げます。

さて、この、私が、顧問をさせていただいております静岡県防災原子力学術会議に設置されております「原子力経済性等検証専門部会」と「原子力分科会」との、初めての合同会議を行うことになりました。

今、知事さんが、おっしゃられたとおりでございます。

そこで、皆さん、お忙しいところを、お出でいただきまして、ありがとうございます。

まず、それぞれの方々の、ご活躍になっておられます専門分野の立場から、「経済効率性」、「安全供給確保」、「環境適合」という3Eの視点に加えまして、「安全性」の視点を加えて、ご議論たまわりたいと思っております。

本日の会議は、「将来の発電技術等に関する研究」について意見の交換を行うことにしております。

3.11の大震災以来、我が国のエネルギーの将来どうあるべきかの議論が、大変、激しく、盛んに議論されておりますが、なんていっても、将来を担う若い研究者、科学者、技術者を養成することが、私は、非常に必要だと思っております。

いかなる方向に進もうと、日本のエネルギーを確保するために、若い人材を養成すること。

これが、非常に、大切でございますので、再生可能エネルギーの面でも、原子力の安全性の面でも、なんとかして、若い人材を育てなきゃならないと思っております。

私が、非常に心配しておりますことは、ほうぼうで講演などをしておりますと、科学技術に対する不信感、それから、また、科学者、技術者に対する不信感が、非常に深まっていることです。

なんとかして、科学者、技術者に対する信頼性を取り戻すことと、その根本にあります、科学と技術の重要性に関する国民の信頼を確保する、回復するように、もっていかねばならないと思っております。

発電技術等に関する研究といっても、幅広いのでございますけれども、本日は、浜松市の中にある、浜松ホトニクスが中心になって、やったださっております研究、および、そのホトニクスの下にあります、光産業創成大学院大学で行われております、光科学、光技術の研究を、これは日本で非常に進んでおりますので、これを今日のテーマとして取り上げることいたしました。

本日は、お忙しい中、光産業創成大学院大学から、加藤学長と、北川教授の二人に、ご出席いただいておりますので、どうぞ、よろしく願いいたします。

加藤学長からは、主に、原子炉廃炉、使用済み核燃料の分析・管理、除染等への光技術の応用など、原子力と光科学、特にレーザーとの接点について、お話いただくことにいたします。

また、北川教授からは、レーザー核融合研究の現状、今後の展望等について、ご発表いただくことにしております。

私も、レーザーが原子炉の廃炉に使えるとか、使用済み核燃料に使うっていうことが、今、ヨーロッパでも、非常に盛んに行われておまして、関心を持っています。もし、間違えだったら確かめてください。EU諸国が、皆、協力して、1千億ぐらい使っているんですかね、なんか、非常に大きな金を出しているということで、加藤先生から、その辺の話を、できれば、幸いだと思っております。

よろしく願いいたします。

それから、核融合炉につきましては、アメリカをはじめとする各国で、研究が進められておりますが、非常に心配しているのが、ITERの将来です。

ITER、トカマク型の研究が、一体、どうなるのか、大変な大きなお金を、世界中の国々が協力して出してやっていますけれども、日本では更にブロードアプローチで努力していますが、なかなか、芽が出てこないというので、心配しております。

私が、大いにサポートした時に、約束事は30年の内には、発電をしようと言っていたのですが、本当にそうなるのかどうか、その辺を心配しております。

今日は、お話いただくのは、レーザーの関係だと思いますが、レーザーも、今日、北川先生から、お話があると思いますけど、アメリカのリバモアあたりで、大変、一生懸命、やっておりますので、その辺のことについて、お話をいただければ幸いです。

そして、また、土岐にある核融合研では、トカマク型と違ったやり方をやっていますが、その辺はどうなったのか、大阪大学は、一体、どうしちゃったのか、その後。

その辺の話も、お聞かせいただければ幸いです。

核分裂反応のような高レベルの放射性廃棄物が少なく、自然界中の無尽蔵の資源を燃料とすること、などということから、このレーザーによる核融合が実用化されれば、大変、素晴らしいと思っておりますので、今日、お二人から、その辺のお話をお聞かせいただければ、幸いと思っております。

また、オブザーバーといたしまして、ご臨席いただいている中部電力の皆さま方からは、

本年7月1日に設立した「原子力安全技術研究所」における、研究の取り組み状況の将来的な展望を、お聞かせいただきたいと思います。

我々は、将来のエネルギー政策につきまして、あらゆる可能性について、科学的な態度で進まなければならないと思っております。皆さまが、大変、真剣に、ご議論してくださっていることを、感謝申し上げます。

よろしく願いいたしたいと思います。

ご出席いただいた皆さま方の活発な、ご議論、ご提案を賜るようお願いいたしまして、私のご挨拶といたします。

ありがとうございました。

(伊藤理事)

ありがとうございました。

それでは、ここで、本日、ご出席いただいている皆さま方のご紹介ですが、お手元に出席者名簿と座席表を配布しております。ご参照いただければと思います。

個々の紹介につきましては、知事、また、有馬部会長からのご挨拶でご紹介ございましたので省略させていただきます。

それでは、お手元の会議次第に基づきまして進めさせていただきます。

これからの議事進行は、有馬部会長をお願いいたします。

(有馬部会長)

それでは座長をやらさせていただきます。

本日の会議は、「将来の発電技術等に資する研究について」というテーマで審議を進めてまいります。

本日の予定でございますが、会議の終了時刻は、一応、5時としておりますが、議論の状況によって、若干の、延長をいたしますので、若干っていうのは、1時間とか2時間じゃないですよ。若干ですよ。ご記憶願いたいと思っております。

それにしても、若干の時間延長を考えておりますので、よろしく願いいたします。

それでは、議事に入らせていただきます。

まず、中部電力から、原子力安全技術研究所における研究等の取り組み状況について、ご報告をお願いいたします。

よろしく。

(中部電力 鈴木所長代理)

それでは、ご説明をさせていただきます。

中部電力の原子力安全技術研究所の所長代理をしております鈴木でございます。

よろしく願いいたします。

本年、7月からの設立ということで、先ほど、ご紹介をいただきましたのですけれど、「原子力安全技術研究所の取り組みについて」ということで、ご紹介をしております。

弊社は、昨年3月の福島第1の事故を契機といたしまして、さらなる、原子力の安全性向上を目指して、これまでの原子力に関する研究の取り組みを、一層、強化することといたしました。

取り組みの強化にあたりまして考えましたが、資料にもございますように、二つポイントがございます。

ひとつは、現場密着型であるということでございます。

現場密着といいますのは、原子力発電所を、運転、運営する事業者として、原子力発電所の安全性向上、それから発電所の運営の改善に資するということが、浜岡の発電所の現場をですね、有効に活用した研究、あるいは、現場のニーズを、よりの確に把握した研究を、当社が中心となって取り組んでいきたいということでございます。

それから、もうひとつは、公募研究の実施についてということでございますけれど、将来にわたって、原子力をエネルギー源として、安全に利用していくというためには、将来の技術に資する基礎、基盤的な研究などについても、広く、大学、あるいは、研究機関等と連携をして、取り組んでいきたいと考えております。

こうした研究の取り組みによって、研究員自身の育成は、もちろん、発電所の技術者の技術力向上といったことにも繋がります、人材育成にも貢献できるというふうに考えております。

さらに、こうした研究の取り組み強化によって得られます研究成果は、積極的に公開をしていくことで、地元の皆さま方にも、安心をしていただけるということに繋がればよいというふうに考えております。

こうした考え方から、7月に、原子力に関する研究の拠点ということで、原子力安全技術研究所を設置したところでございます。

本研究所は、先ほども申しましたように、発電所の現場を有効に活用するということが、現場と密接な連携を図りながら研究を進めるということで、浜岡原子力発電所の構内に設置をし、浜岡をですね、発電所と、この研究所と併せて、原子力の研究拠点とするということで、進めていくこととしたものであります。

当研究所は、ご覧いただけますように、所長が一人おりますけれど、その下に、業務グループ、プラントグループ、地震・津波・防災グループというような3つのグループから、なっております。

発電所の兼務者を含めまして、26名の要員でスタートをしております。

また、原子力に関する研究全般の、指導、助言をいただくためにですね、原子力の専門家の方、それから、地震・津波防災の専門家、それぞれ、お一人ずつを、この研究アドバイザーという形で招聘することとしております。

主な研究のテーマということで、開設時からのプランでございますけれど、ひとつ目は、

安全性向上に資する研究ということでございます。

浜岡のフィールドを活用するものとして、例えば、ただいま、廃止措置中でございます1・2号機から、今後、解体をすることによって出てくる材料というのがございますけれど、機器、設備の経年変化の状況を、実際に把握する上で、貴重な材料になろうかと思えます。そういった材料を生かして、研究を行いたいということでございます。

それから、地震・津波等の観測データを、発電所の運営に適用して、生かしていく研究というのも、安全性に資するものだというふうに、この1番の所で、考えているところでございます。

それから、二つ目は、1、2号機の廃止措置、そのものの改善に資する研究。

それから、三番目は、3、4、5号機の運営、これは、保守・作業性の改善ということでございますけれど、これに関する研究ということでございます。

それから、四つ目は、将来の技術に資する研究ということです。

これについては、特に、大学、研究機関などとの連携によって、取り組んでまいりたいというふうに考えております。

次に、今、申し上げました主な研究テーマに即してですね、これまでに取り組んでおります研究の中から、幾つかの事例をご紹介します。

まず最初に、安全性向上に資する研究の例でございますけれど、ここにもございますが、応力腐食割れ等の劣化現象に関する研究ということで、この資料のですね、ここに、応力腐食割れの例ということで、ヒビ割れの写真を載せてございますけれど、平成13年11月に、浜岡原子力発電所1号機の原子炉の下部、下の部分から水漏れが発見をされた際に、調査、解析の結果、この漏洩の部位に、応力腐食割れによる亀裂が発生したことが判明をいたしました。

この応力腐食割れは、原子炉等の材料となるステンレス鋼に、応力、材料に含まれております力、それから、腐食割れを招きやすい環境、それと、材料の性質というような3つの特殊な要因が重なった時に、発生する可能性があるヒビ割れでございます。

この応力腐食割れのメカニズムを解明いたしまして、それが、どのように進行していくのかを、明らかにする研究に取り組んでおります。

このように、発電所設備の経年劣化の状況を的確に把握いたしますことは、適切な保守、管理を可能にし、機器の故障、トラブルの未然防止に繋がるということで、安全性向上に、大きく資するものであるというふうに考えております。

次のスライドの方は、これは、応力腐食割れの実験装置でございますけれど、原子炉内の環境を模擬いたしまして、高温高圧、ここに、280度、70気圧というふうにご覧いただけますけれど、そういう水中にですね、材料となる試験片を設置いたしまして、割れの進み具合のデータを取得しております。

これによって、どのような条件で、応力腐食割れが、どのように進むのかということをも明らかにして、使用している材料の劣化を、適切に管理することに繋がりたいというもので

ございます。

なお、この実験装置は、今、名古屋市内にございます、弊社の技術開発本部に設置されておりますけれども、来年度には、当研究所の実験設備ということで、浜岡原子力発電所の構内にも設置を予定しているところでございます。

また、この他に、応力腐食割れに耐える力、耐性の高い材料の開発を目指す研究も行なっております。

次に、安全性向上に資する研究の事例として、もうひとつ、ご紹介申し上げます。

津波の早期検知に関する研究の事例でございます。

津波の観測に関しましては、発電所の前面における沿岸の津波の高さですとか、津波の到達時間を、早期に検知しようというのが狙いでございます。

津波の観測に関しましては、既存のものとしたしまして、ここに、GPS 波浪計のデータというふうに書いてございますけれども、国土交通省港湾局によりましてですね、静岡県御前崎沖、あるいは、三重県尾鷲沖など、沖合、約 20 キロメートルの所に設置されたブイ式の波浪計というのがございます。

GPS 機能を持っておりますので、GPS 波浪計というふうには、我々、呼んでおりますけれども、これのデータが、今、観測をされているところでございます。

それとは別に、弊社が観測をこれから行うものとして、ここに、電波による津波監視データというのがございますけれども、浜岡原子力発電所の敷地内に 1 カ所、それから、敷地の外に 1 カ所、レーダー設備を設置いたしまして、そこから、受発信をする電波によって、沖合のですね、海の表面の流速を測定しようという計画をしております。

また、さらに、弊社が行なうものとして、浜岡原子力発電所の高い、構内の高い位置にですね、高感度のカメラを設置いたしまして、先ほどの、この、GPS 波浪計のブイを、遠くから、高感度カメラで監視をします。

そのブイの動きを、ずっと観測をしていくというようなことで計画をしております。

これらの、GPS の波浪計のデータ。

それから、電波による津波監視データ。

そして、高感度カメラによる画像のデータというようなものを組み合わせて、解析をいたしまして、例えば、このスライドの右下にございますけれども、ひとつの画面で、こういうふうには、視覚的にも分かりやすく表示をして、直感的、かつ、定量的に津波襲来を把握できるような、統合的なシステムの構築を目指した研究を行なっております。

それから、二つ目の 1、2 号機廃止措置に関する研究の例といたしましては、廃止措置作業に伴う被ばく量の評価に関する研究というのを、ご紹介をいたします。

浜岡原子力発電所の 1、2 号機は、21 年に運転を終了いたしまして、現在は、汚染状況の調査、あるいは、除染などを行なっている段階でございます。

この研究は、実際に、設備の解体が始まります予定の段階以降での、解体作業に伴う被ばく量をですね、解体対象の機器ごとに含まれております放射能の量、あるいは、汚染状

況等から、適切に推定する手法を開発するというものでございます。

今、この第1段階にございまして、ここで、汚染状況の調査、除染等ということで、機器の、いろいろなデータを、膨大に集めているところでございます。

それを、作業環境ごとに、第2段階、これ解体が実際に始まってまいりますので、これに併せて、廃止設備の全体を見ながら、どの工事を、いつ頃、何人ぐらいの人間で行うと、どの程度の被ばくになるかということ、評価できるようにするというので、より合理的、効率的に、最適な工事計画を作ろうというのが狙いでございます。

次に、3・4・5号機の保守、作業性に関する研究の事例を、ご紹介いたします。

ここでは、放射線環境評価ツールの開発研究ということでございますけれど、これは、原子炉格納容器内の配管機器の内部にですね、放射性物質が蓄積することで、それが、放射線を出す、放射線源というふうになります。

点検・保守の作業をいたします場合には、この放射線源の近くで作業をすることが必要になりますので、どこで作業をすると、どのくらいの放射線量があるかということ、把握することで、作業計画を策定する上で、被ばくを低減することに役立てようというものでございます。

このツールの開発につきまして、まず、原子炉の水の中でですね、放射性物質の移行挙動、放射性物質が、その水の中で、どのように動くかというのをシミュレーションをする手法を開発をいたしまして、配管とか、機器の内部に、どの程度の放射性物質が蓄積し、それが放射線源となるかということ、まず把握をいたします。

次に、その配管や機器があることで、放射線が遮蔽される効果を考慮いたしまして、その近くで作業をする作業者が、どの程度の被ばくの可能性があるかということ、予測いたします。

それらを組み合わせて、放射線環境を視覚的に表示できるシステムを開発すると、それによっては、被ばくの低減をサポートしようというものでございます。

このスライドの左側ですけれど、格納容器内の3次元モデルというふうになっておりまして、格納容器内の全体を3次元モデルによって表示をし、放射線量の分布の高い、低いを、色によって表示をしています。

それから、右側は、作業エリアごとということで、これは格納容器内に作業者が立った、作業者の目線で表示をするというものでございまして、構造物と重ねて、これも色分けで放射線量の分布を示しております。

次は、同じく、3・4・5号機の保守・作業性に関する研究ということで、燃料体外観検査用の水中カメラに関する研究というのを、ご紹介いたします。

これは、燃料プールの中に、燃料体、原子燃料の集合体が置かれておりますと、これが、その模式図でございまして、これに対する点検としては、燃料の上部、これ、上から見たところなのですが、このハンドルの所に、それぞれ、識別番号という番号がふつてございます。

この番号を使うことで、原子炉の所定の位置に、燃料集合体が正しく装荷されているかどうかということを確認いたしますのが、装荷位置確認とっておりますけれど。

それと、もうひとつは、この燃料棒の曲がりだとか、傷がないかということを確認、観察をいたしまして、健全性を確認する外観検査というのをやります、このふたつ。

従来、これらの検査にはですね、放射線への耐性、耐久性を優先した水中カメラを使用しておりましたんですけど、解像度が低いことから、非常に、見にくいというのがございまして、ひとつ、ひとつを、モニターに、一回ずつ表示をさせて、時間をかけて確認をする必要があったということから、より視認性の良い、鮮明な画像が得られる水中カメラを開発したいということで、研究を行ったものでございます。

これが、汎用性のあるハイビジョンカメラを使いまして、このような大きさの、耐放射線についても、従来型と同等のものを開発し、画像の比較で見いただきますと、先ほど申し上げた個体の識別番号というのが、このハンドルの所についておりますんですけど、左側のやつが従来のカメラで、こちらが今回の開発のカメラということで、鮮明に出るようになってきているということでございます。

これが、装荷位置の確認と、それから、外観検査の両方に共通して使える解像度の高いカメラを開発いたしました。

模擬の燃料体に傷を付けたサンプルで撮影をいたしました所、0.3 ミリ程度のピンホールを検知することができたということで、24 年度から、現場への適応を行なっているところでございます。

それから、最後の四つ目の、将来技術に資する研究でございますけれど、こちらについては、公募研究という形で、広くアイデア、テーマを募集してですね、これまでになかった視点を含めて、幅広い技術を見出すことを狙いとして、10 月の 19 日から、その公募研究の募集を開始したところでございます。

公募研究によりまして、冒頭にも申し上げましたんですけど、弊社の研究所と、大学や研究機関などとの連携を図ることで、将来の原子力を維持していく上で重要な研究に取り組みたいというふうに考えております。

連携の中では、弊社の研究所員も、積極的に研究に関わり、あるいは、弊社の施設、あるいは、設備を使ってもらおうというようなことも考えてまいりたいというふうに思っております。

公募研究について、若干、ご紹介をさせていただきますと、応募資格としては、全国の大学、公的研究機関に加えて、静岡県内に事業所のある企業も、対象というふうにしております。

応募いただいた案件の中から、10 件程度を選びまして、1 件についての研究費年 500 万ということで考えております。

選考方法といたしましては、社外の学識経験者の方々に委員をお願いして、アドバイザリ・コミッティという形で編成をし、1 次、2 次選考を経て、選択後、採択案件を決定いた

します。

今回、募集いたします研究の領域は、資料にございますように、4つ、ございます。

開所当時からの、研究所のテーマと、当然ながらリンクをしておりますけれど、領域の1に、将来技術に資する基礎基盤的研究と、やはり、この場合は、こちらが、一番、研究の、今回、対象とさせていただいている皆さんの方の研究対象としては、一番、多いのかなというふうに思っているところがございますけれど、次世代の原子燃料サイクルに関する技術開発、あるいは、新型原子炉に関する技術開発というようなものが対象となろうかと思っております。

新型原子炉に関する技術開発では、原子炉物理、高温ガス炉、4S炉、あるいは、小型軽水炉、トリウム炉などを、キーワードとしてお示しをしているところがございます。

トリウム炉についても、今回の公募の対象としております。

また、検知・検出に関する革新的な技術開発ということで、特定の難しい成分、あるいは、放射性物質などの検知・検出の原理、あるいは、装置に関する技術開発も必要だというふうに思っているところがございます。

それから、領域の2では、安全性向上ということでございますけれど、この3つ目の丸、万一の事態・リスクに対応する研究というのがございますけれど、これについては、福島事故に鑑み、万一、事故の発生時に備える研究ということで、福島でも注目をされましたけれど、建屋内での各種調査用のロボットの開発、あるいは、電源喪失時の測定技術、測定機器、あるいは、屋外での放射性物質の漏洩防止みたいなものをですね、飛散防止などをイメージしております。

それから、領域の3でございますが、1、2号機の廃止措置の改善に資する研究の、この放射性物質の除染に関する研究のところでは、ひとつの例ではございますけれど、例えば、材料の表面を削ったりする技術、サンドブラスターとか、アイスブラスターというような、ブラスター技術を、お持ちのですね、企業の技術力の提案が、期待できる分野としては、この辺があるのではないかというふうに考えているところがございます。

それから、領域の4。

3、4、5号機の保守性・作業性については、非破壊検査装置の改良だとか、防護機材の開発などに加えて、作業員の建屋の中での位置情報計測だとか、LANとかですね、GPSのようなものも視野に入れているところがございます。

このように、原子力のコア技術のみならず、幅広く、要素技術も含めて対象としてまいりたいと思っておりますのが、地震・津波防災に関しても、是非、アイデアをいただきたいというふうに思っているところがございます。

公募研究について、募集する研究要綱について、お示しをいたしましたんですけど、もうひとつ、申し上げておきますと、選考の結果で、採択された研究については、25年度から、第1回目ということで、研究を開始していただきますけれど、概ね、1年を経過した段階で、研究成果についての発表会を、地元を中心として開催をいたします。

広く、地域の皆さまにも公開をしたいというふうに考えております。

以上、原子力安全技術研究所の設置によりまして、原子力に関する研究の取り組み強化について、説明をさせていただきました。

弊社といたしましては、これらの取り組みをはじめといたしまして、原子力安全に関する諸施策に、今後とも、全力で取り組み、地域の皆さまをはじめとして、社会の安心に繋がればというふうに、全力を挙げて取り組んでいきたいというふうに思っているところでございます。

以上でございます。

ありがとうございました。

(有馬部会長)

はい、ありがとうございました。

ここで、ご質疑、ご討論いただきたいところですが、あと2つ、30分、25分か、ご報告がありますので、全般をお聞きした上で、総合的な、ご質疑、ご討論いただきたいと思いますが、特に、今の、ご発表に対しまして、緊急に、ご質問になりたい方がおられましたら、お願いいたします。

なお、松井さんは、5時に出られるのかな？

45分？

じゃ、今、質問して下さい。

特例を設けるので、どうぞ。

質問をお願いいたします。

(松井所長)

いくつか、ありますけれども。

GPS 波浪計というのは、今の GPS ですよね、これはね。

将来は、日本の準天頂衛星ってありますけれども、その精度が、全然、違う話なので、現在の GPS だと、かなり精度が悪いと思うんですが、将来の、その準天頂衛星が利用できるような段階になると、どのぐらい、これ、良くなるんですかね。

(中部電力)

現在、私どもとしては、国土交通省さんから GPS 波浪計のデータをいただいて、それを、弊社の観測する他のデータと組み合わせたシステムを開発するというところでございまして、GPS 波浪計の精度の進化ということについては、今後の課題ということで、直接私どもが、それに関して、申し上げる状況にはございませんので、ご理解をいただきたいと思います。

(松井所長)

あと、もう1点。

水中カメラを開発しているということですが、これは、なんか、入れて、いろいろ動き回らせられるんですか？

動力がついているんですか？それとも、ただ、沈めて？

どういうものですか？

(中部電力)

取り替えのために電動で燃料棒を動かす機器の先端の所に、そのカメラをつけることによって、動かすようにしております。

今回の開発の中で、出来るだけ自由に動かせるように操作性についても改善しているということでございます。

(松井所長)

もう1点ですけど。

シミュレーションで、いろいろって言っていた、そのシミュレーションのモデルを、何か、観測したものと比較するという、そのモデルの妥当性というか、そういうのは、何で、例えば、シミュレーションの正当性とか妥当性は、チェックしているんですかね。

(中部電力)

放射線の環境評価ツールについてということで、よろしゅうございますね。

(松井所長)

だからですね。

シミュレーションして、それに基づいて、というけれど、そのシミュレーションの元の方、そのモデルがね、どこまで妥当なのかということがないと、全然、シミュレーションやったからって信用できないですよ。

そういうものというのは、何か、測定をした何かとシミュレーションしたものと対応をさせて、これでいいという何か、根拠がないと、シミュレーションっていってもあまり、意味が無いと思うので。

そういうものというのは、これは、何かあるんですか？

(中部電力)

実測値との対象というのは、シミュレーションのデータと実際の作業時に取りましたデータとの突き合わせをして妥当性を確認しております。

放射線環境評価ツールにつきましては、現場への実際の適応に向けてさらに検証し改良

をさせていきたいと考えているところでございます。

(松井所長)

はい、ありがとうございます。

(有馬部会長)

それでは、次にまいりまして。

加藤学長から、お願いをいたします。

(加藤学長)

光産業創成大学院大学の加藤でございます。

今日は、「原子力とレーザー・光技術」という題で、ご報告をさせていただきます。

私は、ずっと、レーザーに関する研究をしてきておりまして、特に、レーザー核融合に関し、大阪大学レーザー核融合研究センターで、23年ぐらい研究しておりました。

その後、1998年に、日本原子力研究所に、光科学研究のための関西研究所ができましたのでそこに移りました。原研では、レーザー、放射光、さらには、原研で長年にわたり取り組んでいる中性子科学電子線やイオンビーム利用、これらを総称して現在は量子ビーム応用研究と呼んでおりますが、そういう研究に携わっておりました。

その間、原子力エネルギー分野の方とも、いろいろ、一緒に仕事をさせていただきましたので、今日は、こういうタイトルで話す機会をいただきまして、ありがたく思っております。

原子力と、それから、レーザー・光技術ですが、元々は、奇跡の年、ミラクルイヤーといわれていますが、1905年に、アインシュタインが、いくつか、重要な論文を発表しました。この年に、光量子、光はエネルギーをもった粒でできているという論文、それから、特殊相対性理論を発表します。

それが、レーザーと原子力を生み出す元になったわけです。

そういう意味で、レーザーと原子力は20世紀を代表する科学技術であり、兄弟といえるかどうか分かりませんが、近い関係にあるというふうに、私は思っております。

そうではあるのですが、現時点で、原子力の分野で、このレーザーと光技術が、どのように利用されているか、新技術開発の状況はどうか、等々について、丁度、考える良い機会かと思いましたので、若干、そういう話を加えさせていただきたいと思っております。

それで、これに関しては、いろいろな方から、私の知人あるいは友人から、ご協力いただきまして、資料の提供等をいただきました。

原子力に関する課題に、それぞれの立場で、皆さん、いろいろな活動をされていますが、研究開発的としては、原子力機構の敦賀本部に、レーザー共同研究所が数年前に設立されて、そこで、大道博行さんが、所長になられて、原子力とレーザー技術を主題として

いろいろな研究開発をされています。また、若狭湾エネルギー研究所などでも、原子力とレーザー技術の研究に取り組んでおられます。

それから、企業に関しては、東芝の佐野さまから、資料提供をいただきましたが、いろいろな企業で、いろいろな開発が行われておりますので、今日、私が紹介するのは、ほんの、その一部であり、例であるというふうに、ご理解いただきたいと思います。

まず、原子力機器製造へのレーザー利用について述べますと、レーザーは、非常に、高精度の加工ができますので、既に、制御棒であるとか、使用済燃料貯蔵容器だとか、いろいろな所に、レーザー加工が使われております。

レーザー技術自体も、非常に進歩しております、最近では、この図に代表されるように、リモート溶接と呼ばれていますが、被加工物から離れた所から、レーザー光を放射して、それで、離れた所の加工物を、非常に高精度で加工すると、そういうことができるようになっております。これは、レーザーの出力と集光性能が向上したことによるのですが、それと、高速に動く鏡とロボットと組み合わせて、非常に複雑な構造物を、精密に高速に加工する。そういうことが可能になっておりまして、いろいろな産業分野で使われております。

重要なのは、原子炉を保全など、原子力の今後に関する問題ですが、先ず保全に関して、レーザーの非常に代表的な応用として、レーザーピーニングによる原子炉の予防保全という技術がございます。

これは、東芝で開発された技術です。原子炉において、その点検が非常に重要で、限られた期間内に、非常に複雑な作業をするのですが、いかに効率良く、それをやるかということが、非常に重要です。この方法は、レーザーを使って、原子炉の水を抜くことなく、その中に光ファイバーを通してレーザー光を導入して、遠隔で、その機器が、例えば、ヒビ割れが生じかけていないかなどをレーザー光を用いて診断し、かつ、そこに、ピーニングといって、強いレーザー光をあてて、それで、そこを強くする、そういうシステムでございまして、既に、10基の原子炉に対して実施されておりまして、浜岡の原子力発電所にも使用されていると伺っております。

これだけでも、かなり、有効ですが、大きなレーザー装置を置く必要があるので、最近では、もっと、小型のレーザーを開発して、これを、炉の中に入れて作業できる、そういうものが開発されております。

これが、福島原子力発電所でテストされる予定だったのですが、残念ながら、事故が起きてしまったために、できませんでした。

しかし、レーザーピーニングは、外国からも問い合わせがあるようで、これからは、外国でも、使われていくことになりそうです。

日本発の技術として、こういう、いい技術がありますよということだけ、申し述べておきたいと思います。

この方法は、汎用性のある技術でございまして、現在、発電タービンとか、航空機など、

重要な機器の疲労対策へも適用されております。

レーザーピーニングについて説明しますと、試験面にレーザー光をパルス的にあてる、そうすると、金属表面が加熱によって膨張し、照射後に元へ戻る時に急速に冷却されて、圧縮応力がかかる。圧縮応力がかかりますので、割れにくくなるわけです。

先ほど、応力腐食割れの例が紹介されましたが、金属は引っ張られて割れますので、圧縮応力をつけることで割れが起こりにくくなるという技術でございます。図に示しますようにいろんな特徴がございます、非常に使いやすい技術になっております。

これは、応力腐食割れ試験の結果を示しております、レーザーピーニングをしない場合、先ほどの例のように、こういう割れが生じるわけですが、レーザーピーニングをしておくと、そういう事が起きない。そのような結果に基づいて、今のようなシステムが実用化されております。

それから、これは、レーザー共同研究所の方で、テスト、開発が進められているのですが、原子炉って、非常に、複雑なシステムでして、これを、モニターするっていうのは、非常に大変です。

原子炉保全に関し、光ファイバーで原子炉の状態を計測することができます。光ファイバーを、例えば、こういう配管の所に巻くわけです。

そうすると、配管の温度が変化したり、力がかかりますと、このファイバーを通して入ってきた光が反射されて、その温度変化とか、形状の変化とかが分かります。光ファイバーセンサー自体は、もう技術として、十分確立されているのですが、原子炉の場合は高温になりますので、耐熱性のものが必要であるということで、耐熱性の光ファイバーセンサーの開発が、今、進められております。

それから、これで、測定ができるとして、できれば、直すこともしたい。人体における内視鏡みたいなものですが、こういうファイバーを、ずっと、配管の中に入れていって、そこで検査し、かつ、ひびが入っている部分を溶接する技術開発も行われております。

レーザーの場合は、水中でも溶接などの修復作業ができます。

それから、廃炉です。知事が、本学においていただいた時も、これに非常に興味があるというご発言がありました。

廃炉では、材料が非常に放射化しているので人間が近寄りたくない、さらに非常に複雑な形状で、かつ、材料も、いろんな材料が使われている。

これを、切断したりする作業を、被ばく等しないようにやるということ。これは、非常に、大変なことになるわけです。

それで、そのために、作業で生成する物質が飛散しないように、水中でできることが望ましい。

その方法として、今、世界的にも検討されているのが、レーザーを使ってできないかと。高出力レーザーをファイバーで伝送し、水の中で、切断などの解体作業をする。

切断も、一次切断、二次切断とか、いろんな工程があります。これらに従来、機械切断、

プラズマアークとか、ウォータージェットとかが使われているのですが、粉塵が飛ぶ、水中作業ができない、工具が磨耗するなどの不便さがあります。これら全てというわけにはいかないと思いますが、その一部の工程をレーザーでできないかというような検討がされております。

具体的には、放射化した原子力材料を水中に設置し、レーザー光をファイバーを通してその近くまでもって行って、非常に強いレーザー光で、これを切るということになります。水中で切断しますが、水が切断箇所に入ってくるとやりにくいので、外から圧縮空気を入れて水を排除し、同時に酸素も送って、ここで、切断をするということになります。

これは、実際にテストしている映像ですが、厚さが10cmのステンレス厚板に対し、左からレーザー光がきまして、切れると右側にプラズマが噴出してきます。

こんな感じで、鋼材が横に移動して、だんだん、切れていきます。

そういうテストが国内で、既にされています。

先ほど、有馬先生からも、お話がございましたように、ヨーロッパ、特に、フランスで、廃炉技術を含め、いろんな開発が行われております。

これはフランス原子力庁の例ですが、今述べたと同様な、レーザーによる厚板の切断の模式図です。離れたところにレーザーを置きまして、ファイバーでレーザー光を送ってきて、それで、hot cell（放射性物質取扱い室）の中で、10cm厚板を毎分1cm程度の速度で切断しています。こういうシステムが開発されておりまして、そこに使うレーザーは、多分、ドイツのレーザーを使っております。

この例にあるように、フランスでは、他の国とも連携して、原子力に新しい技術を導入することに、非常に積極的に取り組んでおります。

レーザークリーニングによる除染も重要です。レーザークリーニングは、すでにいろいろなところで使われています。例えば、フランスとかイタリアで、古い建造物は長年にわたりホコリが溜まって、黒くなっていますが、レーザーでほこりを飛ばすと真っ白になる。

そういう一般的な用途は既に実用されているのですが、原子炉に適応するというのも実用化が進められておりまして、今、モバイル型のレーザーを使った除染装置の開発が進められております。

レーザー自体も、大きく進歩をしております。これは、ドイツの会社で発表しているものですが、20キロワットのファイバーレーザーを、トラクタに積んで、砂漠の中に持ちだして、パイプラインを短時間で溶接してしまう。そういうところまで、きています。

今までは、レーザーは、非常に丁寧に扱って、ちょっと、触ると壊れちゃうみたいな印象があるんですが、最近はそのでもない。かなり、ロバスタなものになってきております。

それから、使用済燃料の処分というのが、非常に、重要なところですよ。

それをするのに、こういうのができればいいというのは、まず、原子核を識別することです。つまり、ウラン、プルトニウム、ネプツニウム、アメリシウム等々、いろいろな原子核があるわけで、これを識別できれば、どういう原子核が、どの程度あるか、そうい

う事が分かるようになります。

識別する技術として、今、研究が行われておりますのは、核のエネルギー準位で識別する方法です。原子核それぞれによって、準位が違いますので、それに共鳴するガンマ線を当てます。

そうすると、例えば、ウランだけが励起され、元の状態へ戻るときに蛍光ガンマ線が出てきますので、それを測定すれば、これがウランです、この程度の量がありますと識別ができる。

必要なのは、エネルギーが可変で、単色のガンマ線ビームです。コンプトン効果と呼ばれますが、レーザー光を電子線と衝突させると、ガンマ線に変換されますので、この方法で、単色のガンマ線を作る研究が行われております。

実際に、原子力機構の研究グループの方が、産総研の電子蓄積リングを使って、レーザー光を電子にあてて、コンプトンガンマ線を出して、鉄の中に埋め込んだ鉛からの蛍光ガンマ線を測定し、実際に鉛が見えるというところまでテストされています。

これができますと、例えば、使用済燃料集合体をここへ持ってきまして、そこにガンマ線をあてる。そうすると、50本なり、60本なりの燃料棒の、どの棒がどれぐらい燃焼しているかなどが分かるようになりますので、その後の処理をする時に、非常に定量的に、系統的な作業ができるようになるというふうに考えております。

また、放射性廃棄物が、いろんなところに、いっぱい、格納されています。例えば、こういうドラム缶のような容器に入っております。しかし、実際、この中に何が入っているかは分からない。

低レベルと高レベル、それぐらいの区別はされていますが、実際、その中身まで詳しく分かってない。しかし、今の方法を使いますと、どの様な核種が、どの位あるかということも分かるようになるので、全体的に見れば、処理コストを低減できる可能性があります。

ところが、先端科学は学術的なもので、現場に適用したとき本当に、経済性に合うのだろうかということが、いつも問題になるわけです。これは、アメリカの例ですけれど、核兵器工場の廃止措置の例で、ロッキーフラッツという核兵器工場がありました。

ここが、ものすごく汚染されているので、この廃止措置は大変である。その時、鍵になるのが、プルトニウムがどういうふうに広がっているか分からない。

プルトニウムの化合物がどういう形で結合しているかがわからない。つまり、プルトニウム化合物が水溶性だと、水とともに、そこら中に拡散してしまうわけです。本当に、そうかどうかを、放射光を用いてプルトニウムの物性を測って、それを元に、その環境中移動を再評価し、それを元に計画を修正しました。その結果、非常に、長期間、莫大なお金がかかる作業が、非常に、短期間、少ないお金で、できるようになったと、そういう例も報告されております。

ですから、先端科学等を、うまく活用するという事は、こういう場でも重要だと思います。

それで、最後に、環境計測を紹介させていただきます。

今、福島で、放射性物質による汚染が大きな問題になっていますが、放射線は目に見えないんですね。

それで、JAXA 宇宙科学研究所で、長年にわたり開発してきた超広角コンプトンカメラを、現場に持ち込んで、ガンマ線を測定するということが行われました。

場所は福島県飯舘村ですが、これは、魚眼レンズで撮った写真で、非常に広角で広範囲が写っています。同じ場所を、このコンプトンカメラで撮影すると、この右側の画像の中で、セシウムがどういうふうに分布しているか、この辺とか、この辺に、かなり分布しており、その放射線のレベルも分かりました。別の所でも、同じようなことが分かる。

この方法により、高角度のカメラで、ガンマ線の分布を高感度で測ることができるようになっていきます。

これは、科学と原子力のかかわることですが、宇宙科学研究用に、このカメラが開発されてきました。

2014年にX線天文衛星 ASTRO-H が、打ち上げられる予定ですが、そのために JAXA の宇宙研で長年にわたって開発されてきたもので、世界最高の性能をもっています。

そういうこともあって、原子力事故が起きた時に、宇宙科学研究所の高橋忠幸先生に、東電から問い合わせがあり、先生が研究員の方に検討を指示され、迅速に対応がされることになりました。それで、こういう車に搭載できる可搬型のカメラが急遽準備され、飯舘村に持ち込まれて、それで、先ほどのようなデータが取れたということです。日本には優れた技術と、社会的な重要課題に積極的に取り組む気持ちを持っている科学者がいることが示されました。

このカメラは、近いうちに、企業から市販されるようになると伺っております。

最後に、うちの大学の活動を、ちょっと、ご紹介したいと思います。

3.11で、大変なことになる。それに対し大学でもなんとか貢献できないかということいろいろ考えたんですが、滝口教授が、早速、放射線測定器を開発しました。非常に高感度で応答時間が早い測定器を開発し、それを車に積み込んで、昨年5月末に福島県と周辺地域を走りつつ計測しました。地域や地形によって、どういうふうに線量が変わるかとかいうようなことを測り、ホットスポットがどこにあるか、トンネルの遮蔽効果が、大変重要だとか、そういうようなデータをとりました。

地元の方とも会って、地元の方はそういう情報が全然ないので、不安に思っておられたので、そういう方に助言をしたりしたので、ありがたがられたということもございます。

今、この計測器を元に、食の安全確保のために、食材検査などにも展開しております。

まとめですけれども、レーザー・光技術は原子力分野で不可欠な技術になってきています。

もっと積極的な利用をすることで、原子力の安全性の向上と、廃炉等の作業期間短縮、

コスト低減等にも貢献できるのではないかと考えております。

以上でございます。

(有馬部会長)

ありがとうございました。

では、続けて、北川先生。

(北川教授)

光産業創成大学院大学の北川米喜です。

今日は、どうも、呼んでいただき、ありがとうございます。

「レーザー核融合炉の開発の現状とその安全性・経済性」について、紹介させていただきます。

まず最初に、核融合発電というのは必要なかっていうのを、ひとつ、お話をさせていただく。

それから、核分裂と核融合の話を、ちょっと、しようかなと思っているわけで、いただきます。

専門家の先生方ばかりなので、釈迦に説法ですが。

それから、トカマク型の磁場核融合炉、実際、核融合炉の中には、大きく、トカマク型の核融合炉と、それから、レーザー核融合炉がありますが、それについて、それぞれの現状を、ITER で代表したものと、NIF で代表したもので、お話させていただきます。

それから、我々の研究の内容を紹介させていただきます。

それから、レーザー核融合炉の構造と安全性。

レーザー核融合炉は経済的に成り立つかということだけを、お話させていただきます。

お手元の資料は、順番が若干、発表とは変わっておりますが、ご容赦願います。

そして、最初に、核融合炉というのは必要かということなんですが、我が国の財政にとって、必要なエネルギー源とは何か。

むしろ、核融合炉が必要かどうかというよりも、21世紀、22世紀に向けて、日本のエネルギー源は、何が、一番、いいのかという観点から、逆に、消去法でもっていきたいと思っております。

一番、必要なものは、常に安全な発電と発電方式、エネルギー源ですね。

地震でも安全に停止できるし、廃炉後も安全に処理ができるもの。

それから、燃料資源が無尽蔵にあるものと。ウランとか、石油とか、そういうものにも、鼻先を引っ張りまわされないで、やっぱり、日本の国だけで、悠々と生活していきたいというのが、私の願いであります。

最も、海水から取るだけでは、なかなか、できないんですけど、そのコストは、ちょっと、黙っておきます。

それから、効率ですね。

太陽光なども使ってもいいんですけども、風力も使ってもいいんですけども、やはり、効率が、それほど良くないので、やはり、日本を再生させるためには、もっと、効率のいいエネルギー源が必要であると。

それから、そういうのを全て含めて、最終的には、電力コストが安いものが必要です。

そもそも、この話は、浜松ホトニクスの前社長の、晝馬輝夫氏が「3.5円でできる電力を作れ」と、「何とかできないか。おまえ、作れ。」と言われましたので、それじゃ、微力ながらやってみましょうかっていう話がスタートです。

今のようなこと、全て、条件を満たすものは、レーザー核融合しかないであろうと、3.5円の電気代を作るのは、レーザー核融合しかないであろうと。

ひとつは、皆さん、ご存知のように、石油製品、石炭、水素などの化石燃料ですね。

水素も化石燃料というかどうか知りませんが。

ケミカルなエネルギーを、取り出すエネルギーに比べて、原子力を、ウランの核分裂、核融合含めて、原子力のエネルギーって、100万倍ぐらい。

1グラムあたりですけど、両方とも同じマスをもってくるかという話なんですけれども。

だから、私は、原子力のエネルギーだったら、我々の生活から不可欠なものになっているんですけども、いろいろ、問題が起きている。

それに比べて、まだ、全然、実現はしてないですけども、核融合のエネルギーっていうのは、それに比べると、100万倍より、まだ、それから、1桁高いエネルギーになります。

ちょっと、トリッキーな感じなんですけど、やはり、同じ、1グラムでも、もってくれば、そうなんです、そういうものが作りたい。

結局は、最終的には、核融合であると。

太陽も、結局は、核分裂のエネルギーも、昔はあったかもしれませんが、今は、核融合のエネルギーが続いているということです。

核分裂では、皆さん、釈迦に説法ですけども、中性子が、ウランというもの、自然界では、一番、大きい分子核ですね。

原子力が、一番、大きいだけに、すぐに壊れやすいところに中性子をポロって入れますと、2つか、3つ、中性子が出てきて、ひとつは、先ほども、言っていましたけれども、最終的に、プルトニウムというのをつくってしまうんですけども。

もうひとつは、中性子が、ポロポロと出てきます。

これを、原子炉から、中性子源で、いろいろな産業へ使っています。

また、もちろん、その中性子は、別のウランにぶつかって、同じようなことが起こるんですけども。

まずは、この中性子をポロっと入れますと、パカッと分かれます。

分かれて出てくるエネルギーを、こういう、いろんな、死の灰といわれているものですが、それに、エネルギー持って出てきて、それを、水で止めて、温めて、エネルギーを取

り出す。

ただ、しかし、こんなふうに、いっぱい、ものが出てきます。

それに比べて、核融合の方は、重水素、三重水素、複合して、そこから、再び、分かれてくる中性子と、 α パーティクルが出てきます。

これ、いわば、死の灰というのは出てこないですが、この中性子を、壁で受け止めて熱にして発電する。

もう一方に出てくる、 α 粒子というのがあるんですが、これだけなんですけど、これは、もう一度、ここに戻して、再加熱に使う、というよりも、これも、ほとんど、プラズマ化して、外へ出てこられませんので、これで加熱して、自己加熱して、燃焼しながら熱を出していくという、非常に効率がいい。

ただし、問題は、最初に、重水素とか三重水素というのは、お互いに、水素ですから、プラスの電荷を持っていますので、なかなか、引っ付かないので、ここを引っ付けるのが、どうするかというのが問題です。

引っ付けた後、加熱してやらないと、やっぱり、燃え出しませんので、紙の端に、マッチに火を点けたら、そこだけ、ほっとずっと燃えてしまいか、燃えて広がってくれるかということが、これが大きな問題です。

それをするのが、核融合の 30 年かかってもできない所で。

核融合、起こすには、今、一番、現実に起こっているのは太陽です。

太陽は、どうして起こっているかといいますと、取り留めたり、加熱したりするのに、自分の重力で、やってるわけですね。

それに対して、地上でやったのでは、太陽のような重力がありませんので、レーザーでやります。

レーザーの圧力で、ものすごい巨大なレーザーで、一瞬に、ギュッとしめて、一瞬の間に、全て、ものを起こしてしまおうというのがレーザー核融合です。

それに対して、磁場核融合というのは、磁力線、というのは、電子なり、プラズマを、閉じ込めていますので、磁力線、逆にいうと、巻き付きます。

巻き付いて、閉じ込めて、それで、ゆっくりと、数分間閉じ込めて、その間に、ゆっくりと、核融合反応、起こしてやる。

これをもっと、ゆっくりと、数億年、数十億年っていうことで。

この 3 種類が、一応、核融合を起こす方式に、大きく分けるとあります。

この最後のやつは、これ、よく見ていただきますと、こっちの方向は閉じ込めているんですけど、こっちはスカ抜けなので、この方向がスカ抜けにならないようにぐるっと 1 周させて、ドーナツ型にしてしまうというのが、今、一般的な磁場閉じ込めの方式です。

これ、ドーナツ型、あるいは、トカマクといひまして、これの代表が、ITER という計画です。

こちらの方の代表は、今、アメリカで行われている NIF という計画です。

核分裂と核融合の、本体自身を見てみますと、先ほどから何度も出ていますが、炉がありまして、ここに燃料がありで、その燃料が、核反応を、熱で取り込んで、熱を回しているんですが、ちょっと、核融合炉の方も、これは、大阪大学でしたけど、私が在籍したんですけども、ほとんど、同じような大きさです。

ただ、本当のドーム型です。

ここの所に、燃料があつて、それをレーザーで圧縮して、熱を取ります。

これは、我々が、独自で考えたものですが、同じようなものです。

ここにドーム型があつて、四方八方から、レーザー圧縮式のやつが、2方向から圧縮しているとか。

それに対して、もうひとつあります。トカマク型のやつは、ドーナツ型、ここにあります。この黄色い所に、薄いプラズマがあつて、これは、ずっと、数分間、1回で取り込めません。

それで、熱を出して、回りの壁から取り出す。そういうところで。

あとは、先ほど、複雑な熱交換器とか、タービンとかあるんですけど、それは、もう、基本的には、全部、一緒です。

その取り出すエネルギーも、大体、何百万キロワットと決まってしまうと、この大きさも、大体、決まっているし、というところですよ。

これは、ちょっと、レーザー核融合のイメージを出してみたもので、どんな動きをするかっていいますと、ここに、こういう、これは、1回ごとに、燃料ペレットというものを取り込みまして、それを、レーザーで圧縮、加熱、熱を取り出すという、その繰り返しをして、その周りを、このブランケットという所で、熱を吸収して、熱交換で回す、こういう仕組み。

後ろにあるのは、レーザーです。

ずっとついているんですけど、もう少し、中を見ますと、このようになってまして、非常に簡単な真空容器の中にブランケットがあつて、1秒間に、大体、10個ぐらい、玉を、ここに注入します、ここに、燃料球を。

それで、レーザーで圧縮、加熱。圧縮、点火、加熱ですね。圧縮して、点火して、反応させる、こういうものです。

もう少し、この中の所は、レーザーで、ギュッと押し込んで、それで、こう、変換させて起こす、こういうものは、こうなんです。

それで、先ほど、有馬理事長の方から、ご質問がありましたけれども、現在、レーザー核融合の代表ということをいわれています NIF ですね。

ナショナル・イグニッション・ファシリティ、国家点火装置というんですが、これは、こういうものです。

これ、実験装置ですので、別に、エネルギーは取り出せないんですが、どこまできているかといいますと、これは、ちょうど、核融合、パワープラントになりうるような条件の

ところだとしますと、この一周り下の、このリングのどこまで来ております、ここまで、来ております。

あと、もうちょっと、温度を上げたりというところまで、今年の9月ぐらいに、一応、到達するつもりです。

あるいは、燃え出す所の、15パーセントぐらいのところ、つまり、燃え出すレベルの4分の1ぐらいですか。

4分の1か、5分の1ぐらいのところまで、辿り着いたんですけど、まだ、そのところで、それ以上は、今のところ、一応、そこまでしか来てないということです。

一方、トカマク型、ITERは、まだ、建設中なんですけども。

そのための、JT60とか、ジェットとか、世界中にある、日本と、それから、ヨーロッパですね。

アメリカは、今、シャットダウン、するか、せんか、言ってたんですけども、したんですかね、3大トカマクというのがあります。それも、こういう、線の上にあります。

これも、一応、こういう、プラズマを温める入力と、それから、核融合反応のエネルギーが、ちょうど、バランスを取れるところまで来たというところで、本当は、ここまでであって、本当の発電は、このラインですので、まだまだ、もう一声いかなきゃいかなのですが、一応、ここまで、自己点火のところまでいってしまってから、ITERが、左に大きくそれて進むべきなんですけど、そこまでいかない。

見切り発車をして、この段階で、今、大きな装置を作ってしまったものですから、どうなるか分かりません。

一応、それはともかくとして、日本のレーザー核融合炉、今の世界の最先端としては、発電の1割以内の所まで来たであろうと、同じようなところにあるという状況です。

私が、やっています、レーザー核融合の方は、ここから、ほとんど、水とプラズマを閉じ込めるという方は、ほとんど、何とか、いけたんですけども、閉じ込めた後、加熱するというのが足りない。

それは、極めて、そのソフィスティケートなやり方を、NIFがやっているんですけど、なかなか、実験炉のレベルでは装置が小さいでするので難しい。

その中性子は、我々、高速点火というものを考えているんですけども、それは、こんなものです。

これは、ちょうど、先ほど、有馬理事長なんかも、少し、質問がありましたけども「阪大レーザー研は、どうなつとんねん」ということなんですけど。

あそこでは、FIREXという世界最高強度の、ギョットと、パルスを、思いきり短くして、1ピコセカンドぐらいのパルサーにしまして、先ほど来、加藤学長が言っていたデータは、パルサーが、かなり長いもので、エネルギーが、つぎ込めるんですけど、パルサー自体は長いものなんですけど、これは、もう、本当に、もう、1.5ピコセグとかいうレベルまで、もってきまして、ものすごく、ピークパワーが強いついていうか、それを作っております。

それでやった実験なんですけども、一応、これで、圧縮したプラズマを加熱して、ニュートロンを、今までの千倍くらいに、バァンって圧縮するところまでいきました。

そういうことを、阪大では、やっております。

この実験は、NIFも、こういう実験は、あくまでも、科学実験でありまして、ボンって、1発して、エネルギーが出たか、出んかってことをいっているだけなんで、さて、それで、そのままいくと、パワープラントを作れるかっていうと、そうものじゃないですね。

これは、実験装置で、一日に、30個したら終わりなんですけど、実際、発電施設でエネルギーを取り出すために、1秒間に10回なり、何回か、やらないと、出力にはならない。

そのラインが、こっちなんですけども、これには、そういう半導体レーザーの、高繰り返しレーザーが必要なんですけど、これを持っているのが世界中で我々の所だけです。

実用的にできるのは、我々の所だけで、そのラインでは、我々の所でスタートしなきゃいかん。

ですから、非常にパワーが小さいですけど、本来の発電所用のラインにいくと思っております。

その途中段階のものが今お見せしたもので、最終的には、こういう装置を作りたいと。

そのあと、3段階の位相で。

これらは、実証でね。

これは、我々の所で、最初に、繰り返して、こういうCDの、本当は、重水素、三重水素なんだけど、Dだけで、それ、プラスチックの中の、CHのHをDに置換して、塩基を取りまして、そこにレーザーをあてますと、1秒間に1回ずつ、あてて、吹き出しているプラズマがあります。

こちらから、レーザーあてて、そこで、ニュートロンを、一緒に取り出すという実験をやります。

こういうふうに、1秒間に1回ずつですけど、こう、こう、こう、と、ニュートロン。

そうしますと、これは、シンチレーターといって、信号なんですけども、ニュートロンが、ポコポコ、ポコポコって、出てきまして、これは、ガンマ線が出て、これ、レーザーが飛んでいる、1秒間に1回ずつ、レーザーが入って、次に、ガンマ線が出て、ニュートロンが出る。こういうのが目視できるような形で、やられます。

次は、先ほど、阪大との共同研究で、シングルショットで、ニュートロン出したと申したんですけども、あくまで、それは、サイエンティフィックの実験でありまして、その核融合、そのものに、発電に繋がる実験ではなく、それは、あまりにも巨大な実験、ITERにしる、NIFにしる、巨大な実験装置で、シングルショットで終わりなんで、それで、発電所には、ならないというような装置ばかりなんですけど、そんなもんでなかったのは、テーブルトップの状態でも、そういう実験はできるぞというのが我々の主張でして、それを、スタートしました。

これがずっと、最後まで、発電施設に繋がる施設なんですけど、こういうものは、今年、

PR ぐらいして、一応、テーブルトップなんですけども、実験ができるよ。

存外、こういう円盤のディスクの中に、100 個、ターゲットを付けておきまして、ぐるぐる回して、100 回、こういうふうにショットしたものです。

両側から、レーザーで圧縮して開発するという、天空点火ということですね。

こういうように、ニュートロンが出てきます。

ちゃんと、こう、コアができた。

それでは、ただ、100 回やったら、おしまいなんで、100 回で、これ、1 秒間に 1 回やっても、これ、100 秒ですので、すぐに終わってしまいますので、それでは、たまりません、本当に、連続的にペレットを入れる装置を、今、開発しました。

これでしたら、これで、今回、初めてやったんですけど、これを、パラパラ、パラパラ、落としているんですけども、ちょっと、しばらく、見にくいですけど、機械が、いろいろとやっています。

なかなか、これ、クレー射撃をやっているようなものですので、ミサイル迎撃で落ちてきた球を、レーザーで狙って、バーンと撃つんですけど、なかなか、1 秒間に 1 回で、いかないんですけど、これで、大体、600 パックを、1 秒間に 1 回ずつ落としていて、半分ぐらい、300 個ぐらいは、あたるようになる。

そのうちの、また、20 個ぐらいは、あたって時に、中性子が出るということなんです。

これかなり、これあっている。

これは、9 月 26 日です。

川勝知事に見ていただいた、次の月だったんですが、残念ながら、つい、最近です。

これは、目視で見たら、ピカピカ、キラキラ、光っているんですけど。

なかなか、これ、時々、下の方に行きます、この辺に、いったりするような様子が、なかなか、本来、なかなか、こういつて。

1 ミリの球なんですけど、1 ミリの球に、レーザーをあてて、落ちてくるやつを、なかなか、難しいというのは分かる。

これは、最終的には、DT の球を、10 メーターの電場の真ん中に打ち込んで、それをレーザーでうって燃焼させる。

その、また、スタートが、こういうふうに、だんだん電場が揃っているんですけども。

それで、ロードマップというのは、結局、レーザーのエネルギーに生きていきます、核融合後の。

いかに圧縮して、加熱してっていうのを、まず、もう、もう、全て、レーザーのエネルギーとなっていますので、レーザーのエネルギーを上げていけば、最終的に、メガ 10 のエネルギーまでいけば、発電所ができるのではないかな。

先ほどいいました、入力と出力が、バランスっていうのが、このラインですけども、それが、どこか、この辺に交差する。

交差しなければ、このネットの下が、電気として売れるわけです。

これは、あくまでも、入力よりも出力が低い方が、電気として、売れませんので、ここまでは、我慢して、なんとかかいこうという途中で、今、教授が、先ほどの、この絵を見せましたが、いろいろ、中性子源としても、いろいろ、使えるということです。

これが、以上なんです、そこまでは、とりあえず、ここらへんまでは、我々のところで、今、そうして頑張っ、なんとか、企業対応としてやっていって、最後は、国家プロジェクトにもっていって、発電所にしたいなと思っております。

また、ご協力、お願いします。

続いて、一応、話は終わったので、最後、少し、レーザーの安全性というのを、お話したいと思います。

核融合炉は、炉としては、非常に、単純なものです、多分、放射化されるのが、低濃度の放射性廃棄物だけだと思います。

途中のメンテナンスと、廃炉後の処理だけだと思います。

もうひとつあるのは、燃料として、重水素と三重水素、使いますので、トリチウムも、これは、最初から、一応、持つておかないといけませんので、その、取り扱い、貯蔵に注意しないといけません、その放射能と。

それから、あとは、ブリーディングといいまして、ニュートロンが、中性子が、ここから出てきて、壁をぶつけます。

壁に、リチウムを入れておまして、リチウムで、勝手に増殖させて、一旦、動き出したらトリチウムは、放っいても出てきます。

今の現場のプルトニウムと一緒に、むしろ、制御しないと、増えすぎて困るほど出てくるかもしれません。

そんなことは、嬉しい悲鳴で、あんまり、無いようにしたいんですけども、それが、ひとつありまして。

核融合炉は、どこに放射化するかといいますと、これは、ステンレスの構造体ですがね。その中に、回りに、シリコンカーバイドのメッシュを作っておまして、ここに、液体ブランケット、液体鉛、液体リチウム鉛つてものを流して、それを、熱の吸収体にします。その外側に、コンクリの壁がある。

これだけの、簡単なもの。

ここは、真空です。

こういうものなのです。

100万分の1ぐらいで、100年ぐらい経つと、ほとんど、再利用できます。

我々、光陽も、こういうチェンバーで計算して、放射化、どうなるかって計算しても、やっぱり、これだけでは、答えが出ない。

トリチウムの方も、今のサイクルで回っていますので、ほとんど、出てこない。

核融合の安全性をまとめますと、使用済みの燃料は出ない、っていうんですから、廃炉問題があつて、放射性廃棄物があつても炉材料だけです。

ちょっと、順番が、資料を、簡単にしましたので、恐縮ですが。

こういう話が。

連鎖反応を起こさないで、炉心溶融までも行きません、冷却水も放射化されない。

冷却水でいいますと、冷却水が、一次的には、液体に、金属を流して、それを、ブランケットとしますけど、それが、漏れたら、問題はありますけど。

実は、「もんじゅ」というのがあって、リチウム鉛、ナトリウムを、こういう流しているのかな、あれは、あれの技術が、ほとんど、そのまま使えて、ここに。

それより、あれは、鉛、ナトリウムですので、非常に、発火しやすいんですけど、この場合は、鉛は使わない、リチウムを使います。

リチウムだけだったら、また、それも発火するんですけども、それに、半分、鉛を混ぜまして、ほとんど、ハンダと同じような、サラサラとした、安全な液体にしてみましたんですが、ただ、液体の温度自身は、500度くらいにしますので、やっぱり、液体、合金に流して、ブランケット作るっていう技術は、もう一度、技術を、そのまま使いたい。

なるべく、技術的には、ああいう、今の原子炉の装置、原子炉の液体金属の技術というのは、完成させていただきたいと思っております。

以上ですね。

それから、最後は、発電コストなんですけども、これ、最初は、発電所で、10ヘルツで動かすという決まりで、10ヘルツで動かして、シリンダーを4つもして、レーダーは、1台で回すと、ちょうど、こんな、660万キロワット台の発電量で。

そうしますと、3.5円くらい。そんなプランでやっております。

結局は、どんだけ、エネルギー取り出すかというので、付帯設備も、ほとんど、決まってしまうので、核融合炉の、炉自体に、ほとんどお金がかからない。

以上が、ざっとした話です。

今、現在、先ほど、動画でお見せしたような話は、こういうメンバーで研究しております、私どもの、光産業創成大学院大学と、それから、浜松ホトニクス大出力レーザー開発部、それから、トヨタ自動車、センター材料技術部、豊田中研、それから、トヨタテクニカルディベロップメントというのが、会社が、中心になるのは、パワーインジェクションの人です。

それから、ネバダ大学、レーザー総研、産業技術総合研究所。これは、一緒に、プロジェクトを組んでやっております。

全体をまとめますと、新しいエネルギー源ですけど、核融合炉は、是非、必要なものであると思います。

レーザー核融合は、燃料を残さないから、非常に有利で実現性が高いものだと思っております。

NIF、アメリカNIFは、その、プラズマの温度が、倍になれば、今、3ケルとか、5ケル前後までの温度になっているんですけども、5億度くらいですかね。それが、10億度にな

ればいいといわれておりますので、温度が倍になれば、一応、ITER を越して、点火することができるだろう。

それ、温度、上げるのが、なかなか、難しいので、今、一応、この9月で中断した形になったんですけども、高速点火方式、超高級のレーザーを、その爆縮した所に突っ込んで、温度を上げるというのが、ひとつの道であるというのが、日本の、我々、阪大が、思慮してるところなんですけども。

なんせ、NIF っていうのは、地下核実験で利得が得られるというプロジェクトからスタートしたものですから、なかなか、そういうのが採用してもらえない、その、つなぎに作られました。

レーザー核融合というのは、原発なんかに比べますと、使用済みの燃料は無い、放射性の灰が無いという、この問題が大きいものがありまして、連鎖反応もないし、というのがあります。

ただ、課題としては、一応、同じように、廃炉後の構造材ですね、一定濃度の放射化廃棄物っていうのは、やっぱり、残ります。

そういう問題は、やっぱり、あるんですけども。それ以外は無いと。

これがレーザー核融合のご紹介と、それから、現状のご報告です。

どうも、ありがとうございました。

(有馬部会長)

ありがとうございました。

それでは、ご質問、いただきましょう。

どなたからでも。

順番でいきましょう。

はい、山名先生。

(山名委員)

たくさん、あるんですけど。

核融合の話は、奥が深いので。

あとで、また、聞かせていただいて。

中部電力さんに、ちょっと、ひとつ、聞かせて欲しいです。

安全技術研究所で、いろいろ、考えておられる、結構なことなんですけど、一点、ちょっと、疑問に思ったのが、圧力容器の、中性子照射成果の研究が、ここに入っていない。

これは、燃焼率って、極めて、本質的な問題であって、これを、今、テーマに入れておられない理由は、伺えますでしょうか。

(中部電力)

すいません。

今回の件はですね、当社、独自というんでしょうか。単独でやっている研究の例を示しておいて、中性子脆化につきましてはですね、電力共同の研究で、させていただいているというのが現状でございます。

(山名委員)

浜岡の1号機、2号機は、廃炉に向かうんですが、あれは、脆化研究の、とてもいいサンプルであるかなという気がいたしましたので、せつかく、廃炉するのであれば、それを、有効なデータを得るために利用されるのがよろしいと思うんですが、いかがでしょうか。

(中部電力)

おっしゃるとおりだと思っております。

ただ、原子炉の中心部が出てくるのが、まだ、しばらく先ということもございますので、そういうものが出てきた時には、実物を見る、貴重な機会でございますので、しっかりと調査をしていきたいと、このように考えてございます。

(有馬部会長)

じゃ、山地先生。

(山地委員)

最初のふたつは、いろいろと、勉強させていただきました。本当に感謝します。

最後の、北川先生のレーザー核融合について、質問をいいたすと、沢山、あるんですけども、ちょっと絞って、私のコメントと、ご質問させていただきたい。

レーザー核融合の概念というのも、ずいぶん、昔からあって、私も、トリウムの時も言ったかもしれませんがね、大学時代はかなり勉強しました。当時とコンセプトは、基本的に同じなんです。

北川先生も、おっしゃったように、核融合って、全く、クリーンかっていうと、実用に一番近い核融合はDT反応で、燃料のT、トリチウム自体が放射性物質ですし、核融合反応から出てくるエネルギーを基本的に狙うものは中性子です。中性子は、構造材にぶつかる、いわゆる放射化を起こして、低レベルといったけど、かなり半端じゃない放射性物質を生み出します。これは、ご指摘のとおりです。

もうひとつ、レーザー核融合で、ちょっと、問題になるのは、これは、ローレンス・リバモアのレーザーの話が出ましたけど、基本的には、軍事の研究なんですよ。その一部として、平和利用も、施設を解放してやっているということなんです。

レーザー核融合は、爆縮になるわけですね、爆縮するっていうのは、まさに、核爆発の基

本原理でありまして、この、核兵器開発との関係ってというのは、必ず、研究開発の中では問われてくると、そこを注意する必要があると思います。

もうひとつは、知事は、本当に技術の夢が好きなんだというのが分かりました。トリウムといい、このレーザー核融合といい。ただ、やっぱり、トリウム炉ってというのは、エンジニアリング開発をかなりやったわけですけど、このレーザー核融合炉に関しては、まだ、エンジニアリングの開発は行なわれていないと、私は理解している。従って、ものすごく、工学的に、やっぱり、山ほど課題がある。

その中で、しかし、今日、北川先生の話で、一番、おもしろかったのは、ビデオの動画があったんですが、あれ、中性子を計測されているってことは、どういう反応が起こっているのでしょうか。

つまり、あのドロップの1ミクロンの所に、レーザーを対向であてているんですけど、爆縮で、ニュートロンが出るっていうレベルか、どうなのか。また、チラッと、おっしゃったんだけど、何のドロップにしているのか、どういう化学組成のもので、どこから中性子が出てきているのかが、よく分からなかったんですけど。これが質問です

(北川教授)

すいません。

最初に見せたプラスチックの板、CDの板とを、球にしたものですので、CH球の中にCD球というものにしまして、Cの間にDが詰まっております、重水素。

重水素の球があるんです。

レーザーをポンとあてますと、そこが、アップデートして、そのところ熱化して、一部、高エネルギーの重水素イオンができます。

それが、とまって、本体の重水素にぶつかって、DD反応で、ニュートロン出ているので、熱核融合ではないんですけども、ビーム核融合といわれておりました、あたっていますので、それは、別に。

(山地委員)

熱核融合ではないにしてもですね。DDの核融合反応が起こっていることですね。その派生から、ニュートロン以外にも出ますよね。そういう生成物も観測されているんですか。

(北川教授)

いや、いや。

他ってというのは、破片ですか。

デブリは、いっぱい、出るか。

(山地委員)

いや、デブリスじゃなくって、核融合反応の結果として出てくるのは、何が出るんですか。ヘリウムとか、何か出ますよね。

(北川教授)

DDは、加速されたDが固体のDに当たって、ニュートロンと、ヘリウム単体っていうんですかね、それと、プロトンぐらいしか出ないんですけども、荷電粒子は、もちろん、すぐに、外に出てこないんで、すぐに、もう、逆に、コアに入っていく。出てくるのはニュートロンと、放射線、ガンマ線が出てくる。

(山地委員)

とにかく、DDの核融合反応が起こるということなんですね。まあ、あり得ると、十分、思いますけどね。

あとは、僕は、レーザー核融合の開発途中のアウトプットっていうか、レーザー融合の使い方としては、もう少し、基礎科学に使えれば使えると思う。物質構造の解明とかですね。そちらの方が、私は、NIFの使い方としては、適切かなと思っております。

これはコメントです。

(北川教授)

サイエンスの場合は、原子力のエネルギーを開放するというには、まず、原爆からありましたし、核融合の水爆と繋がっておりますので、そういう、あらゆるものは両刃の剣で、どういうふうに我々が使いこなすかではあると思うんですけどね。

確かに、NIFは、研究者が金を取ってきて、建設するためには、そういう議会に対する説得というような、そういう、水爆の実験は、別に地下でやらなくても、レーザーを使えばできますよということも、あったでしょう。

本音は、やっぱり、核融合を起こして、発電所エネルギーを取り出したいと、水力核融合をやりたいというのが。

今も、アメリカのちょっとした投資を生み出しているんですかね。

我々も、もともと、純粹に、FIREXとしては、核分裂も、核融合も、そのように、人類のために使えるか、人類のために使えないかというのは、別の話で。

うまいこと、先生、おっしゃるように、うまいことを、やっぱり、いわないとダメだとは思いますが。

(有馬部会長)

どうですか。

(加藤学長)

今の山地先生の、最後の点に関して。

NIF は、今年 9 月末までに点火をするという約束で、ずっとやってきて、かなり、近いところまで来たんだけど、そこは、まだ、実現できてない。

今まで、マシンタイムの 80 パーセントぐらいをレーザー核融合に当てていたのですが、それを、これから、50 パーセントぐらいにして、50 パーセントを、基礎科学などその他の研究に当てる。

だから、これから先生がいわれたような研究のウェイトが、少し増えてくると思います。

(有馬部会長)

どうですか。

じゃ、根本先生。

(根本委員)

私は専門家ではありませんので、簡単なお話、コメントを、非常に、雑駁なコメントしたいと思うんですけど。

いずれにしても、核融合という技術は、まだまだ、先でしょう。

非常に、しかし、有望で、非常に、低廉なエネルギーを取り出すことができるかもしれないと、それは、グッドニュースなんです。

これが、仮に、キロワットアワー、3.5 円というようなレベルで利用できる頃に、日本はどうなってるかということを見ると、日本経済の、要するに需要のところを見ると、電気は、確かに、今、要ります、今、要りますね。

だけど、日本経済の状況っていうのは、もう、天井状態に近くって、50 年先、60 年先に、どれだけの電力需要が要るか。

それは、ヨーロッパも同じ事だと思いますが、まあ、そんなには要らないんじゃないか。

しかし、一方で、じゃ、今、日本は、製造業、非常に強い製造業を持って、ここまで経済成長してきて豊かになりましたけど、これからは、だんだん、製造業から違う方に、いわゆる、第三次産業に移っていくと。

そうすると、今、非常に、電力の中でも、特に、クオリティという意味で、非常に質の高い電力というのは、例えば、エレクトリックデバイスという産業は、非常に必要としている。

私は、そういう産業のためには、安定大型電源ということで、原子力も貢献していると思うんですが、これからは、そのエレクトリックデバイス産業も、だんだん、だんだん、新興国に譲り渡していくと。

日本は、これだけの蓄積を製造業で持っていますので、これが、一気に無くなってしまふということはないし、50 年、60 年先に、日本全体が、スマートコミュニティか、スマー

トシティになって、再生可能エネルギーで自給自足すれば生きていけるというふうになるとは思わないんですが。

しかし、安定、大型、クオリティの高い電源を、どれだけの、経済の内の何割が必要とするかっていうことを考えると、これ、私、これがコメントでいたかったんですが、日本のために研究開発するというスタンスでいくと、ちょっと、これは、お金が掛かり過ぎると。

ただ、国際公共財として、多分、貢献するんだろうなということは、あるんだと思うんですね。

それは、その頃に、非常に大規模な電源を、安定したクオリティの高い電源を必要とする地域というのは、世界のどこかにある筈ですね、アフリカか、どこか分かりませんが。

そういう所で、国際公共財として、日本が貢献する。

もう、既に、ヨーロッパの研究開発は、そういう段階にいているんだろうと思うんですが、それで、そうなる、そういう考え方でいくな、自ずから、お金の使い方、どう、お金を使って、日本として、どういう技術を蓄積して、世界に、国際公共財を供給して貢献するかという考え方が出てくるんだと思うんですね。

そういう視点が、意外に大事な。

つまり、需要サイドで、誰が、このエネルギー、3.5円/kWhの、質の高い電気を必要としているかというところが大事だと、そういうふうに思います。

以上です。

(北川教授)

はい、ちょっと。

確かに、これからの世界で、世界というか、日本で、これ以上、電気は要らんということも、あるかもしれないとは、ずっと、思っているんですけども、ただ、やっぱり、日本の資源が無いという現実と、それから、世界が、本当に、仲良く、やっていけるのかというのは、やっぱり、あります。

日本と、ヨーロッパと、アジアと、世界、アフリカとか、仲良く、いつまでもやっていけるならいいんですけども、やっぱり、日本が鎖国しなければならぬ時期になった時には、エネルギー資源が無いというのは、やっぱり、現実としてありますので。

自動車はガソリン無しで走ってないかんのですよ。

いつまでも、ガソリンで走っている以上は、世界経済といいますか、欧米の、コントロール下に置かれざるを得ないので、やっぱり、電気が無かって、ええやないかということは無ないので、やっぱり、電気は、むしろ、逆に、3.5円よりも、タダで供給すべきなんですよ。そういうのがあります。

まだ、給料、1銭も。先生に、怒られそうですけど。

(根本委員)

私、電気が要らなくなると申し上げたつもりはないんですね。

それから、セキュリティは、多分、原子力発電って、多分、一番、貢献しているのが、セキュリティという面で、その、コスト経済性セキュリティ環境という面では、やっぱり、セキュリティだということだと思いますね、石油ショックの後。

それから、まあ、あと、環境とやらがついてきて。

そのコストっていうのは、びっくりするほど安いわけでは、初めからなかったと思いますね。

セキュリティという側面は大事なんですけど、それ、あんまり、いわれると、そもそも、日本に、日本の回りの交通路を遮断されて、全然、もう、LNGも石炭も入ってこないっていう状況は、もう、電気があったって破局なんですね、それは。

そういうことは、絶対にしては。そういう状況に立ち至ったら、日本は、どっちにしろ、終わりなんですね。

だから、そこで、電気だけはあるぞっていうのは、多少、バランスを欠くかなという気がします。

そこは、もう、本当に、日本っていうのは、世界が平和でないと生きていけない国ですので、それは、エネルギーだけのことではなくて、エネルギーさえあれば、なんとかなるぞっていう、エネルギーさえあれば、日本は鎖国できるかといったら、やっぱり、できないですよ。

そういう事だと思います。

(有馬部会長)

エネルギーと食料が要る。

(根本委員)

そうですね。

そこまでの。

いや、実際問題として、石炭、前回のお話で、石炭船っていうのは、3日に1回入ってこない、石炭火力が廻らないと、中部電力さん、コールセンターを持っているから大丈夫、もうちょっとは大丈夫です、というお話なんだけど、そういう事を考えれば、もちろん、もちろん、そういう点で、原子力っていうのは必要だということは、当然なんですけれど。

それにしても、核融合に、一気にいなくなつたって、既存の、既存の核分裂エネルギーだつて、それには貢献しているわけですから。

(北川教授)

いや、いや。

核分裂エネルギーは、もう、やっぱり、将来は無いですよ。
今はいいですけど。廃炉後をどうするかというのがある。

(根本委員)

ちょっと、まあ。
そうですね。

(有馬部会長)

はい、谷口先生。

(谷口委員)

はい、ありがとうございます。
質問というよりも、感想だけなんですけれども。

レーザー・光技術が、いろんなところで、こういう、特に、今回、原子力の分野に絞って、いろんな応用面があるということ、大変、勉強になったというか。

私自身は、廃炉技術って、何か、働き出した頃に、すごく、いろいろなところで、工業試験場とか、いろんなところでやっていて、レーザーでカットするとか、見てたのが、今じゃ、こういうぐらいの世界にきているのかなというのが、感想だったんですけど。

中部電力の、これからやろうとしている、この発電研究、大変、こういう、レーザー・光技術っていうのを、この中でも、いろいろ、取り上げたらいいんじゃないかなっていうのを、今回、聞きながら思っていたっていうのが率直なところです。

そういう面では、是非、中部電力の中でも、こういうレーザー・光技術っていうのをを使った研究が進んでいくといいなっていうのが、ひとつの感想です。

あとは、中部の、この件について、全然、違うことで。

これから、公募をする、始まったのだと思うんですけど、昨今の、いろいろな状況見ていると、大学の先生が、こういうのに応募してくるのかしらっていうのが、すごく、その、よく。

研究費をもらったり、公募ですからね、競争的な資金として、中に入って、提案してやっていくんでしょうけれど、その、よく、今、企業から、そういうのをもらってて、利益相反じゃないけど、いろんなこと、いわれちゃう時代っていうのが、また、一方である中、というのも事実なので、そういう中で、こういうところに、若いところ、今だと、独行の研究所だって、そういうことを、ちゃんと、なんか、いろいろ、いわなければいけない。

特に、安全性の向上なんていう話になっちゃうと、そういう世界があるので、ここの辺で、どれぐらい、面白い研究に手を挙げてくる人がいるんだろうかというのは、率直な、現実の問題として、大変、気になったところというのが、私の基本的な感想です。

レーザー核融合とか、トリウムもそうだったし、このことについては、私は、そんなに、

コメントをするつもりは。

今、山地さんとか、根本先生がいわれたこと、私も、似たような思いをもっているところがあるので、ただ、ITER の、JAE でやっているやつにも、私、評価委員で絡んでいるんですけど、ああいうのも、なかなか、難しいなと思いながら見ていて、今日の、インターネットで見て、改装されるのも、なんとなく、後退したような、官立イノベーション戦略のあれも、なんとなく、思った方向に進んでないというのも見ると、こういう研究が、全体の中で、日本で、本当に、いい意味でのポートフォリオを組みながら、技術の芽を育てるということが、本当に、日本でできるんだろうかというのが、少し、やっぱり、危惧するところでしたね。

感想だけですけど。

(北川教授)

今、私、光産業創成大学院大学にいまして、浜松ホトニクスと、一体化したような所にありますが、私の感想としては、企業からの寄付金も、政府からの寄付金も、同じ企業体からの寄付金であると。

政府もひとつの機関で、企業もひとつの機関、地方自治体もひとつの機関。

どっから、お金が来ようと、それは、日本国民全体からの、本当に、ミッションとして、受け止めておりますので。

まだ、少なくとも、我が大学陣は、企業からの、特許の研究化で、お金をもらうことと、国の科研費をもらい、交付金をもらうのと、違和感はないんですけども。

(谷口委員)

いや、それでいいんだと、個人的には思うんですけど。

今、社会的に、いろいろなことが取り沙汰される時代なので、こういうところに、どれだけ、現実的に、応募があるかしらっていうのは、それは、蓋を開けてみないと分かりません。

(北川教授)

少し、金額が少ない。

その辺は、魅力がないと思います。

(有馬部会長)

ただ、今、国立大学が、特に困っているのは、ものすごく、予算が、今、減らされそうになっている。

ただし、運営費等交付金の方だけだね。

科研費の方は、割に、伸びてくと思うけども、やはり、外部資金を大いに取れという時

代ですから、そういう意味では、健全な産学の共同は、推進すべきだと思うんですね。

健全な研究であれば、産学の協力は、推し進めていくべきだと思います。

それに今、国立大学は財政的に、大変困っているということを申し上げておきましょう。

大竹先生。

(大竹委員)

はい。

最初にお話を伺った、中部電力さんのご報告ですが、大変、意欲的な取り組みに感銘を受けました。

この技術研究所でおやりになるのは、もっぱら、浜岡プロパーの問題に限るのではないかと、私は思っていました。それを超えて、より一般的、基礎的、基盤的なことにまでコミットしようというのは驚きでございました。

ある意味で、山名先生と、逆かもしれませんけれど。

考えてみますと、こういう原子力の安全研究は、各メーカーさんはもちろんですけども、原子力機構とか、あるいは、業界でも電力中央研究所とか、いろいろなところで、様々な研究開発を進めていらっしゃるわけですね。

そういうものとの連携というか、取り合いといいますか、どのように整理しておいでなのでしょう。

今、連携、取り合いと申し上げましたけども、むしろ、お互いに補完しあう関係と申すべきかも知れません。中部電力さんは、どういうポリシーを持って取り組んでいらっしゃるのか、伺わせて下さい。

以上です。

(中部電力)

中部電力でございます。

今の、連携の部分でございますけども、やはり、中部電力としましては、発電所を運営するという観点から、実用化研究、実用化を目指す研究とかですね、実用化したものを改善するような研究を、主体的になって取り組んでいこうと、考えてございます。

あと、将来にわたって、原子力、あるいは、発電技術を維持していこうというところの基礎、基盤的な研究につきましては、やはり、研究機関さんが、ノウハウもありますし、施設もありますので、そこは、私どもが主体になってというよりも、そういう研究機関さんが主体になってやっているところを支援させていただく、あるいは、そういうところから知識を取り入れさせていただく。

そのための手段として、今回、公募ということを考えさせていただきました。

また、公募というのは、ちゃんと、選定過程も透明にして、先ほどの、ヒモ付きということではなくて、しっかりと見せる形でやっていく。

公明正大な形でやっていきたいというところで考えてございます。

(大竹委員)

ありがとうございます。

(有馬部会長)

興さん。

(興委員)

冒頭、山名委員のご質問に対する回答にありました、電力共同研究との関係から見て、中電が、こういう取り組みをされるに至ったのは、確かに、画期的なことだと、評価しております。

ただ、電力共同研究が行われているわけですから、電力コミュニティとして、どういう取り組みをされていることを明らかにした上で、今回、中電が、どういうところを狙おうとしているかということを示して頂けると、良いのであろう、と思いました。

そういう意味では、説明の仕方が、聊か工夫が必要である、と思います。

それと、1、2号機の廃止措置の話というのは、とっても重要だろうと、おっしゃられました。

これは、これまでも、JPDRの実践例というふうな形で、成果が上がってきております。単に、電力コミュニティだけではなくて、廃炉に関する新しい技術の成果を共有して、その上で、今後の取り組みを実施していくことが良いでしょうし、更に、今、運転しているものの安全性の向上に向けて、どうバックフィットさせるかというのはとっても重要なことであります。単に、廃炉技術だけを完成させるのではなくて、より安全性の高度化に向けて展開していくことが期待されているのではないかなと、こう思います。

そうすると、地域の方々にも、こういう取り組みが、魅力ある取組みとして、見える形で評価されてくるのではないかなと思います。

そのこのところの説明が、はっきりいって甘いと思いました。

それと、谷口先生がおっしゃられ、また私も、中電に申し上げておりますが、中電が、こういう形で、プログラムの資金を出されても、多分、そう簡単には、多くの大学、関係者が、応募しない可能性があるのではないかと懸念しております。

今現在、特に、電力コミュニティからの研究資金に対して、社会が極めてセンシティブなのであります。

私は、中電が、こういう形で、資金を出されるというのは、極めて、画期的な評価すべきことだと思いますので、場合によってはですが、この研究部分については、第三者にまかせてしまうのも、重要かと考えます。

要するに、資金だけは出すけれど、その裁きは、全てですね、中電の外で、これを評

価して、併せて、大事なことは、成果の帰属権は中電に属さない、とすることも検討に値するものと考えます。

すなわち、研究に参画される教員の所属される個々の大学に譲ってしまう内容です。中電がお考えのような、自分の所に戻すような発想は、一切、かなぐり捨てるような取り組みが多分、社会の理解を繋いでくれるのではないかと思います。

一般の民間企業の資金については、先ほど、お話が出ましたけど、それは、私は、社会は受容しているのではないかと思います。

それと、核融合の問題でございますが、私、今日のお話をお聞きし、やや、不満がございます。

私自身は、核融合の問題は、この ITER の取り組みの日本側の代表として、数年間、世界のコミュニティと、関わった当事者であり、また、ITER プロジェクトの前の、イントールという国際共同研究プログラムとか、あるいは、我が国の核融合炉 JT60 のプログラムに関わった者でありました。又、その ITER プログラムを最終的に、原子力委員会が決めた時の、いわば事務局長をしておりました。

委員会の決断の時、大臣の“決め”はどのような言葉だったかと申し上げますと、各種の制御核融合研究をやっている方々が、すなわち、このレーザー核融合も含まれていますが、そうした方々が、科学的実証の進んだトカマク型の ITER を、是非進めて欲しいというお気持ちを理解できたと、という言葉であったのであります。

従って、トカマク型であるとか、あるいは、レーザー型であるとかの立場を超えてですね、核融合に対する取組みの熱意を、この ITER でもって、先ずは、具現化していこうではないかというのがですね、平成 13 年、今から 11 年前になりますが、原子力委員会の最終的な決定の背景にあったのです。

そのためには、条件があって、今回の ITER プロジェクトのフェーズは、国際プログラムのトカマク型の ITER で実施するけれど、その次のフェーズでは、レーザーも含めてですね、その他の手法について、同じ、土俵の上で評価して、トカマク型を取るか、その他の手法をとるかについて考えてみることで、科学的な研究を実施していくための道は確保しなければならない、ということであったのです。

問題は、そのための研究資金を投入しなければならないことでした。職責を離れた者として、果たして、資金が、投入されているかどうかと思います。

また、北川さんのご説明資料の中に、プロジェクトメンバーがあるのですが、大阪大学の関わりがあったのですが、この資料のどこを見ても、プロジェクトメンバーに、大阪大学の名前がございません。これはどういうことか、ご説明いただければありがたいと思います。

最後に核融合は、決して、この 30 年とか、50 年の間に、フィージビリティがあるという問題ではなくて、将来のエネルギーの枯渇の危機の時代に備えて、100 年先になるかもしれませんが、この核融合が入ればですね、良しとしようという思いを持って、今、世界の方々

が、これに対する取組み、投資をしていると、こういう息の長いプロジェクトだということをお私たちは理解しておく必要があるだろうと思います。

以上です。

(北川教授)

私の方に、ご質問だと思いますので、お答えします。

ふたつ、点がありました。

最初の、ITER の件に関してはですね、ITER は、私ども、興先生と同じように理解をしておりました。ITER 自体は核融合炉であって、トカマクではない。

ずっと、そう思っていたのですが、トカマクの関係者、日本の関係者も、それから、この間、先月、IAEA の会合に行つて来ましたが、そこでは、レーザー核融合も入れるのかといったら、そういうことは、一切、聞く耳を持たないという感じでありまして。

今のホームページを見ても、ずっと、100 あつたら、その内の 99 までは、何にも書いてないですけど、1 のところで、トカマクなんです。

最後の所で、トカマクのパラメータが出てきます。

ですから、結局、トカマク以外の ITER は、現実に存在しないんです。

それから、それは、我々が、声を大にしても、小さい声ですけど、そんなことをゆうても、結局、誰も、聞く耳は持たはいただけません。

それから、もうひとつの、プロジェクトのメンバーに阪大の人が入らないとか、そういうのは、別に、そんなに、大した問題では、我々の都合ではなくて、たまたま、そういう人はいなかっただけで、現実に、実際、共同研究したメンバーの中で、一緒に、その論文を書く時は、名前も一緒に入っていますし、たまたま、これは、スタートした時に、浜松での、私どもの大学の仲間のところ、メンバーを集めてきて、だんだんと広がって行って、そのうち、全員、入ってくると思うんですけども、今のところは、まだ。

別に喧嘩しているわけでもないし。

いつも、一緒に講評しながらやっています。

(有馬部会長)

じゃ、ちょっと、もう、時間がないから。

久保さん、すごく短いご質問。

(久保委員)

ありがとうございます。

私も、ちょっと、問題感なんですけども。

加藤先生から、お話いただいたレーザーを、いわゆる、加工技術を使つたり、それから、センシングに使うというような、今後のひとつの、廃炉だとか、他の発電所の必須技術と

しては、大変、有効だと思います。

それから、北川先生から、お話いただいたのは、ちょっと、私から見たら、まだ、先の話だと、先ほど、おっしゃった、先の話かと思うんですけど、私自身は、先ほど、根本先生ですか、おっしゃったように、大きなエネルギーを、今後、必要とするよりは、割と小規模で、機動性のあるエネルギーが必要ではないかと、政策的には考えているんですけど、こういうようなレーザーのものというのは、いわゆる、規模の小さい、それから、即、必要となった時に供給できるようなものです。

例えば、原子力発電所なんていうと、今ですと、起動し始めてから運転状態になるまで、2日とか、3日かかるっていう、そういうことはないんですか。

(北川教授)

それは、あるかもしれない。

液体ブランケットですので、起動するのに時間かかりますね、それはありますが。

3.5円で作るというところで、何百万キロワットかになるので、まあ、もう、ちょっと、15円ぐらいでいいよっていったら、もっと、規模の小さいものに作ってみよう。

最終的には、例えば、会長は、自動車に積んでいけるようなエンジンを作れとおっしゃってましたんで、最後は、そうでなかったら、エネルギー源としては意味ないと思っております。

(有馬部会長)

どうも、ありがとうございます。

それでは、今日の議論を、終わることにいたしたいと思います。

私は、三つほど。

ひとつは、中部電力に対しては、やっぱり、いいたいのは、廃炉が、しかも、福島のように危険な状況で、廃炉されるんじゃなくて、非常に安全な格好で廃炉されているので、あれは、絶対、いい教訓となさって、それによって、次の、仮に、原子力が続いたら、次の新しい炉に対しては、どういうことで、安全性を、より高めることができるかということか、そういう研究開発をしていただきたい。

それから、第2に、原子力利用が続く、続かないにかかわらず、廃炉が、これから、どんどん、出てくるだろうから、その廃炉を、どういうふうにやれば早く済むかというようなことの研究を、大学側とも共同として、おやりいただけると幸いです。

それから、根本さんと、谷口さんのご疑問、将来の問題。

それから、興さんが、100年先という話をしていましたが、100年先は、長すぎるにしても、やっぱり、レーザー核融合に限らず核融合が起こるところまでいくということは、人類にとって、非常に大切だと思いますね。

それで、根本さん、谷口さんに、むしろ、ご質問だけど、将来、一体、人類は、どのく

らいエネルギー要るのかと。

私は、再生可能エネルギーだけで足りるだろうか、原子力が、本当に要らないだろうか、その辺の評価をきちんとやっていただきたい。どこかで、誰かが、やっているだろうと思うけれど、その研究をして、お教えいただければ幸いです。

ちなみに、大体、2035年ぐらいには、今のエネルギーの2倍、1.69ないし2倍ということが、普通に、いわれている。

2035年ぐらいで、2倍だったら、もう、2100年になったら、もっと、要るかもしれない。あるいは、要らなくなるかもしれない。

その辺について、日本だけじゃなくて、世界中のエネルギーが、どのくらい要るのかという予想をしておくべきです。今、中国やインドが勢い良くエネルギーを増やしています。それから、ブラジルなんかも増やしている。

その予測を、この機会に、もう一回やっておく必要があるだろうと思います。

おやりになっているだろうから、一度、お聞かせいただければ幸いです。

それから、核融合に対して、私が、一番、気にしていることは、ブランケットの問題です。本当に丈夫なブランケットが開発されているのでしょうか。

本当に、例えば、ITERの場合も、私、一番、気にしているのは、ものすごいエネルギーのアルファが出てきたり、中性子が、どんどん、出てきた時に、本当にもつんだらうかという、その辺のことを、また、いつか教えていただきたい。

ブランケットの研究が、非常に、遅れているのではなからうかと。

点ける、火をつける方ばかりやって、火を消す方の、エネルギー取り出す方の研究が遅れていると、私は、思っています、これは、そこまで、なかなか、いかないんだろうと思うけども、ひとつ、いつか、お教えいただければ幸いです。

ちょうど、10分、遅れた所で、今日は、終わらせますが、そこで、最後に、川勝知事さんに、ご感想をお聞かせいただきたいと思います。

よろしく、どうぞ。

(川勝知事)

今日はですね、この効率性と、それから、安定供給と環境という、それに、原子力の分科会が加わりました。

これは、安全性ということのための分科会です。

そして、今日、驚いたのがですね、中部電力が、研究所をつくられたと。

そして、研究テーマは、自分でお決めになったと。

そしてですね、1研究テーマに対して、500万円だと、僅か、5千万だと。

安全性のために、18メートルの防波壁を、1400億円かけて作られているわけです。

研究に対しては、1億にも満たないと。

1400億分の5千万円かという、これにも、本当に驚きました。

それからですね、己の、中部電力の浜岡原発の維持のために必要な、そうした研究に中心にするというのにも驚きました。

研究っていうのは、いろいろな角度がある筈で、例えば 360 万キロワットの送電線があると。それを、どう活用するかと。中部電力のご使命は、安全性と安定供給です。

そこに、原発もひとつの供給源であるということでございますけれども、いろいろな、研究テーマがあつていいと。

自由テーマで、例えば、1 億円、ポーンと出すというくらいですね、ことがあるかと思えば、全部、それを、自分たちが選んだ、いわゆる、先生方によって、その公平性を保つとおっしゃっていますが、この委員会が、そのものじゃありませんか、と思いましたですね。

それから、レーザーについては、廃炉措置に役立つということが、特に重要な、加藤先生からの、お話だったと存じます。

北川先生、これは、ともかく、加熱しなくちゃいかんということですね。

ともかく、加熱の方法が、なかなか、厳しいということですが。

この間、池田先生の所にいって来まして、これは、太陽光を、太陽発電にすると。

これは、太陽光っていうのは、波長が、もう、非常にバラバラなので、そこをひとつに集めないといけないと。

1 マイクロメートルですから、そここのところが、最も効率的であると。

そういうことを、この光を集める技術というのを、また、レーザーを集める技術と、どっか、共通するところあるじゃないかと思っているんですけども、そういう事も含めてですね、私は、共同研究ができるというふうに思っております。

ですから、僅か 500 万円ですね、しかも、あそこの、中部電力の、あそここのところが、なんていいますか、テキストになるということであれば、九州の人が研究しようと思ったら、もう、交通費だけで飛んでしまいますよ。

ですから、これ、寥々たるもので、言い訳にしか作らないと思ひまして、ですから、もっと、自由な研究を、賞金のような、そういうものが要だと。

これができるのを、日本の原発といってもですね、9 つの電力会社がありますけど、そのうち、本県は、2009 年段階で、原発依存度が 1 割です。

四国とか、九州とか、関電ですと、5 割ですよ。

そして、北海道でも 4 割です。

東北電力は 3 割です。

あと、東電もそうですね。

うちは、1 割ですから、少ない。そして、一番、安全にやっている。

その安全性をするための技術開発をするんだということであれば、誰に対しても、私は、説得力があると。

これをですね、あそこの浜岡原発を再稼働させることのためだけだというようにいって

しまうと、もう、これは、研究するという事自体について、なんかヒモ付きというふうになりますから、先生方が、おっしゃったとおりですよ。

だから、研究者には、もっと、自由に開放させるべきだと。

そして、そのスクリーニングは、こういう委員会で、していただくために、ここで、今日は、研究テーマを発表していただいたんです。

そんなヒモ付きっていうか、あとづけを、全部、入れ込んだらですね、研究テーマの設定で、1件500万円で、そうしたことに、大変、驚きまして、もう一度、この件については、ご再考たまわりたいというふうに思っております。

以上です。

(有馬部会長)

どうも、ありがとうございました。

それでは、ちょうど、時間になりましたので、事務局に、進行をお返しいたします。

(事務局)

本日は、長時間にわたるご審議をいただきまして、誠にありがとうございます。

それでは、以上をもちまして、原子力経済性等検証専門部会、原子力分科会合同会議を閉会いたします。

本日は、ありがとうございました。