

## 第17回原子力委員会定例会議議事録

1. 日 時 令和6年6月4日（火）14:00 ～ 15:47

2. 場 所 中央合同庁舎第8号館6階623会議室

3. 出席者 原子力委員会

上坂委員長、直井委員、岡田委員、青砥参与、畑澤参与  
内閣府原子力政策担当室  
山田参事官、梅北参事官  
文部科学省 原子力課  
奥課長

4. 議 題

- (1) 医療用等ラジオアイソトープ製造・利用推進アクションプランのフォローアップについて【制度・体制の整備、研究開発の推進等】（文部科学省）
- (2) 令和5年度版原子力白書（案）の概要について
- (3) その他

5. 審議事項

（上坂委員長）時間になりましたので、令和6年第17回原子力委員会定例会議を開催いたします。

本日の議題ですが、一つ目が医療用等ラジオアイソトープ製造・利用推進アクションプランのフォローアップについて、二つ目が令和5年度版原子力白書（案）の概要について、三つ目がその他であります。

一つ目の議題についてですが、先週に引き続きアクションプランのフォローアップを行います。

事務局から説明をお願いいたします。

（山田参事官）事務局でございます。

一つ目の議題は、委員長から御発言いただきましたとおり、医療用等ラジオアイソトープ

製造・利用推進アクションプランのフォローアップについてでございます。

今回は、文部科学省研究開発局原子力課、奥篤史様から、制度・体制の整備、研究開発の推進について御説明いただき、その後質疑を行う予定です。

本件は、原子力利用に関する基本的考え方の3-7、放射線ラジオアイソトープの利用の展開に主に関連するものでございます。

それでは、奥課長、御説明よろしくお願いたします。

(奥課長) 文科省の原子力課の奥です。よろしくお願いたします。今日は、この機会をいただきありがとうございます。

それでは、R I のアクションプランに基づきまして、文科省の現在の取組について資料に沿って御説明をさせていただきたいと思っております。

資料をおめくりいただき、2ページ目になります。

医療用R I のアクションプランにおいて、赤枠囲いさせていただいているところが文科省に主に関係するところであると思っております。

一つ目、J R R - 3 を活用したモリブデン／テクネチウムの安定的な製造、それと「常陽」を用いたアクチニウム-225の製造実証、それと、三つ目のところで、研究炉における製造のための技術開発支援、それと、(4) のところで人材育成の強化、それと廃棄物の処理・処分に関する仕組みの検討、こころ辺で文科省に関連する取組及び課題を説明をさせていただきます。

まずは、3ページ目になりますけれども、文科省の方では現在の科学技術・学術審議会の下にある原子力科学技術委員会のところで、原子力科学技術に関する今後の政策の方向性というのを検討を進めています。この中で、五つの柱を設けています。

一つ目が、新試験研究炉の開発・整備ということで、もんじゅが廃炉になりましたが、このサイトを活用した新しい試験研究炉の整備というのを挙げています。ここの中で試験研究炉をR I の製造にも活用していこうということの一つ掲げています。

二つ目は、次世代革新炉の開発に関する基盤整備ということで、「常陽」や、HTTR、原子力の安全研究に関する取組を進めるということをもう一つの柱にしています。

三つ目が、廃止措置を含むバックエンド対策ということで、もんじゅ、ふげん、東海再処理のような大型施設の廃止措置はもとより、それ以外の主要施設の廃止措置についても仕組みを新しく検討していくということと、最終的な廃止措置、最終的な処分場の整備というのを進めていくということ掲げています。

四つ目が、研究・人材育成基盤の強化というところで、原子力に関しては単純にエネルギー利用だけではなくて幅広い利活用が期待される分野ということで、原子力の科学技術・イノベーションの推進というところと、それを支える人材育成基盤の強化、ここももう一つの柱として据えています。

五つ目は、東京電力福島第一原発の廃止措置に向けた取組ということで、ここら辺は一体的に進めてまいりたいというふうに思っています。

4 ページ目ですけれども、医療用 R I に関して、まず、J R R - 3 という炉が J A E A の東海の事業所の方にあります。こちらについては、令和 3 年に耐震補強等を踏まえて運転を再開し、供用運転を開始をしています。年間当たり大体 2 万人ぐらいに毎年利用いただいています。

この中で、J R R - 3 の一つの目的として、この R I のアクションプランに基づいて、医療用の R I、特にモリブデン-99 の製造に関する研究開発、それと、実証を行うということで現在取組を進めているところであります。

5 ページ目のところで、アクションプランにおける J R R - 3 の取組ということで、このアクションプランの中では官民連携によって国内体制を構築し、製薬企業との協力体制を構築する、これが 2023 年度の目標としてあります。

また、25 年度には、J R R - 3 で製造したモリブデン-99 の試験供給を開始するということを目標として据えております。

これに向けて、下側ですけれども、まず、国内体制、それと照射試験、それと分離・抽出・精製技術開発試験というのを鋭意行っているところで、2027 年に国内需要の 3 割の国内製造を目指すという目標を掲げていただいています。これに J R R - 3 の方でも適切な貢献をしていくということを目指して挙げています。

6 ページ目になります。

J R R - 3 におけるモリブデン-99 の製造能力ということで、二つのやり方があります。

一つ目が、水力照射ということで、ここはカプセルに入れたモリブデン-99 のペレットを原子炉の中に入れて、照射した後にすぐに取り出すということで、左下にあるように、1 回の製造量としては 135 Ci と小さいですが、頻繁に出し入れができるということで、製薬業者等に提供する際には定期的な製造、提供というのが考えられるような形になっていません。

もう一つが、炉心の中央部に垂直照射をやる設備になりますが、こちら、1 回当たりの製

造量として2, 500 Ciというふうに比較的大きいですが、こちら、原子炉が止まっている間でしか取り出しができませんので、大体1か月の定期運転をする際の前後に取り出すということで、機動性には若干欠けるかなというふうに思っています。

こうしたことで、この水力照射、それと垂直照射、この両方を組み合わせて製造実証を行うということ、今、行っているところです。

7ページ目のところですが、令和5年度の製造実証試験ですが、定期検査、大体5か月ぐらいありまして、それ以外の期間、大体6サイクルの運転をしています。ここの中で、特に水力照射について随時実証試験を行っています。

実績として、目標とする放射エネルギーを適切に製造することを確認できたであるとか、スケールアップにおける照射結果に影響がないことを確認したであるとか、実用サイズのモリブデンペレットの溶解に成功した後の技術実証を行っているところです。

8ページ目が、これと並行して製薬業者に対しての要望をJAEAの方では聞き取り調査を行っています。製薬業者さんからは、供給頻度としてできれば週に1回、それと曜日を固定して払出しをしていただきたいということ、それと、供給量としては2社合計で660 Ci/毎週の提供をお願いしたいということを御要望いただいています。

ただ、現在ですと、週1回、固定曜日の出荷は可能であろうというふうに思いますが、水力照射については100 Ci/毎週、それと垂直照射は1,000 Ci/毎月ということがある種能力的な限界になっていまして、毎週ですと大体300 Ciぐらいの提供が限界になってくるかなと思います。

ということで、このJRR-3のみならず、あるいは、国内の加速器との連携が必要になってくるということが一つ課題であること、更には、垂直照射につきまして、払出しの頻度を増やすということになると、原子炉の炉心の中央部ということ改造することによって出し入れが比較的容易になるようにするというのも可能ではあります。ただし、これについては、改造工事にかかる設計・製作、あるいは据付け工事に相当な期間が要するというので、これは今後の検討課題かなというふうに思っているところです。

続いて、9ページ目ですが、もんじゅサイトを活用した新試験研究炉の開発・整備です。

こちらは、左下、真ん中辺りにありますが、令和5年3月、昨年3月に概念設計を終えて詳細設計の段階に既に移行しています。10MW級の中出力炉、それと照射機能を持つビーム炉ということで、今、設計を進めています。

JAEA、それと京都大学、福井大学の三者で協力拠点を作りまして、三菱重工を主契約企業として選定をし、今、詳細設計のⅠのフェーズを進めているところです。今年中にこの設置許可の申請の時期を見通すということの一つの目的としていまして、現在、その作業を進めているところになります。

次のページがそのスケジュールになりますが、繰り返しになりますけれども、今年中ですね、この年末までの間にその設置許可の申請の時期、その詳細設計のⅠからⅡのフェーズに移る段階になりますが、この時期を見通すということを目標に据えています。それに向けて、今、各所の検討作業というのを進めている段階になります。

並行して、11ページ目になりますけれども、試験研究炉に整備する実験装置群をどうしたらいいのかということ京都大学とアカデミア中心に今御検討いただいています。11ページ目のところは、炉室の中に置く中性子の実験装置としてどういうものが必要かということで、優先装置として中性子の放射化分析というのを今候補として挙げています。これに加えて、ビームに設置する実験装置群として四つ、別途優先装置というのをピックアップしていまして、イメージングであるとか、小角散乱、粉末回析等々の実験装置を御検討いただいています。この炉室の中に置くというのは放射化分析になります。

今後、後続的に整備を進めるものとして、研究用のR Iの製造であるとか、医療用のR Iの製造というのも非常に御期待が高いところですので、この実験装置の整備というのも今後検討してまいりたいというふうに思っているところです。

ここまでの、モリブデン/テクネチウムに関する状況になります。

続いて、12ページ目ですけれども、「常陽」におけるアクチニウムの製造に関してになります。「常陽」については、御承知のとおり、OECD諸国の中で唯一稼働中の高速中性子場ということで、この再稼働に関する期待というのは非常に大きいと思っています。

昨年7月に設置許可変更の認可を得まして、今、安全対策工事を進めているところです。右の半ばになりますが、令和8年度半ばの運転再開に向けて、今、安全対策工事を鋭意進めているところです。並行して「常陽」の燃料製造というのも並行して検討しているところです。

これが運転を再開した暁には、医療用のR Iの製造、特にアクチニウム-225の製造を実証に使うということで、今、それに向けた検討を鋭意進めているところです。

13ページ目が今後のスケジュールになりますが、申し上げたように、令和8年度半ば、2026年度半ばに運転を再開し、真ん中の青い線になりますけれども、医療用R Iの製造

実証、それとスケールアップの試験というのをやっていくということを予定をしているところです。

これに向けて、14ページ目になりますが、将来的な医療用R Iの製薬に向けた検討を行うということで、JAEAと国立がん研究センターとの間で今年の2月に協力協定を締結をしました。

具体的な中身として15ページ目になりますが、特にアクチニウム-225で標識された薬剤の研究開発ということで、JAEAの方はアクチニウム-225の製造と提供体制を確立するという、それと、国立がん研究センターについては、これを用いて医用利用に関する基盤研究開発を行う、製薬等に向けた具体的な研究開発を担保するということを予定しています。

それと並行して、サプライチェーンに関する検討というのも二機関が協力して行うということを予定しています。

基本は、この「常陽」が運転再開した後になりますけれども、それに先立つ形で、劣化ウランのところから抽出したようなラジウム、少量になりますけれども、ここをジェネレーターとしてアクチニウム-225を先行的に作り出して、これらの医用利用に向けて研究開発を行うという取組もこの国がんとJAEAとの間で今後行っていくことを予定をしているところです。

続いて、16ページ目になります。

バックエンドの方になりますけれども、左側の上にありますように、平成20年のJAEA法の改正で研究施設等廃棄物についてはJAEAが埋設処分事業主体となることが規定されています。現在、埋設勘定を設けまして、毎年度この埋設処分場に必要なお金というのを積立てをしているところになります。

今後ですけれども、この埋設施設について、これ、単純にJAEAのものだけではなくて、大学であるとか、RI協会が集めているような研究施設等廃棄物について一元的に集約をして埋設するということになりますので、できる限り早期に埋設処分場を整備すべく積極的な取組を進めていくということを予定しています。

こうして、現在、各大学、あるいはRIの機関等を対象に物量調査というのを行ってまして、この物量調査の結果というのを今年中に公表するという方向で現在検討を進めているところです。

続いて、17ページ目になります。

原子力科学技術・イノベーション、いわゆる基礎研究の推進ということで、文科省の方で左に赤囲いしていますが、原子力システム研究開発事業という、いわゆるファンディングプログラムを持っています。年間10億円程度の予算規模ですけれども、ここの中で、右側にありますように、特定課題推進型というのを設けて、今年度から新規に公募を実施しています。

この特定課題推進型については、次のページにありますけれども、今回、新しく2テーマを設けています。18ページ目のところになります。2テーマありまして、現在は核燃料物質の安定化処理技術、いわゆる少量核燃物質の安定化処理技術の確立というのが一つテーマで、もう一つのテーマとして原子炉を用いた医療用RIの製造・活用というのをテーマとして設定をし、公募を行っているところです。

現在、もう公募は締め切りまして、今、書類審査、それとあと面接審査を行う段階に入っていますが、医療用RIの方からもかなりの数の応募をいただいています。その中から今年の夏をめどに新規課題を採択をし、研究開発の支援を行ってまいりたいというふうに思っております。

最後、19ページ目になります。人材になります。

文科省では先進的原子力教育コンソーシアム、ANECというコンソーシアムを設けまして、これを通じて原子力人材の育成支援をさせていただいています。ANECにおいては、真ん中の図にありますように、カリキュラム、国際、実験・実習、産学連携、四つのグループを設けて、関係する大学、研究機関が入った形で連携・協力しながら人材育成の取組というのを進めています。

特にカリキュラムにつきましては、RIの研究も含めてですけれども、RIに関するカリキュラムというの、静岡大学で実施をさせていただいているところで、こうした取組というの、引き続き支援をさせていただきたいというふうに思っています。

さらに、人材については、今後この人材育成事業を我々の方としても鋭意見直しをしていきたいと思っております。更に実のある人材施策になるように取組を進めてまいりたいと思っております。

20ページ目は御参考までに、文科省における医療用RIに関する関係予算というのをまとめさせていただいています。JRR-3であるとか「常陽」、これが大型のお金になりますけれども、これ以外にも新試験研究炉であるとか、人材育成に関するお金というの、集約をさせていただいています。令和5年、6年度の予算額としておおむね55億円程度を計上

させていただいているところです。

雑駁ですが、説明は以上です。

(上坂委員長) 最新の情報を御丁寧に説明、ありがとうございます。

それでは、委員会の方から質問させていただきたいと存じます。

それでは、直井委員からお願いします。

(直井委員) 奥課長、御説明ありがとうございます。

特にモリブデン-99の国産化に向けた動きのところを中心に御説明いただきました。2027年までに国産で3割を供給するというような目標を立てているんですけども、JR-R-3だけでは達成できないんで、加速器と合わせ技でというような御報告だったと思います。どうもありがとうございます。

それで、まず初めに確認をさせていただきたいんですけども、このアクションプランに関連して、文科省のいろいろな所管があると思うんですけども、今回の御説明は全体じゃなくて、例えば、アスタチン-211を加速器で作るといったところとか、恐らく研究開発戦略担当付の組織とのデマケーションについてちょっと教えていただければ。

(奥課長) 余り文科省の所掌の縦割りを申し上げてもしょうがないんですが、医療用のR Iに関しては、基本的な所管は研究振興局の振興戦略官付になります。そちらで加速器と、一応原子炉の方も含めて全てを所管しているんですけども、そのうち原子炉に関するところというのは我々の原子力課のところを中心に検討させていただいているところです。

ただし、両方とも協力関係を持ちながら進めさせていただいていますんで、振興戦略官付の医療用R I全体の計画、研究、検討の際には我々としても積極的に協力してまいりたいと思います。

(直井委員) ありがとうございます。

それから、5ページのところで、国産化に向けた国内体制というところで、特に国内体制構築で共同研究の締結というのがございますけれども、これは2月の、先ほど御説明の中にあつたがん研究センターとJAEAの協力協定のことでしょうか。それ以外にもしありましたら、教えていただければ。

(奥課長) これは、どちらかというともリブデン-99に関するものですので、むしろこれとは別に、JAEAとR I協会と、あと放射線利用協議会ですかね、等々が入っていただいて勉強会というのがあるんですけども、そこが一応こういう議論の場ではないかというふうに思っています。こちらについては定期的を開催をさせていただいていますので、モリブデン



－ 99 の製造実証の検討状況、それと製薬事業者さんからの要望というのをそれぞれ挙げていただいて議論する場になっています。その場で課題等を抽出をして、今後検討作業につないでいくということを考えております。

(直井委員) ありがとうございます。

それから、6 ページのところ、モリブデン－ 99 の製造量の試算結果というのが出ていて、水力照射法でいくと 135 Ci で垂直照射法でいくと 2,500 Ci というような試算結果が出ていて、一方で、8 ページ目では、水力照射法では 100 Ci で、垂直照射のところは 1,000 Ci / 月となっているんです。ちょっとこの差が大きくて、これ、どういうことかなと思ったんですけども。

(奥課長) すみません、これ、JAEA の資料なので正確ではないと思うんですけども、一応、これ、製造量の試算として、ある程度マックス的なものをここには出されている印象がありまして、安定的に製造を提供する体制となってくるとこの毎週 100、それと毎月 1,000 ぐらいがある程度限界なのかなと思います。

(直井委員) 分かりました。どうもありがとうございました。

私からは以上です。

(上坂委員長) 岡田委員、お願いします。

(岡田委員) 御説明、ありがとうございました。

私の方は、今のすこし細かいことになりますけれども、先ほどの 6 ページの左側の炉心の図ですけれども、VT-1 というのは赤いところで中央だと思うのですが、これで垂直照射施設で、この矢印描いてあるのは、赤いところで 1 回そのまま運転中照射して取り出せないということじゃないかと思うのですが、どうでしょうか。

(奥課長) これ、真ん中にある大きい丸、黄色いところ、ここがいわゆる炉心になっているところで、燃料棒があります。なので、この黒い点も赤い点も燃料棒のすぐそばにあるところなので、原子炉が停止している期間しかここは取り出せないという形になっています。

(岡田委員) そうですね。

(奥課長) 水力照射のところは、水の圧力で中に入れて、それで取り出せるので、ここは頻繁に、毎週であるとか取り出せるという形にはなります。

(岡田委員) そうですね、垂直照射の水色の矢印がこの位置なのかなと思ったたんですけども、分かりました。

それで、次は、埋設の方の質問ですが、私、今年の春に原子力学会の展示会でこの埋設の

模型を見たのですが、非常に分かりやすくていいなと思ったのです。一般の人たちは研究用のいろんなものが低レベル放射性物質であるというのがなかなか分かってもらえなくて、高レベルとごっちゃになっているような気がするので、一般の人たちに分かりやすく説明する中でこういう埋設の模型などを見せていただきたいと思って、JAEAにもお話ししているんですが、非常に分かりやすいと思うのですが、いかがでしょうか。

(奥課長) ありがとうございます。

研究施設等廃棄物の埋設処分場の整備というのは、我々にとって最優先事項の一つでもありますので、立地自治体、立地候補自治体の理解増進というのは必須だろうと思います。ですので、国民の皆様、住民の皆様に対して幅広い形で広報活動を展開するというのは非常に大事だと思っていますので、そうした展示物というのもしろいろなところで積極的に活用してまいりたいと思います。

(岡田委員) ありがとうございます。

もう一つですけれども、最初の3ページに戻りますけれども、基本的な考え方の中に、原子力ではよく言われるのですが、安全・安心確保を大前提としたという文言が書かれているのですが、この安心・安全は人間に関わるもので人材育成が一番だと思うのですね。

人材育成のところ、一つは、JAEA自体の人材育成で、中で働いている、勤めている方の人材育成は文科省の所管ではないんですよね。

(奥課長) いえ、JAEAの中で働く、JAEAの職員である研究者、技術者、職員の方々に対する研修活動というのはJAEAの職務としてやっていますので、それは文科省の一つだと思います。

(岡田委員) そうですか。

最近、一般の人たちの話合いをしたときに、研究者だったら話を聞きたいとか、アンケート調査にも、研究者の話はすごくよく分かったとか、そういうことを言われるようになったのです。なので、JAEAの方々に表に出て、研究者がすばらしい研究をしているとか、いい人間というか、変な言い方ですけれども、そういうことが前面に出てくるといいなと私は思っています。その辺もすこし文科省で見てもらいたいと私は思いました。

それから、医療用ラジオアイソトープの製造利用・推進については、やっぱり、基本的に科学、それから、私が専門ですが、放射化学の人材というのは非常に必要だと思います。そのためには、一般の人たちに医療用ラジオアイソトープの研究や製造の必要性など、私たちの仕事かもしれませんけれども、もう少し広く知ってもらいたいと思うのですね。

そうすると、医療分野の志のある方で、お医者さんという選択肢だけではなく、医療関係の志のある人たちに知ってもらって、そして、進学してもらったり、職業に就いてもらえると思うのですが、その辺の人材育成の関係の広報はどのように進めていらっしゃるでしょうか。

(奥課長) 人材育成の広報、人材育成そのものがやっぱり大事になってくるので、文科省では、今、先ほど申し上げたANECという活動で原子力のコンソーシアムをつくり、大学、関係機関、それと企業さんにも入ってきていただいて連携・協力しながら取組を進めていこうとしています。

今後の方向性として、専門性の向上ですね、よりプロフェッショナルな専門家を育成するということと並行して、やはり、裾野の拡大というのが必要で、それを原子力の、いわゆる専門人材だけじゃない、例えば、他分野、他学科の学生に対して原子力についてきちんと知識を持ってもらう、それは放射線の知識もそうなんですけれども、持ってもらえるような取組であるとか、大学の人たちだけじゃなくて、高校生であるとか、あるいは、高校生の親ですね、をターゲットとした取組を進めていくというようなことも必要かなと思っていて、そうした幅広い意味での裾野の拡大ということを我々の人材育成施策の取組の一環として今後強化をしていきたいなと思っています。

その強化策というのは、今、来年度に向けて内部で検討しておりますので、今後、先ほど申し上げた原子力開発の方向性というのを今年の夏ぐらいに中間的なまとめを出そうと思っているんですが、その中に一定の方向性は示していきたいなと思っています。

(岡田委員) ありがとうございます。是非、進めていってもらいたいと思います。ありがとうございます。

(上坂委員長) それでは、青砥参与からも専門的な観点から御意見を頂ければと存じます。お願いします。

(青砥参与) いろいろ御説明、ありがとうございます。

幾つか、確認したいことがあります。まず、タイトル、これはどういう意味合いで付けられたのか分かっていないのですが、この中の制度の整備という内容が報告の中で捉え切れなかったもので、何らかの事例があって、どういう制度をどう整備されようとしているのか、紹介いただきたい。単なるタイトルにおける言葉のあやであれば無視してください。

(奥課長) 先方から示されたタイトルで書いた……

(青砥参与) 特に文科省の方で制度整備をやられているわけではない。

(奥課長) こちらの事務方からこういう、内閣府様の方からこうした形でやってくれという御依頼を頂いたので、それをそのまま入れさせていただきました。

(青砥参与) 次の質問にいかせていただきます。最近特にこの医療用ラジオアイソトープについていろいろ議論が活発化していると認識しているところですが、一度供給し出すと、当然ながら安定供給といったところが非常に大きい課題になると思っています。

その上で、今の状態から永続的な供給をしていこうとすると、この事例では、JRR-3と「常陽」の組み合わせの話があり、もんじゅ跡地の研究炉についても検討の一部という話もありましたが、永続的にある目標、ここで言うと、モリブデンについて国内供給の3割でしたか、それを永続的に保証していこうとすると、なかなか難しく、今後も製造施設やその周辺の整備といったものが重要になると思います。その辺についてどうお考えかをお話してください。

(奥課長) ありがとうございます。

おっしゃるとおりで、これは本当に、長期スパンで安定的に供給しようと思うと原子炉の施設・設備をきちんと整備していく、今後、JRR-3以後のものも含めて整備していくということが大事だと思っています。

ただ、大変恐縮ながら、今、JRR-3を安定的に稼働するというのと、もんじゅサイトに新試験研究炉を早期に整備するという以外に新しい原子炉の新設等の検討は、恐縮ながら、今、されていません。それは今後の課題であるというふうに思っています。

(青砥参与) 総合的な考え方だと思いますが、医療用RIのためだけではなく、是非、その辺りの検討もお願いしたい。

それから、国内だけで収めていけない状態であることから、同様の海外炉についての検討といったものもどこかでやらなければいけないと思いますが、その辺りについて、文科省では検討されることはあるのですか。

(奥課長) それは、海外研究炉の利用ということですか。

(青砥参与) そうです。協力あるいは協働、研究協力かもしれませんが、自前でやろうとすると、先ほど言われたような、施設的に利用時間的な制約があると思うので、海外も含めた協働的なネットを張れば、その辺の安定性というか、安定供給も出てくる可能性があります。

その辺についての検討は、どこでやっているのかということもあるのですが、文科省の方で研究分野についてはどのようにお考えかお聞きしたい。

(奥課長) 研究コミュニティーという意味ではもちろんJAEAと海外の研究機関との連携・

協力というのはあると思うので、引き続き、これまでもありますし、引き続きそれは進めてまいりたいというふうに思っていますが、こと、医療用R Iということになると、モリブデン、例えば、モリブデン-99については、ある種、海外の研究炉で出てきたものを使って製品化をされているわけですね。

そこは、ある種、製薬事業者の事業になっている以上は、そこは、誰が責任持つかというところがあると思うんですけれども、事業者がどこの研究炉を使うということは決めるものであって、そして、その事業者における検討にJAEAとして、文科省として関与していくということはあると思いますけれども、そこを文科省の方が指導してこうした研究炉を使って製薬事業をやるべきじゃないか、みたいなことを言ってはちょっと行き過ぎなところかなというふうに思います。

(青砥参与) ありがとうございます。

今の質問に関連してですが、当然ながら医療用R Iを実際の現場で使おうとしますと、JRR-3や「常陽」で原料を出すのですが、当然、医薬品にしなければいけないし、医療に役立てないといけない。そうすると、今、おっしゃったような、文科省の範囲を超えたところになお課題が幾つかある。こちらではせつせと原料を出しているのですが、後続するところがうまく整備されないと実際の御利益は国民へは届かない。

そういった観点で、14ページで示された、原料調達の部分と、実際に医療用の利用を目指した研究の協力という、JAEAと国立がん研究センターとの契約という紹介がありました。これは、その一つの例かと思いますが、これを文科省と厚労省の管轄の共同研究と捉えたとすると、今の段階で各省庁の管轄を超えたところの整理についてはどうされているか、あるいは、どうお考えなのかについて最後に教えてください。

(奥課長) モリブデン-99の方とアクチニウムでまた位置付けが違うと思うんですけれども、まず、モリブデン-99については、医療用R I全体なんですけれども、JAEA、原子力機構はあくまで原子力に関する総合的な研究開発機関ですので、ある種、顧客からの要望に従って、原子炉を使って照射をして、今、溶解抽出までできるかもしれないんですけれども、そこから払い出すところまでを原子力機構はミッションとしてやりますが、その後ですね、それを製薬事業として、製薬、創薬に持っていくというところの作業というところまでJAEAが手出しするところではないと思っていますので、このアクションプランの中でも中間事業者とか、その先の製薬事業者との協働というのを書いていただいていますけれども、そうしたJAEAの先のところとの協力関係というのを構築していくということが必要だろう

と思っています。

一方で、アクチニウムに関しては、まだ實際上、創薬化したものというのはありませんので、現段階では、JAEAと、あるいは、がん研のようところがRIを作って、ある種、臨床研究のようところまで持っていくというところを協働してやっていくということもあり得ると思いますが、いずれにしても、それを本当に製薬事業の方に持っていくということであれば、中間事業体なり、製薬事業者なりというのが入ってきてもわからないと、実際に国民の方に届けるという形にはならないんじゃないかなと思っています。

畑澤さんがいる中で大変恐縮なんですけれども、なので、RI協会であるとか、その先の、協会さん、あるいは、事業者さんと協力関係をつくっていくということが、アクチニウムにしても、モリブデンにしても必要になってくるかなと思います。

(青砥参与) ありがとうございます。

(山田参事官) 事務局からもちょっと補足させていただきます。

先ほど文科省からお話しいただいたようなことがあるわけでございますけれども、それぞれの主体ができる範囲というのは、やはり限りがございます。一方で、ラジオアイソトープといいますのは半減期に限りがありますので、時間との勝負ということになります。そこをつなぐサプライチェーンが非常に重要だということで、そこに関する調査を現在内閣府で行っております。

そういう調査をしていく中で、昨年度も調査を行いました、先ほども文科省から話がありましたとおり、需要側と供給側をつなぐ中間的な事業体が必要だということなども含め幾つか調査を行っております。では、その中間的な事業体というのは具体的にどういう機能が必要なのか、ですとか、例えば、この図にあります陸上輸送というのは一体誰がやるのか、というようなこと、あとは、原子力機構から出てくるラジオアイソトープの純度ですね、どれだけ不純物が混じっていることが薬品として許されるのかといったようなことについて、今後それぞれ調整していく必要があるなというふうに思っております、全体のコーディネートの内閣府で行いながら各主体ごとのこのような連携というのは、内閣府としても是非歓迎したいなというふうに思っております。

(青砥参与) 大変ありがとうございます。

(上坂委員長) それでは、畑澤参与から専門的な観点から御意見を頂ければと存じます。

(畑澤参与) 大変ありがとうございました。

まず最初に、6ページ目の一番下に、年間約790TBqのモリブデン-99の製造が可

能であるという試算が出ております。これは、水力照射、垂直照射合わせてということで、年間の必要量、モリブデン-99の必要量、現在、日本国内で製造されている99mテクネチウムのために輸入している量が数千TBqというふうに推定されます。

数千というのは、仮に3,000TBqというふうに推定いたしますと、ほぼほぼこの790という値は年間の、まだ3割にはなっていませんけれども、それにかかなり近いところまで来ているというふうに理解いたしました。大変、このような試算が出るまでには御苦労があったと思いますけれども、ほぼほぼ近いところにきているのではないかなというふうに思いました。ありがとうございます。

問題は、年間総量としてはいいんですけれども、医療に使う場合は毎週定期的に提供するというのが非常に重要でして、これが、その次のページに、2ページ後ぐらいですかね、8ページ目の上の表に出ております。けれども、製薬企業からの要望として、週1回、理想は週2回、曜日は固定するというようなことが書かれております。

それで、今後はこの定期的に、かつ安定的にJRR-3から製造していただいて、それを提供するという、そういう仕組みづくりが大事なんではないかなと思いますけれども、これについてはいかがでしょうか。

(奥課長) ありがとうございます。

御専門家の畑澤参与に申し上げるのは大変恐縮なんですけれども、製薬業者の方からは週に1回、安定的に提供する体制をというふうに御要望を頂いています。JRR-3、1基だけの提供体制になってしまうと、やはり、定期点検の半年間で止まってしまうというのがあるのと、あと、水力照射は毎週取り出して提供することが可能なんです、垂直照射部分というのは毎月1回ぐらいしか提供できないので、そこで提供量にかかなり差が出てくるというところがあります。

なので、JRR-3以外の供給体制というのと、あと、できるだけJRR-3でもマックスに近いものを提供できるような安定的な運転をしていくということ、この両者を組み合わせてやっていかないと、というふうに思っていますので、ここは関係機関と協力しながら検討を進めてまいりたいと思っています。

(畑澤参与) ありがとうございます。

その意味では、やはり、原子炉1基で賄うということは、これは、総量はいいいとしても安定的な供給という意味では、医療の側から見ると、やはり、不十分なところがあるので、「常陽」であるとか、もんじゅサイトに跡地建設予定の計画されている新試験研究炉である

とか、そういう原子炉1基体制ではなくて複数体制で是非運転いただけるような、そういう仕組みづくりが重要ではないかなと思ってまして、奥課長がおっしゃったとおりだと思います。

それから、もう一つ、これ、また別の質問ですけれども、加速器を使った製造を、原子炉の製造と補完的俯瞰的に利用するというのでベストミックス、原子炉、加速器のベストミックスということは今想定しているわけですがけれども、このサイクロトロン、加速器を持っているのはアカデミアなわけですよ。

それで、大学関係、それから、国の機関、QSTとか理研とかあるわけですがけれども、ここで文科省主導でRIの供給プラットフォームというのを形成して、現在、研究用には供給が実際されています。わけなんです。

この仕組みは大変よろしいと思うんですがけれども、医療になると研究用とはやはり桁違いの量の多さというのがかかってきますので、文科省としては、今の研究用のRIの製造をしているプラットフォーム参画機関に対して何らかの医療用に提供するための何か措置というんですか、予算措置なんでしょうか、仕組みとか、決まりとか、そういうことだと思うんですがけれども、それについては考慮なさっておられるんでしょうか。

(奥課長) ありがとうございます。

おっしゃるとおりで、原子炉だけで全てを賄うというのは難しいので、加速器も含めた形で医療用RIの提供体制というのをつくっていく必要があると思います。これ、冒頭の直井委員の御質問にもあったように、全体を取りまとめているのが研究振興局の振興戦略官付というところで、そこでQSTの加速器を使ったもの、それと、今後、福島でF-REIで加速器を作って、そこでもいろいろなRIの製造を検討するということになっていますので、他の機関、理研等含めて他の機関との加速器も使ったようなRIの製造体制を今後検討していくことになると思います。

なので、先ほど御指摘のあった研究RIの例などを参考に、医療用RIの提供体制というのも原子炉と加速器併せた形でプラットフォーム的なものが必要になってくるだろうと私も思いますので、そこは、今後担当部局によって検討されることになるかなと思っています。

(畑澤参与) ありがとうございます。

それでは、14ページ目に、JAEAとNCCの協力というのがございます。この中で、原料の調達、JAEAが、ラジウム-226の調達がこの中に含まれています。国際的にもアクチニウム-225の製造に関して、照射原材料になるラジウム-226の調達をどうい



うふうにするかというのが大変大きな問題になっていると思うんです。なかなかこれが手に入らない状況になっていますけれども、このラジウム-226の国内外からの調達ということで、JAEA若しくは文科省のレベルでどういうふうな取組をなさっているか、もし、お話しいただければお願いしたいと思いますけれども。

(奥課長) ありがとうございます。

ラジウムは過去JAEAの方で研究活動に用いていたウランの方から自然崩壊で出てくるようなラジウムというのが一定量、ほんの微量ですけれども、これは取出しが可能です。それは一定程度確保して、これは研究用に使っていくということになりますが、それに加えて、ラジウムについて、国外からの調達も含めて、今、調整をしているところで、ここの場で申し上げることできないんですが、一定量の確保についてはある程度めどが立っているとお考えいただければと思います。

(畑澤参与) ありがとうございます。

その下に、アクチニウム-225以外の有望な放射性同位元素についても製造研究を進めるというふうに記載がございます。この部分は大変重要なことをおっしゃっていると思いました。

というのは、とにかくアクションプランは喫緊の課題として、モリブデン-99、テクネチウム-99m、これも今現在大変困っているわけで、それをファーストプライオリティーにしております。

それから、アクチニウム-225、これも必要ではあるけれども、国内で患者さんの治療をできないということで、これもプライオリティー高くっております。それから、アスタチン-211については、これは日本の研究チームが独自に開発をして世界先端を走っているということで、これも三つ目のプライオリティーの高い放射性同位元素の位置付けに推進しているわけです。

やはり、医学の分野、核医学の分野で見ますと、更に新しいいろいろな核種が臨床に応用されつつあり、その一つが、ルテチウム-177です。でもあるわけですね。それから、国内では、オージェ電子を利用した銅67の治験も、これも世界の最先端を走って行っているわけです。

ですから、ここの新たな放射性同位元素を探索するという部分も大変大きいところだと思いますので、是非、そこの辺りも支援していただければなというふうに思いました。それについてはいかがでしょうか。

(奥課長) ありがとうございます。

JAEAとがん研との間は、主にはアクチニウム-225を用いた製造実証と、その医療用の研究というのが中心になりますが、それに限定しているものでは必ずしもありませんので、医用利用の観点からこうした放射性同位元素が必要だということで、ある種ニーズを出していただければ、それに対応した形でJAEAの方でも製造実証をしていくということが必要になる。

原子力機構、繰り返しになりますが、原子力に関する研究機関ですので、こちらが主体的に医用利用に必要なRIのものを作っていくというよりは、ニーズ側にこたえた形で、それに必要なものというのを払出しをしていくということがある種ミッションだと思っています。

もちろん、がん研、あるいは、ほかの機関との間でそれ以外の放射性同位元素のニーズがあるのであれば、それに適切にこたえられるようにしてまいりたいと思います。

(畑澤参与) ありがとうございます。

やはり、今回、こういうふうな協定を結んだ一つの大きな意味は、医療の現場に必要としているRIの情報をJAEAにフィードバックする大きなルートができたというふうに理解しております。

ですから、JAEAがつくって、それをがん研究センターに提供してという一方向の協定ではなくて、医療の現場のニーズを、情報をがん研究センターを中心にして集めていただいて、それをJAEAにフィードバックするような、そういう形で協定がうまく進めばいいなというふうに思っております。

(奥課長) ありがとうございます。

おっしゃるとおりですので、その方向で進めてまいりたいと思います。

(畑澤参与) ありがとうございます。以上です。

(上坂委員長) それでは、上坂の方から幾つか質問させていただきます。

まず、3ページに関して、研究炉、JAEAの研究炉の状況が書いてありますが、実は、この4月17日にJRR-3と「常陽」の見学に行っていました。それで、特にJRR-3では、一度は全て使用停止になったRI研究棟が、約半分が研究開発が再開している、このモリブデン関連のですね。そして、また、増産が進めば、もう全室利用という見込みだというような説明がありました。

一方、大洗の「常陽」の照射燃料集合体試験施設、FMFですね、こちらでは様々な研究プロジェクト、つまり、福島燃料デブリ分析、GX、高速炉研究開発、加えて、ラジオアイ

ソトープ研究が展開されて、新しい分析装置等が入ってくる。そういう説明を受けました。

また、若い研究員も多く採用されて活躍されて、非常に活況がありました。

このJRR-3について、早くモリブデン/テクネチウムの薬品製造が始まって、また、「常陽」では2年後ですかね、再稼働していただいて、アクチニウムの薬品の製造が始まるということを本当に期待したいと思った次第であります。

それから、8ページにありますように、まさに製造と薬品化です。今も青砥参与や山田参事官からのコメント、質疑がありましたけれども、この橋渡しですね。ここに至っては、この件は、先週NCC、国立がんセンターの土井先生にも同じ質問したところ、まずはこのような分野横断の組織で、同じテーブルで議論するのが重要であるとおっしゃってくださいました。

それで、当然厚労省も絡みますし、もちろん、医療機関も入るし、それから、規制庁もですね、規制も入ると思うのです。また、医薬品ですから、使用試験や臨床利用前に特定臨床研究で安全性チェックがありますね。非常に複雑、課題、問題がある。このアクションプランをつくる1年前に専門部会を関係者集まって1年間議論して、そして、アクションプランに至ったわけです。もし、可能であれば、そういう機会をまた内閣府、原子力委員会事務局でつくるということもやぶさかでないと思っておりますが、いかがでございましょうか。

(奥課長) ありがとうございます。

おっしゃるとおりで、今、どちらかという供給サイドですね、原子炉を使った供給のところに注力が置かれていると思うんですけども、供給した後、払出しをした後、これを製剤化して実際医療の現場に使っていくとなると、もちろん、輸送して、実際の製剤化するところと、実際の安全規制に関わるかどうか、PMDAみたいなちゃんと審査をする機関があって、それと実際に医療の現場で使っていく、病院であるとか、関係者の方々というのが、いろいろそれぞれのフェーズごとに主要なプレーヤーが異なるところがあるので、関係する主体が入ったような、そうした協議会、協議体みたいなものは当然ながら必要になってくるんだろうと思っています。

冒頭申し上げたように、モリブデンの方だと、もうJAEAとRI協会と、あと、医療協会ですかね、放射線医療協会と、あと関係府省が入った形で、そうした、協議というか、議論の場というのを設けて、勉強会的なものというのを鋭意進めさせていただいておりますけれども、これがアクチニウムであるとか、ほかの核種においても同じようにあった方が望ましいのではないかなと私は思います。

(上坂委員長) はい、分かりました。是非、原子力委員会事務局でも検討していきたいと存じます。

それから、次に9ページですが、新試験研究炉で、ここでも医療用ラジオアイソトープ製造の計画があります。それで、ここでは、もちろん、医療用ラジオアイソトープも大切なんですが、加えて、一般科学技術用、産業用のラジオアイソトープ。具体的にはガンマ線源ですね。コバルト-60とか、セシウム-137、あるいは、イリジウム-192ですね。それらの製造も非常に喫緊の課題になっていると思います。

最近の国際情勢で、これらの輸入品の価格が約3倍程度に跳ね上がって、そして、多くの照射施設が今停止せざるを得ないという状況であるということはこの定例会議の場でも何度かお伺いしているのですね。

したがって、この新試験研究炉では、医療用含めて、一般の科学技術産業用のラジオアイソトープの製造の方も、一部はJRR-3で行っていますが、検討していただきたくと思いますが、いかがでしょうか。

(奥課長) ありがとうございます。

御承知のとおり、昔は旧原研が、いわゆる頒布事業として研究RIを作って広く頒布するという事業をしていたんですが、行政改革の一環としてその事業がなくなってしまったので、今はRI協会の方に基本的にはお願いしている形になっています。

JRR-3、あるいはこの試験研究炉を使って研究用のRIを作るということは、それはそれでJAEAのミッションとして行い得ると思いますので、ニーズを踏まえてだと思えますが、新試験研究炉の方でもそうしたニーズがあるのであれば、適切にこたえられるようにしてまいりたいと思います。

(上坂委員長) ありがとうございます。

最後にですけれども、16ページですが、この研究施設等廃棄物の埋設処分ですね。去年も伺いましたが、昨年3月ですね、日本原子力学会で大学の放射線RI取扱施設の管理、それから、研究の議論のセッションがありました。大学のほとんどで研究施設等で廃棄物が満杯状態で、次の展開に非常に難儀している、そういう声をお伺いしました。

早くこの埋設処分施設を完成、稼働していただきたいと思うんです。先ほど、非常に急いでとおっしゃいましたが、そのスピード感を教えていただきたい。

(奥課長) できる限り速やかにとしか言いようがないんですけれども、これは、やっぱり、立地自治体との関係もありますので、ここは文科省としてもJAEAと一緒に関係するところ

に鋭意働きかけを行ってまいりたいと思っています。

おっしゃるとおり、JAEAの方では、JAEAのみならず大学、あと、RIを基本的に一元に集約する処分場を造るということで、69万本ぐらいの埋設処分量を見積もって、75万本程度の処理場を造るということを計画はしています。

そうした物量調査の結果を踏まえて、規模感というのと、大まかな金額というのを随時見直しをした上でそのテーブルに載せているんですが、結局、それをどこに造るのかというところが一番難しいところで、そこは関係するところと本当に理解を得ながら進めてまいることしか今のところ申し上げられない。できる限り速やかに整備できるように取り掛かりたいと思います。

(上坂委員長) 是非、よろしく願いいたします。

ほかに質問ございますでしょうか。

それでは、どうも御説明、ありがとうございました。

議題1は、以上でございます。

では、次に、議題2についてであります。昨年の12月5日の第42回会議において、令和5年度版原子力白書の特集テーマを「放射線をめぐる安全・安心と利用促進に向けた課題の多面性」と決定しました。

その後、5回にわたって白書に関するヒアリングを行ってきました。このたび、白書(案)の概要を取りまとめましたので、事務局からお願いします。また、参考のためにですけれども、ここまで5回のヒアリングは、2月27日に「東京電力福島第一原子力発電所(1F)事故調査チーム「1F-2050」一経緯と進捗」、大阪大学から、3月5日が「放射線によるインフラ検査の利活用」を中日本高速道路株式会社の方から、それから、3月19日は「低線量放射線による人体への影響に関する疫学的調査」を放射線影響協会、4月16日は「放射線育種場および放射線育種」を元農業生物資源研究所の中川様から、5月14日は「原子力に関する世論の動向とコミュニケーション」を木村浩様から説明を受けている、そういう経緯でございます。

それでは、事務局からお願いいたします。

(山田参事官) 事務局でございます。

二つ目の議題は、令和5年度版原子力白書(案)の概要についてです。

それでは、梅北参事官、よろしくお願いします。

(梅北参事官) それでは、事務局から説明をさせていただきます。

今、委員長からが御説明がありましたように、今日は原子力白書の概要の案ということで御説明させていただきますけれども、御紹介ありましたように、これまでのヒアリング、及び、ヒアリングの際、若しくは、それ以外も含めて委員の方々から出された意見、そういったものを踏まえさせていただいて事務局としてまとめさせていただいたものです。

では、早速ですけれども、めくっていただけますでしょうか。

1 ページ目ですけれども、原子力白書の位置付けというものを書いております。これは御案内のとおりだと思いますので割愛しますけれども、毎年、特集というものを新しく設定をして、1 章から 9 章まではその年に起きたことを、重要事項を整理したものということでございまして、今年の特集のテーマが「放射線の安全・安心と利用促進に向けた課題の多面性」ということになっております。

2 ページ目を御覧ください。

これについても、昨年の 12 月 5 日だったと思いますけれども、この委員会でその課題設定の背景なり御説明させていただいて委員会決定もしていただいております。詳しくは説明しませんが、ALPS 処理水、昨年の原子力関係の大きなイベントの一つだとは思いますが、そこで放射線の安全性について国内外で議論を巻き起こした、放射線については非常に難解で、かつ、漠然とした不安というのはなかなか払拭できないということもありまして、ALPS 処理水以外のトピックも含めてここで包括的に分析しようということを取り上げたということでございます。

次のページを御覧ください。

3 ページ目ですけれども、特集の内容ということで、大体こういう構成を考えているということですが、まず、放射線に関する基礎知識ということで、「放射線とは」というところから始まって、これもヒアリングさせていただいておりますけれども、「低線量被曝の影響」ということで、最新の研究活動なども取りまとめさせていただきたいと思っています。

トピックスとしては、ALPS 処理水、あと、クリアランスの扱い、放射線を当てた放射性照射食品とか医療、今、RI の話がありましたけれども医療分野への適用、トピック 4 としては、放射線の懸念が非常に強い廃棄物処分についてということと、5 番目として、最近ではインフラ検査に非破壊検査として X 線などが使われている、そういったことについても周辺住民への安全ということも踏まえながら執筆をしていきたいと思っております。

その下、リスク源に関するリスク認識についての調査ということで、これについては別途

調査を実施しまして、国民の方々がいろんな放射線源を含むいろんなリスク源についてどういう認識を持っていらっしゃるのかということ調査した結果についてまとめたものです。

最後に、委員会メッセージということですが、

次のページ、4ページ目でございますが、これが、旧来は放医研などが作っている放射線の比較表みたいなものでございますけれども、それを今回のトピックに関連する項目と関連させてつくったもので、右側にありますのが、日本人1人当たりの自然放射線、これは、放射線を扱う、扱わないにかかわらず毎年これだけの量を日本人は平均的に浴びているということ、それと比較するような形で、例えば、一番左の下にありますALPS処理水の公衆被曝、これは試算値ではありますが、こういったものが出されているということだとか、クリアランスレベルだとか、処分場ですね、処分場を設置するに当たって設定されている線量の限度とか、そういったものが自然放射線及び、それ以外のX線、医療関係のX線、CTだとか、あと、東京・ニューヨーク間で飛行機で飛んだときにどれぐらい放射線を浴びるのかということも併せて比較をしたものになります。

続いて、5ページ目以降がトピックということで、これ、一つ一つ詳しくは説明いたしませんけれども、まず一つ目がALPS処理水ということで、ALPS処理水の安全性、これは、政府、東電一体となってデータを出していきつつ透明性が高く情報発信をしてきた、粘り強いコミュニケーションをやったということで、ある程度国民の間には浸透しているのかなというふうに考えているところです。

IAEAなど第三者機関の評価を受けるという、こういう取組も透明性確保の観点から有効だったのではないかと、当然、国民の懸念が全くゼロになったわけではございませんので、国民の不安の声に真摯にこたえていくことが必要ということですが、データとしても、右下にありますように、ALPS処理水の海洋放出への意見ということで、処理水の海洋放出は問題ないと思うという方々の方がアンケートでは多い、又は、福島県産の水産物の購入も特に気にしません、ためらわず購入しますという方々の方が多というデータが出ております。

トピック2はクリアランスということで、下の表、これは、クリアランスではなくて一般の工場とか、ビルの解体とかから出てくる廃棄物、金属、コンクリート瓦礫、青の部分がリサイクルの割合ですが、一般のこういう廃棄物については青がほとんど占めています、ほとんど100%リサイクルされていますけれども、これが原子力施設から出てくるものとなるとほぼゼロ%ということで、安全性が確保されたものについていかに進めていくのか、

リサイクルを進めていくのかというのが課題になっている。

トピックス3については、放射線の食品・医療分野への利用ということで、食品については二つ、殺菌などの食品照射、これについてはまだ日本ではほとんど進んでいない、もう一つは放射線育種ということで、ヒアリングにもありましたけれども、米などの分野で、これについては比較的進展しているというようになります。

医療分野、これ、説明するまでもないですけども、X線利用、先ほどもお話ありましたように、核医学、そういったものも最近進展、発展しつつあるというところがございます。

続いて、トピック4、次のページですけども、放射性廃棄物最終処分というところがございます、今回の特集の中でどういう切り口で書いているかということですけども、まず、しっかりと最終処分するときには何重にも、多重にバリアをして放射線の漏れがないようにしていますということをここで記載した上で、ただ、やはり、なかなか、それであっても懸念というのは100%消すことはできないということもありますので、万々が一放射性物質が地下深くから漏れ出したとしても、シミュレーションの結果は人間の居住環境には影響を及ぼさないというような試算もあるということも御紹介をしています。

ほかの事例として、PCB処理施設ですけども、こういったものの処分場を造る上で住民への丁寧な説明というのを何重にも重ねてようやく処分場が決まったという経緯もありますので、こういったものも参考になるのではないかと書いております。

トピック5はインフラ検査ということで、X線が最近、橋梁などですね、インフラ検査、老朽化の検査に使われているということですけども、周辺住民の安全を確保するために一定の限度を設けてしっかりと管理しながら検査をしているということです。

スライド8枚目、8、9、10と先ほども申し上げましたけれども、今回、内閣府の方で別途調査をした、新たに調査をした内容について触れておりますけれども、右側にありますように、いろんなリスク源がざざっと書いております。たばこだとか、自動車の運転、ワクチン、農薬、それと放射線に関係するもの、そういったものを比較してみたということで、例えばですけども、右側の方は、そのリスクについて国民の方々一人一人がどういうリスクの内容なのかということを説明できますかということ聞いたところ、たばこみたいなものはリスクの内容について大分理解は進んできているということは分かりますけれども、下に書いておりますクリアランスだとか、放射性照射食品、ALPS処理水などはなかなかやっぱり難解で、そのリスクとは何なのかということが説明することまでは難しいという結果になっております。



続いて、ちょっと左の方ですね。左の方、危険度と受容度の関係というものについては、これは飽くまでも主体的にアンケートに答えていただいた方々が、そのリスク源について危険と思うのか、又は、自分として受け入れることができるのかということ横軸、縦軸に並べて書いたものでございまして、一つの傾向ですけれども、放射線関係部分、赤字で書いておりますけれども、同じように危険だ、あくまで主観的な認識ですけれども、同じように危険だと思うものであっても受容度で言うと下にきているということで、同じような危険の認識でも自分として受け入れられるかどうかというと、放射線関係の方が何となくやっぱり受け入れ難いというのが少し出ているのかなと思っております。

続いて、9ページ目、これも同じ調査の中で行ったものですが、各リスクについて受け入れられないとする割合ということで、一般の方々と少し原子力、放射線に詳しい層で比較をしたもので、赤い部分が多いという方が各リスクについて受け入れることができないという割合を示したものになっています。

放射線関係、上の方にきていて、受け入れられないという方々が多いんですけれども、一つの特徴として、一般の方々と詳しい方々で、例えば、ALPS処理水だとかクリアランス、放射性照射食品という真ん中よりちょっと上の方になるこの三つを見ていただければと思いますが、一般の方々と詳しい層の方々と、認識、受け入れられないという割合が非常にギャップがある、詳しい方々の方が受け入れられないという割合が少なくなっている、これは一つ特徴的なところかなということを示しております。

続いて、10ページ目を御覧ください。

これも調査の続きですが、右側、各リスクを受け入れられるという方々も当然いらっしゃるわけですが、その理由として幾つか選択肢を設けて聞いておりますけれども、一般の方々と詳しい方々も、そのリスクの量ですね、少なければそんなに問題ないんじゃないかという方々、あと、国なりが設定した基準値が適切に管理されているのであれば問題ないんじゃないかという方々が受け入れられる理由として多い。

また、もう一つ、ベネフィットがリスクを上回るということをお答えした方々も多くて、それについては、ちょっと左側の表にもありますけれども、レントゲン、ワクチン、医療品だとか、車の運転だとか、身近なことですね、そういったものについて、やはり、ベネフィットがリスクを上回るということでそのメリットを享受しているというデータが出ているかと思っております。

次のページを御覧ください。

こういったことも踏まえまして、最後、委員会からのメッセージということですが、ある意味、当然のことだと思っているんですけれども、三つ書いております。

国、原子力関係者がこういった放射線の利用とか、取扱いを検討する場合に、代替手段との比較など社会全体としてリスクと便利と科学的・多面的に評価した上で国民と共有することが必要。

2番目、その際、自らが伝えたい内容のみを恣意的に伝えるのではなくて公平性・客観性を十分踏まえ正確な情報提供、国民との誠実な双方向の対話を通じて国民の信頼を得る努力を継続していかなければならない。

3番目として、自然放射線量等を参考にして放射線と科学的根拠を持って向き合うことが大事なのではないかというふうに結んでいます。

1章目以降、12ページ目以降は、その年に起きたことを整理しているということですが、本当に簡単に説明しますけれども、1章は、福島第一原発の事故の反省と教訓を学ぶということで、福島の再生だとか、原子力災害対策、そういったものについて触れております。

あと、今回の白書全体を通して、ちょっとコラムに対しても少し力を入れて書いているつもりではあるんですけれども、ヒアリングでもありましたけれども、ここに書いておりますのは、福島第一原発の事故の進展に関する最新の研究の状況、調査の状況ということで、原子力委員会の取組に加えて、ヒアリングを行った大阪大学の取組についても触れております。

2章ですけれども、原子力のエネルギー利用ということで、今年の春ですね、新しく成立をしたGX脱炭素電源法の動き、原子力発電所の稼働の状況、立地地域との共生などについて触れております。

3章については、国内外での取組ということで主要国の動向なり、他国間での、国際会議含めて、そういった動きについて触れております。

14ページ目、その国際関係のコラムとして、ロシア・中国の原子力発電所の国際展開ということでちょっとグラフを載せておりますけれども、最近作られる原子炉については、ロシアと中国の動きが非常に顕著になっているというところをこのグラフで表して、特にロシアについては輸出が非常に多いということを示しております。

丸の三つ目に書いておりますけれども、この背景の一つとなっているのが、まず、国営企業がその原子力事業を、ロスアトムですね、統括しているという点と、なかなかロシアならではの協力になりますけれども、新しく導入する国にとっては、原子炉を稼働したはい

いが、その後のバックエンドをどうするかという問題がやっぱり課題だと思いますけれども、ロシアが輸出する場合には、原子力燃料を引き取って再処理する役務まで提供する場合もあるということで、これが強みになっているのかということを示しております。

第4章は原子力の平和利用・核セキュリティということで、プルトニウムバランスの関係の記載、国際関係の動き、そういったものを記載しています。

5章、次のページ、15枚目ですけれども、国民からの信頼回復ということで、やはり、原子力機関による誠実な情報提供、コミュニケーションということで、放射線廃棄物の最終処分の全国説明会なり、今、文献調査で行っている、地域での対話の場、そういった取組について記載をしております。

6章は廃止措置及び廃棄物ということで、福島第一の動きと、それ以外の研究炉を含めた廃止措置について記載をしております。

16枚目、これが放射線R Iの利用の展開図ということで、原子力委員会が出したアクションプランのフォローアップの動き、その他分野における放射線の利用ということを書いております。

8章がイノベーションということで、様々なイノベーション、研究開発、国際協力の動きについて記載をしております。

9章が人材育成とサプライチェーンということで、サプライチェーンを維持・強化するための様々な動き、人材育成ネットワークの動き、教育、そういったものについてダイバーシティの確保ということで、ここに学協会の女性比率ということでグラフを入れておりますけれども、そういった取組を進めていかななくてはいけないということに記載をしております。

最後、コラムですけれども、諸外国におけるサプライチェーンの現状ということで、ここでは日本とアメリカとフランスについて比較したものになります。それぞれ国の特徴があるということですが、なかなかサプライチェーンについては維持が難しい。ここに書いておりますけれども、2012年から20社が撤退したということを書いておりますけれども、比較的まだ日本は幅広く事業者がまだまだ存在をしているということが記載しております。

一方で、アメリカ、つい最近新しい原子力施設が稼働した、発電所が稼働したということがありますが、新設が35年間行われなかったということで若干サプライチェーンが衰退している、ただ、アメリカには原子力潜水艦など軍用の需要がありますので、一定程度はやっぱり残っていたということ、フランスの場合には、ここも国の特徴が出ておりますけ

れども、国営会社フラマトムに集約をするような動きが出てきているということ。

右下に書いておりますけれども、認証制度、これは御参考までですけれども、アメリカ、フランスを見てみると、民間を含めた部品なりの、部品機材の認証制度、若しくは規格というものがございまして、そういった取組にも、日本は一部まだできていないところがありますので参考になるのではないかとということで記載をしております。

事務局としては以上でございます。

(上坂委員長) 説明、ありがとうございます。

それでは、質疑を行います。

直井委員からよろしくお願いたします。

(直井委員) どうも御説明、ありがとうございます。

ちょっと細かいんですけども、4ページ目と6ページ目に何かちょっと部分的に明朝体が残っていて、可能であれば、これ、ゴシック体に変えていただいた方がいいんじゃないかなと思いました。

それから、7ページ目なんですけれども、高レベル廃棄物の最終処分の説明の中で、3ポツ目のところで、PCBの処理施設だとか、ステークホルダーを巻き込んだ情報公開とかが実施されているというところに、今、フィンランドが高レベル廃棄物の処分でほとんど実際の処分のフェーズに入ろうとしているようなところがあって、そういう情報というのは非常に理解を助けるんじゃないかなと思うんで、そこら辺一言入れていただいたらどうかなと思いました。

それから、今回やっていただいたリスク軽減に関するリスク認識のところですけども、これから理解増進活動ですとか、リスクコミュニケーション活動に向けて非常に多くの示唆を含んでいるというふうに思いました。

特に、放射性廃棄物ですとかクリアランス物について理解が進まない点については憂慮する必要があると思いました。リスクがゼロでなければ受け入れられないとか、若しくは、受け入れられるリスクではないというような認識があるわけで、リスクがゼロになることはないんですよというようなことへの理解ですとか、そのリスクについて、委員会からのメッセージの中に述べられているように、リスクについてベネフィットとの相関を考えて受け入れられると考えられるようになっていただくために発信する、理解活動を進める、リスクコミュニケーションをしていくということが重要なんだなというふうに思いました。

私の方からは以上でございます。

(上坂委員長) どうぞ。

(梅北参事官) ありがとうございます。

頂いた御指摘、事務的な、明朝体ですとか、明朝体をゴシック体にした方がいいとか、そういったことについては当然対応させていただきますし、あと、廃棄物に関してフィンランドの動き、フィンランド含めた海外の動きについては、昨年の白書でも、というか今年の白書でも本文ではしっかり記載したいと思っております。内容、大事なことでありますので、ちょっとどういうふうに盛り込めるか検討させていただきたいというふうに思っております。

あと、調査について、リスク、ベネフィット、当然比較しながら総合的に判断していくということですが、やはり、リスク、国民の方々がリスクを感じてしまうというのは、それは当然のことでございますので、そういったことについて科学的にきちんとデータを示しながら可能な限りリスクを払拭する、余りベネフィットだけを強調するということがないように気を付けながら、やっぱり、国としては対応していくべきかなと思っております。

(直井委員) どうぞよろしく願いいたします。

(上坂委員長) 岡田委員、よろしく願いいたします。

(岡田委員) 御説明、ありがとうございます。

今回のこの特集については、放射線関係で私もずっと活動してきたことなので、実際の理解活動をするのは難しいなと思いました。特集の中で必ず入ってくるのは、多面性という言葉で、タイトルにも全部多面性が書かれていますのですが、多面性というのはいろんな方向から見る、それから、情報を調べていただいたり、まとめていただき、いろんな方向からこの放射線事業を見るということで私は理解しましたけれどもいかがでしょうか。

(梅北参事官) 多面性については、2ページ目に少しだけ書いていますけれども、安全の確保、これは当然もとよりと、社会的な受容性の側面ですね、その利用する側、若しくは、利用を促す国とか事業者側の意見だけではなくて、当然ながら受け入れられるかどうかという観点、国民の方々の受容性について考えなくちゃいけないという点、あと、当然、事業として持続可能に実施するためには経済性だとか、そういったいろんな面、社会面、経済面、倫理面とかいろいろ出てくると思いますが、そういったものも、当然、安全面が優先することは事実ですが、それ以外の側面も含めて総合的に考えることが大事なんではないかということで多面性ということを書かせていただいております。

(岡田委員) ありがとうございます。

放射線を理解してもらおう人間の多面性を考えて活動していきたいと思っております。ありがとう

ございました。

(上坂委員長) それでは、専門的な立場から青砥参与、よろしくコメントをお願いいたします。

(青砥参与) ありがとうございます。

なかなか力作だと思います。その中で、この概要版の位置付けをまず確認しておきたいのですが、本編があって概要版があるという理解ですが、この概要版はどう使われるのでしょうか。

(上坂委員長) どうぞ。

(梅北参事官) まず、今日は概要版というか、いずれにしても白書の案を今までの先生方のディスカッションなり、ヒアリングの内容などを踏まえて提示させていただいているということで、方向として、もし、今日これでいいというふうになれば、その本文含めた白書の正式決定を目指して、我々もそれに向けて準備をしていくということになります。

それが手続的なところですけども、この概要版は、今日は20ページぐらいだと思います。比較的、ビジュアル的にもグラフを多用して、若しくは写真を多用して、ビジネスのプロの方にしてみれば、まだまだ全然見にくいとかあるとは思いますが、我々としては一応見やすくしたつもりではあるんですけども、白書の方は恐らくまた400ページぐらいになるんじゃないかなということで、いきなりそれを皆さんに、国民の方々一人一人に読んでいただくというのはなかなか難しいのかなというところで、エッセンスをこの概要版にまとめさせていただいて、白書の決定の後もこういったものを中心に我々も説明をしていくし、もし、興味があるとおっしゃってくださった方々にはこういったものも配布させていただいて御理解を深めていただければなというふうに考えております。

(青砥参与) ありがとうございます。

白書のもともとの目的、趣旨というのが書いてあって、国民に対する説明責任を果たしていくために発刊するとあります。概要版について、今のような利用の仕方をするのであれば、大部の本編を幾ら読め、読めと言ってもなかなか一般には難しいので、概要版を認識の掘り起こしに使う、あるいは、興味を持っていただくための、言ってみれば、PRを兼ねた冊子だと理解しました。

そうしますと、この中に書いてある中で、まだ完成版ではないと思いますが、例えば、7、8、9ページにある調査の結果、アンケート調査の結果などは、できれば概要の中だけで理解できるように、基本的な調査のやり方について少し触れられた方が、一体これはどうなっているのかと白書本編の、何百ページか知らないですが、参照しに行くのではなく概要版だ

けで確認できるようにされた方が良いと思います。

限られているページですし、限られている時間の中なので全てそうすることは難しいと思いますが、できるだけ、今の趣旨に沿い、概要版において基本的な情報は共有できるようにお願いしたいと思います。どうもありがとうございました。

(梅北参事官) 了解いたしました。検討させていただきます。

(上坂委員長) それでは、畑澤参与からも専門的な観点から御意見を頂ければと思います。

(畑澤参与) 丁寧にご説明いただきまして大変ありがとうございました。非常に分かりやすく、更に理解が深まるように作られていると思います。

コメントですけれども、2ページ目に背景のところ、上から三つ目で、「自然放射線を一定量受けて生活している。」というふうに記載されています。更に踏み込んだ形というのは、人の体、我々の生体には放射線被曝を受けた場合の修復機構が備わっているということ、これは電中研の先生方がおいでになったときに少し話したかと思うんです。今の放射線の規制に関してもそういう修復機構はなくて、どんどん蓄積していくという考え方で制度設計されていると思うんですよね。

生涯被曝線量というんですかね、吸収線量かな、そういう形で物事は決められていますけれども、電中研の先生方もおっしゃったように、体には修復機能がある、だから、ある程度一般的な自然放射線を帯びていても我々はこうやって生きていられるわけですから、その辺りを、生体には修復機構が備わっているというようなメッセージを書けないものかなというふうに思いました。

これは、かなり厳しいところだと思うんですよね、これを記載するかどうかというのは、要するに、いろんな決まり事が、そういうのを前提にしないでつくられているわけですから、直線閾値なしモデルですかね、というようなのも修復機構を設定していないわけで、だから、それを書くというのは大変重いことだと思うんですけれども、重要なことではないかなと思っております。いかがでしょうか。

(梅北参事官) ありがとうございました。

いろんなヒアリングも先生方と一緒に聞かせていただいて、科学の面で実際どういうメカニズムが体の中で起こっているのかだとか、それを解明するためにどういう調査が行われているのかということ踏まえて、今ですね、事務局で用意しようとしているものについては、先生おっしゃった修復機能ということを含めて、まず、体のメカニズムとしてどういうことが起こるのかという事実については記載をしつつ、かつ、もう一つの事実、リサーチ、研究

の結果、現時点でどこまでそういったメカニズムが解明されているのか、線量としてどれ以上だと修復が起きないのか、どれ以下だと修復は基本的には起きて問題ない状態に戻るのかとかといったことも含めているような研究の最新の状況、学説を、どっちかに、どっちかというのは、安全だとか、若しくは、リスクが非常に大きいとか偏ることなく中立な形でありのままを記載しようという思いで今準備をしておりますので、そちらの方もまた次回御説明できればなと考えております。

(畑澤参与) ありがとうございます。

それから、もう一点は、医療の利用のところで、6 ページ目ですかね、上から三つ目、医療分野ではX線診断、CT検査、こういうふうに放射線利用が浸透しつつあるというふうに書かれております。

この中で、非常に社会的な意味でも大きいのは、放射線を使って医療器具の滅菌を今大々的に行っているわけなんです。特に、コロナ禍のときに医療器具が、医療器具というのは注射器であったり、ありとあらゆる医療に使う物ですよ、注射器、針、それからありとあらゆる、チューブとかラインとか、こういうのは大変品薄になりまして、その品薄の原因というのは、要するに、滅菌作業がスムーズにできないということも非常に大きな要因でした。

要するに、何で滅菌しているかということコバルト-60を照射しているわけです。そのコバルト-60がコロナ禍で交通が、カナダから輸送ができなくなりまして、途絶えてしまって、薬はあるけれども注射器がないという、大変悲惨な状態になりまして、それで、看護師さんやドクターの着る防護服、マスクとか全部、こういうのが使えなくなりまして大変苦労したわけです。

ですから、診断・治療だけではなくて、そういう医療を支える分野でも放射線というのは極めて重要な位置を占めているということをごどこか一言文言を入れていただければ大変理解が深まるんじゃないかなと思いました。

(梅北参事官) ありがとうございます。

この特集は、食品若しくは医療分野への利用ということで、医療分野はこれまでもアクションプランの、フォローアップ含めて多く扱ってきておりますので、特集では少し分量は少なくて、通常の方の7章の方に多く記載しているところです。

放射線の滅菌・殺菌については、食品には日本ではほとんど行われていないということをお申し上げしましたがけれども、当然、先生がおっしゃったように、工業分野、医療機器含めて、そういったものについては行われている部分もございまして、その御紹介は7章の方でさせ



ていただいているところでございます。ちょっとそれもまた次回見ていただければと思います。

(畑澤参与) ありがとうございます。以上です。

(上坂委員長) それでは、上坂から幾つかコメントを述べさせていただきます。今、畑澤参与からちょうど問題提起があったDNAの修復の件です。これもしっかりと精査する必要があると思いますが、基本的に生物効果、あるいは健康影響ですね、ここにおいては、DNAの修復は、入っているのではないかなと思います。というのは、細胞核の中に修復たんぱく質がいっぱいいる。外からDNA損傷があった瞬間に修復が進みます。今回の版でも検討、採用を検討している、例えば、がんで治療に使うX線、それから陽子線、炭素線がどのようにDNAを壊していくか。もちろん、重い粒子の方が、複雑に損傷させるのです。そういう画像が現在あふれております。何で撮れているかということ、修復たんぱく質に蛍光物質を付けて見ているわけです。とにかくDNAの損傷を見ているということは修復も見ていることになると思うんですね。ここはこれからも精査させていただきます。

それから、8ページ9ページ、10ページにあるアンケート。これは以前御説明いただいた内容と同じアンケートです。特にこの10ページの左の下の図を見ますと、上の方の医療、自動車とか電子機器が受容度が高い。これは自分事としてベネフィットが享受されていることを示しているのかと感じます。

一方、左下の方の放射性廃棄物、産業廃棄物ですね。これらは発電や産業活動から出てくるものですけれども、これ自体がベネフィットを感じにくいのだなということがこの調査から本当によく分かります。

その中で、ALPS処理水は比較的許容度が高いのですね。これは、昨年、特に夏ですね、東電、それから国、また、IAEAの支援によって、情報公開、広報があり、また、分かりやすい説明があり、国内的・国際的発信の効果が表れているのではないかなと感じるところであります。

このことから、リスクコミュニケーションというのは、頑張れば効果が出るのではないかなというふうに思う次第であります。

それから、もう一点。この図で放射線照射食品の許容度が低い。これは、畑澤参与も滅菌のところでお指摘されたとおりです。しかし、6ページの右側の欄のトピックス3の2番目に、放射線育種があります。これはさっき私が申し上げたように、4月16日の元農業生物資源研究所の中川先生からの説明があったわけですが、日本でおいしいと評判のお米の、約

18%が放射線育種で栽培されて市場に出ている。もちろん、これらは国の許可も得ているということでもあります。こういうことを、畑澤参与もおっしゃられたように、しっかりと社会に発信していきたいと思います。

また、この2ページの特集は、放射線の安全と安心の観点からALPS処理水の海洋放出が昨年8月から始まった。また、5月10日には佐賀県玄海町で最終処分地の文献調査受入れを脇山町長が表明してくださった。関連する事項が最近出ているわけであります。

一方、今年中に複数のBWRの再稼働が期待されているわけでありまして、この時期にこの白書、そして、この特集が発出される意味はとても大きいと思っております。

先ほどの4ページの図です。これは、先ほど説明がありましたように、旧放射線医学総合研究所現QST病院が約30年前に世界に公開した自然、それから医療用放射線の線量レベルの比較の図に、今回、左側ですね。主な原子力施設等からの放射線による線量レベルを書き足しているということでもあります。

また、医療用の診断のレベルがあります。これは、個人の医療として放射線を受ける便益の指標にもなっているのかなと思うわけであります。もちろん、この図で、全て放射線の安全・安心を語ることはできないと思いますが、今後、いろいろコメント、御批判を受けて、この図を更により分かりやすく改良していくことが非常に重要だと思っております。

1章から9章ですね。御説明ありましたが、まさに最新の情報を更新して書き込んでいる。それから、400ページでしたか。かなり厚いのです。しかしながら、事務局が非常に頑張っってわかりやすく書いていただき、内容は大学の教科書レベルになっています。また、見開きの左上から右下、ストーリーが完結するように工夫していただいております。これ、発出後は毎年そうですけれども、委員会・事務局含め、幾つかの大学で特別講義をやるということでもあります。

その際に、それでもまだ分かりにくいという、当然、コメントがあるでしょう。それに関しては、青砥参与からも御指摘あったように、さらにわかりやすいコンテンツのURLを参照しています。特に原子力文化財団ですね。ここの定例会議でも説明していただいた、アンケートをやっていただいているところです。そこのホームページが非常に分かりやすく、また中立であるということで参照、URLを掲載しています。

例えば、17ページの真ん中に放射線副読本ということですよ。これは文科省の副読本。表紙しかここ書いていないですけれども、これもURLは載せて、これも参照できるようにしています。大学の教科書レベルまで分かりやすく、そこでまだ足りないところは、現在、非

常に多くの機関が分かりやすいコンテンツを、高校生、中学生、小学生向けのコンテンツもあり、また、アニメもあるという状況です。そういうのも極力参照しているという状況にはなっております。

それから、この概要は、これで最終版となりましたら、「案」がとれましたら英訳していただけますね。

(梅北参事官) 原子力白書自体が決定して、白書概要案もこれでいいとなった後、しっかりと対応させていただきます。

(上坂委員長) 毎年ある9月半ばのIAEA総会でこれを配布する。また、バイ会談がたくさんあります。そのときにはこれの英語版を配布する。皆さん楽しみに期待していますので。是非、間に合わせていただけるようによろしくお願いいたします。

私からは以上ですが、皆さんからはほかに質問等ございますでしょうか。

それでは、ありがとうございました。

それでは、この令和5年度版の原子力白書案の概要につきましてはこのとおりとして、6月下旬の原子力委員会決定を目指して本文の作業を進めていきたいと思っております。

議題2は、以上でございます。

次に、議題3について事務局から説明をお願いいたします。

(山田参事官) 事務局です。

今後の会議予定について御案内いたします。

次回の定例会議につきましては、6月11日火曜日14時から、場所はここ、中央合同庁舎8号館6階623会議室で開催いたします。議題については調整中であり、原子力委員会のホームページなどによりお知らせいたします。

以上です。

(上坂委員長) ありがとうございます。

その他、委員から何か御発言ございますでしょうか。

(岡田委員) ございません。

(上坂委員長) では、御発言ないようですので、これで本日の委員会を終了いたします。お疲れさまでした。ありがとうございます。

—了—