

産業構造審議会 保安・消費生活用製品安全分科会

二酸化炭素貯留事業等安全小委員会（第2回）

議事録

日時：令和6年12月2日（月曜日）13時00分～15時30分

場所：経済産業省別館 2階 238会議室

議題

1. 二酸化炭素の貯留事業に関する法律に係る保安規制について

2. その他

議事内容

1. 二酸化炭素の貯留事業に関する法律に係る保安規制について

○大川鉦山・火薬類監理官 大変お待たせしました。第2回二酸化炭素貯留事業等安全小委員会を開催いたします。委員の皆様におかれましては、御多忙のところ御出席いただきまして、大変ありがとうございます。

本日の会議は、対面とオンラインの形式でのハイブリッド形式で開催をさせていただきます。

本日の会議は、YouTubeの経済産業省のチャンネルで生放送させていただいております。

前回この小委員会においては、CCS事業法の試掘段階の法案の在り方につきまして御議論いただきました。この審議をもちまして試掘に関する規定を策定いたしまして、本年11月18日に試掘段階の規定を施行することができました。審議に御参加いただきました委員の皆様、オブザーバーの皆様には、大変ありがとうございます。

それでは、本日の議事について、以降、山田委員長にお願いしたいと思います。よろしくをお願いします。

○山田委員長 委員長の山田です。どうぞよろしくお願いいたします。

CCS事業法では、公布の2年以内に導管に関する規定が施行予定であります。今回の小委員会では、この導管に関する保安の在り方について第1回目の議論という位置づけでございます。本日の議事では、CO₂導管の保安の在り方の議論の基礎とするために、まず、将来予定される導管輸送事業の概要、こうした事業に伴って考慮すべき事項等について、関連事業者、有識者の皆様から御説明をお願いしております。委員の皆様方からは、各説明の後に御意見をいただきますので、どうぞよろしくお願いいたします。

それでは、資料の3～9につきまして、御説明を順番にお願いしたいと存じます。

最初に、石油資源開発株式会社の山之内様、どうぞよろしくお願いいたします。

○山之内プレゼンター よろしくお願ひいたします。発表の機会をいただき、ありがとうございます。石油資源開発の山之内です。

弊社の国内CCSプロジェクトにおける導管貯留部分の地上設備について御報告いたします。

本日は、このようなアジェンダに沿って御説明いたします。

今年度国により採択されている9件の先進的CCS事業のうち、弊社は、国内における苫小牧地域CCS、東新潟地域CCSの2件、海外ではサラワク沖CCSの1件、これら3件の事業について採択され、弊社がとりまとめております。

CCSバリューチェーンのうち、弊社はこの赤枠で示す部分になりますが、主に輸送事業と貯留事業を担当しております。本日は、国内、苫小牧、東新潟のCCS事業の検討を基に、導管輸送と貯留部分の地上設備について御説明いたします。

苫小牧地域CCS事業の概要を御説明いたします。弊社は、出光興産様、北海道電力様とコンソーシアムを組んでおります。2か所の排出源を◎、2か所の圧入基地を★で表示しております。

出光興産北海道製油所内で分離回収されたCO₂を、0.4kmのパイプラインで西側の圧入基地に輸送します。北海道電力苫東厚真発電所で分離回収されたCO₂を、11.3kmのパイプラインで東側の圧入基地に輸送します。東西2か所の圧入基地は、2.3kmのパイプラインで接続する想定です。パイプラインは地下埋設で計14km、いずれも気相で計画しております。

2か所の陸上圧入基地から、それぞれ沖合約3～4km先の海域海底下の深部塩水帯水層への貯留を計画しております。想定貯留レートは年間150～200万トンになります。地域の御理解を得た上で、安全・安価で確実な2030年のCCS事業の開始を目指しております。

こちらは東新潟地域CCS事業の概要です。東北電力様、三菱ガス化学様、北越コーポレーション様とコンソーシアムを組んでおります。東北電力の火力発電所からのCO₂、三菱ガス化学様では化学工場からのCO₂とブルー水素製造工場からのCO₂、北越コーポレーションの製紙工場からのCO₂を、それぞれパイプラインで1か所の圧入基地まで気相で輸送し、東新潟海域の既存油ガス田等に貯留するものです。パイプラインの総延長は26.5kmとなっております。

想定貯留レートは、年間約140万トンから始め、段階的に増やしていく計画です。こちらでも地域の御理解を得た上で、安全・安価で確実な2030年のCCS事業開始を目指しております。

続きまして、導管輸送事業におけるフロー図、CO₂の温度圧力条件について御説明いたします。苫小牧、東新潟いずれも大まかなフローは変わりませんので、まとめております。左端の排出源側の圧縮機から右側の圧入基地までのフローを示しております。右側の圧入基地へ送るパイプライン出口への圧力を一定にするため、パイプライン部分の圧力損失を考慮しまして、パイプライン入り口での圧力を制御する想定です。

苫小牧では、パイプライン出口で2.5MPa未満程度に制御し、パイプライン入り口は3MPa未満の想定をしております。同様に東新潟では、パイプライン出口で1.5MPa、入り口では2.0MPa未満の想定です。いずれも気相です。

パイプラインの全長が長くなる場合には、ここの真ん中の赤枠であるように、バルブステーションとベントスタックを設置することも想定されますが、現状、苫小牧、東新潟では不要と考えております。パイプラインの輸送部分の温度条件は、パイプラインの塗覆装の耐熱温度や地中温度により、おおむね50℃未満で管理する想定です。

続きまして、貯留事業におけるフロー図、CO₂温度圧力条件を示しております。先ほどの後工程として、圧入基地から圧入井に至るフローを示しております。貯留事業は、貯留層へCO₂を圧入するための圧縮機とその用役設備、圧入井から構成されております。

圧入井入り口の圧力は、圧入井中のCO₂カラムの圧力と貯留層の地層圧の差分を埋めるもので、遮蔽層を破壊しない圧力に制御されることになります。圧入圧力は、主に貯留層の深度に依存し、苫小牧では12.0MPa未満、東新潟では15.0MPa未満で想定されております。

温度条件は、圧縮昇圧によりCO₂温度は最大200℃ぐらいまで上がりますが、圧縮機のところに適宜熱交換器を挟み、圧入時には40℃以下に抑える想定です。このような温度圧力条件下では、圧入井に加えて圧縮機の下流部分でもCO₂は超臨界状態に至ることが想定されます。

最後に、設備検討時の留意事項です。天然ガスとCO₂ではその特性が異なることから、設備検討に際しては、以下のような留意事項の整理を行っております。空気より重いため、ベントスタック等からのCO₂放散時の流体挙動シミュレーションをして、安全性を担保した設計を進めております。また、CO₂の腐食性を考慮して水分量に留意した検討を行

っていますが、微量な不純物によって腐食性が高まることが確認されております。

また、天然ガスに比べて相変化しやすいので、特に温度圧力条件の厳密な管理が求められます。圧入基地において、圧縮機の下流、圧入井の手前で、目標とする昇圧条件次第ですが、超臨界状態に至る可能性があります。

弊社では、このような留意事項に着目しつつ、ガス事業法の思想や基準を基にシミュレーションを行うことで、現在、設備設計を進めております。

J A P E Xからの発表は以上です。

○山田委員長 ありがとうございました。

それでは、次に資料4につきまして、J X石油開発株式会社の中野様より御説明をお願いいたします。

○中野プレゼンター J X石油開発株式会社C C S事業推進部の中野と申します。本日は、弊社が参画する九州西部沖C C S事業におけるC O₂パイプライン輸送施設に関して御説明いたします。

九州西部沖C C S事業は、E N E O S、電源開発様、弊社及びこれら3社で貯留調査を目的に設立した、S P Cである「西日本カーボン貯留調査」の4社にて取り組んでおります。

西日本にあるE N E O Sの製油所並びに電源開発様の石炭火力発電所から排出されるC O₂を、分離回収後に船舶輸送により、もしくは構内配管の接続により陸上施設に一旦集積し、海底パイプラインで沖合の貯留地まで輸送の上、海底に設置する圧入井により圧入・貯留する計画です。図中右下の青枠で囲んだ範囲が、本日の御説明範囲になります。

初めにお断りしますが、本日御説明する内容は現在の想定の一案を示すものであり、ここに記載の設備構成、フロー、温度・圧力条件は、今後の検討の進捗に伴い変更されることがあることを御承知いただければと思います。

まず最初に、液化C O₂の受入れフローを御説明します。図中左上に示すように、船舶で輸送されてきた液化C O₂は、ローディングアームを介して液化C O₂タンクへ輸送されます。船舶輸送向けの液化C O₂の状態に関しては、一般に低温・低圧、中温・中圧、常温・昇圧の3方式が提唱されておりますが、本プロジェクトにおいては、現状、低温・低圧での輸送を計画しております。この液化C O₂の温度・圧力条件は、それぞれ約－50℃、0.68MPaとなっております。

タンクに受け入れた液化C O₂は、液化C O₂ポンプにより昇圧され、海底パイプライ

ンに送られます。この際、圧力は最大22MPa程度まで上昇します。ポンプの後段で、別途、構内配管で合流する超臨界状態のCO₂や海水などの媒体と熱交換器を介して0℃以上まで温度を上げます。これは海底パイプラインの材料選定を合理化することが主な目的です。貯留地に到達した液化CO₂は、マニフォールドにて複数の圧入井に分配された後、貯留層へ到達します。

続いて、図の左下を始点とする構内配管接続によるCO₂の受入れフローを御説明します。本プロジェクトでは、船舶による液化CO₂の受入れに加え、陸上ハブ施設に隣接する排出源で回収されたCO₂の構内配管の接続により受け入れる計画です。このCO₂は、パイプライン輸送及び圧入に必要な圧力まで圧縮機等で昇圧された後、初めに御説明した液化CO₂にパイプライン入り口で合流します。

排出源の稼働状況によっては、船舶輸送による液化CO₂のみが海底パイプラインにより移送されることもあれば、逆に構内配管により送られるCO₂のみが海底パイプライン内を輸送されることもあり得ます。後者の場合、海底パイプライン入り口付近では超臨界状態となりますが、CO₂の温度は海底パイプラインを輸送中に海水温に漸近するため、圧入井に到達する前には液体となります。

天然ガス輸送との比較を念頭に置き、パイプライン輸送におけるCO₂の性質をまとめました。CO₂は、液相あるいは超臨界まで昇圧することで密度が高まり、それによって多量のCO₂を経済的に輸送することができます。留意点としては、断熱膨張時の温度低下が大きいため、パイプラインの圧力低下に伴い急激な温度の低下が起きやすい性質があります。パイプラインの材料には炭素鋼を使用する計画ですから、パイプラインの温度が炭素鋼の最小設計温度を下回らないように、緊急時・計画時の別にかかわらず慎重な脱圧要領の策定が求められます。

また、パイプライン内部に遊離水が存在すると、炭酸腐食が発生し、炭素鋼に対して急激な腐食を引き起こすおそれがあります。これに対応するために、パイプライン入り口での厳密な水分管理が必要になります。

こちらのスライドには、弊社が行っているパイプラインの操業を含む天然ガス生産操業の一例を示しております。天然ガスの生産操業に際しては、設備健全性管理、緊急時対応計画、操業管理の手順など、操業マネジメントシステムを構築・適用の上、操業管理を行っております。

CCS事業におけるCO₂パイプラインについても、天然ガスパイプラインと同様の操

業管理システムを基盤とし、先ほど御説明したようなCO₂に固有の物性や熱力学特性に関する個別の考慮を加えた操業管理システムを構築・適用することで操業に当たることを計画しております。

御説明は以上になります。御静聴ありがとうございました。

○山田委員長 ありがとうございました。

それでは、続きまして資料5につきまして、株式会社INPEX・飯田様より御説明をいただきます。オンラインと伺っております。準備ができましたらお願いいたします。

○飯田プレゼンター INPEXの飯田でございます。よろしくお願いいたします。私のほうから、首都圏CCS事業における導管輸送事業の概要について御説明いたします。

こちらがアジェンダになりますけれども、首都圏CCS事業の概要、それに続きましてCO₂の輸送フローについて。弊社、ガス導管の操業管理事例がございますので、こちらを紹介した後に、天然ガスと異なるCO₂の特有事例について御説明いたします。

こちらが1枚目のスライドで、首都圏CCS事業の概要をお示ししておりますけれども、この事業につきましては、CO₂の排出源は京葉臨海工業地帯、千葉県京葉地域でCO₂を回収しまして、CO₂のパイプライン、これは長さが80～90kmを想定しておりますが、房総半島を横断しまして、千葉県の外房沖合の海域に貯留するCCS事業となっております。

こちらが首都圏CCS事業におけるCO₂の輸送フローとなりますけれども、左のほうから分離・回収の流れになりまして、真ん中にパイプラインの輸送を持ってきております。右側が貯留という流れになりますけれども、まず矢印の色の凡例になりますけれども、緑がCO₂の気体の流れを示しております。濃い赤、こちらが超臨界状態を示しております。

左のほうから説明いたしますけれども、排気ガスがありますけれども、不純物を除去しまして分離・回収する。このCO₂の濃度を上げて、昇圧設備で圧力を上げます。脱湿設備で水分を取り除きまして、ここのところで分析監視設備、メータリングですね、こちらでCO₂、ガスの組成を監視するということになります。

1番となりますけれども、ここが導管の輸送の入り口になります。先ほど申し上げたとおり、80～90kmの距離のパイプラインを敷設しまして、2番に到達して、ここで再昇圧を行います。圧力を上げた後にもう一度分析監視設備を介しまして、海底の輸送管を通じて海洋プラットフォームまでCO₂を持って行って、そこから井戸を介して貯留層に圧入するという一連の流れになります。

1、2、3、4と黄色でハイライトいたしましたが、こちらの圧力・温度条件につきましては、下の表に書いてありますとおり、1の地点で温度は約40～50℃、圧力については2MPa程度というふうに想定しております、気相となります。このパイプラインの出口、2番目のところの圧力・温度条件を書いてありますが、こちらも気相で想定しております。その後、コンプレッサーで昇圧しまして、超臨界相で圧力13とか12MPaまで上げまして、こちらのCO₂を貯留層に圧入するという流れになります。

また、本事業につきましては拡張性のほうを検討しておりますので、この導管、パイプラインのところにタイイン・バルブステーションを設けまして、将来的に、分離・回収者がB、C、Dのほうから別途回収したCO₂を主要の導管につなげるという拡張性も検討しております。最大流量としましては500万トン／年という数字を設定しております。

弊社、国内で天然ガスの導管事業を行っております、総延長パイプライン約1,500kmあるのですけれども、そちらの操業管理について簡単に御紹介いたします。1番目、こちらはパイプラインの監視システムです。2番目、パトロール体制。3番目、衛星通信による監視体制。こちらは操業管理ということで行っております。また4番目、遮断バルブとありますけれども、これは安全対策の一つになるのですけれども、パイプラインの沿線には10～15kmごとにバルブステーションを設置しまして、万が一の場合には確実にガスを遮断できる仕組みを整えております。CO₂導管にしても、同様の遮断バルブを検討しております。5番目、パイプラインの維持管理システムです。6番目には電気防食とありますけれども、我々、こちらの天然ガスのパイプラインの運用、操業管理で持っているノウハウ、知見をCO₂導管についても用いたいと考えております。

といいましても天然ガスと異なるCO₂の性質、こちらに注意する必要があるということで4点挙げさせていただきました。内面腐食につきましては、ガスの中に水分及び不純物がありますと腐食が進行しますので、こちらの不純物の基準値の設定、適切な腐食代の検討の設定が重要と考えております。

右側に高速延性破壊とありますが、こちらもCO₂特有の現象ですけれども、第三者の工事が行われて管に傷をつけたといった場合に、穴の発生が鋼管を一気に破壊させるという特徴がございますので、こちらを防ぐためにも適切な管の厚さ、靱性値の設定、場合によってはクラックアレスタの導入などの検討が必要と考えております。

左下、こちらは漏えい拡散挙動ですけれども、二酸化炭素につきましては空気より重いので、こちらが地表面に滞留しないように緊急時にどういうふうに対応するのか、こ

これらの思想の確立が必要と考えております。

4番目にドライアイスの生成です。こちらでも脱圧前の流体条件、特に温度になりますけれども、脱圧速度の調整が肝要だというふうに考えております。

まとめになりますけれども、首都圏CCS事業につきましては、京葉臨海工業地帯のCO₂を回収しまして、パイプラインで輸送して外房の沖合に貯留するCCS事業となります。パイプラインの長さは約90kmになりまして、気相で輸送します。貯留業者につきましては、この気相のCO₂を超臨界状態まで昇圧して、海底下の深部、塩水層に圧入するという形になります。

私たちINPEXは、国内で約1,500kmの天然ガスパイプラインの敷設、運営をしている知見と経験を活用して、CO₂の特性を十分に考慮して、CO₂の導管についても設計を行ってまいりたいと考えております。

私の御説明は以上になります。

○山田委員長 ありがとうございました。

引き続きまして、資料6につきまして、日本産業・医療ガス協会・前田様より御説明をお願いいたします。オンラインと伺っております。準備ができましたらお願いいたします。

○前田プレゼンター よろしくをお願いいたします。我々、日本産業・医療ガス協会ですが、各種工場から排出される副生ガス等を供給いただきまして、それを精製して、工場等に炭酸ガスを供給している事業者の業界団体になります。

では、炭酸ガスの特性について説明させていただきます。

基本的なところですが、二酸化炭素とか炭酸ガスと言われているように、広く流通されている気体、液体、ドライアイスと言われるようなものが供給されています。先ほど皆様のほうから説明がありましたように、気体では空気の1.5倍相当、液体ではほぼ水と同等の液密度、ドライアイスについては1.6倍程度の密度となっております。

炭酸ガスにつきましては、気体、液体、固体、各種状態に変化するのですが、他の物質との違いは、固体から直接気体に昇華するといったところが、他の物質との大きな違いになります。先ほど来皆様のほうから御説明ありましたように、炭酸ガスにつきましては、水が作用することによって弱酸性を呈することになります。その結果、金属容器の代表である鉄系の容器につきましては、水が混入することによって腐食が進んで、左上にありますように容器に穴が空いて、その中を確認すると、界面を中心に炭酸鉄等が生成されて減肉、そして金属の破壊というようなことが進んでおりますので、我々としては、水

分混入防止対策をすることによって安全状態の確保に努めているところでございます。

炭酸ガスは水によく溶ける、他のガスに比べると非常によく水に溶けるものにはなるのですが、反面、弱酸性を呈することによって、その副作用も一部では出ております。他のガスと同じように圧力を上げれば上げるほど、水温を低くすればするほど比較的溶解度が高くなるという特性を持ちながら、一方で、ビール系飲料も含めて炭酸飲料として広く活用されている物質でございます。

ここで、炭酸ガスの状態図について簡単に確認させていただければと思います。気体、液体、固体の三重点が -56°C 付近、圧力で 0.5MPa 辺りに存在しますが、この微妙な圧力・温度変化によって意図しない状態になってしまうということもありますので、そちらについては注意が必要になるかと思いますが。

あと、 31°C 以上、 7.4MPa 以上になりますと、超臨界状態となって特定の性状を示したものになります。右下に写真がありますように、超臨界状態でたまに見られるんですが、着色したような状態が見受けられるということも一時的にはございますが、通常は、右上にありますように、液体のような気体と言われるような状態を示しておりますので、もしこちらの再現映像等を確認される場合につきましては、また御連絡いただければと思います。

ドライアイスとか液化炭酸ガスにつきましては、多くの場合、零度以下の状態での流通ということになりますので、直接手で触れると肌に影響がございますので、乾いた革手袋等を使用して作業に当たっているというところでございます。

液化炭酸ガスにつきましては、気化膨張すると約500倍相当に膨張します。ドライアイスにつきましては700～800倍相当まで膨張しますので、それらのある特定の箇所に封じ込めるといったところは危険行為になりますので、これらについては注意が必要となります。他の空気成分である酸素、窒素、アルゴンにつきましても、液化ガスの状態ですと同様に600～800倍相当まで膨張しますので、こういった低温ガスの取り扱いについては、封じ込めるという行為に対しての安全対策が必要となります。

作業安全の観点から少し御説明させていただければと思います。炭酸ガスにつきましては、空気の1.5倍相当の比重がございまして、比較的底部、床のほうにたまりやすいという観点から、屋内もしくはそれに近いような環境下では、十分な換気をすると同時に、労働安全衛生法でも定められていますように、炭酸ガス濃度の管理及び酸素濃度の管理をすることによって安全確保をするということが必要になってまいります。

一方、右側の表ですけれども、通常、空気中では約0.04%の炭酸ガスが含まれておりますけれども、0.5%以上になってまいりますと、許容濃度とか作業安全に関わる各種基準等が国内をはじめ海外の機関でも定められておりますので、それらにのっとり我々は安全上の対策を講じた作業を確保するといったところに注意をしております。

左側の表ですけれども、酸素欠乏症の症状ということで示しております。これは炭酸ガスのみならず多くのガス、酸素とか空気以外のガスが仮に大気中に漏えいしますと、徐々に酸素濃度が低下してまいりますので、先ほどの労働安全衛生上も含めて、18%以上の酸素濃度を確保するというのは一般的に図られているところです。それ以上に酸素濃度が低減すると危険な状態になりますので、漏えいに際しての安全対策は講じなければならないということになります。

一方で右側の表ですけれども、炭酸ガスは、ある一定の濃度になりますと危険な状態というふうには言われますけれども、他の毒性ガス、そこに明記しておりますように一酸化炭素であるとかアンモニアであるとか、そういったガスに比べると、許容濃度ですとか致死濃度といわれるような危険性の指標は2桁以上の差異がございますので、他のこういうガスに比べるとかなり安全と。国際基準でいうGHS分類におきましても、麻酔作用というところはいわれておりますけれども、それ以上の危険性については現在共有化されていない状況です。

一方、こういう炭酸ガスは食品添加物としても使用されていますので、取り扱いさえ大きく間違わなければ、事故につながるということは比較的少ないというふうには理解をしております。

2002年に関西地域で高速道路を走行していた炭酸ガスのローリー車が、ガスの漏えいを確認して路肩に止めた状態の事故時の写真でございます。炭酸ガスにつきましては、通常、気体であれ液体であれ無色透明状態になるのですけれども、この写真にありますように、低温の状態の液化ガスが漏えいしておりますので、空気中の水分が冷やされて白く見えている状態が確認いただけるかと思います。結果として、速やかな対応がなされた結果、人的被害はなしということになっております。ちなみに、この運転手の方も早期に漏えいの停止に至りましたので、漏えいが止まり約20～30分かかって通行解除のほうもなされています。

炭酸ガスに関係する高圧ガス事故の関係なんですけれども、多くは400程度の小さな容器で流通しているものによる事故が圧倒的に多いです。設備に関係するような製造設備で

あるとか輸送に関係するところについては、比較的事前に定期点検等で確認をされた際の事故であるとか、そういった軽微なものが多くございます。

こちらは二酸化炭素、炭酸ガスが空気中に漏えいした際の注意事項を示しております。通常の空気の中に炭酸ガスが漏えいした際に、労働安全衛生法で求められている1.5%の炭酸ガス濃度になった場合は、酸素の濃度でいくとまだ20%強残っております。一方、酸素の管理基準である18%を切った場合には、すでに炭酸ガスの濃度は約14%相当にまで到達しますので、空気中に炭酸ガスが漏えいするという危険性がある場合については、酸素ガスの濃度管理と合わせて炭酸ガスの濃度管理も実施いただくことをお勧めいたします。

これらの状態を図に示したものが、真ん中辺りにあるグラフになります。これを見ていただくと、炭酸ガスと酸素、この2つの濃度管理を定期的にポイント、ポイントで実施いただくということの必要性を御理解いただけるかと思いますので、今後とも、従事される方々もしくは第三者への影響がないような定期的な管理ポイントを設定いただければと思います。

説明は以上となります。

○山田委員長 ありがとうございました。

それでは、続きまして資料7につきまして、高圧ガス保安協会より御説明をお願いいたします。

○久本委員 特別民間法人高圧ガス保安協会の久本でございます。私どもKHKは、CO₂を含む高圧ガス等の事故の調査・分析を行っております。海外における事故情報の収集体制を強化すべく、欧米の関連機関との連携に加えて、本年にはCCSに関する国際団体でございますグローバルCCSインスティテュートにも加盟し、さらなる情報ネットワークの強化をいたしました。

本日は、これらの活動で入手いたしました情報の中でも、導管輸送事業の保安規制について検討する上で特に参考と思われる事故につきまして、協会の水素センターの小山田より御紹介をさせていただきます。

○小山田プレゼンター 特別民間法人高圧ガス保安協会水素センターの小山田でございます。この資料の説明に入ります前に1つ御留意いただきたいのは、我々KHKは、事故が生じる可能性があるから危ないからやめたほうがいいという意味で事故情報を御紹介するのはございません。KHKでは、CO₂パイプラインを活用するCCSは、水素社会

の実現、カーボンニュートラルのために必ず必要な技術であると考えております。ＣＣＳをどんどん活用できるよう推進していきたい、ＣＣＳを活用して水素社会、カーボンニュートラルを実現したいという思いは皆様と同じでございます。

これから御紹介するＣＯ₂パイプラインを既に先行して活用している米国の事故事例や、我が国での参考となるような事故事例から得られた教訓を生かして、これから我が国においても数多く導入されるＣＯ₂パイプラインについての大事故の発生を防止することが、ＣＣＳを活用する水素社会、カーボンニュートラルの早期実現になるという思いから、教訓として事故事例を紹介するものでございます。よろしくお願いいたします。

まず、世界のＣＯ₂パイプラインの設置状況についてでございます。こちらの出典は2023年時点のものであることをお断りしておきます。まず、ＩＥＡ（国際エネルギー機関）によれば、操業中のＣＯ₂パイプラインのほとんどは米国にあるということでございます。以下は、米国の連邦法による原油や天然ガスなどの危険物輸送のためのパイプラインに関する規制当局でありますＤＯＴ（米国運輸省）のＰＨＭＳＡ（パイプライン及び危険物安全管理局）の資料となります。

左の地図の黄緑色のラインが、アメリカのＣＯ₂パイプラインを示しております。なお、アメリカのＣＯ₂パイプラインに関する現状の規制対象としては、超臨界状態のＣＯ₂のみと定められております。言い換えれば、現状においては、気体の状態や低い圧力の液体の状態での、ＣＯ₂のパイプライン輸送というのは危険物輸送の規制の対象外ということになります。

右の折れ線グラフは、ＤＯＴの規制対象であるＣＯ₂パイプラインの総延長距離となりますが、右端2022年では8,600km以上となっております。先ほどのＩＥＡのデータと合わせますと、世界中のＣＯ₂パイプラインのほとんど、9割以上はこの米国で規制されている超臨界状態のパイプラインであるといえます。

まずは、その世界の操業中のほとんどのものが集中しているという米国のＣＯ₂パイプラインの事故事例を紹介いたします。左の写真は、2020年にミシシッピ州で発生したＣＯ₂パイプラインの破断事故ですが、大雨により地滑りが起きてパイプラインが破断し、ＣＯ₂が大量に漏えいし、付近の住民が避難を余儀なくされ、45名が病院に搬送されたという事故でございます。

右の写真は、今年4月にルイジアナ州で発生した破裂事故で、大量のＣＯ₂が漏えいしたという事故でございます。

次に、左の写真のミシシッピの事故について詳しく御説明いたします。

この事故は、2020年2月、ミシシッピ州のサタシャ村というところの近郊、右下の写真で言うと赤い丸の位置、サタシャ村から見ると山の上のほうで、地中に埋設されているCO₂パイプラインが、大雨による地滑りで、パイプラインのパイプ同士を接合していた溶接部で、前のスライドの写真のように破断をいたしまして、高密度のCO₂が漏えい・噴出しまして、付近の住民が避難して、45名が病院に搬送されたというものでございます。

このパイプラインは2009年に設置されたもので、事故現場では地下9mのところに埋設されていたものです。また、ラインパイプ材の規格はAPI 5LのX80グレードというものでございます。このCO₂は、前回のこの委員会で御説明のありましたEOR（石油増進回収）用途というものでございまして、この事故発生時、その時点での運転圧力は約9.7MPa、運転温度につきましては、この事故報告書では最大48.8℃としか記載が確認できませんが、超臨界状態とされております。

一般に、この事故のように加圧された液体のCO₂が大気に漏えいしますと、低温の気体と液体の粒子、または雪のようなドライアイス粒子から成る高密度ガスというものが形成されます。こういった高密度ガスの拡散挙動というのは、通常の気体のガスとは異なることが知られておりますので、その影響範囲は大きく広がることになり、空気より重いCO₂の場合には山伝いに流れるなど、パイプラインが設置されている環境にも大きく影響されるおそれがありますので、特に大量漏えいの際のCO₂の挙動を把握しておくことは重要な課題の一つであると考えます。

先ほどのスライドのミシシッピ州の事故の発生を受けまして、米国運輸省PHMSAのほうでは、パイプライン破断事故を踏まえた連邦規則の改正案というものを検討中でありまして、2024年に提案するとされております。それに向けて勧告文書が通知されたほか、研究調査事業や公開の会議開催による議論、報告などを行う取組が行われているというものでございます。

③から⑤に示す会議では、CO₂パイプラインを通る超臨界CO₂が漏えい・噴出した場合の影響の範囲を評価する漏えい拡散モデルを確立することや、パイプラインで輸送するCO₂に含まれる不純物の影響を踏まえた材料及び溶接に関する要求事項の開発などが議論をされており、日本のCO₂パイプラインを検討する際の参考になるのではないかと思います。

また、⑧にありますとおり、実現した場合には規制強化となってしまいますが、気体の二酸化炭素のパイプライン輸送を規制対象として加えるかどうかについて検討しているということがPHMSAより公表されております。

このスライドは、日本の天然ガスのパイプラインの事故データになります。日本では大規模パイプラインの代表例として、ガス事業者、電力・資源系事業者により敷設された天然ガスパイプラインが挙げられます。ガスの種類の違いに注意は必要ですが、同じ大規模パイプラインに関する事故事例については、今後のCO₂パイプラインの参考になるものと考えます。

天然ガスの高圧パイプラインにおいては、この表にありますとおり、自然災害と他工事による事故事例が比較的多く報告されております。他工事とは、例えば水道管の工事や道路の工事を行う際に、誤って天然ガスのパイプラインに傷をつけたりして起こった場合の事故を指しております。それに加えて地震や大雨といった自然災害については、アメリカでの事故同様、考慮する必要があるということが分かるかと存じます。

このスライドは、CO₂による死傷者を伴う高圧ガス保安法の事故事例についてです。この数年の間に、CO₂の消火設備に関係して誤作動や誤操作などを原因としまして、合計7名の方が亡くなるという痛ましい事故が発生しております。既に再発防止策については消防庁のほうで実施されたところですが、CO₂消火設備に関する事故であって、パイプラインの事故とは異なりますが、CO₂が漏えい・噴出した場合の危険性を理解し、その取り扱いを考えておく上での参考になるものとして御紹介させていただきました。

最後に参考として、先ほどJIMGA殿からも説明がありましたが、二酸化炭素の性質と人体への影響についてまとめた資料をつけさせていただきます。CO₂というのは空気より重いということや、濃度が高まると強い毒性を示すということに留意しておく必要があるということでございます。

以上で御説明を終わります。御静聴ありがとうございました。

○山田委員長 ありがとうございました。

引き続きまして、資料8につきまして、地球環境産業技術研究機構・青木様とJFEスチール株式会社・石川様より御説明をお願いいたします。

○青木プレゼンター それでは、説明します。地球環境産業技術研究機構の青木です。TC265の国内審議団体として、CCSのISO化を推進している者でございます。

本日の説明は、前半にISO27913、これはパイプラインのISOですが、それを私の

ほうからまず概略説明して、その後に重要な技術的課題、例えば腐食とか破壊の防止策に関して、WG 2 及び国内審議委員会輸送WGの委員である J F E スチールの石川様に説明していただきます。

まず概要です。制定の経緯を説明します。ISO/TC 265において、2024年10月に ISO 27913の2024年バージョンが出版されております。これは2016年の11月に出版された初版の全面改訂版ということで、改訂の主な点は、全体の編集改善、技術のアップデート、CO₂ストリームの流量とか不純物に関するサブクローズ追加、不純物レベルを5%に制限。「業界慣行の数値として認識すべき」という表現に記述が強化されております。

国内においては、265の国内審議委員会の輸送WGにおいて開発に協力して、日本として国際標準化に参画しております。

次は、27913の目的と範囲です。まず目的は、CO₂の大規模輸送用のパイプラインの安全で信頼性の高い設計、建設、運用を確保しましょうということと、この標準は、独立した規格ではなくて、CO₂特有の課題、破壊停止や内部腐食防止などを補完したような位置づけになっております。

範囲なのですが、赤線の範囲がこのISO 27913の範囲です。CO₂を輸送するための要件と推奨事項ということで、適用先は剛性の金属パイプライン、またはCO₂ストリームの陸上、沖合のパイプライン等々、あと気体及びデンス相のCO₂ストリームの輸送というようなところが適用先となっております。

これが27913の全体をまとめた表なのですが、1章から4章は一般的な規格の内容ということと、5章がCO₂ストリームの特性、6章がコンセプト開発と設計基準、7章が材料とパイプライン設計、8章が管圧の設計に関する章、9～11章がパイプラインシステムの建設、運用、再適格化という章に分かれております。Annexが6個ついておりまして、これは参考情報としてついているものでございます。

まず3章、用語と定義が書いてございまして、この資料を読む上でも役に立つものだと思って抜き出しております。

5章がCO₂及びCO₂ストリームの特性ということで、先ほどまでもずっと説明があったような内容がここに書かれているということです。

6章はコンセプト開発と設計基準ということで、まずはCO₂パイプライン特有の設計要件と推奨事項が記載されています。その中は、安全哲学とか信頼性に関する記述。あとシステム設計の原則ということで、パイプラインの健全性確保のための要件が今回幾つ

か書かれておるのですが、その中で、CO₂は95%以上というのが業界の慣行であるという記述になっております。

一方、非凝縮性の不純物に関しては5%以下ということで、これも業界慣行であるという記述になっております。

そういった要件が書かれているほかに、腐食防止の原則とフローアシュアランス、これはCO₂のストリームを問題なく輸送するための技術的な課題と対策。あと、パイプラインの配置に関する記述ということが書かれております。

7章なのですが、これはパイプラインの材料と設計に関するものということで、ガイドラインの名前がここに入っています。あと、この中は大きく腐食防止ということで、腐食は、マージンを設けて設計するようというような記載とか、あと材料選定に関するものとしては、鋼材、外部コーティング、非金属材料や潤滑油、こういった材料選定に関する記載が入っております。

8章はパイプラインの管厚設計の章なのですが、1つは設計荷重を考えなさいということで検討課題。あとは、最小の管厚に関するところで、内圧と動的圧力変動及び不安定延性破壊に対応した最小管厚を検討しろというような記載があります。

あと、破壊の靱性に関する記載ということで、API 5Lに記載された試験を満足するようというような記載になっております。

9章は建設。これに関しては、建設及び試運転前の手順に関する記載ということと、試運転前の準備として、窒素や乾燥空気によって乾燥させろというような記載が入っております。

10章は、CO₂パイプラインの安全かつ信頼性の高い運用を確保するための最低要件というのが入っております。

11章は、既存のパイプラインをCO₂用途に適用するための考慮事項というのでまとめられている章でございます。

最後のシートは概要の説明なのですが、Annex A～Fまで6個のAnnexがございまして、これらはあくまでもインフォマティブということになってございます。これでスイッチをします。

○石川プレゼンター 引き続きましてJFEスチール・石川から、この規格改訂に参画させていただきまして、その中で議論になった点、特に材料選定で重要になるポイントについて簡単に紹介させていただきます。

まず、今までも御報告あったように、CO₂腐食というものが問題になります。この場合は、液体の水が生成していない条件で使用する事が前提となりますので、そのことについて7章Annex AのCO₂ストリームの成分例のところで記載がなされております。

もう一つは不安定延性破壊という現象。これは高圧の天然ガスパイプラインで問題になっている現象でございまして、高いガス圧に駆動されて発生した亀裂が長距離伝播するという現象でございます。これを防止する方法の模式図がBattelle Two Curveの考え方でもございまして、ちょっと分かりづらい図でございますけれども、亀裂が発生した後、材料の靱性が高いと亀裂の伝播速度が遅くなります。そのときにガスが減圧してくると、圧力が下がって亀裂が停止します。ただし、その図の赤いラインで示したように、デンス相のCO₂、超臨界相と高圧の液相を合わせてデンス相と呼んでおりますが、圧力が下がってきますと棚を形成して圧力が下がりにくくなる。こういった状態になりますと亀裂が形成しにくくなるという現象でございまして、こういったことを防止する方法が8章の管厚設計やAnnexに記載されております。

まず、そのために重要になるポイントといたしましては、CO₂ガスの状態図を認識する必要があります。これは状態図でございますけれども、最初の御発表にもありましたような液化CO₂の輸送は低温・低圧で輸送されますが、パイプラインの場合ですと、右上のように常温以上の高い温度で高圧で輸送されます。このプロットはデンバリーの例を示しておりますけれども、これよりももうちょっと高圧の超臨界でも輸送されております。

こういった状態図に影響を及ぼすものとして不純物の影響がございまして、右側の図は、これはあくまでも模式図でございますけれども、100%の純CO₂の場合ですと液相と気相の間がきれいに1本のラインで引けますけれども、ここに窒素とか水素という非圧縮性の気体が混入してきますと、気液二相の領域が出てきまして、これによってガスの減圧挙動が影響されます。このような挙動に対応するために、6章のCO₂ストリームの成分規定、またAnnex Aが規定されております。

そのAnnex Aの成分規定、これはあくまでもインフォーマティブで例として挙げられておりますけれども、この表の右側の2つのライン、ガス相とデンス相それぞれありますけれども、一番重要になりますのが、腐食に関しては不純物の水の混入量を低く抑えるということと、あとは腐食に対しては硫化水素、またSO_x、NO_x、こういった不純物成分が影響しますので、その含有量を厳しく制限しております。

一方、水素、窒素、酸素、こういった非圧縮性の気体は、先ほど示したようなガスの減

圧挙動に影響して不安定延性破壊に影響を及ぼしますので、これらの量も厳しく制限されております。

次に管厚設計について、不安定延性破壊の防止の観点からの解説がございます。上の青いハッチングした部分は、気相の場合の不安定延性破壊防止法でございますけれども、これは通常の天然ガスの場合と同様のBattelle Two Curve法というものを適用できると書いてございます。

一方、デンス相の場合、高温高压の流体の場合ですと、その2列目にありますように、従来のガスパイプラインの防止方法、これがBattelle Two Curve法になりますけれども、それが安全側の設計にならない場合があるということで、その下にありますように、DNV-RP、これはガイドラインでございますけれども、その基準に基づいた評価ダイアグラムが提案されております。それは次のシートで説明させていただきます。

Annex Dに、その不安定延性破壊の防止方法が記載されておりますが、これはあくまでもデンス相の場合でございます。ちょっと分かりにくい図になってございますけれども、これは縦軸のパラメーターが外力に相当する、圧力に相当するパラメーター、横軸が材料の靱性に対応するパラメーターでございまして、青いラインでDNVの基準のラインが引いてあります。そのプロット、これは欧州のほうで9回ほどバースト試験が実施されておりまして、白抜きのマークが亀裂が伝播した場合、黒抜きのものが亀裂が停止した点になります。

これから分かりますように、左上の外力が高くて材料の靱性が低い場合は、亀裂が伝播してしまう。逆に圧力が小さくて材料の靱性が十分あれば、停止できるということでございます。ここで点線のラインとかありますけれども、従来のBattelle Two Curve法では危険側の結果を与えるといったことが分かりますので、その灰色のハッチングした領域でISOでは規定しておりまして、亀裂が停止する領域、伝播する領域、そしてプロットのないところは要検証ということで、実証実験が必要だということになっております。

また、DNVのガイドラインには、実験をベースにしてこの基準を決めておりますので、その実験の条件から外れるものについては実証する必要があるということが示されております。お手元の配付資料のほうに、参考にBattelle Two Curve法の考え方と、あとはデンス相のCO₂のバースト試験の情報を載せていただいておりますので、御参考ください。

以上でございます。

○山田委員長 ありがとうございます。

続きまして、資料9につきまして、事務局より御説明をお願いします。

○大川鉦山・火薬類監理官　事務局でございます。資料9を御覧ください。

今日も多数の方からプレゼンをいただきました。この中でいろいろなことが述べられているわけですが、今後、CO₂導管輸送事業の技術基準を検討するに当たり、どのようなハザード、危険源、そういったものを考慮すべきか、その発生要因についてどういうものがあるかということを事務局のほうでまずは整理したものがこちらでございます。

ハザードとして2つ想定しておりますが、まず1つ目、ハザード1、高圧のCO₂の噴出等による人への負傷というものがあろうというふうに考えております。その発生要因としましては、自動車ですとか船舶、こういったものが衝突したり、錨がぶつかったり、他工事というものも今日御紹介ございました。こういった外的事象による導管の損傷。

2つ目としまして、地震ですとか土砂災害といった自然災害による導管の損傷。

3つ目としまして、過圧・圧力低下・温度低下などによるドライアイスの生成、二相流、こういったものによる運転に伴う導管の劣化。

4つ目としまして、水分や不純物による内部腐食、もしくは外部の腐食といった経年に伴う導管の劣化。

5つ目としまして、こういった損傷が起こった場合に延性破壊による損傷の拡大、こういったものもあろうと考えています。

その下の※でございますが、周辺の建物などへの影響について考えられるわけですが、これらにつきましては人への影響を考慮することでカバーできると考えておりますため、ここではまず対象外としております。

ハザード2としまして、高濃度のCO₂の吸引による人体への影響というものがあろうというふうに思っております。その発生要因としましては、導管から意図的・非意図的に排出されましたCO₂が地上へ滞留するとか、または高濃度化することによって、人が吸引してしまうということがあろうと思っております。

このようなことについて、まずは事務局なりに整理をいたしました。

以上でございます。

○山田委員長　ありがとうございました。

これまでの御説明を踏まえて、委員の皆様から御意見を頂戴いたしたいと思います。御発言の順番は、委員名簿順に指名させていただきます。大変恐縮ですけれども、御発言は1人3分程度でお願いいたします。

それでは、まず大島委員、お願いします。

○大島委員　日本消費生活アドバイザー・コンサルタント・相談員協会の大島と申します。本日は、このような機会を頂戴いたしましてありがとうございます。

本日の様々な御説明を伺いまして、いろいろなところに危険が潜んでいそうだということは理解いたしました。周囲に危険や悪影響が生じないようにしていただきたいと強く願っております。

そのために、ここで審議され決定される方針に沿って、問題のないレベルの施設が造られることになるのだと思いますけれども、ただ、万が一事故が起きた際には、それぞれどう行動すればいいのかということを人々があらかじめ知っておくことは大切ではないかと思っております。

そのためには、まずはこの場所にCO₂の導管が通っているということを認識していただいて、万が一CO₂が漏れ出る事故が起きた際には、できるだけ早く逃げるべきとか、逃げる際にはどのように逃げるべきなのかということを基礎知識として浸透させるべきだと思います。CO₂が危険だと思っていない人も多いのではないのでしょうか。私もよく分かりませんが、できるだけ風上に逃げるのがよいのかとか、できるだけ高い階に移動するのが適切なのかというような点を、あらかじめ人々が基礎知識として知っているとよいのではないかと思います。これは事故が発生する前から普及させていくことが必要ではないのでしょうか。

その上で、2点ほど質問させてください。1点目は、パイプラインは地上を通るのでしょうか、あるいは都市部では地下になるのでしょうか。どちらがよいと申し上げたいわけではありませんけれども、パイプラインをイメージしやすくなるので、どのような想定なのか教えていただけますでしょうか。

もう一点は、石油資源開発様からの御説明資料の8ページで、「放散塔からの脱圧時における大気拡散シミュレーションを通じて、脱圧・漏洩時における室内や窪地への滞留に対する配慮等の安全性担保の措置を検討している。」と書かれていますが、具体的にどんなことを検討されているのかということがあれば教えていただければと思います。放散塔から気体が出てくると、どのような危険があるのか理解できればと思っております。

あともう一つ、こちらはコメントですけれども、この小委員会での審議の対象がよく分かりませんが、人々の安全はもちろん大切ですが、環境への悪影響もできる限り回避した計画にさせていただいて、住民にも情報を公開する形で計画を策定するのが望ましい

と思います。

以上になります。ありがとうございます。

○山田委員長 ありがとうございます。

続きまして、川畑委員お願いします。

○川畑委員 東京大学の川畑でございます。私は、いわゆる破壊の研究をやっております、特に大型のエネルギーインフラの破壊問題をずっと扱ってきておりまして、今日、特にCCSの導管の話でしたけれども、それについても破壊、力学的な見地から少しコメントをさせていただきたいというふうに思っております。

あらゆるものの壊れ方の中で、高圧操業のパイプというのは非常に特別なものがございます。それは今日度々示されてきておりますけれども、高速で亀裂が止まらないというものです。パワーショベルで過ってパイプに傷をつけたら、何十キロもその亀裂が伝播してしまう可能性があるというものです。

天然ガスの高圧操業のパイプはアメリカで最初行われましたけれども、1930年代から1960年代ぐらいまで長距離伝播の亀裂が止まらなかったというふうな歴史がございます。そこでアメリカのバットル研究所では、これを何とか食い止めてその設備の損傷あるいは人的被害も非常に多かったので、その損傷防止をどのようにしようかといったことの規格化あるいは制度化を進めてきたような歴史がございます。1963年にはバットル研究所が、非常に大きな破壊を起こさないために、その破壊の限界を知るための試験、「バースト試験」という言葉を用いますけれども、わざと高速の破壊を起こすような試験を多数やったというふうな経緯もございます。

今般、CCSの導管部分は要のインフラだというふうに考えておりまして、この導管を歴史も踏まえてそういった不安定破壊を起こさないというのは、設備の方針として必須のことではなかろうかというふうに思います。それは度々指摘されております人的な健康被害だけではなくて、数十キロに及ぶ損傷で例えばパイプが全く駄目になってしまうと、それをもう一回敷設しなければいけないというふうな、事業の採算の観点からも非常に大きなインパクトを与えるものだというふうに思っております。

これを食い止める方法は、ある意味簡単というか、分厚いパイプ、靱性が非常によいパイプを使えば基本的には止まるのですけれども、高価なものを使っていくということを指向し過ぎると、これはまた設備全体の経済性のバランスを欠くというような可能性もございますので、過剰な規制というのは不適切だというふうに考えております。

ですので、今後、この不安定延性破壊を起こさないことという方針を明確にさせていただけるのであれば、限界をきっちりと我が国としてつくっていくということは非常に大切だろうと思います。

今、気相の話と超臨界相の話、あるいはデンス相と呼ばれる液体と一緒に呼ぶ場合もありますけれども、それぞれ少し場合分けをして御説明がありましたけれども、このマップの解釈が当てはまらないとかいろいろ実験条件の制約があるので、基本的には、今からつくろうとされる事業者さんのパイプがどういったものであるかということに照らし合わせてバースト試験というのを実施して、高速延性破壊を食い止める基準といいますか、目安をつくっていくということが必要になるのではないかなというふうに考えます。

ただパラメーターとしては、パイプの種類——パイプの種類もつくり方によってたくさんございます。それからサイズ、これは直径と板厚。それから操業圧、不純物元素比率、このような様々なものがありますので、網羅的に全部やるということもなかなか難しいということがございます。

また、一方でスケジュールが非常にタイトだという制約条件もございますので、何を評価すれば非常に効率的に安全なものがつくれるかといったことを一生懸命議論して、実験ポイントを絞り込むということが必要ではないかと思います。

もう一点、その他の破壊に関して、高速延性破壊以外の破壊についても、これは天然ガスパイプライン、今、我が国では都市ガス事業者さんが非常に安全に操業していただいていると私は認識をしておりますので、そういった考え方を参考にされながら安全性を確保するというふうな方向が必要ではないかと思います。

私の質問は含まれておりませんで、コメントでございました。以上です。

○山田委員長 ありがとうございます。

続きまして、笹木委員お願いします。オンラインと伺っております。

○笹木委員 早稲田大学の笹木でございます。御説明ありがとうございました。

一般的にCO₂ガスというのは、大気中にもわずかに0.034%含まれているというガスって、あまり危険だという認識は一般には持たれていないガスではないかと思いますけれども、今日の御説明によって、導管輸送事業の中では非常に高圧な二酸化炭素を扱うということと、CO₂の状態が超臨界に近い状態になっているということ。そして、もしも噴出した場合には、空気よりも比重が1.5倍あるということで地表付近に濃縮して、一番危険な状態は酸欠、人の命を奪う事故にもつながりかねないというリスクなどを御説明いた

だいたところでは。

私からちょっと質問、導管の材質、炭素鋼について御説明があったのですけれども、表面の腐食防食の技術といいますか加工というか、それについてはどこからもお話が聞かれなかったのですけれども、炭素鋼のパイプからCO₂が破裂するということを防ぐ、細かい技術にはなりますけれども、その点について何か検討されていることがあったらお聞きしたいと思いました。その腐食防食剤にどんなものが使われて、それとCO₂との反応はどんなことが予測されるのか、その点について、もし知見がありましたらお伺いしたいと思います。

以上です。

○山田委員長 ありがとうございます。

続きまして、澁谷委員お願いします。オンラインと伺っております。

○澁谷委員 横浜国立大学の澁谷でございます。本日、御説明どうもありがとうございました。私のほうからは、主に3点挙げさせていただきたいと思います。

まず1点目は、様々な安全対策をしておられているので、現状の事業者様としては非常にたくさんの努力をされていることには敬意を表します。一方で、漏えい時の対応について、二酸化炭素は重いので注意しなければいけないというようなコメントが多かったのですけれども、それだけではなくて、大規模漏えい時に他の事業者への影響であるとかも含めて御検討いただきたいというふうに思っています。実際、ガス事業などでも水道管が漏れたことによって水環境が変わって、その影響で腐食が起こった可能性だとか、また穴が空いたときには大規模にCO₂が漏えいするだけではなくて、周りの土砂が入り込んで閉塞が生まれるというようなこともシナリオの一つとして御検討いただければ、安全確保という観点で重要ではないかというふうに思っております。

今回特に御説明があったように、腐食の影響が非常に大きいということと、あと日本が地震国であるということを考えると、非常に肉厚が薄くなったときの耐震に対する対応というのも、ガス事業者さんはかなり一生懸命やられておられて、先ほど川畑委員からも御説明があったように非常に安全に運用されていらっしゃいますので、その辺りも参考にさせていただけるとよいのかなと思っています。

2点目は、これはちょっと私、確認事項なのですけれども、適用範囲の明確化ということで、今回、各事業者様のほうで輸送事業と貯留事業のほうの御説明があったのですけれども、特に昨年のCCSの委員会でも私のほうコメントさせていただいたのですが、特に

貯留事業と輸送事業の境目であるとか、もしくは輸送の手前の事業との境目、これは同一事業者が行って連携を取っている間は問題ないのですけれども、特に異なる事業者の境界にあるいわゆる遮断弁については、緊急時に、特に地震が起きたときにどういう対応のルールになっているのかというのを明確に定めておくということは重要ではないかなというふうに考えています。

今回の御説明の中でも、遮断弁から遮断弁までが輸送の今回の保安の適用なのか、どの辺りまでを含むのかというのを明確にして今後の議論を進めていただければというふうに思います。

3点目は、少しこれは今回の保安の立場の論点からずれてしまうのかもしれませんが、安全文化、要するに保安を持続的にしていくために、安全に対する考え方を事業者の中で維持していくことってとても重要なのですけれども、今回例として出していただいた事業者さんは、既にいろいろ御経験をお持ちで高い安全意識を持って運用されているのですが、今後これが様々な事業者に展開されていったときに、この安全文化をCCSの中で維持していくということも大変重要ではないかと思っております、特にこれが天然ガス事業と大きく異なるのは、少し悪意を持った見方をしてしまうと、実はCO₂の漏えいを微量に大気中にさせ続けるというのは、事業者にとっても安全にとっても、要するに貯留層に全然押し込まなくて済むという意味で見逃されやすい事象になります。

今回、大量漏えいによる人の被害というのが大きな視点なのですけれども、微量でかつ長時間漏えいされたときに、特に周りの水道などで入ってしまう影響であるとか、先ほど大島委員から指摘のあったような環境への影響なども含め考えていく必要があるのではないかというのは、今回の議論の対象からは少し外れるとは思いますが、コメントとしてつけさせていただきます。

私のほうからは以上です。

○山田委員長 ありがとうございます。

続きまして、島委員お願いします。

○島委員 森・濱田松本法律事務所の島でございます。私からは、コメントと、あと1点マイナーな確認をさせていただければと思っております。

まずコメントですけれども、資料9で2つのハザードを挙げていただいております。ここで人の負傷、人体への影響という、人をコアにしたカテゴリー分けをいただいております。これまでお話が出ているように、事故の発生時というのは、人のほかに農畜水産業だ

とか環境、ほかの事業者への影響なども生じ得るわけですが、今回の議論は、CCS事業法の導管輸送工作物の維持等に関して、86条の経産省令で定める技術上の基準に適合するように維持しなければならないという規定との関係で内容が整理されているものと理解しております。

そういった観点からこの2つのハザードの発生要因などを拝見しますと、外的な事情によるもの、そしてパイプラインそのものの劣化等に由来するものとあって、私は技術的なバックグラウンドはないのですが、思考の過程としては特に違和感はないというところが1点コメントになります。

あと1点御質問というのは、導管輸送でパイプラインそのものについて御説明をいただいたのですが、数十キロに及ぶパイプライン輸送の場合、途中で昇圧器のようなものが入ったりすることもあるのではないかなと想像しておりまして、例えばそういった昇圧器の騒音等も技術基準に入ってくるのか、というのが素人ながらの疑問になります。

以上です。

○山田委員長 ありがとうございます。

続きまして、チヴァース委員お願いします。オンラインと伺っております。

○チヴァース委員 御説明いただきまして、ありがとうございました。

全体としましては、導管輸送事業については、安全を確りと確保いただくとともに、事業者の過度な負担にならないような、規制内容としていただければと考えております。

幾つか個別の点、コメントさせていただきますが、

まず高圧のCO₂の安全基準に関しては、事業者様のご経験や知見が蓄積されているガス事業法をベースとしつつ、CO₂の特性に配慮した規制として検討いただくことがよいのではないかと思います。例えば、CO₂は可燃性ガスではないことで、緩和できる項目については、緩和を検討いただければと思います。

本制度の導管輸送事業の対象について、「導管事業」の対象についてですが、基本的には高圧のCO₂の導管輸送事業が対象と理解いたしますが、例えば、ケースによっては、陸上でのパイプライン輸送でも、排出事業者がCO₂を導管輸送事業に受け渡す前に、排出側企業の敷地外を通るケースもあるかと思います。また貯留地まで船舶でCO₂を運ぶケースでも、排出事業者の工場の敷地から、排出事業者が所有していない土地を通過するパイプラインで、船舶のある港までCO₂を輸送する場合があるかと思います。いくつか想定される場合分けをして、それぞれのケースで「導管事業」に該当するかどうか、対応

の要否について、整理・お示していただくのが良いのではないかと思います。

また排出企業が導管事業に引き渡す前に、CO₂が、高圧ではなく、低圧や液体のCO₂で、敷地外を通るケースもあるかと思います。これらも、排出事業者の敷地外を通り、かつ低圧の場合でも、本規制の対象になるか、ならない場合は順守すべき規制・基準があるか、どうかについて、方針をお示しいただけると、企業も取り組みやすいかと思います。

いずれにしても、事業者側に過度の負担がかからないよう、必要最小限の規制を検討いただければと思います。

「導管事業」の範囲にも関連しますが、導管事業者が受け入れるガスの組成については、排出事業者でも管理することができるような規制を定める必要があるかと存じます。

またCO₂の不純物の除去については、パイプラインなどの腐食や貯留地の汚染を防ぐために必要最低限のものを対象とし、不純物毎の上限値を定めるような基準設定を検討いただき、回収事業者側に過度な負担がかからないよう配慮いただくのが良いのではないかと思います。

今回の議論の対象ではないと理解しますが、排出事業者の配管について、高圧ガス保安法の規制が適用されるような場合についても、CO₂が可燃性でないなどの特性に鑑み、CCS事業法のもとで必要以上の規制は緩和するような措置を考慮いただければと思います。

私からは以上になります。

○山田委員長 ありがとうございます。

続きまして、千代延委員お願いします。

○千代延委員 秋田大学国際資源学部の千代延と申します。私は、地質学的な観点からCCS事業に対して研究等を進めております。

そのような観点から、まず簡単な質問ですけれども、まず導管事業というのは、陸上で導管、そして海上輸送、船舶での輸送のみで、海底、圧入場所までへの導管というのはこの導管輸送事業者の保安規制に入るのか入らないのかというのを御質問させていただきます。

その上でコメントさせていただきたいのですけれども、まず漏えい等に関しては、各委員の先生方からもいろいろとコメント・御質問等ございましたけれども、導管事業者の保安規制の中で、漏えいに関する陸上もしくは海上も含めてですけれども、漏えいシミュレーション、そういうのを事前に設置等の工事のときに規制をかけてやるようにというよう

な規制をかけていくのかどうなのかということをコメントと質問とさせていただきたいと思いますが、そういう漏えいシミュレーションと同時に、自然災害が発生するかもしれない地質学的場所にパイプラインを通していくということも、日本国内では多々ございます。そのような設置工事を進めていく計画を立てるときに、自然災害を加味した工事計画というか、どのような災害が起き得るか、そしてどのように漏えいしていくのかというようなシミュレーションをこの保安規制でかけていくのかどうなのかということを御議論いただければと思います。

以上です。

○山田委員長 ありがとうございます。

辻委員、お願いします。

○辻委員 東京大学工学系研究科の辻と申します。私のほうからは、2点コメント・質問させていただこうと思います。

まず1つ目は、パイプラインの中を流れるCO₂の純度についてです。パイプラインの内部を流れるCO₂の純度については、RITEさんからの説明資料、資料8の中で、95mol%が業界慣行であると書かれていましたけれども、この純度に対する考え方です。どれぐらいの純度が適当なのか、考え方があれば教えていただければありがたいと思います。また、この規制の中にそういう濃度範囲といったものが入ってくるのかというものも質問させていただければと思います。

つまり、今日の議論もありましたけど、腐食などを防ぐときにどれぐらいのCO₂濃度が必要なのかとか、どれぐらいの不純物があればCO₂の純度が低くても輸送できるのかについて、もう少し明確化してCO₂のあるべき純度が示されると、もう少し問題の明確化とか具体的な検討ができるように感じました。

もちろん、純度の高いほうがパイプラインや貯留の点では絶対望ましいと思いますけれども、反対に回収の点では、CO₂の回収プロセスの点では、CO₂純度の低いほうがコストは圧倒的に低下しますので。また、さらにややこしいのは、CO₂の回収方法によってもCO₂の純度とか不純物が変わってくると思います。適当なCO₂の純度の議論がもう少し必要なかなと感じました。こちらは感想です。

2つ目は、パイプラインの安全性の担保です。千代延先生からも既に同じような質問をされましたが、私は、CCS事業法を作るときに国会で参議院のほうでCCSに関する説明をさせていただきましたけれども、その際にパイプラインの安全性について政治家の方

から質問がございました。ここは安全にCO₂を輸送できるという自信を持って言うことができるように、何か問題が発生したときもすぐにその箇所を検出できるようなセンシング技術とか、また長年の利用に伴うCO₂の腐食度合いなどを評価するような技術、そういうものも考えていく、議論できていけばよいのかなと思いました。

以上になります。

○山田委員長 ありがとうございます。

続きまして、原田委員お願いします。

○原田委員 ありがとうございます。日本政策投資銀行の原田と申します。

これまでの皆様の御説明やISOの規格のそもそもの考え方から、主として天然ガスを想定したパイプラインの技術と、それに対する安全対策を前提に、そこにあるCO₂特有の物性とか特性を考慮して安全基準を作っていくという方向性だと理解いたしました。日本においても天然ガスについては、長距離輸送のノウハウは既に確立していますので、そこに付加的に必要な措置を講じていただくというように理解しております。

一方で、これまでの経験ということと言えますと、二酸化炭素のパイプラインは主としてアメリカのEOR向けということでございますし、日本と地理的な条件とか、また、今純度の話もありましたけれども、そういった技術的な差異もあるでしょうし、そもそも居住地域に近いところで走らせているとかいろいろな立地条件も違いますので、万一の事故時の影響とか処理方法については、我が国に合わせた検討が必要というふうに理解しております。

その際に、当然安全性は大前提ということですが、川畑先生の御意見にもありましたが、事業性を担保する観点からは、過剰な要求にならないように合理的な規制の検討が必要というふうに考えます。その際に、いろいろこれから少し実証しなきゃいけないというRITEさんの話もありましたが、これは事業者さんが独自で実証するべきものなのか、また共通の課題として国が一定の関与をするということがあってもいいと思うのですが、これも継続的に規制の妥当性を検証していくというような、実証を誰がやるかというようなことも考慮に値するかなと思います。

最後に、1つマイナーな質問ですが、敷設の場合、腐食とか水との反応というのは結構キーになるというような話もありましたが、二酸化炭素のパイプラインというのは独立して埋設・整備することが望ましいのか、またはコストや個人のメンテのやりやすさから言うと、ほかのいわゆるパイプラインですとかインフラと同じように共同溝のような

設備と一緒に埋設するようなことも考えられると思うのですが、技術的に何か二酸化炭素特有の課題といたしますか、独立してほかのものと全く違うところに敷設しなければいけないとか、そういう技術的な課題はあるのでしょうかというのが質問でございます。ありがとうございます。

○山田委員長 ありがとうございます。

続きまして、久本委員お願いします。

○久本委員 特別民間法人高圧ガス保安協会の久本でございます。事務局並びに事業者の皆様、また関連団体の皆様からの御説明ありがとうございました。本日は、導管輸送事業の保安規制に関しまして2点申し上げたいと思います。

1点目は、導管輸送事業の保安規制の検討で考慮すべき事項についてです。先ほどJ I M G Aさんや当協会からの説明でもありましたように、C O 2は不燃性で飲料等にも利用されております身近なガスでございます。ただ、空気よりも1.5倍重く、漏えいした場合には地を這い、下にたまりやすいという性質がございます。また、空気中のC O 2の濃度が高くなると、中毒や窒息により死に至るなどの影響も考えられます。C C S事業では、従来の用途よりもはるかに大量のC O 2を取り扱うことになりますので、このような特性を踏まえた適切な保安の確保が必要です。

その上で、保安規制の検討においては、今回事業者から御紹介のあった国内で想定されている事業を考慮するとともに、国内外で発生している関連する事故の教訓やそれを踏まえた保安規制の見直し状況なども十分に考慮して進めていく必要があると考えます。

また、説明の中でも申し上げました2020年にアメリカのミシシッピ州で起きたC O 2のパイプラインの破断事故では、アメリカの規制当局である運輸省が、この事故を踏まえまして、保安規制の見直しのための検討を進めております。本委員会におきましても、こうした動向を十分把握しながら導管事業の保安規制の検討を進める必要があると考えております。

続いて、2点目はC C Sパイプラインの規格の検討状況についてです。K H Kでは、C C S事業法の成立を踏まえまして、今後、事業を具体化していく上で必要となるC O 2パイプラインに関するK H K規格の策定のため、本年7月にパイプライン分科会を設置いたしまして検討を開始したところです。この分科会では、当該分野に関係する学識経験者、事業者、関係団体、地方自治体から幅広く御参加をいただいております。

先月11日に行いました第1回会合では、規格の対象とするパイプラインの範囲や規格

策定の進め方、例えば本日御紹介のあったISO27913などの国際規格や国内の関係する法令や規格を参考にしながら検討を進めること。そしてCO₂パイプライン特有の問題、先ほどもございましたが、例えば不純物の影響やドライアイス化への対応、管の破壊挙動、漏えい時の拡散挙動の把握といった論点を挙げております。

今後、これらの論点を中心に議論を深め、来年6月を目途に規格をまとめられるよう検討を進めてまいります。この検討状況や結果につきましては、この小委員会で今後、逐次御報告させていただきたいと思っております。

以上でございます。

○山田委員長 ありがとうございます。

続きまして、廣本委員お願いします。

○廣本委員 物質・材料研究機構構造材料研究センターの廣本と申します。私は腐食を専門としておりますので、まず、これまでの御説明の中では、想定し得る腐食リスクをよく考慮されて計画を立てられているなと思いましたが、委員の皆様方からのコメントや質問を聞いておりますと、腐食ということをあまり御存じでない方もいらっしゃるなということで、ちょっと長くなっちゃうかもしれませんが、簡単に腐食の説明をさせていただきたいと思います。

今回、炭素鋼を使用される例が多いというふうに考えておりますが、炭素鋼というのはいわば鉄です。鉄は、中性からアルカリ性の環境下では、不働態皮膜と申します物理的なバリア性の高い酸化皮膜で覆われていまして、耐食性は高いです。一方、酸性ではこの酸化皮膜が弱くなってしまうので、腐食が問題になってまいります。

今回のCO₂パイプラインの中にもし水が混入していると、水の中にCO₂が溶け込んで酸になりますので、それで腐食の問題、リスクが生じるということになります。金属材料の腐食と申しますのは、そもそも水と水素イオンですとか酸素などの酸化体が不可欠になってきます。ですので、今回の最初の説明で皆さんが水を取り除くというのは、腐食に不可欠な水を取り除けば腐食の発生を抑制できるという考え方でいらっしゃるというふうに認識しております。

それから不純物なのですが、ISOの御説明をいただいた資料8のAnnex Aのところに組成表があったのですが、この中でH₂SとかSO_x、NO_x、こういうものは水に溶解するとより酸性になるので、腐食の観点から不純物としての上限濃度を定めるというふうに考えているものだと思います。ですので、まず水がなければ腐食は起こらな

い。水がどっかで入ってきてしまったとしたら、CO₂に関しては避けようがないですけども、それ以外に腐食を促進するようなSO_x、NO_xができるだけなければいいというふうに、ガスの組成をコントロールするというふうに考えていただければいいかなと思っています。

この後、私のコメントなのですが、水を極力取り除いて導管に流すということで、いわば定常運転されている間の腐食リスクというのはそんなに高くないはずだと考えられますが、何かの理由で入ってきたということを想定しないといけないので、それに対しましては、不純物を受入れ時に測定するだけではなくて、操業中にも時々モニタリング等して、危なくなったら止めるとか、そういうような運用の仕方を考えていられると思うのですが、考えてはいかがかなと思っています。

次のコメントは、辻先生とも重複するのですが、思わぬ理由で起こってしまったら、それを検知できれば補修ですとかパイプを交換とかできますので、なるべく腐食を非破壊で検知できるような技術というのがもしあるのであれば、今回、試用ということで試していただきたいというふうに考えられます。その中でどのぐらいの頻度で点検、どこの部分を点検するかということを今回考えていただければと思います。

あと、また話が順不同で申し訳ないのですが、先ほどの不純物は、大体酸になるから危ないというお話をしたのですが、危ない度合いは材料の組成によってちょっとずつ変わってきますので、どういう材料を使うのか。ただ、炭素鋼といってもいろいろありますし、そこにクロムを加えて少し高価にしたりということもありますので、そういうときに、この材料のパイプラインにはこの不純物が危ないとか、そういうところを見極めていけば、より安全になっていくかなと。

同じように腐食代につきましても、不純物の影響というのはそれぞれなので、鋼種ごとに考えないといけないなと思うことと、それから先ほど、定常運転のときには水分とかコントロールしていれば安全性が高いでしょうと考えてはおりますけれども、腐食事例を幾つか聞いておりますと、保守点検で一旦装置を止めて、また再始動するときに何か混入したとか、そこで温度履歴や圧力履歴で何か腐食性生物層とか保護層にひび割れが入ってしまったりして、そこが腐食発生点になるという事例を聞いたことがありますので、そういうオン・オフ時の影響ということも考慮して、安全基準というか規則を作っていただければかなと思っています。

あとは、導管の形状につきましても、特に超臨界の流れというのは、私ちょっとよく分

からない部分もありますが、液体の場合ですと継手部分に凹凸があると、そこでぶつかって、エロージョン・コロージョンと言うのですけれども、そういうことが気体とか超臨界で起こるかどうか分かっていないようですので、その辺も少し確認されると、より安心だというふうに感じております。

あと2つですけれども、御説明の中で、防食対策として犠牲防食とか内壁のコーティングとかそういう話も少し資料に載っていたのですけれども、その辺、具体的にどういうことをどういう部分で試していこうということを、今後もうちょっと明確にしていただけるとコメントしやすいかなと思います。

最後に、導管部分についての御説明はたくさんあったのですけれども、CO₂の圧力を上げていくポンプ、これの中の腐食や破壊が起こると怖いと思いますので、そちらのほうの防食対策、保安点検等についても考えを聞かせていただきたいなというふうに思っております。

以上です。

○山田委員長 ありがとうございます。

続きまして、古井委員お願いします。オンラインと伺っております。

○古井委員 御紹介ありがとうございます。早稲田大学の古井です。本日は、事業者、協会の皆様、事務局の皆様、御説明いただきありがとうございました。私のほうから特に質問というのはございませんが、幾つかコメントをさせていただければと思います。

話題提供のほうで、2030年の先進的CCS事業を想定した各事業者様のCO₂輸送の計画だとか、あとCO₂の特性、事故事例、現行ガイドラインなどについて御紹介をいただき、私も大変理解が深まりました。

CO₂の輸送事業でも、天然ガスパイプラインの安全対策や監視システムを活用することができるという御紹介がありましたが、一方でCO₂は、扱う上で腐食だとかハイドレート生成、温度・圧力状態の管理が難しい点など、天然ガスとは異なる挙動もございますが、皆様、様々な条件を想定されて対応、準備を進めておられることがよく分かりました。

鋼管の腐食、ハイドレートの生成、CO₂圧入層の急激な膨張などは、坑井操業条件の管理、ケーシング健全性、貯留層からのCO₂漏えいなどのCO₂地下貯留の議論でも重要なポイントとなると思いました。

過去に国内外でCO₂の漏えいによる事故、人的被害が発生していると御紹介がありま

したが、定常的に大量の二酸化炭素の輸送が必要となるCCSでは、より厳しい安全対策、管理体制が求められるのではと思います。CCS事業を社会に広く受け入れてもらうためにも、輸送・貯留の安全性の確保がとても重要になるのではと思っております。

最後に、ISOの規定や資料の9番でも、CO₂導管輸送事業で考慮すべき点について定義をされておりますので、CCS保安規定や自主ガイドラインなどにおいても本日の議論の内容を反映して対応を進めていただければと思います。

以上になります。ありがとうございました。

○山田委員長 ありがとうございます。

続きまして、森廣委員お願いします。

○森廣委員 日本ガス機器検査協会の森廣です。天然ガスとCO₂の相違性やハザードの整理など丁寧な御説明を頂戴しまして、ありがとうございました。

CO₂導管の基準については、都市ガス導管の基準を参考にしつつ、今回説明のありましたISO27913をはじめ、国内外の規格も参考に検討されるものと考えております。事業者様の取組も踏まえまして、CO₂導管輸送事業の規制範囲、陸・海といった敷設場所、CO₂の状態、複数の分離回収事業者との接続などを明確にする必要もあると思っております。

また、参考資料にもありますとおり、CCS事業法では使用前検査や定期検査が規定されています。導管輸送工作物に係る技術基準への適合性を判断するための検査に必要な検査要領などの策定もお願い申し上げます。

なお、現在、当協会はガス工作物登録検査機関として高圧ガス導管の使用前検査を実施しており、検査対象、検査方法、判断基準を定める検査要領などの策定には貢献できるものと考えておりますので、よろしくお願いいたします。

以上です。

○山田委員長 ありがとうございました。

続きまして、オブザーバーの方々からも御発言いただきます。御発言の順番は、名簿順に指名させていただきます。大変恐縮ですが、御発言は2分程度でお願いいたします。

それでは、まずエネルギー・金属鉱物資源機構の山本様、お願いいたします。

○山本オブザーバー 山本と申します。前回の委員会、私、欠席で代理の者が出席しておりました。今日初めて出席させていただきまして、いろいろ教えていただきました。あ

りがとうございます。

自分たちは、主に地下の貯留部分のほうのある意味専門家としてこれまでやってきましたけれども、今回お話を伺っていて、CCSの場合、CO₂のバリューチェーンは、回収・輸送・貯留全ての側面で安全が必要ということで、パイプラインはその一部となると思います。特に船舶輸送との関係、ロンドン議定書のCCSに要請されるような貯留部分でのCO₂の要請、こういったものが恐らく不純物の濃度等に影響してくると思いますので、バリューチェーン全体での安全性の担保という観点で御検討いただければというふうに思います。

もう一点、CO₂は漏れて濃縮され、たまれば問題になりますけれども、そうでなければ大きなハザードではないという観点で申しますと、どうやってためないのかということも一つの観点になるかというふうに思いました。恐らくこれを規定に書き込むというのは難しいのかもしれませんが、ためないための、滞留しないための工夫といったものが、恐らく事業者としては必要になるものと思います。

腐食の問題のときに、私どもも管のいろいろなトラブルというのを見てきましたけれども、パイプ全体といいますよりも継手ですとかセンサー部分ですとかバルブ、そういったもののところのトラブル、溶接部のトラブルというのが非常に多いと思います。こういったことに関する、そこも規定にどこまで書き込むかというのはあると思いますけれども、後の審議等で検討いただければというふうに思いました。

以上です。

○山田委員長 ありがとうございます。

続きまして、エネルギー資源開発連盟の川口様の代理で原様、お願いします。

○川口オブザーバー（原代理） エネルギー資源開発連盟・川口の代理で出席しております原といいます。本日は、御説明ありがとうございました。

CCS事業は、ネットゼロの切り札で非常に大事でございまして、事業者にとっては安全に操業することが大前提となります。ただ、今回の御説明の中にもありましたけれども、分離・回収・輸送・貯留と裾野が広くございます。また、事業形態もサイズ感もいろいろ含めて多様になります。今後、各事業者の内容を鑑みながら、国内の既存法、海外の事故事例、安全規制、実例などを踏まえて、適切な安全が確保され経済的にも合理的な技術基準や規制内容となりますよう御検討いただければと思います。

また、2030年度の圧入開始に向けて、パイプラインに関する基本設計業務等のほうも

開始されております。早期に保安規制の方向性を示していただければと思います。

以上でございます。

○山田委員長 ありがとうございます。

続きまして、一般財団法人エンジニアリング協会の月舘様、オンラインと伺っております。お願いいたします。

○月舘オブザーバー エンジニアリング協会の月舘です。当協会の賛助会員は、エンジニアリング会社、鉄鋼の関連会社でパイプラインをつくっている会社が会員になっております。そういう意味で、この議論については賛助会員企業のビジネスにつながっていると思っております。

一方で、国家事業でありますNEDOからの受託事業で、液化CO₂の船舶輸送のうち実証実験もやっております。その中で、液化において不純物がいろいろと影響することがあるということで、いろいろ苦勞している状況でございまして、この知見も、御紹介できるような機会がありましたら御紹介したいと思えます。

以上です。

○山田委員長 ありがとうございます。

続きまして、地球環境産業技術研究機構の本庄様、お願いいたします。

○本庄オブザーバー ありがとうございます。地球環境産業技術研究機構（RITE）の本庄でございます。時間が限られていますので、手短に発言させていただきます。私からは、質問が1点とコメントが3点ございます。

まず、質問の1点でございますけれども、今般のCCS事業法でいろいろ安全保安に関する規制の枠組みが設けられますが、端的に言って、船舶輸送と車両輸送についてはどのような規制が及ぶのかという、素朴な疑問で恐縮ですがお願いいたします。

それからコメント3つでございますが、まず、導管輸送事業についての保安規制、材質の基準ですとか設計の在り方とか、運用の方法について。こういった保安規制につきましては、今日、私どもの青木、JFEスチールの石川様から説明させていただきましたが、ISOの世界でルールが決まっております、ISO27913という国際基準がございますので、基本的にはこれを使っていいただければ問題なくできるのかなと思います。それが1点目です。

さはさりながら、今日、幾つかの事例の紹介でもございましたけれども、事故とか不具合とかいうのはどうしても必然的に発生しますので、そういったものの対応をどうするの

かというのは、導管輸送事業者それぞれ各社の事情に応じてマニュアルを自社で作る、そのような安全文化というものをぜひお役所の指導で作っていただきたいと思います。

3つ目でございます。一部の委員の方も御指摘ございましたけれども、導管の近くの近隣住民の方への御案内というか御説明というのでしょうか、御理解をいただく、これも大事だと思います。CCS事業法の設立過程において、国民理解の促進ということで、聞いていますと、どちらかという貯留事業にフォーカスしたような国民理解の促進だったと思いますが、よくよく考えてみますと、今日、委員の方々から御質問ありましたとおり、導管の近隣の住民の方の御理解の促進も大事だと思いますので、貯留事業への理解促進、導管についての理解の促進、セットでぜひ御検討いただければと思います。

以上でございます。

○山田委員長 ありがとうございます。

続きまして、天然ガス鉱業会の野中様、オンラインと伺っております。お願いいたします。

○野中オブザーバー ありがとうございます。天然ガス鉱業会の野中です。私のほうからは、コメント1つと質問1つございます。

まずコメントでございますが、KHKの今日のプレゼンの資料の中にもありましたけれども、天然ガスパイプラインの事故データが示されておりますが、この事故につきましては基本的には私どもの業界の事故かと思えます。こういった事故を踏まえた対策、CO₂の天然ガスとの違いを踏まえた対策を取っていくということを前提に、安全を最優先に事業を進めていきたいというふうに思っております。

質問1つなのですが、今日説明ありませんでしたけれども、資料として最後に参考資料が添付されておりますが、その2ページの真ん中辺に「自主的な保安」というのがございまして、その②に「保安教育の実施、作業監督者の選任等」というところがありますが、これはCCS事業の導管輸送事業に特化した作業監督者の選任等を検討されているのかどうか、支障がなければ教えていただければと思います。

以上です。

○山田委員長 ありがとうございます。

続きまして、一般社団法人日本ガス協会の井上様、オンラインと伺っております。お願いいたします。

○井上オブザーバー 日本ガス協会の井上でございます。発言の機会を頂戴しまして、

ありがとうございます。

CO₂の導管輸送につきましては、高圧のガス体を輸送するという点でガスと共通していますので、ガス事業法の技術基準をおおむね参考にできると考えております。ただし、一方でCO₂は、御説明もありましたとおり、天然ガスと特性が違う点もありますので、その違いや影響を整理することで具体的な検討が進むと考えております。

事務局に御用意いただいた資料9について、2点ほどコメントさせていただきます。

ハザード1についてですが、他工事に伴う損傷等の外的要因、これについてはおおむねガスと共通のものだと認識をしております。一方、内部腐食等のCO₂の物質的な特性による影響については、私どもも知見を持ち合わせてございません。腐食による管の内面の減肉などが起こり得る場合には、地震に対する耐震性能に与える影響などに配慮する必要がありますので、専門家の皆様の知見を踏まえた検証が必要だと考えております。

2点目にハザード2についても、御説明のとおりCO₂は空気よりも重く、滞留するという特性を有しますが、一方、ガスと異なって可燃性のない不活性ガスであるということとか、輸送面では一時的な停止の影響も下流に多くのユーザーを抱えるガスに比べて比較的少ないと、こういった点も考慮した検討が必要であると考えます。

いずれにしても、CO₂輸送に対してガス事業における知見を活用できる部分につきましては、都市ガス業界としても、これまで蓄積された経験を生かして貢献してまいりたいと思いますので、よろしくお願いいたします。

私からは以上です。

○山田委員長 ありがとうございます。

続きまして、日本CCS調査株式会社の萩原様、お願いします。

○萩原オブザーバー 日本CCS調査の萩原でございます。今日はありがとうございました。

皆さん御存じかと思いますが、念のため。苫小牧実証試験におきましては、構内低圧の気相の数百メートルの配管だけでしたので、こちらでのあまり参考になるような実証はしておりません。ただし、私ども石油会社に所属しておりまして、長距離の高圧ガスパイプラインの操業経験がありまして、今回CCS事業法では技術基準の適合ということ、自主保安など鉱山保安法やガス事業法に倣ったことが規定されておりますので、これからいろいろな検討がされていくものと思って期待しております。

今日も話に出ましたけれども、バースト試験ですとか自然災害、地滑りなどの対応です

とか靱性とか脆性とか、これから検討されていくと思います。これが導管事業でいろいろ検討されますと、今度貯留事業になりましても、サイトごとで圧力と温度、圧力レートによりまして圧力温度がかなり変わってきますので、サイトごとだとは思いますが、不純物の影響ですとか必要な材質ですとか、いろいろな技術基準を検討していただくのが今後いろいろなところで参考にされると思いますので、ぜひともいろいろな技術的な検討を進めていただきたいと思います。

以上です。ありがとうございました。

○山田委員長 ありがとうございます。

続きまして、日本労働組合総連合会の山口様、お願いいたします。

○山口オブザーバー 連合の山口です。発言の機会をいただき、ありがとうございます。導管輸送事業における保安規制の検討に当たり、2点申し上げます。

1点目は、考慮すべきハザードについてです。高圧ガス保安協会様から御説明ありまして、米国では2020年の2月と今年の4月にCO₂パイプラインの破断、破裂事故が発生しています。これらの事故の原因なども考慮の対象とし、さらなる安全確保のために、保安規制に不備や不足がないか検討を進めていただきたいと思います。

2点目は、保安規制が確実に履行される仕組みづくりについてです。安全確保は、適切な規制を設けることだけでなく、これが厳格に守られることが何よりも重要だと考えます。保安規制の徹底は、労働者の安全は当然のこととして、パイプラインが敷設される地域の安全確保にもつながるものであり、地元住民の理解醸成にもつながると考えます。

以上です。

○山田委員長 ありがとうございました。

それでは、私からも短くコメントいたします。考慮すべきハザードの1点目でありまして、その2つ目に書いてある自然災害のところ、千代延委員からもコメントございましたとおり、日本は島国でありますので、長距離で導管輸送する場合には、一部を海底でパイプラインを敷設するということもあろうかと考えます。したがって、ここでの自然災害と言っているところは、陸上を想定した御説明が多かったように感じておりますけれども、海底での自然災害、すなわち海底地滑りですとか津波といったことも、パイプライン海底設置部についても考慮をいただければというふうに考えます。

それと併せて、辻委員からコメントありましたように、何かあったときにそれを簡単に察知できるかということで、近年ですと光ファイバーケーブル等のモニタリング手法も普

及しつつあるところでありますので、そういったことも考慮して、簡易に察知する、すぐに探索するということも重要ではないかと感じた次第です。

私からは以上です。

ただいいただきました委員、オブザーバーからの御指摘につきまして、事務局からコメントいただければと存じます。

○大川鉦山・火薬類監理官 事務局でございます。今日、プレゼンターの方々、もしくは事業者の方々、もしくは委員の方、オブザーバーの方から意見をいただきました。こういうものを踏まえながら、次回以降の検討に生かしてまいりたいと思います。その上で、特に今日、委員、オブザーバーの方から質問などの形でいただいたものについて、今お答えできるものはお答えしていきたいというふうに思います。

大島委員からは、パイプラインが破断したときを想定して、しっかり事前に周知などしたほうが良いという話がありました。これはほかの委員の方からも、漏えいした場合どうするかということについてはしっかり考えたほうが良いというふうな話がありました。こういうものは、しっかり今後の議論の中で取り入れていきたいと思います。

御質問としまして、パイプラインは地上を通るのですか、地下を通るのですかというものがございましたが、これにつきましては、今日のプレゼンでは、特にJAPEXさんからは、地下を通しますと、地下に埋設しますという御説明がありました。そのようなものが多いのではないかと思います。ただ、全てがそうかというとは分かりませんが、おおむね地下が多いのではないかと考えております。

あと、川畑委員から、導管が破壊を起こさないようにすることが重要、もしくは分厚い管を使っていくということも、コスト的にもというふうな話がありました。こういうのは今後の議論に取り入れていきたいと思います。

高速延性破壊などを含めまして、いろいろなデータを取っていくべきではないかと。これはほかの委員からも、何人かあったと思います。これはどのようにデータを取っていくのか。海外の事例も参考にできるものがあると思いますし、もしくは今後、こういった技術省令、技術基準ができた後、事業者さんからの御提案という形で、いろいろな仕様もしくは団体さんからの提案があると思います。そのときにしっかりとエビデンスとしてつけていただくとか、そういうことはあろうと思います。

このような実験をするに当たって、国がやるのですか、もしくは事業者がやるのですかという御質問、別の委員からあったと思います。これも含めまして、基本的には事業者の

方からしっかりとしたエビデンスを求めていくということになると思いますが、必要に応じていろいろな手段を考えていくということだと思います。

笹木先生から、導管炭素鋼の腐食の防止について反応はどうしていくのかということ、御質問でございました。途中で千代延先生から詳細な御指摘いただきましたので、そちらで返させていただきたいというふうに思います。

澁谷委員からは、先ほどの大島先生の御意見と近いと思うのですが、二酸化炭素の大きな漏えいがあった際に、他の事業者への影響などについても検討するべきではないか。これは、基本的には漏えいした場合の対応を考えておくべきだということだと思います。これは今後、どのような方法があるかということを考えていきたいと思います。

澁谷先生からの質問として、適用範囲を明確化すべき。貯留事業と導管事業の境界がどうなっているのか、そこを明確化しないといけないですねという話でございました。これにつきましては、事業規制の中と連動します。そこは今後しっかり検討していきたいと思いますが、いずれにしろ、同じものであれば、それが貯留事業であっても導管事業であっても、近い規制をかけていくのであろうなというふうに思っております。

あと、安全文化を事業者にて育てていくべきという話につきましては、これはもちろん先生がおっしゃったようにCCSだけの話ではないのですが、CCS事業法の中でも安全教育の話がございますし、こういったものを通じてやっていきたいなというふうに思います。

あと、澁谷先生も含め何人かの先生から環境への影響の話がございました。これにつきましては、今回のCCS事業法につきましては、環境影響については基本的には環境の一般法が適用されていきます。海洋のほうにつきましては、別途、環境省も交えましてモニタリング等の在り方など検討させていただいておりますので、まずはそちらのほうに委ねたいなというふうに思っております。

島先生から、今日はパイプラインの話だと。ただ、その中で途中でポンプが、昇圧器のようなものがあったりして、そこで騒音がという話もございました。こちらにつきましては、おっしゃるように事業者さんによっては、特に長いパイプラインであれば、真ん中に昇圧器があったりすることもあると思います。一方で騒音ですとかそういったものは、先ほどと同じなのですが、一般的な騒音規制が適用されていくものと思っております。

チヴァース先生から、今回パイプラインの規制、導管規制を検討するに当たって、今回は可燃性ガスではないのだと、そういったところも含めて規制の在り方について検討すべきと、御指摘のとおりと思っております。不要な規制は不要だというふうに思いながら、

ただ必要なものはどういうものかというのをきっちりと考えながら対応していきたいというふうに思います。

あと、同じチヴァース先生から、事業パターンが幾つかあるのではないかと。パイプラインを必ずしも通さないものとか、そういったものもあると思います。ただ、これはおっしゃるとおり、どのような事業があるかということをもまず認識いただくために、今日、3者の方からプレゼンをいただきました。どの方も同じものではございませんが、しっかりと全てをカバーするような制度というものを作っていきたいなというふうに思っております。

途中で同じチヴァース先生から、CO₂の不純物についてどのような対策になるのかというお話がございました。これにつきましては、不純物と導管の鋼材の質とかそういったものとかというのは連動するものだと思っています。必ずしもCO₂の不純物の上限を決めるとかいう方法だけではなくて、外側の鋼材の質などと連動していきますので、どのような方法がいいのかというのは今後検討したいというふうに思います。

千代延先生から、CO₂の輸送、海底でのパイプラインも含むのかという御質問がございました。これは含みますということでございます。今日の御説明にはありませんでしたが、山田先生からも最後に海底のという話がございましたが、海底を通す場合はあるかもしれません。

あと、千代延先生から、漏えいした場合の対応をどうするかということについて御質問がありまして、これは先ほど申し上げましたが、漏えいした場合にはどのように対応していくかというのは今後の検討だと思っております。

自然災害を加味した設計をするべきではないか、これは連合の山口委員からも、アメリカ・ミシシッピで事故があった、こういった理由も考慮すべきじゃないか。このミシシッピの事故は、基本的には土砂崩れに伴ってパイプが破断したということですので、千代延先生の自然災害というものに近いものだと思っております。どのようなものを想定していくのかというのは、今後検討していきたいと思います。

辻先生から、パイプラインの安全性の担保のために、パイプラインの安全のためのセンシング技術などの評価ができるようになるといいとか、最先端技術をどういうふうに取り込むか。規制の流れ等踏まえまして、今後検討していきたいと思います。ただ、まずは技術基準省令という大枠を決める段階ではそこまでいかに、むしろその先の段階かなというふうに思っています。

山田先生からも、すぐに漏えいなどが察知できるような方法、光ファイバーとかを使う方法が最近あるのではないかというふうな御指摘ございました。これは近しいものと認識しております。

廣本先生からは幾つかいただきました。不純物を考慮すべきという話がございました。これは先ほどと同じと思います。

あと、腐食を非破壊検査できる技術開発の話がございました。これは先ほどの山田先生、千代延先生の話と近いと思っております。

あと、点検検査の際に、一度止めてそこに空気を入れると、それが原因で腐食が始まってしまうかもしれないという話。点検の際にどのような対応を取るのかというのは、今後検討したいと思います。

あと、廣本先生からは、今日は導管の管の部分の話が出ているのですが、導管についてのポンプのような部分の腐食のことは考慮しないのですかということがございました。今日はまず、導管というか管の部分の議論をしていただいています、同じ考え方は、導管に接続しているいろいろな設備に類似して使っていけるものだと思っています。その中で全く同じ考え方を、パイプの部分と同じ考え方をポンプのところにも適用するかどうかというのは議論がございしますが、まずは導管をイメージしながら議論を進めていくということかなというふうに思っております。

JOGMECの山本オブザーバーから、CO₂がたまれば大きなハザードになるから、ためないための対応が必要なのではないか。これは先ほど申し上げたとおりでございます。

あと、継手の部分に影響が大きいのではないかという話がございました。ここは今後、継手についてもガス事業法の例とか、そういったところではいろいろ規定がございしますので、そういうようなものも検討に入れていきたいと思っております。

RITEの本庄オブザーバーから、質問としまして、船舶、車両などによるCO₂輸送にどのような保安規制を今後かけるのですかという御質問がございました。これにつきましては、CCS事業法では車両、船舶は対象外にしておりますが、ここでは車両運送事業法ですとか既存の法令に従ってしっかりやっていくということと認識しております。

あと、安全文化をつくっていくべきというふうな話がございまして、そこはしっかり安全文化をつくっていくと。これはCCS事業法に限らず、我々保安グループ全体の課題というふうに思っております。

ガス協会からは、CCSの導管に関する規定、ガス管と同じもの、規定が役立つのでは

ないかというふうなことがございました。まずは、こういった今日御紹介したようなハザードに留意しながら、それをどうやって対応するのか、そこにガス管ですとか高圧法ですとか、そういったいろいろな知見を使えるものは使っていく。その上で、まさに御紹介ありましたように、腐食が起こることによって耐震性にも影響あるかということは、今後検討だと思っております。

あと、連合・山口委員からは、先ほどのハザードの議論に加えまして、施行が大事だという話がありました。これは試掘の段階のときにもお話をしましたが、私自身は鉱山保安も担当しております、私の同僚であるところの鉱山の保安を担当している者が、全国に産業保安監督部という形でおります。この者たちが、鉱山の保安とともにこういった貯留ですとか導管の施行についても、制度ができましたらしっかりと指導していく、もしくはいろいろな相談に乗るというふうな形を取っていくものというふうに認識しております。

山田委員長からのお話は、海底のパイプライン、すぐに察知できる技術開発ということで、これは先ほどの回答に代えさせていただきたいと思います。

以上でございます。

○山田委員長 先ほど辻委員からR I T Eに質問があったと承知しております。

○石川プレゼンター C O₂が95%以上ということに関して、その理由はということだったと思います。I S OのWGの中でいろいろ議論がありましたけれども、それぞれ不純物の影響に関していろいろな研究論文やデータがございますけれども、それぞれの成分をこれ以下だと明確に規定するほどまで現象がよく分かっていないですし、いろいろな不純物が混合した場合の影響も考えると、明確な基準ということは出せなくて、そういう意味でAnnex Aはあくまでエグザンプルという形で、ノーザンライツだとかデンバリーの事業のスペックを参考に決められたというふうに認識しております。

ただI S Oの第6章で明確に述べているのは、C O₂の排出と回収と輸送と貯留、それぞれの関連する事業者の間で、C O₂の不純物の成分について、基準について合意を得ることということは明確に書いてありますので、その関連する事業者の中で合意が得られれば、I S Oのエグザンプルにかかわらず成分を決められるものと認識しております。

以上です。

○山田委員長 それでは、本日は大変長時間にわたりまして御議論いただきまして、誠にありがとうございました。

次回の日程等につきましては、改めて事務局からお知らせいたしますので、どうぞよろ

しくお願いいたします。

本日は、これにて閉会といたします。ありがとうございました。

お問合せ先

産業保安・安全グループ 鉦山・火薬類監理官付

電話：03-3501-1511（4961）

FAX：03-3501-6565