

特定原子力施設監視・評価検討会

第22回会合

議事録

日時：平成26年5月26日（月）10:00～12:39

場所：原子力規制委員会 13階 会議室A

出席者

担当委員

更田豊志 原子力規制委員会委員

島崎邦彦 原子力規制委員会委員

外部専門家（五十音順）

阿部弘亨 東北大学金属材料研究所 教授

橘高義典 首都大学東京大学院都市環境科学研究科 教授

高木郁二 京都大学大学院工学研究科 教授

角山茂章 会津大学 教育研究特別顧問

林 康裕 京都大学大学院工学研究科 教授

東 之弘 いわき明星大学科学技術学部 教授

ご意見を頂く専門家（五十音順）

嘉門雅史 京都大学 名誉教授

桑野二郎 埼玉大学大学院 理工学研究科 教授

徳永朋祥 東京大学大学院 新領域創成学研究科 教授

中井正一 千葉大学大学院 工学研究科 教授

原子力規制庁

山本哲也 審議官

佐藤 暁 東京電力福島第一原子力発電所事故対策統括調整官

金城慎司 東京電力福島第一原子力発電所事故対策室長

小坂淳彦 地域原子力規制統括管理官（福島担当）

中村英孝 上席技術研究調査官

山口道夫 東京電力福島第一原子力発電所事故対策室 管理官補佐

オブザーバー 福島県

高坂 潔 福島県原子力専門員

オブザーバー 資源エネルギー庁

新川達也 原子力発電所事故収束対応室長

豊口佳之 原子力発電所事故収束対応室 企画官

和仁一紘 原子力発電所事故収束対応室 課長補佐

東京電力(株)

姉川尚史 原子力・立地本部 副本部長

松本 純 福島第一廃炉推進カンパニー プロジェクト計画部長

中村紀吉 福島第一廃炉推進カンパニー プロジェクト計画部 部長

荻原義孝 福島第一廃炉推進カンパニー プロジェクト計画部 課長

柴崎尚史 福島第一廃炉推進カンパニー プロジェクト計画部 課長

伊藤大輔 福島第一原子力発電所 ユニット所長

酒井俊朗 建設部 土木・建築技術センター

鹿島建設(株)

高村 尚 設計長

木田博光 技師長

森川誠司 解析グループ グループ長

議事

○更田委員 それでは、定刻になりましたので、ただいまから特定原子力施設監視・評価検討会の第22回会合を開催いたします。

議事次第を御覧ください。これまで、いわゆる凍土方式遮水壁について、その対策としての有効性のほかに、何よりも副作用として悪影響を及ぼさないかという点について、議論をしていただいていたけれども、規制当局としては、何よりも、今申し上げた、いわゆる悪影響が本当はないのかどうかという点に絞って、まずは課題を解決していく必要があるということで、本日は、凍土方式遮水壁に関して、地盤沈下に絞った議論をお願いしたいと考えています。

本日は、この監視・評価検討会のメンバーの阿部先生、橘高先生、高木先生、角山先生、

林先生、東先生のほかに、地盤等の専門家として参考の意見をいただくために4名の先生方にも参加していただいています。

また、原子力規制委員会から、島崎委員長代理も出席をしていただいています。

島崎さん、何か一言あれば。

○島崎委員 地震・津波を主に担当しております島崎でございます。

今日は地盤沈下関係ということで、地盤工学の先生方に来ていただきました。私は、それよりは多少遠いところにおりますけれども、関係が更田委員よりはあるということで参った次第でございます。よろしく願いいたします。

○更田委員 また、先ほどお話ししました、今回、特に御参加いただいた4名の先生方、京都大学の嘉門先生です。

○嘉門名誉教授 嘉門でございます。

京都大学というふうに御紹介いただきましたけれども、もう京都大学は5年半以上前に退職しております、5年半は国立高専の校長をしております、この3月に退職したところでございます。地盤工学を専門にしております。特に、私は環境地盤工学という分野を重要視して、それを立ち上げるように努力してまいりました。

以上でございます。

○更田委員 ありがとうございます。よろしく願いします。

続いて、埼玉大学大学院、桑野先生。

○桑野教授 埼玉大学の桑野でございます。地盤工学を専門としております。どうぞよろしく願いいたします。

○更田委員 よろしく願いいたします。

続いて、東京大学大学院の徳永先生。

○徳永教授 東京大学、徳永でございます。専門は地下水学、地質工学でございます。どうぞよろしく願いいたします。

○更田委員 ありがとうございます。

続いて、千葉大学大学院の中井先生。

○中井教授 千葉大学の中井と申します。建築の基礎構造と地盤沈降学を専門としております。よろしく願いいたします。

○更田委員 それでは、どうぞよろしく願いいたします。

本日、監視・評価検討会の先生方としては、井口先生、大津留先生、山本先生、それか

ら、渡邊先生については、御都合により欠席です。

また、いつものように、資源エネルギー庁並びに東京電力、それから、今日は鹿島建設からも出席をしていただいています。

それから、もちろん福島県から高坂さん。

それでは、議事次第に資料の一覧がありますけれども、資料1、2-1、2-2、それから、参考資料が1～5までついています。不備がありましたら、お知らせください。

先ほど少し申し上げましたが、参考2に、これまで監視・評価検討会メンバー並びに規制委員会、規制庁から東京電力のほうに、この凍土方式遮水壁に関して、かなり広い範囲にわたって質問事項を投げている形になります。これは、いわゆる予期せざる副作用というもののほかにも、対策としての有効性等々に関わるものが広くカバーされておりますけれども、先ほど冒頭に申し上げたように、本日は参考1の資料、これは改めて東京電力のほうに伝えたものですが、「凍土方式遮水壁による地盤沈下の可能性等に係る議論に当たっての論点整理」というのを東京電力のほうへ伝えて、本日、これらの点について説明を受けるという形になっています。

資料等に過不足がありましたら、お伝えいただきたいと思いますが、よろしいでしょうか。

それでは、早速ですけれども、資料1に基づいて、東京電力から「凍土方式遮水壁造成前後の地下水流動予測について」と、それから、説明の進め方はそちらにお任せしますけれども、資料1、資料2-1、2-2を使って説明していただければと思います。

○中村（東電） 東京電力の福島第一廃炉推進カンパニーの中村でございます。

本日の論点が地盤沈下ということでしたので、2-1から御説明させていただければと思いますが、よろしいでしょうか。

○更田委員 どうぞ。

○中村（東電） それでは、資料2-1、「凍土方式遮水壁造成による地盤影響評価」ということで、地盤沈下の関連を中心に御説明いたします。

前回、御説明いたしておるのですけれども、さらに定量的な評価を含めまして再検討いたしましたので、御報告いたします。

なお、参考1でいただきました論点整理につきましては、このうちの1のAの項目以外につきましては、この資料で網羅している考えでございます。それぞれどの論点に対応するかを適宜関連づけながら、御説明させていただければと思います。

なお、論点の1のAにつきましては、後ほど資料1のほうで御説明させていただきます。

では、めくっていただきまして、1ページになります。いただいている御質問は「地盤沈下（不等沈下を含む。）が起きる可能性など、建屋の支持基盤等への影響をどのように評価したか、根拠となるデータとともに示すこと」というものでございます。これに対しまして、以下2点考えてございます。

まず1点目、地盤沈下に関しましては、原子炉建屋、タービン建屋の不等沈下を評価いたしました。保守的な条件から求めます基礎底面の傾斜は最大1万分の1程度となりますので、各種基準に示される基礎地盤の傾斜の目安値2,000分の1、あるいは500分の1以下でありますことから、建屋基礎の安定上問題ないものと考えてございます。

2点目、建屋が設置されています支持地盤は、建屋建設前の原地盤はO.P. 小名浜ポイントですけれども、こちらは+35m程度の丘陵地でありましたこと、また、新第三紀層に立地していますが、こちらの地盤が形成された時代からの地層形成を考えますと、十分な圧密を受けていますことから、支持力は建屋の荷重に対して十分な安全性を有しており、堅固な地盤であると考えてございます。また、凍土壁造成によりまして山側からの地下水流入が遮断され、かつ、海側の凍土壁が存在しなくなった場合等におきましても、建屋周辺の下部透水層の標高は海水面より低いということがございますので、下部透水層の水圧が海水面相当の水圧以下に低下することはなく、支持力に影響を与えないと考えてございます。

以降、この2点につきまして、それぞれ個別に「1. 建屋基礎地盤の沈下量の評価」、それから「2. 基礎地盤の支持力」ということで御説明します。

次のページに参ります。

まず一つ目、「1. 建屋基礎地盤の沈下量の評価」でございます。ここには評価の手順を示しております、以降の目次に相当するものでございます。

まず、1.1では建屋基礎地盤の沈下量を保守的な条件により算定してございます。条件としまして、建屋周辺の地質構造、地盤の変形特性を整理してございます。

続きまして、荷重条件としまして、土質工学の固有の概念であります有効応力の考え方について整理をいたしました。また、(4)では、建屋の基礎地盤が建屋建設前から現在まで、そして、今後、凍土の造成後、どういう荷重を受けてきたのか、どういう荷重状態になるのか、そのとき周辺の水位がどうなるかという辺りの履歴を整理してございます。その上で、(5)におきまして、一次元の地盤モデルを用いまして、建屋基礎直下の地盤の砂岩層、泥質部の沈下量を算定しまして、それに基づき建屋基礎底面の傾斜を算定いたしま

した。

最後に、「1.2 建屋基礎地盤の沈下量の評価」におきまして、原子力規制委員会さんから出されております「基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価に係る審査ガイド」及び日本建築学会の「建築基礎構造設計指針」に示されます傾斜の目安値以下であることを確認いたしました。

続きまして、3ページに参ります。3ページ以降は具体的な内容でございまして、4ページに建屋周辺の地質構造を示してございます。左下に地質断面を示します。縦軸がO.P.を基準とした高さ、横軸は、縮尺しておりますので、実際はもっと横のほうが長い形になります。もともとこちらは地山がO.P. 35m付近までであったものを、O.P. 10m、こちらが現在のGLでございますけれども、そこまで切り土しまして、さらにO.P. 0m以深まで掘削し、図中の白抜きで示しております建屋を建設してございます。地質は地表から深さ方向に中粒左岸、泥質部、互層部、泥質部で構成されてございまして、これらはいずれも上の表に示します富岡層のT3部層と呼ぶ第三紀層の岩盤でございます。O.P. -50m以深、図中の茶色の部分は、T2部層となっております。

右上の図を御覧ください。こちらに示しますように、IV層目の泥質部中には細粒砂岩層、粗粒砂岩層が存在してございます。これらのうち、透水層は砂岩層、一番上の中粒砂岩層、それから3層目の互層部、それと細粒砂岩層、粗粒砂岩層と考えてございます。

また、原子炉建屋は、号機によって異なりますけれども、基本的には2層の泥質部、あるいは互層部、あるいはIV層の泥質部を支持地盤としてございます。

続きまして、5ページに参ります。こちらには深さ方向、O.P. -200mまでの地盤の強度と弾性波速度の分布を示してございます。

まず、左側の強度を見ますと、O.P. -200m付近まで若干増加傾向にも見えますけれども、概ね同じような強度を示していることがおわかりいただけるかと思えます。

次に、右側の弾性波速度、S波が横波、P波が縦波でございますけれども、これは地盤の剛性、あるいはかたさを表す指標でございます。こちらの図からは、岩盤のかたさは、深さ方向になだらかに増加しているということ、それから、極端な変化はないということがおわかりいただけるかと思えます。

続きまして、7ページに参ります。7ページ、8ページで「地盤の変形特性」について、御専門の先生方の前で甚だ恐縮でございますけれども、教科書的なことも含め、御説明いたします。

まず、一般的な地盤を構成します土は、粒径や構造の違いによりまして「砂質土」と「粘性土」に分けられますけれども、これらは荷重を受けた場合には変形特性が異なってまいります。

左側の砂質土は、比較的水を通しやすい構造となっておりまして、透水性が大きいという特徴がございます。圧縮されますと、土の中にあります間隙水が直ちに排水されて、沈下が速やかに完了していく。ただし、岩盤のような密な砂の場合には、そもそも間隙水が少ないということもございますので、沈下は無視される程度であると考えてございます。福島第一の建屋下の地層では、互層部のうちの砂岩部分、細粒砂岩層、粗粒砂岩層がこちらに相当します。

それに対しまして粘性土でございますが、こちらは粒径が小さいということ、それから、構造的な特徴がありまして、水を通しにくいものとなっております。粘性土が圧縮されますと、地下水が通りにくいということがございますので、排水と沈下が時間をかけてゆっくりと進んでまいります。こちらが「圧密沈下」と呼ぶ現象でございます。福島第一の地層では、泥質部と互層部のうちの泥岩部分がこちらに相当してございます。

下の枠に「スタンス」と書きましたけれども、上記の特性を踏まえまして、本検討におきましては、密な砂岩層の沈下は一般的に無視される程度しか生じませんけれども、ここでは保守的に考えまして、砂岩層が沈下すると考えて、後ほど沈下量を計算してまいります。

続きまして、8ページに泥質部の変形特性につきまして、現地地盤の圧密試験結果をお示しします。本検討では、この試験結果をもとに、粘性土、いわゆる泥質部の沈下量を算出してまいります。

左下のグラフでございますけれども、こちらは福島第一の建屋基礎底面地盤、「第一泥質部」と書いてございますが、先ほどのⅡ層の泥質部でございますが、こちらの圧密試験結果でございます。

こちら、土の供試体に圧縮力を作用させ、その後、除荷する過程におけます荷重と試験体の体積の関係を表します。いわば材料の応力ひずみ関係に相当するとお考えいただければと思います。横軸は、荷重としまして圧密圧力を対数軸で、縦軸に間隙比、こちらは土粒子体積に対する間隙の比率でございますけれども、この地盤は水で飽和されておりますので、水の体積率になります。

まず、約2.5kgの圧力をかけまして、しばらく時間を置いて圧密したときの間隙比が1.4

の辺りにあると。こちらは赤い菱形と三角と、それから、四角の緑のプロットが1.4のところにも三つありますけれども、これが供試体三つに圧密2.5kgをかけたときの間隙比でございます。さらに、5kg、10kg、20kg、40kgと、それぞれ時間をかけながら圧密をしたときの間隙比をプロットしてございます。こちらを御覧いただきますと、40kgの辺りまでは間隙比はわずかにしか減少しない。すなわち、圧縮変形もあまり進展していないということがおわかりいただけるかと思えます。それが50kg付近を超えまして圧力を増していきますと、間隙比が1程度まで大きく減少してまいります。すなわち、変形が大きく進んでいるという状況でございます。その後、除荷いたしますと、間隙比は1.1程度までしか戻りません。この結果から、過去にこちらの地盤が受けたことのある最大の圧縮応力と考えられます圧密降伏応力というものは、54kgf/cm<sup>2</sup>というふうに求めました。こちらは建屋基礎地盤が、その形成過程におきまして相当の圧縮応力を受けた地盤と言っております。そもそも富岡層につきましては、数百年前に深海層に堆積しまして、その後、陸化したものと考えておりますので、こういった結果になっているというふうに言えます。

続きまして、右側の四角の中で、後ほど言葉の定義が出てくるのですが、「過圧密領域」と書いてあるのですが、こちらの御説明をします。図中の赤い縦線で示しました、こちらの左側を「過圧密領域」と呼んでございまして、先ほど申しましたように、圧縮力が作用しましても圧縮変形が小さく、かつ、可逆的な変形を示す領域でございます。それから、これを超えた右側、「正規圧密領域」でございますけれども、こちらは大きな圧縮変形が生じ、かつ、非可逆的な変形となっております。

続きまして、9ページ以降、10ページに参ります。10ページに「有効応力の考え方」について述べます。

水で飽和しました土は、「土粒子」と「間隙水」で構成されまして、作用する応力に対して「土粒子」と「間隙水」が負担してございます。このとき土粒子が負担する応力を「有効応力」と呼んでおります。この関係を図と式で示したのがこちらのページでございまして、飽和土にかかります外力、すなわち「全応力」＝土粒子が負担する応力「有効応力」+間隙水が負担する圧力「間隙水圧」という関係がございまして。

続きまして、11ページでございまして。こちらが、今、申し上げた関係から、全応力が一定の状態の間隙水圧を変化させますと、間隙水圧の増分と有効応力の減少分というものが等しくなります。

左側の図から、間隙水圧を $\Delta u$ 低下させた場合、右の図と式のほうに移りますけれども、

このとき有効応力が $\Delta \sigma$ 増加します。このときの $\Delta \sigma$ と $\Delta u$ は等しいというものでございます。

続きまして、13ページ以降、「地盤の荷重履歴」といたしまして、過去からの各ステップでの水位、あるいは上載荷重の変化を説明してございます。こちらが、参考1でいただきました論点整理のうちの2のA、それから、2のAにございます「建屋の周囲及び底盤への水圧の評価を示すこと」、3のBで示されました「地盤については既に十分に圧縮されているとのことであるが、その実績を示すこと。特に、建設時からの地盤の応力変化の履歴を説明すること」という御指摘に対する御回答になるというふうに考えてございます。

こちらのページでございますが、発電所の建設前、1～4号機の建屋設置箇所につきましては、造成前は、先ほど申しましたが、O.P. 35m程度の丘陵地でございました。建屋基礎底面地盤には相当の上載荷重が作用していたことになっていたというふうに想定されます。

左下の表に原子炉建屋基礎地盤、図中の●の位置での応力状態を計算した結果を示してございます。

まず、全応力 $\sigma$ につきましては、こちらの土被りが約40m、土の湿潤密度を1.8gとして、約7.2kgf/cm<sup>2</sup>と想定いたしました。

次に、間隙水圧でございます。こちらが、もともとこちらの発電所を建設した際の当時の水位がO.P. 12m程度というのが設置許可申請書にございますので、それを踏まえましてO.P. 12mから基礎盤の底面がO.P. -6mですので、1.8kgf/cm<sup>2</sup>の水圧がかかっているというふうに考えました。このときの有効応力 $\sigma'$ は、先ほどの $\sigma - u$ という関係から5.4kgf/cm<sup>2</sup>というふうに計算されます。

右下の図は、先ほどの圧密試験結果のグラフに、ただいまの5.4kgf/cm<sup>2</sup>を赤の実線(a)として重ね描いたものでございます。圧密降伏応力に対しまして一桁下ですので、過圧密領域にございます。

続きまして、14ページに参ります。こちらが発電所の建設前のうち、切り土をした後の状態を示してございます。こちらは、建設に当たりましては、その基盤となります岩盤を露出するために、O.P. -6～7mまで掘削し、その上に建屋を構築してございました。そのため、基礎底面地盤は、上部地盤相当の上載荷重が除荷された状態にございました。

左下に応力関係を示しますが、基盤となる岩盤面を露出されて上載荷重が除荷されているということ、また、この時点におきましては、建設のために地下水もくみ上げておりましたので、全応力、間隙水圧、有効応力ともに0と考えてございます。

右下の図にこちらもプロットしてございますが、横軸が対数軸ですので、厳密ではありませんけれども、このときの状態というのは図の左端に位置すると言えるかと思えます。

続きまして、15ページでございます。こちらが運転時（震災前）の状態でございます。

建屋基礎底面地盤は、建設後、建屋・機器重量の上載荷重による圧縮力を受けた状態でございます。また、運転中は、建屋周囲に配置しましたサブドレンによりまして、建屋周りの地下水位を、こちらの青い線で示しますような原子炉建屋の床面付近まで水位を低下させてございました。

左下の表が応力の計算結果でございます。全応力としましては、ここでは建屋の重量設置圧が最大となります3号機の上載圧を想定していきまして、ここでは $4.1\text{kgf/cm}^2$ でございます。間隙水圧につきましては、水位は基礎マットの上端O.P. -2mまで下げていたということで、ここで、すみません、この下に「建屋基礎厚さ：0.4m」とございますが、こちらは「4m」の誤記でございます。その厚さの分の浮力に相当する分ということで、 $0.4\text{kgf/cm}^2$ の間隙水圧というふうに考えてございます。有効応力は、先ほど来の引き算でいきまして $3.7\text{kgf/cm}^2$ というふうに考えてございます。

こちらを右下の図で(c)というところで示してございます。敷地造成前の(a)に対しましても小さな値になっているということがおわかりいただけるかと思えます。

続きまして、16ページでございます。こちらが震災後の現在の状態でございます。現在はサブドレンが停止しまして、建屋周りの地下水位が図中の青い波線から実線に上昇してございます。また、地下水位が上昇したことによりまして、建屋基礎底面に働きます浮力が震災前より増加していると考えられます。一方で、建屋内の滞留水、こちらをリアクタービル、タービンビルに貯蔵しておりますので、これによりまして建屋基礎底面に働きます荷重は増加してございます。

こちらの関係がまた左下の表でございますけれども、震災前の状態に対しまして滞留水が増えた分、それから、3号機の場合には屋上のスラブが破損しておりますので、そちらを撤去しまして、現在建設しております燃料取出用のカバー等の荷重を考慮したものでございまして、 $4.5\text{kgf/cm}^2$ と考えてございます。間隙水圧につきましては、現状の地下水位をもとにしまして、建屋中心位置での浮力に相当する水位をO.P. +7mと考えまして、基礎地盤レベルでの水圧として $1.3\text{kgf/cm}^2$ と考えてございます。有効応力につきましては、差し引きで $3.2\text{kgf/cm}^2$ と考えてございます。

こちら、右下の(d)、赤線で示しますけれども、震災前よりも有効応力は小さい状態に

なっているという状況でございます。

こちらが現在の状態で、続きまして、17ページが凍土壁造成後でございます。ここでは、凍土を造成することによって、地下水位、建屋水位ともに基礎マットの上端レベルまで下げると仮定しました。凍土壁造成によりましてそこまで下げますと、滞留水も移送すると考えておりますので、こちらの荷重が低下してまいります。それから、地下水位の低下に伴いまして、建屋底面に働きます浮力も凍土壁造成前よりも低下してまいります。

左下でございますが、まず、全応力につきましては、先ほどの(d)の現状の状態から滞留水がなくなるということで、その分を差し引いたものとして $4.3\text{kgf/cm}^2$ 、間隙水圧につきましては、すみません、こちらも基礎厚さが「 $0.4\text{m}$ 」と書いていますが、こちらは「 $4\text{m}$ 」の誤記でございます。基礎マット分だけの浮力が作用するというので、 $0.4\text{kgf/cm}^2$ かかると。それから、有効応力につきましては、 $3.9\text{kgf/cm}^2$ と考えてございます。

こちらのプロットがまた右下のグラフでございますけれども、震災前に比べて $0.2\text{kgf/cm}^2$ 増えてはいますが、ほぼ同等な状態と考えてございます。

18ページに、以上、申し述べてまいりました地盤の荷重履歴のまとめを述べてございます。建屋基礎地盤に作用します応力は、地盤沈下が顕著になります圧密降伏応力 $54\text{kgf/cm}^2$ に対しまして、建屋設置後は $3\sim 4\text{kgf/cm}^2$ 程度でありまして、十分な余裕がある状態と考えてございます。また、凍土壁造成後につきましては、現状に対しまして建屋基礎地盤の有効応力が $1\text{kgf/cm}^2$ 程度増加しますが、震災前も同様のサブドレンで水位低下させていたことから、震災前の状態と同程度と考えてございます。

続きまして、19ページ以降、沈下量の算定を内容について御説明いたします。

20ページでございます。沈下量の算定に当たりましては、現状、先ほどの(d)の震災後(現状)の状態から、凍土壁造成後に至ります建屋基礎地盤の沈下量を保守的に算定いたしました。

対象箇所といたしましては、1～4号機の原子炉建屋・タービン建屋の建屋四隅の地点に地下水位・水圧の低下に伴いまして発生する基礎地盤の沈下量を試算してございます。

計算方法でございますが、その32カ所の試算位置におきまして、それより下層の砂岩層、泥質部の変形量を地層ごとに計算しまして、その総和をその地点の地盤沈下量といたしました。各地層の扱いは以下のとおりということで、砂岩に相当する部分、泥質部に相当する部分のそれぞれを計算してございます。砂岩層につきましては、弾性圧縮による変形量

を一次元計算で算出してございます。泥質部につきましては、圧密試験の結果に基づきまして変形量を同じく一次元の計算で算出してございます。

21ページに具体的な沈下量の算出方法を記載してございます。現状及び凍土造成によります地下水位低下後、それぞれにつきまして試算位置におけます各地層の有効応力 $\sigma'$ を算定いたしまして、それから、現状と地下水位低下後の差分の有効応力増分 $\Delta\sigma'$ を算定してございます。まず、各地層の上載荷重から地中の全応力 $\sigma$ を算定する。続いて、地下水位の条件から深度を考慮しまして、地中の間隙水圧 $u$ を算定します。これから有効応力 $\sigma'$ を算定しまして、その現状と地下水位低下後の差分としまして $\Delta\sigma'$ を算定するものがございます。

各地層につきましては、現状と地下水位低下後の有効応力増分 $\Delta\sigma'$ から、各地層の変化量、ひずみ $\varepsilon$ を算定してございます。砂岩層につきましては、 $\Delta\sigma'$ をもとにしまして、地盤の初期変形係数 $E_0$ で割ったものをひずみと考えました。

泥質部につきましては、こちら、 $\varepsilon$ を間隙比の差分 $\Delta e$ と現状の間隙比 $E_0$ を用いまして、このような式で算出してございます。式の根拠は枠の下に書いてございます。

それから、互層部でございますけれども、こちらは、砂岩層と泥質部をそれぞれ層厚の比が大体4対6になってございますので、互層の砂岩部分、泥質部それぞれのひずみを求めまして、最後に4対6の比率でトータルのひずみを出してございます。

最後に、ひずみに土層厚を乗じることによりまして、各地層の変形量を算定すると。その総和を沈下量として評価してございます。

続きまして、ここで用いた数値関係の考え方を22ページにお示ししてございます。

まず、地下水位につきまして、詳細は次ページで述べますけれども、ここでは考え方を簡単に御説明いたします。中粒砂岩、互層、細粒・粗粒砂岩層が透水層でございますけれども、その建屋山側の測定値に基づきまして、現状の建屋直下の地下水位を線形補完して設定してございます。

続きまして、凍土壁造成後につきましては、各透水層全てが1～4号機建屋のうち最も深い2～4号機の基礎マットの上端のレベルを地下水位と仮定してございます。

続きまして、建屋の荷重条件ですが、現状につきましては、滞留水等の付加重量を含めた荷重、それから、地下水位低下後は滞留水の重量を差し引いた荷重を用いてございます。

土層厚につきましては、敷地内のボーリング調査結果に基づいて作成しました三次元の地質構造モデルに基づいて設定します。これにつきましても、詳細は後ほど御説明いたし

ます。

地盤の物性値でございますが、基本的には過去の設置許可申請書に出ている値を用いてございます。単位体積重量、それからあと、変形特性。変形特性につきまして、砂岩層の変形特性のうち、 $E_0$ でございますけれども、こちらは三軸圧縮試験結果の初期変形を用いてございます。今回、評価している対象の差分というのが $0.7\text{kgf/cm}^2$ のオーダーに對しまして、三軸圧縮試験の破壊強度が $13.3\text{kgf/cm}^2$ ということで、余裕があるということもありますので、初期変形係数の $E_0$ を用いてございます。

それから、泥質部につきましては、先ほどお示ししました圧縮試験結果に基づきまして、3体の試験結果を線形近似いたしました、ここに書いてあるような $e=1.41$ というような式を用いて、ひずみ応力関係を用いてございます。

続きまして、23ページでございます。こちらが地下水位の現状の設定をどうしたかという考え方について述べてございます。すみません。これは「現状 ((e) 凍土壁造成後)」と書いてございますが、こちらは「(d) 震災後」の間違いでございます。

現状の地下水位は、各透水層の至近の1年間の測定値の平均値を用いて、以下のとおり設定してございます。

中粒砂岩層につきましては、山側のサブドレン、それから、海側のサブドレンの水位をそれぞれ8.5m、4.5mという実績がございまして、それをもとにしまして、変形量を試算する位置での水位を線形補完して求めてございます。この下の図でいきますと、変形量の試算位置を原子炉建屋のタービン側の端のラインで考えた場合には、今の8.5m、4.5mから、この位置での水位を線形補完して求めるという考え方でございます。

それから、互層と細粒・粗粒砂岩につきましては、現状、被圧状態にございまして、おのおの山側、海側の水位から、中粒砂岩と同様に線形補完いたしました。試算位置におけます地下水圧の分布のイメージが、こちらのグラフの中の赤い台形のような形で示したものでございます。こちらはイメージでございます。斜辺が直線のように見えますけれども、ここでは被圧の分も考えてございますので、各層ごとに異なる傾きとなっております。それぞれ用いました山側、海側の水位は、上の箱の中に書いてある数字でございます。

それから、泥質部、難透水層につきましては、上下に接します各透水層の地下水圧をもとにしまして、線形補完して設定してございます。

続きまして、24ページでございます。こちらが、凍土壁造成によりまして地下水位が低下した後の状態の仮定でございます。こちらの水位は、凍土壁造成によりまして、先ほど

申し上げた被圧されている各透水層の被圧が解放されると仮定しまして、各層ともに地下水位は2～4号機原子炉建屋基礎上面の標高ということで、O.P. -2.06mとして設定してございます。また、難透水層につきましては、先ほどと同様に、上下の各透水層の地下水圧より線形補完して設定してございます。

水圧の分布は、この下の図にございますように、基礎上面からの静水圧分布で直線的な変化になってございます。

続きまして、25ページでございます。こちらは、土層厚の設定につきまして、ここに示しましたようなフローに基づきまして設定してございます。

まず、既往のボーリング柱状図を整理いたしまして、これをもとにしまして、地質図作成のシミュレータを使ってございますので、これを用いまして三次元の地質構造モデルを作成いたしました。このモデルをもとにしまして、各試算位置におけます各層の標高を読み取りまして、最後に、各試算位置におけます各層の土層厚を設定してございます。

具体的な手順を26ページ以降にお示しいたします。

26ページがボーリング柱状図の配置でございまして、これはちょっと小さいものですから、資料2-2の資料編のほうを御覧ください。資料編の3ページになります。こちらはまだちょっと小さくて恐縮なのですが、こちらは敷地全体を示しております。上のほうが海で、港湾がありますのが、左から5・6号機から、右側のほうが1～4号機でございます。さらに、その外側の範囲まで含めたボーリング位置が赤くプロットしてあるところでございます。こちらの約150本のボーリングデータを用いまして、先ほどの地層図作成のシミュレータを用いてございます。

建屋周辺のボーリング位置というのが、今の資料編の4ページでございます。こちらの青い破線で示しましたのが凍土壁の予定ラインでございまして、こちらの周辺、特に南側の3・4号機周りが多いのですけれども、こういったボーリングデータを用いてございます。それから、代表的なボーリング柱状図ということで、BOR2、2号機と3号機の間、それから、H25J③、こちらの柱状図を資料編の5ページ以降に示してございます。こちらの説明は省略させていただきます。

先ほどの資料2-1の28ページにお戻りください。こちらがただいまの約150本のデータをもとに、地質図作成のシミュレータを用いて作成しました三次元地質構造モデルの断面図の例でございます。こういった地層構造で、地層構造自体は冒頭申し上げたとおりでございます。

続きまして、29ページでございます。こちらは、三次元の地質構造モデルを用いまして、各試算位置、この図中——これは平面でして、図の中に赤丸がございますが、これがリアクター・タービン建屋のそれぞれ四隅の位置をプロットしたものでございます。その各層の標高の読み取りを行っております。こちらは図の中に等高線がございますが、こちらが互層部の上限の標高を示した等高線になってございます。このうち、この中で3号リアクターの17番、右から二つ目の建屋のリアクタービルの左下、北西端になりますけれども、ここの互層の上限の標高がO.P. -7.27mということになります。

続きまして、30ページでございますが、こちらも同様に互層下限の等高線を示してございまして、ただいまの位置ですと、標高がO.P. -12.82mということで、互層の厚さが5.55mとなっております。

続きまして、31ページでございます。こちらが3号機のリアクタービル、タービンビルの17番～24番の各層の層厚を表にまとめたものでございます。例えば、ちなみに、17番のところではいきますと、上層から第1泥質部が0.51m、互層部が5.5m、その下の第2泥質部が2.2m、細粒砂岩層が1.3mという土層厚の設定でございます。

続きまして、32ページ、33ページに、以上の条件をもとに沈下量を計算した計算例を示してございます。こちらは論点整理の2のCでございました「これまで地盤が受けていた応力に変化が生じることになる場合、それが地盤沈下等にどのように影響するのか示すこと」への御回答というふうに考えてございます。

ここでは、32ページで示しましたリアクタービルの17番、リアクタービルの北西角ですけれども、こちらの有効応力増分 $\Delta\sigma'$ を算定してございます。まず、左下の全応力分布でございます。縦軸が深さ方向の深度でございまして、横軸が応力になってございます。図中の右側の実線が現状を示してございまして、左側の破線が凍土造成によります地下水位を低下させた後の状態でございます。建屋設置レベルのO.P. -6mが基礎地盤の天端でございまして、先ほど16ページ、17ページで示しました全応力4.5kgf/cm<sup>2</sup>、4.3kgf/cm<sup>2</sup>になります。それに、深くなるにつれまして上層の土の重量が加算されていくというグラフになってございます。

中央が間隙水圧の分布でございます。右側が現状、これも直線的に見えますけれども、先ほど御説明しましたように、被圧を考慮していますので、厳密には直線にはなってございません。それから、左側の線が水位低下後でございまして、こちらは静水圧状態になってございます。O.P. -6mのところでおのおの1.3kgf/cm<sup>2</sup>、0.4kgf/cm<sup>2</sup>というところに対し

て、こういった水圧の分布になっているというふうに考えてございます。

それから、右側が有効応力分布でございまして、各層ごとに全応力から間隙水圧を減じたものをプロットしてございます。こちらは、左側の実線が現状、右側が水位低下後でございまして、有効応力の変化量 $\Delta \sigma'$ はこの差分となりまして、第2泥質部では0.84kgf/cm<sub>2</sub>、それから、細粒砂岩層では0.88kgf/cm<sub>2</sub>となっております。

続きまして、33ページに参ります。こちらでは、ただいまの各層の $\sigma'$ を用いまして、ひずみ変形量を算定いたします。ここでは、第2泥質部と細粒砂岩の例を示してございます。先ほど21ページで示しました式に、前ページで求めました $\Delta \sigma'$ 等を入れることで、まず、ひずみが求まってまいります。それに31ページの土層厚を乗じることで、各層の変形量、すなわち、沈下量が求められます。こちらの細かい式の展開は割愛しますが、今申し上げた計算の仕方では第2泥質部に付きましての沈下量は約2mm、それから、細粒砂岩層につきましては、沈下量としまして約1mmと算定してございます。

続きまして、34ページ以降、号機ごとの沈下量の算定結果を示してございます。こちらが論点整理の3のA、「建屋等の荷重等を考慮して、想定する地下水位変化時における地盤沈下量の評価を示すこと」のお答えと考えてございます。

まず、左側の表でございまして、縦方向が各層の変形量、その総和を赤枠で示してございます。1号タービンのNo.5を例にとりますと、上の第1泥質部で6mm、それから、互層の砂岩部分が1mm、泥岩部分が3mm、第2泥質部が2mmということで、トータルで13mmという結果でございます。

右側に建屋位置の図を示してございますけれども、今の左側の表で示しました各ポイントの沈下量をもとにしまして、各辺の傾斜を計算した結果をあわせて右側の図に示してございます。これによりますと、タービン建屋の左側の5番と6番の間、それから、右側の7番と8番の間、こちらの総体沈下量が3mmでございまして、辺の長さで割ってあげて傾斜は1万5,000分の1が最大となっております。リアクタービルでは総体沈下が1mmでして、傾斜としましては4万分の1以下という結果でございます。

続きまして、35ページが2号の結果でございます。こちらは、タービンですと、13番、14番の間で総体沈下量が7mm、傾斜が1万分の1、リアクターにつきましては、1号と同様に1mmの総体沈下でございます。

36ページが3号機の結果でございます。こちらが、タービンですと、21番と22番の間、23番と24番の間、それらがそれぞれ6mmの総体沈下で、傾斜としましては1万1,000分の1と

なっております。リアクターについては、こちらも総体沈下は1mmでございます。

37ページが4号機の結果でございます。こちらも、タービンですと、29番と30番で5mmの総体沈下で、傾斜は1万4,000分の1、リアクターについては、総体沈下が1mmという結果でございます。

この沈下量の評価につきまして、39ページで御説明いたします。こちらは、下の表の左側に建屋ごとの最大傾斜を示してございます。評価の目安値といたしまして、まず、原子力規制委員会によります、ここに書いてございますような審査ガイド、こちらの定義は「発電用原子炉施設の建屋基礎底盤の傾きに対する目安値」というものでございます。それから、もう1点が日本建築学会の「建築基礎構造設計指針」にございます「鉄筋コンクリート造の建物に構造的な障害が発生する限度角となる変形角の目安値」という記載がございますので、それを用いてございます。それぞれ2,000分の1と1,000分の1～500分の1というものでございまして、いずれもそれに比べると小さな値になってございます。それによりまして、上に書いてございますように、各最大の傾斜につきましては、これらの目安値以下であることから、建屋基礎の安定上問題ないものと考えてございます。

なお、「鉄筋コンクリート構造に構造的な障害が発生する限度角となる変形角の目安値」に対しまして余裕があるということがございますので、現状の建屋構造に対して凍土壁を設置させて地下水位を低下させるからといって、それによって有意な変化が生じることはなく、建屋構造部材ですとか、現状の滞留水の管理に対して有害な影響を与えないものと考えてございます。

以上が沈下量の御説明でございまして、40ページ以降、「基礎地盤の支持力」について御説明いたします。こちらは前回の資料からあまり増えていないのですが、41ページは先ほど示したもので、42ページが基礎地盤の支持力の安全性を評価した結果でございます。こちらは、前回お示ししたものと同様でございまして、建屋の設置圧に対しまして、基礎地盤の支持力はそれぞれ20倍以上の余裕があるというのが42ページに示してございます。

続きまして、43ページでございます。こちらは、山側の凍土壁のみが存在して、海側の凍土壁が存在しないというような場合におきまして、海のほうに水が抜けていくのではないかというような御指摘が前回ございましたけれども、そういった場合におきましても、建屋周辺の下部の透水層の標高は海水面、平均潮位で0. P. 0. 8m、干潮位でも0. P. -5cm程度でございますけれども、それよりも低いということになりますので、下部透水層の水圧が海水面相当の水圧以下に低下することはなく、建屋基礎地盤の支持力に影響を与えないも

のと考えてございます。

続きまして、44ページ、こちらは論点整理の2のD、泥質部は透水係数が小さいので、凍結速度が速いと地盤の骨格構造が壊れ、融解時には地盤の強度が落ちるのではないかと。その評価を示すこと、というものに対する御回答でございます。

こちらは、第1泥質部の融解特性に関しまして、フィージビリティ・スタディ事業におきまして凍結融解試験を行ってございます。試験の条件は、 $-20^{\circ}\text{C}$ 、 $+20^{\circ}\text{C}$ をそれぞれ24時間で1回というものを5回繰り返してございます。

その結果が下の表にございますけれども、凍結融解を5回繰り返しますと、ここにございますように、凍結融解前が $36\text{kgf}/\text{cm}^2$ に対して、5回繰り返した後の強度が $13\text{kgf}/\text{cm}^2$ 、一軸圧縮強度でございますけれども、 $36\text{kgf}/\text{cm}^2$ から $13\text{kgf}/\text{cm}^2$ ということで、約3分の1程度に低下するという結果でございました。これによりますと、やはり御指摘のとおりでございます。凍土壁の位置におきましては地盤の強度が低下する可能性はあると考えてございます。ただ、現在計画中の凍土壁の上部、あるいは近傍には、原子炉建屋等はございませんので、融解後の建物への影響はないと考えてございます。ただし、凍土壁融解後に、その凍土壁周辺の土地利用を行う場合につきましては、その条件、計画に応じまして、地盤改良等の必要な対策をとっていきたくと考えてございます。

続きまして、45ページでございます。こちらは、ただいまの論点整理の2のDに関連いたしまして、凍土遮水壁造成に伴いまして、凍結膨張が発生すると、建屋支持地盤へ影響するのではないかと懸念もございますので、それにつきまして検討した結果でございます。

真ん中の図にフィージビリティ・スタディ事業におけます凍結膨張の変位の測定結果を示してございます。縦軸が深さ方向でございまして、横軸が海側への変位、山側への変位でございます。それから、プロットが、左から二つ目の「SL-3」と書いてある絵でございますが、このブルーのラインが凍土壁の厚さ2mのラインでございまして、その中心位置から離れたところ、SL-1というのは凍土壁の内側にセンターから2m離れた位置での変化量、それから、SL-2は凍土壁のセンターから海側に2m離れた位置での変形量、それから、SL-3はさらに3mということですので、凍土壁のセンターから5m離れた位置におけます変形量をこのグラフに示してございます。

この変形量を見ますと、SL-2、SL-3につきましては、凍土壁の外側ということもありますので、変形してございまして、概ね表層付近が30mm程度変形して、そこから凍土の先端

付近までほぼ直線的に変形している様子がうかがえるかと思えます。今回、評価の対象としましては、ここの赤い四角で囲ったところでございますけれども、第1泥質部につきましては、このSL-2の値を保守的に見ますと30mm程度、それから、第2泥質部ですと20mm程度、第3、第4泥質部ですと10mm程度変形しているというふうに考えられます。

この変形が生じた場合に、支持地盤にどう影響するかということですが、左下に「200m」と書いてございますが、こちらが原子炉建屋、タービン建屋を凍土壁で覆ったポンチ絵でございますが、その短辺方向が200mの距離がございます。この200mの距離の間に、第1泥質部ですと、両側から30mmずつの変形が作用した場合に、この200mの間の地盤が均一にひずんだというふうに仮定しましたときのひずみを試算したものが、ポツの二つ目でございます。そうしますと、第1泥質部におきましては、両サイドから30mmですので、 $60\text{mm} \div 200\text{m}$ ということによって0.03%という計算結果でございます。

これに対しまして、右の図に示してございますけれども、圧縮試験結果によります破壊ひずみが、第1泥質部ですと0.84%ですので、これで割りますと0.03%というのが3.6%になりますので、30倍程度の余裕があるという状態でございます。

以降、参考資料になってございますが、論点整理で御指摘いただいたうちの御説明がまだ残っている部分が2点ございます。

まず、47ページでございます。こちらが論点整理の1のBの「各透水層の水圧は異なることから、各透水層の水圧を示すこと」という御指摘に対するものでございまして、敷地の中で測定しました中粒砂岩、互層、細粒・粗粒砂岩の水位を示してございます。47ページは、O.P. +35m盤におけますボーリング坑での計測結果でございます。Aのシリーズが青で示してございますけれども、こちらの実線が中粒砂岩でA-3でございます。こちらが大体17mmぐらい。それから、互層部、短い破線ですけれども、こちらがA-2になりますが、こちらが22～23m程度。それから、細粒・粗粒砂岩が長い破線になりますが、こちらが18m程度というものでございます。それから、B-3に行きますと、中粒砂岩の水位が高い結果になってございます。

同様に、48ページがO.P. +10m盤ということで、原子炉建屋等が設置しております地表面のレベルにおきます水位の結果でございます。こちらは、凡例の中にあります赤紫の実線、破線、それから、赤い線が山側の水位でございまして、それぞれ細粒・粗粒砂岩、互層、中粒砂岩を示してございます。下のブルー系の3本は海側の位置での水位でございます。

それから、49ページがO.P. +4m盤の水位でございます。

続きまして、飛んでいただきまして、66ページでございます。こちらが論点整理の2のB、地下水位の変化がどのようになると考えているのかを示した上で、有効応力がどのように変化すると評価しているのか示すこと、という御指摘でございます。ここでは、先ほど全応力と間隙水圧の地中の値をもとに有効応力を計算した結果を示しましたが、それと同じようなことを、この66ページの赤丸で示しております各建屋のセンター位置で計算しました。その結果を67ページ以降にお示ししてございます。

計算の仕方、図の見方は、先ほど3号機のところでお示ししたのと同様に、左側が全応力の現状と地下水位低下後、それから、真ん中が間隙水圧の現状と地下水位低下後、右側が有効応力、それぞれ今の差し引きから出てくるものでございまして、1号のタービン、リアクター、2号、3号、4号をこちらにお示ししてございます。

説明が長くなりましたけれども、ここで切らせていただければと思います。

以上でございます。

○更田委員 今、資料2-1に基づいて行われた説明に対して、御質問、御意見があればお願いします。

○嘉門名誉教授 ちょっと口火を切らせていただいて、質問したいと思います。

説明いただいた資料を拝見いたしまして、基本的な考え方としては間違いがないし、同意をしますけど、細かいところでは、この資料が外へ出るとすれば、少しおかしいなという、そういう視点だけちょっと指摘したいと思います。

ほかの先生方からも指摘があるかもしれませんが、まず、この基本的なデータでございますけれども、今回は沈下量を算定しようということで、BOR2のボーリングデータを用いてやられたというふうに理解したらよろしいのでしょうか。

○中村（東電） 沈下量を計算するに当たりまして、先ほど資料編のほうでお示しました、約150本のボーリングデータをもとに地層図作成シミュレータを用いて作成した地盤構造モデルがございまして、それを用いまして、各計算位置におけます地層構造がその中に出てきますので、その位置におけます層厚をもとにして沈下量の計算をしてございます。ですので、ソースとしましては、BORの……。

○嘉門名誉教授 私の質問は、沈下することを想定する場合に、この $E_0$ でありますとか、あるいは圧密方程式でありますとか、その式が使われたデータは、BOR2のサンプルで試験をされたデータが使われたと、そういうことですかという質問です。

○中村（東電） 御指摘のとおりでございまして……。

○柴崎（東電）  $E_0$ につきましては、かつて設置許可申請書、発電所の設置を申請いたしましたときのデータ、これは試掘坑の中でとりました現地サンプリングのデータを用いております。ですから、ボーリングのBORではなくて、建屋の下に掘りました試掘坑ですね、こういった調査データを用いております。代表性としましては、それぞれの地盤物性のデータを核にいたしまして、データとして整理をしているということです。

○嘉門名誉教授 今回の御説明に対する私の理解では、そうしますと、荷重履歴を求められて、沈下量を算定されたデータは、例えば、31～33ページまでは、これは3号機の周辺の沈下量ということで求められている、33ページの $E_0$ でありますとか、 $\varepsilon$ というのは、BOR2だけでも、そのほかの沈下量なんかについては、それぞれの構造物に近傍するところのボーリングデータでまた別の試験をされて求められた値だと、そういうふうに理解したらいいのですか。今の説明を聞いていたのでは、3号炉の33ページのような $\varepsilon$ 、あるいは $E_0$ でやられたというふうに理解したので、ちょっと違うように思いましたけど。

○中村（東電） 今回の御指摘に対しましては、ノーでございまして、こちらは一つのデータをサイトの中の物性値と代表させまして、それを用いて各地点での沈下量を計算してございます。

○嘉門名誉教授 ここで泥質部というふうにして、非常に高压の圧密試験をされているというのは、そう簡単ではないのですよね。ですから、多分そんなに多くはないと思いますが、沈下量を求めるために実施された圧密試験ですが。これで泥質部と、それから互層部とで、その特性が似ているかもしれない。しかし、それでパラメータとして代表させても、本当によろしいのでしょうか、御見解をお知らせいただければ。

○中村（東電） 御指摘ありがとうございます。こちらは、御指摘のように、1カ所、福島第一の建設時に実際に試掘坑の中で行いました圧密試験の結果、そのときの供試体三つの試験結果を全て代表させて行っております。

それで、これに代表性があるかというものにつきましては、例えば、資料の5ページに示しました深さ方向の強度の分布などを用いまして、各層ごとに大きな違いがあるものではないと考えました。それから、平面的な広がりにつきましては、これは建設当初の段階から、先ほど申し上げました試験体によりまして、その位置でのデータで代表できるだろうというふうに考えてございました。

○嘉門名誉教授 代表できるというふうにみなせば、この結果について、特段に異論を挟むことがございません。しかしながら、希望としては、もう少し場所が離れたところ、あ

るいは互層部の物性もわかるとよかったのではないかなというふうに思います。それは私の感想です。

それと、地下水位の想定でございますけれども、24ページに凍土壁ができた後の変形量を計算するというときに、地下水圧の分布はどうなるかという想定がございますが、これは間隙水圧が泥質部をそんなに簡単に抜けるわけでないので、このようになるとはとても思えませんけれども。要するに、沈下としては安全側なのですけど、この泥質部が、壁ができた途端に、上の水圧が減った分だけ下層部も減るということは、これはもう到底あり得ないので、この図は間違いと思いますが、いかがでしょう。

○中村（東電） 御指摘のとおりだと思ってございます。ただ、今回、凍土壁ができることによって、水圧がどう変わるかというものにつきまして、保守的に評価しようということで、かなり乱暴かもしれませんが、保守的という意味合いも含めて、こういった形に……。

○嘉門名誉教授 それはちょっと保守的過ぎます。過ぎたるは及ばざるが如しだと思います。しかし、沈下に対する影響という意味では、これは起こりにくい側でございますので、凍土壁ができて上の建屋の排水をしても、これだけ間隙水圧が減るというのはないので、沈下が増えるわけではないので、これについては、今日の議論において、結果は危険側には絶対行かないということで差し支えないと思います。しかし、間違いは間違いなので、指摘させていただきます。

それと、もう1点、沈下量をいろいろ計算していただいているのですけれども、有効応力をどのようにお考えになっているのか。エンジニアのセンスとしてはおかしいので御指摘させていただきますが、例えば、21ページに、その次の22ページもそうですけれども、泥質部の沈下を計算するのに、 $e=1.4153-0.0205 \log p$  と、こういうふうにあります。実は圧密試験でこれだけの精度を出すのは至難のわざでございます。数字としては出ますけど、先ほどの三つの試料のばらつきから考えても、あまり意味がないので、エンジニアリングセンスとしてはちょっとこういう表現はまずいと思いました。

私の意見は以上でございます。

○中村（東電） 御指摘ありがとうございます。私も学生時代、土の世界で3桁の有効数字なんかあり得ないだろうと御指導いただいていたのですが、気をつけます。ありがとうございます。

○桑野教授 先ほど23ページとか24ページの地下水の分布のお話が嘉門先生のほうからも

出ておりましたけれども、どの程度被圧しているのかなというのが私もちょっと気になっておりましたけれども、今日の御説明では、地下水圧分布を拝見しましても、多分それほど大きくはないので、万が一、非常に一番厳しい条件を考えて、その被圧分が減少したとしても、沈下量にそれほど大きくは影響を与えないのかなとは思うのですけれども、具体的にその部分の影響がどの程度なのかというふうなところがもう少しはっきり書いてありますと、わかりやすいかなというふうな印象を持ちました。

それから、本日、御説明いただきましたのは、比較的定常状態と申しますか、凍土壁ができてしまったらどうなるか、あるいは凍土壁をつくる前はどうか、凍土壁をつくってからどうなるかというお話なのですけれども、もし施工によって第1透水層と第2透水層の間が多少水が抜けやすくなるようなことがありますと、一時的に沈下が少し加速される可能性はあるのかなと。あるいは工法によってその辺を非常に十分に手当てなさっておられれば、それほどでもない。でも、結果的に、万が一ですけれども、それが急速に抜けるといっても、もともとの差が静水圧分布にどうも近そうですので、あまり影響はないかなとは思うのですけれども、その辺、施工時はどういうふうになっているのかなというところを御説明いただければ、ありがたいのですけれども。

○中村（東電） 一つ目の御指摘に対しましては、ここでかなり、少し乱暴というか、ラフなやり方をしているところがありますけれども、今回、保守的という前提で考えた中で、具体的などころまでちょっと説明できていないところもありましたけれども、全体の余裕の中で吸収できるのかなというふうにございます。

それから、2点目の御指摘でございますけれども、まず、深さ方向につきましては、FS事業で実証試験を行っております、やはりその層によって多少凍るのが速いところ、遅いところというのはございます。ただ、包括的に見ますと、スタートの段階から数週間で閉合し始めまして、全体的には、その後、1カ月、2カ月程度かけて直径2mまで造成しておりますので、さほど、それによる影響は少ないのではないかとこのように考えてございます。

それから、平面的な問題につきましては、なるべく凍土ができ上がる、閉合する時期を一緒にするような施工計画というものを今考えているところでございまして、具体的には、凍りにくいところ、流速が速いすとか、あるいは障害物などと干渉する、そういったところを先行して、パイプを最初に打ち終わった後で凍土のスイッチを入れるのですけれども、今申し上げた凍りにくいところを先に凍結させて、それから時間差を置いてほかのところ

を凍らせていくというような形でやっていこうというふうに、今、施工計画で考えているところでございます。

○更田委員 それでは、徳永先生。

○徳永教授 御説明いただきまして、ありがとうございます。全体的な考え方につきましては、嘉門先生がおっしゃるように、私も合理的なものかなというふうに考えます。それから、静水圧で考えるということによって保守側にするということも、こういう変形量であるということをおっしゃる上では、適切なのかなというふうに思いました。

1点だけ教えていただきたいのですが、実はまだ御説明いただいている、地下水の全体の流れがどうなっていて、どう変わるかというところにも少し関わるのかと思うのですが、例えば、24ページの図で描かれている粗粒砂岩層という砂岩層があって、仮にこれが静水圧にまでなってしまうと、さらにその下にある、いわゆる第IV層の泥からの排水が少しずつ起こるのじゃないかということが危惧されると思うのですが、そうすると、その有効応力が少し上がるなんていうことがあり得るのか。これは多分、考慮する時間スケールにも依存するのかもしれないですけども、その辺りをどう考えているかというのを少し教えていただけると、ありがたい。

○高村（鹿島） 鹿島の高村です。

おっしゃるとおり、計算上は、そこを考えようとするれば、有効応力が確かに上がっていくということは想定されます。ただ、今回のこの地盤の成層面であるとか、地下水流が山から流れてきている、あとは、透水層——ここは断面しか示していませんけれども、実際には平面的に回避するような感じで流れているのですね。そういったことを想定いたしまして、第IV層については、有効応力は、この凍土壁がある時間内ではそれほど低下しないというふうに私たちは考えております。

○徳永教授 先ほど嘉門先生のお話にあったように、泥はそんなに透水性が高くないので、排水するのにすごく時間がかかるということだと思っておりますが、もし、今おっしゃられたような御説明でしていただくのだとすれば、例えば、考えているぐらいの時間において、今の設定で流れ場がどういうふうに深いところが変わらないのかというような辺りを追加して説明していただくと、理解が深まるかなという気がいたします。

○中村（東電） 資料1のほうに、水位の流れですとかベクトル図などでお示ししているところもございますので、後ほどそこで改めて御意見をいただければと思います。

○更田委員 中井先生、どうぞ。

○中井教授 ちょっと二、三教えていただきたいのですが、概略としては、先生方がおっしゃるように、沈下量は多分あまり問題にならないだろうなどは思っているのですが、2点ほど。

まず1点目は、今、沈下量を検討されたのは、18mぐらいまでという、その基礎底面とO.P. -18mとの間の圧縮量という理解でよろしいですか。

○中村（東電） はい。それで結構でございます。

○中井教授 そうすると、O.P. -18mより下の層の沈下量はどうなるのかということと、それから、粘土層は排水が少ないのでいいですけども、砂に関しては即時沈下なので、短期の、つまり、地震時の設置圧の変動による沈下がどうなのかということに関しては、いかがでしょう。

○中村（東電） まず1点目の御指摘でございますが、今回は、現状の状態に対して、凍土壁ができ上がった後でどのように沈下量が増えるか、沈下するのかという観点で評価いたしました。その考えに基づきまして、18m以深のところにつきましては、凍土壁の先端を約2m差し込む計画でございますけれども、それによりまして、その層全体の被圧が切れるですとか、応力状態が大きく変わるものではないだろうというふうに仮定しまして、それより上の層の沈下量のみを算定したというものでございます。

○中井教授 ですけども、凍土壁で囲まれた部分の有効応力が変化するということですね。それは全体としては下の層にも、そんなに多くはないと思いますけども、及ぶので、一応チェックされたほうがいいのかなというのが感想です。

○中村（東電） ありがとうございます。チェックしてみます。

○中井教授 それと、やはり建屋による上下動とかロッキングとかで設置圧も変化するので、その点も考慮されるのがいいかなというふうに思います。

それと、傾斜の算定ですけども、1万分の1とか数万分の1ということで、このままだと、もう全然オーケーですけども、先ほど嘉門先生もおっしゃっていたように、地盤にはばらつきがありますので、場所によるばらつきもありますし、それから、同じ場所でも深さ方向のばらつきとかがありますので、それらを考慮しますと、建築で最も保守的という考えは、絶対沈下そのまま不同沈下の最大値という考え方がありますので、それで傾斜を一応、それでも2,000分の1とかになりますから、それで問題になると思っているわけじゃないのですけれども、表現としてはという意味です。それも、一応、御検討されてはいかがでしょうか。

それと、すみません、長くて恐縮ですけれども、もう一点。10ページの絵で有効応力を説明している絵がありますけれども、必ずしも間違っているわけではないのですが、この範囲では。ただ、これだと赤い矢印が有効応力に見えてしまって、つまり、この圧力が有効応力に見えるのですけれども、そうではありませんので、この圧力、ここを通して伝わっていく圧力を面的にならしたものが有効応力ですので、その辺、ちょっと表現に気を付けていただければ。

以上です。

○中村（東電） 御指摘ありがとうございます。

まず、絶対沈下量という意味合いでいきますと、34ページ以降でございますが、リアクタービルで9mm、これが各号機とも、それからタービンビルですと2号機とか3号機で16mmというような数字がございます。リアクターが9mmで一番短いのが1号機の42mですので、42分の9mmなので、とっさに数字が出ないのですが、それから、あとタービンのほうは16mmで46mとかでやりますので、やはり3,000とか4,000分の1という数字でした。それは、極端な例としては、そういうオーダーかなというふうに思っております。

それから、二つ目の御指摘の有効応力の絵ですが、御指摘のとおりで、すみません、これについては少し配慮が足りなかったですけれども、御指摘のとおりだと理解してございます。

○島崎委員 資料を用意していただいたボーリングの位置図の拡大が資料2-2の4ページにございます。赤いのと黒いのといろいろありますが、黒いのも四角で囲ってあるところを見ると、H25J③というのは、多分、使われた試料だろうと想像しておるのですけれども、それから赤いBOR1だとか2だとか、あるいはW-1-2とか、こういうのを全て使って地下の地質を調べられているのだらうと思うのですが、号機でいうと1号機と2号機の付近がボーリングの資料が見えないのですけれども、どれが資料か教えていただけますか。

○中村（東電） 二つございまして、もともと地質構造モデルをつくる時に用いましたボーリングのデータは、こちらの2-2の資料の3ページにお示ししました敷地全体で行ったボーリングデータ、約150本をもとにしまして地質構造図を作成してございます。ですので、層構成などは、その150本を用いた結果というふうに考えてございます。

それから、4ページのほうで黒い丸と赤い丸がございまして、赤い丸が150本のデータをつくる際に使ったもので、過去に行ったものでございます。それから、黒丸のH25のシリーズがございまして、こちらは震災後、最近、ボーリングしたデータでございます。赤と

黒の違いは、そうでございます。

それから、あと四角の枠でございますけれども、こちらBOR2とH25J③につきましては、先ほど説明を割愛して恐縮ですが、5ページ以降に柱状図と、それからボーリングコアの写真を示しているという意味合いで四角で囲んだものでございます。

○島崎委員 了解しました。そうすると、1号機、2号機のタービン建屋等々、計算をされているときのデータは、かなり遠いところから補完されたデータだということになりますか。

○中村（東電） おっしゃるとおりでございます。1・2号機の周辺については、かなり粗いところがございますが、敷地全体のデータから補完した形で、この付近のモデル化を行ってございます。

○島崎委員 ありがとうございます。それで、資料を直していただいたほうがよろしいかと思うのですが、資料2-1のところの4ページのところには地質時代の年表があるのですが、これは多分、古いままの年表で、いまや第四紀というのは258万年前までになりましたので、ちょっと直したほうがいいかと思えます。富岡層のT3、これ珪藻でいうと大体270万年から200万年ぐらい前と伺っていますので、これは恐らくほとんどが第四紀だと思われるのですが、もしそうであれば、ここは訂正されたほうがよろしいのじゃないかと思えます。

○中村（東電） 御指摘ありがとうございます。過去の設置許可申請書からそのまま持ってきたということで、その辺り、配慮が足りないところでもございましたので、その辺りはわかるように訂正をしていきたいと思っています。

○島崎委員 この地層は、今、御説明でもありましたけれども、海底の地すべり層で、コア試料なんかを見ても、いかにも海底で地すべりが起きたときの堆積物が含まれているというふうに見られるのですが、その意味でちょっと心配なことは何かというと、先ほどの1号機、2号機の近辺にあまりボーリングの試料がないわけで、今、問題になっているのが傾斜だとか、そういう局部的に変化があるかどうかということだと思っております。

それで、海底地すべりのどんな地すべりかによるのですが、非常に広範囲に地すべりが起きていれば、恐らく一様だと思われそうですが、ものによっては狭い範囲で変わり得る、地すべりの端だとか、そういうことが変わり得るということがございますので、恐らく、これ以外にも地質試料あるいは基礎岩盤を掘ったときの試料なんかがあると思えますので、その地質図等から、ここがかなり均質であると、地質的にですね、それをやっ

ぱり示す資料を出していただいたほうがよろしいのじゃないかと思うのですが。

○中村（東電） このあたりにつきましては、今、基本的には、先ほど来、申していますように補完しているのですが、御指摘の点は賜りましたので、ちょっと、そのあたりは考えていきたいと思います。

○更田委員 ほかに、よろしいですか。

○林教授 コンサバに評価されて大丈夫だという全体のストーリーについては、今までのコメントと同じなのですが、それに加えていろいろなコメントもあって、御心配のいろんなことがあるとは思いますが、39ページなのですが、最終的には傾斜とか沈下とかが起こって、傾斜するとか、そういうことが起こっているのですが、評価1とか評価2の値の目安ですよ、ここで最終的に何か判断がされることになると思うのですが、果たして、この例えば、評価1の2,000分の1が起こると現状の建物に対して問題があるというふうにお考えなのとは、私は思っていないのですけれどもね。例えば、建築基礎構造設計指針の500分の1が起きたときに、問題があるというふうにお考えなのでしょうか。それとも、どこまでだったら許せる、その根拠は一体何かというところが、むしろ私は気になっていて、その目安値のところがどこぐらいなのか。2,000分の1と500分の1ぐらいの範囲内ですと、500分の1もしくは、それよりも、もうちょっと超えてもいいのだという立場に仮に立てば、その辺の変動は十分に吸収されるべきものだと私は思いますので、そこについてのお考えをちょっとお聞かせいただきたいと思っています。

○中村（東電） こちら、今、震災を受けた状況で、もともとのプラントの様相を呈していないというようなものでございますが、今回、凍土壁を設置することによって、どう変わるのかというところでいきますと、いわゆる一般に設計をする際に、あるものをつくったときに、どう傾くかという指標で判断せざるを得ないのかなと思ひまして、基礎構造設計指針などを使いました。ただ、現実には、今回、先ほど御指摘いただきましたように、圧密とか被圧が切れて水が抜けていくのにはかなり時間がかかると。今回の計画では6年間、あるいはそれ以上になるかもしれませんが、そういったオーダーで考えますと、ここを担保していれば我々として自信を持って問題ないと言えますし、もうちょっと大きな目のクライテリアだとしてもいいと思いますが、具体的に幾つというのは今、何ともわからないということもありまして、この数字を使ったということでございます。

○林教授 なかなか、この辺のクライテリアが難しいというのはわかりますが、結局、今、沈下に対する議論をしていて、何が起きたらまずいと考えられているのかというのが私は

初めからぴんときいてなくて、そここのところが。現状の基準を満足しているから、まあいいやないかという、初めからざっくりした計算をしてみた時点で、ある意味、それはわかっていて、それを誠意を持って示していただいたということなのかも知れませんが、これを例えば仮にモニタリングして傾斜が幾つか出てきたときに、どういう判断をするのかというのがちょっと気になっているのと、それと、これは沈下のところだけじゃなくて、凍土壁をつくったいろんな基準のところ、例えば評価1と同レベルの基準が適用されて、それで現状の凍土壁をずっとモニタリングしていくときに、非常に厳しめの基準が適用されるというも私はどうかなと思うので、何か、モニタリングも含めた基準値のあり方みたいなものは考えておいてほしいかなというふうに私は思いました。

○中村（東電） 今の御指摘のとおりだと思っていて、ああいう状況のプラントで、今回、やるものに対して、こういう数字を使ったということでございます。モニタリングとか今後につきましては、御意見も踏まえまして少し具体的にどうするか。まずは、実際に実測しながら、どの程度出ているのか、それから、それがどう推移していくかというあたりは、シミュレーションもあわせながらチェックしていきたいと考えてございます。

○更田委員 今、林先生の御指摘の点については、こちらからもお答えする必要があるのだろうと思います。

東京電力が今回、資料の39ページで、例えば、この評価1に示されている安定性評価に係る審査ガイド、あまり説明なしにここへぼんと持ってきたのは、いささか乱暴であろうと思います。先生が御指摘のように何らかの基準を持つ必要があるのかということ、被災をして、さらに、本来、水がたまっているべきでない、健全であれば、そこへ汚染水がたまっている施設であって、という福島第一原子力発電所の、今、置かれている状況の特殊性を考えると、ある基準をあらかじめ設けておいて、例えば、施工中であるとか運用中に変位であるとかがある値に達したらどうこうというのを決めておく対応がいいのかどうかというのは、かなり議論のあるところだろうと思います。施工・運用中には、例えば貯留水、滞留水の水位に対する監視であるとか、あるいは周辺の空間線量率や表面線量率の観測であるとか、そういったものを組み合わせて、ある意味、その都度、判断せざるを得ないところがあるだろうと思っていますので。

あくまで、これ、恐らく、東京電力も、この評価1、評価2ともに参考というか、いわゆる基準として引っ張り出したのではなくて、比較参照のためのものとして引いてきたのであろうと思います。評価値、基準値については、今、申し上げたとおりで、なかなか特定原

子力施設に対して、ある基準値を設けてというアプローチはとりがたいところがありますので、先生、御指摘のように、モニタリング等々も含めて監視のあり方については考えていきたいと思えますし、また、改めてここで御議論いただきたいと思えます。

ほかに。

○阿部教授 39ページのところで、やはり同じように指針との比較に対しては私も同じような疑問を感じていたのですが、今の説明でよくわかりました。

あと、それまでのところの説明につきましても、素人ですけれども理解できるような評価の仕方をしていただいていると思ひまして、よく理解できたところです。

それで、その上で少し質問をさせていただきたいのが2点ほどありまして、一つは初期値なのですけれども、震災を受けて広域、70cmでしたっけ、ちょっとどこかに数字が書いてあったと思ったのですが、広域沈下があったということと、それから今回の震災そのものによる建屋に対する影響、これは壊れたという意味ではなくて地盤沈下という建屋の傾きという意味ですけれども、影響というものが、どのくらい評価されていて今回の計算に至っているのかがよくわからなかったもので、それを教えていただきたい。例えば、仮に、現状で審査ガイドの2,000分の1ぎりぎりまで傾いていますということであれば、じゃあ、地盤沈下の影響というものが大きいか小さいかという、あるいは、その傾斜というものが沈下の影響に対してどういうふうに、さらに追加で考慮されているのかということがわからなかったもので、そこを教えていただきたいのがまず1点。

それから、あともう一つが、我々、金属ですとクリープという現象があって、低応力でじわりじわりと変形をしていくという現象があるのですが、先ほど御専門の先生方から多分、似たような言葉が出てきていたのじゃないかなと思うのですが、そういう低荷重によって少しずつ変形あるいは滑りが進んでいくという現象というのを、どういうふうに評価されているのかということをお教えいただきたい。

すみません。それから、あと、今、質問しながら、もう一つ、ちょっと思い出しちゃったので、もう一つ質問させてください。建屋の中には滞留水が大量に入っていて、その分だけ建屋の重量が重たくなっているわけですが、今回の沈下量の評価に対しては、これを評価されているのかどうか。この三つ、すみません、お願いいたします。

○中村（東電） まず、1点目でございますが、敷地全体が70cm程度沈下しているというのは、全体という意味合いでして、ある層ということではなくて、そのあたりはあれですけれども、エリア全体で下がっているものというふうに考えてございます。

それで、地震によって傾きがどうなのかということにつきましては、4号機につきまして、オペフロ階にあります燃料プールの水面の傾きですとか、それから建屋全体の傾きなどを今まで確認してまいりまして、それによりまして4号機については傾いているというふうな傾向はないというふうに考えてございます。傾いてはいないというふうに考えてございます。ということもありまして、4号機でどこまで代表制があるかということはありませんけれども、それから、もともとの地震応答解析の結果、それは東北地方太平洋沖地震による地震応答解析の結果などによりまして、建屋はかなり耐震性の余裕があるところの応答と評価してございますので、地震によって大きく傾いたりというようなことはないというふうに考えてございます。

それから、あと2点目のクリープということについては、圧縮方向については先ほどの圧密の問題ということで、それに相当するというふうに考えてございます。

それから、3点目の滞留水の重量でございますけれども、これは現状を考えまして、ここで言っています震災後のDというケースでは、滞留水の重量を加味した形で全応力を試算してございます。

○松本（東電） すみません。1点目の部分でちょっと補足をさせていただきますと、4号機の燃料プールが大体一辺が10m、オーダーとしては10mというようなオーダーの四角でございます。それに対して四隅ではかりまして上端から水位までというようなところのばらつきが大体1mm程度あるかないかというようなことが経時的に地震後に計測されているということでございますので、大体、 $10^4$ 程度のオーダーで一定の水位が確保されているだろうというふうに考えてございます。ただ、施工の問題とかがございますので、あくまでオーダーということで御理解いただければと思います。

○更田委員 一つ、ちょっと伺いたいのは、これまでの議論で規制委員会、規制庁が特に関心というか懸念を持ったのは、凍土方式の遮水壁が、これまでとられている対策、サブドレン等に比べて、はるかに深いところまで影響を与える方式だということと、例えば、サブドレンは第1層、第2層までのものですけれども、凍土方式遮水壁というのは第4層、3層、4層目の泥質層のところまで固めるという形になっていて、これがサブドレン等々で地下水を抜くのととはまた違う影響があるだろうと。今回、地盤沈下について示してもらったデータを見ていくと、例えば、34ページで沈下量の算定がされていて、同じ場所の沈下量の算定が、そこまで深く遮水壁を設けなかった場合の沈下量が78ページに出ているわけですが、これ、ただただ下のほうの沈下量を差っ引いただけになっているように見

えますので、要するに、この計算では非常にスタティックなものを鉛直方向に積み上げたものなのだろうとは思うのですけれども。

これは、多分、保守性の中に隠れてしまう、非常に保守的な解析だから保守性の中に隠れてしまうということだろうと思うのですが、遮水壁を浅くとした場合と、ここまで深くとした場合と、こんなに簡単にスタティックなやりとりだけでは済まないのではないかと思います。これは後で地下水の流れと——というのは、深くとることによって上昇流ができるのではないかということの影響のほうを気にしていたのですけれども、それについての説明は、このスタティックな数値の積み上げの方式の簡易的なやり方では、そういった影響に対する考え方は出てこないと思うのですけれども、この点はいかがでしょうか。

○中村（東電） 御指摘のとおりでございまして、上昇流に影響というものが出てこないような条件で次元の計算を行ってございます。今回、考えましたのは2点で、まず地下水位が低下していくということ、これはサブドレンも凍土壁も同様だと思っています。それから、もう一点は、凍土壁を深く差し込むので、それによって被圧の状態が変わってくる、それによって地下水位の分布が変わってくるというところを、ちょっと時間軸を無視した乱暴な計算ですけれども、ああいったやり方でやっただけです。ですので、その2点につきまして、もし、もっと上の5層下で止めた場合には、この計算で、今、委員から御指摘いただきましたように、その当該層まで上から達したものだけという結果になります。

○嘉門名誉教授 沈下については問題はないだろうというふうに思いますし、保守的という言葉、何回も繰り返しておられますけれども、この程度のレベルだろうというふうに理解します。

それで、せっかく凍土遮水壁の造成の実証試験をされたので、それについてコメントさせていただければと思います。45ページに建屋支持地盤への影響検討という形で膨張の影響、測定結果を示しておられますが、これは、図面を拝見していると、四隅を囲まれて、海側のほうの壁の部分の内側、外側をされていますね。この実証試験では30mの深さまで凍結管を立て込まれてヨーイドンで凍結されたかと、こういう理解でよろしいのでしょうか。

○中村（東電） それで結構でございます。30mの深さまで刺して、それで凍結のスイッチを押したと。

それから、1点、言い漏らしましたが、こちら平面系は10m角、芯々で10m角でございます。

○嘉門名誉教授 壁の芯々ですね。だから、10m真角の平面で30mの深さまでやられたと、そういうことですね。10mって、現地ではそのの広さですけど、30mの深さから比べると、やはり狭い。予算の関係で、そこまでしかやられなかったと思いますけれども。

それで、この膨張の仕方を拝見していますと、やはり、これ地下水の流れが少し出ていると思います思うの。結局、地下水の上流側の方は、比熱が高いので凍結による氷の膨張の影響があまりなくて、下流側の方へ影響が出て30mmの変形を来したと考えられます。圧力としては、結構な圧力が出ていると。このときに、どれだけの地盤に圧力がかかったかというようなデータはないのですか。これは砂質土、粘性土というけど、一応、砂岩層、粘質岩層ですから、3cmの変位を及ぼすのは結構な圧力です。それは、測定されていない？

○中村（東電） 今回、変形関係では、傾斜計を用いまして……。

○嘉門名誉教授 傾斜計だけですね。

○中村（東電） ええ、やっただけで、圧力等は計測してございません。

○嘉門名誉教授 ああ、そうですか。そうすると、山側のほうの壁の要するに地下水が直接当たる部分と、その内側との変形量の差というのは、あるいは凍土壁のでき方の差ということになる。比熱が大きい地下水が直接当たりますので、凍結管でも同心円上にできるとはとても思えないのですけれども、その出来方なんかは検討されている例が多分あるのじゃないかなと思うのですけど、いかがでしょうか。

○高村（鹿島建設） 今日、この資料の中にはお持ちしなかったのですけれども、全体の資料の中に温度分布、凍結管周りの地盤中の温度分布というものを計測しておりまして、それで深度方向における凍結管からの壁圧のでき方、海側が大きいのか山側が大きいのかということを測定しております。それによると、偏差はほとんどないことがわかっております。

○嘉門名誉教授 変化がないという意味は、同心円上にできるという意味ですか。

○高村（鹿島建設） そうです。

○嘉門名誉教授 ああ、そうですか。

○高村（鹿島建設） それで、このグラフなのですけど、これ、実は見方が、左下にある水色の二重で囲われた青枠、これが凍土で、その中心部に向かってSL-1、外側に向かってSL-2、3とあるのですけれども、ここに示しているデータというのは凍土が、現状なので、全てでき上がっているのです。なので、地下水の流れって、このデータにはほとんど

含まれていないです。この内側と外側の違いは何かといいますと、先ほどちょっと御指摘されたとおり、10mというのがすごく幅が狭いので、内側に向かって押し出そうとするのがほとんど全部キャンセルされているのです。全て外側のほうに変形しようというふうなのがでていて、で、外側に向かって20mmとか30mmとかの変形がでていているというようなものになっています。

○嘉門名誉教授 出来上がったらそうなのですが、ヨーイドンで凍らすわけだから、当初は、地下水ですから大体、地域の平均気温、15℃ぐらいの水が流れているわけです。だから、山側のほうの直接当たる部分は温度が高いわけなので、通常考えても、そう簡単に凍らない。だんだん、時間がかかって凍っていく。凍ったことによってこういう変動圧を与えるわけなので、それで、出来形が、そんなに同心円的にできるのかなということもともと疑問でしたので、お尋ねさせていただきました。いただいた同心円的にできるという理解でよろしいのでしょうか。

○高村（鹿島建設） 現地で地下水流速が1日当たり10cmから20cm程度なのです。温度データを見ておきますと、確かに、地下水の上流側から下流側に行くほどやはり冷たい温度が流れていきますので、下流側の凍土のほうが造成しやすいという傾向は、おっしゃられるとおり、あります。ただ、それが10cm、20cmとか壁厚が中心から海側のほうに寄るとか、そこまでの影響はないということが得られております。

○高坂専門員 ありがとうございます。凍土壁の設置によって地盤支持力とか、地盤沈下への影響の評価について今日、議論していただいていると思うのですが、教えていただきたいのですが。耐震性から見ると、この凍土壁を造ることによって地下水が入ってくる量が変わるということですので、P波とかS波とか、減衰定数とか、上物に影響するような地盤とか地質の性状変化については、凍土壁というのは局所的に限られているので、ほとんど影響ないという評価なのでしょうか、その辺のところをどう評価されているのか。先の地震で、主に埋め戻し土の部分かもしれませんが、結構、地盤沈下が起こっているので、地震によって、いろいろ影響が出そうな気がするのですけれども。耐震性に与える凍土壁の影響、しかも局所的に不連続的な構造物が、地面の表面部分が中心ですけれども、35mの深さまでできてしまうので、それも踏まえて、耐震性の影響という意味で地盤とか地質への影響については、どういうふうに評価されているのでしょうか。

○中村（東電） お答え申し上げます。

資料の5ページにVS・VPの分布を示しておりますが、今回、30mは深いのですけれども、

実際に刺しますのは上から30m程度というところでございます。それで、その下の地震波が伝搬する過程においては、今回仮定したような条件で水圧が下がるからというものによる影響はわずかなものだというふうに考えてございます。

それから、支持力的には、先ほど申し上げたとおりでございます。

それから、あと敷地の中で地盤沈下というお話がございましたが、先ほども申し上げましたように、あのエリア、福島第一を含んだ広い領域において70cm低下ということはございますけれども、敷地の中でどこか局所的に大きく下がったというようなことは確認されておりませんので、それも含めまして、凍土壁をつくることによって建屋ですとか機器等の耐震性に与える影響はほとんどないものというふうに考えてございます。

○高坂専門員 質問の趣旨は、S波、P波、それから軸差強度というのですか、5ページにあったのは見ていたのですけれども、他に耐震性に係って、地盤定数とか、いろいろ解析モデル入力値があったと思うのですけれども、それらは、このS波、P波とか今回の軸差強度でほとんど影響ないということが見られているので、他の耐震上の影響はないということと考えるとよろしいですか。

○中村（東電） その他、せん断剛性ですとか減衰定数ですとか諸々使いますけれども、今回の凍土壁をつくることによって、それに対して大きな影響を与えるかということにつきましては、それはほとんどないというふうに考えてございます。

○高坂専門員 わかりました。それと、もう一つ、すみません。

先ほど、他の先生から御質問がありましたけれども、凍土壁ができて地下水位が随分下がったというのが解析結果がありましたけど、途中のどの段階がわかりませんが、例えば格納容器内に水を張るとかで荷重条件が増える場合もあると思うのですけれども、その辺の評価はどうされているのでしょうか。

○中村（東電） こちらにつきましても、先ほどの17ページの右下でございますように、もともと圧密降伏応力に対して、ワンオーダー下の(a)の時代から(b)の時代にいて(c)、(d)、(e)と遷移してきたということで、今後やる作業におきましても、それらの例えば重量の変動というものは、これの中、この辺りの変動の範囲内であるというふうに考えてございます。

○高坂専門員 17ページの図は原子炉建屋内が水を抜いて空になっているのですけど、これに、いろいろ廃炉に向けた作業で結構な荷重が原子炉建屋には加わると思うのですけれども。例えば、冠水の方法が用いられれば冠水荷重がかかるとか、それから、建屋内に大

量のコンクリート荷重が止水工事で随分追加されると思うのですけれども。もともと、ここに出ている値自体が裕度があるので、あまり問題はないと思うのですけれども、その辺のところは今回の解析の中で外挿というか、十分評価されているということでしょうか。

○中村（東電） 今回、凍土壁をつくることによって、どういう影響かということの評価しておりますので、今後やる作業によってという場合には、その時点で、また改めて評価いただければと思いますが、オーダー的には、例えば、原子炉建屋の中に30mの水が入ったとして、そのまま上載圧が増えるとするならば、3kgですので、今、有効応力が4kgのところから7kgにいくということになります。その周りの水位がどうかということによって、また間隙水圧も変わりますので、そこは一概に言えませんが、オーダー的にはそういうレベルですので、今後やる作業によって圧密降伏応力のほうに極端に近づくというようなことは考えにくいと思っております。

○更田委員 それでは、差し支えなければ、手短かに資料1で地下水流動の予測について説明をしてください。

○荻原（東電） それでは、資料1について御説明させていただきます。

現状と被圧地下水層が凍土遮水壁により遮断された場合の2ケースについて、地下水の流れがどうなっているか示すことという御指示をいただいております。資料については、最初のほうに解析の2ケースの結果をお示ししております。あと、後ろのほうに参考として、既に資源エネルギー庁さんのほうから御報告があったものですが、汚染水処理対策委員会の資料から抜粋した地質、それから解析のモデル等の概要について、つけさせていただきます。

解析のほうから、結果を直接、御説明でよろしいでしょうか。

スライドの1ページです。今回、2ケースの解析の結果をお示ししてございます。一つのケースとしては、全く地下水の対策を実施していないケースという無対策のケースというものです。もう一つについては凍土壁造成後ということで、そのほかにいろんな地下水の対策工があるので、組み合わせは非常にたくさんあって条件があるのですが、今回は凍土壁と、あと4m盤の薬液の注入については既にやっておりますので、それは外せないということで、薬液を注入した上で凍土壁を設けるといった2ケースについて計算結果をお示ししてございます。

この2ケースについて、建屋内の水位条件でございますけれども、無対策のケースにつきましては原子炉建屋はOPの4mから3m程度ということで現状と同等の水位、逆に、凍土壁

の造成後につきましては、凍土壁によって水位が下がっていきますので、建屋の水位がドライアップになった条件ということで計算をさせていただきます。

この2ケースについて、建屋の流入量でございますが、無対策の場合、現状400m<sup>3</sup>程度、それに対して凍土造成後160m<sup>3</sup>程度になるという結果になっております。このうち、1～4号機の建屋につきましては、310m<sup>3</sup>が30m<sup>3</sup>まで減るという計算結果になっております。逆に、1、4号機以外の建屋、プロセス建屋、高温焼却炉ですが、これにつきましては90～130増えるようになっておりますが、これは建屋の中の水位を下げておりますので、外の地下水とのギャップが大きくなって、逆に、そちらのほうが大きくなるという結果になっております。従いまして、そちらについては、今回は凍土壁だけですけれども、サブドレン等の対策と併用して流入量を減らすということになると思います。

1枚めくっていただきまして、2ページ目に解析の結果、2ページ目と3ページ目、見開きで見いただきますと、上下で無対策のケースと凍土壁を設けたケースということが比較できるかと思います。2ページ目、左側が上部の透析層、中粒砂岩層の水面の分布及び流向を示したものでございます。中粒砂岩層につきましては、建屋が位置しておりますので、その建屋を避けるように水が流れるような形になっていることがわかると思います。基本的に、流れは下側の山側から海側へ流れている中で、建屋の構造物の影響を受けながら、それを避けるように流れていくという結果になります。

右手のほうですが、これは互層部の水圧の分布です。水の流れにつきましては、互層部はほとんど建屋の下を通っていきますので、その影響をほとんど受けずに山から海のほうへ流れていくという流れがわかるかと思います。水圧についても、山から海のほうへ低下していくという傾向が見られると思います。

これに対して、3ページ目が凍土壁を造成後の結果でございます。凍土壁で囲まれた中の水面、互層部については水圧ですが、それが大きく低下しているということがわかるかと思います。また、互層部につきましては、今まで建屋の影響なく山から海へ流れていたものが、凍土壁で遮断されますので、凍土壁を迂回するような流れになっているということがわかると思います。

1枚めくっていただきまして、4ページ、5ページでございますが、これは断面図で示したものでございます。地質の断面図の中に流向、地下水の流れの向きを示したものでございます。4ページ目、上の方ですが、左手山側から海のほうへ流れていく、基本的に山から海のほうへ流れていくということがわかると思います。また、建屋の山側でせき止めら

れた形で地下水が、中粒砂岩層ですけれども、高くなっていて、建屋の海側では低下しているという結果が見てとれるかと思えます。

一方、5ページですが、凍土遮水壁を設けた後でございます。凍土遮水壁を設けることにおきまして、凍土遮水壁の中の水面が大きく低下している、4ページと比べて5ページのほうが大きく低下しているということがわかるかと思えます。また、せき上げられた水が凍土壁の下を回っていくような流れが生じているということがわかるかと思えます。凍土壁については、透水係数を0と設けておりますので、凍土壁を横切っていく水はございません。従いまして、凍土壁で囲まれた中へ入ってくる水というものは、凍土壁の下側を回ってくる水、及び降水による水というものが入ってまいります。入ってきた水が建屋との水差、今回はドライアップしておりますので全く建屋の中は0になっておりますが、出口としては建屋側へ入っていくということで水のバランスができております。

凍土壁につきましては、これ、深さをどこまでするかといったときに、凍土壁、できるだけ深くしたほうが下から回ってくる水が少なくなるという傾向があります。また、どこまで深さと言ったときに、互層部、濃い緑色のところですが、そこで止めるとなると、この互層部と、その下の細粒砂岩層という薄い層がありますけど、その間、わずかな距離の間で止めなければいけないということもありますので、施工の管理上、一番下の第4の泥質部まで入れるのがいいだろうということで、第4層まで入れるという計画になってございます。

あと、次、6ページ、7ページ、8ページ、9ページ、10ページ、11ページと、2号機、3号機、4号機という、それぞれ絵を示してございますが、1号機と大きく変わるものではございませんので、説明はここで簡単に終わらせていただきます。

○更田委員 今の地下水流動、ほかのものでも結構です。

○角山特別顧問 議論の流れの腰を折ってはいけないと思って発言を控えていたのですが、福島からの意識を御紹介するのも議論の方向性を位置づけるのに私は大事かと思って、ほんのちょっとお話ししたいのですが、2週間前、TMIへ行って汚染水等を議論してきたのですが、御存知のように300万ガロンの最終的な汚染水が出て、川に流せないで蒸発させたわけです。300万ガロンというと1.2tなので、福島の1カ月分なのです。3年分ですから、もうTMIの40倍たまっているわけで、TMIの担当者から日本は一体、何をやっているのかという、私の意識では、水攻めに遭っているのに小田原評定をやっているような感じで、非常に福島の住民の意識という視点から言うと、時間をもっと大事にできないかなと思う強

い思いがあるのです。

3月末から凍土壁に対する議論が始まりましたけど、正直言って、規制庁からドライアウト、ドライアウトというちょっと奇異な発言があって、多分、有識者の方は苦笑いしていたと思うのですが、前回の地下水位の話も、これは去年やっているような議論ですよ、土木の専門家は。本日、確かに、土木の方が見ていただいて、沈下は全体として問題はないという確認が、これでできるのかと思うのですが。

福島の県民会議やなんかの議論で聞いていると、そういう視点では全くなくて、凍土壁ですと、例えば、実際、アルプスでは次々と初期故障が起こって止まっているわけです。ここの検討会でも御発言いただいた典型的な……、テフロン耐放射性とか。ですから、その経験を踏まえると、凍土壁に関しても、デザインレビューの面まで踏み込んだチェックをしないと、実際に役に立つ、住民が安心するような議論には、私、つながらないんじゃないかと思うのです。実際、塩化カルシウムの水溶液を使うのであれば、皆さん御存知のように、道路で車が腐食とか、そういうことに起因するわけですから、システム全体としての腐食とか、そういう異金属の接合部のチェックとか、デザインレベルまで踏み込まないと、ちっとも安心できるシステムがつかれないと思うのです。

あと、もう一つ県民会議で、ちょうど今日はお出になっていない福大の渡邊先生が指摘していたのですが、ここの検討会で議論された境界の線量値、前、あの当時、8ぐらいだったのが、9.7か、結構上がっていると思うのです。それで、渡邊先生が議長として規制庁から出ている方に、東電に策がないのなら規制庁から何か提案すべきではないかというお話がありまして、もっと現場に役に立つ議論をぜひプライオリティーを上げてやっていただければありがたいと思って、ちょっと全体の流れを阻害したかもしれませんが、発言させていただきました。

○更田委員 ありがとうございます。

ほかに御意見、どうぞ。

○徳永教授 ありがとうございます。地下水流動解析の結果、最初、ちょっと読みにくいと思っていたのですが、御説明いただいて、どういう計算をされて、どういう結果を得ているかということはわかりました。先ほどの最初に聞いたときの質問に関することですが、これ定常計算だと思うのですが、定常計算でよろしいですね。

○荻原（東電） はい、定常解析です。

○徳永教授 じゃあ、定常状態になったとしたら、こういうような流れ場になるということ

きの水頭分布が深さ方向にどうなっていて、それが静水圧的な保守的な検討をしているというのと、どれくらい違っているのかと。それで、どれくらいの保守性を保っているのかというようなことが、ある種、この計算に基づくとすれば議論ができるので、安心感を持っていただけるような提示ができるのかなという気がするのですが、そのあたりはどれくらい検討されているか、ちょっと教えていただけますでしょうか。

○荻原（東電） 計算の結果は当然ありますので、水頭の分布を出すことはできます。

○徳永教授 先ほどの質問にも関わるのですけれども、4層以降の沈下がどれくらいあるかという質問を差し上げたのですが、その影響に比べて上の変形の見積もりが十分に大きいということであるとすれば、それはそれで一つの提示の仕方だという気がするのですが、どこまで明らかになっているかということも含めて、一回取りまとめられるとよいかなという印象を持ちました。

以上です。

○中村（東電） 承知いたしました。そのあたりも含めて、確認はしておるのですけれども、そのあたりもお示しするように考えていきたいと思えます。

○嘉門名誉教授 地下水流動予測のデータというか解析結果を示していただいて、ありがとうございました。図面を拝見しますと、平面の流向分布、それから断面の流向分布ですが、この矢印を見ると、水がこういうふうに流れていると誤解をしがちです。実際の流れは流速が問題なので、地層ごとに全然オーダーが違うのです。泥質層なんていうのは、流れのスピードからすれば100分の1ぐらいのスピードでしか流れない。砂岩層だと、どんどん流れると。ですから、こういう図を一般に示そうとするときには、誤解を与えないように。流向はこうだけど、実際の流れの速度は全然違いますよということを書かないと。凍土壁を30mも深い泥質岩まで打設しているので、ほとんど上に流れる流れなんていうのは起こり得ないのです。ですから、方向はそうだけれども実態は違うので、幾ら保守的と言っても誤解を与えるようなことは書かないほうが良いと私は思いました。

○荻原（東電） ありがとうございます。砂岩層と泥岩層は透水係数が3オーダー違っていて、それで流速で書かせようとする、砂岩層だけ長いベクトル、逆に泥岩層は全く見えないじゃないかという御指摘もあるかと思ひまして、両方わかるような、流速で関係ないというところで絵を描いてしまいました。御指摘のことも踏まえて考えさせていただきます。

○中井教授 今の地下水の流動なのですけれども、今の資料の1ページ目に建屋流入量と

いうのがありまして、400tが160tに減るといことなのですけれども、この160という数字は浸透流として下から来るのと、それと雨水と両方なのでしょう。

○荻原（東電） 凍土壁で囲まれるのは1・4号機の建屋ですので、1・4号機の建屋への流入量というのは、この解析上、もともと310tであったものが30tまで減らせるということでございます。この30tの出所はどこかという、凍土壁の下を回ってくるものと、あと雨水、両方考えております。

○中井教授 そうしますと、下から来るというのは、透水係数によって計算された値という理解でよろしいですか。

○荻原（東電） そうです。

○中井教授 そうしたら、ちょっと経験上、申し上げますけれども、こういうかたい土ではありませんで、もっとやわらかいというか緩い砂とか粘土とかの話の経験で、今、首都圏では3年前の地震で液状化が起りまして、その対策の一つとして地下水低下というのは聞いたことがおありだと思っておりますが、その実験の経験から申し上げますと、透水係数で計算するよりは、ちょっと多めの水がどうも下から来る可能性がありますので、そのことは考慮に入れておかれるのがよろしいかなというふうに思います。

以上です。

○中村（東電） ありがとうございます。そのあたり、勉強して、よくチェックしていきたいと思っております。

○更田委員 ほかに、よろしいでしょうか。

○桑野教授 今のお話にちょっと関係するのですが、今回、特に地盤の変状ということが主な対象だと思っております。上向きの流れが主に生じるということですから、上向き浸透力みたいなものがあつたとしても、有効応力は増える方向ではなくて減る方向だろうと思っておりますし、多分、それも無視できるぐらい小さいのだろうなと思っておりますけれども、その辺を、どこかにあつたような気もするのですけれども、御明示いただくとよろしいかなと。

それと、先ほど嘉門先生から御指摘がございましたように、実際の流量と、それから矢印がなかなか、ちょっと誤解を呼ぶところかなとも思うのですけれども、私自身のこれも感想なのですけれども、矢印が凍土壁の領域の外に向いていないというのが非常に大切なのかなと。それがはっきり、ここで示されていることが大切で、そういう点ではよろしいかなと思っておりますけれども、一方で、全体として単純な地下水の流れと、あと移流・拡散のようなものを考えたときに、時間的なものも結構長いのですので、流れ以外のそういった

成分はどのようにお考え——考える必要があるのかどうかも含めてですけれども。透水性が低いかなと思いますので、あまり拡散ですとか、そういうことは必要ないのかなとも思うのですが、何か御検討しておられますでしょうか。

○荻原（東電） 拡散というのは、放射性物質の拡散ということ。今回、やっている解析上は、放射性物質を含んでの解析はしてございません。原則として建屋の滞留水が外へ出ていかないということで、滞留水と外側の地下水のバランスを保っておくという形で考えております。

○桑野教授 先ほども申し上げたように、ベクトルの方向が基本的に内側に向いているということが、やっぱり、そういう意味では重要だなというふうに思いまして。それが、仮に拡散するようなことがあっても、十分に内側に向いているのであるということであれば、実際には私、問題にならないだろうとは思っているのですが、一応、ちょっとお聞きしたかったということでございます。

○中村（東電） 御指摘ありがとうございます。私どもとしましては、建屋の中にたまっています汚い水を外に出さないということは大前提ですので、今回の計画をするに当たりましては、凍土壁ができることによって、そういう流れが起きないだろうということは確認をしております。そして、先生御指摘のように、流れも内向きになっているからと。それとあわせて、建屋の水位よりも周辺の地下水を高くする、それよりも凍土壁の外側の水位を高くするというような水位管理も考えておりますので、それによりまして中の放射性物質が外に出ないようにすることは十分管理していきたいというふうに考えてございます。

○更田委員 よろしいでしょうか。全体にわたって、ほかに御質問、御意見があれば。

○嘉門名誉教授 全体でということでございますので、私の以前からの考えをちょっと述べさせていただきます。凍土壁が有効でないとは申しませんが、もともと私は凍土式の遮水壁は反対でございます。私は地盤改良について以前から研究しておりますが、わが国の地盤改良技術は、世界で冠たる技術でございます。凍結工法で水を止めるということはもちろんありますが、それ以外の遮水壁工法がいろいろありますので、少なくとも山側は、従来工法できちっと半永久的に遮水するべきであると考えます。地下埋設管があるのでなかなか難しいということでございますけれども、30年、50年にわたって50cmぐらいの厚さの壁で水を止めるということは、これまでの技術として確立されております。

従来、凍結工法というのは仮設工事に使われてきました。しかし、今回の凍結は、仮設と言いながら短くて7年、長ければ10年以上継続しなければなりません。少なくとも廃炉までは10年では済まないでしょう。凍結をやめた後、原子炉建屋あるいはタービン建屋の下部地盤は、汚染物が残留している危険性が極めて高い。そうすると、10年後になっても残留している可能性はある。地盤中に漏えいしたものは取るわけにいかず、浄化は極めて難しい。そうすると、凍結が解除されますと、これは必ず溶出します。そうすると、そのときに残留していた汚染物は下流へ漏えいするわけですから、それを抑えることもやはり重要でございます。今回遮水壁施工をやられるとすれば、そういう地盤中に残留する汚染物に対する配慮もぜひやっていただきたかったなど、こう思います。

いろいろな遮水工法があるので、凍結ができた後でも、半永久的に汚染物を外へ出さない遮水構造をまた御検討いただければと思います。基本的には、山側は従来工法で、海側の方の遮水壁の部分は、海に近い部分は冷却水とかのパイプが、より山側よりも多いので、凍結でもやむを得ないかなと思っております。ましたのの要するに、複合的に多くの種類を組み合わせてやる。そういうことをできる技術者も、あるいは会社も多ございますから可能です。

日本で凍結工法をやっている会社というのは、たった2社しかないのです。今回は1社でやることのようにございますけれども、そういう意味では、やはりオールジャパンで地下水を止めるということに取り組むべきだと思います。なぜ凍土式遮水壁工法に限定して検討されたのかという点を疑問に思いますので、あえて発言させていただきました。今さら変えるというわけにはいかないと思いますけれども、今後の手当てを、ひとつ、よろしく願いいたします。

○松本（東電） 御指摘ありがとうございます。先生がおっしゃられるとおりで私どもも思っております。現状の現場の作業環境、放射線量も含めた、そういった視点からも、施工性ということなどはかなり重視をした選択ではあるかと思っております。それから、極めて長い期間にわたって、しっかり管理をしていかなきゃいけないということについても、もう先生の御指摘のとおりでありまして、追加的な対策も、状況がどうなっているかということも、これから把握をさらにして、必要な対策を追加的に検討して、しかるべき時期までに対応していくというふうに考えております。よろしく願いいたします。

○角山特別顧問 今、先生のほうから凍土壁の課題というのはお話があって、私も、7年使うといっても、普通、設計するときは、その倍ぐらいもつような余裕を持って設計しな

いろいろなトラブルが起こると思うのです。そういう意味で、ごもっともな私は御指摘だと思っておりますが、それにつけても、そういう試験装置を私は規制側もきちっと見るべきだと思っております。時間がないですから、場合によっては規制側が別途試験をやるということとはよくあることですが、今は、そういう時間のない状況で物事を進めていかないとはいけません。やはり県民会議で規制庁の方から、見に行くと推進側に見られるというのですが、そんな馬鹿なことはなくて、私がメーカーでやっていたときは、試験装置をアメリカのNRCが見に来て、本当に1週間ぐらい、計測器から全部チェックして帰ったのです。むしろ積極的に見ていただいて課題を摘出していただいて、ALPSのようなトラブルが起きないようにいろんな方の知恵を出していただかないと、本当に落ちつかない状況ですので、そういう視点でぜひ検討いただければありがたいと思います。

○東教授 全体的な感想になるのですがけれども、我々が一番心配していたのは、地盤沈下とか、そういうことがあまり専門的ではなかったもので、専門家の人の意見を聞きたかったというので、今日は非常に、説明もありましたし数字的にいろいろ出て、大体、沈下は大丈夫なんじゃないかなという感触を僕は個人的には思いました。やっぱり一番大事なのが、福島県民になるべくわかりやすく簡単に安全だという説明をしてもらいたいなというので、それで、すごく期待しているわけです。やはり時間がそんなに何十年もあるわけではなくて、もう既に3年経って、あと1、2年ぐらいでも待てないぐらいの状況にどんどんたまって線量も上がってきているという状況を考えると、私は、今日のお話でどういうふうに理解したかということ、ある程度、計算上では、多分、許容値に比べて20倍以上の安全率があるのじゃないかということは、とっさのときに始まってもしめられるのじゃないかという確証がとれたかなと。要するに、始まったら、もう二度と戻れないのじゃなくて、やはり作業の途中できっちりモニタリングをずっとしながら、沈下量とか、そういうものを見ながら作業をし始めても、もし最悪の場合でも、いざとなったら、後戻りというわけじゃないですけど、止めることができるという数字が、今日、出てきたのかなというふうには思っていました。

全てに関して基準値というのはすごく難しいとは思いますが、ある程度のところで動かないと、いつまでたっても進まなければ、一番困るのは、あそこに物すごい汚染物がたまるだけなので、何とかあそこの線量を下げて、働く環境もあると思うのですが、そのためには今日は非常にわかりやすく。本当に、専門じゃなかったのも言えない状況だったのが、専門の方々が、ある程度、断定は多分できないとは思いますが

ども、いろいろ指針を出していただいたのは、個人的にはすごくよかったかなと思います。

感想なのですが、以上です。

○更田委員 ありがとうございます。

ほかに、御意見はありますか。

○高坂専門員 すみません。ちょっと腰を折るつもりはないのですが、今後の汚染水対策WGとか、あるいは監視・評価検討委員会で検討していただければいいのでしょうか、3ページの図を見せていただいたので気になったのですが、特に、中粒砂岩層も互層部も、2ページの絵に比べて、凍土壁の内側に囲まれたエリアは心配ないのですが、その南側の共用RW建屋と言っているHTI、高温焼却炉建屋とか、サイドバンカー建屋とか、凍土壁の外側の建屋のところの周りの地下水位が上がります。

1ページの表を見ていただくと、凍土壁は、県民としては、これをつくることによって建屋内の流入量ができるだけ0に近づけていただきたいということですが、表の建屋流入量を見ると、凍土壁ができた後も160tまで減るとのことですが、相変わらず140tは減らないとしています。この中には、1~4号機分の建屋分が310tですから、それ以外の今、申し上げた南側の建屋の流入量が100t近くあるということと、それからカッコ内の30というのが多分、凍土壁内に降った雨とか、それから屋根から入ってくる建屋に入る量、雨水です。今後の検討では南側の建屋周りの止水を完璧にやるとか、その周辺のサブドレンを有効に活用して地下水流入量を減らさないと、凍土壁で囲んだ建屋への地下水の流入量低減により汚染水の増量はかなり抑制効果があると思うのですが、南側の共用建屋とかRW建屋のところにある100t近くのものが今後、増えていく恐れがあるので、その対策は、この会合とは別に汚染水処理の検討をするときに、雨水の処理も含めて、十分検討していただきたいと思います。

○中村（東電） 御指摘のとおりでございまして、今回の凍土壁は1・4号機のリアクタービル、タービンビルに入っています310tをいかに減らすかという対策でございまして、御指摘の南側にあります廃棄物処理系の建物の分は凍土壁の外になってございます。ただ、こちらにつきましては、現在、大体、どこから水が入ってくるかというあたりがわかってきていますので、その止水対策を順次進めているところでございます。いずれにしても、そのあたり、しっかり進めて皆さんに御安心いただけるようにしていきたいと思っております。

○中井教授 途中で凍土壁を、途中でというのは、議論の途中で、どなたか先生がおっし

やっていたけれども、凍土壁を設置することによって建屋の耐震性がどう影響するかというお話があったかと思うのですが、今まで議論されたのかどうか分からないのですが、今後されるとしたらというか、されていなければ、されたほうがいいかなと思うのですが、多分、大きな影響はないとは思いますが、建屋側からすると、地震のときの逸散減衰がこれによって多少減りますので、建屋の応答的には、やや振り側かなという気がしないではない。凍土壁の剛性にもよりますけれどもね。それと、入力そのものが多少減るという効果もありますので、どちらが勝つかわかりませんが、建屋の耐震性も多分、地震によって、地震というか事故によって起こっているでしょうから、一応、検討されてはいいかという御意見です。

○中村（東電） そのあたり、これ、凍土壁をつくると、例えば埋め込み効果がなくなるのではないかというような御指摘もあったこともありまして、地盤まではチェックしまして、ほとんど影響がないということは確認してございます。ただ、凍土壁の物性をどう考えるかですとか、凍土壁が一様につながっていればいいのですが、壁がある状態でどう評価するかというあたりはありますけれども、そこも、かなり大胆な仮定ではございますが、確認はしてございます。

○徳永教授 今日のお話を伺って、準備がされているということはよく理解したのですが、どういう現象が起こりそうかということについて、いただいた資料ですと、凍土壁の山側のところは例えば法尻のところから水が出てくるかもしれないとか、そういうようなことも評価されているというのは理解しています。そのときに、この事業をやるというふうになって進められたときに、先ほどの先生の話にもありましたけれども、モニタリングして、正しく物事が進んでいるかということは、想定はできると思うのです。そのあたりをきちんと、モニタリングとかをしていただきつつ、問題がなく進んでいるということも示していただきつつやるということが、地域の方々にも安心をしていただきつつ適切なことをやるということかなというふうに思いますので、ぜひ、こういう解析の結果とか今までの検討の結果を使った適切なモニタリング計画みたいなものも進めていただければというふうに思います。

○中村（東電） ありがとうございます。御意見を踏まえまして、モニタリングの計画に反映していきたいと思っています。現在のところは、あくまでも凍土壁がきちんとできる、きちんと機能できるという観点でやっていますけれども、本日の議論も踏まえまして不足がないかなども確認していきたいと思っています。

○更田委員 ほかに、よろしいでしょうか。

今日は、凍土方式遮水壁に係るいろいろ論点はありますけれども、地盤沈下に絞って議論をしていただきました。この凍土方式遮水壁については、まだ幾つもの論点が残っていますので、今後とも、この監視・評価検討会も含めて確認を進めていく必要があると考えています。

一方で、私たちが副作用、遮水壁を設けることで、かえって悪さをするのではないかと、いって最も懸念していたところの地盤沈下については、その程度について、本日、概ね確認ができたというふうに考えています。このため、東京電力において凍土方式遮水壁について一部工事に着手する考えがあるのであれば、規制委員会としては着手を妨げるものではないというふうに考えています。ただし、着工に当たっては、事前に原子力規制庁に説明をしてもらいたいと思います。

それから、今回、遮水壁、A4、3枚の紙で申請をされてしまって、実施計画の認可が3枚の紙に対して、どうしたものかというところにちょっと苦言を呈しておきたいと思うのですが、この監視・評価検討会での議論等を通じて、その安定性等々に関して説明がされつつあると考えていますので、この現行の実施計画に対する変更に関しても早急に認可を受けるように対応を進めてほしいと考えています。

一応、規制委員会としては、まだ、当然のことながら、この計画全体に対する認可に向けては幾つかの時間が必要なわけですが、当初、6月の着工という話が伝えられていたので、これはいろんな意味で、いろんな要素を勘案すると、例えば現場の士気であるとか、いろんなことも考えると、これを着工そのものを妨げる要素があるというふうには今は考えていないと思っていますが、御意見があればお願いします。高坂さん、御意見はありますか。

○高坂専門員 今日の議論で、一番気になっていた地盤沈下とか地盤支持力の問題がほぼ問題ないということが見えたので、県側としては、先ほど角山先生が言われたように、できるだけ早く凍土壁を有効なものにしていただきたいところでありまして、着工については、問題がないと思います。

○新川室長 ありがとうございます。まだ、御指摘のように、論点が幾つか残っているというのは、そのとおりでございまして、それもきちんと御説明して最終的な凍結に入る必要があるとは思っておりますけれども、6月からの着工に向けて現場の工事の調整等も進めてきているところ、もし東京電力から工事に着手する予定ということで事前に御説明を

し、御了解いただけるということであれば、工事に入らせていただきたいというふうに考えております。

○更田委員 東京電力から、何かありますか。

○姉川（東電） 我々としては、きちんと申請をすることはもちろんですけど、汚染水を拡大しないということが極めて重要な自分たちのミッションだと思っておりますので、今回、少し我々のもとの説明が足りないところで時間をとってしまいましたので、この点は今後改めるにして、今日、先生方に御確認していただいたことを含めまして、着工についても前向きに進めさせていただきたいと思っております。

それから、先ほどの御意見の中に、凍土壁については一つの選択肢、現時点での有力な選択肢として我々は思っておりますが、この後の状況については随時、環境の改善に伴いまして、そのときそのときでベストの方法というものは、また変わっていくものだと思っておりますので、そのことを踏まえながら状況を随時改善するように今後とも努力を続けたいと思っております。よろしく申し上げます。

○更田委員 実施計画の変更申請や規制庁に対する説明も、もちろんしっかりやっていたきたいと思えますけれども、さらには、角山先生、東先生からも御指摘があったように、ここで説明をされた内容というのを、なるべく地元の方にうまく伝わるように説明をしていただきたいと思えます。

それでは、よろしいでしょうか。

それでは、御議論いただきまして誠にありがとうございました。このほかの論点について、改めて監視・評価検討会、続けていくこととなりますけれども、日程等々については改めてお知らせをすることにいたします。

それでは、本日の特定原子力施設監視・評価検討会を以上で終了いたします。ありがとうございました。