

地震調査研究推進本部政策委員会調査観測計画部会 第6回海域観測に関する検討ワーキンググループ議事要旨

1. 日時 平成29年6月26日(月) 10時00分～12時00分

2. 場所 文部科学省 17F1会議室
(東京都千代田区霞が関3-2-2)

3. 議題

- (1) 次期ケーブル式海底地震・津波観測システムの検討について
- (2) その他

4. 配付資料

- 資料 海観6-(1) 地震調査研究推進本部政策委員会調査観測計画部会海域観測に関する検討ワーキンググループ構成員
- 資料 海観6-(2) 次期ケーブル式海底地震・津波観測システム整備の基本的考え方
- 資料 海観6-(3) 次期ケーブル式海底地震・津波観測システムについて(青井委員提供資料)
- 資料 海観6-(4) 次期ケーブル式海底地震・津波観測システムのあり方について 中間とりまとめ(骨子案)
- 参考 海観6-(1) 第5回海域観測に関する検討ワーキンググループ議事要旨
- 参考 海観6-(2) 海域観測に関する検討ワーキンググループでの審議事項について

5. 出席者

- | | | |
|-----|-------|--|
| 主査 | 長谷川 昭 | 国立大学法人東北大学名誉教授 |
| 委員 | 青井 真 | 国立研究開発法人防災科学技術研究所観測・予測研究領域地震・火山防災研究ユニット地震・火山観測データセンター長 |
| | 尾崎 友亮 | 気象庁地震火山部管理課地震情報企画官 |
| | 加藤 幸弘 | 海上保安庁海洋情報部技術・国際課長 |
| | 小平 秀一 | 国立研究開発法人海洋研究開発機構地震津波海域観測研究開発センター長 |
| | 篠原 雅尚 | 国立大学法人東京大学地震研究所教授 |
| | 堀 高峰 | 国立研究開発法人海洋研究開発機構地震津波海域観測研究開発センター地震津波予測研究グループリーダー |
| | 前田 拓人 | 国立大学法人東京大学地震研究所助教 |
| 事務局 | 谷 広太 | 研究開発局地震・防災研究課課長 |
| | 松室 寛治 | 研究開発局地震・防災研究課防災科学技術推進室長 |
| | 中村 雅基 | 研究開発局地震・防災研究課地震調査管理官 |
| | 和田 弘人 | 研究開発局地震・防災研究課地震調査研究企画官 |
| | 根津 純也 | 研究開発局地震・防災研究課課長補佐 |

6. 議事概要

- (1) 次期ケーブル式海底地震・津波観測システムの検討について
- 資料 海観6-(2) に基づき、「次期ケーブル式海底地震・津波観測システム整備の基本的考え方」及び今回の流れについて事務局より説明。
- 資料 海観6-(3) に基づき、青井委員より説明。主な意見は以下の通り。

長谷川主査：置かれている場所を確認しておきたい。これまで第1回目、2回目で青井、小平、篠原各委員から、次期システム案について発表いただき、今回はそれらを踏まえて青井委員から3つの案を発表いただいた。今後具体的な案を詰めていくという場所に我々はいる。全体の時間的な位置付けというのも含めて議論していきたいと思う。青井委員の発表について御意見、質問はあるか。

小平委員：いろいろ意見はあるけれど、結論的に言うと、個人的には本日御提案いただいた A、B、C の中で、伝送ケーブルの中にセンサーを埋め込むというような意味でのインラインシステムをベースにした A 案、B 案というのは、あまり支持できない。それはおそらくいろいろなところでこれまで議論してきたことの繰り返しになるため、本日は細かいことは言わないが、大きいことを 2 つ挙げるとすると、このベースは東北沖に設置している S-net で、長大なケーブルの中にセンサーを埋め込んでいくというものだと思う。そのデータ品質に関して、例えば地震計のノイズ問題や水圧計の感度について議論がされている。データ公開がなされておらず、第三者がデータ品質を見ていない状態で類似システムをまた検討することは、少し時期尚早で順番が違うのではないかということが一つの意見。一方で、これはもう S-net と切り離れて、全く新しいインラインシステムということだと、今度は開発の問題やコストの問題で、あるいはフィージビリティの問題で、非常に不確定性が見えてきてしまうところもあるのではということが一つの懸念。それからもう一つは、これも前々から色々なところで言っているが、南海のシステムの場合は、おそらく 30 年、50 年と使い続ける。そうすると当然センサー、システム等の問題や進歩があって、センサーなりの置換というものを考えなければいけないため、システム全体がセンサーの置換性をしっかり念頭に入れたものでなければいけないと思う。センサーを換えるときに、ケーブルにつながった全システムの交換は、恐らく防災の観点から極力避けなければいけない。そういったことを考えてくると、A 案、B 案というのは置換性の問題で、やはり少し検討すべきところがあるのではないかということがある。その他にも色々な議論を今までしてきたと思うが、大きくはその 2 つの理由で私としては A 案、B 案は支持できないという意見。

長谷川主査：青井委員から何かあるか。

青井委員：そういったお考えがあるということは分かるけれど、2 番目に挙げられた問題については、完全にノンストップのシステムということはなかなか難しいと考えている。スケジュールのある工事で、それほど長くない期間止まるものについては、気象庁とも様々な協議をしながら、陸域の観測も、あるいは複数ノードであれば残りのノードを使いながら、警報に与えるインパクトを最低限にしつつ運用していくということになるかと思う。どのようなシステムをとっても、今は完全多重化をしないという状況で、防災に対して 100% 言うということは非常に難しいと考えている。1 番目については、データ公開がまだ完全にオープンな状態にはないという御指摘かと思うが、まだ S-net の運用が始まった時期のため、なかなか難しい面もある。気象庁や東京大学地震研究所、海洋研究開発機構についてはデータを送って見られる状況にある。少なくともこの議論の場にいる皆さんはデータのクオリティを見られる状況にあるとは認識をしている。

尾崎委員：気象庁だが、今の話題とも少し関連してくるが、先ほど次期システムに必要な技術開発要素の中で、振動に強い津波センサーの開発等があったと思う。去年の 11 月 22 日の福島沖の地震やそれ以外のものでもそうだが、まず波源域でしっかり測れるかどうかというところにまだかなり不確定要素があるという印象が非常に強い。そこは原理的に困難な面もあると思われる。前回この会議で水圧センサーの御紹介があった際に、センサー内部のブルドン管の変形があった場合津波と区別がつかない可能性があるといったようなお話もあったかと思う。そういったことも含めて、波源域や揺れが強い中で津波がしっかり測れるかどうか。それをクリアする上でこの振動に強い津波センサーの開発は、おそらく一つ避けて通れない部分だと思う。そういったことも含めて、どれぐらいの進捗が見込めるのか少し不確定要素があるところもあると思うが、原理的な限界、あるいは技術的な限界も踏まえながらしっかり進めていただきたい。本件、データ提供側の防災科学技術研究所で進めて頂きたいが、一方、現在 S-net のデータは研究目的ではまだ公開されていないと承知しており、データ公開を早めに行うことでこうした研究が進むといったこともあるのではないか。防災としてうまく使えるようなデータとなるように気象庁としても可能な協力はしていきたいと思うが、提供者側としてそこは是非進めていただければと思う。

堀委員：私からは、前からクオリティーについて色々コメントしてきたつもりだが、先ほどの青井委員の御説明の最後に、海域は陸域に比べるとどうしても同様のクオリティーは難しいとあった。つまり、例えば全部長期坑内計測で測らなければいけないようなコメントがあったが、やはり全点が KiK-net のような 100m 以上のボアホールの中での観測が難しいことはおっしゃるとおりだと思う。しかし、少なくとも K-NET に対しても各点、陸域ではそれぞれ全ての点に対して地質調査や特性の調査を行っている。そういったこともされて、やはり基盤観測網を陸から海に広げるということを考えると、少しでも陸域に近いクオリティーのものを海域でも実現する、そのための努力を最大限払うことは非常に重要だと私は考える。そういった意味で、各点、もうノード方式であれば、何十メートルということは無理にしても 1 点 1 点穴を掘って、そこで埋め戻すことができるため、しっかり地盤とのカップリングが保証された形で波形を取得することができる。また、先ほど機器の置換の話が出たが、陸域ではもう既に過去 20 年、K-NET、それから KiK-net も 10 年以上あって、その間で K-NET は 2 回、KiK-net では 1 回更新されている。その更新の理由はネットワークの性能等色々あると思うが、やはり性能としてどれだけしっかりした波形を取るかというところで、地震計をより高性能かつ信頼性の高いものへの置き換えるが陸では行われてきた。やはり海域についても、可能な限りそれに近いことを実現する努力はすべきだと思う。それはノード方式であれば可能で、やはりクオリティーを考えた場合に、可能な場所に関しては ROV を用いたノード式で、地震計を一つ一つ設置していくという模式をとるべきであると思う。また、これまでも観測項目についていろいろな議論があったわけだが、ただ何か海で特別な観測をしようということを中心しているわけではなく、やはり陸域と同程度の観測をできるだけ、可能な限り実現するところを目指すということ。それも今まで S-net を引いたときにはまだ DONET2 も一緒に始めていたような形で、ROV での設置もまだそこまでポピュラーではなかったが、現在、日本だけで特別そういったことをやっているわけではない。例えば、海洋研究開発機構では共同研究でトルコでも海底で ROV を使って機器の設置や改修といったことも行うことができる。特別なことでもないため、やはり陸域に近い観測が可能なのであれば、できる限りそれを実現したい。どうしてもできないところに関して、例えば先ほど御説明にあった浅いところや、演習海域のようなところではインライン方式を行う形でやるべきだろうと考えている。また、そういった本当に陸に近い観測をする必要性は、陸域に関しては必要だと。数年や数十年に一度の極めて頻度の低いイベントを確実に記録することが重要だということは、青井委員も学会でも発言していたが、それは陸だけではなく海でも本当に重要なこと。まして世界的に見ても、海で強震波形を面的に取ることは日本でしかも実現できないことだと思うので、それは是非実現すべき。そのためにこそ国費を投入すべきだと思う。

篠原委員：インライン方式と拡張分岐ノード方式を複合する意見はもっともだと思うが、今御提案があったものは、インライン方式というよりケーブルにノードが入っていてプラグが付いているという私が提案したような形だが、やり方としては DONET 方式にインラインを生やす。要するに、今の資料だと 5 ページにある小平委員の資料のような方式というものもあると思うけれども、それは何か理由があって、今回の提案には入っていないのか。

青井委員：海洋研究開発機構と色々調整し、これについてはどちらかというと C 案の方がよいということで C 案を持ってきた。これについても色々な考え方の方がいるため、どれが必ずいい、悪いということはないと思う。DONET 方式にインラインを生やした方式の大きな問題は、シングルポイントが多いこと。そのため、例えばインライン方式を生やしたところにトラブルを抱えると、その先の観測点が全部 4 点死んでしまうという、両端上げになっていない部分が結構多い。例えば、今 DONET でも障害を起こしているが、ノード丸ごと 1 つ死んでしまうと、複数台のデータが取れなくなる。例えばランダムに 1 割ということであればいいが、1 つの地域がまとめて落ちてしまうことは、震源という意味でも水圧という意味でも、やはりあまり好ましくないのではないかと考えている。そういった意味で、C 案の方式であれば基本的に両端になっている。一部片端になっており、提案しておいてそれでいいのかと言うことも何だが、今

後考えていかなければいけない部分。基本的に防災に使うということであれば、シングルポイントはできるだけ少なくすることが望ましいと考えている。

篠原委員：しかし、それに関して言えば、分岐点を2個作ってループにすればいいだけではないか。基幹ケーブルから生やして基幹ケーブルに戻るように繋ぐとループになる。青井委員の案をぱっと見て、陸揚げが少し多いと思った。

青井委員：そうだ。

篠原委員：ここはもう本当に質問というか、提案だが、要するに DONET 型の伝送だけのケーブルを引いておき、そこからインラインを分岐させるというハイブリッドの仕方についても、本当にコストや信頼性がどうかは検討しなければいけないと思うが、案としてはあってもいいのではと思った。

青井委員：沢山のルーターを入れて信頼性と、それから消費電力の問題がクリアできるということであれば、それは一つの考え方だとは思う。分岐は結構コストが掛かる。

篠原委員：分岐の部分を中心に安く作るかだと思う。その DONET 式にノードから観測点が4つ開いていて、それが要るかどうかはまた別の議論があると思うが、その分岐部分のコストを下げられれば、分岐をたくさん作って、そこからインラインを伸ばすという形にする。そうすると交換等も簡単で、陸揚げが少なくなるため、修理が比較的簡単なシステムが作れるのではと少し思った。実際検討してみても難しいということはあると思うが、検討する価値はあるのではないかと考えている。

長谷川主査：プリミティブな疑問でこの図を見て思い出したが、東側にある現状の DONET は、観測網の配置が悪い。普通こうはならない。この配置では、空白域がとても多くてどうしようもないが、これはなぜこうなったのか。観測点への展張を余り長く伸ばせないという問題がある。

小平委員：私よりおそらく金田委員が本当はしっかり答えた方がいいのではないかと。

堀委員：1つは、特に DONET1 では観測点までの展張があまり伸ばせないということ。

長谷川主査：距離があまり伸ばせないという問題。

堀委員：ただ、そのカバレッジといったことで、この点の分布だけを見て配置が穴だらけというのは。

長谷川主査：陸域と同じようにと考えると、穴だらけだ。

堀委員：もちろんそうだけれど、しっかりとどの程度の検知能力があるかといったことは検討した上で、もちろん理想的な配置にどこまでできるかということとの兼ね合いの中で配置を決めている。

長谷川主査：検知能力は、基本的には陸域でも観測網の間隔で決まる。深さをしっかり押さえられるかと。全域で10kmの深さを押さえるために20km間隔と言った。穴があるとその場所は地震時に深さが分からない。深さが分からないことは決定的。そういった意味で言うと、今あるものはあるとして、将来的には空白を埋めるようなことを考えなければいけないかもしれない。今の議論は西側だけのことなので当然いいのだけれど。そういう意味で、東側の非常に良くないことはそこだと思うため、西側を同じようにしてはいけない。そこを踏まえておくために配置図に観測点があると非常に分かりやすい。そこは少し考えた方がいいかもしれない。

小平委員：青井委員の提案はそうなっているのではないかと。

長谷川主査：これはそうになっている。いつも点を落とそうと、そういった意味で。

小平委員：おそらく DONET に関しても、私ではなく防災科研がやらなければいけないのかもしれないが、今のノードから、どこかで提案しているインライン的なものを将来的に伸ばすとすれば、今言った懸念はおそらく色々な議論がある。

長谷川主査：そういったことを将来的に考えないといけないかもしれないという気がする。実は本質的な問題。陸域の Hi-net の観測網を作る時はそこを考えた。

前田委員：今の話題に関連して。青井委員のこの御提案の C 案では、赤い DONET のケーブルのノードから伸びている 4 つの観測点は、少し距離が長くなっているように見えるが、これは現在の技術でこれができることを見込んでこう書かれているのか。

青井委員：展張ケーブルといって、ボビンに巻いた細いケーブルを ROV に引っ張らせて引く。DONET では基本的に 1 ボビン 10km の展張ケーブルを使っている。その後 2 本分、20km までの展張は可能になったため、一応今回は少し長めの提案をした。

前田委員：これは今 20km ぐらいだと。そんなにはないか。実際のデータ解析の観点から言うと、先ほど長谷川主査のおっしゃったようなアレイがたくさんあるという、まさにそういった状態になっている。それぞれの観測点のデータが完全に独立かということ、あるノードにくっついている観測点は非常に近接しているので統計的に近い、また違うところには統計的に離れたものがある、そういった統計的な不均一性が出てしまって、データ解析としては非常に難しいということは言えると思う。そのため、先ほど篠原委員からあったような、基幹ケーブルからさらにインラインを出せるようなシステムで、より等間隔な観測網ができれば、そのデータ解析としては非常にやりやすくなるのではないかと思う。

堀委員：今どきそんなデータのとられ方が多少不均質だというのは、解析で幾らでもできる話だと思う。

前田委員：もちろん解析でのチャレンジは必要だが、幾らでもかどうかということは必ずしも定かではない。

長谷川主査：それは決定的には深さだ。深さを押さえられないと、ソースに迫れない。そういった意味で言うと、陸域で起因したとすると、やはり海域にも起因するとすると、等間隔というのはそちらから来る。解析技術ではどうしようもない。本質的に。

堀委員：本当にそうなのか、今即答できないが、それが本当にそこまで本質的なのかということについては、是非検討した上で回答させていただきたい。

長谷川主査：深さを押さえられるかどうかということは検討の余地がない。それは地震学のイロハだ。

加藤委員：もう 1 つ、やはり今の話で、20km の展張ケーブルは今の技術の制約。今後の技術発展が例えば 50km というのであれば、今のお話は少し違うと思うが、そういった現在の技術と将来の技術発展の見通しが、今の議論でとても大事だと思う。少し今いらっしゃらないかもしれないが。

篠原委員：しかしその話だと、間のケーブルを敷設線で普通に引いてしまえば、実際問題としては、何 km でも離せる。例えばカナダのネプチューンはそういったやり方で東部に観測点を作っている。そのため、今は ROV でなるべくやりたいと思っているために距離の制限があるだけ。とにかく長くしようと思えば、おそらく敷設線を使って両側を ROV でつなげば、もちろん長くはできる。

長谷川主査：ROV だと長くできないのか

篠原委員：ROVだと抱いていかなければいけない。ケーブルを引っ張っていくから。

長谷川主査：そういった意味か。

篠原委員：そうだ。しかし、今の議論はとても簡単で、ノード型でやるとしても、観測したいところにケーブルが行けばいいだけ。実際問題は、行きたいところにケーブルが届けば、要するにS-netのような形になっていて、その点がノードになっていれば均等になる。このやり方しかできないというわけではないため、そこも検討の価値はあると思う。

小平委員：おそらくこのルートは一案であるため、極論すると、東北沖のS-netみたいに基幹ケーブルを蛇行させるといったことをすれば、恐らく非常に均質にばらまける。

長谷川主査：均質は重要なので、そこは少し気にしてほしい。

青井委員：先ほどの前田委員の話。基本的にたくさん過密にあるのは、解析はどうにかなると思うが、ないものは生まれてこない。そうすると、有限のお金の中で、我々には有限の観測点数しか敷設することができない、それをどう配置することが最適なのかと考えたときに、観測点間隔ということであれば、均等にばらまくことが一番効率がいい。お金は幾らでもあるから、均等ではなくてもたくさんアレイがあるところがあったとしてもいいと、そういった話になれば、これは解析で均質でないものはどうにかなるということは、御指摘のとおりだと思う。それから、これは頭の中でケーブルを取り除いていただくと、どのぐらい均質なのかは分かっていただけだと思う。ケーブルがあると何となく華やかなのでだまされてしまう。

堀委員：均質なやり方はやりようがあるということのため、そのことについてはもう議論をしなくていいと思う。直感として分かる。

長谷川主査：点だけで打ったものをもうずっと下だと非常に直観としてわかりやすい。

堀委員：重要なことはやはりクオリティーをどこまで本当に追求するかのポリシーだと思う。

尾崎委員：質問だが、案のA、Bが地震計、津波計50点と明記がしてあって、案Cは特に書いていないが、何か今後調整等があるのか。

青井委員：どの案も基本的に30km間隔ぐらいになるように努力をした結果。それは案のA、B、Cで共通。

長谷川主査：基本はクオリティーとコストだと思う。コストが分からないことが非常にまずい。クオリティーはできるだけいい方がいい。それによって現実的に不可能なコストになったら困るから、そことのトレードオフ。そのことは皆さん頭の中に入っていると思うけれど、その中でどういう案を作るか、御意見を。

小平委員：今のお話を十分フォローできていないが、コストが分からない中でコストを気にしようということか。

長谷川主査：コストは完璧には分からないが、ある程度分かっていると思う。頭の中に入っていると思うが。

小平委員：それは何を作るかによる。例えばS-net、若しくはDONETのコピーや、ニアリーイコールのものであれば、実績ベースという予算はできると思うが、青井委員が提案された中で大分新規開発予算が仮に入ってくるとすると、それはその開発を提案している人がコストを知っているか、それを作るメーカーがコストを知っているか、ど

っちかだと思う。議論はその情報がしっかりあるかどうかによる。

長谷川主査：それは踏まえないと、おそらくどれがいいということが言えないような気がする。この会議の中で厳密なコストをどうという議論はしにくいけれど、しかししにくいとは言いつつ、頭の中にはある程度踏まえて考えていかざるを得ないというか、それ以外に方法はない。そのため、皆さんの頭の中にそれなりに、このシステムであればどのくらい、これであればどのくらい、これは場合によると、そういった情報をどこかから取ってくる等、今の議論の中でもやってこられたと思う。

堀委員：案 A と案 B に関しては特に頂いていないと思う。

長谷川主査：そうではなくて、案の A と B と C がということではなくて一般論として。必要であれば、案 A と案 B のコストがどうかということが分からないのだとしたら、それは分かる努力をしないと分からない、決められない。それを決められるところまでいくのか、それともこの会議ではいかないのか、そこも含めて議論してほしいということ。つまり、ここの会議の中ではそこまでできないということであれば、それはできないということになるのではないか。

青井委員：案 B については基本的に、S-net と DONET の方式を踏襲するため、コストも含めてそれほど大きな変更がなく敷設できると考えている。また、案 A の分岐については、基本的にハイブリッドにする開発は必要だと思うが、分岐自体は DONET で既に我々は経験があるため、その分岐の技術の採用だと考えている。

小平委員：そこはおそらく議論をしっかり整理しなければいけない。これから作ろうとしている A 案でも B 案でも、コストをエスティメートするために、S-net ベースの値段は出てくるということは、その値段を抛り所にするのは S-net の設計のものを南海に入れるという、ある意味仮定のもと議論をすると思う。今、S-net と同じものをもう一回メーカーなりが本当に作れるかどうかは、かなり難しいのではないかと私は思う。コストの議論をする際は、やはりどういうものを作るかということを本当にメーカーまで踏み込んで議論をしておかないといけない。このコストでやると言っておいたけれど、実際蓋を開けたらその 1.5 倍だったということになってしまうと、それはそれでおそらく大変なことだと思う。コストの議論するのであればしっかりシステムを作り上げてからでないと、この会議の 30 分くらいの時間ではきっとできないと思う。それと同時に、コストが幾らかというしっかりした議論をしていかないといけないのではないかなと思う。

長谷川主査：そうだ。今、この場所ではそういった議論をできるところまでやりたい。この会議の本日の議論で、案の A、B、C のどれかを決めるということができれば決めれば良いが、そうは思っていない。どうしたらいいのかということを議論してほしい。

小平委員：思想の問題で、A 案でも B 案でもいいが、インラインのところは、S-net に近いものをもう一回作れるという仮定のもと議論していくことになるのか。

青井委員：そう思っている。なぜできないとおっしゃっているのかあまりよく分からないが、NEC からの御提案自体がそれに近いと考えている。それは技術的なことをおっしゃっているのか、それともコスト的なことをおっしゃっているのか。

小平委員：技術とコストと、それから先ほど私が言ったようなデータクオリティーの問題の検証等を加味したときに、青井委員もここに様々なシステムアップグレードが必要と書いているため、私は S-net と違うものがここに入るのだろうという想像をしていたが、同じものを入れるということか。近い設計をしそうなものを入れるのであれば、そこはしっかり検討した方がいいと思う。

青井委員：通信方式という意味では、いずれにしろ S-net であれ DONET であれ、今の通信

世代で次に行くことはもうもはや難しいとメーカーからも聞いているため、いずれその部分の世代のバージョンアップは必要だとは考えている。

長谷川主査：これに関連してほかの委員は何か御意見はあるか。

篠原委員：ある程度やはりこういうシステムというのを想定して、あとは実際に実現可能か、コストを調べて検討することが次の段階ではないかと思う。今の状況、例えば観測点の配置という観点では、おそらくほぼ均等に作れるという意味では、余り優劣がもうないのだろうと思う。そうするともう次は技術的に可能かや、運用まで含めてコストが抑えられるかというような検討をすることが次のステップではと。そのためには、やはり作ってもらうところと相談しながら、こういう技術だったらできる、これだとこの程度の予算は掛かかる、と。そのように検討して優劣を付けることがいいのではと思う。

長谷川主査：コストもそうだが、もう一つの先ほどから課題になっていた信頼度、それは客観的な情報としてどうすればいいか。

篠原委員：おそらく同じものが作れないため、実績ベースの信頼度はもうかなり難しくなってしまうと思う。そのため、いわゆる巷にあるシステムのように、計算上信頼性がある程度確保できるかどうかで検証するしかもうないと私は考えている。

堀委員：信頼度というのはどのレベルの信頼度のことを言うのか。

篠原委員：壊れにくいこと。もう一つ私たちの仕組みで考えなければいけないことは、壊れたときにリカバーできるかということ。あるノードが壊れたときに、全部止まってしまうものはとても弱いシステム。1つの観測点が止まっても、ほかのところはとにかくデータを送ってくるような、そういったことを含めた信頼性かなと思う。もちろん今まで実績があるものと同じものを入れられれば、それが一番確実だが、それはもう今の時代難しいかもしれない。

長谷川主査：もう一つは品質。

篠原委員：そうだ。あとはデータクオリティー。例えばインライン式で何も対応をしなければ、ああいう形なのだから大きな振動が来た時に回転してしまうことは当然。それをどこまで許容するか、そのコストとクオリティーとの兼ね合いというのも絶対必要。インライン式で大きな振動が来たときに少し回ってしまうということをどうしても避けるのであれば、やはりしっかり埋設する。そこもコストとの兼ね合いかと思う。

堀委員：やはりそこは観測点の間隔が広まったとしても妥協すべきではないと私は思う。そこを本当に妥協してしまったら、何億円も掛けてこの南海トラフの真上に観測点を設置して、M8、M9の地震を迎えるということに対して、国民に対して全く説明ができないと私は考える。

長谷川主査：観測点間隔が粗いということは決定的なことが抑えられなくなる。どこで地震が起きているのかということが分からなければ、それ以上突っ込めない。

堀委員：どこで地震が起こっているか分からないというのは。

長谷川主査：現在のHi-netの基盤観測網で地震学がすごく進展したのは、精密な観測網を展開されたから。私は今から50年前に強震観測網を展開した経緯から言っているが、当時は東京大学の観測網で平均観測点間隔が50から70kmぐらいで、浅い地震には突っ込めなかった。浅い地震は研究ができなかった。そのためスラブ内地震をやった。震源が決まらなければどうしようもない。そういった意味で言うと、震源を決めるための少しコストが低い観測点と、一方で品質の高い観測点をもう少し粗く展開するといった、何かそういったことを考えることは普通のやり方だと思う。問題は、ケーブル

ルということ。ケーブルでなければ、例えば20km間隔で全点を展開して、それは品質はそこまで高くなくてもいいと。そのうちの何点かは品質をしっかりと保証できるようなものにする。その間隔は20キロではなくて40キロでいいといったことは考えてやればいいが、そうすると点数がそのうちの幾つかは品質の高いもので、残りは少し品質が低いけれど、密度の点でカバーする。おそらくこういうやり方が普通。陸域だったらそうするはず。ケーブルなのでそう簡単にいかないが、しかしそういった方針で考えれば、それに近いことはできそうではないか。

篠原委員：それがまさにノードとインラインのハイブリッドという考え方。堀委員がいみじくも、間隔を空けてもそういった観測点を作りたいとおっしゃったが、私もそういった観測点はなければいけないと思う。ただ、それに全てを注力してしまうと、長谷川先生がおっしゃったようなことが起こる。そこはやはりバランスだと。たくさん高密度の観測をやっているところと、きちんとリファレンスのデータが取れるところを作るような、入れ込んだ状態で、システムの設計というか、どういうシステムにするかということを検討する、そこも重要だと思う。

長谷川主査：そのためコストのことがなければ全部品質の高いやつでやればいい。だがそれで全滅になったのでは何の意味もない。

堀委員：もちろんそう。

長谷川主査：そのためコストのことも当然考えなければいけないとは、そういったことを言っている。陸域の基盤観測網だってそう。全部1,000mの埋設が必要という話もあるけれど、そんなことをやっていたら具体的に実現しなかった。予算というものがあるから、それは当然考えることで、そういった方向で考えれば答えは出てくる。そのうちのA案、B案、C案なのだろうけれど、それをさらに詰めていくという作業をしたい。ここでは今、詰めるに際してはということが重要かということをし少し議論したい。今、コストを詰めるということが非常に重要だということに入ってきた。品質を確保しながらコストを詰める。そうすると、この後の作業はある程度は方向性が出てくる。さらにこうやって何かということがあるか、小平委員。

小平委員：同じことを繰り返してしまうかもしれないが、おそらく観測点配置はもうある意味で決まがあって、それをこの案のA、B、C、あるいは案Dがあるかもしれないが、それをどうつなぐかということは、恐らくそういった案はできると思う。長谷川主査がおっしゃったように、あとは工期とコスト、それから今言ったクオリティーや置換性をどうするかとか、そういったことを鑑みて、値段を見ながら議論していく。値段を見ながら議論する際は、やはりどのようなシステムを作るかで、こんなことができるかどうか分からないが、それが欲しい人と作る人で少し踏み込んだキャッチボールをしないと、リアリスティックなコストははじけないと思う。それをやはりしっかりとやるべき。観測点配置の問題は、おそらく決めてしまえば、ではそれをどのような方式で繋ぐかという議論だけの問題であり、そこまで、この配置にするためにはこの方式でないとできないといった議論にはならないのではないかなと思う。

長谷川主査：そうすると大体方向は、どうやるかは詰まってきたような気がする。

小平委員：あと現実的に、メーカーが来て話をさせないといけないが、それはどうなのか。

長谷川主査：それはこのワーキンググループではなく、それぞれやるのではないか。

小平委員：情報収集すると。

長谷川主査：それぞれのところ、特に防災科研。実施主体が情報収集して、それを踏まえて案として出してくる、そういったことだと思う。この場でメーカーに来てもらってどうのこうのといったことではなくて。ほかには。

堀委員：確認だが、観測網のつなげ方としては、先ほど篠原委員も言われていたように、青井委員の資料の5ページにある元々の小平委員の案のようなものも考慮に入れて検討すればいいという理解でいいか。

小平委員：私のこの案はあくまで案で、篠原委員がおっしゃったことは、こういう思想だが、おそらく配置やつなげ方がいろいろ変わってくるということで。

堀委員：もちろん配置は全く違うことにはなるけれど。

小平委員：なので、これがいいのか、篠原委員に案を出してもらった方がいいのかは考えた方がいい。

篠原委員：考えていることは、小平委員の案とは少し違うが、コンセプトは同じ。ベースとなるケーブルがあり、そこから枝分かれしておいた方が、後でメンテナンス等が楽ではないかと。

長谷川主査：枝分かれして、反対側に繋ぐと。

篠原委員：例えばループになっていて、どちら側からも給電やデータ伝送ができるといったようにした方が。やはり陸揚げは大変だということと、それからインラインのケーブル部分を細切れにできるため、交換や修理がやりやすいのではと少し考えたが、そういった意味では小平委員の案とは少しまた違う。ただ、考え方は同じで、幹線があって枝分かれてしているということも悪くないかなとは思う。

長谷川主査：そうすると、大筋としてこの後の作業としては、具体的にその実施機関である防災科研の青井委員に、少し案を詰めてもらう。その際に各委員から少し具体的な意見を青井委員にインプットしてもらう、そういった作業になるか。

根津補佐：では、もしよろしければ、報告書の骨子案のようなものを御用意したため、少し御説明をしたい。

○資料 海観6-4)に基づき、根津補佐より説明。主な意見は以下の通り。

長谷川主査：今少し議論していたことがこの中に書いてあったりするが、質問、あるいは御意見はあるか。

尾崎委員：これそのものに対してというよりは、全般的な意見を何点かまとめさせていただいたので、少し発言させていただく。既に基本的な考え方等で示されていることとも重複するが、まず1つは、センサーや観測装置については陸上、海底での試験観測等を行い、その特性や挙動を事前に把握しておくことが重要であり、陸上、海底での試験観測なしにケーブルを敷設し、水圧計や地震計が原因不明の現象やノイズ等を記録して、その原因の解明も困難といった、データの品質管理や解釈に支障を来す事態は避けていただければということが1つ。また、既設の観測装置で見られた問題点や挙動については、原因究明とそれに対する十分な対策の検討を行い、その効果を検証した上で、利用者に負担を掛けることなく活用できるようにした後、実装していただきたいと考えている。また、当システムは研究目的で整備することが主だと思うが、それとともにやはり即時予測に使えるということもあるかと思う。研究に使えることと即時予測に使えることは全く違うところがあり、そこに御留意いただければと思う。事象が終了してからデータを加工して精査した後には使えるデータは即時予測には用いることができない。特に完全自動処理で警報発表まで行う緊急地震速報への活用については、求められる要件、観測データの品質特性等が大きく異なってくるという点に留意いただければと思う。また、整備、進捗の情報公開はもちろん、利用が想定される関係者への情報共有を密に行っていただければと思う。例えば気象庁が発表する情報は部外利用者にオンラインで提供されるが、利用者の利便性等を考慮して、観測点の追加はあらかじめ決められたタイミング、おおむね年3回程度で実質しており、活

用の3か月前くらいには必要な観測点パラメーターを提供するというような計画的な作業を実施している。こういったスケジュール等も考慮し、十分余裕を持った情報提供を行っていただきたいということが4点目。最後に、巨大地震の被害軽減を図るためには、多様なステークホルダー、研究者、国、地方公共団体等の間の対話が欠かせない。整備及び運用に際しては、実施機関が中心となってこれらの対話及び調整の場を設ける等して、そのデータがより効果的に利活用されることが重要だと思っている。以上、考え方につき述べさせていただいた。

長谷川主査：どうもありがとう。他には。

堀委員：金田委員が何か意見書を出したと伺っていたが、それは届いていないのか。

根津補佐：金田委員から御意見書を頂いており、事務局から机上に配付している。申し訳ない。

堀委員：私は遅れてきたため聞いていなかった。申し訳ない。

長谷川主査：少し事務局の方から簡単に説明、紹介していただければ。

根津補佐：金田委員が本日の会議に欠席ということで、意見を頂いている。事前に資料はお送りしたため、それを拝見されての御意見だと認識している。特に2ポツ、青井委員の提案に関するコメントということだが、「ケーブル内にセンサーを内装するインライン式が主体であるA、Bの提案は、センサーの置換性の問題、新規センサーの増設の問題、長大ケーブルの回転等の問題、インライン／センサー群に大きな障害が発生した場合に全体にその影響を及ぼす問題の点で、推奨するものではないと考えます」とおっしゃっている。「これらの問題は、これまでDONETやS-netに実際に関わってきた研究者であれば、十分理解できるものとする。一方、C提案では上記の問題についてはこれまでのDONETの実績でクリアされており、敷設に要する時間や経費の問題はあるものの、システムの全体最適と個別最適を融合したシステムのベースとなる提案と考えます」とおっしゃっている。「ただし、今後はC案の基本コンセプトをベースにさらに最適なシステム検討が必要と考えます。次世代・次々世代システムのテストベッドとしての機能も不可欠です。先日「Science」に掲載されたJAMSTECの坑内計測データ解析からも明らかのように、重要海域における観測機能の拡張性も重要です。また、システム提案全体に関わることで、東海沖の海底観測網の強化も重要と考えます」というコメントを頂いている。3ポツ目、実施・運用体制の要望では、「①防災科研と中核実施機関として、オールジャパン体制を構築すること。」「②実施機関のリーダーとしては、海域観測や地元調整に実績があり、データ利活用の視点で社会実装にも精通した研究者であることが望ましい。」「③南海トラフ地震研究としてのデータ活用に関しては、DONETも含むデータ公開とその成果の共有が重要で、運用体制にも他機関の研究者の参加が不可欠です。」というコメントを頂いている。

長谷川主査：どうもありがとう。他には。これからの作業だが、本日のこれまでの議論では、観測点としては50点ぐらいを目途にということになるか。

根津補佐：そのようだ。

長谷川主査：観測点としては50点ぐらいを目途に、品質を考えるとできるだけその中の多くを高品質の観測点にしたい。できるだけということはコストとの兼ね合い。50点はできるだけ空間的に均質に展開する。そういった前提でどういうものができるかということ各委員で詰めていく。詰めていき方としては、青井委員にまとめてもらう。青井委員に意見を言いながら、キャッチボールしながら詰めていくというようなことか。どうしたらいいかわからないため、私は今少し案を申し上げたが、少し詰めていかないと、事務局としても困ると思う。そのため詰めていき方についてある程度この会議で方向を決めておかないと、いつまでも詰めることができないという状況になるかもしれない。ただ、時間的猶予は事務局の方である程度把握されていると思う。そ

の中でどうやっていくかということについては、今、私が申し上げたようなやり方がよいか。

小平委員：現実的かどうかを確認しなければいけないが、そのように意見を集約していただき、コストの問題がやはり鍵だと思うため、可能であれば、メーカーなりも議論に入っていただく。

長谷川主査：もちろんそれも入れて。

小平委員：コストの議論はこういった会議ではなかなかできないだろうから、それを青井委員がまとめていく中で、そういったことをしていってもらおう。

長谷川主査：メーカーとは、可能性のあるメーカー全てについて詰めていってもらわなければならないけど、その辺の作業は青井委員が中心になるだろう。

小平委員：ここでそう軽々しく言ったが、本当にメーカーがコストの見積もりを出してくるのかということでは多少不安ではある。

長谷川主査：何を持ってやるしかなくて。我々はこの委員全体で、その中で可能な方向を目利きすること。ある意味共通責任だと思う。そのためにキャッチボールを頻繁にしながらということになると思うが、そういったやり方なのか。

谷課長：1 つは、まず本日骨子案という形だが報告書を御提示している。ワーキンググループで今も議論が出ているが、例えばコストの話についてどこまで詰められるかということは、一定の基本的な考え方を示すということまでがこのワーキンググループでお願いする内容かなと思っている。それが本日の骨子案。骨子案で、今後の進め方について少し書かせていただいたが、コストの見積もりや技術的成立性、本日の話はコストと、それからデータの品質のトレードオフがあるということのため、データの品質ということは少し書いていないので、少し加える必要があるかなと思うけれど、そこも含めてより詳細な検討の段階ということが次にあると思っている。基本的にはそこに進むまでの必要な情報をこの報告書としてまとめていただくということかなと思っている。この報告書ができたなら次の段階に。そこはメーカー、技術的成立性とも書いてあるが、例えば最新のセンサー、どういうものを入れることが適当かや、そうしたときにデータの品質がどうかということも議論をする場が、その次にあると理解をしている。そこで検討すべきアイテムとしてない、議論の俎上に載っていないものがあれば、是非この段階でお示しいただいて、報告書にそのことがしっかり書かれているという形にしていただくことが大事だろうと思っている。

長谷川主査：確認だが、中間取りまとめ骨子案ということは、本日等の委員の皆様の御意見を踏まえて、もうまとめると。中間取りまとめはその間、時間、スケジュールで考えて終わりなのか。先ほどからここで議論していたのは、その先の具体的な検討とか詰め。事務局の方は、それはその後、この中間取りまとめの後に、どういう場で議論するというをお考えなのか。もうこのワーキンググループはそこでミッションは終わり、そういったことなのか。

谷課長：中間取りまとめとさせていただき、これは一つの区切りと考えている。実際に今、メーカーも含めて仕事をしていただくという観点で言うと、ボランティアでなかなかそこまで精緻な議論ができるかという話があるかと思うため、そこはある種の予算措置といったことを考えなければいけない段階に入ることかなと思っている。そのため、その次の段階の議論はこのワーキンググループではないと考えている。ここでは基本的な考え方をお示しいただいて、それを基に、今後の進め方のところでも書いてあり、また、金田委員からもコメントを頂いているようなことではないかと思うが、オールジャパン体制で検討する枠組みというか、場が、その次に作られるということかと思っている。ただ、それは全く別の顔ぶれということでは必ずしもないのではないかなとは思っている。ワーキンググループとしては、この中間取りまとめをお

まとめいただくことが一区切りということではないかと思っている。

長谷川主査：分かった。そうすると、私が先ほど申し上げたことは少し違って、事務局の考えは、一応この中間取りまとめの中には、これまで議論してきた重要な点、密度と品質とコストということはそのうちのキーワードかもしれないが、そのほか幾つかある。そういった必要なものをこの中間取りまとめに全部入れ込むと。一応そこまでがこのワーキンググループのミッションであると。その先は、もう一つ別な形で事務局は考えていて、それはオールジャパンで、どういうオールジャパンか、今私は知らないが、それで先ほど議論してきたようなことをさらに詰める、そういった部分はそちらでやるという事務局の考えということだ。私はそこを理解していなかったため、先ほど少し違うことを言ったが。

小平委員：そうすると、比較的近いタイミングでメーカーに無理を言って、難しいお金の議論をするということではなくて、中間取りまとめとしてまとめる。予算的措置もという言葉もあったが、ある意味フィージビリティースタディー的な何かが立ち上がり、そのもとでメーカー、それからオールジャパン体制で、コストも含めた詳細議論を、やや時間をかけてやるというスケジュール。

長谷川主査：そういったことか。

谷課長：そういったことになろうかなと思う。それが現実的ではないかなと思っていて、特にコストのところは具体的な数字を出していただくには、それ相応の作業が必要であろうと思っているため、時間的な余裕も必要だろうと。

長谷川主査：これまでのこのワーキンググループでの議論の状況、進捗状況を踏まえて、事務局ではそういった判断をされたということだと思う。しかし基本的な方針は、本日の議論でかなりはっきりしたと思うんです。DONET方式か S-net方式かというところに非常に強く捉えられると、それは両方入れたものだという言葉で、そのケーブルを書いていくと幾つか案があるかもしれないが、それでもケーブルの配置というか、それを書かなければ、答えは1つ。案としては具体的に決まっているわけで、例えば50点を均一に展開して、そのうちの何点かを質の良い観測点にすると。それはコストの兼ね合いで考えていくということであれば、かなり具体化された案のような気がする。あとはフィージビリティースタディーであると。そうすると何かすっきりしてきたような気が私にはするんですが、何か質問、あるいは御意見はあるか。

篠原委員：では、1つだけ。実現可能性も含めて、実際にコストの見積もりを検討する際に、今までやっていただいていたメーカーと、直接ダイレクトでやり取りするというやり方もあると思うが、実際フィージビリティースタディーのように少し時間をかけていいのであれば、コンサルティングというか、そういった技術に明るい人や全く関係ない会社の人、工学系の研究者という人たちと議論して、まずは実現可能性と、相場だとこのシステムはこれぐらいということのを先にやった方が、より現実的というか、新しいものというか、できそうなものが作れるかもしれない。直接今までのメーカーとコンタクトを始めると、やはりどうしても今までの完成を引きずってしまう。次のステップの際には、そういったやり方もあるかと思った。

尾崎委員：冒頭でも少しお話しした振動に強い津波センサーの開発というのは、可能性としては見込みがありそうなのか。個別の質問になってしまうが。

青井委員：もともと気象庁の東海ケーブルもそうだが、我々の相模湾ケーブルも含めて、これまで幾つかブルドン管に依存しない方式で水圧の観測をずっとしてきていて、もちろん昨年4月1日三重県沖の地震や11月22日の福島県沖の地震のように、非常に大きなデータを取ったケースはまだほとんどないが、大きな問題を起こしていない。まだこの場で具体的なことをお話しする段階にはないが、既にそういった可能性は探ってはいるということだけはお伝えしておく。

堀委員：その品質に関して具体的に話として入れていただけることは非常にありがたい。もともとの案で1割というか、5点ぐらいという話もあったが、やはりそれは本当に少な過ぎると思うため、せめて40km、50km間隔くらいは。100km間隔はやはり粗過ぎる。もちろんコストとの兼ね合いはあるが、できるだけそれを多くする、そこに努力をすることがとても大事だというのは、是非入れていただけたらと思う。

長谷川主査：ほかには。この中間取りまとめのこの後のスケジュールは。

根津補佐：次回の会議を7月12日水曜日に予定しており、本日骨子案としてお示しさせていただいたが、本日の御提案やこれまでの御議論を踏まえて、もう少し肉付けしたものの、報告書案に近い形のを12日にお示しできればと思っている。そこでもう一回御議論いただき、更にその次の会議くらいで中間取りまとめとしてはまとめていただくということを事務局としては考えている。

長谷川主査：そうすると、あと何回あるか。先ほどの話では、中間取りまとめで必要なものを全部入れ込んでいって、その先どういう検討をするかというところの基本的な方針のようなものはその中に入れ込んでいただいて、それでミッションは終わりか。そうすると、そこまで何回も要らないような気がするが、そうでもないのか。

根津補佐：12日にお示したものについて、一切コメントが出ないということであれば、12日で終わることもあるかもしれない。ただ、経験上おそらくコメントを色々頂くと思う。その次くらい、つまりあと2回くらいでまとめていければと思っている。ただ、2回ではとてもまとまらないということであれば、また考えたいと思う。

長谷川主査：分った。なかなかまとまらないため、あと1回ではなくて、その先、予備をとっておくと、そういったことのような。大きな方向は共通認識できたと思うが、その中で、この中間取りまとめの中でできるだけ入れ込んでおいてもらおう。それをベースにして、その先のフィージビリティースタディーに入っていくということになると思うが、フィージビリティースタディーでは、この中間取りまとめが基本的なものになると。

尾崎委員：念のため確認。最終取りまとめはいつどういうものをイメージしているか。

根津補佐：中間取りまとめがあるため、最終取りまとめということだと思うがまだ具体的には。

尾崎委員：このワーキンググループとしては中間取りまとめで終わりなのか。

根津補佐：一旦は中間取りまとめで、先ほど課長から申し上げたとおり一区切りだと思っている。ただ中間取りまとめを踏まえて、さらにまた御議論というか、関係機関でいろいろと検討していただくというフェーズがある。場合によっては、例えばその検討結果をまた返していただいて、それをもとに最終取りまとめという形でまとめるかもしれない。それは中間取りまとめをまとめた後の状況の変化に応じて、また事務局から御相談をして考えるのではと思っている。そのため、今のところ最終取りまとめをいつまでにといった、具体的なスケジュールを考えているわけではない。

堀委員：私も確認だが、先ほどフィージビリティースタディーといった話も少し出たが、まさに来年度の予算要求のタイミングだとは思いますが、こうして我々の議論が長引いていることで、その来年度の予算要求にマイナスの影響になっていないかということは、非常に危惧している。今後のそういった予算要求やフィージビリティースタディーを進めていくということに関しては、きちんと進んでいくと期待しているのか。期待しているのか。

谷課長：予算措置がどうなるかということはこれからの状況による。それには色々なバリエーションがあり得ると思っている。その中には運営費交付金という話もあるかと思

うし、別途内局で何か予算措置するという考え方もあると思うが、それは基本的には予算要求のプロセスの中で様々判断していくため、まずはワーキンググループで形のあるものをまとめていただくことが大事かなと思っている。

— 了 —