

第7回

ナノテクノロジー・材料基盤技術分科会

平成29年2月22日

午前10時01分 開会

事務局（千嶋） おはようございます。第7回、今年度シリーズの第3回目になりますナノテクノロジー・材料基盤技術分科会を開催いたします。

私は本日、事務局を務めさせていただきます千嶋です。よろしくお願いいたします。

本日は御多用の中お集まりくださりまして、まことにありがとうございます。

この分科会は本日も公開での開催となりますので、御承知おきください。

それでは、まず御出席者の紹介からさせていただきます。議事次第をめぐっていただきますとリストがございます。本分科会の構成員名簿がございますけれども、本日は構成員全員の御出席を賜っております。ありがとうございます。

それから、SIPからは、次世代パワエレの大森PDに御出席いただいております。また、関係府省様からの御出席ですけれども、文部科学省から研究振興局の岡村参事官、経済産業省製造産業局素材産業課革新素材室の井上室長、製造産業局製造産業技術戦略室製造産業専門官の原様、同じく化学物質管理課化学物質リスク評価室の企画官の奥村様、それから、産業技術環境局研究開発課未来開拓研究統括戦略官の田名部様、同じく研究開発課研究開発専門職の田中様、以上の方に御出席いただいております。

また本日、前半の議事では、統合型材料開発システムについて議論する予定でございまして、文科、経産、内閣府、それぞれ推進しております各施策について、進捗課題について御紹介いただきますが、関係機関から御出席いただいております。情報統合型物質材料開発イニシアチブプログラムマネジャーであるJSTの伊藤様、計算科学等による先端的な機能性材料の技術開発事業からは、プロジェクトマネジャーであるNEDOの國谷様、それから、プロジェクトリーダーで産総研の村山様、同じく産総研の機能材料コンピューショナルデザイン研究センターのセンター長である浅井様に御出席いただいております。

また、後半の議題では、ナノテク・材料基盤技術ということで、ナノ材料の安全性評価について御講演をいただく予定で、まず、産総研のリスク評価戦略グループ長の蒲生様、同じく産総研の主任研究員の藤田様、それから、一般財団法人ナノテクノロジービジネス推進協議会事務局次長の加藤様に御出席いただいております。

それでは、塚本座長、この後の進行をよろしくお願いいたします。

塚本座長 座長を務めさせていただきます塚本です。よろしくお願いいたします。

きょうはマテリアルズ・インフォマティクスの関連の話が前半なのですが、後半で改めてナノテク・材料に関する重要なポイントがあるか、ないかというあたりを、もう少しまとめてい

きたいと思っています。特に前回まではポテンシャルマップで、一旦網羅的に俯瞰をしてみたのですが、今回はそれを拡散させることなく、ある程度絞って重要な案件があるのか、ないのか、あるいは忘れ物があるのか、その1つが安全性ということだと思っています。議論の中でぜひ、個別に足らず、あるいは前回、久間さんからちょっと御指摘がありましたけれども、何でも広げるばかりが能じゃありませんので、時代とともに、もともと例えば四、五年前は重要だと思っていたものが、国ベースでいけば、もう十分産業化は進んでいるだろうと意味では、これはオミットするべきだろうというふうなこともあれば、御意見をいただければと思います。

それでは、事務局の方から資料の確認をお願いします。

事務局 それでは、配付資料の確認をさせていただきます。クリップどめをお外しいたきまして、資料の一覧は議事次第の下に記載されておりますが、資料1といたしまして「ナノテクノロジー・材料基盤技術及び統合型材料開発システムで取り組むべき課題」、資料2-1といたしまして「超先端材料超高速開発基盤技術プロジェクトの概要」、資料2-2といたしまして「情報統合型物質・材料開発イニシアティブ概要」、資料2-3といたしまして「SIP革新的構造材料マテリアルズインテグレーション」、資料3-1といたしまして「NEDOプロジェクトにおけるナノ安全性評価の取組」、資料3-2といたしまして「ナノ材料の安全性評価について産業界から見た国際社会における日本の現状と課題」、それから、参考資料1で机上配付のみになりますが、「科学技術イノベーション総合戦略2016抜粋と概念図」になります。

以上になります。過不足等ございましたら、事務局までお知らせください。

塚本座長 よろしいでしょうか。

それでは、早速、議題1に入りたいと思います。まず、事務局から説明をお願いします。

事務局（千嶋） それでは、この資料1、A4のパワーポイントの資料でございますけれども、御覧ください。

表紙をめくっていただきまして1ページ目、まず、議題1に入る前に分科会全体の進め方ということで、今回の位置づけを御説明いたします。表の中ほど、黄色くハッチされているところが今回のところでございます。今回は大きく2つのパートに分けさせていただいて、まず、最初の議題は表の右側、統合型材料開発システム関連施策として、文科、経産、内閣府で推進中の各プロジェクト関係者からそれぞれ御報告いただきまして、現状把握と今後取り組むべき課題を明確化いたします。ここでの議論をもって、重きを置くべき施策として、特定施策のフォローアップとブラッシュアップということにさせていただきたいと思います。

そして、2つ目の議題ですけれども、表の左側、ナノテク・材料基盤技術として、前回まではこの分野を広く俯瞰した形で議論を行いました。今回はテーマを絞って議論させていただきたいと思います。今回取り上げるテーマを座長とも相談しまして、ナノ材料の安全性評価を取り上げたいと思います。

なお、前回までに御議論いただいた内容で、現在の総合戦略にある程度記されている部分につきましては、事務局にてリバイスして、3月までに改定案としてお示しさせていただきたいと思います。

また、議論のツールとして用いた技術ポテンシャルマップにつきましては、引き続きシステム側の戦略協議会との議論や、JST-CRDS、NEDO-TSC様との議論を継続してメンテナンスしていく予定です。

ページを2枚めくっていただきまして、議題の1です。統合型材料開発システムについての議論の進め方ですけれども、まず、この分野の3府省での関連施策についてプレゼンをしていただきます。

おめくりいただきまして、事務局にてこのような論点があるのではないかとこのものを挙げさせていただいております。まず、上の3つ、それぞれの施策期間後も継続的に研究開発ができる取組や体制のあり方について。相互に共有できるデータの持ち方ですとか、インターフェースのあり方について。全体の統合型材料開発システムにおける安全性評価の位置づけについても論点として挙げております。

これらの論点を踏まえて御議論いただければと思います。

以上です。

塚本座長 ありがとうございます。

それでは、早速ですが、1つ目の講演に移らせていただきます。超超プロジェクトの村山さんからよろしくをお願いします。

産業技術総合研究所（村山） よろしくをお願いします。超超プロジェクトと略称しております産総研の村山です。

このプロジェクトとの目標は、有機材料を主とした対象としまして、最終的には開発期間を従来に比べて20分の1に短縮するという、素材開発の短縮化というのが最終の目標になっております。そのために計算科学とプロセス、計測を三位一体で開発するというのが我々のアプローチでございます。

対象材料は、主として有機材料を考えておりますが、今現在、NEDOさんで公募がされて

おりますけれども、来年度からはナノカーボンも戦略的にこのプロジェクトに加える予定になっております。

まず、御説明する前の考え方の前提でありますけれども、順問題と逆問題ということについて整理したいと思います。順問題というのは材料の組成、あるいは構造が決まったときに、どのような機能が発現するかを解く問題であります。一方、欲しい機能に対して、材料の組成・構造を見つけることを逆問題を解くと言っております。

金属系におきましては、長い歴史がございますので、大変整備されたデータベースが既に存在しております。したがって、昨今のMIではダイレクトに逆問題を解くという環境がございます。しかし、有機材料については、大変扱いにくい材料ということもありまして、そのような整備されたデータベースがございません。ですので、まず、プロセスとタグづけされたデータをつくるということが、むしろ重要な課題でございます。

私たちはここでとる戦略としまして、実験と同じように計算シミュレーターでデータを量産し、その得られたデータを学習用データとして使い、AI解析を行い、候補材料を絞り込み、得られた候補材料を高速なプロセスでつくり、高速な計測法ではかり検証する。このサイクルを回すことによって、開発時間の飛躍的な短縮を目指したいというふうに考えております。

プロジェクトはトータル6年間ございますが、前半は企業さん、大学、そして産総研が連携をしまして、シミュレーター技術、プロセス技術、計測技術の基盤技術を連携して開発いたします。後半はそれの更なる高度化と同時に、こちらは化学系の企業さんが16社参画いただいておりますので、それぞれの企業さんがプロジェクトの後の事業化を想定した個別の材料開発に向けて、基盤技術を生かしていくという構想になっております。

体制の図がこちらでございます。先ほど申しましたように、化学系が主でございますが、企業16社からなる先端素材高速開発技術研究組合というものを昨年7月に設立いたしました。そこと産総研が共同研究契約を結びまして、経産省及びNEDOから委託を受けて研究を進めているところでございます。

特徴は完全な集中研方式をとっております。企業から1人から2名の若手の研究者に出向していただき、産総研の場で完全集中研方式で今、研究を進めているところでございます。

目指す想定される応用ですけれども、プロジェクトに当たりましては、これは基盤技術のプロジェクトであります。各社がどういう事業展開をされたいかということ十分にヒアリングをいたしまして、それを想定した基盤技術の設計になっております。したがって、16社ごとの事業戦略というものも既に我々は持っております。それを踏まえた基盤技術開発を今、

行っているところでございます。

大きく4つの応用を想定しております。半導体材料、誘電材料、超高性能ポリマー、そして触媒、あるいは機能性化学品ということで、一例でございますけれども、目指す、期待される素材としては、例えば透明度の高いサーモクロミックフィルム材、あるいは高耐電圧・高誘電性の有機・無機ハイブリッドコンデンサ、高耐熱かつ高強度なスーパーエンジニアリングプラスチック、そして熱安定性でかつ透明フレキシブルな熱硬化性樹脂という、今まだ世の中に存在しない製品を出すべく想定されておるわけでございます。

具体的にどのようなシミュレーション開発を行うかというのを示しているのが、この図であります。ポイントは原子レベルからマクロレベルまでのシームレスなマルチスケールシミュレーターの開発という課題であります。原子からアプローチする手法、そしてマクロからアプローチする境界領域、メゾ・中間領域における計算手法の開発が大きな課題になります。

得られたシミュレーターデータを使ったAI解析を行うわけですが、前例としましては、例えば自動走行のAI学習も実データではなく、シミュレーターを使った自動走行のAI学習というのが現実に進んでおりますので、我々としてはこれの材料版を目指したいというふうに考えております。

以上がプロジェクトの概要でございまして、具体的に今年度からスタートして、まだ半年もたっていないですが、今年度の主な成果の一端を御紹介いたします。まず、シミュレーター開発につきましては、第一原理の扱える原子を大幅にふやすことができたということで、現在では100ナノメートル程度の実空間のサイズまで、第一原理をベースとした計算ができるというところで成果が出ております。

もう1つのシミュレーターの成果でございますが、これは高分子の材料を使った粗視化MD法というものでありまして、この絵はポリマーを引っ張ったときにどのようなキャビティができて、どのように破断するかということを示したものでございます。ポリマーとフィラーの間の斥力、あるいは引力の違いによって、キャビテーションがどのようにできるのかということ、このシミュレーターで計算することが可能になります。

続いて、プロセスの高速化ということにつきましても重要な課題でございまして、我々としては混練技術、押出技術、発泡技術のプラットフォームを産総研に設けたいと思っております。その装置導入を今年度行いました。共通的な課題は、極力装置を小型化し、パラメータを自由自在に制御し、正確な条件でものづくりができる、そのような装置をラインナップすることです。今年度は小型の溶融混練装置、あるいは小型の発泡押出装置、高圧化が

100メガパスカルという従来比、数倍から10倍程度高い圧力で押し出しができるような小型装置の導入が、3月までに行える予定になっております。

続いて、先端計測の今年度の成果でございますけれども、ナノプローブ分光で複数の機能を同時にはかるという技術に今、取り組んでおります。今年度導入した装置がこれでございますけれども、例えばこの例でいいますと、AFM像をベースとしまして表面電位をはかることができ、かつ、光散乱の強度をはかることができます。これができるのと、例えば有機半導体のデバイス上の電位と、あるいは有機高分子の配向に伴う光散乱が同時計測できますので、それが100ナノメートルを切るような分解能で計測することが可能になります。まだまだ始まったばかりでありますけれども、この計算とプロセスと計測の3つサイクルを回して、高速化を図っていききたいというふうに考えております。

最後、マネジメントに当たりましては、先ほど申した16社が具体的な事業化計画を持って参画いただいておりますので、共通課題と個別課題をどううまく調整していくか、あるいはオープンマネジメントとクローズマネジメントをどうしていくか、そして、最後は集中研の価値をどう最大化していくかという、この3つに対して注力をして、今マネジメントを進めているところです。

以上です。

塚本座長 ありがとうございます。

それぞれの意見交換、あるいは議論は、全体を説明いただいた後でやりたいと思うんですが、ただいまの村山さんの説明に関して、特に御質問があればお受けしますが。

よろしいですか。議論は後ほどさせていただきます。

ありがとうございます。次に移りたいと思います。

それでは、2つ目の講演をお願いしたいと思います。Mi²iのプロジェクトマネジャーの伊藤さん、よろしくお願いします。

科学技術振興機構(伊藤) Mi²iの伊藤でございます。私の方からは、情報統合型物質・材料開発イニシアティブ(Mi²i)の概要をお話しいたします。

このMi²iというのは、マテリアルズ・インフォマティクスを行う事業です。もともとこれは国の事業として20年ぐらい前から、NIMSの方に材料のデータベースが整備されています。MatNaviと呼ばれています。これを核にいたしまして、この上にアプリケーションから直接呼べるような仕組みをつくり、アプリケーションを整備して、ここが汎用的なオープンデータプラットフォームになりますが、それを具体的な課題に適用してみせるというのが

このプロジェクトであります。

具体的な課題としては、磁石、電池、それから熱電材料、あるいは熱伝導の大きいもの、小さいものというものを開発するというようなことを今考えております。もちろんそれ以外に、特に社会的な要求の高い課題というのを次々に考えたいと思っております。

ここでやらなければいけない大きなことは、本当に磁石とか電池でいいものができそうだとことを示すだけではなくて、どういうパスを通れば、つまりどういうデータを使ってどういうツールを使うと課題が解決できるのかというシナリオを、幾つかお見せするということが重要だろうというふうに思っています。

これをやるにしても、このマテリアルズ・インフォマティクスというのは新興の分野ですので、専門家というのは極めて少ない。それから、これはJSTのイノベーションハブ構築支援事業で実施しているということもありまして、全国の方々に協力していただいています。ここに書いてあるのは主にアカデミアですが、北海道大学から広島大学まで、いろいろな方々に入っていただいておりますし、それから、産業界にも参画していただいております。

ただ、この分野というのは、今申しましたように、まだよくわからないということがありますので、産業界の方々もテーマが決まっていれば参加するかどうか判断しやすいと思いますが、決まっていないときは非常に難しいと思いますので、次のような仕組みをつくりました。

まずNIMSで実施している集中研方式、ここには大体100人ぐらい参加していただいています。これは大学の方々が中心です。それから、当然個別の企業とも1対1の契約を結んでやっているのもあります。既に3件走っているのですけれども、もう少しこの分野は一体どう使えるのかということ、皆さんで議論していくという、こういう場が必要だろうというふうに思っています。それを行うのがコンソーシアムというものであります。

このコンソーシアムは、この中では秘密というか情報は共有し、ただし、コンソーシアムの外には余り言わないでねという、そういうNDA的なものを結んでいますが、参加したいという方はどんどん入っていただいて、先ほどのオープンデータプラットフォームのひな形をNIMSの方でつくりましたので、それを使って一体何ができるのかということ、皆さん、手を動かして少し考えていただく。それから、お互いに教え合って、この分野をどういうふうに行っていったらいいのかということ、みんなで考えようという、そういう場をつくりました。これは昨年6月28日にキックオフをしたのですけれども、既に43社、50人近くの方々に参画していただいております。

MI²Iには100人も集まっていますので、いろいろな成果が出ております。ただ、これ

はインフォマティクスなので、こういうところにおもしろい材料、こういう高機能な材料がありそうだ、あるいは今までのシミュレーションと違ってベイズ最適化といった機械学習の新しい手法を使うと、高速に探索できるというような成果はあるのですけれども、今日はその結果をきちんと実証したというところまでいった例を、1つ持ってまいりました。

これは発光材料です。発光材料は従来、希少元素を含むことが多くて、ユウロピウムとか、そういうものを含むことが多いのですけれども、ここでは亜鉛窒化物にいろいろなよくある金属をまぜて、光るものがないかという研究です。まず、600種類ぐらいます仮想的な結晶をつくってみて、もちろん一部は知られているものもありますが、仮想的に計算機の上でつくってみて、その性質をAIの力を使ってクラスタリング等をして、新物質として可能性のあるものを抽出しました。

その中で、幾つかおもしろいのがあったのですが、特にここでカルシウムと亜鉛の窒化物というものを取り上げまして、これを少し詳細に計算しました。詳細に計算した結果、これは直接遷移型で赤く光るはずだということと、もっと重要なことは有限温度における安定性、つまり相図を計算して、その結果、この物質は高圧で非常に安定な相があることがわかりました。

そこまでくると、ものづくりの方の人にちょっと聞けば、これは高圧合成すれば絶対できるはずだということになって、これは東工大の細野先生のチームで実験をやっていただいたんですけども、実際に高圧合成を使って、ここに光っていますけれども、赤く光る計算どおりのものができたということになります。この金属元素を少し変えると波長がいろいろ変わりますので、ユビキタス元素、つまり希少金属を含まないもので、ほとんどの波長がカバーできるのではないかなというようなことがわかってきたわけでありまして。

さて、こういう研究をする上で、今もちょっと申しましたけれども、材料のデータだけではなくて、どう作るのかというプロセスのデータというのも極めて重要になります。物質から実際に使えるものにするためには、そのプロセスデータをどう集めていくかというのが極めて重要かと考えています。これは高分子薄膜製造のポンチ絵で、これは2軸延伸の場合ですが、高分子ではモノマは同じでも、引っ張る速さとか温度とか、そういうものを変えるといろいろな性質のフィルムができます。このように、同一組成でもプロセスが変わると性質が変わってくるので、このデータを集めることが極めて重要なわけです。

ところが、そのデータを集めるところに物すごく手間がかかっちゃうと、これはなかなかデータが集まりません。そこで来年度から、NIMSを中心に行おうと思っているのは、簡単にデータを入れられる仕組みづくりです。お医者さんが診断しながら電子カルテをぱんぱんと

入れています。ああいうような形で、私はこれを材料電子カルテと呼んだらいいんじゃないかと言っているのですが、そういう簡単に入れられるものをつくって、データを入力していただくということが必要だろう。

この図にちょっと小さい三角形がありますが、この下のところにはワーキングデータと書いてありまして、日々実験室で出ているようなデータです。三角形の一番上にあるSRD、これはスタンダードレファレンスデータのことで、これは理科年表に載っているようなデータで、これまでNIMSが集めてきたものです。もちろんこれは信頼性の高いデータなので必要なのですが、SRDだけではなくて、下のところのデータ、つまりワーキングデータとか論文になる手前のデータ、こういうものを集めておくということが重要だろうというふうに思っています。

そこで、来年度からここを中心にやろうと思っているのですが、今Mi²iではオープンデータプラットフォームをつくっていますが、これにさらに、実験データを実験装置からうまく取り込むような仕組みをつくる。

ただ、このとき極めて重要なのは提供するメリットです。実験データを提供する人というのは、今のままだと提供損になります。インセンティブがないんです。ここにちょっと書いてあるのは、データの高付加価値化ビジネスモデル、これが極めて重要だと思っています。これはどういうことかということ、自分の手元にあったら単なるデータなんだけれども、ここにに入れていただくとデータの価値が上がる、自分にとってのデータの価値が上がるということです。

それには研究と評価があると思っています。例えば私がこの材料のエクス線のデータをとって、そのデータを登録すると、非常によく似た材料のNMRのデータがありますよと教えてくれるとか、あるいはエクス線のデータを私が入れると、実は同じような組成のエクス線のデータがあるんだけれども、焼結温度が違うから、結晶構造がどうも違うようですということを知るとか、そういうことがわかるだけでも、入れた人にとってメリットになる。そういう仕組みをつくる必要があります。

評価というのは、ここにDOIと書いてありますが、これはデジタルオブジェクトアイデンティファイアというもので、論文をレファするのと同じように、データもレファできるようにするものであります。そういうことによって、データを入れた人、この人たちがきちんとそれを評価してもらえるような仕組みをつくる必要もあるのではないかと考えています。

今、文献からのデータの抽出というのを、これはMatNaviでは中心的にやっているのですが、これは20年前からずっと人手でやっています。ですので、信頼性は極めて高いです。

極めて高いのですが限界です。論文をキュレーションするよりも発行する方が多くなっちゃって、どんどん机の上に論文がたまっていく状況です。

ですので、ここはやはり現代のテキストマイニング、データマイニングの技術の活用が必要です。ハイスループットで、しかもハイクオリティなキュレーションシステムというのを、研究開発するべきだろうと思っています。

また、今、アカデミアの方でも、こういうリポジトリシステムというのが、どこの機関でもきちんと整備されるようになってきておりますので、各機関との議論の上、材料に関してはうまくここへ持ってきて、実体はこちらになくても結構なんですけれども、材料データとして集約できないかということを考えております。

さて、そういうふうにしたときに、産業界はどう関係するかということですが、よく、産業界もここにデータを出してもらったらいいんじゃないかと言われるんですけども、正直言って絶対無理だと思っています。絶対無理なので、そこは言いません。ですが、我々がデータを入れて、こういうことがやれるというところを、やり方を、さっきのコンソーシアムのようなところで一緒になってお見せしますので、それを使って、例えば化学業界にはカーボン素材をもう50年やっている会社もありますから、自社の本番のデータでやっていただくとか、鉄鋼だったら、もう100年以上鉄をつくっている会社がありますから、そういうところは自社の膨大なデータでやっていただく。その結果が特許とか何かで出てくるでしょうから、こういうような全体のエコシステムをつくっていくということが、データベースセンターがきちんと回っていくうえで重要な観点だろうというふうに思っています。

これは最後の図ですけども、今まではデータを提供する側と利用する側が、なぜか分かれていたんですね。これがアンハッピーでして、やはり提供する側が一番うれしい利用者にならないといけない、そういうような仕組みをつくる必要があります。

それから、運用する側も、きょうは余り申し上げませんでしたし、多分、既にこの分科会でいろいろ議論があったと思いますけれども、オープン・クローズドポリシーであるとか、あるいは運用するための人材のキャリアパスはどうするのかとか、それから、これは一旦始めてしまったら、インフラとしてずっと持ち続けなきゃいけない、少なくとも10年スパンで持ち続けないと、産業界からも使っていただけなくなるので、そういう中長期的なビジョンが必要ですし、それからあと、実は非常に悩ましいのは法的な問題がいろいろあります。こういうキュレーションしてきたものと、もともとの著作権の問題ですとか、あるいはこれはネット上で公開したときに、輸出管理の問題をどうするのかとか、もろもろの問題がございます。あと、そ

れから、ネット上でこれが流出したときに、もちろん流出しないようなセキュリティーはかけますけれども、やっぱり万が一というときがありますね。そのときのためにどういうふうにしていくのか、つまりデータや情報のトレーサビリティをどうやって確保していくのか、こういうような問題もあります。

この辺の問題も、ここに書いてあるのは我々Mi²i、これは地球情報に関するDIASですし、それから、バイオ関係のデータベースセンターですが、どこも同じように抱えている問題だろうと思っています。こういうことをきちんと解決して、国の、少なくとも材料に関するデータプラットフォームは、NIMSの方できちんとやっていこうというふうに今考えている次第であります。

この後の資料は国際的な比較ということで、御参考までにつけさせていただきました。

以上でございます。

塚本座長 ありがとうございます。

ちょっと時間が押しております。御質問があらうかと思いますが、次の御講演に移らせていただきます。

SIPのプログラムである革新的構造材料の方から、香川先生、よろしくお願いします。

香川構成員 香川です。よろしくお願いします。

私たちのところにつきましては、去年も概略を少し説明してありますので、ことしは具体的にどういうことが進んでいるかということと、中で特徴的なことがどういう成果が出ているかということを中心に、お話をさせていただきたいと思います。

まず、マテリアルズインテグレーションのコンセプトと申しますか、私たちは一番最初にこういうシステムを設計するとき、製品開発に役立つ材料技術を、どのように構築していこうかということを第一に置きまして、そこで材料科学、計算科学、データ科学を融合して、計算機を用いて材料のプロセス、組織、特性、性能の関連を予測する統合型材料工学という形で、特に従来は材料のプロセス、組織、特性という、この3つの関係だけを議論した場合が多かったわけですが、私たちは性能という、これはパフォーマンスということですが、使う環境で材料がどういうふうに振る舞うかということまでを予測したいということを目標に、それでこういうマテリアルズインテグレーションというシステムを構築しようということを試みたわけでございます。

そのとき、今、具体的に行っている内容は、金属材料、高分子材料、セラミックスコーティングでして、今日お話をしたいことは、金属材料のところではどういうマテリアルズインテグ

レーションのシステムを構築してやっているかということを中心に、お話ししたいと思います。高分子材料は、これはAIへの展開というものを少しチャレンジしておりますので、このところを少しお話ししたい。もう一つ、セラミックスコーティングは、これはガスタービンのエンジンに使用しますので、最終的には国際商品になりますので、国際共同研究もこういうものでどういうふうに取り入れているかということ、この3点につきまして、話を進めさせていただきたいと思います。

まず、1点目ですが、金属材料のマテリアルズインテグレーションですが、これは昨年もお出したのと同じような図なのですが、いろいろなユーザーの目的に応じて、組織とかプロセス条件とか材料の形とか、使う条件を入れたときに、これが時間依存の性能がどういうふうに予測できるか、つまり、時間依存というのは、これは構造材料を対象としておりますので、約1年ですと1万時間、これが何年も使いますので、長い時間の後の性能まで予測しておけば、これは加速実験をやる必要もなくなったり、あるいは何回も実験を繰り返して、時間を使うことが必要じゃなくなりますので、例えばこういうシステムを併用することによって、3年後の性能を予測しながら材料の組成を変えていくとか、組織を変えていくとか、そういうことも可能になってくるということでございます。

ということで、こういうようなものを入れたときに、時間依存の性能が予測できるということが1つの特徴でして、今はこちらの方の逆問題的なところもできるようにチャレンジしているところでございます。あとは、こういうシステムを核とした材料拠点の形成とか、この分野の人材育成ということも含んでいるというところでございます。

実際にじゃあ、どういうことをやっていたかということですが、最初に私たちは鋼の溶接部を対象としてシステムを構築しておりました。この鋼の溶接というプロセスなのですが、これは金属材料が溶けて固まって、組織ができて欠陥ができて、それを使う環境で壊れる、そういうところが全部含まれるという形で、ある一種の金属の代表的な製造プロセスを全部含むというような形で、溶接を使ったわけでございます。ただ、SIPの私たちの目標は航空機用材料ということですので、これからは航空機用材料の方に、今まで培ったこういう組織の予測システム、性能予測システム、特性空間分析システムという、こういうようなもの、あるいは全体の計算機上のシステムを、航空機用材料に今後は展開をしていくというような予定になっているところでございます。

1つのモジュールというものを私たちは考えているんですが、これが連結ということが1つのマテリアルズインテグレーションの特徴になっておりまして、これはどういうことかと申し

ますと、つまり、このモジュールと私たちが呼んでいることは、ここにたくさんのモジュールがどういうものかと書いてあるんですが、例えば溶接模擬モジュールとか、こちらにいきますと、亀裂進展モジュールとかというふうに、これが1つずつの計算機のシミュレーションのパッケージに相当するような形だというふうに、理解していただければよろしいかと思えます。

つまり、いろいろなシミュレーションをこういう形で結びつけまして、最終的にどこから入っても、どのような結果でも得られるような形にしたいということが、システムで構築しているところでございます。ですから、最初から最後までこちらから流れることも、もちろん一番全部理解するためには必要なんですけど、ユーザーが途中の段階から入って、前後を見渡すというようなこともできるような形で考えているところでございます。

それで、実際にどういうものを今、システムとして構築しているかということですが、今はモジュールを連結するために計算機の中で、このワークフローのデザイナーとプレーヤーと、あとデータビューアがどういうふうな形でデータベース、あるいはモジュールを利用して、これを利用するかということで、今年の3月末には中間目標としてアルファ版という形で、この赤枠で書いてあるところのものが提案できるというような形になっておりまして、将来はこれを企業の方にモデル的に使っていただきまして、開発システムの検証で課題を抽出したり、プラスアルファのシステムが必要ならば、そこを追加していくというような形に進めるということになっている次第であります。これが金属系の場合でございます。

高分子系の場合は、これは実際は各個別で、募集で提案したものをまとめて、1つの高分子のマテリアルズインテグレーションという形でまとめたものですから、金属系より約1年おかれてスタートしたところが正直なところでございます。高分子がスタートの時点で、高分子材料が金属材料と一番違う点は何かということを考えてとき、金属は磨いて顕微鏡で見ますと、大体組織が見えます。つまり、結晶が見えて結晶粒が見えるんですが、高分子材料は、例えばアモルファスですと、磨いて顕微鏡で見ても結晶が見えない、つまり、金属材料ですと結晶粒で分類できることが、高分子材料は分類ができない。

ということで、高分子系の材料につきましては、どういう形でまず材料自体を分類するかということを最初に始めまして、そこに高分子の分子状態の密なところと粗のところをうまく使えば、これは金属の組織に相当するようなことになるんじゃないかということで、そういうものは数学の方に入っていただきまして、数学的にうまく分類するという形を導入しまして、その1年後にこういう力学関係の仕事をやっている方を追加公募いたしまして、全体として今はミクロスケールからマクロスケールまでがつながって、これで高分子材料の光による劣化と、

高分子材料がどういう形にしたときに、例えばヤング率が最大になるかとか、そういうものを導き出すことができるかどうかということ、一緒に企業の方とやっているところでございます。これが高分子です。

高分子材料はそういう形で、東北大の数学の先生が入っておられる形で、パーシステントホモロジーという大量の画像、あるいは組織のデータを数学的に分類して、割合と簡単に分類できるような方法を開発されておりますので、AIに使うときに膨大な画像のデータ、例えば組織のデータを割合とまず簡単な形で分類していただいて、それを使っているいろいろなものを予測する形に使えるかという形で、現在、実験の画像データを機械学習させているいろいろなものに、マテリアルズインテグレーションの中にも将来こういうものが組み込めないかということ、今、模索しているところでございます。

ですから、こういうことが将来可能になってきますと、人口知能の方と少しリンクしたマテリアルズインテグレーションというのものにもつながっていくようなことになると考えているところです。

今のところ、これは何をしようかということですが、エポキシ樹脂系の密度揺らぎとか、この高分子のマテリアルズインテグレーションに使っていただくことも、第一に考えているところですが、その他にもいろいろなところにこういう手法を提案していきたいと考えております。

最後に、セラミックスコーティングのマテリアルズインテグレーションですが、ここは国際連携という形を主に進めておりまして、実際に計算機のデータベースとか、寿命の予測のところ、いろいろな企業の方、あるいはSIPのほかの事業でやっているセラミックスコーティング、これはコーティング材料の開発をされているようなところなんです、そこと共同で研究していただきまして、実際に材料が焼結して組織ができて、それがコーティングの剥離にどういふふうに影響するかということ、これをパッケージ化しまして、これは実際にこういう熱遮蔽コーティングの例なんです、これが長い時間使ったときに、例えばこの材料で使ってこの環境に置けば、どのくらい寿命が持ちそうかということがわかりますと、材料の組成を変えたり、例えば厚さを変えるとか組織を変えるとか、いろいろなことが簡単にできるようになりますので、それを目指してマテリアルズインテグレーションのシステムをつくっていただくということです。

ただし、これはアメリカが進んでいるということとか、いろいろなことで、今これはアメリカのカリフォルニア大学サンタバーバラ校と国際共同を一部、アカデミックなところは国際共

同をして進めるというところで進めております。

このように、現在のところ私たち、いろいろな分野でマテリアルズインテグレーションということで進めているわけですが、そこで出たことを討論の話題といいますか、私たちは今実際の材料とどういうふうに現場の開発とうまくリンクできるかという形で、マテリアルズインテグレーションというものをS I Pの中で金属、金属間化合物、高分子材料、セラミックスコーティング、これは実際に材料開発をしているところがございますので、そことの連携を深めていくということ、あとはここに書きましたように、将来終了後にシステムの持続と成長、それと拠点のあり方、拠点の運営、マテリアルズインテグレーションによる構造材料研究開発、人材の育成をどのようにしていくかということで、特にこれは装置を買って置いておくということじゃありませんので、人がいなくなると全てがなくなってしまうようなこともございますので、そういうようなことをどうやって維持・管理していくか、あるいはモジュールを日々どうやって更新していくかということも、最近検討し始めまして、そういうことを含めて、全体的にこれから持続と成長させるためにどうするかということを考えるフェーズに入っていると考えております。

以上です。

塚本座長 ありがとうございます。

3つそれぞれ、恐らくスタート時期が違うこともあって、今、御説明いただいた香川先生のところが一番進んでいて、その次にM i ² iで、それから、超超プロジェクトはようやく枠組がはっきりしてきたなという位置づけではないかと思うのですが、相互の連携も含めて、早速全体の議論に入りたいと思うんですが、改めて冒頭、事務局から御説明がありました資料1の4ページ、例えばということで、4ページの一番上に3つほど課題を列挙されております。

1つは、どうやって継続的にこういう問題を解いていくかということ、それから今、御説明いただいた3つの施策がありますけれども、それぞれの連携、中身はそれぞれ大きく見れば違うのですが、例えば高分子の領域になれば、相当ラップする部分があるかという気もします。それから、3つ目の1つの視点として、安全性評価をどうするか。恐らく、鉄鋼材料とか金属材料無機はさほどないでしょうけれども、一部高分子なんかですと、新しい物質が出てきますので、そのあたりの安全性をどう担保するか、あるいはそういうデータベースをどうするか、そういう視点があるかと思えます。そういうことも含めて、以降、今御説明いただいた3つのそれぞれのプロジェクトに対しての御意見も含めて、いろいろな御意見をいただければと思います。よろしく申し上げます。

まず、1つ目、具体論ですが、今、香川先生から少し既に御説明がありましたけれども、それぞれのプロジェクトというのは、実はS I Pでやっている香川先生のマテリアルズインテグレーションというのは、平成30年度で終わるプログラムです。それから、その次のM i² iも平成31年度で終わる。これは当然ながら、それで終わったから終わるような話じゃ全くないわけで、ようやく多分始まったところだという気がしますが、その辺のこの先の取り扱いとか、あるいは次々世代にどうつないでいくかというようなことで何か御意見がありましたら、実際におやりになっている、御担当いただいているそれぞれのプロマネ、あるいはプロジェクトリーダーの方からも御意見いただければと思います。いかがでしょうか。

どうぞ。

須藤構成員 どうもありがとうございました。

今のお話で、例えば伊藤さんのお話で出てきたD O Iのような話は、非常におもしろいと思います。ある意味でパテントと同じ、特許と同じような扱いになってくると思います。多分、大学や国の研究機関で特許を出した後どうやって維持するか、今かなり問題になっていると思います。これもやはり同じようなことが出てきて、例えば10年、どういう仕組みで維持するか。今、座長からもありましたが、ある程度国の方からそういうシステムとしてつくってほしいのか、あるいは産業界がある程度担保したような資金をつくって、そこから10年なりそれを維持するのとか、そういういろいろな考え方が出てくると思うんですけれども、何か具体的な議論というのはされているのでしょうか。

塚本座長 どうぞ。

科学技術振興機構（伊藤） ありがとうございます。

その議論はプロジェクトの中でも始めてありまして、当然のことながら、エコシステムとして回していく必要は必ずある。それを国のお金で全部やるというのはあり得ない。ただし、じゃあ全部民間で回せるかという回せないの、必要最小限のきちんとしたデータベースを維持するというの、例えばスタンダードレファレンスデータのようなものを維持するというの、国の仕事だろうというふうに思うんですけれども、そこに至っていく、先ほどのざっとしたデータを入れているような仕組みをつくるかというのは、メリットを感じていただいた方からうまく、俗な言い方をすると課金させていただいて、回していくという、そういうバランスが必要だろうと今、議論を始めている段階であります。

それから今、委員の方からお話があった、維持するというのは確かに大変なんですけれども、データの場合、場合によっては忘却させていくという可能性もあって、要するにD O Iをつけ

ておくとアクセス頻度がわかるので、アクセスされていないデータというのは、維持しなくてもいいのかなということもあり得ると思います。ただし、アクセスされなくても、非常に質の高いスタンダードデータのようなものは、これはやはりハンドブックとしてきちんと持っていくべきだろう、そこはやっぱり仕訳をして考えるべきだという議論は、少ししている段階でございます。

塚本座長 よろしいでしょうか。

須藤構成員 パテントの場合には、必要なくなったら切っちゃえばいいわけですね。ところが多分、研究機関や大学というのは、どうしても1回出すと、ずっと持っていたいという話が出てくると思うんですね、当然、基礎的な内容が多いので。10年先に花開くかもしれないということがあるんですけども、企業では、もう毎年、毎年必要性を見てどんどん切っていくって、新しいのと入れかえるということをやっています。その辺が恐らく公的機関としてやるとなると、どうやって新しいものと入れかえていくか難しいと思います。少し検討する必要があると思います。

塚本座長 ありがとうございます。

今の御意見は非常に重要なんですが、確かに企業というのは、刹那的に切ったり張ったりするのは得意ですけども、この手のやつは、基本的にはレファレンスされる基礎的なデータベースという意味もありますので、その辺は香川先生、いかがでしょうか、大分進んでいると思うんですが。

香川構成員 1つ、これはお金を、最近は考えているのですが、お金をかけるとできると、幾らお金をかけてもできないことがあるんですね。お金をかけるとできるようなデータベースをうまくつくるとか、そういうシステムをつくっていく、これはお金をかけるとできていくんですけども、内容を、例えば今プロジェクトでやっている内容というのは、これは10年たったとき、私が今日説明したモジュールが古くなっていないかという問題があるんですね。そうしますと、そういう中に実際に動かすために一番重要なところは、これは実は国内研究者の能力を結集してやっているというところがございますね。ですから、もしそういう方がいなくなってしまうと、できてもちょっと古いソフトみたいな形で、どんどん置いていかれてしまう形になってきます。

ですから、お金をかけて整備できるところと整備できないところ、特にお金をかけて整備できないようなところを、今のうちにどうやって手当てしておこうかということが、これは例えばモジュールをつくられて、今やっている先生方がもうリタイアされて、そこがなくなってし

まって、日本にそういう分野がいなくなってしまうと、穴があいたような状態になって、そこは全体のシステムとして動かなくなってしまいます。ですから、よくこういう問題だと、最近お金で解決するところがちょっと多いと思うんですけども、できないところも少しくローズアップして考えないと、これは国内として維持がうまくできなくなってくるので、これは研究者の育成ということにもつながっていくと思うのですが、そこが1点目が少し心配なところじゃないかと思いました。

それと、全体の運営は、これはやはりユーザーがメリットを感じてもらうしか、ちょっと無理だと思います。ですから、その辺は国が全部お金を出して運営することは、多分できないと思いますので、実際の中はやっぱり、ユーザーの魅力のあるものにどうしていくかということが重要かと思います。

以上です。

塚本座長 どうぞ。

産業技術総合研究所（村山） 超超プロジェクトにおきまして、今まさに御質問の点を、企業16社も交えて議論しておりまして、私たちとしては技術研究組合がプロジェクトが終わった後、プロジェクトで開発したAI解析技術とか、ある種シミュレーターを使ったソリューション提供できるような事業体に移行するというようなことを前提として、現時点からも議論を進めているところです。まだ確定ではございませんし、16社の全社から御賛同いただいているわけではありませんけれども、やっぱりプロジェクトで生まれた成果が、後々事業として持続的に回っていくためにどうしたらいいかということ、注力しております。

そのためのパテントの合意書もつくりつつあるんですが、かなり思い切ったことを今やろうとしています。

塚本座長 ありがとうございます。

恐らく、すぐに答えがあるような議論じゃないと思うんですが、何か。

産業技術総合研究所（村山） 今申し上げたのは、主にソフトウェアの絡むところのライセンスの話で、出口に近いところはやっぱり企業さん、1対1の御事情もございますので、そこは従来のような運用を考えております。

塚本座長 ありがとうございます。

どうぞ。

佐藤構成員 その3つのプロジェクトとも、非常にいいソフトウェアを開発していると思うのですが、研究者が開発したソフトウェアというのは、要するに赤の他人が使いにくいものが

非常に多くて、これをいかに、例えばベースとして国で使おう、いろいろなところでいろいろな産業界で使うというとき、整備し直さないと、ソフトウェアのフォーマットの形も含めて、全てをきちんと整備しないと後々まで続いていかない。特に5年先、10年先を見ますと、どこかに捨てられてしまうという形になりかねませんので、その辺をうまく3つのプロジェクトとも、本気になって考えられたらと思います。

それと、それを外販するのか、どういう形で維持するのか、海外でよく外販しているものもございまして、それを公開する相手をどこまで絞るのか、ある相手はここまでのソフトウェア、ある相手はこっちまで含むとか、それは相手の国によっても違うし、その辺の区分けをきちんとすることが、私は非常に出口問題として大切だと思います。よろしくお願ひしたいと思ひます。非常に難しい問題です。

塚本座長 御意見、ありがとうございます。

今、佐藤さんの御指摘もありましたけれども、3つのプロジェクトに関しては、現段階で海外への公開とか、あるいは海外のデータベースとの相乗りとか、その辺は何か方向感はお決まになっているのでしょうか。

科学技術振興機構（伊藤） データベースで一番進んでいるのは、多分NIMSだと思いますので、一応申し上げますと、その議論はNISTと今どういうふうにするかという議論が始まっている段階であります。ただ、具体的にデータのやりとりということは、まだ進めておりません。その議論が始まったということでもあります。

塚本座長 香川先生のところは、現時点ではまだ国内に閉じていますよね。

香川構成員 多分これは企業がデータを、本当に重要なのをたくさん出してくれるというのは、最初から余り期待できないかなということもございまして、アルファ版というところで、アルファ版を試すことができるような付録のデータみたいなものは、これは今、公に出ている論文その他汎用のデータを集めまして、それを一緒につけて企業の方に使ってみてください。もしよかったら、こここのところは自分のところで引き取って、自分のデータを入れてやってくださいという形を今考えているところです。ですから、そこはちょっと全体にやるかというのは、非常に難しいところです。

それと、国際共同でやっているところも、これはデータベースを使うところではなくて、先ほどのモジュールという、学術的にどういうふうにソフト化するかというところを行っているところで、これはデータベースを使わなくても平気なようなところを、国際共同で今やろうとしております。

塚本座長 ありがとうございます。

それぞれすぐに答えが出る話じゃないんですが、全体としてはまさか30年度、あるいは31年度で終わりということでないことは間違いないと。それぞれで次のこの延長をするにしても、今の御意見は、国と企業の持ち合いをどうするかとか、あるいはどういう形で海外とも連携するかとか、その辺がまだすかつとした答えがないと。恐らくここ一、二年でそれぞれのプロジェクト内でも議論されて、方向性が決まっていくなだろうと思われませんが、現時点でのナノテク分科会としては、ぷつんと切るということは全く考えられないと。先ほど香川先生がおっしゃった人材の育成も含めて、少し長期的にどうするかが次のシナリオとしてはっきりさせないと駄目だ。今どういうシナリオを書けばいいかという答えは、持っていませんけれども、いずれにしても、継続的に延長して検討すべきだということで、明記させていただきたいと思っています。

もう1点、次の2点目ですが、もちろん行ったり来たりして結構ですが、3つのプロジェクトそれぞれ、先ほども申し上げたように、高分子領域なんかではかなりラップしている部分があると思います。もちろんシステムなんていうのは共通基盤として使えばいい、あるいはデータベースもそうなんだろうが、実際にアプリケーションだとか用途開発だとかということになると、それぞれやっぱり違う領域になっていきますから、その辺の連携のあり方について御意見があれば、お伺いしたいと思います。

馬場(寿)構成員 先ほどの議論ともかかわってくるが、これらのプロジェクトの中でそれぞれの目的があってやっているうちは良いと思う。しかし、それらが終わった後に、どうやって維持管理していくかを考えると、企業の人、大学の研究者、学生さんなどいろいろな人が使えるようなシステムにしていかなければいけないと思う。そのときに、3つが別々ではなく、統合されたような環境で使いたいということや、ソフトウェアが使いやすくないと使わないということを考える必要がある。

将来の日本の産業を考えると、学生や研究者の人たちが手軽にアクセスして使ってみて、アップグレードしていくような仕組みが必要と思う。あるいは、企業の人たちが、何かうまくいきそうだから、ぜひ自分たちもやってみたいと思えるようなことが必要と思う。このようなところに対して、今後どのようにしようと考えられているか。今は限られた企業としかやっていないと思うが、もっと広げていくとかは考えられているのでしょうか。このようなことをしないと、結局どこかで終わってしまい、広がりが出せないような気がするが、いかがでしょうか。

塚本座長 いかがですか。恐らくいかがでしょうかと言われても、非常に返答に困ること……

科学技術振興機構（伊藤） Mi²iではそれも一番気にしまして、そのために個別の企業との共同研究というのはやっていますけれども、数が少なくて、むしろコンソーシアムをつかって、コンソーシアムと言いますけれども、これは別に排除するものではなくて、皆さんに来ていただく、国内の企業に限っていますけれども、来ていただくという仕組みになっています。

そこで一番狙っているのは、そこでコミュニティーをつくっていただくということです。我々が始めた当初の5年間は、我々の方で主導しますけれども、コミュニティーが立ち上がってきていただければ、自主的に回していただけるだろうというふうに思って今、運営しているところであります。

それから、ソフトウェアに関しては、私も別のプロジェクトで、ずっとソフトウェアの産業利用ということ、皆さんに使っていただくやっておりました。おっしゃるように、いいものでないと使っていただけません。ただし、それをどこまで国がやっていくかというのは結構難しい問題で、ソフトウェアベンダーが育たないという問題も起こってしまいます。

一方、私は最近知ったんですけれども、IT系の人たちというのは、実はそこは非常にほがらかに考えていまして、とにかく公開するんだと。公開してみんなで突っつき合うんだと。そうすると、いいものが残るし、悪いものは捨て去られるんだ、そういう市場原理というか、そういう形でやっていく。

GitHubというサイトがありますが、そこでソフトが公開されると、みんなでいじって、そこでいいものは残っていくんですね。多分、そういうやり方も、特にインフォマティクスというのはIT系の分野が入っている場合には、少し考える必要があるかなというふうに思っております。

以上です。

塚本座長 ありがとうございます。

ほかに御質問、御意見ございますか。

どうぞ。

産業技術総合研究所（村山） 今、伊藤さんがおっしゃったソフトウェアは、かなりオープン、フリーソフトというのが、全世界的にはスタンダードになっているというのは、私も同感でして、その点、大学の先生方の知識も最大限生かしていくためには、そこで何か縛りをつけるというよりは、ある意味オープンに成果の公開というのをすべきだなというふうに、超超ブ

プロジェクトでも議論しています。むしろ知財的にクローズというか、強みとなるのは、出たデータを使った材料に適したAI解析技術というところを、競争力の源泉として位置づけていくという考え方を今ベースに、プロジェクトの中では議論しているところでございます。

塚本座長 ありがとうございます。

恐らくグーグルAPIに代表されるように、いかにオープンにしていくか、一方で、先ほど伊藤さんもおっしゃったように、どうクローズにするか、その辺の切り分けが、企業的にも国としても重要な検討課題かと思えます。

ほかに御意見ございますか。

須藤構成員 香川先生の話の中で、特に金属材料の話が代表的で出ていましたが、すでにいろいろなところでかなり研究開発が進んでいると思いますし、なかなか企業のデータが集まらないということでしたら、学会をもっと活用するとできるのではないのでしょうか。

例えば疲労亀裂の進展というのは、機械学会でもやっていますし、鉄鋼協会とか材料系の学会でもやっているといます。それから、環境が絡んでくれば腐食関係の学会でも、同じような進展のモデルというのはいろいろ出ています。そこには企業も研究者も積極的にデータを出しているはずで、そこうまく連携、もうちょっと学会を活用すると、もう一步先に進めるのではないかと思います。その辺はもうやられているのですか。

香川構成員 そこまではまだいっていないんですが、逆に言うと、これはシステムをまずつくるので、最初は立ち上げてから約3年ですけれども、こういうものが最初なかったのが、今それを立ち上げて行っているところということと、逆に金属の場合は、非常にデータがたくさん世の中にあるのですが、対象もたくさんあり過ぎるということです。ですから、いろいろな材料があって、いろいろなところに使う、そのとき環境も全部違ってくると、クリープ、腐食とか疲労とか全部変わってきてしまうので、逆に私たちは最初に材料のターゲットを、こういう材料でこういうところに使おうという形を決めて、今はそういうデータを中心に出版、その他から全部データを集めてつくっているところです。

ですから、将来的にはいろいろなところからそうやって集めて、役に立つ材料を扱っていくことができるような仕組みはつくっております。ただ、全てをこの5年間でやり切れるということは多分ないので、実用的に重要なところに絞って今つくって、有用性を見せるという方向でいっているところです。

塚本座長 ありがとうございます。

ほかに御意見ございますか。

馬場（寿）構成員 データを集めるのに学会を利用するのは、非常に良いと思う。もう1つはやはり企業のデータを集めることだと思う。諦めるというような話も出ていたが、インセンティブの与え方ではないかと思う。事例にありましたように、インセンティブをうまくつけてあげると、企業も少しはデータを出してみようかという気になると思う。学会と同じかもしれないが、業界団体のようなところに対して、どんな希望があるのか、どんなインセンティブだったらデータを出しても良いかなど、ヒアリングしてみるのも良いのではないかと思う。

塚本座長 ありがとうございます。

今の企業のニーズなんていうのは、例えばきょうも後で安全性で説明いただきますが、1つの業界団体ですとなかなか偏るんですが、例えばナノテクビジネス推進協議会なんかは、鉄鋼から無機から有機から、それからベンチャー、重工、自動車、全ての業界が入っていますから、そういうところが普遍的に、何か意見を総括できるような機能としても持っているんじゃないかと思しますので、場合によっては活用いただければと思います。

ありがとうございます。

ほかに御意見ございますか。

香川構成員 企業の協力ということですが、ゼロじゃなくて、最近やはり企業の方も少し使ってみたいという機運が出てきて、そこは積極的にやっぱりデータを出してくれるところも出てきているようですので、やっぱり使えそうだとすることを、企業の方がわかるところまでは早く持って行って、それをもって見せるということが一番重要と思います。

塚本座長 ありがとうございます。

恐らく企業も今、眺めているところだと思うんですが、香川先生が一步前進すれば、当然ながら少し中身に興味がふえてきますので、それはほっておいても企業も無視はしていないと思います。その辺の面もよろしくお願いします。

それから、もう1つの議題として、3つのプロジェクトの横連携、プロジェクトを一緒にやるという意味じゃなくて、同じような共通基盤の議論、あるいは課題があると思いますが、その辺の連携とか、一步でもうまくいったら、これはそっちでも使えるんじゃないのみたいな考え方がいっぱいあると思いますから、その辺はぜひこの先検討いただければと思います。

ほかに何か御意見ございますか。

どうぞ。

馬場（嘉）構成員 ちょっとすみません、前の議論に戻りますが、学会の活用というのは、非常に重要だと思うんですけれども、この部分こそ国際協調を考えていただかないと、例えば

化学の分野で一番大きいデータベースというのは、アメリカ化学会がつくっているんですが、これはもう100年以上前からつくっているんですね。今ちょっと調べたら1907年からつくっているんだそうです。それ以外の国の化学会は、全てそれに乗っかっているだけで、何もやっていないわけじゃないんですけれども、ほとんど何もやれていないですし、日本の学会だけだと多分、本当の意味でのデータベースをつくるのは、非常に難しいと思うんですね。

御存じのように日本の学会は、少なくとも私が知る限り、私の関連の分野の学会は、財政的に非常に潤沢な状況ではございません。アメリカ化学会の財政力を見ると、もうとてもじゃないけれども日本の学会はかなわないといつも思うんですけれども、そういう意味ではやはり、せっかくこのプロジェクトの方はいいデータベースと、それから多分マルチスケールのシミュレーションといったところが重要な経緯になるかと思うんですが、このプロジェクトの期間の中で答えが出るかどうか、ちょっとわかりませんが、そういうところはぜひ御検討いただいて、できれば100年続くようなものをつくっていただけると、本当の意味での基盤のところは、あるところは日本がちゃんと貢献しているということが、国際的にも認知されるのではないかなというふうに考えます。

以上でございます。

塚本座長 ありがとうございます。

先ほど来、学会の話が出ましたけれども、今おっしゃるとおり、日本の学会というのは、どちらかというと尻すぼみですので、日本化学会なんていうのはもうきゅうきゅうしてしまっていて、何より日本の学会というのは海外に開かれていませんので、残念ながら世界ベースで見れば、どんどんポジションが低くなっている。

欧米、特にアメリカの電気電子学会なんかは、外国人比率が5割を超えていますし、日本の化学会は外国人比率はコンマ何%で、実質ジャパニーズオンリーになってしまっていて、そういう面でも、こういうのをきっかけに外に開いていくというのは、重要なことではないかという気がします。

ほかに御意見、ございますか。

いずれもすぐに答えが出るような議論では全くありませんで、3つのプロジェクトの連携をもう少し推進すべきではないか、あるいはいろいろな御意見が出た学会なんかとの連携も、重要な課題だろう。それから、何よりもそれぞれ3つのプロジェクト、あと1年、2年で終わるような話じゃ全くありませんので、企業と国との役割分担を考えながら、長期的にどうしていくかというところが大きな課題かという気がします。

きょうすぐ答えがないんですが、こういうことが検討課題であるということを明記していきたいと思います。

ほかに何か御質問、御意見ございますか。

よろしいでしょうか。大分、予定より押しております。

それでは、次の議題に移りたいと思います。マテリアルズ・インフォマティクス関係は以上にしまして、次はナノテク・材料基盤技術の取り組むべき課題についてということで、事務局から資料の御説明をお願いします。

事務局（千嶋） それでは、資料1にお戻りいただきまして、6ページから、そして7ページ目を御覧ください。この図のベースは、昨年度の分科会で取りまとめたものですが、これに前回まで御議論いただいた意見を反映した形になっていて、この赤字で書かれているようなところが、リバイスさせていただいたところです。

今回着目したのは、図の右側、黄色くハッチしておりますナノ材料のE L S I / E H Sに関するところでございます。Society 5.0実現のために次世代のナノエレクトロニクス関連技術への応用が期待されているナノ材料ですが、今般、特にカーボンナノチューブを初め、実用化、あるいは実用化一歩手前まで進展しているという認識でございます。一方で、これを社会実装するときに、1つのブレーキ要因となりかねない安全性評価、安全管理基準等が重要になってきているという認識で、特に他国の動きもございますので、これにおくれをとってはならないというようなことを懸念してございます。

おめくりいただきまして、8ページ目です。最初のプレゼンテーションでお願いしているのは、NEDOのプロジェクトの取組の一部として、ナノカーボン材料を中心に安全性評価に関する取組が実施されてきましたが、本取組に携わってこられた産総研のリスク評価戦略グループの主任研究員の藤田様に、この取組の概要と今後の課題について御講演いただきます。続いて、産業界としてナノ材料の安全性評価に関する日本の現状と課題について、NBCIの加藤様に御報告いただきます。これらを踏まえた上で、今後取り組むべき課題というものを議論して、総合戦略に提言という形で記載できればなと思っております。

おめくりいただきまして、9ページ目ですが、この論点の案をまた事務局の方で考えさせていただきました。目指すべき姿を、素材産業の更なる競争力強化としたときにポイントとなるのが、産業界で使える評価法を開発して、安全管理基準を確立することですとか、海外製品の安全性識別を可能にすることですとか、国際標準化によって国際市場の獲得の促進をしていくことを挙げまして、この黄色いところが論点の案でございます。

低コストで実用的な安全性評価法の開発と安全基準の策定についてですとか、あるいはこの評価試験の実施機関・認証機関、試験データの蓄積等はどうあるべきか、物質の安全リスク評価研究人材の育成について、それから、ナノ安全の実用化促進のために関係府省が連携した国際戦略を検討していく体制について。

この後、2件のプレゼンがありますけれども、これらの論点も踏まえてお聞きいただいて、御議論いただければと思います。

以上です。

塚本座長 御説明ありがとうございます。

それでは、早速、御講演いただきたいと思いますが、産総研の藤田さんによろしく願います。

産業技術総合研究所（藤田） 産総研の藤田でございます。本日は「NEEDOプロジェクトにおけるナノ安全性評価の取組」と題しまして、発表させていただきたいと思います。

まず、最初に、安全性評価のプロジェクトそのものについて説明させていただきます。我々、産総研安全科学研究部門は、2006年から2010年度までのNEEDOの委託事業に携わりました。プロジェクトリーダーは現産総研の名誉フェローである中西準子プロジェクトリーダーであります。このプロジェクトは作業環境の管理目標としての許容暴露濃度、これは時限つきですけれども、カーボンナノチューブ、フラーレン、二酸化チタン、こういった各ナノ材料に対する代表値を算出しまして、これをリスク評価書と題しまして発行することができました。これは世界に先駆けての本格的なリスク評価になりました。

このプロジェクトをもとにしまして、大きく分けて2つのプロジェクトが分かれました。1つは経済産業省の委託による、いわゆる行政による管理の枠組ということをも目的としたプロジェクトです。今年度はフォローアップ事業としまして、ナノ材料の気管内投与試験、これは動物試験の1つでありますけれども、これの国際標準化に関する調査をしてまいりました。本日出席しております産総研の蒲生グループ長が、このプロジェクトリーダーを務めております。

もう1つは、本日の話の中心となります2010年度から今年度までのNEEDOの委託事業で、事業者による簡易の自主管理を目的とした委託事業になります。これはTASCという研究組合事業として実際に行いました。これは、作業環境でのナノ炭素材料の安全性評価支援技術の開発を目的としたものでありまして、CNTを中心としたナノ炭素材料が安全か、あるいは安全でないか、そういう判断をするような目的ではございません。

今お話をした自主安全管理技術というのが1つのキーワードになりますけれども、この背景

としましては、一つにはナノ材料は非常に多様性であり、新規性もあるということです。また、社会の変化は風評被害、あるいは差別化というような背景がありまして、まずは法規制ができるまでのつなぎとして、また、法規制が補足し切れない細かな特性変化、こういったものに対応するため、自主安全管理技術が必要ではないかと考えました。欧米の事業者さんには、こういった考え方はかなり進んでおりますけれども、我々はこの自主安全管理技術というのが非常に必要ではないかと考えております。

ただし、このときに必要になるのは、事業者が自ら安全性を確保していることを、エビデンスつきで関係者に示す必要があるということです。備えるべき要件としては、簡易であり迅速で安価であるということになります。

こうした自主安全管理の考え方に基づいて、N E D Oプロジェクトを今年度まで進めてまいりました。これはナノ炭素材料やその応用製品を中心に、簡便な自主安全管理の支援技術を開発するというものであります。

実施体制は主に3つです。1つは排出・暴露評価技術の開発、これはT A S C（産総研）と京都大学、岡山大学と共同して行いました。また、2つ目は簡易な有害性の評価手法の開発、これも産総研と産業医科大学の共同で行いました。3つ目は自主安全管理支援のためのケーススタディー報告書の作成と、また、このプロジェクトの技術普及というものになりました。

研究開発のターゲットですが、改めてですが、対象は製造加工現場の作業者になります。また、経路は吸入、特に肺への影響になります。細かく言うと、肺への影響は炎症というものを中心にしておりまして、例えばがんとか、そういったものについてはまず扱わないで、急性の炎症を中心とした吸入の影響を中心にして、見ようということにしました。また、対象材料はナノ炭素材料になります。

研究内容とその成果について、個々に説明させていただきます。排出・暴露評価技術の開発ですけれども、まずは飛散ナノ炭素の計測手法の開発をしました。また、現場調査、それから模擬試験の実施、これも行いました。そして、この下（1）（2）の成果として、各事業者の自主安全管理の参考として、こうした「排出・暴露評価の手引き」を、今月2月に無償公開する予定です。いわゆるどうやってこうした計測をすることができるのか、また、実際に現場調査したときの結果や模擬試験の結果というものを収載したものが、この手引きになります。

それから、bの有害性の評価手法の開発になります。簡易有害性評価手法というのは、シャーレの中での培養細胞試験になりますけれども、この位置づけについて若干説明させていただきます。

先ほど話しましたとおり、2006年からのNEDOのプロジェクトでは、いわゆるスーパーグロースの炭素CNTという、これは産総研が開発したものですけれども、これを一つのケーススタディーとしまして、ラットの吸入暴露試験というもので、許容暴露濃度を導出しました。

しかしながら、吸入暴露試験というのは課題があります。これは試験期間が長期に渡ること、また、多大なコストがかかります。事業者さんたちが開発したものであるのは、非常に多様な開発材料が出てきますので、一つ一つにこの吸入暴露試験を行うということは余り現実的ではありません。そこで我々は、簡易な有害性評価手法として、短期であり低コストな培養細胞試験というものを提案しました。さらに、ここから出てくる結果の妥当性の検証として、ラット気管内投与試験を用いました。

培養細胞試験の利点としましては、特にEUでは、化粧品の安全性試験に動物利用が完全に禁止されており、また動物愛護の潮流もあり、さらに、OECDの工業ナノ材料部会でも、こうした培養細胞試験の可能性を検討しているという背景があります。

我々、このプロジェクトでは、簡易な有害性評価手法の開発を行いました。ここで重要なのは、細胞試験をこのナノ炭素材料に与えるときには、分散調製とそれから分散液の特性評価が重要になってきます。簡単に言ってしまうと、ナノ炭素材料というのはいわゆる粉体なので、粉体そのものを液体で使う培養細胞の培地の中に投与することができません。凝集をしてしまう可能性があるためです。また、ポリマー系の分散材を使うと、そのものに毒性が認められることもありますので、有害ではない無毒な分散材を使わなくてはなりません。また、その特性評価を行わなければなりません。ここが非常に重要になります。

こうしたものが開発されて初めて細胞試験、また、それを補完する動物試験というものが、実施することができます。また、これらの試験結果をもとに、こうした分散調製法や特性評価、細胞試験、動物試験のいわゆるレシピというべき総合手順書に、これが現物なのですけれども、一つ一つの実験手法、あるいはそれから得られたデータなどを収載したものを今月、公開しました。

こうしたものを使いながら、各事業者さんたちへの自主安全管理の支援を行っていき、また国際機関との連携活動を行っていきというものであります。

実際に我々の結果では、このような写真にありますように、安定に分散した単層のCNTのように、高い再現性を持つ簡易で迅速な分散調製を開発しました。また、その分散液を使いまして、培養細胞試験、動物試験を行うことができました。そして今、御説明したナノ炭素材料

の安全性試験総合手順書を、先週行いましたナノテク展で公開しまして、現在これはウェブ上で無償公開しております。

それから、ケーススタディー報告書の作成と技術普及であります。これは材料ごとに、SGというのはスーパーグロースの炭素カーボンナノチューブ、また、eDIPSという炭素カーボンナノチューブ、どちらも産総研、TASCで開発したものであります。また、剥離グラフェン、この3種類を事業者さんたちに引き渡すサンプルのとき、ものと同時にこういったケーススタディー報告書を同時に、安全性の情報として配付するということにしました。このスーパーグロースの第3版に関しましては、事業者さんたちの工場立地にかかわる自治体の環境審議会に参考資料として提出されて、許可に非常に貢献したという実績があります。

また、国際標準化活動に関しましては、ISOの技術仕様書の発行を行うこともでき、また、OECDといった国際機関との連携をすることもできました。また、行政機関との連携でありますけれども、最初に申したとおりに、経済産業省のプロジェクトに協力をしまして、今回のプロジェクトで開発した調製液の提供や、肺中でのCNT分析、こういったものを実施して、参加することもできました。

さらに、情報発信でありますけれども、NanosafetyWebsiteというものを開設しまして、ここに欧米の法規制の動向や、国際機関での規格の策定動向を体系的に提供したり、新しい情報をツイッターで配信するというも行いました。

最後に、取り組むべき課題になります。「取り組むべき課題」と書いてありますけれども、実際には今年度でこのプロジェクトは終了してしまいますので、これまでのプロジェクトの技術を使い、特に我々は分散試料の調製・計測、こういうものは非常に得意としておりますので、各企業さんたちの出てくる開発した製品を、実際に調製・計測して、支援していきたいと思っております。実際には共同研究のような形で、企業さんとの1対1対応になると考えております。

最後に、このプロジェクトを通じて取り組むべき課題、感じたことですが、国際標準（ISO）とかOECDのような国際機関などの連携に活躍する人材、プロジェクトの中でもこれは実施しましたけれども、が不足しておりますので必要と考えます。また、先ほど調製とか計測は非常に重要であると説明しましたが、ここに携わる高度専門技術を持つテクニカルスタッフの確保というのが非常に重要です。プロジェクトが終わってしまうと、なかなか予算的な措置がありませんので、こういった人材を確保することも、非常に重要と考えます。またこのプロジェクトでは実施していない、例えば生態影響や、環境暴露評価手法の開発というものも必要ではないかと考えますが、いずれにしても、ナノ炭素材料の調製や計測手法というものは、こ

ういったヒト健康の以外の分野に関しても必要になるので、そういったところにも我々の技術というので支援できると考えております。

以上です。

塚本座長 ありがとうございました。

それでは、続きまして、ナノテク技術推進協議会から、産業界から見たナノ安全に対する御意見として、加藤さんからよろしくお願ひします。

ナノテクノロジービジネス推進協議会（加藤） ナノテクノロジービジネス推進協議会、ここではNBCIと称させていただきます。

冒頭、お手元の資料を見ていただければ、これをもとに、中心に御説明させていただきます。

2ページでございます。まず、冒頭NBCIの御紹介ということで、2ページ目に、真ん中に目的がございます。2003年に設立されておまして、いわゆる原課は経済産業省様になります。右下に会員状況がございます。このような構成で、大体150社強のメンバーでございます。左に主な活動がございまして、この中にはきょう御説明する、いわゆるナノ安全のことがございますが、一番下にナノ安全に関する具体的な産官学連携活動の推進ということでございます。

もう少し中身を、活動内容を少し御紹介させていただきますと、次の3ページ目でございますがここに、左の方にNBCIがございます。ここで社会受容・標準化委員会がございまして、CNT、カーボンナノチューブ分科会、フラーレン分科会、いわゆるナノカーボンに関する安全性、標準化の活動をしております。一方、計測も非常に重要だという意味合いで、実用的な計測評価ワーキンググループもつくっております。

一方、ナノカーボンだけではなく、ナノ材料は物すごく広くございますので、ナノ材料全般を扱うようにという意味で、1年ほど前からナノ安全準備会というのを立ち上げまして、活動を推進しております。いわゆる産業界の意見を集約し、右にあります関係府省様、あるいは標準化の海外の規制当局との間で情報収集、意見具申ということを行っております。

さて、今日の本題でございますが、まず、現状認識としまして、4ページ目にナノ材料に係る規制の国際動向ということで、海外の動向と日本の現状というのを1枚にまとめております。一言で言いますと、欧米の規制は着々と進んでいるものの、日本は大幅におくれているんじゃないかというのが、この1枚のアウトプットでございます。

その中身でございますが、上にナノ材料の定義というのが各国、欧米で決められて、それに従って困ってございます、実施中といひますのは、およそ2008年ぐらいから、米国ですと

T S C A (有害物質規制法)の中、E UではR E A C Hの中で、ナノ材料を規制の対象とするということで、S N U Rとございますのは、いわゆる製造前の届出制でございます。

そういうものを通して、最初はボランティアな位置づけでしたが、その後なかなかうまく進まないということで、マンダトリーな進め方になってきているという、それは2010年ほどから変わってきているようでございます。さらに、ナノ材料を使った製品の規制、マンダトリーという意味合いでナノ材料の報告制度、これはフランスが2013年から始まり、今は4か国がその制度で始まっております。

そういうのをもとに、最近の動向を見ますと、米国では、更に一步進めてナノ材料全体をE P A、米国の環境保護庁がナノマテリアルの製造・記録保管を義務化ということで、既に2年ほど前から検討されておりました、今年の5月に発効予定でございます。

さらにヨーロッパにおきましてはR E A C Hで、そもそも対象ですが、少し不明確な文章の記載でございまして、それをもう少し明確にしようということで、欧州の化学品庁がガイダンスも作りながら、附属文書の中で明確にしよう、この動きがあつて来年度、2018年には発効するという予定になっております。

さらに、登録制度の方は、この4か国に加えまして、スウェーデンの方で5か国目になりますが、登録制度が始まります。

一方、日本の現状でございますが、右下でございます。厚生労働省様がいわゆる、規制ではございません、義務的なものではございませんが、指針として2点発効しております。1つは2009年にこのような文書で出ております。そもそも発端は2008年に毒性学の専門の方が、カーボンナノチューブをマウスの腹腔内に大量投与して、中皮腫発生ということが論文発表され、報道もされましたので、それを受けて、厚生労働省様の方でこのようなガイドラインをつくられたということでございます。

2点目は、昨年3月ですが、カーボンナノチューブの一品種でありますものに、いわゆるアスベスト　　ということで、発がん性の問題がないかということで、がん原性指針に基づいた試験、いわゆる2年間の吸入暴露試験が実施されまして、前後の検討を含めると5年ほどかけて、1品種のものが発がん性、これはラットについての試験ですが、発がん性ありということで、それを受けてこのがん原性指針、これは一般の化学物質で35物質が登録されておりますが、その中にナノも1品種追加したということでもあります。

このように整理しますと、海外の方はナノ材料を系統的に、ガイドラインから規制をもっていくという動きがあるというふうに認識されますが、日本におきましてはこのように、中皮腫

発生とか発がんということの結果を受けて何らかの対応と、少し単発的な感じもいたします。

以上が現状でございます、次に、日本の産業界がナノ安全に関してどういうことで困っているのか、何をしたいのか、先ほどナノ安全の準備会も立ち上げてというところで、会合で意見交換した結果を整理しております。

大きくルール整備、リスク評価、データベース、規制動向情報等に分かれます。少し御紹介させていただきますと、ルール整備ということでは、A社という記載でございますが、いわゆる日本企業が、先ほど御紹介いたしましたように、欧米等に輸出する際には、登録や試験が必要で、材料の評価とか安全性評価に多大なる負担を要していると。一方、国内には規制がございませんので、安全性の評価を実施していない海外製品が、国内で出回っていますという観点と、もう1つ見方を変えれば、日本のそういった技術情報が海外に流出しているという問題とも捉えられます。

一方、B社でございますが、安全性評価に関しての基準がないので、製造者と使用者、いわゆるB to Bで安全性に関するスペックの取り決めができないということで、責任の所在も曖昧ですという現状がございます。

それから、下の方にいきましてL社、これは国際標準化という意味合いで、EU、米国、韓国、イランなども国を挙げて進めているものの、日本はもっとそこら辺をやるべきじゃないかという意見がございます。

次に、リスク評価という意味ではD社、毒性学者の方が極端に過負荷でのデータを発表されますので、開発が中止、または大幅に遅れるとか、安全性評価には多額な費用と期間を要しますので、簡易的かつ実用的な評価法が欲しいと、そういったことでのデータのお墨つきも欲しいということ。あるいはN社、やはりがんということになりますと、初期の炎症だけではなく、慢性での評価になりますので、非常に吸入試験ということで、これは一企業ではなかなかできないということから、先ほどの簡易的な試験法ということにもつながっています。

それから、データベース化ということ、安全性の情報が分散しているので、統合化とか、データで示す必要があるかというV社、あるいはX社、規制動向情報では、日本の規制への方向性についての情報が欲しいということで、どういう方向に向かっていくのかとか、そういった意見も出ております。

以上、最後のスライドになりますが、まとめをさせていただきますと、5点ほどまとめられるかなと思います。1つは、ナノ材料とその使用製品の安全性に関する基準等を整備していくこと、2つ目に、安全性評価法はかなりコスト、期間がかかりますので、簡易的かつ実用的な

評価法の開発と。このときに同時に、いわゆる材料の計測評価を合わせるといところが、非常にポイントになるかなと思います。3点目に情報の集約・発信、4点目に国際標準化という観点、最後に、それらを含めての省庁横断的な、いわゆる戦略策定の場とか体制づくりが必要かということで、まとめさせていただきました。

以上でございます。

塚本座長 ありがとうございます。

今の2つのお二人の御説明も含めまして、議論に入りたいと思います。改めて資料1の9ページを御覧ください。先ほど事務局からも御説明ありましたが、ナノ安全に対してこれからどうするかということで、今、一部既に先行された産総研の説明とか、あるいは産業界からの要望がありましたけれども、一応事務局案としてはそこに、黄色のハッチをしているところが、こういう課題を設定すべきじゃないかという意見なんですが、その他に、あるいはこの辺はもうちょっとこう考えるべきじゃないかとか、あるいはもっとこの視点が抜けているんじゃないかというところがありましたら、御意見よろしくお願いします。

波多野構成員 ありがとうございます。

何よりも知ったのは、やっぱり標準化というものの国際的な戦略的な国際標準化をいち早く進めないと、コストがかかるだけではなくて、情報が全部抜かれてしまうといところが、非常に危機的に感じました。ですから、その辺の国際標準化をいち早く日本がリードして、逆に海外の材料の情報がとれるような仕組みをつくって、前半で議論しましたシステムの統合型のところでもデータベースにフィードバックできるような、そういう統合的な仕組みが必要かなと感じました。

以上です。

塚本座長 ありがとうございます。

安全そのものももちろん大事なんですが、それ以上に産業の競争力という意味では標準化、あるいは基準認証とかということが非常に大事だという御意見です。

ちなみに、当社もナノチューブをつくっていますけれども、当社なんかでアメリカで売ろうとすると、EPAにこういう材料を売りますよ、そのためにこういう安全性評価をしますよ。米国の試験機関にお願いして、ナノ安全を何年かかけてやったんですが、もちろん全額当社負担で、データは全てアメリカが自由に使えるという契約にサインする、非常に屈辱的なサインをさせられて、データは全部向こうに行くんだけど、金はこっちが出している。しかも毒性学者は向こうがどんどん勉強されていく、日本には何も残らない、こういう状況がずっと続

いている。

何より今、波多野先生がおっしゃったように、国際標準化、あるいは基準認証という意味では、日本がかなり出遅れていますので、海外の製品は一方で、ざるのように入ってきているというのが現状だと認識しております。

ほかに御意見ございますか。

馬場（嘉）構成員 きょう、安全性に関しましては産総研、それから、NBCIから大変貴重なお話、ありがとうございます。

NBCIの方の資料で、関連のISOとしてTC229を書かれていますけれども、このTC229はナノテクノロジーの委員会ですけれども、ここだけで問題ないのでしょうか。

というのは、我々は今インパクトのプログラムで、国際標準化仕様ということで、標準物質の開発をこのTC229の中でやろうとしているんですけれども、TC229の国内団体の先生とお話すると、同じISOの中でも縦割りがあって、TCの中でそれぞれ標準物質をつくっているとか、それから安全性評価をしている。TC229だけが一応100ナノメートル以下で、それ以外のところはサイズがちょっと違うんだという話でしたけれども、今回も最後のまとめで御紹介されたところは極めて重要だと思うんですが、そこでこのISOのTC229が最もいいんだろーと思いますけれども、これだけで問題ないのでしょうか。

ナノテクノロジービジネス推進協議会（加藤） NBCIはTC229のナノテクに特化しております、この国内の審議委員会の委員になっております。ただ、材料を開発する上、あるいは安全性とかの評価基準をつくる上では、TC229以外でナノテクを扱っていらっしゃる審議団体というのは、20ほどあるというふうに聞いてまして、今そこはTC229とそれ以外のTC24とか、そういうところとの連携が今できていないというのがございまして、TC229の国内委員会の委員長は一村委員長でございますが、一村委員長もその点を問題視されてまして、今、NBCIの方と横断的な横串ができるような、そういう活動ができないかということで意見交換させていただいている、ちょうど開始したところでございます。

ですから、これからそういったところを、ただ、NBCIだけで全てカバーできませんので、そのあたりをほかの団体様と御議論しながらやっていくという大きな課題もございます。

塚本座長 馬場先生、よろしいでしょうか。

馬場（嘉）構成員 はい、ありがとうございます。

塚本座長 確かに今、馬場先生が御指摘になったように、NBCIは医療とか医学系にはほとんど関連できていませんので、そういう意味では、馬場先生の御懸念も十分わかると思いま

す。そういう連携をどうするかも一つの課題かと思います。

ほかに御意見ございますか。

どうぞ。

馬場（寿）構成員 9ページの最後に述べられた、国際戦略を検討する体制のあり方というところに関してコメントしたい。NBCIさんの資料を見ると、府省連携で議論しているのはナノ安全問題実務者連絡会である。これは非公式な場としてやっていると思うが、国としてオーソライズした組織で、しっかり検討する必要があるのではないかと思う。以前は内閣府が主導して、安全性に関するプログラム（科学技術連携施策群「ナノテクノロジーの研究開発推進と社会受容に関する基盤開発」）を作っていたが、最近はこのようなものがないというのは気になるところである。他の国が積極的にやっているのに対して、日本は何もしないという印象を他国に与えるのもよくないと思う。内閣府あるいは経産省が主導するのかわからないが、もう少ししっかりした体制をつくっても良いのではないかと思う。

塚本座長 ありがとうございます。

恐らく内閣府が旗を振るのが一番スムーズにいくんだろうと思いますが、現実には経産以外に環境省、厚労省が当然絡んでこなきゃ話になりませんし、いずれ規制の問題になればロード安全、厚労省、あるいは世の中の環境という意味では環境省が絡みますから、当然その辺が絡んで、いろいろな試験方法も含めて決めていかないと、どこかが1つでやっても、ほとんど解決しないと思いますので、その辺はぜひ、内閣府が旗を振っていただければという気がします。

ほかに御意見ありますか。

どうぞ。

宝野構成員 先ほどナノ炭素材料に関する安全性についての話を、随分聞かせていただいたんですけども、ちょっと説明を聞かせていただく立場からお願いすると、今、ナノ炭素材料が実際にどの程度使われていて、今後産業としてどの程度成長するのか、そういったところを聞かせていただかなかったので、その安全性がどの程度重要かということが、ちょっと伝わってこないんですね。その点を補足して説明いただけないでしょうか。

ナノテクノロジービジネス推進協議会（加藤） なかなかまとまった統計で資料はございませんが、ナノカーボン、特にその中ではカーボンナノチューブが実用化ということで、もう30年ほど前から検討されて、少しずつというところで、新しい用途ではなかなか難しいんですが、最近になって用途としまして何点か出てきまして、実用化が本当にちょっとずつ進み出したなという印象を持っております。

一方、NEDO様が今後の展開ということで、レポートを昨年ですか、出されておまして、ちょうど市場規模としまして一応、数値が今はあれですけれども、2020年に向けて急激に立ち上がってくる。ですから、今年2017年、いわゆる市場が立ち上がる前に、リスク評価をきっちりやっておきませんとということで、ちょうど今タイミングは、そういった技術準備といえますか、安全性の準備をしておく非常にタイミングかなというふうに感じております。とにかく実用化ということで少しずつ進みつつあって、急に立ち上がるところにきていますよという認識をしております。

宝野構成員 幾つかの例でいいので、こういうところに使われているというのをちょっと補足いただけますか。

事務局(千嶋) 事務局から補足です。資料1の一番最後に、カーボン材料分野の世界市場予測、あるいは用途先等、お示ししてございます。御参考いただければと思います。

塚本座長 北岡先生、何か、出どころは先生のされているTSCからの資料だと思うんですが、補足説明ございますか。

北岡構成員 実際、カーボンナノチューブ自体の市場というのは、そんなに大きいとはまだ見ていなくて、ここで書いてあるのは、それが今現在どれぐらいの用途先にあるかということです。だから、そこはおっしゃるとおり、鶏と卵の関係で、安全性が確保されたからといって、全ての材料に展開されるわけじゃなくて、そこが1つのボトルネックになっているという解釈で、それが全てコストも下がり安全性も確保され、この全ての市場に展開すると、これぐらいの市場が期待されるということで、この辺が今、NBCIさんがおっしゃられたように、非常にボトルネックなところをまず外したいというのが、その背景にあります。

塚本座長 ありがとうございます。

宝野さん、よろしいでしょうか。

宝野構成員 わかりました。

塚本座長 ほかに御意見ございますか。

先ほど来、きょうの御発表いただいた事例が、カーボンナノチューブということになりますので、ややもするとカーボンナノチューブに焦点が当たりがちなんですが、ナノ材料ということでは、チタニアとかナノシルバーだとか、あるいはコンポジットのナノクレイだとか、昔からタイヤに入っているようなカーボンブラック、いっぱいありますけれども、世界的には全てのナノ材料に対してどうするかという議論はされています。特にチタニアなんていうのは、化粧品なんかに大量に使われているのですが、年に1回ぐらいヨーロッパなんかでは、

突然ネガティブキャンペーンが起こって、そのたびに大騒ぎになっている。日本は割合、平和な世界で動いておるんですが、やっぱりいつ何どき化粧品のチタニアだとか、あるいは非常に大量に使われているシリカとか、ナノ材料はいっぱいありますけれども、そういうあたりが突然大きな問題になる。これは問題が起こってからでは遅いので、先手先手でしかるべき手を打っていくべきじゃないかという気がします。

ほかに御意見ございませんか。

特にないようでしたら、基本的には事務局が御案内していますような、先ほど来説明いただいていた9ページのナノ安全に関して、少しきちんとした取組が必要だろうという、表現方法は更に検討しますけれども、基本的にはこういう方向で、次年度の戦略の1つのアイテムに入れていきたいと考えております。

ありがとうございました。

では、ほかに、事務局から先ほど御説明あった7ページを改めて御覧いただきたいんですが、これは全体、今、ナノ材料というのは、もともと基本的にはSociety 5.0というのを、それぞれのシステムをどうやって実現するか、そのためにこそナノ材料が使われるということで、いわゆるサイエンス領域でキュリオシティ・ドリヴンで、こんなことに興味があるからこんなのをやろうということじゃなくて、飽くまで出口を見据えてこんなものじゃないかという絵になっているのですが、ざっと御覧いただいて、赤字がプラスアルファというところに入ってきているんですが、その他に、全くこの辺のことが抜けているよとかというようなことがありましたら、きょう恐らくいきなり見て、すぐ答えるというのは難しい面がありますので、この点に関して、もし御参加いただいた関係者の皆さん、あるいは委員の皆さんから、ここらが抜けているんじゃないの、あるいは先般の前回のこの分科会で、久間さんがおっしゃったように、何でもかんでも広げりゃいいというものじゃないので、時代と共に、これはもう要らないんじゃないの、これはもう産業化が進んでいるんだから、国が音頭をとる必要もないんじゃないかというようなことがありましたら、そういう御指摘も含めて、事務局にメールベースで頂ければと思います。

事務局へのメールベースでの御意見は納期がありますね。事務局、いつでしたっけ。

事務局（千嶋） 3月6日をめどにいただけたらと思います。

塚本座長 6日までにもしこういう不足があるんじゃないのとか、あるいはこれはもう要らないんじゃないのというようなことが、もし御意見ございましたら、よろしく願います。

時間が既に12時になっているんですが、ざっときょう御用意した意見交換のための資料は、

一通りこなしたと思います。

改めて今日2点議論させていただきました。1つはマテリアルズ・インフォマティクス、これはすぐに答えが出るような話じゃないんですが、一方であと1年、2年でこのプロジェクトは終わるなんていうのは、もうとんでもない話だということで、これをどうこの先延長して、基礎的なところにしていくか、あるいは活用できることにしていくか、これは産業と国との持ち分も含めて、きちんとした方向性を議論すべきだろう。答えはまだない。

それから、2つ目にナノ安全についても、やっぱり非常に重要な問題。これは波多野先生がおっしゃったように、標準化だとか基準認証という視点で見ても、もちろん労働安全、環境安全ということも重要なんですが、それ以上に産業の競争力という意味でも重要だろうということで、少し文言を組み込んでいきたいと思っています。

それから、さらに今御覧いただいています7ページにまだ過不足があれば、3月6日を締め切りに、事務局にいろいろ命令いただければと思っております。

以上できょうの議論は終わらせたいと思っておりますが、実は次回、3月何日かちょっと忘れましたが、もう1回この分科会は予定をされておりました。ただ、きょうの議論で大体出尽くしたんじゃないかという気がしますので、あとはメールベースで委員の皆さんから何か意見をいただく、6日納期ですね。それを踏まえて座長と事務局とで取りまとめをしまして、最終的にはメールベースで皆さんに、こういう文言で持ち込みたいという審議に諮りたいと思っています。

したがって、今日をもちまして、今年度のナノテク分科会は終了させていただきたいと思っておりますが、いかがでしょうか。よろしいでしょうか。

(異議なし)

塚本座長 特に御異論がなければ、そういう方向で進めさせていただきます。ありがとうございました。

それでは、最後に事務局から御連絡、その他、よろしく申し上げます。

事務局(千嶋) ありがとうございます。

本日も御活発な御議論をいただきありがとうございました。先ほどの決議に従いまして、本日の分科会までの議論を踏まえまして、総合戦略2017に盛り込むべき重要課題について取りまとめた事務局案を作成しまして、メールにて構成員の皆様に御審議いただきます。取りまとめ案ができましたら御連絡をいたしますので、案が着き次第、御意見、御指摘等をいただければと思います。

それから、また本日の資料、郵送を御希望される方は、事務局に一声おかけいただきまして、机上に資料を残したまま御退席いただければと思います。

連絡事項は以上でございます。

塚本座長 それでは、長時間ありがとうございました。

これにて散会いたします。ありがとうございました。

事務局（千嶋） ありがとうございました。

午後0時04分 閉会