

研究評価委員会

「革新的新構造材料等研究開発」(中間評価)分科会

議事録及び書面による質疑応答

日時：2020年8月28日(火) 13:20~16:15

場所：NEDO川崎 2301~2302 会議室(オンラインあり)

出席者(敬称略、順不同) ※リモート参加

<分科会委員>

分科会長	松田 健二	富山大学 学術研究部	都市デザイン学系	教授
分科会長代理	奥田 章順	株式会社航想研		代表取締役社長 ※
委員	大窪 和也	同志社大学 理工学部	機械理工学科	教授 ※
委員	小林 千悟	愛媛大学 大学院 理工学研究科	物質生命工学専攻	教授 ※
委員	小柳 潤	東京理科大学 基礎工学部	材料工学科	准教授 ※
委員	松本 洋明	香川大学 創造工学部		教授 ※
委員	三浦 誠司	北海道大学 大学院 工学研究院	材料科学部門	教授 ※

<推進部署>

今田 俊也	NEDO	材料・ナノテクノロジー部	部長
小川 貴弘(PM)	NEDO	材料・ナノテクノロジー部	主査
田名部 拓也	NEDO	材料・ナノテクノロジー部	統括主幹
伊東 寿	NEDO	材料・ナノテクノロジー部	主査
廣井 政行	NEDO	材料・ナノテクノロジー部	主査
長島 敏夫	NEDO	材料・ナノテクノロジー部	主査

<実施者>

岸 輝雄(PL)	新構造材料技術研究組合	理事長	※
影山 裕史(SPL)	金沢工業大学 大学院工学研究科	教授	※
吉田 泰	新構造材料技術研究組合	専務理事	※
秋宗 淑雄	新構造材料技術研究組合	技術企画部 部長、研究統括代行	※
瀬古 俊之	新構造材料技術研究組合	事業管理部 部長	※
山下 秀	新構造材料技術研究組合	プロジェクトマネージャー	※
堀谷 貴雄	新構造材料技術研究組合	技術企画部 知財・戦略室 プロジェクトマネージャー・室長	※
兵藤 知明	新構造材料技術研究組合	技術企画部 広報室 プロジェクトマネージャー・室長	※
平田 好則	新構造材料技術研究組合	プロジェクトマネージャー	※
藤田 栄	新構造材料技術研究組合	プロジェクトマネージャー	※
志田 憲一	新構造材料技術研究組合	プロジェクトマネージャー	※
田村 知正	新構造材料技術研究組合	技術企画部 技術総務室 室長	※
内野 麻美	新構造材料技術研究組合	技術企画部	※
小阪 廣記	新構造材料技術研究組合	事業管理部 事業推進課 課長	※
杉田 享子	新構造材料技術研究組合	専門調査員	※

<オブザーバー>

大石 知宏	経済産業省	産業技術環境局	大学連携推進室長兼研究開発調整官	※
富樫 達也	経済産業省	産業技術環境局	研究開発課	
		産業技術プロジェクト推進室	室長補佐	※
関口 貴子	経済産業省	産業技術環境局	研究開発課	
		産業技術プロジェクト推進室	研究開発専門職	※
濱本 孝一	経済産業省	大臣官房	参事	※
岡田 明彦	NEDO	TSC	研究員	※
松下 智子	NEDO	TSC	研究員	※
久木田 正次	NEDO	理事		
江上 美芽	NEDO	監事		
中野 秀昭	NEDO	監事		※

<評価事務局>

森嶋 誠治	NEDO	評価部	部長	
塩入 さやか	NEDO	評価部	主査	
緒方 敦	NEDO	評価部	主査	

議事次第

(公開セッション)

1. 開会、資料の確認
2. 分科会の設置について
3. 分科会の公開について
4. 評価の実施方法について
5. プロジェクトの概要説明
 - 5.1 事業の位置付け・必要性、研究開発マネジメント、
研究開発成果、成果の実用化に向けた取組及び見通し
 - 5.2 質疑応答

(非公開セッション)

6. プロジェクトの詳細説明
 - 6.1 書面資料に関する質疑補足説明
 - 6.2 実用化に向けた取り組み
7. 全体を通しての質疑

(公開セッション)

8. まとめ・講評
9. 今後の予定
10. 閉会

議事内容

(公開セッション)

開会 (分科会の設置、資料の確認)

1. 開会宣言 (評価事務局)

- ・ 配布資料の確認 (評価事務局)
- ・ 配布資料は会議後に回収する旨の周知 (評価事務局)

2. 分科会の設置について

- ・ 研究評価委員会分科会の設置について、資料 1 に基づき評価事務局より説明。
- ・ 出席者の自己紹介 (事務局、各評価委員)
 - 分科会会長とプロジェクト推進部及び実施者は最小人数で会場にて対面で参加。
 - リモートでの出席者はスクリーン上で紹介

3. 分科会の公開について

4. 評価の実施方法について

事務局より以下の内容が説明された。

- ・ 議題 3, 4 は事前に説明し質疑応答済みこと
- ・ 公開議題である部分の議論内容は公開される
- ・ 非公開議題の内容は公開されない

5. プロジェクト概要

5.1 「事業の位置づけ・必要性」「研究開発マネジメント」(PM)

推進部署 PM より資料 5 に基づき、説明が行われた。

「研究開発成果」及び「成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通し」(PL)

推進部署 PL より資料 5 に基づき、説明が行われた。

5.2 質疑

【松田分科会長】それでは、ここで、事前にやりとりをしていただきました質疑応答も含めまして、委員の先生方からご意見とご質問等をお受けしたと思いますので、よろしくお願ひします。

【松田分科会長】

最初に私の方からお伺いさせていただければと思います。

今のこのプロジェクトの今期のターゲットと申しますか、前半の結果から革新的な材料の成果を出されまして、今期はそれに基づいたマルチマテリアルに達する取り組みへ力点がシフトした形で取り組まれて、今後それらを実装するという方へ移って行かれると理解したのですが、よろしいでしょうか。

【兵藤】

ISMA の兵藤でございます。その解釈で問題ございません。 NEDO の小川さんから補足ございますか。

【小川主査】

まさにその通りでして、前半 5 年で材料開発、革新的な材料開発を行いまして、今期、第 3 期につきましては、それをマルチマテリアル化にシフトしまして、評価技術を行なっております。その後ですね、最終年度である来年、再来年に向けまして、マルチマテリアルの実用化を進めております。

【松田分科会長】 はい、わかりました。ありがとうございます。

【三浦委員】

今ご説明いただきまして、だいぶ私自身の理解も進んだと思います。これまでの研究成果から少なくとも個別の色々なアルミニウムとか、素材とか、色々な開発が進んでいる、それから製造技術が

進んでいる事がわかりました。

一点お伺いしたいのは、アルミスカンジウムについて、私の認識がちょっと古いかもしれませんが、スカンジウムですと、価格の問題や、資源供給の問題がかなりあると想いますが、そのあたりの見通しがありましたら、教えてください、お願いします。

【岸 PL】

2年ぐらい前から事情がかなり変わってきて、それまでは世界に年間スカンジウムは12トンぐらいしか供給できなかったです。ところが、オーストラリアの鉱脈だけで年間160万トンぐらいのスカンジウムの供給が可能になったので、コスト的にも非常に大きなメリットが出てきたということで注目された部分があるかと思えます。ですから、資源の問題とコストの問題が急に動き出したという言い方が出来るかと思えます。

【三浦委員】

わかりました。精錬の先生方からスカンジウムの精錬方法がだいぶ大きく変わるだろうというような事を4、5年前から伺っておりましたので、そういった前倒しで（アルミスカンジウムの）研究が進んでいることに、非常に心強く関心がありました。どうもありがとうございました。

【奥田分科会長代理】

今のスカンジウムの件に関して、確か航空機の世界だと、3Dプリンティングを、アルミでやる時ですが、スカンジウムを加えるというのをエアバスがもう特許を取っていたと思うのですが、そういったアルミとスカンジウムに関連した海外のそういった特許とか、その辺の動向というのはどんな状況なのか、もし分かれば、教えていただければと思います。

【岸 PL】

特許に対しては既に切れているものもありますが、フランス系ですが、ある程度の特許を保有しております。ですから、どこかで、どこかと一緒にやる事を考える、という事も一つの選択肢ですし、特許を資金的に得ることで、やらないといけない面もあると思います。但し、日本も幾つかの特許を今取る事をしている最中でして、過去にも少しは持っているところもございます。

【堀谷】

今の件ですが、UACJが既に昨年度特許を出しております。成立するかどうかはわかりませんが、今までとはちょっと違った発想で、コンビネーションを少し考えながらやった特許を出しまして、他の成分も少し今までとは違った考えの特許を出しております。もちろん海外にも特許を出す予定でして、その辺は押さえていると考えています。

【奥田分科会長代理】 はい、どうもありがとうございます。よくわかりました。

【松本委員】

今回のプロジェクトの最終の実用化、事業化の考え方を、29ページに最終的に試作品を作製するといったところが明示されています。今回開発した革新的な鋼板、アルミニウム、スカンジウムの合金などの材料を使って、先程紹介いただいた京都大学の先生の試品を使って、マルチマテリアルの試作品を作る、これが最終のゴールと考えてよろしいでしょうか。

【山下】

先程説明しましたが、最適設計法、トポロジー最適化、特に土台はレベルセット法という、最終的に項目別に表現し易い手法となっております。これを使って、最終的には、いくつかの最適な軽量化の材料を使って設計した物を提供する。あとは、いくつかの典型的な部材を使って、試作を進めます。そこでは、実際の車体の、例えばピラーの実寸サイズでの試作をして、その加工性や変形性とか、接合であれば、いわゆる接合性とか、他には部材が本来必要とされる性能など、それらの

評価を、これは実際にモデルを試作して評価するという事です。

ですから、トポロジーで最適化した形状・寸法で計画を進めるわけではないですが、バラを進めていくという予定でございます。

【松本委員】

わかりました。どうもありがとうございます。もう一点質問させてください。

今回いただいた資料で、目標設定のところは自動車の車体の軽量化ということで、50%の軽量を目標とするという最終目標ですが、50%というのは本当に革新的で、凄い試作です。実際に最終的ゴールにおいて、どれくらい軽量化を見込めるとお考えでしょうか。

【ISMA 山下】

今回車体軽量化のアプローチとしては、ひとつは材料ですが、もう一つは構造最適化を行なってある程度の減量を行うという、2つのアプローチ、2つの手法で軽量化を目指します。

50%とは、車体の中で、骨格部、ライトボディと呼ばれている部分、それに加えて外板です。いわゆる蓋の部分です。その合計の重量を半分にすることを目指します。確かに、ハードルは高いですが、外板部は主に材料によって、それと骨格部での減量をしていくことによって、なんとか50%近くまで持っていけるのではないかと考えています。

【松本委員】

ありがとうございます。それにもう一点付け加えて質問させて下さい。

そうしますと、基本的基盤材料としては、CFRP を中心とすると考えてよろしいでしょうか。

今回マルチマテリアルの中で、アルミニウムとマグネシウム、あと CFRP が多分主役になると思います。基盤として鋼と今回開発した材料とかが入っていると思うのですが、基盤になる材料は何を主役にするか検討されているのか、お話しできる範囲で構わなければ、ご回答いただければと思います。

【山下】

先程言いました材料ですが、これは主に外板部そういった部分です。これは材料自体の軽量化を進めると申し上げましたが、これは主にマグネシウム、アルミにCFRTP、この辺を適用していきます。

あと、問題は骨格のところですが、軽量化に対して、最終的なテスト、衝突特性を見極めていかないといけないということで、主に側突対応で、マルチマテリアルの適用を考えています。ほぼ全ての材料を、文字通りマルチマテリアルで適用していく予定です。

【岸 PL】

CFRTP だけではやっていけないですね。そこところが重要です。

【影山 SPL】

使う側からお話しさせていただきます。鉄というのはもの凄くいい材料です。鉄がもの凄くいい点はコスト的にいいですし、もう一つは LCA (ライフサイクルアセスメント)、素材の CO₂ の発生量という点でももの凄く魅力ですね。

これに対して、CFRP とか、アルミとか、これら軽量材料というのは軽くしないといけないから使っていないといけないですが、素材を作る時の CO₂ とかが多いし、コストも高いです。

使う側から考えると、やはりマルチマテリアルにしてやっていくというのは一つの手ですね。そういう意味で、CFRP にすればだいたい 50% 以上軽量化はできると思いますけれど、衝突のことも考えなければなりません。そういったところを見ていくと、やはりマルチマテリアルではないかという気がしています。

【今田主査】

今、ISMA の方から、口頭でどの部位にどういう材料を使うかをご紹介しましたけれど、丁度それに当る資料がございます。資料 10 頁の図に、どこの部位にどういった材料を考えているのかというこ

とを示しているので、ご参考までに。以上です。

【松本委員】

はい、分かりました。ありがとうございます。

【小林委員】

こういったライトマテリアルを使っていくという時に、海外での動向との協調、もしくはそういった独自性というところのバランスが難かしいとこだと思います。

例えば米国など海外の取り組みを見ますと、参考資料にあるような接合部材の信頼性保証技術などを開発していることが書かれています。日本のプロジェクトでは中性子等を使って接合部の品質を保証していると言った時に、両者が違ってきます。車を海外に輸出して売ろうとした時に、向こうの評価基準に合っていないとうまく輸出できないというところが少し気になるのですが、その辺りはどのようにお考えでしょうか。

【ISMA 平田】

信頼性といった時に、いわゆる溶接とか接合部に欠陥が入る場合とか、あるいは残留物が発生するとか、経時的な影響は多いです。

検査の手法として、例えば非破壊検査という方法がありますが、一般的には先程の岸先生がおっしゃったような X線とか、あるいは超音波といった方法が使われているわけです。今一番社会に普及している方法を使って進めています、限界があります。例えば残留量の場合には X線という方法は直接侵入といえますか、浸透深さが浅いので、接続あるいはその部材の中の方まで調べることができません。そういったところで中性子を活用することを考えています。

先ほどおっしゃいました基準についての違いですけれど、基本的なところは、規格等は、ISO とか、アメリカの AWS とか、ASME とかいろいろありますが、そこは実際に樹脂メーカーがどこで使うかに応じた形で、その規格、あるいは規制を適用していくということで、検討していますので問題はないと考えております。以上です。

【小林委員】 はい、ありがとうございます。

【大窪委員】

今のお話とも関連するのですが、品質保証という考え方をしまして、自動車に使われることを目標とされておられますので、単発的に強度、あるいは特性が向上するというだけでは、多分、最終的に汎用的な材料にはならないと思います。そういう特性のばらつきとか、数値の安定性というのを、今後どのように確保していくのか、というのが、資料全体を拝見したところの感想とか質問です。

もし、アイデアがありましたら、ご紹介いただければありがたいです。以上。

【ISMA 平田】

接合関係については、前半は要素技術開発ということで、いわゆる試験片レベルで目標値を設定して、その目標値をクリアするという方法で革新材料の、まずは強度を確保する、そういう手法を確認する・確立することを前半でやってきています。例えば抵抗スポットの場合、電流の波形とか、荷重とか、従来の方法に加えて色々とアイデアが込められています。

後半は今、先生がおっしゃった通りで、実際には対象物があるところに、例えば、点数チェックの場合は一点をつけるわけではなく、複数点をつけるわけです。先程マルチマテリアル技術の説明のところで、ある部材を前半で開発してきた接続方法を実際に適用しまして、要は、一点でそれなりの強度が確保されたとしても、あるばらつきが存在する。これは接着も同じですが接合も、ある大きさの対象物に対して、どの程度の試験片のばらつきがどういう風に反映するのかということの後半に向けて検討しているところです。

【大窪委員】 はい、構想はよくわかりました。ありがとうございました。

【小柳委員】

今から2年で構想をある程度考えていくことが中心なのかなという印象を受けました。それで、トポロジー最適化に頼っていくという発表に感じたのですが、トポロジー最適化に、今は複合材料が入ってません。複合材料でトポロジー最適化をやっている研究は、いくつも見たことあるのですが、それも入れていただきたい、というのが私の希望です。先ほどご紹介いただいた資料の中で、どこの部品にどれを使うのかをちょっと拝見いたしました。CFRP を使うつもりがあんまりないように想われます。やはり、CFRP は、作りにくい、熱にも弱い、接合もしにくい、と凄くやりづらいと思うのですが、CFRP 無しに、軽量化には多分限界があると思います。大変苦しいのは確かですがCFRP を是非入れる、積極的に入れていただく方が、将来的にはよろしいと思います。

【ISMA 兵藤】

10 ページの図は、広報用として、2013 年と 2014 年にある自動車会社からご提供いただいたもので、今までの国内の自動車とか海外の自動車には使われてない、つまり著作権のない、図をご提供いただいたということで使っているものでございまして、これが今のターゲットというわけではございません。そこから少し誤解がありましたようなので、訂正させていただきます。

【ISMA 山下】

今、話がありましたように、実際は実証モデルのところでお話しますが、現状はCFRTP、一部CFRPとのハイブリッド化を考えていまして、ルーフとリアパネルへの適用を考えています。その試作、モデル化を考えています。もう一つ、トポロジー最適化はおっしゃる通りで、元々、金属加工から発展してきているものから、ある意味複合材に一番適した、最適性を持っていると認識しています。ですから、CFRTP、CFRP を検討していくことはもちろん予定しております。

【小柳委員】

では、このトポロジーの最適化システムを応用して、マルチマテリアル軽量化構造の中にはCFRTPも含んでいただけるという見解で、認識でよろしいでしょうか。

【ISMA 影山】

繰り返します。今、フロアとかサイドシルをCFRPで作っています。これは部分補強で連続繊維も入れています。同じCFRPですが、連続繊維と基礎繊維、これの複合でトポロジー化をやっておりますので、それ自体がトポロジーと思います。

【小柳委員】 はい、わかりました。ありがとうございます。

【奥田分科会長代理】

先程ちょっと質問したのとはちょっと違うのですが、全体の中で、確かご説明の中で、ユーザーを入れて、という話が入ってあったと思います。ユーザーが関与したところでですけど、このユーザー関与のところで、接合会社とか、金属会社とかのことが書かれているのですが、欧米で、特に欧州などを見るとかなり自動車メーカーが関わっています。お答えいただける範囲で結構ですが、その自動車メーカーがどのようにこの辺りを考えているのが、お話いただけるともう少し分かりやすいかと思いました。

【ISMA 岸 PL】

欧米のプロジェクトは、自動車会社もどちらかと言うと、ある一社が中心となって、国の資金を入れ、材料メーカーを集めて、材料を提供してもらい、国プロを行っていく、というスタイルが多い

です。

それに対し、我々の方は、入り方としては、まず材料を作って、接合できるところから自動車会社と会話をしながら進めるという方法を取っているという点で、若干やり方が違うというところが有ります。

ですから、欧米のプロジェクトは材料開発そのものに国が支援するというよりは、メーカーに材料を提供させる、という方向が強いというようにご理解いただいているかと思えます。

【奥田分科会長代理】 はい、分かりましたありがとうございます。

【松田分科会長】 どうも、ありがとうございます。

他にもご意見があるかと思いますが、ここで議題5を終了いたします。

(非公開セッション)

6. プロジェクトの詳細

6.1 書面資料に関する質疑補足説明 (NEDO/ISMA)

省略

6.2 実用化に向けた取り組み (ISMA)

省略

7. 全体を通しての質疑

省略

(公開セッション)

8. まとめ・講評

【松田分科会長】

議題8と致しまして、まとめ、講評となります。

三浦委員から、松本委員、小柳委員、小林委員、大窪委員、奥田分科会長代理の順でお願いします。

【三浦委員】

ご説明していただき、分からなかったことがだいぶ理解できました。

知財に関しましては様々なグループで進んでいます。これを一つのモデルとして、他のグループにも広げていくと、いろんな点で便利になるのではないかと感じています。

それ以外では、特に、今後の方針に関しても色々説明をいただきましたので、特にという訳でもないですが、複合化する時に出てくる、例えばガルバニック（腐食）に関しましては、少し集中的な研究があればと思った次第です。

実際には、ボーイング787でもそういったようなものがあるという点でも参考になると思った次第です。以上、私からの理解とコメントでございました。

【松本委員】

本日は本当にありがとうございました。ご説明いただき、印刷された資料だけでは分からなかった点についても、理解がしっかりできました。ドリームチームで開発した多くの革新的材料を軸として、車体の軽量化設計と試作が間近ということで、早い実用化を強く期待するばかりです。あとは、自動車メーカーが実用化や販売を積極的に活動いただける事を期待するばかりです。

先程三浦先生のコメントにもありましたが、今後の2年間、鍵はマルチマテリアル化において、開発した各要素技術が本当に最適ところで最適化の基で接合が出来るかどうかです。特に接合されたあとのガルバニックが今後の課題というご指摘がありました。

今後の信頼性評価項目、資料を拝見させていただいて、ガルバニック腐食等の、長期の信頼性とい

った力学特性だけでなく、ガルバニック腐食の信頼性が本当に担保出来るかが重要になろうかと感じました。また、コスト面に関してもしっかりとクリアされて、実用化される事を特に切願しておりますので、どうかよろしくお祈りします。

【小柳委員】

今日話を聞かせていただいて、やはり車は難しいのだなというのが良く分かりました。私は熱可塑も熱硬化をも含んだ航空宇宙の CFRP の研究をやっておりました。CFRP は最初に衛星とかロケットに使われ、それが飛行機によりやく使われるようになりました。その次は自動車じゃないかなと単純には思うわけです。CFRP は本当に軽いので、だいぶ色々と変わって来ると思っています。衝突エネルギーも散るなど様々な効果が次々と出てくると思っています。

日本は炭素繊維の世界シェアが 6 割も有るので、日本は CFRP を一番積極的に自動車に使うべき国なのではないかと、私は思っています。それを適用しようとした時に、現在のように、今のラインを保って、今のパーツを CFRP に変えるだけでは、CFRP は苦しいです。その特性を生かしていませんし、複雑な形状を作ると中の繊維がぐちゃぐちゃになって、ちゃんと機械特性が発揮出来ません。まず、車の形が大きく変わらないといけないと感じています。

うっすらイメージしているのは、やはり筒です。筒が CFRP の特性が最高に活かせる形なので、筒をヒントに、車全体が大きな筒になってもいいですし、パイプみたいに、筒状の、パイプを繋げて、強度増強してもいいですし、そういった取り組みをしていただきたい、と個人的には思います。そうすると TRL は非常に低いですが、今から 2 年半で小さくまとめるよりは、もっと夢のあるような、将来につながるような取り組みをして、それに重点を置いた取り組みをしていただいた方が、嬉しいと思います。その用に感じました。以上です。ありがとうございました。

【小林委員】

本日は丁寧な説明をいただき、内容を深く理解することが出来ました。本当にありがとうございました。

私が前回の中間評価の際も委員をさせていただき、その時には、プロジェクトとしては色々な鉄鋼から始まって、様々な革新的材料の開発がうまく進んでいました。それを今度はいかに接合して、どういった組み合わせで利用する、どういう発展をしていくのかが非常に楽しみでこの委員をさせていただきました。

この間、接合技術も優れた技術を生み出してきて、さらには、組み合わせた方法をトポロジー最適化という概念で、うまくシステムとして作りあげているということなので、実用化に向けて、着実にプロジェクトが進んでいるという風に、今日の資料でも拝見することができ、今日のご発表を通じて理解する事が出来ました。

是非、これを更に進めて、マルチマテリアルで構成された車に私も乗ってみたいと思いますので、このプロジェクトを更に今後も発展させていただきたいと思います。ありがとうございました。以上です。

【大窪委員】

本日は詳しい説明、本当にありがとうございます。私も深く理解できまして、かつ本来資料だけですと、想定されていないのかなと思っていた事実もきちんと何処かで想定されておられている事がよく分かりました。開発した物の実用化を見すえた結果、実際に使われていること、使おうとしていることについて言っておられることがよく分かりましたので、良かったと思います。

認証のためには、これからいくつか高いハードルがあるかと思っています。疲労のことや耐久性のことも気になりますし、あるいは衝突時に起きる様々な事も、想定していないような衝撃なども、きっと自動車にはあるかと思っていますので、そういうところでのマルチマテリアルに対するマルチ技術、様々な合成材や、現在の合成材に対し画期的な技術を開発することによる差別化というか、他の外国産にはないような技術を開発されるという展望を見させていただきました。

自動車の用途 3 つを考えて、想定されておられるけど、別にこれを自動車に限定する必要があるのかなと思っています。もちろんオートバイや超小型車なども近い機能を持ちますので、そこにもす

ぐに応用できると思いますし、他にも自動車でなくても違うような用途、発展があるかと思ひます。

私も先程小林委員が言ったように、そういう最新技術が採用された進歩した車を使つてみたいと思ひつております。ユーザーに対しては見えずに使われている技術も有益と思ひますので、そういうのも是非楽しみにしたいと思ひます。どうもありがとうございました。

【奥田会長代理】

先般の質問のご回答と、本日のご報告と深く丁寧なご回答、ありがとうございます。

全体的に、やはり自動車は日本にとっては非常に重要な産業なので、この軽量化をマルチマテリアルで図つていたら非常に有効だと思ひます。非常に期待されるかと思ひます。

私のような航空をやっている者の見方からすると、今までお話しに出てきていますコンポジットとか、アルミとスカンジウムを組み合わせるといふは割と航空機関係では注目されていますので、ここは是非自動車ということだけではなく、航空分野なども視野に入れて、注力していただきたいと思ひつています。

一点気になったのは、最終的に自動車の場合は国内の基準というのがベースになってくるかもしれないのですが、航空機の場合はやはり認証という話が出てきて、素材だけでは認証が取れないという難しさがあります。構造体にして、航空機メーカーが認証に受からないといけなないので、機械メーカーから認証を取るといふ形になると思ひます。

今後のグローバルな事業を考えたうえでの基準ですとか認証でも今回得られたデータと資材を活用して、日本の元々強い素材の産業の強さという技術だけでなく、積極的に仕組みの方でも注力していただけると凄くいいのではないかと、という印象を受けました。私からは以上です。どうもありがとうございました。

【松田分科会長】

それでは、最後、私、松田の方から一言述べさせていただきます。

本日は非常に詳細な説明をいただきまして、ありがとうございました。お陰様で当初いただきました色々な紙ベースの資料の内容を非常に深く理解することができました。

岸 PL からお話しがありましたように、このプロジェクト前半の 5 年間で最初非常に尖つた素材、革新鋼板をはじめとした素材を持ってこられまして、今期迄でそれらをマルチマテリアル化という形で、色々構造体として展開をなさつているという所が非常に理解出来ました。また ISMA という組合ですが、皆様がいわゆるオールジャパンでの取り組みというよふな組織作りまでをなさつているというの是非常に大きなポイントではないかと理解をしております。

後半はこれが日本、我が国の産業力の底上げになるよふな形で、プロジェクトの内容、技術等も含めまして、我が国の産業に貢献できるよふな仕組みをご提案いただけるといいのではないかと思つております。

私の方からは以上でございます。本当にありがとうございました。

【事務局】委員の皆様、講評ありがとうございました。

推進部部長および PL から一言いただきます。

【今田推進部長】

部長の今田でございます。本日は皆様、ありがとうございました。頂いたご質問や、あるいは頂いたコメント、アドバイス、これらを今後のプロジェクトの運営にも活かして参りたいと思ひますので、よろしくお願ひ致します。以上です。

【岸 PL】

はい、本日は本当にありがとうございました。貴重なコメントを今後また 2 年半で是非結果を出していきたいと思ひつております。

材料の製造、接合、そして今は CAE。1 期、2 期、3 期の仕事はそれなりには順調に来たのではないかと思つております。この 2 年半で、全体をどうにかしていかないとはいけなと思ひつております。

このプロジェクトは元々硬化と非鉄化、延化で始まった、素材のためのプロジェクトでした。ところが、実際にやってみますと、やはり接合、資材接合 CAE が非常に大事で、今後の材料開発、特に構造材料と言ってもいいですが、材料と構造を一体化して進めなければいけないという風潮がこのプロジェクトから確実に日本で生まれて来ているような気がしております。本日は構造体に関係する人がたくさんいらっしゃるので、今後、共にその辺の御指導をお願いしたいと思います。さりとて、材料は最後まで気になります。この材料の中で、ある種の開発の本命、それは CFRP です。ですから、最後までカーボン繊維と CFRTP の強度の向上という所に今、苦勞もして、力も入れているという所も理解していただければと考えている次第です。そういうわけで、こういうプロジェクトは 10 年ものですが、材料の研究の在り方そのものが少しずつ変容するということに持っていきたいと思います。ご静聴ありがとうございました。

【松田分科会長】 それでは以上で議題 8 を終了致します。

9. 今後の予定
10. 閉会

配布資料

- 資料 1 研究評価委員会分科会の設置について
- 資料 2 研究評価委員会分科会の公開について
- 資料 3 研究評価委員会分科会における秘密情報の守秘と非公開資料の取り扱いについて
- 資料 4-1 NEDO における研究評価について
- 資料 4-2 評価項目・評価基準
- 資料 4-3 評点法の実施について
- 資料 4-4 評価コメント及び評点票
- 資料 4-5 評価報告書の構成について
- 資料 5 プロジェクト／事業の概要説明資料（公開）
- 資料 6 プロジェクト／事業の詳細説明資料（非公開）
- 資料 7-1 事業原簿（公開）
- 資料 8 評価スケジュール

以下、分科会前に実施した書面による公開情報に関する質疑応答について記載する。

資料番号・ご質問箇所	ご質問の内容	回答	委員氏名
資料5-1 P10～P17 (全体取り 進め)	基本的な質問で恐縮ですが、本事業は2019年度までに「マルチマテリアル化を達成するための技術」が終了し、2021・22年度に2019年度までの成果を「マルチマテリアル車体設計～軽量化等の実証」につなぐ位置づけと考えておりますがよろしいでしょうか？ この場合、それぞれのテーマで「最終目標（2022年度末）」の欄にパネル、サンプルなどの記述はございますが、欧州プロジェクト等と比較すると、例えば、自動車のどの部分に適用するものなのかが、分かりにくいところがあります。これにつきましては、今回、ご説明があるとの理解でよろしいでしょうか？	2019年度までにとありますのは2020年度までにはですが、ご理解の通りです。	奥田章順
資料5-2 P3 (全体取り 進め)	こちらも基本的な質問で、以前もお聞きしたかと思いますが再度気になりましたので質問させていただきます。資料のフロー図での「車体軽量化（目標50%）」の達成において、今回の複数の研究テーマの成果との関係はどのようになっているのでしょうか？（鉄道車両、航空機は別と考えております）。本事業の全体像として、各研究テーマの成果と軽量化目標の関連をご教示ください	車体軽量化50%の目標は、本プロジェクトの実施計画を策定した経済産業省で設定されています。本プロジェクトがスタートした時点では、軽量化手法として①従来材料を高強度・軽量材料に置換する方法と②構造設計によって車体性能上、余計な重量を削減する方法、がありました。本プロジェクト前半（第一期、第二期）では①に関連し、革新材料の開発とその接合技術の開発にウエイトをおいてきました。プロジェクト後半の第3期に入り、50%軽量化を達成するために、本プロジェクトオリジナルの京都大学開発のマルチマテリアル構造設計とともに異材接	奥田章順

		<p>合・接着技術の研究開発にシフトしています。従来のトポロジー最適化手法では、1種類の材料に対してのみ適用可能でしたが、本プロジェクトでは複数材料から構成された車体軽量化に向けた構造設計を可能にするものです。現時点では、リバースエンジニアリングの手法により、ベンチマーク対象の車体構造が明らかになりましたので、今後、マルチマテリアルのトポロジー最適化により、各部材の材料の種類や板厚などの情報も含めた設計が行われる予定です。もとより、マルチマテリアル車体では異材接合技術を適用する必要があり、現状では鋼材-アルミ-CFRTPの既存材料の組合せに対して、接合強度や接合部の耐久性に大きく影響するガルバニック腐食の現象とその対策などを研究開発を行っています。一方、革新鋼板についてはプロジェクト前半で強度-伸びの性能が目標値をクリアしましたので、後半では耐久性の確保に向けた腐食・水素脆化（遅れ破壊）の研究開発を行っています。</p>	
<p>資料5-1、P9及び資料7-1-1のI-7（全体・費用対効果）</p>	<p>本事業の費用対効果での売上予測が、資料5-1では「1.2兆円」（2030年度推計値）となっていますが、資料7-1-1では719億円／年となっておりますが、この売上予測値の意味を教えてください。両者が異なるのは算出方法、算出値の意味するのところに違いでしょうか？また、資料7-1-1の値は、「原油資料量削減による費用削減効果」となっておりますが、この試算にあたっての原油価</p>	<p>1.2兆円については、自動車用構造部材の予測シナリオに基づいた計算値になります。</p> <p>2013年度時点の各省庁の統計をもとに算出しております。</p> <p>原油価格は、1バレル100ドル 1ドル80円の計算値。2012年10月頃 PJ立案時の値での計算値となります。</p> <p>EV化に関しましては、2017年にNEDOの調査事業として「近未来の移動体及びそれに貢献する車体軽量化</p>	<p>奥田章順</p>

	格は、いつのどのような数字 (WTI?) を使っているのでしょうか?	に用いる構造材料の課題と開発指針の調査」をおこないました。この中で、EVが普及するには、電池の性能アップ、軽量化等が必須となりますが、構造部材についても、アルミやCFRPを使用することが多くなることが予測されております。2030年では、従来の内燃機関自動車とEVではそれほど大きな構造部材に変化がないことから、売上予測につきましても、変化は少ないと考えております。	
資料5-1の P.9・実施の効果 (全体・費用対効果)	資料5-1では、売上予測が1.2兆円とされていますが、資料7-1-1のI-7(2017年の資料5-1の13ページ目にも同様の数値あり)では売上予想が719億円/年となっています。まず、1.2兆円は年あたりの数値でしょうか?また、この1.2兆円は原油使用料削減による費用削減効果以外のものが入っているために異なるのだと思いますが、それは何でしょうか?さらに、EV化が進むことを考えた場合に、売上予測にどれほどの変化が生じますか?		小林千悟
資料5-1 P10~P17及び資料5-1、P30、P31 (全体・安全性に関する事項)	欧州のプロジェクトは事業者、内容、予算などが異なり、一概に比較はできませんが、対象とする評価技術の中にいずれも「衝突時安全性評価」が含まれています。自動車等の軽量化はCO2削減等には大変有益と考えますが、一方で自動車などの交通システムでは「安全性」は非常に重要なテーマと考えられます。本事業ではこうした安全性(衝突時安全性評価等)の評価はどのように位置づけられていますでしょうか?例えば、ボンネット部をAl化することで、軽量化とともに人にあたった際の衝撃をやわらげることができる、ASVなどで報告されていたと記憶しております。	個々の部材試作において安全性が必要となる部材については、部材毎に評価の予定です。例えば、ボンネット部において歩行者頭部保護基準のHIC(Head Injury Criteria)の評価を行っています。HICは、頭部外傷分類であるAIS(Abbreviated Injury Scale)と密接な関係があり、HICを低下させることが、安全性を高めることにつながります。これとは別に、マルチマテリアル設計において、車体骨格部(BIW)全体の衝突シミュレーションを実施し、衝突時にキャビン部への侵入がないことを検証する予定です。	奥田章順
資料5-1、10ページ	資料5-1の10ページ、あるいは資料7-1-1のI-4ページ図1-6、	第3期は、マルチマテリアルに対応可能なトポロジー最適化解析ソフト	松田健二

<p>資料 7-1-1 I-4 ページ 資料 5-2 資料 6-24 (全体取り 進め・マル チマテリア ル設計)</p>	<p>II-18 ページ図 II-2 の研究開発スケジュールでは、2018 年度からは「マルチマテリアル技術(接合技術)」と「協調基盤技術の開発」がメインとの記載があり、第 3 期の重要項目と認識しました。また資料 5-2 において、マルチマテリアルの成果は P. 15 以降に記載がありますが、資料 6-24 を含めて、第 3 期における「マルチマテリアル技術(接合技術を除く)」の試作あるいは製品化の成果として、数値目標の記載がありません。改めての確認で恐縮ですが、第 3 期はシミュレーション手法の確立が目標と判断してよろしいでしょうか。</p>	<p>をソルバーとする設計ツールのプロトタイプを完成させます。データ入力部(プリ)、トポロジー最適化解析(ソルバー)、解析結果の可視化(ポスト)からなる設計ツールです。第 4 期には、異材接合モデルを組み込んだ詳細設計を行い、最終的にマルチマテリアル軽量化車体を提案する予定です。</p>	
<p>資料 5-2 資料 7-1-1 II-18~22 ページ (全体)</p>	<p>第 2 期から継続している資料 5-2 の 8 つの研究開発項目の成果内容のご説明と、資料 7-1-1 の II-19 ~22 ページの図 II-3~図 II-11 との関連がわかりにくいと思われました。</p> <p>また II-18 ページに、「後半 5 年間ではマルチマテリアルで軽量化を実現するためのマルチマテリアル設計技術の開発、革新材料をマルチマテリアルで使いこなすための評価技術の開発」と記載があります。例えば第 3 期の 8 つの研究開発項目の実施内容(成果)の達成度の合計を 100 とした場合、「マルチマテリアル技術開発」と「接</p>	<p>基本計画に記載している研究開発項目と、実際に研究開発を実施する各テーマの間に必ずしも 1 対 1 の対応があるわけでは無く、分かりにくくなってしまうっております。申し訳ございません。また、資料 7-1-1 の方は、研究開発項目の全体像の概略を説明しているのに対し、資料 5-2 では全体の成果の内のトピックスのみを記載しているものとなっております。</p> <p>「マルチマテリアル技術開発」と「接合技術開発」の達成度を割合で示すことは難しいのですが、投入費用の割合で示すと以下の様になります。</p> <p>第 3 期の 3 年間合計で、「マルチマテリアル技術開発」に投じた費用の割合は 10%、「接合技術開発」に投じた費用の割合は 26%で、異材接合</p>	<p>松田健二</p>

	合技術開発」が占める割合はそれぞれいくつ程度になるのかをお教えください。	技術の開発もマルチマテリアル技術開発と考えると「マルチマテリアル技術開発」の割合は29%となります。ちなみに、第2期の2年間では「マルチマテリアル技術開発」1%、「接合技術開発」20%で、異材接合技術の開発もマルチマテリアル技術開発と考えると、「マルチマテリアル技術開発」は9%でした。 (中性子テーマは除く)	
資料5-1のP.7・国内外の研究開発の動向と比較 (全体)	欧州では特にEVを開発ターゲットとした研究開発プロジェクトにシフトしているとあります。日本もEVに向けて取り組みが行われていくと思いますが、その中での本プロジェクトの位置づけは従来のガソリン車の場合からどのように変わるのでしょうか？	2017年にNEDOの調査事業として「近未来の移動体及びそれに貢献する車体軽量化に用いる構造材料の課題と開発指針の調査」をおこないました。電池性能が飛躍的に向上しないと、構造部材の軽量化については、EVになってもその重要性は変わりません。スマートシティー対応の少人数型EV等が開発された場合にも、現在のPJで開発を行っている、CFRTPのLTF-D工法等でのシャーシ製造等の可能性も検討されると思われます。	小林千悟
資料5-2のP.27・成果の普及 (全体)	論文数・発表総数は2015年以降、ほとんど変化がありませんが、取材件数は、2018、2019年で急速に増えています。本PJが社会から注目されていることを示す良い傾向と思いますが、何か社会動向の変化など、特別な理由がありますでしょうか？	2018年6月に難燃性マグネシウム製高速鉄道構体、2020年1月に小型中性子線解析装置のプレスリリースを行いましたので、その取材が多かったことが一因です。また、自動車材料のマルチマテリアル化が注目され、Googleで検索すると内閣府による本プロジェクトの解説記事がトップページに掲載されており、報道関係者からの照会が多くなったのではないかと推察しています。	小林千悟
(全体取り 進め)	サポインなどを視野に入れているグループがあるが、他の事業での出口戦略は十分検討・浸透していますか？	プロジェクト終了後は、基本的に自社に持ち帰って事業化することになっており、毎年行っている技術推進委員会で実用化・事業化への取り組み	三浦誠司

	<p>新規概念などの取り込みは？（軽量化による正のスパイラルへの「乗り越え点」となるべき物性絞り込みなど）</p>	<p>ロカー、コンパクトカー、SUVの3セグメントに広げるとともに、コンパクトカーについては電動化もシナリオに取り上げ検討対象を広げました。また、LCAの観点、コストの観点も取り入れ、より妥当なものになっていると考えています。</p> <p>・新規概念の取り込みについて 物性ではありませんが、CO2排出量の考え方について、tank-to-wheelからwell-to-wheelさらにはLCAへと変化していることに対応し、LCAの計算手法の開発をテーマとして途中から開始しました。この考えとも関連しますが、新規な材料開発だけでは広く使われるようにはならないことから、CFRP（CF）のリサイクル、アルミニウムのアップグレードリサイクルにも取り組んでいます。</p>	
<p>(全体)</p>	<p>組織や合金設計などからの検討がやや薄く感じられます。すでにその段階を越えているのであれば構いませんが、問題にぶつかったときに乗り越えるべき課題を洗い出すための情報として、それらを共有されているのでしょうか？</p>	<p>本プロジェクトの前半（2013～2017年度）において、中高炭素濃度の革新鋼板では金属微細組織制御、オーステナイト逆変態挙動の解明、元素分配測定およびシミュレーションなどを実施しました。</p> <p>革新的アルミ材の開発では、高強度・高延性の7000系アルミ合金を開発しましたが、その際、アルミ鑄塊に圧縮ねじり加工を施すことが組織の微細化および金属間化合物の微細分断化に非常に有効であることを明らかにし、それに基づき強度・延性のバランスが非常に優れた合金開発に成功しました。</p> <p>これらのプロジェクト内での成果の詳しい情報に関しては、各年度の成果報告会におけるオーラルセッション</p>	<p>三浦誠司</p>

		ンとポスターセッションで研究テーマ担当者による個別の討議が行われ情報の共有化が図られています。また、合宿形式で行われたテーマリーダー会議では、テーマリーダー全員を招集し、活発な議論が行われました。	
(全体)	国内 CO ₂ 排出量の 3% が削減できるという点の評価はどのように行われるのでしょうか？	CO ₂ 削減量 374 万 t/年は、年間総排出量 11.4 億 t/年の 0.3%、自家用乗用車の排出量 9,700 万 t/年の 3.9% となります。 プロジェクトとしては、トポロジー最適化によるボディー全体の部材最適化を用いて、本プロジェクトで開発した材料に置き換えた重量から、CO ₂ 削減量を算出いたしますが、全体の削減量は軽量材料の普及率・採用率に依存することから簡単ではないとは考えています。	三浦誠司
資料 5-2・スライド 5 (革新鋼板)	○革新鋼板テーマ達成状況の成果と意義 (スライドナンバー5) ・2022 年末最終目標(引張強度 1.5GPa、伸び 20%)はラボ材レベルで達成と指摘ある。 → 強度-延性バランスが従来のバナナカーブから向上しておりますが、この作用機構・支配因子は学術的に解明されているのか？	・強度・延性バランス向上の作用機構・支配因子について： 革新鋼板の強度と延性バランス向上の作用機構および支配因子について、中高炭素鋼の解析・評価手法の開発を通じて解明いたしました。テーマ A では X 線回折および中性子線解析による詳細な炭素濃度分布解析を行い、残留オーステナイト相中の炭素濃度の分布制御により強度と伸びバランスを改善しました。テーマ B では、レーザーを用いた FE-SEM/EBSD 装置を開発し、フェライト⇔オーステナイト変態・再結晶制御技術を確立し、フルマルテンサイト組織鋼の微細粒化による強化機構を確立しました。テーマ C では、炭素分析精度 10ppm レベルのカーボンアナライザーや元素分配の三次元測定	松本洋明

		およびシミュレーションにより微細結晶粒の複相組織を作り強度－延性バランスを向上させました。	
資料 5-2, 右下記載の p. 7 (アルミ)	革新的アルミニウム合金の開発において、開発手法により破断伸びはかえって低下しています。この点に問題点はありませんか？	一般に強度の上昇に伴って延性は低下いたします。特に高強度になるほど粒界析出が起りやすくなり、伸びは大きく低下してしまいますが、開発手法を用いることにより、旧粒界を分断することで伸びの低下を小さく抑えられていると考えております。ベンチマークの 7150-T77511 材は伸びの規格値が 9%以上ですが、本開発合金はねじり加工追加工程で開発目標値 12%を達成しておりますので、十分な延性が得られていると考えます。	大窪和也
資料 5-2 スライド 10 (マグネ)	○革新的マグネシウム材の開発 ・鉄道車両機体開発 (スライドナンバー10) → 対象合金 Mg-Al-Ca 系合金にて現行のアルミニウム基合金に匹敵する圧延材の開発に成功したと指摘あるが、具体的に機械的特性を比較した数値の表などを明示した方が良い。(説明ください) (中間目標でも記載ある、長期性能(疲労特性等)のデータベースを明示ください。)	開発した難燃性マグネシウムの機械的特性と目標値(既存アルミ材)を比較した表を以下に示します。今回は難燃性と延性・成形性の両立が狙いでした。 難燃性マグネシウム合金の開発(合金開発目標値) ①高速押出型合金: 引張強度 > 270MPa, 伸び > 20% (AX41: 押出材) (レアアース添加なし、AZX311と同程度の難燃性) ②高強度型合金: 引張強度 > 360MPa, 伸び > 15% (AX92: 押出材、AX81G: 中板、AX81S: 薄板) (レアアース添加なし、AZX311と同程度の難燃性)	松本洋明

難燃性マグネシウム合金の開発(合金開発目標値)
①高速押出型合金: 引張強度 > 270MPa, 伸び > 20%
(AX41: 押出材) (レアアース添加なし、AZX311と同程度の難燃性)
②高強度型合金: 引張強度 > 360MPa, 伸び > 15%
(AX92: 押出材、AX81G: 中板、AX81S: 薄板)
(レアアース添加なし、AZX311と同程度の難燃性)

合金名	形状	成分系	引張強度	伸び	押出し性	難燃性	中間目標達成
AX41	ダブルスキン材 (押出し)	Mg-Al-Mn-Ca	○	○	◎	○	100%
			△	○	○		
AX92	シングルスキン材 (押出し)	Mg-Al-Zn-Mn-Ca	○	○	△	◎	100%
			△	○			
AX81G	厚中板 (圧延)	Mg-Al-Zn-Mn-Ca	○	○	△	◎	100%
			○	○			
AX81S	薄板 (圧延)	Mg-Al-Mn-Ca-Zn	○	○	△	◎	100%
			△	○			

開発した4種類の合金(AX41, AX92, AX81G, AX81S)を対象として、主に、以下のS-N曲線を取得しています。
(1) 母材 (0°、45°、90° : 加工方

		<p>向に対して3種類の方向の疲労特性)</p> <p>(2) 各種溶接部材 (MIG, TIG, FSW) の疲労特性</p> <p>(3) (1), (2) の母材・溶接材の各種応力比 (R=-1, -0.5, 0) の疲労特性</p> <p>具体的なデータについては資料 7-2 のⅢ-2.3.2-16、Ⅲ-2.3.2-21、Ⅲ-2.3.8-16、Ⅲ-2.3.8-19、Ⅲ-2.3.8-20、Ⅲ-2.3.9-39、Ⅲ-2.3.9-46、Ⅲ-2.3.10-18 ページ等をご参照ください。</p>	
資料 5-1, 右下記載の p. 12 (接合)	炭素鋼を用いるテーマを除いて目標値が絶対値で記載されていますが、そのテーマと同様に母材強度との比率 (いわゆる継手効率) で表現すると、各項目における目標値はどの程度になりますか?	<p>抵抗スポット溶接を含め、点接合の接合強度の目標値には JIS Z3140 を適用しています。JIS 規格の合格基準は、母材強度と板厚に依存します。引張せん断試験時には、接合部周辺に応力が集中するため、一般的なアーク溶接による連続的な継手とは異なり、継手効率で表現することはできません。なお、(3) 鋼材/アルミならびに(4)アルミ/CFRP は点接合を想定しています。</p> <p>次に、(5) 鋼材/CFRP 等樹脂ならびに(6) 構造材料用接着技術のテーマでは、重ね継手の連続接合を想定しています。引張強度 590MPa (1.2mm 厚) の鋼板と引張強度 200MPa の CFRTP (3mm 厚) を接着接合する場合を考えます。接合線の長さ L (mm)、重ね代を 10mm とします。接合強度の目標値が引張せん断強度 28MPa の場合、これを荷重で表しますと、引張せん断強さは $28 \times 10 \times L = 0.28L$ (kN) 以上となります。もとより、重ね代を大きくすると、接着面積を拡大することで、接合部強度を高めること</p>	大窪和也

		ができます。なお、鋼板の引張最大荷重は $590 \times L \times 1.2 = 0.71L$ (kN)、CFRTP では $200 \times L \times 3.0 = 0.6L$ (kN) となります。	
資料 5-2, 右下記載の p. 16 (接合・アルミ/鋼板)	加熱部位の時間差を利用する事により発生する可能性が高い熱応力の影響の検証方法はありますか？	数値シミュレーションで残留応力分布を予測できます。現在、中性子線分析設備の立ち上げが行われていまずので、今後、検証実験もできます。	大窪和也
資料 5-2 スライド 17 (接合・アルミ/CFRP)	○接合技術開発 ・アルミ/CFRP の摩擦攪拌点接合 (スライドナンバー17) : 中間目標設定では技術確立のみ明記あるが、具体的な数値設定として、現時点の接合強度などの接合性の数値を明確にしてください(数値データを明示・説明下さい)。その上で最終目標としている JIS-A 級の引張せん断荷重最小値以上にあるのか、現在の立ち位置を数値で明確に明示・説明ください。	静的強度の実験はプロジェクト第 2 期までに終了しており、資料 7-1 事業原簿【公開】、Ⅲ-2.7.5(テーマ 05)のⅢ-2.7-5-8 ページの図Ⅲ-2.7.5-6, 8, 9 に TSS データが掲載されています。ちなみに JIS A 級 2.5kN 以上、最大 6kN を達成しています。試験片レベルではすでに最終目標を達成しています。目標値として設定されていませんが、現時点では疲労強度などを調査中です。	松本洋明
資料 5-2, 右下記載の p. 17 (接合・アルミ/CFRP)	アルミ/CFRTP の異種接合との記載がありますが、他のサブテーマのような定量的な評価結果はありますか？	「同上」	大窪和也
資料 5-2 スライド 24 (マルチマテリアル設計)	○マルチマテリアル設計 トポロジー最適化システムの構築 (スライドナンバー24) → 最適化構造に設計する事でマルチマテリアル軽量化構造が達成される事を示しているが、どれほどの軽量化が達成されそれに伴いどれほどの燃費改善等のアウトプットが図れるのかを数値で状況を説明してください。	本プロジェクトでは、車体骨格部 (BIW) とボンネット、ルーフ、ドア等のクロージャー (外板部) を合わせた構造体全体で、従来の鋼板主体の車と比較して 50%の軽量化を目指しています。軽量化のアプローチは、トポロジー最適化による構造最適化 (による減量) と軽量材料への材料置換によるものです。車体 100kg の軽量化により燃費 1.0km/L の改善が図れることが過去の統計よ	松本洋明

		り明らかとなっています。まだ技術開発中であり、トポロジー最適化による軽量化の実証は第4期に行う予定です。	
資料5-2の P. 25 (マルチマ テリアル設 計)	マルチマテリアル設計において、「コスト面」も反映した最適設計を構築できますか？	2019年度より、簡単で定性的にコストを表す関数を定式化し、その関数を目的関数とした場合の最適解は得ております。	小林千悟
資料5-2の P. 32・事業 化の見通し (マルチマ テリアル設 計)	車体のマルチマテリアル化を主要車種にまで普及させるためには、コスト面の問題が大きいと思いません。マルチマテリアル化した車両のコストを、現行主要車種の車両コスト程度にする見通しはありますか？	ご指摘いただいた通り自動車材料では低コスト化が必須の要件です。熱硬化型炭素繊維強化プラスチック(CFRP)に代表される高価な材料の置き換えだけでは、現行主要車種の車両コスト程度に抑えるのは長期間の開発が必要と考えられます。マルチマテリアル車体では、部品統合および設計との連携が必要であり、総合的なコスト低減を目指す必要があります。自動車メーカーに数年前にヒヤリングしたところ、少ロット生産やオフライン生産される限定車種では高価なCFRPを使う可能性があると伺っており、生産性の高い(比較的安価な)熱可塑性CFRPが開発されれば中級程度の量産車に適用されると考えております。一方、かつては高価であったアルミ合金の場合、既にフォードF150ピックアップトラックでオールアルミ化、トヨタプリウスにおいてアルミ合金の使用比率が高まっています。	小林千悟
(マルチマ テリアル設 計)	得られた結果を組み合わせたマルチマテリアル化の最適化の担当は？	9年目にISMAで新テーマ化し、ISMA本部が主体となり分担研究拠点の協力を得て9年目10年目で得られた成果をまとめていく予定です。成果全体の効果検討は10年目になる見込みです。	三浦誠司

<p>資料 5-2, 右下記載の p. 21 (トポロジ ー最適化)</p>	<p>ここに記載のサブテーマの成果を他のサブテーマにどのように応用していくかの計画はありますか？</p>	<p>サブテーマは、全て相互に関連があります。マルチマテリアルに対応可能なトポロジー最適化ソフトの構築がメインストリームとしてあり、それにマルチマテリアル化に伴う異材接合モデルを組込むことや車体全体の最適化を行う時の設計領域の効率的な設定手法の導入等を行い、設計ツール全体を構築していく予定です。</p>	<p>大窪和也</p>
<p>資料 5-2, 右下記載の p. 22 (トポロジ ー最適化)</p>	<p>剛性を同等との制約条件が利用されていますが、これを、強度を同等とする制約条件にした場合の結果はありますか？あるいは無い場合、その制約条件でも検討する予定はありますか？</p>	<p>強度等価での計算は予定していません。剛性等価で質量最小の解を求め、その最適化結果を用いて別途 LS-DYNA 等のソフトを使用して衝突解析を行い、キャビンへの侵入がないことを検証する予定です。</p>	<p>大窪和也</p>
<p>資料 5-2 の P. 22 (トポロジ ー最適化)</p>	<p>トポロジー最適化システムにおいて、最適解が1つとならない場合があると思われませんが、資料の「3 材料最適化」の結果は、1つのみ示されています。制約条件として剛性についてのみの制約でも最適解は1つになるのでしょうか？</p>	<p>トポロジー最適化の最適解は全て局所解にはなりますが、目的関数が一つであるので最適解は必ず一つ得られます。もちろん、初期解を変更すれば、異なる最適解が得られる可能性はあります。</p>	<p>小林千悟</p>
<p>(腐食)</p>	<p>Al、Mg、Fe など異種材接合時に問題となる腐食への言及が、単相を扱うグループから少ないように思われる。フィードバックはかかっているのか？</p>	<p>テーマ番号 65 「マルチマテリアル車体における防食表面処理評価技術の開発」 (2019 年度開始—2022 年度終了予定) において、各種材料のガルバニック腐食挙動、その促進試験法の選定ならびに最適防食法の研究を実施しております。基本的に各テーマの異種金属接触腐食に係る情報をフィードバックして研究を進めています。2019 年度までの対象材料は高強度鋼、アルミ合金、CFRTP ですが、今後、マグネシウム合金も対象にする予定です。</p>	<p>三浦誠司</p>

資料 5-2, 右下記載の p. 20 (中性子)	接合の検査のための有望な差別化技術が紹介されていますが、この技術を他のサブテーマで得られた結果に応用し、その技術の有用性を検証した測定事例はありますか？	テーマ 53、64 等で異材接合技術の研究開発を行っており、中性子ビーム解析により接合部の残留応力解析などについて協業する方向で検討しています。（現在、中性子ビームの立ち上げ調整中）	大窪和也
資料 5-1, 右下記載の p. 18 (LCA)	2018 年から LCA に着手するスケジュールになっていますが、今回の中間報告では LCA の結果データはありますか？	開発している評価手法（将来シナリオ、世界の物質フロー、リサイクル）を取り入れた、β 版のツールの開発中で年度内に各研究テーマリーダーに提供する予定です。	大窪和也
資料 7-1-1 III-2. 1. 8 - 5	表 III-2. 1. 8-3 の達成見通しの中で、「微小電気化学計測技術開発」と「局所構造解析技術開発」の達成見通しのところに装置導入の必要性が記されておりますが、これらの装置導入の目途（あるいは導入）はどのような状況でしょうか	「微小電気化学計測技術開発」と「局所構造解析技術開発」とともに装置を導入済みです。前者は原子間力顕微鏡（AFM）に適した試料表面の作りこみを行い、腐食解析技術開発を加速するためであり、後者は走査型電気化学顕微鏡（SECM）の高分解能化を達成し、別途測定する金属組織ごとの局所酸化皮膜構造に対する電気伝導性の対比精度を向上せしめるためです。	奥田章順
資料 7-1-1 III-2. 3. 8- 15	同ページの後半に標準化のために検討すべき項目が記されておりますが、②、③、④は標準化が進められてないために、使用先の状況と対応させながら解析や各種データの更なる蓄積と整備が必要となっておりますが、具体的にはどのような方向性となりそうなのでしょうか？現時点、概要をお聞かせください。	②（接合：溶接用の棒及び線の規定）に関しましては、今年度よりマグネシウム溶接棒・線の JIS 化をマグネシウム協会を中心に進めることになったため、そこに、ISMA の成果を入れ込むことにより標準化を推進したいと考えております。 ③（耐食性：マグネシウム用の促進試験方法）に関しましては、マグネシウム用の腐食促進試験方法ではありませんが、「JIS Z2371 塩水噴霧試験方法」、「JASO M 609 自動車用材料腐食試験方法」等の既に標準化されている方法を用いまして、耐食性を系統的に評価しています。上記の促進試験方法が、屋外暴露試験で	奥田章順

		<p>得られる腐食試験結果と、必ずしも対応していない点があるとは承知していますが、適切な促進試験方法が無いため、利用しているのが現状です。</p> <p>④（信頼性：疲労や破壊に関するマグネシウム用の試験方法）に関しましても、③と同様にアルミニウムや鉄鋼材料で利用している疲労試験方法を用いて、開発合金の特性を評価しています。マグネシウムの疲労特性は、アルミニウムや鉄鋼材料と比較して圧倒的に少ないのが現状なので、まずはプロジェクトを通じて、開発したマグネシウム合金（母材・接合材）の疲労特性を系統的に評価していく予定です。</p>	
資料 7-1-1 III-2. 3. 9- 23	<p>細かい点ですみませんが②—1 Mg 合金による自動車部品試作、性能評価の達成見通しが、「概ね達成見込み」となっておりますが、「概ね」と書かれている背景にはなんらかの課題が残るということでしょうか？言葉の問題ですみませんが、他の「達成見込み」との違いが気になりましたので質問させていただきます</p>	<p>現在のところ 2022 年度の最終目標に向けて、実施計画書通りに研究開発を推進しています。（「概ね達成見込み」と記載したことに特に意図はなく、これまで通り研究を遂行することができれば、目標は達成できると考えています。）</p>	奥田章順
III-2-3-8-2	<p>（テーマ 34 など）MI への負荷はたいへん高いと思われませんが、人的資源の投入はこれに見合ったものになっているのでしょうか？</p>	<p>MI への対応では、これまでに、SIP で開発された鉄鋼材料用のデータフォーマットを参考にして、マグネシウム合金のための機械学習用のデータフォーマットを作製しました。現在、これまでプロジェクトで得られたデータを、作製したデータフォーマットに入れ組む作業をプロジェクトメンバー総出で推進しています。プロジェクトメンバーの人的資源に限りはありますが、有限の資源の中</p>	三浦誠司

		で、できる限りのデータの集約を図っていきたいと考えています。	
資料 7-1-2 2.6	CFRP に向けた自動車の形の変革について、現状の形状は CFRP には不向きだと考えられます。CFRP の特性をフル活用するには自動車の形状に関してパラダイムシフトが必要と考えます。そうでなければ、費用対効果が低いことが理由となって自動車部品を CFRP に代替することは難しいかもしれません。形状の検討はされてますでしょうか？	ご指摘のように CFRP の特性をより生かせる形状があると考えますが、現状車の形状は、性能（特性）、乗り心地（感性）、安全性、生産性、コストにより設計されています。CFRP を適用することによる α の付加価値（軽量化、部材一体化による部品点数・接合部の削減、意匠性付与等）も含めて新材料を適用する価値にどこまで材料代替コストを見積もることができるか？が形状を決めるポイントになるかと思えます。第一期から第二期において試作した LFT-D シャシー構造では、LFT-D の形状賦形や板厚変化の自由度、溶着接合性等の特長を生かした設計を狙いましたが、Lotus Elize 構造の外形制約があったため、部分的実施に止まりました。構想段階から CFRP 特性対応設計を行うことにより、さらなる軽量化・低コスト化を図ることが可能と考えます。	小柳潤
資料 7-1-2 2.7	接着具合の分布についての評価は、接着強度が不十分な系には必要で、それが接合法の改善につながるかと考えられます。そのような取り組みはされてますでしょうか？また、熱可塑 CFRP に対して、常温常圧短時間低負荷で実施可能な超音波接合は想定されてますでしょうか？その取り組みの優先度はどの程度でしょうか？	ご指摘の通り、試験片レベルでの接着強度とそのバラツキを把握しても、実際には被着体の形状・大きさ・表面処理状況に加え、接着剤の塗布方法などの施工パラメータが接着部の性能・品質に大きく影響を及ぼします。現時点では試験片レベルでの研究開発ですが、次の部品試作の段階で、それらのパラメータを考慮した実験等を検討します。テーマ 27 では第 1 期から第 2 期において CFRTP 同士の界面融接の手法として、超音波、レーザ、電磁誘導の 3 方式が検討され、最終的には接合	小柳潤

		強度、品質安定性、生産性を踏まえ、超音波ヘッドを多関節ロボットにセットしたロボット接合システムを完成しています。部材同士の接合に使用、特許出願もしています。	
資料 7-1-2 III-2.7.12-9 と 12-11	これは確認となりますが、III-2.7.12-9 の②-3 のツール素材量産技術開発で「超ハイテン接合後のツール損傷分析」の達成度が「×」となっており、III-2.7.12-11（最終目標の達成可能性）では。これについて記されていないのは、12-9 の解決方針で「×」は 2020 年度末までに「○」となると考えれば良いでしょうか	ご推察の通り、2020 年度末までに達成度「×」が「○」となるということで相違ございません。	三浦誠司
資料 7-1-2 III-2.7.15-4	表の根拠にいずれも、「定量的関係を解明する必要がある」と記されており、最終目標は基本的にモデル開発、シミュレーションなどが目標となっております。成果となるモデルやシミュレーションの検証はどのように行うのでしょうか	ご指摘の通り、最終目標としてモデル開発とシミュレーションを挙げています。例えば、アルミ/鋼材の FSSW において、接合対象の材種・板厚の組合せに加えて、プロセス的には摩擦熱の発生にはツール回転数や押込み量などがパラメータになります。FSSW ではアルミが温度上昇とともに鋼板に押付けられ、接合界面が密着し、金属間化合物 (IMC) が形成されます。この IMC の厚さ分布は接合強度を支配します。材種によって IMC の種類や形成速度なども異なります。そこで、アルミ-IMC-鋼板の三層から成る接合部の力学モデルを構築することで、十分な接合強度が得られる接合条件を予測できる理論ツールが必要となります。 点接合を対象としますと、試験片レベルでの継手性能の評価方法は JIS Z3140 に規定されています。そこで、FSSW 継手を作製し引張せん断試	奥田章順

		<p>験並びに十字引張試験を実施し、シミュレーション結果との比較を行い、モデルの予測精度を高めることを行っています。</p>	
<p>資料 7-1-2 III-2. 7. 16- 3</p>	<p>文章の下から 7 行目から「未知の接合条件で・・・機体学習機能を活用して高度化すること で・・・」とありますが、この「未知の接合条件」というのは「未知」なので想定できないのかもしれませんが、ややひっかかります。それを機械学習で高度化（ここで高度化とは何を意味していますか）するという文も、実態がよく分からないのですが、もう少し分かり易く説明いただけますか</p>	<p>接合実験における継手の形状（板厚や重ね代等）やその接合条件は限定された条件のみで実施されます。継手を作製するための最適条件を同定することは非現実的であり、限定された中で最良と考えられる接合条件で作製した継手を評価します。将来、継手性能データベースとして使用する場合には、接合実験が実施されていない条件で作製を試みる接合継手についても、その特性を予測することが期待され、言い換えれば未知の接合条件で作製される継手性能についてもその特性を予測することが求められます。</p> <p>一方、多岐にわたる継手の形状や接合条件の全てについて、例えば、有限要素法などの数値解析技術を用いて、条件を変化させた継手作製後の接合状態（例えば溶け込み状態や応力場）を推定することも非現実的です。得られた推定結果と、接合実験で取得した結果から機械学習機能を活用することで、未知の接合条件で作製された継手性能が予測可能なインテグレーション・システムのアルゴリズムを構築する予定です。</p>	<p>奥田章順</p>