

「極低電力回路・システム技術開発（低消費電力メニーコア
用アーキテクチャとコンパイラ技術）
（グリーンITプロジェクト）」
事後評価報告書（案）概要

目 次

分科会委員名簿	1
プロジェクト概要	2
評価概要（案）	7
評点結果	10
（参考）評価項目・評価基準	11

はじめに

本書は、第36回研究評価委員会において設置された「極低電力回路・システム技術開発（低消費電力メニーコア用アーキテクチャとコンパイラ技術）（グリーンITプロジェクト）」（事後評価）の研究評価委員会分科会（第1回（平成25年12月9日））において策定した評価報告書（案）の概要であり、NEDO技術委員・技術委員会等規程第32条の規定に基づき、第38回研究評価委員会（平成26年3月27日）にて、その評価結果について報告するものである。

平成26年3月

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
研究評価委員会「極低電力回路・システム技術開発（低消費電力メニーコア用アーキテクチャとコンパイラ技術）
（グリーンITプロジェクト）」分科会
（事後評価）

分科会長 中島 浩

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 研究評価委員会
「極低電力回路・システム技術開発（低消費電力メニーコア用アー
キテクチャとコンパイラ技術）（グリーンITプロジェクト）」

（事後評価）分科会委員名簿

（平成25年12月現在）

	氏名	所属、役職
分科 会長	なかしま ひろし 中島 浩	京都大学 学術情報メディアセンター センター長/教授
分科 会長 代理	いまい まさはる 今井 正治	大阪大学 大学院情報科学研究科 情報システム工学専 攻 教授
委員	いかい ひでお 猪飼 英雄	トヨタ自動車株式会社 第2電子開発部 GM
	さとう みつひさ 佐藤 三久	筑波大学大学院 システム情報工学研究科 教授
	すずき まさと 鈴木 正人	パナソニック株式会社 システムLSI事業部 参事
	はしぐち あきひこ 橋口 昭彦	ソニー株式会社 デバイスソリューション事業部 アナ ログLSI事業部 部長

敬称略、五十音順

プロジェクト概要

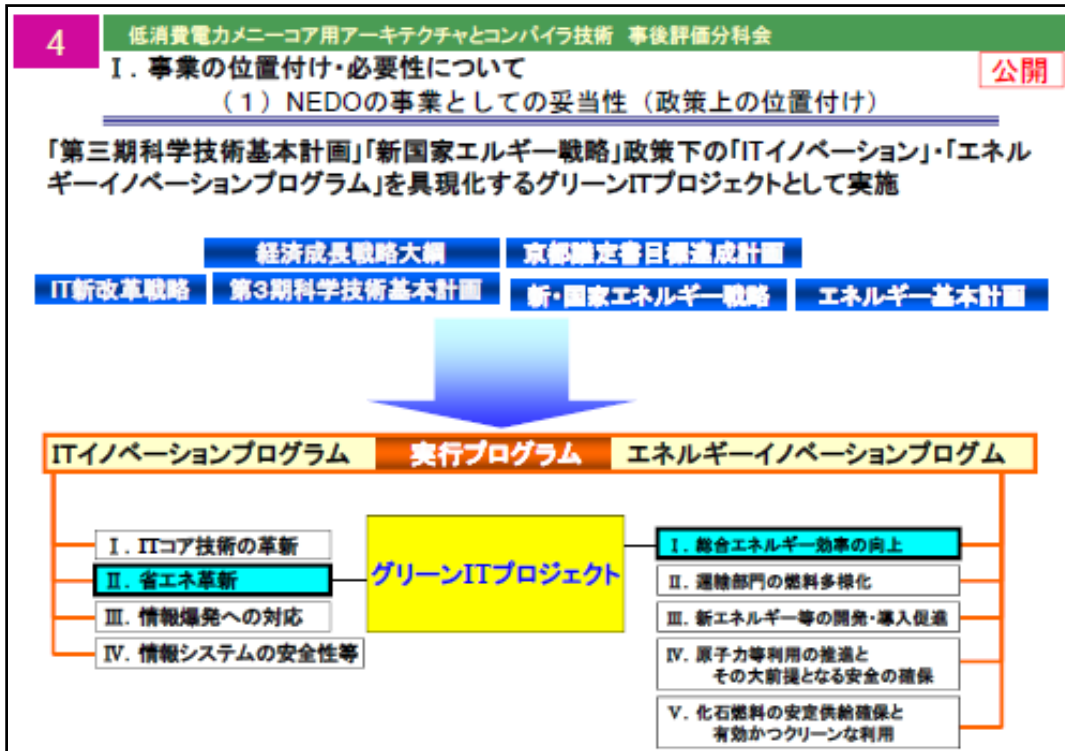
		最終更新日	平成25年4月25日	
プログラム(又は施策)名	ITイノベーションプログラム・ナノテク・エネルギーイノベーションプログラム			
プロジェクト名	「極低電力回路・システム技術開発」 (グリーン IT プロジェクト)研究開発項目⑦ 「低消費電力メニーコア用アーキテクチャとコンパイラ技術」	プロジェクト番号	P09003	
担当推進部/担当者	電子・材料・ナノテクノロジー部 担当者: 田崎 英明 (平成22年12月～平成24年2月) 電子・材料・ナノテクノロジー部 担当者: 畠山 敦 (平成24年3月～平成24年12月) 電子・材料・ナノテクノロジー部 担当者: 高井 伸之 (平成25年1月～平成25年2月)			
I. 事業の位置付け・必要性について				
0. 事業の概要	情報通信機器や車載機器等の高度化・設置数の急激な増加に伴い、情報処理量とエネルギー消費量の増大が見込まれ、これらの機器に組み込まれるプロセッサの高性能化・高機能化だけでなく低消費電力化が重要な課題となっている。そこで、多数のプロセッサコアをワンチップに搭載したメニーコア・プロセッサ ^(*) によって、この課題を解決することが有望と考えられているが、平成21年度のプロセッサ先導研究で得られた知見によれば、高性能・高機能かつ低消費電力のメニーコア・プロセッサの実現には、半導体集積回路(LSI)設計技術のみならず、ソフトウェアによる周波数・電圧等のきめ細かい電力制御を行うことが必要である。コア数が増えるに伴い、人間がアプリケーションプログラムの中に電力制御の仕組みを組み込んでいくことは非常に困難が伴うため、API(コンパイラへの指示)等を用いたコンパイラ技術の開発が必須である。 (*)コア数が32～64以上を指す。			
I. 事業の位置付け・必要性について	新・国家エネルギー戦略(2006年5月経済産業省)では、2030年に30%以上のエネルギー消費効率の改善を目標として掲げている。本目標を達成するためには、情報通信機器の3次元半導体実装、微細化/高密度化、電力回路設計等ハードウェア技術開発が必要であるが、本分野でも限界が見えだしてきている状況を鑑みて、本プロジェクトでは、効率化、省エネルギー化を実現する1アプローチとして複数プロセス構成で性能を向上させたマルチコア・メニーコアのソフトウェア制御技術を開発する。(ハードウェア技術開発は「極低電力回路・システム技術開発」(研究開発項目①～⑥)をテーマとする別プロジェクトとして取り組んだが、これは本プロジェクト範囲外とする。			
II. 研究開発マネジメントについて				
事業の目標	あるべき低消費電力メニーコア用アーキテクチャを提案し、開発するコンパイラ技術を用いて既存技術と比べて電力当たりの処理性能2倍を達成する。かつ、メニーコア・プロセッサ上で組み向けアプリケーションプログラム実行時の電力消費量を1/10以下にする。			
事業の計画内容	主な実施事項	2010	2011	2012
	① メニーコア基盤技術開発 (メニーコア・アーキテクチャ設計・実装評価)	→	→	→
	② メニーコア応用技術開発 (ビデオマイニング向けメニーコア開発)	→	→	→
	③ メニーコア応用技術開発 (ソフトウェア開発環境開発)	→	→	→

開発予算 (会計・勘定別に事業費の実績額を記載) (単位:百万円)	会計・勘定	合計	2010	2011	2012
	一般会計	—	—	—	—
	特別会計 (需給)	370	20	150	200
	加速予算	—	—	—	—
	総予算額	370	20	150	200
開発体制	経産省担当原課		商務情報政策局情報通信機器課		
	プロジェクトリーダー		九州大学 井上 弘士 准教授(PL) 立命館大学 富山 宏之 教授(サブPL)		
	委託先/再委託先		企業、研究機関:(国)九州大学、(学)立命館大学、(国)電気通信大学、 (株)トプスシステムズ、(株)フィクスターズ 再委託先:(社)JEITA、キャッツ(株)、イーソル(株)、(国)東京農工大学		
情勢変化への対応	CEATEC2011、CEATEC2012 の NEDO ブースにメニーコア成果の展示、メニーコア成果の発表を行い、世界で初めての 128 メニーコアの実証評価結果をアピールした。 また「メニーコア・シンポジウム」を年一回(2011 年 3 月、2012 年 2 月)に開催して、外部有識者、ユーザの意見を聴取してプロジェクト運営管理に反映した。 具体的には 2011 年 3 月のメニーコア・シンポジウムでは参加したトヨタ自動車、デンソー等のユーザ部門の技術者と意見交換を行い、メニーコアの適用用途として、車載向けビデオマイニング用途のアイデアを得て、ビデオマイニングデモシステムの開発を行った。本成果は CEATEC2011、CEATEC2012 にて披露して関係者に情報発信した。				
評価に関する事項	事前評価	平成22年度実施			
	中間評価	なし			
	事後評価	平成25年度 事後評価実施			
Ⅲ. 研究開発成果 について	<ul style="list-style-type: none"> ● メニーコア・アーキテクチャ開発 メニーコアにより、多種多様な SoC(System on Chip)に適用可能なプラットフォーム(通称:SMYLEref)を設計開発した。本アーキテクチャに基づき、128 コアを搭載した FPGA プロトタイプを開発してその実現性を実証/評価した。本プロトタイプ上で、並列化された単一アプリケーションを順次実行する従来の方式と比較して、消費エネルギーの 1/10 削減を実証した。 ● ビデオマイニング向けメニーコア開発 今後の需要拡大が見込まれるビジュアルコンピューティング(特に動画像認識)向けにメニーコアチップ(通称:SMYLEvideo)を設計した。本チップベースでシミュレーションの結果、従来型の汎用マルチコア・プロセッサと比較して、性能が約 30 倍(700GOPS 相当)、消費電力 1/300 以下という大きな優位性があることを実証した。 ● メニーコア用ソフトウェア開発環境開発 本メニーコア用ソフトウェア開発環境として3つのサポートツールを開発した。第1は、前述した SMYLEref での利用を想定した C-to-OpenCL 半自動ソースコード変換ツール、第2はメニーコアシステムにソフトウェアを移植した際の性能を推定するツールを開発した。第3は、メニーコアの評価やプログラム最適化知識の共有を目的としたベンチマークを開発した。本ツールにより、メニーコアの移行・普及を促進する環境を形作った。 				
	投稿論文	39件(内「査読付き」11件)			
	特許	4件(内「登録済」0件)			
	その他の外部発表 (プレス発表等)	28件(内 外部発表 28件、プレス他 0件)			
	Ⅳ. 実用化・事業化に向けた見通しについて	<ul style="list-style-type: none"> ● メニーコア基盤研究で開発した成果を生かして、車載の衝突回避用ビデオマイニングシステムの IP 販売事業(略称:SMYLEVideo)を2013年より販売を開始した。本 SMYLEvideo はスマートフォン・タブレット、デジタルカメラ、デジタルテレビ、自動車、監視装置、ロボットなど、次世代の様々なスマートな情報機器への応用が期待され現在、実用化開発について、顧客と商談を進めている。((株)トプスシステムズ) 			

	<ul style="list-style-type: none"> ● メニーコア用ソフトウェア開発環境は今後の需要が高く、かつ、高速処理のためのソフトウェアの最適化が強く要求されるであろう4分野(ライフィノベーション、インターネット・アプリケーション、ファイナンス、ビジュアルコンピューティング)を狙ってOpenCLソースコード、最適化による性能向上を評価したレポートを無償公開を既に開始した(http://sourceforge.net/projects/bemap/)。これらの成果に関しては、メニーコア向けベンチマークとしての普及を期待することができる。また、フィックスターズにおいては、これら公開済みプログラムをサンプルとした有償での組み込みサービスのビジネスを展開しライセンス販売も展開する。(株)フィックスターズ) 	
V. 基本計画に関する事項	作成時期	平成21年3月 制定訂
	変更履歴	平成22年8月 本プロジェクトの研究開発項目⑦の追加

技術分野全体での位置づけ

(分科会資料5-1より抜粋)



「極低電力回路・システム技術開発（低消費電力メニーコア用アーキテクチャとコンパイラ技術）（グリーンITプロジェクト）」

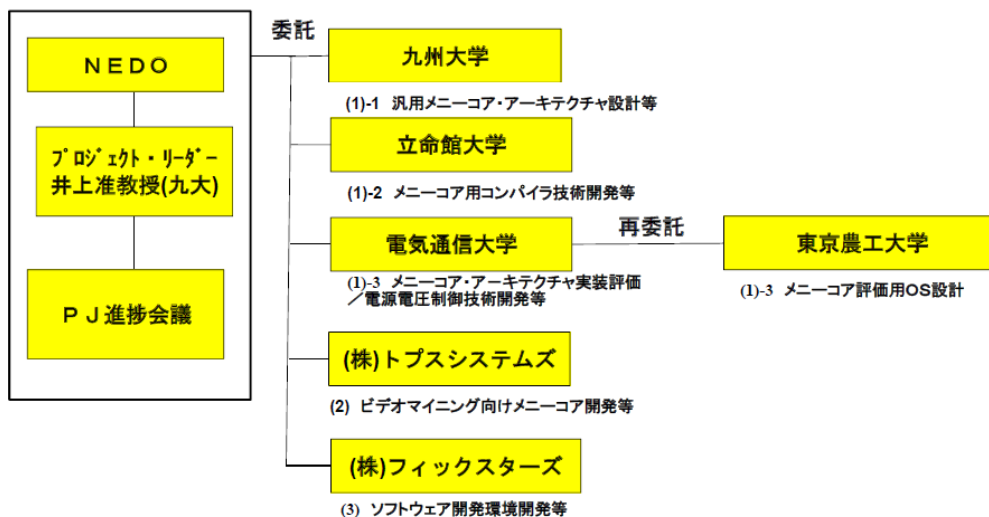
全体の研究開発実施体制

13 低消費電力メニーコア用アーキテクチャとコンパイラ技術 事後評価分科会

II. 研究開発マネジメントについて 公開

(3)研究開発実施の事業体制の妥当性(目標達成に向けた体制の構築)

●大学、企業による産学連携の体制を実現。



「極低電力回路・システム技術開発（低消費電力メニーコア用アーキテクチャとコンパイラ技術）（グリーンITプロジェクト）」

（事後評価）

評価概要（案）

1. 総論

1) 総合評価

組込プロセッサに要求される低電力・低消費エネルギーと、リアルタイム応用などで求められる性能および幅広い機能の実現という一種相反する課題を、メニーコアプロセッサという汎用的なアプローチにより解決しようという着眼点は評価できる。同時に開発されたソフト開発ツールも含め当初の数値目標を達成しており、得られた知見は今後の情報・エネルギー産業基盤となる有望な要素技術の確立に役立つものとして期待される。

一方、2年半弱というプロジェクト実施期間の制約のため、メニーコア組込プロセッサのフィージビリティ提示にまで至っておらず、成果をベースとした研究開発やビジネスの展開も展望しづらい。実施期間の妥当性、所与の期間に見合った研究開発の目標・テーマ・実施内容の設定、成果のビジネス展開に関する要求・方針など、プロジェクトの開始時における枠組構築の妥当性に疑問が残る。また、汎用メニーコア、特定アプリケーション向けメニーコア、ソフトウェア開発環境を開発されたが、それぞれの活動の連携が少ない。更に、今回の画像認識など並列処理が向くアプリは問題ないが、ほとんどの車両制御は逐次処理であり、今回の技術をそれにどう適用するか検討が必要である。

2) 今後に対する提言

メニーコア組込プロセッサというコンセプトに向けて、積み残された課題を整理・精査し、本プロジェクトで構築した産学連携体制を生かしつつ、研究開発が継続されることを期待する。新規アーキテクチャの普及のためには、実用化のレベルまで継続的なフォローが必要であり、顧客製品への導入容易性を確保することが、最終的に市場に受け入れられる必須要件である。

一方、今回取り上げたメニーコアプロセッサのアーキテクチャ（構造）は、現在世界各国で研究されているアーキテクチャの一つであり、他にも様々なアーキテクチャが考えられている。実用化・事業化を成功させるためには、マー

ケットの分析を行い、重要な応用分野（キラーアプリ）に適したアーキテクチャを検討する必要もある。

2. 各論

1) 事業の位置付け・必要性について

情報機器の機能・性能を向上させつつ消費電力・エネルギーの削減を図ることを目指した低消費電力メニーコアは、社会的要請や産業技術の発展のために極めて重要なテーマである。不可分であるアーキテクチャとコンパイラを同時開発するには民間企業では負荷が余りに大きく、また産学総力をあげて取り組むべき課題でもあり、国(NEDO)の関与は必須である。メニーコアプロセッサのマーケットは、近い将来、急速に広がる可能性もあり、わが国がこの技術を保有することによって、国際競争力が強化されると期待でき、事業の目的としても妥当である。

一方、メニーコアの研究意義の大きさに比べて、本プロジェクトの規模および期間や予算が過小に見積もられていたように思われる。

2) 研究開発マネジメントについて

メニーコア組込プロセッサのコンセプトに沿って、短期的な観点でも実用化が見込まれるテーマの設定と研究開発体制の構築を行ったことは評価できる。

一方、基盤技術の研究開発テーマである汎用システム LSI メニーコアは、具体的な「モノ」の創出に偏りすぎており、メニーコア組込プロセッサのコンセプトに重要な課題（想定される応用例の設定、リアルタイム性など応用例に求められる課題への対応など）の検討を十分に実施できる計画になっていない。この分野は実用化に最も多くの開発リソースを必要とする。実用化に近いレベルまで開発がされなければ、受け入れが進まないと予想する。その観点より、今後も継続した技術開発が必要。また、産学の研究開発テーマが、「学」における 2020 年ターゲット（汎用システム LSI メニーコア）と「産」における 2014-15 年ターゲット（ビデオマイニング向けメニーコア及びソフトウェア開発環境）という、本質的に協調が困難な形で設定され、プロジェクト全体としての成果にアピール力が乏しい結果を招く一因となっている。当初目標とした実施計画は、プロジェクトの期間や予算と比べて無理があり、やや欲張りすぎているように感じる。「産」のテーマである短期目線のもの、ものづくりまで考えた体制が必要であったのではないか。知財についても、4 件の特許出願のみ。件数がすべてではないが知財戦略が希薄ではないか。

3) 研究開発成果について

汎用システム LSI メニーコア (SMYLEref) の目標性能である電力効率 10 倍について、製作した FPGA プロトタイプでの評価に基づいて一定のアプリケーション適用性に関して目標達成の見通しが得られたことは評価できる。またビデオマイニング向けメニーコア (SMYLEvideo) およびソフトウェア開発環境についても、それぞれ計画当初の目標をほぼ達成しており、短期間にしては十分な成果をあげている。また、成果の発信も十分にできている。

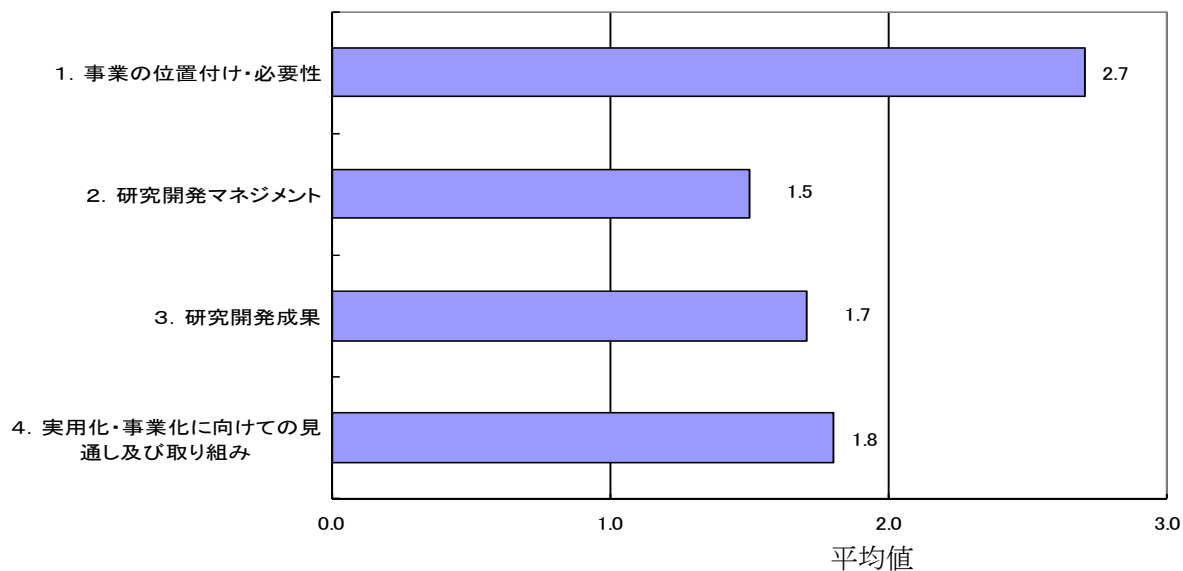
一方、SMYLEref の評価におけるアプリケーション適用の妥当性、リアルタイム応用に対するアーキテクチャの適合性、想定される具体的応用事例の提示など、フィージビリティを示すために必要な重要課題への回答が得られるには至っていない。具体的な製品化に使用する事を想定した場合、開発に相当の負担が生じる。事業化には、さらに一気通貫して扱える環境が必要。半導体業界は開発側もユーザ側も変化が速い。現状のベンチマークは理解したが、陳腐化しないよう、幅広く、最新の情報を取得し優位性を確認していく必要がある。

4) 実用化・事業化に向けての見通し及び取り組みについて

短期的な実用化・事業化を企図した SMYLEvideo およびソフトウェア開発ツールについて、技術的な観点で実用化・事業化の見通しが得られていると判断できる。特に SMYLEvideo については、企業が主体的に実用化を考えており、市場インパクトが強い製品に繋がる技術成果も得られている。

一方、汎用システム LSI メニーコアの実用化・事業化までには、今後さらに 5 年～10 年は必要であると思われる。短期・中期での事業の成功を考えるのであれば、具体的な応用分野を決めて、それに適したアーキテクチャを開発することが有効であろう。有望な応用分野としては、画像処理以外にも基幹系の通信システムなどが考えられる。世界に比べて少し遅れている感がある。今から半導体メーカーと協力して、製品化へのシナリオを明確にすべきである。

評点結果〔プロジェクト全体〕



評価項目	平均値	素点 (注)					
		A	A	A	A	B	B
1. 事業の位置付け・必要性について	2.7	A	A	A	A	B	B
2. 研究開発マネジメントについて	1.5	B	C	C	C	A	C
3. 研究開発成果について	1.7	C	B	C	C	A	B
4. 実用化・事業化に向けての見通し及び取り組みについて	1.8	B	B	B	B	C	B

(注) A=3, B=2, C=1, D=0 として事務局が数値に換算し、平均値を算出。

〈判定基準〉

- | | |
|--------------------|------------------------------|
| 1. 事業の位置付け・必要性について | 3. 研究開発成果について |
| ・非常に重要 →A | ・非常によい →A |
| ・重要 →B | ・よい →B |
| ・概ね妥当 →C | ・概ね妥当 →C |
| ・妥当性がない、又は失われた →D | ・妥当とはいえない →D |
| 2. 研究開発マネジメントについて | 4. 実用化・事業化に向けての見通し及び取り組みについて |
| ・非常によい →A | ・明確 →A |
| ・よい →B | ・妥当 →B |
| ・概ね適切 →C | ・概ね妥当 →C |
| ・適切とはいえない →D | ・見通しが不明 →D |

<参考>

「極低電力回路・システム技術開発（低消費電力メニーコア用アーキテクチャとコンパイラ技術）（グリーンITプロジェクト）」

に係る評価項目・評価基準

1. 事業の位置付け・必要性について

(1) NEDOの事業としての妥当性

- ・「ITイノベーションプログラム・エネルギーイノベーションプログラム」の目標達成のために寄与しているか。
- ・ 民間活動のみでは改善できないものであること、又は公共性が高いことにより、NEDOの関与が必要とされる事業か。
- ・ 当該事業を実施することによりもたらされる効果が、投じた予算との比較において十分であるか。

(2) 事業目的の妥当性

- ・ 内外の技術開発動向、国際競争力の状況、エネルギー需給動向、市場動向、政策動向、国際貢献の可能性等から見て、事業の目的は妥当か。

2. 研究開発マネジメントについて

(1) 研究開発目標の妥当性

- ・ 内外の技術動向、市場動向等を踏まえて、戦略的な目標が設定されているか。
- ・ 目標達成度を測定・判断できる具体的かつ明確な開発目標を設定しているか。

(2) 研究開発計画の妥当性

- ・ 目標達成のために妥当なスケジュール、予算（各個別研究テーマ毎の配分を含む）となっているか。
- ・ 目標達成に必要な要素技術を取り上げているか。
- ・ 研究開発フローにおける要素技術間の関係、順序は適切か。

(3) 研究開発実施の事業体制の妥当性

- ・ 真に技術力と事業化能力を有する企業を実施者として選定しているか。

- ・ 適切な研究開発実施体制になっており、指揮命令系統及び責任体制が明確になっているか。
- ・ 目標達成及び効率的実施のために必要な実施者間の連携が十分に行われる体制となっているか。
- ・ 知的財産取扱（実施者間の情報管理、秘密保持、出願・活用ルール含む）に関する考え方は整備され、適切に運用されているか。

(4) 研究開発成果の実用化・事業化に向けたマネジメントの妥当性

- ・ 成果の実用化・事業化につなげる戦略が明確になっているか。
- ・ 成果の実用化・事業化シナリオに基づき、成果の活用・実用化の担い手、ユーザーが関与する体制を構築しているか。
- ・ 成果の実用化・事業化につなげる知財戦略(オープン/クローズ戦略等) や標準化戦略が明確になっており、かつ妥当なものか。

(5) 情勢変化への対応等

- ・ 進捗状況を常に把握し、社会・経済の情勢の変化及び政策・技術動向等に機敏かつ適切に対応しているか。

3. 研究開発成果について

(1) 目標の達成度と成果の意義

- ・ 成果は目標を達成しているか。
- ・ 成果は将来的に市場の拡大或いは市場の創造につながることで期待できるか。
- ・ 成果は、他の競合技術と比較して優位性があるか。
- ・ 目標未達成の場合、達成できなかった原因が明らかで、かつ目標達成までの課題を把握し、この課題解決の方針が明確になっているなど、成果として評価できるか。
- ・ 設定された目標以外に技術的成果があれば付加的に評価する。
- ・ 世界初、世界最高水準、新たな技術領域の開拓、または汎用性のある成果については、将来の産業につながる観点から特に顕著な成果が挙げられている場合は、海外ベンチマークと比較の上で付加的に評価する。
- ・ 投入された予算に見合った成果が得られているか。
- ・ 大学または公的研究機関で企業の開発を支援する取り組みを行った場合には、具体的に企業の取り組みに貢献しているか。

(2) 知的財産権等の取得及び標準化の取組

- ・ 知的財産権等の取扱（特許や意匠登録出願、著作権や回路配置利用権の登録、品種登録出願、営業機密の管理等）は事業戦略、または実用化計画に沿って国内外に適切に行われているか。

(3) 成果の普及

- ・ 論文等の対外的な発表は、将来の産業につながる観点から戦略的に行われているか。
- ・ 成果の活用・実用化の担い手・ユーザー等に対して、適切に成果を普及しているか。また、普及の見通しは立っているか。
- ・ 一般に向けて広く情報発信をしているか。

4. 実用化・事業化に向けての見通し及び取り組みについて

本項目における「実用化・事業化」の考え方

当該研究開発に係る試作品、サービス等の社会的利用(顧客への提供等)が開始されることであり、さらに、当該研究開発に係る商品、製品、サービス等の販売や利用により、企業活動(売り上げ等)に貢献することを言う。

(1) 成果の実用化・事業化の見通し

- ・ 産業技術としての見極め（適用可能性の明確化）ができているか。
- ・ 実用化に向けて課題が明確になっているか。課題解決の方針が明確になっているか。
- ・ 成果は市場やユーザーのニーズに合致しているか。
- ・ 実用化に向けて、競合技術と比較し性能面、コスト面を含み優位性は確保される見通しはあるか。
- ・ 量産化技術が確立される見通しはあるか。
- ・ 事業化した場合に対象となる市場規模や成長性等により経済効果等が見込めるものとなっているか。
- ・ プロジェクトの直接の成果ではないが、特に顕著な波及効果(技術的・経済的・社会的効果、人材育成等)がある場合には付加的に評価する。

(2) 実用化・事業化に向けた具体的取り組み

- ・ プロジェクト終了後において実用化・事業化に向けて取り組む者が明確になっているか。また、取り組み計画、事業化までのマイルストーン、事業化する製品・サービス等の具体的な見通し等は立っているか。

