

<http://www.nedo.go.jp/>

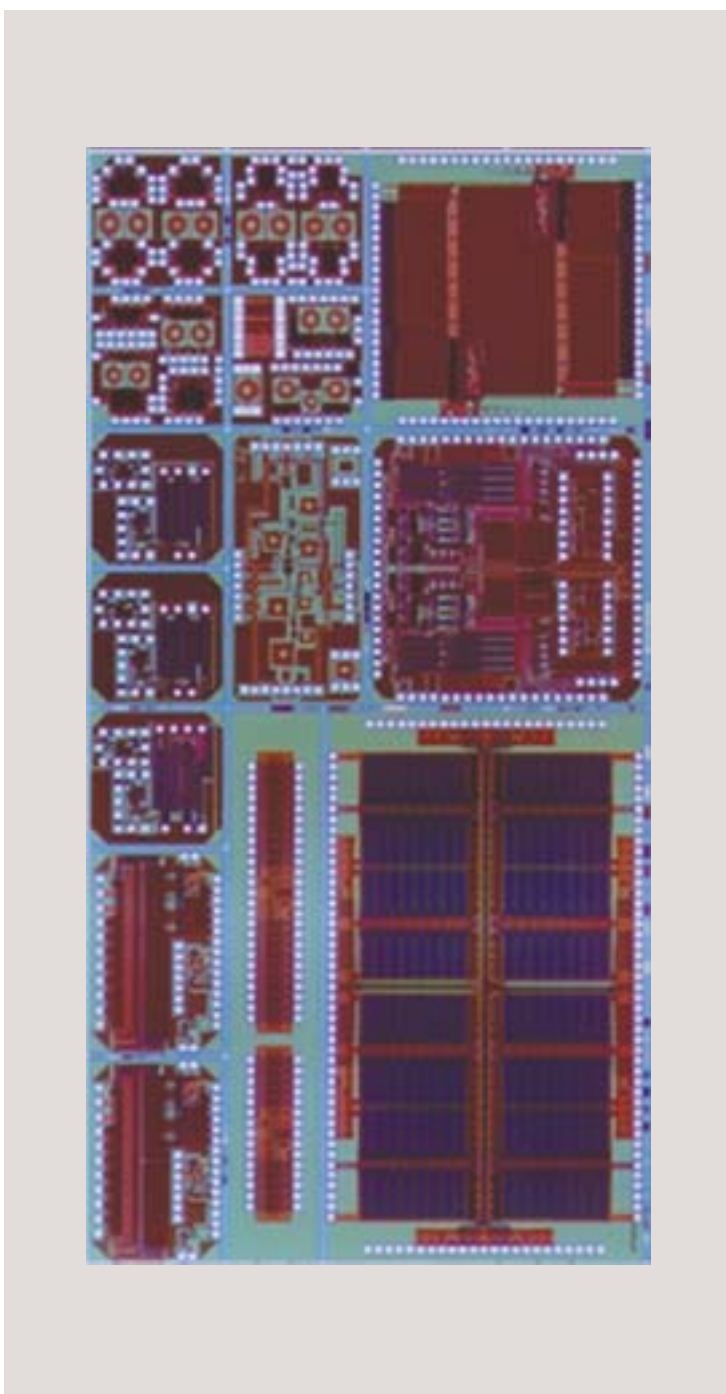
FOCUS

NEDO

新エネルギー・産業技術総合開発機構

第9号(5月号)

New Energy and Industrial Technology Development Organization



0.35μm完全空乏型SOI LSI(P15参照)

特集

NEDOにおける技術評価の位置付けと体制について
..... 1

CLOSE UP

成果報告

- 1. 150 級プロトン伝導膜開発の状況とその開発戦略
..... 7
- 2. アドバンスト並列化コンパイラ技術の研究開発
..... 11
- 3. 福祉用具実用化開発の推進について
..... 13
- 4. 極低電力情報端末用LSIの研究開発
..... 15
- 5. 循環型社会のためのPETボトルリサイクル技術
..... 17
- 6. 超音速2流体ジェット洗浄実用化開発
..... 19

RESULT & REPORT

話題の広場

- nano tech 2003 + Future
..... 21
- 第14回太陽電池工作コンクールの開催結果
..... 22

情報発信

- イベント情報・公募情報
..... 23

TOPICS・INFORMATION

NEDOにおける技術評価の位置付けと体制について

研究開発プロジェクトを効果的・効率的に推進するためには、マネジメントの一環として技術評価が適切になされることが必要です。NEDOでは技術評価体制を大幅に拡充し、評価の推進を図っています。本稿では、技術評価部における研究開発プロジェクトの技術評価について紹介します。

1. 技術評価をめぐる国内の動向

平成9年、「国の研究開発全般に共通する評価の実施方法の在り方についての大綱的指針」(内閣総理大臣決定)及び「通商産業省技術評価指針」(通商産業省告示)によって評価の在り方等が示されて以来、通商産業省(現経済産業省)において両指針に基づきNEDOの研究開発プロジェクトの技術評価が実施されてきました。

平成12年5月に改訂された通商産業省技術評価指針にて、NEDOにおいても研究開発プロジェクトの評価を実施できるようになったことを受け、同年10月、技術評価課を設置し(現在は技術評価部に拡充)、平成13年度から研究開発プロジェクトの評価を開始しています(図1)。

2. 技術評価の基本理念

評価の実施にあたっては、「透明性」・「中立性」・「継続性」・「実効性」の確保を基本理念としています。

(1) 透明性の確保

評価手続・評価項目・評価基準といった評価システムの公開を行うとともに、評価の審議過程、評価結果、配付資料および議事録等については、機密の保持が必要な場合を除き、個人情報や企業秘密の保護、知的財産権の取得等に配慮しつつ、一般に公開しています。

(2) 中立性の確保

評価委員には、評価対象プロジェクト及び実施者と直接利害を有しない中立的なNEDO外部の専門家、有識者を選任しています。

(3) 継続性の確保

プロジェクト推進部室および実施者にとって評価結果を今後の企画立案・運営管理等に反映させ易い、継続性のある評価方法で評価を行っています。

平成15年4月現在

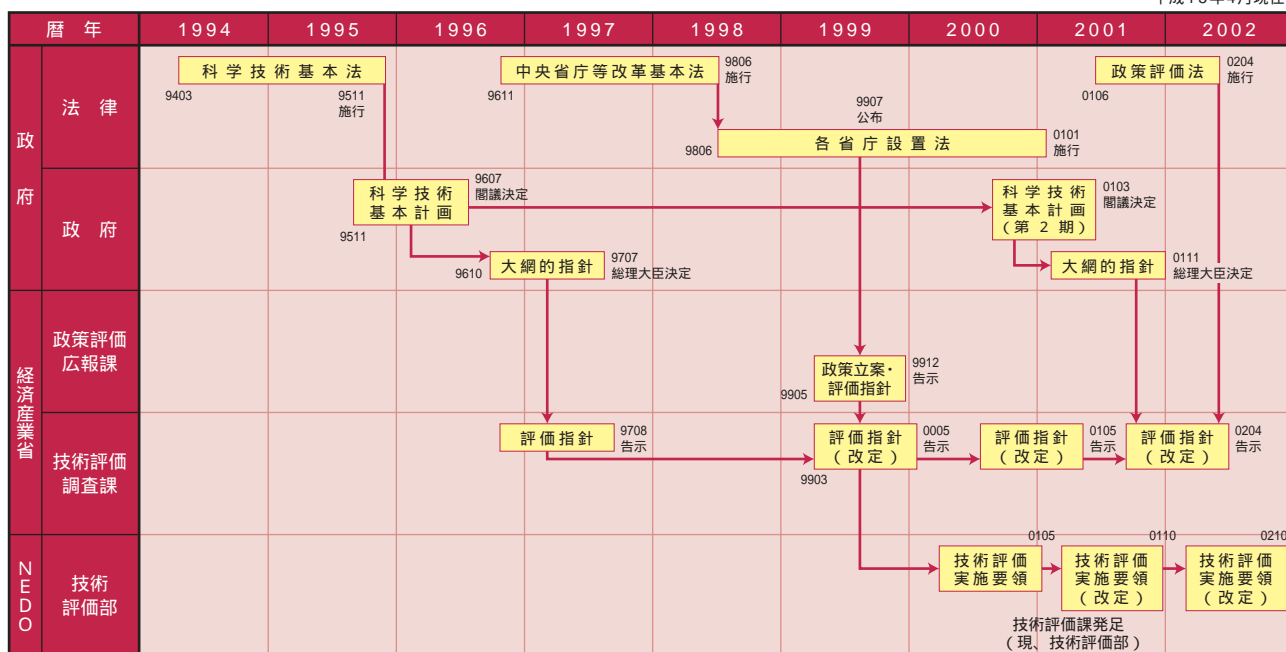


図1 技術評価をめぐる国内動向

NEDO技術評価部作成

(4) 実効性の確保

明快で実効性のある評価システムを確立・維持するとともに、研究開発活動に支障が生じたり、評価委員およびプロジェクト実施者の双方に過重な負担をかけることのない費用対効果の高い評価を目指しています。

3. 技術評価の目的

NEDOの技術評価では、次の5つの目的を踏まえて、プロジェクトの意義、研究開発目標、計画の妥当性、達成度、成果の意義、成果の実用化の可能性について評価を行っています。

- (1) 研究開発に対する経済的・社会的ニーズの反映
- (2) より効率的・効果的な研究開発の実施
- (3) 国民への施策・事業等の開示
- (4) 資源の重点的・効率的配分への反映
- (5) 自己改革の促進

4. 技術評価の実施

(1) 対象範囲

NEDOにおいて実施されているプロジェクトは大別して、提案公募型事業、ナショナル・プロジェクト型委託事業、実用化助成型事業に区分されますが、技術評価部では、NEDOプロジェクトの中核を成すナショナル・プロジェクト型委託事業を技術評価の対象としています。なお、提案公募型事業、実用化助成型事業の評価は、原則、担当部室が実施しています。

(2) 評価の種類および実施時期

技術評価は実施時期により図2のように分類されます。技術評価部では中間評価と事後評価を担当しており、追跡評価に関しては、今後実施していく予定です。

- ・事前評価：プロジェクト立案の判断に用いるため、概算要求時に経済産業省及びプロジェクト推進部室が実施します。
- ・中間評価：研究開発期間が5年以上のプロジェクトに対し、プロジェクトの中止、絞り込み、見直し、加速・拡充、技術目標の変更等に評

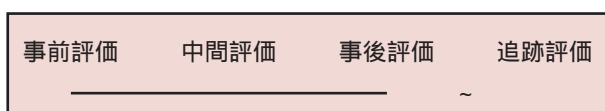


図2 評価の実施時期

価結果を反映するため、研究開発期間の中間年(3年目程度)に実施します。ただし、研究開発における技術動向、政策動向に応じ、必要と認める場合は予定していた時期に係わらず、評価を実施できます。

- ・事後評価：プロジェクト終了年の翌年に実施し、以後のプロジェクトの企画立案・運営管理に反映します。
- ・追跡評価：研究成果が社会に貢献しているか評価するため、プロジェクト終了の数年後に必要に応じ実施します。

(3) 実施体制

技術評価部においては、図3に示す手順で技術評価を実施しています。

研究開発プロジェクトの技術評価を統括する技術評価委員会をNEDO内に設置。

評価対象プロジェクト毎に当該技術の外部の専門家、有識者等を評価委員とした技術評価分科会を技術評価委員会の下に設置。

同分科会にて評価対象プロジェクトの技術評価を行い、評価報告書(案)を取りまとめた上、技術評価委員会に諮る。

技術評価委員の審議を経て評価報告書が確定され、理事長に報告。

技術評価部は技術評価委員会、分科会の事務局として

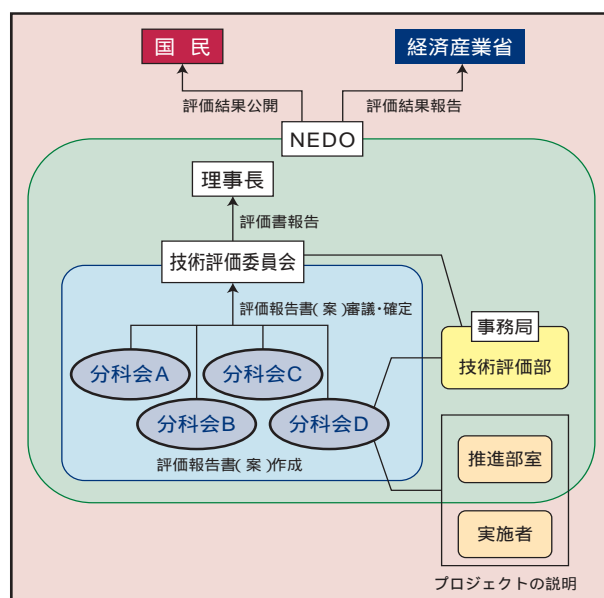


図3 評価の実施手順

評価委員とプロジェクト実施者とのパイプ役、またプロジェクト実施者に対して指導および助言を行います。

(4) 評価委員

評価委員には、評価の中立性の観点からNEDOに属さない外部の学識者や有識者で構成し、透明性の確保のため、委員会ならびに分科会は原則公開としています。なお、評価委員の選定に際しては以下に示す選定事項に配慮するとともに、技術面のみならず、研究開発成果の経済的・社会的意義について評価できる専門家を選定しています。

科学技術全般に知見のある専門家、有識者

当該研究開発の分野の知見を有する専門家
研究開発マネジメントの専門家、経済学、環境問題その他社会的ニーズ関連の有識者
産業界の専門家、有識者

表1に実質的にプロジェクトの技術評価を行う分科会の委員構成の標準的な一例を示します。なお、プロジェクトの内容等により合理的と考えられる委員構成を取っています。

(5) 評価手順および評価項目・評価基準

厳正な評価を行うため、技術評価部では、以下のような手順等で評価を実施しています。

表1 標準的な技術評価分科会の委員構成

| 分類 | 要求される知識等 | 人数 | |
|--------|--|---|------------|
| 分科会長 | 当該研究開発の分野または科学技術全般に幅広い十分な知見を有するもの。 なお評価に関する知見も有することが望ましい。 | 1名 | |
| 分科会長代理 | 分科会長に準じる知見を有するもの。 | 1名 | |
| 分科会委員 | 専門委員 | 当該研究開発の分野の知見を有する専門家 | 技術分野毎に2名程度 |
| | 共通委員 | ・ジャーナリスト ・当該技術・製品のメーカーあるいはユーザー ・研究開発マネジメントおよび経済学、環境問題等の社会的ニーズ関連の専門家、有識者 | 1～2名程度 |
| 合計 | | 5人～10数人 | |

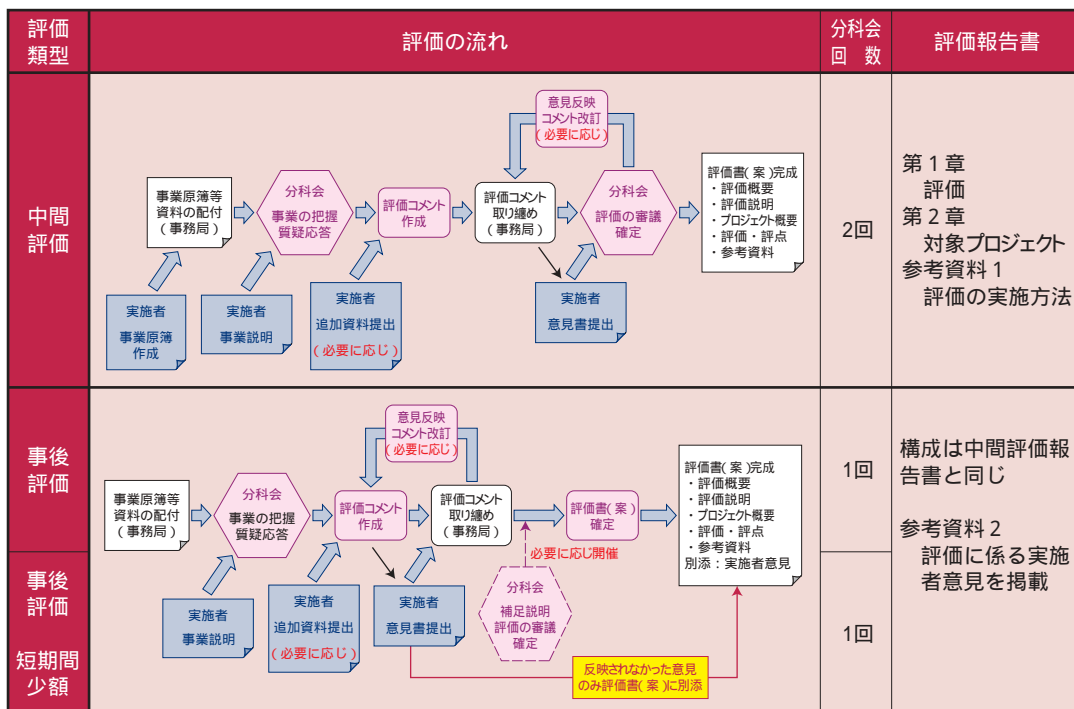


図4 標準的な評価手順

評価手順

中間評価と事後評価の標準的な評価手順を図4に示します。中間評価では概ね2回、事後評価では概ね1回分科会を開催します。

・第1回分科会

中間評価・事後評価ともに第1回分科会では、評価委員にプロジェクトを理解してもらうことを目的に開催します。プロジェクト推進部室および実施者が評価委員に対してプロジェクト内容の説明を行います。

・第2回分科会

中間評価では、評価報告書(案)の審議および確定のため、第2回分科会を開催します。評価委員とプロジェクト実施者が意見交換を通じ、評価報告書(案)を確定します。

なお、事後評価では、評価原案に対して実施者より提出された意見および資料を評価報告書(案)に参考資料として掲載することとしています。

評価項目・評価基準

4つの評価軸に対して、標準的な評価項目・評価基準を定めています。表2に評価軸と標準的な評価項目を示します。評価に際しては、これを基に評価対象プロジェクト毎に適した評価基準・評価項目を設定します。

(6) 評価結果の取り扱い

技術評価部では、評価終了後速やかに評価報告書をNEDOホームページ(<http://www.nedo.go.jp/iinkai/hyouka/index.html>)を通じて、広く公開するとともに、経済産業省技術評価調査課に提出しています。

また、全ての評価結果は、技術評価部にて評価の実施状況等を踏まえつつまとめられ、NEDOの企画部門

表2 4つの評価軸と標準的な評価項目

| | |
|---|--|
| 1. 事業の目的・位置付け | 3. 研究開発成果 |
| (1) NEDOの事業としての妥当性 (2) 事業目的の妥当性 | (1) 目標の達成度 (2) 成果の意義 (3) 特許の取得 (4) 論文発表・成果の普及 |
| 2. 研究開発マネジメント | 4. 実用化、事業化の見通し |
| (1) 研究開発目標の妥当性 (2) 研究開発計画の妥当性 (3) 研究開発実施者の事業体制の妥当性 (4) 情勢変化への対応等 | (1) 成果の実用化可能性 (2) 波及効果 (3) 事業化までのシナリオ |

(Plan: 企画調整部、総務部)、プロジェクト運営部門 (Do: プロジェクト担当部室)、評価 (See: 技術評価部) の3部門から構成される関係部室長会議にて、提言を含めた評価結果の適切な反映の在り方について議論し、研究資金や人材等の研究開発資源の配分見直し、研究開発計画の適性化等に反映させています。

例えば、評価結果は次のようにフィードバックしています。

- ・中間評価: プロジェクトの中止、研究テーマの絞り込み、予算規模の増減に反映。
- ・事後評価: 後続の関連プロジェクトの立案・実施および研究開発管理手法へフィードバックします。

5. 評価実績

図5に示しますように、平成14年度までの2年間の評価実績は、中間評価35件、事後評価34件です。なお、平成15年度は中間評価28件、事後評価30件を予定しています。表3と表4に平成15年度の評価予定プロジェクトを示します。

6. 評価の反映

NEDOにおいては、評価結果を取りまとめ、その提言を含む評価結果に対する対処方針を決定し、プロジェクトの改廃等、対処方針の具体化を図るとともに、次年度予算概算要求に反映させることとしています。以下に評価結果の反映の概略を述べます。

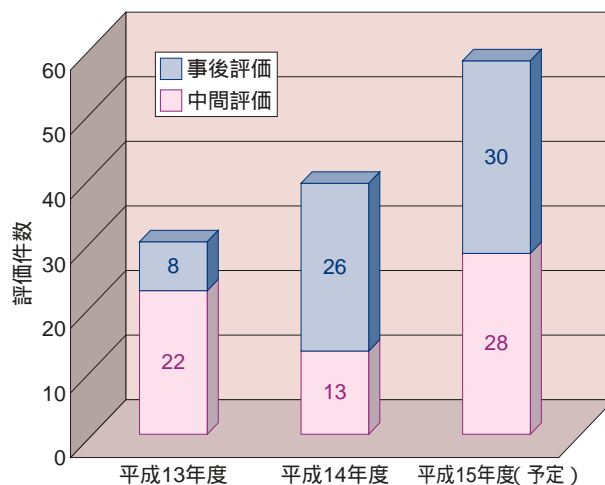


図5 評価実績および評価予定件数

表3 平成15年度中間評価対象プロジェクト

| No | プロジェクト名 |
|----|---|
| 1 | 計量器校正情報システムの研究開発 |
| 2 | 燃料電池用石炭ガス製造技術開発 |
| 3 | バイオマスエネルギー高効率転換技術開発 |
| 4 | 太陽光発電技術研究開発「先進太陽電池技術研究開発」 |
| 5 | 太陽光発電技術研究開発「大量導入に向けた共通基盤技術の研究開発及び調査」 |
| 6 | 交流超伝導電力機器基盤技術研究開発 |
| 7 | フライホイール電力貯蔵用超電導軸受技術研究開発 |
| 8 | MGC超高効率ガスタービンシステム技術研究開発 |
| 9 | LPガス固体高分子形燃料電池システム開発 |
| 10 | 省エネルギー型廃水処理技術開発 |
| 11 | ものづくり・IT融合化推進技術の研究開発(設計・製造支援アプリケーションのためのプラットフォーム) |
| 12 | ナノガラス技術 |
| 13 | ナノ粒子の合成と機能化技術 |
| 14 | ナノメタル技術 |
| 15 | ナノコーティング技術 |
| 16 | ナノ機能合成技術 |
| 17 | 化学物質リスク評価及びリスク評価手法の開発 |
| 18 | 既存化学物質安全性点検事業の加速化 |
| 19 | 高精度・簡易有害性(ハザード)評価システムの開発 |
| 20 | 化学物質総合リスク評価管理システムの開発 |
| 21 | 心疾患治療システム機器 |
| 22 | 人工視覚システム |
| 23 | 早期診断・短期回復のための高度診断・治療システムの開発 |
| 24 | 次世代半導体材料・プロセス基盤技術開発 |
| 25 | 環境中微生物の高精度・高感度モニタリング技術の開発 |
| 26 | 生物機能を活用した生産プロセスの基盤技術開発 |
| 27 | 遺伝子多様性モデル解析事業 |
| 28 | タンパク質発現・相互作用解析技術開発 |

中間評価

平成13年度と平成14年度の中間評価実施プロジェクト35件のうち、29件がプロジェクトの中止も含む軌道修正を行っており、技術評価がプロジェクト運営にフィードバックされています。表5に平成14年度中間評価結果の反映状況を示します。

また、今後、中間評価及びその反映を的確に行うに当たっては、評価時期のタイミング、中止を含めたメリハリある評価の反映、プロジェクトの規模等による評価方法の選択が検討すべき課題です。

事後評価

全体的な傾向として、「事業の目的・位置付け」については概ね高い評価を受けており、「研究開発マネジメント」、「研究開発成果」についても妥当との評価を得られています。しかしながら「実用化・事業化の見通し」

表4 平成15年度事後評価対象プロジェクト

| No | プロジェクト名 |
|----|---|
| 1 | 極微量金属イオン注入制御による超機能耐環境材料の研究開発 |
| 2 | エコ・テラードトライボマテリアル創製プロセス技術の研究開発 |
| 3 | 即効的・革新的エネルギー環境技術研究開発 / 吸着材を用いた新規な天然ガス貯蔵技術開発 |
| 4 | 離島用風力発電システム等技術開発 |
| 5 | 超低損失電力素子技術開発 |
| 6 | 水素エネルギー利用技術第 期研究開発 |
| 7 | 地熱探査技術等検証調査(貯留層変動探査法開発) |
| 8 | 熱水利用発電プラント等開発(高温岩体発電システムの技術開発) |
| 9 | エネルギー使用合理化ガス拡散電極食塩電解技術開発 |
| 10 | 即効的・革新的エネルギー環境技術研究開発 / 極低電力情報端末用LSIの研究開発 |
| 11 | 即効的・革新的エネルギー環境技術研究開発 SF6等に代替するガスを利用した電子デバイス製造クリーニングシステムの研究開発 |
| 12 | 即効的・革新的エネルギー環境技術研究開発 / 省エネルギー型金属ダスト回生技術の開発 |
| 13 | 非鉄金属系素材リサイクル促進技術研究開発 |
| 14 | 知的材料・構造システムの研究開発 |
| 15 | 人間協調・共存型ロボットシステム研究開発 |
| 16 | 石油精製設備信頼性評価等技術開発 |
| 17 | 炭素系高機能材料技術 |
| 18 | 革新的鋳造シミュレーション技術 |
| 19 | 高効率電光変換化合物半導体開発 |
| 20 | 微小電極利用遺伝子情報計測システム |
| 21 | 高齢者生活作業支援システム |
| 22 | 体内三次元動態可視化診断・治療システム |
| 23 | 血管壁組織性状診断・治療システム |
| 24 | 共焦点レーザー顕微鏡による全染色体画像解析診断装置 |
| 25 | 診断支援型超音波血管内三次元イメージングシステム |
| 26 | 超音波治療システム |
| 27 | 循環器系疾患に対する予後診断を含む低侵襲診断治療システムに関する基盤研究 |
| 28 | 電子デバイス製造プロセスで使用するエッチングガスの代替ガス・システム及び代替プロセスの研究開発 |
| 29 | ゲノムインフォマテクス技術 |
| 30 | 微粒子利用型生体結合物質等創製技術 |

表5 平成14年度中間評価の反映結果

| 反映結果 | 件数 | 具体的な変更点 |
|-----------|----|--------------------------|
| 現行通り | 2 | — |
| NEDOとして中止 | 5 | 一部経済産業省へ移管 |
| 計画を抜本的に変更 | 3 | テーマの一部中止 一旦終了し、再整理後実施 |
| その他 | 3 | 開発目的の再定義 目標の明確化 |

については改善の余地があるとの評価を受けています。

評価における指摘事項を整理・分析した結果、実用化に結びつかなかった原因は、次のように集約されました。これら3点への対応を以後のプロジェクトの企画立案ならびに運営管理に反映しているところです。

- ・成果のユーザーのニーズを把握し、研究開発に反映していない。
- ・基礎的研究に傾倒しすぎている。
- ・実用化までを見据えたプロジェクトとしては、当初計画に無理がある。

7. 評価事例から見たプロジェクトマネジメントのチェックポイント

これまでの評価事例を見ると、プロジェクトの成否に直結しやすいマネジメントのポイントは、以下のような項目が挙げられます。

- ・全体を把握するリーダーを選任し、活躍できる環境を整備。
- ・周到に技術動向等を調査し、戦略的な目標を設定。
- ・実用化シナリオを想定し、成果の受け手を意識して関与を求める。
- ・経済・社会の情勢変化、政策動向に機敏に対応。
- ・継続プロジェクト等の場合、技術の蓄積を効果的に実用化に繋げる。
- ・研究方針に揺らぎがある場合は、必要に応じ計画見直しを的確に実施。

今後、プロジェクトの企画立案および運営管理に当たっては、これらの項目を十分に考慮して判断を行っていくことが必要だと考えられます。

8. 独立行政法人化に当たっての評価

NEDOは平成15年10月1日をもって、独立行政法人となることが決定しており、評価のあり方も含め、現在、独立行政法人化後の体制等について検討を行っているところです。独立行政法人は、その性格上、自律性が重んじられる組織形態であり、その分NEDOの実施するプロジェクトの有効性や効率性についての自らの責任が一層重くなることを意味しています。

NEDOにおいては、独立行政法人の理念を先取りし、これまでも「NEDOが自らの責任でプロジェクトを企画・運営する」との考え方でプロジェクトマネジメントを行ってきており、評価についても同様に実施してきていることから、基本的にはこれまでの評価のスタイルを踏襲できると考えています。

NEDOとしては、独立行政法人という組織の位置付けを踏まえ、結果責任、説明責任を果たしていくことが従来にも増して求められることとなり、評価に当たり以下のポイントに留意することが必要と考えています。

- ・効率性の向上（実施者等の負担軽減のための簡素化運営の効率化）
- ・有効性の向上（自己改革・資源配分に活かしやすいような評価）
- ・情報の発信（独立行政法人評価委員会等に説明できるような取りまとめ、アカウントビリティの向上）

本件に関する問合せ先

NEDO技術評価部 TEL：03-3987-9382

NEDO技術評価委員会・分科会および評価報告書に関するホームページアドレス

<http://www.nedo.go.jp/iinkai/hyouka/index.html>

150 級プロトン伝導膜開発の状況とその開発戦略

～WE-NET(水素エネルギー利用技術開発)事業～

1. はじめに

近年脚光を浴びている燃料電池は、その発電原理が熱機関におけるカルノーサイクルの制約を受けないことから高い発電効率が期待できるとされ、火力発電プラントを代替する発電方式の研究として古くから開発が進められていました。しかし、昨今の一大ブームと言って良い状況は、第一に自動車用の内燃機関を代替できるかもしれないとして、自動車業界が一斉に開発に走り出したことに起因しています。これは、自動車のエンジン代替にも使用できるほどの小型で高出力密度の燃料電池が実現できたことが大きな要因で、現行の容積当たり出力のトップデータとしては、1.3kW/リットルまでが実現できたとされています。ここまで高出力が可能となったのは、従来の伝統的な方式と異なるプロトン伝導性の高分子膜を利用した燃料電池の開発に成功したため、このプロトン伝導性の高分子(ポリマー)の開発がキーテクノロジーの1つであると言えます。ちなみに、高分子を使用するので、このタイプの燃料電池は、一般的には、固体高分子型燃料電池(PEFC)と呼ばれており、また、プロトン伝導膜=Proton Exchange Membraneを使用することから、PEM型の燃料電池と呼ばれることもあります。本稿では、このプロトン伝導性高分子膜の開発について、述べます。(注:プロトンとはH⁺の状態になった水素のこと。)

2. 燃料電池の原理と小型化

ここで、燃料電池の原理を、最も単純化して、改めて俯瞰してみます。燃料電池は、燃料である水素が活性な触媒電極に供給され、ここで電子を放出すると共に、H⁺となった水素が移動し、反対電極で酸素と反応して水になることで発電が完結します。ここで、水素が電子を放出する側の電極を燃料極、水となる側の電極は空気極と言いますが、燃料極と空気極の間は、電子は通さずH⁺は通しやすい媒体でつながっている構造が一般的です。H⁺を通しやすい媒体としては、遊離のH⁺を持つ強

酸水溶液が最適であり、なかでもリン酸水溶液が古くから使われていて、従来の最もオーソドックスなタイプの燃料電池となっています。なお、ここでは単純化しましたが、この媒体は、電子を通さないで、かつイオンが動くことのできるイオン伝導体であれば良いので、熔融炭酸塩とか、O₂⁻伝導性のセラミック(固体酸化物)を使用したタイプの燃料電池もあります。ただし、これらの例のように、動いたイオンは、到達した電極で反応し、系外に排出される必要があります。しかし、これらのタイプの燃料電池では、小型化(高出力密度化)の実現に大きな困難がありました。このような状況の中で、プロトン伝導性高分子膜を使用するタイプの燃料電池の開発をカナダ・バラード社などが成功し、小型化(高出力密度化)のブレークスルーの端緒となった経緯があります。

3. PEM型燃料電池の特徴

PEM型燃料電池は、プロトン伝導膜をイオン伝導媒体として、膜そのものを電極で挟んだ構造となっています。この膜は、約100μm程度と非常に薄く、薄い方が電極間のイオン伝導抵抗値(電気抵抗に相当する)を小さくするのに有利であるため、電流密度を大きくできます。また、電極間距離が短いことは、すなわち小型であるということで、その点でも高出力密度化に有利な構造となっています。また、イオン伝導媒体のイオン伝導性は、その温度に大きく依存するが、オーソドックスな燃料電池が200~1000の範囲での使用条件(タイプによって最適温度が異なる)なのに対して、PEM型燃料電池は、常温付近から作動するのも大きな特徴です。また、腐食性の溶液を扱わないのも有利な特徴です。その反面、電極のCO被毒性など燃料不純物に対する感受性が温度が低い方が高いので、燃料の水素の純度が極めて高い必要があるなど、不利な特徴もあります。

4. プロトン伝導膜の基本設計

前述のように、PEM型の燃料電池のイオン伝導媒体

は、プロトンを通す高分子の膜となっています。ここで、燃料電池に使用することを想定した場合、以下のような要件を満たす膜である必要があります。

- プロトンを通しやすいこと。
- 化学的にも熱的にも安定で、使用条件下で壊れないこと。
- 膜にできること。膜として十分な機械強度を持ち、薄くしても丈夫で破れないこと。
- 電極接合の相性が良く、電極を付けやすいこと。

ここで、 と は燃料電池を作成してわかることなので、最低限、最初に求める物性としては、 と ということになります。化学者に対して、まずは と の性質を持つ化合物を合成して欲しいと頼んだ場合、化学者は、どのような化合物を設計するのでしょうか？

のプロトンを通しやすい物性については、遊離の H^+ を有する強酸性基を持てば達成できるはずで、スルホン酸とかリン酸などの強酸性基を化合物の中に修飾すれば良いはずで、 の化学的にも熱的にも安定という性質は、化学者としては、真っ先に思い浮かぶのはテフロンです。化学実験に必ずといっていいほど使われているのが、テフロンを使用した撈拌子で、化学者にとって、最もなじみ深く、化学的にも熱的にも、非常に安定な化合物となっています。従って、研究室に入ったばかりの駆け出しの化学者の卵でも、テフロンにスルホン酸修飾した化合物を合成することを思い起こすでしょう。(どのように合成するか？は別問題ですが。)

燃料電池に現在最も広く利用されているナフィオン膜は、まさしく、テフロンにスルホン酸を修飾した化合物であり、その意味では、誰でも考えつくような化合物構造であると言えます。しかし、いまだナフィオンを駆逐するような化合物は得られていないのが現状です。

5. 現行プロトン伝導膜の課題

現状のPEM型燃料電池の最大の課題は、作動温度の高温化です。前述のように、低温からでも作動するのは大きなメリットであるものの、逆に80 を超えるような高温では、膜そのものが壊れてしまうのが、最大のデメリットとなっています。このため、燃料電池を壊さないためには、その温度管理を十分に行う必要があります、万が一にも高温にははいけません。これは、特に自動車用の燃料電池を考えた場合、非常に大きな欠点となっていて、燃料電池の過昇温を防ぐため、自動車の狭いボンネ

ットの中に巨大なラジエーターを設置せざるを得なくなっています。従って、現行で80 程度が耐高温の限界と言われる中で、120 でもいいから、ぜひとも高温に耐えうる膜が欲しいというのが、燃料電池開発側からの最も重要度の高い課題の1つとなっています。その他にも、もっと低コストの膜が欲しいとか、いくつかの課題はあるものの、この耐高温性の膜(ポリマー)の開発が、膜開発における最も優先度の高い課題となっています。

6. 耐高温膜の開発戦略

それでは、耐高温膜の化合物設計を考えた場合、どのようにすれば良いのでしょうか？4章で述べたような、プロトン伝導膜としての基本設計は変わることはないのので、まずはプロトン伝導性を付与するための強酸性の官能基で何かの母材化合物を修飾する構造となるのは必須条件ですが、その母材となる化合物をテフロンから変える必要があります。すなわち、もっと高温に耐えうるような母材にすれば良いと言えます。

しかし、スルホン酸修飾をする前であるなら、テフロンは、相当程度の耐高温性の高分子であり、「スルホン酸で修飾したとたんに、弱くなった」ということを考えると、化合物構造の中で、壊れてる原子間結合は、 $-C-SO_3H$ の部分である可能性が高い。すなわち、このC-S結合が切れていることとなります。しかし、テフロンのような脂肪族系の化合物では、Cの状態を修飾する分子構造が非常に限られたものとなるので、この部分が切れにくい化合物を探索するためには、脂肪族系よりも芳香族系の化合物を試みるのが、最も有効と考えられます。芳香族系の化合物では、いわゆるエンジニアリングプラスチックと呼ばれている耐熱性の高い化合物も相当程度の種類が知られているので、その点でも優位となります。まとめると、耐高温のプロトン伝導高分子の合成の戦略は、以下のようになります。

プロトン伝導性の付与のため、母材化合物をスルホン酸で修飾する。

母材化合物は、芳香族化合物の中から選択する。特に、エンジニアリングプラスチックのような耐高温の化合物の中から選択する。

合成した化合物は、「膜」に加工しやすく、かつ薄い膜にしても十分な機械的な強度を有して破れにくい性質をもつものとする。

なお、飛躍的に高温（数百 レベル）に耐えうるような無機系の素材（ガラスなど）を母材にして、強酸性官能基を修飾するなどの研究が大学などで一部行われています。しかし、前述の「薄くても丈夫で破れない」という条件を満たす膜開発には、相当の研究開発が必要な可能性が高く、120 程度の耐温性であるなら、有機系の高分子化合物が実用化の近道と考えられます。

7. WE-NETでの耐高温膜の開発

水素室で、平成14年度まで実施してきたWE-NET事業（水素エネルギー利用技術開発）では、高温作動型の水電解技術の開発のため、耐高温プロトン伝導膜の開発を行っていました。現在注目されているのは、燃料電池用としての耐高温プロトン伝導膜の開発であって、水電解用の膜では厳密に言うと必要な物性に違いがあるものの、プロトン伝導性のある高分子膜という意味で、ほぼ同一と見なすことができます。

WE-NET事業で合成を試みた化合物は、芳香族をベースとし、スルホン酸修飾した化合物であり、まさに6章で記述したような合成戦略となっています。（WE-NETタスク8で実施）

ここで、スルホン酸修飾によるイオン伝導度の付与については、比較的早い時期から、実用に耐えうる大きさのイオン伝導度を有する化合物が得られていたものの、

「膜加工性」については、非常に困難を極めるものでした。すなわち、化合物としての、「固まり」は得られるものの、それを膜にすることがなかなかできませんでした。

これは、開発戦略として、「芳香族」系の化合物をターゲットとしているものの、いわゆる「膜」としてしなやかな化合物を得ようとすると、この点は、実は非常に不利となります。たとえば「スーパーの袋」に代表されるような、しなやかな膜状のプラスチックは、ポリエチレンのような脂肪族化合物が多いのですが、それに対して、ポリスチレンなどのような芳香族化合物は、ごわごわとした「固まり」の化合物が多く、しなやかな膜とするのは難しいことが多い。従って、いわゆる「成膜性」を付与するための技術開発が、WE-NET事業後半における耐高温膜の主要な開発課題となっていました。

8. WE-NETでの耐高温膜開発の結果

WE-NETでは、これらの成膜性の劣悪さを克服し、芳香族化合物ベースの耐高温プロトン伝導高分子でも、うまく成膜ができるような技術を開発し、大面積で100 μm前後の膜を得ることに成功しました。この技術は、母材化合物以外に成膜性を向上させる化合物を混合する方法であり、本研究開発では、ポリベンゾイミダゾールの混合によって、成膜性が向上するとの結果が得られています。これは、プロトン伝導性を有する「本体」の化合

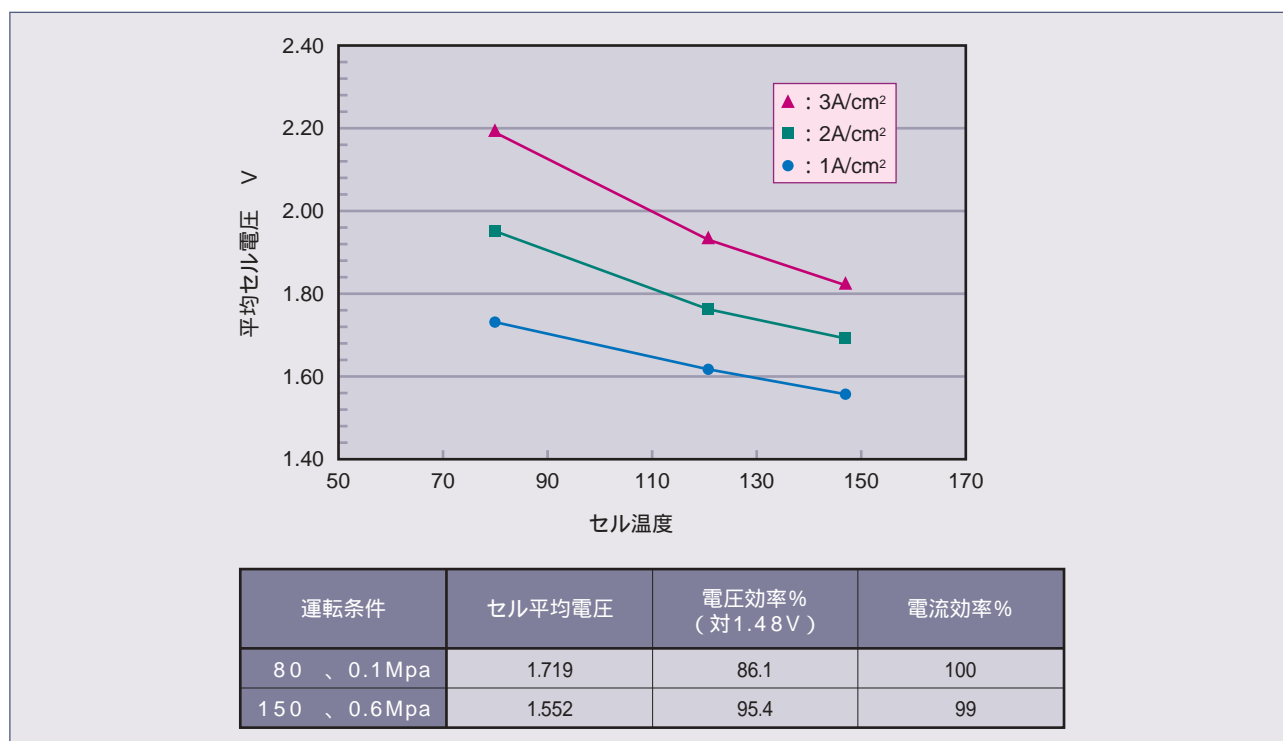


図1 耐高温膜の電解電圧の温度特性と効率（膜合成：SRI / 膜評価：富士電機総研）

物の改良以外に成膜性を向上する方法であり、本事業で開発した化合物以外にも応用できる可能性があります。

今回の開発で得られた膜に電極をつけて、WE-NET事業での目的である水電解を150℃温度で行うことにも成功しています。ちなみに、燃料電池では120℃がターゲットであるが、本事業での水電解温度のターゲットは、150℃です。

図1に、150℃での水電解効率を示します。ここに示すように、1 A/cm²のような高い電流密度の条件下でも、95%程度の高いエネルギー効率が得られる結果となり、本事業で開発した膜が予想通りの性能が得られていることがわかります。

しかしながら、このデータは初期値であり、約3日間の運転を続けると、その電解効率は低下（電解電圧が上昇）するとの結果が得られています。この結果を図2に示します。効率低下が、膜の機械的な破損の結果なのか、それとも化学的に劣化した結果なのかが問題ですが、水電解における循環液の分析によると、純水中にスルホン酸が遊離している（表1に示す）とのデータが得られており、スルホン酸が芳香環からちぎれていることがわかっています。ナフィオンにおけるテフロン母材と同様に、スルホン酸（強酸）- 水の共存下という過酷な条件では、芳香環といえども、十分に安定ではないという結果であると言えます。

9. まとめ

十分な成膜性のある化合物が得られたのが、事業の最終年度であったということもあり、完全に満足できる結果が得られたわけではないが、本事業では、以下の重要な結果が得られたとまとめることができます。

芳香環にスルホン酸を修飾した化合物で、初期値ながら、150℃温度に耐えうるプロトン伝導膜を製造することに成功した。

芳香族系化合物の成膜性の劣悪さを、別の化合物を混合することで克服する技術を開発した。

開発した化合物の耐久性を調べるには、水と混合した状態で加熱し、分解物の有無を調べる方法が有効。

今回の研究開発では、十分に長い耐久性がある化合物を得ることができなかったが、前述したように、脂肪族化合物に比べて、芳香族化合物の方が化合物のバリエーションが広く、今後、よりスルホン酸が脱離しにくい化合物が開発できる可能性が高いと言えます。また、今回は実験してないものの、120℃程度なら十分な耐久性が得られる可能性もあります。WE-NET事業は平成14年度で終了したが、現行で、最も優先度の高い課題である耐高温性のプロトン伝導膜の開発につなげることができれば幸いです。

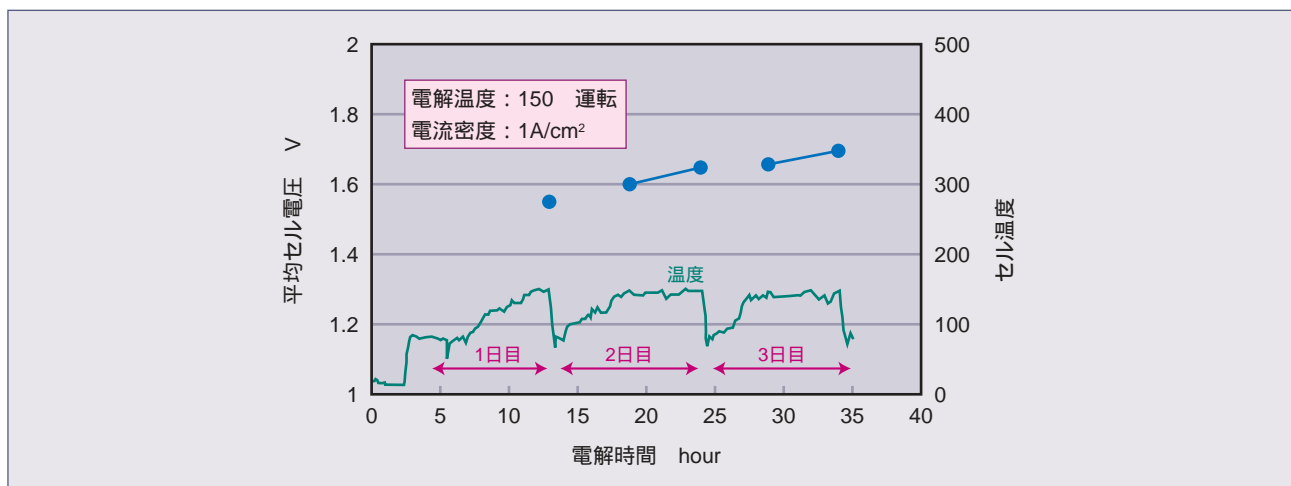


図2 耐高温膜の耐久性データ

表1 3日後の循環水の分析結果

| 成分 | SO ₄ ²⁻ | F ⁻ | SO ₃ ²⁻ |
|--------|-------------------------------|----------------|-------------------------------|
| 濃度mg/l | 0.60 | 0.077 | <0.01 |

アドバンスト並列化コンパイラ技術の研究開発 ～ 並列コンピュータを10倍速くするソフトウェアを開発～

本プロジェクト(研究開発期間：平成12年度～14年度、<http://www.apc.waseda.ac.jp>)では、最新並列コンピュータの性能を10倍以上高速化する世界最先端のソフトウェア(並列化コンパイラ)技術を開発しました。この並列化コンパイラにより、並列コンピュータの所有者は、高価なハードウェアの変更なしに、簡単に3～4年後のコンピュータの性能を得ることができます。これにより、地球環境、バイオインフォマティクス、自動車のように高性能コンピュータを利用する科学技術・産業分野の研究開発の促進等が期待できます。

1. プロジェクトの背景

コンピュータによる大規模、高速の数値解析(HPC: High Performance Computing分野)は、エネルギー開発、自動車産業、電力・鉄鋼等プラントシステムなど多種多様で広範な産業を支えており、今後も革新的な製品開発や新たな市場の創出に向けて大きな役割が期待されています。そのため、ハードウェアによるマシン性能の向上とともに、ソフトウェアによる情報処理の高速化を行う技術の強化が必要不可欠となっています。

現在、HPC市場では既製のマイクロプロセッサを並列に接続したいわゆる並列コンピュータが主流になっており、高性能パソコン、ワークステーション、小規模サーバからスーパーコンピュータのような超高性能コンピュータまで多くのコンピュータで採用されています。さらに、HPC以外でも、携帯電話、ゲーム、デジタルテレビのような多くの製品で複数のプロセッサを1チップに集積した並列コンピュータ(チップマルチプロセッサ)の導入が検討されており、並列コンピュータは、今後のコンピュータの基本方式になると考えられています。

しかし、並列コンピュータに必要な不可欠な並列化コンパイラ(人間が書いたプログラムを複数のプロセッサが効率良く動作するように並列コンピュータ用のプログラムに翻訳するソフトウェア)は、現状、対応できるプログラミング言語が特殊であり、煩雑で極めて使いにくいことと併せ、ハードウェアの性能を十分に引き出すことができず、並列コンピュータの実効性能(理論性能に対するアプリケーション実行時の実質的な性能比)は、逆

に低下の傾向を示しています。このような背景のもと、並列コンピュータの使いやすさを向上し、かつ実効性能を高める並列化コンパイラ技術の開発が急務でした。

2. プロジェクトの内容

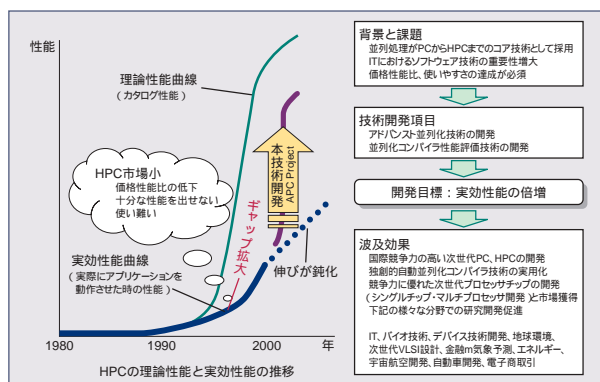
本研究開発では、共有メモリ型の並列コンピュータの実効性能、価格性能比、使いやすさを向上させることを目指し、従来の並列化コンパイラの性能を概ね2倍上回るといった数値目標を立てました。

(1) 自動マルチグレイン並列化技術の開発

数値目標である2倍を達成するために、従来のループ並列化に加えて新たな並列処理方式として、マルチグレイン並列化をコア技術としました。マルチグレイン並列化は、プログラム中の種々のレベルの並列性を有効に引き出す技術です。また、ハードの限界性能を引き出したいエキスパートユーザのために並列化チューニング技術の開発も行いました。

(2) 並列化コンパイラ性能評価技術の開発

コンパイラ性能の数値目標については、これまで世界のプロジェクトでも例がなかったため、開発技術による性能向上を客観的に示すための技術を開発しました。具体的には、業界標準のコンピュータ評価用ベンチマーク集SPEC CFP95、SPEC CFP2000等を用いて、評価対象コンピュータ上の標準コンパイラとの性能比較を行いました。なお、この比較では公平を期するために標準コン



パイラと本プロジェクトのコンパイラの対象並列コンピュータ上での最小の処理時間同士を比較しています。

3. プロジェクトの成果

本プロジェクトで開発した並列化コンパイラは、最新並列コンピュータ（IBM pSeries690 16プロセッサ構成）の処理速度を最大10.7倍、平均3.5倍向上させる等、プロジェクト研究目標を大幅に上回る性能を達成しました。また、開発した並列化コンパイラは、OpenMPと呼ばれる標準的な並列指示を含む高級言語（FORTRAN）のプログラムを出力するため、人間にもわかりやすく、様々な並列コンピュータに適用することができます。例えばIBM RS/6000（8プロセッサ）で平均2.5倍、Sun Ultra80（4プロセッサ）では平均2.0倍等各種の並列コンピュータ上でも2倍を上回る高速化を達成することに成功しました。

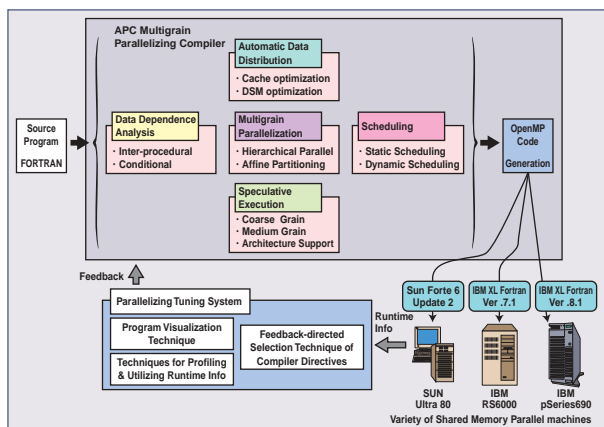


図2 コンパイラ全体構成図

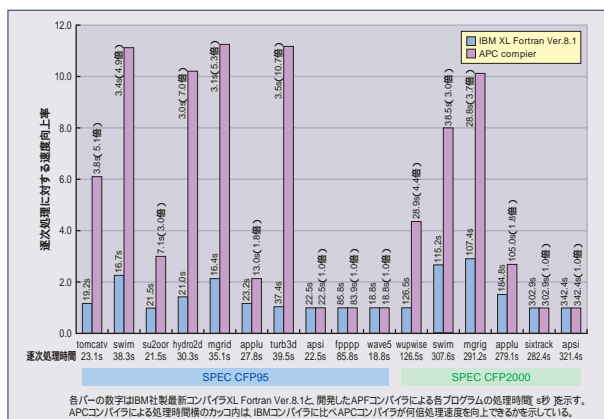


図3 開発コンパイラの並列化性能

この並列化コンパイラを使用することにより、高価なハードウェアの変更なしに、簡単に3～4年後のコンピュータの性能を得ることができます。

本成果は、平成15年2月27日にプレス発表を行い、読

売新聞、日本経済新聞等の7紙に掲載されました。また、3月20日に早稲田大学で開催しました「アドバンスト並列化コンパイラ技術国際シンポジウム」には、54企業、20大学、1高校、8国研、2報道機関から合計249名（当日の実質参加者数）のご参加をいただきました。また、ご参加いただいた54企業中42企業は、遺伝子解析、LSI設計、マーケティング、分子シミュレーション等のアプリケーションを作成し利用することを本業とする、並列コンパイラを利用する会社であり、本プロジェクトの成果に多くの企業が関心を抱いていることがわかりました。

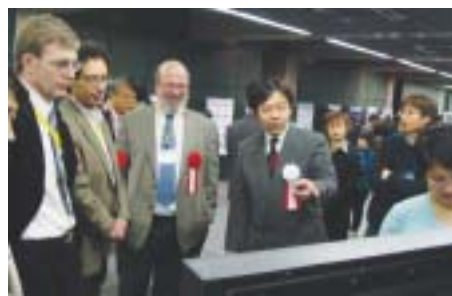


図4 国際シンポジウムでのコンパイル実演風景（国際協調委員会メンバーの先生方に説明する笠原プロジェクトリーダー）

本研究成果は、ハードウェア中心のこれまでのコンピュータ技術ではなく、ソフトウェアとの協調による次世代技術によって、コンピュータの実効性能、利便性、コストパフォーマンスの向上を実現するものであり、これにより並列コンピュータを利用している各種科学技術分野（例えば、地球環境、遺伝子解析、創薬、金融工学、自動車設計、航空宇宙開発等）の研究者・技術者は、難しい並列処理プログラムの作成に時間を割く必要がなくなるため、当該分野の研究開発の促進に貢献できます。

また、今後チップマルチプロセッサの導入が予測される次世代携帯電話、ゲーム、PDA等のようなIT応用分野においても、製品開発期間の短縮、価格性能比向上、低消費電力化等を可能にします。本プロジェクトの成果は、プロジェクト参加企業である㈱日立製作所及び富士通㈱により平成15年度より順次、製品化される予定です。

参加メンバー

プロジェクトリーダー：早稲田大学 教授 笠原博徳
アドバンスト並列化コンパイラ技術

- 日本情報処理開発協会（富士通㈱、㈱日立製作所より出向）、早稲田大学、産業技術総合研究所、東邦大学並列化コンパイラの性能評価技術
- 日本情報処理開発協会（㈱日立製作所、富士通㈱より出向）、早稲田大学、電気通信大学、東京工業大学

福祉用具実用化開発の推進について ～現在までに8件が収益納付を行いました～

1. 制度の内容

健康福祉技術開発室では、平成5年に制定された「福祉用具の研究開発及び普及の促進に関する法律」に基づき、福祉用具の実用化開発を行う事業者に対し下記の条件で助成を行っています。

開発期間：3年以内

助成率：2 / 3以内

助成金額：1件当り、全期間で3,000万円以内

平成5年度にこの制度が始まって以来、毎年多数の応募申請があり、8年度以降は10倍以上の倍率で大変狭き門となっております。平成14年度までの10年間で132件を採択、助成を行い、その内の61件が実用化、販売開始され、さらにその内の8件が収益納付を行いました。

2. 収益納付

「収益納付」とは、助成終了後5年の間にその開発品が製品化されて収益を上げ、さらにその額が助成期間中の支出額及び助成額から計算される一定の額を超えた場合、その年度については、その超えた分をNEDOに納付頂くというものです。つまり、収益納付を行った製品は多くの利益を上げたということで、優れた製品であるということになります。

3. 収益納付を行った製品の紹介

図1は株式会社日本テレソフトによる「点字読み取り装置」で、両面に刻印された点字文書を光センサにより



図1 点字読み取り装置

高精度・高速に読み、解析するものです。その内容はパソコンに表示することができ、さらに印刷あるいは音声読み上げすることが可能になります。また、データとして内容を保存することも可能になります。(平成5～6年度助成)

図2は松下通信工業株式会社による「発声発語訓練システムの普及版装置」で、発語訓練の反復練習をより効率的かつ効果的に、そして楽しく行えるように工夫されています。(平成5～7年度助成、販売終了)

図3は、株式会社アシックスによる、高齢者・障害者でも全ての人が同じルールで楽しめる数少ないスポーツ「グラウンド・ゴルフ」の用具で、NEDOの助成では室内競技用のボールの開発を行いました。(平成5～6年度助成)



図2 発声発語訓練システム



図3 グラウンド・ゴルフ

図4はビーファイ株式会社による「スロープ浴槽用の座高可変入浴車」で、座ったまま抱え降ろす必要もなく、肩まで入浴してもらうことができる介護入浴支援車です。椅子の高さは自由に調節でき、体重差や浮力をも考慮した構造になっています。(平成5～6年度助成)

図5はケア・ルートサービス株式会社による「オムツカバー」です。防水性・通気性・強度に優れ、しかも軽い、高齢者向けの柄入りでおしゃれなオムツカバーの開発を行いました。下着感覚で使用でき、数日間の使用が可能のため介護者の負担も軽減できます。(平成8年度助成)

図6は株式会社キーレックスによる「操作性・旋回性能及びデザインに優れたハンドル操作式電動四輪車」です。従来のハンドルタイプの電動3輪・4輪車における旋回性能の悪さを解消し、ジョイスティックタイプの電動車いす並み(1000mm強)の旋回半径を実現します。(平成11年度助成、現在は他社で販売)

図7は株式会社エルモ社による弱視者用の「ヘッドマウント型拡大読書器」です。超小型ビデオカメラを使用し、拡大した文字や画像をヘッドマウントディスプレイ

に映し出します。電池駆動も可能で、必要な時に必要な場所で使うことができます。(平成12年度助成)

図8は、徳武産業株式会社による、下肢装具や治療用の足底板を装着している方、リウマチ等で足部の変形があって市販の靴を履くことが出来ない方のための「高齢者・障害者用自立促進シューズ」です。軽量・各種の足型に対応・履きやすい・安全といった特徴を備えながら、患足用の靴と健脚用の靴を同素材・同色・同デザインで揃えることができます。(平成9年度助成)

4. まとめ

日本では今後も高齢化が進み、今世紀半ばには人口の約1/3が65歳以上になると見込まれていることから、今後も福祉用具の需要は増えていくと予想されます。

一方で、既存の福祉用具では対応しきれないニーズもまだ多く存在するはずで

健康福祉技術開発室では、そのようなニーズを掘り起こすことでより良い福祉用具が今後も登場するよう、福祉用具の開発そして製品化の手助けを行ってゆきます。



図4 スロープ浴槽用の座高可変入浴車



図5 オムツカバー



図6 ハンドル操作式電動四輪車



図7 ヘッドマウント型拡大読書器



図8 高齢者・障害者用自立促進シューズ

極低電力情報端末用LSIの研究開発

～ 微小エネルギーで動作可能な情報通信端末実現に向けて～

1. プロジェクトの背景

最近の情報技術（IT）の発展に伴う情報端末の量的拡大、質的向上は極めて顕著になっています。今後も大量の各種情報端末が普及、浸透し、ネットワークを介して情報の発信、受信を行える情報端末台数の増大に伴う大量の電力消費が予想されます。一方、今後の情報端末は、映像機能、オーディオ機能、データ処理機能、グラフィック機能等をより充実させる傾向にあり、これら高機能化に伴う個々の情報端末の消費する電力も増大します。すなわち、情報端末にかかわる電力消費量は、今後数量的にも機能的にも飛躍的に増大することが予想されます。とりわけ情報端末のキー部品となるLSIは、情報端末全体に占める電力消費の割合が急速に高まっていることから、早急に対策を講ずる必要があります。

「極低電力情報端末用LSIの研究開発」プロジェクトは、このような背景のもとに、平成10年度から14年度の期間に行われたものです。

2. プロジェクトの内容と成果の概要

(1) 研究体制

本プロジェクトの目的は、0.5ボルト程度の極めて低い電圧で高速動作を可能とする情報端末用LSIの基盤技術を開発することです。そのために、消費電力を飛躍的に削減できかつ高速動作が可能な完全空乏型SOI技術と、低電圧かつ高速動作に有利なマルチ閾値型CMOS回路技術を基に必要な基盤技術を検討しました。SOIとはシリコン・オン・インシュレータの略でトランジスタの活性領域であるシリコン膜が絶縁膜で囲まれた構造をしており、寄生容量が小さいために高速動作が可能です。また完全空乏型SOIは表面シリコン膜が極めて薄く低電圧で動作させるのに適しています。

本プロジェクトは、日本電信電話㈱を幹事会社とし、日本電気㈱、シャープ㈱、沖電気工業㈱、セイコーエプソン㈱、㈱東芝、キヤノン㈱、セイコーインスツルメンツ㈱、松下電器産業㈱、電子情報技術産業協会（JEITA）の各社に委託し、デバイス・プロセス技術、回路シミュレーション技術、設計技術のワーキンググループに分かれ各基盤技術の研究開発を効率的に行なうとともに、

SOI製造実績のある委託先企業で総合試作を行い、実データで極低電力LSI技術を検証する体制をとりました。

(2) 研究テーマと主な成果

デバイス・プロセス基盤技術

極低電圧でも均一にかつ安定に動作させるために、高速動作を阻害するトランジスタのソース・ドレイン部の抵抗低減化技術、速度変動の主要因となる閾値電圧のばらつきを小さく抑制するための表面シリコン薄膜の均一化加工技術およびイオン注入等のプロセス条件の最適化、マルチ閾値や高周波回路に必要な大容量作製プロセス技術を確立しました。こうして確立した0.25～0.35 μ mの設計ルールのデバイス・プロセス技術を用いて、情報通信端末用に設計した0.5～1ボルトで動作する種々のLSIを総合試作し、良好な特性を得ました（図1）。

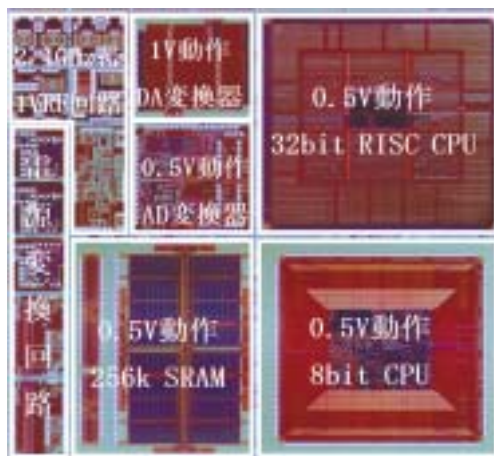


図1 0.35 μ m完全空乏型SOI LSI

回路シミュレーション基盤技術

LSIを短期間で効率的に開発するには、デバイスをモデル化しトランジスタや回路性能を高精度に予測することが必要です。特にSOIデバイスは表面のシリコン膜が薄いために、このデバイス特有の自己発熱や基板の電位が変動する現象があり、これまで使えるシミュレータがありませんでした。そこで、要素回路を設計・試作してパラメータを抽出し、SOIデバイスのモデルを作成しました。その結果、回路の特性予測や自己発熱効果および基板浮遊効果による影響を事前に評価することが可能と

なりました。またこのデバイスモデルを発展させて、デジタル回路だけでなく、アナログ回路や高周波回路の特性予測もできるようになりました。

設計基盤技術

低い電圧で負荷を駆動する力が大きい、リーク電流が小さい、アナログ回路とデジタル回路を混載するのに有利な相互のクロストークが小さいなどの完全空乏型SOIデバイスの特長を生かし、0.5ボルト程度の極めて低い電圧で高速に動作する極低電圧デジタル回路、アナログRF回路、電源変換回路のLSI設計技術を確立しました。本プロジェクトのねらいは、第一に極めて低い消費電力性であり、その上で情報端末として問題のない高速性を持つLSIの実現にあります。従って、消費電力当たりの動作速度を示す電力利用効率で比べてみると、PCやサーバ用、携帯機器や混載用等の技術が、非常に高速ではありますが消費電力も大きいのに対し、本プロジェクトで製作したLSIは1mW級と極めて低い消費電力で電力利用効率は非常に優れていることがわかります(図2)。

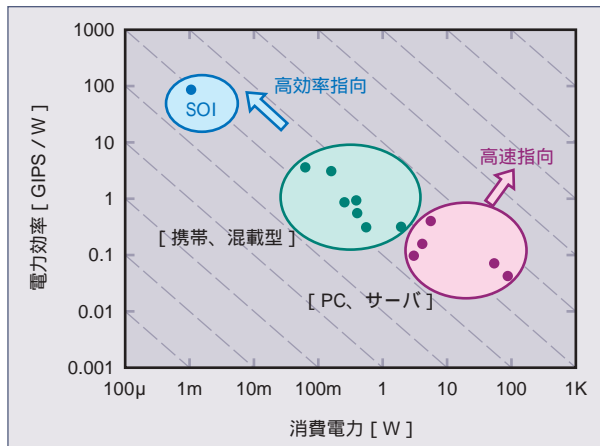


図2 本プロジェクトの位置づけ

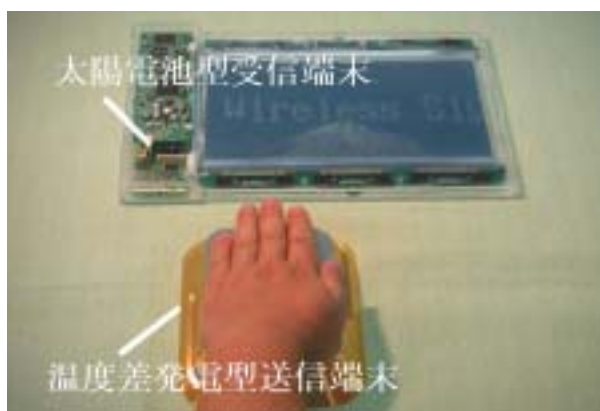


図3 自然エネルギー駆動情報通信端末

3. 自然エネルギー駆動情報通信端末

これらの成果を総合して、0.5ボルト程度の低電圧かつ1mW級の極低消費電力で動作する具体的なシステムとして、外部電源や電池が要らず、熱や光、運動エネルギー等の自然エネルギーだけで動作する情報通信端末を試作しました(図3)。送信端末は、室温と体温との温度差で熱電素子により約1mWの電力を発電し、300MHzの微弱電波で約5mの距離を通信できます。温度差があればよいので、コップに入れたお湯や冷水でも通信可能です。

受信端末は、太陽電池で発電した電力で、送信端末からのメッセージの受信、ディスプレイへの表示を行いません。

これらの情報端末が実用化されれば、人間の自然な振舞いにより、また私たちを取り巻く環境に存在する、しかも従来は無駄に捨てていた微弱なエネルギーを活用した通信が可能となります。

最近注目されているユビキタスネットワークとは、いたるところに遍在するあらゆるものや、人間の持ついろいろな情報端末がネットワークに接続され、それらが融合して人間の生活に有用な情報を生み出す、新しい社会基盤です。これを実現するには、いつでも・どこでも・何とでも通信できる通信技術と、本プロジェクトで得られたような、充電や電池交換といった維持・管理から開放され、どこでも使えるユビキタス情報通信端末が必要になると考えられます。そのため極低消費電力で動作するデバイスとそのシステム化の開発はますます重要になり、本プロジェクトの成果により実用化へ大きく前進するものと期待しています(図4)。



図4 ユビキタス社会での適用イメージ

循環型社会のためのPETボトルリサイクル技術

～ ボトルtoボトルの循環型リサイクルを実現する「アイエスプロセス」の開発～

1. 研究開発の背景と目的

PETボトルの生産量は年率10%を超える勢い（1997年：22万t 2001年：40.3万t）で急速に伸びており、1997年4月に「容器包装リサイクル法」が本格的に施行されたことから、PETボトルの分別収集量が急増しています。しかしながら、リサイクル品の利用は繊維、シート、成形品等のカスケードリサイクルに限られており、将来は利用先の不足が懸念されています。

本研究開発では、使用済みPETボトルから、需要の多いPETボトル用の樹脂を再生するボトルtoボトルの循環型リサイクル技術(ケミカルリサイクル)を開発しました。

2. 研究開発の概要

- (1) 研究開発期間：平成11年度補正（1年間）
- (2) 研究開発総額：78百万円
- (3) 委託先：財団法人クリーンジャパンセンター
分室：株式会社アイエス

3. 研究開発の目標及び技術的内容

アイエスプロセスは、PETボトルをフレーク状に切断後、エチレングリコールを用いて化学分解しモノマーであるビス-2-ヒドロキシエチルテレフタレート（BHET）を製造し、このBHETを蒸留精製の後、溶融重合・固相重合を経てPETボトル用樹脂に再生するモノマーリサイクル法です。本研究開発は、アイエスプロ



図1 パイロットプラント

セスによるPETボトルリサイクル工程の確立を目標として、300kg/日規模のパイロットプラントを製作して、以下の技術開発を実施しました。

- ・PETボトルからBHETへの効率的分解・回帰技術
- ・PETボトル中の着色物等異物除去技術の開発
- ・BHET蒸留技術、エチレングリコールの回収技術
- ・トータルシステムの検証。

4. 特長

アイエスプロセスは、従来のケミカルリサイクルの枠を打ち破るもので、既存技術では不可能とされていたBHETの精製を高レベルで実現し、BHETから再びPETを製造することを可能とする画期的な技術です。その特長として、BHETはポリエステル樹脂製造の中間原料

であるため、エステル交換が不要であり、他のケミカルリサイクルプロセスと比較した場合、コスト、エネルギーが節約できる。BHETはポリエステル樹脂製造の中間原料であり、バージン原料を用いる場合の主流であるTPA用のプロセスで直接使用することが可能である。という利点があります。

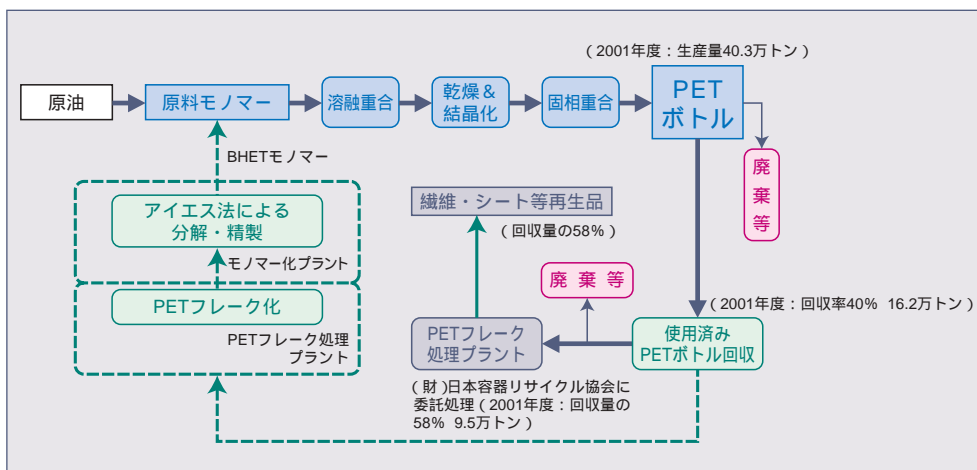


図2 PETボトルリサイクルフロー図

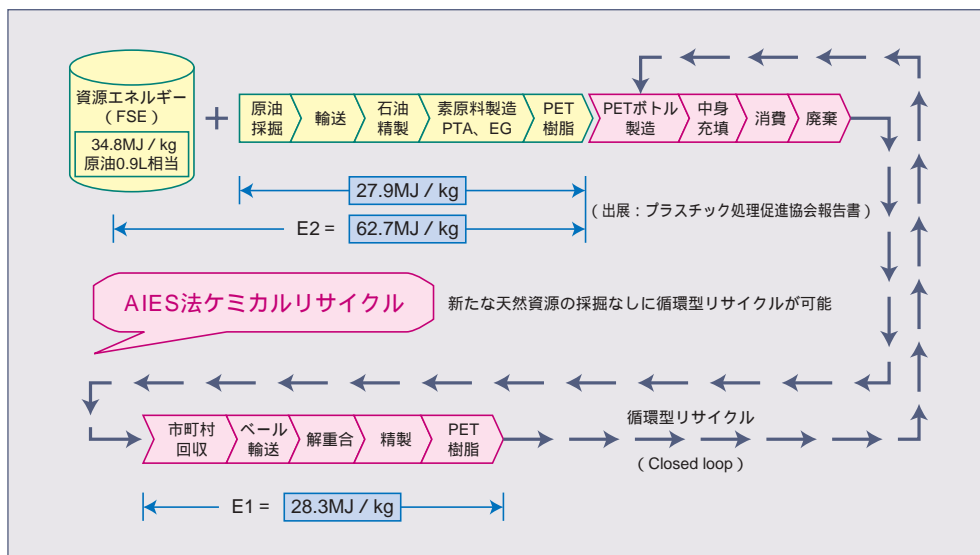


図3 アイエス法のLCI分析

再生される循環型であることから、再生プロセスに必要なエネルギーを、天然資源（石油）を採掘してPET樹脂を作り、PETボトルを作ることと比較しました。図3に示すように、アイエスプロセスによってPETボトル用の樹脂を製造するのに必要なエネルギー（E1）は、新たに石油を採掘してPETボトルを製造するエネルギー（E2）に比べると、ほぼ

半分のエネルギー量であり、PETボトル用の樹脂に形を変えた資源エネルギー（FSE）を、まるまる節約確保して、貴重な資源を次世代に残すことが可能になることが確認できました。

さらに、使用済みPETボトルをバージン樹脂と同等のPETボトル用ポリエステル樹脂にリサイクルする。

異種プラスチックを工程中で取り除くので、PETボトルのキャップやラベルを取り外す必要はない。ケミカルリサイクルであるため、炭酸飲料や加温飲料用の着色ボトル、バリアー用添加剤、多層のボトルなど、多様な種類のPETボトルに対応できる。燃焼や副生物の発生もない環境にやさしい技術である。PETボトル以外のポリエステル製品（フィルム、繊維等）に対しても同様の処理が可能である。

2000年6月にNEDO開発事業により茨城県総和町に建設されたパイロットプラントは、ピーカースケールでは既に証明されていたプロセスの新規性、革新性を化学装置上で実証し、さらに、大規模化学プラントとして実現し、事業化が可能であることを検証する役割を果たしました。このプラントで再生したPETボトルは、米国FDAから食品用途への適用が可能であるとの承認を取得し、これは、マテリアルリサイクル、ケミカルリサイクルを含めPETボトルリサイクル手法としては日本で初めての快挙です。

5. アイエスプロセスのLCI分析

アイエスプロセスの省資源性を検証する目的で、実用化プラント（27,500トン/年規模）の実設計データを使用し、そのLCI（Life Cycle Inventory）の分析を実施しました。LCIとはある製品が最初に生産されてから、その使命を終えるまでのエネルギーの消費や環境に対する負荷の詳細分析です。アイエスプロセスでリサイクルされるPETボトルは、繰り返しPETボトル用の原料に

6. 企業化の状況

本研究開発の成果を生かし、(株)アイエス、新日本石油(株)、新菱冷熱工業(株)（後に日本車輛製造(株)も出資）は、株式会社ペトリバースを設立し、PETボトル用再生樹脂の製造及び販売を行うため、川崎エコタウンにおいて27,500トン/年規模のプラントを建設中であり、一日も早い本格稼働によりPETボトルの循環型リサイクルへの貢献が期待されています（図4）。



図4 株式会社ペトリバース川崎工場

参考URL：

株式会社アイエス：<http://www.aies.co.jp>

株式会社ペトリバース：<http://www.kpr.jp>

超音速 2 流体ジェット洗浄 実用化開発

1. はじめに

最先端の微細加工技術を応用した製品、例えば半導体超高集積回路（ULSI）や液晶ディスプレイは私たちの生活に欠かせないものとなっており、今後一層の多機能化、高性能化が期待されております。この微細加工技術は様々な要素技術に分けられ、そのうちの一つに洗浄技術があります。最先端のULSIでは最小加工寸法が0.1μm程度にもなり、製造過程で径数十nmの微小異物を除去し常に製品の表面を清浄な状態に保たなければ製品は欠陥品となってしまいます。従って洗浄技術は大変重要な技術であります。

弊社は平成11年度産業技術実用化開発助成金を受け、超音速 2 流体ジェット実用化技術の開発を実施しました。この技術は平成16年以降のULSIに対応した洗浄技術です。

現在、ここで得られた実用的洗浄技術を搭載したULSI製造用洗浄装置を製作中であり、平成15年4月より受注を開始する予定です。

それではこの洗浄技術についてご説明させていただきます。

2. 超音速 2 流体ジェット洗浄方法

超音速 2 流体ジェット洗浄方法の概念図を図 1 に示します。超音速流が得られるよう流体力学的に設計されたノズルに高压のキャリアガス（エア又はN₂）と洗浄液（純水又は薬液）を供給すると気体と液体が混合し、超音速 2 流体ジェットが発生します。この超音速 2 流体ジェットを基板に作用させると基板上の微小異物が除去されます。超音速 2 流体ジェットノズルの中を微視的に見ると洗浄液が崩壊して微小液滴群となりキャリアガスにより超音速領域まで加速されノズルから射出されます。超音速領域まで加速された微小液滴がウェハ表面に衝突するとウェハ表面を流れる高速のサイドジェットが発生しこのサイドジェットがウェハ上の微粒子を除去します（図 1 参照）。この洗浄方法は高い微小異物除去効果を得ることが可能で、特に微小異物が極限的に小さくなると現在主流の洗浄技術であるメガソニック洗浄方法と比較して明確に優れた洗浄力を得ることが可能になります。

また、気体、液体の流量を変更することにより洗浄力を広い範囲で変えることが可能で、例えば洗浄対象の基板表面が脆弱な場合も損傷を与えず良好な洗浄効果を得る最適条件を容易に得ることが可能となります。図 2 に実

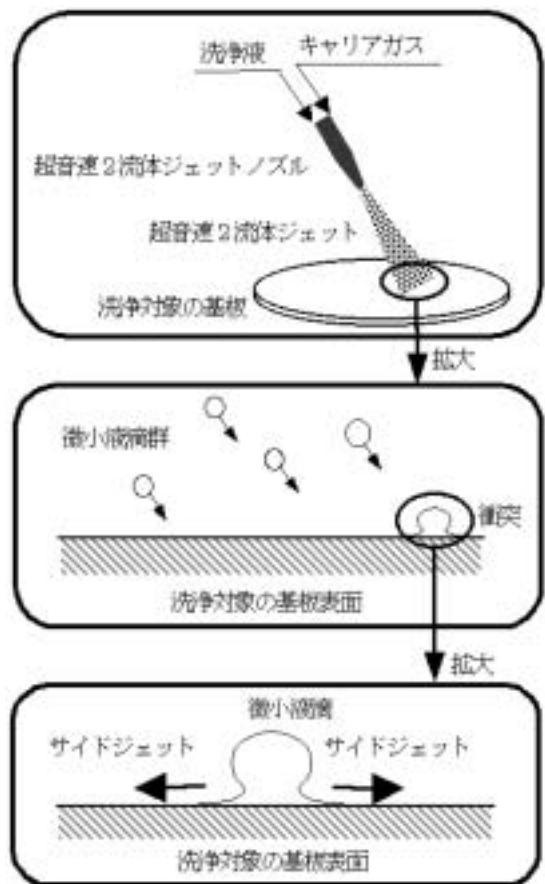


図1 超音速2流体ジェット洗浄方法の概念図



図2 超音速2流体ジェット洗浄実験装置処理部

際の超音速2流体ジェット洗浄実験装置の処理部を示します。この装置はULSI製造用径300mmシリコンウェハの洗浄を対象としております。

3. 超音速2流体ジェット洗浄実用化開発の効果

次世代のULSI対応洗浄技術の評価を目的として、標準粒子で汚染させたシリコンウェハ基板の洗浄実験を行いました。径42nmの標準粒子をシリコンウェハ上に塗布したサンプルを用意し、この標準粒子を超音速2流体ジェット洗浄方法で除去することを試みました。標準粒子の粒径を42nmに決めた理由は、International Technology Roadmap for Semiconductors (ITRS) で平成16年(2004年)のULSI製造には径45nm以上の微小異物を付着密度0.119個/cm²以下にする必要があると述べられているためです。ここまで微細な粒子になると洗浄だけでなく検出することも非常に困難になります。

そこで当社では超微細粒子検査装置を製作しました。この超微細粒子検査装置は2mm×2mmの観測領域ですが、30nmまでの微細粒子を検出する能力があり、現在市販されているウェハ表面検査装置の最高検出感度を凌駕しております。この装置を用いてシリコンウェハ上の標準粒子数を検査します。次に超音速2流体ジェット洗浄装置で洗浄処理を施します。洗浄後の基板を再度検査し洗浄効果を確認します。この実験において洗浄液は純水のみを使用し、環境負荷の高い薬品は使用しませんでした。洗浄前及び洗浄後の基板検査結果を表1に示します。

表1 径42nmの標準粒子で汚染させたシリコンウェハの洗浄結果

| | 洗浄前 | 洗浄後 |
|--------------------------|------|-------|
| 粒子密度(個/cm ²) | 2.99 | 0.055 |

前述したように平成16年(2004年)のULSI製造には径45nm以上の微小異物を付着密度0.119個/cm²以下にする必要がありますが、今回の実験でこの条件を満たすことが確認され超音速2流体ジェット洗浄方法は次世代のULSI製造用洗浄に対応可能なことが実証されました。

またここでは示ませんが、現在使用されている環境

負荷の高い薬液を環境にやさしい機能水へ代替することを進めており、超音速2流体ジェット洗浄方法と組み合わせにより高い洗浄効果を得られるよう開発を進めております。

図3はシリコンウェハ上に付着させた径85nmのシリカ粒子の洗浄実験結果です。洗浄液を純水とした場合でもメガソニック洗浄方法より高い除去率が得られますが、洗浄液に機能水を用いることによりさらに高い洗浄効果を得ることができます。この機能水は水素ガスを純水中へ溶解したもので廃液処理が必要なく、環境にやさしい洗浄液です。

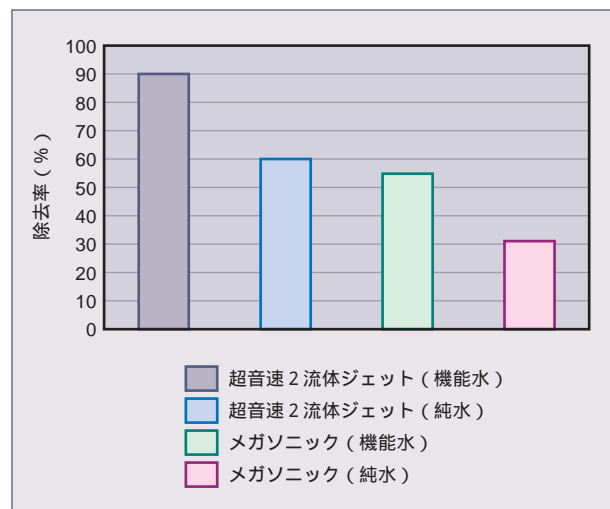


図3 シリコンウェハ上に付着させた径85nmのシリカ粒子洗浄実験結果

4. おわりに

このたびはNEDO助成金を頂き次世代のULSI製造用洗浄技術開発を行いその効果が実証されました。

現在、ULSIに限らず様々な分野の顧客から基板を当社に持ち込んで頂き、本実用化開発で製作した洗浄実験装置を使用しての洗浄試験が行われ、良好な結果が得られております。また、前述したように本洗浄技術を搭載したULSI製造用洗浄装置を平成15年4月より受注を開始する予定です。今後も微細加工技術を用いた様々な製品の製造に洗浄技術をもって貢献し本事業が発展していくと考えております。

nano tech 2003 + Future

～ ナノテクノロジーに関する 国際会議および国際展示会 ～

NEDOは、平成15年2月26～28日の3日間、幕張メッセにおいて「nano tech 2003 + Future - ナノテクノロジーに関する国際会議および国際展示会」を開催しました（JETRO、産業技術総合研究所との共催）。

米国からミハエル・ロコ氏、欧州委員会からレンツォ・トメリーニ氏など、各国・地域のナノテクR&D責任者を招くとともに、数多くの卓越した研究者や、ナノテクに係わる企業ならびに起業家も参加して、会議および展示会ともに成功裡に終了しました。

会議は25カ国・地域から参加を頂き、登録者数約2,600人、展示会は23カ国・地域の出展を仰ぎ、来場者数約25,000人と、まさに世界最大規模のナノテクイベントとなりました。

欧米のみならず、台頭著しいアジア各国のナノテク事情も、会議および展示会を通じて紹介され、また、ノーベル賞受賞者特別講演やナノテクCEOフォーラム、ビジネスプランコンテストなどもあって、基礎研究から成果の事業化まで、幅広いフェーズでナノテクノロジーを取り上げることができました。

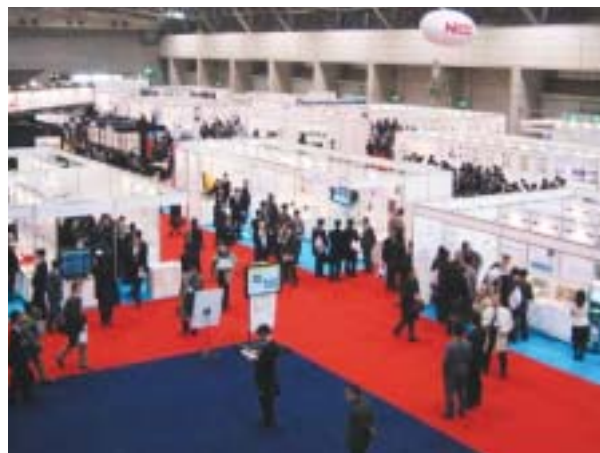
田中耕一氏の特別講演では、日本で初めて「技術者」がノーベル賞を受賞したこと、授賞されたのは一人だが、多くの人の寄与があったこと、そして日本では技術者が自己の成果を過小評価しがちなことなどが語られました。

もう一人のノーベル賞特別講演者である米コロンビア大学教授ストゥーマー氏は、ご自身の特別講演に加えて、

若手研究者との座談会にも参加し、熱心に研究開発について語られました。

展示会はNEDOなど主催機関の事業紹介に加え、各国ナノテク事情が一堂に集うかたちとなり好評を得ました。さらに、テーマゾーンでは、ナノテクを分かり易く紹介するビデオ番組や、顕微鏡などを使った実演が行われて人気を呼びました。来場者へのアンケートから選ばれた優秀出展ブースは、「独創技術賞」および「事業化有望技術賞」ナノガラス技術プロジェクト、「最優秀技術賞」炭素系高機能材料技術プロジェクトでした。

国際会議のクロージングセレモニーで大会総括（サマリー）が採択されました。そこではナノテクノロジーの重要性が改めて指摘され、一層の投資を図るべきことや、情報交換を含めた国際協力の重要性が改めて認識されました。さらに、サマリーの最後には、今後ヨーロッパとアメリカでそれぞれ開催される国際的なナノテクに関する会議について報告され、そこでnano tech 2003 + Futureの成功を継承・発展させることになりました。



展示会場の様子



開会挨拶（牧野理事長）



海外トップ研究者と若手研究者の座談会

第14回太陽電池工作コンクールの開催結果

NEDOでは、国民各層に対する石油代替エネルギーの普及・啓発・導入促進の一環として、太陽電池を小学校・中学校の教育現場及び家庭に提供し、太陽電池を電源とした工作物の製作を通じて、新たなエネルギーとして期待されている太陽エネルギーを身近に感じてもらうとともに、エネルギー問題及び環境問題に対する理解と関心を促すことを目的として、太陽電池工作コンクールを実施しています。

本コンクールは平成元年から実施され、今回で14回を迎えます。本コンクールでは、「小学生部門」、「中学生部門」、「ファミリー部門」の各部門に、「実用性」、「サイエンス」、「アミューズメント」の3つのジャンルを設けています。



経済産業大臣賞 山の酸性雨採取機
山口県吉敷郡小郡町立小郡小学校5年 内田哲人

今回は、平成14年7月～10月の応募期間の間に全国の小中学校から創意工夫を凝らした396点の作品の応募がありました。いずれも劣らぬ力作揃いで、審査にも熱が入りました。審査の講評でも作品の「レベルの高さ」が指摘され、世間で懸念されている「子供達の理科離れ」を払拭するような出来映えとの高い評価を受けました。

平成15年2月26日(水)の最終審査委員会では各ジャンルにおいて、企画力・獨創性・有用性・科学性の4つの観点から審査が行われ、最終的に33点の優れた作品が経済産業大臣賞、経済産業省資源エネルギー庁長官賞、NEDO理事長他各賞に選出されました。

平成15年3月26日(水)には、KKRホテル東京(東京千代田区)において、入賞者を招待して表彰式が開催されました。



NEDO理事長賞 大気汚染調査機
宮崎県宮崎市立東大宮中学3年 森下雅文



門井理事から表彰状を受ける受賞者の皆さん



受賞者の皆さんと記念撮影

イベント情報

| 開催日 | 件名 | 開催地 | 問合せ先(TEL) |
|-----------|--|--------------------------------|---|
| 5月14日～18日 | 太陽光発電世界展示会 (WCPEC-3 Exhibition) | 太陽光国際会議場 【グランキューブ大阪】(大阪市北区) | 03-3459-6351: 太陽光発電協会 03-5995-6440: NEDO太陽・風力技術開発室 |
| 5月19日～20日 | 国際エネルギー機関(IEA) ・太陽光発電システム国際会議2003 | 太陽光国際会議場 【グランキューブ大阪】(大阪市北区) | 03-3539-4502: 太陽光発電技術研究組合 03-5995-6440: NEDO太陽・風力技術開発室 |
| 6月4日 | 「健康寿命延伸のための医療福祉機器開発 ワークショップ」 ～世界一元気な高齢社会を目指して～ | 札幌コンベンションセンター | 03-3987-9353: 健康福祉技術開発室 |
| 8月(予定) | 第1回九州地域新エネルギー環境政策講座 | 福岡県内 | 029-411-7904: 九州支部開発業務部振興課 |
| 8月(予定) | 九州地域新エネルギー導入交流プラザ | 宮崎県内 | 029-411-7904: 九州支部開発業務部振興課 |
| 9月(予定) | 9月5日(石炭の日) 「クリーン・コール・デー」関連イベント | 未定 | 092-411-7833: 九州支部開発業務部調査課 |
| 9月(予定) | 新エネルギーと地球環境を考えるセミナー | 福岡県内 | 029-411-7904: 九州支部開発業務部振興課 |
| 9月3日 | CLEAN COAL DAY in JAPAN 2003 国際講演会 | 第一ホテル東京(東京都港区) (予定) | 03-3987-9442: クリーン・コール・デー実行委員会 NEDOエネルギー・環境技術開発室 |
| 9月4日 | CLEAN COAL DAY in JAPAN 2003 石炭利用国際会議 | 第一ホテル東京(東京都港区) (予定) | 03-3987-9442: クリーン・コール・デー実行委員会 NEDOエネルギー・環境技術開発室 |
| 10月(予定) | 第3回九州福祉用具フォーラム2003 | 熊本市内(予定) | 092-411-7833: 九州支部開発業務部調査課 |
| 10月(予定) | 九州地域新エネルギー導入フォーラム | 福岡県内 | 029-411-7904: 九州支部開発業務部振興課 |
| 11月13～15日 | P.P.C2003第5回西日本国際福祉機器展出展 | 西日本総合展示場 本館 (北九州市小倉 JR小倉駅前) | 092-411-7833: 九州支部開発業務部調査課 |
| 11月(予定) | 第2回九州地域新エネルギー環境政策講座 | 福岡県内 | 029-411-7904: 九州支部開発業務部振興課 |

公募情報

| 件名 | 応募期間 | 問合せ先(TEL) |
|--|------------------|--------------------------------|
| 産業技術研究助成事業 | 平成15年4月10日～6月10日 | 03-5952-0071: 研究開発業務部 研究助成課 |
| 平成15年度基盤技術研究促進事業 (民間基盤技術研究支援制度) | 平成15年4月30日～6月23日 | 03-3987-9371: 基盤技術研究促進部 |
| 大学発事業創出実用化研究開発事業 / 大学発事業創出実用化研究調査事業 | 平成15年5月7日～6月20日 | 03-3987-9326: 研究開発業務部 研究業務課 |
| 産業技術実用化開発助成事業/スピノフベンチャー・ 大学等発ベンチャー等技術開発助成事業 | 平成15年4月30日～6月27日 | 03-3987-9326: 研究開発業務部 研究業務課 |
| 国際共同研究先導調査事業 | 平成15年6月予定 | 03-3987-9378: 研究開発業務部 人材養成課 |

『Focus NEDO』は、産業・環境技術・新エネルギー・省エネルギー分野におけるNEDOの事業と成果を紹介する広報誌です。

NEDOは新エネルギー・産業技術総合開発機構の略称です。

Focus NEDO Vol.3 第9号(平成15年5月30日発行)

発行所: 新エネルギー・産業技術総合開発機構

〒170-6028 東京都豊島区東池袋3丁目1番1号 サンシャイン60 28階
TEL: 03-3987-9313 FAX: 03-5992-2290

発行人: 新エネルギー・産業技術総合開発機構 総務部 広報室長 林 光明
印刷: ホクエツ印刷株式会社