

12. 川合課題

助成額：30.7億円
研究支援担当機関：大阪大学



1 分子解析技術を基盤とした革新ナノバイオデバイスの開発研究 —超高速単分子DNA シークエンシング、超低濃度ウイルス検知、極限生体分子モニタリングの実現—

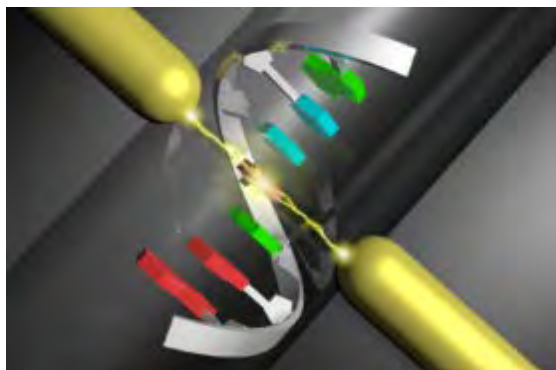
川合 知二

大阪大学産業科学研究所
／特任教授

ナノバイオ技術で病気の自宅診断や早期発見を可能にすることで、医療費の劇的削減に期待

【事後評価時の主な研究成果】

- DNA等の1分子解析技術を確立し、ウイルスやアレルギー原因物質等を超高速・超高感度に検出する革新的なナノバイオデバイスの試作に成功
- 次々世代DNAシーケンサーの動作原理を実証、個別化医療への応用に期待



DNAとRNAの1分子塩基配列決定の原理図

【追跡調査時の進展および社会還元】

- DNA, RNAだけでなく、ナノポアを用いたウイルス細菌の検出が可能となり、ImPACTへ研究テーマが引き継がれた。
- ナノポアを用いたウイルス細菌の検出技術は、ベンチャー企業を創業し、社会還元を進めている。



ナノポアセンシング技術の応用イメージ



木本 恒暢

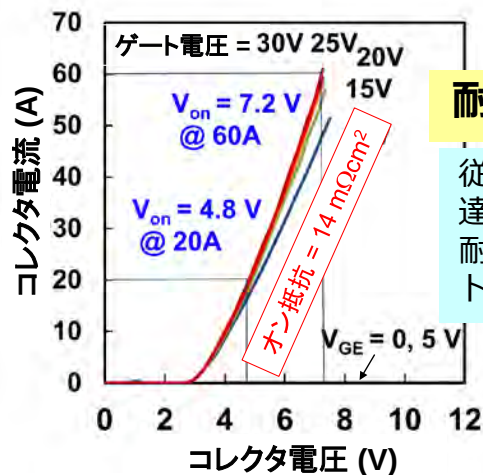
京都大学大学院
工学研究科／教授

低炭素社会創成へ向けた炭化珪素(SiC)革新パワーエレクトロニクスの研究開発

将来の電力インフラ等で重要となる超高電圧用SiC
パワー半導体で最高性能を達成。

【事後評価時の主な研究成果】

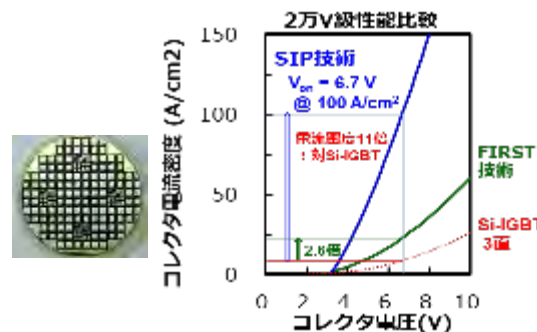
- 世界最高性能の2万ボルト以上の電圧に耐え得るパワー半導体素子を開発
- 世界最高品質の超高耐压向けSiC結晶を実現 (2010年)
- 世界最高水準の超高耐压SiCトランジスタを実現 (2012年)



従来の半導体では達成不可能な超高耐压、低損失のトランジスタを実現

【追跡調査時の進展および社会還元】

- 超高耐压（2万ボルト級）SiCトランジスタなどの研究を継続し、素子性能と長期信頼性を向上。
- SiC半導体に関する新規技術と学術的知見がパワエレ革新に向けた研究開発に活用。
- 産業界の連携が活発化し、波及効果として1-3千ボルト級SiCパワーデバイスの実用化が加速。太陽電池用パワコン、電源、電車等に搭載され、省エネ効果を発揮。



【研究の進展：後継プロジェクト（第一期SIP）の成果】



【波及効果】
JR山手線に搭載

14. 横山課題



横山直樹

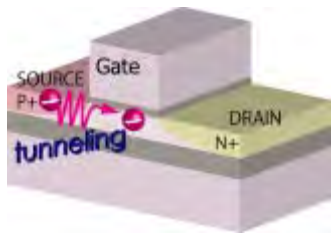
株式会社富士通研究所
名誉フェロー

グリーン・ナノエレクトロニクスのコア技術開発

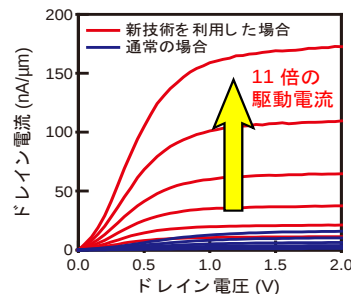
LSIの消費電力を大幅低減する研究開発を継続中。
グラフェンを利用した新原理高感度ガスセンサを開発。
新原理導入トランジスタを量子コンピュータ応用に展開。

【事後評価時の主な研究成果】

- 量子効果を利用した低電圧動作Si系トランジスタを開発、等電子トラップ導入でON電流を11倍向上
- 直径300mmのシリコンウェハ上に高品質単層グラフェンの形成に成功
- 超格子型相変化材料で、世界最高の室温巨大磁気抵抗比2000%を発現



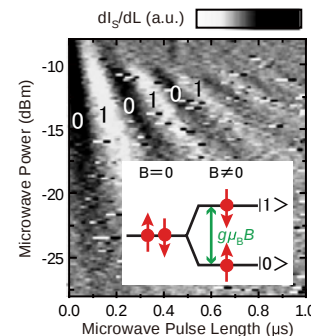
量子効果(トンネル効果)を利用した低電圧動作Si系トランジスタを開発
→最小S係数27mV/decadeの低電圧スイッチ特性実現



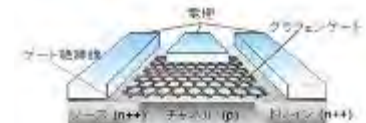
低電圧動作Si系トランジスタに等電子トラップを導入し11倍のON電流向上達成
→高速動作可能性を実証

【追跡調査時の進展および社会還元】

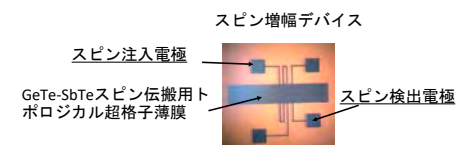
- 新原理導入Si系トランジスタが量子コンピュータに応用が可能であることを実証、世界最高動作温度を記録(想定外の展開)
- グラフェン研究が進展、富士通が高感度ガスセンサと室温動作赤外線センサ開発
- 超格子型相変化材料を用いたスピン増幅デバイスの動作実証(想定外の展開)



等電子トラップ導入のトランジスタが室温量子コンピュータ要素子として使える可能性を実証



グラフェンを使ったNO₂ガスセンサ：従来センサより二桁高い感度 (サブppb) を持つ



超格子相変化材料を用いてスピンを増幅・整流することに成功

15. 栗原課題



Mega-ton Water System

栗原 優

東レ株式会社
顧問、技術センター顧問
(水処理・環境本部)

21世紀型水処理基幹技術として、環境に配慮したメガプラント向け海水淡水化技術を日本イニシアティブで構築した

【事後評価時の主な研究成果】

- 高効率大型分離膜（省エネ）、無薬注海水淡水化システム（低環境負荷）等の要素技術および100万m³/日規模大型プラント構成最適化のシステム技術開発。
- 設備コスト・造水コスト ⇒ 半減
- エネルギー原単位 ⇒ 2割超削減



【追跡調査時の進展および社会還元】

- 世界初低圧海水淡水化膜の生産技術確立
- 省エネ・二段高収率システム及び環境負荷低減に繋がるバイオフィアウリングモニタリング技術をパイロット規模で実証*
- フルプラント規模の実証に向け検討継続

* サウジアラビア・ジュベイルで実施
No-Chlorine/No-SBS Dosing process
→ Green Desalination



サウジアラビアとの共同体制

実証プラント

16. 瀬川課題



瀬川 浩司

東京大学大学院総合文化
研究科・先端科学技術研
究センター／教授

低炭素社会に資する有機系太陽電池の開発

～複数の産業群の連携による次世代太陽電池技術開発と新産業創成～

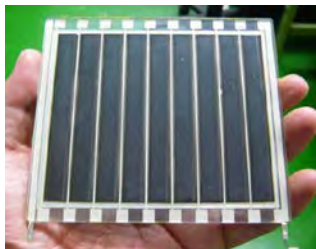
次世代型の高性能低コスト太陽電池を創成。実用化を産官学で加速。IoT素子の電源に好適な発電デバイスを市販化、ペロブスカイト太陽電池はノーベル賞候補に。

【事後評価時の主な研究成果】

- 色素増感太陽電池をベースに、高効率全固体型、近赤外高感度型、蓄電機能内蔵型など、高性能化に成功。
- ペロブスカイト太陽電池の創成と、低コストモジュールの試作に成功。
- 多接合型有機系太陽電池で世界最高。



印刷で作る蓄電機能内蔵太陽電池（左）とこれを用いたスマホ充電器（右）



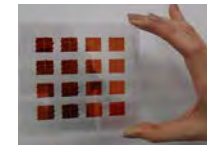
ペロブスカイト太陽電池モジュールの試作品(右)

【追跡調査時の進展および社会還元】

- 色素増感太陽電池の高性能化（全固体化、近赤外光電変換、蓄電機能内蔵など）は追従を許さず。参画企業であったリコー、シャープなどがIoT素子向けの環境発電デバイスを量産化へ。
- ペロブスカイト太陽電池（PSC）で世界トップレベルの変換効率（セル24.9%、ミニモジュール20.5%）世界に先駆けて産官学のオールジャパンで実用化に着手。



フィルム型の超軽量高性能PSCモジュール製造



IoT向け環境発電デバイス

17. 山海課題



山海 嘉之

筑波大学システム情報系
／教授
CYBERDYNE株式会社
代表取締役社長/CEO

健康長寿社会を支える最先端人支援技術研究プログラム

脳神経科学、ロボット工学、IT等を融合した革新的サイバニクス治療法を確立。脳・神経・筋系難病患者の機能改善・再生への道を拓き、国際標準化が実現。

【事後評価時の主な研究成果】

- 医療用サイボーグ型ロボットによる脳・神経・筋系疾患患者の治療制御手法の体系化を推進。医療機関での医師主導治験もスタート
- 欧州にて医療機器の認証「CEマーク」を取得（世界初のロボット治療機器が誕生）（H25.8）

- ISOエキスパートメンバーとして生活支援用／医療用ロボットの国際規格策定に尽力。ロボットが工場から医療・福祉・生活分野に活躍の場を広げる環境整備を実現。 神経・筋難病患者への適用例



【追跡調査時の進展および社会還元】

- 進行性神経・筋難病や脊髄損傷の患者への機能改善治療が保険により開始。歩行困難患者の自立歩行を実現。
- 国内外の医療・福祉・生活（介護／作業）分野で運用され、2000台以上が稼働中。（R2.5）
- サイバニクス技術と再生医療と薬剤との異分野融合による世界初の新学術分野の創出。



介護・作業支援用

機能改善治療用



高次精神活動の分子基盤解明とその制御法の開発

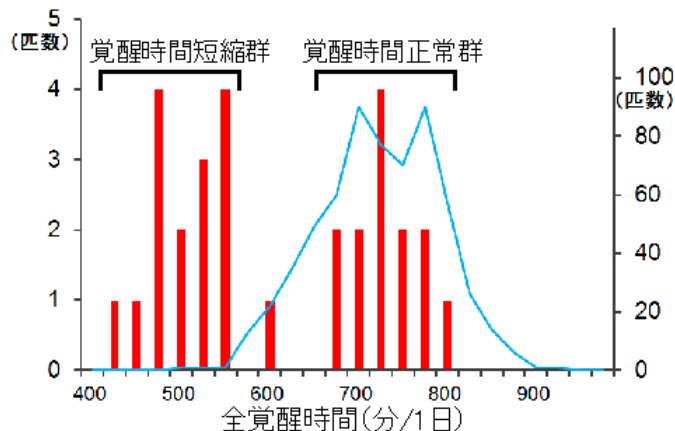
柳沢 正史

筑波大学国際統合睡眠医科学研究機構／機構長・教授

現代脳神経科学最大のブラックボックス、睡眠・覚醒のメカニズムを解明する

【事後評価時の主な研究成果】

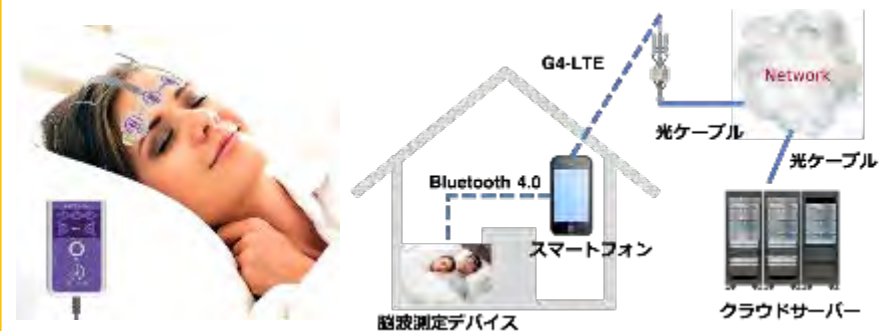
- 遺伝性睡眠覚醒異常マウスを発見、睡眠覚醒異常の原因遺伝子の同定を進めている。
- 睡眠障害治療薬候補となる小分子量化合物の発見およびその最適化について特許申請準備中



遺伝性睡眠覚醒異常のあるマウス家系の一例

【追跡調査時の進展および社会還元】

- 世界で初めて、睡眠・覚醒の制御遺伝子(SIK3とNALCN)を同定。SIK3の解析を通じて眠気の生化学的な実体に迫るリン酸化蛋白質群(SNIPPs)を同定。
- 製薬会社と具体的な医薬品開発に着手。
- マウスでの技術を応用したヒト睡眠計測技術を開発。その社会実装を目指すベンチャーを設立し9億円の資金調達に成功。



株式会社S'UIMINが目指す在宅での睡眠計測サービス



マイクロシステム融合研究開発

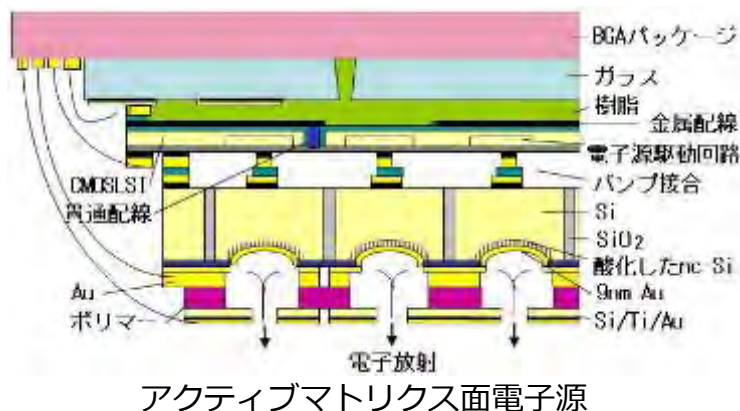
江刺 正喜

東北大学マイクロシステム
融合研究開発センター
／名誉教授

MEMSとLSIを融合したヘテロ集積化デバイスでIoT技術をリード

【事後評価時の主な研究成果】

- 微小電気機械システム（MEMS）と集積回路（LSI）を自由に融合できる技術確立し、高付加価値なマイクロシステムを可能にした。
- 超並列電子線描画装置のため、ヘテロ集積化したアクティブマトリクス電子源アレイを開発。



【追跡調査時の進展および社会還元】

- ヘテロ集積化デバイスは、スマートフォンに広く用いられる新型SAWフィルターとして事業化を目指し起業を検討中。
- オープンな開発プラットフォーム「試作コインランドリ」の産業界の利用が進み、製品化の事例も出てきている。（令和元年利用件数：11,684件）



開発デバイス搭載製品
（写真提供（株）山本電機製作所）

試作コインランドリ
（東北大学西澤潤一記念研究センター）



大野 英男

東北大学／総長

省エネルギー・スピントロニクス論理集積回路の研究開発

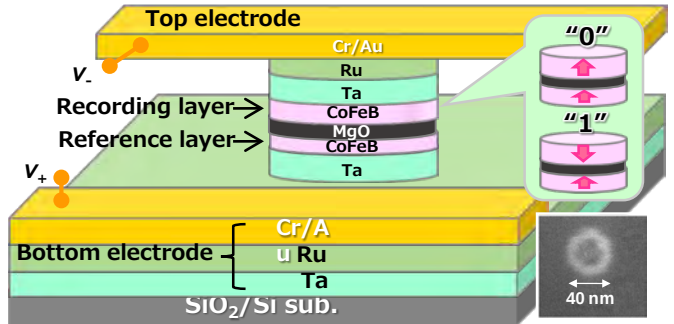
電子機器の質を決定する論理集積回路の低消費電力化技術として磁気抵抗メモリ(STT-MRAM※)技術とそれによる不揮発性プロセッサ技術が産業界に広く普及。磁性に基づく新しい学術分野の創出に大きく貢献し世界をリード。

【事後評価時の主な研究成果】

【追跡調査時の進展および社会還元】

- スピントロニクス素子と半導体集積回路を融合したスピントロニクス論理集積回路を作製し、世界で初めて動作原理実証に成功

革新技術：界面垂直型磁気トンネル接合素子 (MTJ)



革新技術：スピントロニクス素子を用いた論理集積回路群



文字検索処理に特化した専用集積回路(TCAM) 汎用ゲート集積回路 (FPGA) マイクロコントローラ (MCU) 高速CPUチップ混載向け STT-MRAM

※STT-MRAM：スピン移行トルク磁気抵抗メモリ

- 2重界面構造垂直磁化MTJ素子がSTT-MRAM製品のデファクトとなり普及。
- 4重界面構造や形状磁気異方性活用構造MTJの動作実証で世界最高性能を達成。
- 反強磁性体のスピン軌道トルク発現を人工シナプス素子に適用、人工神経回路網の原理実証に世界で初めて成功。
- 材料・物理の新学術分野「スピンオービトロニクス」「反強磁性スピントロニクス」において世界をリードする成果創出。



本課題成果を基盤に、東北大学のスピントロニクス拠点が指定国立大学法人事業に認定、国際産学連携拠点の国際集積エレクトロニクス研究開発センターが発足(CIESコンソーシアム)、東北大学発ベンチャー企業 (STT-MRAMや不揮発性プロセッサ等の設計製造事業を担うパワースピン株式会社、高感度磁気センサの普及を目的としたスピンセンシングファクトリー株式会社) が設立され、社会実装を促進している。

21. 岡野(栄)課題



心を生み出す神経基盤の遺伝学的解析の戦略的展開

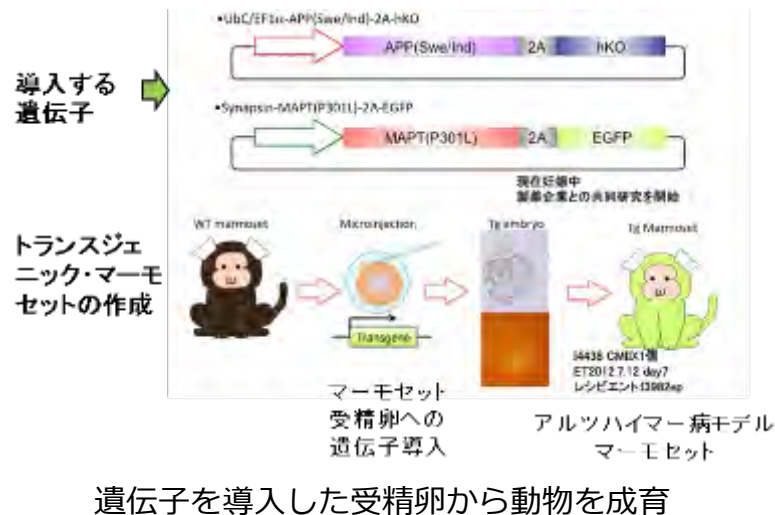
岡野 栄之

慶應義塾大学医学部／
教授

「心」を生み出す脳の謎を解明し、ヒトの心を救う薬を創る

【事後評価時の主な研究成果】

- 革新的な遺伝子改変技術を利用したヒト疾患モデルマウセツを創出、国内製薬企業と共同研究を開始。



【追跡調査時の進展および社会還元】

- 免疫不全モデルマウセツについては、平成30年度に次世代個体の作出に成功し、前臨床試験のモデルに活用予定。
- アルツハイマー病モデルマウセツは、認知症治療薬あるいは神経発達障害の開発への応用が期待。
- 遺伝子改変霊長類の作成方法を技術移転し、米国のBrain Initiativeで活用。さらに、世界最大のマウセツ脳データベースを構築。

遺伝子改変
マウセツ
と脳研究

