

大型研究プロジェクト ASMeW 構築と電気化学ナノテクノロジーの展開
Establishment of Large Research Project ASMeW
And Development of Electrochemical Nanotechnology

早稲田大学理工学術院教授

先端科学・健康医療融合研究機構 事務局長

逢坂哲彌 (新制 19 回卒)

Faculty of Science and Engineering, Waseda University, Tetsuya Osaka

早稲田大学の大型プロジェクト ASMeW(Consolidated Research Institute for Advanced Science and Medical Care, Waseda University, 早稲田大学先端科学・健康医療融合研究機構)の概要と、逢坂研究室の研究展開をここに紹介する。

1. Super-COE(ASMeW)構築¹⁾

早稲田大学が文部科学省から初めて獲得した最も大きい規模の大型プロジェクトがいわゆる Super-COE (Center of Excellence)と呼ばれる ASMeW である。2004 年 7 月から 2009 年 3 月の 5 年間、文部科学省科学技術振興調整費の戦略的研究拠点育成プログラムとして約 44 億円の資金を受け、総長を代表として学のシステム改革を中心に先端科学と健康医療の融合研究拠点の形成を進めてきている。本プロジェクトの運営は事務局が中心となって推進しており、事務局長の職責を果たしてきた者として、その活動内容を要約することとしたい。

ASMeW 草創期

我々の掲げる「健康医療」とはそもそもどういう概念か。これは S-COE プログラムへの申請時に総長主導で考え出した研究ターゲットである。これからの医療に向けた研究は人間の健康を維持するという概念が大事であり、したがって健康と医療という異なる意味の言葉をつなげたターゲットに向けて、医学部のない早稲田大学の研究グループで集結拠点を創ろうという動機からの出発であった。理工系を中心に早稲田大学の先端科学の強いところをまとめ、それに加えて東京農工大学のバイオテクノロジーのグループと東京女子医科大学のテッシュエンジニアリングのグループの協力で形を整えた。さらに本学の人間科学とスポーツ科学系が加わっての研究体制となった。また、和製英語風に名づけた STO(Super Technology Officer)教育を目玉にアジア太平洋大学院のビジネススクール(現在商学研究科)に協力を仰いで、理工系学位を持った研究者の MBA 教育制度も作るようになった。

このプロジェクトスタートと同時に、早稲田大学正門近くの早稲田実業高校跡地のアリーナを拠点とすべく突貫工事が始まり、8 カ月で二階構造の ASMeW 拠点が整備された。一階が居室、事務所および会議室等であり、地下 1 階は共同実験室で SOL(Super Open Lab.)とよび、加圧のクリンルームと減圧のバイオルーム等を備えている。現在では、この場所に加えて、東京女子医科大学隣接地に TWins(東京女子医科大学・早稲田大学連携先端生命医科学研究教育施設)と呼ぶ動物実験室を含む施設が展開している。

ASMeW 中間評価期

任期付き若手研究者を集めて研究を進める生命医療工学(BME)インスティテュートと、戦略的にこの機構をすすめていく戦略マネジメントセンター(SMC)の二つの組織を備えていくことになり、また機構運営の事務局の活動は若手研究者の中から何人かの幹事を選び、事務局長がこれを束ねて組織構築を進めてきた。活動としては、さらに、若手研究者を中心に、科学技術の啓蒙活動を行うアウトリーチにも力を入れて進めることとなった。

初期から 3 年目の中間評価までは、とにかく若手構成メンバーを中心に拠点形成に燃えて、世界に冠たる拠点化を目指して組織図作りと研究拠点作りに邁進してきた。この当時は、任期付き若手研究者 40 名ほどで、60 名近い専任教員が所属しており、内訳は図1に見られるような内容で 160 名程の組織に成長している。

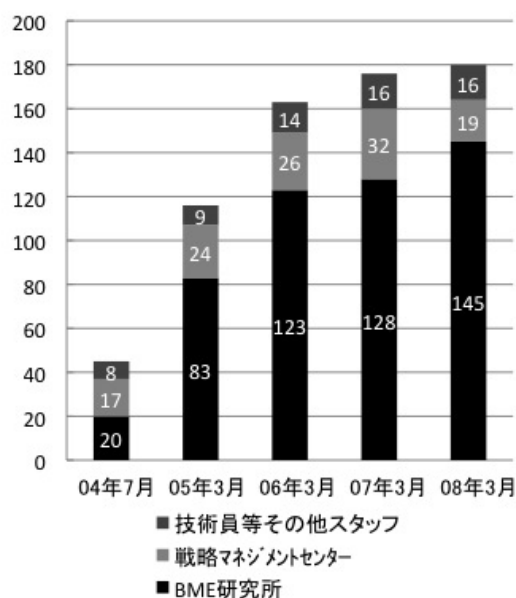


図1 ASMeW 構成人員推移

3 年目の中間評価では、早稲田大学での不祥事があったために、一時、事務局長を退く時期が数か月あったが、復帰後は若手幹事との徹夜の中間評価準備など組織運営の修復に努め、中間評価の各項目すべてがAで、総合Aをとったことを懐かしく思い出す。2008年現在では180名程の組織となり、大学院生100～150名の出入りを考えると200名近い、一学部に相当する組織となっている。

研究拠点の構築

研究拠点としては、単なる医工学の拠点でなく、先端科学からの医学への医学との対等というよりは先端医学の開拓とアプローチができる形を目指している。そんなわけで、表1に示す8分野に生命倫理を加えた9つの研究ドメインで研究を進めてきた。初めは、本学で専任教員が進めてきた既存の、目玉になるような分野、あるいは産業に繋がる分野のテーマを中心に独自の研究費で研究を進めてもらい、その研究グループで若手研究者を積極的に育ててもらった。そうして育った若手研究者に対して本プロジェクトの予算から重点的につぎ込んで融合的な研究を進めてもらう、という方法で研究育成を行ってきた。最後の二年間は、本プロジェクト予算から重点研究を選考指定し、大型研究A、中型研究B、小型研究Cと競争的な三タイプの研究展開を進めてきた。大型研究の代表的なものは表2に示すように実績あるリーダー3名、若手研究者3名とちょうど均等な割合で選定し、単に健康医療のターゲットだけでなく新産業を興す原動力となるような研究を目指して進めている。

また、表3のように、それまでの9分野を重点的に5分野に絞り、拠点化へのステップアップを最終評価に備えて行っている。私としてもこのプロジェクトに関わったことで、図2に示すようにマイクロ pH センサ開発での医療現場用のセンサ開発を進め、これを基にバイオセンサへの展開を進めている。この研究は NEDO の実用化研究として採用され、(株)堀場製作所との共同研究で実用化が図られている。

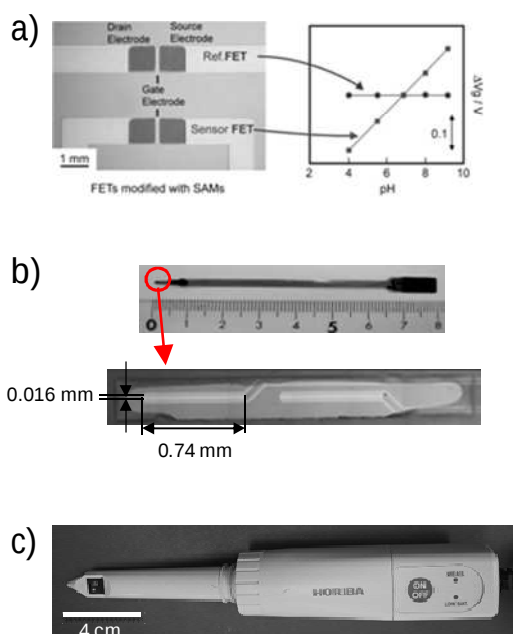


図2 マイクロセンサ研究展開

a)単分子修飾したゲート電極、b)マイクロ pH センサ、c)従来の pH センサ

表1 ASMeW 研究ドメイン

	専任教員	任期付教員	客員研究者
ナノ・IT医療	5	3	3
医療ロボティクス	8	6	3
医療計測	8	8	17
分子医療	9	6	1
機能再生医療	5	3	2
健康医療	10	6	3
バイオインフォマティクス	3	2	2
臨床医療	8	6	13
生命倫理	3	1	2

表2 ASMeW 重点研究 A

特徴: ASMeW研究重点5分野を代表するアピール度の高い基礎研究・応用研究・実用研究
 形態: チーム型 申請額: 1000万円/年を上限とする

□実績ある研究リーダー、■若手研究リーダー

プロジェクト名	研究代表者
運動機能を支える再生促進型移植用組織(心臓弁・靱帯・心膜)の開発研究	岩崎清隆
神経再生物質の実践的合成と開発	電田邦明
医療計測に資する高感度オンチップ型センサーデバイスの研究	逢坂哲彌
治療から社会参加までを支援する先端RT(Robot Technology)の研究	藤江正克
メカノバイオエンジニアリング技術を応用した運動器系組織のティッシュエンジニアリング	秋本崇之
健康増進のための運動処方開発にむけた科学的根拠の構築	真田樹義

表3 重点5分野

ナノIT医療	医療サポーストシステム	創薬化学	医療診断	再生医療	健康増進
医療ロボティクス					
医療計測					
分子医療					
機能再生医療					
健康医療					
バイオインフォマティクス					
臨床医療					
生命倫理					

QOLの改善を目指し、研究を横断的に重点化

国からの研究費の半分近くがバイオ医療系に注がれていることを鑑みると、総長が早稲田大学のこの分野への参入を望む意図はよくわかるが、医学系はどうしても人件費の占める割合が大きく産業振興までの活性化が難しいので、我々としては、先端科学を生かした新産業の創生に繋がる研究を進める意気込みで研究を進めている。すなわち、これからの高齢化社会に向かう日本での新しいこの医療分野での産業振興と高齢化した人間の尊厳を保てるための QOL(Quality of Life)に通じる研究開発にターゲットを向けている。

ASMeW 拠点の完成とさらなる発展

この機構は早稲田大学のバイオ系研究教育拠点の新たなビジョンを進める基となっていると感じられる。総長の指導のもと事務局の中に将来計画委員会を設置し、次への発展のための計画を進め、図3にあるように次々と新しい組織発展の基を進めている。

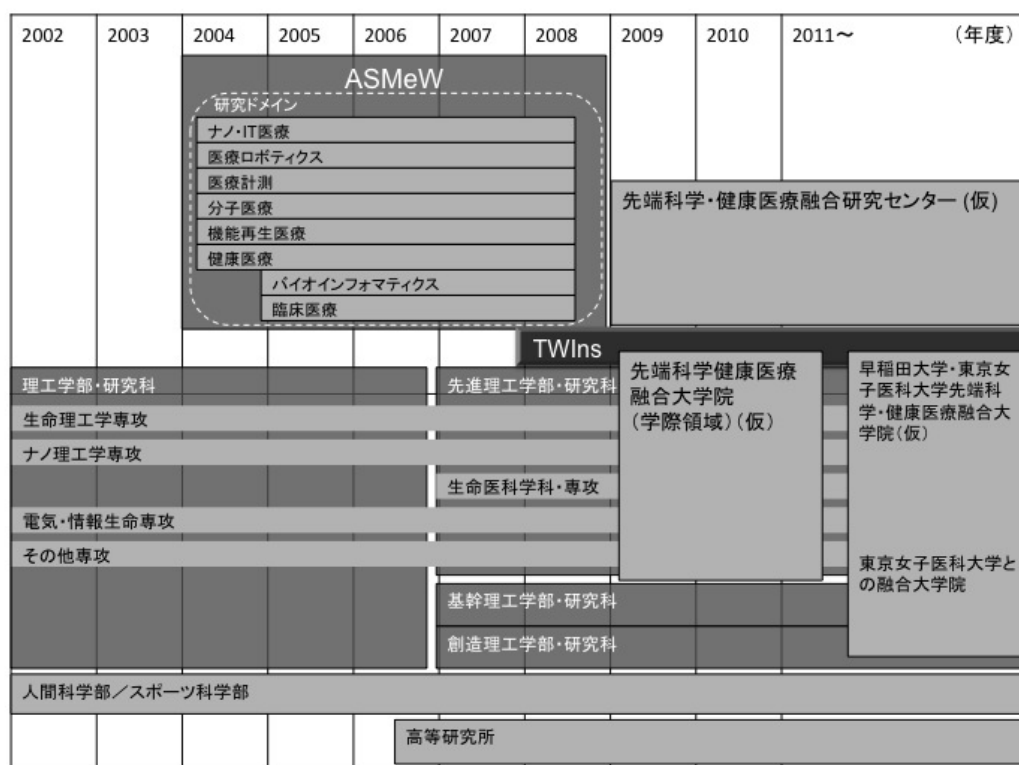


図3 ASMeW 年次

その目玉となるのが、生命医科学科の新設であり TWins の設立であろう。

早稲田大学が、医学部がないからこそ、健康医療すなわち人間の QOL を目指した先端科学の One Stop 拠点として ASMeW を育て、この分野の世界における指導的な役割を果たすべく成長していくことを期待しながら力を尽くしていきたいと考えている。

2. 電気化学ナノテクノロジーの展開^{2, 3)}

めっき磁気ディスク開発研究から研究概念の設定

米国のポスドク留学から帰ってすぐに委託研究としてスタートした無電解めっき法による磁気ディスク開発研究は、私の研究の生涯の研究概念構築に役立ったと実感している。電気化学では、めっきのような金属と電解質界面の一次元の表面状態が大きく電気化学反応に影響するのだが、このことを身をもって味わったのがこの開発研究での体験であった。界面に皮一枚の原子上の単原子が並ぶと同じめっき液でも明らかに電気化学反応が変わってしまう。これを専門的に言うと UPD(Underpotential Deposition)現象といい、ちょうど、私が卒業論文で学んだテーマであったので、この現象がめっきの再現性を握っているということに気がつくのにはさほどの時間が要らなかった。めっきディスクの再現性を確保して実用化に導き、当時としてはトップの磁気ディスク開発に繋がったのを覚えている。UPD 現象に注目してめっきの再現性を出すこと、すなわち、図4に示すようなほんの ppb あるいは ppm オーダーの金属原子のめっき液中への存在で CoNiP 合金膜の保磁力(H_c)が大きく変化したり、電極表面の活性の違いで磁性を持つ六角形のコバルト金属合金(hcp 結晶)の薄膜析出が結晶構造としては垂直になったり平行になったりという興味深い現象につきあたった。この hcp 結晶構造は結晶磁気異方性を持つため大きく磁気特性を変えてしまう。

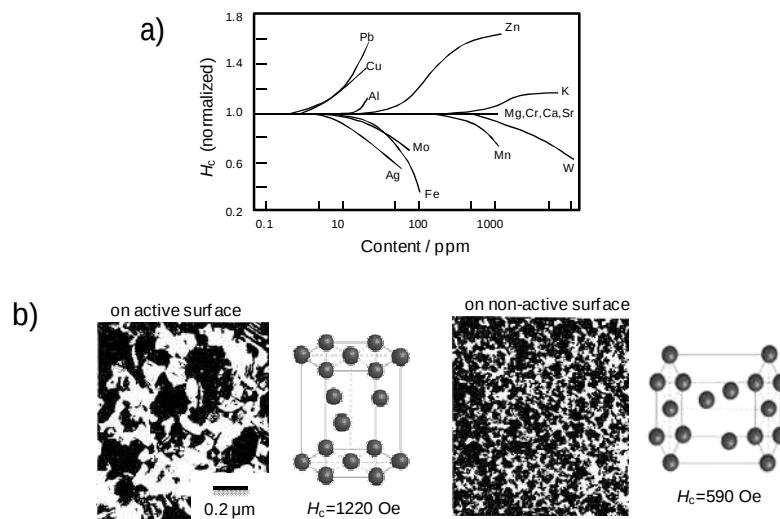


図4 研究概念を導いた磁性めっき研究例

- a) 無電解めっき浴中の不純物イオン濃度がめっき膜(CoNiP)の磁気特性に与える影響、
- b) 電極表面の活性制御による磁気特性制御(CoP)
 - 左図: 結晶が垂直方向に揃い、保磁力が高い膜
 - 右図: 結晶が面内方向に揃い、保磁力が低い膜

この基本的な原子レベルの界面設計という考え方から始め、最近ではここ 10 数年展開してきている電気化学ナノテクノロジーという考え方に研究が繋がっている。

二次電池、めっき磁気記録材料、そしてバイオセンサ研究へ

電気化学ナノテクノロジーという考え方を基に研究を進めてはいるが、私の研究は分野が広がっている。まず電池材料は学位論文で取り組んだ電気化学界面の水溶性高分子吸着現象をインピーダンス法で解析したことがきっかけになり、米国のジョージタウン大学にポスドク留学し、米国で学んだ FFT(Fast Fourier Transform)インピーダンス法を世界に先駆けて開発し、この瞬時にインピーダンスがとれる技術のメリットを生かすべく経時変化がある電池の電極材料解析を始めたのが、電池材料開発にのめり込んだきっかけである。当時としては世界的にも最初であったポリアセチレンの二次電池応用の可能性チェックを会社の委託研究で行い、これをきっかけに電解重合合法を利用した有機材料の電池分野への導入、リチウム金属の二次電池の可能性、マイクロ燃料電池の展開と進めてきている。

一方、インピーダンス開発を進めると同時にサイドワークで進めていた無電解めっきの研究開発をきっかけに磁気記録材料開発に深く関わり出した。もちろん関連の実装技術、電子材料開発にも関わるようになり、めっきに関連した薄膜開発ばかりでなくスパッタによる磁性薄膜開発にも進んでいる。

マイクロセンサ、バイオセンサへの参入は、化学センサ国際会議を早稲田大学国際会議場で開催するのをきっかけに電解重合有機膜をイオンセンサに応用することからマイクロイオンセンサへの試みとして FET を利用するマイクロ pH センサへと発展させ、これがきっかけでマイクロバイオセンサへの関わりを持ちだした。また、S-COE 事業で事務局長として活躍する必要性も手伝って、この分野への研究展開が大きく発展してきている。

いずれにしても、最初に述べた「原子レベルの電気化学界面設計」という基本的なアイデアが研究展開の基になっている。

最近の研究トピックスと特別推進研究「電気化学デバイス工学の構築と深化」

いくつかの分野にかかわって研究を展開してきたが、基本は電気化学であり、また、表4のような大型研究の研究代表者としてそのつど分野を深めて研究展開をはかってくることができた。

この中から、特に図5に示すようなトピックスについて研究の面白さをアピールしておきたい。これらの研究トピックスは若手のドクターの学生が中心になって成果を展開してきているので、若手が自由に研究展開できる教育環境を作りつつ研究を進めることの楽しさと重要性を強調したい。

表4 逢坂が関与してきた主な大型研究プロジェクト

分類

プロジェクト名	代表者など	期間	研究費 (総額 概算)
文部科学省 科学研究費補助金 特別推進研究 「電気化学デバイス工学の確立と深化」	代表者: 逢坂哲彌	2008-2012	5 億 7 千万円
文部科学省 科学技術振興調整費 「先端科学と健康医療の融合研究拠点の形成」	代表者: 白井克彦 事務局長: 逢坂哲彌	2004-2008	44 億円
独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO) 固体高分子形燃料電池実用化戦略的技術開発事業 / 基礎的・共通的課題に関する技術開発 「セル劣化要因の基礎研究と MEA 耐久性の解析 (インピーダンス法による劣化状態解析)」	業務管理者: 逢坂哲彌	2008-2009	4 千万円
独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO) ナノテク・先端部材実用化研究開発事業 「自己組織化有機単分子膜を用いた、電界効果トランジスタ型 マイクロチップ pH センサおよびバイオセンサの開発」	(Stage 1) 研究実施責任者: 逢坂哲彌 (Stage 2) 代表: 堀場製作所	(Stage 1) 2005-2007 (Stage 2) 2008-2010	(Stage 1) 8 千 5 百万円 (Stage 2) 3 千万円
文部科学省科学技術振興調整費 先導的研究等の推進 「ナノ界面制御による磁気記録材料の創製」	代表者: 逢坂哲彌	2003-2005	8 億 3 千万円
日本学術振興会未来開拓プロジェクト 「原子界面設計による超高密度磁気記録デバイスの研究開発」	プロジェクトリーダー: 逢坂哲彌	1997-2001	4 億 5 千万円

分類

プロジェクト名	代表者など	期間	研究費 (総額 概算)
文部科学省グローバル COD プログラム 「実践的的化学知教育研究拠点」	代表: 黒田一幸 事業推進担当者: 逢坂哲彌	2007-2012	18 億 5 千万円
科学研究費補助金特別推進研究 (旧中核的研究拠点形成(COE)プログラム) 「ナノ構造配列を基盤とする分子ナノ工学の構築と マイクロシステムへの展開」	代表: 大泊 巖 ケミカルナノプロセス グループリーダー: 逢坂 哲彌	2001-2005	11 億 4 千万円
文部科学省 21 世紀 COE プログラム 「実践的ナノ化学教育研究拠点」	代表: 竜田邦明 事業推進担当者: 逢坂哲彌 (応用ナノ化学部門)	2002-2006	5 億円



図5 最近の逢坂研究室トピックス

T. Osaka et al., *J. Am. Chem. Soc.*, **130**, 10456 (2008)T.Osaka, et al., *Electrochem. Commun.*, **9**, 725 (2007)

T. Osaka, et al., *Chem. Lett.*, **37**(8), 840 (2008)

T. Osaka, et al. *Electrochem. Solid-State Lett.* **12**(4), D19 (2009)

また、最近の特別推進研究では実用化に繋がる工学の確立を目指し、二次元と三次元界面にさらにゼロ次元のナノ粒子材料の界面設計を統一・比較しながら進めていきたいと考えている。

4 おわりに

私の研究のスタンスはもちろんここに示してきた研究概念に基づいて展開してきたが、実用化を目指した応用ターゲットを設定してその基礎を展開するというスタンスもとってきたので、その結果が表5に示すような世の中の実用化につながった研究展開になったと考えている。

表5 基礎研究から実用化研究へつながった研究例

	研究テーマ	技術	実用化に至った年代	実用化した会社名
1	めっきディスク	CoNiP 無電解めっき	1981 年	NEC 電々公社
		CoNiZnP 無電解めっき	1980 年代後半	NEC
2	めっきディスク NiP 下地めっき	NiP/Al 無電解めっき	1980 ~ 2000 年	上村工業 奥野製薬工業 メルテックス
3	光学プリントヘッド	NiWP 無電解めっき	1990 年代	沖電気工業
4	磁気ヘッド	CoNiFe 電気めっき	2000 年	NEC 富士通
5	磁気センサ	CoNiFe 系無電解めっき	2001 年	オムロン
6	非シアン系電気金めっき浴	Au 電解めっき浴	2003 年	奥野製薬工業
7	リチウム電池充電チェッカー	FFT インピーダンス法	1996 年	松下電産 松下電池
8	リチウムイオン電池	Li イオン電池、 CO ₂ ガス封入による安全性向上	1990 年代	東芝

また、産業界からの共同なり委託なりの研究へのアプローチがあったことがこの環境を進められた原動力であったと思う。

昨年 2008 年 10 月に電気化学会国際会議がハワイで行われ、基調講演を行う機会が持てたので、改めて日頃の研究哲学について考えてみた。つまり、我々科学者・研究者の目的は何であろうか？という問いに対して、浮かび上がってくる一つの解は「知恵の創出であり人類への奉仕」である。また、若いころからの座右の銘としている「則天去私 - 天に則って私を去る - 」が、さらにその目的を進めるための指針と考える。

このようなまとめを考える機会を与えられたことは幸いであるが、まだまだ教育・研究の活動を進められる環境であるので、従来以上に教育・研究に尽力したい。その動機付けは何といっても教育に携わって若手を育てる楽しさ、また研究展開の楽しさに他ならない。

参考文献、URL

1. ASMeW HP <http://www.waseda.jp/scoe/index.html>
2. 応用物理化学研究室 HP <http://www.ec.appchem.waseda.ac.jp/INDEXJ.HTM>
3. 逢坂哲彌, 「電気化学ナノテクノロジーの展開」, 私の名著論文自慢とその誕生の背景シリ

ーズ, Electrochemistry, **77**, 1, pp. 90-94. (2009)

注釈

*1 Super-COE(ASMeW)

文部科学省における競争的資金の中で、COE(Center of Excellence) をさらに大きくした 5 年間で約 50 億円近い大型プロジェクトである。学長の主導のもとに大学等のシステム改革を進め、大型研究拠点形成を目指すものである。早大は私学として初めて 2004 年度に採択された。

*2 TWins(東京女子医科大学・早稲田大学連携先端生命医科学研究教育施設)

東京女子医科大学の隣接地(政策研究大学院大学跡地)に早大・東京女子医大が 2:1 の割合で形成した連携施設。

表1 ASMeW 研究ドメイン

表2 ASMeW 重点研究 A

表3 重点 5 分野

表4 逢坂が関与してきた主な大型研究プロジェクト

表5 基礎研究から実用化研究へつながった研究例

図1 ASMeW 構成人数推移

図2 マイクロセンサ研究展開

図3 ASMeW 年次

図4 研究概念を導いた磁性めっき研究例

図5 最近の逢坂研究室トピックス