

2 (2) その他、特筆すべき教育・研究・診療・社会貢献活動等への取組と成果、世界的位置付けなど。(※評価年次報告「卓越した教育研究大学へ向けて」で報告する内容)

特筆すべき教育活動

本研究所は、流体科学の国際研究拠点として、教育活動においても以下のような特徴的な取り組みを行っている。

国際(海外)インターンシップによる大学院生の海外派遣および外国人学生の受け入れ

21世紀COEプログラムの一環として外国人大学院生を国際インターンシッププログラムにより積極的に受け入れ、また東北大学の学生の派遣をおこなっている。その数は平成19年度は12名であった。派遣もしくは受け入れた大学院生からは、非常に好評で、「研究シーズを見つけた」「交流を深めることができ、ディスカッションの幅が広がった」などの評価を得た。これらの評価は平成19年9月に開催された21世紀COEプログラムの国際会議において、ホームカミングセッションで公開された。また、平成20年度に採択されたグローバルCOEプログラム「流動ダイナミクス知の融合教育研究世界拠点」では、「国際若タケノコ発掘プログラム」において海外の優秀な学生を、博士後期課程入学時の1年以上前から受け入れ、さらには、「グローバル回遊教育プログラム」において、ポスドク等の若手研究者が文化が異なる複数の国に数ヶ月から1年程度滞在し、研究のみならず人の交流や文化の習得を目指し、異文化融合の機会を与えることにより、国際的に広い視点と心を持った学生を養成することを計画している。

国際宇宙大学への派遣

流体科学研究所では、毎年6月から8月にかけて海外で開催され、国際人および将来の研究者を育てる観点からも評価が高い国際宇宙大学に、平成2年より大学院学生を毎年派遣している。平成19年度までに派遣された計21名のうち、14名が国内外の研究機関や航空宇宙関連企業に就職し、さらに現在4名が東北大学教員やポスドクとなっており教育的効果が著しい。

国際会議研究発表を通じたの大学院学生の国際教育

平成19年度は研究所主催による国際会議(AFI/TFI)、21世紀COEプログラム「流動ダイナミクス国際研究教育拠点」による国際会議を開催し、大学院生の英語による研究発表、国内・国際雑誌への論文執筆指導を積極的に行った。大学院生の英語によるコミュニケーション能力については、第4回21世紀COEプログラム第三者評価で「大学院生の英語能力の向上が著しい」との評価を受けている。

流体研独自の大学院生向け研究発表会の開催

大学院学生への研究指導の取り組みは、分野横断セミナー、流体融合研究センター報告会、21世紀COEプログラム研究交流会における大学院学生の研究発表など流体科学研究所独自の機会を設け、通常のカリキュラムを超えた対応を行っている。また、平成20年度11月に開催予定の、グローバルCOEプログラム「流動ダイナミクス知の融合教育研究世界拠点」による国際会議においても、海外の学生を多数招待して、学生主導のセミナーを開催する予定である。

学術図書「学理構築シリーズ」の発刊

21世紀COEプログラム「流動ダイナミクス国際研究教育拠点」において、平成19年度末までに全13

巻の学術図書「学理構築シリーズ」を発刊した。このシリーズについては平成19年11月に開催された第5回21世紀COE第三者評価で「これから研究する学生の手本になるような形でまとまっている」との非常に高い評価を受けている。

特筆すべき研究活動

流体科学研究所は「流動に関する学理およびその応用研究」を設置目的とする、特色ある研究所として国内外で高く評価されている。一例としては、平成20年度には本研究所の南部健一名誉教授が「流体工学研究」によって紫綬褒章を受章した。これは本研究所としては歴代で2人目の受章である。また、過去にも日本学士院賞受賞者を2名、文化功労者を2名輩出している。流体研の教員に対する国際的な評価は、国際会議における招待講演や著名な海外学術雑誌のエディター、編集委員などの実績によっても知ることができ、これらは流体科学研究所研究活動報告書によって毎年公表されている。民間による国内研究教育機関の学術分野別ランキングにおいて、流体工学の分野で1位（世界ランク5位以内）、流体物理学の分野で3位、熱工学の分野で8位にランクされている（河合塾編「学問前線 2006 理科系 100 分野の大学学科・専攻ランキング」による）。また、平成19年度の教員1人あたりの科研費獲得件数は0.76件であり、科研費からみる全国大学総合ランキングにおいて、機械工学の分野で東北大学が1位にランクされていることに大きく貢献している（出典：国立情報学研究所「科学研究費補助金採択研究課題による大学の研究活性度の調査研究 -2005年度版- II. 理工系編」、NII-2007-002J）。研究所の教員が所属する工学分野で、東北大学はISIの引用数が世界41位、国内2位であり、本研究所も貢献している。

本研究所は、低乱熱伝達風洞、曳航風洞、衝撃波実験装置など大学の設備として稀な大型実験設備を活用し、実験の分野での先端的研究成果を発信している。さらに、流体科学研究の強力なツールであるスーパーコンピュータを平成2年に国立大学附置研究所として初めて導入し、数値流体力学の分野で先進的な研究を推進すると共に、スーパーコンピュータと実験装置を融合させた新しい流体融合研究手法を提唱し、「流体融合研究センター」を中心として生体・医療、航空、ナノ・マイクロシステム、原子炉プラントなどへの応用を進めている。また、エアロスペース、エネルギー、ライフサイエンス、ナノ・マイクロの4つの所内研究クラスターを配置し、特色ある国内産学連携研究、国内研究機関との連携事業、リエゾンオフィスを活用した国際共同研究プロジェクトを積極的に推進している。

国際交流では、平成20年8月現在で本学のリエゾンオフィス全11件のうちの5件、全学の学術交流協定全体130件のうちの28件（うち7機関については流体研が筆頭世話部局）、部局間学術交流協定全289件のうちの15件は流体科学研究所が世話部局となっており、本学の国際交流に貢献している。また毎年、リエゾンオフィス代表者会議を行い、今後の海外拠点活動を積極的に進めている。さらには、本学の国際交流戦略室委員等の委員に積極的に参加し、国際交流の推進を担っている。

以下にこれら研究活動を述べる。

次世代融合システム（スーパーコンピュータ）による流体融合研究

本研究所は平成2年12月にCRAY YMP8を導入して以来およそ18年のスーパーコンピュータ運用の経験を通じて計算機の運用やネットワーク構築・運用において極めて高度な技術を蓄積しており、どのような形態の利用ニーズにも対応できる。これまで、重点研究課題に対する国際研究プロジェクトの実施など、乱流、分子流、プラズマ流、衝撃波などの様々な流体科学の分野で優れた成果を挙げてきたが、流体科学計算の世界的中核となるべく、国内外の研究機関とスーパーコンピュータ及

びネットワークを核とした連携を進めている。更に、実験と計算を一体化した新しい研究手法（次世代融合研究手法）を用いて、流体科学の諸問題を解決するために流体融合研究センターを設立し、航空力学や原子炉プラントなどへの応用を進めている。スーパーコンピュータを利用した研究は6か月ごとに審査され、その評価実績によりその後の計算時間が割り当てられる。平成19年度中に下記に示す研究プロジェクトが終了し、成果を上げた。また、このほか19年度末現在で29件のプロジェクトが進行中である。

- 1) 非圧縮性三次元円柱後流のトポロジー
- 2) 液膜及び固液界面のマクロな輸送特性を決定する分子スケールメカニズム
- 3) 超音波計測と数値解析を融合した血流構造の解析
- 4) ハイブリッド風洞による非定常流れ現象の再現
- 5) 超音波計測融合血流シミュレーションシステムの開発
- 6) 正方形管路内乱流の計測融合シミュレーション
- 7) プラズマの粒子シミュレーションと粒子衝突素過程モデルの構築
- 8) 複雑気液二相流動場の非定常解析
- 9) 固体薄膜の熱伝導に関する分子動力学シミュレーション
- 10) 医療現場における数値流体解析の活用に関する研究
- 11) 非一様場を伝播する予混合火炎のダイナミクス：乱れと固有不安定性の複合効果
- 12) 波の干渉を利用した複葉サイレント超音速機の研究
- 13) 応力腐食割れ素過程観測の逆問題解析
- 14) 斜め衝撃波と干渉する壁面噴射場の滞在時間に関する数値解析
- 15) Computational aeroacoustic study of airframe components in landing condition
- 16) ターボポンプ内部に発生する各種キャビテーション現象に関する数値的研究
- 17) 発電プラントにおける配管減肉現象を支配する流動要素の解明

コンピュータ融合生体計測による医療の高度化

コンピュータシミュレーションと計測を融合した高度生体情報計測手法を確立し、循環器疾患機序の解明と新規治療法の開発を目的とし、循環器疾患における医療水準を画的に高度化することを目指している。

心臓循環器系、癌研究、リンパの流れなど生体内の流れの先端研究の飛躍的な進展のため、生体内血流を非侵襲リアルタイムに評価する超音波画像装置と大規模流動解析・構造解析を行うスーパーコンピュータを融合した計測連成シミュレーション手法を構築し、血流の3次元構造や壁せん断応力を明らかにして循環器系疾患の機序の解明や新しい治療法の確立を実現するための研究を、流体工学、情報科学、医学の研究者が連携して推進している。既に、種々の基本的な流れ場について本手法の有効性を確認し、現在は、世界に先駆けて開発した医用超音波診断装置とスパコンを一体化した超音波計測融合血流解析システムのプロトタイプにより、コンピュータ融合生体計測の臨床応用に向けた研究を推進している。

本研究は、科学技術振興機構の「先端計測分析技術・機器開発事業」として実施され、平成18年度には78,000千円、平成19年度には76,700千円を受託している。

バイオテクノロジーとナノテクノロジーの融合による革新的ナノデバイスの開発プロジェクト

中性粒子ビームプロセスとバイオテクノロジーを融合したバイオナノプロセスにより、均一に高

密度に配置された厚さ1-2 nm、直径約10 nmのシリコン量子ナノディスクの作製に世界で初めて成功し、ナノディスク／極薄シリコン酸化膜／シリコン基板の構造で室温での量子効果（クーロンブロック）の発現を初めて確認した。蛋白質をテンプレートに用いることで均一な量子ナノディスクを実現でき、しかも中性ビームによって作製されたナノディスク表面には殆ど欠陥が生成されないためである。将来の量子効果デバイス実用化に大きく前進したといえる。

本研究は、文部科学省リーディングプロジェクト（LP）「ナノテクノロジーを活用した新しい原理のデバイス開発」の一環として行われ、研究分担金として1億円を受託している。

高経年化対策強化基盤のための安全研究の総合的推進

高経年化が進行しつつあるプラントの寿命予測精度を向上させ、その科学的合理性を担保するための劣化現象の解明を行うことを目的として、(株)インテリジェント・コスモス研究機構と原子力安全・保安院との間で締結された委託研究の再委託研究に参加した。本研究は東北大学を含め9大学と1民間企業によって推進され、主に以下の内容について研究を行った。

- 1) SCCき裂進展則の高精度化
- 2) SCC初期き裂発生・進展メカニズムに関する微視的研究
- 3) プロアクティブ材料経年劣化と潜在事象・潜在メカニズムの評価と対応策調査
- 4) FAC(流動加速腐食)対応研究
- 5) 液滴衝撃エロージョン対応研究
- 6) 減肉の定点監視及び広域監視による評価技術に関する研究
- 7) 経年劣化事例からの統合的知識獲得に関する研究

平成19年度は流体科学研究所としては、テーマ4)、5)、6)に取り組んだ。「FAC(流動加速腐食)対応研究」および「液滴衝撃エロージョン対応研究」として、複雑流動下での物質輸送の計測融合解析・評価や液滴-固体相互作用に基づく液滴衝突局所応力場の高時間解像度解析を実施し、流動誘起損傷事象について流体の観点からの解析や評価を行った。また「減肉の定点監視及び広域監視による評価技術に関する研究」については電磁超音波-渦電流マルチセンサ配管減肉評価手法の開発に関する研究、及びリモートフィールド渦電流探傷法による配管減肉評価手法の開発に関する研究を実施するとともに、従来法の課題点についても分析を行った。

原子力発電所における配管減肉予測システムの開発に関する共同研究

現在、日本における原子力発電所のトラブルが相次ぎ、国民の安全を脅かす重大な問題として浮上している。原子力の安全確保に関する対策を講じることは国家の安全にとって最重要課題であり、産学官連携の観点から考えても大学が原子力産業の安全面・危機管理に対し果たす役割は非常に大きいと言える。原子力発電所において最も多くトラブルが頻発し大事故に直結する事象となりうるのが、配管系における減肉現象である。減肉とは高速流動・腐食（エロージョン・コロージョン）その他の要因により配管内部の材料組織が浸食され、配管に穴が開き、ついには破断に至る現象である。これは原子炉内配管が非常に複雑な形状を有し、なおかつ高温・高速という非常にシビアな条件で配管内流動が行われているからであり、現在のところ減肉現象を事前に予測あるいは未然に防止することは非常に困難である。

本共同研究は、東北電力(株)との共同により原子力発電所の配管系における高速熱流動現象を明らかにし、トラブルの発生箇所・原因を事前に予測するシステムを確立することを目的とする。本システムの実用化により、原子炉保守・点検に要する時間的・人的コストは大幅に軽減化し、極め

て安全性の高い原子力発電の運用が可能になると言える。

マイクロ燃焼に関する基礎および応用的研究

従来は燃焼を利用することのできなかつた微小装置内で燃焼現象を利用するために、温度分布制御型チャネルを用いる研究を実施し、実験による新しい現象、特に高速摂動燃焼と連鎖分岐停止による絶対的反応限界を見出している。理論解析（ロシアとの国際共同研究）および数値計算の併用により、現象の理解、機構解明にも成功している。以上の基礎研究をベースとして、熱源用のマイクロコンバスタという概念を初めて提案、実際に試作に成功しその超小型化にも成功したほか、そのニーズが省エネルギーという社会ニーズに合致し、IHI、東京ガスとの産学連携開発へと発展した結果、実用化直前の段階に達している。

摩擦・摩耗制御のための硬質炭素系薄膜の研究開発

摩擦による摩耗は製品やシステムの性能、寿命、信頼性を低下するため、低摩擦技術は単なる安全性向上に限らず省エネルギー、省資源などの生活を豊かにする技術と成り得る。本課題では金属あるいはセラミックスの表面に非常に固い炭素系薄膜を成膜し、(1)動作音が静かで(2)多様な作業雰囲気（大気、ガス、低圧（0.01Pa））下で摩擦係数0.1以下、非摩耗量 $10^{-8}\text{mm}^2/\text{N}$ 以下を実現する無潤滑油摺動機構の開発を行う。この硬質炭素系薄膜による低摩擦性を活かした製品の提案として、既存のベアリング式直動軸受けを改良した軸受の試作機を幾つかの展示会等で発表している。摺動部への炭素系薄膜によるコーティングについては数多くの研究者が技術的な限界から開発を断念しているため、流体科学研究所の本研究グループが唯一の実用化の可能性を持っている。硬質炭素系薄膜の実用化研究の着手は後発であるが科学技術振興事業団研究成果活用プラザにおける事業化のための育成研究として採用されるなど、技術レベルは認知されている。

海洋深層水汲み上げ実験による海洋生産性向上に関する共同研究

ストンメルの永久塩泉の原理による海洋深層水の汲み上げ実験を直径30 cm長さ280 mのパイプを用いてマリアナ海溝海域で実施し、この実験によって1956年に提唱されていながら誰もなしえなかった「永久塩泉の原理による海洋深層水汲み上げ」を世界で初めて実証した（Deep-Sea Res. Part 1, 2007, J. Oceanography, 2004）。本研究は、海洋生産性の低い海洋砂漠における生物生産性の向上を可能にし、食糧増産に寄与するものであり、社会的なインパクトが大きい。この成果は韓国テレビをはじめ多くの新聞等でも取り上げられた。

また、この深層水汲み上げについては、シドニー大学、フランスECLリヨンと共同研究を実施しているほか、東京都の沖ノ鳥島プロジェクトとしても採用され、平成19年から3年間（総予算2.5億円）で実用展開研究が行われている。

宇宙航空研究開発機構（JAXA）との連携事業の推進

平成16年6月17日に締結された流体科学研究所とJAXA総合技術研究本部との部局間包括協定が、全学が参加する東北大学・JAXA連携協力協定に発展し、平成19年8月3日に調印式が行われた。大学・JAXA間では全国でも初めての協定調印である。流体科学研究所では、平成19年度は客員教授として前期：吉田憲司氏、後期：吉田義樹氏を招聘し、引き続き下記に示す共同研究を行った。

- 1) キャビテーションの熱力学的効果に関する研究
- 2) CFDによる大気局所シミュレーションコードの開発

- 3) 後方乱気流中の航空機に及ぼす影響の研究
- 4) 航空機のHigh-Fidelity最適設計手法に関する研究
- 5) 翼回りのCFD解析結果に対する新しい視点に立った検証試験
- 6) ヘリコプタ・ブレードの3次元多目的最適設計法に関する研究 (新規)

特にヘリコプタ・ブレードの研究では、初年度にもかかわらず画期的な低騒音ブレードが計算によって示され、将来の実用化が期待される。これまでに、テーマごとの研究連絡会議をそれぞれ実施し、また学術講演会でのオーガナイズド・セッション企画や研究発表を行っている。平成20年3月27日に共同研究報告会を実施、今年度の成果を確認し、次年度の取り組みについて協議した。また、21世紀COEプログラム「流動ダイナミクス国際研究教育拠点」の一環として学生がサマースクールを企画、JAXAの若手研究者にも参加を依頼し、研究交流を行った。

リエゾンオフィスを活用した国際共同研究

東北大学が推進している国際リエゾンオフィス全11件のうち5件については本研究所が中心的役割を担っており、国際交流と国際共同研究を戦略的に推進している。

主な研究活動は以下のように行われた。

- (1) 21世紀COEプログラム「流動ダイナミクス国際研究教育拠点」によるインターンシップ制度
 これまでに47件の受入と34件の派遣を行った。おもな受け入れ先の国はアメリカ、フランス、中国、韓国、イタリアである。また主な派遣先の国はアメリカ、カナダ、フランス、イギリス、オーストラリアである。
 これらの活動は平成20年度に採択されたグローバルCOEプログラム「流動ダイナミクス知の融合教育研究世界拠点」に継承される予定である。
- (2) 特別教育研究経費—世界拠点形成事業—流体科学研究所 国際共同研究プロジェクト リエゾンオフィスを通じた多国間共同研究プロジェクト(平成17年度～平成21年度)
 本研究経費は、所内で多国間共同プロジェクトを幅広く募集し、それに対して上限を2,000千円として助成を行うものとしている(平成19年度11,187千円)。助教が申請者になることを認めており、若手教員の国際連携を促進している。主な研究課題は血流、モニタリング、流れの制御、マイクロアクチュエータ、バイオマスガス、マイクロ燃焼などである。
- (3) 流動ダイナミクス国際融合ジョイントラボラトリー設置
 国立応用科学院リヨン校(INSA-Lyon)、フランス国立中央理工科学学校(ECL)および流体科学研究所で、ジョイントラボラトリー(通称名 JOYFLOW)の設立準備に関する話し合いを進め、教授会での議論を通じて流体科学研究所として、本学に先駆けて設置要項(平成19年5月)を定めた。ジョイントラボラトリーは、流体科学に関する国際拠点研究機関として、流動ダイナミクスに対する分野横断的な研究を推進する研究・教育組織の創生、融合的な世界的人材のための相互補完的かつ国際教育プログラムの運営、東北大学のリーディング・ユニバーシティとしての確立に寄与することを目的としている。平成19年6月より学生2名を受け入れた。一方、本学のジョイントラボラトリー(通称名 Elyt-Lab)の設置準備に積極的に関与し、東北大学100周年・ECL150周年・INSA-Lyon50周年の共同祝賀会(平成19年2月、東京)、東北大学100周年祝賀会(平成19年8月、仙台)、(平成19年9月、仙台)、ジョイントラボワークショップ(平成19年12月、仙台)、(平成20年6月、リヨン)にそれぞれ話し合いを持った。さらに、ElyT-Labセミナーをそれぞれ(平成20年6月、リヨン、core to coreと共催)、(平成20年7月、リヨン)に開催するなど、公開および周知に務めている。平成20年12月1日・2日にElyT Labの

ワークショップを開催予定である。

(4) リエゾンオフィス関連の国際シンポジウムの開催

平成 19 年度は 21 世紀 COE プログラムの総括を行う年度であり、11 月の第 4 回国際流動ダイナミクス会議において、リエゾンオフィス会議を開催してこれまでの総括を行った。この中で、国際共同研究数や発表論文数がここ数年伸びており、また交流の活発化に伴って学生の英語能力が格段に向上し教育の向上が伴っていることなどが報告された。さらに、活発な国際共同研究に基づく国際交流・教育を押し進めるには、流体科学の発展に他分野との融合が重要との認識で一致した。また助成金の獲得として、JSPS 先端研究拠点事業 (core to core) への申請がなされ採択された(下記)。

(5) 若手教員の海外への派遣

国立応用科学院リヨン校 (INSA-Lyon)、フランス国立中央理工科学学校 (ECL) に若手教員を派遣して積極的に海外共同研究を推進するとともに、研究に関する情報交換を行っている。平成 20 年度には 4 名の教員が計 8 ヶ月、フランスに滞在する予定である。

JSPS 先端研究拠点事業－拠点形成型－の推進

「血流・血管・材料における界面流動ダイナミクスの先進医工国際研究コンソーシアム形成」が JSPS 先端研究拠点事業－拠点形成型－(通称名 core to core) に採択され、平成 20 年 4 月よりライフサイエンスにおける国際共同研究拠点形成を積極的に推進している。この事業では、これまで築き上げてきたリエゾンオフィスネットワークのうち生体に関連するリヨン(フランス)、シドニー(オーストラリア)、シラキュース(アメリカ)に加え、ジュネーブ(スイス)の医療関係ネットワークによる国際共同研究を推進している。具体的には 7 つの国際共同研究を認定し、3 つのワークショップを開き派遣および受入で 54 名の交流を行うことで、血流・血管・材料における界面流動ダイナミクスの先進医工国際研究コンソーシアム形成していくことを目標としている。

特筆すべき社会貢献活動等

流体研の研究成果を社会に公開する活動

毎年、2回から3回の国際会議を研究所が主催し、学术交流と研究成果の情報発信を行っている。流体科学研究所の研究成果をまとめた流体科学データベースをインターネットで公開し、検索・閲覧できるようにしている。

「東北大学イノベーションフェア in 仙台」等の研究展示会に本研究所の4クラスターを中心に参加し、研究活動の公開を毎年行っている。

隔年で「片平まつり」を開催し、流体科学に関する啓蒙を一般市民に対して行っている。

文部科学省のスーパーサイエンスハイスクールにて講義を行い、大学受験生に理系学部の紹介等を毎年行っている。

研究所の研究活動を紹介するテレビ番組が、仙台放送「シリーズ東北大学100年物語」として平成19年度までに4回、東日本放送「東北大学の新世紀」として平成19年度に2回、平成20年度にも既に2回放映されている。

流体科学に関する一般市民向けの教育活動

平成19年度を除き平成17年度から、みやぎ県民大学大学開放講座を一般市民に対して毎年継続して行っている。平成20年度も実施予定である。

日経産業新聞（全国紙）に本研究所教員執筆による流体科学に関する記事「テクノオンライン」を連載する（平成19年度は6回）等、流体科学の啓蒙活動を行っている。

仙台市科学館で毎年開催される「科学講演会」において、ペットボトルロケットの製作・講習会を実施している。この企画は14年間継続中である。

環境技術に関する社会貢献

広範囲に渡る環境関連分野の研究テーマに取り組んでいる。東北大学環境報告書（2007）には、流体科学研究所が実施中の環境関連研究テーマとして20件が示されている。また、平成17年7月に設立されたNPO法人「環境親和学研究所」の活動によっても貢献している。