

研究拠点形成事業（A. 先端拠点形成型）
最終年度 実施報告書（平成 25 年度採択課題）

（※本報告書は、前年度までの実施報告書とともに事後評価資料として使用します。）

1. 拠点機関

日本側拠点機関：	東北大学流体科学研究所
（フランス）拠点機関：	国立応用科学院リヨン校
（ドイツ）拠点機関：	フラウンホーファー非破壊検査研究所
（中国）拠点機関：	南京航空航天大学
（スウェーデン）拠点機関：	王立工科大学

2. 研究交流課題名

（和文）： 省エネルギーのための知的層材料・層構造国際研究拠点
（交流分野： 工学 ）

（英文）： International research core on smart layered materials
and structures for energy saving
（交流分野： Engineering ）

研究交流課題に係るホームページ：<http://www.ifs.tohoku.ac.jp/c2c/>

3. 採用期間

平成 25 年 4 月 1 日～平成 30 年 3 月 31 日

（ 5 年度目）

4. 実施体制

日本側実施組織

拠点機関：東北大学流体科学研究所

実施組織代表者（所属部局・職・氏名）：流体科学研究所・所長・大林 茂

コーディネーター（所属部局・職・氏名）：流体科学研究所・教授・高木 敏行

協力機関：神戸大学、東海大学、国立研究開発法人物質・材料研究機構、東京大学、
千葉大学

事務組織：東北大学国際交流課

相手国側実施組織（拠点機関名・協力機関名は、和英併記願います。）

（1）国名：フランス

拠点機関：（英文） INSA de Lyon

（和文） 国立応用科学院リヨン校

コーディネーター（所属部局・職・氏名）：（英文）

INSA de Lyon ・ Professor ・ CAVAILLE Jean-Yves

協力機関：(英文) Grenoble-INP、Ecole Centrale de Lyon

(和文) グルノーブル工科大学、リヨン中央理工科大学校

経費負担区分：パターン1

(2) 国名：ドイツ

拠点機関：(英文) Fraunhofer Institute for NDT

(和文) フラウンホーファー非破壊検査研究所

コーディネーター (所属部局・職・氏名)：(英文)

Fraunhofer Institute for NDT・Professor・BOLLER Christian

協力機関：(英文) Karlsruhe Institute of Technology, Saarland University, TU Dresden

(和文) カールスルーエ工科大学、ザールラント大学、ドレスデン工科大学

経費負担区分：パターン1

(3) 国名：中国

拠点機関：(英文) Nanjing University of Aeronautics and Astronautics

(和文) 南京航空航天大学

コーディネーター (所属部局・職・氏名)：(英文)

Nanjing University of Aeronautics and Astronautics・Professor・QIU Jinhao

協力機関：(英文) Xi'an Jiaotong University, Tsinghua University,

Shanghai Jiaotong University

(和文) 西安交通大学、清華大学、上海交通大学

経費負担区分：パターン1

(4) 国名：スウェーデン

拠点機関：(英文) KTH Royal Institute of Technology

(和文) 王立工科大学

コーディネーター (所属部局・職・氏名)：(英文)

KTH Royal Institute of Technology・Professor・LUNDELL Fredrik

経費負担区分：パターン1

5. 研究交流目標

5-1. 平成29年度研究交流目標

<研究協力体制の構築>

東北大学に設置されたリヨン大学連合(リヨンおよび サンティチェヌの主要 12 の大学からなるコンソーシアムであり、INSA-Lyon および ECL も加盟している)、フランス CNRS との国際混成研究所 ELyTMaX における研究協力体制を強化するとともに、科研費、国際共同研究費、企業との共同研究費などの外部資金を獲得し、自立した協力体制を目指す。また、東北大学に設置された ELyTMaX のミラーサイトとして ELyTMaX@Lyon をリヨン大学連合に今年度設置し、両サイトが一体運営を行うことにより協力体制を一層強化させる。また、現在、東北大学の海外拠点としてリエゾンオフィスがリヨン大学連合、KTH に設置されており、学術交流の支援活動がなされている。また、南京航空航天大学には流体科学研究所とのジョイントラボラトリの設置が計画されており、既に共同研究を推進してきている。これらのリエゾンオフィスやジョイントラボラトリと上述の ELyTMaX を核として、ELyTMaX、フラウンホーファー非破壊検査研究所、南京航空航天大学、KTH スウェーデン王立工科大学による国際研究ネットワーク ELyTGlobal を立ち上げ、今後 10 年にわたる連携を視野に入れて共同研究テーマの設定と立ち上げを行う。また、本拠点の研究成果を社会実装するための、国際産学連携を推進するために、企業との連携を図る。

<学術的観点>

知的層材料・層構造を実現するための研究として設定した重点課題として、ナノ粒子を用いたコールドスプレー法によるスマートコーティング、イオン導電性高分子型ポリマーを用いたアクチュエータ、磁性形状記憶合金層構造の開発、流動との相互作用に着目した複合材料のスマート創成、知的センシングと流動シミュレーションを融合した界面腐食のスマート管理、等の研究を推進しとりまとめる。さらに、これらの成果をふまえ、先進輸送機械とエネルギープラント保全の高度化を目指した産学連携のためのインキュベーションとなるテーマの推進と産学連携研究の開拓を行う。さらに若手研究者が海外において滞在し共同実験を行うことにより、応用展開と、本研究の学理の深化のための研究を推進する。

<若手研究者育成>

リヨンにおいて、知的材料・構造に関するサマースクールを開催し、将来の研究者である大学院生に国際共同研究プロジェクトの意義について理解してもらい、拠点への参加を呼びかける。若手研究者が複数の国に滞在し共同研究を進める若手回遊研究を実施している。第 2 次若手回遊研究では、これまでに整備された支援体制を活用して若手研究者に海外における複数の機関で研究を行ってもらおう。また、第 1 次および第 2 次若手回遊研究の総括を行い、今後の拠点における自立した育成体制を整備するための方針をとりまとめる。また、若手研究者に本研究拠点における共同研究を実際に担当してもらおうことにより、本拠点における将来の中心的な研究者となるべく育成を行う。

<その他（社会貢献や独自の目的等）>

本拠点では、国際産官学連携研究を目指しており、国際研究ネットワーク ELyTGlobal において、日本、フランス、ドイツ、中国、スウェーデンなどの民間企業と本研究ネットワークが接点を持つ機会を積極的に設ける。これまでに複数の企業が、本拠点に関連するワークショップに参加して頂き、その後共同研究を行っているが、今後も同様の事例が増えるよう体制を整備する。

5-2. 全期間を通じた研究交流目標

本事業は、東北大学とリヨンとの大学との過去10年以上にわたる研究交流を通して開拓された「知的構造材料」に関する研究分野の発展形として位置づけられ、近年進展の目覚ましいマルチマテリアル多機能性材料とセンシング技術との融合により、新たな知的構造体の創成を目指す。特に、知的構造体と流体との相互作用に着目した新しい省エネルギー機能を実現するための学理基盤を構築する。このために、東北大学を中心とする日本とリヨン、グルノーブルを中心とするフランスの研究チームに加え、センシング技術の産業応用について実績のあるドイツ・フラウンホーファ研究機構、中国における知的材料構造研究の重点拠点である中国・南京航空航天大学、境界層制御の拠点であるスウェーデン王立工科大学が加わり、研究を加速させる。

上記の研究分野を構築するための研究として、主に以下のテーマについて取り組む。

- 1) センシング機能と境界層の制御機能を有するスマート構造炭素繊維複合材料
- 2) スマート伝熱、制振、潤滑機能を有する知的層構造材料の開発
- 3) 耐食性を有する受動傾斜フィルムによる新しいエネルギープラント材料システム

これらの共同研究について、情報を共有するとともに学理を抽出するために、交流期間中に毎年セミナーを開催する。また、若手研究者の発掘と育成のために、サマースクール開催、国際大学院の連携、を積極的に推進するとともに、若手研究者の回遊研究を通じた研究者交流を図る。

目標に対する達成度とその理由

- 研究交流目標は十分に達成された
- 研究交流目標は概ね達成された
- 研究交流目標はある程度達成された
- 研究交流目標はほとんど達成されなかった

【理由】

日本、フランス、ドイツ、中国、スウェーデンが共同研究を行うことにより、知的構造体と流体との相互作用に着目した新しい省エネルギーを実現する知的層構造・層材料の学術基盤が構築された。また、本研究交流によって開拓された学術領域について、日仏共同研究を核とする多国間の共同で研究を進める研究ネットワークが形成されるとともに、そ

の核となるジョイントラボラトリ、即ち研究拠点が形成された。さらに今後、本研究の成果を社会実装するための国際産学連携への道筋が出来上がった。

6. 研究交流成果

6-1. 平成29年度の成果

(研究協力体制の構築状況、学術面の成果、若手研究者育成、社会貢献や独自の目的等についての平成29年度の成果を簡潔に記載してください。なお、交流を通じての相手国からの貢献及び相手国への貢献を含めてください。)

東北大学に設置されたリヨン大学連合、フランス CNRS との国際混成研究所 ELyTMaX のミラーサイトとして ELyTMaX@Lyon をリヨン大学連合に設置し、双方の大学が相手国に滞在し、共同研究を進める強固な研究協力体制を構築した。また日仏の ELyTMaX メンバーが、科研費、国際共同研究費、企業との共同研究費などの外部資金を獲得している。また、日仏のジョイントラボラトリである ELyTMaX を核とし、多国間共同研究ネットワークを構築するための ELyTGlobal プログラムをフランス CNRS の支援のもと開始した。本研究課題や ELyTMaX を通して実施してきた要素研究を社会実装するために、エネルギー、先進輸送システム、医工学の分野で共同研究テーマを設定し、立ち上げを行った。また、複数の日仏の企業が参加しており、今後産学国際連携ネットワークとしても機能する。ELyTGlobal プログラムでは、ドイツ研究者（フラウンホーファー非破壊検査研究所、カールスルーエ工科大学）も参画している。南京航空航天大学と流体科学研究所とのジョイントラボラトリを設置し、これまでの共同研究をさらに推進する体制を整えた。南京航空航天大学と KTH スウェーデン王立工科大学は今後、ELyTGlobal プログラムにおいて共同研究を推進する。

知的層材料・層構造を実現するための研究として設定した重点課題について、今年度は取り組むとともに、これまでの成果を取りまとめた。超高分子量ポリエチレン (UHMWPE) を固相のまま金属あるいはセラミック基材上へ成膜可能なコールドスプレー成膜技術を世界に先駆けて成功させた。セルロースナノファイバー (CNF) を原料とする高強度・高弾性セルロース単繊維を流動との相互作用に着目したスマート創成法を開発し、その製法としての検証を行った。また、知的センシングと流動シミュレーションを融合した界面腐食のスマート管理について研究を進めるとともに、福島第一原子力発電所の廃止措置に適用するために、具体的な研究プロジェクトを立ち上げた。このように、先進輸送機械とエネルギープラント保全の高度化を目指した産学連携のためのインキュベーションとなるテーマの推進がなされつつある。

リヨンにおいて、知的材料・構造に関するサマースクールを開催し、将来の研究者である大学院生に国際共同研究プロジェクトの意義について理解してもらい、多くの学生に関心を持ってもらった。一部の参加学生は、ダブルディグリーへの挑戦を検討してい

る。若手研究者が複数の国に滞在し共同研究を進める若手回遊研究プログラムの総括を行った。4名の博士後期課程学生が本プログラムに挑戦したが、いずれの学生も本研究課題の重要な成果を挙げる役割を担うとともに、ELyTMaXのコアメンバーとして活躍している。その意味で、若手回遊研究は成功を収めたものといえる。

- (1) 平成29年度に学術雑誌等に発表した論文・著書 58 本
うち、相手国参加研究者との共著 30 本
 - (2) 平成29年度の国際会議における発表 92 件
うち、相手国参加研究者との共同発表 45 件
 - (3) 平成29年度の国内学会・シンポジウム等における発表 35 件
うち、相手国参加者との共同発表 4 件
- (※ 「本事業名が明記されているもの」を計上・記入してください。)

6-2 全期間にわたる研究交流成果

(1) 研究協力体制の構築状況

① 日本側拠点機関の実施体制（拠点機関としての役割・国内の協力機関との協力体制等）

日本側拠点機関である東北大学流体科学研究所は、本研究交流を通じて、CNRSのUnite Mixte Internationale (UMI, 国際混成研究所)、ELyTMaXを設置するための主要な役割を担った。ELyTMaXにより、日仏が一体となって研究を行う実体ある組織を構築した。また、平成30年4月に、これらの成果を基盤として、概算要求により流体科学研究所附属リヨンセンターを設置した。リヨンセンターでは、教員と学生がリヨンに滞在し、国際共同研究を推進する。従って、本センターはELyTMaXと連携して多国間国際共同研究を推進するとともに、本研究交流における国内協力機関や国内の流体科学研究コミュニティとリヨン大学との研究協力を推進する役割を担う。

② 相手国拠点機関との協力体制（各国の役割分担・ネットワーク構築状況等）

上述のELyTMaXとリヨンセンターでは本研究課題を発展させて、材料と流体科学の融合研究を行う。ELyTMaXでは、フランスから5名の教員と研究員が東北大学に常駐している。また、リヨンセンターでは、2研究室が配置されている。これに加え、南京航空航天大学と流体科学研究所とのジョイントラボラトリが設置され、知的層構造・層材料を航空や宇宙の分野に展開する役割を担う。また、本研究交流で構築した研究ネットワークを発展させ、社会実装させるための取り組みとしてELyTGlobalプログラムをフランスCNRSの支援のもと開始した。ELyTGlobalでは、約30の研究プロジェクトが提案さ

れ、日本、フランス、ドイツ、スウェーデンの研究者により共同研究を推進している。今後、フランスを核として、中国、ドイツ、スウェーデンが多国間共同研究と、国際産学連携を行う自立したネットワークとして発展していくものと考えられる。

③ 日本側拠点機関の事務支援体制（拠点機関全体としての事務運営・支援体制）

東北大学流体科学研究所は、本研究交流やその他の研究交流を効果的に行うための運営・事務支援を行うために、国際研究教育センター (Global Collaborative Research and Education Center) を設置した。センターにおいて、海外からの研究者の受け入れや、共同研究の推進のための支援体制が整った。また、本センターは本研究交流が関連する各国のリエゾンオフィスやジョイントラボラトリとも緊密に連絡をとっており、様々な情報を集約している。

さらに本交流が契機となって、東北大学におけるジョイントラボラトリに滞在する外国人研究者をサポートする全学のセンターとして International Affairs Center が設置された。

（２）学術面の成果

本研究交流では、知的構造体と流体との相互作用に着目した新しい省エネルギー機能を実現するための学理基盤を構築するとともに、応用展開のための研究を推進した。主な成果は下記の通りである。

- 1) 超高分子量ポリエチレン (UHMWPE)を固相のまま金属あるいはセラミック基材上へ成膜可能なコールドスプレー成膜技術を世界に先駆けて成功させるとともに、材料科学と流体科学の観点から成膜法を体系化した。
- 2) 炭素系硬質薄膜を用いた摩擦システムにおいて、摩擦過程で自己形成される低摩擦発現表面層の存在を明示するとともにその制御の可能性を明らかにした。さらに、硬質材料に加え、トライボロジーの新たな研究として、強硬度ゲルのトライボロジーの研究を開始した。
- 3) セルロースナノファイバー (CNF) を原料とする高強度・高弾性セルロース単繊維の創製法について、流動との相互作用に着目した CNF 配向制御法に交流電場による配向促進を重畳させた革新的プロセス法を確立した。
- 4) エネルギープラントにおける配管減肉管理を、腐食科学に立脚したモデルと知的センシングを活用したモニタリングを融合させ、新しいリスク管理のための学問領域を開拓した。

（３）若手研究者育成

本研究課題では、若手研究者を発掘するための体制構築と育成システムの構築の両面から取り組んだ。フランス、ドイツ、中国、スウェーデン、日本の大学院学生で、本研究交流課題である流体と材料科学の融合領域において研究を行っている者を募集し、サマースク

ールを毎年開催した。本スクールの卒業生からダブルディグリーに挑戦する者を多く輩出した。

また、本研究交流に関連して、国際 NDT (Nondestructive Testing, 非破壊試験) スクールも開催され、学生用のテキストを作成した。

若手研究者が複数の国に滞在し共同研究を進める若手回遊研究プログラムを実施した。4名の博士後期課程学生が本プログラムに挑戦したが、いずれの学生も本研究課題の重要な成果を挙げる役割を担うとともに、ELyTMaXのコアメンバーとして活躍している。また本研究交流における日独仏3国による共同研究について、フランスで博士課程研究員の予算措置がなされている。

(4) 国際研究交流拠点の構築

流体科学研究所附属リヨンセンターが設置され、多国間国際共同研究を推進するとともに、国内研究機関とヨーロッパおよび中国との研究交流を促進する拠点が構築された。今後、国内外から共同研究課題を公募し、常に新しい切り口で共同研究を展開していく。

フランス CNRS の支援により、ELyTGlobal プロジェクトを進めており、流体科学研究所が日本側の取りまとめの役割を果たしている。共同研究の推進、ワークショップによる共同研究の情報共有、サマースクールによる若手人材の発掘を行い、研究交流を活性化させる仕組みを整備している。

(5) 社会貢献や独自の目的等

本研究交流の成果として整備されたジョイントラボラトリ ELyTMaX、東北大学流体科学研究所リヨンセンター、多国間研究ネットワーク ELyTGlobal のそれぞれの取り組みでは、研究成果を社会実装することを目標に考えている。現在、複数の日仏企業や国の研究機関（フランス原子力庁、物質材料機構、電力中央研究所等）が ELyTGlobal に参加しており、今後国際産学連携ネットワークとして発展していくことが期待されている。

(6) 予期しなかった成果

ジョイントラボラトリ ELyTMaX においては、日仏の研究者が相手国に常駐して共同研究を進める実体のある研究所である。従って、科研費、国際共同研究費、企業との共同研究費などの外部資金を積極的に獲得する体制が自発的に整っている。その一例として、福島第一原子力発電所の廃止措置に関する日仏共同研究事業(ANR-MEXT, 平成 29-32 年度)プロジェクト PYRAMID*において、過酷環境において信頼性の高い減肉評価が可能な電磁超音波センサを用いたオンラインモニタリングと福島第一原子力発電所の環境を考慮した減肉モデルに基づく減肉シミュレーションを併用することにより、配管系

のリスクを管理する新しい方法論を確立する取り組みがなされている。

この一連の研究交流がきっかけとなり、フランス側コーディネータのアレンジもあり INSA-Lyon のラグビーチーム（38名）が平成30年4月に東北大学を訪問し、交流試合をするとともに、研究施設を見学した。数年後の共同教育や共同研究の担い手になる学生も複数いるものと考えている。

* Piping sYstem, Risk management based on wAll thinning MonItoring and prediction

（7）今後の課題・問題点及び展望

国際共同研究を行うジョイントラボラトリという拠点と、これを核とする国際研究ネットワークが形成され、今後流体科学と材料科学との融合領域において研究を推進する体制が構築された。今後この体制が持続可能で自立したものになる必要がある。企業との共同研究、EU 研究プログラムへの積極的な参加を通して、国際産学官連携により構築した拠点の運営の費用を調達する自立的な拠点へと成長することが今後の課題である。

（8）本研究交流事業により全期間中に発表された論文等

①全期間中に学術雑誌等に発表した論文・著書 255 本

うち、相手国参加研究者との共著 95 本

②全期間中の国際会議における発表 470 件

うち、相手国参加研究者との共同発表 166 件

③全期間中の国内発表・シンポジウム等における発表 100 件

うち、相手国参加研究者との共同発表 13 件

（※ 「本事業名が明記されているもの」を計上・記入してください。）

（※ 詳細は別紙「論文リスト」に記入してください。）

7. 平成29年度及び全期間にわたる研究交流実績状況

7-1 共同研究

整理番号	R-1	研究開始年度	平成25年度	研究終了年度	平成29年度
研究課題名	<p>(和文) 先進的輸送機械のための知的層材料・層構造研究</p> <p>(英文) Smart layered materials and structures for advanced transportation</p>				
日本側代表者 氏名・所属・職	<p>(和文) 足立 幸志・東北大学大学院工学研究科・教授</p> <p>(英文) ADACHI Koshi, School of Engineering, Tohoku University, Professor</p>				
相手国側代表者 氏名・所属・職	<p>(英文) BOLLER Christian, Fraunhofer Institute for NDT, Professor</p> <p>KAPSA Philippe, Ecole Centrale de Lyon, Director of Research (CNRS)</p> <p>QIU Jinhao, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Professor</p> <p>LUNDELL Fredrik, KTH Royal Institute of Technology, Professor</p>				
29年度の研究 交流活動及び得 られた成果	<p>航空機や地上輸送システムへの適用を念頭に、1) 流動との相互作用に着目したスマートコーティング、2) スマートセンシング材料の創成についての研究を進めた。研究項目 1) については、高分子量ポリエチレン (UHMWPE)を固相のまま金属あるいはセラミック基材上へ成膜可能なコールドスプレー成膜技術を世界に先駆けて成功させた。また、炭素系硬質薄膜を用いた摩擦システムにおいて、摩擦過程で自己形成される低摩擦発現表面層の存在を明示するとともにその制御の可能性を明らかにした。研究項目 2) については、知的流動場制御によるセルロースナノファイバ(CNF)を用いた高強度・高弾性セルロース単繊維の創成法について研究を進め、その有効性を示した。</p> <p>また研究項目 1 および 2 の成果に基づいて、産学連携を視野にいれた検討を行っている。例えば、ディーゼルエンジンの吸気過程における流れの構造について、KTH スウェーデン王立工科大学との共同研究が進められている。また、キャビテーションによる壊食メカニズムに立脚したスマート防食コーティング、流体構造連成解析に基づく水素タンクのスマート強化レイヤーの設計などの研究テーマを設定した。</p>				

<p>全期間にわたる 研究交流活動及 び得られた成果 の概要</p>	<p>知的構造体と流体との相互作用に着目した新しい省エネルギー機能を実現するための学理基盤を構築し、下記の成果を挙げた。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 超高分子量ポリエチレン (UHMWPE)を固相のまま金属あるいはセラミック基材上へ成膜可能なコールドスプレー成膜技術を世界に先駆けて成功させるとともに、材料科学と流体科学の観点から成膜法を体系化した。 2) 炭素系硬質薄膜を用いた摩擦システムにおいて、摩擦過程で自己形成される低摩擦発現表面層の存在を明示するとともにその制御の可能性を明らかにした。さらに、硬質材料に加え、バイオトライボロジーの新たな研究として、強硬度ゲルのトライボロジーの研究を開始した。 3) セルロースナノファイバー (CNF) を原料とする高強度・高弾性セルロース単繊維の創製法について、流動との相互作用に着目した CNF 配向制御法に交流電場による配向促進を重畳させた革新的プロセス法を確立した。
--	--

整理番号	R-2	研究開始年度	平成25年度	研究終了年度	平成29年度
研究課題名	<p>(和文) エネルギープラント保全のための知的層材料・層構造研究</p> <p>(英文) Smart layered materials and structures for energy plant maintenance</p>				
日本側代表者 氏名・所属・職	<p>(和文) 高木 敏行・東北大学流体科学研究所・教授</p> <p>(英文) TAKAGI Toshiyuki, Institute of Fluid Science, Tohoku University, Professor</p>				
相手国側代表者 氏名・所属・職	<p>(英文) DOBMANN Gerd, Saarland University, Senior Scientific Consultant</p> <p>CAVILLE Jean-Yves, INSA de Lyon, Professor</p> <p>CHEN Zhenmao, Xi'an Jiaotong University, Professor</p> <p>LUNDELL Fredrik, KTH Royal Institute of Technology, Professor</p>				
29年度の研究 交流活動及び得 られた成果	<p>エネルギープラントの保全の高度化のための知的層材料・層構造研究として、特にこれまでの成果を踏まえ、知的センサを用いたスマートモニタリングに関する研究のための応用展開のための共同研究を実施した。また、これまでに開発したセンサの適用性に関する研究を行った。特に、信頼性の高い減肉評価が可能な電磁超音波センサを用いたオンラインモニタリングと様々な環境因子を考慮した減肉モデルに基づく減肉シミュレーションを併用することにより、配管系のリスクを管理する新しい方法論について議論を行った。</p> <p>エネルギープラントの保全の高度化は、エネルギー生産の効率化、リスクの低減につながり、大きな省エネルギー効果をもたらす。また、本研究は福島第一原子力発電所の廃止措置におけるリスク管理法としても適用することを検討している。</p>				
全期間にわたる 研究交流活動及 び得られた成果 の概要	<p>エネルギープラントの保全の高度化のための知的層材料・層構造研究として、特に産学連携を視野に入れて、1) 新しいセンサ・モニタリングのための材料の開発、2) 耐熱、耐食性を有する新しいエネルギープラント材料システム研究、の応用展開のための共同研究を実施した。また、これらの成果を応用展開するために、エネルギープラントにおける配管減肉管理を、腐食科学に立脚したモデルと知的センシングを活用したモニタリングを融合させ、新しいリスク管理のための学問領域を開拓した。</p>				

7-2 セミナー

(1) 全期間において実施したセミナー件数

	平成25年度	平成26年度	平成27年度	平成28年度	平成29年度
国内開催	2回	3回	2回	3回	1回
海外開催	2回	1回	4回	2回	2回
合計	4回	4回	6回	5回	3回

(2) 平成29年度セミナー実施状況

整理番号	S-1
セミナー名	(和文) 日本学術振興会研究拠点形成事業「第4回省エネルギーのための知的層材料・層構造国際シンポジウム」
	(英文) JSPS Core-to-Core Program “Fourth International Symposium on Smart Layered Materials and Structures for Energy Saving”
開催期間	平成29年11月1日～平成29年11月1日(1日間)
開催地(国名、都市名、会場名)	(和文) 日本、仙台、仙台国際センター
	(英文) Japan, Sendai, Sendai International Center
日本側開催責任者 氏名・所属・職	(和文) 高木 敏行・東北大学流体科学研究所・教授
	(英文) TAKAGI Toshiyuki, Institute of Fluid Science, Tohoku University, Professor
相手国側開催責任者 氏名・所属・職 (※日本以外で開催の場合)	(英文)

参加者数

派遣先 派遣元		セミナー開催国 (日本)	
		A.	B.
日本 〈人／人日〉	A.	42/ 42	
	B.	19	
フランス 〈人／人日〉	A.	5/ 20	
	B.	2	
ドイツ 〈人／人日〉	A.	1/ 4	
	B.	0	
中国 〈人／人日〉	A.	7/ 21	
	B.	2	
合計 〈人／人日〉	A.	55/ 87	
	B.	23	

A. 本事業参加者（参加研究者リストの研究者等）

B. 一般参加者（参加研究者リスト以外の研究者等）

※日数は、出張期間（渡航日、帰国日を含めた期間）としてください。これによりがたい場合は、備考欄を設け、注意書きを付してください

セミナー開催の目的	<p>本国際会議は、流動ダイナミクスに関する国際シンポジウム ICFD2017 との連携により開催する（本セミナーは分科会として開催）。本国際研究拠点を通しての共同研究の最終的な成果について発表を行い、特に省エネルギーのための知的層材料・層構造の今後の応用にむけた具体的な議論を行う。また、企業等からも参加者を募り、今後の産学連携についても議論する。本国際研究拠点の活動について、ICFD2017に参加している世界の流動ダイナミクス研究者に対して情報発信を行う。</p>		
セミナーの成果	<p>省エネルギーのための知的層材料・層構造国際研究拠点の研究について、主要参加研究者によるこれまでの研究成果について、1) 知的センシング、2) 知的層材料の創成、3) 知的材料の創成、4) 省エネルギーシステムの構築、の観点から取りまとめを行った。また、これまでの研究の総括を行い、今後のジョイントラボラトリ ELyTMax を通した産学連携に向けた方針、ELyTGlobalプログラムにより構築した研究ネットワークの継続について議論した。また、本研究拠点の取り組みを世界に向けて情報発信した。</p>		
セミナーの運営組織	<p>高木 敏行・東北大学流体科学研究所・教授 CAVILLE Jean-Yves・INSA de Lyon・Professor BOLLER Christian・Fraunhofer Institute for NDT・Professor QIU Jinhao・Nanjing University of Aeronautics and Astronautics・Professor LUNDELL Fredrik・KTH Royal Institute of Technology・Professor</p>		
開催経費 分担内容 と金額	日本側	<p>内容 プロシーディングス 看板</p>	<p>金額 52,574 円 金額 15,120 円 合計 67,694 円</p>
	(フランス) 側	内容 外国旅費	
	(ドイツ) 側	内容 外国旅費	
	(中国) 側	内容 外国旅費	

整理番号	S-2
セミナー名	(和文) 日本学術振興会研究拠点形成事業「Lyon ELyT スクール 2017」
	(英文) JSPS Core-to-Core Program “ELyT School 2017 in Lyon”
開催期間	平成 29 年 9 月 3 日 ～ 平成 29 年 9 月 12 日 (10 日間)
開催地(国名、都市名、会場名)	(和文) フランス、リヨン、国立応用科学院リヨン校・リヨン中央理工科大学校
	(英文) France, Lyon, INSA de Lyon, Ecole Centrale de Lyon
日本側開催責任者 氏名・所属・職	(和文) 高木 敏行・東北大学流体科学研究所・教授
	(英文) TAKAGI Toshiyuki, Institute of Fluid Science, Tohoku University, Professor
相手国側開催責任者 氏名・所属・職 (※日本以外で開催の場合)	(英文) FRIDRICI Vincent, Ecole Centrale de Lyon, Associate Professor
	FAVE Alain, INSA de Lyon, Associate Professor

参加者数

派遣先 派遣元		セミナー開催国 (フランス)	
		A.	B.
日本 〈人／人日〉	A.	16 / 196	
	B.	7	
フランス 〈人／人日〉	A.	8 / 80	
	B.	19	
中国 〈人／人日〉	A.	0 / 0	
	B.	2	
合計 〈人／人日〉	A.	24 / 276	
	B.	28	

A. 本事業参加者（参加研究者リストの研究者等）

B. 一般参加者（参加研究者リスト以外の研究者等）

※日数は、出張期間（渡航日、帰国日を含めた期間）としてください。これによりがたい場合は、備考欄を設け、注意書きを付してください

<p>セミナー開催の目的</p>	<p>若手研究者の育成の前提として、将来の本研究拠点を担う若手人材の発掘が必要である。そこで、フランス、ドイツ、中国、スウェーデン、日本の大学院学生で、本研究交流課題であるエネルギーに関連する研究を行っている者を募集し、サマースクールを開催する。本年度はリヨンにおいてスクールを開催し、フランスの著名な研究者による講演や議論をとおして、学生にグローバルな視野を持たせる。また、本研究の成果や今後の展望についても、積極的に紹介する。海外との学生と共同でプロジェクトに取り組む機会を与え、将来の国際共同研究のマネジメントを学んでもらう。さらに、海外からの学生にはフランス文化についても理解してもらうための催しも予定する。</p>	
<p>セミナーの成果</p>	<p>本サマースクールを通して、将来の知的層材料・層構造研究を担う若手学生に対して、本研究課題の取り組みについて紹介した。特に、研究者として活躍してもらうための動機付けを行い、多くの学生に関心を持ってもらった。また彼らに国際的な視野を持つことの重要性を認識させるとともに、海外の研究者とのコミュニケーション能力を涵養した。今後、本サマースクールに参加した学生の中から、本研究課題について取り組む学生が出てくるのが期待できる。</p>	
<p>セミナーの運営組織</p>	<p>高木 敏行・東北大学流体科学研究所・教授 和田 直人・東北大学流体科学研究所・特任教授 FRIDRICI Vincent・Ecole Centrale de Lyon・Associate Professor FAVE Alain・INSA de Lyon・Associate Professor</p>	
<p>開催経費 分担内容 と金額</p>	<p>日本側</p>	<p>内容 外国旅費 金額 3,371,717 円</p>
	<p>(フランス) 側</p>	<p>内容 会場費、印刷費、会議費</p>
	<p>(中国) 側</p>	<p>内容 外国旅費</p>

整理番号	S-3
セミナー名	(和文) 日本学術振興会研究拠点形成事業「ELyT ワークショップ・省エネルギーのための知的層材料・層構造セッション」 (英文) JSPS Core-to-Core Program “Special Session for smart layered materials and structures for energy saving”
開催期間	平成 30 年 3 月 6 日 ～ 平成 30 年 3 月 8 日 (3 日間)
開催地 (国名、都市名、会場名)	(和文) フランス、サティリユー、BEST WESTERN Hotel La Gentilhommière (英文) France, Satillieu, BEST WESTERN Hotel La Gentilhommière
日本側開催責任者氏名・所属・職	(和文) 高木 敏行・東北大学流体科学研究所・教授 内一 哲哉・東北大学流体科学研究所・教授 (英文) TAKAGI Toshiyuki, Institute of Fluid Science, Tohoku University, Professor UCHIMOTO Tetsuya, Institute of Fluid Science, Tohoku University, Professor
相手国側開催責任者氏名・所属・職 (※日本以外で開催の場合)	(英文) FABREGUE Damien, INSA de Lyon, Professor FONTAINE Julien, Ecole Centrale de Lyon, Professor

参加者数

派遣先 派遣元		セミナー開催国 (フランス)	
		A.	B.
日本 〈人／人日〉	A.	26 / 138	
	B.	13	
フランス 〈人／人日〉	A.	13 / 52	
	B.	24	
ドイツ 〈人／人日〉	A.	1 / 5	
	B.	0	
合計 〈人／人日〉	A.	40 / 195	
	B.	37	

A. 本事業参加者 (参加研究者リストの研究者等)

B. 一般参加者 (参加研究者リスト以外の研究者等)

※日数は、出張期間 (渡航日、帰国日を含めた期間) としてください。これによりがたい場

合は、備考欄を設け、注意書きを付してください

<p>セミナー開催の目的</p>	<p>東北大学およびリヨン大学連合とのジョイントラボトリプログラム ELyTGlobal のワークショップにおいて、本研究拠点のこれまでの研究を総括する。また、リヨン大学連合と東北大学の双方に設置された CNRS の Unite Mixte Internationale (UMI, 国際混成研究所) ELyTMaX を活用した連携方法、今後の自立した拠点とネットワークの形成に向けて議論を行う。また、特に、フランス、ドイツ、中国、スウェーデン、日本の研究者がどのように今後も継続して協力体制を継続するか、国際産学連携体制の強化について、議論を行う。</p>	
<p>セミナーの成果</p>	<p>これまでの本研究拠点における研究成果を社会実装の観点から総括した。即ち、エネルギー、先進輸送システムへの応用展開への方向付けについて議論した。また、将来の研究協力体制、学術的な取り組みの方向性、若手研究者育成のための協力体制の確認、などを行った。また、ELyTMaX、ELyTGlobal 事業と本研究プログラムの今後の連携について議論を行った。特に、産学連携や外部資金の獲得について議論した。また、東北大学、INSA-Lyon 両大学の国際戦略において、本研究課題の取組みは重要であることを確認するとともに、この活動を継続し発展させるための、ELyTMaX、ELyTGlobal、平成 30 年度に設置される東北大学流体科学研究所附属リヨンセンターにおける活動方針を議論した。</p>	
<p>セミナーの運営組織</p>	<p>高木 敏行・東北大学流体科学研究所・教授 内一 哲哉・東北大学流体科学研究所・教授 FABREGUE Damien・INSA de Lyon・Professor FONTAINE Julien・Ecole Centrale de Lyon・Professor</p>	
<p>開催経費 分担内容 と金額</p>	<p>日本側</p>	<p>内容 外国旅費 金額 4,715,496 円</p>
	<p>(フランス) 側</p>	<p>内容 会場費、印刷費、会議費、国内旅費</p>
	<p>(ドイツ) 側</p>	<p>内容 外国旅費</p>

7-3 研究者交流（共同研究、セミナー以外の交流）

共同研究、セミナー以外でどのような交流（日本国内の交流を含む）を行ったか記入してください。

（1）平成29年度実施状況

日数	派遣研究者		訪問先・内容		派遣先
	氏名・所属・職名	氏名・所属・職名	内容		
3 日間	高木 敏行・東北大学流体科学研究所・教授	SEBALD Gael・INSA de Lyon・Professor	本事業の共同研究体制に関する打合せ		フランス
1 日間	和田 直人・東北大学流体科学研究所・特任教授	高木 敏行・東北大学流体科学研究所・教授	本事業の成果報告に関する打ち合わせ		日本
5 日間	高木 敏行・東北大学流体科学研究所・教授	-	本事業の国際連携体制に関する打ち合わせ・情報収集(CEA Saclay, Universite Paris-Sud, MINES Paristech(パリ))		フランス

（2）全期間にわたる実施状況概要

知的構造材料に関する国際会議において本事業の取り組みを紹介する発表を行い、研究推進のための情報収集を行った。また、本事業に関連する国際連携体制を議論するために、フランス CNRS、CEA などの研究機関や他の国際共同研究拠点との意見交換や協力体制構築のための情報収集を適宜行った。また、本事業のセミナー等の実施計画について議論するために、各相手国の拠点機関を訪問した。

7-4 中間評価の指摘事項等を踏まえた対応

※中間評価の指摘事項等を踏まえ、交流計画等に反映させた場合、その対応について記載してください。

1) 研究協力体制について

フランス、中国との研究協力が偏重しており、ドイツ、スウェーデンとの研究協力が十分に行われていない点、3カ国以上の研究者による共著論文が少ない点について

ディーゼルエンジンの吸気過程における流れの構造について、日本側研究者（東北大学）が平成28年6月から平成29年3月までKTH スウェーデン王立工科大学に客員研究員として滞在し、共同研究を行った。国際学術雑誌に成果を2件投稿中である。また、平成29年11月から12月にかけて王立工科大学の共同研究者2名を東北大学へ招き、共同研究を遂行した。

セルロースナノファイバー（CNF）を原料とする高強度・高弾性セルロース単繊維の創製に関してKTH スウェーデン王立工科大学のLundell教授と共同研究を立ち上げた。KTH側で開発された従来の伸長流動場によるCNF配向制御法に交流電場による配向促進を重畳させた革新的プロセス法を提案し、平成28年にKTHにおいて実験を行い、その有効性を示した。その後、流体科学研究所において継続的に研究を行い、プロセスを最適化することでセルロース単繊維のさらなる高強度化に成功した。学会で発表された本研究成果に対し、優秀講演賞などを受賞するなど学生の育成に大きく貢献した。

本研究交流の枠組みにおいて日本、フランス、ドイツの3国により薄膜磁性形状記憶合金を用いたエネルギー回収システムに関する共同研究が進められている。現在、フランスにおいて本研究に専念する博士課程研究員の予算措置がなされている。

ELyTGlobalプログラムなどの枠組みを活用して、平成29年度以降フランス以外の研究者も加わり研究を推進している。これらの活動により、3カ国以上の研究者による共著論文の数が増えることが期待される。

2) 学術面について

知的層材料層構造に関する具体的な研究が進展していない点

知的材料に関する研究について、ナノ粒子を用いたコールドスプレー法に関して、日本側研究者とフランス側研究者で平成29年度科研費・基盤研究（A）に採択された。これらの研究費を活用し、超高分子量ポリエチレン（UHMWPE）を固相のままセラミック基材上へ成膜可能なコールドスプレー成膜技術を世界に先駆けて成功させている。

知的構造材と流体融合して新しい知的層材料のための学理を構築するとのことであるが、具体的にどのような学理が構築されつつあるのか、わからない。また、論文のタイトルから推察する限り、材料系の研究と推測される論文は全体の1/3程度に思われ、集中的に新材料開発の拠点を形成しようという姿勢が読み取れない。

平成 28 年度に、エネルギー応用、輸送機械応用のそれぞれに対して、a) 材料開発と界面制御、b) モデリング にグループを分けそれぞれの具体的テーマを改めて検討し、今後の連携について議論を行った。その結果、平成 28 年度から 29 年度にかけて下記の顕著な成果を挙げている。

- 1) 超高分子量ポリエチレン (UHMWPE) を固相のまま金属あるいはセラミック基材上へ成膜可能なコールドスプレー成膜技術を世界に先駆けて成功させるとともに、材料科学と流体科学の観点から成膜法を体系化した。
- 2) 炭素系硬質薄膜を用いた摩擦システムにおいて、摩擦過程で自己形成される低摩擦発現表面層の存在を明示するとともにその制御の可能性を明らかにした。さらに、硬質材料に加え、トライボロジーの新たな研究として、強硬度ゲルのトライボロジーの研究を開始した。
- 3) セルロースナノファイバー (CNF) を原料とする高強度・高弾性セルロース単繊維の創製法について、流動との相互作用に着目した CNF 配向制御法に交流電場による配向促進を重畳させた革新的プロセス法を確立した。
- 4) エネルギープラントにおける配管減肉管理を、腐食科学に立脚したモデルと知的センシングを活用したモニタリング、ビッグデータ解析を融合させ、新しいリスク管理のための学問領域を開拓した。

また、これらの成果をうけて、本研究交流の成果であるジョイントラボラトリ ELyTMax では、過酷環境下での材料研究について研究を行っている。また、ELyTGlobal プロジェクトでは、材料・材料設計、モデリング・シミュレーション、界面科学の学問領域が連携して、エネルギー、先進輸送システムにおいて応用するための枠組みを設定し、共同研究を推進している。

3) 研究交流活動状況

今後は学生の研究指導も含め教員も相互に中長期滞在できる交流の更なる活性化が望まれる点について

平成 30 年 4 月に、本研究交流の成果を基盤として、概算要求により流体科学研究所附属リヨンセンターを設置した。リヨンセンターでは、教員と学生がリヨンに中長期滞在し、フランスのみでなくヨーロッパの研究者と国際共同研究を推進する。従って、本センターは ELyTMax と連携して多国間国際共同研究を推進すると考えられる。

ダブルディグリーに挑戦する学生を増やす点について

ELyT School を通じて、フランス・リヨンから東北大学に滞在しダブルディグリー（博士課程）に挑戦する学生は、平成 27 年度は 3 名、28 年度は 4 名、29 年度は 4 名であり確実に増えている。一方東北大学から平成 28 年度、平成 29 年度にダブルディグリーに挑戦した学生はそれぞれ 1 名であり、日本の学生を増やすことが課題である。尚、現在ダブルディグリーに挑戦している学生は、本研究交流で回遊研究プログラムにより研究を行っている。

1名は、日本、フランス、スウェーデンの3国で研究を実施している。現在、設置予定の国際共同大学院における共同指導学位 (Joint Supervised Degree)などで連携することを検討している。

8. 研究交流実績総人数・人日数

8-1 平成29年度の相手国との交流実績

派遣先 派遣元	四半期	日本	フランス	ドイツ	中国	スウェーデン	合計
日本	1		1/3 (3/179)	()	(5/19)	(1/3)	1/3 (9/201)
	2		20/263 (11/222)	()	(1/8)	(2/16)	21/272 (14/246)
	3		3/27 (3/190)	(1/1)	(1/14)	()	3/27 (5/205)
	4		17/155 (18/408)	()	()	()	19/169 (18/408)
	計		41/448 (35/999)	0/0 (1/1)	2/17 (7/41)	1/6 (3/19)	44/471 (46/1060)
フランス	1	(5/382)		()	()	()	0/0 (5/382)
	2	(5/303)		()	()	()	0/0 (5/303)
	3	(12/420)		()	()	()	0/0 (12/420)
	4	(8/461)		()	()	()	0/0 (8/461)
	計	0/0 (30/1566)		0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (30/1566)
ドイツ	1	(1/18)	()		(2/94)	()	0/0 (3/112)
	2	(1/1)	(2/11)		(3/43)	()	0/0 (6/55)
	3	(2/13)	()		(2/26)	()	0/0 (4/39)
	4	(1/47)	(1/5)		()	()	0/0 (2/52)
	計	0/0 (5/79)	0/0 (3/16)		0/0 (7/163)	0/0 (0/0)	0/0 (15/258)
中国	1	(2/150)	()	()		()	0/0 (2/150)
	2	(4/118)	(5/46)	()		()	0/0 (9/164)
	3	(11/142)	()	()		()	0/0 (11/142)
	4	(1/90)	()	()		()	0/0 (1/90)
	計	0/0 (18/500)	0/0 (5/46)	0/0 (0/0)		0/0 (0/0)	0/0 (23/546)
スウェーデン	1	()	()	()		()	0/0 (0/0)
	2	()	()	()		()	0/0 (0/0)
	3	(3/22)	()	()		()	0/0 (3/22)
	4	()	()	()		()	0/0 (0/0)
	計	0/0 (3/22)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)		0/0 (0/0)	0/0 (3/22)
合計	1	0/0 (8/550)	1/3 (3/179)	0/0 (0/0)	0/0 (7/113)	0/0 (1/3)	1/3 (19/845)
	2	0/0 (10/422)	20/263 (18/279)	0/0 (0/0)	1/9 (4/51)	0/0 (2/16)	21/272 (34/768)
	3	0/0 (28/597)	3/27 (3/190)	0/0 (1/1)	0/0 (3/40)	0/0 (0/0)	3/27 (35/828)
	4	0/0 (10/598)	17/155 (19/413)	0/0 (0/0)	1/8 (0/0)	1/6 (0/0)	19/169 (29/1011)
	計	0/0 (56/2167)	41/448 (43/1061)	0/0 (1/1)	2/17 (14/204)	1/6 (3/19)	44/471 (117/3452)

※各国別に、研究者交流・共同研究・セミナーにて交流した人数・人日数を記載してください。(なお、記入の仕方の詳細については「記入上の注意」を参考にしてください。)

※日本側予算によらない交流についても、カッコ書きで記入してください。(合計欄は()をのぞいた人数・人日数としてください。)

8-2 平成29年度の国内での交流実績

1		2		3		4		合計	
0/0	(0/0)	1/1	(0/0)	0/0	(0/0)	4/11	(0/0)	5/12	(0/0)

8-3 全期間にわたる派遣・受入人数

年度	平成25年度	平成26年度	平成27年度	平成28年度	平成29年度
派遣人数 (人)	42(19)	49(18)	43(38)	38(23)	44(46)
受入人数 (人)	0(35)	0(135)	0(54)	0(128)	0(56)

※各年度の実施報告書の「相手国との交流実績」に記載の人数を転記してください。相手国側マッチングファンド等日本側予算によらない交流については()で記載してください。

9. 経費使用総額

9-1 平成29年度経費使用額

(単位 円)

	経費内訳	金額	備考
研究交流経費	国内旅費	279,380	国内旅費、外国旅費の合計は、研究交流経費の50%以上であること。
	外国旅費	13,397,926	
	謝金	0	
	備品・消耗品購入費	598,423	
	その他の経費	1,684,271	
	不課税取引・非課税取引に係る消費税	0	大学にて別途負担
	計	15,960,000	研究交流経費配分額以内であること。
業務委託手数料		1,596,000	研究交流経費の10%を上限とし、必要な額であること。また、消費税額は内額とする。
合 計		17,556,000	

9-2 全期間にわたる経費使用額

(単位 千円)

	平成25年度	平成26年度	平成27年度	平成28年度	平成29年度
国内旅費	625	1,876	903	511	279
外国旅費	14,033	11,936	12,030	11,485	13,398
謝金	0	0	0	0	0
備品・消耗品購入費	27	566	267	868	599
その他の経費	1,155	1,462	1,300	1,636	1,684
外国旅費・謝金等に係る消費税(※2)	0	0	0	0	0
合計	15,840	15,840	14,500	14,500	15,960

※各年度の実施報告書の「経費使用額」を千円単位にして転記してください。

※2 平成28・29年度は「不課税取引・非課税取引に係る消費税」となります。

10. 相手国マッチングファンド使用額

10-1 平成29年度使用額

相手国名	経費負担区分	平成29年度使用額	
		現地通貨額[現地通貨単位]	日本円換算額
フランス	パターン1	35,000 [ユーロ]	466万円 相当
ドイツ	パターン1	29,000 [ユーロ]	385万円 相当
中国	パターン1	157,000 [元]	268万円 相当
スウェーデン	パターン1	69,000 [スウェーデンクローネ]	90万円 相当

※交流実施期間中に、相手国が本事業のために使用したマッチングファンドの金額について、現地通貨での金額、及び日本円換算額を記入してください。

※経費負担区分

パターン1：日本側研究者の経費は振興会が、相手国側研究者の経費は相手国側学術振興機関等が負担。

パターン2：派遣国が派遣にかかる費用を負担し、受入国が受入にかかる滞在費等を負担。

10-2 全期間にわたる相手国のマッチングファンドの状況概要

フランス

	平成25年	平成26年	平成27年	平成28年	平成29年	合計
獲得状況						
ユーロ	60,000	60,000	60,000	60,000	30,000	270,000
日本円	7,260,000	8,560,000	8,100,000	7,800,000	3,760,000	35,480,000
使用状況						
ユーロ	120,300	54,800	64,000	67,000	35,000	341,100
日本円	17,086,209	7,124,000	8,320,000	8,107,000	4,660,000	45,297,209

ドイツ

	平成 25 年	平成 26 年	平成 27 年	平成 28 年	平成 29 年	合計
獲得状況						
ユーロ	714,000	539,000	539,000	329,000	181,000	2,302,000
日本円	86,480,000	76,820,000	72,760,000	42,770,000	22,630,000	301,460,000
使用状況						
ユーロ	8,300	17,400	32,000	43,000	29,000	129,700
日本円	1,178,849	2,262,000	4,160,000	5,203,000	3,850,000	16,653,849

中国

	平成 25 年	平成 26 年	平成 27 年	平成 28 年	平成 29 年	合計
獲得状況						
元	1,780,000	480,000	480,000	330,000	150,000	3,220,000
日本円	26,520,000	8,050,000	9,280,000	5,940,000	2,550,000	52,340,000
使用状況						
元	99,200	87,000	350,000	350,000	157,000	1,043,200
日本円	1,649,696	1,653,000	6,300,000	5,600,000	2,680,000	17,882,696

スウェーデン

	平成 25 年	平成 26 年	平成 27 年	平成 28 年	平成 29 年	合計
獲得状況						
クローネ	-	120,000	120,000	80,000	80,000	400,000
日本円	-	1,950,000	1,750,000	1,120,000	1,120,000	5,940,000
使用状況						
クローネ	-	71,000	29,000	84,000	69,000	253,000
日本円	-	994,000	406,000	1,092,000	900,000	3,392,000