

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	X線回折・散乱法を用いた構造解析による研究支援と高度技術人財養成に関する組織運営
Title(English)	
著者(和文)	梶谷孝
Authors(English)	Takashi Kajitani
出典 / Citation	TCカレッジ TC論文
発行日 / Pub. date	2023, 3

令和4年度 TC論文

X線回折・散乱法を用いた構造解析による研究支援と
高度技術人財養成に関する組織運営

東京工業大学
オープンファシリティセンター
TCカレッジ 構造解析コース

梶谷 孝

第1章 緒論

- 1-1. 東京工業大学オープンファシリティセンターの概要
- 1-2. 高度技術人財養成プログラム「TC カレッジ」
- 1-3. 構造解析系 TC コースの概要
- 1-4. 構造解析に関係する技術、技能、手法
- 1-5. 構造解析系 TC コースへの申請に至る経緯
- 1-6. 本論文の構成

第2章 技術職員採用以前の取り組み（研究活動）

- 2-1. 研究活動の概要
- 2-2. 代表的な研究1（筆頭著者）
- 2-3. 代表的な研究2（共著者、学内）
- 2-4. 代表的な研究3（共著者、学外国際共同研究）
- 2-5. 現在の研究支援活動に繋がる参考事例

第3章 技術職員採用後の取り組み（研究支援活動）

- 3-1. 研究支援活動の方針と取り組みの概要
- 3-2. 代表的な研究支援活動（学内共同研究）
- 3-3. TC カレッジ受講による研究支援活動の広がり

第4章 高度技術人財養成に関する組織運営

- 4-1. TC カレッジ事務局統括としての業務概要
- 4-2. TC カレッジ運営への参画後の進捗状況（2021, 2022 年度）
- 4-3. TC カレッジの今後の展望
- 4-4. TC カレッジ運営に携わって感じた組織運営の難しさと抱負

第5章 結論

- 5-1. 研究支援のまとめと展望
- 5-2. 組織運営のまとめと展望

研究業績および研究支援業績

謝辞

第1章 緒言

1-1. 東京工業大学オープンファシリティセンターの概要

東京工業大学（以後、東工大と記す）では、独立法人化後、それまで各研究室に所属していた技術職員の集約化を進めてきた。その過程で「技術部」という独立した組織を設置し、運営してきた。さらに「国立大学経営改革促進事業」を通して、技術職員組織をさらに発展させる形で、2020年4月に全技術職員から構成されるオープンファシリティセンター（以後、OFCと記す）が創設された。本センターは共用の研究設備の整備と活用を統括する組織であり、具体的には以下の事項に取り組んでいる。

（1）東工大でこれまでに進めてきた各種設備共用の取組みの特徴を活かしつつ、より効率的に管理・運営し、そして新たな研究設備の企画・導入を進める。

（2）技術職員を中心に、研究基盤支援に関する高度専門人財の認定と養成を進める。

（3）研究設備の高度化と人財の養成という二次元的進化を進め、次世代型研究基盤を提供する組織を目指した活動を展開する。

以上を通じて、OFCは東工大の研究力強化および学生教育のサポートを行い、東工大の発展に寄与している。

OFCは上記の活動を遂行するために、図1-1に記す7部門と2施設から構成される。各部門等では、各専門分野の技術職員が一所に集約し、設備共用の推進・統括、利用窓口の一本化、学内ユーザーの対応、設備整備計画の策定、技術職員の育成、学外利用促進に向けた宣伝活動を行っている。部門等の上位組織として研究基盤戦略室を置き、OFCの組織運営を円滑に進めるべく活動を展開している。特に、設備共用化と技術人財養成は研究基盤戦略室で進める重要なミッションとされている。

著者は研究基盤戦略室に特任専門員として在籍しており、研究支援活動だけでなく、高度人財養成に関するプログラム「TCカレッジ」の事務局統括として、組織運営業務を行っている。

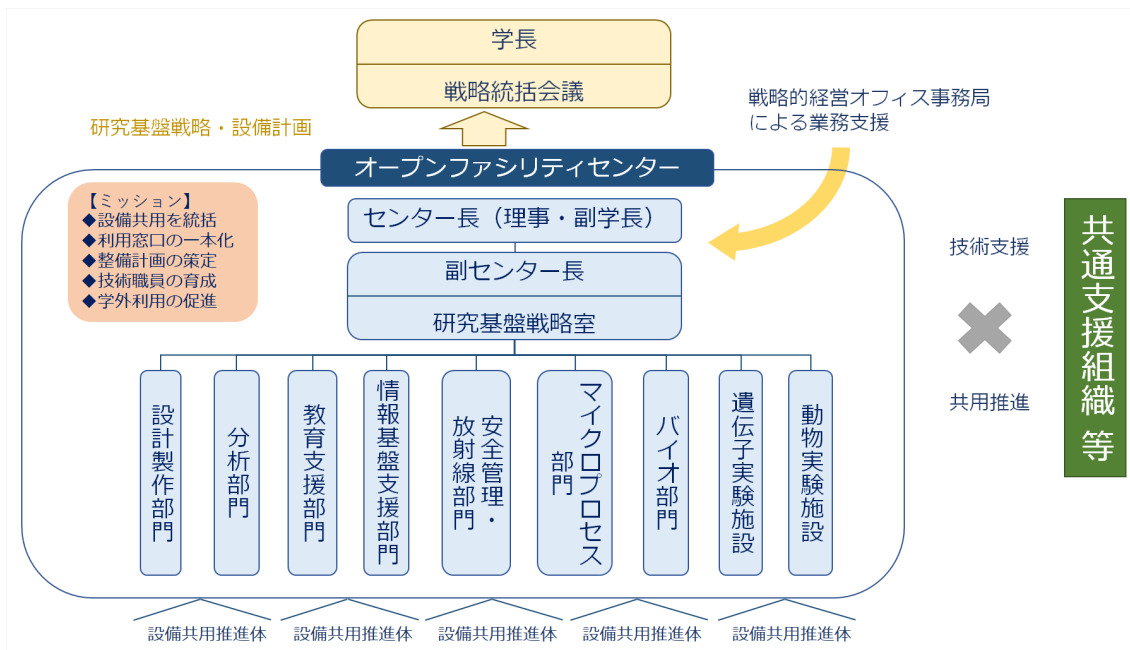


図1-1 東工大 OFC 組織図 (OFC ウェブサイトより転載)

1-2. 高度技術人財養成プログラム「TC カレッジ」

東工大 OFC では、2020 年に先端研究基盤共用促進事業（コアファシリティ構築支援プログラム、以下コアファシリティ事業）に申請した。本事業は、文部科学省を中心に推進してきた第 5 期科技基本計画期間中に、研究組織（学科・専攻規模）単位での共用の取り組みは一定程度進展してきたが、以下のような課題が現れたことを端緒とする。（図 1-2）

- (1) 大学・研究機関全体での共用文化の定着
- (2) 老朽化が進む共用装置の戦略的な更新
- (3) 技術職員の組織的な育成・確保
- (4) 教員の負担軽減

これらの状況を打破し、大学全体として研究設備・機器群を戦略的に導入・更新・共用する仕組みを強化し、「研究力強化・若手研究者支援総合パッケージ」に掲げられた「大学・研究機関等における研究査閲美の共用体制の確立」を目指すために、コアファシリティ事業が立ち上げられた。

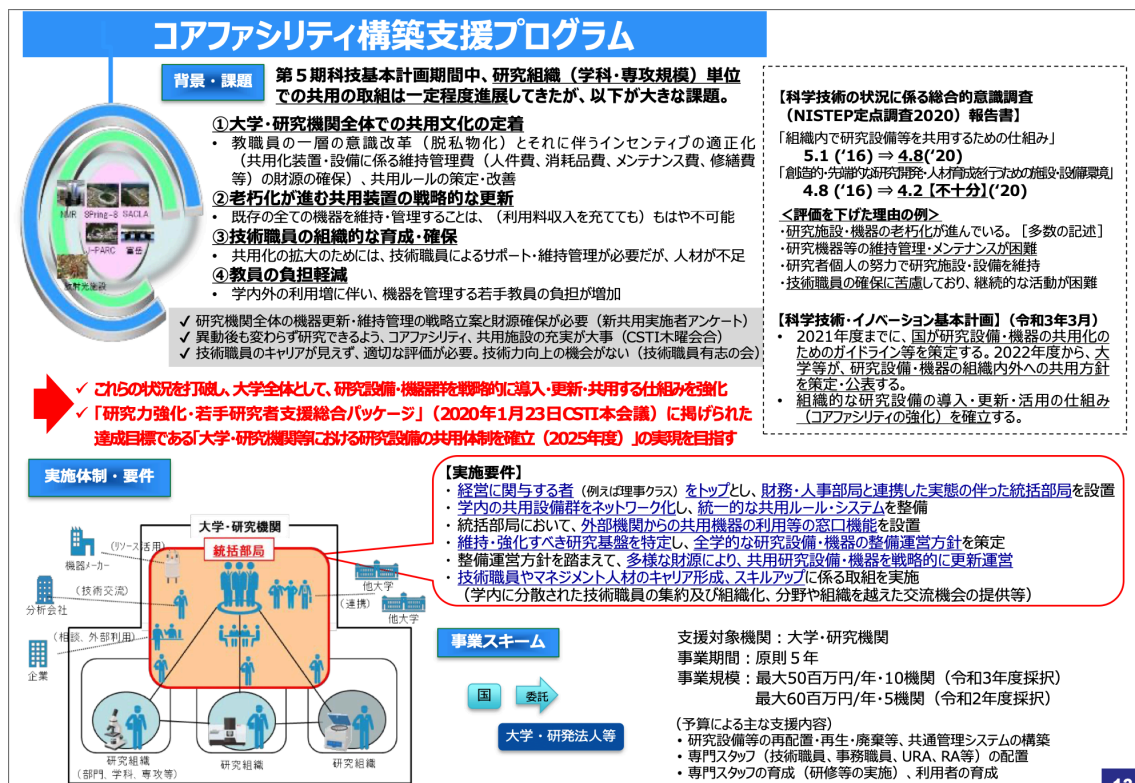


図 1-2 コアファシリティ事業の概要（文部科学省ウェブサイトより転載）

図 1-2 の課題に対して、東工大では OFC を中心に図 1-3、1-4 に記す提案を行った。東工大では「次世代設備導入手法の推進」「次世代設備活用制度の改革」「次世代高度研究支援の全国人財養成ネットワークの構築」を柱とした

制度づくりと各種プログラムの開発、実施を積極的に遂行することを目指している。

東工大は上記コアファシリティ事業に採択され、2025年までの予定で事業をスタートさせた。

その中で、申請書にも記載の以下の事項について、取り組みを進めている。

1. 次世代設備導入手法の推進
 - ・全学の設備共用の取り組みの包括的な管理
 - ・エビデンスに基づいた効率的かつ戦略的な設備戦略
 - ・技術職員・教員・URAの連携で、産学連携による設備開発、大型プロジェクト連合による大型設備導入の実現
2. 次世代設備活用手法の推進
 - ・研究者の研究構想を実現する実験環境を提供
 - ・分野外の研究者も使える設備共用環境の実現
 - ・高度技術職員養成制度（TC認定、東工大TCカレッジ）で養成・見える化された高度技術職員が、研究者と共同で最適な実験環境・実験手法を創出
3. 次世代高度研究支援の全国人財養成ネットワークの構築
 - ・高度技術職員養成制度（TC認定、東工大TCカレッジ）を軸にした、研究支援人財養成・活用のロールモデルの創造



研究力を飛躍的に向上させる「Team東工大型革新的研究開発基盤イノベーション」

5年後目指す姿：東工大次世代研究基盤戦略の実施拠点

- ☆1：次世代設備導入手法の推進
 - 全学の設備共用の取組みの包括的な管理
 - エビデンスに基づいた効率的かつ戦略的な設備整備戦略
 - 技術職員・教員・URAの連携で、産学連携による設備開発、大型研究プロジェクト連合による大型設備導入
- ☆2：次世代設備活用制度の改革
 - 研究者の研究構想を実現する技術職員協働体制の確立
 - TC制度導入による技術職員のプロフェッショナル化
 - 東工大「次世代人事戦略^{*1)}」の実現による上級職設置
- ☆3：次世代高度研究支援の全国人材養成ネットワーク
 - 高度技術職員養成制度（東工大TCカレッジ）を軸にした、研究支援人材養成のロールモデルの創造

【課題】

- 部局内での設備共用運営の負荷や老朽化の把握が不十分
- 技術職員が研究推進のパートナーとして活躍できる場が不足

目標達成のための6つの「革新的研究基盤戦略」

①設備共用推進体制

- 新共用等の部局の取組のOFC下への取り込み
- 利用料積立金制度や高度化支援等のインセンティブ

②統合設備共用システム

- 設備の見える化による共用設備利用促進
- 研究基盤IR^{*2)}システムによる研究基盤戦略策定

③称号「TC」認定制度

- 高い技術力・研究企画力を持つ技術職員をテクニカルコンダクター（TC）として認定

④技術職員人事制度改革

- 上級技術職員選考規則の制定、選考委員会の設置による上級技術職員へのキャリアパスの明確化

⑤東工大TCカレッジ

- 高度技術支援者の育成
- TC認定基準策定
- 研究機器メーカーとの共同教育プログラム開発

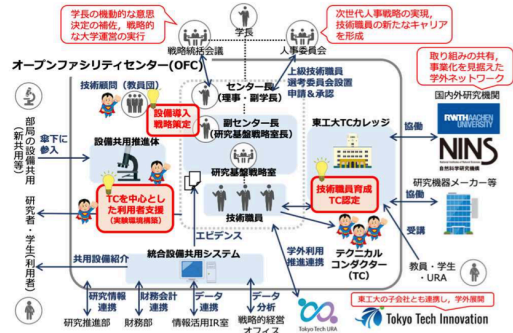
⑥高度人材養成ネットワーク

- 産学連携型研修プログラムの実施
- 自然科学研究機構等との連携で全国展開

^{*1)}次世代人事戦略：国立大学経営改革促進事業P-8参照（https://www.mext.go.jp/content/1422168_4.pdf）、^{*2)}IR：Institutional Research

Team東工大型コアファシリティ運営体制

設備運用・人材育成を中心に、技術職員・事務職員・教員・学生及びステークホルダーが一丸となって進む統括部局

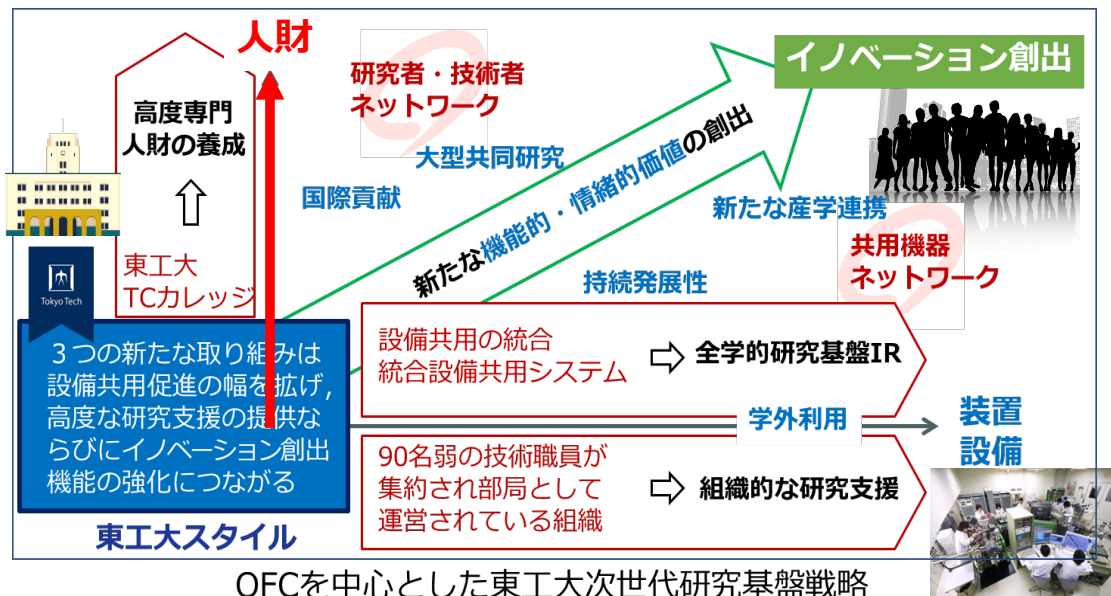


東工大大型コアファシリティ構想実現のために（工程表）

戦略	R2	R3	R4	R5	R6
☆1 設備導入	① 推進体制設計	推進体による研究基盤機能強化	推進体による研究基盤機能強化	推進体による研究基盤機能強化	推進体による研究基盤機能強化
☆2 制度改革	② 業務・利用面改善	利用集計システム開発	研究基盤IRシステム開発	統合設備共用システム開発	システム検証・改修
☆3 人材養成	③ 準TC選抜	準TC採用と選抜	TC認定試行	大型装置獲得TC選抜	TC称号外部評価
	④ 人事評価制度開発	人事評価制度策定	上級職選考規則策定	上級職選抜	新たなキャリアパスモデル構築へ
	⑤ 研修プログラム開発	TCカレッジ創設	TC認定基準策定	学生等の研修開始	TC称号外部評価
	⑥ 産学連携型研修プログラム開発・実施		産学連携型研修プログラム開発・実施	学外ネットワーク連携による全国展開	カレッジ事業化

図1-3 東工大 OFC によるコアファシリティ事業の概要（OFC ウェブサイトより転載）

東工大の研究基盤を設備と人材の両面から強化する取組であり、その2次元強化の相乗効果は世界最高水準の研究支援の実現へとつながる次世代の研究基盤戦略となる



OFCを中心とした東工大次世代研究基盤戦略

図1-4 東工大次世代研究基盤戦略の概要（OFC ウェブサイトより転載）

東工大コアファシリティ事業では、「東工大次世代研究基盤戦略」に基づき、研究力の向上やイノベーション創出に向けて、装置や設備の共用化の推進とイノベーション人財の養成を具体的に進めており（図1-4）、その中の「人財養成」について、著者は業務遂行している。

著者は2021年4月からOFCの特任専門員となり、TCカレッジ事務局統括として「TCカレッジ」の組織運営およびコアファシリティ事業に携わっている。

「TCカレッジ」は、高度技術支援人財の養成、TCによる技術教育の場としてOFCに創設された（図1-5、図1-6）。社会のニーズに合わせたTC人財像をもとに独自のカリキュラムを開発し、学内外の受講者に提供するオールジャパンの技術人財養成の場として設立したものである。なお、TC制度は人事制度改革により新設した職階の実効性を高めることと紐付けされており（図1-7）、技術職員のさらなるキャリアアップに繋げる取り組みとして全国でも類を見ない、技術職員の力を最大限活用する仕組みとなっている。

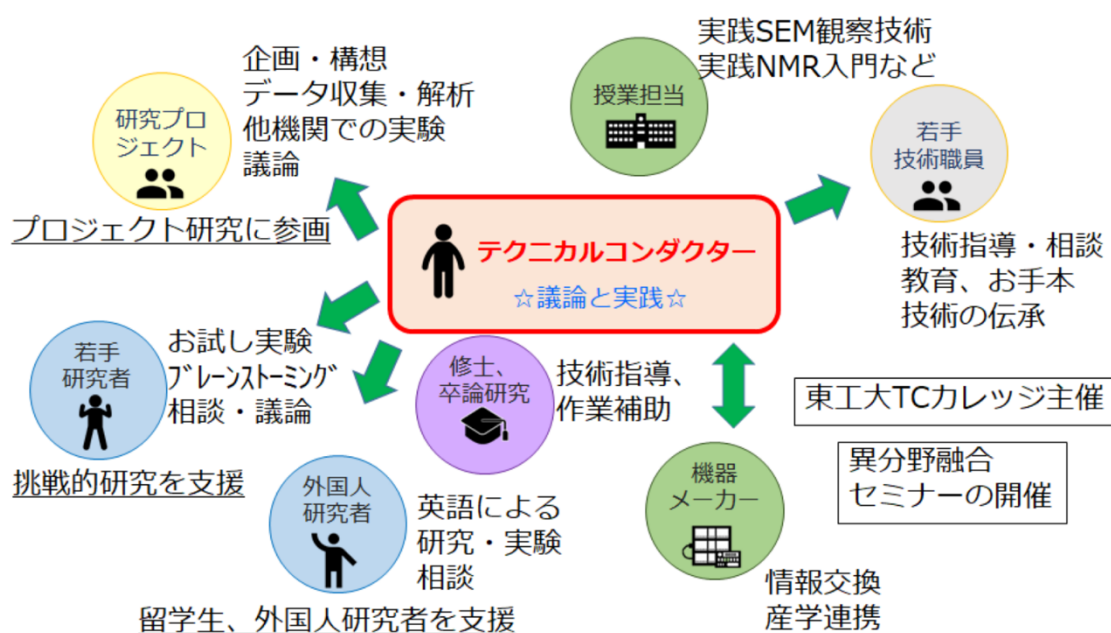
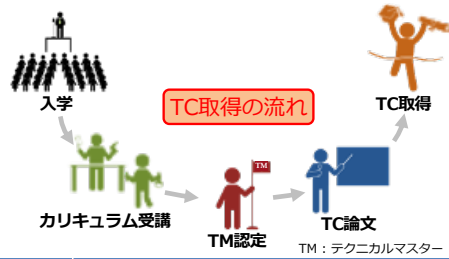


図1-5 テクニカルコンダクターの概要（OFCウェブサイトより転載）

東工大TCカレッジ設立趣旨

東工大コアファシリティ構想における高い技術力・研究企画力を持つ「高度専門人財養成」のため、研究力を飛躍的に向上させる「Team東工大大型革新的研究開発基盤イノベーション」を牽引するプロフェッショナル技術職員を「テクニカルコンダクター（TC）」として認定する称号制度を導入する。TCを養成するため「東工大TCカレッジ」をOFCに創設し、社会のニーズに合わせたTC人材像をもとに独自のカリキュラム（原則3年で修了）を開発し、学内外の受講者に提供する。



TC人材像、TC取得のためのKPI、TCカリキュラム

TC人材像	TC取得のためのKPI	TCカリキュラム
研究課題の解決のため、研究者に提案・実現に向けた支援ができる人材 ・高い技術力と幅広い知識（複数分野） ・高い研究企画力 ・高いコミュニケーション能力、交渉力 他、次世代後継者育成力等を兼ね備えた人物	・原著論文（共著・筆頭・謝辞） ・科研費採択（応募） ・学会発表 他、仕様策定委員・技術審査員、講師経験、業務関連資格（国家資格等）、テクニカルレポートなどTC像に合わせて設定	・大学講義・講習、事務局研修等の受講 ・連携企業等との共同開発プログラム受講 ・マネジメント研修の受講 他、外部講習業務関連団体研修、英語研修、メーカーとの交流等をTC像に合わせて体系的に組み合わせる



図1-6 東工大TCカレッジ構想（OFCウェブサイトより転載）

次世代人事制度とTC制度の関係性

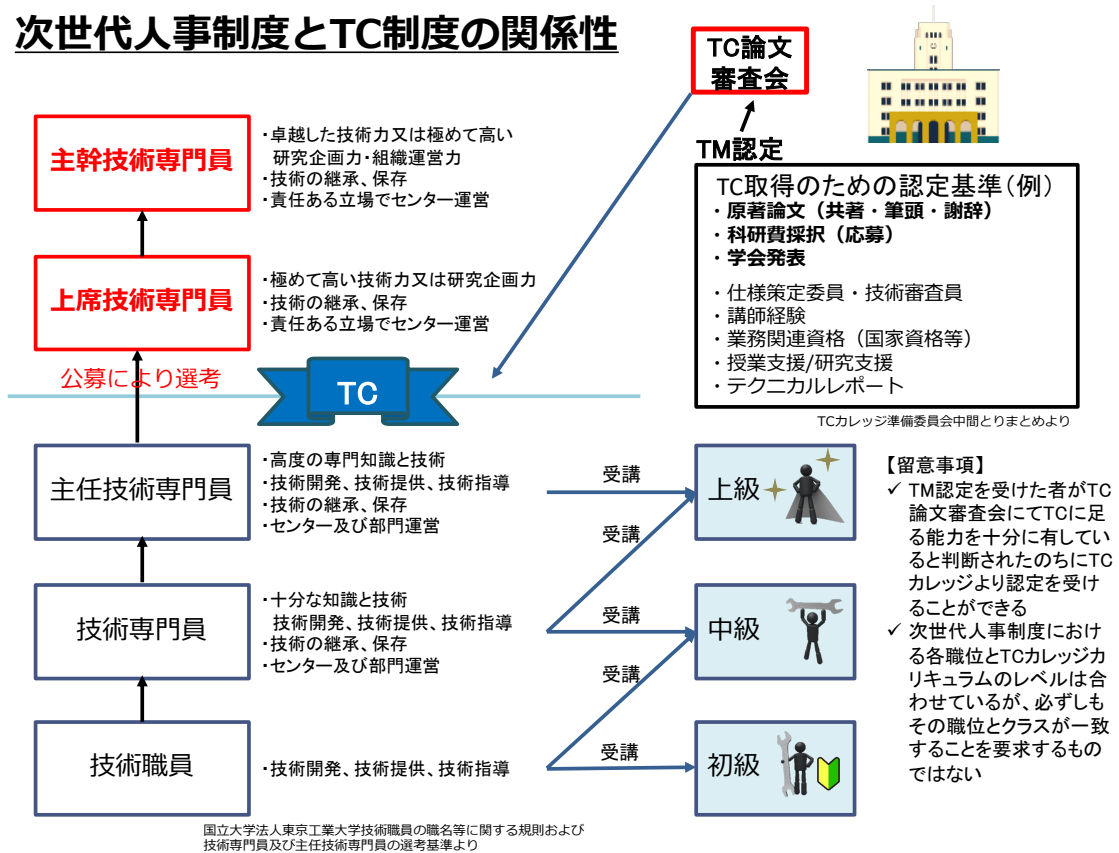


図1-7 次世代人事制度とTC制度の関係（OFCウェブサイトより転載）

TC カレッジ構想（図1-6）は、既存の認定制度や技術支援人財養成講座、セミナーなどとは一線を画す、これまでにない全く新しい試みである。具体的には、各分野や専門に合わせた複数のコースを開設し、コースを象徴する全体像としての「TC 人財像」、過去の業績などの蓄積を明確化する「TC 取得のためのKPI」、知識や技術をさらに増やすとともに、理解が不十分な項目の学び直しにも活用できる「TC カリキュラム」が設定された。TC 人財像としては、研究課題の解決のため研究者に提案・実現に向けた支援ができる者を想定し、高い技術力と複数分野に及ぶ幅広い知識、高い研究企画力、高いコミュニケーション能力や交渉力を求められる。これらの「力」を得るために、大学の講義およびメーカーとの共同開発による講習などをカリキュラムに盛り込み、総合的なレベルアップを図る。加えて、KPIにおいては、受講生の論文謝辞記載は元より、共著論文に名を連ねることや、自らの技術発表、外部資金獲得など技術職員が自らプレゼンスを示すことを重要視し、これまでの実績を最大限評価するシステムを構築している。

1-3. 構造解析系 TC コースの概要

東工大 OFC では、2020 年度から TC カレッジの開校準備を進めてきた。その中で、OFC の部門として存在する 7 部門については、全部門を TC カレッジのコースとすることが決められた。後述(第 4 章)の通り、その後現在では OFC の部門も含む全 8 コース(バイオ系 TC コース、構造解析系 TC コース、材料評価系 TC コース、設計製作系 TC コース、マイクロプロセス系 TC コース、情報系 TC コース、遠隔分析 DX 系 TC コース)が開設され、カリキュラム等を実施している。上記の OFC の決定に基づき、分析部門(すずかけ台)では、清技術職員(当時、現研究基盤戦略室長補佐)をコース担当とする構造解析系 TC コースの準備が始まった。2021 年度からは著者も事務局統括として開講準備に加わった。開講準備段階でまず始めにコースの基盤となる「目指すべき TC 像」と「KPI」を作成した。ここで重要なのは「構造解析系 TC コース」をどのようにしたいかということであるが、TC カレッジ全体の取り決めとして「コース担当が描く技術職員像を目指すべき TC 像に設定する」ということが定められていたこともあり、清職員から図 1-8 上段の TC 像が提案された。文言については、他コースとのバランスも考慮し、著者(事務局統括)も加わり、修正を加えた。

設定された TC 像において、特に重要なポイントとして、「学際的な研究企画・支援に加わり、物質合成・物性評価の各分担者とも積極的に連携する。」という部分が挙げられる。特に構造解析においては、構造解析以外の研究者や学生と関わる機会も多く、物質合成と物性評価の間を取り持つ役割も求められる。そうして研究自体のレベルが向上する。そこに関わる重要な存在として、構造解析に携わる技術職員のプレゼンスを示すことを、構造解析系 TC では目指している。

加えて、「次世代技術者の育成と組織マネジメントにも積極的に取り組む。」の部分も非常に重要な目標として設定されている。これは、技術職員組織の一員として永続的に組織運営するためには後継者の育成が不可欠であり、組織の円滑な運用なマネジメントができる人財の養成を目指したものである。

これらの「目指すべき TC 像」に向かっているかを評価するために「KPI」(図 1-8 下段)も設定した。KPI はこれまでの業績などを評価するものであるが、TC カレッジ、特に構造解析系 TC コースでは、様々なスキル・知識・経験を求めるため、TC の称号を取得する際に、技術者として外に出して恥ずかしくない人財になれているか、またはなれそうかを判断する基準として設定している。

目指すべきTC像

化学分析手法の原理を理解し、得られる分析データに基づき物質の構造解析を行うことで、物質科学の広範な研究にコミットする。物質開発で必要とされる機器分析について精通するとともに、最先端研究において各機器の機能を最大限発揮するための最適な手法を選択し、研究者が求める高度な技術や情報を提供する。学際的な研究企画・支援に加わり、物質合成・物性評価の各分担者とも積極的に連携する。次世代技術者の育成と組織マネジメントにも積極的に取り組む。

TM認定基準（KPI, 技術・開発系の業務に携わった期間に限る）

☆必要単位数：15-22

2単位/1件（下記の2単位項目のうち2項目は必須）

- ・ 共著論文（筆頭著者含む）
- ・ 外部資金（科研費等）獲得
- ・ 技術研究会等発表（自らの発表）

1単位/1件

- ・ 論文貢献（謝辞）
- ・ 受賞・表彰
- ・ セミナー等受講（講習・研修）
- ・ 国内・海外研究留学
- ・ マネージメント経験
- ・ 外部資金（科研費等）応募
- ・ 授業支援
- ・ 資格（別添掲載）
- ・ 学会等の委員
- ・ アウトリーチ活動（主担当）
- ・ 学会等発表
- ・ テクニカルレポート
- ・ 特許
- ・ 仕様策定委員または技術審査員

図1-8 構造解析系 TC の目指すべき TC 像と KPI

さらに、構造解析系 TC コースでは、科学分析に対して広く深い知識や経験、スキルを習得するための各種カリキュラムを設定している（図1-9）。ここで、構造解析系 TC コースでは、他コースと同様に必修科目を取り入れている（図1-9、赤字）。これらは多くのコースで共通に行うカリキュラムであり、異なるコースの受講生の活動等も知る機会として設定されている。その他、様々なカリキュラムが選択科目として設定された（図1-9、黒字）。構造解析系 TC コースの特徴として、以下が挙げられる。

- (1) 機器メーカーと協力して開発するカリキュラムが多い。
- (2) 複数クォーター（Q）にまたいで実施するカリキュラムがある。
- (3) 隔年開催カリキュラムがある。

上記（1）は、実際に分析トレーニングは機器類を用いた実習をメインとするためであり、また構造解析系 TC コースのカバーする範囲は表面分析・X線構造解析・キャラクタリゼーション・熱分析など多岐に渡ることから、メーカーの協力が不可欠である。

次に（2）についてであるが、各カリキュラムでは学ぶべき事項が多く、知識を定着させるためには時間が必要であることから配慮した。

最後に(3)については、カリキュラム数が多いため、受講生および担当者の負担を軽減するためである。

これらを深く検討した結果、図1-9のカリキュラムが設定された。

さらに、TCカレッジではマネジメントカリキュラムとして図1-10上段のカリキュラムを設定している。これは、「目指すべきTC像」の箇所でも述べた通り、今後求められるマネジメント能力を養うために設定されている。

以上のカリキュラムから必修と選択の科目を受けることで、テクニカルマスター(TM)を認定され、その後テクニカルコンダクター(TC)論文を執筆し、TCの称号が付与される。

構造解析系テクニカルコンダクター“TC” 養成カリキュラム(初級～上級)



	1Q	2Q	3Q	4Q
初級	共通カリキュラム (安全講習 ^{注1} 、自然科学研究機構技術研修、英語研修(初級) ^{注1} 、東工大博士論文・修士論文発表会聴講、東工大OFC業務体験)			
中級	技・メ)核磁気共鳴装置(1/3) 【日本電子】 技・メ)質量分析装置(1/3)【島津】 技・メ)DSC【パーキンエルマー】 技・メ)粉末X線A【リガク】 技・メ)小角B【リガク】	学)結晶構造特論【植草】 技・メ)核磁気共鳴装置(2/3) 【日本電子】 技・メ)質量分析装置(2/3)【島津】 技・メ)TG/TDA【パーキンエルマー】 技・メ)走査プローブ顕微鏡(1/2)【島津】 他)機器メーカー見学	学)結晶学【中村】 学)バイオ機器分析【蒲池他12名】 学・メ)材料機器分析特論 【松下・各講師】 技・メ)核磁気共鳴装置(3/3) 【日本電子】 技・メ)質量分析装置(3/3)【島津】 技・メ)走査プローブ顕微鏡(2/2) 【島津】 技・メ)薄膜X線A【リガク】 技・メ)単結晶X線構造回折装置B 【リガク】 他)東工大研究室見学 ^{注1}	技)X線光電子分光法 技・メ)電子スピン共鳴装置 【日本電子】
	メ)技術・研究支援概論1【メーカー】、他)技術・研究支援発表会、シンポジウム1(2Q, 4Q)、他)中古機器バラシキャラバン隊【島津・日本電子他】、装置実習(バイオ、構造解析、材料評価、設計製作、マイクロプロセス)			
上級	メ)質量分析装置【島津】 技・メ)粉末X線A【リガク】 技・メ)小角B【リガク】	学)回折結晶学【中村】 学)超分子科学特論【福島、吉沢】 技・メ)熱分析応用 【パーキンエルマー】	技・メ)核磁気共鳴装置(固体) 【日本電子】 技・メ)薄膜X線A【リガク】	メ)走査プローブ顕微鏡【島津】 技・メ)核磁気共鳴装置(二次元) 【日本電子】 技・メ)単結晶X線構造回折装置B 【リガク】
	学)技術・研究支援概論2【教員】、他)技術・研究支援発表会・シンポジウム2(2Q, 4Q)、他)構造解析講究、他)研究室体験、他)メーカー短期留学			

赤字: 必修カリキュラム、学)東工大教員が講師、メ)機器メーカー担当者が講師、技)東工大技術職員が講師、他)その他カリキュラム
注1: 他機関職員等は東工大と同等の研修・セミナー受講で単位認定とする。

図1-9 構造解析系TCコースのカリキュラム(初級～上級)

テクニカルコンダクター “TC” 養成カリキュラム（マネジメント）



	1Q	2Q	3Q	4Q
マネジメント	他)外部資金獲得セミナー(科研費:東工大事務主催 ^{注2} 、大型プロジェクト企画等:江端)、 他)東工大職員研修(東工大職員のみ ^{注2})			
	他)グロービス学び放題 (同一ラーニングパスの全コース受講で1単位とする)			

赤字: 必修カリキュラム、学)東工大教員が講師、メ)機器メーカー担当者が講師、技)東工大技術職員が講師、他)その他カリキュラム
注2: 他機関職員等は東工大と同等の研修・セミナー受講で単位認定とする。

TC取得までの必要単位数（構造解析系TC）

テクニカルマスター (TM)	初級:5単位(必修5単位) 中級:3単位以上(必修3単位) 上級:2単位以上(必修2単位) マネジメント:3単位以上 KPI認定:15-22単位(必須4単位)	8-15単位
テクニカルコンダクター (TC)	TC論文:5単位(必修5単位)	

図1-10 構造解析系 TC コースのカリキュラムと必要単位数のまとめ

1-4. 構造解析に関する技術、技能、手法

著者はこれまでに様々な分析装置の技術を習得し、実際の分析業務や共同研究に用いている。具体的な既得分析技術を以下にまとめる。

(1) **X線回折・散乱測定 (図1-11)** : 著者が装置担当者として学内外への共用化を行ったリガク社製小角 X 線回折・散乱測定装置 (NANO-Viewer、NANOPIX) を用いた、小角 X 線散乱、広角 X 線回折、微小角入射 X 線散乱 (回折) 測定を行っている。本装置については、ユーザー対応、保守管理および業者対応といった通常業務にとどまらず、それぞれの研究にあわせた装置の高度化も積極的に進めている。具体的には、温度可変装置 (ホットステージ、高温吹付装置) の導入、音波浮遊溶融装置の組み込み、コロナ禍における測定・解析の自動化 (X 線照射と各種設定の同期) などを行った。これらの高度化作業は業者とともに進めたが、そこでは常に、世界最高水準の測定を如何なるユーザーでも行えるように装置技術者とも話し合いながら装置開発した。加えて、構造解析ソフトウェアを用いた、分子集合構造の精密解析も進めている。

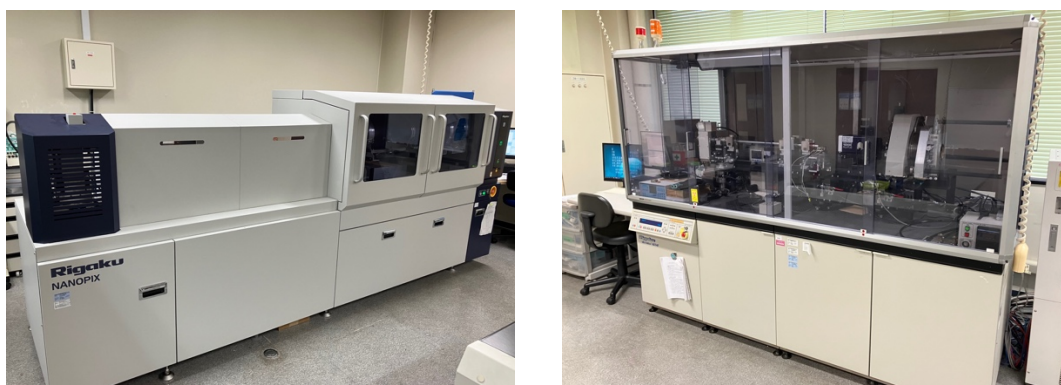


図1-11 小角 X 線回折・散乱測定装置 [NANOPIX (右) と NANO-Viewer (左)] の外観

(2) **シンクロトロン放射光 X 線回折・散乱測定** : SPring-8 および高エネルギー加速器研究機構 (KEK) の複数のビームラインを使って、有機材料の X 線回折・散乱測定を行っている。特に SPring-8 では、著者自ら課題責任者として、課題申請から始まり、ビームライン担当者や有機合成から物性評価まで様々な分野の共同実験者との打ち合わせ、実験、データ解析、考察までの一連の最先端研究を行っている。さらに、複数の新規測定装置を作製し、それらを用いた世界唯一の実験も行った。例えば、8-T 強磁場下高温 XRD 測定装置を自作し、磁場応答性液晶の相転移挙動と構造解析を行った。また、(1) でも用いた音波浮遊

溶融装置のセットアップにも成功し、リアルタイム構造解析に成功した。さらに、KEK との共同研究で剪断 XRD 測定装置を作製し、ソフトマテリアルの機械的応力に基づく動的挙動の検討を行った。上記の研究に加えて、共同研究先の複数の有機サンプルについても XRD 測定し、分子集合構造を検討し、情報をフィードバックしている。それらとは別に、一部の有機単結晶サンプルについて、結晶構造解析も行った。

(3) X 線吸収測定：SPring-8 の共同研究者とともに、軟 X 線を使った偏光 X 線吸収測定を行い、固体・気体界面および薄膜内部における分子配向を精査した。

(4) 偏光顕微鏡 (POM：オリンパス社製 BX53-P) 観察 (図 1-12)：透過法および落射法を用いた有機・無機・高分子薄膜の配向挙動の検討を行っている。また、温度可変システムを導入することで、相転移挙動との相関についても議論している。最近では、膜厚と偏光色の関係から、分子配向挙動の議論も進めている。加えて、偏光顕微鏡システムの自作にも成功しており、研究者が必要とする各種測定との同時観察を進めた。現在では、共用装置として様々なユーザーの利用を促進しており、これまでに得られた知見を学内外ユーザーの構造解析にも適用することで、XRD 測定と連携した検討を提案し、積極的に推進している。

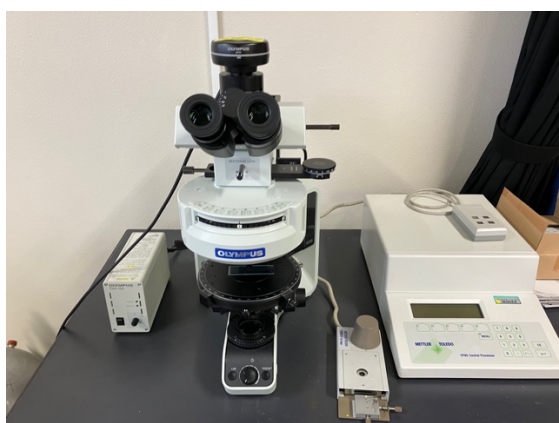


図 1-12 偏光顕微鏡 (左、BX53-P) の外観

(5) 示差走査熱量 (DSC：パーキンエルマー社製 DSC8500)・熱重量 (TGA) 測定 (図 1-13)：ソフトマテリアルの相転移挙動と熱分解挙動を検討し、X 線回折測定などによる構造解析との相関を議論した。特に、熱相転移する凝縮系

材料に対して、系統的に実験・解析を進め、外部研究者との共同研究案件に対しても、考察・提案を行っている。2020年度には新たに DSC 装置を導入し、学内外ユーザーの利用を開始しました。その中で、ユーザーから要望の上がった特殊測定（比熱容量測定、超高速冷却測定、溶液の熱分析など）については、メーカー担当者と連携しながら依頼測定を進めており、ユーザーとメーカーの双方に結果をフィードバックしながら、新たな共同研究の芽を生み出している。

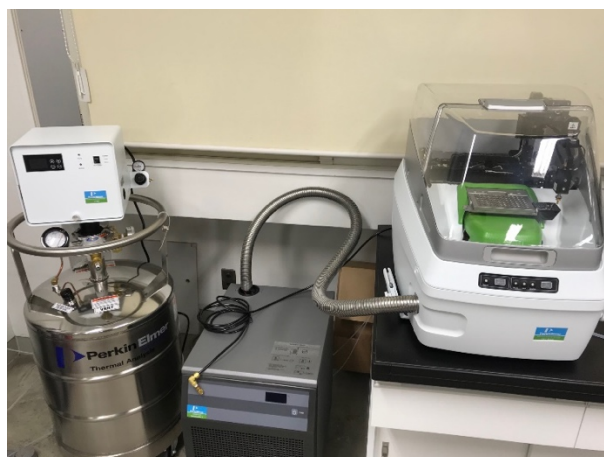


図1-13 示差走査熱量測定装置（右、DSC8500）の外観

（6）AFM（ブルカー社製 Multi Mode 8）観察（図1-14）：らせん高分子研究遂行時（2005年）より、高精細な AFM 像の取得に向けた実験を進めてきた。特に、これらの観察にとって重要なサンプル調整についても、最先端技術を学んでおり、現在著者が装置担当し、学内外への共用化を行った装置を用いた表面像の取得および機械特性や電気特性の精密評価に対してもフィードバックしている。最近では、装置の自動化や高速化なども積極的に進めており、コロナ対応と共に、マイクロからマクロスケールへの構造物性相関の検討に対する重要な分析手法としての位置付けを強める活動を進めている。具体的には、加熱・冷却などの環境変化による表面改質の直接観察にも、ユーザーと共に取り組んでいる。

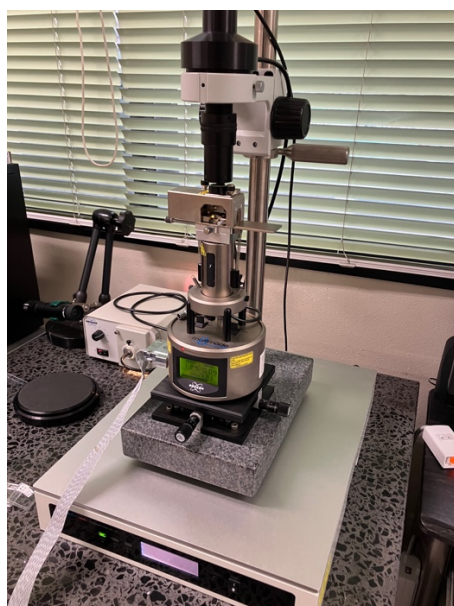


図 1 - 1 4 原子間力顕微鏡 (Multi Mode 8) の外観

(7) **レオロジー測定**: ソフトマテリアルの動的粘弾性および塑性流動特性を検討した。特に、一般には行われない分子配向との相関まで踏み込んだ測定を学内外研究者と共に行い、既存のバルク系とは異なる巨視的挙動の発見に至った。

(8) **光散乱測定**: らせん高分子の構造解析において、静的および動的な光散乱測定を行った。これらの測定によって、ポリマーの持続長の算出に成功した。

(9) **キャラクタリゼーション**: NMR および MS スペクトルは定常的に利用してきた。特に NMR については、JEOL との共同で固体 NMR 測定を行い、分子集合体の構造と協働的な運動を解明した。元素分析については、博士課程在籍時にサンプル調整から測定まで行った経験がある。現在では、各種構造解析の相談を受ける中で、キャラクタリゼーションの結果との相関に踏み込んだアドバイスや提案も行っている。

(10) **分光測定 (図 1 - 1 5)**: UV、CD (日本分光社製 J-820、LD 測定を含む)、FT-IR 測定については、定常的に行った。これらの測定については、一般に行われている溶液の測定だけでなく、薄膜、特に配向膜についても詳細に検討した。その中で、高温まで測定できるアタッチメントや自動回転ステージを自

作し、あらゆる測定に対応できるように装置を整備した。現在は、CD と IR について、装置担当者としてユーザー対応している。



図 1 - 1 5 円二色性分散系計 (J-820) の外観

(1 1) 表面段差測定 (図 1 - 1 6) : 薄膜の表面ラフネスや膜厚について、触針式段差計 (ブルカー社製 DektakXT-A) を用いて、検討を行っている。著者によって共用化を進めた本装置の保守管理だけでなく、ユーザーから相談された薄膜の表面解析や XRD 等との連携も積極的に進めている。

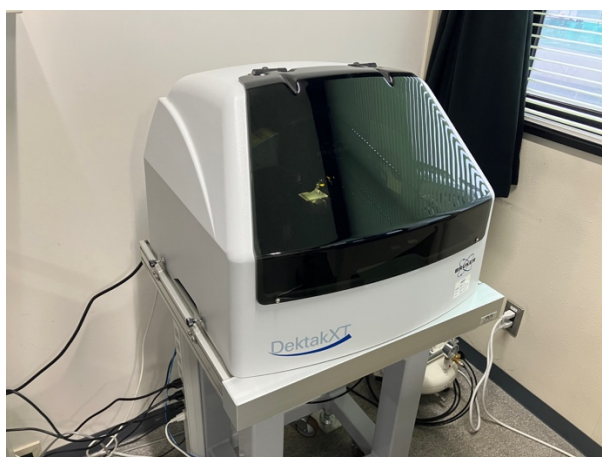


図 1 - 1 6 触針式段差計 (DektakXT-A) の外観

(1 2) 接触角測定 (図 1 - 1 7) : 薄膜表面の濡れ性について、接触角計 (KRÜSS 社製 DSA100S) を用いて検討を行っている。著者によって共用化を進めた本装

置の保守管理だけでなく、ユーザーから相談された薄膜の摩擦の起源の解明や XRD 等との連携も積極的に行っている。

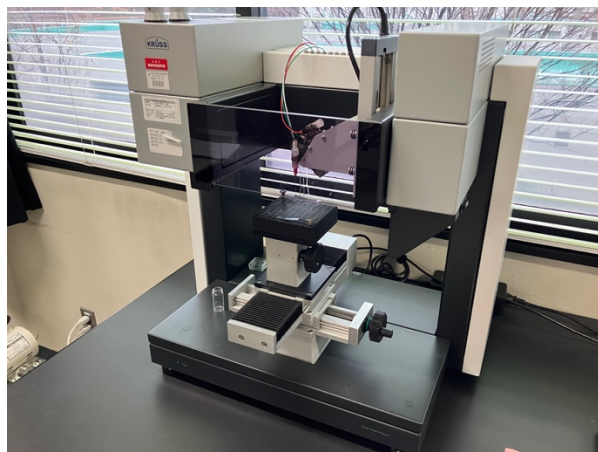


図 1 - 1 7 接触角計 (DSA100S) の外観

(13) **物性評価**：電場応答システム（液晶セル、電場発生・整形・増幅装置）を構築しており、構造解析と連動した物性評価を進めている。また、超伝導マグネットを用いた磁場応答や SQUID、誘電応答、マイクロ波伝導などの特殊測定は学外共同研究者の施設に赴いての実施経験がある。

上記の分析技術を用いて、様々な有機・無機・高分子材料の構造解析、物性評価を行っている。加えて、著者自身の手によって様々な液晶分子やポリマーなどの合成も行ってきた。

1-5. 構造解析系 TC コースへの申請に至る経緯

著者は千葉大学で博士の学位を取得した後、2005年から2018年まで研究者として研究および研究支援活動を行ってきた。具体的には、「有機化学」と「高分子化学」を礎に、合成から構造解析、物性評価に至るまで深く広く研究展開してきた。加えて、「分子集合体化学」の視点から材料科学へのアプローチを試みってきた。その過程で、著者は「構造物性相関に直結する化学分析」の重要性を強く感じた。後述の通り、著者の X 線構造解析技術は国内外の有機・高分子化学者から高く評価されているが、それに加えて、著者は AFM 観察や光散乱測定、偏光顕微鏡観察、レオロジー測定、表面解析といった、ナノメートル～センチメートルオーダーの構造・物性評価技術も有している。

そこで著者は自身の次のフェーズとして、自身の技術力向上（特に X 線構造解析以外の分析全般）に加えて、習得技術や経験、知識を次世代の技術者や研究者、学生諸氏に伝承すべきと多くの共同研究や研究支援を通じて強く思うようになった。もし、著者の知見やスキルを多くの技術者等に伝え、研究に最大限還元できれば、構造解析のみならず合成や物性評価の研究も加速させられると考える。

そのように考えていた丁度同じ時期に、著者は東工大 OFC の特任専門員として採用され、著者が思い描いていた高度技術人財を養成する「TC カレッジ」の創設に携わることになった。TC カレッジの準備作業を進める中で、自身も TC となり技術レベルの向上や研究へのさらなる貢献、組織運営までできる人材となることで、「TC カレッジ」の目指すべき方向を具体的に示すことができるのではないかと思い、自身の専門分野に最も近い「構造解析系 TC コース」に申請した。著者は TC の称号を付与されることにより、次のキャリアアップを考えている。

技術職員の中心的な役割を果たすために、組織運営、特に TC カレッジの今後の発展を目指した活動を推進する。加えて、分析業務においても、これまで以上に共同研究を活発に行う。それらの結果として、上位職階に上がり、技術職員の手本となる。

1-6. 本論文の構成

本論文は構造解析系 TC コースの TC 像に則して、以下の研究活動、研究支援活動、TC カレッジの組織運営の取り組み事例から構成される。

第1章

緒言

第2章

技術職員採用以前の取り組み（研究活動）のまとめと論文掲載事例

第3章

技術職員採用後の取り組み（研究支援活動）のまとめと論文掲載事例

第4章

高度技術人財養成に関する組織運営の取り組み事例

第5章

研究支援と組織運営のそれぞれまとめと展望

第2章 技術職員採用以前の取り組み（研究活動）

本章では著者が東工大 OFC 技術職員として採用される以前の研究活動について、成果をまとめるとともに、代表的な研究成果を X 線回折・散乱測定を中心に詳細に述べる。

2-1 研究活動の概要

著者は、千葉大学在学時（1999 年）から東京工業大学科学技術研究院特任准教授として在籍した 2018 年までの期間、一貫して有機材料の中でも特に、液晶や高分子を始めとするソフトマテリアルの分子デザインから合成、構造解析、物性評価までの一連の研究を行い、分子集合体が形成する様々な自己集合構造と、それによってもたらされる材料の機能発現について検討してきた。著者は、これらの研究の中心となる分析手法である「構造解析」、特に、小角から広角までの X 線回折 (WAXD)・散乱測定 (SAXS) および微小角入射 X 線反射 (GI-SAXS) 測定などの X 線構造解析手法を駆使して、新奇構造の解明を行った。さらに、物質の「合成」と「物性評価」の双方も自らの手で遂行すると共に、共同研究者との連携を密にとりながら分野横断型研究を進めてきた。

著者は第 1 章（1-5）で述べた分析技術を用いて、様々なソフトマテリアルの構造解析、物性評価を行ってきた。加えて、著者自身の手によって様々な液晶分子やポリマーなどの合成も行ってきた。以下に、著者のこれまでの経歴に沿って、主要な研究および研究支援の概要及び実務内容を述べる。

一般に、異方的な分子形状を有する有機分子からなるソフトマテリアルは、分子内および分子間相互作用の影響を受け、複雑かつ多様な分子配列および配向を示す集合構造を自発的に形成する。加えて、ソフトマテリアルは電場や磁場といった外部刺激に応答し、分子配向を変えることができる。そこで著者は、ソフトマテリアルの「分子形状」と「相互作用」に着目し、既存の物質では得られない新奇分子集合構造の形成に挑戦してきた。さらに、ソフトマテリアルのもつ、（1）柔軟、（2）成形加工が容易、（3）材料を分子レベルからデザインできるという魅力を最大限に発揮する新規機能材料の開発を目指した研究に取り組んだ。これまでに得られた研究成果は、多数の国内外の学会において発表した。また、それらの研究成果は米国科学雑誌「*Science*」をはじめとした主要な論文に掲載されている。加えて、近年では学外研究機関および産業界とも広く共同研究を展開し、得られた成果を論文や特許として出願した。

1. 強い分子間相互作用による棒状液晶の特異な分子自己集合の検討(千葉大学)

著者は、有機合成に基づいた機能材料開発について学びたいとの強い思いから、千葉大学在学中、岸川圭希研究室において、種々の棒状液晶分子の合成と分子集合構造の検討を行った。その過程で、液晶相発現に不利とされてきた、分子短軸方向への水素結合の導入(図2-1)により、一次元ポリマー状液晶の自発的形成に成功した(論文61,62,64)。ある類縁体のキュービック相における構造解析を行ったところ、興味深いことに、各々の液晶ドメインは鏡像関係であった(論文59)。本研究は、アキラル分子がキラルキュービック相を発現する最初の例であり、現在注目されているキラルキュービック液晶相の構造解析にいち早く取り組んだことは、著者の先見性を表しているものと言える。これらの成果を通じて、液晶などのソフトマテリアルは、分子間相互作用を巧みに利用することで、複雑且つ高度な超構造を形成することを学ぶとともに、その考えは著者のその後の研究や研究支援の土台となっている。

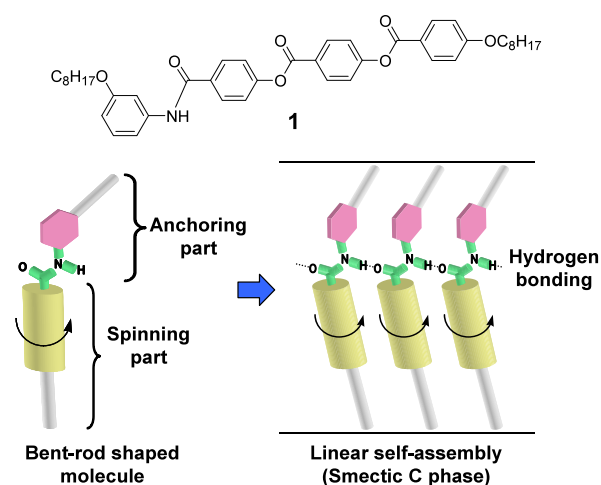


図2-1 分子短軸方向で水素結合する棒状液晶化合物の鎖状超分子ポリマー形成

2. らせんポリマーによる液晶性高次集合体の形成(ERATO八島プロジェクト)

著者は学位取得後、自己の研究領域に広がりを持たせるために、らせん高分子研究で著名な名古屋大学八島栄次教授の ERATO プロジェクトに参画した。本プロジェクトでは、らせん構造を有する機能性キラル材料の創製を目指して、らせん高分子の合成・構造解析・物性評価に関する研究に従事した。側鎖に水素結合部位をもつ単一の光学活性イソシアニドモノマーから、巻き性が異なるらせんポリマーを選択的に合成する簡便な手法を開発し、得られたポリイソシアニドの詳細な原子間力顕微鏡(AFM)観察から、ポリマーのらせん構造を直接観

察することに初めて成功した（論文 56, 58）。また、側鎖に棒状メソゲン（液晶発現基）をもつ液晶性らせんポリマーの放射光 X 線回折測定から、2つの直交する軸方向に層構造を有する二次元格子状集合体を見出した（図 2-2、論文 50）。この成果は、複数の機能を異方的かつ同時に発現する材料開発への重要な分子設計指針を提供した。

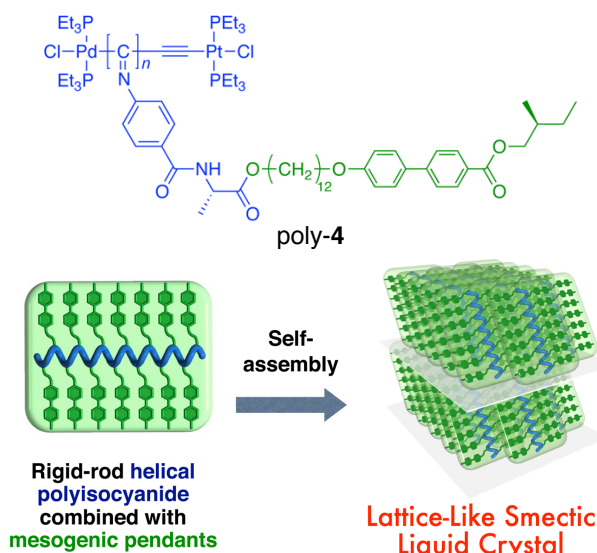


図 2-2 側鎖に棒状メソゲンをもつポリフェニルイソシアニドの二次元格子液晶

3. 刺激応答性ナノ構造体の精密構造制御と新規エネルギー変換材料開発（理化学研究所）

分子集合体の構造解析の知識と経験を活かし、合成から物性評価に至る材料開発の一連のプロセスに貢献するとともに、物性評価にも積極的に挑戦したいと考え、高分子化学、自己集合体化学の分野で著名な相田卓三 東京大学教授をグループディレクターとする理化学研究所のプロジェクトにスタッフ研究員として参画した。光応答性分子であるアゾベンゼンを側鎖に複数個連結したブラシ状高分子を合成し、テフロンシートで挟みホットプレスしたところ、得られたフィルム内でポリマーが大面積で三次元配列し、アゾベンゼンの光異性化に伴う分子構造変化をフィルムのマクロスケールな湾曲運動へと効率的に伝達するという、光-力学エネルギー変換を実現した（図 2-3、論文 51）。また、広いパイ共役平面を有する円盤状分子からなるディスコティックカラムナー液晶分子の側鎖またはコアにダイポールを持たせたところ、各カラムが基板上で巨視的に垂直配向し、顕著な異方的電荷輸送能を示すことを明らかにした（図 2-4、論文 48, 49）。加えて、従来の常識に反して、柔軟なコアをもつ分子であっ

でも液晶性を発現することを明らかにし、らせん液晶分子が表面改質剤として働くことを見出した（論文 46）。これらの知見は、有機半導体材料をはじめとした多くの有機材料開発に革新をもたらすと考えられる。

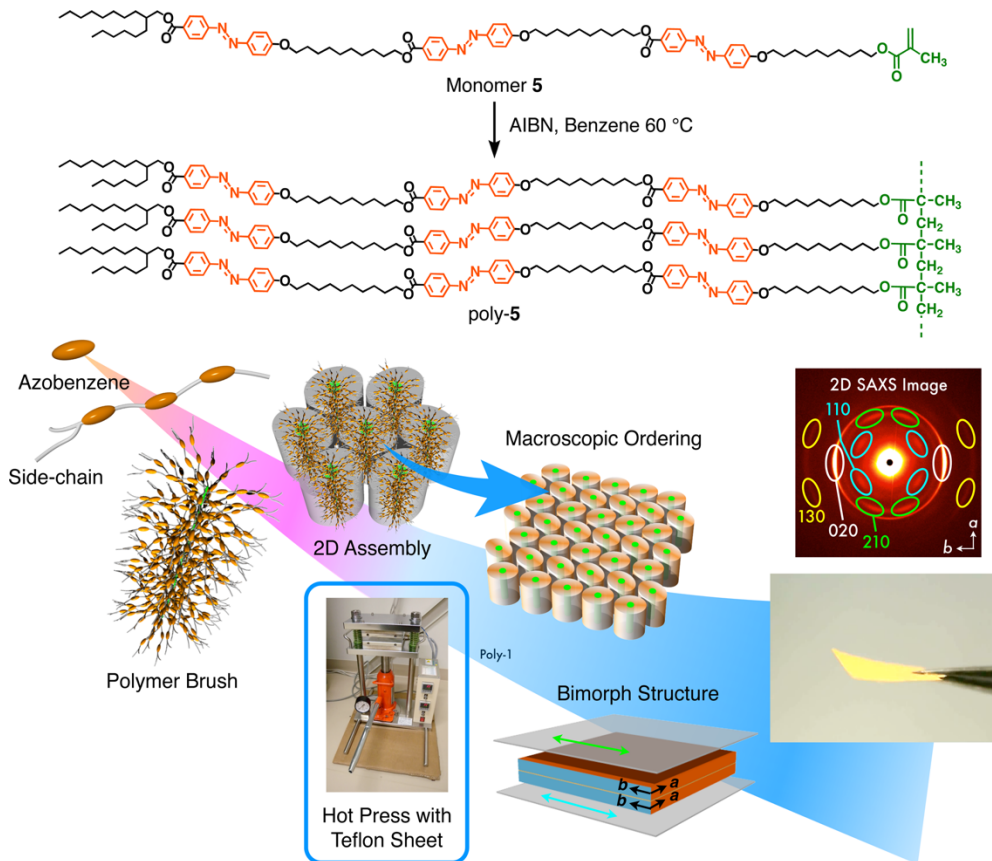


図 2-3 ポリマーブラシの階層的分子集積化による光—力学エネルギー変換機能の発現

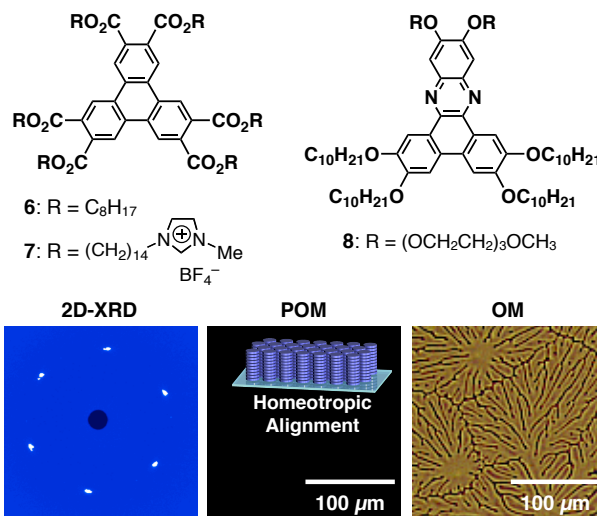


図 2-4 ディスコティック液晶化合物による垂直配向カラムナー構造の形成

4. 大規模分子自己集合に向けた新たな分子設計指針の提案と新奇な刺激応答材料の創製（東京工業大学、ERATO 染谷プロジェクト）

著者がこれまでに進めてきた研究から、「有機材料が効果的に機能発現するためには、大面積で一義的な分子集合構造を形成しなければならない」ことが、材料開発において非常に重要であると感じた。そこで、東京工業大学およびERATO 染谷プロジェクトにおいて、シングルドメインソフトマターの創製を研究の柱として、新規分子設計指針の提案と、X線回折測定を主としたソフトマテリアルの精密構造解析に取り組んだ。その過程で、末端にイオン部位をもつトリフェニレン誘導体の液晶挙動を検討したところ、興味深いことに、複数の液晶相間でシングルドメイン-シングルドメイン相転移していることを発見した。この前例のない構造相転移を解明するために、詳細な構造解析を行った。また、これまでの物質科学において、「外場印加によって分子集合構造（空間群）は変わらない」ことが常識とされてきたが、SPring-8の8-T超電導マグネットを用いて、イオン液晶の相挙動をリアルタイムに検討したところ、磁場による相の書き換えが起こることが明らかとなった（論文27）。

その他、円盤状分子からなる集合体の特異な配向挙動の観察や、お椀型コアをもつ柔らかく糸を引くカラムナー液晶の構造形成と力学応答挙動といった特殊な構造解析も行い、それら新現象の構造物性相関を検討した。

以上、著者は「有機化学」、「高分子化学」および「分子集合体化学」を礎に、合成（重合）から構造解析、機能（物性）評価に至るまで深く広く研究展開してきた。その多くは、分子間相互作用を積極的にデザインに取り入れることで、分子配向および集合構造を制御し、そこから効果的に引き出される機能（物性）を探求するものである。そして現在でも、これらの研究のいくつかについては、メインで進めている研究室と共に研究活動や研究支援活動を行っている。

2-2 代表的な研究1 (筆頭著者)

著者は、福島・庄子研究室の在籍時に、円盤状トリフェニレンからなる液晶集合体が、特異な集合化および力学挙動を示すことを発見し、その成果を *Nature Materials* 誌で発表した (論文 23)。また、本発表は東工大「手島精一記念研究賞 (研究論文賞)」を受賞した。

以下、研究の詳細をまとめる。

本研究では、分子集合体や液晶などの分子性材料 (ソフトマテリアル) の分野における従来の常識を更新する「4つの大きな発見」について、詳細に検討し、報告した。

(1) 自発的な分子自己集合化により、単結晶レベルの三次元構造規則性をもつ単一ドメイン (シングルドメイン) 構造を形成する新物質の発見:

一般的な分子の集合化では、多くのマイクロドメイン (各ドメインの大きさはせいぜい数ミクロン程度) からなるポリドメイン構造を与える。このことが有機・高分子薄膜の高機能化、高性能化の大きな障害となっている。本研究で見出した物質は、ソフトマテリアルの分野における一般常識を覆し、ミリ~センチメートルサイズの単一ドメイン構造を自発的に形成する前例なき構造化を示す。

(2) 三次元的な位置・配向秩序 (結晶的性質) と同時に、流動性 (液体的性質) を併せもつ性質の発見:

有機物の結晶と液体の中間相として、液晶と柔粘性結晶相が知られている。前者は分子の配向秩序をもつが位置の秩序性はず、後者は位置の秩序性をもつが配向秩序はもたない。発見した物質は、あたかも単結晶のような三次元的な位置と配向秩序をもつにも拘らず、液体のような流動性も併せ持つ。すなわち、物質相に関する既存の概念では説明できない新物質相の存在を提示している。

(3) 分子のキラリティーにより、巨視的な分子集団運動の方向性が決まるといふ新事実の発見:

分子の側鎖に導入した点不斉に応じて、分子集合体が巨視的に流動する際に回転する現象を見出した。これにより、「分子の集団運動性」が「分子のキラリティー」によって決定されるという新事実を明らかにした。

(4) 通常物質には見られない特異な粘弾性挙動:

本研究で見出した物質は、貯蔵弾性率 (固体の性質を反映) と損失弾性率 (液体の性質を反映) をほぼ完全に同程度併せもつという、前例のない粘弾性挙動を示す。この特異な性質により、流動により生じる構造乱れは即座に自己修復され

る。すなわち、この粘弾性挙動が、異例の超長距離構造秩序化、ならびに、三次元的な位置・配向秩序と流動性を両立する根源になっているものと考えられる。

上記の発見をもたらした分子は 図 2-5 に示すキラルな側鎖を有するトリフェニレン誘導体 (R)-1 および (S)-1 である。この化合物は、粉末試料を一旦加熱溶解し、冷却する過程で自己集合する。驚くべきことに、多くのサンプルを試しても常に、見かけは「液滴」でありながら、あたかも単結晶のような三次元規則構造を有する集合体を与えた (図 2-5)。相挙動と集合構造の徹底的な検討から、この分子は室温から融点までの広い温度領域において、「ヘリンボーン構造と呼ばれる構造からなる二次元シートが一次的に積層した三次元構造」を形成することを明らかにした (図 2-6)。この液滴状の分子集合体は重力下で流れ落ちる。その過程を *in-situ* X 線回折イメージによりモニターしたところ、三次元的な構造を崩さずに一方向に回転しながら流れるという、さらに驚くべき現象を見出した (図 2-7)。すなわち、この物質は「結晶のような構造と液体のような流動性」という互いに相反する性質を有する。加えて、流動に伴う回転方向が分子のキラリティーに相関していることに気づき、レオロジーの手法によりその相関を物理的に解釈することにも成功した (図 2-8)。これにより、「分子に組み込まれた小さな点不斉によって、分子集合体の巨視的な運動性が方向付けられる」という新知見を得た。また、さらに詳しいレオロジー測定から、通常の物質にはない、「貯蔵弾性率と損失弾性率の絶妙なバランス」が観測され (図 2-8)、この性質から、集合構造の乱れ (= 流動性の発現) が自己修復性 (= 結晶的な三次元構造秩序の保持) によって補償されるというメカニズムによって、一連の挙動の合理的な解釈が得られた。なお、本研究の液滴は、上記検討から液体でも液晶でも結晶でもない新規状態と考えられる (図 2-9)。

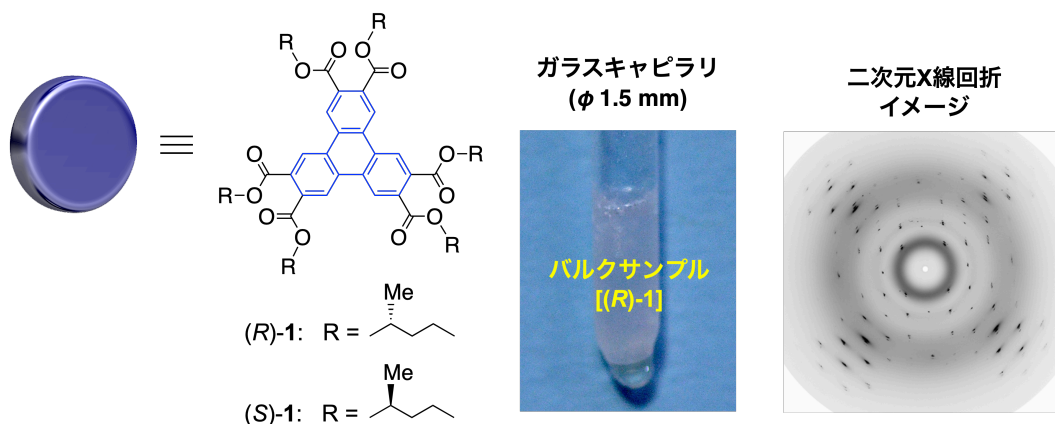


図 2-5 キラルトリフェニレン誘導体の分子構造とキャピラリ中のバルク構造の二次元 X 線回折像

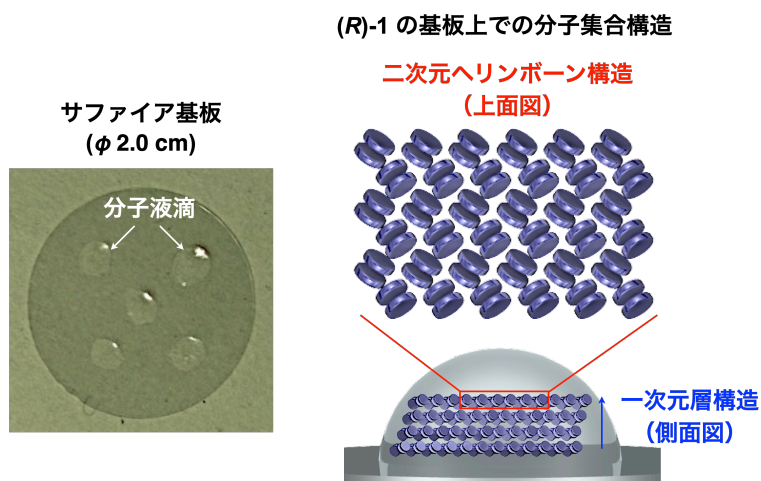


図 2 - 6 キラルトリフェニレン誘導体が基板上で形成する液滴の様子と内部構造

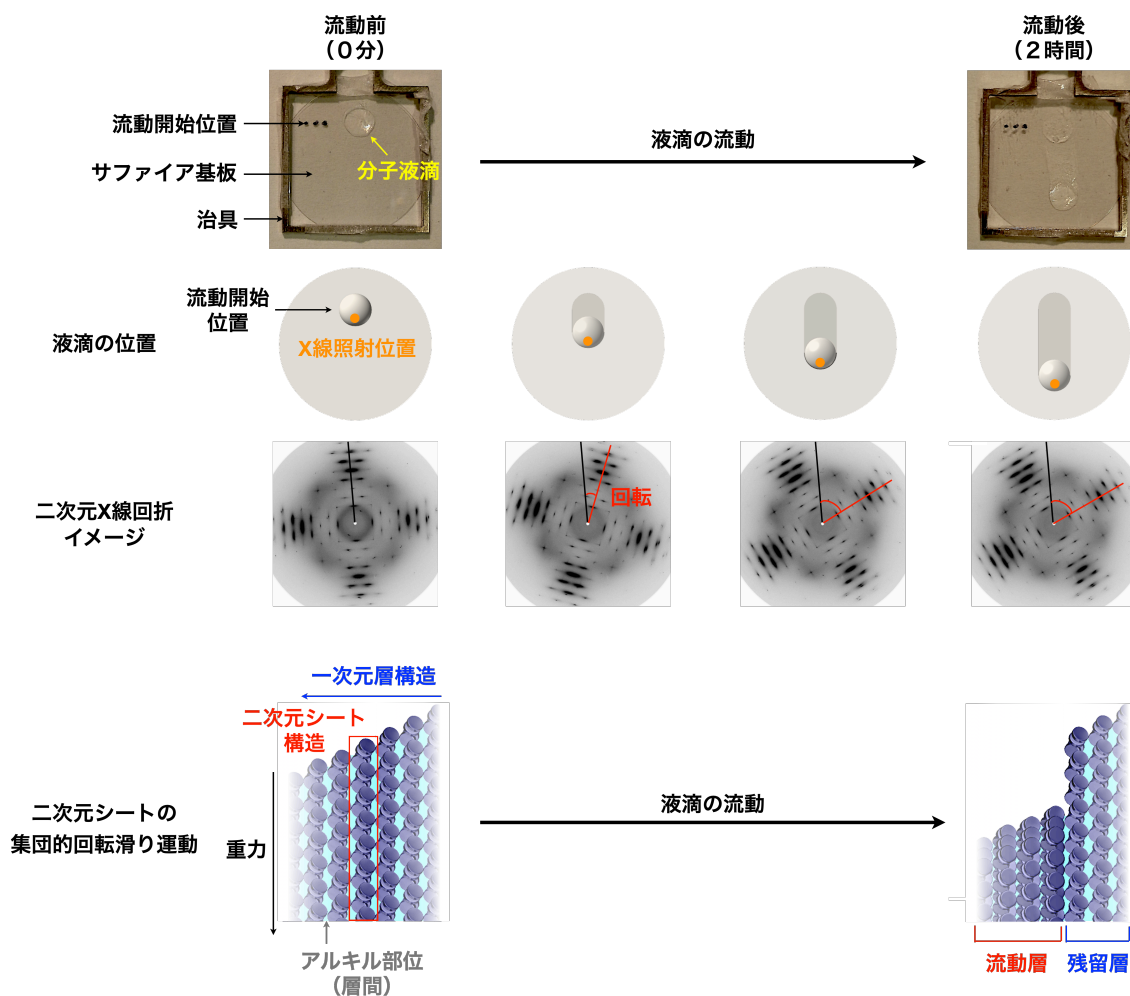


図 2 - 7 基板上におけるキラルトリフェニレン誘導体の液滴の回転流動

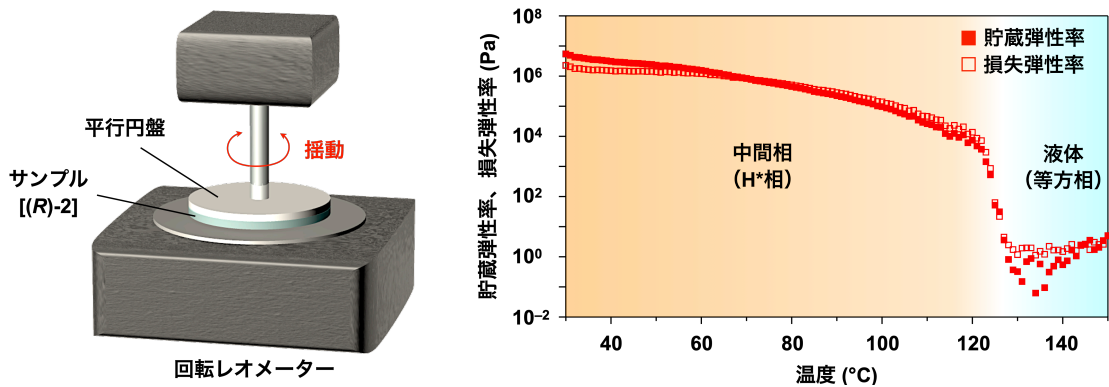
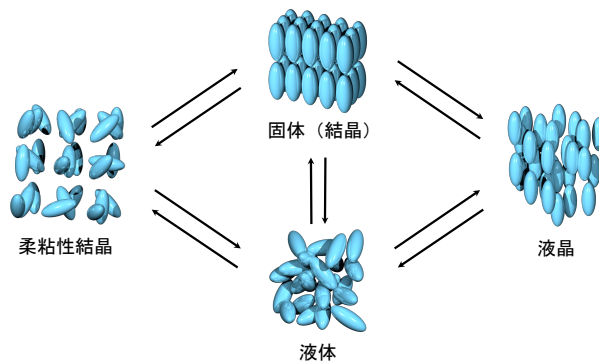


図 2-8 キラルトリフェニレン誘導体の粘弾性挙動



物質の状態	配向秩序	配列 (位置) 秩序	流動性
固体 (結晶)	○	○	×
液体	×	×	○
液晶	○	×	○
柔軟性結晶	×	○	×

図 2-9 既知の物質の状態 (本発表の物質はどれにも当てはまらない)

上述の研究において著者は、キラルトリフェニレン分子の構造解析全般を行った。本研究で最も時間を割いたパートは X 線回折による精密構造解析であった。分子液滴における集合構造の場所依存性や動的変化を in-situ 測定によりリアルタイム観察することは、これまでに行ったことがなかった上に、一般的な X 線回折測定では行わない測定のため、ラボの X 線装置では非常に難しかった。そこで、放射光 X 線を用いた X 線構造解析が必要と判断し、SPring-8 のビームライン担当者とともに、ビームラインへの特注試料ホルダの組み込みなど、試行錯誤を繰り返した。その結果、図 2-7 の測定といった、動的挙動の観察にも成

功した。この経験は、現在でも様々な装置の改良やアタッチメントの導入などといった特殊測定に対する研究支援者としての心構えに繋がっている。

加えて、本研究の過程では、ソフトマターのレオロジー測定といった、現在でも解析や解釈が難しいことにも挑戦した。レオロジー測定自体はすでに経験していたものの、その結果から粘弾性や配向特性を広く深く議論することは、非常に困難であった。ソフトマターや高分子の論文、教科書などを読むだけでなく、学内外の専門家、時には装置メーカーの担当者にも相談しながら解釈まで漕ぎ着けた。今思い返しても、この経験は非常にタフなものであったが、現在の TC カレッジにおける学内外の研究者、技術者、事務担当者などとの会議進行などにも活かされていると思う。

最後に、本研究の成果は著名な学術論文誌である *Nature Materials* に掲載されただけでなく、関係各所からのプレスリリースへの掲載、化学系 web サイトでも紹介された。自らが筆頭著者として上記にも関わることは初めてであったため、書類の書き方や各所との調整、周知など、マネジメントに関することも経験できた。この経験も現職で活かされていると思う。

2-3 代表的な研究2 (共著者、学内)

著者は、福島・庄子研究室との共同で、「大面積高秩序分子薄膜の創製」について研究を行った。(図2-10、論文43)。

著者はこれまで、バルク状態のソフトマターについて、分子集合構造や物性を検討してきたが、本研究で初めて、薄膜について本格的な研究に取り組んだ。

ここで、一般に薄膜は実用上、重要な物質形態であると考えられている。例えば有機薄膜は、半導体材料などの電子材料をはじめ、光学材料などの様々な用途に用いられている。もし有機薄膜で構成分子の配向や配列を「完全」に制御することが可能であれば、分子が本来持つ性質を最大限引き出すことにつながり、有機電子デバイス、光学材料、さらに人工筋肉のような刺激応答材料といった多様な高機能薄膜を開発できる。

しかしながら、薄膜の形成過程では、一般的な核生成・成長のメカニズムにより、生成した無数の結晶核から構造成長が起きてしまうため、ドメイン境界は必ずと言って良いほど生成してしまう。そのため、得られた薄膜材料において、ドメイン境界は膜の強度や電子などの伝導度といった、膜の機能を低下させてしまう。ところが、これまではドメイン境界のない有機薄膜を大面積で作製するための有効な手法はなかった。

そこで福島研究室は、構造規則性の長距離伝搬を可能にする分子および分子集積体の空間充填デザインを考案した。グラフェンのハニカム構造(蜂の巣のように六角形が隙間なく並んだ構造)をヒントに幾何学的な考察を行い、2次元平面を規則的に充填する理想的なモチーフとして、3枚羽のプロペラ状ユニットが歯車のように相互に噛み合った入れ子状のハニカム構造を考案し、ドメイン境界のない「2次元+1次元」構造からなる有機薄膜の形成に成功した(図2-10)。

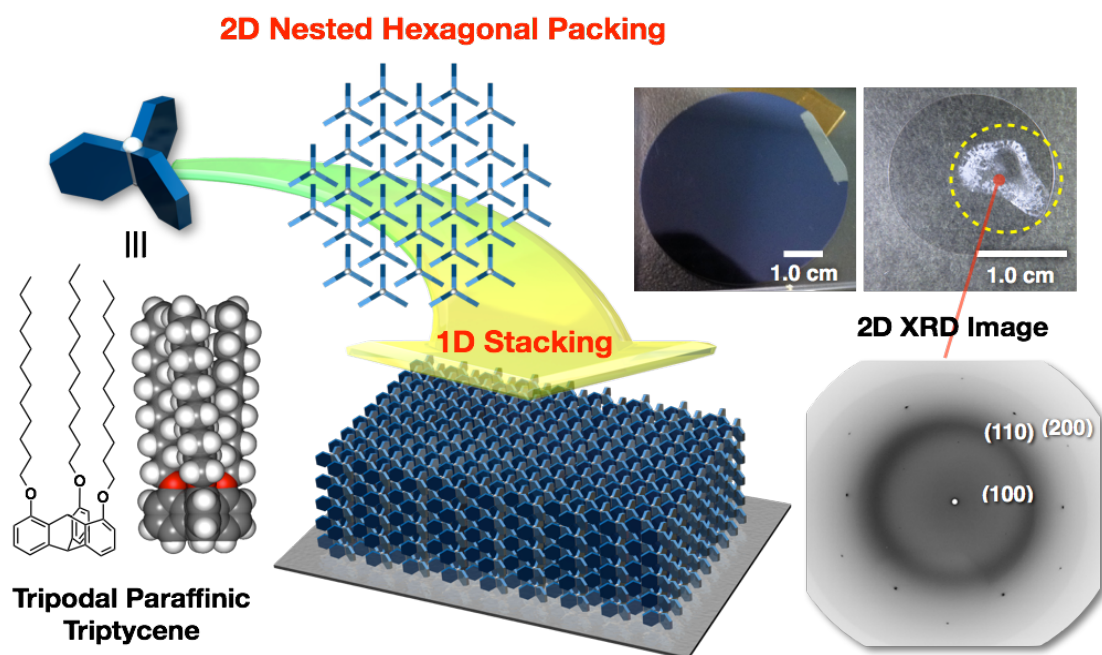


図 2 - 1 0 三枚羽分子トリプチセンの自己集合による大面積高秩序分子薄膜の創製

この研究において、著者は分子デザインおよび X 線回折による精密構造解析を担当した。

まず、研究グループにおいて構造モチーフを考えるにあたって、著者では全く想像も出来ない三枚羽分子トリプチセンを用いることを考えついた福島教授には脱帽であった。上記(2-2章)で検討したトリフェニレン骨格も、精密な空間充填には有用な分子モチーフであったが、さらに「2次元+1次元」構造まで展開し、結果的に大面積で安定な二次元薄膜を形成してしまうところまでたどり着けることは、著者にとって、「研究は最初のインスピレーションが重要であり、それを成し遂げるまでの粘り強さも重要である」ことを教えられる研究となった。

著者の具体的かつ顕著な貢献としては、放射光を用いた精密構造解析が挙げられる。本研究での X 線回折測定では、基本的にヘキサゴナルパッキングの 6 点の X 線スポットを得ることと、レイヤー構造由来の等間隔の周期的なスポットまたはアークを得ることを行っていた。そこまでは順調に進んだが、論文のリビジョンの段階で、どうしても必要かつ特殊な X 線回折測定が出てきた。この測定は相転移温度近傍での構造解析および構造化メカニズムの提案であった。測定自体はそれほど難しいものではなかったが、限られた時間の中で SPring-8 のビームタイムを確保し、どのような結果であろうと絶対に測定そのものを失

敗できない状況は、現在までの長い研究・研究支援活動を通して最大の緊張を伴った。ところが、最初の測定は上手くいかなかったため、教授およびスタッフ、学生と電話で相談したときには、互いにヒートアップもした。ただ、その白熱した議論によって、結果的には最善の測定・解析・解釈ができたと思う。このような経験は今後もなかなかあるものではなく、同様の状況にはなりたくないのが正直なところではあるが、二度と経験できない緊張感を味わえたことについては、研究室の皆様にも心より感謝したい。研究における極限状態でどのように議論を進められれば、最大の成果をあげることができるのか、よくわかる研究となった。

上記の苦勞もあり、このトリプチセンは通常の「核生成・成長」だけではなく、「核生成・成長・融合」ともいえるプロセスで構造化していることを見出した。そして、著者も共著者に加えてもらった本研究は *Science* 誌に掲載されるのみならず、関係各所からプレスリリースされ、複数のメディアで紹介された。

最後に、本研究では三脚型分子トリプチセンがセンチメートルスケールで均一なシングルドメインを形成することを発見したが、これは「分子薄膜工学」ともいえる新たな分野の創成の可能性を意味している。トリプチセンを用いた研究は著者が技術職員になって以降も福島・庄子研究室と共に更なる発展研究に取り組んでいる。

2-4 代表的な研究3 (共著者、学外国際共同研究)

著者は、東工大福島・庄子研究室在籍時から、新学術領域研究「 π 造形科学」に参画し、 π 共役有機分子を扱う多くの研究者と共同研究を進めてきた。加えて、2016年のノーベル化学賞受賞者の Ben L. Feringa 教授との国際共同研究も複数行い、著者が行った放射光 X 線構造解析を含む成果は *Nature Chemistry* 誌他で発表し、高く評価された (論文 7, 21, 26, 33)。

本研究は、福島・庄子研究室の博士学生 (Franco King-Chi Leung) がオランダ Groningen 大学に短期留学したところから始まった。Feringa 研では元々分子モーターなどの研究を盛んに行っていたが、その中で自己組織化材料の創製について研究を進めている中で、「光応答性ゲルが出来たが構造解析をして欲しい」(図 2-11) というオーダーが福島教授に届いた。そこで、著者が SPring-8 の放射光を用いた X 線散乱・回折測定を行ったところ、図 2-12 に示す X 線回折・散乱パターンが得られた。ここで用いた X 線散乱・回折手法は透過法と微小角入射法である。一般に微小角入射法は薄膜材料に対して行う手法であるが、本研究においては、棒状ゲルの長軸方向と短軸方向のそれぞれから X 線を入射し、各方向での X 線パターンから構造と配向を検討するために用いた (図 2-12c)。透過法により得られた X 線パターンも加えた 3 方向からの X 線回折・散乱測定結果から、棒状ゲル中の分子集合構造を検討した結果、図 2-11 の構造が導き出された。なお、得られた棒状ゲルは UV 光で屈曲し、可視光で直線状に戻るといった可逆性もあった (図 2-13)。

この共同研究において、著者は Feringa 研への留学生と共に、SPring-8 にて UV/可視光を当てながらの in-situ 測定を行った。これは、光を当てる場所と照射装置の位置関係を厳密に決める必要があり、空間的な位置調整が非常に大変な作業であった。加えて、カメラを見ながら光照射と X 線照射のタイミングを調整する作業も困難であった。これらの苦労を経て、本共同研究は *Nature Chemistry* 誌に掲載され、多くのメディアで紹介されたこともあり、現在では 200 件を超える論文引用となっている。

著者はこの研究を通じて、自らの専門である X 線を用いた構造解析だけ詳しくければ研究に十分に貢献できるということではなく、材料の物性や機能の評価についても幅広く知見を増やす必要があると強く感じた。

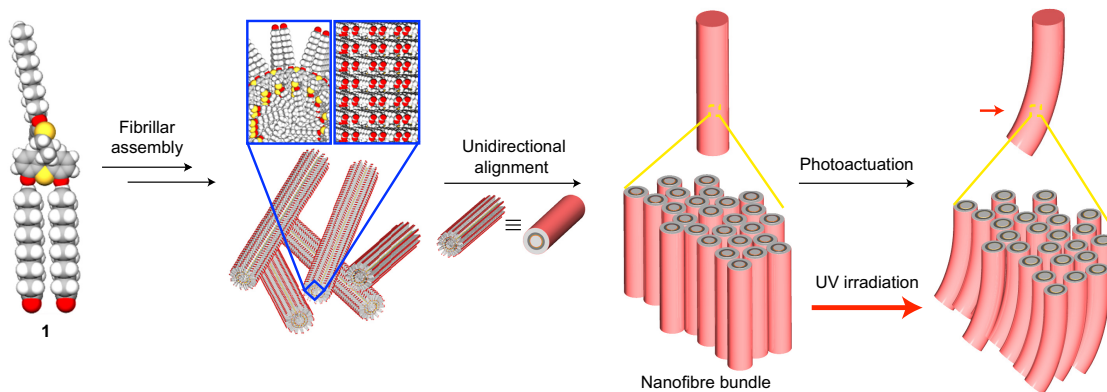


図 2-11 分子自己集合によるカラム~バンドル構造を形成と光応答性の概念図 (Reprinted from J. Chen et al., *Nature Chem.* 2018, 10, 132–138. Copyright 2018 Springer Nature.)

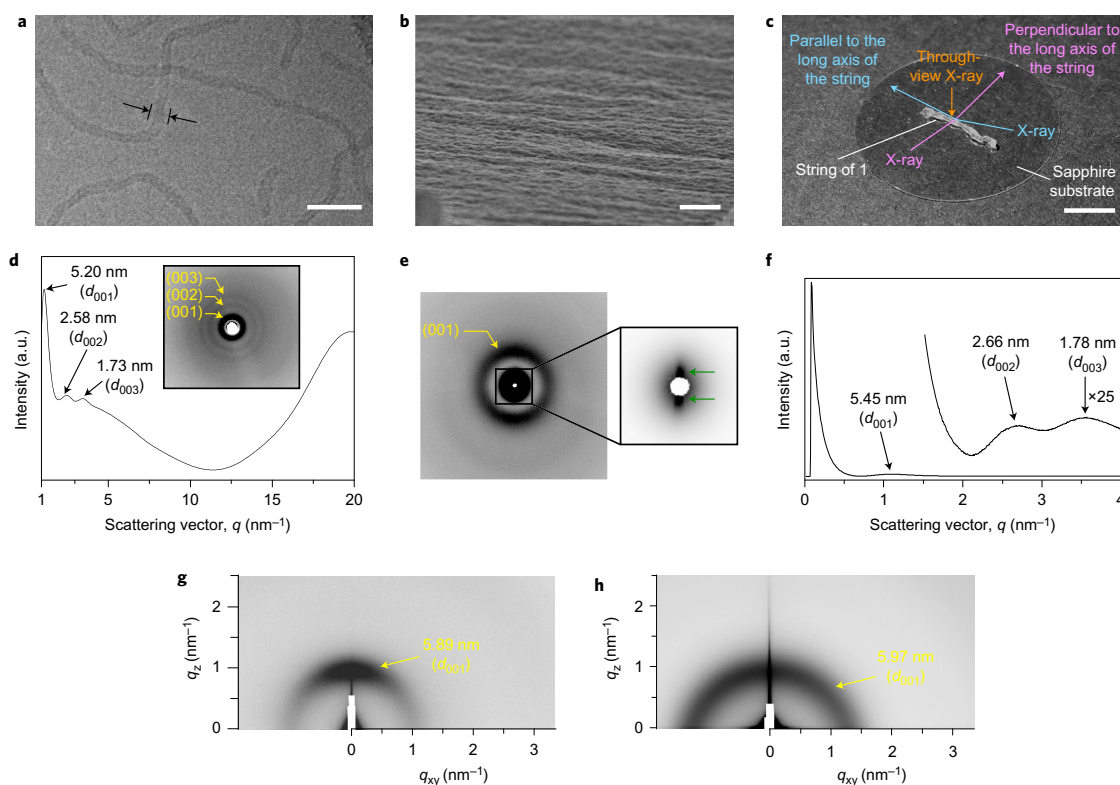


図 2-12 ファイバーの構造と X 線散乱・回折測定による構造解析 (Reprinted from J. Chen et al., *Nature Chem.* 2018, 10, 132–138. Copyright 2018 Springer Nature.)

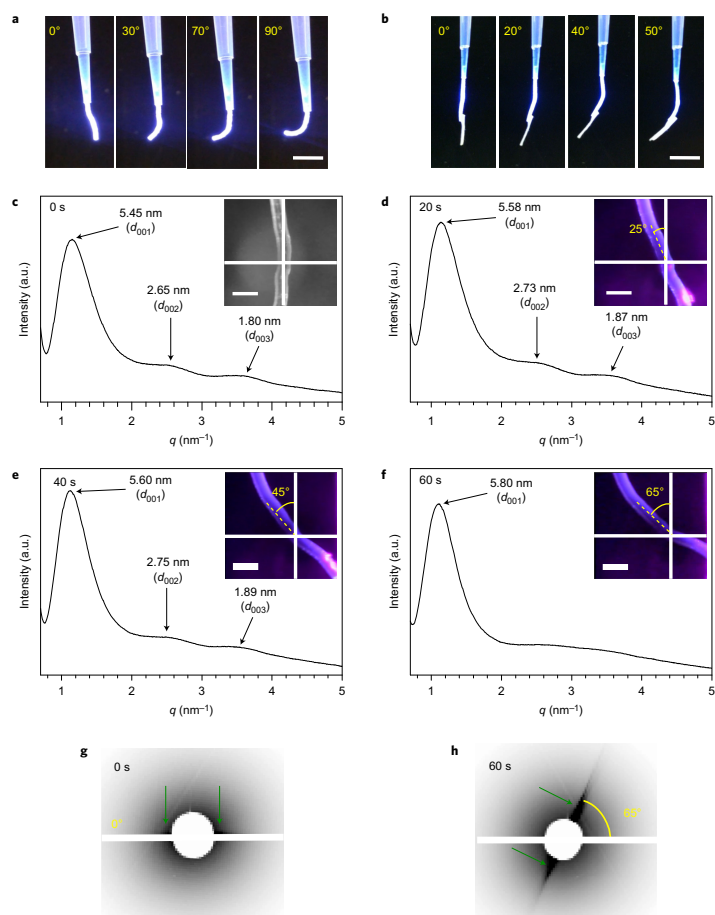


図 2-13 ファイバーの可逆的折れ曲り構造と X 線散乱・回折測定による構造解析 (Reprinted from J. Chen et al., *Nature Chem.* 2018, 10, 132–138. Copyright 2018 Springer Nature.)

2-5 現在の研究支援活動に繋がる参考事例

著者は研究者の頃の多くの共同研究を通じて、技術および考え方について、様々な視点から学ぶことができた。これらは、上記の代表的な研究に限らず、すべての研究から学び吸収してきた。本章で書ききれないことも多くあり、その中には多くの反省点もある。

例えば、図2-14に示す放射光施設 SPring-8 における磁場下温度可変 X 線回折測定において、セットアップ中に X 線透過窓が破れ、真空が破れる事故があった（論文 27）。これは X 線照射によりカプトン膜がダメージを受け、穴が空いたためである。本実験は X 線の力をまざまざと感じるものであった。幸い、大きな事故やケガ等はなかったが、実験は何が起こるかわからないので、それに対する準備をしなければならないことを考えさせられる機会となった。加えて、このセットアップにおいて、X 線の照射波長（エネルギー）と吸収端波長を予め知っておくことの重要性を身にしみて感じた。

これらの失敗も経験しながら、著者は現在、研究支援活動を通じて、自らの安全やユーザーの安全も考えた業務を遂行している。

Experimental Setup for Magnetic Processing of the Triphenylene Derivative in a 7-T Superconducting Magnet

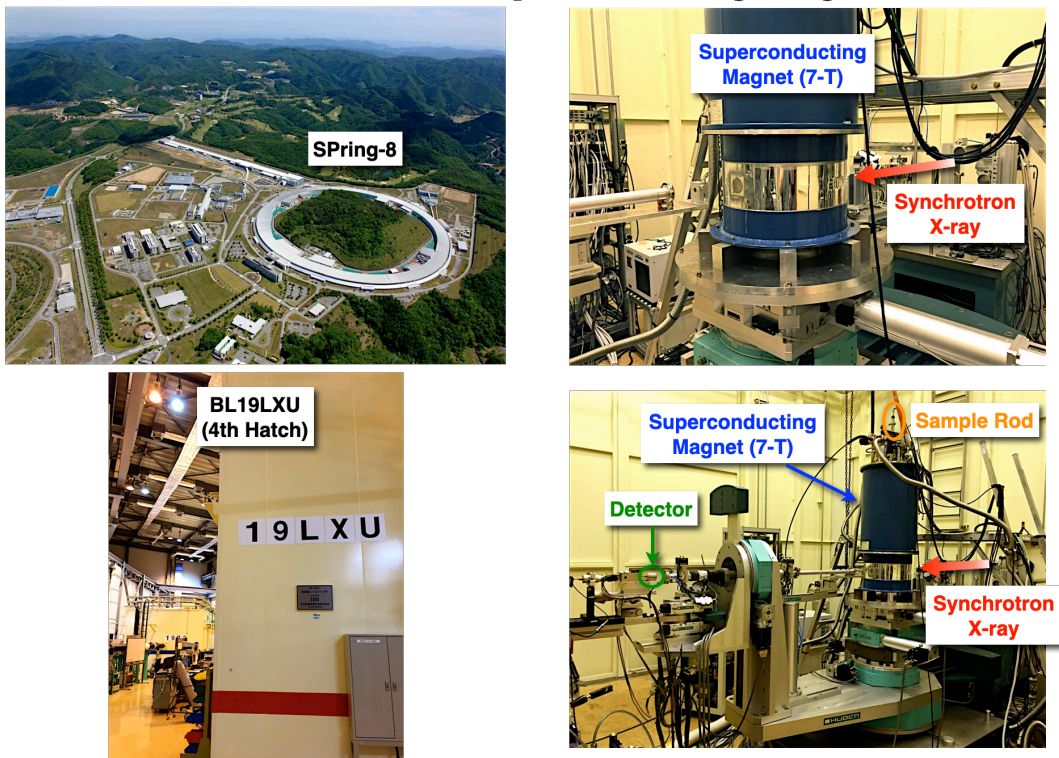


図2-14 放射光施設（SPring-8）における磁場下温度可変 X 線回折測定のセットアップ

現在の研究支援活動に繋がる事例としては、東工大金原研究室との共同研究も重要なものと言える（論文 24, 31）。これまで著者は比較的コアのしっかりした物質の構造解析を行ってきたが、金原研究室のサンプルは生体試料のように柔軟でコアがしっかりしていない。そのような構造不安定（フレキシブル）な物質は近年構造解析が進められており、早い時期にそれらに触れることができたことは、現在進めているソフトマターの構造解析を容易にしていると言えるだろう。

その他、著者はこれまで多くの研究活動を通じて、研究の一連の流れを学び、その中で技術者や技術職員が特に深く貢献すべき事項について理解してきた。具体的には、研究者と技術者のそれぞれの立ち位置の違いがわかった。研究者だけに求められるものとして、研究の立案がある。これは研究全体を統括する研究者（特に研究代表者）には不可欠な要素であり、技術者はそのアイデアをいかに最上級に持ち上げるかが重要であり、求められていると思う。その違いを十分に理解し、実際の研究支援活動に繋げることが、これからの技術職員や技術者の課題であり、TC カレッジが目指すべき方向えはないかと考える。

第3章 技術職員採用後の取り組み（研究支援活動）

本章では著者が東工大 OFC 技術職員として採用された後の研究支援活動について、状況と成果をまとめるとともに、代表的な研究支援成果を X 線回折・散乱測定を中心に詳細に述べる。

3-1 研究支援活動の方針と取り組みの概要

著者は、2019 年 1 月に東京工業大学技術部すずかけ台分析部門に異動し、これまで研究者として数多くの研究活動の中で習得した種々の分析手法を駆使して、学内外研究機関の研究者、学生、企業研究者への分析サービスと研究・技術支援活動を開始した。その後、2021 年 4 月からはオープンファシリティセンター研究基盤戦略室に席を移し、TC カレッジの組織運営とともに、引き続き分析サービスと研究・技術支援活動を行っている。

著者は技術職員として研究支援活動を始める際、以下の方針を立てた。

- (1) 装置の維持管理費用は可能な限り課金収益から支払う。
- (2) 通常のセルフ測定も重要であるが、依頼測定の比率を可能な限り高めて、ユーザーの要望に応えながら研究レベルの向上を図る。
- (3) 学内利用研究室数を増やすことは当然のこととし、空いている時間には学外利用研究室や民間企業からの依頼も増やし、装置稼働率と課金収入の両方の増加を目指す。
- (4) 論文謝辞のみならず、論文の共著者に加えてもらえるように、研究支援のレベル向上を目指す。

これらの方針および目標に従い、研究支援活動を現在まで続けている。

2023 年 1 月現在で遂行している研究支援活動を以下にまとめる。

- (1) 分析業務
 - ・担当装置：8 台
(小角 X 線散乱装置 2 台、DSC、偏光顕微鏡、CD、接触角計、触針式段差計、AFM)
 - ・学内利用研究室（継続的に利用）：12 研究室、その他単発の依頼あり
 - ・学外利用研究室（継続的に利用）：5 研究室、その他単発の依頼あり
 - ・学外利用企業（継続的に利用）：5 社、その他単発の依頼あり
 - (i) 学外受託事業：2 社（1 社：400 万円/年、1 社：100 万円/半年）

- ・ユーザー対応
 - (i) 小角 X 線：依頼測定件数がセルフ測定件数より多い。
 - (ii) 他の分析装置：依頼測定件数よりセルフ測定件数の方が多い。
 - (iii) 分析相談：毎週数件あり

- ・学内外課金収入（分析業務のみ）：約 800 万円（2022 年度見込み）

上記分析業務は、技術職員が通常行う業務であるが、その中でも学外利用研究室数と企業依頼件数については、他の技術職員と比べても遜色ない若しくは多いと言える。加えて、学内外課金収入金額は年々増加しており、学内外ユーザーからの認知度が上がり、一定程度の支持が得られてきていると判断する。これらの業務については、今後も継続した支援活動およびサービスの提供を心がける。

（2）装置・設備導入（2022 年度）

- ・薄膜 X 線回折装置：2022 年度二次補正（仕様検討、調整中、FS 整備）

- ・ウルトラマイクロ天秤：G3 棟（新規導入、微量秤量、FS 整備）

- ・簡易型グローブボックス：R3-D 棟（新規導入、嫌気下での試料調整）

- ・偏光顕微鏡：G3 棟（移設、試料観察、FS 整備）

上記装置類や設備の導入は、分析業務などの研究支援全般に対して有用であり、さらなるサービス向上や研究レベルの向上が見込まれる。特に、薄膜 X 線回折装置はファシリテーション（以後、FS と記す）の整備およびサービスの向上に直結する重要な装置であり、今後の FS および OFC の活動にも影響を与えと言える。今後も引き続き装置類の導入を進め、研究支援活動の質と量の両面からレベルアップできるように努める。

（3）共同研究

- ・学内（継続）：6 研究室

- ・学外研究機関（継続）：6 研究室
 - (i) 国際共同研究：1 研究室

- ・学外企業（継続）：2社（学内研究室からの共研依頼案件）
- ・共著論文（既出）：7報（2022年のみ、学内3報、学外4報）
3報（2023年1月現在、アクセプト済）
1報（投稿中）
- ・論文謝辞：4報（確認済み分のみ）
- ・科研費（分担）：2件（基盤S、萌芽）（2022年分）
1件（萌芽）申請中
- ・文科省国家課題対応型研究開発事業（分担）：1件（「原子力システム
研究開発」）
- ・JST-CREST（共同研究者）：1件 申請準備中

技術職員の着任当初からの方針通り、共同研究も順調に数を増やしている。特に、学内研究室からは継続的に共同研究の依頼があり、東工大の研究力強化に寄与しているものとする。加えて、学外からの共同研究も複数件あり、国際共同研究も1件行っている。これらの件数もさることながら、2022年は共同研究者のご尽力のおかげで共著論文が7報を数えた。2019年から技術職員となり研究支援を始めたが、その成果が徐々に現れているものとする。さらに、科研費やその他の研究費についても分担者や共同研究者に加えていただいたことも、研究支援活動の成果と言えるだろう。

以上の研究支援活動成果は、著者が短期間であるにもかかわらず、研究支援の方針や目標を持ち、取り組んだ証といえよう。

なお、著者はTCカレッジ構造解析系TCコースのKPIにもある「自身での科研費（代表者）獲得」も2021年度に「基盤研究C」で達成しており、研究者および研究支援者としてのプレゼンスを学内外に示している。この研究は「音波浮遊溶融法」という前例のない手法を用いた「固体界面の存在しない非接触な状態における物質の構造化挙動の検討」についてであり、福島・庄子研、SPring-8およびJAXAとの共同研究でもある。これは、物質本来の構造化に迫る基礎科学的に極めて重要な研究であるとともに、地球上では作製が困難な高機能材料（高屈折率材料など）の創製にもつながると考えられる。

次項では、複数の研究支援活動の中から、代表的な活動について、その成果を詳細に述べる。

3-2 代表的な研究支援活動（学内共同研究、論文4）

著者は、2019年に福島・庄子研究室から OFC に移った後も、共同研究による研究支援活動を継続的に行ってきた。その中で、研究グループは第2章（2-2）で報告したトリフェニレン誘導体の側鎖を変えた化合物の合成と構造解析を続けていた。

過去に研究グループは、エステル基が直結したトリフェニレンに単純なアルキル鎖を導入した誘導体がヘキサゴナルカラムナー (Col_h) 相を発現し、自発的に大面積で基板表面に対して垂直配向することを報告した（論文49）。そこで、末端にフルオロアルキル鎖を導入した誘導体を新たに合成し、その相挙動を検討したところ、この誘導体も先の例と同様の相挙動と配向性を示した。ところが、驚くべきことに、この誘導体に剪断力を与えると、液晶カラムの配向が基板に対して一様な水平配向に変化した。ディスコティックカラムナー液晶は粘性が高く、電場や剪断力などの外場による配向制御ができないというのがこれまでの共通認識であった。本化合物はそれを覆す挙動を示したと言える。

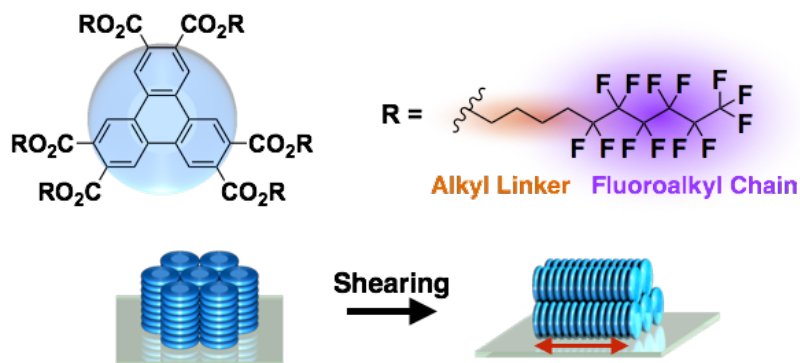


図3-1 フルオロアルキル側鎖を有するトリフェニレン誘導体の分子構造と剪断による液晶分子集合体の配向変化

具体的には以下の実験を行った。

トリフェニレンヘキサエチルエステルとセミフルオロアルキルアルコールのエステル交換反応により合成したトリフェニレン誘導体（図3-1）をガラス・石英・サファイアなどの固体基板で挟み、液晶相温度で垂直配向させた液晶フィルムを作製した。偏光顕微鏡（POM）観察下、この液晶フィルムに基板平面に対して平行に剪断力を加えたところ、暗視野から明視野に変化した（図3-2）。このことは、本化合物の液晶カラムが、基板表面に対して垂直配向から水平配向に変化したことを意味する。得られた液晶フィルムの偏光紫外分光測定および透過 X 線回折（XRD）測定から求めた分子の配向度はそれぞれ約 0.3 と約 0.9

であった（図3-3）。特筆すべきことに、剪断により生じた水平配向は、液晶相温度で長時間安定に保持された。論文中では、上記の配向制御のメカニズムを議論し、末端鎖長とフルオロアルキル部位の導入率を変えた数種の化合物の剪断応答性と光学特性についても述べている。

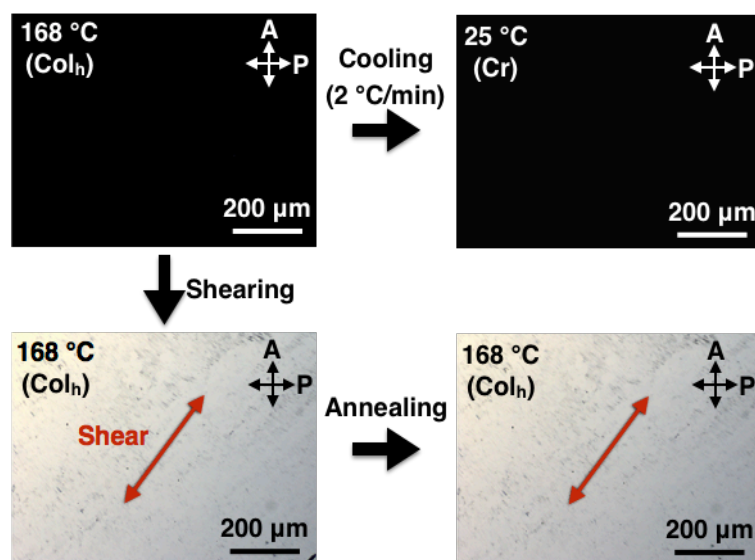


図3-2 フルオロアルキル側鎖を有するトリフェニレン誘導体の剪断による液晶分子集合体の配向変化の偏光顕微鏡観察

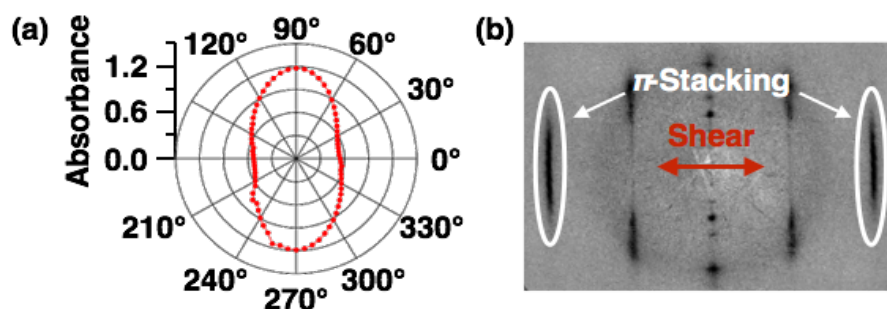


図3-3 フルオロアルキル側鎖を有するトリフェニレン誘導体の剪断後の偏光UVと二次元X線回折像

本共同研究において、著者はX線回折測定による精密構造解析と、剪断下偏光顕微鏡観察システム（図3-4）および剪断下X線回折測定システムの開発を、高エネルギー加速器研究機構（KEK）の研究者とともにに行った。基本的なシステムは偏光顕微鏡とX線回折で大きな違いはないが、偏光顕微鏡の場合は焦点距離を合わせる必要があるため、剪断装置を乗せる台の高さ調整に苦労した。

一方、X線回折測定においては、以前の単結晶状液滴（第2章、2-2）の場合と異なり、透過測定の他に反射測定も行う必要があった。そのため、装置セットアップなど困難な点が多くあったが、KEKの研究者とともに装置開発を進め、最終的には剪断しながらのin-situ XRD測定に成功した。

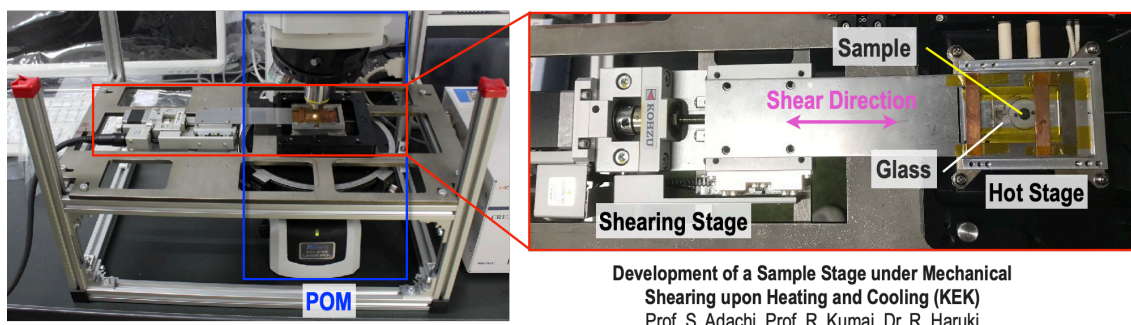


図3-4 フルオロアルキル側鎖を有するトリフェニレン誘導体の剪断下偏光顕微鏡観察の装置セットアップ

本研究では、液晶分子の集合構造や配向挙動については著者が最もよく理解しているため、配向変化のメカニズムなどについては、X線回折測定と偏光顕微鏡観察を駆使して解明した。これは、著者の強みを共同研究に活かした好事例と言える。

このように、技術職員となり、研究支援活動に注力するようになってからは特に、これまでに習得したスキルや知識、経験をフル活用しながら、共同研究に貢献している。

3-3 TC カレッジ受講による研究支援活動の広がり

著者は、研究室のスタッフとして在籍していた福島・庄子研究室との共同研究の他に、近年では多くの学内外研究者と共同研究を進めている。その中で、著者が受講している TC カレッジ構造解析系 TC コースのカリキュラムからも多くの共同研究のヒントが得られおり、その知見も活かした研究支援活動を行っている。

以下に、TC カレッジのカリキュラム受講により得られた知見を活かした共同研究成果の例を記す。

- ・千葉大学矢貝研究室との共同研究：温度可変 X 線散乱・回折測定（論文 1, 8)

TC カレッジ粉末 X 線回折カリキュラムにおいて、サンプル調整（粉碎、キャピラリへの導入）の重要性について詳しく学んだ。その知見を活かし、実際の測定では、ユーザーに対してサンプル調整の細かなアドバイスが出来るようになり、安定した測定データの取得が可能になった。

- ・京都大学杉安研究室との共同研究：透過および反射 X 線を用いた構造解析（論文 3）

TC カレッジ粉末 X 線回折および薄膜 X 線回折カリキュラムにおいて、透過法と反射法による構造解析の違いと両立させることの重要性を学んだ。その知見を活かし、ファイバー状の分子集合体の精密構造解析を行い、異方的な構造化の進行について、提案、立証するに至った。

- ・大阪大学櫻井研究室との共同研究：DSC を用いた比熱測定（論文 6）

TC カレッジ受講前からパーキンエルマー製 DSC を導入していたが、DSC カリキュラム受講により、比熱測定法や厳密な比熱容量の評価、サンプル調整など、精密解析のための各種手法を学んだ。その知見を活かして実際に比熱測定した結果、お椀型分子の構造と熱物性について詳細な議論が可能になった。

- ・香港理工大学 Franco Leung King-Chi 研究室との共同研究：棒状ゲルの X 線構造解析（論文 9,10）

TC カレッジ粉末 X 線回折および薄膜 X 線回折カリキュラムにおいて、透過法と反射法による構造解析の違いと両立させることの重要性を学んだ。その知見を活かし、以前から行っている棒状ゲルの構造解析について、放

射光を用いることなく、ラボ機でも十分に評価ができることを実際の測定で示した。

その他、まだ論文化されていない共同研究も多数あり、それらについても TC カレッジで習得した技術や知識を取り入れながら研究を遂行している。

第4章 高度技術人財養成に関する組織運営

本章では著者が東工大 TC カレッジ事務局統括として取り組んできた活動について、状況と展望、困難であった点などを述べる。

4-1 TC カレッジ事務局統括としての業務概要

著者は、これまでの研究および研究支援活動期間において、学生や技術員、ポスドク、スタッフ研究員などとの協働とともに、研究室等の組織運営にも取り組んできた。特に、理化学研究所在籍時は副チームリーダーとして、チーム運営を責任持って遂行した。また、東京工業大学ではスタッフの一員として研究室運営を行い、研究プロジェクトの企画・立案・実施を推進した。現在では、2021年4月から東工大 OFC 研究基盤戦略室の特任専門員として、これまでの研究支援活動の他にセンター運営、特に TC カレッジ事務局統括としての業務を行っている。

著者は、コアファシリティ事業「東工大 TC カレッジ」の事務局統括として、以下の取り組みを通じて組織運営の経験を積んでいる。

- ・制度案作成（セミナー、見学など）
- ・TC 論文制度案作成、調整
- ・運営専門委員会、戦略会議議題セット、資料等の指示出し
- ・会議資料作成（TC カレッジ説明会、運営専門委員会、戦略会議、初級 WG、学外研究機関との打ち合わせ、メーカー情報交換会、メーカーとの打ち合わせ）
- ・会議司会進行【TC カレッジ説明会（年2回）、戦略会議（毎月）、初級 WG（毎月）、TC コース（毎月）、学外研究機関（4 機関）、メーカー情報交換会（年2回）、協力メーカー（5 社）】
- ・会議参加（すべて、20 案件以上）
- ・学内外交渉（詳細調整）
- ・問い合わせ、質問、クレーム対応（TC カレッジ戦略会議メンバーおよび学内外関係者）

- ・カリキュラム、シラバス全体調整（全コース分）
- ・新コース立ち上げ準備、調整（学外研究機関）
- ・コース内大学間調整（東工大一学外研究機関）
- ・カリキュラム視察（初年度実施分と変更が多い分）
- ・連携機関の対応（主担当）（継続：3 機関）
（新規：2 機関）
（副担当）（継続：2 機関）
- ・協力メーカーの対応（主担当）（継続：2 社）
（新規：3 社）
（副担当）（継続：3 社）

著者は「東工大 TC カレッジ」において、上記の取り組み（項目）により、各種制度作りと運営の円滑な遂行を取りまとめたり、時には直接指揮している。

第 1 章でも述べたように、テクニカルコンダクター（TC）制度は、高度な技術力・研究企画力を持ち、研究力を飛躍的に向上させる「Team 東工大大型革新的研究開発基盤イノベーション」を牽引するプロフェッショナル技術職員の養成・評価、TC 認定による高度技術支援人財の見える化および技術職員の新たなキャリアパスの開発を目的とした制度を意味する。本制度は OFC において TC カレッジの設置と並行して準備が行われ、2020 年度は学内技術職員で構成された TC カレッジ準備委員会が設置された。著者は 2021 年度から組織運営に加わり、学内の教員、技術職員、事務職員、および民間企業を含む学外有識者で構成された TC カレッジ運営専門委員会を開催し、目指すべき TC 像などの策定を行い、それを元に TC 認定までの認定要件をまとめ、現在では関係の規程を整備し、2022 年度中に最初の TC 認定審査を行うところまで漕ぎ着けた。なお、TC の称号は後述の次世代人事戦略と関連し、新設した上位職階への若手職員の早期昇任・採用審査の際に考慮する事項として取り入れる予定として、既に整備されている。

4-2 TCカレッジ運営への参画後の進捗状況（2021, 2022年度）

著者は前述のTC制度およびTCカレッジ構想（第1章）を具現化するために、2021年度から事務局統括として加わり、学内の教員、技術職員、事務職員のみならず、連携機関教員、協力企業の担当者からなる総勢15名のTCカレッジ運営専門委員会を新たに設置し、開講中のカリキュラムのブラッシュアップと新規コースの策定、関係規則の整備、TC認定基準と審査基準の策定を行うこととなった。なお、2023年1月現在、運営専門委員は17名まで拡充されている。

著者が統括するTCカレッジに関する事務業務では、OFC研究基盤戦略室にTCカレッジ事務局を置き、5名のメンバーと共にTCカレッジ運営専門委員会の調整、受講者のカリキュラム進捗状況管理等を行っている。

2021年度は学内技術職員向け試行として、構造解析系TCコース、材料評価系TCコース、バイオ系TCコース、設計製作系TCコースの4コースを6月より開講した。学内技術職員の受講者からの協力も得ることにより、実際にカリキュラムを実施しながら問題点の洗い出しなどを行った。

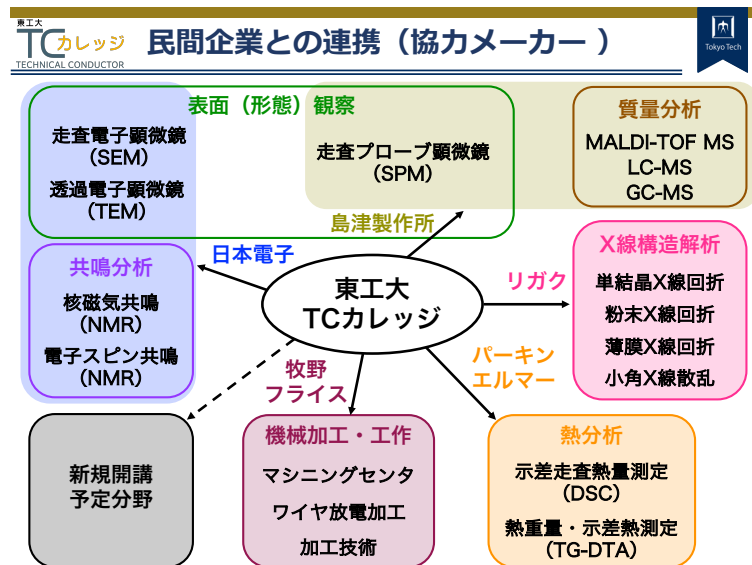


図4-1 民間企業（協力メーカー）との連携相関図

カリキュラムについては、東工大の教員による講義と並行して、協力メーカー各社との共同開発（図4-1）も進め、過去に例のない独自プログラムを策定した。その中でも特徴的なカリキュラムとして、受講生自らが装置を解体、組み上げなどを行いながら、装置類の内部構造を直接観察する「中古機器バラシキャラバン隊」（図4-2）や東工大教員およびメーカー研究者等による「セミナー」（図4-3、4-4）、協力メーカーの工場などの内部まで見ることもできる「メ

「メーカー見学」、コースを監修する教員を交えた「ゼミ」形式の課題解決型ディスカッション、大学の執行役員やメーカー役員等との情報交換会、受講生である技術職員等が一堂に会して行う「技術・研究支援発表会」「OFC業務体験」（図4-5）などが挙げられるが、これらは、技術職員や各種技術者の養成には不可欠であるにも関わらず、これまで積極的に行われて来なかったものであり、TCカレッジではそれらに挑戦するという点でも、これまでの高度技術人財養成に対して一石を投じる試みとなっている。



図4-2 中古機器バラシキャラバン隊のカリキュラム概要

令和4年度技術・研究支援概論1 (メーカー)

令和4年度技術・研究支援概論1 (メーカー)

令和4年度技術・研究支援概論1 (メーカー)

図4-3 技術・研究支援概論1 (メーカー)

令和4年度技術・研究支援概論2（教員）



TCカレッジ 令和4年度セミナー（技術・研究支援概論2）
第1回講演会

**電子顕微鏡・回折およびX線回折による
材料の微細構造解析に携わって**

◆◆◆ 講演概要 ◆◆◆

TCカレッジでは、研究者が進める研究を真に支援し、活かして研究・教育・インフラ整備等の遂行ができる高度技術人材（技術系職員を軸とした技術者）の育成を目的とし、各種プログラムを実施しています。本年度からは、プログラムの一つとして東京工業大学の教員によるセミナーを開催致します。本セミナーでは、先生方から研究についての「生の」お話を聞くことで、技術系職員等の研究支援に対する更なる意識の向上を図るとともに、個別の業務において新たな課題をたราบらすことを目指します。

今回は第1回講演会として、オープンファシリテーター副センター長（物質理工学院 材料系）の中村吉男 教授から、電子顕微鏡と回折分析装置を用いた材料分析について講演いただきます。

特別発表は、電子顕微鏡の解析能力が向上する電子顕微鏡からの高度化の進歩のようにより詳しく、ソフトウェアを駆使されました。これまでに研究過程において、「像と図解図形は同等の情報を持ち、相補的に利用される」ことに基づき、これらを物質・材料の微細構造解析に利用されてきました。その中から3割ほどを特別発表と見、何を不満足に思い、研究に取り組みてこられたかを紹介させていただきます。

本セミナーから、今後の研究支援の発展を期したいと思います。

2022年12月2日（金） 14:00 ~ 15:30
オンライン開催 参加費無料

司会・進行：東京工業大学オープンファシリテーター 研究基盤戦略室 高橋 久徳
開会挨拶・TCカレッジの紹介（5分） 東京工業大学 TCカレッジ長 江端 新吾
講演 東京工業大学 物質理工学院 材料系 教授
オープンファシリテーター 副センター長 中村 吉男

- ・中心対称のない金属の長周期規則構造
- ・構造空孔を含む化合物半導体の構造と相変態
- ・セラミックスに閉じ込められた高配向金属の構造と膜応力

質疑応答（10分）
閉会挨拶（5分） 東京工業大学 副学長（国際広報担当）・工学院 教授
オープンファシリテーター 研究基盤戦略室長 岩附 信行

参加方法
どなたでもご参加いただけます。
右のQRコードからご登録の上、ご参加ください。

お問合せ先
東京工業大学オープンファシリテーター
TCカレッジ事務局
tc2024@ofc.titech.ac.jp
https://www.ofc.titech.ac.jp/tc-college

TCカレッジ 令和4年度セミナー（技術・研究支援概論2）
第2回講演会

植物・藻類に含まれる主要脂質：機能・進化・応用

◆◆◆ 講演概要 ◆◆◆

TCカレッジでは、研究者が進める研究を真に支援し、活かして研究・教育・インフラ整備等の遂行ができる高度技術人材（技術系職員を軸とした技術者）の育成を目的とし、各種プログラムを実施しています。本年度からは、プログラムの一つとして東京工業大学の教員によるセミナーを開催致します。本セミナーでは、先生方から研究についての「生の」お話を聞くことで、技術系職員等の研究支援に対する更なる意識の向上を図るとともに、個別の業務において新たな課題をたราบらすことを目指します。

今回は第2回講演会として、生命理工学部 生命理工学系（バイオ系TCコース監督）の太田啓之 教授から、植物・藻類に含まれる主要脂質の機能・進化、応用について講演いただきます。

太田先生は、東京工業大学で長らく植物や藻類に含まれる主要な脂質成分をターゲットとし、その合成の仕組みや機能、進化、さらには産業応用について研究を進めてこられました。本講演では、特にそれらの脂質成分が光合成生物で取り込まれ、それが生物進化に果たしてきた役割について概観するとともに、それら脂質成分、近年特に注目となっている脂質成分に由来する脂質成分の産業利用についてご紹介させていただきます。

本セミナーから、今後の研究支援の発展を期したいと思います。

2022年12月23日（金） 10:00 ~ 11:30
オンライン開催 参加費無料

司会・進行：東京工業大学オープンファシリテーター マイクロプロセス部門長 松谷 晃宏
開会挨拶・TCカレッジの紹介（5分） 東京工業大学 TCカレッジ長 江端 新吾

講演 東京工業大学 生命理工学部 生命理工学系 教授
TCカレッジ バイオ系TCコース 監督 太田 啓之

質疑応答（10分）
閉会挨拶（5分） 東京工業大学 オープンファシリテーター 副センター長 中村 吉男

参加方法
どなたでもご参加いただけます。
右のQRコードからご登録の上、ご参加ください。

お問合せ先
東京工業大学オープンファシリテーター
TCカレッジ事務局
tc2024@ofc.titech.ac.jp
https://www.ofc.titech.ac.jp

図4-4 技術・研究支援概論2（教員）

令和4年度のTCカレッジの取り組み

技術・研究支援発表会 （授賞式：令和4年11月17日）



東工大OFC業務体験 （令和4年11月17日）



図4-5 技術・研究支援発表会（左）、東工大業務体験（右）

2021年度の取り組みをさらに発展される形で、2022年度からは学外受講者を受け入れオールジャパンの人財養成システムとして新たな試行を開始した。具体的には、東工大技術職員の他に8大学（長岡技科大、名工大、阪大、大阪公立大、岡山大、鳥取大、山口大、琉球大）から計21名の技術職員等が新たに参画

し、新たに開講したマネジメント系 TC コース、マイクロプロセス系 TC コース、情報系 TC コース、遠隔分析 DX 系 TC コースを加えた 8 コースで各受講生がカリキュラムを受講している（図 4-6、4-7）。特に、新設のマネジメント系 TC コースには 5 名の受講生が在籍していることから、開講初年度にも関わらず非常に注目されていることがわかる。

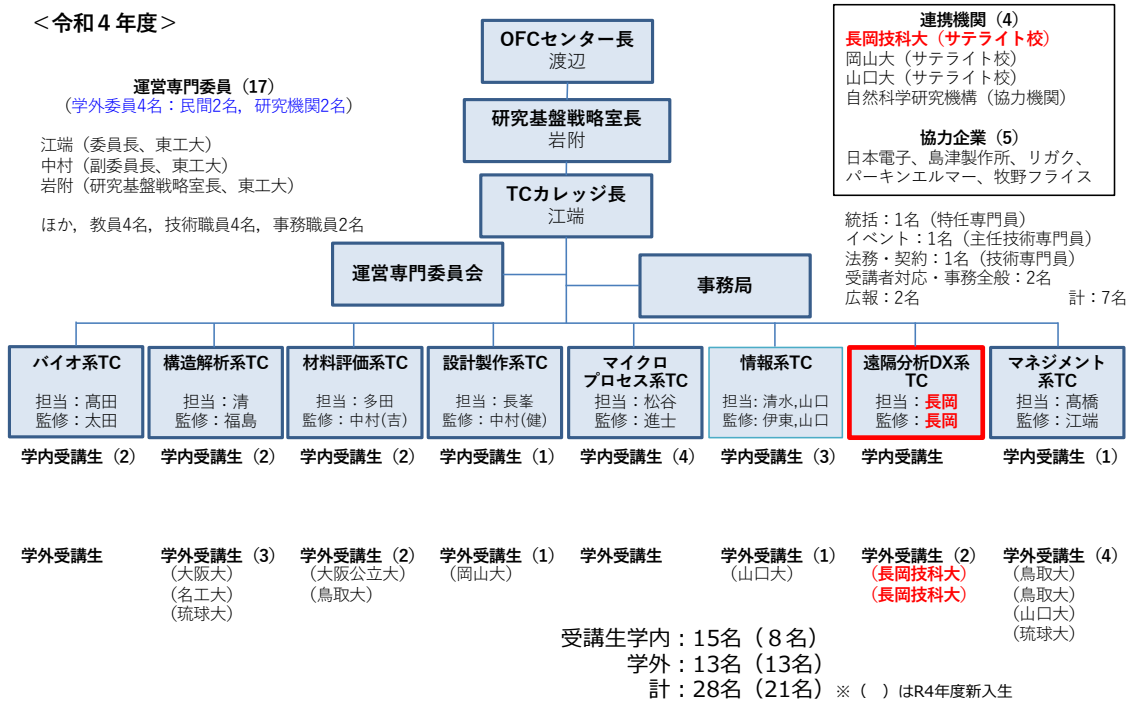


図 4-6 2022 年度 (令和 4 年度) TC カレッジ体制

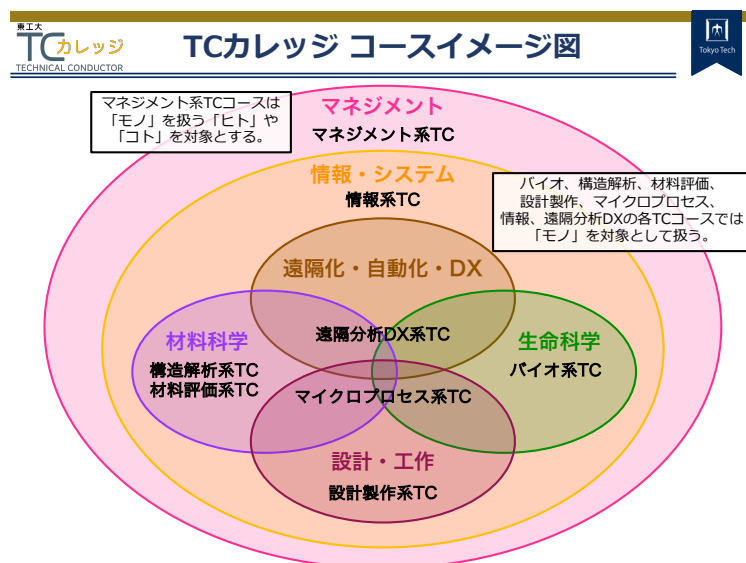


図 4-7 TC カレッジコースイメージ図

令和4年度TCカレッジ開講コースと受講パターン



開講コース	受講パターン		
		東工大 学内 (部門長推薦者)	学内 / 学外
・ バイオ系TC	初級 =TUGC	各部門における 教育研修	1年目
・ 構造解析系TC	中級 =TMC1	1年目	1年目/2年目
・ 材料評価系TC	上級 =TMC2	2年目	2年目/3年目
・ 設計製作系TC	TC論文 =TCC	3年目	3年目
・ マイクロプロセス系TC			
・ 情報系TC TM →			
・ 遠隔分析DX系TC			
・ マネジメント系TC TC →			

図4-8 2022年度(令和4年度)TCカレッジ開講コースと受講パターン

東工大TCカレッジ サテライト校、連携機関(丸囲み)

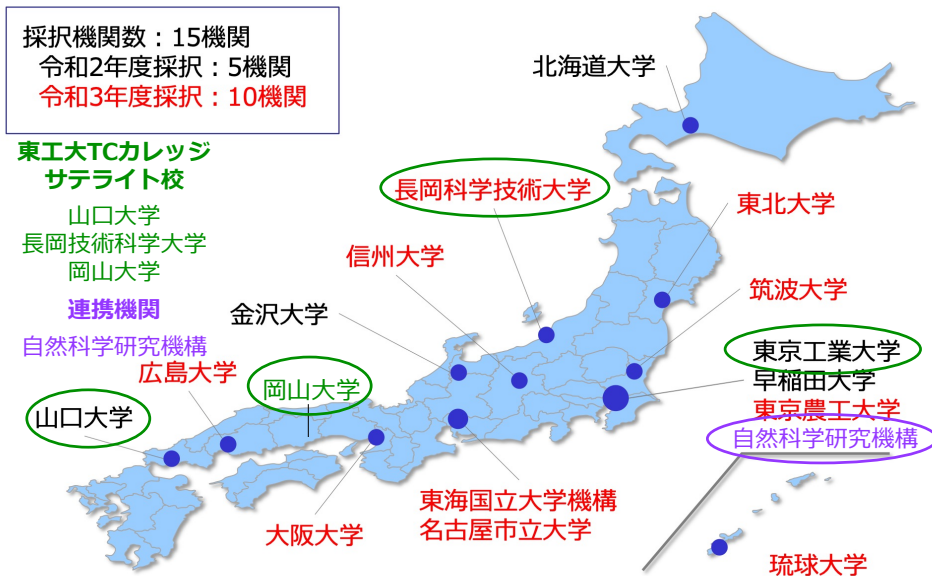


図4-9 TCカレッジネットワーク

本取組の成果として、2021度はTCコースへの受講資格であるテクニカルマスター(以下、TM)を11名認定した。令和4年度はTM認定者のうちTCコース受講者を対象にTC認定審査を行い、令和4年度末にTCを認定する予定である(図4-8)。

本取り組みは連携機関や、協力企業とのカリキュラム共同開発からスタートしたが、その後、3大学がサテライト校として加わり(図4-9)、各サテライト校では各々の特色を活かしたコース設計を進めている。また、協力メーカーと

してさらに 3 社参画し、共同カリキュラム開発と実施を順次進めている。現在ではさらに複数の大学との連携も協議中であり、全国的な技術職員等の高度化の取り組みとして大きく貢献するための礎を着々と構築している。

4-3 TCカレッジの今後の展望

著者は現在、上述の取り組みを統括し、新たな取り組みの模索や発展に向けた準備も進めている。例えば、コース間連携を利用した、他コースへのTCカレッジ内留学制度を作り、専門外のカリキュラムを受講したり受講生と交流することで、幅広い知識やスキルの習得が可能になると考える。

加えて、TCカレッジでは著者が中心となり、学内外の研究者や技術者、企業研究者などからなる「高度人材養成ネットワーク」の構築も進めている。ネットワーク構築に関連して、著者は研究基盤協議会の事務局にも所属し、技術職員の今後について議論する場にも加わっている。

4-4 TCカレッジ運営に携わって感じた組織運営の難しさと抱負

著者はこれまで2年間、TCカレッジ事務局統括として組織運営に携わってきたが、その中で様々な苦難があった。

まずは、技術職員や技術者の高度人材養成の体系的な取り組みは全国のどこにも存在せず、どのような仕組みを作れば技術職員等が満足できるのか、見当もつかなかった。著者は幸い、研究者として活動してきた期間も長く、研究と研究支援の両方を理解できる立場であるため、技術職員等に求められること（目指すべきTC像に相当するもの）を考えるのはさほど難しくなかった。しかし、技術職員の各人の考え方や取り組み方を理解するまでは、TCカレッジの方向性も定まらなかったのではないかと思う。その点では、準備期間を若干ロスしたことが悔やまれる。しかしながら結果的には、現状、当初の予定より早くプロジェクトが進んでいるため、多少の余裕は生まれている。とはいえ、これからも気を引き締めて取り組みたいと思う。

組織運営については、常に難しい問題がある。それは技術職員のマネジメント業務についてである。技術職員にとって、元々マネジメントや事務作業は専門分野ではないため、効率が悪い部分がある。加えて、TCカレッジメンバーは技術職員としての業務を兼任している者も多く、エフォート管理が難しい。教員等であれば、それらの管理も慣れていると思うが、技術職員にとっては若干ハードルが高いとも思える。慣れと言えばそれまでだが、著者はTCカレッジ事務局統括として、メンバーの業務管理をしっかり行わなければならないと強く感じている。

今後は、学外受講生がさらに増えることが予想されるため、著者が積極的に上記のコントロールをする所存である。加えて、新規受講生に満足してもらえるカリキュラムの提供ができるように、コース担当などとも連携を密にして、運営を進めたいと思う。

最近、著者自身が実務運営する中で、より具現化したいことや目指すべき人財像が明確になってきた。

著者は、各技術者が「TC カレッジ」および「技術 (Technique)」の「T」の字のような人財になることが理想と考える。「T」の横棒は技術の広がりを現している。具体的には、技術職員は技術に関する様々な分野およびマネジメントまで広く理解する必要がある。加えて、「高度」技術人財には広がりと共に自らの専門分野の深い知識、経験、技術（「T」の縦棒）が求められる。この2つの要素を共に取得した技術者が「真の」高度技術人財（テクニカルコンダクター、TC）と言えると考える。当然、このような技術者は所属機関内外および国内外の研究者などとも積極的に交流でき、活発な共同研究も可能である。

翻って、現在 TC カレッジで進めているカリキュラムや KPI は、上記のイメージからは共にまだ不完全な状態と考える。特に、「T」の横棒に相当する知識や経験、スキルの広がりを受講生に満足してもらえるほどにセットできていない。

そこで著者は今後、現在進めている TC カレッジ運営を継続しつつ、さらに上記のイメージを具現化するように発展しようと考えている。実際、既にいくつかの大学やメーカーとも新たな連携に向けた議論を進めており、今後多くの技術者等にさらなるサービス提供が可能になると想定している。今後はこれまでに拡大したカレッジの規模を活かし、個々の機関では実施の難しいカリキュラムを、東工大、サテライト校、協力企業が一体となり実施するとともに、企業研究者などの受講も受け入れる予定にしている。最終的には、全国の技術系職員や企業研究者・技術者の高度人財養成プログラムの標準化を目指し、活動を進めていくことを考えている。

第5章 結論

5-1 研究支援のまとめと展望

X線回折・散乱測定を主たる分析手法とし、有機・無機高分子材料の構造解析を行ってきた。その中で、研究活動および研究支援活動を通じて、様々なアタッチメントや特注パーツなどを駆使する「技術的」アプローチと、ユーザーに寄り添い、時に研究をリードするような「研究的」アプローチをうまくバランスを取りながら取り入れていくことが、研究支援にとって最も重要と感じた。

今後は、自身でスペシャリストと自負する X 線構造解析以外にも、何本か中心となる柱を立てられるように、技術面と知識面の両方で精進したいと思う。特に、今後は物性評価とも連動した構造解析の手法提案も積極的に行っていく。結果として、東工大および日本全体の研究力が向上するような流れを、微力とは思いますが作りたい。

5-2 組織運営のまとめと展望

TC カレッジ事務局統括として、全く新しい高度技術人財養成プログラムの制度設計から運営まで行っている。過去の例にとらわれることがないので、自由なアイデアを持ち込むことはできるが、その分、実際には難しく、また職員には理解してもらえないことも多々ある。しかしながら、少しずつでも理解してもらえるように対話を増やし、東工大～全国の技術職員～全国の企業研究者、さらには教員や学生諸氏までも TC カレッジのネットワークを広げられるよう、務めていきたい。最終的には、高度人財養成プログラムの標準化を目指し、日々運営業務を進めていく所存である。

研究業績および研究支援業績

a) 英語原著論文(65編、すべて査読あり)

1. Amplification of molecular asymmetry during the hierarchical self-assembly of foldable azobenzene dyads into nanotoroids and nanotubes
T. Saito, T. Kajitani, S. Yagai
J. Am. Chem. Soc. **2023**, *in press*.
2. Overcoming the entropy of polymer chains by making a plane with terminal groups: A thermoplastic PDMS with a long-range 1D structural order
Y. Chen, F. Ishiwari, T. Fukui, T. Kajitani, H. Liu, X. Liang, K. Nakajima, M. Tokita, T. Fukushima
Chem. Sci. **2023**, *in press*.
3. Individually separated supramolecular polymer chains towards solution-processable supramolecular polymeric materials
T. Shimada, Y. Watanabe, T. Kajitani, M. Takeuchi, Y. Wakayama, K. Sugiyasu
Chem. Sci. **2023**, *in press*.
4. Design of discotic liquid crystal enabling complete switching between and memory of two alignment states over a large area
Y. Shoji, M. Kobayashi, A. Kosaka, R. Haruki, R. Kumai, S. Adachi, T. Kajitani, T. Fukushima
Chem. Sci. **2022**, *13*, 9891–9901.
5. Ultrafast singlet fission and efficient carrier transport in a lamellar assembly of bis[(trialkoxypheyl)ethynyl]pentacene
H. Sakai, K. Yoshino, Y. Shoji, T. Kajitani, J. Pu, T. Fukushima, T. Takenobu, N. V. Tkachenko, T. Hasobe
J. Phys. Chem. C **2022**, *126*, 9396–9406.
6. Dielectric response of 1,1-difluorosumanene caused by an in-plane motion
M. Li, J. Y. Wu, K. Sambe, Y. Yakiyama, T. Akutagawa, T. Kajitani, T. Fukushima, K. Matsuda, H. Sakurai
Mater. Chem. Front. **2022**, *6*, 1752–1758.
7. Photoactuating artificial muscles of motor amphiphiles as an extracellular matrix mimetic scaffold for mesenchymal stem cells
S. Chen, L. Yang, F. King-Chi Leung, T. Kajitani, M. C. A. Stuart, T. Fukushima, P. v. Rijn, B. L. Feringa
J. Am. Chem. Soc. **2022**, *144*, 3543–3553.
8. Supramolecular polymerization of thiobarbituric acid naphthalene dye
T. Aizawa, M. Kawaura, T. Kajitani, K. Hengphasatporn, Y. Shigeta, S. Yagai

- Chem. Commun.* **2022**, *58*, 9365–9368.
9. Aqueous supramolecular co-assembly of anionic and cationic photoresponsive stiff-stilbene amphiphiles
K. S.-Y. Kwan, Y.-Y. Lui, T. Kajitani, F. K.-C. Leung
Macromol. Rapid Commun. **2022**, 2200438.
 10. Visible-light controlled supramolecular transformations of donor-acceptor stenhouse adducts amphiphiles at multiple length-scale
L.-H. Cheung, T. Kajitani, F. K.-C. Leung
J. Col. Interface Sci. **2022**, *628A*, 984–993.
 11. Introduction of triptycene with a particular substitution pattern into polymer chains can dramatically improve the structural and rheological properties
F. Ishiwari, G. Okabe, T. Kajitani, T. Fukushima
ACS Macro Lett. **2021**, *10*, 1529–1534.
 12. Structure-preserving solid-state thermal huisgen cycloaddition polymerization of a self-assembled triptycene-based AB₃-type monomer
F. Ishiwari, S. Kawahara, T. Kajitani, T. Fukushima
Chem. Lett. **2021**, *50*, 2006–2010.
 13. Changing the structural and physical properties of 3-arm star poly(δ -valerolactone)s by a branch-point design
H. Ogiwara, F. Ishiwari, T. Kimura, Y. Yamashita, T. Kajitani, A. Sugimoto, M. Tokita, M. Takata, T. Fukushima
Chem. Commun. **2021**, *57*, 3901–3904.
 14. Room-temperature pentacene fluids: oligoethylene glycol substituent-controlled morphologies and singlet fission
K. Yoshino, H. Sakai, Y. Shoji, T. Kajitani, H. Anetai, T. Akutagawa, T. Fukushima, N. V. Tkachenko, T. Hasobe
J. Phys. Chem. B **2020**, *124*, 11910–11918.
 15. Self-assembly of alkylated and perfluoroalkylated scissor-shaped azobenzene dyads into distinct structures
H. Arima, T. Saito, T. Kajitani, S. Yagai
Chem. Commun. **2020**, *56*, 15619–15622.
 16. Fluorescent supramolecular polymorphism driven by distinct hydrogen bonding lattice
T. Aizawa, S. Takahashi, A. Isobe, S. Datta, H. Sotome, H. Miyasaka, T. Kajitani, S. Yagai
Chem. Lett. **2020**, *49*, 1009–1012.
 17. Hydrogen bond-directed supramolecular polymorphism leading to soft and hard molecular ordering

- T. Aizawa, K. Aratsu, S. Datta, T. Mashimo, T. Seki, T. Kajitani, F. Silly, S. Yagai
Chem. Commun. **2020**, 56, 4280–4283.
18. Design of a molecular memory element with an alternating circular array of dipolar rotors and rotation suppressors
T. Miyazaki, Y. Shoji, F. Ishiwari, T. Kajitani, T. Fukushima
Chem. Sci. **2020**, 11, 8388–8393.
19. Ultralow-noise organic transistors based on polymeric gate dielectrics with self-assembled modifiers
M. Kondo, T. Uemura, F. Ishiwari, T. Kajitani, Y. Shoji, M. Morita, N. Namba, Y. Inoue, Y. Noda, T. Araki, T. Fukushima, T. Sekitani
ACS Appl. Mater. Interfaces **2019**, 11, 41561–41569.
20. Sumanene hexaester: an electron-deficient buckybowll
H. Toda, Y. Uetake, Y. Yakiyama, H. Nakazawa, T. Kajitani, T. Fukushima, H. Sakurai
Synthesis **2019**, 51, 4576–4581.
21. Dual-controlled macroscopic motions in a supramolecular hierarchical assembly of motor amphiphiles
F. K.-C. Leung, M. C. A. Stuart, T. Kajitani, T. Fukushima, B. L. Feringa
Angew. Chem. Int. Ed. **2019**, 58, 10985–10989.
22. Highly-ordered triptycene modifier layer based on blade coating for ultraflexible organic transistors
M. Kondo, T. Kajitani, T. Uemura, Y. Noda, F. Ishiwari, Y. Shoji, T. Araki, S. Yoshimoto, T. Fukushima, T. Sekitani
Sci. Rep. **2019**, 9, 9200.
23. Chiral crystal-like droplets displaying unidirectional rotational sliding
T. Kajitani, K. Motokawa, A. Kosaka, Y. Shoji, R. Haruki, D. Hashizume, T. Hikima, M. Takata, K. Yazawa, K. Morishima, M. Shibayama, T. Fukushima
Nature Mater. **2019**, 18, 266–272.
24. Heat-triggered crystallization of liquid crystalline macrocycles allowing for conductance switching through hysteretic thermal phase transitions
T. Muraoka, T. Shima, T. Kajitani, N. Hoshino, E. Morvan, A. Grélard, E. J. Dufourc, T. Fukushima, T. Akutagawa, K. Nabeya, K. Kinbara
Chem. Asian J. **2019**, 14, 141–148.
25. Ring shape-dependent self-sorting of pillar[n]arenes assembled on a surface
T. Ogoshi, S. Takashima, N. Inada, H. Asakawa, T. Fukuma, Y. Shoji, T. Kajitani, T. Fukushima, T. Tada, T. Dotera, T. Kakuta, T. Yamagishi
Comms. Chem. **2018**, 1, 92.
26. Supramolecular packing and macroscopic alignment controls actuation speed in

- macroscopic strings of molecular motor amphiphiles
F. K.-C. Leung, T. van den Enk, T. Kajitani, J. Chen, M. C. A. Stuart, J. Kuipers, T. Fukushima, B. L. Feringa
J. Am. Chem. Soc. **2018**, *140*, 17724–17733.
27. Rewriting the phase diagram of a diamagnetic liquid crystal by a magnetic field
F. Hajjaj, T. Kajitani, H. Ohsumi, Y. Tanaka, K. Kato, M. Takata, H. Kitazawa, T.-h. Arima, T. Aida, T. Fukushima
Nature Commun. **2018**, *9*, 4431.
28. Light-regulated crystal growth of π -conjugated luminophores in an azobenzene matrix
T. Kobayashi, Y. Kitamoto, Y. Hirai, T. Kajitani, T. Seki, S. Yagai
Comms. Chem. **2018**, *1*, 58.
29. Terminal functionalization with a triptycene motif that dramatically changes the structural and physical properties of an amorphous polymer
F. Ishiwari, G. Okabe, H. Ogiwara, T. Kajitani, M. Tokita, M. Takata, T. Fukushima
J. Am. Chem. Soc. **2018**, *140*, 13497–13502.
30. Impact of Helical Organization on the Photovoltaic Properties of Oligothiophene Supramolecular Polymers
H. Ouchi, T. Kizaki, M. Yamato, X. Lin, N. Hoshi, F. Silly, T. Kajitani, T. Fukushima, K. Nakayama, S. Yagai
Chem. Sci. **2018**, *9*, 3638–3643.
31. Thermal and Optical Properties of Multiblock Macrocycles with Hysteretic Polymorphic Transition
K. Nabeya, T. Muraoka, N. Hoshino, M. Aizawa, T. Kajitani, T. Akutagawa, A. Shishido, T. Fukushima, K. Kinbara
Mater. Chem. Front. **2018**, *2*, 807–814.
32. A few-layer molecular film on polymer substrates to enhance the performance of organic devices
T. Yokota, T. Kajitani, R. Shidachi, T. Tokuhara, M. Kaltenbrunner, Y. Shoji, F. Ishiwari, T. Sekitani, T. Fukushima, T. Someya
Nature Nanotech. **2018**, *13*, 139–144.
33. Artificial muscle-like function from hierarchical supramolecular assembly of photoresponsive molecular motors
J. Chen, F. K.-C. Leung, M. C. A. Stuart, T. Kajitani, T. Fukushima, E. van der Giessen, B. L. Feringa
Nature Chem. **2018**, *10*, 132–138.
34. Water-induced self-assembly of an amphiphilic perylene bisimide dyad into vesicles, fibers, coils, and rings

- M. Ogasawara, X. Lin, H. Kurata, H. Ouchi, M. Yamauchi, T. Ohba, T. Kajitani, T. Fukushima, M. Numata, R. Nogami, B. Adhikari, S. Yagai
Mater. Chem. Front. **2018**, *2*, 171–179.
35. Hexathioalkyl sumanenes: an electron-donating bucky bowl as a building block for supramolecular materials
Y. Shoji, T. Kajitani, F. Ishiwari, Q. Ding, H. Sato, H. Anetai, T. Akutagawa, H. Sakurai, T. Fukushima
Chem. Sci. **2017**, *8*, 8405–8410.
35. Supramolecular polymerization of supermacrocycles: effect of molecular conformations on kinetics and morphology
M. Yamauchi, B. Adhikari, D. D. Prabhu, X. Lin, T. Karatsu, T. Ohba, N. Shimizu, H. Takagi, R. Haruki, S.-i. Adachi, T. Kajitani, T. Fukushima, S. Yagai
Chem. Eur. J. **2017**, *23*, 5270–5280.
36. High-fidelity self-assembly pathways for hydrogen-bonding molecular semiconductors
X. Lin, M. Suzuki, M. Gushiken, M. Yamauchi, T. Karatsu, T. Kizaki, Y. Tani, K.-i. Nakayama, M. Suzuki, H. Yamada, T. Kajitani, T. Fukushima, Y. Kikkawa, S. Yagai
Sci. Rep. **2017**, *7*, 43098.
37. A Design principle of polymers processable into 2D homeotropic order
Z. Chen, Y.-T. Chan, D. Miyajima, T. Kajitani, A. Kosaka, T. Fukushima, J. M. Lobe, T. Aida
Nature Commun. **2016**, *7*, 13640.
38. Synthesis and self-assembly of cyclic 2,7-anthrylene ethynylene 1,3-phenylene ethynylene trimer with a planar conformation
Y. Takaki, R. Ozawa, T. Kajitani, T. Fukushima, M. Mitsui, K. Kobayashi
Chem. Eur. J. **2016**, *22*, 16760–16764.
39. Supramolecular scaffold for tailoring the two-dimensional assembly of functional molecular units into organic thin films
F. K.-C. Leung, F. Ishiwari, T. Kajitani, Y. Shoji, T. Hikima, M. Takata, A. Saeki, S. Seki, Y. M. A. Yamada, T. Fukushima
J. Am. Chem. Soc. **2016**, *138*, 11727–11733.
40. Supramolecular assemblies of ferrocene-hinged naphthalenediimides: multiple conformational changes in film states
A. Takai, T. Kajitani, T. Fukushima, K. Kishikawa, T. Yasuda, M. Takeuchi
J. Am. Chem. Soc. **2016**, *138*, 11245–11253.
41. Hydrogen-bonded oligothiophene rosettes with a benzodithiophene terminal unit: self-assembly and application to bulk heterojunction solar cells
H. Ouchi, X. Lin, T. Kizaki, D. D. Prabhu, F. Silly, T. Kajitani, T. Fukushima, K. Nakayama, S. Yagai

- Chem. Commun.* **2016**, *52*, 7874–7877.
42. Chlorine-based inductively coupled plasma etching of GaAs wafer using tripodal paraffinic triptycene as an etching resist mask
A. Matsutani, F. Ishiwari, Y. Shoji, T. Kajitani, T. Uehara, M. Nakagawa, T. Fukushima
Jpn. J. Appl. Phys. **2016**, *55*, 06GL01-1 to 06GL01-3.
43. Rational synthesis of organic thin films with exceptional long-range structural integrity
N. Seiki, Y. Shoji, T. Kajitani, F. Ishiwari, A. Kosaka, T. Hikima, M. Takata, T. Someya, T. Fukushima
Science **2015**, *348*, 1122–1126.
44. Photoalignment of an azobenzene-based chromonic liquid crystal dispersed in triacetyl cellulose: single-layer alignment films with an exceptionally high order parameter
M. Matsumori, A. Takahashi, Y. Tomioka, T. Hikima, M. Takata, T. Kajitani, T. Fukushima
ACS Appl. Mater. Interfaces **2015**, *7*, 11074–11078.
45. An electron-accepting molecular unit exhibiting an orientational preference favorable for organic photovoltaic applications
K. Akaike, S. Ando, H. Enozawa, A. Kosaka, T. Kajitani, T. Fukushima
Thin Solid Films **2015**, *583*, 34–39.
46. *o*-Phenylene octamers as surface modifiers for homeotropic columnar ordering of discotic liquid crystals
T. Kajitani, Y. Suna, A. Kosaka, T. Osawa, S. Fujikawa, M. Takata, T. Fukushima, T. Aida
J. Am. Chem. Soc. **2013**, *135*, 14564–14567.
47. Tetrathiafulvalene hybridized with indacenetetraone as a visible-light-harvesting electron acceptor applicable to bulk-heterojunction organic photovoltaics
K. Akaike, H. Enozawa, T. Kajitani, M. Koizumi, A. Kosaka, D. Hashizume, Y. Koizumi, A. Saeki, S. Seki, T. Fukushima
Chem. Lett. **2013**, *42*, 1417–1419.
48. Amphiphilic design of discotic liquid crystalline molecule for dipole manipulation: hierarchical columnar assemblies with a 2D superlattice structure
M.-C. Yeh, Y.-L. Su, M.-C. Tzeng, C. W. Ong, T. Kajitani, H. Enozawa, M. Takata, Y. Koizumi, A. Saeki, S. Seki, T. Fukushima
Angew. Chem. Int. Ed. **2013**, *52*, 1031–1034.
49. Wide-range 2D lattice correlation unveiled for columnarly assembled triphenylene hexacarboxylic esters
T. Osawa, T. Kajitani, D. Hashizume, H. Ohsumi, S. Sasaki, M. Takata, Y. Koizumi, A. Saeki, S. Seki, T. Fukushima, T. Aida

Angew. Chem. Int. Ed. **2012**, *51*, 7990–7993.

50. Latticelike smectic liquid crystal phase in a rigid-rod helical polyisocyanide with mesogenic pendants
T. Kajitani, H. Onouchi, S-i. Sakurai, K. Nagai, K. Okoshi, K. Onitsuka, E. Yashima
J. Am. Chem. Soc. **2011**, *133*, 9156–9159.
51. Large-area three-dimensional molecular ordering of a polymer brush by one-step processing
N. Hosono, T. Kajitani, T. Fukushima, K. Ito, S. Sasaki, M. Takata, T. Aida
Science **2010**, *330*, 808–811.
52. Visualization of polymer chain conformations in amorphous polyisocyanide langmuir-blodgett films by atomic force microscopy
J. Kumaki, T. Kajitani, K. Nagai, K. Okoshi, E. Yashima
J. Am. Chem. Soc. **2010**, *132*, 5604–5606.
53. Helical polyisocyanides with fan-shaped pendants
T. Kajitani, H. Lin, K. Nagai, K. Okoshi, H. Onitsuka, E. Yashima
Macromolecules **2009**, *42*, 560–567.
54. Anomalous stiff backbones of helical poly(phenyl isocyanide) derivatives
K. Okoshi, K. Nagai, T. Kajitani, S-i. Sakurai, E. Yashima
Macromolecules **2008**, *41*, 7752–7754.
55. Helix-sense-controlled polymerization of optically active phenyl isocyanides
T. Kajitani, K. Okoshi, E. Yashima
Macromolecules **2008**, *41*, 1601–1611.
56. Two- and three-dimensional smectic ordering of single-handed helical polymers
H. Onouchi, K. Okoshi, T. Kajitani, S-i. Sakurai, K. Nagai, J. Kumaki, K. Onitsuka, E. Yashima
J. Am. Chem. Soc. **2008**, *130*, 229–236.
57. Uniaxial orientation of a rodlike helical poly(phenylacetylene) in an electric field
K. Okoshi, T. Kajitani, K. Nagai, E. Yashima
Macromolecules **2008**, *41*, 258–261.
58. Helix-sense controlled polymerization of a single phenyl isocyanide enantiomer leading to diastereomeric helical polyisocyanides with opposite helix-sense and cholesteric liquid crystals with opposite twist-sense
T. Kajitani, K. Okoshi, S.-i. Sakurai, J. Kumaki, E. Yashima
J. Am. Chem. Soc. **2006**, *128*, 708–709.

59. Spontaneous chiral induction in a cubic phase
T. Kajitani, S. Kohmoto, M. Yamamoto, K. Kishikawa
Chem. Mater. **2005**, *17*, 3812–3819.
60. Generation of a chiral mesophase by achiral molecules: absolute chiral induction in the smectic C phase of 4-octyloxyphenyl 4-octyloxybenzoate
T. Kajitani, H. Masu, S. Kohmoto, M. Yamamoto, K. Yamaguchi, K. Kishikawa
J. Am. Chem. Soc. **2005**, *127*, 1124–1125.
61. Calamitic liquid crystalline molecules with lateral intermolecular hydrogen bonding
T. Kajitani, S. Kohmoto, M. Yamamoto, K. Kishikawa
Mol. Cryst. Liq. Cryst. **2005**, *439*, 2039–2043.
62. Liquid crystalline amides: linear arrangement of rod-like molecules by lateral intermolecular hydrogen bonding and molecular shape effect
T. Kajitani, S. Kohmoto, M. Yamamoto, K. Kishikawa
J. Mater. Chem. **2004**, *14*, 3449–3456.
63. “Tuning fork”-shaped mesogens: large hysteresis in the interdigitated layer structure in the liquid crystal phases
T. Kajitani, Y. Miwa, N. Igawa, M. Katoh, S. Kohmoto, M. Yamamoto, K. Yamaguchi, K. Kishikawa
J. Mater. Chem. **2004**, *14*, 2612–2621.
64. Generation of stable calamitic liquid-crystal phases with lateral intermolecular hydrogen bonding
T. Kajitani, S. Kohmoto, M. Yamamoto, K. Kishikawa
Chem. Mater. **2004**, *16*, 2329–2331.
65. Liquid-crystalline compounds consisting of two mesogenic cores in parallel conformation
K. Kishikawa, Y. Miwa, T. Kurosaki (My old family name), S. Kohmoto, M. Yamamoto, K. Yamaguchi
Chem. Mater. **2001**, *13*, 2468–2471.

b) 和文原著論文(0編)

c) 総説・解説(5編)

1. Single-crystal-like chiral organic droplets exhibiting unidirectional rotating sliding
T. Kajitani
SPring-8 Research Frontiers, **2019**, 54–55.

2. 結晶？ 液晶？ 液体？ どれにも分類されない新物質を発見
梶谷孝、福島孝典
化学, **2019**, 74 (9), 35–40.
3. カラムナー液晶の完全ホメオトロピック配向へのアプローチ
梶谷孝、福島孝典
液晶, **2014**, 18, 139–147.
4. 極性メソゲンをもつ両親媒性ディスコティック液晶の階層的分子集積化挙動
梶谷孝
Colloid and Interface Communication, **2014**, 39, 18–19.
5. Photoresponsive soft material by large-scale molecular ordering of a polymer brush
T. Kajitani
SPring-8 Research Frontiers, **2010**, 96–97.

d) 著書(0編)

e) 特許(4件)

1. Polyisocyanide Derivative Having Controlled Helical Main Chain Structure
K. Okoshi, E. Yashima, H. Onouchi, S.-i. Sakurai, T. Kajitani
PCT Int. Appl. **2007**, WO2007063994.
2. 液晶性化合物、液晶性化合物を含有する液晶フィルム、及び液晶フィルムを備える有機エレクトロニクスデバイス
福島孝典、梶谷孝、内田聡一
特願2017-103962.
3. トリフェニレン系カラムナー液晶の迅速垂直配向技術
福島孝典、梶谷孝、後藤亮司
4. トリプチセン系化合物による液晶垂直配向膜
福島孝典、梶谷孝、後藤亮司

f) 学会発表等(著者自身が発表者であるもののみ掲載)

[国際会議](14件)

1. A sumanene liquid crystal with unique mechanical properties
T. Kajitani, R. Komiyama, H. Sakurai, T. Fukushima
The Third International Symposium on the Synthesis and Application of Curved Organic π -Molecules & Materials (Curo- π 3) (Oxford, UK, 2018. 9)
2. Design of bowl-shaped molecules toward dielectric responsive materials

- T. Kajitani, F. Ishiwari, Y. Shoji, H. Sakurai, T. Akutagawa, T. Fukushima
231st ECS Meeting (New Orleans, USA, 2017. 5)
3. Formation of a liquid crystalline phase from bowl-shaped sumanenes
T. Kajitani, F. Ishiwari, Y. Shoji, H. Sakurai, T. Fukushima
2nd International Symposium on π -System Figuration (Saitama, Japan, 2016. 4)
 4. Complex 3D architectures composed of discotic macromolecules
T. Kajitani, D. Hashizume, K. Motokawa, M. Takata, T. Fukushima
PACIFICHEM 2015 (Honolulu, USA, 2015. 12)
 5. Space-filling design for organic thin films with extraordinary long-range structural integrity
T. Kajitani, N. Seiki, Y. Shoji, F. Ishiwari, T. Fukushima
2015 CRL Forum International (Tokyo, Japan, 2015. 10)
 6. Complex architectures composed of disc-shaped macromolecules
T. Kajitani, K. Motokawa, M. Takata, T. Fukushima
10th SPSJ International Polymer Conference (Tsukuba, Japan, 2014. 12)
 7. Unique 2D- and 3D assemblies from liquid crystalline triphenylene hexacarboxylic esters
T. Kajitani, D. Hashizume, T. Osawa, T. Fukushima, Y. Aida
The 5th Gratama Workshop (Tokyo, Japan, 2013. 5)
 8. Unique molecular assembly of liquid crystalline triphenylene hexacarboxylic esters
T. Kajitani, D. Hashizume, T. Osawa, T. Fukushima, T. Aida
The 2nd RIKEN-McGill University Scientific Workshop (Wako, Japan, 2012. 4)
 9. Photoactuator by large-area hierarchical molecular ordering of a polymer brush
T. Fukushima, N. Hosono, T. Kajitani, T. Aida
International Symposium on Engineering Neo-Biomimetics II (Tsukuba, Japan, 2011. 2)
 10. Novel liquid-crystalline materials composed of a cylindrical helix
T. Kajitani, Y. Suna, A. Kosaka, S. Fujikawa, T. Fukushima, T. Aida
PACIFICHEM 2010 (Honolulu, USA, 2010. 12)
 11. Formation of a liquid crystalline phase from a cylindrical π -conjugated helix and its mesomorphic alignment capability
T. Kajitani, Y. Suna, A. Kosaka, S. Fujikawa, T. Fukushima, T. Aida
ISCD-22 (Sapporo, Japan, 2010. 7)
 12. Liquid crystalline properties of rodlike helical polyisocyanides
T. Kajitani, K. Okoshi, H. Onouchi, K. Nagai, S.-i. Sakurai, J. Kumaki, E. Yashima
JAPAN-KOREA Polymer Young Scientist Symposium (Niigata, Japan, 2008. 10)

13. Helical polyisocyanides with a controlled helix-sense and a supramolecular cholesteric twist-sense
T. Kajitani, K. Okoshi, S.-i. Sakurai, E. Yashima
231st ACS National Meeting (Atlanta, USA, 2006. 3)
14. Novel calamitic liquid crystalline molecules with lateral intermolecular hydrogen bonding
T. Kajitani, S. Kohmoto, M. Yamamoto, K. Kishikawa
20th International Liquid Crystal Conference (Ljubljana, Slovenia, 2004. 7)

[国内会議](39件)

1. X線散乱・回折装置への各種大型装置の組み込みによる in-situ 測定
梶谷孝
実験・実習技術研究会2022(オンライン 2022年3月)
2. 未来志向の化学分析～新たな分子集合場の創製と精密構造解析～
梶谷孝
第9回アライアンス技術支援シンポジウム(オンライン 2020年12月)
3. 音波浮遊溶融により形成する高配向分子自己集合体の in situ 重合
梶谷孝、田中大喜、尾原幸治、福島 孝典
日本化学会第101春季年会(オンライン 2021年3月)
4. 一方向に回転流動する単結晶状キラル分子液滴
梶谷孝、本川究理、守島健、柴山充弘、福島孝典
日本化学会第99春季年会(神戸 2019年3月)
5. 磁場誘起液晶相変化
梶谷孝、Fatin Hajjaj、相田卓三、福島孝典
日本化学会第99春季年会(神戸 2019年3月)
6. 細胞外 Ca^{2+} イメージングの実現に向けた大面積シート状イオンセンサー
梶谷孝、石割文崇、福島孝典
分子系の複合電子機能第181委員会第31回研究会(東京 2018年10月)
7. ディスコティックカラムナー液晶の巨視的力学応答
梶谷孝、小林美貴、高田昌樹、福島孝典
日本化学会第98春季年会(船橋 2018年3月)
8. ディスコティック液晶カラムの大面積剪断配向
梶谷孝、小林美貴、福島孝典
 π 造形科学第4回公開シンポジウム(東京 2017年10月)
9. トリフェニレンをコアにもつディスコティック液晶の複雑な三次元構造
梶谷孝、橋爪大輔、高田昌樹、福島孝典
2016年日本液晶学会討論会(大阪 2016年9月)
10. ディスク状分子からなる複雑な三次元構造

梶谷孝、本川究理、橋爪大輔、高田昌樹、福島孝典
2015年日本液晶学会討論会(横浜 2015年9月)

11. オルトフェニレンオクタマー: ディスコティック液晶カラムの巨視的垂直配向をもたらすドーパント
梶谷孝、福島孝典
機能物性融合科学研究会シリーズ2 ソフトダイナミクス(柏 2015年4月)
12. ディスク状分子からなる集合体の巨視的配向制御と機能発現
梶谷孝
平成26年度有機・高分子材料中性子構造解析研究会(東京 2015年2月)
13. オルトフェニレンオクタマー: ディスコティックカラムナー液晶の大面积垂直配向をもたらすドーパント
梶谷孝、小阪敦子、高田昌樹、福島孝典、相田卓三
2014年日本液晶学会討論会(松江 2014年9月)
14. オルトフェニレンオクタマー: ディスコティック液晶カラムの巨視的垂直配向を可能にする基板表面の改質機能
梶谷孝、小阪敦子、高田昌樹、相田卓三、福島孝典
第63回高分子学会年次大会(名古屋 2014年5月)
15. オルトフェニレンオクタマー: ディスコティック液晶カラムの垂直配向をもたらす基板表面の改質機能
梶谷孝、小阪敦子、高田昌樹、福島孝典、相田卓三
日本化学会第94春季年会(名古屋 2014年3月)
16. 極性メソゲンをもつ両親媒性ディスコ ティック液晶の階層的分子集合化挙動
梶谷孝、葉銘哲、王志偉、江野澤英穂、佐伯昭紀、関修平、福島孝典
日本化学会第93春季年会(滋賀 2013年3月)
17. 特異な分子集合挙動を示す液晶性トリフェニレンヘキサカルボン酸エステル
梶谷孝、橋爪大輔、大澤輝恒、小阪敦子、福島孝典、相田卓三
第61回高分子討論会(名古屋 2012年9月)
18. トリフェニレンにエステル基が直結したディスコティック液晶の特異な集合体形成
梶谷孝、大澤輝恒、橋爪大輔、福島孝典、相田卓三
2012年日本液晶学会討論会(千葉 2012年9月)
19. エステル基が直結した液晶性トリフェニレンの特異な集合体形成
梶谷孝、大澤輝恒、小泉美子、橋爪大輔、福島孝典、佐伯昭紀、関修平、相田卓三
第61回高分子学会年次大会(横浜 2012年5月)
20. エステル基が直結したトリフェニレン誘導体の特異な分子集合化挙動
梶谷孝、大澤輝恒、小泉美子、橋爪大輔、福島孝典、佐伯昭紀、関修平、相田卓三
日本化学会第92春季年会(横浜 2012年3月)

21. 一次元分子集積体の大面積垂直配向制御と機能発現
梶谷孝
日本学術振興会情報科学用有機材料第142委員会講演会(千歳 2011年12月)
22. 大面積で階層的に集積化したポリマーブラシによる刺激応答材料の創製
梶谷孝、細野暢彦、福島孝典、佐々木園、高田昌樹、相田卓三
第60回高分子討論会(岡山 2011年9月)
23. イミダゾリウムイオン部位を側鎖に有するポリメタクリレートとポリジメチルシロキサンからなる新規ブロックコポリマーの合成とカーボンナノチューブとの複合化
梶谷孝、Long Xiaoyu、細野暢彦、福島孝典、相田卓三
第60回高分子学会年次大会(大阪 2011年5月)
24. オリゴオルトフェニレン:筒状ラセン分子のサーモトロピック液晶発現とマクロスコピック配向特性
梶谷孝、砂有紀、小阪敦子、藤川茂紀、福島孝典、相田卓三
第59回高分子学会年次大会(横浜 2010年5月)
25. オリゴオルトフェニレン:筒状ラセン分子からの液晶形成と巨視的配向特性
梶谷孝、砂有紀、小阪敦子、藤川茂紀、福島孝典、相田卓三
日本化学会第90春季年会(大阪 2010年3月)
26. 新規メソゲンの発見:筒状 π 共役らせん分子の液晶形成
梶谷孝、砂有紀、小阪敦子、藤川茂紀、福島孝典、相田卓三
第58回高分子討論会(熊本 2009年9月)
27. 新規メソゲンの発見:筒状 π 共役らせん分子の液晶発現
梶谷孝、砂有紀、小阪敦子、藤川茂紀、福島孝典、相田卓三
2009年日本液晶学会討論会(東京 2009年9月)
28. 新しいメソゲンとしての筒状 π -ヘリックス
梶谷孝、佐藤寛泰、小阪敦子、藤川茂紀、福島孝典、相田卓三
第58回高分子学会年次大会(神戸 2009年5月)
29. 長軸方向に大きな双極子を有するヘリカルポリイソシアニドの電場による配向制御
梶谷孝、大越研人、尾之内久成、永井寛嗣、鬼塚清孝、八島栄次
第56回高分子学会年次大会(京都 2007年5月)
30. 光学活性フェニルイソシアニドのらせん選択重合と生成ポリマーのらせん構造
梶谷孝、大越研人、櫻井慎一郎、熊木治郎、八島栄次
第55回高分子年次大会(名古屋 2006年5月)
31. 分子短軸方向で水素結合する新規棒状液晶化合物
梶谷孝、田中誠次、幸本重男、山本忠、岸川圭希
2004年日本液晶学会討論会(名古屋 2004年9月)
32. 分子中央に双極子を有する新規二量体型液晶化合物

梶谷孝、田中誠次、幸本重男、山本忠、岸川圭希
2004年日本液晶学会討論会(名古屋 2004年9月)

33. 分子間水素結合による液晶相の高秩序化
梶谷孝、田中誠次、幸本重男、山本忠、岸川圭希
2003年日本液晶学会討論会(青森 2003年9月)
34. 一定しない複数の層間距離を示すスメクティック相
梶谷孝、田中誠次、幸本重男、山本忠、岸川圭希
2002年日本液晶学会討論会(奈良 2002年9月)
35. 複数の層間距離を示すスメクティック相
岸川圭希、黒崎(旧姓)孝、三輪祐一、田中誠次、幸本重男、山本忠
2001年日本液晶学会討論会(さいたま 2001年9月)
36. 分子間水素結合による液晶相の高秩序化
岸川圭希、黒崎(旧姓)孝、田中誠次、幸本重男、山本忠
日本化学会第80秋季年会(千葉 2001年9月)
37. メソゲンをねじれの位置に配置させた二量体型液晶化合物(1)
岸川圭希、黒崎(旧姓)孝、田中誠次、幸本重男、山本忠
日本化学会第79春季年会(神戸 2001年3月)
38. メソゲンをねじれの位置に配置させた二量体型液晶化合物(1)
岸川圭希、黒崎(旧姓)孝、田中誠次、幸本重男、山本忠
2000年日本液晶学会討論会(松江 2000年10月)
39. メソゲンをねじれの位置に配置させた二量体型液晶化合物(1)
岸川圭希、黒崎(旧姓)孝、田中誠次、幸本重男、山本忠
日本化学会第78春季年会(船橋 2000年3月)

g) その他の出版物で参考になるもの(29編)

1. 東京工業大学プレスリリース:「結晶にも液晶にも液体にも分類されない新物質を発見 ～分子自己集合体の科学における新知見～」(平成31年1月22日)
2. Chemistry World:「Droplets retain crystal-like structure while sliding on vertical substrate」(平成31年1月22日)
3. 現代化学:「 π 造形科学 News Vol.53」(平成30年12月23日)
4. 東京工業大学プレスリリース:「アモルファス高分子の高次構造形成や粘度上昇をもたらす分子ユニット」(平成30年10月24日)
5. 日経産業新聞:「高分子、規則的な構造に」(平成30年11月2日)
6. 化学工業日報:「非晶質高分子を3次元化 分子ユニット開発」(平成30年10月29日)

7. EurekAlert:「No assembly required: Self-assembling silicone-based polymers」(平成30年10月23日)
8. 東京大学プレスリリース:「プラスチックに数層の分子配向膜を形成する手法の開発とその応用に成功～基板を選ばず分子配向膜を形成できるため、フレキシブルエレクトロニクスへの応用に期待～」(平成29年12月19日)
9. 化学工業日報:「樹脂基板に分子配向膜 東大など 有機半導体の足場に」(平成29年12月20日)
10. 科学新聞:「曲がるプラスチックに数層の分子配向膜形成 有機トランジスタ高性能化成功」(平成30年1月1日)
11. 日経産業新聞:「プラスチックに配向膜 東大など 曲がる装置に応用へ」(平成30年1月4日)
12. Chemical & Engineering News:「Molecular motors made into muscles」(平成29年12月5日)
13. 千葉大学プレスリリース:「分子の集まり方をコントロール 低コストの太陽電池実現へ前進 分子が自ら高い精度で階層的に組み上がる仕組みを解明」(平成29年2月22日)
14. Chem-Station:「センチメートルサイズで均一の有機分子薄膜をつくる！”シンプル イズ ザ ベスト”の極意」(平成27年6月23日)
15. 有機化学美術館・分館:「究極の分子敷き詰め」(平成27年6月18日)
16. 東京工業大学プレスリリース:「高秩序な大面積分子集積膜の構築に成功～基材を選ばず、簡単な成膜法により均一な有機薄膜形成が実現～」(平成27年6月5日)
17. 化学工業日報:「高秩序の有機薄膜開発」(平成27年6月8日)
18. 現代化学:「 π 造形科学 News Vol.2」(平成26年9月29日)
19. サイエンス誌に載った日本人研究者 (Japanese Scientists in Science 2010):「加熱圧縮という簡単操作によるポリマーブランの大面積かつ三次元的秩序配列形成」(平成23年6月2日)
20. 東京新聞:「分子を広く並べ光で曲がる素材」(平成22年12月6日)
21. 朝日新聞:「理研が光で曲がるフィルム」(平成22年11月12日)
22. 科学新聞:「光をエネルギーに変換 新しい高分子素材開発」(平成22年11月12日)
23. Chemical & Engineering News:「Polymer films bend In The spotlight」(平成22年11月8日)
24. 毎日新聞:「光で曲がる新樹脂フィルム開発」(平成22年11月5日)
25. 日本経済新聞:「光で曲がるフィルム」(平成22年11月5日)
26. 日経産業新聞:「光当てると屈曲」(平成22年11月5日)

27. 日刊工業新聞:「ポリマーブラシ 1 cm 程度で正しく整列」(平成22年11月5日)
28. 化学工業日報:「光で構造変化する「ポリマーブラシ」」(平成22年11月5日)
29. 理化学研究所プレスリリース:「光を運動エネルギーに変える新高分子素材の開発に成功」
(平成22年11月5日)

h) 科研費(7件)

1. 「自己集合場の設計によるソフトマテリアルの超精密分子配向制御と機能開発」
基盤研究 C, 21K04877(研究代表)2021–2023.
2. 「2次元性を基盤とするソフトマテリアルサイエンスの開拓」
基盤研究 S, 21H05024(研究分担)2021–2025.
3. 「2次元有機構造体の精密設計と機能開拓」
基盤研究 A, 21H04690(研究分担)2021.
4. 「In situ 実時間追跡による細胞内タンパク質結晶化メカニズムの解明」
挑戦的研究(萌芽), 22K19266(研究分担)2022–2023.
5. 「シングルドメインソフトマターが拓く新構造と物性に関する研究」
基盤研究 A, 17H01034(研究分担)2017–2020.
6. 「大規模分子集積化による巨視的 π 造形システム」
新学術領域研究(π 造形科学), 26102008(研究分担)2014–2018.
7. 「外部刺激による柔軟ならせん液晶分子の可逆的集合形態制御」
若手研究 B, 23750170(研究代表)2011–2012.

i) 受賞歴(2件)

1. 2010年 日本化学会第90春季年会優秀講演賞(学術)
2. 2020年 手島精一記念研究賞(研究論文賞)

謝辞

本 TC 論文は、2019 年 1 月から 2023 年 1 月までの間、東京工業大学オープンファシリティセンターにおいて行った研究支援および組織運営の内容を中心に、それ以前の研究活動も含めてまとめたものです。大変多くの方々からお力添えを賜り、これまでの活動および本論文執筆を行うことが出来ました。心より感謝申し上げます。

オープンファシリティセンターでの研究支援活動を行う場と機会を与えてくださいましたオープンファシリティセンター 渡辺治センター長および中村吉男副センター長に格別の感謝を申し上げます。

TC カレッジ事務局統括として、これまでにない高度技術人財養成に関する取り組みや組織運営などで迷うことも多々ありましたが、都度細かくご指導くださいました企画本部 江端新吾教授に心より感謝申し上げます。

研究活動を行っていた頃から、充実した研究および研究支援環境を与えてください、研究や研究支援、組織運営までご指導くださいました科学技術創成研究院 福島孝典教授に厚く御礼申し上げます。また、福島教授には本論文の主査および指導教員としてご指導いただき、重ねて御礼申し上げます。

同じく生命理工学院の金原数教授と科学技術創成研究院の穴戸厚教授にはお忙しい中、TC 論文の副査の申し出をご快諾いただきました。誠にありがとうございます。

TC カレッジ事務局の皆様には、統括が不慣れのためカレッジ運営で迷惑を掛けることも多々ありましたが、細かくご指摘などもいただきながら進めることができました。誠にありがとうございました。

TC カレッジに関わる皆様および共同研究を進めています先生方からも多大なお力添えを賜りました。感謝申し上げます。

OFC での各種活動を遂行するにあたり、研究基盤戦略室および分析部門の皆様にご協力いただきましたことに御礼申し上げます。