

1C02 新構想大学院大学における研究テーマ探索手法の開発について

○平松章男, Dodik Kurniawan, 小林俊哉, 寺野 稔, 中森義輝 (北陸先端科学技術大学院大)

1. はじめに

北陸先端科学技術大学院大学 (JAIST) は、学部を持たない大学院課程のみの大学として 1990 年に開学し、2004 年 4 月に国立大学法人に移行した。ほぼ同時期に開学した奈良先端科学技術大学院大学とともに、先端科学技術分野における国際的水準の研究を行い、それを背景とした大学院教育によって、次代の科学技術創造の指導的役割を担う人材を組織的に育成することを理念や目標に掲げている[1]。すなわち、従来見られたような徒弟制度的なラーニングプロセスではなく、体系的なカリキュラムとコースワークによって幅広く柔軟性のある科学者を育成する教育の展開を実施している[2]。

本報告では、新構想大学院大学である JAIST において、大学院生が自分自身で研究テーマを探索する手法についての一つの提案を行う。またこの手法の基礎的な調査として、実験系の研究室を例にとり、研究テーマがどのように変遷してきたかを考察する。これらの結果から、院生が自分自身で研究テーマを探索するための指針となる手法開発を目指す。

2. 研究テーマの探索

JAIST には現在、3つの研究科(知識科学研究科、情報科学研究科、マテリアルサイエンス研究科)があり、約 1,000 人の学生が在籍している[3]。

JAIST のような学部を持たない大学院大学においては、博士前期課程の大学院生は学部時代と全く異なる指導教員の下で、学部時代の研究とは異なるテーマに取り組まざるを得ない。JAIST のカリキュラムでは、博士前期課程入学後の約 3 か月間は仮の形で研究室配属となり、講義を受講しながら自分の興味・関心や将来展望に合った研究室・研究テーマを選定する期間となっている。実験を主体としているマテリアルサイエンス研究科では、各研究室の教員の研究方針や保有する実験設備とかけ離れた研究をすることは難しい。そのため、おのずと各研究室がこれまで行ってきた研究テーマに何らかの関連を持つ対象を自らの研究テーマとして、院生はそれぞれの研究室へと正式に配属されることとなる。研究室

へ正式配属されてからも、その研究室において可能な範囲で、自らの興味・関心に合った研究テーマを具体的に決定している。

一方、博士後期課程の大学院生には学内進学者も多く、他大学の大学院から入学した場合や社会人入学の場合であっても既にそれなりの研究経験を持っていることから、入学当初から各研究室へ正式配属される。研究テーマに関しては、学内進学の場合は博士前期課程での研究テーマをさらに発展させる形となることが多いと推察され、他大学出身や社会人でも過去の研究経験をそれなりに生かした研究テーマを選定することが多い。

以上から、大学院学生が研究テーマを自ら探索する手法を開発する際に必要なものとして、例えば

- (1)自らの興味・関心のある事柄
- (2)自らのこれまでの研究経験
- (3)研究室(指導教員)の研究方針
- (4)研究室で利用可能な実験設備
- (5)研究テーマ発展性を見極め

などの要素を挙げるができる。

(1)の自らの興味・関心は、この大学院大学や研究科を選んで入学したことを考えると、全く対応するテーマが無いと言うことは少ないであろう。(2)のこれまでの研究経験は、博士後期課程ならある程度は持っていると考えられるが、前期課程の場合はそれほど多くないか、場合によっては全く畑違いのケースもある。したがって、博士前期課程の場合はこれまでの研究経験よりも自らの興味・関心の方が、研究テーマ探索に大きな影響を与えると予想される。(3)の研究室(指導教員)の研究方針は、もし学生の考えと大きく異なる場合に指導可能かどうかにも関わるものであり、かなり大きな要素となる。同様に(4)の研究室で使用可能な実験設備についても、研究テーマが実現可能かどうかを実質的に左右する要因となる。最後に、(5)の研究テーマ発展性を見極めについては、自らの研究に対する興味・関心が研究室の研究方針と合致し、なおかつ社会的にも受け入れられるかどうかをも考慮に入れる必要がある。

以上の事柄を検討するためのツールとして、次節

において戦略ロードマップを紹介し、研究テーマ探索のための研究戦略ロードマップとして利用することを提案したい。

3. 戦略ロードマップ

戦略ロードマップ／ロードマッピングとは、企業内の研究・技術開発システム等でイノベーション・システムを構築するための具体的方法論である[4]。横軸に時間、縦軸には市場・製品・技術・研究開発などの項目を取り、時間の進展とともに市場ではどのようなものが必要とされ、そのときに必要な製品は何か、その製品を作るのに必要な技術は何か、その技術の実現のためにはどんな研究開発が必要かを示す図表である。ロードマップ作成は、研究開発・生産・営業部門が一体となって戦略目標を共有し行動するための有効なツールである。戦略ロードマッピングの概念図を図1に示す。

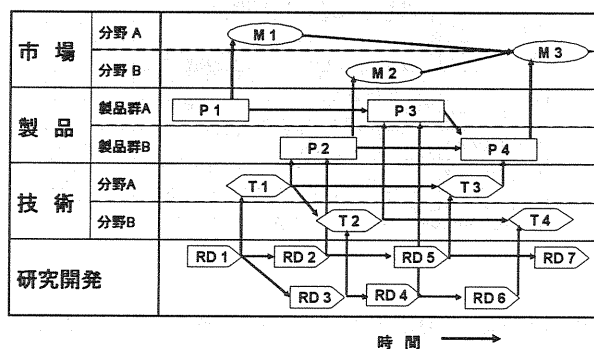


図1 戦略ロードマッピングの概念[4]

このロードマップの概念を研究戦略策定、すなわち研究テーマの探索に利用するための基礎調査として、実験系研究室における研究テーマ変遷の一例を次節に示し、研究戦略ロードマップ開発の可能性について考察する。

4. 実験系研究室における研究テーマの変遷

ここでは、JAISTの中から主に実験を主体とした研究を行っているマテリアルサイエンス研究科(旧・材料科学研究科)の化学系研究室である寺野研究室を取り上げて、研究テーマの変遷について述べる。

「次世代型高機能ポリオレフィン系材料の創製」を目標に掲げる寺野研究室[5]には現在、教授1名(寺野教授)、特任助教授1名、助手1名、研究員2名の他に、博士後期課程5名、博士前期課程11名が在

籍している。また、1995年3月(平成6年度)に3名の博士前期課程修了生を送り出して以来、これまでに博士前期課程52名、博士後期課程15名を輩出している。寺野研究室のこれまでの修了者数を、表1に示す。

表1 寺野研究室の修了者数

年度	修士	博士
1994	3	
1995	4	
1996	5	
1997	3	2
1998	4	3
1999	3	
2000	6	1
2001	5	1
2002	7	1
2003	5	2
2004	2	2
2005	5	3
2006		
計	52	15

寺野研究室の研究テーマは、以下のように大きく4つに分けられる。

- (1) オレフィン重合における重合初期の反応機構の解明
- (2) 触媒の表面観察と新しい機能を有するオレフィン重合触媒の開発
- (3) ポリオレフィン系ナノコンポジット材料の開発
- (4) ポリオレフィンの安定化と劣化機構の解明

ポリプロピレンやポリエチレンに代表されるように、炭素と水素だけから成り有害な元素を含まないポリオレフィン材料は、幅広い分野で使用され需要も高まっている。ポリオレフィンを合成する遷移金属触媒として最も広く使用されているのが Ziegler 触媒であるが、触媒の重合メカニズムの解明とポリマー一次構造の自由な制御はいまだに達成されていない。寺野研究室では、オレフィン重合触媒について研究した成果を基にして次世代型高機能ポリオレフィン系材料の創製を目指している。

表2から表5は、寺野研究室における研究テーマの変遷(一部)を示したものである。

表2には、(1)オレフィン重合における重合初期の

反応機構の解明に関する研究の変遷を示す。研究テーマのタイトルだけからの判断であるが、研究の初期にはプロピレンやオレフィンの重合初期における反応や触媒成分の影響を研究していたが、徐々に活性点構造解明のような研究へと進展していることが分かる。

表 2 研究テーマ変遷（オレフィン重合における重合初期の反応機構の解明）

＜オレフィン重合における重合初期の反応機構の解明＞

学位	年度	タイトル	学位授与年月
修士	平成6年度	プロピレン重合初期における水素の作用機構の解明	1995.03
修士	平成7年度	プロピレン重合初期における水素の解離と連鎖移動反応に関する研究	1996.03
修士	平成7年度	オレフィン重合初期における助触媒成分の影響	1996.03
修士	平成8年度	ルイス塩基を用いたチーグラー触媒活性種の立体特異性発現に関する研究	1997.03
修士	平成8年度	熱的測定によるZiegler触媒活性点の形成反応に関する基礎的研究	1997.03
修士	平成8年度	Ziegler触媒中における活性種の存在位置と発現する特性に関する基礎的研究 ※	1997.03
修士	平成9年度	プロピレン重合における水素の活性増加効果に関する研究	1998.03
修士	平成10年度	担持型Ziegler触媒における活性点の形成と失活に関する基礎的研究	1999.03
博士	平成10年度	ストップフロー重合法を用いた新規オレフィンブロックポリマーの合成それらを用いたMgCl ₂ 担持型チーグラー触媒における立体特異的活性種の解析 ※	1999.03
修士	平成11年度	種々のMgCl ₂ 担持型Ziegler触媒におけるイソ特異的活性点の反応性に関する研究	2000.03
修士	平成12年度	ストップフロー法による不均一系Ziegler触媒を用いたプロピレン重合における水素の作用機構の解明	2000.03
修士	平成12年度	電子供与体の添加によるZiegler触媒活性点の立体規則性の変換	2001.03
修士	平成12年度	ポリレフィン担持型Ziegler触媒の活性点構造の解明	2001.03
修士	平成12年度	in situ 固体NMRを用いたZiegler触媒の各構成成分の存在状態に関する研究 ※	2001.03
博士	平成12年度	モノ・ジ・オレフィンのストップフロー重合とin situ 固体NMR観察を組み合わせたオレフィン重合触媒の研究	2001.03
修士	平成13年度	プロピレン重合における各種連鎖移動反応機構の解明	2002.03
修士	平成13年度	Cr(acetylacetonato) ₃ /Et ₃ N ₂ Benzate/MgCl ₂ 触媒の活性向上と成長鎖の安定性に関する検討	2002.03
修士	平成13年度	MgCl ₂ 担持型Ziegler触媒活性点の特性分布と各種オレフィン種の反応性についての検討 ※	2002.03
修士	平成14年度	MgCl ₂ 担持型Ziegler触媒の助触媒による特性変化機構に関する検討	2003.03
修士	平成14年度	Origin of Isospecificity of Donor-Free TiCl ₃ -Based Ziegler-Natta Catalysts for Propylene	2003.03
修士	平成14年度	Temporal Analysis of Products (TAP)法を用いたZiegler触媒の活性点形成反応の解析	2003.03
修士	平成15年度	Ziegler触媒を用いたプロピレン重合における触媒成分の連鎖移動反応に与える影響	2004.03
博士	平成15年度	MgCl ₂ 担持型Ziegler-Natta触媒の立体特異的活性点の形成と変換に関する速度論的研究	2004.03
博士	平成16年度	Ziegler-Natta触媒上の水素解離サイト形成と連鎖移動反応についての助触媒及びドナーの役割に関するストップフロー法を用いた研究	2005.03
博士	平成17年度	エチレン重合用フィリップス触媒の特性発現機構に関する研究	2005.09
博士	平成17年度	Origin of Isospecificity of Active Sites on Various Donor-Free Heterogeneous Ziegler-Natta Catalysts for Propylene Polymerization	2006.03

注）※印は、寺野研究室における複数のテーマにまたがる研究

表 3 研究テーマ変遷（触媒の表面観察と新しい機能を有する触媒の開発）

＜触媒の表面観察＞

学位	年度	タイトル	学位授与年月
修士	平成8年度	Ziegler触媒中における活性種の存在位置と発現する特性に関する基礎的研究 ※	1997.03
修士	平成9年度	透過型電子顕微鏡を用いたZiegler-Natta触媒の直接	1998.03
博士	平成9年度	ポリプロピレン表面に関する基礎的研究とその生化学的応用	1998.03
博士	平成9年度	Surface Observation of Titanium Species on Ziegler-Natta Catalysts and Correlation of the States to Polymerization Behavior	1998.03
修士	平成10年度	高分解能透過型電子顕微鏡によるZiegler触媒の表面観察	1999.03
修士	平成12年度	in situ 固体NMRを用いたZiegler触媒の各構成成分の存在状態に関する研究 ※	2001.03
修士	平成13年度	オレフィン重合用遷移金属の作製及びその表面分析	2002.03
修士	平成13年度	MgCl ₂ 担持型Ziegler触媒活性点の特性分布と各種オレフィン種の反応性についての検討 ※	2002.03
修士	平成14年度	固体NMRおよびXPSによるPhillipsエチレン重合触媒の評価	2003.03
博士	平成14年度	MgCl ₂ 遷移担持型Ziegler触媒の調製及びそのAFM観察	2003.03
博士	平成14年度	高空間分解能を有する分析法によるオレフィン重合触媒の表面状態に関する研究	2003.03
修士	平成15年度	シリコンコーバード担持型Ziegler触媒AFM観察とオレフィン重合	2004.03

注）※印は、寺野研究室における複数のテーマにまたがる研究

＜新しい機能を有する触媒の開発＞

学位	年度	タイトル	学位授与年月
修士	平成7年度	MgCl ₂ 担持型チーグラー触媒を用いた	1996.03
修士	平成8年度	Polypropylene- <i>h</i> -poly(ethylene-co-propylene)の合成	1997.03
修士	平成8年度	近接型チーグラー触媒を用いた非共役エタンの重合	1997.03
修士	平成8年度	二重結合を有する低分子化合物を用いた新規チーグラー触媒の開発	1997.03
修士	平成9年度	1,5-ヘキサジエンの環化重合を用いたMgCl ₂ 担持型チーグラー触媒の活性点に関する基礎的研究	1998.03
博士	平成10年度	オレフィン重合用新規ポリオレフィン担持型チーグラー触媒に関する研究	1998.12
修士	平成10年度	ストップフロー重合法を用いたPolyethylene-block-polypropyleneの合成に関する基礎的研究	1999.03
博士	平成10年度	ストップフロー重合法を用いた新規オレフィンブロックポリマーの合成それらを用いたMgCl ₂ 担持型チーグラー触媒における立体特異的活性種の解析 ※	1999.03
修士	平成11年度	新規気相法短時間重合システムによるPolyethylene-block-polypropyleneの合成	2000.03
博士	平成12年度	モノ・ジ・オレフィンのストップフロー重合とin situ 固体NMR観察を組み合わせたオレフィン重合触媒の研究	2001.03
修士	平成14年度	キレート配位子を有するチタン化合物を用いた新規Ziegler触媒の開発	2003.03
博士	平成15年度	新規表面アルキル化シリカ担持型Ziegler触媒によるポリエチレンの分子重量分布の制御	2004.03
修士	平成16年度	表面アルキル化SiO ₂ 担持型Ziegler触媒によるポリエチレンの分子重量分布制御	2005.03
修士	平成17年度	アルキルアルミニウムを用いたZiegler触媒によるプロピレン重合	2006.03
修士	平成17年度	可溶性担体を有したエチレン重合用新規Ziegler触媒の開発	2006.03

注）※印は、寺野研究室における複数のテーマにまたがる研究

表 4 には、(3)ポリオレフィン系ナノコンポジット材料の開発に関する研究テーマの一覧を示す。この研究テーマに着手して日が浅いが、最初は物質の特性や表面状態の観察から始まり、次第に挙動や構造解析、合成へと研究が進展している。

表 4 研究テーマ変遷（ポリオレフィン系ナノコンポジット材料の開発）

＜ポリオレフィン系ナノコンポジット材料の開発＞

学位	年度	タイトル	学位授与年月
修士	平成15年度	シリカ粒子径の変化によるポリプロピレン系ナノコンポジットの特性制御	2004.03
修士	平成16年度	ポリプロピレン系ナノコンポジットの安定性に関するシリカ粒子径と表面状態の影響	2005.03
博士	平成16年度	ポリオレフィン系ナノコンポジットの構造と力学物性に関する研究	2005.03
修士	平成17年度	各種ナノ粒子を用いたポリプロピレン系ナノコンポジットの劣化挙動に関する研究	2006.03
修士	平成17年度	ナノシリカ共存Ziegler触媒を用いた合成したポリプロピレン系ナノコンポジットの構造解析	2006.03
修士	平成17年度	ナノシリカ担持チーグラー触媒を用いたポリプロピレン/シリカナノコンポジットの一段合成	2006.03

表 5 には、(4)ポリオレフィンの安定化と劣化機構の解明に関する研究テーマの変遷を示す。ポリオレフィン系材料の劣化の原因となる熱、光、触媒残渣

の影響について、当初は熱酸化劣化の研究から開始し、次第に光劣化に関する研究も含むように進展していることが分かる。

表 5 研究テーマ変遷（ポリオレフィンの安定化と劣化機構の解明）

＜ポリオレフィンの安定化と劣化機構の解明＞			
学位	年度	タイトル	学位授与年月
修士	平成7年度	ポリプロピレンの熱分解に及ぼすポリマー一次構造と触媒残渣の影響	1996.03
修士	平成10年度	速度論的手法による立体規則性の異なるポリプロピレンの熱酸化劣化における分子重低下と官能基生成に関する検討	1999.03
博士	平成10年度	一次構造の異なるポリプロピレンの熱酸化劣化機構に関する研究	1999.03
修士	平成11年度	ベンゾアミン末端修飾型ポリエチレンの合成とその酸化防止効果の検討	2000.03
修士	平成12年度	ポリエチレン末端修飾法を用いたベンゾアミン機能発現に関する研究	2001.03
修士	平成12年度	ポリプロピレンの光安定性における一次構造の影響	2001.03
修士	平成13年度	ポリプロピレンの劣化開始反応及びその要因に関する研究	2002.03
博士	平成13年度	インタクチックポリプロピレンへのエチレン導入が光及び熱酸化劣化に与える影響	2002.03
修士	平成14年度	ポリプロピレンの劣化開始反応に与える触媒残渣の不活性雰囲気におけるポリプロピレンの熱及び光劣化開始要因に関する研究	2003.03
修士	平成15年度	アイソタクチックポリプロピレンの一次構造の変化が熱安定性に与える影響	2004.03
博士	平成17年度	Study on the Thermal Oxidative Degradation of Polypropylenes with Various Micro-structures and Compositions	2006.03

以上のように、寺野研究室ではそれぞれの研究テーマに対して、研究の初期には触媒や材料の基本的性質を解明し、その後に種々の物質を利用して新たな触媒や材料を開発する応用的な研究へと進展している。

5. 研究戦略ロードマップの作成

前節のように、研究室の研究テーマ変遷を調査すると、先行する研究テーマとそれを引き継ぐ研究テーマが明らかになる。前任者の研究の記録を調査し、自分の研究テーマにおける社会的位置付けや将来的に必要なものを明確にすることも大切である。その手助けとして、研究戦略ロードマップが研究テーマ探索ツールの一つとして利用可能である。研究戦略ロードマップを媒介とすれば、大学院生が研究室や指導教員の方針を理解し、研究の社会的意義を踏まえて自分自身の研究テーマを探索することがこれまでよりも容易になると考えられる。研究戦略ロードマップの概念の一例を、図2に示す。

6. おわりに

北陸先端科学技術大学院大学（JAIST）のような新構想大学院大学における研究テーマ探索手法の開発に関して、研究テーマ探索に必要な要素の考察を行った。大学院学生が自らの研究テーマを探索するためには、研究対象への興味・関心と研究室の研究

方針・研究設備の制約、研究テーマの将来的な発展性を考慮に入れる必要がある。また、研究テーマ探索手法の一つとして、研究戦略ロードマップの提案を行った。さらに、実験系研究室の研究テーマ変遷の事例を調査し、研究戦略ロードマップを利用する際に基礎的なデータを得た。今後、寺野研究室メンバーの具体的な研究経験や、研究テーマの将来的な発展性を考慮して、この研究戦略ロードマップの有効性を検証したい。

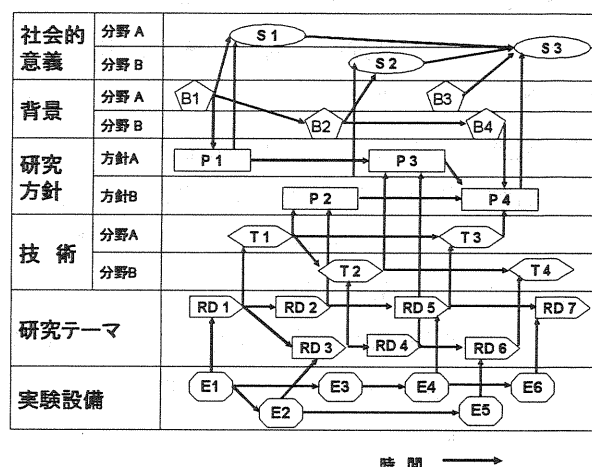


図 2 研究戦略ロードマップの概念図

参考文献・参考資料

- [1] 示村悦二郎・川上雄資：北陸先端科学技術大学院大学における先端的ナノテクノロジー研究—(1)新構想大学院大学の役割，工業材料，Vol.50，No.3，2002.
- [2] 北陸先端科学技術大学院大学：大学広報誌「JAIST GUIDE 大学案内2006」，JAIST，2006.
- [3] 北陸先端科学技術大学院大学ホームページ：<http://www.jaist.ac.jp/index-j2.shtml>
- [4] 亀岡秋男：次世代 MOT の戦略目標：“ジャストインタイム・イノベーション”への挑戦—戦略ロードマップ／ロードマッピングに関する世界の状況と日本の課題—，研究・技術計画学会第19回年次学術大会講演要旨集，pp.775-778，2004.
- [5] 北陸先端科学技術大学院大学・寺野研究室ホームページ：<http://www.jaist.ac.jp/ms/labs/bunrikinou/tera-no-www/>