



放射光施設が形成する社会物質的エコシステム

桑田, 敬太郎

原, 拓志

松嶋, 登

(Citation)

神戸のSTS : スプリング8をめぐるサイエンス・ベスト・イノベーション研究と低線量被曝の歴史研究:12-22

(Issue Date)

2021-02

(Resource Type)

book part

(Version)

Version of Record

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/90007910>



第一部：経営学による STS 理論の援用

第一報告 放射光施設が形成する社会物質的エコシステム

桑田敬太郎（神戸大学）・原拓志（関西大学）・松嶋登（神戸大学）

口頭報告 桑田敬太郎

1. 問題意識

神戸大学大学院経営学研究科博士課程後期課程の桑田敬太郎と申します。本日は、「放射光施設が形成する社会物質的エコシステム」の題目で報告いたします。

早速、問題意識に入らせていただきます。経営学では技術経営研究（MoT）という研究領域があ

りますが、MoT ではサイエンスを与件とし、サイエンスを応用した企業の活動を分析対象として捉えてきました。そうした中で、本報告では経営学でもサイエンスの実践を分析対象にしなくてよいのか？これが大きな問題意識となっております。こうした問題意識に対して、MoT でも、大学の基礎研究と企業の製品開発の隔絶を作っている「魔の川」、企業内部での基礎研究と応用研究に横たわる「死の谷」、製品の市場への普及の前に広がる「ダーウィンの海」といった課題設定があるではないかという批判もあるかと思えます。しかし、そもそもサイエンスを与件としているからこそ、魔の川、死の谷、ダーウィンの海という発想が出てくるのだと私は考えております。では、先程から申しております、サイエンスとはどのような実践なのか？本報告では、サイエンスの実践をサイエンティストによる社会物質的営みであるとともに、サイエンスはマネジメントされた実践であると考えます。

1. 問題意識

- MoTではサイエンスを応用した企業の活動を分析対象として考えてきたが、サイエンスを分析対象にしなくてよいのか？
 - 魔の川、死の谷、ダーウィンの海
 - サイエンスを与件とするからこそでくる発想
- そもそもサイエンスとはどのような実践なのか
 - サイエンスは、サイエンティストによる社会物質的営み
- サイエンスはマネジメントされた実践
 - サイエンスを支える技術には、企業も積極的に関わっている
 - サイエンスを利用する企業のサイエンスへの向き合い方が変わってきている

2. 先行研究

では、なぜ MoT ではサイエンスを与件としてしてしまったのでしょうか？このことが顕著に現れているのが、MoT によるリニア・モデル批判です。代表的な MoT のリニア・モデル批判を見ますと、例えば、ローゼンバーグは、イノベーションの方向性は科学的な基礎研究によって決定されるのではなく、企業の選択と市場による淘汰によって決定されるため、製品開発がサイエンスから開始されるリニア・モデルを科学至上主義と批判しております（Rosenberg, 1969）。

他方で、MoT でもまったくサイエンスに関心がないわけでもありません。2018 年には *Academy of Management Perspectives* 誌で、サイエンス・ベースト・イノベーション（Science-Based Innovation）の特集が組まれました（Garud, Gehman and Giuliani, 2018）。しかし、その内容を見ますと、サイエンス・ベースト・イノベーションといいながらも、やはりサイエンスを応用した企業の活動に焦点が当てられており、サイエンスの実践に踏み込んだ研究とは言えないものでした。

2.1 サイエンス・ベースト・イノベーションの隆盛と MoT が抱えている理論的課題

2. 先行研究

- サイエンスを与件としたMOT
 - 進化経済学モデル, 連鎖モデル, ユーザーイノベーション
 - イノベーションの方向性は科学的な基礎研究によって決定されるのではなく, 企業の選択と市場による淘汰によって決定されるため, 製品開発がサイエンスから開始されるリニア・モデルを科学至上主義と批判 (Rosenberg, 1969)
- 近年の関心 Science Based Innovation (Academy of Management Perspectives, 2018, Vol. 32, No. 1)
 - "Extant literature draws attention to the importance of science-push, demand-pull, and institutional-steering as mechanisms driving science-based innovations. We contribute to this literature by highlighting exaptation, which refers to the cooption of existing traits for new functions. When applied to science-based innovations, exaptation refers to the emergence of functionalities for scientific discoveries that were unanticipated ex ante." (p. 125)
 - "Accordingly, one approach to science-based innovations is to "push" discoveries from the laboratory into the marketplace." (p. 125)
 - "More broadly, translation work involves efforts to contextualize emergent activities such that institutional, market, and corporate forces interactively generate value for science-based innovations." (p. 135)

ただし、MoTの歴史を遡ればサイエンスに関心を持っていたと言えます。例えば、MoTの背景とされ、リニア・モデルの提唱者ともされているブッシュの *Science: The Endless Frontier* では、戦後アメリカにおけるサイエンスの重要性が論じられております (Bush, 1945)。ま

た、近年の経営学でも、量子物理学者であり哲学者でもあるバラッドの新実在論 (new realism) エージェンシャル・リアリズム (agential realism) を参照した、社会物質性概念 (sociomateriality) を用いて、サイエンスの実践に踏み込もうとした研究もあります (Orlikowski, 2007; Orlikowski and Scott, 2014)。

しかし、この社会物質性概念の研究では、エージェンシャル・リアリズムのもつれ概念 (entanglement) をアナロジーとして使っており、社会物質性概念と言いながらも、単純に社会と物質が絡み合った状態を分析していると言えます。例えば、社会物質性概念の提唱者であるオリコフスキーでは、トリップアドバイザーを分析対象として取り上げ、トリップ・アドバイザーは物的アルゴリズムだが、それを作っている専門家の知識が刻み込まれている装置であると主張します

(Orlikowski and Scott, 2014)。他方で、オリコフスキーの主張を人間の経験や認識から実在を説明する主意主義に陥っていると批判し、社会物質性概念の研究者は、今一度バラッドのエージェンシャル・リアリズムの含意を根源から理解し直すべきであるという主張もあります (Kautz and Jensen, 2013, p. 25)。

2.1 サイエンス・ベースト・イノベーションの隆盛とMOTが抱えている理論的課題

- 遡ればMOTはもともとサイエンスに関心を持っていた
 - MOTの背景とされる物理学者ヴァネヴァー・ブッシュ『Science the endless frontier』(Bush, 1945)
- 近年のはやり、社会物質性 (sociomateriality) (Orlikowski, 2007; Leonardi, 2011; 松嶋, 2015)
 - 量子物理学者Karen Baradの新実在論エージェンシャル・リアリズム (agential realism) を参照
 - もつれ (entanglement) 概念をアナロジーとして利用する
 - 「技術と組織は一本の切れ目のないロープのような状態にもつれている」(Orlikowski, 2007)
- 物質的転回 (material turn)
 - 「トリップ・アドバイザーは、物的アルゴリズムだが、それを作っている専門家の知識が刻み込まれている装置である」(Orlikowski and Scott, 2014)
 - 社会物質性と言いながらも、人間の経験や認識から実在を説明する主意主義に陥っているという批判 (Kautz and Jensen, 2013, p. 25)

2.2 新実在論（物質的転回）の理論的含意

そこで、本報告ではバラッドのエージェンシャル・リアリズムに遡り、それを分析枠組みとすることでサイエンスの実践を捉えようと考えています。そもそも、バラッドのエージェンシャル・リアリズムは、彼女自身の量子物理学者としての実践を基に導かれた概念であり、人間の認識や経験から実在を説明する人間主義（humanism）を批判する新たな実在論（物質的転回）として位置づけられます。例えば、社会物質性概念の論者がアナロジーとして使った、エンタングルメントをバラッドは「量子もつれ」（quantum entanglement）とっており、この「量子もつれ」は、社会物質性概念の研究者が言うような社会と物質の単なるもつれではありません（Barad, 2007）。バラッドは、徹底的に人間主義を批判し、実験装置に着目します。バラッドによると、実験装置があるからこそ、観察者が何を観るべきであるかという観察対象が決定され、観察者がその対象をどう観るか、そして観察対象からどのようなエージェンシーを得ることができるのかが決められるとしております（Barad, 2012, p. 43）。以下、事例分析では、この量子物理学の実践から導かれた概念を分析枠組みとし、サイエンスの実践として量子物理学の実験施設である SPring-8 を分析していきます。

2.2 新実在論（物質的転回）の理論的含意

- 量子物理学のPh.Dを持つ、哲学者Baradによる新実在論
 - 人間の認識や経験から実在を説明する人間主義（humanism）を批判する新たな実在論
- Barad (2007) では、自身の量子物理学としての実践を基に導かれた独自の新実在論であるエージェンシャル・リアリズムを確立
 - 量子もつれ（quantum entanglement）
 - 走査型電子顕微鏡があったからこそ、その実験装置から生産されたエージェンシーとして量子物理学者が切り取られ、彼らの研究対象として同期する量子スピン（すなわち量子もつれ）を観察することができる（Barad, 2012, p. 43）.
 - Intra-action
 - “The neologism “intra-action” signifies the mutual constitution of entangled agencies. That is, in contrast to the usual “interaction,” which assumes that there are separate individual agencies that precede their interaction, the notion of intra-action recognizes that distinct agencies do not precede, but rather emerge though, their intra-action.” (Barad, 2007, p. 33)
 - Onto-epistem-ology
 - “the study of practices of knowing in being – is probably a better way to think about the kind of understandings that we need to come to terms with how specific intra-actions matter.” (Barad, 2007, p. 185)
 - Agential cut
 - “A specific intra-action (involving a specific material configurational of the “apparatus of observation”) enacts an agential cut (in contrast to the Cartesian cut—an inherent distinction—between subject and object) effecting a separation between “subject” and “object.” ” (Barad, 2007, p. 141)

3. 事例分析：SPring-8が形成した二つの社会物質的エコシステム

大型放射光施設 SPring-8 は巨大な顕微鏡と呼ばれることもあります。しかしながら、巨大な顕微鏡とアナログカルに表しますと、SPring-8 もまた電子顕微鏡と同様に極小の世界を観察することを目的とした実験施設であると誤解させてしまうかもしれません。もちろん、部分的には間違っていないのですが、実験装置としての SPring-8 の重要さは、0.01nm というより小さな世界 (Smaller World) から、数 μm というより大きな世界 (Bigger World) までの幅広い領域で、マルチスケールの観察ができる点にあります。

もっとも初期 SPring-8 では、より小さな Smaller World の観察から始まっておりました。それは、日本の放射光施設を牽引してきた研究者は、寺田寅彦の系譜に当たる、物質の結晶構造という極小の対象を分析する結晶学を専門とした研究者であったことにも関連してきます。以下では、Smaller World と Bigger World という二つの社会物質的エコシステムの形成を見ていきます。Smaller World の観察としては代表的な事例である創薬(原・桑田, 2020)、Bigger World の観察の代表事例であるエコタイヤを分析していきます(桑田・松嶋, 2017)。



3.1 Smaller World の実験装置が形成しそこねてきた創薬のエコシステム

では、早速事例に入ります。Smaller World の代表的な事例としての創薬ですが、大型放射光施設を利用した最初の活用事例であり、インフルエンザの特効薬であるタミフルなどが開発されていますが、日本の製薬企業では商業化された製品はまだありません。以下では、第一に Smaller World の実験装置を使用した製薬企業の Structure Based Drug Design への期待、第二に化合物のデータベースの整備が行われていなかった SPring-8 からの撤退、第三に製薬企業の SPring-8 への回帰の順で報告をさせていただきます。

3.1 Smaller Worldの実験装置が形成しそこねてきた創薬のエコシステム

- Smaller Worldの代表的な事例としての創薬
 - 大型放射光施設を利用した最初の活用事例でありつつ、インフルエンザの特効薬であるタミフルなどが開発されているが、日本の製薬企業では商業化された製品はまだない

1. 期待
 - Smaller Worldの実験装置を使用した製薬企業のStructure Based Drug Designへの期待
2. 撤退
 - 化合物のデータベースの整備が行われていなかったSPring-8からの撤退
3. 回帰
 - 製薬企業のSPring-8への回帰

(1) SPring-8 への期待

まず SPring-8 への期待です。製薬業界では世界的に M&A が繰り返されてきました。この要因の一つが High Throughput Screening (HTS) という病因となるタンパク質に適合する化合物を、無数の化合物の中からスクリーニングする技術に莫大なコストが掛かることが挙げられます。1990 年代までは、HTS は研究者による手作業で行われていましたが、2000 年頃からは人間に代わりロボットが行う手法が開発され、作業効率そのものはあがっていったのですが、膨大なコストがかかることになりました。こうした中で、資本の規模に劣る日本の製薬会社は世界から大きな遅れを取っていました。日本の製薬業界においては、2018 年に武田製薬が製薬会社シャイアーを 7 兆円で買収するまでは、世界の大手企業に対抗することができず、世界ではトップ 10 にもはいることができませんでした。

こうした状況に対して、1990 年代初期から Structure Based Drug Design (SBDD) と呼ばれる放射光を利用した新薬開発が始まっていました。日本の製薬業界は、SBDD への期待から蛋白質構造解析コンソーシアムを形成し、SPring-8 に創薬専用のビームラインを設置し SPring-8 を利用することになります。すなわち、放射光を使用した SBDD への期待があったのです。

(1)SPring8への期待

- 世界的にM&Aが繰り返される製薬業界
 - プロセスは莫大なコストがかかるHigh Throughput Screening (HTS)
 - 1990年代までは、研究者による手作業によって行われていたHTS
 - 2000年ごろからは、HTSの作業を人間に代わりロボットが行う
- 世界から大きく遅れを取っていた日本の製薬企業
 - 資本の規模に劣る日本の製薬企業
 - 日本の大手製薬企業は、世界的に見れば中小企業
 - 2018年に武田製薬が製薬会社シャイアーを7兆円で買収するまでは、世界の大手企業に対抗することができなかった
- 結晶構造を見るためにSPring-8に集まってきた製薬企業
 - 放射光を使用したStructure Based Drug Design (SBDD) への期待
 - 創薬専用のビームライン (BL32B2) の設置
 - 共用施設を利用する蛋白質構造解析コンソーシアムを形成

(2) SPring-8 からの撤退

SBDD とは、病因となる標的タンパク質の結晶構造を解析し、これに適合する形状を持つ化合物を、シミュレーション技術を駆使してスクリーニングする手法であり、闇雲に適合する化合物を模索するロボットを使った HTS に比べて、スクリーニングのコストについては格段に減ることになります。他方で、病因となるタンパク質の結晶構造が解析できれば、今度はタンパク質と化合物との適合関係をシミュレーションするデータベースを用意する必要が出てき、新たなコストがかかってくることになります。しかしながら、SPring-8 では化合物のデータベースが整備されておらず、我が国の製薬企業は一時的に SPring-8 から撤退し、蛋白質構造解析コンソーシアムも解散してしまうことになります。

他方で、製薬企業が放射光施設それ自体を使わなくなったわけではありません。日本の製薬企業はこぞって海外の放射光施設を使っていたのです。海外の放射光施設では、化合物をデータベース化することは国策として整備が進められており、例えば、創薬を国家の戦略的

産業としてきたスイスでは、Swiss Light Source (SLS) が化合物のデータベースを整備し、これを利用する企業はデータベースを利用できるというサービスが用意されていました。実は、SPring-8 から撤退した日本の製薬会社の多くは、こうしたサービスを提供する SLS をはじめとした海外の放射光施設を利用していました。

(2) SPring-8からの撤退

- 化合物のデータベースの整備
 - SBDDにより病因となるタンパク質の構造が解析できれば、今度はタンパク質と化合物との適合関係をシミュレーションするデータベースを用意する必要が出てくる
 - SBDDのシミュレーションに必要なデータベースの整備には膨大なコストがかかる
- データベースの整備を国策として進めていた海外の放射光施設
 - 創薬を国家の戦略的産業としてきたスイスのSwiss Light Source (SLS)
 - 日本の製薬会社の多くは、こうしたサービスを提供する海外の放射光施設を利用

出典：榊林 陽一 (2017) 「生命科学領域のイノベーション “サイエンスビジネスの世界”」 神戸大学トップマネジメント講座、報告資料

(3) SPring-8 への回帰

しかしながら、SLS をはじめとした、こうした海外のサービスに依存する一方で、情報保護という観点から、日本の製薬会社が日本の放射光施設を利用するに越したことはありません。実際、2020年現在で、改めて製薬企業によって組織された創薬産業構造コンソーシアムからの要望もあり、SPring-8 でも化合物のデータベースの提供を始めるという動きが始まっています。そのため、海外の放射光施設を利用していた製薬会社が SPring-8 に回帰してきております。

(3) SPring-8への回帰

- 日本の製薬会社が、海外の放射光施設に依存するリスク
 - 「日本の研究者も、日本の国の税金で、われわれが払った税金で研究をした。海外の放射光を使うと、おめおめと外国の企業に、ただで持っていかれるので、対価を得て、日本にもっと還元させてほしいと思う」
榊林 陽一 (国立研究開発法人 日本医療研究開発機構) 神戸大学トップマネジメント講座より、2017年5月31日
 - 「製薬企業の方から、海外の放射光施設を使うと機密情報の点から、化合物のデータベースを整備してSPring-8を使えるようにしてほしいという要望が来たんです」
木下豊彦氏 (SPring-8/J A S S I 利用推進部) へのインタビュー、2018年11月13日
 - 「やはり、もちろん機密保持というところもあるとは思いますが、日本の製薬企業が日本の放射光施設を使うべきなんでしょう」
宮口郁子氏 (田辺三菱製薬創薬基盤研究所) へのインタビュー2019年5月21日
- 改めて組織された創薬産業構造コンソーシアム
 - SPring-8に化合物のデータベースの整備を要望
 - 2020年現在、海外の放射光施設を利用していた製薬会社がSPring-8に回帰してきている

3.2 Bigger World の実験装置が形成したエコタイヤのエコシステム

第二の事例として、住友ゴムによるエコタイヤのエコシステムを通じて、Bigger World の実験装置を見ていきます。この事例は、Bigger World の最も代表的な事例であり、SPring-8 の産業利用の最も代表的な事例の一つでもあります。以下では、第一に期待されていなかったゴム分析、第二に最初は使えなかったSPring-8、第三にサイエンスを取り込む企業戦略の順でお話をさせていただきます。

3.2 Bigger Worldの実験装置が形成したエコタイヤのエコシステム

- Bigger Worldの実験装置の代表的な事例であるエコタイヤの開発
 - 1.期待されていなかったゴム分析
 - 日本の研究者からは分析する余地がないとされてきた
 - 2.最初は使えなかったSPring-8
 - SPring-8にゴムを持ち込んだが、当初大きな対象を観察する実験装置はなかった
 - 3.サイエンスを取り込む企業戦略
 - 住友ゴムによるサイエンス帝国主義

(1) 期待されなかった分析部門の躍進

(1) 期待されなかった分析部門の躍進

- ゴム素材の分析依頼を引き受けいていた分析部門
 - 「花も咲かない日陰部門」
 - 研究開発本部の分析部門は3名
- 材料開発本部の設立
 - 研究開発本部の分析部門、放射光X線部門、中性子部門などとタイヤ技術本部の材料開発部門を統合して、省エネルギータイヤを開発する新組織がトップダウンで設立
- 研究開発本部自体の変革
 - 日陰部門だった分析部門が研究開発本部が戦略的にも重要なポジションに
 - 材料開発を起点としたタイヤ開発プロセスへの変革

出典：岸本法通氏（2017）『先端大型研究施設の利用による次世代低燃費タイヤの開発』神戸大学大学院トップマネジメント講座、報告資料

ゴムという素材は、分子が多重結合したポリマーという、比較的大きな $10\mu\text{m}$ の領域を観察する必要があります。しかし、 $10\mu\text{m}$ という領域は、電子顕微鏡で観察するには大きすぎるが故に、世界的にも研究者が少なく、また学術的な研究テーマとしても見込みがないと考えられてきました。

そのため、住友ゴムでもゴム素材の分析を行う分析部門もまた同社の中でも傍流的な存在であり、資材調達程度の役割しか果たしておりませんでした。実際、分析部門は、他の研究開発部門とは別の建物に置かれてさえいたそうです。

ところがSPring-8でゴムの分析をすることによって得られた階層別のデータによって、それまでほとんど改善することはないと考えられてきたタイヤの基本性能が格段に向上するタイヤが、分析部門主導のもと開発されたことにより、分析部門が一躍注目されることになりました。こうしたことを受け、住友ゴムでは、研究開発本部と分析部門が中心となって、材料開発本部として他の開発工程を管轄下に置く組織変革が行われることとなります。

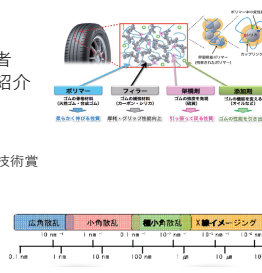
さらにはその後、材料開発本部の中の一部門であった分析部門が、タイヤ開発事業部の材

料開発本部とは別に、本社直轄の研究開発本部として独立した組織になっていくという躍進をはかります。では、具体的に住友ゴムの分析部門は SPring-8 でどのような研究をしていたのでしょうか。

(2) 実は使えなかった SPring-8

(2) 実は使えなかった SPring-8

- 最初は使えなかった SPring-8 !
 - 結晶学の研究者たちが立ち上げてきた放射光施設
 - シリカの凝集構造は、数十 nm から μm
- 東京大学両宮研究室との共同研究
 - 光科学を専門とした放射光検出学の研究者
 - 生物試料を分析していたビームラインの紹介
 - タンパク質の大きさも、せいぜい数十 nm
 - 極小角散乱法の共同開発
 - 光の散乱情報を分析するという逆転の発想
 - 平成29年度科学技術分野 文部科学大臣表彰 科学技術賞
 - 第10回 ひょうご SPring-8 賞
- シリカの最適な分散の設計
 - タイヤの基本性能を左右する階層構造
 - 技術的限界
 - 様々な凝集構造をシミュレート
 - 静的な観察を行う放射光 X線利用の限界

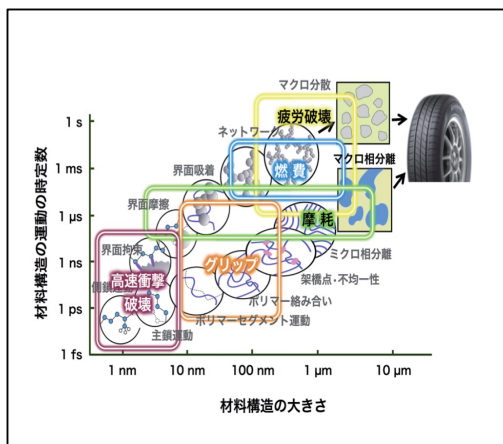


住友ゴムでは、ゴムが分析されていなかった時代に、一縷の望みをかけて SPring-8 にゴムを持ち込んだのですが、当初は 10 μm のポリマーを分析できる実験装置がなかったといいます。その理由としては、先程もお話したように結晶学をルーツにもつ研究者に牽引されてきた SPring-8 は、ナノレベルと

いう極小領域の観察に特化していたからです。そのため、住友ゴムが求める数十 nm から μm を観察するためのニーズは理解されることはなく、冷たくあしらわれていたといいます。

こうしたことから、住友ゴムは SPring-8 外部の光化学の研究室を訪ね、より大きな世界の観察に関心を持つ研究者を求めることになりました。この研究室でも住友ゴムが求める技術を有していたわけではなかったのですが、光化学の研究者にとっては住友ゴムの観察ニーズは研究としてチャレンジングなテーマとして映りました。そこで住友ゴムの分析部門の研究者は研究室に所属していた大学院生とともに、共同研究を行い、より大きな世界を観察する極小角散乱法という技術を開発し、ゴムを分析していきました。余談になりますが、住友ゴムの研究者は放射光に関しては全くの素人だったのですが、こうした研究の後、東京大学で放射光関連の博士号を取得しただけではなく、学会賞までも受賞することになります。さて、この極小角散乱法という技術によって、ゴムの性能が様々なスケールの創発特性として把握できることが解明されました。

従来、このような特性は、試行錯誤しながらタイヤ全体として改善されてきました。しかしながら、ゴムを階層別の特長として把握



することによって、従来のタイヤより、転がり性能は39%、耐摩耗性能は51%という、長持ちするという意味で環境にエコで、省エネルギーという意味でもエコなタイヤが開発されることになり、100年以上も変わらないと言われてきたタイヤ開発においては格段の性能向上を図るタイヤを開発しました。

(3) 企業戦略に取り込まれていくサイエンス

このように光化学の研究者と新たな装置を開発した住友ゴムは、サイエンスを企業戦略として取り込んでいくことになります。SPring-8 で開発した極小角散乱法は、確かにそれまで解析されなかった様々なスケールの観察を可能にし、画期的なエコタイヤの開発を可能にしました。しかしながら、ゴムの特性すべてが明らかになったわけではなく、むしろ、階層的なスケールの観察が可能になることで、それらのスケール間にどのような関係があるのかという、それ自体は放射光施設では解決できない新たな技術的課題が見えてくることになりました。

この課題に対するアプローチの一つとして中性子を使った実験がありましたが、当時は中性子実験に関して知識を持つ研究者は、日本全体を見渡してもほとんどいないという状態でした。そのため、住友ゴムは中性子施設 J-PARC センターとの連携のもと、任期付きの研究員を雇用するフェロースhip制度を始め、優秀な若手研究者を育てる取り組みを始めました。住友ゴムは、こうしたネットワークを形成することにより、将来的な研究開発上での新たな課題が生じたときの共同研究体制を構築しているのです。こうしたことか

(3) 企業戦略に取り込まれていくサイエンス

- **中性子実験施設J-PARCの利用**
 - スケール別の解析では得られなかった動的情報
 - 中性子が当たったポリマーの動きを散乱情報をもとに解析
 - 中性子は、放射光に比べて研究者が圧倒的に少なかった

- **J-PARCでのフェロースhip制度**
 - 中性子を専門にする研究者の育成
 - ポスドク期間を終了した後、大学のポストを得た研究者とのネットワーク構築

- **エコシステムのあり方**
 - 企業がサイエンティストを先導してサイエンスのあり方までも変えるべきなのか？
 - 耐摩耗性能の向上及びエコタイヤバブルの一方で、タイヤは売れない！
 - 高性能になることでタイヤは売れなくなる
 - 他方、後発のミシュランでは収益化の新しいビジネスモデル
 - 2018年から開始された「マイレージ・チャージプログラム」 <https://www.michelinman.com/warranty.html>
 - ペイ・バイ・ザ・マイル (pay by the mile) という自動車の走行距離に応じてタイヤ使用料を支払うサブスクリプション
 - 高性能タイヤから収益を上げるビジネスモデル

出典：岸本浩通氏 (2017) 「先端大型研究施設の活用による次世代低燃費タイヤの開発」神戸大学大学院トップマネジメント講座、報告資料

ら、住友ゴムはサイエンスそのものを企業の戦略に取り組んだサイエンス帝国主義とも言える組織へと構築したことになります。ただ、このように、サイエンス帝国主義を構築した住友ゴムにも課題はあり、耐摩耗性能の向上およびエコタイヤバブルの一方で、タイヤは売れないといった現状があります。

4. 結論と今後の課題

結論としまして、本報告では経営学ではアナロジーでしか捉えられてこなかったエージェンシャル・リアリズムを、サイエンスの社会物質的实践を捉える枠組みとして利用し、これまでの MoT ではできていなかった、サイエンスの内容に踏み込んだ社会物質的エコシステムの形成を追ってきました。ただし、エコシステム形成の成功が、経営的な成功を意味するわけではありません。創業に関しては、SPring-8 から一度撤退はしましたが、海外で成功したというわけでもなく、そうした経験をもとに、改めて新たな社会物質的エコシステムの形成に向いているといえます。また、住友ゴムの成功の傍ら、企業が先導してサイエンスのあり方までも変えるという、サイエンス帝国主義的な社会物質的エコシステムの形成には危うさもあります。

今後の課題としましては、もっと戦略的なサイエンティストの社会物質的实践を分析しなければならないと考えております。今回、分析してきたサイエンスの实践は、どちらかと言えばピュアなサイエンティストが想定されていますが、もっと政治的、戦略的、知略的なサイエンティストの経営学を分析しなければなりません。こうした分析では、第二報告「先端科学技術基盤と経営学」(石川先生)と第三報告「先端科学技術基盤の社会的責任」(高田先生)のご報告が参考になると考えております。以上で第一報告を終わりにいたします。ご清聴ありがとうございました。

4. 結論と今後の課題

- 装置に駆動された社会物質的エコシステムとしてサイエンス・ベースト・イノベーションを捉えてみる
 - アナロジーでしか捉えられてこなかったエージェンシャル・リアリズムを、物理学者の社会物質的实践を捉える枠組みとして利用してみた
 - サイエンスの内容に踏み込んだ社会物質的エコシステムの形成を追うことができる
 - これまでのMoTではできてなかったこと
 - ただし、エコシステム形成の成功が、経営的な成功を意味するわけではない
 - 創業に関しては、SPring-8から一度撤退はしたが、海外で成功したわけでもなく、これまでの経験をもとに新たな社会物質的エコシステムの形成に向いている
 - 住友ゴムのサイエンス帝国主義的な社会物質的エコシステムの形成には危うさもある
- 今後の課題
 - もっと戦略的なサイエンティストの社会物質的实践を分析しなければならない
 - 今回の分析してきたサイエンティストの实践は、どちらかと言えばピュアなサイエンティストが想定されている
 - もっと政治的、戦略的、知略的なサイエンティストの経営学
 - 第二報告「先端科学技術基盤と経営学」(石川先生)と第三報告「先端科学技術基盤の社会的責任」(高田先生)へ

参考文献

- Barad, K. (2007) *Meeting the Universe Halfway: Quantum Physics and the Entanglement of Matter and Meaning*, Duke University Press.
- Barad, K. (2012) *Agentieller Realismus: Über die Bedeutung Materiell-Diskursiver Praktiken*, Suhrkamp.
- Bush, V. (1945) *Science: The Endless Frontier, A Report to the President on a Program for Postwar Scientific Research*, Office of Scientific Research and Development.
- Garud, R., Gehman, J. and Giuliani, A. P. (2018) “Serendipity Arrangements for Exapting Science-Based Innovations,” *Academy of Management Perspectives*, Vol. 32, No. 1, pp. 125-140.
- 原拓志・桑田敬太郎 (2020) 「創薬ビジネスと大型放射光施設」『神戸大学大学院経営学研究科ワーキングペーパー』 202007a, 1-12 頁.
- Kautz, K. and Jensen, T. B. (2013) “Sociomateriality at the Royal Court of IS: A Jester's Monologue,” *Information and Organization*, Vol. 23, No. 1, pp. 15-27.
- 桑田敬太郎・松嶋登 (2017) 「イノベーションの社会物質性：「技術」と「組織」からの差異化した異種混合の実践」『神戸大学大学院経営学研究科ディスカッション・ペーパー』 2017・23, 1-13 頁.
- Leonardi, P. M. (2011) “When Flexible Routines Meet Flexible Technologies: Affordance, Constraint, and the Imbrication of Human and Material Agencies,” *MIS Quarterly*, Vo. 35, No. 1, pp. 147-167.
- Rosenberg, N. (1969) “The Direction of Technological Change: Inducement Mechanisms and Focusing Devices,” *Economic Development and Cultural Change*, Vol. 18, No. 1, pp. 1-24.
- Orlikowski, W. J. (2007) “Sociomaterial Practices: Exploring Technology at Work,” *Organization Studies*, Vol. 28, No. 9, pp. 1435-1448.
- Orlikowski, W. J. and Scott, S. V. (2014) “What happens when evaluation goes online?: exploring apparatuses of valuation in the travel sector,” *Organization Science*, Vol. 25, No. 3, pp. 868-891.
- 松嶋登 (2015) 『現場の情報化：IT 利用実践の組織論的研究』 有斐閣.