

開発途上国におけるユーザー・イノベーターによる テレメータシステムの開発と維持管理のための情報の粘着性 —インドネシアの水文観測実施機関を事例に—

Development of Telemetry System by User Innovator in Developing
Country and Stickiness of Information for Operation and Maintenance
- The Case of Hydrological Observing Organization in Indonesia -

杉 浦 政 裕*

Masahiro SUGIURA

要 旨

本研究は、開発途上国のユーザー・イノベーターによる水文観測のためのテレメータシステムの開発というイノベーションにも、これまでの研究で明示されている「期待できる便益」、「情報の粘着性」という促進要因があることを、事例により確認した。そして、選定した事例から、「情報の粘着性」については、ニーズ情報と技術情報の粘着性だけではなく、維持管理のための情報の粘着性が大きく影響していることを明らかにした。選定した事例は、開発途上国であるインドネシアにおいて、公共事業として水管理事業を直営で担う組織(PJT1)がユーザー・イノベーターとなり、水文観測のためのテレメータの開発をしていくプロセスである。

キーワード：イノベーター、イノベーション、情報の粘着性、テレメータシステム、水文観測

* すぎうらまさひろ、九州国際大学現代ビジネス学部、sugiura@cb.kiu.ac.jp

1 はじめに

本研究の目的は、開発途上国のユーザー・イノベーターによる水文観測のためのテレメータシステム（以下「テレメータシステム」という）のイノベーションにも「期待できる便益」、「情報の粘着性」という促進要因があり、「情報の粘着性」においては、維持管理情報の粘着性が大きく影響する、という仮説を事例において確認することである。

このような研究が必要になるには、次のような背景がある。①洪水、渇水、水質汚濁といった水問題は世界各地で発生している。特に、開発途上国においては、こうした水問題の現況を知り解決策を検討していくための基礎データとなる水文観測データが不足している。②開発途上国では、政府開発援助（ODA:Official Development Assistance）により、テレメータシステムの供与を受けることがあるが、修理する費用の工面、修理できる技術者が身近に存在しないといったことから、持続的な運用ができていない。こうした状況が明らかになっているにもかかわらず、開発途上国において持続的に運用できるテレメータシステムの普及は、ほど遠いのが現況である。したがって、開発途上国において、テレメータシステムの普及を促すためには、まず持続的な運用ができるテレメータシステムの開発に成功した事例を分析し、どのような条件を揃えることで成功し、どのような経験から成功のための条件が導出されたのかなどを知る必要がある。そこで、本研究では、開発途上国においてテレメータシステムの開発というイノベーションに成功したユーザー・イノベーターの事例分析を行うことにした。

イノベーションを起こし、社内の知識を外部に提供することで新たな価値を生み出す（イノベーションを行う）というユーザー・イノベーション（von Hippel, 1976）は、イノベーション研究で広く受け入れられている。そして、ユーザーがイノベーションへの取り組みを促進する要因は、「期待できる便益の大きさ」（von Hippel, 1988）と「情報の粘着性の低さ（情報の移転コストの

低さ)」(von Hippel, 1994)にあるとされている。更に、小川(1997)は、特に、情報の粘着性という概念に基づく「情報の粘着性仮説」は、粘着度の高い、イノベーションに必要な情報をもっているプレーヤーがイノベーションを行うと主張する、と解説している。そして、製品開発では少なくとも次の二つについての決定がその開発成果に影響を与えられおり、そのひとつは、製品が充たす、顧客にとっての機能であり、もうひとつはその製品で使用する技術であると言っている。また、製品イノベーションで焦点となる情報は、顧客機能に関する情報(ニーズ情報)と技術に関する情報(技術情報)であることを意味しているとも言っている。

しかし、著者は、開発途上国のユーザー・イノベーターによるイノベーションには、技術情報の種類に拘ること、特に運用するシステムの維持管理に関する情報(維持管理情報)の重要性を主張したい。その理由は、開発・改良した製品を持続的に運用するためには、製品の維持管理が不可欠であるからである。開発途上国では、国内市場で容易に部品や機器を調達できない。そのため、国内で容易に調達できる部品、修理できる技術者を確保できる機器で、製品を開発・改良する必要があるのである。

杉浦(2017)は、『インドネシアにおけるキャッチダウン型水文観測設備の優位性』の中で、開発途上国の水文観測を担う組織が、テレメータシステムの開発を促進する要因は、①テレメータシステムを組み立てることができる部品を国内市場で調達できる、②テレメータシステムを製造販売する国内企業がない、③水文観測データを持続的に収集する必要性が高いという条件が揃う時であると言っている。

そこで、「期待できる便益」、「情報の粘着性」について、ユーザー・イノベーターとして、テレメータシステムの開発を促進したインドネシアのPJT1の事例との整合性を確認し、開発途上国におけるユーザー・イノベーションの促進には、維持管理情報の粘着性が大きく影響することを明らかにしていく。

結論を先取りすると、「期待できる便益」と「情報の粘着性」は、ユーザーがイ

ノベーションへの取り組みを促進する要因であることを確認できた。しかし、「情報の粘着性」には、ニーズ情報と技術情報の粘着性だけでなく、維持管理情報の粘着性が、大きく影響することが分かった。

2 研究の方法

研究の進め方としては、まず、本研究に関連する先行研究レビューを実施し、これまでに明確にされている事項を整理する。そして、インドネシアのユーザー・イノベーターがテレメータシステムの開発というイノベーションを展開したケースに、仮説を当てはめ検証をおこなう。ユーザー・イノベーターとしては、インドネシアの水文観測実施機関のひとつであるPJT1が開発したテレメータシステムを分析対象として選択する。

PJT1が、ユーザー・イノベーターとなった経緯は次のとおりである。PJT1は、輸入品のテレメータシステムのユーザーであったが、輸入品の維持管理が困難であることから、自ら維持管理可能なテレメータシステムの開発をすることになった（ユーザー・イノベーターになった）。そして、開発したテレメータシステムのユーザーになり、修理もPJT1職員により行えるようになったのである。ここで、分析対象として選定したPJT1の事業概要について解説しておこう。

PJT1の事業概要：PJT1（2022a, 2022b）によれば、PJT1は1990年にインドネシア国有会社として東部ジャワのBrantas（ブランタス）川流域のMalang（マラン）に設立された。ブランタス川流域における水資源管理から始め、Solo（ソロ）、Jratunseluna（ジュラトゥンスルナ）、Serayu Bogowonto（スラユーボゴウォント）、Toba Asahan（トバーアサハン）の計5河川流域の水資源管理を担っている。なお、1999年にPerusahaan Umum（Perum）Jasa Tirta Iへ名称変更している。

PJT1の水管理に関する業務は、PJT1（2020, p.98）によれば、河川流域管理、水量管理、水質管理、洪水制御、河川環境保全、水資源施設の管理等を実施することである。

3 先行研究

本研究では、はじめに述べたように、開発途上国のユーザー・イノベーターによるテレメータシステムのイノベーションにも「期待できる便益」、「情報の粘着性」という促進要因があり、「情報の粘着性」においては、維持管理情報の粘着性が大きく影響することを探っていく。そのために、まず、本研究で用いる「水文観測」、「テレメータシステム」、「ユーザー」、「イノベーション」、「イノベーター」の用語の定義をしたうえで、ユーザーによるイノベーションに関連する研究として、「ユーザー・イノベーション」及び「情報の粘着性」の研究を整理しておく。

水文観測：水文観測は、水文現象の観測を行うことである。水文現象として扱われる現象は、一般的に、国土交通省（2017）で定義されている（イ）河川（湖沼等を含む。以下同じ。）の流域における降水量、（ロ）河川の水位、流量、水質及び底質、（ハ）地下水の水位及び水質である。

テレメータシステム：土木研究所（2002, 248p）によれば、テレメータシステムは、遠隔地からリアルタイムの観測データを伝送するものであり、災害対応としての性格から無線による伝送が原則とされている。テレメータシステムの構成は、監視局、観測局、中継局、傍受局から構成されている。テレメータシステムによる観測は、本来河川管理の合理化、迅速化を目的として設置されたものであり、遠隔地において自動観測されたデータを、無線等によってデータ収集を行なう監視局へ搬送する観測手法とされている。また、テレメータシステムとは、計測部よりデータ通信装置（観測装置や監視装置等）を経て

記録部までをいい、雨量・水位等の観測所の計測部で計測された値は観測局を経て、監視局の記録部へ表示・印字されることになる。

ユーザー：ここではユーザーは、von Hippel（2005, p.16）のいう“製品やサービスを「使用する」ことで効用を受けようとする企業または個人”とする。

イノベーション：イノベーションの捉え方には、Schumpeter, J. A.（1950, p83）のいう“不断に古きものを破壊し新しきものを創造して、たえず内部から経済構造を革命化する産業上の突然変異”やDrucer, P.F.（1974, p.266）のいう“科学や技術そのものではなく価値である。組織のなかではなく、組織の外にもたらす変化である“というものもある。しかし、ここではイノベーションは、伊丹敬之（2015, p.16）のいう“素晴らしい技術を使って我々の生活を変えるような物やサービスが提供されること”とする。

イノベーター：ここではイノベーターは、玄場公規（2006, p98）のいう“イノベーションを起こす主体”とする。

ユーザー・イノベーションに関する研究は、von Hippel（1976）と von Hippel（1988）を挙げておこう。von Hippel（1976）による科学機器のイノベーションプロセスにおけるユーザーの支配的な役割に関する研究では、科学機器を題材に、ユーザーがイノベーションを行っているという仮説を検証している。Von Hippel（1976）以降、ユーザー・イノベーションの研究が注目されはじめたといつてよいだろう。

また、von Hippel（1988）は、メーカーがイノベーションをしている分野もあれば、ユーザーがイノベーションをしている分野もある。イノベーターになるのは、イノベーションに対する「期待できる便益の大きさ」であると言っている。これに対する批判もあり、その批判について小川（1997）は、3つに整理している。1つめは、イノベーションの主体は本当にそのような利益の合理的計算のみで決定されるのか。2つめは、イノベーションに関与するプレーヤーの期待利益を計算できない場合は期待できない。3つ目は、イノベショ

ンに関するタスクが分割され、メーカーとユーザーがそれぞれのタスクを遂行する場合を想定していないということである。

こうした批判もあったが、後に、von Hippel は、「期待できる便益の大きさ」の他に、ユーザーがイノベーションに取り組みを促進する要因を求め、「情報の粘着性」という概念形成へつなげていった。

情報の粘着性に関する研究は、情報の粘着性の概念を導出した von Hippel (1994) と情報の粘着性の概念の有効性をデータにより証明した小川 (1997) を挙げておこう。von Hippel (1994) は、実証研究により、情報の移転にはコストがかかることに着目し、情報の粘着性の概念を導出している。情報の粘着性とは、「ある所与の単位の情報をその情報の受け手に利用可能な形で、ある特定の場所へ移転するのに必要な（限界）費用」（von Hippel, 1994）（von Hippel, 2005, p.91）と定義している。これは、例えば、メーカーのもつ技術情報をユーザーが使いこなそうとしても、情報量が多かったり、形式化されていない情報があったり、情報を理解するために専門知識が必要であったりし、情報を使いこなすことが難しい（費用がかかる）ということである。この定義を使えば、ユーザーが簡単に利用できる情報は、情報の粘着性が低いということになる。

小川 (1997) は、情報の粘着性の概念 (von Hippel, 1994) の有効性をデータにより証明している。小川 (1997) は、はじめに述べたとおり、製品イノベーションで焦点となる情報は、ニーズ情報と技術情報であり、これらの2つの情報の粘着性が「誰が」「どのような」イノベーションを行うかに影響を与えるという。そして、ユーザーは、ニーズ情報の粘着性が高い時にイノベーションの機能デザインを行い、技術情報の粘着性が低い時に技術デザインを行うことになるという。更に、「情報の粘着性仮説」の有効性について、セブーンイレブンの事例分析により探り、技術情報の粘着性が低い場合にユーザーがイノベーションに貢献できるひとつの方向性を示唆している。

以上に挙げた先行研究から、ユーザーによるイノベーションは、期待できる便益が大きく、情報の粘着性については、ニーズ情報の粘着性が高く、技術情報の粘着性が低いという状況で発生しやすくなっていることがわかった。しかし、先行研究は、先進国のユーザーとメーカーの間で分析されたものである。では、開発途上国においても、先進国のユーザーとメーカーの間で分析された結果と同じことが言えるのだろうか。更に、開発途上国に特有のイノベーションの促進要因はあるのであろうか。

本研究のこれまでの研究の違いは、先進国ではなく開発途上国から、事例を選定していることである。そして、選定した事例は、開発途上国であるインドネシアにおいて、公共事業として水管理事業を直営で担う組織がユーザー・イノベーターとなっていることである。それでは、開発途上国におけるユーザー・イノベーターがイノベーションを起こしている事例の分析を行っていく。

4 事例分析

4. 1 事例調査及び分析の方法

筆者が2016年7月29日に実施した現地調査¹、及びこの現地調査の結果を用いて分析した杉浦（2017）の成果を参考にし、「期待できる便益」と「情報の粘着性」という視座でテレメータシステム開発のプロセスを見ていく。

4. 2 調査結果

4. 2. 1 期待できる便益

PJT1の業務（河川流域管理、水質管理、水量管理、洪水制御、河川環境保全、水資源施設の管理）を実施するためには、水文観測は不可欠であるため、水文観測データをリアルタイムで収集し、活用している。また、PJT1が開発

したテレメータシステムを、PJT1はGlobal System for Mobile（GSM）と呼んでいる。著者が2016年7月29日に行った現地調査日時点では、61雨量計（2010年から）、32水位計（2010年から）、2水質計（2012年から）が稼働している。設置した全ての設備が、稼働状態であるということであった。

4. 2. 2 情報の粘着性（ニーズ情報と技術情報）

図1にPJT1が開発改良したテレメータシステムの構成図を示す。PJT1では、水文観測を行うためにODAを通して導入にした輸入品のテレメータシステムを使っていたが、故障の際に国内で修理できる技術者を容易に探すことができず、壊れた機器の部品や記録ペンや記録紙などの消耗品も輸入により調達しなければならいことから、テレメータシステムの持続的な運用に苦慮していた。そこで、この問題を解決するために、自ら容易に維持管理できるテレメータシステムを開発することにした。開発したテレメータシステムの構成機器は、携帯電話、バッテリー、水位センサー（圧力式）、雨量計、演算処理装置（サーバー）、データ表示装置である。そして、構成機器は、PJT1職員が自ら点検や修理をしやすいように国内市場で調達、あるいは国内市場で部品を調達して自作していた。また、自ら製作できない演算処理やデータ表示等のソフトウェアは州内企業へ発注して製作したという。雨量計、水位センサーなどインドネシア国内市場で調達した構成機器は、製造者により保証された品質であり、低価格であった。低価格というのは、これまで使っていた輸入品のテレメータシステムと比較して、PJT1で調達できる範囲内の価格を指している。製作費用は、1990年代に導入した輸入品であるテレメータシステムの十分の一以下であるという。

開発したテレメータシステムの維持管理については、点検（毎日）、故障の都度修理、キャリブレーション（年1回）をPJT1職員が実施している。そして、これらの維持管理は職員が直営で行っている。

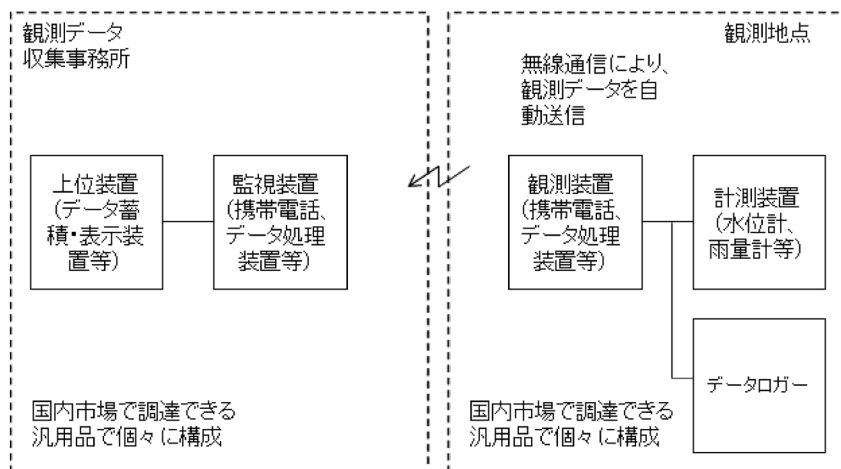


図1 開発後の水文観測のためのテレメータシステムの構成
（出所）杉浦（2017）を基に筆者作成

5 仮説の検証

仮説を検証するために、調査結果を「期待できる便益」と「情報の粘着性」の視座で見えていこう。特に「情報の粘着性」については、ニーズ情報と維持管理情報、技術情報と維持管理情報の関係に着目し、ニーズ情報と技術情報の双方に維持管理に関する情報が影響を及ぼしているということを確認していく。

5.1 期待できる便益

PJT1の業務（河川川流域管理、水質管理、水量管理、洪水制御、河川環境保全、水資源施設の管理）を実施するために、水文観測データの利用が不可欠である。例えば、水質管理では、有害物質を検出することにより、浄水場など利水者へ送る原水供給を速やかに停止することで、安全・安心な水供給ができるため、とても大きな便益となっている。また、洪水制御では、ダムの放流設備を操作規則に基づき操作するために、貯水位の変動データの他、河川下流

の基準点の河川水位、流入量を予測するための降雨量やダム上流河川の河川水位等の水文観測データが必要となる。これらのデータをリアルタイムで入手できることは、確実かつ迅速なダム操作により、下流の洪水被害を軽減できるため、住民の生命や資産を守ることができ、とても大きな便益となる。

このように、開発したテレメータシステムの運用は、業務実施において不可欠であると同時に、期待できる便益が大きいことがわかる。また、開発したテレメータシステムの増設をして運用していることから、PJT1にとって便益が大きいことを裏付けているといえよう。

5. 2 情報の粘着性（ニーズ情報と維持管理情報）

まず、ニーズ情報と維持管理の関連性を見ていこう。PJT1は、ODAを通して導入にした輸入品のテレメータシステムについて、維持管理の困難さに直面しながらも運用してきた。そのため、自組織の業務を遂行するために必要な観測機能は何か、自組織の経営資源で点検や修理といった維持管理ができるテレメータシステムはどのような機器で構成されていなければならないか、ということを知り尽くし、ニーズとして認識していると言える。このPJT1のニーズを完全にメーカーに移転することは難しい。難しさには、2つの理由がある。1つめは、PJT1のニーズを理解したうえでテレメータシステムを開発することは、現場でテレメータシステムを運用し、観測データを使って業務執行した経験のないメーカーには難しいということ。もう1つの理由は、メーカーが製品として販売する際には、販売数を増やすためには可能な限り多くのユーザーのニーズを満たす汎用品を作る必要があること、つまり購入数の小さい特定ユーザーのために作ることに積極的になりにくいということである。こうしたことから、PJT1の開発したテレメータシステムは、ニーズ情報の粘着性が高く、そのニーズ情報には維持管理情報が大きく影響していることが分かる。

5. 3 情報の粘着性（技術情報と維持管理情報）

次に、技術情報と維持管理の関連性を見ていこう。PJT1のニーズに合致した観測機能とテレメータシステムの構成機器で構成するテレメータシステムは、メーカーでは製造していないので、PJT1は自ら作る、という選択をしている。自ら作るという行為において2つの特徴が見られる。

1つめは、テレメータシステムを構成する機器は、国内市場で汎用品を調達でき、自らテレメータシステムを組み立てや改造することができるものを選定していること。これは、これまで使っていた輸入品のテレメータを模倣しようとする技術情報の粘着性が高くて難しいことから、部品の規格やインターフェースなどの技術情報も公開されており、機器間の接続が容易にできるものを選定することになったということである。また、自ら製作できない、テレメータシステム管理、データ演算処理、観測データの可視化等のソフトウェアは州内企業へ発注して製作していたことから、州内企業で作成・変更できるものを選定している。こうしたことから、PJT1の開発したテレメータシステムは、技術情報の粘着性が低く、その技術情報には維持管理情報が大きく影響していることが分かる。

2つ目は、テレメータを構成する機器は、点検や修理などを職員が直営行うことができるものを選定していることである。これも、これまで使っていた輸入品のテレメータを修理しようとする、自組織では修理できない難しい修理を担う技術者が身近におらず、観測停止に陥ることを防ぐために、職員が直営で修理できる機器を選定することになったということである。こうしたことから、PJT1の開発したテレメータシステムは、技術情報には維持管理情報が大きく影響していることが分かる。また、維持管理するための知識に関する情報（維持管理情報）の粘着性は（保守の知識や経験が未熟な者にとっては容易なことではないが、特殊な機器ではなく汎用品の保守という意味では）低いといえよう。

6 結論

本研究の目的は、開発途上国のユーザー・イノベーターによるテレメータシステムのイノベーションにも「期待できる便益」、「情報の粘着性」という促進要因があり、「情報の粘着性」においては、維持管理情報の粘着性が大きく影響する、という仮説を事例において確認することであった。

本事例では、ユーザー・イノベーターにとって「期待できる便益」が高く、「情報の粘着性」の情報については、粘着性の高いニーズ情報と低い粘着性の技術情報が、同じ場所で結合していた。そして、ニーズ情報と技術情報には、水文観測を持続させるには観測のみならず維持管理できるシステムでなければならぬということが強く意識されていることが分かった。言い換えれば、図2に示すように、ニーズ情報と技術情報の双方に維持管理情報が影響を及ぼしているということである。

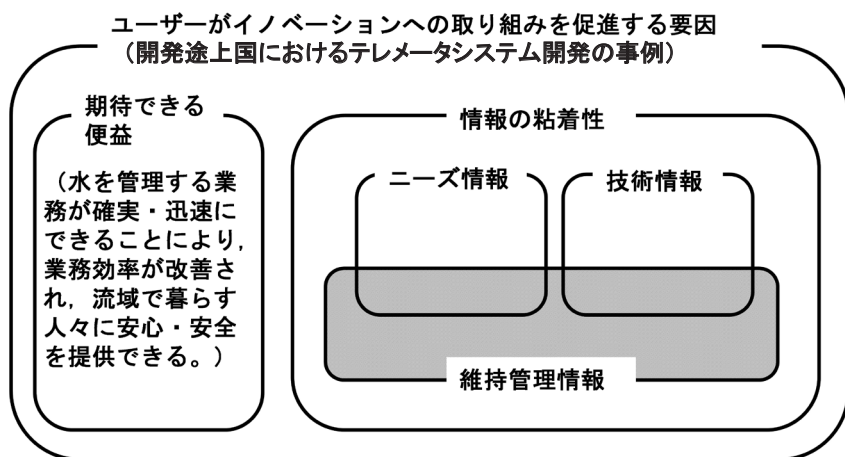


図2 ニーズ情報と技術情報の双方に影響を与える維持管理情報
（出所）筆者作成

7 おわりに

おわりに、本研究の課題と今後の研究への取り組みを挙げておこう。本研究の課題は、本研究で行った事例分析は、単一事例によるものであるため、一般化して論じるにあたっては慎重な取り扱いを必要とすることである。そして、今後の取り組みについては、開発途上国において持続的に運用できるテレメータシステムの普及方策を検討することを挙げておく。

持続的に運用できるテレメータシステムの普及方策の検討には、このテレメータシステムの販売をビジネスとして成立させることができるビジネスモデルが必要になる。その理由は、開発途上国において自らテレメータシステムを開発できる組織は多くはないであろうことから、各組織が自ら開発することは非効率でもあり、普及も遅いことにある。

このビジネスモデルを構築するためには、ビジネスによって普及を実現させるための条件を丁寧に抽出していくことが不可欠である。この条件選定の難しさは、国内市場で調達できる機器で構成でき、壊れた機器を修理できる技術者を身近で確保できるといったことを必要とすることにある。そのため、形式を整えた製品を大量に生産し、大量に販売するのではなく、当該国で調達と維持管理ができる部品や機器で構成するというシステムの設計方法、製作方法、維持管理方法のノウハウのパッケージを販売することを考えていくといったことも必要となるであろう。

PJT1が開発したテレメータシステムにより、PJT1の水を管理する業務は大きな便益を得て、流域で暮らす人々に安心・安全を提供している。この開発事例は、世界中の開発途上国で、持続的な水文観測を行うための見本となり、開発途上国の人々の生活を変えようとするための布石になることを期待できる。

【注】

- 1 現地調査は、著者が2016年7月29日に行った。現地調査場所は、PJT1本社及び Sengguruh ダムサイトである。現地調査実施時の聞き取り相手は、PJT1水文情報担当部署の IT (Information Technology) 担当者である。

【参考文献】

- Drucker, P. F. (1974) *MANAGEMENT: TASKS, RESPONSIBILITIES, PRACTICES*, Harper & Row. New York (上田惇生編訳『マネジメント(エッセンシャル版)』ダイヤモンド社, 2001年)
- PJT1 (2020) *LAPORAN TAFUNAN 2020*, Perum Jasa Tirta 1.
- Schumpeter, J. A. (1950) *Capitalism, Socialism and Democracy*, Third Edition, Harper & Row. New York (中山伊知郎・東畑精一訳『資本主義・社会主義・民主主義(新装版)』東洋経済新報社, 1995年).
- von Hippel, E. (1976) The Dominant Role of the User in the Scientific Instruments Innovation Process. *Research Policy* 5(3), pp.212-239.
- von Hippel, E. (1986) Lead Users: A Source of Novel Product Concepts. *Management Science* 32(7), pp.791-805.
- von Hippel, E. (1988) *The Sources of Innovation*, Oxford University Press(榊原清則訳『イノベーションの源泉』ダイヤモンド社, 1991年).
- von Hippel, E. (1994) Sticky Information and the Locus of Problem Solving: Implications for Innovation. *Management Science* 40(4), pp.429-439.
- von Hippel, E. (1998) Economics of Product Development by Users: The Impact of Sticky Local Information. *Management Science* 44(5), pp.629-644.
- von Hippel, E. (2005) *Democratizing Innovation*, MIT Press (サイコム・インターナショナル監訳『民主化するイノベーションの時代』ファーストプレス, 2006年).
- 伊丹敬之 (2015) 『先生, イノベーションって何ですか?』PHP研究所.
- 小川進 (1997) 「イノベーションと情報の粘着性—イノベーションにおけるニーズ・プッシュとテクノロジー・プル—」『組織科学』30 (4), pp.60-71.
- 玄場公規 (2006) 「イノベーション戦略」『標準MOTガイド』三菱総合研究所編 (pp.93-109), 日経BP.
- 杉浦政裕 (2017) 「インドネシアにおけるキャッチダウン型水文観測設備の優位性」『開発技術』23, pp.11-22.
- 国土交通省 (2017) 『水文観測業務規程』(平成29年3月31日付国土交通事務次官通達)
- 土木研究所 (2002) 『平成14年度版水文観測』独立行政法人土木研究所編著, 国土交通省河川局監修, 全建設技術協会発行H14.9.

【ウェブサイト】

PJT1 (2022a) Riwayat Singkat (Brief History), <https://jasatirta1.co.id/riwayat-singkat/> (閲覧日：2022年7月6日).

PJT1 (2022b) Wilayah Kerja (Working Area), <https://jasatirta1.co.id/wilayah-kerja/> (閲覧日：2022年7月6日).