

Title	長期ナショナルプロジェクトにおけるアウトカム発現につなげるためのマネジメントに関する一考察
Author(s)	上坂, 真; 須永, 吉彦; 山本, 航介; 木下, 理子; 和泉, 茂一
Citation	年次学術大会講演要旨集, 36: 537-542
Issue Date	2021-10-30
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/17941
Rights	本著作物は研究・イノベーション学会の許可のもとに掲載するものです。This material is posted here with permission of the Japan Society for Research Policy and Innovation Management.
Description	一般講演要旨

長期ナショナルプロジェクトにおける アウトカム発現につなげるためのマネジメントに関する一考察

○上坂真, 須永吉彦, 山本航介, 木下理子, 和泉茂一 (NEDO)
uesakasin@nedo. go. jp

1. はじめに

先般、閣議決定された第6期となる科学技術・イノベーション基本計画[1]においては、Society 5.0の実現に向けた科学技術・イノベーション政策として、「地球規模課題の克服に向けた社会変革と非連続なイノベーションの推進」や「様々な社会課題を解決するための研究開発・社会実装の推進と総合知の活用」といった事項が掲げられている。このことは、社会実装を目指す研究開発プロジェクトの成功とその先にある実際の社会実装への期待の高まりといえるが、一方で、研究開発から社会実装（すなわち企業における事業化・商業化）までのタイムラグ[2][3]やその過程において、リニアな成長モデルを描くのではなく発展モデルが必要[4]といった課題が存在する。

筆者は、国の研究開発成果の最大化の観点においても、そのファンディングとマネジメントを担う機関（国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下「NEDO」という）の一員として、研究開発プロジェクトの最適な実施体制の構築とプロジェクト終了後に実ビジネスを担う主たるプレイヤー（企業）を事業化まで導くことを意識したマネジメントが重要と考え、実施体制に着目してきた。今回の研究では、社会実装を目指す研究開発ナショナルプロジェクト¹（以下「ナショプロ」という）のマネジメントのうち、長期間を要するプロジェクトにおける実施体制の変遷を含めて、成果を最大化するための効果的な手法に着目した考察を行う。

具体的には、中長期アウトカム（一定の経済効果）の発現や実用化までに長期間を要し、かつナショプロが段階を経て複数で構成される事例として、これまで追跡調査等で把握した内容（①既に一定のアウトカムを発現、または②今後大きなアウトカムが期待されるもの）を対象とする。観点としては、実施体制において社会実装を主体的に担う企業のポジショニング変遷などと同様に一定の共通性等を意識し、ナショプロに参画した企業が社会実装を実現するための有効なマネジメント方法の探索を試みる。

2. 先行研究

長期的なプロジェクトの分析・考察として、ナショプロと企業の視点から以下に整理する。

2.1. 長期ナショプロに関する先行研究

長期ナショプロに関して、個別分野の分析・考察はある程度行われており[5][6][7][8]、特にサンシャイン・ムーンライト・ニューサンシャイン計画といったエネルギー分野については、成果の費用効果分析や定性的な事例分析[9]がなされている。一方、これら個別分野を横断的な視点でその成果、成功等のマネジメントに関連した要因分析を行った事例は限られ、政府のエネルギー関連技術開発政策の役割を多面的に分析しつつも成功・失敗の基準の明確化や結果論的な見方への偏重などの課題が認識されている[10]。

2.2. 企業に関する先行研究

企業個社の長期研究開発プロジェクトの経緯は、開発秘話として後に紹介されることはあっても、国の技術開発政策への教訓となるものは少ない。一方、薄型テレビ事業の失敗要因分析による「ダイナミック戦略能力の欠如」[11]や日本電子産業の凋落分析による「設計・製造の統合への固執」[12]といった指摘については、ナショプロへ参画する（した）企業へのマネジメントに関し、研究開発後の実用化・事業化に向けた経営戦略の視点から示唆を与えるものといえる。

¹ ナショナルプロジェクトとは、民間企業等のみでは取り組むことが困難な、実用化・事業化までに中長期の期間を要し、かつリスクの高い技術開発に対し、国の資金提供と技術開発マネジメントの下に取り組む研究開発事業を指す（NEDO 第4期中長期計画）。

3. 問題意識と仮説

長期的なプロジェクトの分析・考察に関する目的を改めて整理し仮説を設定する。

3.1. 長期ナショプロに関する問題意識

実施体制の類型毎に個々のナショプロを分解して分析した結果から、短期的アウトカム²のうち実用化³の発現確度が高まっていることが示されており[13]、長期ナショプロを実施体制の観点から俯瞰すると、最終的に社会実装を担う実施者のポジショニングは、概ね段階（類型化）を経て上昇、変遷しているものと推察される（図1参照）。このことは、単独の企業では実用化・事業化が困難な研究開発として、国が長期的に支援すべきナショプロについては、人の成長と同じく、企業の研究成果が進捗していく過程において、支援すべき内容をその状況に対応させていく工夫（マネジメント上の手法）が必要であることを示唆させる。

こうした問題意識から、長期ナショプロの様々な道筋における判断・選択について、実施体制を含めて、共通性・類似性または相違性を見いだすことで、プロジェクトマネジメントの教訓につなげられるだろうか。

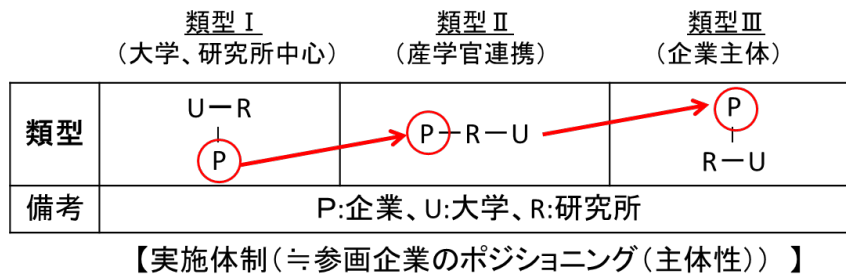


図1: 長期ナショプロにおける実施体制の変遷(イメージ)

3.2. 長期ナショプロの手法に関する仮説

そこで、こうした実施体制の変遷を伴って構成される長期ナショプロを対象として、社会実装を実現させるために必要なマネジメント上の手法について、次の仮説を設定する。これら仮説を設定した手法は、ナショプロで支援すべき内容として、マネジメントの要となり得るものであり、後述する4つの代表的な長期ナショプロ事例を通じて検証を試みたい。

表1: 長期ナショプロに関するマネジメント手法とその仮説

No	手法	概念図 (イメージ)	仮説
①	複数技術による開発	【絞り込み】 技術a -----> a 技術b ----X 技術C ----X 【共存・競争】 技術a -----> A 技術b -----> B	課題解決となる技術シーズは、異なる機関が保有する複数技術の開発により、技術の絞り込み又は共存・競争により、その実現の確度が高まる。
②	企業の主体性を段階的に上昇	U-R P → P-R-U → P R-U	開発フェーズに応じて、最終的に社会実装を担う実施者(企業)の主体性を判断できる。
③	複数化・階層構造化による相互補完	基礎 ⇒ 応用 ⇒ 実証 ↓ ↑ ↓ ↑ 基盤 (標準化) ↓ ↑ ↓ ↑ 基礎 (次世代)	開発フェーズが進み、実用化が見込める段階になった後、分散研究(開発)と集中研究(基盤技術の構築)の役割分担を明確化し、プロジェクトの相互補完を目的とした複数化・階層構造化することで、相乗効果が生まれる。
④	情勢・環境変化に伴う新たな課題への対応	PEST Political Economic Social Technological	開発が進み、社会実装を念頭にした新たな課題を認識し、対応することで、社会実装の確度が高まる。
⑤	三すくみ状態の解消	ユーザー ↑ ↓ メーカー サプライヤー ↑ ↓	メーカー、ユーザー、サプライヤー(インフラ・プラットフォーム提供者)などによる相互牽制・硬直状態を解決することで、社会実装の確度が高まる。

² 短期的アウトカムとは、追跡調査により把握した状況として、追跡対象企業のプロジェクト終了後6年目のステージ状況を、「上市」「製品化」「研究開発を継続中」「中止・中断」で分類したもの。

³ 実用化の定義は、「上市」「製品化」の数値を合計したもの。NEDOの第4期中長期計画では、この実用化の割合を実用化達成率として25%以上を数値目標としている。

4. 分析対象・方法

中長期アウトカム（一定の経済効果）の発現や実用化まで長期間を要し、ナショプロが段階を経て複数で構成される事例として、表2に挙げた4テーマを対象として取り上げる。これらは、これまで追跡調査等で把握し、①既に一定のアウトカムを発現、または②今後大きなアウトカムが期待されるものとして位置づけられ、分析対象として適切と考える。具体的には、前述の手法とその仮説に対し、公開されている情報に基づき共通性・類似性・相違性の観点で比較・分析を行う。

PVやFCについては、NEDOのナショプロだけでも20年程度のタイムラグを経て、上市製品化により一定の経済効果を得るに至った。一方、CNTやSiCについては、15年程度で実用化を迎え、本格的な経済効果を生み新規の市場創出につながる期待が持てる段階に至っている。

これらの技術は、日本独自の技術として主導したものが多く、材料開発にとどまらず、量産化・システム化にあたって多くの課題を乗り越えたものといえる。開発当初からアウトカムまでの道筋が明らかだったわけではなく、ナショプロを段階的・重層的に展開してきた積み重ねの結果であり、開発フェーズ・周辺環境に応じてどのようにナショプロ立案を進めるべきかといった観点も含め、次項にて分析・考察したい。

表2：長期ナショプロの4事例（概要）

■テーマ	太陽光発電（PV）関連技術開発プロジェクト	燃料電池（FC）関連技術開発プロジェクト	パワーエレクトロニクス（SiC等）関連技術開発プロジェクト	カーボンナノチューブ（CNT）関連技術開発プロジェクト
■概要	サンシャイン計画から、基礎研究、実用化研究、実証研究を実施し、国内の市場創出を牽引	ムーンライト計画から、特に固体高分子形において国内の市場創出の障壁を解消する様々な事業を実施	1990年代から低損失・高特周波動作と高温・高放射線耐性が期待できるSiC等によるデバイス産業化を目指した事業を実施	日本で初めて発見された新素材として、1990年代から量産化と実用化を目指した事業を実施
■アウトカム（経済効果）	太陽光発電売上（国内外） 発売以降累計：19.9兆円 2018年度時点(※1)	燃料電池売上（エネファーム） 発売以降累計：4,174億円 2018年度時点(※2)	SiCパワー半導体による鉄道車両用インバーターを実用化（2014年）※4	単層カーボンナノチューブの世界初量産工場稼働（2015年）(※3)
アウトカム発現までの期間	1981～2000年前後 （約20年）	1992～2000年代後半 （約20年弱）	1998～2014年 （約16年）	1998～2015年 （約17年）

注）出所 ※1,2：NEDOインサイド製品[14]、 ※3,4：NEDO実用化ドキュメント[15]

5. 分析結果・考察

3.項の表2で設定した手法とその仮説に対する4テーマの事例分析について、ポイントとなる点を中心に表3のとおりまとめた。

表3：長期ナショプロ4事例における手法の仮説分析

事例手法	太陽光発電（PV）	燃料電池（FC）	パワーエレクトロニクス（SiC等）	カーボンナノチューブ（CNT）
①複数技術による開発	シリコン系（結晶（単、多） アモルファス系 化合物系（CIS等） 有機系	アルカリ型 PAFC（リン酸形） MCFC（熔融炭酸塩形） SOFC（固体電解質形） PEFC（固体高分子形）	SiC（炭化ケイ素） GaN（窒化ガリウム）	炭層（SG法） 多層
②企業の主体性を段階的に上昇	国研（AIST）・大学中心 ↓ コンソーシアム中心 （技組PVTEC等） ↓ 企業主体	国研（AIST）・大学中心 ↓ コンソーシアム中心 （技組MCFC、SOFC等） ↓ 企業主体	国研（AIST）中心 ↓ コンソーシアム中心 （財団FED） ↓ 企業主体	国研（AIST）・大学中心 ↓ コンソーシアム中心 （技組TASC） ↓ 企業主体
③複数化階層構造化による相互補完	新型（探索）、超高効率（本格）、建材一体型（実用化）などテーマを段階別に複数化、系統連系対策にも対応	PEFCの大規模実証や補機PJの実施	ウェハ、デバイス、変換器の実証と基盤研究の並行実施	量産化の実証のほか、分散化等の複合化基盤技術開発を実施

表3：長期ナショプロ4事例における手法の仮説分析（つづき）

手法	(PV)	(FC)	(SiC等)	(CNT)
④情勢・環境変化に伴う新たな課題への対応	①シリコン原料量産化技術開発 ②系統連系対策への対応 ・単独運転防止装置 ・系統連系ガイドライン ③中国等新興国競合品台頭 ・高効率、高性能化	移動体 (FCEV) 関連の課題との連携 ①安全性 ・輸送・貯蔵タンク等 ②インフラ整備 ・水素ステーション等	①パワーエレ産業全体のR&D環境の急激な弱体化への対応 ・公的機関との共同研究	①CNTの安全性問題に伴うR&D鈍化と市場縮小への対応 ・安全管理技術の確立
⑤三すくみ状態の解消	・メーカー (PV) ・ユーザー (個人、法人) ・インフラ (電力業界) ⇒ 補助金制度によるマーケットプル政策	・メーカー (FC) ・ユーザー (個人) ・インフラ (ガス業界) ⇒ 補助金制度によるマーケットプル政策	・サプライヤー(ウェア) ・メーカー(デバイス) ・ユーザー(システム応用) ⇒ ウェア業界支援 LLP 設立など企業間交流、共同作業の場の提供	・原料メーカー (量産化) ・サプライヤー (材料) ・ユーザー (新規用途) ⇒ 応用製品市場調査、CNTアライアンス発足

次に各仮説について、現在の状況を踏まえ、その効果が現れているか(○×)と理由を各表のとおりで考察した。この考察のみをもって、プロジェクト全体の成否を示すことが目的ではなく、プロジェクトマネジメントの観点から、重要な判断やそれに伴うアクションが行われた点に着目し、今回の目的である、4テーマからの共通性・類似性・相違性の抽出に焦点を当てている。

表4：太陽光発電 (PV) 関連技術開発プロジェクトの考察

仮説	効果	仮説の効果に対する考察[5][7]
①複数技術	○	複数技術について、シリコンでは当初結晶系がメインであったが、大学の技術中心でアモルファスも加わり、結果絞り込みは行われなかったことが多数企業の市場参入につながったとも考えられる。
②主体性	○	80年当時は大学への直接委託のスキームが存在しながら、国研・企業の開発が並列し、その後は、技組を経て企業主体へと変遷している。
③相互補完	○ ×	90年代後半から実際の住宅へ設置が進み、建材一体型など応用技術とともに、集光、有機など高効率・低コストにつながる次世代など、多段階の階層で事業が実施された。併せて、単独運転防止など系統連系対策への対応も実施された。(～2000年頃) リサイクルや多用途展開の実施する一方、量子ドットなどの革新技術について縮小となるなど、ナショプロとしての技術開発の意義が薄れている。(2000年頃～)
④情勢環境変化	○ ×	90年代後半からの系統連系対策において、実証事業が大規模に実施され認証等ガイドラインにつながった。また、導入補助金といったマーケットプル政策でFITの先駆けとなった。(～2000年頃) 一方、00年代後半からの中国等新興国競合品の台頭による市場競争力とシェアの著しい低下に対しては、高効率、高性能化だけでは改善は難しい状況である。(2000年頃～)
⑤三すくみ状態	○ ×	90年代の補助金政策は功を奏した。(～2000年頃) その後、RPSやFIT政策はメガソーラーなど投資ビジネス化したことで系統容量の問題など日本特有の新たな課題の段階に直面している。(2000年頃～)

表5：燃料電池 (FC) 関連技術開発プロジェクトの考察

仮説	効果	仮説の効果に対する考察[16][17][18]
①複数技術	○	PVに比べると参画企業は多くないが、複数技術を用途別に展開し、それぞれの電池形に複数方式での開発が行われた。結果撤退等を経て2000年以降開発企業が絞り込まれる結果となった。
②主体性	○	国研中心から技組を活用し、企業の自立へとつなげたが、実証以降、大型技術は撤退・難航しており、PEFCといった小型・家庭用を中心としたメーカーに絞り込まれている。
③相互補完	○	アウトカムが発現したPEFCに的を絞れば、大規模実証と並行して補機開発への支援など目的別の事業により、相乗効果が生まれた。

表5：燃料電池（FC）関連技術開発プロジェクトの考察（つづき）

仮説	効果	仮説の効果に対する考察[16][17][18]
④ 情勢環境変化	○	移動体（FCEV）を念頭にしたインフラ整備、安全性への対応は、水素社会構築の先駆的取組として、FCを含めて今後も拡大が期待できる。
⑤ 三すくみ状態	○ ×	エネファームの2009年市場投入初期の導入施策等（大規模実証、補助金）はPV同様に効果がみられた。（～2019年） ガス業界を主とした市場にとどまっており、現行のマーケットプル施策だけでは導入目標達成の見通しは明るくない。（2020年～）

表6：パワーエレクトロニクス（SiC等）関連技術開発プロジェクトの考察

仮説	効果	仮説の効果に対する考察[8]
① 複数技術	○	シリコンに代わる新材料として先行してSiC、GaNと多くの複数技術とまではいかないが、SiCに絞り込んだ戦略のもと、異なるタイプのFET開発などが実施された。
② 主体性	○	国研中心から財団中心を経て、途中テーマ公募事業なども活用し企業の自立へとつなげている。
③ 相互補完	○	ウェア⇒デバイス⇒システム応用と一筋縄ではいかない開発に対し、実証と先行する基盤研究を交えて、各種トレードオフ関係にある要素技術の最適統合を図ってきた。
④ 情勢環境変化	○	国内産業のパワーエレクトロニクス研究開発が、システム側のインフラへの投資抑制に伴う困難な状況に直面し、材料からデバイス・プロセス開発、そして変換器、システム応用への発展をすべて含んだ一貫した基盤研究開発として、長期的な研究開発を担う公的機関が必要な役割を果たした。
⑤ 三すくみ状態	○	ウェア、デバイス業界にとって投資判断がつきづらい中、相互に正のフィードバックとなるようウェア業界に対する技術支援としてLLP設立などを実施してきた。

表7：カーボンナノチューブ（CNT）関連技術開発プロジェクトの考察

仮説	効果	仮説の効果に対する考察[19]
① 複数技術	○	新材料として注目されたうち、生産効率、高純度の面で画期的な単層の量産化技術としてSG法（スーパーグロース法）に絞り込んでいるが、その過程においては、多層の気相流動といった連続製法等を経てたどり着いたものといえる。
② 主体性	○	国研中心から技組を活用し、量産化を担う企業の登場によりユーザー企業といったサプライチェーン上のプレイヤーの参画を促すことができた。
③ 相互補完	○	量産化のための基板再利用技術などのほか、期待される多用途応用に向けた複合材料としてCNTを用いるための分散化基盤技術開発などを実施した。
④ 情勢環境変化	○	2000年代中盤にCNTの安全性問題が顕在化したことに伴い、CNTの用途開発の動きの鈍化と市場縮小への対応が迫られ、CNTのリスク評価プロジェクトが実施された。2013年にはCNTの安全性に関するレシピともいえるべき手順・手引きが公開され、事業者の自主安全管理を支援する体制を整えた。
⑤ 三すくみ状態	○	今後、量産化技術の確立を経て、CNTの研究開発や事業化を進める企業を支援するため、コンサルティングや試料提供、技術移転、共同研究など技術の橋渡しを行うカーボンナノチューブ・アライアンスを発足し、企業の課題解決を図っている。

6. まとめ

長期ナショプロの手法について、5つの仮説を設定し、具体的な4事例による比較分析からそれら手法の効果検証を行ったことは、筆者の知る限りにおいて、これまでに例のない試みであったと認識している。

その結果、アウトカムの発現を目指すナショプロという環境（場）において、途中段階での判断・対応を含め、当時行われた内容を共通的な観点からレビューし、4事例すべての仮説について、期間を限定すれば仮説効果を○とし、その取組と成果（アウトカム）とのつながりを示すことができた。このことは、技術分野の異なる研究開発であっても、国が主導的に実施する場合のある種普遍的な要素として、現在進行形のナショプロにおいても参考になり得るものであり、一度他の研究開発事業においてもこれら5つの観点（仮説）から自己検証してみる価値があると考えられる。ただし、本研究では時間の関係でポイントを絞った分析であったため、これらの観点での考察を広く利用してもらうためには、今後、より

詳細なケーススタディによる分析を行うことが必要である。

また、一定のアウトカム発現後、社会実装を担う企業の経営戦略が主導的となる段階においては、PVやFCの一部の仮説効果を×としたように、国が支援すべき領域が研究開発からその外側へ移行していることも読み取ることができる。この点は、ファンディングエージェンシーとして公的資金による研究開発支援に固執せず、産業技術政策全体の中で次のステージへ受け渡す見定めが肝要であることを示唆している。すなわち、今回設定した5つの仮説が、この見定めとナショプロとしての判断指標に相当するものとも考えられる。ただし、今回取り上げたSiCやCNTの技術分野が既にその段階であるかについては、先例であるPVやFCで仮説効果を×とした考察も参考にして、今一度熟考する必要がある。

最後に、本研究を通じ、題材としたナショプロに携わった先人の方々の功績に触れる機会を与えられたことに感謝するとともに、これらの考察が今後のグリーンイノベーション基金といった新たな挑戦プロジェクトの実施にあたる関係者への参考となることを期待したい。

参考文献

- [1] 閣議決定, (令和3年3月26日), 科学技術・イノベーション基本計画
<https://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/index6.html> (最終アクセス日 2021年8月22日)
- [2] 池内健太, 権赫旭, 深尾京司. 産業別研究開発ストックの推計について, 文部科学省科学技術政策研究所, 2013年5月
- [3] 一色俊之, 功刀基, 植山正基, 宮嶋俊平, 上坂真. 中長期研究開発プロジェクトにおけるアウトカムに関する考察, 研究・イノベーション学会年次学術大会(2A04), (2018)
- [4] 妹尾堅一郎. 技術力で勝る日本が、なぜ事業で負けるのか, ダイヤモンド社, (2009)
- [5] 川鉄テクノロジー株式会社. 平成12年度経済産業省委託調査報告, 国家プロジェクトの運営・管理状況分析調査報告書 I -大型国家プロジェクトの実態に関するデータベース化に係る調査分析-, (平成13年3月)
- [6] 川鉄テクノロジー株式会社. 平成12年度経済産業省委託調査報告, 国家プロジェクトの運営・管理状況分析調査報告書 II ナショナルプロジェクトを軸とする産業技術研究開発施策のレビュー-システムの視点からの考察-, (平成13年3月)
- [7] 島本実. 計画の創発-サンシャイン計画と太陽光発電-, 有斐閣, (2014)
- [8] 荒井和雄. SiC半導体のパワーデバイス開発と実用化への戦略-新規半導体デバイス開発における産総研の役割-, Synthesiology, Vol.3, No.4, pp259-271, (2010)
- [9] 木村幸, 小澤由行, 杉山大志. 政府エネルギー技術開発プロジェクト分析-サンシャイン、ムーンライト、ニューサンシャイン計画に対する費用効果分析と事例分析-, 電力中央研究所報告, 経営研究報告: Y06019, (平成19年4月)
- [10] 木村幸. 技術開発政策の実効性に関する既往研究のレビュー-エネルギー技術分野を中心に-, 電力中央研究所報告, 経営調査報告: Y05029, (平成18年5月)
- [11] 河合忠彦. 日本企業における失敗の研究, 有斐閣, (2019)
- [12] 西村吉雄. 電子立国は、なぜ凋落したか, 日経BP社, (2014)
- [13] 上坂真. 研究開発ナショナルプロジェクトにおける実施体制の類型化-参画企業のポジショニングに着目したマネジメントとその効果-, 組織学会大会論文集, 9巻2号, p.7-13, (2020)
- [14] NEDO インサイド製品 2020, https://www.nedo.go.jp/nedo_inside.html (最終アクセス日 2021年8月30日)
- [15] NEDO 実用化ドキュメント, <https://www.nedo.go.jp/hyoukabu/index.html> (最終アクセス日 2021年8月30日)
- [16] NEDO 水素エネルギー白書, https://www.nedo.go.jp/library/suiso_ne_hakusyo.html (最終アクセス日 2021年8月30日)
- [17] NEDO 30年史, <https://www.nedo.go.jp/content/100115849.pdf> (最終アクセス日 2021年8月30日)
- [18] NEDO 20年史, <https://www.nedo.go.jp/content/100104994.pdf> (最終アクセス日 2021年8月30日)
- [19] NEDO. カーボンナノチューブのすべて, 日刊工業新聞社, (2016)