



人工関節用材料の改良技術

(精密工学会誌 Vol.74. No.9, 2008 より転載)

富田 直秀 (機械理工学専攻医療工学)

ntomita@iic.kyoto-u.ac.jp

1. 人工関節の構造健全性

人工関節は工業製品でありながら、従来の工業的な構造健全性の概念がなかなか生かされにくい対象である。構造健全性とは、製品が曝される力学的、化学的環境を推定し、その環境内での耐久性、機能などを考察する方法論をあらわす言葉であるが、人工関節では実験室レベルにおける機械的な模擬試験の結果が必ずしも臨床の結果と一致しない場合も多いのが実情である。また、人工関節の最も重要な役割である「除痛」が工学的には捉えがたい概念である点、生物学的な要因が人工関節の耐久性に大きく関わっている点、そうして、対象となる患者の関節形態や病状が多様である点、などを挙げるができる。人工関節置換術が広汎に行われている現在においても、人工関節の工業製品としての構造健全性設計はきわめて困難である。

しかし近年、1) 人体内における人工関節各 부품の動きやその力学環境が X 線計測より推測できるようになった事、2) 関節シミュレータや摩耗試験方法が改善された事、3) 摩耗粉の性状と loosening (関節のゆるみ) との関係を定量的に評価できるようになってきた事、さらに、4) ナビゲーション技術などにより多様な状況に応じた正確な手術が可能になりつつある事、などにより「工学設計」が人工関節においても可能になり始めている。

2. 人工関節に用いられる摺動部材

人工関節用摺動材料としては主に Ultra High Molecular Weight Polyethylene (UHMWPE) とステンレス鋼、コバルト合金、チタン合金、セラミックスなどの硬い材料との組み合わせが用いられている。ステンレス鋼(多くは SUS316L) は古くから臨床に用いられており、その意味で信頼性が高いが、Ni の含有によるアレルギー源性や生体毒性を危惧する意見もあるため現在ではほとんど用いられていない。CoCrMo 合金などのようなコバルト合金は鑄造可能で生体親和性も良好であるが、剛性と比重が高いのが欠点である。Ti6Al4V のようなチタン合金は低剛性低

比重であり酸化チタンが骨との高い親和性を示すが，耐摩耗性に問題があるため，摺動部分にはあまり用いられなくなっている． また，セラミックスは対面である UHMWPE の耐摩耗性を改善することが確かめられている⁹⁾． この理由としてセラミックスの表面粗さは窪んだ穴形状によるものであることが挙げられている． しかし，切り欠き感度が高いなど靱性に問題が残る．

人工股関節では臼蓋側もセラミックとするセラミック - セラミック人工関節や双方とも金属とするメタル - メタル人工関節は加工技術の向上によって低摩耗を実現し，すでに実用に至っているが，セラミック - セラミック人工関節では脆性破壊や臼蓋の脱臼，メタル - メタル人工関節では摺動面より出る微量の金属微粒子やイオンへの危惧から，その使用量はあまり多くない．

また筆者は，このような hard on hard の接触面では界面の極微量の弾性変形によって界面の液体が押し出され，外部からの大気圧によって関節の非荷重時にも関節面に圧迫が加わり，関節運動によって骨 - 材料や材料 - 材料界面に剪断応力が加わることによって界面の破壊や脱臼が生じる可能性があると考えている．

3. 人工関節に見られる摩耗の分類

図1はリーズ大学のグループが提唱している人工関節に見られる摩耗の臨床分類である¹⁾． 彼らが分類の根拠としている摩耗発生メカニズムに対しては様々な異論があるが，現在までのところ臨床的な影響を最も simple にまとめられた分類法であろうと思われる．

彼らは摩耗粉の大きさによって，ミクロン以下の摩耗粉を伴う microscopic wear，1 ~ 10 ミクロンの摩耗粉を伴う macroscopic wear，そして，500 ミクロン以上の粗大な破壊片を伴う structural failure and fatigue に分類している． Microscopic wear は hard material 表面の凹凸によってポリエチレン表面が削られることによって生じる摩耗であると彼らは述べている． 一般的な摩耗の分類では abrasive wear がこれにあたる． その摩耗粉生成のメカニズムには様々な異論があるが，Microscopic wear によって生じる摩耗粉が人工関節の寿命に最

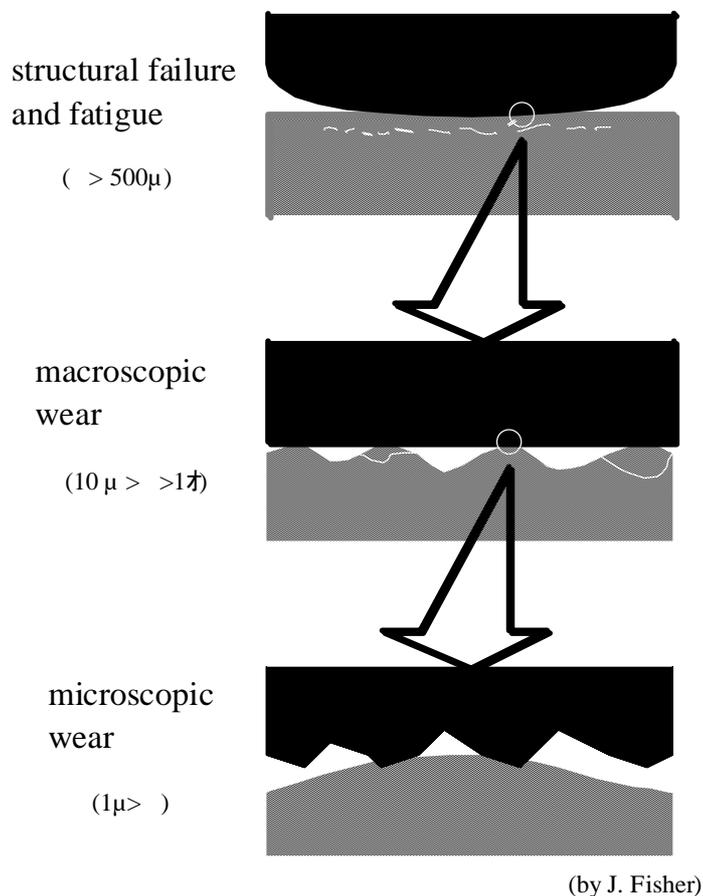


図1 人工関節に見られる摩耗の臨床分類

(by J. Fisher)

も関係している。それは、摩耗粉の生体活性は摩耗粉のサイズが小さいほど大きい傾向があるからである。摩耗粉を貪食したマクロファージは様々なサイトカインを産生し、特に破骨細胞を活性化して関節周囲の骨を脆弱にする。そのため摩耗粉の生物活性は人工関節置換の最も多い原因である loosening に関係している。事実、Howie 2)らは兔を用いた実験で力学的影響がなくとも摩耗粉の存在によって loosening に近似した状態が引き起こされることを確認した。

Macroscopic wear は hard material よりも粗い凹凸を有するポリエチレンが部分的に相手面に接触することによってより大型の摩耗粉を生成するとされており、一般的な摩耗の分類では adhesive wear に近い考え方である。また Structural failure and fatigue は、いわゆる delamination wear にあたるもので、特に人工膝関節のように凸面接触をしている摺動面の表面下に応力集中が生じることに起因する。工学分野では列車のレールやベアリングにおいて問題となる一種の疲労破壊に似ている。この delamination wear は摩耗粉が大きいためその生体活性はあまり高くないが、ポリエチレンの大きな破壊を引き起こし、金属やセラミックス同士の接触に至る場合もある。

(つづく)

参 考 文 献

- 1) Cooper, J.R.; Dowson, D.; and Fisher, J.: Macroscopic and Microscopic Wear Mechanisms in Ultra-High Molecular Weight Polyethylene. *Wear*, 162(1993)378.
- 2) Howie, M.H., et al.: The Synovial Response to Intraarticular Injection in Rats of Polyethylene Wear Particles, *Clinical Orthopaedics and Related Research Issue*, 292 (1993) 249.
- 3) Oonishi H., Saito M., Ikadoya Y.: Wear of High-dose Gamma Irradiated Polyethylene in Total Joint Replacement: Long Term Radiological Evaluation, in *Transactions of the 44th Annual Meeting Orthopaedic Research Soc.*, 23(1998) 97.
- 4) Affatato S, Bersaglia G, Rocchi M, Taddei P, Fagnano C, Toni A: Wear Behaviour of Cross-linked Polyethylene Assessed in Vitro Under severe conditions. *Biomaterials*, 26, 16(2005)3259.
- 5) Bradford L, Baker D, Ries MD, Pruitt LA.: Fatigue Crack Propagation Resistance of Highly Crosslinked Polyethylene., *Clin Orthop.*, 429(2004)68.
- 6) Harris WH.: Highly Cross-linked, Electron-beam-irradiated, Melted Polyethylene: Some Pros., *Clin Orthop.*, 429(2004)63.
- 7) Moro T., Takatori Y., Ishihara K., Konno T., Takigawa Y., Matushita T., Chung U-I., Nakamura K., and Kawaguchi H.: Surface Grafting of Artificial Joints with a Biocompatible Polymer for Preventing Periprosthetic Osteolysis, *Nature Materials*, 3 (2004)829.
- 8) Tomita N. et al.: Prevention of Fatigue Cracks in UHMWPE Joint Components by Addition of Vitamin E, *Journal of Biomedical Research*, 48(1999)474. (関連特許: 2000-27648, 平 10-44091)
- 9) 柴田延幸, 富田直秀: ビタミンEの抗酸化作用がデラミネーションを含むUHMWPEの疲労特性の向上に及ぼす影響, *日本臨床バイオメカニクス学会誌*, 25(2004) 357.

今のまま十年、二十年すれば、企業というものはただの金儲けの業者に墜ちてしまう。

政府、金融市場安定化策を発表 保有株の売却凍結など盛る

政府は14日、株価下落に歯止めをかけ、实体经济に悪影響が波及するのを防ぐため、金融市場の安定化策を発表した。政府が大手銀行などから買い取った株式の市中売却を一時凍結する。2009年3月末で期限切れとなる生命保険会社向けの公的な安全網の仕組みを09年4月以降も継続することなども盛り込んだ。

政府はバブル崩壊後の金融市場の混乱を防ぐため、銀行等保有株式取得機構を設置。2002年から06年にかけて、大手銀などから株式を買い取った。政府は株式市場の安定化のため、こうした株式の売却を一時凍結する。日銀にも「同様の(措置の)検討を期待する」とした。(11:04)

関連特集

[「広がる米金融不安」](#)

<http://www.nikkei.co.jp/news/keizai/>

関連記事

20081014AT2C1400814102008.html

[日経平均、一時1000円超上げ:特報](#)

[主要国の金融危機対策・号外1/号外2/号外3](#)

[欧州各国、金融安定確保に全力 独仏伊など対策実施急ぐ\(10/14\)](#)

[米財務長官、銀行トップ緊急召集 資本注入に25兆円、米紙報道\(10/14\)](#)



日本経済新聞 [欧州各国、金融安定確保に全力 独仏伊など対策実施急ぐ](#)

日本経済新聞 - 1時間前

【パリ＝野見山祐史】金融危機への対応を協議するユーロ圏15カ国による緊急首脳会合は12日夜(日本時間13日未明)、「共同行動計画」を採択して閉幕した。欧州各国は今回盛り込んだ政策手段を組み合わせ、金融システムの安定確保に全力を挙げる。...

[ユーロ圏の救済策、画期的な協調示す＝欧州委員長 朝日新聞](#)

[欧州株、大幅高＝G7やユーロ圏首脳会議を好感 時事通信](#)

[ロイター - 毎日新聞 - MSN産経ニュース - 47NEWS](#)

[関連記事 96 件 >](#)

人間が大事だ。 企業は人間の尊さを試しておるんだ、と言う事が本意である。

人間を中心とする日本人としての企業の経営の哲学は、外国からきた経営学と正反対である、ということをはっきり知っておかねばならない。

企業には定款が2つあり、その一つは法律上の定款で、手段としての経済的豊かさを追求する企業のものである。 もう一つは、企業が人間の真の働く姿を顕現して、国家社会に示唆を与えるための精神的定款である。

—— 京機短信への寄稿、 宜しくお願い申し上げます ——

【要領】

宛先は京機会の e-mail: jimukyoku@keikikai.jp です。

原稿は、割付を考慮することなく、適当に書いてください。 MSワードで書いて頂いても結構ですし、テキストファイルと図や写真を別のファイルとして送って頂いても結構です。 割付等、掲載用の後処理は編集者が勝手に行います。

宜しくお願い致します。

親しくなれるものですねー。 人間はいがみ合ってばかりいるのに

If you don't already think animals are far more spiritually advanced than we humans, think again. Stuart Brown describes Norbert Rosing's striking images of a wild polar bear coming upon tethered sled dogs in the wilds of Canada 's Hudson Bay.



The photographer was sure that he was going to see the end of his dogs when the polar bear wandered in. The Polar Bear returned every night that week to play with the dogs.

(May you always have love to share, health to spare, and friends that care.)

Please consider the environment before printing this e-mail

For more information on the Air New Zealand Group, visit us online at <http://www.airnewzealand.com>

平成20年度京機会秋季大会・総会開催のご案内

本大会を下記により開催致しますので、ご出席下さいますようご案内申し上げます。

日時：平成20年11月15日(土) 15:15～
会場：京都大学時計台百周年記念館 百周年記念ホール 他
行事：



1. 講演会 15:15～16:15

「職場のメンタルヘルスについて」

常光 瑞穂氏 (H9卒、(株)ライフキャリアサポート 代表取締役)

職場や学校でも、メンタルヘルスについて積極的に取り組もうというところが増えていきます。「個人の問題でしょ？」以前はよく耳にしたこんな言葉も、最近はほとんど聞かなくなりました。しかし、実際に対策を進めてみると、「効果が上がらない」「浸透しない」など、様々な困難を感じている企業も多いようです。これからのメンタルヘルス対策について、事例をふまえてお話したいと思います。



2. 講演会 16:20～17:20

「ロボット時代の創造」

高橋 智隆氏 (H13卒、京都大学ベンチャー ロボ・ガレージ 代表)

ロボット本格実用化時代はどのように実現するのでしょうか。そのためには新しいコンセプトの創造や、他分野とのコラボレーションが不可欠なはずです。自身の創作活動を紹介しながら、今後のロボット分野の動向を皆様と共に探りたいと思います。



3. 総会 17:20～17:50

4. 懇親会 18:00～20:00

会場：京都大学時計台百周年記念館、国際交流ホール

会費：3,000円 学生1,000円(当日会場でお支払い下さい)

●ご自由な服装でお越しください。

●ご回答は、10月31日(金)までに、同封のはがきでお寄せ下さい。

京機会ホームページ(<http://www.keikikai.jp/>)からも、受付できます。

但し、二重受付登録防止の為、出欠回答は「はがき」か「HP受付」のどちらか一方でお願いします。

●当日は、12:00より評議員会を開催いたします。詳細は前頁をご覧ください。

京機会・京機学生会SMILE 学生と先輩との交流会のお知らせ

日時：平成20年11月15日(土)
10:45～

会場：京都大学工学部物理系校舎

懇親会：京都大学時計台百周年記念館
国際交流ホール

- 参加学生にはSMILE製作の特製企業ブックを贈呈!
- 本年度は9月1日付で京機会員在籍企業約250社宛に案内発送し、先着順にて参加企業を決定いたしました。上記登録済250社以外で次年度に案内送付を希望される企業は京機会迄ご連絡下さい。



～ 学生と先輩との交流会とは ～

本交流会は、学生が社会における「現実」を知る教育活動の一環として、平成11年より実施しております。



本会は、京機会会員である先輩から、在学生に対し、大学における勉強と実社会の仕事の関係、仕事のやりがい・心構えなどを話していただいております。例年、学生の関心も大変高く、勉学の動機づけや将来の方向付けにも少なからず寄与しております。

現在、約100社の企業にご参加いただき、各社からも好評いただいております。

【京機会事務局からのお詫び】

10月1日発行京機会ニュース秋号同封の個人データ内容において、一部の会員のデータが、正確な入金状況と記載された内容に、相違がございました。原因は、現在行っておりますデータシステムの移行に伴い生じたものと判明しており、既に問題は解決されております。

対象者には取り急ぎ御連絡させていただきましたが、会員の皆様には、ご迷惑をおかけ致しまして誠に申し訳ございませんでした。今後はこのようなことのなきよう、細心の注意を払う所存でございます。なお、ご不明な点がございましたら、事務局までご連絡ください。今後ともどうぞよろしくお願い申し上げます。



第3回京機EK会(旧遠藤研・駒井研同総会)開催のご案内

第3回京機EK会が、トヨタさんの幹事にて、稼働中の工場見学、松田喜彦氏による講演等、盛り沢山の内容にて開催されます。ご多忙中とは存じますが、万障お繰り合わせの上ご参加頂きますようご案内申し上げます。

- ・日程 11月23日(日)/24日(祝日)
- ・集合 11月23日17:00 プラザホテル豊田(TEL:0565-29-1811)
豊田市豊栄町1丁目88番地
- ・内容 11月23日夜懇親会
11月24日 9:00 豊田自動車上郷工場見学
11:00 トヨタ会館PRホール見学
11:15 ロボットによる楽器演奏
13:00 講演 松田喜彦氏「レクサスブランドの再構築」
- ・会費 宿泊費込みで15,000円ぐらいを予定
- ・申し込み締め切り日 10月31日(金)
- ・詳細は <http://www.tcn.zaq.ne.jp/777/ekkai.html>
- ・参加申込みはメールで kikoko@mech.kyoto-u.ac.jp 木下まで

近未来フィロソフィー研究会のご案内

(京都大学工学部機械&航空を昭和37年入学または昭和41年頃卒業した者の同総会)
年々歳を重ねた我々ですが、微力でも世の中に役立てるようなフィロソフィーを持ちたいものです。是非、お誘い合わせの上、多数ご参加頂き、フィロソフィーを語り合いたいと思います。可能な方は奥様、娘さん同伴でご出席下さい。

- ・日時 11月22日(土) 13:00 - 16:00 (例年と時間が変わっているので注意)
- ・集合 京都タワーホテル 6F ミラノの間
京都駅北正面 tel. 075-361-3222
- ・会費 ¥10,000.- (奥様方 ¥6,000.-)
- ・連絡先 中嶋邦彦 075 922 2448 sha.nakashima@hitomachi-kyoto.jp

徒然グラ：第四百九段

鹿茸を鼻にあてて嗅ぐべからず、小さき蟲有りて、鼻より入りて脳を食むといへり。
(徒然草の中で最も短い段のひとつ)



鹿茸は当時のViagraだそうですね。

Viagraといえば、

熱力学サイクルを教えるときに

・再熱サイクル: 欲深くViagraを飲んで人生に執着

・再生サイクル: 次世代に遺産相続して美しい晩年

と表現すると、学生は、それとなくわかった気になります。

INFO

詳細はPDF版でご覧下さい。

「平成19年度大学発ベンチャーに関する基礎調査」について

平成20年8月18日

産業技術環境局 大学連携推進課

<http://www.meti.go.jp/press/20080818001/20080818001.html>

1. 経済産業省では、「平成19年度大学発ベンチャーに関する基礎調査」を行い、今般、調査結果がとりまとめられました。

- (1) 平成19年度末時点における大学発ベンチャー数は、1773社(対前年比94社増)となりました。
- (2) 大学発ベンチャーの事業ステージ(注1)をみると、「研究開発段階」が約46%(昨年度約49%)、「事業段階」が約54%(昨年度約51%)と「事業段階」が増加しています。
- こうした大学発ベンチャーの成長指向をみるとIPOとともに、地域で着実な成長を指向する企業もあるなど多様化しています。
- (3) 地方圏(注2)に所在する大学発ベンチャーの増加率は約3.5倍(平成13年度比)となり、都市圏の増加率の約2.6倍(平成13年度比)を上回っています。
- (4) 大学においては、当該大学が培った知的財産の社会還元などを目的として、大学発ベンチャーに対して、各種支援(インキュベーションや大学のOB組織による支援等)が見受けられます。また、大学発ベンチャーが高度な教育を受けた人材を地域に惹きつける面があることなどから、自治体による大学発ベンチャーに対する支援も見受けられます。

2. これらを踏まえ、今後は、大学発ベンチャーの成長指向の多様性に留意しつつ、大学や地域における取組の円滑な実施のための環境の整備等が重要であると考えております。

(注1) 製品化に目途がたった段階までを「研究開発段階」、販売開始以降を「事業段階」としている。

(注2) 地方圏:(東京都、千葉県、神奈川県、大阪府、京都府、兵庫県)を除く道県

(本発表資料のお問い合わせ先)

産業技術環境局大学連携推進課長 谷 明人 担当者:増田、村越

電話:TEL 03-3501-1511(内線:3371)

03-3501-0075(直通)

平成19年度 科学技術振興調整費 調査研究報告書 2008年3月、6月

イノベーション測定手法の開発に向けた調査研究報告書

文部科学省 科学技術政策研究所

<http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/jpn/rep111j/idx111j.html>

約3,000社の企業について分析した結果、研究開発投資やイノベーション活動がTFP(全要素生産性)の上昇に有意に寄与していることが明らかになりました。

特定の技術的イノベーションが、産業にどのような経済効果をもたらしたのかを分析する手法を開発しました。1960年代の鉄鋼産業の場合、新技術が約23%の生産量増加に寄与したことが明らかになりました。

既存産業がサイエンスとの関係を深めてサイエンス型化する傾向を見出しました。

特に「自動車・航空機・産業用運搬車両産業」で顕著であり、日本の自動車産業の競争力の要因のひとつとして注目されます。

グローバル化の進展、新興工業国の台頭と国際競争の激化の下、イノベーションの創出は我が国をはじめ世界各国において喫緊の政策課題であり、イノベーション政策の展開とともに、イノベーションの創出効果を測定・把握し、イノベーション政策の一層の強化・充実に努めるという政策ニーズが国内外で高まっています。

科学技術政策研究所では、平成 18 年度に実施した「イノベーションの測定に向けた基礎的調査」で抽出された課題に基づき、平成 19 年度は実際に分析用データを構築するとともに、科学技術イノベーションの効果分析を試みました。イノベーション関連のミクロ（企業）データの接続科学技術研究調査、企業活動基本調査、特許データを接続した 3,131 社（民間研究開発投資額の約 9 割に相当）のデータと産学連携データ、全国イノベーション調査データ等を企業名等で参照できるように接続し、時系列のミクロ分析を行う基盤を構築しました。

研究開発の生産性上昇への寄与と接続したデータを用いて計量経済モデル分析を行った結果、研究開発投資やイノベーション活動が、TFP（全要素生産性）の上昇に寄与していること、その寄与の程度は産業により異なることが明らかになりました。

具体的なイノベーションの経済効果の計量ある技術的イノベーションが、産業にどのような経済効果をもたらしたのかを計量する方法として、1960 年代の鉄鋼産業における多孔ランスと OG 装置（当時導入された LD 転炉の問題点を解決した技術）について分析しました。

その結果、同技術が我が国の鉄鋼産業において 23.2% の生産量増加に寄与したことが明らかになりました。個別の技術が産業にどのようなインパクトを与えているのかを定量的に測定する第一歩と言えます。

我が国で「既存産業のサイエンス型化」が進展バイオ産業や IT 産業のように、科学研究の成果が直接的に製品化されて新産業化するいわゆるサイエンス型産業に加えて、既存産業がサイエンスとの関係を深めてサイエンス型化する傾向があることを見出しました。このような傾向が近年顕著になっている産業は「自動車・航空機・産業用運搬車両産業」であり、日本の自動車産業の競争力の要因のひとつとして、今後この点が注目されます。

科学と技術のリンケージ 米国特許（約 160 万件）に引用された論文（約 270 万論文）のデータベースを構築し、論文を引用している特許の比率、特許における平均引用論文数、特許出願と論文刊行年との時間差を特許分野毎に分析しました。さらに、論文執筆者の所属機関についてセクター分類を試行し、特許が参照し

ている論文を産み出しているセクターを約9割把握することができました。医薬品のみではなく電気機械関連産業の特許が引用する論文においても、企業と大学の共著が増えており、公的研究開発の役割が高まっていることが示されました。

日本語版全文 (PDF 15.3 MB)

<http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/jpn/rep111j/pdf/rep111j.pdf>

日本語版概要 (PDF 578 KB)

<http://www.nistep.go.jp/achiev/abs/jpn/rep111j/pdf/rep111aj.pdf>

日本語版 第I部 (PDF 1.91 MB)

http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/jpn/rep111j/pdf/rep111j-1_1.pdf

日本語版 第II部 第1章 (PDF 4.08 MB)

http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/jpn/rep111j/pdf/rep111j-2_1.pdf

日本語版 第II部 第2章 (PDF 5.74 MB)

http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/jpn/rep111j/pdf/rep111j-2_2.pdf

日本語版 第II部 第3章 (PDF 3.08 MB)

http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/jpn/rep111j/pdf/rep111j-2_3.pdf

日本語版 第II部 第4章 (PDF 3.58 MB)

http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/jpn/rep111j/pdf/rep111j-2_4.pdf

プレス発表資料 (PDF 146 KB)

<http://www.nistep.go.jp/achiev/abs/jpn/rep111j/pdf/rep111j-press.pdf>

科学技術政策研究所 第3 調査研究グループ 担当：渡邊、三橋

Tel : 03-3581-2419 (直通) Fax:03-3503-9089

Email: 3pg@nistep.go.jp ホームページ: <http://www.nistep.go.jp/>