
平成29年度
高大連携物理・化学教育セミナー
報告書

平成 30 年 3 月

目 次

はじめに	関山明 下田正 佐藤尚弘 杉山清寛 川内 正
------------	------------------------------------

高大連携物理教育セミナープログラム・報告	杉山 清寛
----------------------------	-------

【講義】

単一分子の電気伝導度を測る～分子エレクトロニクスのめざすところ～	冨田 博一
---	-------

【高大連携企画 セミナー「新教育課程における高大接続」】

新教育課程とは	川内 正
高校が大学に求めるもの（物理）	大阪府立豊中高等学校 教諭 堀田 暁介
高校が大学に求めるもの（化学）	大阪府教育庁 主任指導主事 重松 良之
大学が高校に求めるもの（物理）	浅野 建一
大学が高校に求めるもの（化学）	中澤 康浩

【基礎工学研究科研究室訪問】

【講義】

超伝導の起源 ～仲のよい電子たちと仲の悪い電子たち～	黒木 和彦
----------------------------------	-------

はじめに

大阪大学大学院基礎工学研究科	関山 明
大阪大学大学院理学研究科	佐藤尚弘
大阪大学大学院理学研究科	下田 正
大阪大学全学教育推進機構	杉山清寛
大阪大学全学教育推進機構	川内 正

高大連携物理・化学教育セミナーは、高校と大学の先生方が年に1度集まって、理科教育の問題点や教育方法の改善、大学入試に関する課題、高校と大学の教育の接続の問題などを議論するとともに、最新の研究成果を紹介するために、大阪大学理学研究科、基礎工学研究科および全学教育推進機構が協力して開催するものです。このセミナーのルーツは大阪大学基礎工学研究科による「理科と情報数理の教育セミナー」にあります。その後、高校と大学の教員のコミュニケーションの場としての重要性から、理学研究科がこれに加わり、物理分科会は大学教育実践センター主催で行われていた「高大連携物理セミナー」と合体して発展してきました。また、昨年までは別々に行っていた化学分野の高大連携化学教育セミナーを今年度は合同で行い、名称も「高大連携物理・化学教育セミナー」として開催しました。昨今、高校と大学が協力して解決すべき課題が山積しておりますので、本セミナーのように、高校と大学の先生方が集まって議論し研究することは、重要な意義があります。

本年度は、本学研究者2名の方々による講義、昨年に引き続き基礎工学研究科研究室訪問、そしてH34年度から実施予定の新学習指導要領下で高校および大学が求める生徒・学生像について議論する「高大連携企画」を開催しました。講義では分子エレクトロニクス、物性物理学の2つの分野における最先端の研究をわかりやすく話していただきました。前者は今回物理・化学合同ということで境界融合分野の話題となりました。基礎工学研究科研究室訪問では物質創成専攻8研究室の協力のもと、高校の先生方には約1時間半かけて2研究室を見学していただきました。高大連携企画では、高校所属の2名および大学所属の3名の方々に、新教育課程における高大接続について現状と将来への展望を語っていただいた後に、参加者全員で議論を行いました。

このセミナーの成功には、熱心な高校の先生方の参加に負うところが大きく、発表してくださった先生方・研究室訪問に協力いただいた先生方は言うに及ばず、遠路参加していただいた先生方に感謝いたします。また、セミナー開催を支えていただいた両研究科の事務の方々にお礼を申し上げます。

平成 29 年度 高大連携 物理・化学教育セミナー 「物理・化学の最先端と高大接続」

本セミナーは、大阪大学理学研究科と基礎工学研究科が、高校や大学の理系教育に活かす目的を持って、高校の先生方と大学の教員が理科教育の諸問題について議論する場として 10 年以上前より開催してきました。その後、物理と化学以外の科目は行われなくなりましたが、物理ではさらに、高校の先生方に最先端の物理を知っていただく場として、大阪大学の先生方が行っている研究内容についての講義も加え、毎年、夏休みの時期に開催させていただいております。さらに 3 年前より、講義の他に、基礎工学研究科の研究室訪問をプログラムに加え、皆様から高評価を得ております。今年は基礎工学研究科が当番研究科ということで、シグマホールでの開催になりました。また、化学では例年 1 2 月に開催しておりましたが、今回は 8 年ぶりに物理と化学が合同で行う形式としました。例年通り多くの方のご参加を仰ぎ盛大な会となりました。ありがとうございます。

講義では、化学・物理の境界融合領域とも言える分子エレクトロニクス分野と、超伝導物理分野から、教授 2 名にお話しいただきました。お二人ともそれぞれの分野で有名な研究者でおられると同時に世界的にも注目を集めている分野について、わかりやすくお話しいただきました。特に、分子エレクトロニクス分野は今回物理・化学が合同で開催ということで両方からのアプローチが可能な分野に適任の先生が基礎工学研究科に在籍していることもありお願いし



ました。また、最初に述べましたように、今年も講義を 1 件減らし、その分で基礎工学研究科の研究室訪問を行いました。一方、セミナーでは昨年と同様「高大接続」が 1 つのキーワードですが、同時に H34 年度からの学習指導要領改訂に伴う「新教育課程」と絡んだ問題提起と議論を行いました。今度の新教育課程では学習内容に大きな変化はないと想定されるものの「学び方」とそれに付随した評価方法が大きく変わります。これは決して中等・高等教育の中で閉じる問題ではなく、社会からの要請も反映されています。ただ、「言うは易し」というところも多々あり、その中で現在の試みの紹介と今後の展望について紹介のうえで高校側、大学側のそれぞれの立場で物理教育を考えることができたと感じています。今回の改革は高校だけ、あるいは大学だけの取り組みでは不十分であり、連携すること・認識をすりあわせることの重要性が今回のセミナーで浮き彫りになったように思われます。

○ 講義

初日は、午後にセミナーがある関係で午前中に 1 件の講義がありました。基礎工学研究科の冨田博一教授に「単一分子の電気伝導度を測る～分子エレクトロニクスのめざすところ～」という題で、講義をしていただきました。冨田先生は、学部教育では物性物理科学コース担当ですが、ご自身は学部・大学院は化学科・化学専攻を卒業・修了された経歴があると共に、研究分野も分子エレクトロニクスないし有機エレクトロニクスと呼ばれる化学と物

理の境界・融合領域と言える分野です。今後の科学研究において学際融合・分野融合は一つの重要な方向性であり、その雰囲気が高校の先生方にも伝わればと思います。お話は、有機 EL や有機デバイスデバイスの源流ともいえる白川英樹先生の 2000 年ノーベル化学賞「導電性高分子の発見と開発」、さらには遡って日本で赤松先生達による 1954 年の有機伝導体の先駆的な発見から始まりました。続いて高校化学でも扱うポリアセチレンポリアセチレンにドーピングすると有機伝導体になることから有機 EL の仕組みや有機熱電材料の紹介ののち、現在研究進展中の分子による回路のお話がありました。さて、ここで「どうやって分子の電気抵抗を測るのか？」という基本的な問題が出てきます。実はこれができなければこの先の研究にも応用にもなかなか結びつきませんし本質的な研究の進展にも支障をきたします。これらについて有機分子の電気伝導を測定する方法の開発と現状、および最新の成果について説明いただきました。

二日目の午後には理学研究科の黒木和彦教授が、「超伝導の起源 ～仲のよい電子たちと仲の悪い電子たち～」と題して、発見されてから多くの研究者によって研究されてきた高温超伝導研究の現状についてのお話がありました。講義では、まず、1911 年に発見された水銀の超伝導の原因が、クーロン力で反発し合う電子たちの間に何らかの要因によって引力が生じて、クーパーペアと呼ばれる電子対形成にあることが易しく解説されました。続いて、1986 年に始まる高温超伝導の現在までの実験的・理論的研究がレビューされ、銅酸化物や鉄ヒ素系超伝導体ではイオンの振動が電子の仲介役を果たすとする理論では説明できないこと、実は、クーパーペア形成にとって不利な要素であるはずのクーロン反発力こそが超伝導の起源である可能性が高い、といった最新の研究成果が紹介されました。講義後、高校の先生たちからたくさんの質問が寄せられ、この驚くべき話への関心の高さがうかがえました。

○ 基礎工学研究科研究室訪問

二日目の午前中には 4 年連続で基礎工学研究科の研究室訪問がありました。今年には基礎工学部電子物理科学科物性物理科学コースの 8 つの研究室が参加しました。世話役の関山が事前にアンケートを行って、参加者の希望研究室調査を行っており、参加者の方々には 2 時間の間に希望された 2 つの研究室をまわっていただきました。詳細についてはプログラムおよび別添の報告をご覧くださいと思います。一つの研究室に 1 度に最大でも 4 名の見学者ということで、じっくりと研究室を見学していただきました。

○ セミナー

今回のセミナーでは「新教育課程における高大接続」と題して高校側、大学側の立場から議論していただきました。昨今いわゆるアクティブラーニングに代表される「主体的な学び」の重要性が指摘され、H26 年 12 月の中央教育審議会答申に始まりその後の高大接続システム改革会議で審議されてきましたが、これらが全面的に盛り込まれた高等学校の学習指導要領の改訂が進んでいます。新教育課程の実施は H34 年度から年次進行ですが、この流れは単に文部科学省からのトップダウンというだけでなく高等教育を巡る世界的な兆候と競争、そして日本社会においても必要とされる人材像の変化とも関わっているように思います。

今回は、最初に川内正全学教育推進機構特任教授より新教育課程に至る教育改革の流れ、高校・大学における現状と今後の予定について紹介・整理のうえ問題提起をしていただきました。この中で学力の三要素となる「知識・技能」「(未知の状況にも対応できる) 思考力・判断力・表現力」「協働して主体的に学ぶ姿勢」を確認し、前者1要素のみならず後者2つをどのようにバランス良く伸ばし評価するかということが今後の社会への人材輩出という点でも中心課題と感じました。続いて豊中高校の堀田暁介先生によるSSHでの取り組みの現状をご紹介いただきました。SSHで行っている具体例を上げられ、試行錯誤しつつ課題研究を通して如何に主体性を引き出しつつ思考力・判断力・表現力を伸ばして行くか、また現在の大学入試との整合性の問題を率直に話されていたことが印象的でした。休憩の後、大阪府教育庁の重松良之先生より大阪府としての取り組みをご紹介いただき、その中で大学に求めるものをお話いただきました。今後の教育で目指すところや学力の三要素の重要性認識という点は基本的に同じですが、具体的取り組みに際しては大学、特に大阪大学としてもSEEDSプログラム等を通じての連携が期待されていることが分かりました。

大学からは理学研究科物理学専攻の浅野健一先生、理学研究科副研究科長(化学専攻)の中澤康浩先生にご講演いただきました。浅野先生からは現在の物理学科学生の少なからぬ割合で見られる学習意欲低下とその原因について講演いただきました。本来、物理で重要なのは論理力・演繹力といった思考力とそれを支える数学ですが、物理学科に入学した学生でさえ暗記が大事と考え思考力が身に付いておらず数学力も年々低下している現状を紹介いただきました。また、それに対して大学から高校生へメッセージを与え物理に対する本質的な興味を持ってもらう試みとして2005年から開催されているSaturday Afternoon Physics(SAP)への取り組みについても紹介されました。中澤先生からは化学の立場から化学科の学生についての問題点とAO入試の取り組みについて紹介いただきました。化学においても数学に代表される思考力は重要ですが、数学でつまづく大学生の存在と思考力や思考を持続する能力が不足して実験レポートが書けない学生が年々増加という現状を紹介いただきました。AO入試ですと、熱意や思考力は期待できるものの知識・技能の点で問題があり大学での勉学についてこれられないのではないかという危惧(あるいは過去の経験)が大学教員にはどうしてもあります。現在のところ開始して間もなく実数も少ないですがAO入試での入学者が留年する可能性は一般入試合格者と比較しても高くはなく、この点で今後こういったAO入試で思考力を測ることは拡大しても良いのではという感触と理解しました。

現在一部の高校で試行錯誤しながらも先進的に進めている課題探究と、現時点でそういう経験を殆どしていない大学生の問題(思考力・数学力の低下)という対照的な話題でしたが、合わせると、より問題点がクリアになり根本的な問題は共通しているように思います。ここで間に立ちはだかるのが、従来の一般入試でありこれが学力三要素のうちの「知識・技能」の評価に著しく偏っていると感じられる先生は多いかと思えますし課題探究を進める高校の先生にとってはジレンマにもなっているように思われます。今後、入試を課す側(大学)も送り出す側(高校)も如何に学力三要素を意識して評価するようになるかが高大接続改革の鍵となることは言う迄もありません。大阪大学としても現状の問題認識はかなり共通しているものの、その改善にむけた今後の高大接続改革・教育改革に関する具体的方策についてはまだ手探りなところが多々あるように思われます。

最後の討論では率直な意見交換も交わされましたが、あいにく午後は台風5号の接近による警報発令もあり時

間を短縮せざるをえなかったのが残念なところです。セミナーの後、軽食・ソフトドリンクを伴った情報交換会を予定しておりましたが、台風5号の接近により中止となりました。例年の懇親会では、セミナーでは話せないようなお話しがあちこちで行われ有意義であっただけに情報交換会の中止は残念でしたが台風接近ということで帰路の安全が優先されることは言うまでもありません。次回は無事に開催されればと思います。

セミナーの参加者は、

高校、中学、高専の教員 28名、 退職などのその他教育関係者 4名、

大阪大学側として、理学研究科 7名、 基礎工学研究科 1名（研究室訪問に参加した教員9名を除く）、

全学教育推進機構 3名

の総計 44名でした。

今回のセミナー開催に当たっては、基礎工学研究科、理学研究科の事務の方々に、多大なご協力を仰ぎました。また、この他に、共催として、日本物理教育学会近畿支部、日本物理学会大阪支部、後援として、兵庫県教育委員会、京都府教育委員会、協賛として大阪府高等学校理化教育研究会のお力添えがございました。当セミナーは、このような皆様に支えられて開催することができました。有り難うございました。この場を借りてお礼を申し上げます。

世話人：大阪大学大学院基礎工学研究科 関山明

大阪大学大学院理学研究科 下田正

大阪大学大学院理学研究科 佐藤尚弘

大阪大学全学教育推進機構 杉山清寛

大阪大学全学教育推進機構 川内 正

日時 ・ プログラム

8月7日(月)

10:00~12:00

講義 「単一分子の電気伝導度を測る～分子エレクトロニクスのめざすところ～」

大阪大学基礎工学研究科 教授 冨田 博一

ベンゼン1個の電気伝導度ってどれくらい？ 電気がながれるもとは電子？それとも正孔？ ベンゼン、ナフタレン、アントラセン・・・って大きくなるとオームの法則に従うの？ ナノテクノロジーの進歩のおかげでこうした疑問にも解決できるようになりました。もともと有機材料は、プラスチックに代表されるように電気を流さないものとして身の回りにあふれています。1980年頃から、有機材料の半導体としての特性を活用しようとする研究が進み、有機 EL テレビの実現につながっています。一方、半導体の微細化限界への対応として、個々の分子でダイオードや抵抗、配線ワイヤーを創ろうとする研究に興味もたれはじめました。合成化学だけでなく、物性物理、表面科学、ナノ科学などさまざまな研究者の協力で少しずつですが上記の質問にも答えがだせるようになってきました。さらには、生物学の分野も参画して、シナプスの信号処理を模倣するような方向も検討されています。セミナーでは、こうした研究分野の現状と目指す方向について議論する時間をいただければと考えております。

13:30~18:00

高大連携企画 セミナー「新教育課程における高大接続」

13:30~13:40

挨拶

大阪大学基礎工学研究科 研究科長 狩野 裕

13:40~14:00

新教育課程とは

大阪大学全学教育推進機構 特任教授 川内 正

14:00~14:40

高校が大学に求めるもの(物理)

大阪府立豊中高等学校 教諭 堀田 暁介

14:40~15:00

休憩

15:00~15:40

高校が大学に求めるもの(化学)

大阪府教育庁 主任指導主事 重松 良之

15:40~16:20

大学が高校に求めるもの(物理)

大阪大学理学研究科 准教授 浅野 建一

16:20~17:00

大学が高校に求めるもの(化学)

大阪大学理学研究科 副研究科長 中澤 康浩

17:00~17:15

休憩

17:15~18:00

参加者全員による討論

18:00~

情報交換会(軽食・ソフトドリンク) 台風接近により中止

8月8日(火)

10:00~12:00

基礎工学研究科研究室訪問

8つの研究室の中から2つの研究室を見学していただきます。

- (1) 核磁気共鳴を用いた新奇超伝導体の実験研究(棕田研)
- (2) ナノ磁石を用いた新しいエレクトロニクス(鈴木研)
- (3) 光による微小物体の力学的操作が拓く物質科学(石原研)
- (4) 物質中の原子配列を見るX線回折(若林研)
- (5) 光電子分光法:光を使って物質中の電子を直接観測する(関山研)
- (6) 極限状態下の物質の世界(清水研)
- (7) 物質科学におけるシミュレーションの役割と期待(草部研)
- (8) 量子力学の根源と量子コンピューター(井元研)

13:30~15:30

講義 「超伝導の起源 ～仲のよい電子たちと仲の悪い電子たち～」

大阪大学理学研究科 教授 黒木 和彦

超伝導はゼロ電気抵抗やマイスナー効果など、その顕著な性質から研究者たちを魅了し続ける。超伝導は通常、極めて低い温度で実現するが、より高い温度で実現しようとする努力が世界中で行われ、銅酸化物や鉄ヒ素系などの高温超伝導体が発見されている。超伝導は、クーロン力で反発しあう電子間に何らかの要因に

より引力が生じてクーパーペアと呼ばれる対をつくることで起こる。講義の前半では、なぜクーパーペア形成が超伝導に結び付くのかを概説する。講義後半では、銅酸化物や鉄ヒ素系超伝導体では、クーパーペア形成にとって不利な要素であるはずのクーロン反発力こそが超伝導の起源である可能性が高いことについて触れる。

【講義】



KUNGL. VETENSKAPSAKADEMIEN
THE ROYAL SWEDISH ACADEMY OF SCIENCES

Information Department, P.O. Box 50005, SE-104 05 Stockholm, Sweden
Phone: +46 8 673 95 00, Fax: +46 8 15 56 70, E-mail: info@kva.se, Web site: www.kva.se

記者発表
2000年10月10日

スウェーデン王立科学アカデミーは、2000年のノーベル化学賞を、“伝導性ポリマーの発見と開発”に対し、以下の3人の研究者、
Alan J. Heeger (アラン・J・ヒーゲル) カリフォルニア大学サンタバーバラ校教授
Alan G. MacDiarmid (アラン・G・マックデアミッド) ペンシルバニア大学教授
白川 英樹 (Hideki Shirakawa) 筑波大学教授、に授与することを決定した。授与決定の理由は、科学において重要な位置を示める当分野、および化学、物理、実用の境界領域としての開発が、この業績により開始されたことにある。

電気を通すプラスチック

金属と異なり、プラスチックは電気を通さないと我々は教えられてきました。実際、プラスチックは電気ケーブル内の銅線の周りの絶縁体として使われています。本年のノーベル賞受賞者は、プラスチックにある変更を加えると伝導性になるという革命的な発見に対して榮譽を与えられました。

プラスチックは、規則的に構造がくり返されて長い鎖をつくるポリマーといわれる分子の1種です。ポリマーが電気を通すことができるためには、炭素原子間に単結合と2重結合が交互に並んでいなくてはなりません。さらに、余分な電子が(酸化により)除かれるか、(還元によって)導入されるように、“ドーブ”されていなくてはなりません。これらの“ホール=穴”や余分な電子は、分子にそって動くことができ、そのため伝導性を示すようになります。

Alan J. Heeger (アラン・J・ヒーゲル), Alan G. MacDiarmid (アラン・G・マックデアミッド), 白川英樹(Hideki Shirakawa)教授は1970年代の終わりに萌芽的な発見をしており、後に伝導性ポリマーを化学者、物理学者にとって重要な研究領域へと発展させました。当分野は実用面においても重要になりました。伝導性プラスチックは、工業においても例えばプラスチック電池、写真フィルムの帯電防止剤、夏の強い太陽光線を遮る“スマート”窓ガラスに現在使われているか、開発途中であります。さらに、最近になって、半導体ポリマーが発光ダイオードや携帯電話の表示画面、ミニテレビの画面として開発されています。

将来を眺めてみると、本年のノーベル化学賞を授与されたこの発見が、分子エレクトロニクスの起爆剤となることは明らかです。将来、我々は個々の分子からできたトランジスタやその他の電子部品をつくるようになるでしょう。コンピュータの計算スピードは飛躍的に速くなり、サイズも圧倒的に小さくなるでしょう。今、鞆の中に入れて持ち歩いているコンピュータが時計の中におさまるような日がこないとも限りません。

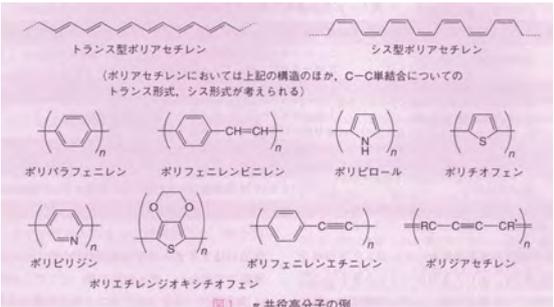


Samsung



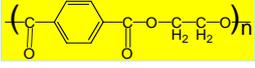
Apple Watch 2015

導電性高分子の例 単結合と二重結合の繰り返しに注意してみよう



山本隆一、「化学」2001年1月号p24

単結合と二重結合の繰り返しに注意してみよう



ポリエチレンテレフタレート (PET)

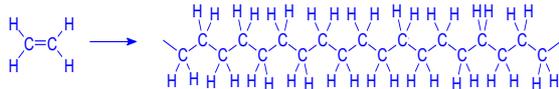


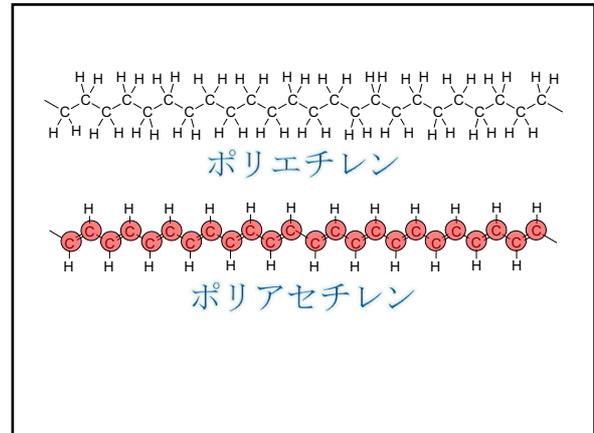
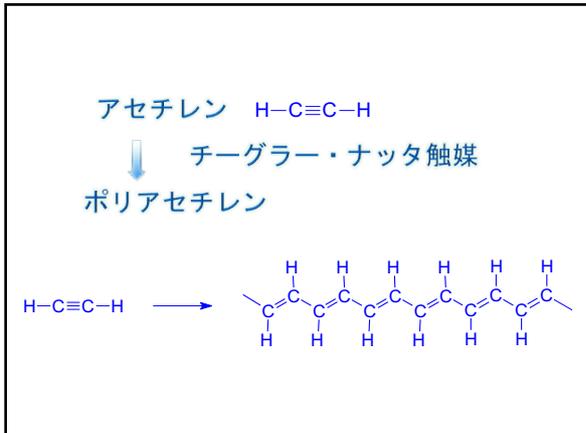
ペットボトル

エチレン $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2$

↓ チーグラール・ナッタ触媒

ポリエチレン





ドーピング
有機分子の場合

電気伝導度 = キャリア濃度 × キャリア移動度

電気の流れ易さ = 動ける電荷の運び手 (電子・正孔) × 動き易さ

Organic LED (Sony)

Organic Solar Cell (Gifu-Univ)

Organic Thermopower

Flexible Electronic Device

Organic FET

Organic MRAM ?

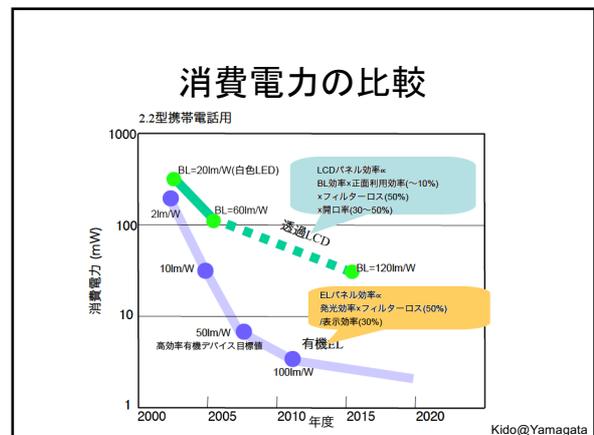
Magneto-resistive Random Access Memory (MRAM)

<http://www.bnl.gov/>

Organic Light Emitting Diode (OLED)

Organic Electro-luminescence (OEL) Device

17



有機ELを使ったディスプレイ

1999-

東北パイオニア

TDK

Kido@Yamagata

ドコモ 2013年夏モデル

<p>シャープ AQUOS PHONE ZETA SH-09E docomo 薄さ: 9.9mm (9.9A) 容量: 16GB (16.0A)</p>	<p>Xperia mini, HATSUNE MIKU SO-04 E docomo mini 薄さ: 9.8mm (9.8A) 容量: 8GB (8.0A)</p>	<p>シャープ AQUOS PAD SH-09E docomo 薄さ: 9.4mm (9.4A) 容量: 16GB (16.0A)</p>	<p>シャープ AQUOS PHONE ZETA SH-09E docomo mini 薄さ: 9.9mm (9.9A) 容量: 16GB (16.0A)</p>
<p>シャープ AQUOS PHONE si SH-07E docomo 薄さ: 9.97mm (9.97A) 容量: 16GB (16.0A)</p>	<p>ARROWS NX F-09E docomo 薄さ: 9.8mm (9.8A) 容量: 16GB (16.0A)</p>	<p>パナソニック ELUGA P-P-03E docomo 薄さ: 9.82mm (9.82A) 容量: 16GB (16.0A)</p>	<p>サムスン GALAXY S4 SC-04E docomo 薄さ: 9.3mm (9.3A) 容量: 16GB (16.0A)</p>
<p>パナソニック Medias X N-09E docomo 薄さ: 9.7mm (9.7A) 容量: 16GB (16.0A)</p>	<p>Optimus SL1-09E docomo 薄さ: 9.76mm (9.76A) 容量: 16GB (16.0A)</p>	<p>Xperia S0-04E docomo 薄さ: 9.8mm (9.8A) 容量: 16GB (16.0A)</p>	<p>シャープ AQUOS PHONE 2 F-09E docomo 薄さ: 9.5mm (9.5A) 容量: 16GB (16.0A)</p>

より薄く、より軽く！世界初フルHD有機ELディスプレイ ※1と優れた先進技術の搭載で進化した量産のプレミアムデザイン

金属モチーフのデザインによるプレミアム・フィーリング

薄さ8mm、重さ134g、金属モチーフのデザインによるプレミアム・フィーリング。電池容量は2,600mAhと大型化、もちろん電池パックは取り外し可能だから便利さはそのまま。

docomo GALAXY S4 SC-04E

世界初、約5インチフルHD有機ELディスプレイ ※1

世界初、約5インチフルHD有機ELディスプレイ ※1でより高精度に、より迫力と臨場感ある映像を楽しめます。省電力性能もGALAXY S III αと比べて約20%改善 ※1しています。

OLED on Mobile Phone

GALAXY S III

有機ELは視野角も広く、斜め方向から覗き見ても、液晶パネルでありがちな画面の明るさや色の変化などはほとんど見られない

Magazine

急増中！有機ELディスプレイ搭載スマホの買い方

23

4K有機EL高画質 Technicsを冠する高音質設計

EZ1000 4K

ソニーストア 店舗で体験

4K有機ELテレビ プラビア AIシリーズ

OLED TV

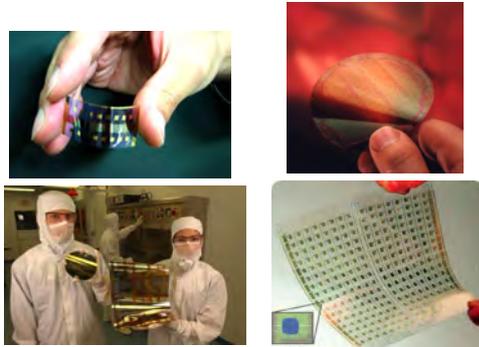


LG 55"

Samsung 55"

<http://www.engadget.com/2012/01/10/samsung-55-inch-super-oled-tv-eyes-on-video/>

有機集積回路



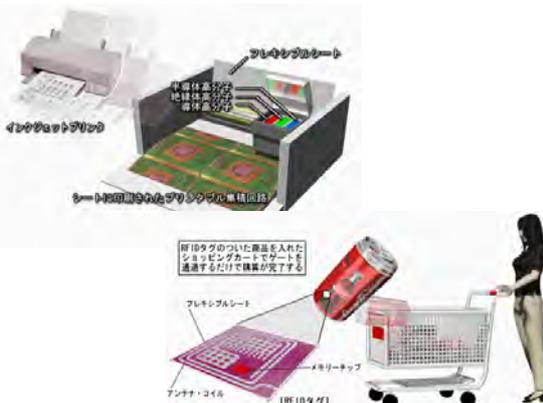
Yase@AIST



有機ELディスプレイの原理と構造

<http://www.s-graphics.co.jp/nanoelectronics/>

<http://www.youtube.com/watch?v=kJEHp15Hoo0>



フレキシブルシート

インクジェットプリンタ

フレキシブルシート

プリンタ・コイル

[※10タグ]

<http://www.s-graphics.co.jp/nanoelectronics/>

High-Resolution Inkjet Printing of All-Polymer Transistor Circuits
H. Sirringhaus, T. Kawase, R. H. Friend, T. Shimoda et al.,
@ Cavendish & Epsom, Science 290, 2123 (2000).

$\mu(p)=0.02 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ Stable in Air
On/off ratio = 10^5

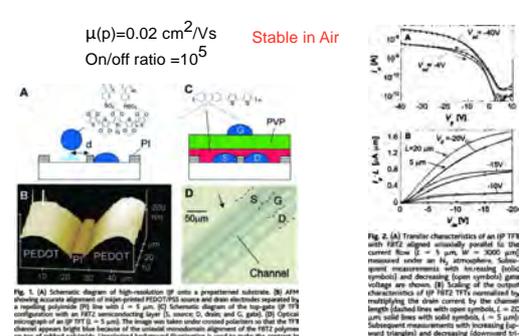


Fig. 1. (A) Schematic diagram of high-resolution inkjet printing on a prepatterned substrate. (B) AFM showing accurate alignment of inkjet-printed PEDOT/PVP source and drain electrodes separated by a spacing polymer. (C) Schematic diagram of the top-gate OFET configuration with an PEDOT semiconducting layer, source, drain and gate. (D) Optical micrograph of an OFET with a channel length of 1.5 μm . The images were taken under crossed polarizers and the OFET channel appears bright (see location of the channel cross-section alignment of the OFET polymer on top of rubbed polyimide). Unpolarized background illumination is used to make the contrast of the remaining area visible, where the PEDOT film is in a leakage multi-domain configuration. The arrow indicates pronounced regions of the uncoffed PEDOT boundary.

Fig. 2. (A) Transfer characteristics of an OFET with 100% aligned uniaxially oriented (i) the current flow $I_D = 1 \mu\text{m}$, $W = 3000 \mu\text{m}$ measured under an N_2 atmosphere. Subsequent measurements with increasing (filled symbols) and decreasing (open symbols) gate voltage are shown. (B) Scaling of the output characteristics of OFETs controlled by multiplying the drain current by the channel length (dashed lines with open symbols, $L = 5 \mu\text{m}$) solid lines with solid symbols, $L = 1 \mu\text{m}$) subsequent measurements with increasing (upward triangles) and decreasing (downward triangles) gate voltage are shown.

電子ペーパー

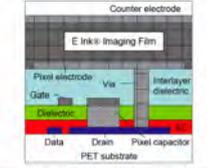
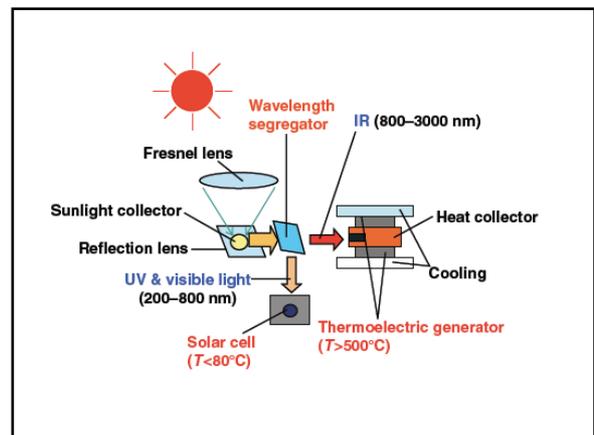
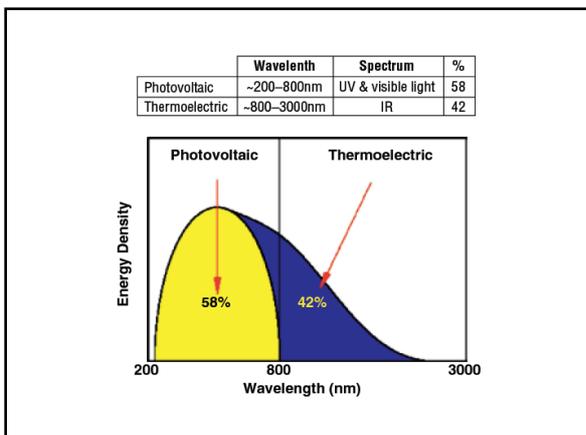
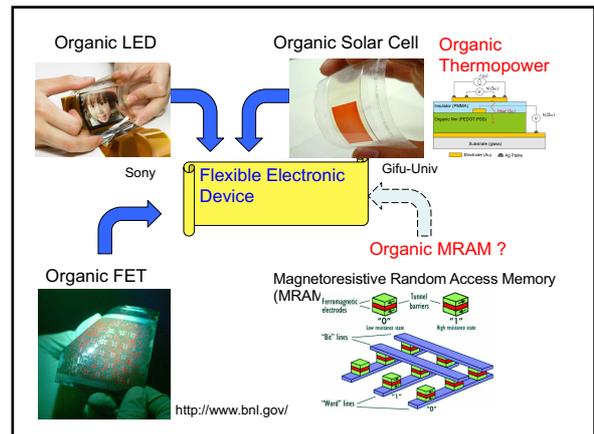
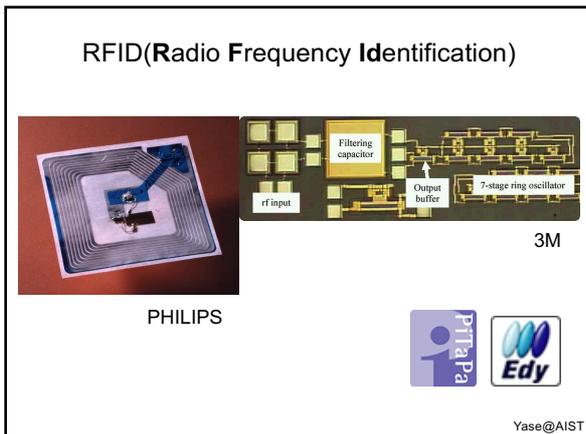
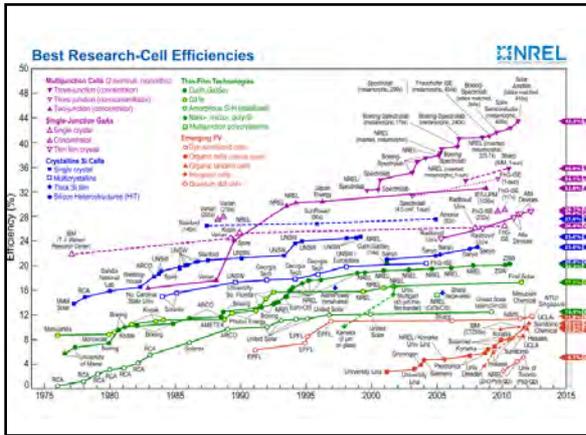



Figure 1. Cross section of the flexible active matrix display showing the multilayer pixel architecture.

Figure 2. E-ink 社の電気泳動型マイクロカプセル 80 ppi, 白黒, 動画も可能 有機TFT (インクジェットナノトロン) 導電性高分子を用いた配線

30 Yase@AIST





三菱化学が効率11.0%の有機薄膜太陽電池を開発

May 2012

有機薄膜構成例

表面保護(バリア膜)

裏面電極層

n型半導体 (FLN)

BPとFLNの遷在層

p型半導体 (BP)

透明電極層

フィルム基板

バリア膜

加熱



有機熱電素子の適用分野 10年後

要求される性能

Low power RFID chip	10 μ W (http://www.atmel.com)
OP amplifier	17 μ W, 1.4-1.6V
Eink Display	5 μ W/cm ² (http://www.eink.com)

CITIZEN エコドライブサーモ, 2001

Bi-Te 系

微細加工により、約0.5 cm²の領域に約2000個の素子を搭載

3°Cの温度差で約42 μ Wの出力

成人の発熱量 60-100W

体表面積 1.4-1.6 m²

→ 0.5 W / 10x10 cm²

0.1% - 数%を熱電に利用

Thermoelectrics Devices

Hot Side
Cold Side
Diffusion
I
Power Generation

COLD SIDE
HOT SIDE

- Refrigeration
- Power Generation:
T(hot)=500 C, T (cold)=50 C
ZT=1, Efficiency = 8 %
ZT=3, Efficiency =17 %
ZT=5, Efficiency =22 %
- Critical Challenges:
Reduce phonon heat conduction while maintaining or enhancing electron transport

Figure of Merit:
 Electrical Conductivity σ Seebeck Coefficient S
 $ZT = \frac{\sigma S^2 T}{k_e + k_p}$
 Electron Thermal Conductivity k_e Phonon Thermal Conductivity k_p

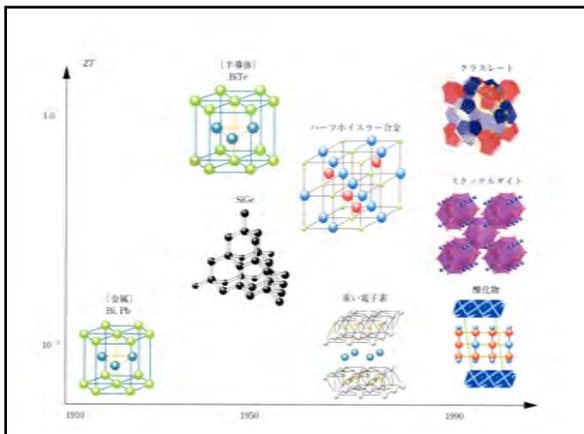
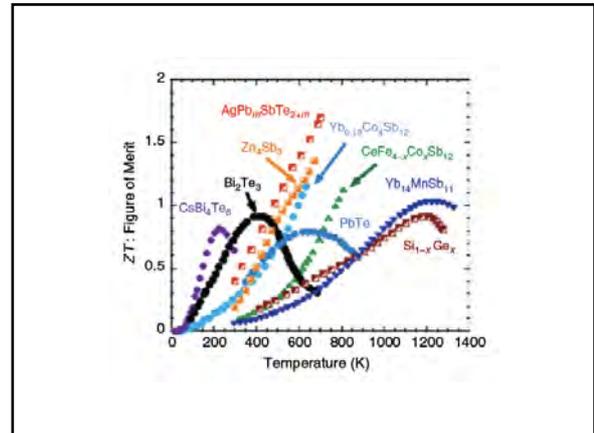


表 2. 有機材料および典型的な無機材料 Bi₂Te₃の熱電特性パラメータ。

物質	P(EIOPV-co-PV)	TTF-TCNQ	Pentacene /TCNQ	Bi ₂ Te ₃
測定温度 T (K)	313	300	298	300
ゼーベック係数 S (μV/K)	47.3	28	200	150
電気伝導率 σ(S/cm)	349.2	5x10 ⁴	0.43	1300
熱伝導率 κ(W/mK)	0.25	1.0	0.48	1.0
パワー因子 S ² σ(μW/mK ²)	78.1	39	2.0	3.1x10 ³
無次元性能指数 ZT=S ² σT/κ	9.87x10 ⁻²	1.2x10 ⁻²	1.3x10 ⁻³	9.5x10 ⁻¹
文献	(b)	(b)	(c)	(d)

(a) Y. Hiroshige et al., Synth. Met. 157, 467 (2007). ポリマー材料
 (b) J. Wusten et al., J. Phys. D 41, 135113 (2008). 電荷移動錯体
 (c) K. Harada et al., Appl. Phys. Lett. 96, 253304 (2010). PN 積層型
 (d) D.M. Rowe, Thermoelectric Handbook Macro to Nano (BocaRaton, FL: CRC, 2006).

$$ZT = \frac{S^2 \sigma}{\kappa_L + \kappa_C} T$$

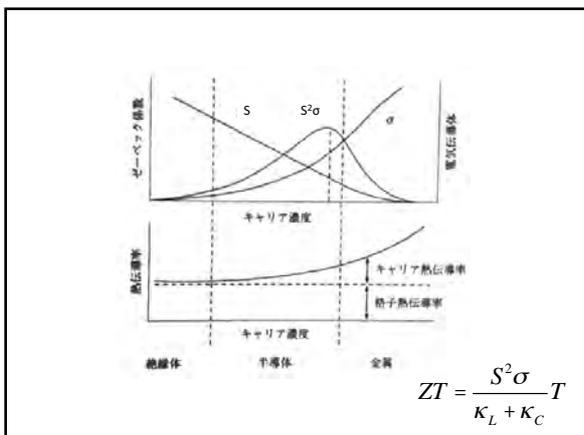


表 3 種々の有機熱電変換材料の熱電特性^(a)

材料 ^(b) (処理・形状)	TPF ^(c) (T) (Wm ⁻¹ K ⁻²)	ZT ^(d) (T)
PANI(未延伸)	1 × 10 ⁻⁹ (345 K)	2 × 10 ⁻¹¹ (345 K)
PANI(延伸 180%)	4 × 10 ⁻⁹ (345 K)	4 × 10 ⁻¹² (345 K)
PANI(多層)	5.5 × 10 ⁻⁹ (313 K)	6 × 10 ⁻¹² (313 K)
PPy(膜)	2 × 10 ⁻⁶ (423 K)	3 × 10 ⁻¹¹ (423 K)
PPy(マイクロチューブ)	3 × 10 ⁻⁹ (313 K)	—
P(MeOPV) (未延伸)	7 × 10 ⁻⁹ (313 K)	—
P(MeOPV-co-PV) (延伸 440%)	7 × 10 ⁻⁹ (315 K)	1 × 10 ⁻¹¹ (315 K)
P(EIOPV-co-PV) (未延伸)	5 × 10 ⁻⁹ (315 K)	3 × 10 ⁻¹¹ (315 K)
P(EIOPV-co-PV) (延伸 310%)	7 × 10 ⁻⁹ (315 K)	1 × 10 ⁻¹¹ (315 K)

^(a) PANI: polyaniline, PPy: polypyrrole, P(MeOPV): poly(methoxyphenylenevinylene), P(MeOPV-co-PV): poly(methoxyphenylenevinylene-co-phenylenevinylene), P(EIOPV-co-PV): poly(ethoxyphenylenevinylene-co-phenylenevinylene)
^(b) TPF: thermoelectric power factor, ZT: thermoelectric figure-of-merit

Organic Semiconductors for Thermoelectric Applications

M. SCHOLDT et al., Karlsruhe, J.ELECTRONIC MATERIALS, Vol. 39, 1589, 2010

The thermoelectric performance of thin films fabricated from two commercially available, highly conductive polymer formulations based on poly(3,4-ethylenedioxythiophene):poly(styrenesulfonate) (PEDOT:PSS) was investigated. In order to enhance the electrical conductivity, the high-boiling solvent dimethyl sulfoxide (DMSO) was added. By changing the content of DMSO the electrical conductivity was increased by a factor of two without changing the Seebeck coefficient or the thermal conductivity. We achieved $ZT = 9.2 \times 10^{-3}$ at room temperature upon the addition of 5 vol.% DMSO to the PEDOT:PSS formulation.

Table I. Thermoelectric properties of PH750, PH500, and PH510 in comparison with the standard inorganic thermoelectric material bismuth telluride

PEDOT:PSS	T (°C)	S (μV/K)	σ (S/cm)	Power Factor (μW/m K ²)	κ (W/m K)	ZT
PH750	31	13.5	570	10.4	0.34	9.2×10^{-3}
PH500	27	14.6	330	7.0	0.32	6.6×10^{-3}
PH510 ^a	-	12.6	269	4.8	(0.2) ^b	(7.1×10^{-3}) ^b
Bi ₂ Te ₃ ^c	23	-150	~1300	3.1×10^3	1.0	-0.95

分子エレクトロニクス

Molecular Electronics

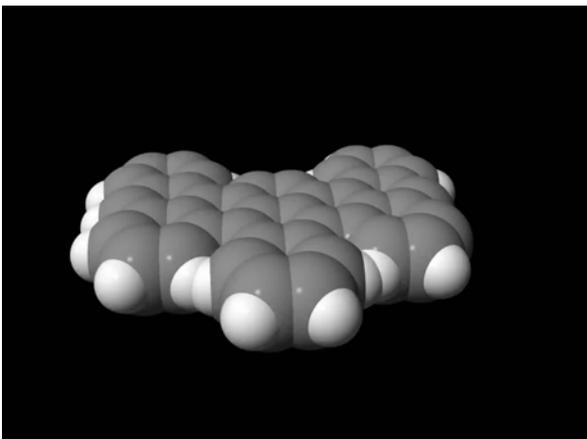
Molecular-based Electronics Molecular-scale Electronics

有機エレクトロニクス 分子スケールエレクトロニクス
有機薄膜デバイス Single Molecule Electronics
Organic EL, Organic FET

1 μm 100 nm 10 nm 1 nm

OLED-TV Flexible Display Carbon-nanotube Transistor Molecular LOGIC GATE

commercialized exploratory



コンピューターの歴史

http://www.cheng_eng.himeji-tech.ac.jp/sanki/jyohou/rekisi.html
<http://www-6.ibm.com/jp/event/museum/museum/rekishi/history.html>

1945年 ENIAC
真空管 18800本
重量 30 t
面積 165平米
消費電力 140 kW

1965年 IBM STRETCH
トランジスター 15万個

1977年 Apple II

1981年 NEC PC-9801

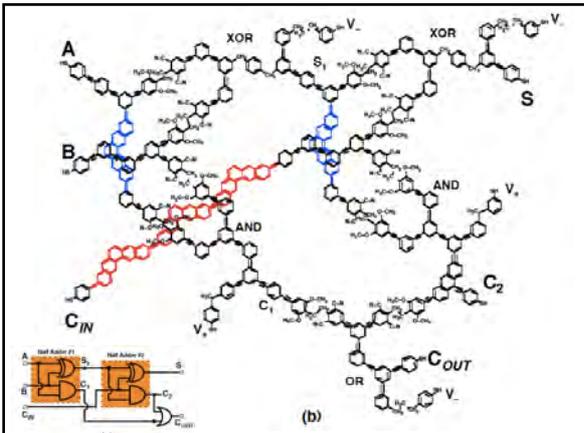
(b)

A	B	C
0	0	0
1	0	0
0	1	0
1	1	1

Architectures for molecular electronic computers:
1. Logic structures and an adder designed from molecular electronic diodes. C. Ellenbogen and J. C. Love. *Proceedings of the IEEE* **88**(3), 386-426 (2000).

(a)

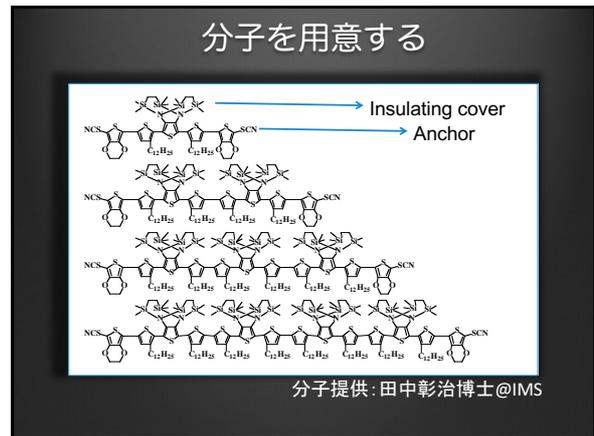
A	B	C
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	1



そこが知りたい!

Q オームの法則は成り立つのか?
= 分子の長さに対して電気抵抗はどう変化するのか?

電気抵抗は、長さに比例する。 電気抵抗は、長さに???



合成済み主骨格構築用パーツ群: 三端子系と組み合わせて高次システム化

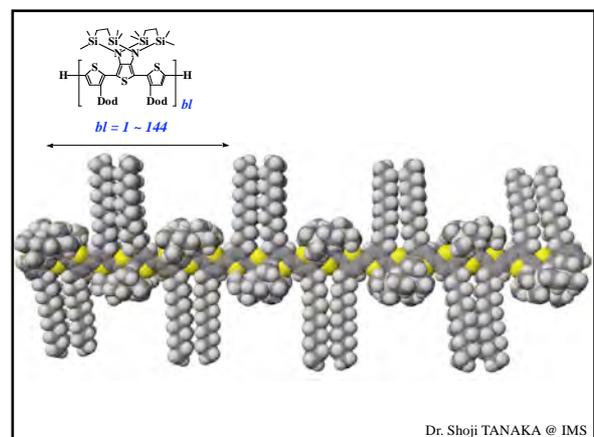
メインフレーム用

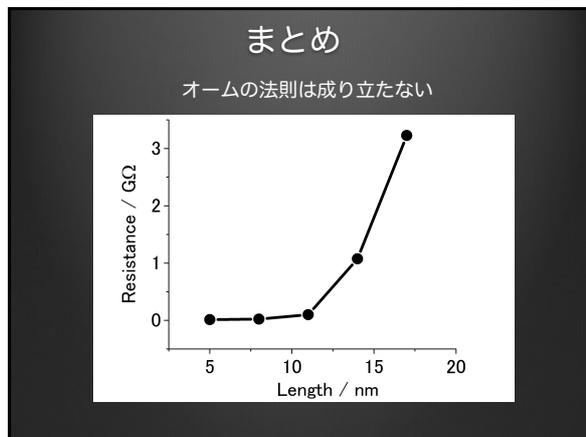
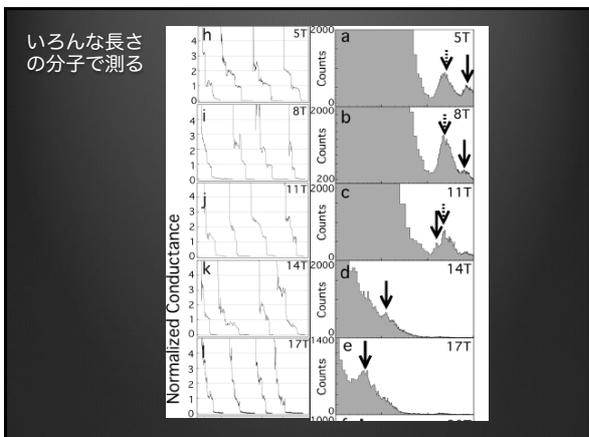
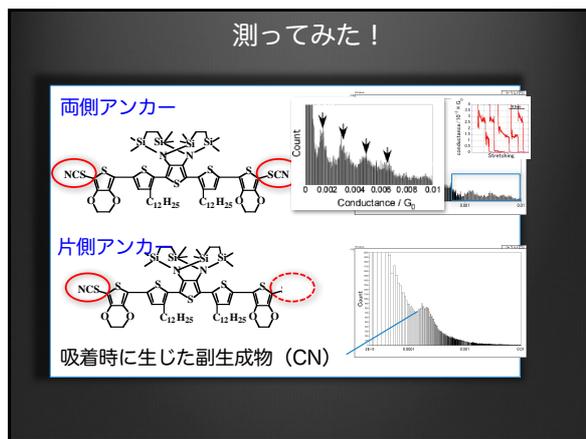
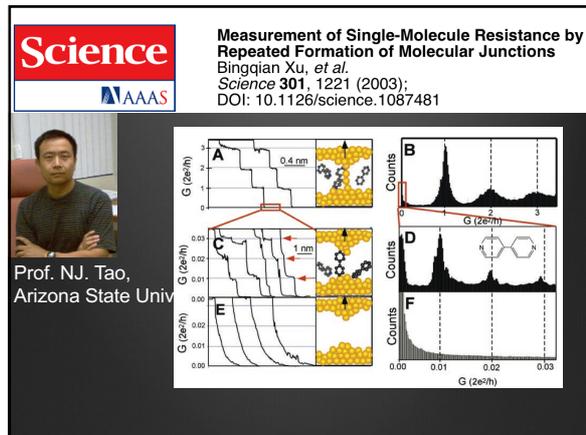
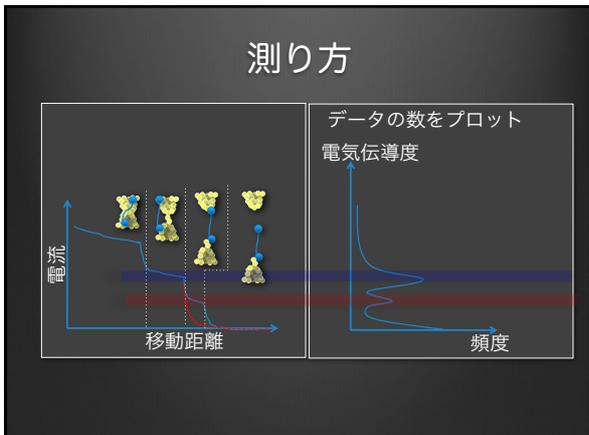
3T-Si-Dod
6T-Si-Dod
9T-Si-Dod
12T-Si-Dod
15T-Si-Dod
18T-Si-Dod
21T-Si-Dod
24T-Si-Dod
36T-Si-Dod
48T-Si-Dod
72T-Si-Dod
96T-Si-Dod
144T-Si-Dod
192T-Si-Dod
288T-Si-Dod
432T-Si-Dod

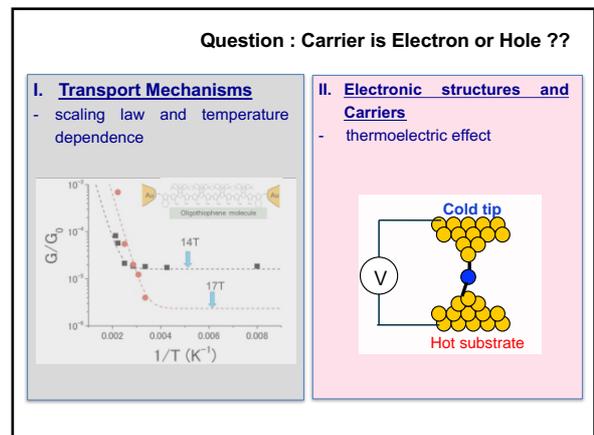
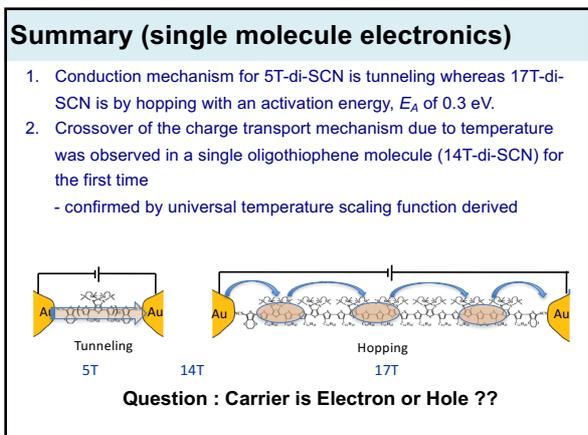
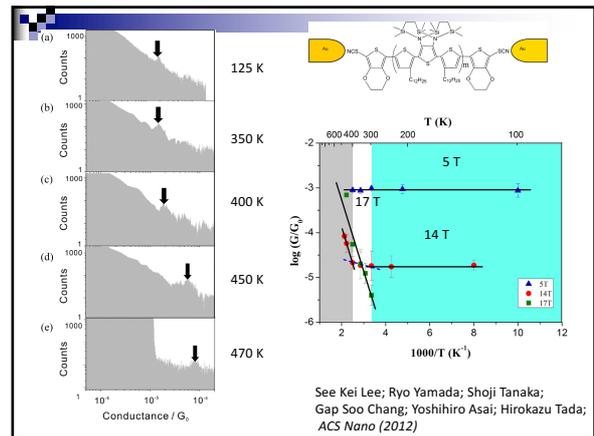
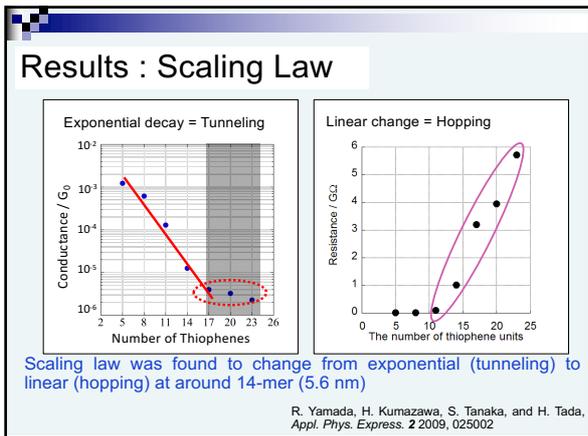
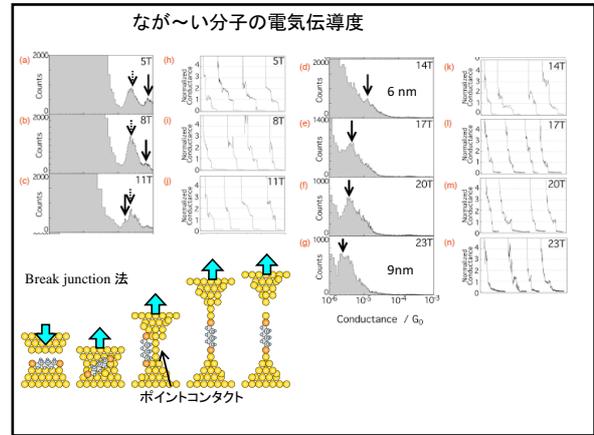
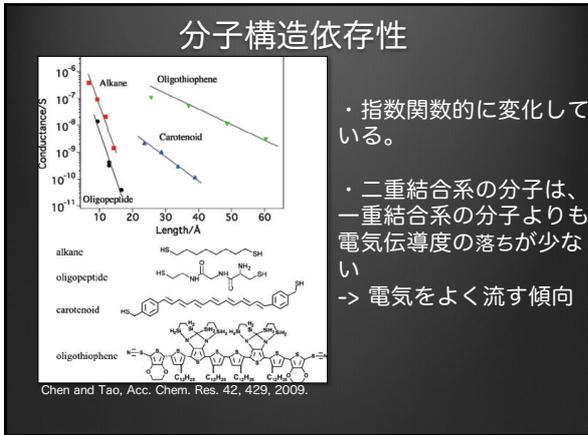
10 nm

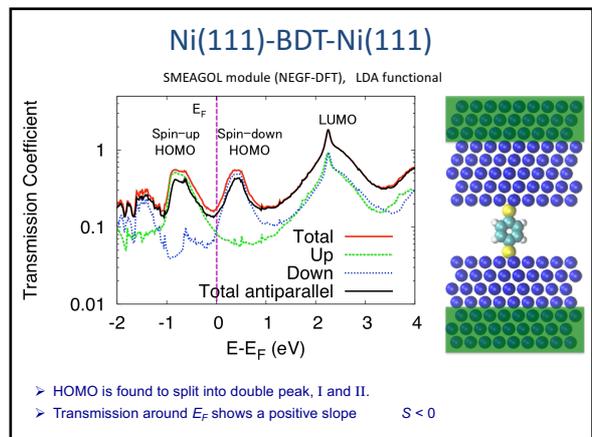
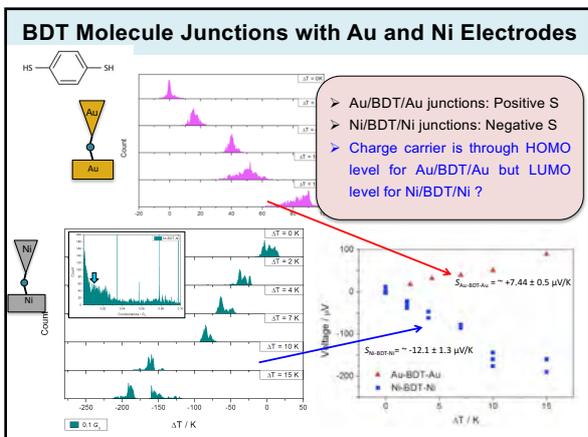
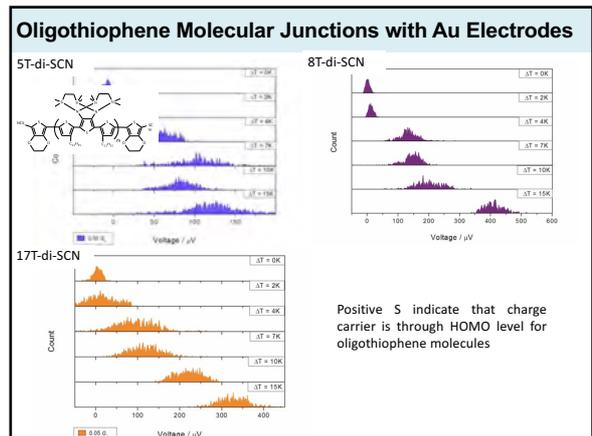
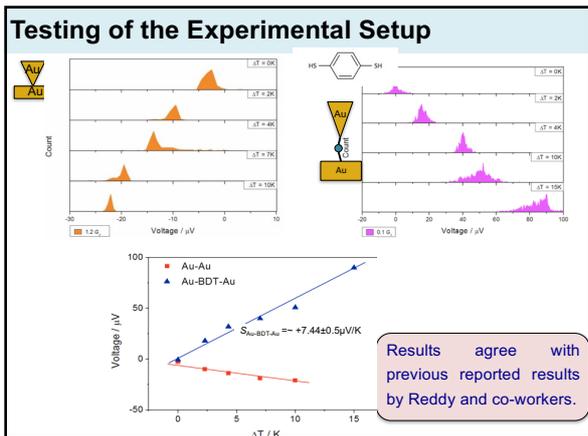
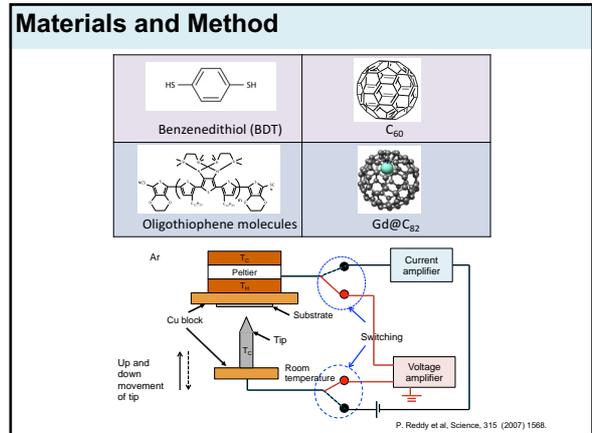
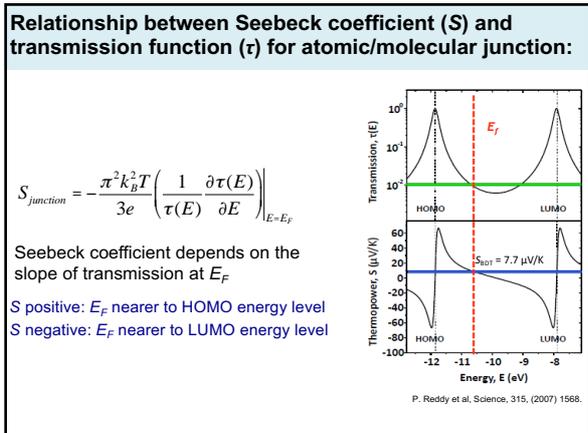
← 最長 Tour 分子 (16 nm)

Dr. Shoji TANAKA @ IMS









Summary 2 (Seebeck Coefficient)

- Charge carrier for oligothiophene molecules are holes.
- Spin splitting of HOMO level in Ni-BDT-Ni junction was observed.

ST-di-SCN

Seebeck coefficient plots for Au-BDT-Au and Ni-BDT-Ni junctions.

$S_{Au-BDT-Au} = -12.1 \pm 1.3 \mu\text{V/K}$

$S_{Ni-BDT-Ni} = +7.44 \pm 0.5 \mu\text{V/K}$

Rectifying Current-voltage Characteristics of Single-molecule Junctions

K. Minode, M. Yamaguchi, S. Nobusue, T. Ohto, R. Yamada, H. Tada, Osaka Univ. K. Albrecht, K. Yamamoto, Tokyo Institute of Technology

carbazole

Current / nA vs Voltage / V plot showing rectification.

Non-linear Current-Voltage Characteristics in Single Molecule Junctions

Threshold, Diode, Hysteresis, NDR

AND gate

J. C. Ellenbogen and J. C. Love, Proc. IEEE 88, 386 (2000)

Shimozawa et al., J. Comp Physiol A, 168, 553 (1994)

Charge carrier transport mechanism in single-molecule junctions

Resonant tunneling transport

$$T(\epsilon) = \frac{4\Gamma_1\Gamma_2}{(\Gamma_1 + \Gamma_2)^2 + 4(\epsilon - \epsilon_0)^2}$$

$$I(V) = \frac{2e^2}{h} \int_{E_F - eV/2}^{E_F + eV/2} d\epsilon T(\epsilon)$$

$T(\epsilon)$: Transmission

Coupling strength : Γ

Molecular energy level : ϵ_0

Rectification based on ϵ_0

Symmetric Junctions -> Symmetric IV

Asymmetric Junctions -> Asymmetric Energy Shift

P. E. Kornilovitch et al., Phys. Rev. B 66, 165436 (2000).

Rectification based on Voltage Dependent Γ (Proposal)

$G \propto \Gamma_L \Gamma_R$

$\Gamma_{L,R}(V)$

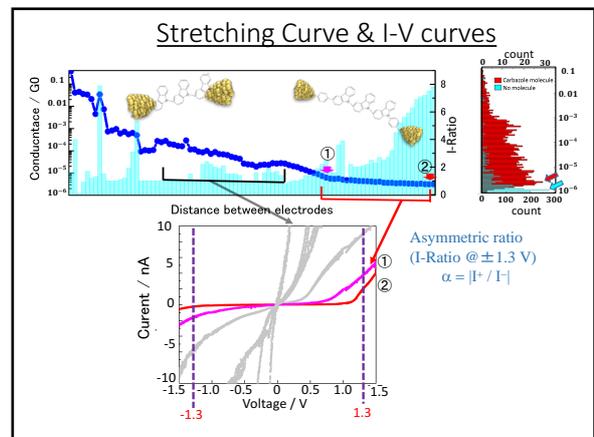
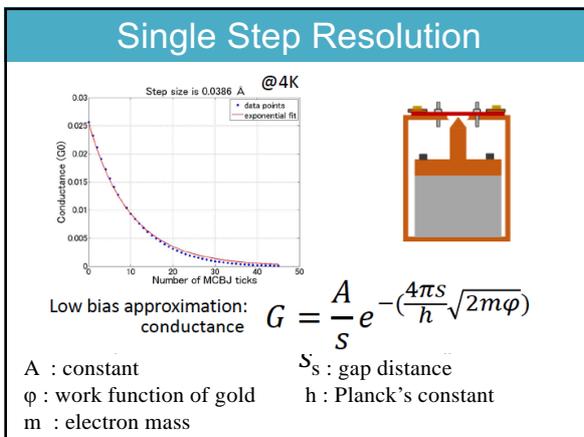
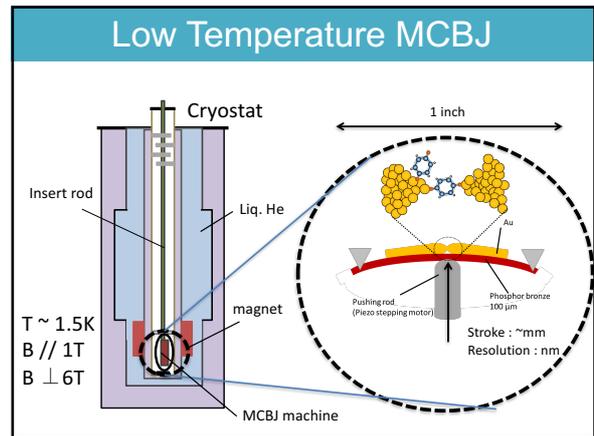
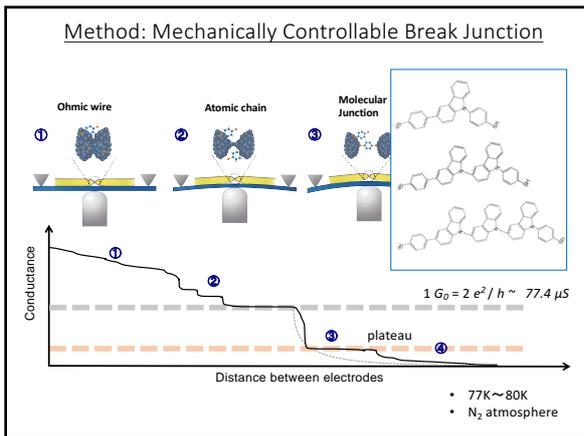
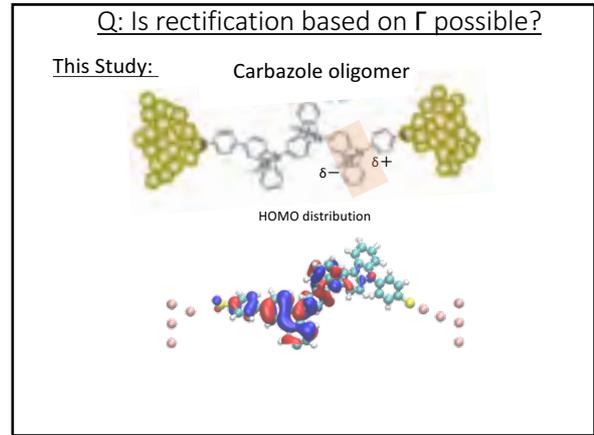
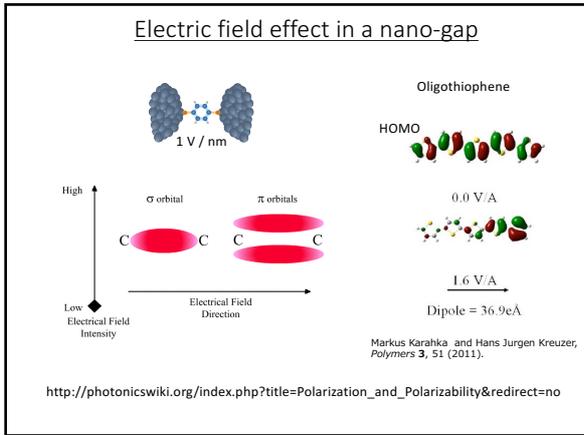
Díez-Pérez, Nongjian Tao et al. Nat. Chem. 1, 635 (2009)

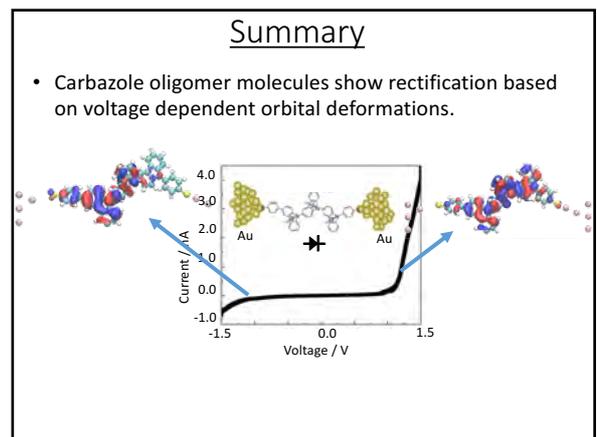
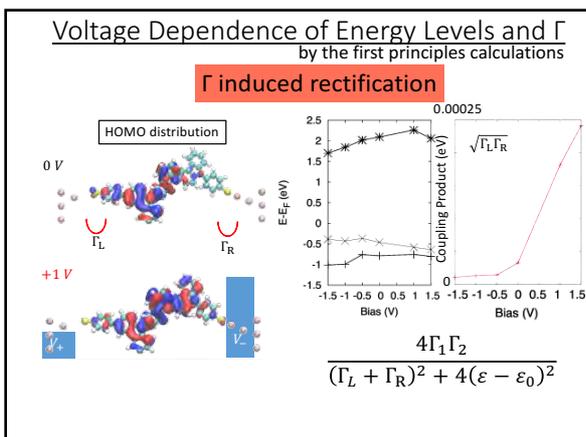
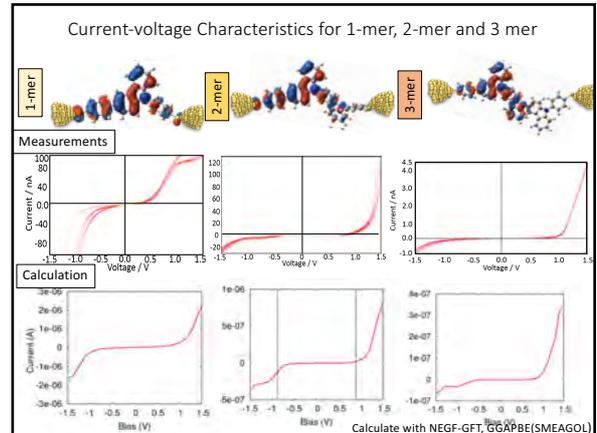
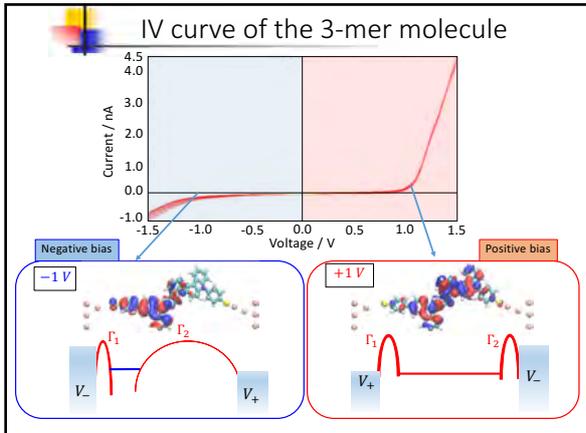
Switch of Conducting Orbital by Bias-Induced Electronic Contact Asymmetry in a Bipyrimidinyl-biphenyl Diblock Molecule: Mechanism to Achieve a *pn* Directional Molecular Diode

Hisao Nakamura, Yoshitake Aoi, Joshua Hihath, Christopher Bucci, and Nongjian Tao

J. Phys. Chem. C 115, 19931 (2011)

J. Nanosci. Nanotechnol. 9, 774-778, 2009





【高大連携企画 セミナー】

「新教育課程における高大接続」

新教育課程とは

大阪大学 全学教育推進機構
川内 正

1 教育改革の流れ

中央教育審議会答申 H26.12.22

高大接続システム改革会議 H27.1.16～最終報告 H28.3.31

理科ワーキンググループ H27.11.10～審議の取りまとめ(報告)H28.8.26

その後も、共通テスト、個別テストについて検討

最新情報：高大接続改革の実施方針等の策定について（平成 29 年 7 月 13 日）

2 授業改革

「知識・技能を受動的に習得する能力が重視されたこれまでの時代の教育」から、
“混とんとした状況の中で新たな価値を創造していく資質や能力を育む教育”へ

高校

学力の三要素 知識・技能 思考力・判断力・表現力 主体性を持って協働して学ぶ態度
「進捗状況」(H29.5.16)では

『生徒の資質・能力を育成する「主体的・対話的で深い学び」(アクティブ・ラーニング)
の視点による学びの改善)について、学習指導要領と一体で議論』

大学

一方的な知識の伝達にとどまる授業も見られる、学生の力を伸ばしているかの社会からの
評価も厳しい。

能動的学習の方法を身に付けてきた多様な入学者の力を更に向上させる。

ディプロマ・カリキュラム・アドミッションの3ポリシーに基づく大学教育。

育成を目指す人材像やそのための具体的な教育活動について明確化・可視化。

スタッフ・ディベロップメントの機会を充実。

3 入試改革

スケジュール (高大接続システム改革会議最終報告 H28.3.31)

4 詳細

求められる学習過程 理科ワーキンググループ審議まとめ H28.8.26 資料 5

共通テスト/個別テスト では記述式重視 (現中3生の大学入試(H33入試)から)

調査書(指導要録)に評価を詳しく記載 調査書の枚数制限撤廃

5 学習指導要領の改訂

新指導要領 高校は平成 34 年度から年次進行

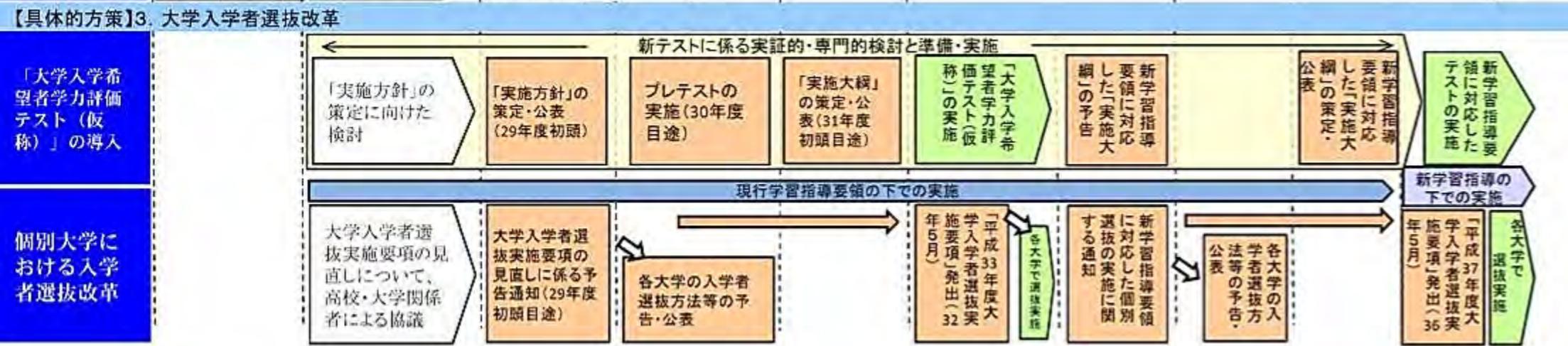
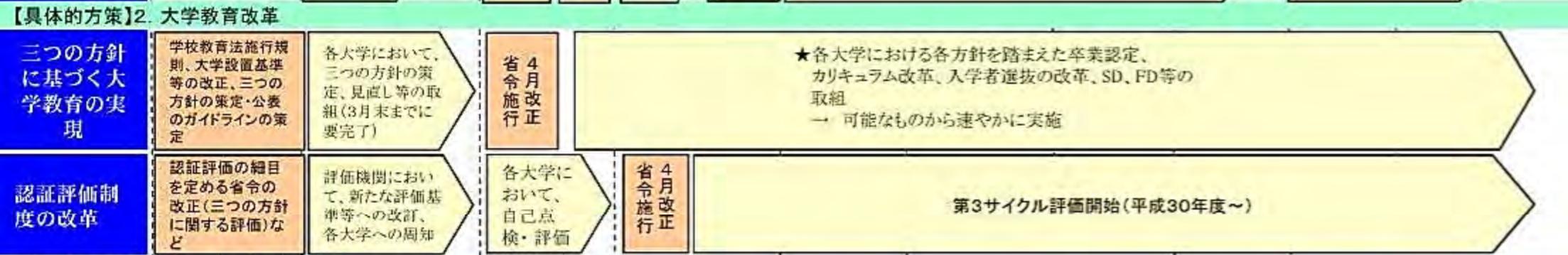
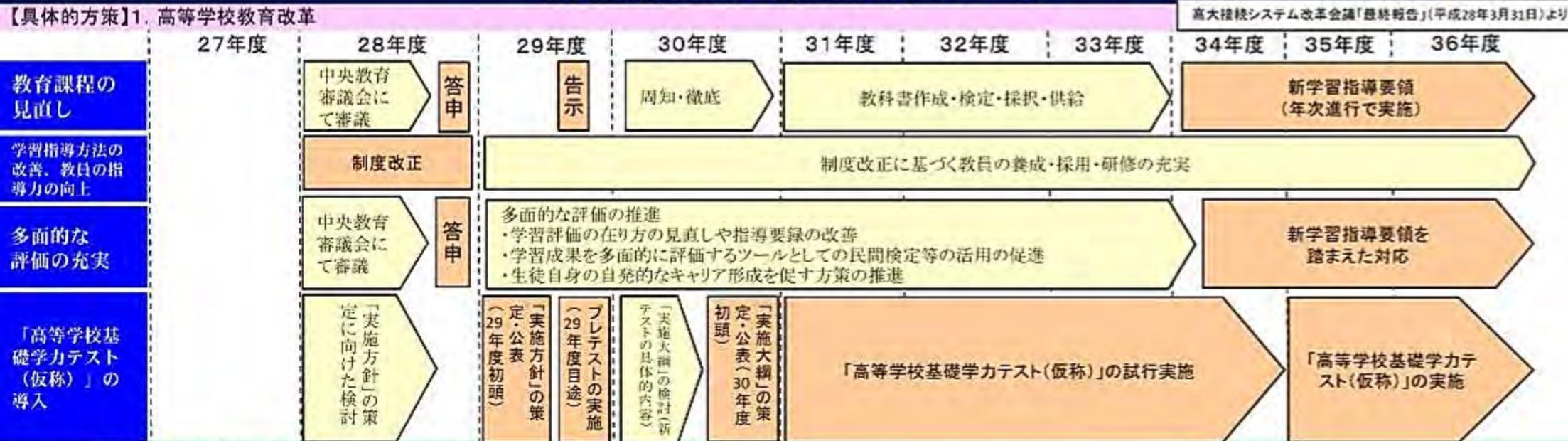
学習指導要領の項目は大きくは変わらないが、教科書の見た目は変わる

中学の例

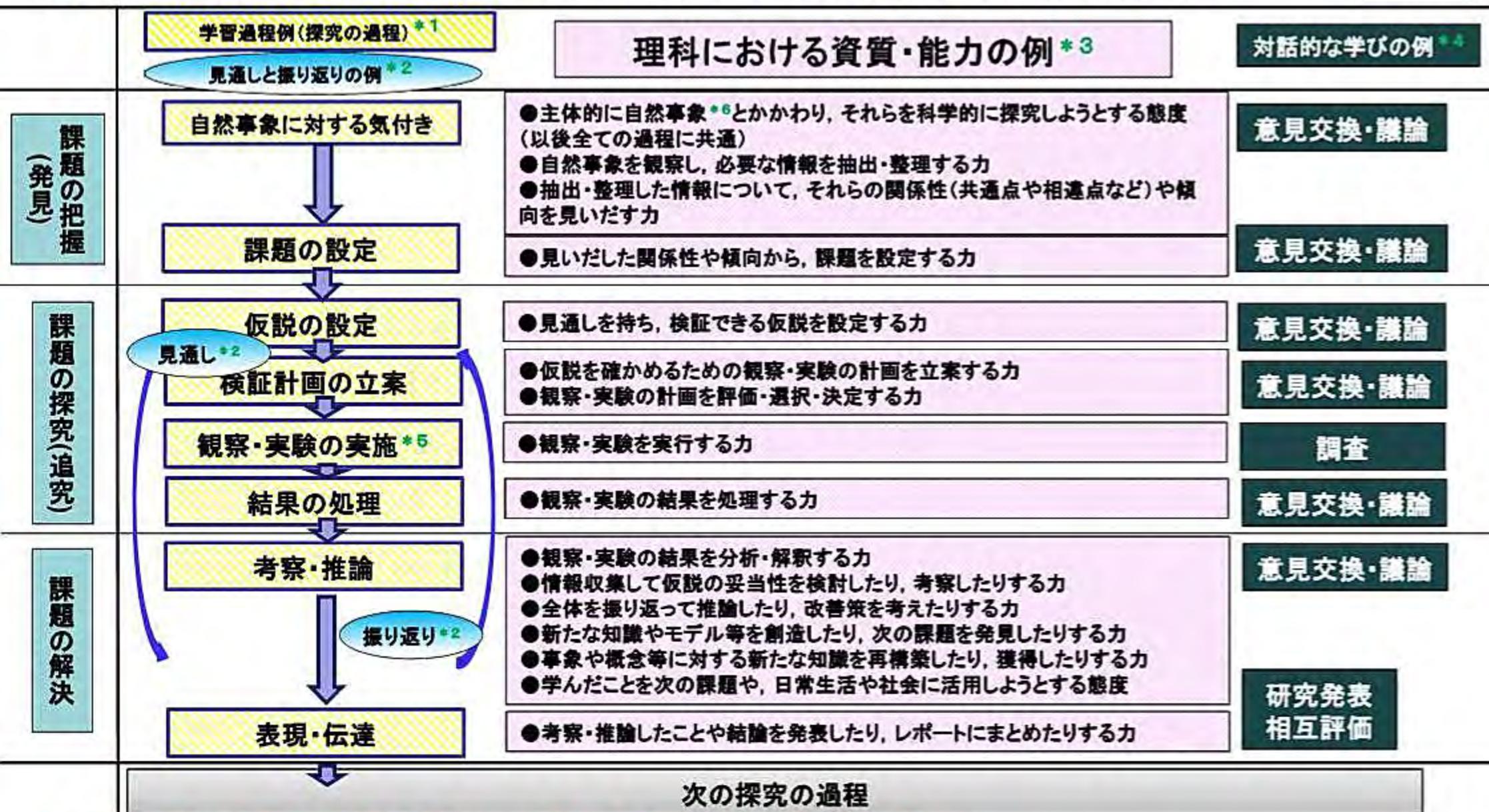
以上のような教育改革の時代に学んできた高校生は大学でどのように発展するのか、これを、生徒を大学に送る高校の立場から、また、生徒を受け取る大学の立場から、考えたい。

高大接続システム改革のスケジュール

高大接続システム改革会議「最終報告」(平成28年3月31日)より



資質・能力を育成するために重視すべき学習過程のイメージ(高等学校基礎科目の例*7)



*1 探究の過程は、必ずしも一方向の流れではない。また、授業では、その過程の一部を扱ってもよい。

*2 「見通し」と「振り返り」は、学習過程全体を通してのみならず、必要に応じて、それぞれの学習過程で行うことも重要である。

*3 全ての学習過程において、今までに身に付けた資質・能力や既習の知識・技能を活用する力が求められる。

*4 意見交換や議論の際には、あらかじめ個人で考えることが重要である。また、他者とのかかわりの中で自分の考えをより妥当なものにする力が求められる。

*5 単元内容や題材の関係で観察・実験が扱えない場合も、調査して論理的に検討を行うなど、探究の過程を経ることが重要である。

*6 自然事象には、日常生活に見られる事象も含まれる。

*7 小学校及び中学校においても、基本的には高等学校の例と同様の流れで学習過程を捉えることが必要である。

物理教育として 高校が大学に求めるもの

大阪府立豊中高等学校
理科(物理) 堀田暁介

目次

1. 本校のSSHの取組
2. 高校物理における「主体的・対話的で深い学び」の実践
3. 課題研究などの探究的な活動についての実践
4. 「高校物理」として評価したい観点について
特に数学や生物と比較して
5. これからの物理教育に向けてまとめ

1. 本校のSSHの取組



豊中高校のSSHの取組

○H22年度～ 第1期 H27年度～ 第2期

○文理学科160名のうちおよそ6割の生徒が理数系課題研究

○実験、科学コミュニケーション、研修旅行、課題研究などを充実

⇒ 生徒の興味・関心

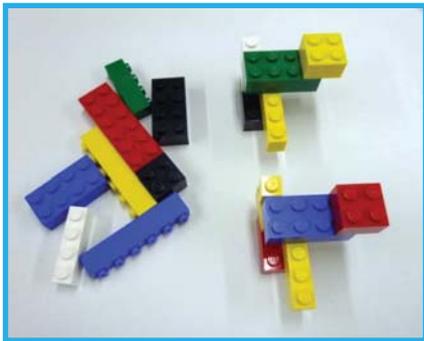
⇒ 思考力、判断力、表現力

⇒ 倫理観、独創性、集団による課題解決

○人材開発からカリキュラム・システム開発へ

⇒ 体系的な評価法、中高大接続

レゴブロックを用いた表現力育成実習

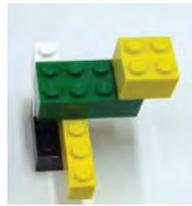


1. ブロックで好きな形をつくる

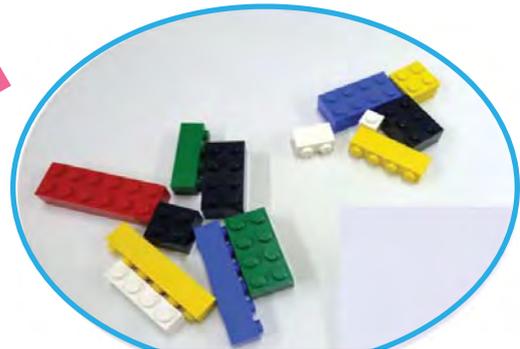


2. レシピをかく

4. レシピをもとに再現

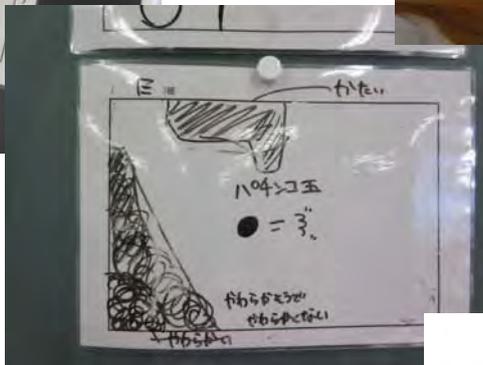


5. 答え合わせ

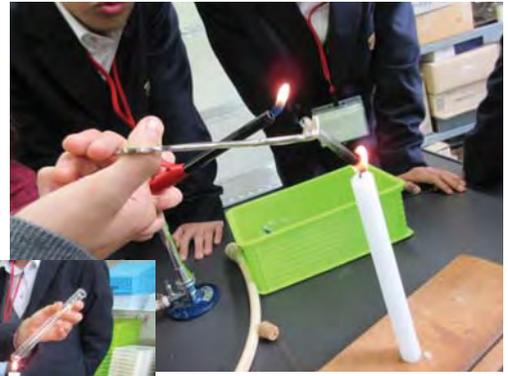


3. ブロックをばらしてレシピとともに次の人に渡す

Dark matter in a Box

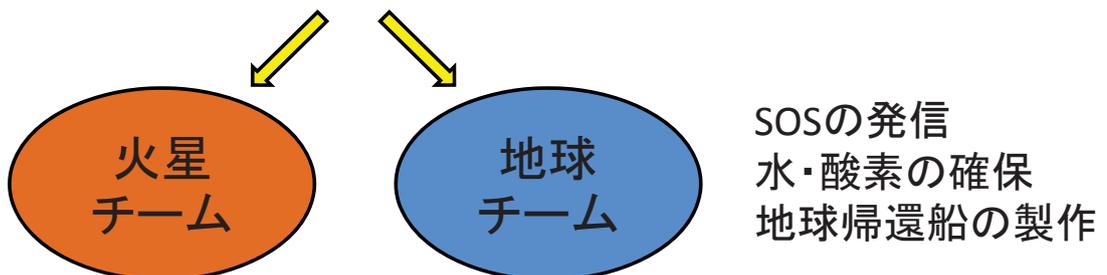


ろうそくの科学

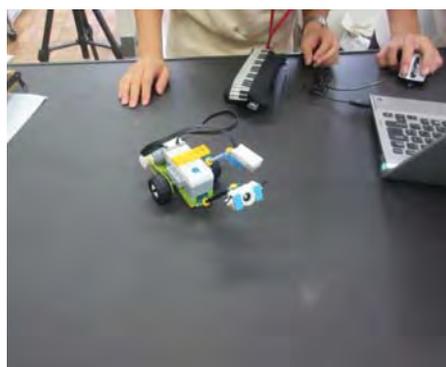


The Martian (火星のサバイバル実習)

- **Commander (司令官)** 全体のミッション、ルールの掌握
- **White-hacker (情報分析官)** モールス信号の練習
- **Mechanic (機械工)** 蒸留装置の製作
- **Alchemist (化学者)** 気体の捕集法
- **Road-runner (操縦士)** Legoのプログラミングとロボット製作
- **Botanist (植物学者、生物学者)** 酵素のはたらきで酸素発生



The Martian (火星のサバイバル実習)



2. 高校物理における 「主体的・対話的で深い学び」の実践

学習指導要領(物理分野)より

- ・日常生活や社会との関連(物理基礎)
 - ・物理学的な事物・現象に対する探究心を高める(物理)
 - ・目的意識をもって観察、実験などを行う(物理基礎、物理)
 - ・物理学的に探究する能力と態度を育てる(物理基礎、物理)
-
- ・物理学特有の考え方や物理学的に探究する方法を**観察や実験などを通して**学ばせる(物理基礎 解説)
-
- ・**探究の過程を重視**した指導
 - ・幾つかの事物・現象が**同一の概念によって説明できることを実感**させたり、習得した概念や原理・法則を基に、**その他の事物・現象の結果の予測や解釈**をさせたりする(物理 解説)

高校物理における実践

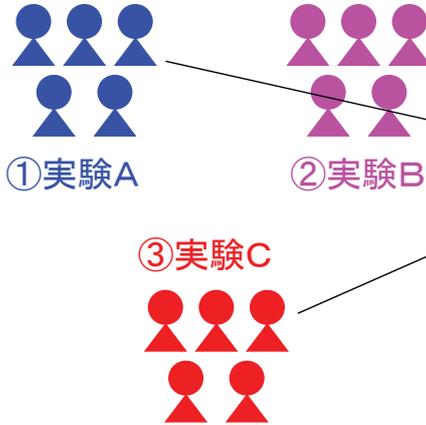
- 毎回の生徒実験(目標20分)
 - ・確認実験よりは導入として「法則の発見」を重視
 - ・演習問題も兼ねる
 - ・各班1台のホワイトボード
 - ・グラフ、データの取り扱い
 - ・集団でやるからこそその深み

- 表現力を育てるための実験レポート課題
 - ・ルーブリックによる評価

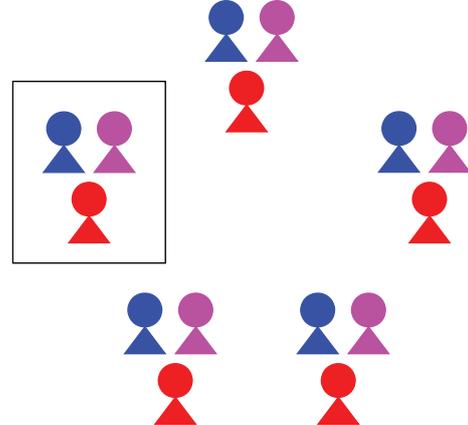
- 実験や問題演習でジグソー法的な手法を活用

ジグソー法

• エキスパート班



• ジグソー班



責任感の付与 ⇒ 積極性・集中力の向上

作業の分担 ⇒ 時間の節約

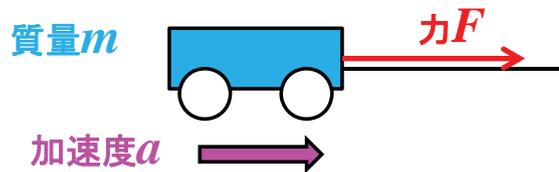
情報共有の必要性 ⇒ 議論が活発化

情報を統合してこそ新たな発見 ⇒ 理科実験の醍醐味

「探究の過程を重視」

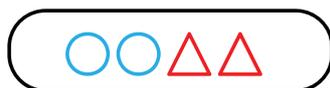
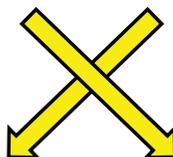
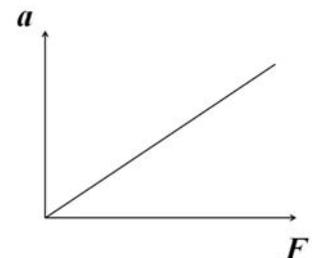
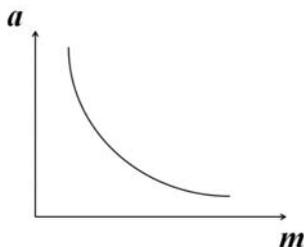
○運動の法則の検証

$$ma=F$$



加速度を測定

質量を変えるグループ + 力の大きさを変えるグループ

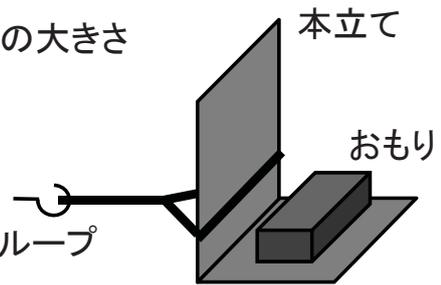


新法則の発見!

「探究の過程を重視」

○物体が動き出す直前の摩擦力(最大摩擦力)の大きさ

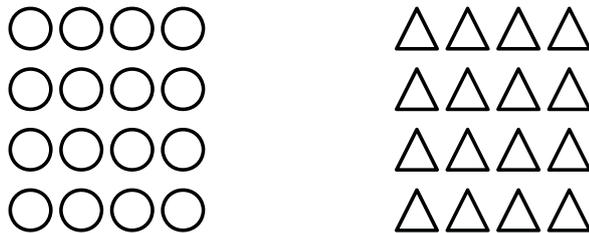
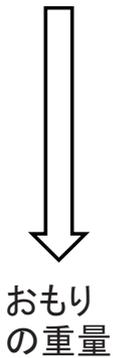
- ・接触面積によらない
- ・物体の重量に比例



接触面積大のグループ + 接触面積小のグループ

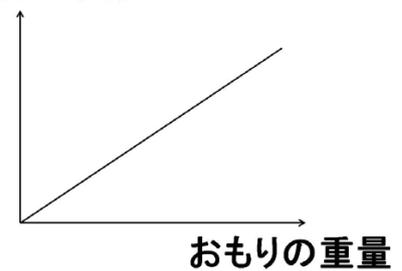


共有



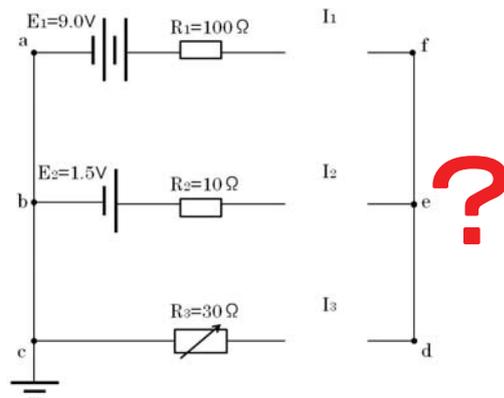
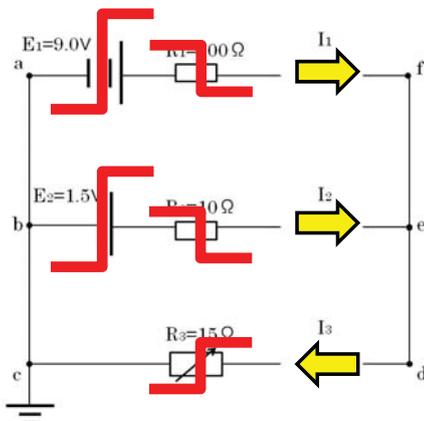
クラス全体の結果でも
新法則の発見！

最大摩擦力



「同一の概念で説明できることを実感させる」

○電流の向き・大きさを予測しながら実験 ⇒ 電流概念の形成
⇒ 電圧降下、起電力の計算から電位概念の形成

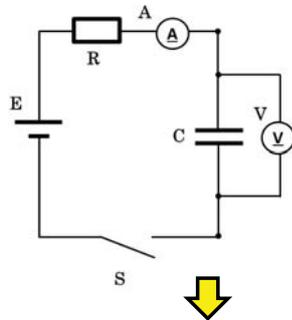


○概念から法則へまとめる

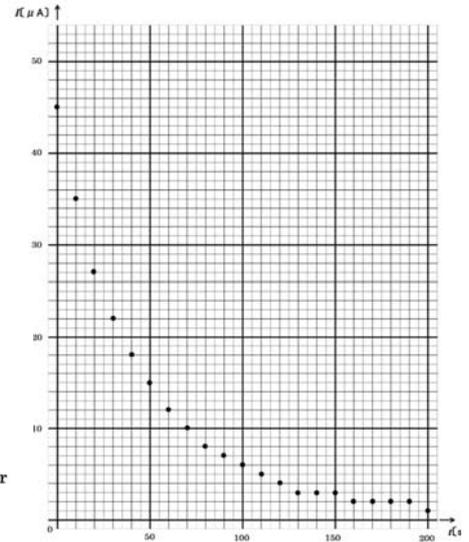
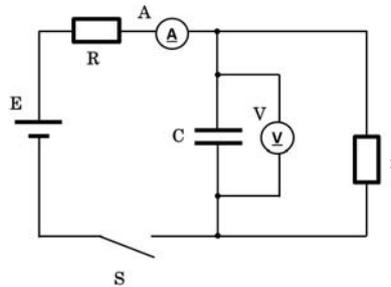
⇒ 「任意の分岐点」、「任意の閉経路」

「習得した概念を基に結果を予測・解釈」

- 「スイッチを閉じた瞬間にRを流れる電流を求めよ」
⇒「Rを流れる電流のグラフから抵抗Rを求めよ」



- 実験結果から
内部抵抗の考察



実験レポートのルーブリック評価

「58比熱の測定」の実験レポート 観点別評価シート				
	Great Step for Science (3)	Steady Second Step (2)	Small, but First Step (1)	
目的	<input type="checkbox"/> どのような実験の中で何の関係をを用いてどんな物理量を求めようとしているかが詳細かつわかりやすい言葉で正確に述べられている	<input type="checkbox"/> どのような実験の中で何の関係をを用いてどんな物理量を求めようとしているかが正確に述べられている	<input type="checkbox"/> どのような実験か、何の関係をを用いるのか、どんな物理量を求めようとしているのかなどについて述べられている	
理論	<input type="checkbox"/> 言葉による説明を詳しく加えながら、質量や比熱を使って、得た熱量や失った熱量についての方程式が正しく示されている	<input type="checkbox"/> 質量や比熱を使って、得た熱量や失った熱量についての方程式が正しく示されている	<input type="checkbox"/> 得た熱量や失った熱量について、質量や比熱を使って表そうとしている	
道具・実験操作	<input type="checkbox"/> 図を交えて自らの言葉で道具の使い方や作業手順の説明が示され、注意点や工夫点、実験上のコツなどの情報も加えられている	<input type="checkbox"/> 図による説明や、注意点や工夫点、実験上のコツなどの情報は少ないものの、道具の使い方や作業手順の説明が不足なく示されている	<input type="checkbox"/> 道具の使い方や作業手順の説明が部分的に示されている	
結果・考察	<input type="checkbox"/> 実験値が図や表を用いてわかりやすく、正しく整理されており、結果を導く手順が詳しく示されている	<input type="checkbox"/> 実験値が正しく整理されており、結果が正しい手順で導かれている	<input type="checkbox"/> 実験値が部分的に示されている	
	<input type="checkbox"/> 有効数字と測定の精度に注目して、誤差の原因の可能性を場合わけしてそれぞれを定量的によく分析している	<input type="checkbox"/> 有効数字と測定の精度に注目した定量的な議論には至らないものの、誤差の原因について定性的な可能性がいくつか記されている	<input type="checkbox"/> 誤差の原因について、実験操作の不備など部分的に挙げられている	
積極性	<input type="checkbox"/> 追加の実験についても自ら進んで検証を行っており、理論を応用して追加の結果まで正しく導いている	<input type="checkbox"/> 追加の実験についても自ら進んで検証を行っており、理論を使って追加の結果を導いている	<input type="checkbox"/> 必要最低限の実験および検証は行うことができた	

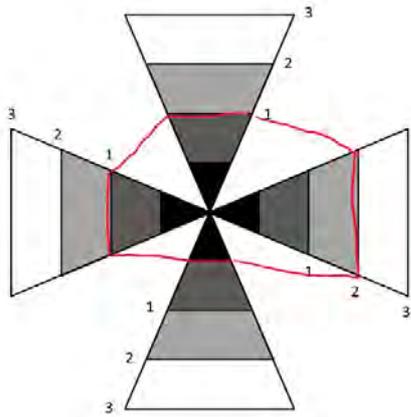
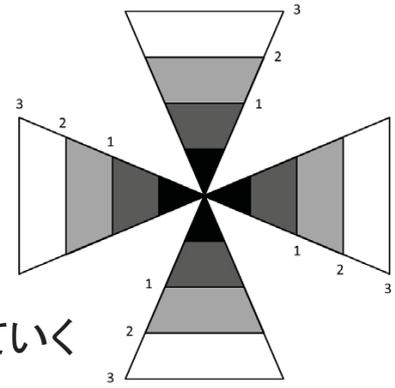
この指標を参考に
してほしい

全員が到達してほしい

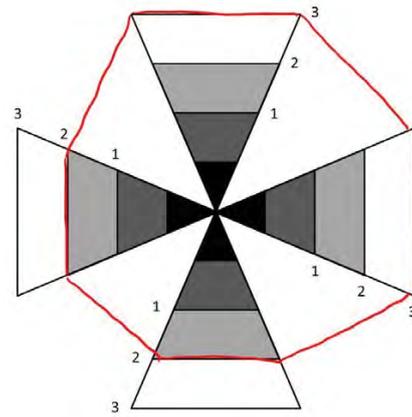
集団としての成長を測る

○順に難しくなっていく3つの課題を用意

○実験と対話を通して集団の理解が深まっていくことを具現化・実感させる



実験前



実験後

3. 課題研究などの探究的な活動についての実践

物理の課題研究

○興味・関心を最大限尊重

- ・流体力学(紙飛行機、竹トンボ、空気抵抗、液体の粘性)
- ・剛体の回転(コマ、自転車、ボールの回転、スイートスポット)
- ・多体系の物理(砂時計、ドミノ、ジェンガ)...

⇒理論面の理解に大きな関門

○装置開発、パラメータの抽出、誤差の分析に大半の時間

- ・ものづくりの重要性
- ・データを蓄積し、そこから傾向を読み取る作業
- ・新法則の発見や予言との一致という体験そのものではない？

「物理の問題」??

○生徒たちが「物理の問題」としてとらえたい問題、物理の探究活動として体験できる過程

- ・身近な話題で、モデル化が一見容易でない
- ・数値データの中から誤差をかきわけて関係性を見出し、
支配的な現象を特定する作業



○いわゆる「物理の問題」として生徒たちが取り組んでいる問題

- ・文字式によって一般化・抽象化された問い
- ・単純で美しい規則・関係性、方程式 ⇒ 複合的な応用問題

4. 「高校物理」として評価したい 観点について

成長していると実感する力、評価したい観点

- 学び(実験、探究的な活動)に向かう**積極性**
- 思考の過程を他人に対して**自分の言葉で表現しようとする力**
- 他人と**協同的に**学ぼうとする姿勢

- 数値データやグラフから関係性を読み取る物理的な洞察力
- データ処理や実験手法に関わる技能
- 単位や有効数字を適切に扱い、物理的な性質を読み取る力
- (持っている物理的な知識を活用する力)
- (得られた関係性から新たな予言をし、そこから誤差があればその理由を考察する思考力・分析力)
- 複数の情報が統合されてこそなされた新たな発見

一方、生物の探究的活動は...？

○身近な現象に対する素朴な疑問

- ・様々な解釈が可能な現象
- ・実験データから何を読み取るかを**判断**
- ・持っている知識で「こじつける」という論理的な**思考**の過程
- ・「こじつける」ための**表現力**が必要

○「生物の問題を解いていく過程と非常に似ている」

- ・「課題研究経験者は生物の中でも特に記述がよくできる」
- ・「課題研究の未経験者は記述が白紙である割合が高い」

学習指導要領(生物分野)より

- ・日常生活や社会との関連(生物基礎)
- ・物理学的な事物・現象に対する探究心を高める(生物)
- ・目的意識をもって観察、実験などを行う(生物基礎、生物)
- ・物理学的に探究する能力と態度を育てる(生物基礎、生物)

- ・身の回りの生物や生物現象に関心を持たせ、主体的、積極的に関わらせる中で、**問題を見いだす力や科学的な思考力や表現力を育成する**(生物基礎 解説)

- ・共通性と多様性という視点を重視するとともに、生物と環境とのかわりに注目する(生物 解説)



一方、数学の探究的活動は...？

- 「数学の課題研究は難しい！」
 - ・幾何学(折り紙、立体図形...)
 - ・確率論(ポーカー、モンティホール問題)
 - ・和算...

- 「数学的な原理・法則を探究的に学んでいくのは効率が...」
 - ・日常生活との関連を探究的に調べる ⇒ 物理との関連
 - ・問題演習を協同的に行う



学習指導要領(数学)より

- ・基本的な概念や原理・法則の体系的な理解
- ・数学的に考察し表現する能力
- ・数学のよさを認識し、積極的に活用

- ・数学は抽象的で体系的(数学 解説)
- ・生活との関連を重視した学習(数学 解説)

5. これからの物理教育に むけてまとめ

マークシート式問題のイメージ(たたき台)

○課題研究の活動は生きてくるのでは？

- ・観察・実験の場面を通じた探究活動の文脈
- ・グラフや図を用いて表現する
- ・数値データによって議論

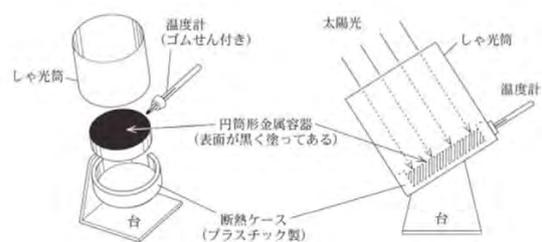
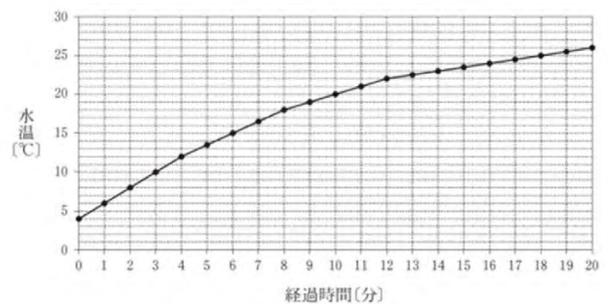
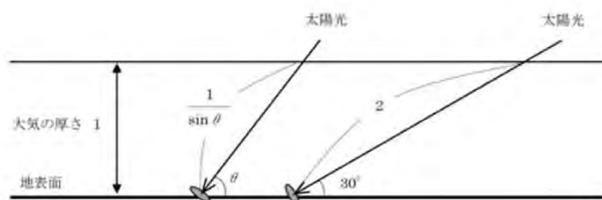


図2



まとめ

○「主体的・対話的な学び」を通して「生徒の学びに向かう力や人間性」は大きく成長させられると実感

- ・ただし「指導と評価は一体」
- ・新たな観点と評価法が必要

○数学の一般化・抽象化 & 生物の科学的な思考過程

○ 主体的・対話的、探究的でないと到達しえない「深み」?

