

先駆的な科学者・技術者の育成を目指す
授業展開と教材開発 その1

筑波大学附属駒場中・高等学校 理科
石川秀樹・梶山正明・真梶克彦
高橋宏和・仲里友一・濱本悟志

先駆的な科学者・技術者の育成を目指す

授業展開と教材開発 その1

筑波大学附属駒場中・高等学校 理科

石川秀樹・梶山正明・真梶克彦

高橋宏和・仲里友一・濱本悟志

本校は2002年度からの3年間、文部科学省によりスーパー・サイエンス・ハイスクール(通称SSH)の研究開発指定校に指名された。これを受け、本校理科として、「先進的な科学者・技術者の育成を目指す中高一貫カリキュラムと教材の開発」というテーマで研究を行う(5年計画)。第1年次は、まず研究の構想と実施計画を表す。加えて、これまで実施してきたカリキュラムと教材を吟味、検討し、2003年度から始まる本校理科の新教育課程に合わせた、中高6年で実施を予定している授業の内容や順序の展開案を示す。

キーワード：スーパー・サイエンス・ハイスクール 中高一貫カリキュラム 教材開発
新教育課程 理科教育

1 はじめに

本校が2002年度から3年の期間で、文部科学省からスーパー・サイエンス・ハイスクール(通称SSH)の研究開発指定校に指名されたのを受けて、「先進的な科学者・技術者の育成を目指す中高一貫カリキュラムと教材の開発」をテーマに、新たなプロジェクトを立ち上げた。(5年計画：1年次は構想、2～4年次は実践、5年次は総括)

まず、本校の理科教育に関する教育課程の特色をあげると、以下のように要約できる。

本校は、中学卒業生120名の全員が併設された高校に進学する連絡進学体制を取っている。教員はみな中高併任で、高校(中学)の担任であっても中学(高校)の授業を担当する。たとえば、中学理科の授業では、物理分野は物理の教員が、生物分野は生物の教員が、学習分野を学期ごとに分けることによって指導している。高校の内容の先取りはしないが、必ずしも教科書や既存のテキストの流れにとらわれないカリキュラムが生まれ、観察や実験を重視した授業が展開されている。高校では、中学での教育内容をふまえ、全員が大学に進学し、さらなる専門的な内容を学ぶことを考慮したカリキュラムを構成してきた。特に、2003年度より実

施の本校の新教育課程では、理系進学者が、物理、化学、生物の3教科すべてを高2から高3で選択履修できるように配慮している。

2 本校のSSHにおける理科の研究の構想

2.1 SSHで実施する理科の研究の内容

SSHでの理科の研究の構想として、以下の6つの内容を考えている。

- (1)高度かつ専門的な技術を使った実験教材、ゼミ教材の開発および実践を行う。
- (2)体系的、継続的に行っていく実験教材の開発および実践を行う。
- (3)現行および新学習指導要領でふれられていない、学際的、融合的な科学教育の開発および実践を行う。
- (4)開発した教材のプログラム化および普遍化を行う。
- (5)教員の資質向上のためのプログラムを開発する。
- (6)部活動の充実をはかるための支援体制の確立する。

2.2 SSHでの理科の研究の方法

2.1の研究内容は、以下の4つの方法で取り組む予定である。

- (1)年間予定の中に公開講座、集中講座を位置づけ、様々な授業を展開する。

(2)先端実験、分析機器の導入、既存の機器の調整など、設備の充実をはかる。

(3)大学や研究所などの専門家の協力を得る。本校教員が大学や研究所に赴いて研修を受けたり、実験のアドバイスを受ける。また、専門家による出張授業や実験を実施し、直接生徒に実験の指導を受けさせる。

(4)中高の連携を意識して、通常授業の充実をはかり、教科内および教科間の連携を密にする。

なお(1)について、2002年度に実施したSSH関連の特別授業は以下の通りである。

①化学特別講座

9/20 藤森 憲(筑波大助教授) ホタルの発光をめぐって

9/27 遠藤泰樹(東大教授) 分子分光学の最先端一週間にある分子を捉まえる

10/11 小倉尚志(東大教授) 振動分光法で探るタンパク質機能発現のしくみ

*配付プリントを資料1～2に示す。

10/18 下井 守(東大教授) 対称性から分子の形を捉える

11/15 菅原 正(東大教授) 進化する機能性物質

11/22 松尾基之(東大教授) 化学の目で見る地球環境

12/12 原 宏(国立保健医療科学院) 大気環境化学としての酸性雨を考える

3/14 野本信也(筑波大助教授) 化合物の極性と分子間相互作用

②生物学特別講座

12/16 小林 悟(岡崎基礎生物学研究所教授) 生殖細胞の作り方

12/19 漆原秀子(筑波大助教授) ゲノム解読～その客席・舞台・舞台裏～

2/18 石浦章一(東大教授) 私たちの心の動きと遺伝子の働き

また(3)について、2002年度に実施したSSH関連の特別企画は、以下の通りである。

5/31 東京大学大学院総合文化研究科関連基礎科学系に、高3理系生徒の希望者を引率、訪問した。

7/30 筑波大学基礎工学類に高校生希望者を引率、訪問した。

8/26-30 岡崎共同研究機構基礎生物学研究所に高校生物部員を引率し、実験指導を受けた。

*資料3のレポートを参照のこと。

3/10-11 下井 守(東大教授)の研究室にて、高1、高2生徒の希望者を対象に、有機鉄錯体の合成と分析に関する実験指導を受ける。

3 本校のSSHにおける理科の研究計画

SSHでの理科の研究は、以下の計画で実行する予定である。

(1)第1年次は、SSHでの理科研究の構想や計画を示し、合わせて中高6年間で実施予定の授業内容や順序の展開案の作成を試みる。

(2)第2年次は、準備・リサーチ・試行段階と位置づけ、各種研究テーマを本格的に実践するための準備を行う。2003年度から実施予定の新教育課程では、理系生徒が物理・化学・生物の3科目とも履修できるようになるので、それに備えた授業内容の研究を進める。具体的には、第3年次に実施予定の実験講座、新教育課程の総合的学習の時間(ゼミナール、卒業研究)で実践できる教材開発を行う。さらに、数学など他教科との連携を進めるために、合同で研究会を開催する。

(3)第3年次は、研究計画の展開・深化・充実を図る。新教育課程の本格的実施にともない、第2年次に準備・試行した教材や教育方法を授業で実際に展開し、課題を分析するとともに、対応を考える。

(4)第4年次は、研究計画の完結および発展期と捕らえ、第3年次に得られた成果をもとに、開発した教材のプログラム化や他の学校でも活用できるような、より普遍的、一般的な教材、教育内容の開発に取り組む。また、大学や研究機関から講師を招いて、現場教員を対象とした実験講習会などを開催し、研究成果を広く還元する。発表した内容は、報告書や刊行物にまとめて発表する。さらに、評価対象学年に対して調査を実施し、カリキュラム実践の成果を具体的にまとめる。

(5)第5年次は、第2～4年次にかけての新教育課程の完全実施を受けて、以下の3点を取りまとめる。

①新しい理科6カ年教育課程の提言

例えば、科学研究者を志し、理科3科目を選択する理系生徒の教育に耐えられるようなものを構築する。オプション・カリキュラムを正規のカリキュラムに組み入れる工夫などを盛り込む。

②詳細な実験マニュアルの作成

現場の教員に実際に役立ててもらえるような実践的なマニュアルを作成し、刊行する。

③学術論文活用の手引書の作成

高校3年生から大学1、2年次生でも利用できるようなもの、大学での教育にも役立ててもらえるようなものを目指す。現状では、大学生が入学後から研究室へ入るまでの間に、学術論文を教材として活用するための手引きがほとんどない状況を打開するための方策づくりを目指す。

4 SSHでの理科各科目の具体的な研究内容

3年間で実施を予定している理科の各科目の具体的な研究内容を以下に列挙する。

(1)物理分野

実験：量子力学への発展で欠くことのできない固有振動の概念形成をめざした力学的固有振動の分析、波動では重要な概念である位相の観点から行う音波・光波の伝播速度の測定、波動特有の回折や干渉を取り扱う超音波による波動の各種実験、電子ビームを使っての比電荷の実験、フランクヘルツの実験などを行っていく。

(2)化学分野

実験：高校化学と大学を結ぶレベルの実験。授業時間内では実施しにくい、有機合成や反応速度などの実験、UV、IR、ガスマトグラフ、NMRなどを活用した機器分析実験。環境測定とその科学（化学）的分析。

ゼミ：高校化学と大学を結ぶレベルの教科書によるゼミ。最先端化学の入門授業、環境と化学、科学的リテラシーに関わる内容

(3)生物分野

実験観察：遺伝子実験システムの充実、non-R1分子検出システムの構築（遺伝子とその発現検出）、蛍光観察システムの構築（蛍光抗体を用いたタンパク質の検出）など、研究現場で現在行われている実験方法を取り入れた新しい教材の開発。

ゼミ：最近の学術論文などから、教材として活用できるようなものを厳選し、あわせて活用方法の検討を行う。

(4)地学分野

実験：デジタルカメラを使用した貝殻の計測と、そのデータに基づく貝類化石の種の形態解析を行う。

5 中高6年間で実施予定の授業内容と順序

本校の49期生を対象とした中高6年間の追跡調査から練り上げた、旧教育課程に基づくカリキュラムと教材を吟味かつ検討し、2003年度から始まる高校の新教育課程にも合わせた、生徒の発達過程と能力の育成を重視した中高一貫の授業展開構想(案)として、資料4～9の表に示す。2003年度以降の3年間に授業を実施した後、カリキュラムとして完成させる予定である。

(付記) 理科以外でも、以下に示すSSH関連の取り組み、企画が実施されている。

①環境科学特別講座

11/6 ゴードン・H・サトー氏（元カリフォルニア大学サンディエゴ校教授：アメリカ科学アカデミー会員） エリトリアにおけるマングローブ林を中心とした食料生産システム構築のための経済援助

②SSH社会科特別講座

2/21 土井香苗（弁護士） もう1つのエリトリアー国際司法ボランティアの取り組みから
3/17 常石敬一（神奈川大教授） 科学者の社会的責任

③東京医学研究機構主催シンポジウム

3/18「脳と心を考える講演会」松下正明(都立松沢病院長)・岩田誠(東京女子医科大学脳神経センター所長)・広川信隆(東大教授)ほか

振動分光法で探るタンパク質機能発現のしくみ

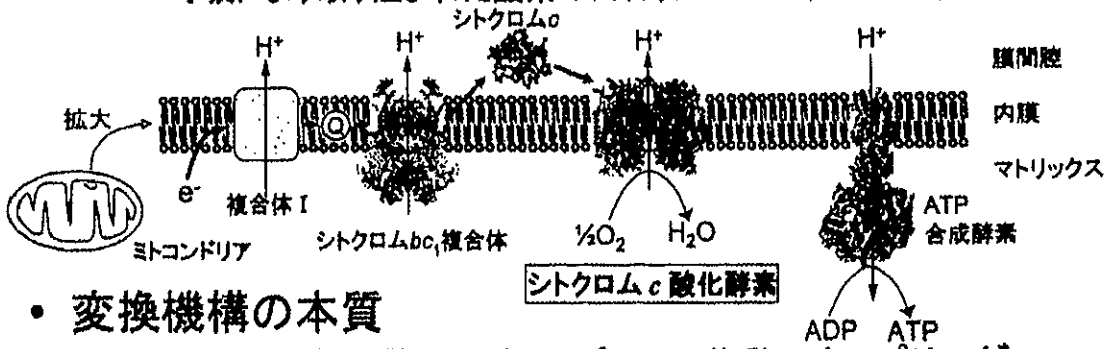
東京大学・大学院総合文化研究科
 広域科学専攻・生命環境科学系 小倉尚志

シトクロム c 酸化酵素

- 生体エネルギー変換の主役となる酵素

- 分子状酸素を水にまで還元する

- 呼吸により取り込まれた酸素の90%以上がこの反応に使われる

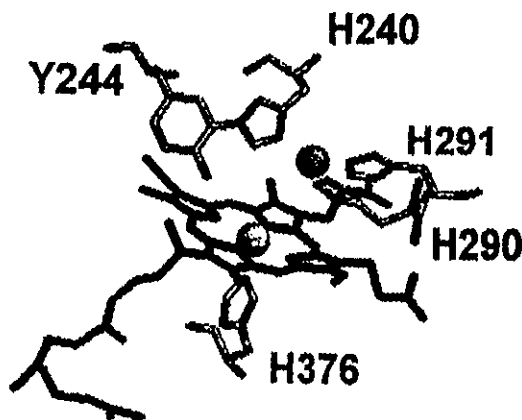
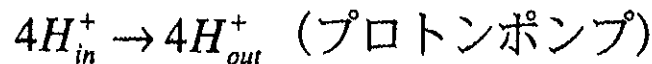
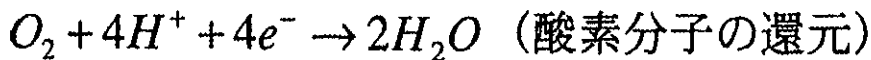


- 変換機構の本質

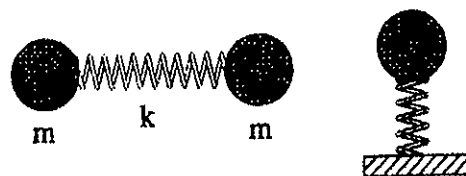
- 電子移動(酸化還元反応)とプロトン移動のカップリング

- 機構の解明には酵素反応中間体の構造を知ることが重要

シトクロム c 酸化酵素の反応

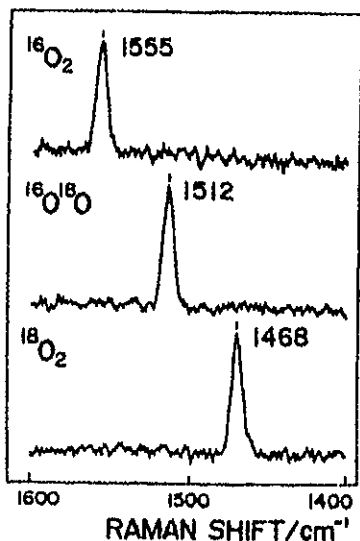


二原子分子のモデルと振動数



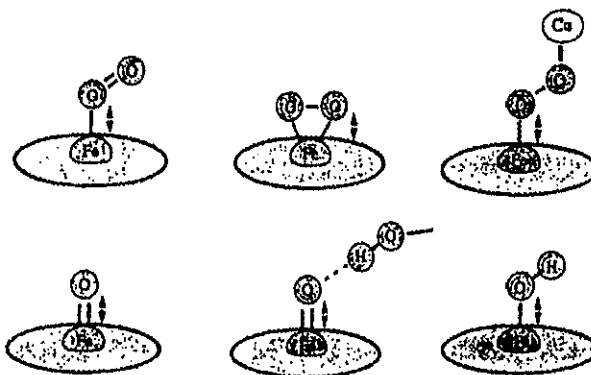
$$\text{振動数 } \nu = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

活性部位の構造 (X線結晶構造解析による)



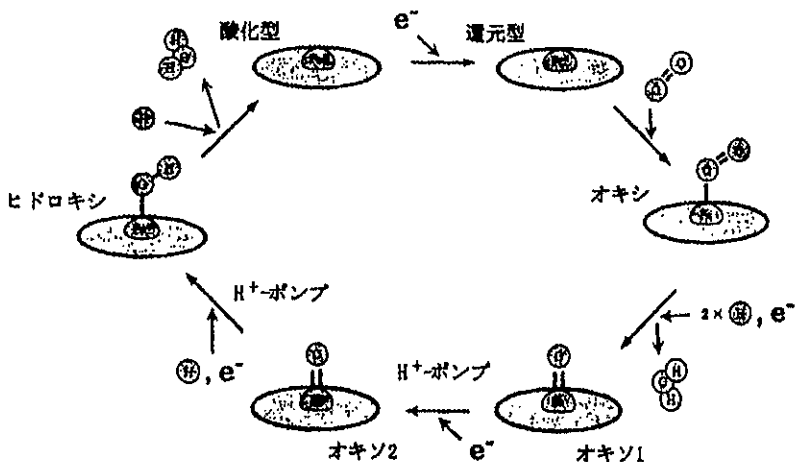
酸素分子（気体）のラマンスペクトル

酸素分子還元反応の考えられる反応中間体

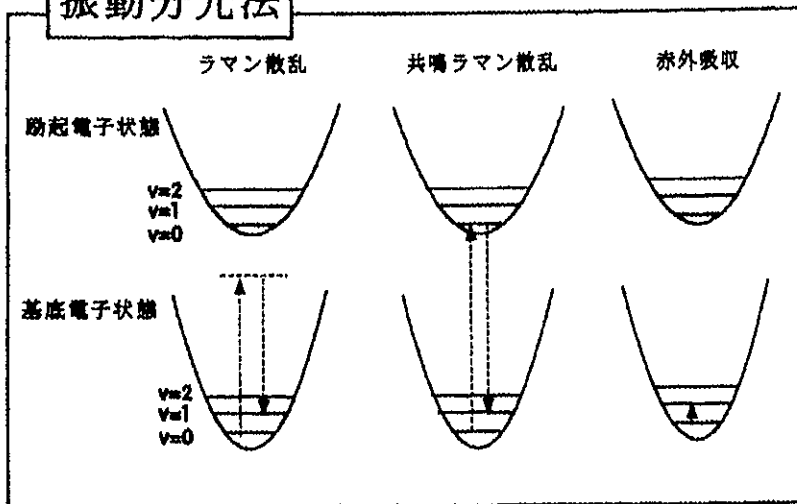


シトクロムc酸化酵素

酸素分子還元反応サイクル（3℃で1周約5ミリ秒）



振動分光法



研究者と実験に取り組む



生物科
仲里 友一

「サイエンスで重要なのは、ライバルに負けてはいけない、独創的な新しい結果を出さないと仕事にならない、食っていけない、ということ。今回は、五日間という限られた期間で、少し無謀とも思える、この仮説の検証実験に取り組ましよう。」岡崎国立共同研究機構 統合バイオサイエンスセンター 小林悟教授の刺激的なメッセージから、このプログラムはスタートした。

昨年の八月二十六日〜三十日、高校二年の生物部員四名とともに岡崎にある基礎生物学研究所にお邪魔した。ここで小林先生の指導のもとに共同で実験研究をじっくりと行う、という内容であった。小林先生は、ショウジョウバエの生殖細胞分化の仕組みに取り組み現在活躍中の研究者で、これまでに、NatureやScienceをはじめとする著名な学術雑誌に数多くの論文を発表しておられる。我々は岡崎市内のビジネスホテルに宿泊し、ここから研究室へと通った。毎日朝九時から夕方七時くらいまで、ただし、ときには夜十時頃まで、実験研究だけのスケジュールになった。単に研究テーマや実

001E 1100111111 岡崎国立共同研究センター

験器具設備を紹介してもらっただけの研究室訪問や、予めお膳立てされた実験講習会とは違う五日間だった。「学術発表にも十分耐えうる、全員のオリジナルな研究を生物の好きな高校生と一緒にやりましょう。」との嬉しいご提案に、賢沢なプログラムが実現した。

ショウジョウバエの左右はどのようにして決まるか? ヒトでは、心臓などの内臓器官を思い浮かべればわかるとおり、左右の違いがある。一方、ショウジョウバエでは、受精卵が、前と後ろ、背側と腹側の区別を獲得していく仕組みについては既にほとんど解明されているものの、左右性についてはまだよくわかっていない。まず、考えられる仮説を挙げ、それを検証するための実験手法を提案し合ひ、この五日間で行える方法に絞り込んでいった。世界中の研究者が左右性を決める遺伝子の探索に取り組んでいる中、別のアプローチで生徒達は挑むことになった。実験を行う上で必要な知識は、講義形式で小林先生が丁寧に解説して下さった。

また、実際の実験ではどうしても生徒には技術的に無理な操作があるので、そこは小林先生に手伝って頂いた。一方で、卵の準備や胚の固定、胚の左右性判定などは生徒達が自力で行った。平面的な顕微鏡像を、ピンントをずらしながら立体空間的な像に再構築していき、胚の中にできた消化管の屈曲方向を判定していく。見ている胚は、遺伝子工学的手法を駆使

し、さらに卵の一部を移植するという操作を加えており、おそらく世界で目の前にしか存在しないようなもの。これらの胚で、左右性がどう変わるかは全く予想もつかないだけに生徒達はとてもエキサイティングしていた。

しかし、実験は万事順調に進んでいったわけではない。三日目の午後、実験操作の遅れから結果が得られないというハ



胚の左右性を顕微鏡で判定する生徒たち

プニングにも遭遇した。夜遅くながらも再実験を計画するのが、ここでギブアップするのか、小林先生は判断を生徒達に委ねた。しばしの間、生徒同士で興奮気味のやりとりがあったが、最後は実験計画を自分たちで立てなおして再実験することに決まった。ようやく出せた明確な実験結果を元に、結果のまとめと、今後の実験計画について高度な議論が繰り広

げられた。また、自分たちの出した結果は学会発表や論文発表に値するのか、もし発表するとすれば今後どんな実験が必要か、といった今後の研究の進め方についても話し合った。生徒達も、今回の実験を何とか自分たちの手で発展、完結させたい意欲をうかがわせていた。

実験の合間には研究室の大学院生とも雑談したりした。「実験の終了予定が夜十一時で、明日は朝四時から実験するよ。」と院生がこともなげに言っているのを聞き、自分の取り組んでいる実験にこの院生がどれだけ熱くなっているかを生徒達は感じ取ったようだ。「研究者って何となく格好良さそうな、魅力的な仕事のように思えるかもしれないが、ひたすら頑張っている泥臭いところも知っておいて欲しい。」という小林先生の言葉が印象的であった。こうして、生徒達の実り多い五日間が終わった。

来年度からは本校でも新指導要領のもとに再編された新しいカリキュラムが展開される。この中では文系理系を問わず、全校生徒が高校二年次の後半から取り組むゼミ学習、さらに高校三年次に行われる卒業研究が計画されている。新しい、本校独自のスタイルの総合学習だ。スーパーサイエンスハイスクールでの実践を足がかりに、大学・研究機関との連携を確立し、本校生徒のゼミや卒業研究が実現できるようになれば嬉しい。

今年度のSS目実施事業は、次号にまとめて掲載させて頂きます。

生徒の発達過程と能力の育成を重視した中高一貫の授業展開構想

1. 中学第1分野の展開構想

学習(指導)項目	観察・観測・実験(演示と生徒実験)項目	理科的思考能力の育成	一般的思考能力の育成 他教科との連動
【身近な物理現象】 1. 光と音 2. 力と圧力	光: レーザー光を使った光の経路実験 凸レンズの作る実像と虚像 凹レンズ・球面鏡の不思議 音: 発音体の振動を見る・真空鈴 シンクロスコープで音の波形を見る 力: 2力および3力のつりあい 水中で受ける力・浮力の測定 空気中の浮力(熱気球を飛ばす)	光の経路の規則性を理解 光の経路差をその規則性から説明 音のメカニズムを定性的に理解 音の経路差をその特性から説明 現象の原因である力の定性的表現 力の定量的表現の導入	・基本的な規則性から論理的に説明する能力の育成 ・幾何的能力の実践(数学との連動)
【身の回りの物質】 1. 物質のすがた 2. 状態変化 3. 気体 4. 水溶液の性質	気: ガスバーナーの使い方 いろいろな物質の性質を調べる 水の状態変化 物質の状態変化と温度 赤ワインの蒸留 空気中の酸素の割合を求める 水素の発生とその性質 毒ガスをつくる(塩素の性質) 一定量の水に溶ける溶質と温度の関係調べる 色々な水溶液の性質を調べる 酸性の水溶液とアルカリ性の水溶液を調べる 中和反応で塩をつくる	物質を科学するための予備的な経験 実験や観察を通して、具体的な物質の性質を探究する姿勢の育成 物質の状態変化についての理解 実験結果の処理方法(グラフ化) 気体の発生・捕集方法とその性質の違いについての理解 溶解、溶解度、再結晶についての理解 実験や観察を通して、具体的な物質の性質を探究する姿勢の育成 酸、アルカリの性質についての理解	・生活と化学(科学)との関連性の認識 ・体で体験する(実験や実技)ことの重要性の認識(体育、芸術との連動) ・観察を表現、再現する能力の育成(図画との連動) ・持続的な学習意欲の育成 ・実験を通しての帰納的な思考方法の育成 ・結果をまとめる抽象能力の育成(数学等との連動)
【電流とその利用】 1. 電流 2. 電流の利用	電: 電流を流す物質と流さない物質 導線と電子の存在 いろいろな導体にかかる電圧と電流 直列・並列回路での電圧と電流 乾電池の起電力と内部抵抗の測定 抵抗で発生する熱量の測定 電流が境界から受ける力 境界の変化と発生する起電力 棒磁石を使った発電機の実験	電流が流れる物質の構造と電子のふるまいの理解 直列回路における電圧、電流の規則性の理解 発熱における電圧、電流、電気抵抗の関係の定量的理解 電流と磁界との基本的な相互作用の定性的認識	・測定結果をまとめる方法の育成 ・定量的な測定法、およびその結果から規則性を見つけた方法の育成 ・具体的現象から抽象的概念を構築する方法の育成
【化学変化と原子、分子】 1. 物質の成り立ち 2. 化学変化と物質の量	炭: 炭酸水素ナトリウムの熱分解 酸化銀の熱分解 水の電気分解 発泡P.Sによる分子模型づくり 化学変化の前後の質量を比べる(解放系、閉鎖系) 銅の酸化反応と質量変化 酸化と還元	原子、分子の概念の導入と、それをもとにした化学変化の理解 化学変化の系統的取扱いか、変化する現象のなかの規則性および不変な量の理解 化学式・化学反応式の導入	・様々な自然現象を説明するために重要な粒子概念の導入 ・自然現象の客観的かつ論理的な表現能力の育成
【運動の規則性】 1. 運動の規則性	演: エアートラックでの物体の滑走 記録タイマーでの速さ測定 写: ストロボ撮影による落下運動の分析	力がない場合の運動の分析と理解 物体の運動の客観的かつ定量的な表現方法の獲得 落下運動を中心に、運動の分析の実践 原因である力と結果である運動の因果関係を定性的に理解	・運動を眺める視点の育成 ・定量的な測定法、およびその結果から規則性を見つけた方法の育成 ・代数的能力の実践と解析的視点の導入(数学との連動)
【物質と化学反応の利用】 1. 物質と化学反応の利用	炭: 酸化銅の還元反応 有機物が燃えてできる物質 水溶液に電気が流れるかどうか調べる 塩化銅の電気分解 塩酸の電気分解とその応用(電池)	原子、分子の概念による化学変化の理解 イオンの導入と、それをもとにした化学変化の理解 電気分解と電池の関係の理解	・粒子概念による微視的視点による自然現象の理解と表現力の育成 ・身近な工業製品の原理についての理解
【科学技術と人間】 1. エネルギー資源 2. 科学技術と人間(総合学習)	写: 製鉄所等見学	酸化還元反応の応用例(金属の精錬)についての理解 工業とエネルギー利用についての理解	・科学・技術が人間の生活にどのように生かされているかについての理解 ・エネルギー・環境問題への関心の育成

II. 中学第2分野の展開構想

学習(指導)項目	観察・観測・実験(演示と生徒実験)項目	理科的思考能力の育成	一般的思考能力の育成 他教科との連携
【植物の生活と種類】 1. 生物の観察 2. 植物のからだのつくりと働き 3. 植物の仲間	観測: 校内の植物の観察スケッチ 観測: 地などの微生物の観察 実験: 種子・裸子植物の花の観察とスケッチ 実験: 根・茎・葉の顕微鏡観察とスケッチ 実験: ホウレン草の光合成色素の抽出 実験: 水草の光合成速度の測定 実験: 観察記録をもとに分類表をつくる	・観察方法、注重点、記録方法の修得 ・植物のからだのつくりの観察、そのはたらきを関連づけて理解 ・観察からの生物の多様性や共通点の認識と、それらを基礎に分類方法の理解 ・顕微鏡を用いた観察の方法の修得および細胞のつくりの理解	・自然を観察する態度の育成 ・生物の多様性と共通性の理解 ・生物のからだの基本単位が細胞であることの導入
【大地の変化】 1. 地層と過去の様子 2. 火山と地震	観測: 地層のつき方 観測: 堆積岩や化石の観察 観測: 土地の隆起と沈降による地形の変化 観測: 断層や褶曲のつき方 実験: 火成岩や造岩鉱物の観察 実験: 火成岩の密度の測定 実験: 地震波の伝わり方、地震のおこるしくみ 実験: 等震線時差と震度分布、震源の深さ	・風化生成物が主に流水のはたらきで浸食・運搬され、海底などに堆積する過程を実際の地形から検証・地層の構造や化石を調べることから、大地の歴史や過去の自然環境を推定 ・地層の形成や不連続から、その地域の地殻変動の歴史を解明 ・マグマの性質と火山の噴火の仕方の因果関係の定性的分析 ・地震波の定量的解析で、震源地からの距離と震度や被害との関係を認識	・観察事項を組み合わせて、論理的に類推する能力の育成 ・人類の進化や生活様式の変化の総合的理解(※)歴史 ・自然現象の因果関係を具体的データから類推する能力の育成 ・人の自然災害への取り組み(※)社会距離と震度や被害との関係を認識
【動物の生活と種類】 1. 動物の体のつくりと働き 2. 動物の仲間	実験: ニワトリ平羽の解剖 実験: 胆汁アミラーゼを用いた消化酵素のはたらき 実験: ウシ血液の凝固実験 実験: 透析膜を用いた消化の役割を調べる実験 実験: メダカの血流の観察 実験: ウシ血液(赤血球・白血球)の観察	・解剖を基本にした、感覚器の構造と機能の理解 ・作動体の構造と機能の理解 ・解剖を基本にした、中枢神経系の構造と機能の理解 ・酵素のはたらきから消化を理解・体内の多くの生命活動を血液成分のそれぞれと関連づけて解明 ・呼吸と内呼吸の関連づけ、および呼吸の目的の理解	・解剖を基礎に、生物のしくみやはたらきを関連づけ、総合的にとらえる能力の育成(医学への導入) ・生命現象を物質のはたらきとしてとらえる見方の導入 ・対照実験を取り入れ、多くの要因が複雑に絡み合うシステムの分析能力の育成
【天気とその変化】 1. 気象観測 2. 天気の変化	観測: 気象観測 観測: 大気圧 観測: 水蒸気と水滴の変化 観測: 露点の測定、雲のつき方 観測: 前線のモデル 観測: 天気の予測	・気象の観測値の定量的分析から天気の変化を予測 ・気圧、気温の変化から雲が発生するしくみを検証 ・天気図の成因により、等圧線と風向および風力の関係や低気圧・高気圧の移動を分析	・現象の変化の規則性とデータの解析から、帰納的に予測する能力を育成 ・気象の変化と人類との関連(農産物)を総合的に学習(※)地理
【生物の細胞と生殖】 1. 生物と細胞 2. 生物の殖え方	実験: 顕微鏡を用いた細胞の観察 実験: タマネギ根細胞の分裂観察 実験: 花粉管の成長の観察	・細胞のつくりの理解 ・生物の成長と細胞分裂の関係の理解 ・無性生殖と有性生殖の特徴の理解 ・生殖細胞形成のしくみの理解と遺伝子概念の理解	・生物のからだの基本単位が細胞であることの発展 ・生殖の概念導入と発展 ・遺伝子概念の導入と形態形成が遺伝子のはたらきであることの総合的理解
【地球と宇宙】 1. 天体の動きと地球の自転・公転 2. 太陽系と惑星	観測: 太陽や星の日周運動 観測: 太陽の年周運動 観測: 日射量の測定 観測: 太陽黒点や月面の観察 観測: 惑星の動き	・天体の特徴と相違点を観察から定性的に理解 ・地球の自転による天体の見かけの動きをモデルから検証 ・地球の公転と地軸の傾きの相乗効果から季節の変化を検証 ・シミュレーションによる惑星の相対運動の実証	・具体的現象をモデルから検証するという抽象的思考の伸長 ・因子の数値変更によるモデルの変化など、数学的解析能力の育成(※)数学
【自然と人間】 1. 自然と環境 2. 自然と人間	実験: 土の中の小動物の飼育 実験: 養天培地を用いた微生物のはたらきの観察	・生態系の基本的な成り立ちの理解 ・環境と生物の関係の総合的な理解 ・植物の環境の変化に反応するしくみの理解	・生態系での生物の相互関係から自然の大切さを学習(※)地理 ・生物の生活と環境との関係を総合的に理解 ・生命現象の客観的記録とそのしくみを物質レベルで説明する能力の育成
【総合学習】 理科野外学習	観測: 城ヶ島での地層の観察・測定		

III. 高等学校物理分野の展開構想

学習(指導)項目	観察・観測・実験(演示と生徒実験)項目	理科的思考能力の育成	一般的思考能力の育成 他教科との連動
【質点の力学(基礎編)】 1. 質点と剛体の静力学 2. 質点での運動の基本的法則 3. 保存量(運動量と力学的エネルギー)	(Sが付いているものがSSH関連) 演: 力の合成と分解に関する各実験 生: 剛体の安定性 生: 1次元運動での因果関係の定量分析 生: 等速円運動での因果関係の定量分析 生: 衝突する台車の運動量の変化と保存 生: 斜面を滑る台車およびバネに引かれる台車の力学的エネルギーの推移	・運動の原因である力の認識と定量的表現および静止条件の解明 ・原因である力と結果である運動の因果関係の解明 ・系全体の規則性をとらえる視点の育成 ・系(物体の置かれている環境)からの運動の解明	・多様な現象をシンプルな因果関係で解明するという論理的思考と定量的展開方法の育成 ・数学的手法を使つての論理的な理解(数学との連動:ベクトルや各種関数の応用、微積分の概念の導入)
【波動(基礎編)】 1. 重ね合わせの原理 2. 波特有の現象(干渉と回折)	演: ウェーブマシーン・水波の実験 生: スリンキーを使った定常波の観察 演: 2つのスピーカーからの音波の干渉 生: 回折格子を使ったレーザー光の波長測定 生: レーザー光でのスリットの間隔測定 生: CDの反射波の干渉と溝間隔の測定 *上の2つの実験は、「2種類×5セット=10班」の交代制で実施	・波の基本的性質の理解と、それに基づく波動現象の解明 ・運動(質量の移動)とは異なる波動的視点(エネルギーの移動)からの現象の解明	・自然現象を解明するための「波」という概念の理解とその応用 ・時間的および空間的に現象をとらえる視点の育成
【特別企画S】 大学の研究室にてグループ別実験: 夏季休業中に筑波大学工学基礎学級を訪問し、大学の先生方や研究者の実験指導を受ける。			
A【質点の力学(応用編)】 1. 力学法則と座標系 2. 惑星の運動と万有引力 3. 中心力問題	演: 非慣性系での物体の運動 演: 鉛直面内の円運動	・視点(座標系)と現象の関連の理解 ・運動における因果関係の体系化 ・天体での運動の記述と原因の探求 ・惑星の運動の一般化と角運動量という概念の導入	・シンプルな因果関係から多様な自然現象を解明する論理的思考の育成 ・現在と近未来の関係から未来全般を予測する方法の育成(数学との連動:微分方程式)
A【波動(応用編)】 1. 力学的な振動 2. 波動現象の力学的探求 3. 音波 4. 光波	演: 各種単振動(ばね、振り子等) 演: 連成振動と固有振動 演: 連続体の振動 生: レーザー光を使つての光の経路観察	・周期的現象の分析方法の育成 ・波が発生する機構の力学的解明 ・力学で学んだ因果関係追求の手法と波の基本的性質から、身近な2つの現象を解明	・周期的現象解明の一般的手法の育成 ・ひとつの現象を多角的に(力学的に、波動的に、電磁気学的に)解明する探求方法の育成
A【熱力学】 1. 気体分子運動論 2. 熱力学第一法則 3. 熱力学第二法則と熱機関	演: ブラウン運動の観察 講: 「内燃機関とエンジン開発」(予定)	・熱現象の分子レベルからの微視的探求方法の育成 ・エネルギー保存則の立場からの巨視的探求方法の育成 ・熱現象特有の規則性の法則化と実用面での限界の把握	・巨視的現象を微視的モデルから解明する探求方法の修得 ・論理性を中心に探求する姿勢の育成と準静的微小変化の影響から全体を見渡す姿勢の育成
B【電磁気学】 1. 電界 2. 定常電流 3. 電界と磁界の相互作用 4. 電磁波	演: いろいろな状況下での電界の観察 生: 電流が磁界から受ける力の測定 生: 閉回路内の磁束変化が作る起電力	・場の概念からの電気的現象の解明 ・電流と発熱の微視的かつ定量的な解明 ・電流と磁界の相互作用から、電界と磁界での基本法則の理解 ・基本法則から論理的に導き出される電磁波の理解と実験的検証の紹介	・空間的な対称性と自然現象の関連の認識(a)数学 ・巨視的現象を微視的モデルで解明する方法の修得 ・場という抽象的概念とその定量的取扱の育成
B【原子物理学】 1. 古典力学の破綻 2. 量子論のめばえ 3. 水素原子の構造 4. ミクロな世界での物理学	講: 「量子力学は如何に作られていったか」(予定)	・古典物理学が適用しない現象の紹介とその問題点の分析 ・ミクロな世界での離散的なエネルギー分配(吸収)の理解 ・定常的に運動する電子の力学的根拠およびその波動的解釈の理解 ・粒子概念と波動概念を統合した新しい視点の育成	・困難に直面したときの地道な解決法を先人の偉業から修得 ・多くの実験結果から、目には見えないミクロな世界の因果関係を類推する方法の修得 ・巨視的現象を微視的モデルから解明する探求方法の修得
【特別実験 I S】 生: 弦や棒の固有振動と共振 生: 位相差を利用した音速の測定 / 氣柱の固有振動と共振 生: LC並列回路の固有振動と共振 *方法: 「3種類×3セット=9班」のローテーション制で実施		【特別実験 II S】 生: 超音波を使つての干渉実験(予定) 生: 位相差を利用しての光速の測定(予定) 生: 磁界中での電子の運動と比電荷測定 生: 水素原子の発光スペクトルの分析と「ド・ブロー」定数の算出(予定) 生: プランクヘルツの実験 *方法2: 「5種類×2セット=10班」のローテーション制で実施	
【特別企画S】 大学の研究室訪問: 5~6月に東京大学大学院総合文化研究科相関基礎科学系を訪問し、先端分野での研究の様子を学ぶ。			

IV. 高等学校化学分野の展開構想

学習(指導)項目	観察・観測・実験(演示と生徒実験)項目	理科的思考能力の育成	一般的思考能力の育成 他教科との連動
【物質と人間生活・化学とその役割】 (3が付いているものがSSH関連)		・中学までの理科の学習を振り返り人間生活に果たしてきた化学の役割を認識	・多面的なものの見方、考え方の育成 ・人類の歴史、環境問題への視野の拡張 (*) 社会(地理公民)
【物質の構成粒子】 1. 原子・分子・イオン 2. 物質量	注①: イオウの同素体 注②: アルカリ金属とアルカリ土類金属 注③: 結晶の種類と結晶の性質 注④: 気体の分子量測定 注⑤: 化学反応する物質の量的関係	・粒子概念の形成 ・原子の構造および性質の理解とイオンや分子の結合生成の解明 ・化学変化の本質の理解と化学変化する物質の量的関係の解明と応用	・徹底的、抽象的な概念の理解 ・数値表現と概念の育成(数学との連動: 指数、比の概念、単位、有効数字)
【化学反応】 1. 酸・塩基・塩 2. 酸化と還元 3. 反応熱	注①: 酸塩基の中和滴定 注②: 酸・塩基・塩の調剤 注③: 酸化剤と還元剤の反応 注④: ギニエル電池の反応を考える 注⑤: 燃料電池の反応を考える 注⑥: 水溶液の電気分解 注⑦: ファラデーの法則 注⑧: ヘスの法則の判用	・重要な化学反応である、酸、塩基、塩の反応および酸化・還元反応の解明と化学工業への応用についての理解 ・エネルギー的側面からの化学反応の解明	・観察結果から身近な現象の原理を帰納的に説明する能力の育成 ・基本的概念や原理・法則から種々の現象を演繹的に説明する能力の育成・数値表現と概念の育成 (*) 数学(指数、対数、連立方程式)
【有機化合物の化学】 1. 炭化水素 2. 官能基を含む化合物	注①: 飽和炭化水素と不飽和炭化水素 注②: 有機化学反応の有機電子論的解釈の基礎 注③: 分子の極性をキーワードにした有機化合物の合成と分析 注④: 4種のアルコールを識別する 注⑤: エステルの合成 注⑥: 芳香族化合物の分離と確認	・おもな炭化水素や酸素・窒素を含む有機化合物の製法や性質について、原子や結合の性質と関連付けながら実験を通じて理解 ・有機電子論の基礎についての理解	・基本的概念の応用による演繹的な説明方法の育成 ・人間社会との関連の認識 (*) 社会(地理公民)・生物: 石油化学工業、医薬品、外因性内分泌攪乱化学物質など
【無機物質の化学】	注①: 非金属元素の性質Ⅰ・Ⅱ 注②: 金属元素の性質Ⅰ・Ⅱ 注③: 吸光光度分析入門	・金属、非金属元素の単体やおもな化合物の製法や性質について、原子の性質と関連付けながら実験を通じて理解 ・検量分析による金属の定量法の理解	・基本的概念の理解と観察から、ものの性質を帰納的に説明する能力の育成 ・人間社会との関連の認識 (*) 地理公民; 鉱工業、環境問題
【物質の構造】 1. 化学結合 2. 気体の法則 3. 液体と固体	注①: シャルルの法則 注②: 溶解のしくみを調べる 注③: コロイド溶液の性質	・電気陰性度とイオン・共有・金属結合や分子の極性ととの関係を解明 ・分子運動論に基づく気体の性質について理解 ・分子の熱運動による状態変化の解明 ・溶液の性質や結晶について定性的理解	・徹底的、抽象的な概念の理解と応用 ・力学的モデルと巨視的現象の関連の把握(物理との連動: 粒子の熱運動)
【化学平衡】 1. 反応速度 2. 化学平衡	注①: 時計反応と反応速度 注②: 吸光光度分析による反応速度測定 注③: pH指示薬の平衡定数を求める	・反応速度に対する濃度、温度、触媒の影響の解明 ・既習の化学反応を化学平衡の概念から解明(検量分析の活用)	・徹底的、抽象的な概念の理解と応用
【食品と衣料の化学・材料の化学】	注①: 付加重合と縮合重合による熱可塑性樹脂の合成 注②: プラスチックの調剤	・身近な物質の構造や性質の理解 ・物質利用について科学的な判断力育成 ・プラスチック、金属、セラミックス等の化学的分析と理解	・基本的概念、原理・法則の応用による演繹的な説明能力の育成 ・人間社会との関連(社会科との連動: 化学工業)
【生命の化学・薬品の化学】	注①: 各種検出反応による天然高分子化合物の識別	・生物(生命)に関わる物質の構造や性質についての理解 ・生命体を構成する物質、生命を維持する化学反応、医薬品料等の化学的分析	・他分野との知識の統合と応用(生物、社会科との連動)
【課題研究】	注①: 生徒各自の研究テーマ	・これまでの学習内容を踏まえ、自ら課題を設定し、研究を進める能力の育成	・広い視野と正確な知識による的確な判断力の育成(すべての教科との連動)
【特別講座①】 注①: 化学分野の研究者による特別講座 ①ホタルの発光をめぐって ②対称性から分子の形を捉える 他5講座		【特別実験①】 注①: 科学的興味関心を高める化学実験プログラム①(筑波大学) 科学的興味関心を高める化学実験プログラム②(東京大学)	

V. 高等学校生物分野の展開構想

学習(指導)項目	観察・観測・実験(演示と生徒実験)項目	理科的思考能力の育成	一般的思考能力の育成 他教科との連動
【細胞の構造と機能】 (Sが付いているものがSSH関連)	<ul style="list-style-type: none"> ☑: 様々な細胞の観察/原形質流動 ☑: 隣界原形質分離から浸透圧を求める ☑: 酵素の最適温度、最適pHを求める ☑: 細胞分裂の観察 	<ul style="list-style-type: none"> ・細胞膜や細胞内小器官、細胞を構成する成分物質の理解 ・様々な生命現象を細胞レベルで捉える方法の理解 	<ul style="list-style-type: none"> 身近な現象への興味関心の深まり (*) 家庭科調理
【生命の連続性】	<ul style="list-style-type: none"> ☑: ショウジョウバエの遺伝実験 ☑: ウニの初期発生の観察 	<ul style="list-style-type: none"> ・生殖、遺伝、発生仕組みと規則性の理解 	<ul style="list-style-type: none"> (*) 数学確率事象と統計処理、情報処理 ・生命現象を時系列事象としてとらえる見方の育成
【環境と生物の反応】	<ul style="list-style-type: none"> ☑: ショウジョウバエの配偶行動の観察 ☑: オーキシン濃度と植物の成長 	<ul style="list-style-type: none"> ・ホルモンと自律神経による調節の理解 ・動物の行動についての科学的な理解 ・環境と光合成、植物ホルモンについての科学的な理解 	<ul style="list-style-type: none"> ・フィードバックを柱としたシステム内連携の仕組みを理解 (*) 保健ヒトの体のはたらき ・入力系と出力系のやりとりを柱としたシステム内連携の仕組みを理解 ・生命現象を物質的にとらえる見方の育成 (*) 技術農業栽培技術
【タンパク質の機能】	<ul style="list-style-type: none"> ☑: タンパク質の性質 	<ul style="list-style-type: none"> ・生体物質(とくにタンパク質)についての深い理解 	<ul style="list-style-type: none"> ・生命現象を物質的にとらえる見方の育成 (*) 化学有機基礎
【代謝】	<ul style="list-style-type: none"> ☑: 脱水素酵素のはたらき ☑: クロマトグラフィーによる光合成色素の分離 	<ul style="list-style-type: none"> ・酵素の反応について、異化と同化についての深い理解とエネルギー変換能力の解明 ・分子の相互作用の正しい認識形成 	<ul style="list-style-type: none"> ・生命現象を物質的にとらえる見方の育成 (*) 化学反応速度論 ・生命現象を物質的にとらえる見方の育成 (*) 化学分析
【生物の集団】	<ul style="list-style-type: none"> ☑: 枠法による環境成の調査 ☑: ウィンクラー法とクロロフィル法を用いた池の生産力測定 	<ul style="list-style-type: none"> ・調査方法の選択の仕方、フィールドワークによる結果を一般化する方法の修得 ・実験をもとに、得られた結果を分析整理して、その実験結果を普遍化する方法の理解 ・天候などを判断しながらの自主的な実験計画の立案 	<ul style="list-style-type: none"> ・調査方法の検討から結論を得るまでの科学的な方法の修得 ・環境問題を生物学的にとらえる視点の育成 (*) 化学定量分析、現代社会環境
【基礎分子遺伝学】	<ul style="list-style-type: none"> ☑: 枯草菌の形質転換 ☑: ヒト第8染色体中のAluリピート抽出 ☑: GFP組換え体による遺伝子発現調節機構の解析 	<ul style="list-style-type: none"> ・生体物質(とくに核酸)についての深い理解 ・分子遺伝学を基礎として実社会に役立つ技術を理解 ・遺伝子の構造と機能を実験を通して学び、生命現象を分子レベルで理解 	<ul style="list-style-type: none"> ・生命現象を物質的にとらえる見方の深化。(*) 化学有機基礎 ・科学技術と社会との関わり、科学に対する倫理的な見方を理解 (*) 現代社会 ・科学技術とその技術に付随する問題点の把握
【特別企画S】	<ul style="list-style-type: none"> ☑: 生命科学分野の研究者による特別授業 ① 生殖細胞の作り方 ② ゲノムの解読 ③ ヒトの知能はどこから来るのか 	<ul style="list-style-type: none"> ・科学者がどのようなことを考えて研究に臨むのか、科学研究で大切なことは何かを学ぶ 	<ul style="list-style-type: none"> ・科学者と社会との関わりを理解(進路指導の意味合いももつ)
【ゼミ学習S】	<ul style="list-style-type: none"> ☑: 最新の英文テキスト、学術論文を用いた発表学習 	<ul style="list-style-type: none"> ・タンパク質等の生体物質の機能のしかたを包括、俯瞰 ・分子生物学の実験方法や解析方法を理解 	<ul style="list-style-type: none"> ・生命現象を物質のはたらきとしてとらえる見方の完成 (*) 英語専門外国語読解
【卒業研究S】	<ul style="list-style-type: none"> ☑: コールド・プローブによる核酸抽出、蛍光抗体によるタンパク質抽出などの実験手法を用いた課題研究 	<ul style="list-style-type: none"> ・分子生物学の実験方法や解析方法を用いた実験の立案、計画的実施、データの科学的解析と仮説検証、論文参照と創造的考察、発表能力の育成 	<ul style="list-style-type: none"> ・生命科学研究分野を志す者として、生物学を基本に自分の考えを科学的に検証し、説明できる能力の完成

VI. 高等学校地学分野の展開構想

学習(指導)項目	観察・観測・実験(演示と生徒実験)項目	理科的思考能力の育成	一般的思考能力の育成 他教科との運動
【地球の構成】	(Sが付いているものがSSH関連) 造山帯の作成と地殻の厚さの推定 震源と震央の決定 プレートの移動速度 堆積岩・火成岩・変成岩を構成する造 岩鉱物の偏光顕微鏡による観察 炭化層理など堆積構造の形成 空中写真を使用した変動地形の観察 珪藻などの微化石の抽出と観察	地球内部と表層部の物質循環の過程と してプレートテクトニクスを位置付 け、物理・化学的手法を用いながらそ の機構を推論	・マス・バランスの観点から自然現象を とらえ、その過程を様々なデータから 論証する能力の育成 ・自然の階層性の数学的手法を使っ ての理解(※) 数学:指数,対数
【大気と海洋】	観: 転向力のはたらき方 観: 低気圧のモデル実験、台風の進路の 推定 観: 寒気団の中のできる対流の実験 観: 海洋の深層循環のモデル実験	地球が受け取る太陽放射エネルギーの 変換過程の結果、地球表面を構成する 物質(大気,水,岩石)の循環が起こること を、熱収支や水収支などから定量的 に解明	・同上
【宇宙の構成】	観: 惑星の順行と逆行 観: 太陽スペクトルの観察 観: 金星の公転軌道の作成 観: HR図の作成	・超新星爆発という星の死による新たな 星の誕生から宇宙における物質の循環 過程を、観測事実から検証	・同上
【特別実験①】 デジタルカメラを利用した貝類化石の計測と個体変異の解析 【特別企画①】 東京大学総合研究博物館を訪問し、貴重な標本の観察と研究施設の見学を行う。			