

## 【平成25年度広域科学教科教育学研究経費報告書】

### 次期中学校学習指導要領（理科）への現代的課題の導入に向けた先 駆的研究とこれに対応した大学の授業改善

研究代表者： 東京学芸大学大学院連合学校教育学研究科  
自然系教育講座 教授  
長谷川 正

#### プロジェクトの組織

◎長谷川 正	基礎自然科学講座 分子化学分野	教授
新田 英雄	基礎自然科学講座 物理科学分野	教授
平田 昭雄	基礎自然科学講座 理科教育分野	講師
原田 和雄	広域自然科学講座 生命科学分野	教授
松田 佳久	広域自然科学講座 宇宙地球科学分野	教授
佐藤 尚毅	広域自然科学講座 宇宙地球科学分野	講師
松川 正樹	広域自然科学講座 環境科学分野	教授
佐藤 公法	広域自然科学講座 環境科学分野	准教授
堂園 いくみ	広域自然科学講座 環境科学分野	准教授
中野 幸夫	広域自然科学講座 環境科学分野	准教授
藤本 光一郎	広域自然科学講座 環境科学分野	准教授
高森 久樹	理科教員高度支援センター	准教授
吉原 伸敏	理科教員高度支援センター	准教授

## 目次

1. 研究の目的・概容 .....	- 1 -
2. 現行の中学校学習指導要領（理科）の調査結果・検討 .....	- 2 -
3. 本プロジェクトで検討した内容について .....	- 18 -
4. 防災と科学 .....	- 20 -
5. 放射線教育 .....	- 36 -
6. 生物多様性の保全 .....	- 53 -
7. 最新の生物の進化・系統学の中学校理科への導入 .....	- 62 -
8. まとめ .....	- 70 -

## 1. 研究の目的・概容

2003年に実施された国際学習到達度調査（PASA）や国際数学・理科教育動向調査（TIMSS）の平均点の低下が「ゆとり教育」の転換をもたらす一因となり、学習指導要領が改訂された。この新学習指導要領の特色として、基礎的な知識・技能の習得と理数教育が重視され、理科の授業時間数が増加したことが上げられるが、中学校の「エネルギー資源」ではそれまでタブー視されてきた「放射線の性質と利用」が学習項目に入ったことも注目すべきである。昨年3月には東日本大震災が起こり、未曾有の被害を出した福島第一原子力発電所の大事故があったため、学校教育の在り方についても変化が現れ、中学校教科書では原子力発電について「事故を防ぐ万全の対策」や「放射線を出す核廃棄物の処理」等の踏み込んだ記載がある。原子力について大学で学んでいない教員も多く、原子力・放射線に関する研修会が各地で開催されている。これらのことは、大学での教員養成教育においては、将来を見越した教育が必要なことを意味している。

前述した放射線の科学の他にも、環境の科学や防災の科学など自然科学の領域に関係する日常生活に直結した現代的課題が多く存在するが、これらの分野に関係する学習項目は必ずしも中等教育には入っていない。これらの内容を正しく理解することは、これからの社会で生活する上で不可欠なことであり、これからの教員にはそれを教えるだけの力が求められている。しかし、これら内容に関しての基本的な科学的知識、つまり、科学リテラシーを身につけるためには、現状の中学校学習指導要領（理科）に含まれていない項目や、含まれてはいてもそれだけではとても十分であるといえない項目が多いので、学習指導要領の見直しも必要になってくる。東日本大震災後の社会情勢を考えると、教員養成の基幹大学である本学には、将来を見越して次期学習指導要領の改訂に向けて提言できる課題の選定と教育方法を研究していく社会的責任があるはずであり、これは広域科学として教科教育の在り方を実践的に研究することにもなる。そこで、本プロジェクトでは、次期中学校学習指導要領改訂を見越して、これからの社会で必要となると考えられる理科の課題を洗い出し、次世代の新しい教育プログラムを開発する。また、そのプログラム実施に必要な教材の開発も行った。このような将来を見越した学校教育を担う教員を養成するための研究も行い、それに基づいて大学の理科教員養成教育の改善も行った。

## 2. 現行の中学校学習指導要領（理科）の調査結果・検討

現状の中学校学習指導要領（理科）に含まれていない項目や、含まれてはいてもそれだけではとても十分であるといえない項目の洗い出しを行うために、現行の中学校学習指導要領（理科）で作成された中学教科書に掲載されている学習項目の調査・検討を行った。また、理科においては特に実験にかかわる学習項目が重要であるため、特に実験にかかわる学習項目に注目しての調査・検討を行った。

以下に、現行の中学校学習指導要領（理科）で作成された中学教科書における学習項目の調査・検討を行った際の資料の例として、理科の教科書として採択件数が多い啓林館出版の中学校理科用教科書である「未来へひろがるサイエンス1」、「未来へひろがるサイエンス2」、「未来へひろがるサイエンス3」に対して取りまとめを行った結果を表1に示した。

詳細は次章において示すが、上記の作業を通じて、本プロジェクトで次期中学校学習指導要領（理科）について検討する内容について決定を行った。

表1 啓林館出版の中学校理科用教科書「未来へひろがるサイエンス1」、「未来へひろがるサイエンス2」、「未来へひろがるサイエンス3」に掲載されている実験に関わる学習項目のまとめ

エネルギー領域			
教科書:サイエンス1~3(啓林館)			
サイエンス1			
物質エネルギー編 エネルギー 光・音・力による現象			
章	小項目	学習内容	使用実験装置・器具・薬品等
1章	光による現象		
	実験1 光が鏡で跳ね返るときの規則性を調べよう	はね返った光の進み方を調べる	光源装置, スリット台, 分度器
	実験2 空気と水などの境界での光の進み方を調べよう	光が境界でどのように進むか調べる	小型光学用水槽
	実験3 凸レンズによってできる像を調べよう	物体を凸レンズから遠いところに置いて, どのような像ができるか調べる 物体を凸レンズに近づけながら, 像がどのように変わるか調べる	光学台, 凸レンズ(焦点距離がわかっているもの), 半透明のスクリーン, 電球, 物体(向きがわかっているもの), ものさし, 印をつけるためのシール
2章	音による現象		
	実験4 音と振動のようすと関係を調べよう	音を大きくする方法を見つける 音を高くする方法を見つける	〈音の大きさや高さや弦の振動との関係を調べる〉:モノコード(またはギターなどの弦楽器, 自作楽器), 平行線を等間隔に引いた厚紙(またはものさし) 〈音の大きさや高さや振動との関係を波形で調

			べる):モノコード(またはギターなどの弦楽器, 自作楽器), マイクロホン付きオシロスコープ(または波形表示ソフトをインストールしたコンピューター), OHP用TPシート(5cm×3cm), TP用ペン3色
3章	力による現象		
	実験5 力の大きさとばねののびとの関係を調べよう	ばねののびをはかる	ばね(強さの異なるもの2種類), 同じ重さのおもり(5), スタンド, 針金, ものさし, セロハンテープ, グラフ用紙
	実験6 浮力の大きさを調べよう	水に沈めたときのばねの値を読む	小型密閉容器, ばねばかり, スタンド, 水そう, おもり, 糸

サイエンス2

物質エネルギー編 エネルギー 電流の性質とその利用

章	小項目	学習内容	使用実験装置・器具・薬品等
1章	電流の性質		
	実験1 回路を作って電流の流れ方を調べよう	電流の向きを確かめ, 回路のつなぎ方を確認する	発光ダイオード(1.5V用)(またはプロペラ付きモーター), スイッチ, 豆電球(2.5V用)(2), 乾電池(2), 導線
	実習1 秘密の回路を調べよう	回路のつながり方を調べる	モーター, 電子オルゴール, 豆電球, 乾電池, 導線, 厚紙(2), セロハンテープ
	実習2 電流計の使い方を身に着けよう	電流計のつなぎ方を理解し, 正しく目盛を読む	電流計, スイッチ, 豆電球, 乾電池, 導線
	実験2 回路の各区間に加わる電流を調べよう	1個の豆電球の時・豆電球2個で直列回路の時・豆電球2個で並列回路の時についてそれぞれ調べる	電流計, スイッチ, 端子(2), 種類の違う豆電球ア(2.5V用)とイ(3.8V用), 乾電池(2), 導線
	実習3 電圧計の使い方を身に着けよう	電圧計のつなぎ方を理解し, 正しく目盛を読む	電流計, スイッチ, 豆電球, 乾電池, 導線
	実験3 回路の各区間に加わる電圧を調べよう	豆電球2個の直列回路・並列回路について調べる	電流計, スイッチ, 端子(2), 種類の違う豆電球ア(2.5V用)とイ(3.8V用), 乾電池(2), 導線
	実験4 電圧と電流の関係を調べよう	2種類の抵抗器について調べる	二種類の抵抗器アとイ, 電源装置, 電流計, 電圧計, スイッチ, 導線, グラフ用紙

	実験5 電熱線の発熱量が何によって決まるのか調べよう	3種類のヒーターについてそれぞれ測定する	三種類のヒーターA(抵抗が2Ω), B(4Ω), C(6Ω), ポリエチレンのビーカー(3), メスシリンダー, 温度計, かき混ぜ棒, 電源装置, 電流計, 電圧計, スイッチ, スタンド, 時計, 導線, 発砲ポリエチレンの板, 汲み置きの水, グラフ用紙
2章	電流の正体		
	実験6 静電気による力を調べよう	力の働きかたを調べる	プラスチックのストロー(曲がるもの), ゼムクリップ, 消しゴム(またはゴム栓), ティッシュペーパー
3章	電流と磁界		
	実験7 電流が作る磁界を調べよう	磁力線のようすを観察し, 磁界の向き・強さを調べる	鉄粉, 小型の磁針(6), 電源装置, 電流計, 抵抗器(5Ω), スイッチ, スタンド(2), エナメル線, 発砲ポリスチレンの板(白紙をはり, 切込みを入れたもの), 透明の粘着テープ, 導線, ポリエチレンの袋, 棒磁石, 箱
	実験8 電流が磁界から受ける力を調べよう	条件を変えてコイルの動き方を調べる	U字磁石(強さの異なるもの2個), コイル(エナメル線を20回巻いたもの), 電源装置, 電流計, 抵抗器(10Ω), スイッチ, スタンド, コイルをつるす金具をつけた木の棒, 導線
	実験9 コイルと棒磁石で電流を発生させよう	どのようにすれば電流が発生するか・より強い電流を発生させるにはどうすればよいか・発生させる電流のむきを変えるにはどうすればよいかを考えながら電流を発生させる。	巻き数の違うコイル(2), 強さの違う棒磁石(フェライト磁石やアルニコ磁石), 検流計, 導線

### サイエンス3

#### 物質エネルギー編 エネルギー 運動とエネルギー

章	小項目	学習内容	使用実験装置・器具・薬品等
1章	力のつり合いと合成・分解		
	2力がつり合う条件を調べよう	力の向き, 大きさ, 作用線	ばねばかり×2, リング, 糸, はさみ, 記録用紙, セロハンテープ, ものさし
	角度をもってはたらく2力の合力について調べよう	力の合成, 分解, 力の平行四辺形	ばねばかり, ばね, 釘を打った木の板(約50cm×50cm)糸, 記録用紙, ものさし, セロハンテープ
2章	力と物体の運動		
	記録タイマーで台車の運動を調べよう	水平面を動く台車の運動について, 平均の速さ, 瞬間の速さ	力学台車, 記録タイマー, 記録タイマー用テープ, セロハンテープ, ものさし, グラフ用紙, はさ

			み, のり
	斜面を下りる台車の運動を調べよう	斜面を下りる台車の運動について	力学台車, ばねばかり(20N 用), 記録タイマー, クランプ, 記録タイマー用テープ, 分度器, セロハンテープ, 斜面用の板厚い本(数冊), グラフ用紙, はさみ, のり
3章	仕事とエネルギー		
	滑車を使ったときの仕事について調べよう	仕事と仕事の原理, 仕事率	ばねばかり(20N 用), 滑車(3), 力学台車, スタンド, クランプ, 糸, ものさし
	位置エネルギーの大きさが何に関係するか調べよう	位置エネルギー, 運動エネルギー, 力学的エネルギー, 力学的エネルギー保存の法則	
4章	いろいろなエネルギーとその移り変わり		
	エネルギーの変換を体験しよう	位置エネルギー, 運動エネルギー, 電気エネルギー, 熱エネルギー, 化学エネルギー, 光エネルギー, 音エネルギー, 弾性エネルギー, 核エネルギー, 熱伝導, 対流, 熱放射	位置エネルギー実験機, グラフ用紙
5章	エネルギー資源とその利用	化石燃料, 放射線, 発電方法	2.5%水酸化ナトリウム水溶液, 手回し発電機, 滑車付きモーター, おもり, プロペラ付きモーター, 電気分解装置(白金めっきつきチタン電極またはステンレス電極, ゴム栓付き), 電熱線, プザー, 端子(2), クランプ, スタンドプラスチックのバット, 豆電球, 導線, 温度計, 糸, セロハンテープ, 安全眼鏡

物質領域			
教科書:サイエンス1～3(啓林館)			
サイエンス1			
物質・エネルギー編 物質 身のまわりの物質			
章	小項目	学習内容	使用実験装置・器具・薬品等
資料	実験を正しく安全に進めるために	実験の前・中・後(廃液処理も含む)の注意事項, 実験器具名, ガラス器具などの扱い方, 薬品の取り方, 気を付けたい実験操作(薬品のとり方, 臭いの嗅ぎ方, 気体発生, 蒸留, 加熱法), ガスパナーの使い方	
1章	いろいろな物質とその性質		
	1 物質はどのように区別できるのだろうか	物体と物質, 砂糖・片栗粉・食塩の区別(実験も含む), 有機物と無機物, 金属と非金属(電気伝導性, 熱伝導性, 金属光沢, 展性, 延性), プラスチック(PET, PE, PS, PVC, PP), リサイクル	砂糖・片栗粉・食塩, 試験管・試験管立て・薬さじ・集気ビン・ガスパナー, 薬包紙, アルミ箔, マッチ, 安全メガネ
	2 重さや体積を調べることで物質を区別できるだろうか	質量 密度(実験を含む), ものの浮き沈み	電子天秤, 上皿天秤, メスシリンダー
2章	いろいろな気体とその性質		
	1 気体はどのようにして区別できるのだろうか	空気に含まれる気体の体積の割合, 気体の集め方(水上・下方・上方置換法), 実験:酸素と二酸化炭素の発生と性質, アンモニア, アンモニアの噴水実験, 水素, 窒素, 塩化水素, 塩素, メタン, 硫化水素	二酸化マンガン, 3%過酸化水素水, 過炭酸ナトリウム, 石灰石, 5%塩酸, 炭酸水素ナトリウム, 5%酢酸, 電子天秤(上皿天秤), 三角フラスコ, メスシリンダー, 試験管, 試験管立て, ゴム栓, ゴム栓付きガラス曲管, ガラス曲管, ゴム管, 水槽, スポイト, 石灰水, 専攻, マッチ, 安全メガネ, 塩化アンモニウム, 水酸化カリウム, リトマス紙, フェノールフタレイン, BTB 溶液, 亜鉛, 鉄
	2 身の回りのものから発生した気体を区別しよう	発生した気体調べ(実験を含む), まぜるな危険	気泡入浴剤, 風呂釜洗浄剤, 重曹+食酢, オキシドール+大根おろし, 次亜塩素酸ナトリウム, クエン酸
3章	水溶液の性質		
	1 物質は水にどのようにとけるのだろうか	溶質, 溶媒, 溶液, 水溶液, 粒子モデル	硫酸カルシウム, 塩化ナトリウム, 硫酸銅,
	2 水溶液の濃さを表してみよう	質量パーセント濃度	
	3 水にとけた物質をどのようにしてとり出すことができるだろうか	飽和, 飽和水溶液, 溶解度, 溶解度と温度の関係, 結晶と再結晶(実験を含む), ミョウバン	塩化ナトリウム, ミョウバン, 硫酸カリウム, ビーカー, メスシリンダー, 試験管, 試験管立て, 温

		の大きな結晶づくり, ろ過のしかた	度計, ガラス棒, 葉さじ, 三脚, 金網, ガスパーナー, ろうと, ろうと台, ろ紙, ルーペ(顕微鏡), スライドガラス, 電子天秤(上皿天秤), マッチ, 安全メガネ
4章	物質の状態とその変化		
	1 物質のすがたはどのように変わるのだろうか	固体・液体・気体, 状態変化, 融解・凝固・蒸発・凝縮・昇華, 粒子モデルで表す状態変化	ブタン, エタノール, ドライアイス, ろう
	2 状態変化と温度にはどのような関係があるのだろうか	温度変化と状態変化のグラフ, 実験: エタノールが沸騰するときの温度を調べよう, 沸点, 融点, 実験: 融点測定による物質の見分け	エタノール, 枝付き試験管, ビーカー, メスシリンダー, 試験管, 穴あきゴム栓, ゴム管, ガラス管, 温度計, スタンド, 金網, ガスパーナー, 氷水, 沸騰石, マッチ, 安全メガネ, パルミチン酸, メントール, セタノール, パルミチン酸, ビーカー, 融点測定用キャピラリー, 温度計, スタンド, 金網, ガスパーナー, 輪ゴム, 葉包紙, 沸騰石, マッチ, 安全メガネ
	3 混じり合った物質を分けるにはどうするか	混合物, 純物質, 混合物の沸点・融点, 実験: 水とエタノールの混合物の蒸留	エタノール, 枝付きフラスコ, ビーカー, メスシリンダー, 試験管, 試験管立て, 温度計, ガラス管, 穴あきゴム栓, ゴム管, 蒸発皿, スタンド, 金網, ガスパーナー, 氷水, 沸騰石, マッチ, 安全メガネ
	科学の広場 環境型社会が地球を救う	燃やせるゴミ・燃やせないゴミ, レアメタル, 3R	

## サイエンス2

### 物質・エネルギー編 化学変化と原子・分子

章	小項目	学習内容	使用実験装置・器具・薬品等
資料1	危険に備えて	一般的注意, 薬品の取り扱い・加熱実験・刃物やガラス器具の取り扱いの注意	
資料2	ガスパーナーの使い方		
資料3	原子の種類と周期表	金属, 非金属	
資料4	身のまわりの物質に含まれる原子		
1章	物質の成り立ち		
	1 ケーキがふくらむのはなぜか	実験: 炭酸水素ナトリウムを加熱すると何ができるのか, 二酸化炭素, 水上置換, 発展実験: 酸化銀を加熱すると何ができるか, 水上置換	炭酸水素ナトリウム, 石灰水, 塩化コバルト紙, フェノールフタレイン溶液, 試験管, 試験管立て, ゴム栓つきガラス管, ゴム栓, ゴム管, ガラス曲管, スタンド, ガスパーナー, 水槽, ピンセット

		化学変化・化学反応, 分解, 熱分解	ト, スポイト, 薬さじ, メスシリンダー, 電子天秤 (上皿天秤), 線香, 薬包紙, マッチ, 安全メガネ 酸化銀, 酸素, 銀
	2 物質はどこまで分解できるのか	水の状態変化, 電気分解, 電気分解装置の使い方, 実験: 水の電気分解, 硫酸銅水溶液の電気分解	2.5%水酸化ナトリウム水溶液, ビーカー, 電気分解装置, 電源装置 (乾電池), 導線, プラスチックバット, 線香, マッチ, 安全メガネ, 硫酸銅
	3 物質をつくっているものは何か	原子, 原子の性質 (分けられない, 化学変化で変化しない, 大きさ・質量が決まっている), 原子の記号	
	4 原子がどのように集まって物質はできているか	分子, 実習: 円形の原子のモデルを使った分子のモデルづくり, 原子価 (用語は使用していない) の概念, 分子式, 単体, 化合物	
	5 化学変化は化学式でどのように表されるか	化学反応式,	
2章	さまざまな化学変化		
	1 物質どうしは結びつくのか	実験: 鉄と硫黄の反応, 硫化鉄, 化合, 銅と硫黄の反応 (硫黄を加熱して生じた蒸気中に銅を入れる), 硫化銅	鉄粉, 硫黄末, 5%塩酸, 試験管, 試験管立て, 試験管ばさみ, 乳鉢, 乳棒, 金網, ガスパナー, フェライト磁石, 薬さじ, スポイト, 脱脂綿, 薬包紙, 針金, マッチ, 安全メガネ
	2 酸素が結びつく変化や離れる変化を調べよう	木炭の燃焼, 銅を空気中で加熱したときの質量変化, 酸化, 酸化物, 発展実験: スチールウールの燃焼, 酸化鉄, マグネシウムの燃焼, 有機物の燃焼, 還元, 銅板のガスバーナーを用いた加熱による酸化と還元, 実験: 酸化銅と活性炭の混合物の加熱, 鉄鉱石 (赤鉄鋼, 磁鉄鉱など), 高炉	スチールウール, 酸化銅, 活性炭, 石灰水, ミュウ蜂, 乳棒, 試験管, ゴム栓つきガラス管, ガラス管, ゴム管, 目玉クリップ, ステンレス皿 (アルミ箔), ステンレス製薬さじ, スタンド, ガスパナー, 電子天秤 (上皿天秤), 薬包紙, 厚紙, マッチ, 安全メガネ
	3 化学変化によって熱が入り出るのだろうか	発展実験: 塩化アンモニウムと水酸化バリウムの混合によるアンモニア発生の実験 (吸熱反応の例), 実験: 携帯用カイロ, 簡易冷却パック, 発熱反応, 吸熱反応, 有機物の燃焼による発熱, 発展: 化学エネルギー,	塩化アンモニウム, 水酸化バリウム, ビーカー, 温度計, ガラス棒, 鉄粉, 活性炭, 5%塩化ナトリウム水溶液, 炭酸水素ナトリウム, クエン酸, ビーカー, 温度計, ピンセット, スポイト, 電子天秤 (上皿天秤), 封筒, わら半紙, ポリエチレン製袋, 水, 安全メガネ
3章	化学変化と物質の質量の規則性		
	1 物質が化学変化する前後で質量は変化するだろうか	実験: 化学変化する前後での質量変化 質量保存の法則	2.5%硫酸, 2.5%水酸化バリウム水溶液, 炭酸水素ナトリウム, 5%塩酸, 電子天秤, ビーカー, 気体発生用密閉容器 (ペットボトルと試験管), 安全メガネ

			銅粉, 丸底フラスコ
	2 化学変化する物質どうしの質量の間にきそくせいはあるのか	実験: 金属と酸素が化合するときの金属と酸素の質量との関係 化合する物質の質量の比は一定 発展: 原子の質量比, 花火の色	銅粉, ステンレス皿, 三角架, 三脚, ガスバーナー, るつばばさみ, ステンレス製葉さじ, 電子天秤, 葉包紙, マッチ, 安全メガネ, 削り状のマグネシウム, 目の細かい金網
サイエンス3			
物質・エネルギー編 化学変化とイオン			
章	小項目	学習内容	使用実験装置・器具・薬品等
1章	水溶液とイオン		
	1 どのような水溶液が電流を通すか	実験: 電気を通す水溶液と通さない水溶液, 電極付近の変化, 電解質, 非電解質	蒸留水, 2.5%塩酸, 2.5%水酸化ナトリウム水溶液, 2.5%砂糖水, 2.5%塩化ナトリウム水溶液, エタノールと水の混合物, 2.5%塩化銅水溶液, ビーカー, ステンレス電極(炭素電極), 光電池用プロペラ付きモーター, 電流計, 電源装置(乾電池), 導線, 洗淨びん, 安全メガネ
	2 水溶液の電気分解を調べよう	電極付近の変化, 塩化銅の電気分解(電気泳動(用語は出てない)), 実験: うすい塩酸に電流を通すと何ができるか調べよう	塩化銅, 銅, 塩素, 硝酸カリウム, 硝酸銀水溶液, 2.5%塩酸, 赤インク, 電気分解装置(白金めっき付きチタン電極, ゴム栓, ろうと付き), ビーカー, 試験管, スポイト, ペトリ皿, 電源装置(乾電池), プラスチックバット, 導線, マッチ, 安全メガネ
	3 電解質は水溶液中でどのような粒子になっているのか	原子, 原子核, 電子, 陽子, 中性子, 電子の電気量と陽子の電気量は等しい, 原子は電氣的に中性イオン, 陽イオン, 陰イオン, 1価イオン, 2価イオン, イオン式, 発展: 原子の構造とイオンの生成(ボーアモデル, オクテット則(いずれも用語は出てない)), 電離(HCl, NaCl, CuCl <sub>2</sub> ), 電離を表す化学式, 発展: 電解質の水溶液が電流を通すわけ	
	4 電池の仕組みはどのようにになっているのか	実験: 電池を作る, 化学エネルギー, 電池, 電池のモデル(粒子モデル), マンガン電池のつくり, イオン化傾向, ボルタ電池(分極現象に関する簡単な説明), ダニエル電池, いろいろな電池(一次電池, 二次電池), 燃料電池	備長炭, アルミニウム箔, 塩化ナトリウム, 亜鉛版, 銅板, 10%クエン酸水溶液, ろ紙, 電子オルゴール(光電池用プロペラつきモーター, 果物), 亜鉛版, 銅板, 硫酸, 硫酸亜鉛水溶液, 硫酸銅水溶液, セロハン
2章	酸・アルカリと塩		

1 酸性やアルカリ性の水溶液を調べよう	酸性・中性・アルカリ性・リトマス紙, 実験: 酸性またはアルカリ性水溶液に共通する性質調べ	2.5%塩酸・硫酸・硝酸・酢酸, 2.5%水酸化ナトリウム水溶液・水酸化カリウム水溶液・水酸化バリウム水溶液・アンモニア水, BTB 溶液, フェノールフタレイン溶液, マグネシウムリボン, 試験管, 試験管立て, ゴム栓, マッチ, 安全メガネ, トイレ洗浄剤, 食酢, 炭酸水, 石鹼水, カビ取り剤
2 酸性の水溶液やアルカリ性の水溶液はなぜそれぞれ共通した性質を示すのか	実験: 指示薬の色を変えるものはどのようなイオンか調べる, 水素イオン, 水酸化物イオン, 電離, 陽イオン, 陰イオン, pH, 酸性雨は pH5.6 以下の雨	2.5%塩酸・水酸化ナトリウム水溶液, 2%硝酸カリウム水溶液・pH 試験紙, 電源装置(20V), 目玉クリップ, スライドガラス, プラスチック製ピンセット, はさみ, 導線, ろ紙, 糸, 安全めがね, pH 試験紙, pH メーター, 酸性雨二酸化硫黄, 二酸化窒素
3 酸と金属の反応でどうして水素が発生するのか	水素イオンが電子を受け取って水素原子となり, 2個の水素原子が結びついて水素分子となる, 塩化マグネシウム, 硫酸亜鉛	
4 酸とアルカリを混ぜるとどのようなになるのか	実験: アルカリの水溶液に酸の水溶液を混ぜる, 塩, 塩化ナトリウム, 硫酸バリウム, 中和, 氷酢酸, 熱(中和熱), 発熱反応, 灰, 炭酸カリウム	2.5%水酸化ナトリウム水溶液・塩酸, フェノールフタレイン溶液, メスシリンダー, ビーカー, こまごめピペット, スライドガラス, ガラス棒, 顕微鏡(双眼実体顕微鏡), 安全めがね, デジタル温度計
5 酸やアルカリの水溶液を安全に廃棄するには	中和と中性, 水酸化ナトリウム水溶液に塩酸を加えたときの pH 変化, pH 変化の曲線(滴定曲線という用語は不使用), 中和と酸・アルカリの濃度と体積(中和の公式は不使用だが, その考え方を使用), 発展実験: 中和に必要な酸とアルカリの水溶液の濃度と体積を調べる, 発展実験: 紫キャベツでつくった指示薬を使って虹をつくる, 細胞内で働くイオン, イオンチャンネル, イオンポンプ,	2.5%水酸化ナトリウム水溶液・塩酸, pH メーター, メスシリンダー, ビーカー, ガラス棒, 駒込ピペット, 2.5 と 5%水酸化ナトリウム水溶液, 5%塩酸, フェノールフタレイン溶液, メスシリンダー, 駒込ピペット, 試験管, 試験管立て, 安全メガネ, 紫キャベツ, 炭酸ナトリウム, 2.5%塩酸, 大型試験管, ガラス棒

生命領域			
教科書：サイエンス1～3(啓林館)			
サイエンス1			
生命・地球編 身近な自然に目を向けてみよう			
章	小項目	学習内容	使用実験装置・器具・薬品等
	観察のしかたを身につけよう	観察の進め方, 身近に見られる野草	
	水の中の小さな生物を調べよう		スポイト, プランクトンネット, ビーカー, 歯ブラシ, 管ピン, ピンセット, 顕微鏡観察用具
資料	ルーペ・双眼実体顕微鏡・顕微鏡の使い方	ルーペの使い方, 双眼実体顕微鏡の使い方, 顕微鏡の使い方	ルーペ・双眼実体顕微鏡・顕微鏡 カバーガラス・スライドガラス・ピンセット・えつき針
	植物のくらしとなかま	植物とはどんな生物だろう	
1章	花のつくりとはたらき		
	1 花のつくりとはたらきを調べてみよう	観察 1: いろいろな花のつくりを調べよう, 花のつくり, 果実と種子, 花のはたらき	双眼実体顕微鏡・ルーペ・ピンセット・カミソリの刃・カッターマット・セロハンテープ・台紙
	2 マツにはどのような花が咲くのだろうか	ためしてみよう: マツの花の観察, 種子植物	ルーペ(または双眼実体顕微鏡), 顕微鏡観察用具
2章	根や茎のつくりとはたらき		
	1 根のつくりとはたらきはどのようにになっているのだろうか	ためしてみよう: 根のようすの観察, 主根, 側根, ひげ根, 根毛	シャベル, スコップ, 新聞紙, ルーペ
	2 茎のつくりとはたらきはどのようにになっているのだろうか	観察 2: 崛起のつくりとはたらきを調べてみよう 道管と師管, 維管束	ヒメジョオン・ホウセンカ・ススキ・トウモロコシなど, カミソリの刃・ペトリ皿・赤インクまたは食紅・双眼実体顕微鏡・顕微鏡観察用具・カッターマット・軍手・ピス・三角フラスコ・スポイト
3章	葉のつくりとはたらき		
	1 葉のつくりはどのようにになっているのだろうか	葉のつくり, 観察 3: 葉の表面や断面を調べよう, 水の吸い上げと蒸散, 科学の広場: 高い木の上の葉まで水を運ぶしくみ, はたらく人に聞いてみよう! : 切り花を長持ちさせるくふう	顕微鏡観察用具, カミソリの刃, カッターマット, 軍手, T字カミソリ, ペトリ皿, スポイト, ムラサキツユクサ・ツバキなどの葉, ニンジン
	2 植物はどのようにして栄養分をつくるのだろうか	葉のつき方と日光の関係, 光合成の行われる場所, 観察 4: 光合成が葉のどの部分で行われるのか, 顕微鏡で観察しよう, 光合成に必要な原料, 実験 1: 植物が光合成を行うとき, 二酸化炭素をとり入れていることを確認しよう 光合成のしくみ	オオカナダモ, タンポポなどの葉, ヨウ素溶液, 顕微鏡観察用具, 水そう, ビーカー, スポイト, 熱湯, 安全眼鏡, 石灰水, 試験管, 試験管立て, ゴム栓, ストロー, 気体採取器, 二酸化炭素用気体検知管, ポリエチレンの袋, セロハンテープ, 輪ゴム, 線香, マッチまたはライター, ペットボトル, ストロー, ピンチコック

	3 植物も呼吸しているのだろうか	植物の体のつくりとはたらき	植物の葉, ポリエチレンの袋, ガラス管, ゴム管, ピンチコック, 試験管, 試験管立て, 石灰水
4章	植物のなかま分け		
	1 種子をつくる植物をなかま分けしましょう		アヤメ, ユリ, アブラナ, エンドウ
	2 種子をつくらぬ植物にはどのようななかまがあるのだろうか	シダ植物, 観察 5:シダ植物の体のつくりと胞子を調べよう, コケ植物, 科学の広場:藻類	イヌワラビまたはベニシダ, ゼニゴケ, スギゴケ, 顕微鏡観察用具, ルーペ, ピンセット
	3 植物はどのようにしてなかま分けできるのだろうか	科学偉人伝:植物の分類に影響を及ぼした人々 リンネ 伊藤圭介 牧野富太郎	
	ひろがる世界 いろいろな植物の利用	未来にひろがるサイエンス:種子のタイムカプセル	

## サイエンス2

### 生命・地球編 動物のくらしやなかまと生物の変遷

章	小項目	学習内容	使用実験装置・器具・薬品等
	生きるために		
1章	生物の体をつくる細胞		
	1 細胞とはどのようなものか	生物の体と細胞, 科学偉人伝:初めて細胞を見た科学者 フック, 観察 1:植物と動物の細胞を観察して比べてみよう	タマネギ, オオカナダモ, 酢酸オルセイン(または酢酸カーミン, 酢酸ダーリア溶液), 顕微鏡観察用具, スポイト, カッターナイフ, 綿棒, 安全眼鏡
	2 生物の体はどのように成り立っているのか	単細胞生物と多細胞生物, 多細胞生物の体の成り立ち, 科学偉人伝:シュライデン シュワン	皮膚の細胞, ムラサキツユクサ, ミジンコ, ソウリムシ, アメーバ, 酢酸オルセイン(または酢酸カーミン, 酢酸ダーリア溶液), 顕微鏡観察用具, スポイト, カッターナイフ, 綿棒, 安全眼鏡
2章	生命を維持するはたらき		
	1 栄養をとり入れるしくみはどのようにになっているのか	動物の食物, 食物の消化, 実験 1:唾液がデンプンを何に変えているのか調べよう, 消化の道すじ, 栄養分の吸収, 科学の広場:デンプンとブドウ糖の大きさを確かめてみよう	鉄粉, 硫黄末, 5%塩酸, 試験管, 試験管立て, 試験管ばさみ, 乳鉢, 乳棒, 金網, ガスバーナー, フェライト磁石, 葉さじ, スポイト, 脱脂綿, 葉包紙, 針金, マッチ, 安全メガネ
	2 栄養分はどのようにしてエネルギーとなるのか	細胞呼吸, 酸素をとり入れる道すじ, 科学の広場:肺が空気を出し入れするしくみ	ガラス管, ゴム栓, ペットボトル, ゴム風船, ゴム膜

	3 血液はどのようなはたらきをしているのか	血液の成分とそのはたらき, ためしてみよう: 血管はどのように分布し, 血液がどのように流れているか調べよう, 心臓のつくりとはたらき, 動脈と静脈, 血液の循環, 不要な物質の排出, 科学の広場: 肝臓のはたらき, 血液循環と生命の維持	ヒメダカ, ポリエチレンの袋, 顕微鏡
	はたらく人に聞いてみよう	献血を支える人たち	
3章	感覚と運動のしくみ		
	1 光や音はどこで感じるのか	感覚器官のつくりとはたらき	
	2 刺激はどこへ伝わるのか	中枢神経と末梢神経, ためしてみよう: ヒメダカの目のはたらきを調べる実験, 実験 2: 刺激を受けとってから, 反応するまでにかかる時間を調べよう, 反射, 科学の広場: 脳のつくりとはたらき	ヒメダカ, 水そう, 縦じま模様の紙, ものさし (30cm), ストップウォッチ
	3 どのようなしくみで運動ができるのか	骨格と筋肉, ためしてみよう: 骨格と筋肉の関係を調べてみよう, 運動のしくみ, 科学の広場: 外骨格と筋肉の関係	ニワトリの手羽先, カッターナイフ, ピンセット
4章	動物のなかまと生物の進化		
	1 背骨がある動物にはどのようななかまがいるのだろうか	観察 2: 身近に見られる, いろいろな脊椎動物の生活や体のつくりを観察しよう, なかまのふやし方や育て方, 呼吸のしかた, 体温, 体の表面のようす, 脊椎動物のなかま分け	双眼鏡, 記録用紙, 動物図鑑, キンギョ, 試験管, ゴム栓, BTB 液
	2 背骨のない動物にはどのようななかまがいるのか	ためしてみよう: 昆虫の運動のしかたと体のつくりの観察, 節足動物, アサリやイカのなかま, 観察 3: アサリの生活と体のつくりを調べよう, 無脊椎動物をふくむ動物のなかまのまとめ	トノサマバッタなどの昆虫, ガーゼ, ビーカー, 輪ゴム, 試験管, ルーペ(または双眼実体顕微鏡), アサリ, イカ, 水そう, ペトリ皿, メス, ピンセット, 砂, 割り箸, 海水(または 3.5%塩化ナトリウム水溶液), 約 40°Cの湯
	3 生物はどのように変化してきたのか	脊椎動物の化石, 脊椎動物の進化, 植物の進化, 進化の証拠—相同器官, 進化の証拠—シソチョウの化石	
	4 水中から陸上へ	科学偉人伝: 生物が進化すると主張した科学者 ダーウィン, 科学の広場: 生きている化石	
	動物のくらしやなかまと生命の変遷 ひろがる世界, 深海から高山までひろがる生物の世界	未来へひろがるサイエンス: 光るクラゲが導いたノーベル賞	

サイエンス3			
生命・地球編 生命の連続性			
章	小項目	学習内容	使用実験装置・器具・薬品等
	つながる生命		
1章	生物の成長		
	1 生物はどのようにして成長するのか	<p>実験：ソラマメの根の成長を調べる実験 細胞分裂の過程</p> <p>実験1：細胞が分裂するときの変化を調べよう</p>	<p>ソラマメ、ビーカー、スポンジ、ピン、ガラス板 タマネギやネギの種子から発芽した根、5%塩酸、酢酸オルセイン溶液(または酢酸カーミン溶液、酢酸ダーリア溶液)、顕微鏡観察用具、スポイト、カッターナイフ、安全眼鏡</p>
2章	生物のふえ方と遺伝		
	1 生物はどのようにして子孫を残すのか	<p>親の体から分かれてふえる</p> <p>動物のふえ方</p> <p>種子のできる植物のふえ方</p> <p>ためしてみよう：花粉から管がのびるようすの観察</p>	<p>スライドガラス、砂糖水、ホウセンカやカボチャの花粉、絵筆、顕微鏡観察用具</p>
	2 親の特徴はどのように子に伝わるのか	<p>無性生殖と有性生殖</p> <p>受精によって、染色体の数が倍にならないのはどうしてだろうか</p> <p>減数分裂</p> <p>子に現れる形質</p> <p>孫に現れる形質</p> <p>遺伝のしくみ</p> <p>科学偉人伝：最初に遺伝の法則を見いだした人 メンデル</p> <p>遺伝子の本体</p> <p>科学の広場：DNA をとり出してみよう</p> <p>遺伝子の変化</p> <p>科学の広場：遺伝子の変化の例</p> <p>DNA や遺伝子に関する科学技術</p> <p>科学の広場：遺伝子組換え</p>	<p>ブロッコリー、はさみ、乳鉢、乳棒、塩化ナトリウム、中性洗剤、茶こし、エタノール、ガラス棒、ビーカー</p>
	生命の連続性 ひろがる世界 いろいろな細胞の源－幹細胞	<p>再生する動物</p> <p>幹細胞</p> <p>現在作り出されている幹細胞</p> <p>未来へひろがるサイエンス 日本人がうみだした ips 細胞</p>	

地球領域			
教科書:サイエンス1～3(啓林館)			
サイエンス1			
生命・地球編 地球			
章	小項目	学習内容	使用実験装置・器具・薬品等
1章	大地が火をふく		
	火山の形はどうしてちがうのだろうか	ねばりけのちがいによってできる形の違いを調べるモデル実験	注射器, スライム(粘り気の異なるもの2種類), 平らな板, 支え
	火山の形はどうしてちがうのだろうか	火山灰にふくまれる鉱物の観察・溶岩の表面の観察	火山灰, 蒸発皿, 磁石, 実体顕微鏡, 溶岩, ルーペ
	マグマからできた岩石を調べてみよう	観察1 火山岩と深成岩の鉱物の特徴を観察して比べよう	火成岩の標本, ルーペまたは実体顕微鏡
	マグマからできた岩石を調べてみよう	薄い岩石片(あるいは薄片)を偏光版をはさんで観察する。	岩石薄片, 偏光版(2枚),
	マグマからできた岩石を調べてみよう	花こう岩をつくる鉱物を調べる実験	花こう岩試料, 鉄製乳鉢, ルーペまたは実体顕微鏡
2章	大地がゆれる		
	地震のゆれはどのように大地を伝わるのだろうか	実習1 地震のゆれの伝わり方を調べよう	色鉛筆
	地震はどのようにして起こるのだろうか		
3章	大地は語る		
	大地の語り部, 「化石」から学ぼう	46億年の地質時代を46cmの紙テープ写して, それぞれの時代の長さを確かめる	紙テープ
	地層はどのようにしてできるのだろうか	粒の大きさによる広がり方のちがいを調べる実験	砂, パット, 水
	地層をつくる岩石を調べてみよう	観察2 いろいろな堆積岩の特徴を調べて, 分類しよう	堆積岩の標本, 5%塩酸, ルーペまたは実体顕微鏡, ベトリ皿, スポイト, 鉄製の釘, 安全めがね
	大地の変化を推測しよう	観察3 地層の特徴や重なり方などを調べよう(野外観察)	ルーペ, 巻尺, 方位磁針, 岩石ハンマー, 手袋, ぼうし, 袋, 地形図, スケッチ板, 色鉛筆, グラフ用紙, カメラ, 安全めがね
	地球上の大地形はどのようにしてできたのだろうか		

サイエンス2			
生命・地球編 地球			
章	小項目	学習内容	使用実験装置・器具・薬品等
2章	地球の大気と天気の変化		
	教室の空気の露点を調べ、空気中にふくまれる水蒸気量を推定しよう	気温、露点、水蒸気量	ステンレスコップ、温度計、ビーカー、大型試験管、氷片、くみ置きの水、セロハンテープ、乾いた布
	空気の体積を変化させて雲をつくらう	雲、飽和、凝結	炭酸飲料用ペットボトル(丸型)、ゴム栓、デジタル温度計、ぬるま湯、線香、マッチ、手袋
	気象観測をしよう	天気、気温、湿度、気圧、風向、風速	乾湿計、気圧計、風向風速計(あるいは、風向計と風力階級表)、くみ置きの水、時計、観測カード、グラフ用紙
	日本付近における低気圧や高気圧の動きを調べよう	天気図、低気圧、高気圧	天気図
サイエンス3			
生命・地球編 地球			
章	小項目	学習内容	使用実験装置・器具・薬品等
1章	地球と宇宙		
	太陽の1日の動きを調べよう	太陽、地球、自転	透明半球、球面分度器、方位磁針、画用紙、板、セロハンテープ、押しピン、フェルトペン、紙テープ、ものさし
	星の1日の動きを調べよう	恒星、地球、自転	方位磁針、透明半球、記録用紙、懐中電灯、時計、フェルトペン、セロハンテープ
	月の形と位置の変化を調べてみよう	太陽、地球、月、自転、公転	方位磁針、記録用紙、懐中電灯、時計、天体観測年鑑など
	太陽の表面を観察しよう	太陽、黒点	天体望遠鏡(投影板つき)、直径10cmの円をかいた記録用紙、クリップ、時計

環境領域			
教科書:サイエンス1～3(啓林館)			
サイエンス3			
環境 自然と人間			
章	小項目	学習内容	使用実験装置・器具・薬品等
1章	自然界のつり合い		
	実験1 土の中の微生物の働きを調べよう	土の中には菌類や細菌類がいること、微生物はデンプンを分解して二酸化炭素を放出していること、落ち葉などの分解を微生物がおこなっていること、ヨウ素デンプン反応、気体検知管の使い方	1%デンプンのり、ヨウ素溶液、ガスバーナー、三角架、三脚、ステンレス皿、葉さじ、ビーカー、試験管、試験管立て、スポイト、二酸化炭素用気体検知管、気体採取器、ペットボトル
2章	人間と環境		
	調査1 川の生物から水質を調べる	水生生物の種類、水質による水生生物の分布	バット、標本瓶、ルーペ、ピンセット、温度計、採取用の網、歯ブラシ、長靴、水生生物図鑑
	調査1 カイツカイブキの葉で空気のヨゴレを調べる	自動車排ガスによる大気汚染、顕微鏡の使い方、フィールド調査の方法	双眼実態顕微鏡、はさみ、地図、筆記用具
	わたしたちの生活は自然環境にどのような影響を与えてきたのか	地球温暖化、水質汚濁、赤潮、アオコ、大気汚染、酸性雨、光化学スモッグ、オゾン層、外来種、生物濃縮	
3章	自然と人間の関わり		
	調査2 地域の自然について調べよう	郷土の自然環境(気候・気象、地形、地質)、郷土の自然の恵み(土地利用、水資源、里山)、郷土の過去に起こった自然災害	地図、カメラ、パソコン、地誌資料
4章	科学技術と人間		
	科学技術はどのように発展してきたか	動力を得る機会の発明と発展、顕微鏡の発明と観察技術の発展、医薬品の進歩、通信技術の進歩	
	科学技術から私たちはどのような恩恵を受けているのか	ハイブリッドカー、生分解性プラスチック、液晶ディスプレイ、有機EL、カプセル内視鏡、情報通信ネットワーク	
	科学の広場 原子や原子核の世界を調べるため	原子、原子核、陽子、中性子、電子、シンクロトン	
4章	科学技術と人間		
	科学の広場 環境問題とその対策～大気汚染を例に～	大気汚染、硫黄酸化物、脱硫技術、化石燃料、液化天然ガス	

### 3. 本プロジェクトで検討した内容について

2章で述べたように、現行の中学校学習指導要領（理科）で作成された中学教科書に掲載されている学習項目の調査を行い、2章で示した資料を作成し、その資料を用いて検討を行った。

その結果として、現行の中学校学習指導要領（理科）で教えている内容では、大学で教える最新の生物の進化・系統学の知識についての内容と現行の中学校学習指導要領（理科）においてかなりの違いが存在していることがわかった。生物の分類については、歴史的には、これまで二界説、三界説、四界説、五界説などが提唱されてきて、現行の中学校学習指導要領（理科）ではそれらが反映された内容となっている。しかしながら、近年の分子レベルの研究の発展により、これまでとは異なったドメインという分類階級を設けるという考えが提唱された。このような新しい考え方を新しい中学校学習指導要領（理科）においては加える必要があるが、どのような形で加えて行くかを検討するために、検討内容「最新の生物の進化・系統学の中学校理科への導入」として本プロジェクトにおいて取り上げることとした。

また、当初このプロジェクトを始めた際にターゲットとしていた現行の中学校学習指導要領（理科）の学習項目には入っていないが、防災と科学、生物多様性の保全、放射線教育などの自然科学の領域に関係する日常生活に直結した現代的課題についてである。これらの内容を正しく理解することは、これからの社会で生活する上で不可欠なことであり、これからの教員にはそれを教えるだけの力が求められていることは1章の研究の目的・概容でも述べたとおりである。これらの学習項目についても中学校学習指導要領（理科）においてどのように加えて行くかの検討が必要であることが再確認できたので、「防災と科学」、「放射線教育」、「生物多様性の保全」を検討内容として取り上げて、それらをどのように次期中学校学習指導要領（理科）に取り入れていくかの検討を行うことにした。

以下に、上記で上げた4つの検討内容をまとめ、簡単にその内容を説明した。

#### ・防災と科学

異常気象、台風、地震の際の震央の求め方などを題材に、災害を科学的な理解を目指し、防災意識の向上に繋がるような教育プログラムを開発する。

#### ・放射線教育

これまでほとんど中学校学習指導要領（理科）に入らなかった放射線教育をどのように中学理科において取り入れて行くのかについて検討を行う。放射線教育は、エネルギー分野（物理）や粒子分野（化学）における他の学習項目とも内容が関わることが多いので、独立して中学校学習指導要領（理科）のどこかの部分に加えるというのは難しく、それぞれエネルギー分野（物理）や粒子分野（化学）の他の学習項目と関わらせながら教育を行っていくのかの検討が必要である。また、放射線教育は理科（科学）としての放射線教育のみならず、放射線よりどのように体を守るなどの安全教育的な側面もあるので、それら安全教育的な内容の放射線教育をどのような取り扱いとし、新しい中学校学習指導要領（理科）においては取り扱うべきかの検討なども行う。

- **生物多様性の保全**

コウノトリの野生復帰に関わる取り組みなどの事例を挙げながら、自然界のつり合いには、生物多様性の保全についての重要性を理解することを目指した教育プログラムを開発する。

- **最新の生物の進化・系統学の中学校理科への導入**

真核生物と原核生物の違い，生物分化の時系列や生物進化，微生物とウイルスなど，生物の分類に関する正確な理解を目指した教育プログラムを開発する。

以下の章では，上記の4つの検討内容についてそれぞれを個別に取り上げて，その詳細について説明していく。

## 4. 防災と科学

東京学芸大学・宇宙地球科学分野 佐藤尚毅

宇宙地球科学分野 松田佳久

環境科学分野 藤本光一郎

### 1. 中学校学習指導要領の改善すべき提案項目

第2分野の「(2) 大地の成り立ちと変化」に以下の下線で示した内容を追加する。

#### 2 内容

略。

#### (2) 大地の成り立ちと変化

略。

#### ア 火山と地震

##### (ア) 火山活動と火成岩

火山の形，活動の様子及びその噴出物（溶岩流、火砕流、降下火砕物、火山ガス）を調べ，それらを地下のマグマの性質と関連付けてとらえるとともに，火山岩と深成岩の観察を行い，それらの組織の違いを成因と関連付けてとらえること。

溶岩流、火砕流、降下火砕物、火山ガスの性質を防災上の観点を含めて理解すること。

#### 3 内容の取扱い

略。

#### (3) 内容の(2)については，次のとおり取り扱うものとする。

略。

イ アの(イ)については，地震の現象面を中心に取り扱い，初期微動継続時間と震源までの距離との定性的な関係や、それを用いて震央を推定する方法にも触れること。また，「地球内部の働き」については，日本付近のプレートの動きを扱うこと。

第2分野の「(4) 気象とその変化」に以下の下線で示した内容を追加する。

#### 2 内容

略。

#### (4) 気象とその変化

略。

#### ア 気象観測

##### (ア) 気象観測

校庭などで気象観測を行い，観測方法や記録の仕方を身に付けるとともに，その観測記録などに基づいて，気温，湿度，気圧，風向，風速・風力，降水量などの変化と天気との関係を見いだすこと。

風力や降水量と、発生しうる災害の程度との関係を理解すること。

## イ 天気の変化

### (ア) 霧や雲の発生

略。

### (イ) 前線の通過と天気の変化

略。

### (ウ) 台風の通過と天気の変化

台風の通過に伴う天気の変化の観測結果などに基づいて、その変化を台風の構造、特に風や降水の分布と関連付けてとらえること。

台風は海面水温の高い海上で発生、発達することを理解すること。

台風情報の適切な利用法を理解すること。

## ウ 日本の気象

略。

## 2. 提案項目の意義と内容

現状では地震の震央の求め方に関する説明がないので、地震情報がどのようにして作成されているか学んでいない。震央の求め方の学習を通して初期微動継続時間と震源までの距離の関係についての理解が定着すると、地震に遭遇したときに、近い場所で起きた地震なのか、遠方で起きた大地震なのかを判断することができ、避難行動に役立つ可能性がある。

火山については、火山噴出物についての体系的、網羅的な記述が十分ではない。溶岩流、火砕流、降下火砕物、火山ガスを整理し、それぞれの性質を理解することは、火山による災害から身を守るうえで役に立つと考えられる。

現状では降水量の定量的な表し方に言及していないので、降水量の値と災害発生の危険性の大小との関係を学んでいない。風力についても防災という観点での扱いが十分ではない。そのため、降水量の定義や、降水量の値と発生しうる災害の程度との関係を学ぶようにする。風についても同様に、台風を題材として、災害との関連について取り上げるようにする。台風情報の見方についても教える。また、台風の発生、発達には高い海面水温に伴う水蒸気の供給が必要であることに言及し、海面水温の違いによって日本に接近、上陸する台風の勢力が変わりうることを理解させる。これは、日本の気象が海洋の影響を受けていることを理解することにもつながると期待できる。さらに、台風以外による災害も含めて、大雨警報、暴風警報などの気象情報についても言及し、防災という観点で気象情報を適切に利用できるための知識を身につける。

## 3. 提案をもとに実際に改善された際の波及効果

地震、火山や台風に関する理解が深まり、実習を含む学習を通して、地震災害、火山災害や気象災害に対する防災意識の向上に貢献する。また、一般にデータを分析する能力が身につく。

## 4. 提案をもとに実際に改善された際の教科書

次ページより示す。(今回は気象に関する内容のみ)。

## 防災と科学

### 1. 台風などによる災害

#### (1) 豪雨と暴風

台風の近くでは強い風が吹き、大量の雨が降ることが多い。雨の強さは**降水量**として表される。降水量は、降った降水（雨や雪など）が、そのまま地面にとどまった場合に、どの程度の深さになるか示したものである。1時間あたりの量で表すことが多い。雨の強さと降水量の値との関係は、次の表のとおりである。

雨の強さと降水量

雨の強さ	1時間雨量
やや強い雨	10 mm 以上
強い雨	20 mm 以上
激しい雨	30 mm 以上
非常に激しい雨	50 mm 以上
猛烈な雨	80 mm 以上

地域によるが、1時間に 50 mm 以上、3時間に 80 mm 以上、24時間に 150 mm 以上の降水があると災害が発生する可能性が高い。1時間あたりの降水量がそれほど多くなくても、長時間降水が続けば災害が発生する危険が高まる。大雨による災害が予想されるときには、**大雨（洪水）注意報、大雨（洪水）警報、記録的短時間大雨情報、土砂災害警戒情報**の順に防災気象情報が発表される。

風の強さは、表のように風力階級を用いて表される。風速とは空気の移動する速さである。風速 10 m/s のとき、空気は時速 36 km で移動している。

### 風力階級

風力階級	風速 (m/s)	地上物の状態 (陸上)
0	0.0～0.2	静穏。煙はまっすぐに昇る。
1	0.3～1.5	風向きは煙がなびくのでわかるが、風見には感じない。
2	1.6～3.3	顔に風を感じる。木の葉が動く。風見も動きだす。
3	3.4～5.4	木の葉や細かい小枝がたえず動く。軽く旗が開く。
4	5.5～7.9	砂埃がたち、紙片が舞い上がる。小枝が動く。
5	8.0～10.7	葉のある灌木がゆれはじめる。池や沼の水面に波頭がたつ。
6	10.8～13.8	大枝が動く。電線が鳴る。傘はさしにくい。
7	13.9～17.1	樹木全体がゆれる。風に向かっては歩きにくい。
8	17.2～20.7	小枝が折れる。風に向かっては歩けない。
9	20.8～24.4	人家にわずかの損害がおこる。
10	24.5～28.4	陸地の内部ではめずらしい。樹木が根こそぎになる。人家に大損害がおこる。
11	28.5～32.6	めったに起こらない広い範囲の破壊を伴う。
12	32.7～	

この表における風速は10分間の**平均風速**である。**最大瞬間風速**は、平均風速の1.5～2倍に達することがあるので注意が必要である。**暴風警報**は平均風速が20 m/s以上の場合に発表されることが多い。

### (2) 降水などの観測

アメダスとは、地域気象観測システムのことであり、全国約1300地点で、降水量を測定している。このうち、約850地点では、風向・風速、気温、日照時間も観測している。また、積雪の多い地域では、積雪の深さも測定している。降水量に関しては、おおむね17 km 間隔にデータが得られる。雨や雪の分布を調べるときに有効である。天気予報やウェブページでよく用いられる分布図は、直前1時間の積算降水量である。たとえば、6時の降水量データは5時0分から6時0分までの1時間の降水量を示している。

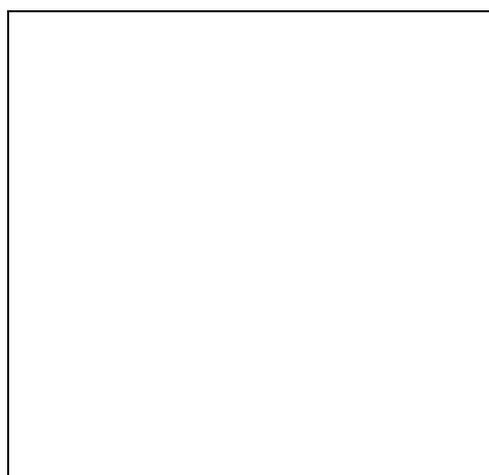
気象レーダーは、電波を発射し、雨雲による反射を測定することによって、雨雲の分布を調べている。雨量計のない場所であっても雨の分布を知ることができる。大きな雨粒を多く含んでいる雲のほうが電波をよく反射するので、雨雲の強さも測定できる。レーダーの観測値をアメダスの観測値を用いて補正したデータは解析雨量とよば

れ、天気予報でもしばしば用いられる。

下の図は、台風が接近、上陸したときに、アメダスによって観測された降水量の分布と、同時刻の解析雨量を示したものである。アメダスによる観測のある陸上では、どちらのデータも同じような値を示すが、海上では、解析雨量のデータしか使えないため、両者では印象が違って見える。



アメダスの降水量



解析雨量



天気図

(2012年 9月30日12時)

(気象庁のウェブサイトより)

### (3) 台風

**熱帯低気圧**とは、熱帯の暖かい海上で発生する低気圧である。中心のまわりでは、反時計回りの渦ができていて、中心に向かって風が吹き込んでいる。海から供給され

た大量の水蒸気が集まってくるので、積乱雲が発達している。



(wikipedia より)

台風の構造の図

熱帯低気圧や台風は、温帯低気圧とは異なり、前線を伴わない。天気図上では、間隔のつまった同心円状の等圧線で表現される。また、気象衛星による雲画像を使うと、渦巻き状の構造を確かめることができる。熱帯低気圧のうち、中心付近の最大風速が  $17.2 \text{ m/s}$  以上のものを**台風**という。



(天気図)

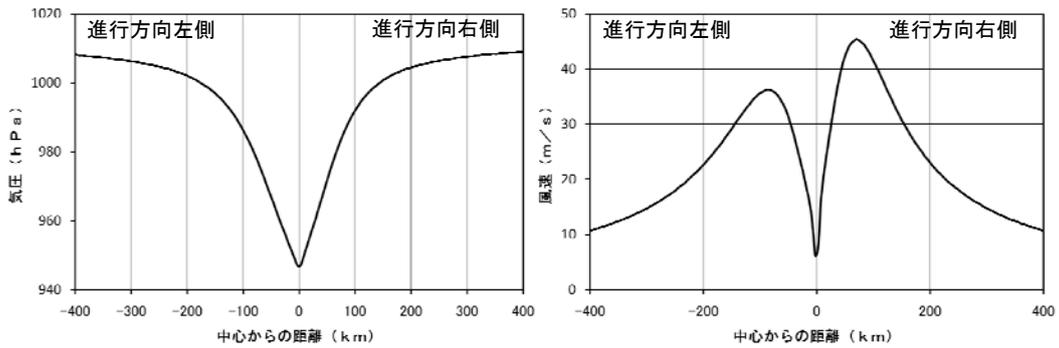
(気象庁のウェブサイトより)



(雲画像)

(高知大学気象頁より)

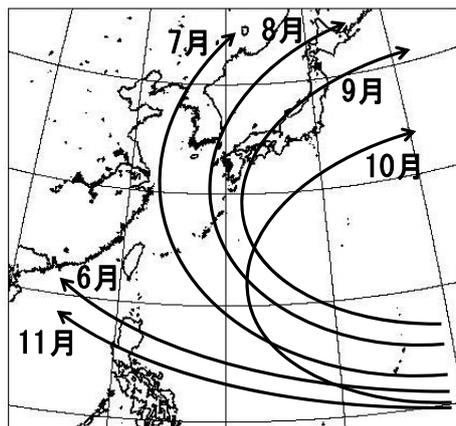
一般に台風は中心に近づくほど風速が大きくなるが、中心付近では風が弱く晴れている場合がある。これを**台風目**という。台風目は雲画像で確認できることが多い。



台風のまわりの気圧分布と風速分布の模式図

台風の進行方向の右側では、反時計回りの渦に、台風の移動の効果が重なって、強い風が吹きやすい。台風の中心からの距離が同じであっても、台風の進行方向の右側にあたる地域では強い風に対して特に注意が必要である。

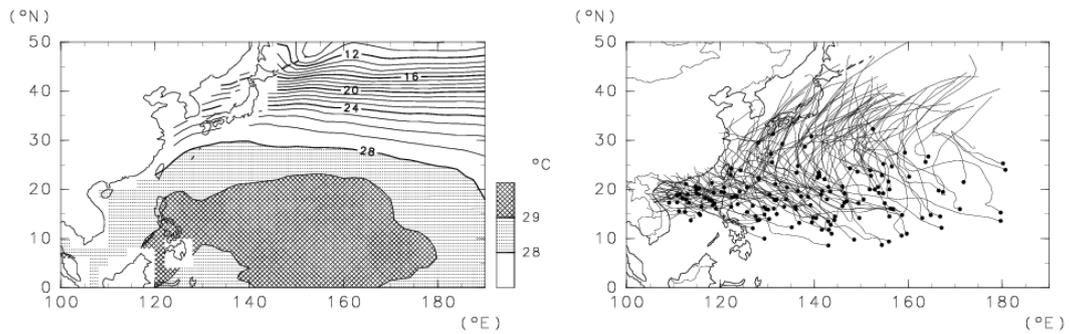
台風は平均して1年に26個発生する。熱帯の海洋上で発生したあと、上空の風に流され、しばしば太平洋高気圧のへりを回るような進路をとって日本にやってくる。台風の典型的な進路は図に示した通りである。夏から秋にかけては、日本に接近したり上陸したりする台風が多い。太平洋高気圧の勢力が強い夏の間は、台風が大陸のほうを大きく回っていくこともあるが、秋になって太平洋高気圧の勢力が弱くなると、日本にやってくるが多くなる。



台風の月別のおもな進路

台風が発生、発達するためには、大量の水蒸気が必要である。このため、台風は海面水温が高い熱帯の海上で発生する。気温が高くて陸上では発生しない。また、台風

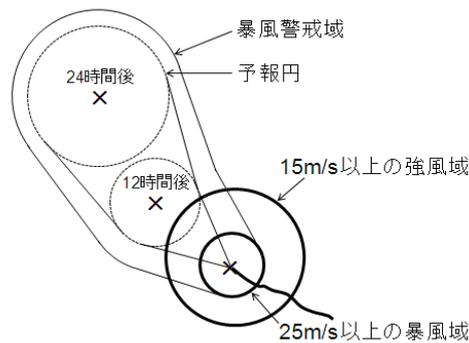
が渦として発生、発達するためには、地球の自転の効果が必要であり、赤道付近では台風は発生しない。台風は陸上に上陸したり海面水温の低い海域に達したりすると、発達のもとになる水蒸気の供給が減少するので勢力が衰えることが多い。逆に、日本付近の海面水温が高いときには、勢力を増しながら日本に接近、上陸するので特に注意が必要である。



(気象庁によるデータを用いて作成)

9月の海面水温と、台風の発生場所と経路

台風の動きや勢力の変化はコンピュータによって予想することができる。台風情報は、図のような形で発表される。平均風速が **25 m/s** 以上の範囲が**暴風域**、**15 m/s** 以上の範囲が**強風域**である。**予報円**は、台風が中心が到達すると予想される範囲のことで、実際に予報円に入る確率は **70%** である。台風が中心が予報円内に入ったときに暴風域に入るおそれのある領域を**暴風警戒域**として示す。



台風情報の例

台風の接近、上陸に対応して発表される可能性のある警報としては、暴風警報、大雨警報、洪水警報、**高潮警報**、**波浪警報**が挙げられる。台風が接近、上陸するおそれがあるときには台風情報に注意して適切に行動することが重要である。

気象に関する警報

大雨警報	大雨による重大な災害のおそれ。
洪水警報	河川の増水による重大な災害のおそれ。
大雪警報	大雪による重大な災害のおそれ。
暴風警報	暴風による重大な災害のおそれ。
暴風雪警報	暴風＋雪(による視程障害)による重大な災害のおそれ。
波浪警報	高い波による重大な災害のおそれ。
高潮警報	異常な海面の上昇による重大な災害のおそれ。

## 実習

**作業①** 資料1の内容(斜字で書かれている部分を除く)を天気図用紙に記入しなさい。

**作業②** 資料1に載っている等圧線以外の等圧線をすべて引きなさい。

**問①** 台風のまわりでは風がどのように吹いているか考えなさい。

**問②** 台風と温帯低気圧(普通の低気圧)にはどんな違いがあるか考えなさい。

**作業③** 資料1の斜字で書かれている部分を天気図用紙に記入しなさい。

**作業④** 資料2に書かれている、過去の台風の位置と中心気圧、最大風速を天気図に記入しなさい。

**問③** 台風の進路の特徴を考えなさい。

**問④** 天気図を見ながら予報円とは何か説明しなさい。

**作業⑤** 資料3に書かれている、12時間後、24時間後の実際の台風の位置、中心気圧、最大風速を天気図用紙に記入しなさい。

**問⑤** 海面水温の図を見ながら、台風の強さ(中心気圧)の変化と海面水温の間にはどのような関係があるか考えなさい。

**問⑥** 台風が温帯低気圧に変わると、強さ(中心気圧、最大風速、強風域)はどのように変化するか考えなさい。

### 資料1

#### 各地の天気 2013年10月15日18時

石垣島	北	風力 4	晴れ	11 hPa	27度
那覇	北北西	風力 6	くもり	07 hPa	26度
南大東島	北西	風力 6	くもり	01 hPa	27度
名瀬	北北東	風力 5	にわか雨	02 hPa	25度
鹿兒島	北北西	風力 5	くもり	999 hPa	24度
巖原	北	風力 3	雨	07 hPa	20度
足摺岬	北北東	風力 3	雨	997 hPa	21度

西	郷	北北東	風力 5	くもり	0.8 hPa	19度					
潮	岬	北北東	風力 5	雨	9.96 hPa	19度					
八	丈	島	東北東	風力 3	雨	0.1 hPa	24度				
大	島	北東	風力 6	雨強し	0.5 hPa	18度					
小	名	浜	北	風力 2	雨	1.1 hPa	19度				
輪	島	東	風力 2	雨	1.0 hPa	19度					
宮	古	北北東	風力 2	雨	1.5 hPa	17度					
函	館	北西	風力 2	くもり	1.7 hPa	12度					
根	室	北北東	風力 5	くもり	1.5 hPa	14度					
稚	内	西	風力 3	晴れ	1.8 hPa	7度					
ポロ	ナ	イ	西	風力 2	晴れ	1.0 hPa	2度				
セ	ベ	ロ	ク	リ	南	風力 4	雨	1.0 hPa	6度		
ハ	バ	ロ	フ	ス	ク	西南西	風力 1	快晴	2.1 hPa	2度	
ウ	ラ	ジ	オ	ス	ト	ク	北北東	風力 2	快晴	2.4 hPa	6度
ソ	ウ	ル	東北東	風力 3	くもり	1.8 hPa	11度				
チェ	ジュ	島	北北西	風力 4	晴れ	1.3 hPa	18度				
台	北	北東	風力 2	くもり	1.5 hPa	26度					
青	島	北	風力 4	快晴	2.5 hPa	12度					
上	海	北北西	風力 2	晴れ	2.2 hPa	17度					
武	漢	北北東	風力 2	くもり	2.5 hPa	17度					
マ	ニ	ラ	西南西	風力 2	晴れ	1.0 hPa	29度				
父	島	南南東	風力 5	にわか雨	0.7 hPa	28度					
南	鳥	島	東	風力 4	天気不明	1.5 hPa	27度				

#### 船舶の報告 2013年10月15日18時

関東	南	東	方	の	北緯	30度	東経	147度	風向・風力	不明
					(天気)	不明	(気圧)	1.5 hPa		
関東	東	方	の	北緯	37度	東経	148度	南南東	風力	6
					(天気)	くもり	(気圧)	1.8 hPa		
北海道	東	方	の	北緯	41度	東経	152度	風向・風力	不明	
					(天気)	不明	(気圧)	2.3 hPa		

#### 漁業気象 2013年10月15日18時

日本の南の北緯29度25分、東経135度30分には、950 hPaの大型で強い台風第26号があつて、北北東へ毎時40キロで進んでいます。

中心付近の最大風速は40メートル、中心の東側240キロ(2.2度)以内と西

側190キロ（1.7度）以内では、風速25メートル以上の暴風、また、中心の東側750キロ（6.8度）以内と西側600キロ（5.4度）以内では、風速15メートル以上の強い風が吹いています。

なお、台風第26号の中心は、70パーセントの確率で12時間後の16日午前6時には日本の南の北緯34度25分、東経139度35分を中心とする半径90キロ（0.8度）の円内に達する見込みです。同じ点の東側330キロ（3.0度）以内と西側280キロ（2.5度）以内では、風速25メートル以上の暴風となるおそれがあり、最大風速は35メートルになる見込みです。

また、24時間後の16日午後6時には日本の東の北緯41度30分、東経145度55分を中心とする半径240キロ（2.2度）の円内に達し、温帯低気圧に変わる見込みです。同じ点の東側520キロ（4.7度）以内と西側430キロ（3.9度）以内では、風速25メートル以上の暴風となるおそれがあり、最大風速は35メートルになる見込みです。

オホーツク海の北緯52度、東経147度には、996hPaの発達中の低気圧があつて、東へ30キロで進んでいます。中心から閉塞前線が北緯52度、東経150度を通つて、北緯51度、東経152度に達し、ここから温暖前線が北緯49度、東経155度を通つて、北緯46度、東経157度にのび、寒冷前線が北緯46度、東経150度を通つて、北緯41度、東経143度に達しています。

華北の北緯41度、東経116度には、1028hPaの高気圧があつて、東南東へ30キロで移動しています。

日本のはるか東の北緯38度、東経164度には、1030hPaの高気圧があつて、東へ30キロで移動しています。

日本付近を通る1012hPaの等圧線は、北緯14度、東経165度、（20、152）（24、147）（30、145）（38、142）（38、140）（36、130）（33、126）（30、125）（22、120）（22、113）の各点を通っています。

## 資料2

### 過去の台風の位置と中心気圧、最大風速

2013年10月15日 6時： 北緯26度10分、東経133度50分 940hPa 40メートル

2013年10月14日18時： 北緯23度35分、東経134度30分 930hPa 45メートル

2013年10月14日 6時： 北緯21度00分、東経135度50分 940

h P a 45メートル

2013年10月13日18時： 北緯19度35分、東経136度40分 950

h P a 40メートル

### 資料3

#### 漁業気象 2013年10月16日 6時

日本の東の北緯34度10分、東経140度05分には、955hPaの大型で強い台風第26号があって、北東へ毎時60キロで進んでいます。中心付近の最大風速は35メートル、中心の東側330キロ（3.0度）以内と西側280キロ（2.5度）以内では、風速25メートル以上の暴風、また、中心の東側950キロ（8.6度）以内と西側600キロ（5.4度）以内では、風速15メートル以上の強い風が吹いています。

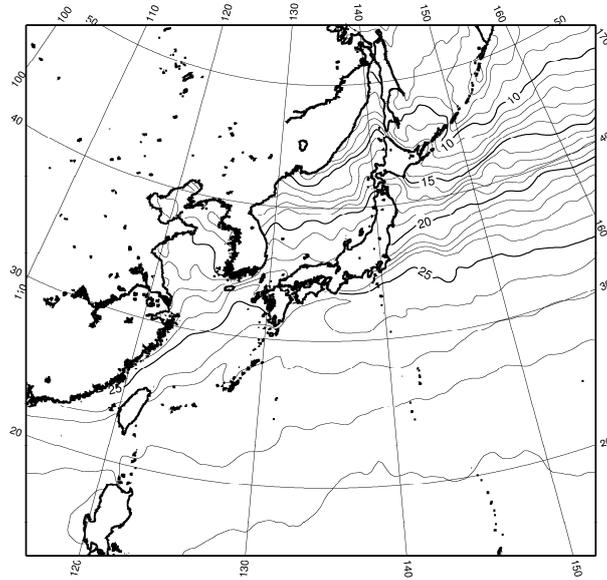
なお、台風第26号の中心は、70パーセントの確率で12時間後の16日午後6時には日本の東の北緯41度40分、東経146度50分を中心とする半径160キロの円内に達し、温帯低気圧に変わる見込みです。また、24時間後の17日午前6時には千島近海の北緯47度50分、東経154度00分を中心とする半径240キロの円内に達する見込みです。同じ点の東側700キロ以内と西側650キロ以内では、風速25メートル以上の暴風となるおそれがあり、最大風速は35メートルになる見込みです。

#### 漁業気象 2013年10月16日18時

日本の東の北緯42度、東経148度には、968hPaの発達中の低気圧があって、北東へ毎時95キロで進んでいます。中心から温暖前線が北緯44度、東経153度を通して、北緯44度、東経158度にのび、寒冷前線が北緯37度、東経146度を通して、北緯34度、東経139度に達しています。中心から半径1100キロ（9.9度）の円内では、15から35メートルの強い風が吹いています。

なお、この低気圧の中心は12時間後の17日午前6時には千島近海の北緯49度、東経154度を中心とする半径160キロの円内に達する見込みです。また、この低気圧の中心は24時間後の17日午後6時にはカムチャツカの東の北緯52度、東経161度を中心とする半径240キロの円内に達する見込みです。

(NHKラジオ第2放送の「気象通報」を一部改変)



(米国大気海洋庁によるデータを使用)

10月の海面水温

中学校学習指導要領

第4節 理科

第2 各分野の目標及び内容

〔第2分野〕

2 内容

(4) 気象とその変化

身近な気象の観察，観測を通して，気象要素と天気の変化の関係を見いださせるとともに，気象現象についてそれが起こる仕組みと規則性についての認識を深める。

ア 気象観測

(ア) 気象観測

校庭などで気象観測を行い，観測方法や記録の仕方を身に付けるとともに，その観測記録などに基づいて，気温，湿度，気圧，風向，風速・風力，降水量などの変化と天気との関係を見いだすこと。

風力や降水量と、発生しうる災害の程度との関係を理解すること。

イ 天気の変化

(ア) 霧や雲の発生

霧や雲の発生についての観察，実験を行い，そのでき方を気圧，気温及び湿度の変化と関連付けてとらえること。

(イ) 前線の通過と天気の変化

前線の通過に伴う天気の変化の観測結果などに基づいて，その変化を暖気，寒気と関連付けてとらえること。

(ウ) 台風の通過と天気の変化

台風の通過に伴う天気の変化の観測結果などに基づいて，その変化を台風の構造、特に風や降水の分布と関連付けてとらえること。

台風は海面水温の高い海上で発生、発達することを理解すること。

台風情報の適切な利用法を理解すること。

ウ 日本の気象

(ア) 日本の天気の特徴

天気図や気象衛星画像などから，日本の天気の特徴を気団と関連付けてとらえること。

(イ) 大気の動きと海洋の影響

気象衛星画像や調査記録などから，日本の気象を日本付近の大気の動きや海洋の影響に関連付けてとらえること。

### (7) 自然と人間

自然環境を調べ、自然界における生物相互の関係や自然界のつり合いについて理解させるとともに、自然と人間のかかわり方について認識を深め、自然環境の保全と科学技術の利用の在り方について科学的に考察し判断する態度を養う。

#### ア 生物と環境

##### (イ) 自然環境の調査と環境保全

身近な自然環境について調べ、様々な要因が自然界のつり合いに影響していることを理解するとともに、自然環境を保全することの重要性を認識すること。

### 3 内容の取扱い

(5) 内容の(4)については、次のとおり取り扱うものとする。

ア イの(ア)については、気温による飽和水蒸気量の変化が湿度の変化や凝結にかかわりがあることを扱うこと。また、水の循環も扱うこと。

イ イの(イ)については、風の吹き方にも触れること。

ウ ウの(イ)については、地球を取り巻く大気の動きにも触れること。また、地球の大きさや大気の厚さにも触れること。

(8) 内容の(7)については、次のとおり取り扱うものとする。

イ アの(イ)については、生物や大気、水などの自然環境を直接調べたり、記録や資料を基に調べたりするなどの活動を行うこと。また、地球温暖化や外来種にも触れること。

## 5. 放射線教育

東京学芸大学・分子化学分野 長谷川 正  
 環境科学分野 中野 幸夫  
 物理科学分野 新田 英雄  
 理科教育分野 平田 昭雄  
 環境科学分野 佐藤 公法  
 理科教員高度支援センター 吉原 伸敏

### 1. 中学校学習指導要領の改善すべき提案項目

現行の中学校理科学習指導要領における放射線に関連した取り扱いは、第一分野「(7) 科学技術と人間、ア エネルギー、(イ) エネルギー資源」において「人間は、水力、火力、原子力などからエネルギーを得ていることを知るとともに、エネルギーの有効な利用が大切であることを認識すること。」と「原子力」という用語が使われているだけであるが、学習指導要領中の内容の取扱いで「アの(イ)については、放射線の性質と利用にも触れること」と記されている。

中学校理科の教科書（啓林館サイエンス1～3）では、学習指導要領第一分野「(1) 身近な物理現象、ア 光と音」に対応する章の発展的学習で「波長、電磁波、 $\gamma$ 線、X線」を取り上げ、「(2) 身の回りの物質」に対応した章の「原子」を「化学変化でそれ以上分けることができない／化学変化で新しくできたり種類が変わったりなくなったりしない／種類によってその質量や大きさが決まっている」と説明している節の脚注に「日本の研究グループが113番目原子を作り出すことに成功」と原子核反応に関連した説明を入れ、「(3) 電流とその利用」に対応した章には、発展的学習で陰極線(電子線)とオーロラを取り上げ、「オーロラは太陽から放出される電子の流れが大気中の原子や分子と衝突して発光する現象」と宇宙線についても説明している。また、「(6) 地球と宇宙」では、太陽の核融合について触れ、星の爆発によりガスやちりが放出されることについても触れている。上記の「(7) 科学技術と人間」では、原子と原子核の構造、原子力発電について触れており、更に、放射線について表1の最後に示したようにかなり詳しい記述がされている。さらに、「ア 科学技術の発展」の発展的学習(科学の広場)では「シンクロトロン、K中間子、反陽子、ニュートリノ、 $\pi$ 中間子、ミューオン」にも触れている(表1)。

表1 放射線教育に関係した学習指導要領の内容(中学校)と放射線教育項目案

学年	学習指導要領の内容	教科書の内容	放射線教育の基礎となる事項	放射線教育項目案

1	<p>〔第2分野〕  (2) 大地の成り立ちと変化  大地の活動の様子や身近な岩石、地層、地形などの観察を通して、地表に見られる様々な事象・現象を大地の変化と関連付けて理解させ、大地の変化についての認識を深める。  ア 火山と地震  (ア) 火山活動と火成岩  火山の形、活動の様子及びその噴出物を調べ、それらを地下のマグマの性質と関連付けてとらえるとともに、火山岩と深成岩の観察を行い、それらの組織の違いを成因と関連付けてとらえること。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・花こう岩をつくる鉱物を調べる実験  マグマからできた岩石</li> </ul>	<p>深成岩  花崗岩</p>	
	<p>〔第1分野〕  (1) 身近な物理現象  身近な事象・現象についての観察、実験を通して、光や音の規則性、力の性質について理解させるとともに、これらの事象・現象を日常生活や社会と関連付けて科学的にみる見方や考え方を養う。  ア 光と音  (ア) 光の反射・屈折  光の反射や屈折の実験を行い、光が水やガラスなどの物質の境界面で反射、屈折するときの規則性を見いだすこと。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・光による現象  屈折と全反射  太陽光の色と虹（太陽光をプリズムに通すと、色によって光の屈折角が異なりいろいろの光に分けることができる）  虹</li> <li>・光の世界（発展）  電磁波、波長、ガンマ線、X線、紫外線、可視光線、赤外線</li> </ul>	<p>分光色  波長、ガンマ線、X線、紫外線、可視光線、赤外線</p>	<p>放射線とは測定法単位</p>
2	<p>〔第2分野〕  (3) 動物の生活と生物の変遷  イ 動物の体のつくりと働き  (ア) 生命を維持する働き  消化や呼吸、血液の循環についての観察、実験を行い、動物の体が必要な物質を取り入れ運搬している仕組みを観察、実験の結果と関連付けてとらえること。また、不要となった物質を排出する仕組みがあることについて理解すること。</p>	<p>2章 生命を維持するはたらき</p>	<p>人体</p>	

	<p>〔第1分野〕</p> <p>(2) 身の回りの物質</p> <p>(3) 電流とその利用</p> <p>ア 電流</p> <p>イ 電流と磁界</p> <p>ウ 電磁誘導と発電</p> <p>磁石とコイルを用いた実験を行い、コイルや磁石を動かすことにより電流が得られることを見いだすとともに、直流と交流の違いを理解すること。</p>	<p>原子の種類と周期律</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・化学変化と原子・分子</li> <li>・原子の記号</li> <li>・原子の性質</li> </ul> <p>化学変化でそれ以上分けることができない／化学変化で新しくできたり種類が変わったりなくなったりしない／種類によってその質量や大きさが決まっている</p> <p>〔考えてみよう〕中世の錬金術師達は安価な金属を高価な金に変えるために試行錯誤していたが、目的を達成することはできなかった。何故だろうか。原子の性質から考えてみよう。（教科書と同じページの脚注：新しい種類の原子を作り出す研究を数多くの国が競っています。2004年に日本の研究グループが、周期表の113番目にあたる原子を作り出すことに成功）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・（科学の広場）化学エネルギー・光合成</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>・電流の正体</li> <li>真空放電, 電子</li> <li>・（科学の広場）陰極線（電子線）とオーロラ</li> </ul> <p>オーロラは太陽から放出される電子の流れが大気中の原子や分子と衝突して発光する現象</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・発電機の仕組み</li> <li>・（働いている人に聞いてみよう）発電所から家庭まで</li> <li>原子力発電所</li> </ul>	<p>原子 （原子核反応） 電子 発電の仕組み</p>	<p>化学反応と核反応の違い 放射性同位体</p>
3	<p>〔第2分野〕</p> <p>(5) 生命の連続性</p> <p>イ 遺伝の規則性と遺伝子</p> <p>(7) 遺伝の規則性と遺伝子</p> <p>交配実験の結果などに基づいて、親の形質が子に伝わるときの規則性を見いだすこと。</p> <p>(6) 地球と宇宙</p> <p>イ 太陽系と恒星</p> <p>(7) 太陽の様子</p> <p>太陽の観察を行い、その観察記録や資料に基づいて、太陽の特徴を見いだすこと。</p> <p>(ウ) 惑星と恒星</p> <p>観測資料などを基に、惑星と恒星などの特徴を理解するとともに、惑星の見え方を太陽系の構造と関連付けてとらえること。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・DNA</li> <li>・（科学の広場）太陽光のエネルギー（水素原子が激しく動き回り、水素の原子核同士が光速で衝突し、それらが結びついて別の原子核（ヘリウムの原子核）ができます。この際生じるエネルギーが太陽が放出する莫大なエネルギー源になっています）</li> <li>・恒星の色と温度</li> <li>・（広がる世界）宇宙からの光、それはタイムカプセル（宇宙に存在する原子の大半は水素とヘリウム。星の爆発によりガスやちりが放出）</li> </ul>	<p>DNA 原子核反応 核反応とエネルギー 宇宙線（放射線、自然放射線）</p>	<p>宇宙線の起源 自然放射線 核反応とエネルギー 人体への放射線の影響 （DNA損傷）</p>

<p>〔第1分野〕</p> <p>(6) 化学変化とイオン ア 水溶液とイオン (イ) 原子の成り立ちとイオン 電気分解の実験を行い、電極に物質が生成することからイオンの存在を知ること。また、イオンの生成が原子の成り立ちに関係することを知ること。</p> <p>(7) 科学技術と人間 ア エネルギー (イ) エネルギー資源 人間は、水力、火力、原子力などからエネルギーを得ていることを知るとともに、エネルギーの有効な利用が大切であることを認識すること。</p> <p>イ 科学技術の発展 (ア) 科学技術の発展 科学技術の発展の過程を知るとともに、科学技術が人間の生活を豊かで便利にしてきたことを認識すること。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・原子 +の電気を持った原子核と、-の電気を持った電子からできている。また、原子核は+の電気を持った陽子と電荷を持っていない中性子からできている。</li> <li>・(発展) 原子の構造とイオンの生成(ボーアモデル)</li> <li>・エネルギー資源とその活用 原子力発電</li> <li>・放射線(教科書の記述は表の下参照) mSv, 自然放射線, 放射線検出器 原子力発電の仕組み</li> <li>・(科学の広場) シンクロトロン, K中間子, 反陽子, ニュートリノ, <math>\pi</math>中間子, ミューオン</li> </ul>	<p>原子と原子核の構造 <math>\alpha</math>, <math>\beta</math>, <math>\gamma</math>線 被ばくの危険性 原子力発電 核燃料・核廃棄物の管理 医療・産業界での利用 自然放射線 放射線</p>	<p>原子と原子核の構造 核壊変 <math>\alpha</math>, <math>\beta</math>, <math>\gamma</math>線と透過力 測定法(線源核種の決定) 放射線の利用 原子力発電 核燃料・核廃棄物の管理</p>
--	--	---	--

啓林館教科書の記述  
放射線には多くの種類があるが、代表的なものとしてアルファ線、ベータ線、ガンマ線と呼ばれるものがある。アルファ線はヘリウムの原子核の流れ、ベータ線は電子の流れ、ガンマ線は電磁波である。放射線はひじょうに大きなエネルギーを持っていて、大量に浴びると生物や人体に異常を引き起こすので危険である。そのため、取り扱いには細心の注意が必要となる。例えば、原子力発電で使う核燃料や発電後の廃棄物からは放射線が出ているので、外部に漏れないよう核燃料や廃棄物の管理は厳重に行われなければならない。一方、放射線の物質を透過する性質は、がんの診断や治療などに適しており、最新の医療に活用されている。また、産業でも利用されている。放射線は原子力発電所や病院、研究所のような特別な施設だけにあるのではなく、僅かではあるが身の回りや自然界のあらゆる所に存在している。

このように今までよりもかなり踏み込んで放射線について取り上げられているが、上で述べたように原子の種類が変わらないことが前提となっている化学反応を扱っている章で、化学反応の前提と矛盾する原子核反応を取り上げることは、中学生の学習に混乱を生じかねない。また、発展的学習では、オーロラが電子と原子・分子と衝突して発光する現象と説明しているが何故発光するか説明がなく、反陽子やニュートリノなどは解説もなく取り上げられている。発展的学習とはいえ、取り上げる内容は、中学生レベルである程度の説明ができるものに限定すべきであろう。理科の学習では、繰り返し同様の項目を取り上げながら内容を深化させ、科学的なものの見方・考え方を育成していくことが大切であるが、混乱を招きかねない記載は削除し、放射線について正しく理解させるために、1つの章(あるいは節)として立てられるように学習指導要領を改善すべきである。

福島県福島市では小学校1年生から放射線教育を行っており、市内全小中学校で年間2～3時間の授業が行われており、放射線から身を守る安全教育に力が注がれている(表2)。福島第一原子力発電所事故の被災県である福島県では必要な教育と思われるが、福島第一原子力発電所から離れた都道府県では福島市の放射線教育をそのまま行うのは難しいだろう。特に、科学的な知識を学び、その知識の活用を通して科学的なものの見方・考え方を育成していくことを目指している理科の授業の中に、放射線安全教育を入れるのは、授業時間とカリキュラムの連続性という点から極めて難しいと思われる。理科において扱う放射線教育では、科学的に正しく放射線について理解させ、放射線について科学的根拠に基づいて正しく判断できる力を育成することを目的とすべきである。

表2 福島市の放射線教育テーマ（読売新聞平成25年3月7日朝刊）

学年	テーマ
小1	放射線について知ろう 友だちの良いところを見つけよう
小2	放射線から身を守ろう 放射線の事故と私たちの健康
小3	放射線から身を守る 幸せが広がる「温かい言葉」のシャワー
小4	放射線の事故と私たちの行動 受ける放射線を低くするために
小5	放射線の力を知って行動しよう 自分にぴったり！ストレス解消法
小6	放射線を下げる取り組み 放射線の影響と健康な生活
中1	身の回りの放射線と生活 級友とのより良い人間関係を作るために「聞き上手」になろう
中2	放射線の人体への影響 将来の生活のため今、気をつけること
中3	福島市で生活する上できをつけること ストレスと上手につきあう方法 いろいろなエネルギー

東日本大震災に伴う福島第一原子力発電所の事故以来、小学校理科においても放射線教育を導入することが必要となったことと、中学校理科のカリキュラムへの連続性を考慮すると、小学校では、可視光線、紫外線に加えて放射線があること、身の回りに放射線を出す物質があること、放射線の測定法、放射線は役立つが被曝量が多いと危険であることまでを理解させることを前提としてよいだろう。小学校との連続性を考慮した中学校の放射線教育の流れを図1に示す。

以上のことから、ここでは放射線教育を第1分野「(7) 科学技術と人間」に関連して、教科書で1つの節として立てられるように、学習指導要領の内容の取扱いの「(8) 内容の(7)については、次のとおり取り扱うものとする。」の「イ アの(イ)については、放射線の性質と利用にも触れること。」の後に「放射線被ばくの危険性と放射性物質の管理にも触れること。」を追加することを提案する。

#### 学習指導要領での取り扱い

内容（現行学習指導要領と同じ）

##### 第1分野

##### (7) 科学技術と人間

エネルギー資源の利用や科学技術の発展と人間生活とのかかわりについて認識を深め、自然環境の保全と科学技術の利用の在り方について科学的に考察し判断する態度を養う。

##### ア エネルギー

##### (ア) 様々なエネルギーとその変換

エネルギーに関する観察、実験を通して、日常生活や社会では様々なエネルギーの変換を利用していることを理解すること。

##### (イ) エネルギー資源

人間は、水力、火力、原子力などからエネルギーを得ていることを知るとともに、エネルギーの有効な利用が大切であることを認識すること。

#### イ 科学技術の発展

##### (ア) 科学技術の発展

科学技術の発展の過程を知るとともに、科学技術が人間の生活を豊かで便利にしてきたことを認識すること。

##### (イ) エネルギー資源

人間は、水力、火力、原子力などからエネルギーを得ていることを知るとともに、エネルギーの有効な利用が大切であることを認識すること。

#### ウ 自然環境の保全と科学技術の利用

##### (ア) 自然環境の保全と科学技術の利用

自然環境の保全と科学技術の利用の在り方について科学的に考察し、持続可能な社会をつくることが重要であることを認識すること。

#### 内容の取扱い

(8) 内容の(7)については、次のとおり取り扱うものとする。

ア アの(ア)については、熱の伝わり方も扱うこと。また、「エネルギーの変換」については、その総量が保存されること及びエネルギーを利用する際の効率も扱うこと。

イ アの(イ)については、放射線の性質と利用にも触れること。放射線の測定法、被ばくの危険性、放射性物質の管理にも触れること。ただし、放射線測定の原理については触れないこと。

ウ ウの(ア)については、これまでの第1分野と第2分野の学習を生かし、第2分野(7)のウの(ア)と関連付けて総合的に扱うこと。

\*下線部が新たに追加する内容の取扱い。

## 2. 提案項目の意義と内容

福島第一原子力発電所の事故後、放射線教育の必要性が高まり、小中高校生向けの放射線についての副読本が文科省から発行され、児童生徒に配布されている。中学生向けの副読本についてみると、表3に示したように中学校での学習内容との関連性が薄く、未学習の内容がいきなり入ってきているところが多い。放射線教育の重要性と中学校での理科の学習内容を考えると、理科の学習の進捗を考慮して、「学習レベルに合わせて、科学的根拠に基づいて正しく放射線を理解し、科学的なものの見方考え方を育成する」ことが可能となるような理科のカリキュラムを構築する必要がある。カリキュラムの中に、このように放射線教育を位置づけると、中学生段階で、放射線に対して科学的根拠に基づいた判断をすることができるようになる。小学校との連続性を考慮した中学校の放射線教育の流れを図1に示したように、中学校で行う放射線教育としては、中学生の学習レベルを考慮して、以下の項目を入れるのが良いと考えられる。

- 1 放射線とは
- 2 放射性物質
- 3 放射性物質と放射線の利用
- 4 放射線の人体への影響

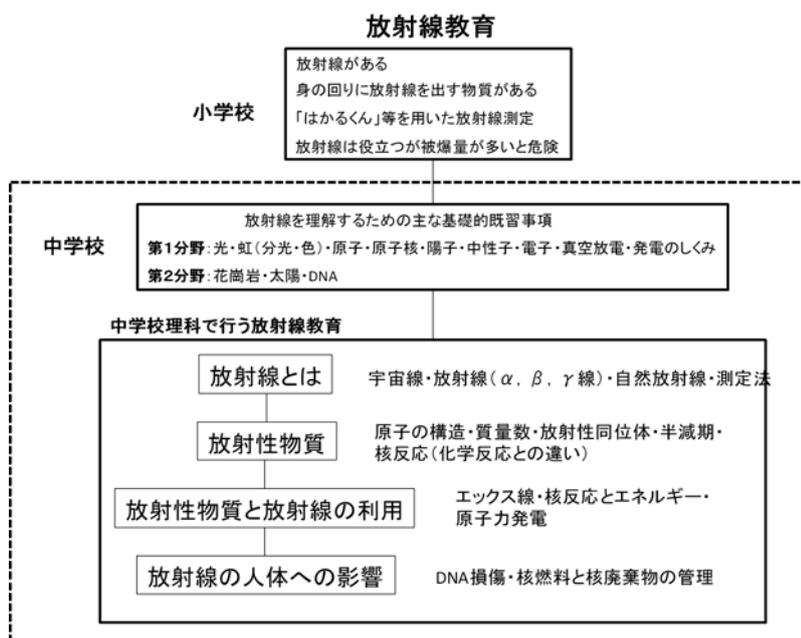


図1 中学校における放射線教育

表3 中学生向け副読本「知ることから始めよう放射線のいろいろ」

項目	学習内容	学習のポイント	指導上の留意点	中学校関連学習事項	未学習項目
不思議な放射線の世界	植物からの放射線を写し出す 水などの動きの研究に利用されている中性子線 X線で新たな発見(仏像内部) CT画像の進歩による3D画像	<ul style="list-style-type: none"> <li>植物などから出る放射線が身の回りに存在することを学ぶ。</li> <li>色々な分野で放射線が利用されていることを学ぶ。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>植物などから出る放射線が身の回りに存在することを理解できるようにする。</li> <li>色々な分野で放射線が利用されていることを理解できるようにする。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>エネルギー資源とその利用(X線断層撮影, ジャガイモへの発芽防止)</li> </ul>	植物から出る放射線
太古の昔から自然界に存在する放射線	宇宙から(ビックバン) 大地から 空気から(ラドン) 食べ物から(カリウム40)	<ul style="list-style-type: none"> <li>放射線は、宇宙や地球が誕生したときから存在し、地球上にも放射性物質が岩石などに含まれていることを学ぶ。</li> <li>自然放射線の量は、地域や場所によって違いがあることを学ぶ。</li> <li>放射性物質は、空気や食べ物などにも含まれていることを学ぶ。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>地球が誕生した46億年程前から宇宙船が降り注いでいることを理解できるようにする。</li> <li>放射性物質は、地球が誕生したときから存在し、大地にはウラン、トリウム、空気にはラドン、食べ物にはカリウムなどが含まれていることを理解できるようにする。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>物質とエネルギー(資料: 原子の種類と周期律・原子番号・原子量)</li> <li>化学変化と原子・分子(原子の性質(化学変化でそれ以上分けられない, 新しくできたり種類が変わったりなくなったりしない, 質量や大きさがきまっている; [欄外]113番目の原子を作り出すことに成功・化学反応前後での質量保存)</li> </ul>	宇宙線の起源 質量数 放射性同位体 放射性物質 希ガス 化学反応と核反応の違い

放射線とは	原子と原子核（電子，陽子，中性子，元素，同位体）電磁波（波長，周波数）原子から出る放射線（粒子線，電磁波，電離作用， $\alpha$ ・ $\beta$ ・ $\gamma$ 線）	<ul style="list-style-type: none"> <li>放射線には，原子核から放出されるものがあることを学ぶ。</li> <li>放射線は，「粒子線」と「電磁波」に分けられることを学ぶ。</li> <li>放射線を放出する原子の種類を学ぶ。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>放射線には，粒子線（<math>\alpha</math>線や<math>\beta</math>線）と電磁波（<math>\gamma</math>線）があり，どちらも原子核から放出されることを理解できるようにする。</li> <li>放射性物質の種類や特徴を理解できるようにする。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>光による現象（科学の広場（発展学習）：太陽光の色と虹（波長については学習しない））・化学変化とイオン（原子・原子核・電子・陽子・中性子・原子の構造とイオンの生成（ボーアモデルの図が記載））・音による現象（振幅・振動数は学習するが波長は学習しない）</li> </ul>	電子が存在しない原子核から電子が出る理由 原子核に陽子が複数存在できる理由（陽子と電子からなる原子の説明と矛盾，核力） ガンマ線が出る理由 波長・周波数
放射線の基礎知識	放射性物質と放射能，放射線 放射線の透過力 放射線・放射能の単位（Bq, Sv, Gy） 放射線の半減期	<ul style="list-style-type: none"> <li>「放射性物質」，「放射能」，「放射線」について学ぶ。</li> <li>放射線には，物質を通過する性質があるが，放射線の種類によって遮蔽の方法に違いがあることを学ぶ。</li> <li>放射性物質は，時間が経つにつれて減り，その減り方は放射性物質の種類によって違うことを学ぶ。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>「放射性物質」，「放射能」，「放射線」の違いを理解できるようにする。</li> <li>放射線の透過力は，種類によって違い，材料や物質を選べば放射線を遮ることができることを理解する。</li> <li>「ベクレル」，「シーベルト」，「グレイ」の違いを理解できるようにする。</li> <li>放射性物質は，時間が経つにつれて減り，その減り方は放射性物質の種類によって違うことを理解できるようにする。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>エネルギー資源とその利用（放射線，<math>\alpha</math>（ヘリウムの原子核）・<math>\beta</math>（電子）・<math>\gamma</math>線（電磁波），X線，透過性，がんの診断や治療，自然放射線，放射線検出器，原子力発電，ウラン，mSv）</li> <li>科学技術と人間（科学の広場：シンクロトロン，K中間子，反陽子，ニュートリノ，<math>\pi</math>中間子，ミューオン）</li> </ul>	透過力の違いがある理由 減衰曲線の形 半減期が物質によって異なる理由 トリウム等の放射性元素
色々な放射線測定器	GM カウンター シンチレーション式サーベイメーター 個人線量系 はかるくん 霧箱	<ul style="list-style-type: none"> <li>放射線の測定器には色々な種類があり，目に見えない放射線も，その量を量ることができることを学ぶ。</li> <li>「はかるくん」や「霧箱」を用いて，身の回りに放射線があることを学ぶ。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>放射線測定器は，目的に合わせて使用できるようにする。</li> <li>「はかるくん」や「霧箱」の実験を通して，身近な放射線や放射能の存在を理解できるようにする。</li> <li>多くの化学者が研究を積み重ね放射線の種類や性質などが解明され，測定器や利用に応用されていることを理解できるようにする。</li> </ul>		放射線測定
コラム 放射線・放射能の歴史	X線の発見 放射能の発見 ラジウムの発見 放射線の種類発見				

放射線による影響	<ul style="list-style-type: none"> <li>外部被曝と内部被曝自然界から受ける放射線量 体内、植物中の自然放射性物質・放射線から身を守るには</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>人体には、損傷したDNAを修復する機能が備わっていることをまなぶ。</li> <li>外部被曝と内部被曝の違いを学ぶと共に、色々な食べ物の中に放射性物質が含まれていることを学ぶ。</li> <li>放射線から身を守る方法について学ぶ。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>人体には、DNAの修復機能があるが、色々な要因でDNAが損傷し、がんなどを引き起こす場合があることを理解できるようにする。</li> <li>外部被曝と内部被曝の違いを理解できるようにする。</li> <li>放射線から身を守る方法について理解できるようにする。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>生物の増え方と遺伝(DNA, 組み換え遺伝子(放射線の影響は記載されていない))</li> </ul>	日本の自然放射線量を平均で年間1.5mSvとしているが、これだと0.17マイクロSv/hrとなる。炭素14, ルビジウム87, 鉛210, ポロニウム210
放射線による影響	<ul style="list-style-type: none"> <li>放射線量と健康との関係</li> <li>身の回りの放射線被曝</li> <li>がんの色々な発生原因</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>がんなどの病気は、色々な生活習慣が原因で起こる可能性があることを学ぶ。</li> <li>身の回りの放射線による被曝の量や放射線によってがんになるリスクなどのデータを基に、放射線を受ける量と健康への影響について学ぶ。</li> <li>防護の観点から被曝する量を減らすことを学ぶ。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>100mSv以下の低い放射線量と病気との関係については、明確な証拠がないことを理解できるようにする。</li> <li>がんの発生には、色々な原因があることを理解できるようにする。</li> </ul>		放射線量と健康との関係
暮らしや産業での放射線利用	放射線の性質 医療での利用 農業での利用 工業での利用 自然・人文科学での利用(炭素14による年代測定) 先端科学技術での利用	<ul style="list-style-type: none"> <li>放射線は、医療、農業、工業など多くの分野で利用されていることを学ぶ。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>放射線が医療、農業、工業など多くの分野で利用されていることを放射線の性質を含めて理解できるようにする。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>エネルギー資源とその利用(前出)</li> </ul>	年代測定
放射線の管理・防護	平常時の管理に伴うモニタリング 非常時における放射性物質に対する防護 退避や避難の考え方	<ul style="list-style-type: none"> <li>平常時においても様々な方法で地域の放射線が測定・管理されていることを学ぶ。</li> <li>事故後しばらく経つと、それまでの対策を取り続けなくても良くなることを学ぶ。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>事故後しばらく経つと、放射性物質が地面に落下することから、それまでの対策を取らなくても良くなることを理解できるようにする。</li> </ul>		放射線の管理・防護

### 3. 提案をもとに実際に改善された際の波及効果

東日本大震災に伴う福島第一原子力発電所事故の後、放射線教育は個人にとって重要となってきたが、中学生段階で、科学的に正しく放射線を理解する教育を進めていけば、科学的根拠に基づいてものごとを考えることができるようになる。新聞が中学生から読むことを想定して編集されている(朝日新聞 2009年2月23日朝刊)ので、中学生の学習レベルに合わせて科学的に正しく放射線を中学生段階で理解させることは、風評被害という社会的問題をもなくしていくことができ、より良い社会を作る市民教育にもつながる。

#### 4. 提案をもとに実際に改善された際の教科書

教科書は学習指導要領「(7)科学技術と人間」の「ア エネルギー」の「(イ) エネルギー資源」に関係した章の一つの節とするのが良いと考えられるので、(7)～(イ)までの題目は、学習指導要領の表題そのものとしておき、放射線教育に関する内容を「I 放射線」として、以下に提案する。また、小学校でも放射線についての副読本が配布されていることから放射線教育を行う必要があると考えられるので、小学校段階で「光に関連して、目に見えない光である放射線（ガンマ線）というものがあることと、身の回りに放射線を出す物質があることと、それを「はかるくん」等を用いた放射線測定で体験的に学んでいること。放射線は役立つが被曝量が多いと危険ということをごく簡単に学んでいること。」を前提とする。ただし、理科の学習では、繰り返し同様の項目を取り上げながら内容を深化させ、科学的なものの見方・考え方を育成していくので、小学校の学習内容と重なる部分も取り入れることとした。

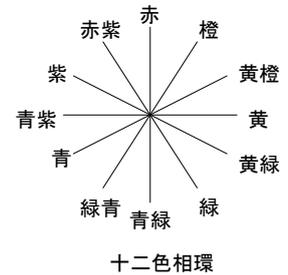
##### 教科書の構成

- (7) 科学技術と人間
  - ア エネルギー
    - (ア) 様々なエネルギーとその変換
      - (イ) エネルギー資源 <ここまでは、学習指導要領の表題をそのまま用いた>
        - I 放射線
          - 1 放射線とは
          - 2 放射性物質
          - 3 放射性物質と放射線の利用
          - 4 放射線の人体への影響

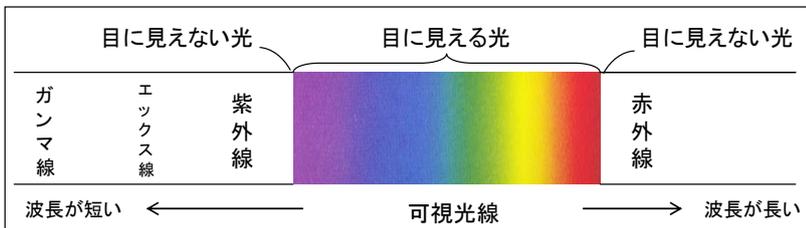
I 放射線

1 放射線とは

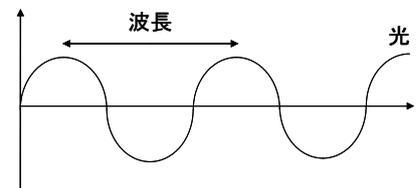
ものの色は可視光線に関係していて、可視光線がすべて反射されると白に見え、すべて吸収されると黒に見える。色がついているのは、可視光線の一部がものに吸収されるため、どの色の光が吸収されると何色に見えるかは、十二色相環を使うと簡単に知ることができる。十二色相環の相対する関係の色を補色といい、赤い色の光を吸収すると、青緑に見える。



光には色の原因となる目に見える光のほかに、紫外線や赤外線やガンマ線などの目に見えない光もある。光は電磁波といわれる波の一種で、紫外線やガンマ線の波長は可視光線よりも短い。波長の短い光ほど大きなエネルギーを持っている。

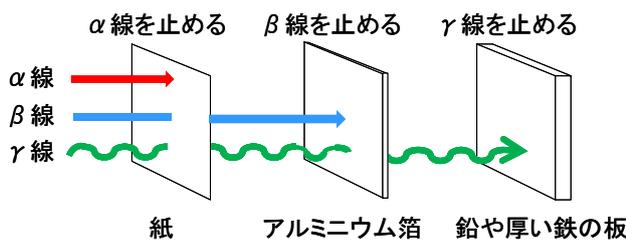


目に見える光と見えない光



光は波の一種で波長の長さで分類される

大きなエネルギーを持ったガンマ ( $\gamma$ ) 線やエックス線のような光や粒子の流れ (粒子線) を放射線という。粒子線にはアルファ ( $\alpha$ ) 線やベータ ( $\beta$ ) 線などがある。 $\alpha$  線はヘリウムの原子核、 $\beta$  線は電子の流れである。 $\alpha$  線、 $\beta$  線、 $\gamma$  線の物質を透過する性質が異なり、この中では $\gamma$  線の透過力が一番強い。



放射線の透過力

太陽から放射線が出ているだけでなく、宇宙にはたくさんの放射線が存在し、それらが常に地球に注がれている。宇宙から来る放射線を宇宙線という。宇宙は、137億年前に起こったビッグバンという大爆発で誕生し、この時に放射線も発生し、その後誕生した地球の大地にも放射線を出す物質が含まれている。放射線は、深成岩である花崗岩から比較的多く放出される。空気中には、岩石から微量放出されているラドンという物質が存在し、この物質も放射線を出し、また、地球上の動植物にも放射線を出す物質が含まれている。このように自然界にはもともと放射線が存在している。このような自然界に存在する放射線を自然放射線という。放射線は目に見えなくても常に身の回りにあり、放射線のない世界で生

活することはできないが、自然放射線が健康に被害を与えることはない。

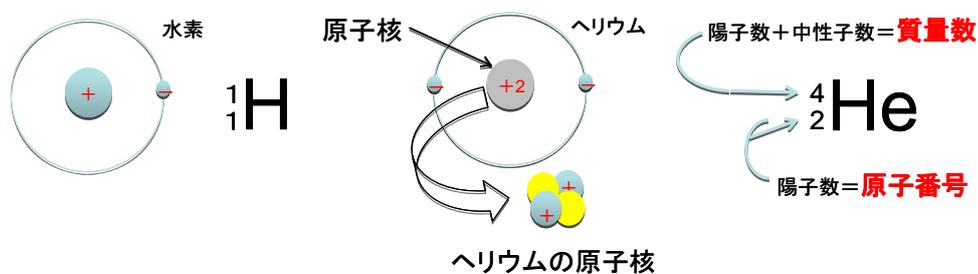
放射線の量は<sup>シーベルト</sup>Svという単位で表される。1Svの1/1000を<sup>ミリ</sup>1mSv、その1/1000を<sup>マイクロ</sup>1 $\mu$ Svという。「はかるくん」のような放射線測定器を使うと、放射線の量を測ることができる。

**実験：**地面や建物のコンクリートや大理石など身の回りにあるものの放射線を測ってみよう。  
(物質によって放出する放射線量が異なっていることを体験的に理解することを目的とする)

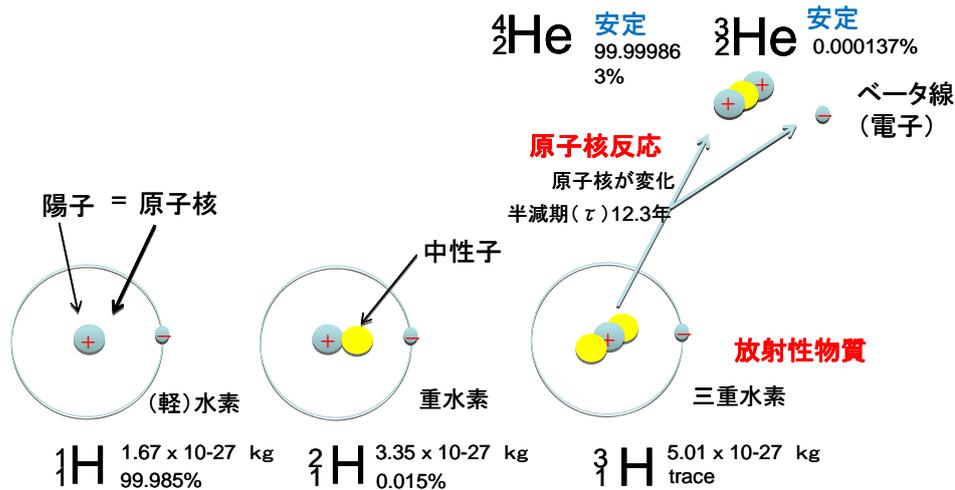
## 2 放射性物質

原子は原子核と電子から構成されている。電子はマイナスの電荷、原子核はプラスの電荷を持っているが、くっついて合体せずにいられるのは原子核を中心として電子が回っているからである。原子核は陽子と中性子から構成されているが、原子の性質は陽子の数で決まる。陽子の数を原子番号というので、原子の性質は原子番号によって決まるといえる。

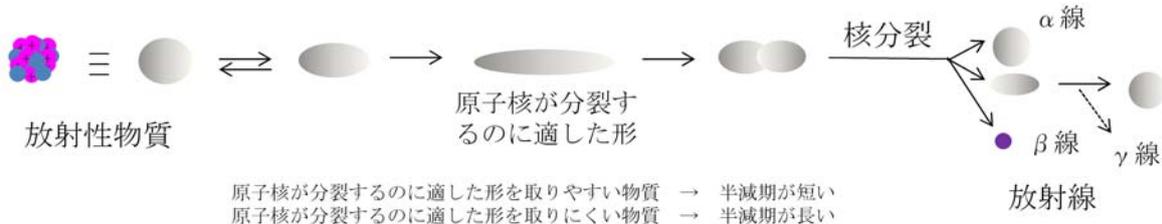
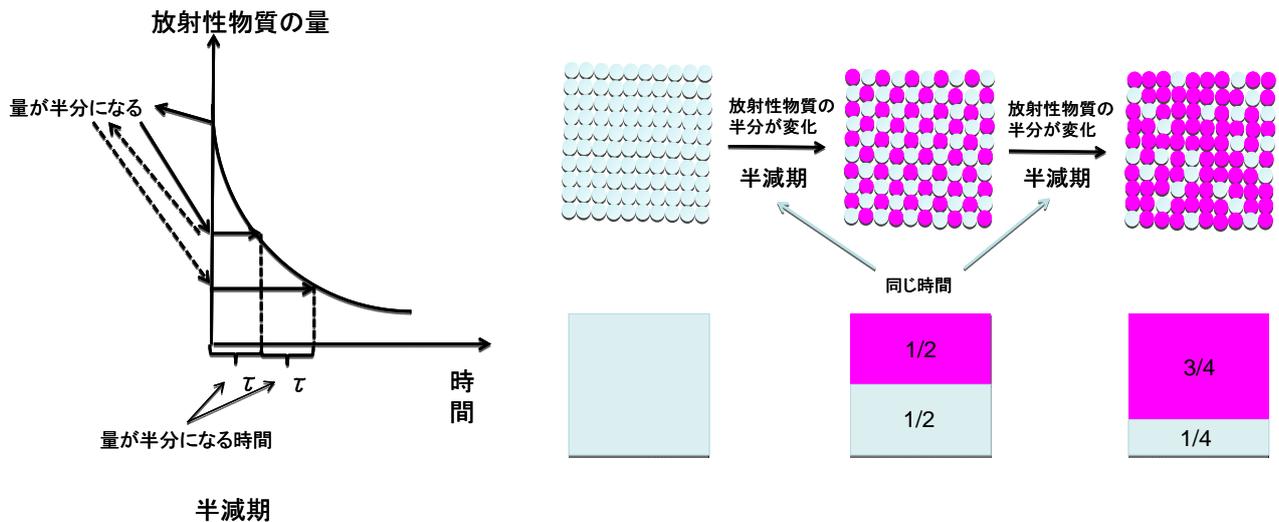
一番簡単な原子は、陽子が一つと電子が一つからなっている水素原子である。原子核が陽子1個と中性子1個から構成されている原子が、量的にはごくわずかではあるが存在している。中性子が1個増え



ても原子番号は変わらないから、中性子を持たない水素と同じ化学的性質を示す。このように陽子数が同じで中性子の数が違う原子を同位体といい、陽子数と中性子数をたし合わせた数を質量数という。水素には、質量数の異なる同位体が3種類存在するが、これらはすべて酸素と混ぜて点火すると爆発的に反応する。中性子数が1の原子を重水素、2の原子を三重水素といい、これらをまとめて水素元素という。元素とは、同一の原子番号を持つ原子の総称である。三重水素は、置いておいてもベータ線（電子）を放出して原子核が変わりヘリウムの同位体となる。三重水素は、このように放射線を放出して別の元素となる（原子番号が変わる）ので放射性同位体という。原子核が変わる変化を原子核反応といい、放射線を放出する物質を放射性物質という。質量数が1と2の水素原子は原子核反応を起こさない。化学反応と原子核反応は明確に区別する必要があり、理科実験で行う反応は化学反応で原子核の変化は起こらない、すなわち、反応式の左辺と右辺で元素の種類は変わらない。



放射性物質は、自然に変化が起こり、放射線を出して別の元素に変わっていく。ある時点で存在する放射性物質の量が半分になるまでの時間を半減期という。半減期は原子によって異なっていて<sup>131</sup>I (ヨウ素) は8日, <sup>137</sup>Cs (セシウム) は30年であり, <sup>40</sup>K(カリウム)は13億年である。放射性物質がある決まった時間に全て変化してしまわないのは、原子核がある特定の形を取らないと変化が起こらないため、その特定の形を全体の1/2の量の物質が取るのに半減期にあたる時間がかかる。



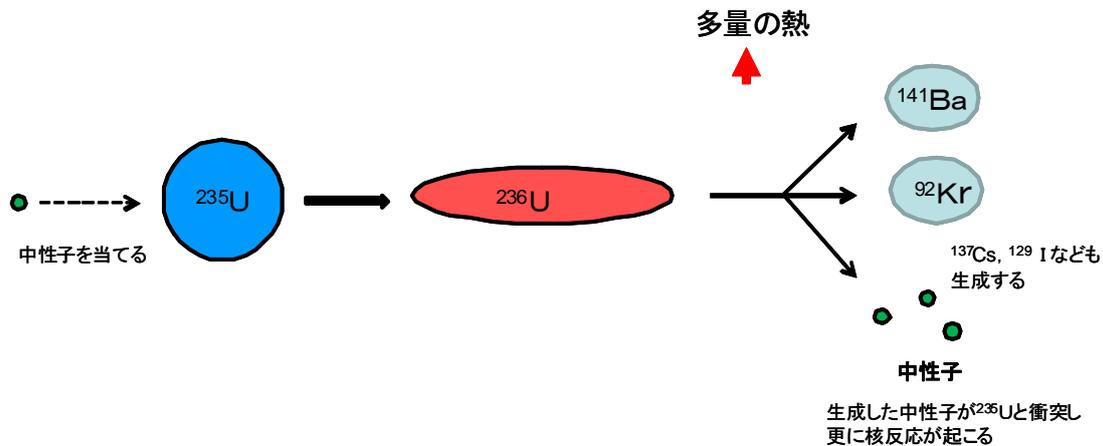
原子核反応のモデル

### 3 放射性物質と放射線の利用

放射線の特徴は、上で述べたように、透過力が高いことである。エックス線も放射線の一種で、骨折個所を調べたり肺に異常がないかを調べたりするレントゲンに利用されている。医療以外でも、建物や文化財などの非破壊検査に放射線が利用されている。

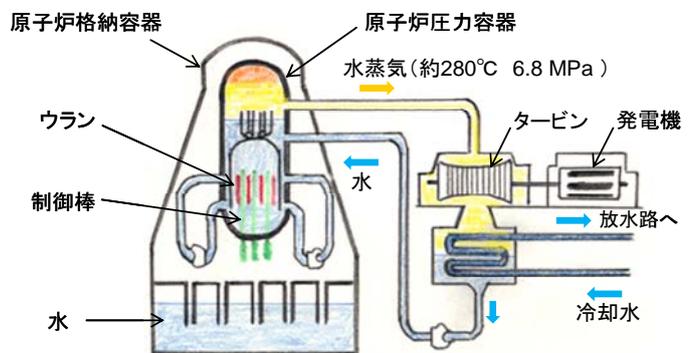
放射性物質は、原子核が分裂するときに放射線を放出するが、このとき多量の熱も発生する。 $^{235}\text{U}$ （ウラン）に中性子を当てると、中性子が原子核に取り込まれ $^{236}\text{U}$ となり、原子核反応が起こり分裂生成物やであるBa（バリウム）やKr（クリプトン）を生じる（核分裂では色々な生成物を生じ、その中にCs（セシウム）やI（ヨウ素）なども含まれている）。

また、このとき中性子も生じ、生じた中性子が $^{235}\text{U}$ を更に分裂させる。



#### 原子炉で起こるウランの原子核反応

このUの核分裂の際には、多量の熱が発生される。1gの $^{235}\text{U}$ が発生する熱は、石炭3トン、石油1000Lを燃やしたときに発生する熱に相当する。発電の原理は原子力発電も火力発電も水力発電も手回し発電機と同じで、発電機を回転させれば発電できる。火力発電の場合には、火力で水蒸気をつくり、その水蒸気でタービン（水蒸気や水の運動エネルギーを回転運動のエネルギーに変換する機械）で回転運動のエネルギーに変えて発電機を回転させて発電している。原子力発電では、石炭や石油を燃やす代わりに、原子核反応を起こしてその時に発生する熱を利用している。石炭や石油を燃やすと二酸化炭素が発生して環境問題が起こっているが、原子力発電ではそのような問題は起こらない。しかし、核燃料や核廃棄物の管理を厳重に行わなければならない。

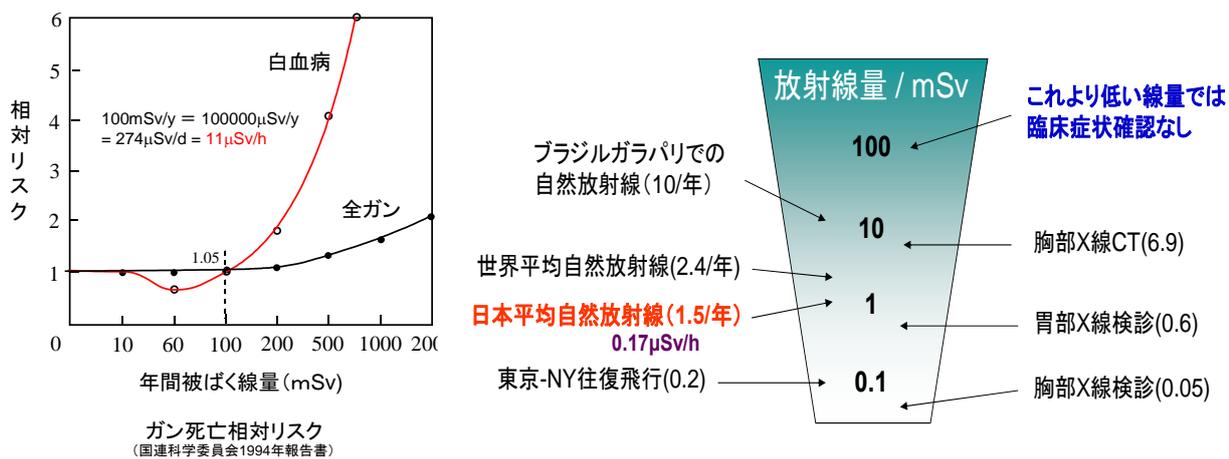


#### 原子力発電

### 4 放射線の人体への影響

自然放射線は国や地域によって異なり、花崗岩の多い地方では放射線量が高い。日本の年間平均自然放射線量は1.5mSv (0.17  $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ) である（宇宙や大地からだけでなく、空気中や食物からの放射線を含

んだ値)。自然放射線を浴びていても健康に影響はないが、一度に多量の放射線を浴びたり、年間に浴びる総放射線量が高いと、DNAを損傷する恐れがあり人体に影響が出ることがある。年間にどれくらいの放射線を浴びると影響が出るかは臨床的にははっきりしていないところもあるが、年間100mSv (11 $\mu$ Sv/h)を超えなければ影響はないとされている。身の回りの放射線量にあまりに神経質になる必要はないが、放射線量が高く立ち入りが制限されているところへは立ち入らないようにすべきである。



## 5 小学校における放射線教育

平成23年3月11日に発生した東日本大震災による福島第一原子力発電所での事故で、放射線漏れが起こり甚大な被害が発生した。復興には長い年月がかかるだろう。このような状況下で、平成23年10月に文部科学省は、小学生向けの放射線教育の副読本「放射線について考えてみよう」を発行し、全国の小学生に配布した。この副読本では、放射線が身近にあること、医療や産業面での放射線の利用、放射線による人体への影響、放射線の測り方や放射線から身を守る方法などが紹介されている。このことを考慮すると、現行小学校学習指導要領には放射線に関する内容は入っていないが、次期学習指導要領の改訂では、中学校だけでなく小学校にも放射線に関する学習内容が入ってくると考えられる。図1で小学校からの継続性を考慮した中学校における放射線教育について示したが、ここでは小学校における放射線教育についてもう少し詳しく述べる。表1に福島市の小学校における放射線教育のテーマをまとめたが、前述のように、他の都道府県ではそのまま実施するのは難しい。小学校理科で放射線教育を実施する場合は、小学校理科の学習内容を発展させて理解し得る範囲の放射線教育とする必要がある。

小学校理科では、3・4年生で日光について学習しているので、これを踏まえて、5年生で学習する虹に関連して簡単に可視光線、紫外線に触れ、これらに加えて放射線を入れることは可能であろう。虹は学習指導要領の学習項目には入っていないが、教科書では天気に関係して取り上げられており、身近な現象として虹を知らない生徒はいない。ただし、5年生では、放射線があることを理解するに留めるべきであろう。6年生では、「人の体のつくりと働き」で人体について学び、発展的学習ではあるが「月と太陽」では、太陽が非常に高温の気体のかたまりであることを学んでいるので、身の回りに放射線を

出す物質があること、放射線の測定法、放射線は役立つが被曝量が多いと危険であることを理解させることは可能であろう。

## 5. 1 小学校理科への放射線教育の導入

### 1) 3年生

学習指導要領「A 物質・エネルギー (3) 光の性質」「B 生命・地球 (3) 太陽と地面の様子」に対応して「光の性質 (直進性)」「かげのつき方と太陽の光」「日なたと日かげの地面の温度」など現行教科書で学んでいる内容とし、放射線に関する内容は入れない。

### 2) 4年生

学習指導要領「A 物質・エネルギー (3) 電気の働き」「B 生命・地球 (3) 天気の様子」に対応して「光電池の働き」「太陽の動きと1日の気温の変化」など現行教科書で学んでいる内容とし、放射線に関する内容は入れない。

### 3) 5年生

学習指導要領「B 生命・地球 (1) 植物の発芽, 成長, 結実」に対応して教科書では「植物と日光 (光合成)」などを学び、「(4) 天気の変化」に対応した「雲と天気の変化」中で「日がさ」や「虹」について触れている。色についての学習は理科の中には入っていないが (中学校美術で補色を学習), 色は身近な現象として低学年の児童も知っている。3・4年生で日光について学習しているので、虹に関連して簡単に可視光線, 紫外線に触れ, これらに加えて放射線を入れることが可能であろう。ただし, 5年生では, 放射線があることを理解させるに留める。学習指導要領・学習項目に追加する内容と教科書の内容案を以下に示す。

#### 学習指導要領

#### (4) 天気の変化

1日の雲の様子を観測したり, 映像などの情報を活用したりして, 雲の動きなどを調べ, 天気の変化の仕方についての考えをもつことができるようにする。

イ 天気の変化は, 映像などの気象情報を用いて予想できること。

#### 内容の取扱い

(4) 内容の「B 生命・地球」の (4) のイについては, 台風の進路による天気の変化や台風と降雨との関係と天気の予想に関係して虹と光の種類の名称についても触れるものとする。

\*新たに追加する部分には下線を引いた。

#### 学習追加項目

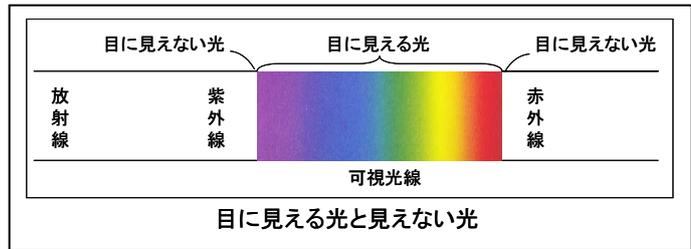
- ・虹と色 (人が感じる光と感じない光) <現行教科書では, 中1の発展的学習になっている>  
にじ, 可視光線, 紫外線, 放射線, 赤外線

## 教科書の内容案

### 3 天気の変化の予想（啓林館）

### 4 にじと色（仮）

私たちは、にじの色は7色（赤 橙 黄緑青藍 紫<sup>だいだい</sup>，藍はぐんじょう色<sup>あいわらさき</sup>）というが，フランスやドイツのある地方では5色といい，シベリアやアフリカのある地方では2色とっている。にじをよく見ると紫といっても赤紫も青紫の部分もある。にじの色の变化は連続的なので，何色というのはあまり意味がなさそうである。にじの色の数はそれぞれの地方の文化と関係しているといえる。にじの赤から紫までの色のついた光を可視光線<sup>か し こう せん</sup>という。可視光線をすべて混ぜると色づいてない白色光となる。人間の目は可視光線しか感じることができないが，トンボは人間の目には見えない紫よりも外側の紫外線といわれる光



を感じることができる。紫外線は，日焼けに関係している光である。人間の目には見えない紫よりも外側には，放射線もある。赤よりも外側には赤外線がある。赤外線は暖かさの原因になっている光である。

を感じることができる。紫外線は，日焼けに関係している光である。人間の目には見えない紫よりも外側には，放射線もある。赤よりも外側には赤外線がある。赤外線は暖かさの原因になっている光である。

### 4) 6年生

学習指導要領「A 物質・エネルギー (4) 電気の利用」に対応して教科書では「発電と電気の利用，火力発電，原子力発電」などが取り上げられている。「B 生命・地球 (1) 人の体のつくりと働き」で人体について学び，「(4) 土地のつくりと変化」では火山や岩石などについて学び，「(5) 月と太陽」では，発展的学習ではあるが，太陽が非常に高温の気体のかたまりで表面温度は約 6000 度と記している。小学校段階で，安全性まで触れた放射線教育を行うには，6年生までの学習内容を総合的に踏まえて，学習指導要領「B 生命・地球」の1項目として「(6) 自然とともに生きる」として新たに立てるのが良いだろう。ここでは，身の回りに放射線を出す物質があることと，「はかるくん」等を用いた放射線の測定法，放射線は役立つが被曝量が多いと危険であることを理解させる。学習指導要領・学習項目に追加する内容と教科書の内容案を以下に示す。

### B 生命・地球

### (6) 自然とともに生きる

#### 内容の取扱い

放射線，放射性物質，自然放射線について触れ，放射線の測定，利用，被曝の危険性についても触れるものとするが，測定の原理については触れないこととする。

#### 学習追加項目

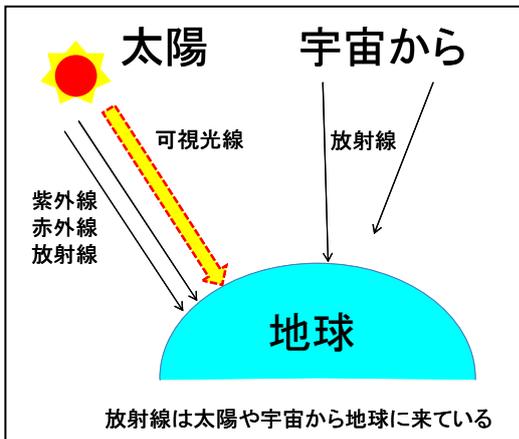
- ・ 太陽・宇宙から来る放射線
- ・ 自然放射線
- ・ 単位

- ・測定法<実験ができれば実験>
- ・放射線の利用
- ・放射線の危険性
- ・原子力発電

教科書の内容案

10 (最終章) 自然とともに生きる

太陽は非常に高温の物体で、可視光線だけでなく、赤外線や紫外線や放射線も地球に注いでいる。放射線は星が誕生するときや爆発してなくなるときにも出るので、宇宙からは絶えず放射線が地球に注がれている。地球が誕生した時に放射線を出す物質（放射性物質）もできているので、地球の外からだけでなく、地面や空気そして食べ物からも放射線が出ている。このように、放射線は目に見えなくても、常に身の回りにあり、放射線のない世界で生活することはできない。身の回りにある放射線を自然放射線という。自然放射線は、常に身の回りにあるが、健康に被害を与えることはない。



放射線の量はSvという単位で表される。1Svの1/1000を1mSv、その1/1000を1μSvという。「はかるくん」のような放射線測定器を使うと、放射線の量を測ることができる。

実験：放射線を測ってみよう

(どこで測っても放射線量がゼロとはならないことを体験的に知ることが目的とする)

放射線は、がんの治療などに使われていて役に立つが、放射線を浴びすぎると、人体に異常を生じることがあるので、放射線を扱っている場所などの放射線量の高いところへは立ち入ってはならない。放射性物質は、原子力発電にも利用されている。



## 6. 生物多様性の保全

東京学芸大学・環境科学分野 堂園いくみ

環境科学分野 松川 正樹

### 6. 1. 中学校学習指導要領の改善すべき提案項目

中学校指導要領では、中学校理科第2分野・自然と人間「生物と環境」において、自然界のつりあい（生産者・消費者・分解者の関係）、人間活動が自然界のつりあいに影響を与えていることを理解し、自然環境の保全の重要性を認識させ、持続可能な社会をつくることがねらいとなっている。

近年、地球環境保全の中で「生物多様性の保全」が唱えられているが、生物多様性という言葉は高校で初めて扱われるため、中学校までに認識する機会がない。近年の状況を踏まえ、生物多様性の保全がなぜ大事かを理解させるように中学校の学習指導要領を改善すべきである。

現行学習指導要領

第2分野

(7) 自然と人間

自然環境を調べ、自然界における生物相互の関係や自然界のつり合いについて理解させるとともに、自然と人間のかかわり方について認識を深め、自然環境の保全と科学技術の利用の在り方について科学的に考察し判断する態度を養う。

ア 生物と環境

(ア) 自然界のつり合いと生態系

微生物の働きを調べ、植物、動物及び微生物を栄養の面から相互に関連付けてとらえるとともに、自然界では、これらの生物がつり合いを保って生活していることを見だし、**生物多様性の重要性を理解する。**

(イ) 自然環境の調査と環境保全

身近な自然環境について調べ、様々な要因が自然界のつり合いに影響していることを理解するとともに、生物自然環境を保全し**生物多様性を維持**することの重要性を認識すること。

イ 自然の恵みと災害

以下 略

内容の取扱い

(8) 内容の(7)については、次のとおり取り扱うものとする。

ア アの(ア)については、生態系において**多様な生物種が共存していること**、生産者、消費者及び分解者の関連を扱うこと。その際、土壌動物にも触れること。

イ アの(イ)については、生物や大気、水などの自然環境を直接調べたり、記録や資料を基に調べたりするなどの活動を行うこと。また、地球温暖化や外来**生物**にも触れること。

## 6. 2. 提案項目の意義と内容

生物同士の関係は、多種多様な生物の関わりであり、生物多様性を保全することは自然界のつり合いを保つことにつながることを理解する。生物多様性の保全は、現代社会において一般的に使用されている用語であるにもかかわらず、その意義はあまり理解されていない。生物多様性の保全が自然環境の保全につながっていることを理解することは、今後の持続可能な社会をつくる上で役立つと考えられる。

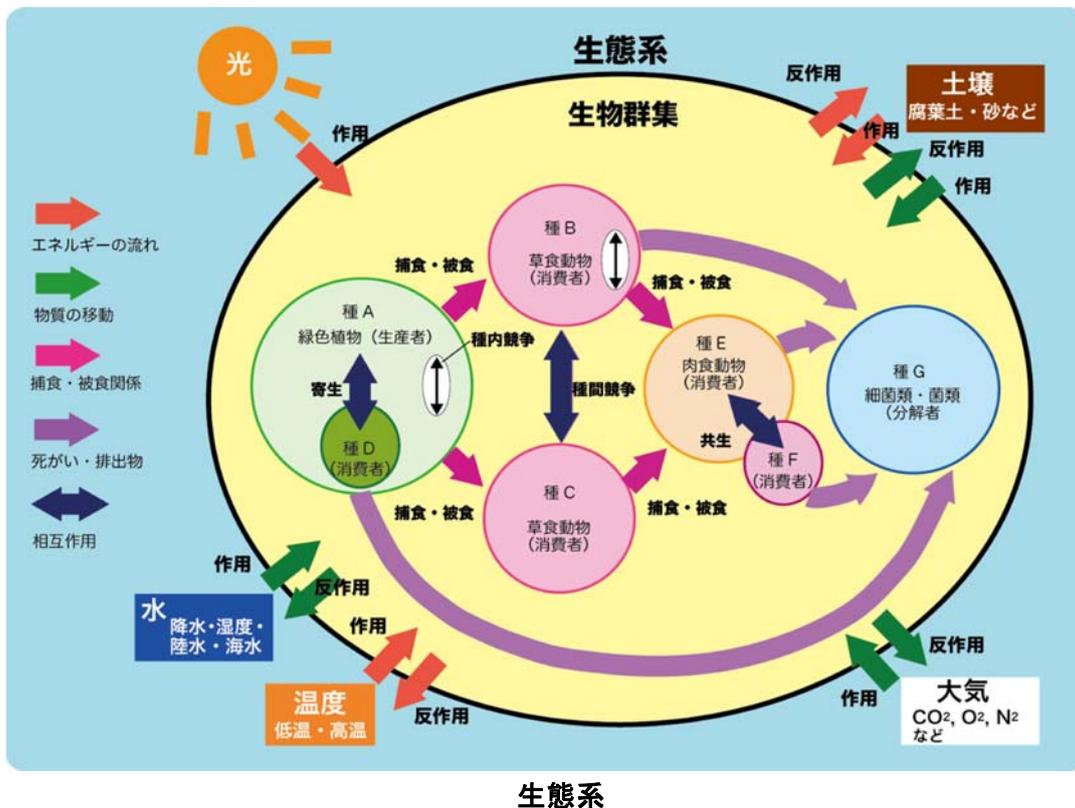
## 6. 3. 提案をもとに実際に改善された際の波及効果

2010年に、日本において生物多様性に関する条約（生物多様性条約）締結国会議（COP）が開催されたこともあり、生物多様性は国際的にも重要なキーワードとなっている。しかし、生物多様性が失われると何が問題かという点は、一般的にも理解されていない。これから自然と共生していく方法を模索していく社会において、生物多様性と自然環境保全との関係性を十分に理解した人材が必要とされていると考えられる。

## 6. 4. 提案をもとに実際に改善された際の教科書

### 生態系と生物多様性

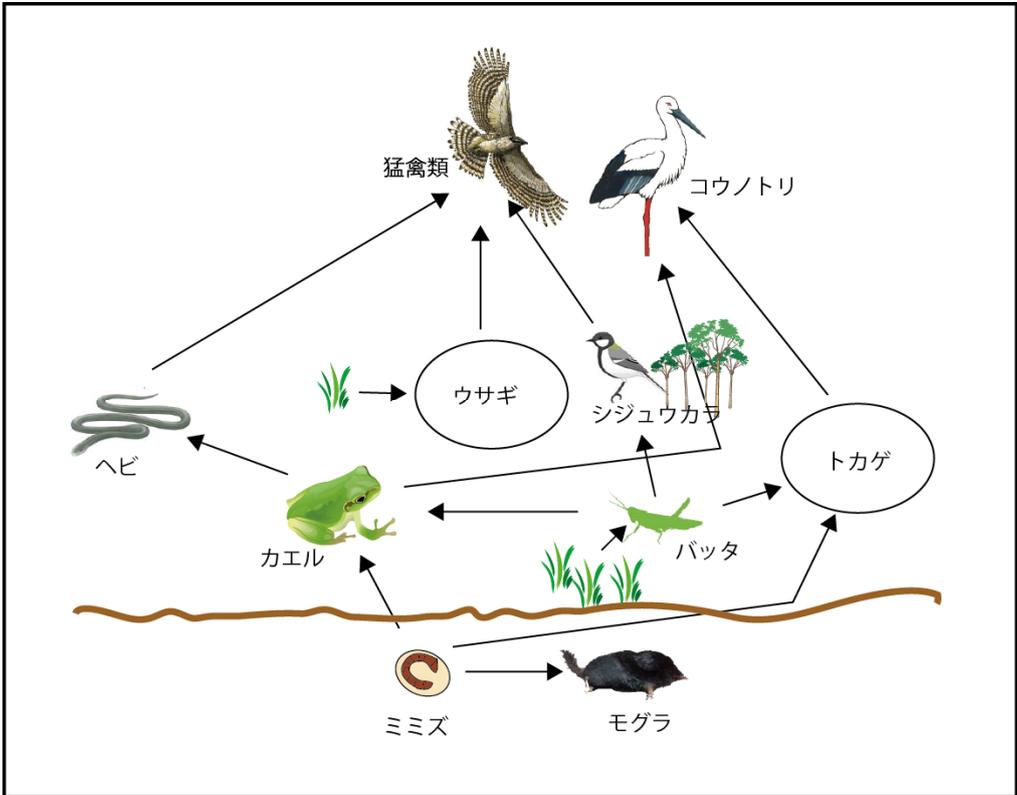
ある地域に生息するすべての生物と、生物同士の関わり合い、その地域の水や空気、光、温度、土などの生物以外の環境とを総合的にとらえたものを生態系という。



生物同士の関わり合いには、①捕食-被食、②競争、③共生、④寄生などの関係がみられる。

①捕食-被食

動物は複数の種類の食物を食べており、捕食（食べる）、被食（食べられる）という関係が成り立っている。捕食-被食のつながりを食物連鎖という。食物連鎖は、複数種の生物同士が複雑にからみあい、網の目のようにつながっており、これを食物網という。



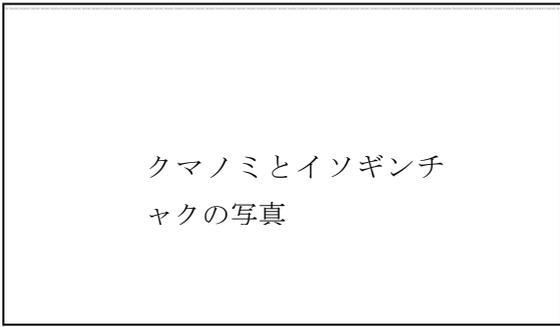
陸上の生物の食物連鎖

②競争

生物が利用できる資源（餌や巣場所など）には限りがあるため、資源をめぐる生物同士に競争がみられる。例えば、植物を食べるバッタは種間または種内で餌をめぐる競争があるが、競争を回避するように、生息環境や餌の種類を変えることで、共存することができる。

③共生

同じ場所に生息し、互いに利益を得られるような関係をいう。例えば、クマノミ（スズメダイ科の魚）はイソギンチャクの触手の中で生活している。イソギンチャクの触手は刺胞という毒針があり、クマノミは外敵から身を守ることができる。イソギンチャクはクマノミの餌をもらうことができ、互いに利益がある関係を築いている。



#### ④寄生

生活する場所は同じだが、一方には利益があり一方には損失となる関係をいう。例えば、ギンリョウソウという植物は、緑色の色素をもっていないため光によって養分をつくることはできない。ギンリョウソウは菌類に寄生し、菌類が共生している樹木が作る養分を菌類を通して得ている。



菌類に寄生するギンリョウソウ

生態系は、例えば山地、里山、干潟、海など多様であり、それぞれの生態系がつながりをもってさらに大きな生態系を形づくっている。多様な生態系には、多様な生物が関係し合って生活しており、これを生物多様性という。ある生物種の減少や絶滅によって生物同士のつながりが壊れると、生物多様性が失われ、生態系全体のバランスが崩れる可能性がある。生態系のバランスが崩れることは、炭素や窒素、水の循環に影響し、やがて人間の生活に影響がおよぶ恐れがある。



生態系の種類

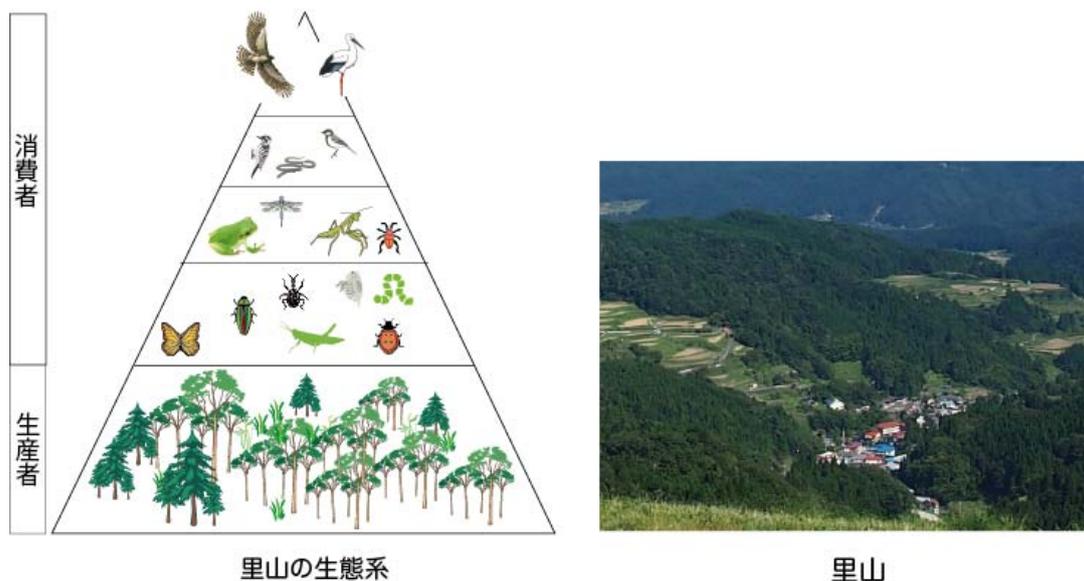
### 生物多様性の減少

#### (1) 里山の生物多様性

里山とは、農家の集落とその周辺の雑木林や田畑などをふくめた一帯のことをいいます。田畑では、農作物を収穫かくし、林では、たきぎや炭にするための木材や、山菜やきのこをとったりします。里山の田んぼには、

たくさんの土壌生物、水生昆虫、カエル、タガメなどが生息し、それを食べるサギ類などの鳥が集まり、高い生物多様性を維持している。

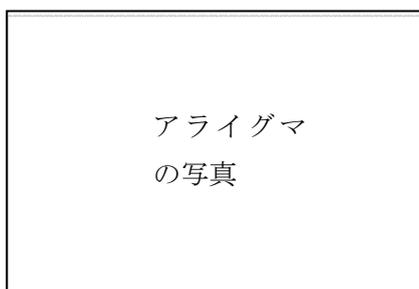
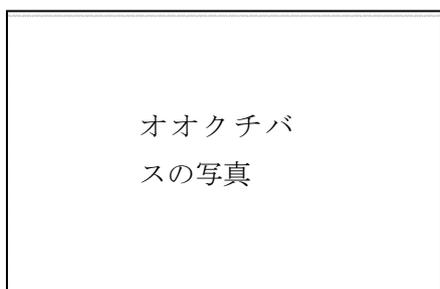
特別天然記念物のコウノトリは、かつては日本各地の里山に生息していた。コウノトリは、里山の生態系の高次消費者であるため、多様な生き物が生息する豊かな環境が必要である。米の生産性を高めるための農薬使用、圃場整備など、里山の環境が激変したことで、コウノトリの餌となる生物が減り、1971年に兵庫県豊岡市で日本のコウノトリは絶滅した。人間活動によって自然環境に影響を与えると、低次消費者の生物多様性が減少し、やがて生態系全体へ影響することを示している。



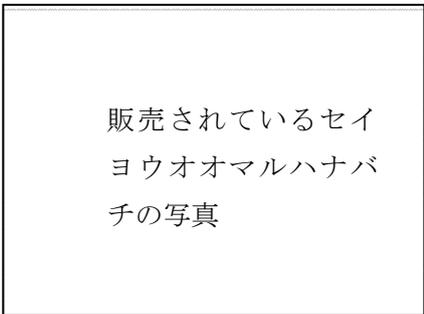
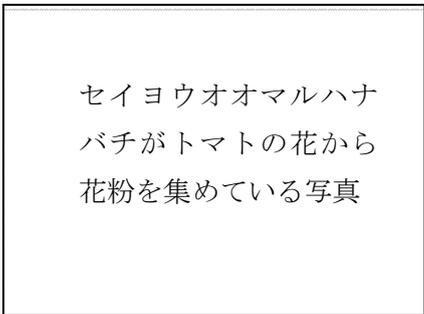
里山の生態系と里山の風景

(2) 外来生物による生物多様性への影響

外来生物はもともとその地域には生息していなかった生物で、人間の移動、ペット、農業資材として持ち込まれて野生化したものである。オオクチバス (ブラックバス) は肉食性の淡水魚で、アメリカから持ち込まれ、在来の淡水魚を捕食したため、淡水生態系を大きく変化させた。ペットとして輸入されたアライグマは、肉食でどう猛だったため、野外に捨てられ野生化した。アライグマは、在来のキツネやタヌキなどの哺乳類と同じような環境に生息するため、在来生物へ影響をあたえていると考えられる。



外来生物には、トマトの受粉など農業に利用するためにもちこまれたものもいる。セイヨウオオマルハナバチは、1991年に最初に輸入され、ハウス内のトマトの受粉昆虫として利用されている。これより前は、トマトはひとつひとつの花を人の手で受粉させていた。セイヨウオオマルハナバチ導入後、この作業は全てハチがやってくれるようになり、農家の負担は軽減された。そのため、セイヨウオオマルハナバチの利用は全国に広がった。1996年にセイヨウオオマルハナバチの本来の生育地とよく似た環境の北海道で、野外での営巣が確認された。



北海道に広く分布するエゾエンゴサクという植物は、在来マルハナバチによって花粉が運ばれ種子を残している。ところが野生化したセイヨウオオマルハナバチはこのエゾエンゴサクの花から盗蜜（花粉を運ぶことなく蜜だけ持ち去られてしまうこと）して、在来マルハナバチをおいやってしまうため、エゾエンゴサクの種子の生産が低下した。在来の植物と昆虫の間でつりあっていた関係が、外来生物の侵入によってバランスがくずれ、やがて生物多様性が失われる可能性がある。



在来のエゾマルハナバチ



セイヨウオオマルハナバチの盗蜜

外来生物の移入は、遺伝子レベルの目に見えないところでも進んでいることが近年わかってきている。オオサンショウウオは日本固有種の世界最大の両生類である。京都の賀茂川では、外来のチュウゴクオオサンショウウオとオオサンショウウオが交配した交雑種がみついている。このような現象は遺伝的汚染といわれている。自然環境保全活動として、ホタルの放流はさかんにおこなわれている。ゲンジボタルやヘイケボタルの雄は繁殖のために発光するが、発光時間のパターンが地域によって変異がある。この地域性を考慮せずにホタルを放流することは、「国内外来種」による遺伝的汚染となる可能性がある。

## 生物多様性の復活と自然環境の保全

特別天然記念物のコウノトリは、かつては日本各地に生息していた。米の生産性を高めるための農薬使用、圃場整備など、里山の環境が激変したことで、コウノトリの餌となる生物種が減少し、1971年に兵庫県豊岡市で日本のコウノトリは絶滅した。その豊岡市では、1985年からコウノトリの野生復帰に向け、人工飼育を始めた。コウノトリは、里山の生態系の高次消費者なので、多様な生き物が生息する豊かな環境がないと生活できない。そこで、コウノトリの餌環境を整えるため、無農薬または減農薬の田んぼを増やし、田んぼに生息する生物多様性を復活させた。しかし、無農薬・減農薬の米生産は、農家にとっては経済的にも労力的にも負担となる。そこで、無農薬・減農薬の田んぼで生産した米を、「コウノトリ米」というブランド米にし、付加価値を付けて販売することで、消費者は安心安全な米を購入できるとともに、付加価値分の利益は生産者の農家に還元されるようにした。また生物多様性が増えた田んぼでは、環境学習のフィールドとして地域の教育現場として利用されている。

自然環境の保全は、経済的負担が大きいため保全が進まない場合もあるが、コウノトリの野生復帰にともなう生物多様性保全の取り組みは、現在の人間の生活を大きく変えずに、生態系と生物多様性を維持しながら、地域や農家の経済活動も考慮し、人と自然との共生を目指した新しい形の持続可能な社会構築の例である。



人工飼育されているコウノトリ（兵庫県豊岡市コウノトリ郷の公園）



人工巣塔にとまるコウノトリのペア。巣作りに適した高さの人工巣塔を、無農薬・減農薬田んぼの近辺に設置し、繁殖にも成功している



← 学習



<地域社会>

自然環境学習、地域社会の活性化

豊かな生活環境



安心安全なお米  
(付加価値をつける)



← 利益は農家に還元

<農家>  
無農薬・減農薬による米生産  
田んぼの生物多様性維持

<消費者>

## 7. 最新の生物の進化・系統学の中学校理科への導入

東京学芸大学・理科教員高度支援センター 高森久樹  
生命科学分野 原田和雄

### 1. 中学校学習指導要領の改善すべき提案項目

現行の中学校学習指導要領においては、生物の進化と系統に関しては、第2分野(1)植物の生活と種類  
ウ植物の仲間 (ア) 種子植物の仲間 (イ) 種子をつくらない植物の仲間 (2)動物の生活と生物の変遷 ウ  
動物の仲間 (ア) 脊椎動物の仲間 (イ) 無脊椎動物の仲間 エ 生物の変遷と進化 (ア) 生物の変と進  
化に断片的に触れられている。

このように断片的な記述ではなく生物全体についてその多様性とそれぞれの仲間が進化の過程で分化  
してきたことを加える。

提案する中学校学習指導要領(案)

#### (1)地球上の生物の仲間たち

##### (ア) いろいろな生物

生物系統樹を示し、動物、菌類、緑色植物、褐藻、紅色植物、ウィルスなどに属する代表的な生物を  
知ること。

##### (イ) 生物の変遷と進化

現存の生物や化石の比較などを基に、現存の生物は過去の生物が変化して生じてきたものであること  
を体のつくりと関連付けてとらえること。

##### (ウ) 生物の祖先は一つ

生物系統樹から、たった一種の祖先から地球上に棲んでいるすべての生物が進化してきたことを知る  
こと。

#### (2)陸上植物の生活と種類

ウ 陸上植物の仲間

##### (ア) 種子植物の仲間

花や葉、茎、根の観察記録に基づいて、それらを相互に関連付けて考察し、植物が体のつくりの特徴  
に基づいて分類できることを見いだすとともに、植物の種類を知る方法を身に付けること。

##### (イ) 種子をつくらない植物の仲間

シダ植物やコケ植物の観察を行い、これらと種子植物の違いを知ること。

#### (3) 動物の生活と生物の変遷

ウ 動物の仲間

##### (ア) 脊椎動物の仲間

脊椎動物の観察記録に基づいて、体のつくりや子の生まれ方などの特徴を比較、整理し、脊椎動物が  
幾つかの仲間に分類できることを見いだすこと。

##### (イ) 無脊椎動物の仲間

無脊椎動物の観察などを行い、その観察記録に基づいて、それらの動物の特徴を見いだすこと。

## 2-1.提案項目の意義と内容

生物が動物と植物の二つのグループに分けられるという誤った観念を多くの人がいまだに持っている。これまで生物の系統は形態的特徴と栄養摂取の方法を頼りに考えられてきたが、分子遺伝学の発展により形態的に比較できなかった生物間でも遺伝情報を比較することによって客観的に系統関係を知ることができるようになった。このような最新の知見によると、生物は一般に認識されているよりはるかに多様性に富んでいることが分かってきた。

以下に生物分類の進歩と歴史について述べる。

## 2-2. 根源的な生物の認識

生まれたばかりの幼児は、はじめに母親を覚え他の人間と区別をするだろう。次には父親や兄弟や家族がわかるようになるかもしれない。そのようにして次第に多くの人顔を覚え識別できるようになる。自分を育て庇護してくれる親を識別する能力は、人に限らず哺乳類や鳥類全般が持っている。出生後あるいはふ化後しばらくの間ひとりで採餌ができない動物は、自分の親を見分けて餌をもらわないと生きて行けない。やがて独り立ちすると、今度は自分で餌を探さなくてはならない。この時には、餌になる植物や動物を探して食べられるものと食べられないものを区別する必要がある。逆の立場から見ると、動物は他の動物の餌になる宿命がある。しかし易々とつかまって食べられてしまう訳にはいかないので、敵から逃げ延びる努力をする。このような場面では、危険な動物を素早く見つける能力が重要である。親の庇護のもとで成長してやがて独り立ちし自分で餌をとることができるようになり外敵からうまく身を守って健全な大人になると、今度は配偶相手を見つけなくてはならない。ここでは、同種の異性を別種から識別する能力が必要になる。首尾良く配偶相手が見つかるとう度は自分の子どもを認識し、餌を運んで育て上げなくてはならない。このように多くの動物にとって身の回りのあらゆる生き物を的確に認識し区別する能力が生存には重要である。

さて、我々は身の回りの生き物をどのように認識し区別しているだろうか。おそらく子どもは誰に教わらなくても「植物」と「動物」を区別するようになるのではないだろうか。たとえば「植物」は動かない生物、「動物」は自ら意志を持ち動くことができる生物といった漠然とした識別をするだろう。このような認識が生物の分類の根源だと考えられる。

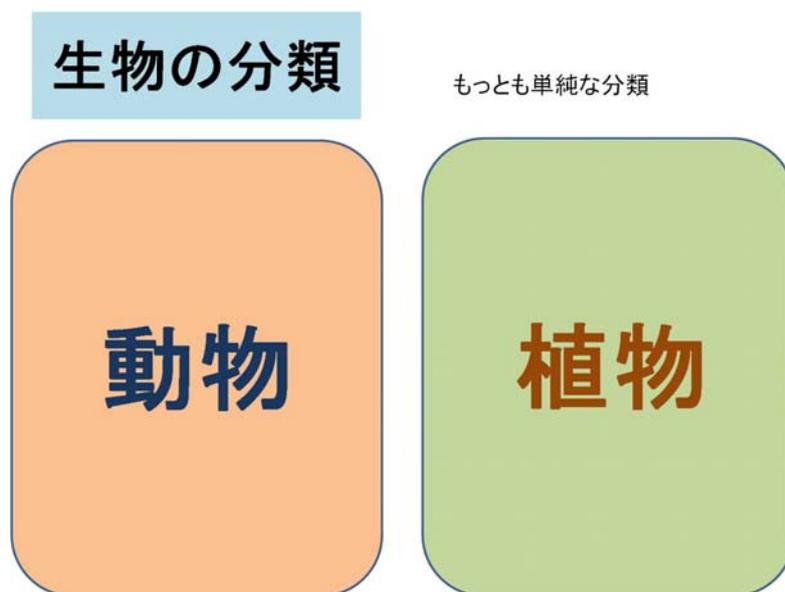


図 1. 最も単純な生物分類

### 2-3. アリストテレスの分類

アリストテレスは紀元前 4 世紀に活躍したギリシャの哲学者である。哲学以外にも多くの分野の著述を残し学問の父と呼ばれている。特に「自然学」は現在の自然科学のすべてが網羅されていると言っても過言ではない。アリストテレスは、数百種の生物をその類似性に基づいて系統的に記述し系統分類学の基礎を築いた。アリストテレスの分類体系は近世まで影響を及ぼしたが、現在の分類基準とは異なっている。動物の分類においては有血動物と無血動物に二分し、さらにそれぞれを体系的に細分化した。たとえばヒトは、有血動物の中の胎生動物に含まれるとした。胎生動物にはその他にヒト以外の四足動物と鯨類が含まれる。



図 2. 価値観を含んだ分類

### 2-4. リンネの形態による分類と二名法

カール・フォン・リンネ ( Carl von Linné, 1701 - 1778 )は、スウェーデンの博物学者で現在でも使われている生物の命名法と分類学を確立し「分類学の父」と呼ばれている。リンネは、生物を形態的類似性から体系化し、属名と種小名の 2 語のラテン語で 1 種の生物を表す 2 名法と呼ばれる命名法を確立した。

### 2-5. ダーウィンの進化仮説

チャールズ・ロバート・ダーウィン ( Charles Robert Darwin, 1809 - 1882 )はイギリスの科学者で、自然選択説による進化論を多くの実例を示して論理的に提唱したことは説明するまでもないことである。ダーウィンは自然選択の過程で共通した先祖種から別々の環境に適応した 2 種への種分化が起こり、このような種分化が長い年月繰り返された結果が現在の種の多様性であると考えた。ダーウィンの進化仮説の核心部分は自然選択による種分化だが、この種分化による進化仮説を突き詰めてゆくと地球上に暮らしている全生物は元をたどればたった 1 種の祖先に由来するのではないかと仮説に到達した。ダーウィンは、この仮説を考える過程で珊瑚のような形や一本の木が枝分かれしたような形の系統樹をスケ

ッチに残している。

## 2-6. 二界説

先に述べたように私たちは自然に身の回りの生物を動物と植物の二つに分けて認識するようになると考えられる。リンネも生物を動物界と植物界の二界に分類する二界説を提唱した。日本においては、江戸時代の医者だった三浦 梅園( 1723 - 1789 )が、「玄語(1775)」という著書にその独特の思想を表した玄語図と呼ばれる多くの図を残している。すべての事物は2個で1対になっているという独特の思想で、生物を動物の植物に二分し、さらに二分岐を繰り返して細分化して行く「動植物分合総図」を描き残しており、これが世界最古の生物系統樹かもしれない。

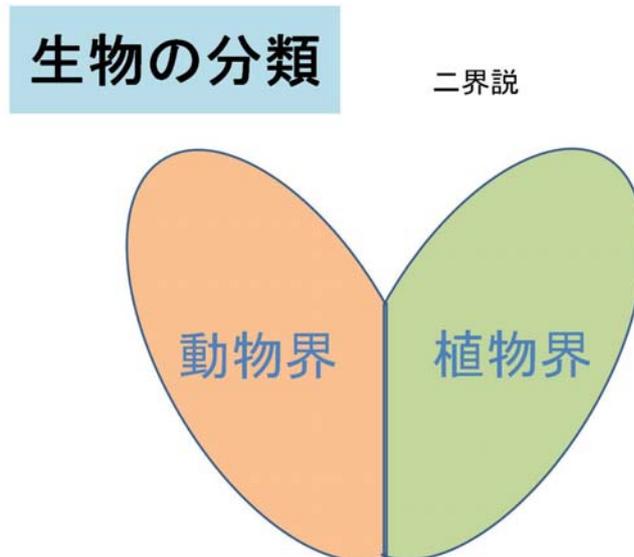


図 3. 二界説による分類

## 2-7. 三界説

顕微鏡の発明により微小な単細胞生物が発見されたが、当初は運動性があるものを動物界に、運動性がないものは植物界に分類されていた。しかし単細胞生物には二界のどちらかに分類することが困難な場合があることがわかってきた。ダーウィンの進化仮説をドイツで広めることに貢献したエルンスト・ヘッケル( Ernst Heinrich Philipp August Haeckel, 1834 - 1919 )は、原生生物界( Protoctista )を新たに設けることを提唱した( 1866 )。

## 生物の分類

三界説

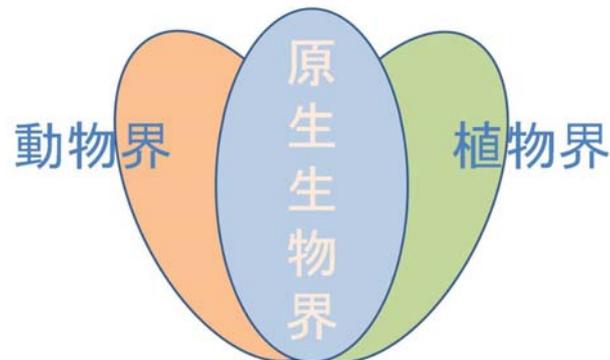


図 4. 三界説による分類

### 2-8. 四界説

さらに細胞内にはっきりとした核を持たない単細胞の生物（原核生物）が発見されたことから、ハーバート F. コープランド（Herbert F. Copeland, 1902 - 1968）は動物界、植物界、原生生物界（Protoctista）に原核生物界を追加した四界説を唱えた（1938, 1956）。また、菌類と藻類を植物界から除き原生生物界に加えた。

## 生物の分類

四界説

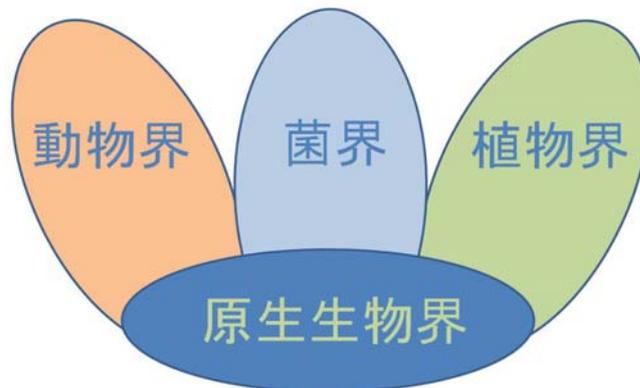


図 5. 四界説による分類

### 2-9. 五界説

ホイッタカー（Robert H. Whittaker 1920 - 1980）は、生物の生態的地位を分類の基準に加えることにより界の分け方をコープランドの四界説に菌界を加えた五界説を提唱した（1969）。ホイッタカーの五界説によると、バクテリアや藍菌などの原核生物を含むモネラ界から単細胞の原生生物界が生じ、そこから多細胞生物が進化したが、このとき、光合成をする独立栄養の植物界と、体表で栄養摂取する菌界と、体内の空間で栄養摂取する動物界に分かれたとした。

しかし電子顕微鏡の発達などにより多くの生物の微細構造の詳細がわかってくると、単細胞の生物を原生生物界にひとくくりにする事の矛盾が明らかになってきた。

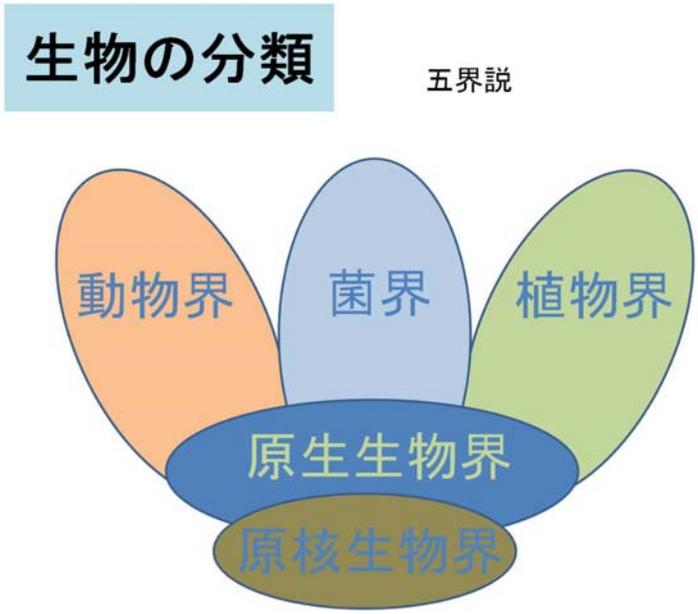


図 6. 五界説による分類

### 2-10. 分子系統学

ノーベル化学賞とノーベル平和賞を受賞したことで知られるライナス・カール・ポーリング（Linus Carl Pauling, 1901 - 1994）らは、ヘモグロビンのα鎖を構成するアミノ酸が近縁な動物間では類似性が高くそうでない動物間では低いことを見つけた。このことからアミノ酸配列にかかわる突然変異が時間経過に比例して起こっており、動物の類縁性を表しているのではないかと考え、これを分子時計と名付けた（1962）。この考えは、木村資生（1924 - 1994）より中立進化説へと発展した。DNAの塩基配列は時間経過に伴って変化するが、そのほとんどは自然選択には無関係で生物の生存に有利でも不利でもなく中立であるとする仮説だが、この考えを利用すると多くの生物で遺伝子の塩基配列を比較することにより系統関係を推定することができる。コンピューターとソフトウェアの発達によりDNAの塩基配列から生物の系統樹を作成することが容易になり、多くの生物の系統関係が明らかになってきた。

### 2-11. 新しい生物の分類

生物の系統関係は形態や発生や栄養摂取法の類似性によって考えられてきたが、分子系統学の発展により見直されることとなった。形態では似ていても実は類縁関係が遠いことが分かった例も多い。また、これまでの手法では形態が違いすぎて系統関係が分からなかった生物の系統関係も分かってきた。また、種分化のもとをたどって行くと地球上のあらゆる生物は一つの共通祖先から別れて進化してきたものだということが分かる。私たちが肉眼で目にする生物は多様な生物のごく一部であり、地球上には膨大な種類の生物が暮らしていることが分かる。それらの中には病原性を持った生物や逆に有用な物質を生産するものも多い。生物の多様性を理解しておくことは、これからの生物学や生物資源の活用のために重要と考えられる。

## 2-12. 細胞の主役は誰か

私たちの細胞内には多くの細胞内小器官がある。それらの器官のいくつかは、本来は別の生物だったものが共生することによって進化したと考えられている。この仮説は細胞内共生説と呼ばれている。アメリカの生物学者リン・マーギュリス（Lynn Margulis (Lynn Sagan), 1938 - 2011）は、真核生物の細胞内のミトコンドリアは好気性細菌に、葉緑体は藍菌に近い光合成細菌に由来すると考えた。この仮説は現在でも支持されている。真核生物の進化を考えると、核内の遺伝子の類縁性に基づいて考えるのが普通であるが、ミトコンドリアや葉緑体は細胞内で多くの体積を占めている。すると細胞自体はミトコンドリアや葉緑体を保護する容器に過ぎないのではないかという考え方もできる。

## 2-13. 新しい提案

これまでの中学校理科の学習内容では、生物は植物と動物に二分できるという誤った認識から脱却できていない。また、生物の生態的地位を分類基準の一つとするホイットカーの五界説の影響を残している。その結果、日常生活に深い関わりがある多様な生物についての理解が不足しているため多くの誤解が生じている。たとえば病気を引き起こす病原性生物は多種にわたるがそれらの生物の特徴と分類学的位置について理解している人は少ない。また、新たな医薬品の開発や有用な生物の利用に関して生物資源の重要性が認識されつつあるが、多様な生物の包括的な理解がこの分野の発展に欠かせないと考えられる。

よって、これからの科学の発展を考えると義務教育における生物の多様性と進化に関する学習内容の導入が必要と考える。具体的には、現行の学習指導要領の生物領域の最初に「生物の多様性と進化」に関する項目を追加することを提案する。

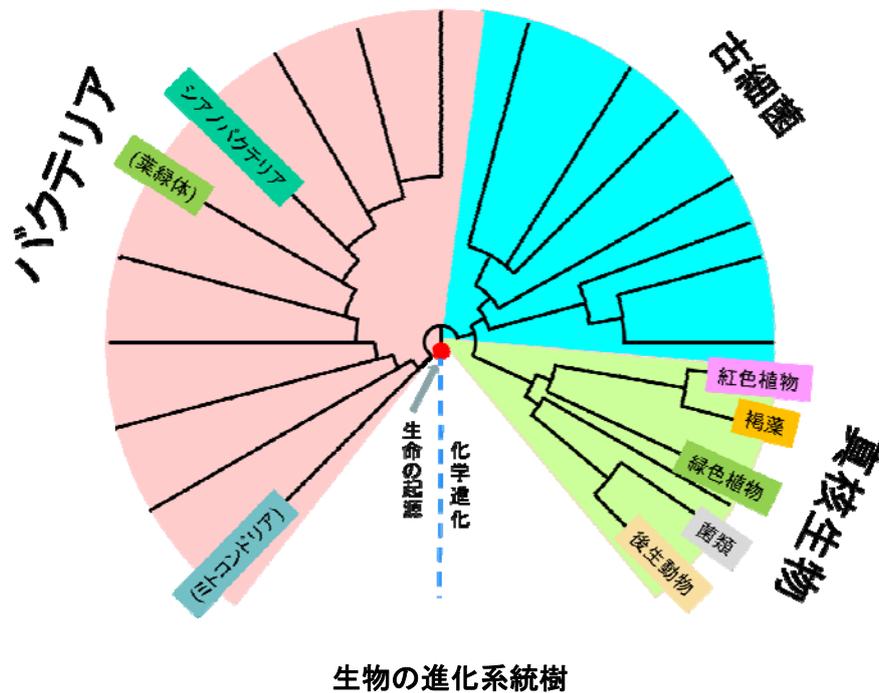
## 3. 提案をもとに実際に改善された際の波及効果

地球上の生物がわずか一つの共通祖先に由来していることが理解できる。目で見ることができる多細胞生物は生物全体ではごく一部であること、病原性生物の多様性と系統学的な位置、真核生物は細胞内にミトコンドリアや葉緑体の元になった生物が共生して進化したこと、また「植物」とひとくくりに思われがちな生物が実は異なった系統的位置にある多様な生物であることが理解できる。

さらには、進化・系統を理解することによって、中学校で学ぶ生物領域の個々の内容を結びつけて総合的に理解できるようになることが期待できる。

#### 4. 提案をもとに実際に改善された際の教科書

##### 1 地球上の生物の仲間たち



##### いろいろな生物

生物系統樹を見ると、身近な生物である動物、緑色植物の他にも様々な生物がいるのが分かる。菌類にはキノコやカビの仲間が含まれている。植物は以前は一つのグループに分類されていたが、起源が異なるいくつかの仲間に分かれていることが分かる。褐藻には、食品として利用されるコンブやワカメが含まれている。紅色植物には、アサクサノリなどが含まれる。古細菌には、メタン菌などが含まれている。バクテリアには、大腸菌や納豆の製造に利用される枯草菌などが含まれている。

##### 生物の変遷と進化

—内容省略—

##### 生物の祖先は一つ

これまでの研究から、地球上に生活している生物の祖先はたった一種だったと考えられている。つまり、原始地球上のどこかで有機物が生成され、それらをもとに自分と同じものを複製する能力を持った生物が現れた。それがもとになって現在の多様な生物が進化してきたと考えられている。

教科書の内容については、高等学校教科書の内容と関連づけて、今後さらに検討をして行く必要がある。生物の系統関係の理解を助けるための進化系統樹の例(図1)を作成したが、さらに改良を加える必要がある。

## 8. まとめ

本プロジェクトでは、次期中学校学習指導要領改訂を見越して、これからの社会で必要となると考えられる理科の課題を洗い出し、次世代の新しい教育プログラムを開発することも目的に研究を進めた。プロジェクトにおいては現行の中学校学習指導要領（理科）で作成された中学教科書に掲載されている学習内容の調査・検討を行い、その結果として挙げた「防災と科学」、「放射線教育」、「生物多様性の保全」、「最新の生物の進化・系統学の中学校理科への導入」の4つの内容を検討内容として、それらをどのように次期中学校学習指導要領（理科）に取り入れて行くかについて検討を行った。

前章までに、それらの個々の検討内容についてのプロジェクト遂行によって2年間の研究で得られた研究成果を示した。4つの検討項目で得られた成果について以下に簡単にまとめる。

### ・ 防災と科学

降水量や風速の定義や、災害発生の危険性の大小との関係を科学的な観点から定量的に理解できる教材を開発した。また、中学校では十分に扱われていない台風そのものの性質についても詳細に言及した。この教材により、防災という観点で気象情報を適切に利用することが可能となり、また、科学的な情報やデータを適切に分析、理解する能力も身につけられると期待される。地震および火山についての教材は開発途上であるが、震央の求め方に関する教材と、火山噴出物に関する教材の開発に着手した。

### ・ 放射線教育

現行の中学校理科学習指導要領、中学校理科の教科書、放射線副読本の内容を検討した。検討は、理科において扱う放射線教育では、科学的に正しく放射線について理解させ、放射線について科学的根拠に基づいて正しく判断できる力を育成することを目的とすべきとの観点から行った。この結果、放射線教育についての中学校理科学習指導要領の改正点を提案し、中学校3年生向けの教科書内容案を作成した。また、次期学習指導要領の改訂では、中学校だけでなく小学校にも放射線に関する学習内容が入ってくると考えられるため、放射線教育についての小学校理科学習指導要領の改正点も提案し、小学校5・6年生向けの教科書内容案も作成した。

### ・ 生物多様性の保全

中学校学習指導要領の「自然界のつりあい」という項目に、生物が多様であることの理解を追加することを提案した。また、生物多様性の保全のためには生物界の周りの自然環境を保全する必要があるが、人間の経済活動が優先されることも多い。生物多様性および自然環境を保全しつつ、経済活動を損なわない具体的な事例を通して、生物多様性の保全の重要性を理解することを教科書に含めていくことを提案した。

## ・最新の生物の進化・系統学の中学校理科への導入

これまでの中学校学習指導要領および教科書では、生物全体の進化・系統関係について触れられてこなかったため、生物の多様性と系統関係についての一般の知識は乏しい。しかし、これからの科学の発展を考えると義務教育における生物の系統と進化の理解が欠かせないと考える。そのため、新たに最新の生物の進化・系統学の知識を中学校理科に導入すべく、生物全体の系統樹の試案を作成した。

本プロジェクトでは、次期中学校学習指導要領改訂を見越してこれからの社会で必要となると考えられる理科の課題を洗い出し次世代の新しい教育プログラムを開発すること、また、その教育プログラム実施に必要な教材の開発も行うことを目標としている。上に示した4つの検討項目の研究成果からもわかるように、これらの目標に対して全ての検討内容において十分以上のレベルで目標の達成ができたといえる。これらの成果は、教員養成大学として必要とされている教育方法や教科教育についての実践的な指標を示すことに繋がる。

また、本プロジェクトにおいては、大学における理科教員養成教育の改善、つまり大学での授業改善についても研究を広げることも今年度の目標の一つとして挙げていた。そのため、今年度は大学での授業改善に関しても各検討項目において研究を始めたが、報告書に記載するのに十分な成果まで至ってない部分もあるので、本報告書内での大学での授業改善について研究成果の報告は割愛する。このように、大学での授業改善についてはあまり大きな研究まで至れなかったのは、2年という限られた研究期間内に最大効率の研究成果を上げるために、今年度も1年目に引き続き各検討項目において、大学での授業改善についての研究より主に教育プログラムの開発・提案や教科書案の作成などの方に研究の比重をシフトして行っていたこと、また、特に検討項目によっては当初の目的の中学校の教育プログラムだけでなく、小学校での教育プログラムの提案を行っているものもあり、教育プログラムの開発・提案や教科書案の作成に研究を中心的に行ったためである。

本研究プロジェクトの中心的な目的は、上述したように次期中学校学習指導要領改訂を見越した理科の課題を洗い出し・新しい教育プログラム・教材の開発であるので、この部分については当初の予定よりも非常に充実し他研究成果が得られているので、本研究プロジェクトはその使命を十分果たすことができたといえる。

**【平成25年度広域科学教科教育学研究経費報告書】**

次期中学校学習指導要領（理科）への現代的課題の導入  
に向けた先駆的研究とこれに対応した大学の授業改善  
研究代表者：長谷川正