

平成29年6月26日

文部科学省初等中等局 教育課程課長  
合田 哲雄 課長殿

日本脳科学関連学会連合 代表  
岡部 繁男(東京大学 大学院医学系研究科 教授)

### 脳科学に関する高等学校生物学 指導要領 の改善に関する ご配慮のお願い (三点)

いつも大変お世話になっております。このたび、学習指導要領の改訂という重要な時期を迎えるにあたり、合田課長をはじめとした皆様のご尽力に敬意を表するとともに、脳科学に関する昨今の状況を鑑み、生物学の他分野との比較において、脳科学リテラシーの不足や誤解につながりかねない部分に関して、あらためてお願いさせていただきます。

残念ながら、高等学校の教科書を拝見しますと、すでに数十年の脳神経科学研究の歴史において定説となっているような事実に関する記述されていないばかりか、それ以前の古い知識の記載のみにとどまっていることが、脳科学に対するリテラシーを諸外国と比較しても低下させ、脳科学の「似非科学」が蔓延する原因となっていると考えられます。

また、特に、脳の疾患は、保健体育としてではなく、生物学として、「脳のメカニズムの破綻」という観点から学ぶことが必要であると考えます。

そこで、生物学の他分野の記述と比較しても、誤解を生みやすい、特に、以下3点の指摘を、新しく作られる学習指導要領のもと、教科書上の工夫、指導上の工夫として、取り入れていただくことを要望いたします。

#### ○脳機能局在と脳機能マッピングについて

一般に右脳・左脳の違いが強調される傾向があり、それでは「右脳人間・左脳人間」のような似非科学を増長しかねません。また、ヒトをヒトたらしめている大脳新皮質の働きと、それ以外の「古い脳」の働きや、脳機能局在についての記載が不十分です。たとえば、東京書籍の生物学の教科書では、他の教科書よりも詳しく、大脳新皮質の脳機能局在の記述がありますが、さらに、大脳基底核や辺縁系の機能も含めた記載が、脳の本能的機能や、パーキンソン病などの病態生理を考える上で、必須です。

そこで、前頭葉・後頭葉などを含めた大脳新皮質と辺縁系の違いなど大まかな脳部位の記載と、視覚野・運動野・言語野など脳機能局在について、脳解剖学やfMRIなど脳機能イメージングのこれまで数十年の成果をもととした最低限の記述が必要であると考えています。

### ○神経回路の可塑性の記述不足について

ヒトの脳機能の発現とその理解において、神経回路の可塑性を理解しておくことが重要ですが、現行の高等学校生物学の教科書においては、その記述がほとんどありません。

ノーベル賞を受賞したカンデル博士のアメフラシの例の記載がありますが、脳神経の可塑性が人の学習や記憶の基礎となる重要なものとなっていることがわかりません。こうした脳の神経回路の可塑性が、複雑で高度なヒトの脳機能のもととなっていることから、シナプスの可塑性などについて最低限の記述が必要であると考えます。

具体的に、東京書籍の生物学では、アメフラシの記載がありますが、人の脳へのつながりがわかりません。シナプスが刺激によって変化するというのが、脳の学習や、病気による変化などの基礎になることを、具体的な例示をもって記載してほしいと思います。

### ○ヒトの脳機能に関する記述の補強について

ヒトの高度で複雑な脳機能は、昆虫や動物の例では説明できるものではありません。たとえば、ヒトの血糖値コントロールという生理機能の理解のために糖尿病を教えるように、ヒトの高度な脳機能を知るためには、病気と関連づけて理解することが重要だと考えます。以下の疾患については、すでにキャンベル生物学などでは記載があるものであり、なんら特殊なものではなく、ヒトの高度で複雑な脳機能を理解する上で重要であると考えられます。こうした病態と関連づけ、ヒトの高度で複雑な脳機能について最低限の記述が必要であると考えます。

たとえば、依存症については、酒・たばこによる健康被害と同じ観点で「保健体育」で扱われることが多いですが、依存症を脳の疾患としてとらえ、その発症するメカニズムと関連する脳の機能についての記載がありません。また、うつ病や依存症といった脳の病気は、得てして、「道徳」で解決できるという誤解がありますが、実際には、脳のメカニズムの破たんによるものであり、そうしたメカニズムを生物学で学ぶことが重要であると考えます。

こうした観点で、高校生が人の脳の機能を学ぶ上で、病態生理との関連でとらえるべきものを列挙いたします。

- 体内時計と睡眠について 病気：ナルコレプシー
- 記憶と認知機能について 病気：アルツハイマー病
- 運動機能とその調節について 病気：パーキンソン病
- 心の働きについて 病気：うつ病
- 報酬系について 病気：中毒、依存症（麻薬、タバコ、酒）

※これらについては、別紙に参考として詳細を記す。

以上、ご配慮いただければ幸いです。

参考：

### ●ナルコレプシー

睡眠中の眼球が急速に動く期間として知られるREM睡眠では、全身の骨格筋、特に抗重力筋とよばれる姿勢を維持するのに必須の筋群に脱力が生じます。この筋弛緩の意義は、休息だけではなく、夢をみていることが多いREM睡眠の際に身体の動きをオフライン化することにもあると考えられます。夢の最中に（寝ながら手を振るくらいならとにかく）本当に身体が動いてしまうと大怪我に繋がりますが、筋弛緩は明らかにそれを防ぎます。このREM睡眠中の筋弛緩と、覚醒中に突然筋弛緩が起こってしまうナルコレプシーには、共通のメカニズム（視床下部由来のオレキシン（筑波大、櫻井武先生の研究が有名）や青斑核が関与）が働いていると考えられています。（さらに、夢の機能として、その日の経験の記憶のうちで残すべきものと、残すべきではないものを整理して、長期的な記憶に移すプロセスが遂行されているという証拠が増えています。）

### ●アルツハイマー病

記憶の形成には、海馬が深く関わっています。またアルツハイマー病患者の脳には、広汎な萎縮とその進行が観察されますが、それらは海馬で著明です。アルツハイマーによる認知症症状については、「直近の記憶はすぐに忘れてしまうが、昔の記憶は良く覚えている（つまり新しい記憶を長く保持できない）」という前向性健忘の症状が典型的ですが、この記憶の失い方の特徴は、海馬の萎縮によって説明できます。さらに、アルツハイマー病になっても、覚えている記憶（例えば自転車の乗り方）と保持できない記憶の違いについて、考察できれば、記憶の種類（長期記憶、短期記憶、作業記憶、意味記憶、陳述記憶など）と種類ごとの脳の働きの違いの理解へと繋がります。記憶についての研究は、学習、記憶（とその種類）、メカニズム、記憶のコーディング、脳部位、保持、想起などを対象としますが、例えば講義で述べるのであれば、夢を見ている際の記憶のコンソリデーション（整理統合）との関わりで睡眠についても紹介が可能です。また2014年のノーベル賞に繋がる研究となったプレイス（場所）ニューロンについても触れることができれば、記憶の脳内コーディングのあり方についても、考察できると思います。

### ●パーキンソン病

今の教科書にもある簡単な理解としては、運動の遂行にあたっては大脳皮質の一次運動野で細かな運動指令が行われていると理解されることが多いのですが（嘘ではない）、しかし実際に個々の筋肉に指令を送るのは、脊髄の運動ニューロン（最終共通路）であり、出力には、一次運動野以外の指令（脳幹や脊髄内回路由来の指令も含めて）も統合されています。例えば脊髄反射などは、基本的には脊髄内で完結しますし、脳をとった除脳動物でも歩行様の複雑な手足の運動パターンの生成はCPGによって可能です（これが正常な歩行運動の基礎にあります）。大脳では、大脳基底核が、運動の開始や全身筋力の調整（姿勢レベルの制御）、さらに運動を含む学習などに深く関わっています。このメカニズムの理解は病態生理の解明によって進みました。例えばパーキンソン病では、運動の開始が上手くいか

ず、また、筋張力の亢進（固縮）によって、結果として運動が滑らかに遂行できなくなります。一方、大脳基底核は両生類や虫類の脳では、ほぼ最高中枢にあたり、これらの動物の運動制御では、**視床、中脳、脳幹、脊髄**を含む大脳基底核以下の中枢部位の働きがより重要です。こういう動物とヒトのような大脳皮質が発達した動物の運動（行動）の違いについて、進化の視点を取り入れつつ理解するためにも、大脳皮質以下の脳部位の働きについて勉強することは大切です。

### ●うつ病

**うつ病**は、青少年を含めて、生涯に多くの人が罹患する（そして最悪自殺に繋がる）という点で、少なくとも保健体育で学んでおくべき病気でしょう。生物学で扱うとすれば、教科書で扱われている神経伝達物質である**アセチルコリン**以外の神経伝達物質、特に**モノアミン**（なかでも**セロトニン**など）など多くの伝達物質の働きに異常が生じた場合の問題という導入が可能かと思えます。実際に、抗うつ薬の中には、これらの神経伝達物質の働きを補充したり改善したりするものが多くあります。具体例をとおして神経伝達物質とその受容体、さらに**アゴニスト**、**アンタゴニスト**と言った考え方について学ぶことができれば、将来、鼻炎薬などさまざまな薬の作用について正しい理解を持つことができるでしょう。

### ●中毒、依存症（麻薬、タバコ、酒）

何か物事（自転車の乗り方や計算のやり方、他の人に優しくした方がよいことなど）を学ぶ際には、遂行した運動や行動に対して、その評価をフィードバックし、良い運動や行動を強化するということが脳内で行われます。その際に共通して働く系として、**報酬系**や**情動系**などが知られています。**依存症**を引き起こす薬剤は、これらの脳部位に過度に働きかけ、人工的な多幸感や、失ったときに大きな喪失感を与える薬剤です（薬物によってはハルシネーション（幻覚）という話もあるのですが、これはやや話が拡がりすぎるかと思えます）。また、ギャンブルなどの経験も、大きすぎる刺激となると、容易にやめられなくなりますが、これについても**報酬系**や**情動系**のはたらきと、その逸脱という視点で説明するのが、オーソドックスかと思えます。また**PTSD（心的外傷後ストレス障害）**についても、大きすぎる恐怖やストレスが、その記憶とともに情動系に働き、正常の理性による判断を逸脱した反応を引き起こすものと考えられており、現在、治療法の開発が進んでいます。

他に取り上げたい疾患・障害としては、例えば、脊髄損傷の障害を正しく理解することは、脊髄の構造と機能についての理解を前提とします。さらに（これは日本が進んでいる分野なのですが）**BMIによる機能回復** についても触れることができれば、最新脳科学による貢献の一例になるばかりか、**リハビリテーション**などについて学ぶことも可能かもしれません。また、今教科書にある網膜や内耳の蝸牛の説明の先に、現在開発が進められている**網膜直接刺激型の人工網膜**や、**人工内耳**についてボックス等で説明することも可能かと思えます。もちろん**iPS細胞**を活用した**再生医療の可能性**などについても言及は可能でしょう。

合田課長との会談メモ

20170626

同席者：岡部会長、小泉

今後の3つの方策の可能性をご示唆いただいた。

#### #1 教科書への記述（コラム等含む）

- ・高校の指導要領はシンプル、とくに「人は保健体育」とは明記してはいない
- ・教科書会社ごとに対応 コラムなどでの記述も。
- ・教科書検定とのからみ、教科書会社は、どのラインの記述までが「安全」か？を気にしている ⇒ どのラインが鉄板かを明らかにして提示する必要あり

#### #2 副教材の作成

- ・教科書本体ではないが、実際に授業などで使える映像などを使った副教材をつくり配布することも効果あり。
- ・15分くらいのコンテンツであれば、授業の中で使いやすい
- ・学会関係者だけでなく、理科の先生や、文科省理科調査官も加えて議論してはどうか？

#### #3 「理科探求」授業テーマ

- ・高校生のトップ層を対象とした「理科探求」授業のテーマとして脳科学のテーマを提示
- ・高大連携ですすめていく
- ・理科探求ノート 脳科学編のような形でまとめておく