

私たちの体は何でできているか？ (ELI+)

人間の体と地球の化学組成を比較する

地球の4つの相互作用する圏の名称と主な特徴を紹介する(右側の図)。

- 岩石圏* (地球外層の岩石)
- 大気圏 (空気)
- 水圏 (海洋、湖、川)
- 生物圏 (全ての生物)

生徒と次のことについて話し合う

- (1) これらの圏はすべて自然界に存在する元素からなり、その組み合わせや比率は様々である
- (2) 各圏の本質的な違いは化学構造の違いによる

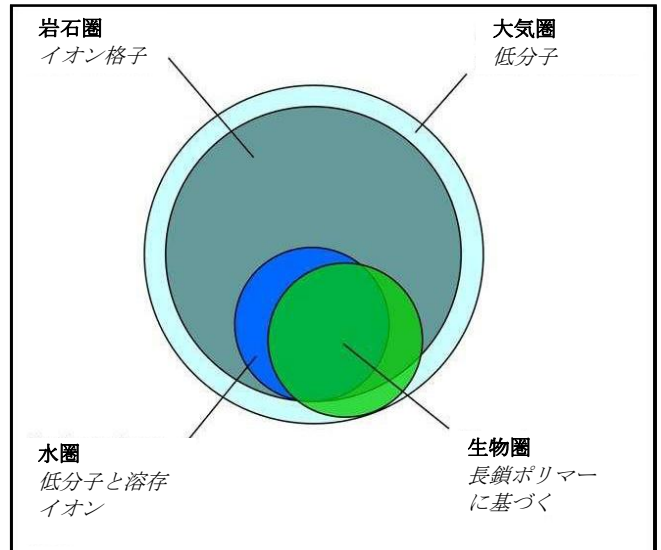
- 岩石圏：イオン格子
 - 大気圏：低分子 (分子間力は小さい)
 - 水圏：溶存イオンを伴う低分子 (分子間力は比較的大きい)
 - 生物圏：大部分は長鎖ポリマー
- これらの境界面では興味深い現象が起こる。たいていは化学反応によって化学構造が変化し、元素が各圏を移動する。各圏内には元素の継続的な循環があり、各圏、特に大気圏、水圏、とりわけ生物圏の存在には必要不可欠である

- (3) 元素は、たいてい (パズルや表で示されているように) 別々の元素としてではなく、他の元素と結合した化合物として存在する

生徒を班に分け、各班に表1 (3 ページ) とジグソーパズルのピース (4 ページ) を配る。状況により、表2 (5 ページ) は発展的な活動で使用する。

生徒への指示：

- ・ ジグソーパズルを組み立てる。始める前に、人体に含まれない4つの‘余分な元素’があることを伝える
- ・ 表1に示すように、人間を構成する元素を、岩石圏を構成する元素と比較する。ジグソーパズルのピースに書かれた情報をもとに、表の‘人体での百分率’の欄をうめる
- ・ 表の最後の欄を完成させる。人体の方が岩石圏での元素の割合より大きい場合は‘多い’、小さい場合は‘少ない’、同じ場合は‘同じ’を記入する
- ・ 人体の組成は、地球の岩石圏での組成と似ているかどうかを話し合う



四つの圏 写真：Paul Grant

- ・ (任意の発展的な活動) 表2をもとに
 - 人体の化学組成と周辺環境との相違点および類似点を決める
 - 人体は岩石圏、大気圏、水圏のうちどれと最も類似するかを決める
- ・ 各圏の化学組成がどのように維持されるかを示唆する

*注：プレートテクトニクスでの定義では、リソスフェア (剛性のプレートを形成する物質) は地殻 (厚さ 5km~80 km) とマントル最上部を含む。リソスフェアの厚さは300km までに達し、平均では厚さ100km である。ただし、ここでは、'lithosphere' という用語は、大気圏、水圏、生物圏に対応する、地球の岩石圏のことを意味するので、岩石圏と訳している。表の岩石圏の部分の数値は地殻のみの組成である。リソスフェアの組成は地殻の数値よりも不正確でなじみがないので使用していない。

指導の要領

題名：私たちの体は何でできているか？

副題：人間の体と地球の化学組成を比較する

概要：人体を構成する元素と地球を構成する元素を比較する

対象年齢：14－18 歳

活動時間：20 分、表 2 を使う場合はそれ以上

学習効果：

- 地球上の 4 つの圏は同じ元素からなり、それらが様々な様式と化学構造で結合し、混在していることを認識できる
- 各圏には継続的な元素の循環があり、各圏の存在に循環が必要不可欠であることを認識できる
- 化学反応によって元素が各圏間を移動することを理解できる
- 質量は失われたり新たにつくられたりすることはなく、保存されることを認識できる
- 人体を構成する主な元素を理解できる
- これらの元素が結合して様々な化合物となり、骨や血、組織などを形成することを認識できる
- 人体は、地球を構成する元素と同じ元素からできているが、その比率は異なることを理解できる

活動内容と関連事項：生徒への質問の答と注釈は以下の通り

- ジグソーパズルは 4 ページのようになる。（Si, Al, Ti と Mn が‘余分な’元素で、岩石圏には存在するが人体には存在しない）
- 人体の組成と地球の岩石圏の組成はどのくらい類似するかを話し合う。完成した表（3 ページ）によると、人体と岩石圏に重要な元素は共通するが、人体には岩石圏では稀な元素の割合が高く、その逆の場合もある
- 表 2 をもとに、人体の化学組成と周辺環境との相違点と類似点を決める。結果は表 1 の完成版でわかる。人体は岩石圏より多くの炭素を含むことに注目
- 人体は岩石圏、大気圏、水圏のうちどれと最も類似するかを決める。どれでもなく、3 つすべてが組み合わさっている

- 各圏の化学組成がどのように維持されるかを示唆する。体内に出入りする継続的な各元素の流れがある。そのため、ある圏から別々の圏へ、直接あるいは食物を通して各元素が循環するはずである。ある時点で、質量の保存に言及するとよい。例えば、元素の再利用はずっと続き、鼻先にある炭素原子は恐竜の大きな足の指にあったものかもしれない

人体が、物理界および生物界の残り物として、同じ‘もの’（元素とそれらの化合物）でできているという認識は十分でない。生徒によっては、人体が元素からできていることさえ認識しておらず、世界中の他のものとは異なる物質でできていると考えている可能性がある。

発展的な活動：表 2 を使って活動する

この活動に関する原理・原則：

- 地球の 4 つの圏、岩石圏、大気圏、水圏、生物圏は多くの共通する元素を含むが、これらの元素は異なる状態で結合し、混在する。本質的な違いは化学構造の違いによるものである
- 通常、化学反応によって化学構造が変化し、元素が各圏間を移動する
- 元素は圏内おとび各圏間を継続して循環する
- この元素の循環は各圏、特に、大気圏や水圏だけでなく、生物圏にとって必要不可欠である
- （生物圏の一部である）人体は元素の比率は異なるが、他の三圏と同じ元素からなる
- 化合物の特性は化合物に含まれる元素の特性とは異なる。例えば、ナトリウムは反応性が高いが、これによりその化合物も反応性が高いということにはならない
- 質量は常に保存され、失われたり新たにつくられたりしない

思考力の発達：

ジグソーパズルを組み立て、岩石圏の元素と比較することで、生徒はパターンを認識する。議論によって客観的な把握へと繋がる一方で、人体が地球の残りの圏と同じ元素でできていると理解するときに認知の矛盾が生じる

準備するもの：

- 地球の4つの圏（岩石圏、大気圏、水圏、生物圏）を示した図
- 人体の元素組成のジグソーパズルを印刷してピースごとに切り取ったもの
- 表1のコピー
- （任意で）表2のコピー

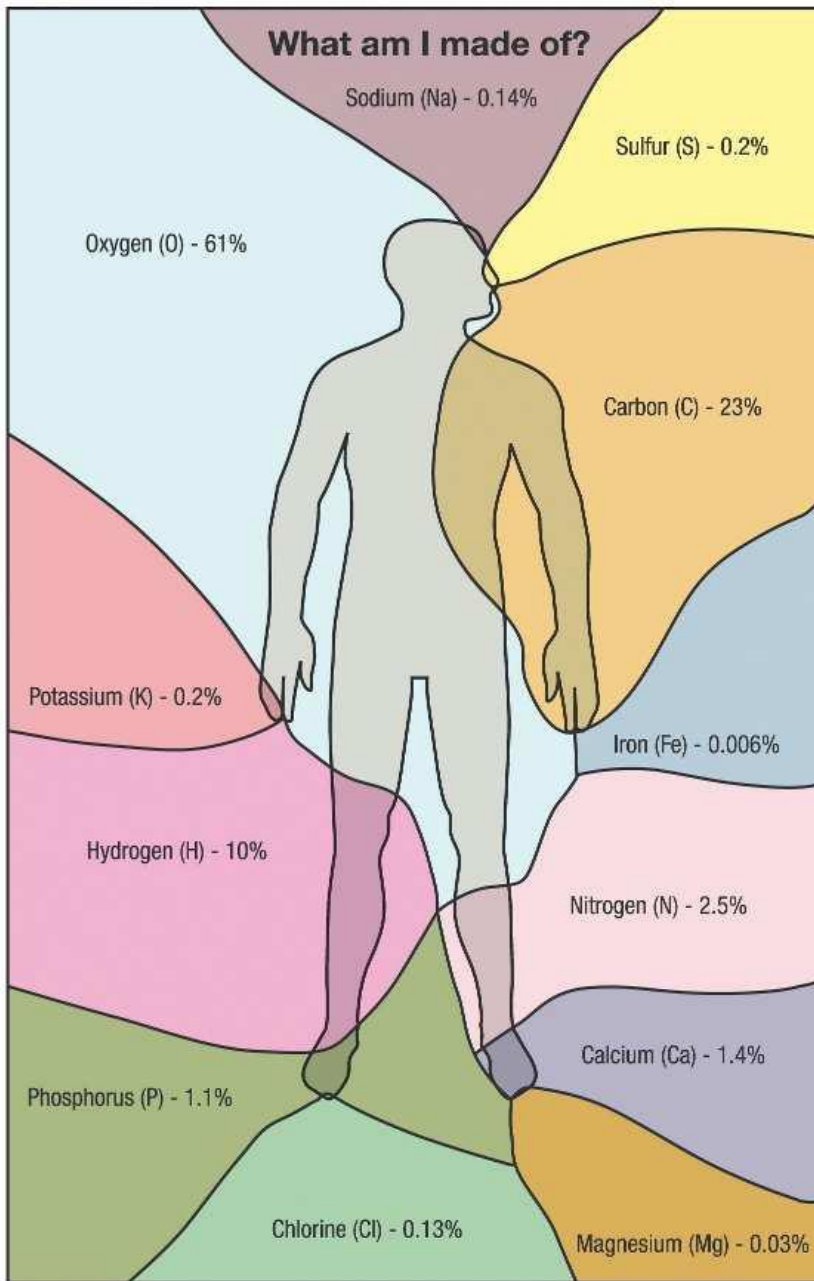
原典：Earth Science Education Unit の‘Chemistry of me at 16’（Teaching KS4 Chemistry）という活動を Elizabeth Devon が改訂
<http://www.earthscienceeducation.com>

表 1

元素	岩石圏での百分率	人体での百分率	人体での割合は岩石圏と比べて‘多い’か‘少ない’か‘同じ’か
酸素	46.6		
珪素	27.7		
アルミニウム	8.1		
鉄	5.0		
カルシウム	3.6		
ナトリウム	2.8		
カリウム	2.6		
マグネシウム	2.1		
チタン	0.6		
水素	0.1		
リン	0.1		
マンガン	0.1		
硫黄	0.1 以下		
炭素	0.1 以下		
塩素	0.1 以下		
窒素	0.1 以下		

表 1
完成版

元素	岩石圏での百分率	人体での百分率	人体での割合は岩石圏と比べて‘多い’か‘少ない’か‘同じ’か
酸素	46.6	61	多い
珪素	27.7	なし	少ない
アルミニウム	8.1	なし	少ない
鉄	5.0	0.006	少ない
カルシウム	3.6	1.4	少ない
ナトリウム	2.8	0.14	少ない
カリウム	2.6	0.2	少ない
マグネシウム	2.1	0.03	少ない
チタン	0.6	なし	少ない
水素	0.1	10	多い
リン	0.1	1.1	多い
マンガン	0.1	なし	少ない
硫黄	0.1 以下	0.2	多い
炭素	0.1 以下	23	多い
塩素	0.1 以下	0.13	多い
窒素	0.1 以下	2.5	多い



ジグソーパズルと表は
Keele 大学の Earth Science
Education Unit から承諾を
得て再現

このジグソーパズルを正しく完成させると、人体を構成する主要な元素の相対的な割合がわかる - 私たちはほぼ片脚分に相当する水素を含み、硫黄は鼻ほどの割合しかない。

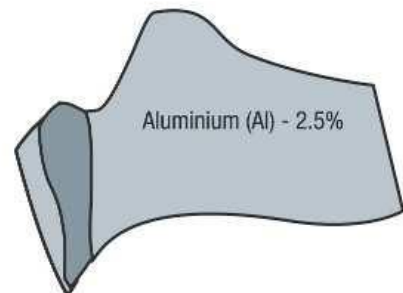
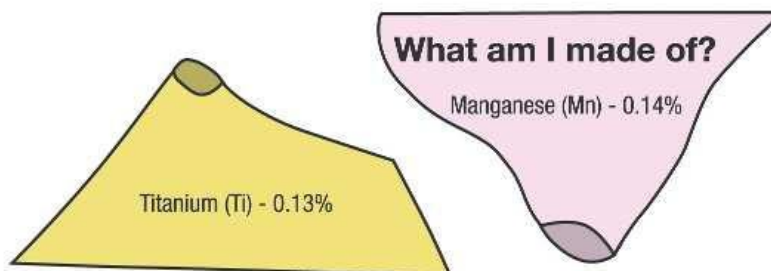
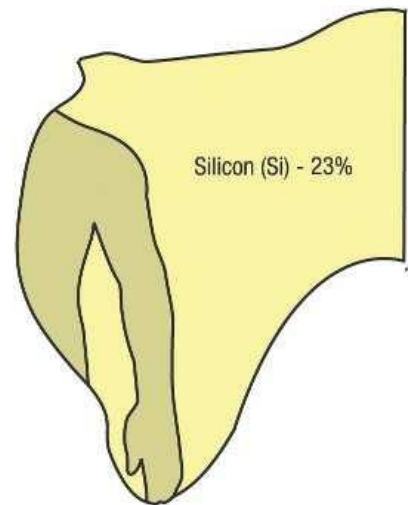


表 2

元素	大気圏での 平均 %	岩石圏での 平均 %	水圏での 平均 %	人体での 平均 %
酸素	21	46.6	86	61
炭素	0.008	0.1 以下	微量*	23
水素	異なる*	0.1	10.8	10
窒素	78.03	0.1 以下	微量#	2.5
カルシウム	0	3.6	0.04	1.4
リン	0	0.1	微量+	1.1
カリウム	0	2.6	0.04	0.2
硫黄	0#	0.1 以下	0.08	0.2
ナトリウム	0	2.8	1.07	0.14
塩素	0	0.1 以下	1.92	0.13
マグネシウム	0	2.1	0.13	0.03
鉄	0	5.0	0	0.006
アルミニウム	0	8.1	0	0
珪素	0	27.7	0	0
チタン	0	0.6	0	0
マンガン	0	0.1	0	0
	* 空気が乾燥しているか湿っているかによる		* 炭酸イオンとして	
	# 化石燃料の燃焼により二酸化硫黄が発生しない限り		# 硝酸イオンとして +リン酸イオンとして	

©Earthlearningidea team. The Earthlearningidea team は、学校教育程度の地理や科学を通じて地学を教える教員指導者や教員のために、最小限の資金と手段で、毎週、教材開発をしようと努めるとともに、国際的な支援ネットワークを発展させるために各教材についてオンラインでの議論も行っています。'Earthlearningidea' はほとんど資金提供を受けていませんが、自発的な努力によって大きな成果を上げています。

この活動に含まれる著作物の著作権は、教室や実験室での授業に使用する場合に限り、放棄されており、一緒に掲載されている他の発行者からの著作物についても同様です。この著作物の利用を希望する場合は、いかなる組織の方も、the Earthlearningidea team に連絡をお願いします。

この活動に含まれる著作物の著作権者には許可を得よう努めていますが、万が一、著作権を侵害している可能性がある場合は改訂などを行いますので、我々に連絡をおねがいします。どのような情報でも構いませんので、お気づきの点がありましたら情報をお寄せください。

また、これらの文書に関して不明な点などございましたら、the Earthlearningidea team にご連絡ください。

The Earthlearningidea team の連絡先：info@earthlearningidea.com