

## 国際地学オリンピック；目標と目的とシラバス

委員会メンバー

**Nir Orion (Israel –Chair)**

**Afla Aktar (Bangladesh)**

**Xavier Juan (Spain)**

**Alan Munro (New Zealand)**

**Shankar (India)**

**Donghee Shin (Korea)**

### A. まえがき： 目標と目的

地球科学の学問分野は前世紀の 1970 年代中期以来意義ある変化を経てきた。この変化は地球科学のそれぞれの領域（地質、水文、大気）が独立した専門分野とみなされる還元主義的なアプローチから地球システムの中で連結していることを強調した全体論的アプローチへシフトしたことをそれ自身で証明している。1980 年代これらの領域は、ひとつの領域、地球科学に統合した。1990 年代に、地球科学のあたらしい専門分野が環境地質あるいは地球システム学として発達してきた。

この広い専門分野は地球科学の専門分野に含まれる様々な環境的側面を持っている：

- ・ 二酸化炭素バランスにおける火山岩の化学的侵食の影響のような自然システム（人間に関わる部分は除外）と結果として気候における変化の相互の影響
- ・ 大気汚染、海洋および淡水資源における海水汚染の原因となる大気成分の変化のような自然における人間介入の影響。自然資源の過利用、海岸プロセスへの介入、荒地の除去とその環境への影響、洪水の増加
- ・ 洪水、嵐、地震、火山噴火、泥すべり、なだれのような災害的自然現象の予知能力
- ・ 化石燃料、有機物質、そして太陽エネルギー、風エネルギー、核エネルギーや化学エネルギーのようなどれかを選ぶエネルギー資源から、エネルギーを生み出す自然科学的環境を利用すること
- ・ 水資源を利用し、その汚染を防ぐ自然資源の持続的開発
- ・ 地球規模の気候変動

近年、地球科学の環境概念は地球システムアプローチの下でしばしば見出される。このアプローチでは、強く結合しそして地圏、水圏、気圏、生物圏を含む地球の自然システムの不可欠な部分が人類であるところを、惑星地球と呼んでいる。地球のすべての構成成分の知識と包括的観察の深い結合に基づいたこの全体論的アプローチは、我々の惑星が向かい合わなければならない環境問題の解答に導くことができる。

1990 年代、西欧社会では科学教授における理論的枠組み変化があった。この変化は科学教

授が未来の科学者のための訓練手段とみなす理論的枠組みから、教育を受けた未来の市民のための手段として科学教授とする理論的枠組みへのシフトに見ることができる。

21 世紀の市民が扱うべき実存の挑戦のひとつは、環境と平和的に共存する能力である。地球科学と環境の教授は授業の環境教養の中央的役割を有する。地球科学は生徒、未来の市民に、水の節約、地球資源の適切な利用、エネルギー資源の効果的利用を蓄えるエネルギーに関する結論を引き出す能力と知識を授ける。

環境やそのプロセスをよりよく理解する生徒は、発生する変質や変化を判断し評価することができるであろう。そして結果として、よりよい方法で振舞うであろう。

シラバスにおいて、エネルギー資源のような問題を結合すること、原材料や自然資源を生産すること、地震、火山噴火、水資源、気候変動の予知しうまく処理することは、社会—環境の文脈中の科学の教授に対して、プロの社会や大衆からの要請であることは疑いのないことである。

地球システムアプローチの実行は、地球科学の教授の慣習的強調が変化しなければならないことを意味する。それは環境的配慮をかなえることではなく、環境的洞察の発達に向かって動くべきである。環境的洞察の発達は2つの鍵となる原理の教授を伴っている：

I 物質とエネルギーの結果として共存するいくつかのサブシステム（地圏、水圏、気圏、生物圏）からなる循環世界に、我々は生きている。

II 人間は自然システムの不可欠な部分であり、循環型自然法則にしたがって、行動すべきである。

## 作業目的

環境的洞察の獲得の目標を成し遂げるために、新しいプログラムは以下の目的を掲げる：

1. 地球の物理的システムの構成物、構造やそれらの中で作用するプロセスに関する基本的知識を獲得すること。
2. 生物圏を含めた地球のシステムやその間のエネルギーや物質の移動の相互の関係を認識し理解すること。
3. 地球システムの部分として人間システムの位置を理解すること。
4. 観察、結論、仮説間で差異を識別する観察力と能力をつくりだす基本的科学の研究技術を獲得すること。
5. 地球科学にユニークな考える側面を発達させること：地質学的時間次元(Deep Time)で考えること、空間的思考、立体的思考。
6. 環境的洞察：循環思考とシステム思考を発達させるために必要な技術を発達させること。
7. 化学的、物理学的、生物学的原理を説明する道具として地球科学を利用すること。

8. 地球のユニークさを理解する間に自然景観とのつながりを育成すること。
9. 自然災害の原因と地球における人間活動とそれらとの相互作用を理解すること。

これらの目標を成し遂げるために、地学オリンピックに向けて生徒の準備は次のような原理に基づくべきである。

### **IESO をめざす生徒のための原理の内容**

- ・ 地球における地球－生化学循環にリンクしたシステム文脈中の地球科学的内容を扱うことが強調されるであろう。例えば、「地球地殻における岩石サイクル」「水圏サイクル」「炭素サイクル」
- ・ 地球システムアプローチに関するユニークな思考技術の扱いは、別々ではなくその内容で集約されるだろう、

### **IESO を目指す生徒の教育学的原理**

- ・ 活動的学習 生徒は探求に基づいた学習として知られるプロセスで知識やその理解を構築するであろう。したがって、学校実験室や野外は学習プロセスの中心的要素であろう。
- ・ 学習プロセスは具体的概念から抽象的な概念に発達するだろう。
- ・ 野外学習環境はカリキュラムの必須要素であろう。
- ・ それは地球と地球科学が相対的有利さもつ以下の思考技術を開発させることを扱うであろう。
  - 観察すること、そして観察、仮説、結論間の識別することができること
  - 立体的思考技術
  - Deep Time 次元の開発
  - 時間と空間次元の同時思考
  - 循環思考の開発
  - システム思考の開発

### **生徒が IESO に向けて獲得すべき技術と能力**

観察と結論間の識別することができながら、地域で生じた地質プロセスの順序を野外で構築することができること

1. 岩石サイクルのプロセスの順序で地圏現象を位置づけることができること
2. 地球システムの物質サイクルの文脈で、循環的な思考ができること
3. 特定のシステム（地球システムのひとつ）の要素を認識ができ、そしてそれぞれの要素のサイズ、割合、複雑さを特徴付けることができること

4. 特定のシステム（地球システムのひとつ）の間の相互作用とシステムの要素間の混ざり合わされた相互作用の発達を理解するために、システムチックに思考できること
5. 物質とエネルギーの移り変わりのダイナミックなプロセスとして、特定システム（地球システムのひとつ）の要素間の相互作用を理解できること
6. 物質の全体量が保存され、同じ割合で物質の移り変わりが発生しない、循環一環状のシステムとして特定システム（地球システムのひとつ）を認定することができること
7. 例えば人間的時間、歴史的あるいは地質学的時間のような異なる時間のタイプの間で差異を識別しながら、時間次元のダイナミックなプロセスを認定することができること
8. 環境問題を認定し、そして地球システムの間そしてその内部で相反する関係の原理の理解に基づいた解法を示唆することができること
9. 科学的に思考し、観察と実験、結論と仮説の区別をすることができること 仮説をつくり、結論を導き、解答を示唆する能力
10. 記載されたそしてコンピュータ化したソースからデータを集め、適当なソフトからそれを処理し、グラフ、表、図や概念マップによってそれを表現することができること
11. 研究報告、科学ポスター、コンピューター・プレゼンのような手段を用いて記述そして口頭で知識を表現したり、発表することができること
12. 地震、火山活動、台風・ハリケーン、津波、地すべり、洪水のような自然災害を予知し防ぐことができること

## B. 国際地学オリンピックのシラバス

### 1. 地圏と地球システム

#### A 鍵となるアイデア

1. 地球システムの中そして間の物質の移動は、たくわえ(ひとつの形態からもうひとつへ)の間の移動でやっていかなければならない。例えば、循環的シーケンス - 岩石化、隆起、侵食、変質(\*運搬の誤り?)、堆積、埋没などは、物質の全体量が一定であるところの連続的な岩石サイクルを生み出す。しかしながら、その形態はひとつのたくわえからもうひとつのたくわえに移るときに変化する。
2. 地球物質は、ひとつからもうひとつに変化する際に異なるたくわえの間で循環的に移っていく。物質は異なる地球システムの中そして間を移り変わる;岩石システム(岩石と大地) - 岩石圏; 大気システム - 気圏; 水システム - 水圏; そして生物システム - 生物圏
3. 岩石サイクルを活性化するエネルギー資源は地球地殻内に蓄えられた内部エネルギー(放射性崩壊)と太陽エネルギーの外部エネルギーである。

4. 異なる地球システム間に相互関係がある。例えば、岩石の侵食や土壌の形成は、主に植物、キノコ、ぜん虫、微生物のような生物圏システムの要素によって影響を受ける。
5. 一部の残留の岩石の形成は、生物圏のプロセスと強く結合している。結果として、一連の層状岩石は時の経過とともに地球の変化と同時に生物圏で発生した進化のプロセス（大量絶滅を含む）の証拠を保持する。
6. その源が内部エネルギーである地球地殻の変化は明瞭・急速で、そして短い予告で（地震や火山噴火）、しかし緩慢（山脈の上昇）である。地圏の変化は地球システムの連鎖反応を生み出し、それは生物圏の進化に影響を与える。
7. プレーートの運動は地球の物質とエネルギーの移動を表している。
8. おもにプレート境界で発生する地震や火山噴火は、地球の物質とエネルギーの移動のメカニズムの一部である。これら地圏の現象は人類や生物圏システムの残りの部分に多大な影響を与える。

## B 技術と能力

1. 次のような火成岩、変成岩（花崗岩、流紋岩、玄武岩、安山岩、斑レイ岩、片岩、片麻岩、大理石、珪岩）を同定することができる能力
2. 次のような火成岩、変成岩の造岩鉱物（石英、正長石、斜長石、黒雲母、白雲母、石榴石）を同定することができる能力
3. 斑岩、ペグマタイト、凝灰岩、スコリア、黒曜石、線構造、面構造のような岩石組織を同定することができる能力
4. 火山、溶岩流、岩脈、岩床のような火成岩体を野外で同定することができる能力
5. プレートテクトニクスの文脈で、地域的な火成そしてあるいは変成現象のグローバルな意味合いを理解することができる能力
6. 次のような堆積岩（石灰岩、チョーク、チャート、粘土、泥灰岩、苦灰岩、砂岩、リン灰土、石膏、岩塩）を同定することができる能力
7. 次のような鉱物（方解石、粘土、岩塩、石膏、黄鉄鉱）を定義することができる能力
8. 土壌の主要成分を同定することができる能力
9. 層状構造、級化構造、斜交層理、リップルマーク、不連続面のような野外での構造を同定することができる能力
10. 野外での褶曲や断層構造を同定し、岩石に影響を与える応力場(圧縮、展張の方向)を解析する能力
11. 化石や様々な化石化作用の形態を同定する能力
12. 太平洋、大西洋、インド洋の模式的な断面図を作成すること
13. プレートテクトニクスの用語を用いて岩石サイクルを説明すること
14. 地球の模式的な断面図を作成すること(地表から核まで)

## 2. 水圏と地球システム

### A おもなアイデア

1. 地圏と水圏システムの間には直接的なリンクがある。水成分や有用性は、岩石成分と地質構造の生産物であり、多数の地質プロセスは水圏媒体を通して伝わる。
2. 土壌成分と一掃する水の速さは、植生やそのすべての量的、質的による洪水流から始まって、人類を含むすべての生命体への水の有用性にいたる生物圏の様々な要因に影響を与える。
3. 大氣的現象とプロセスは水の分配と降水量に影響を与えてきた。
4. 人類の消費に有用な水の量は、限界がある。制御不可能な作用が、水資源に対して元に戻れないダメージ（生物圏の時間尺度とこの変化に対する生物的世界の適応のペースに関連して）と、人間の一生の間にある一定の地域で利用できる水の量における急速な減少の原因となる。
5. 海水の成分とその地形的構造は地圏システムと相互依存関係の直接的生産物である。
6. 地球の起源の水圏は広域的に淡水であったと仮定することは受け入れられている。海水の成分の進化は、普遍的な溶けるものとしての水質と溶解性のある鉱物の質の結果である。
7. 津波やハリケーンのような海洋起源のカタストロフィック・イベントは、地球システム間の相互作用の結果である。

### B 技術と能力

1. 地球システムで織り合さったものとして水圏を同定し特徴付ける能力
2. 環境問題を同定し、水圏システムの理解をもとに解法を示唆する能力
3. 海洋、岩石圏、水圏、気圏、生物圏間の相互結合を理解すること
4. 人間と海洋の相互結合を理解すること
5. 全地球システムの文脈の中で海洋システムに関して、系統的思考の能力

## 3. 気圏と地球システム

### A おもなアイデア

1. 太陽からの放射は地球システムを温暖に保つ原因となるが、岩石（地圏）、水（水圏）、空気（気圏）の熱の吸収・放射の割合はそれぞれで変化する。この現象は、複雑なプロセスの最後に、局地的そして地球規模の大気（風）と海洋の流動システムを生み出す。
2. 地球の原始的な大気の成分は、おもに火山によって放たれたガスの結果である。大気の進化は地球の生命の進化と織り合わせられている。
3. 数億年間、大気は、水圏（海洋）、生物圏（光合成と呼吸）、地圏（ガス、火山塵、侵食）と大気との間の相互関係の結果として、多かれ少なかれ似た成分を保っている。

4. 短期間、人間活動は大気の最小不均衡の原因となり、長期間、海洋は大気成分の一部を調整する巨大なシンクとなるであろう。生物圏は短期間に影響を受けるので、微細で一時的な変化は一部の生物圏の最終的变化の原因となりうる。

#### B 技術と能力

1. 地球化学的システムの構成要素間で識別し、相互の関係を同定し、それらの相互作用のネットワークを構築する能力
2. 物質とエネルギーのダイナミックなプロセスとして、一部のシステム間の相互作用を同定する能力
3. 環境問題を同定し、原理と地球化学的システムを理解することをもとに解法を示唆する能力

### 4. 惑星システムと地球システム

#### A おもなアイデア

1. 地球システムは一般的な惑星システムー太陽系のサブシステムであり、そして太陽系と惑星地球間の物質とエネルギーの推移のプロセスを理解すること無しに地球システムの全体像を得ることは困難である。
2. 地球は太陽系にある地圏と気圏システムの間には存在する相互関係の 1 例であるが、ほかの惑星にはそのほかの例がある。
3. ここから見るることができるものは、そこから見ることはできないし、逆も成り立つ。地球システムの研究は、一般に惑星システムのよりよい理解を生み出し、一方ほかの惑星システムの研究は地球システムのよりよい理解を助ける。
4. 惑星のエネルギー・バランスは外部エネルギーー太陽放射、太陽重力と近接した惑星体の影響、そして内部エネルギーー核活動、放射性元素、内部プロセスの結果として、を含む。

#### B 技術と能力

1. 物質とエネルギーの一般量が保存されるシステムとして、惑星システムを同定し特徴づける能力
2. 惑星のデータを比較し、構造と成分について結論を引き出す能力
3. 地球と太陽系システムの残りの構成要素との間の相互関係を同定する能力