

# 不安定化する世界における地球温暖化問題を中心とした 基礎地球学教育について

## 概要

武蔵野大学基礎セルフディベロップメント共通科目を構成する科目の一部として、地球学（自然と人間を学ぶ）の講義を実行した。講義は受講者における以下の学習を目標とした。人間の振る舞いが地球温暖化問題を引き起こしている事、炭酸ガスが地球温暖化を引き起こすメカニズムについて理解する事、地球温暖化とは大気中炭酸ガスの増加がその原因と確信されるようになり、また炭酸ガスの増加傾向は、その影響の重要性が見いだされて以来数十年の国際的努力にもかかわらず止まっていない事、炭酸ガス濃度は危険な水準に達しつつあり、リスクの巨大さを考えると最悪の事態を迎えることになる可能性について考えるべき事、そして、このような必ずしもポジティブとは云えない未来について正しい理解を得るということはどういうことであるかを知る事、等である。また人為活動が地球全体に影響を及ぼすという近代社会にとって前例のないような問題を講義するにあたって、講義内容が評価の定まった科学的知見を説明するに止まらないという意味で、動的と呼ぶような構成にする必要があること、受講者が未来についての理解を得るために実施すべき工夫などについて述べた。この講義においては、受講生が必ずしも科学技術に対する素養を持っているとは限らないことを前提条件としている。

## 1.炭酸ガスの増加と地球温暖化

1967年、地球大気鉛直方向の温度分布を数値モデルにより計算する中で、真鍋・Wetheraldは、大気中の炭酸ガスが増加した場合に温度分布が変化して我々の生活する対流圏の温度が高温側にシフトすることを示した\*1。これに引き続く多くの研究と、大気中の炭酸ガスの長期的な増加の観測結果から、地球温暖化が研究者の間で危惧されるようになった。研究者の危惧は政策決定者に伝えられ、その危惧が共有されることとなったのである。

1992年6月にリオ・デ・ジャネイロで開催された環境と開発に関する国際連合会議（いわゆる地球サミット）で採択された、気候変動枠組条約（Framework Convention on Climate Change, FCCC）において、国際的に大きな関心と呼び、その後、気候変動枠組条約締約国会議（Conference of the Parties, COP）が1995年以降毎年開催されるようになった。中でも1997年に京都で開催された第3回締約国会議（COP3）で温室効果ガスの削減目標を定める「京都議定書」を採択されたことは、地球温暖化防止にむけて、温室効果ガスなかでも炭酸ガスの排出拡大の大きな歯止めとなることが期待されたのである。

### 1.1.国際的な政策合意の破綻

しかしながら、削減目標が立てられて、この目標に向かって全世界的な努力が続けられたにも係らず、炭酸ガスの排出量の削減は成らず、大気中の炭酸ガス濃度の増加は続いて、2012年の春にその濃度は400ppmを超え、かつその増加傾向が止まる様相も見えない（図1）。す

なわち、2010年に開催されたCOP16では、カンクン合意が採択され、産業革命以前と比べ世界平均気温の上昇を2度以内にとどめるために温室効果ガス排出量を大幅に削減する必要があることを認識すること、が合意されたが、既に2007年にIPCC第3作業部会第9回会合で承認された報告書にもあるように、世界平均気温の工業化以降からの上昇を2.0-2.4\_とするためには、大気中炭酸ガス濃度を350-400ppmに安定化しなければならず、炭酸ガスの排出がピークを迎える年を2000-2015年としてこれ以降は排出量を減少させ続け得る\*2、という期待されていたシナリオは破綻してしまっているのである。同時にこの報告書では、現在の気候変動緩和政策および関連する持続可能な開発の実践では、世界の温室効果ガス排出量は今後数十年間増加しつづける」と述べて、現実にはさらに大きな影響が予測されるシナリオに沿って進んでいることが推定される。われわれは国際間の協調と各国の良識と熱意を信じるものであるが、地球サミット以来の20年間を顧みれば、大気中の炭酸ガスの濃度は着実に増加して、過去には地球環境影響を可能なかぎり減らすために実現すべきと考えられ提案されてきたシナリオが次々に破綻していったことが分る。

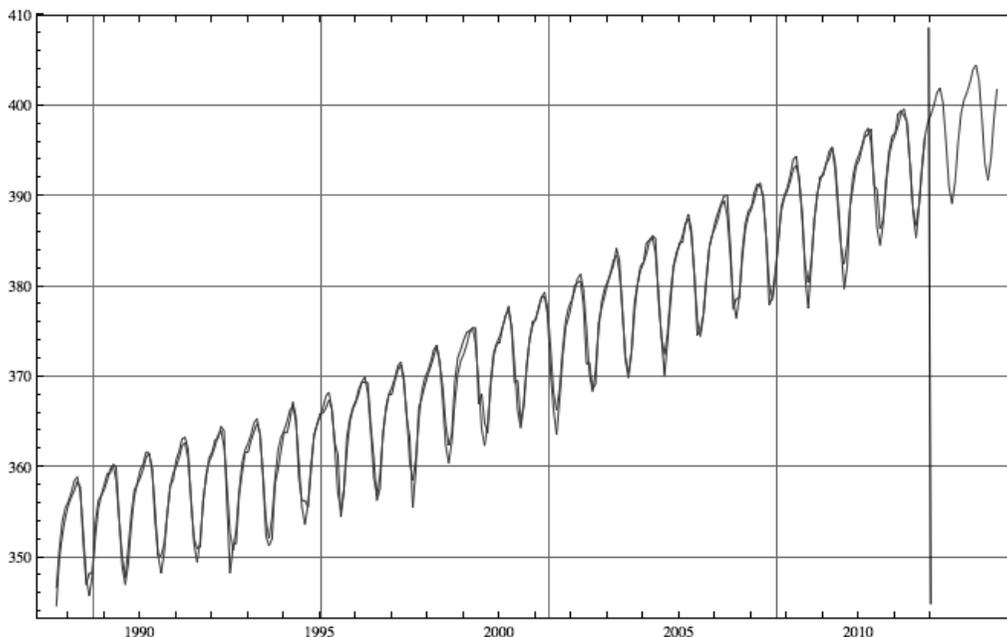


図1. 綾里で観測された炭酸ガス濃度の変化とその予測

気象庁が岩手県綾里で観測している炭酸ガス濃度の変化と、変化傾向を筆者が統計的に解析して得た近似式により表した結果である。解析によれば2012年の時点で炭酸ガスは毎年3.5ppm増加している。図中の2012年に引いた縦線以後の変化は近似式による予測値である。炭酸ガス濃度Cxの予測式は、以下の通り

$$Cx = 353.05 + 0.0842x + 0.0002635x^2 + 2.3120 \times 10^{-7}x^3 - 1.430 \times 10^{-9}x^4 - 5.974 \sin[0.5236(-9.362 + x)] + 2.316 \sin[1.0472(-1.25 + x)] - 0.2416 \sin[1.5708(1.2136 + x)]$$

(時間xは1987.1を0とし1月を1とする)

## 1.2.避けられない地球温暖化

気候変動に関する政府間パネル（IPCC）第 4 次評価報告書に対する第 3 作業部会の報告は以下のように述べる\*3。

- 世界の二酸化炭素、メタン及び一酸化二窒素の大気中濃度は、1750 年以降の人間活動の結果、大きく増加してきており、氷床コアから決定された、工業化以前何千年にもわたる期間の値をはるかに超えている
- 気候システムの温暖化には疑う余地がない。このことは、大気や海洋の世界平均温度の上昇、雪氷の広範囲にわたる融解、世界平均海面水位の上昇が観測されていることから今や明白である
- 気候に関する諸過程やフィードバックに関連した時間スケールのため、たとえ温室効果ガス濃度が安定化したとしても、数世紀にわたって人為起源の気温上昇や海面水位上昇が続く
- 温室効果ガスの排出が現在以上の割合で増加し続けた場合、21 世紀にはさらなる温暖化がもたらされ、世界の気候システムに多くの変化が引き起こされるであろう。その規模は 20 世紀に観測されたものより大きくなる可能性が非常に高い

すなわち、地球温暖化は避けられず、世界の科学者が予測する地球温暖化による影響被害が顕在化するということである。僅か十数年前には炭酸ガスの排出削減により地球温暖化を避け得るという希望が残っていたものの、今やその目論みは単なる願望となってしまった。例えば、2012 年 6 月の NOAA レポートは、2012 年 6 月の北半球の陸地の地表気温は、これまでの記録の中で最高温となり、平均気温を実に 1.07℃ 上回ったことを述べた\*4。また、NASA は 2012 年 7 月にグリーンランドの氷床の表面が全面的に融解するという出来事があったことを報告した。その後表面の融解は 150 年に一度程度は起きていたことが明らかにされたが\*5、異常な事態であることに変わりはない。

## 2.近代社会が初めて遭遇する問題

このように地球温暖化は近代社会に大きな影響を与える出来事であると予測されるのであるが、同時に地球温暖化問題は以下に述べるように、近代社会が初めて遭遇するタイプの問題であることに注意する必要がある。そこには、従来の考え方では捉えきれない問題の特徴があり、その特徴がこの問題を一層捉え難く、かつ深刻なものとしている。

### 2.1.定常という考え方の消滅

我々は、地球温暖化を自分のライフサイクルとは無関係なものと考えがちである。それは自然科学者にも言える。考古学者や地質学者は現代の気候と遥かかけ離れた気候や環境について論ずるが、それを現代に住む人類のライフサイクルと関連づけることはないであろう。気象学者や関連する自然科学者においても、地球温暖化を自らの生活と関連づけて考えることは少なかった筈である。なぜならば、自然科学はある一定期間に時間を区切り、その期間内の平均値とそれからの偏差として世界を捉える場合が多いからである。例えば、異常気象とは、地球温暖化が顕在化する以前も現在も、「過去 30 年の気候に対して著しい偏りを示し

た天候」と定義されている。つまり、30年間程度は毎年同じ様な気候が繰り返されるという前提を述べているのである（当然ながら、異常気象とは気象を観察する時の時間スケールにより出現する割合が変化する。例えば、過去30年の気候に対して著しい偏りであっても、過去300年の時間スケールをとればもはや著しい偏りと言えない場合も出現するであろう）。

しかし、ここで大気に放出される炭酸ガスが化石燃料の燃焼の結果であることを鑑みて、1760年代に始まる産業革命を近代の始まりとすれば、近代は始まって250年を経過したこととなる。一方、地球温暖化が数世紀にわたって継続するというIPCC報告を考慮すれば、もはや近代を通じて地球温暖化は異常な事態である。少なくとも今後の世界において、一人の人間の生存期間程度においては温暖化が進行することになる。つまり今後、ある人間が生涯に観察し経験する気候には既に平均値が成り立たないことが予想される。これは、30年を観察期間として異常を判断する、すなわち平穏で繰り返される毎年が30年程度は続くという考え方と明らかに矛盾するのである。

## 2.2.非定常を理解することの困難

自然科学者は観察をその研究手段の一つとして捉えている故に、観察あるいは観測結果を平均値とそれからの偏差とに分けて考えることが多い。それは平均値を観測値から差し引くことによって、より現象をクローズアップすることができ、その結果現象をより深く理解できると考えるからである。この方法の背後には自然が基本的には定常的なものであるとする暗黙的な了解がある。平均値を取るとするのはそのデータの母集団がある一定の確率分布をしていると期待して、その本質を探ろうとするからである。偏差について考えるというのは、観測対象にある平均値が存在していて、その偏差の出現の頻度や理由を考えることから母集団の性質をつかみ取ろうとするからである。物理学や化学、地学、天文学などの自然科学に対して、あるいはこれらの成果を応用した工学等に対して、われわれはその背後に変化しない一定の世界があると考えてきた。その理由の一つに自然科学が人為的なものではない「自然というもの」があるものとしてそれを対象としてきたという事実がある。

人為的なもの、例えば個人のライフサイクル、集団の行動、国家のふるまい等は、自然と比較して永続するものではないので、逆に永続するものとして自然を取り上げてきたのだとも言えよう。ここでも、自然が常に一定なものであるとの暗黙の了解がある。こうして自然科学は長く自然を一定のものとして看做してきたのである。

このような歴史的とも言える自然科学の捉え方からみると、近代という自然科学を根底とした時代にあつて、地球環境が連続的に100年単位のスケールで温暖化するというのは、極めて異常な体験であり、そこにこの非定常的な変化に対する理解の困難さがある。困難さの第一が、平均に対する偏差ではなく、既に時間変化する現象を対象とすることそのものにある。すなわち一次微分により変化傾向を捉えて現象を理解するのではなく、既に変化している現象の微分である二次微分までを考えに入れなければならない、つまりよりノイズの大きい、精度の低い理解しか得られなくなるからである。この例は気象予測モデルに見いだすことができる。大気現象は複雑な物理過程であるから、最適と考えられる初期値を選ぶとしてもその計算結果にはばらつきが現れる。そこで初期値のセットをいくつか用意して、あるい

は別の数値予測モデルを用意して、結果のセットの平均値を予測値とするアンサンブル平均が用いられることがある。この方法はより精度の高い未来を予測すると考えられているのであるが、そこには既に世界がある平均値のまわりにはばらついているという暗黙的な了解が働いているのである。ここで考えている時間スケールの中で世界が連続的に変化しているとすれば、そこに平均値が存在するという考え方が成り立たない。つまりアンサンブル平均による予測が正しいものであるかどうかの確信、すなわちエルゴード性があるかどうか不明なのである。

このような状況のなかでは、われわれは遠い先の未来を予測することが困難になる。結果としてよりよい初期値を使ってより短い時間の未来しか確信をもって予測できないのである。すなわち、現在の最も信頼のおける値を初期値とする、つまり初期値を常に変化させていかなければならない。

### 3. 動的な教育

この状況を若い世代の立場から考えてみると、問題は深刻である。言うまでもなく、彼らの学生時代から始まって、地球社会を支えるべく活躍する年代、そして老年期を迎える年代にわたって、大気中の炭酸ガス濃度が増大し続ける可能性は高く、その結果として彼らは地球温暖化による深刻な環境変化に直面するからである。では、このような予期される未来を持った若い世代に、施すべき地球環境学とはどのようなものであるべきだろうか。本論文はそれを探り提案するものである。また、大気中炭酸ガスの継続的な増加が示す通り、地球温暖化問題が予測される影響の深刻さも年々深まることが予想される。すなわち、その講義内容は固定されるものでもなく、影響の大きさを考えると固定されるべきものでもない、頻繁に見直されるべき故に、ほぼ完成され内容の検討も十分になされた従来の教育内容と対比され得る、動的な教育と云える。

#### 3.1. 温暖化リスクの高まり

IPCC第四次報告書の一部を再掲すると「温室効果ガスの排出が現在以上の割合で増加し続けた場合、21世紀にはさらなる温暖化がもたらされ、世界の気候システムに多くの変化が引き起こされるであろう。その規模は20世紀に観測されたものより大きくなる可能性が非常に高い」と述べられている。ここでいう「可能性が非常に高い」とは発生する可能性が90%を超える確率であると専門家が判断したものである。確率について付け加えておけば、未来に生起する事象について現在から未来への時間的な道筋は未来から振り返るならばただ一つであるが、現在から未来を見通す場合そこには無限の可能性が存在する。90%を超える確率というのは現在からある未来に至る経験を100回行うことができたなら、そのうち90%を超える回にその事象が生起することを意味している。

リスクが高まっていることについて国家レベルで警鐘を鳴らす例もある。オーストラリアの気候変動エネルギー効率化省（Department of Climate Change and Energy Efficiency）傘下の気候委員会（Climate Commission）は2012年の報告書The Critical Decade: Climate science, risks and responsesにおいて、招来の重大な影響を回避するにはもう10年程しか残されていない

い、と述べている\*6。

この時、事象が起こらない可能性もあるので、何らの対応をとらないこともできるが、この問題を人類全体が迎えることになる以上、起きた場合の影響の大きさを考えれば、これに対応しておくことが必要である。さらに人間の行動に心理的な要因の与える影響の無視できないことを考えると、むしろ最悪の事態を想定して心構えをしておくべきではないだろうか。この点で、上記の「温室効果ガスの排出が現在以上の割合で増加し続けた場合」という条件は、最悪の事態を想定する上では、「増加し続ける」と読むべきであるし、1992年の地球サミット以降、各国のあらゆる政策的な努力にも係わらず炭酸ガスが「増加し続けている」ことを考えると、地球温暖化が起こらない可能性があるからと言って、対処の必要はないのだ、と考えるべきではないだろう。

### 3.2.温暖化リスクに対する対処

地球温暖化を身を以て体験する可能性の高い若い世代にはどのような方針で温暖化問題を教授するべきであろうか。当然ながら最初に必要なのが正しい知識であろう。たとえば「地球には生物の生存に適した定常的な環境が維持されて来た」という事実は、たとえ人間活動による地球温暖化問題は惹起しないとしても、科学的な意義を持つ。これは、「地球に太陽からの可視光がエネルギーとして与えられ、地球は、このエネルギーを赤外線として深宇宙へと放出することによって熱的なバランス状態にある。生物はこのエネルギーの流れを利用して生存している」と表すことができるであろう。このとき温室効果ガスが一定の濃度である故に、熱的なバランスは生物に適切な地表温度環境として現れている。

次に必要なのが、出現する可能性の高い地球温暖化の影響についての説明と温暖化に至るメカニズムの説明である。すなわち最悪の事態を想定して影響の内容を理解し、可能性が高いと判断されるに至った科学的な考え方に対する理解である。後者の科学的な考え方に対する理解は、想定される影響が受講生の将来の生活に対してネガティブであるために必要である。地球温暖化が将来の人間の生活にポジティブであると想定されるのであれば、そのように判断するに至った科学的プロセスを説明せずとも、ポジティブであると予想された将来に対して何らかの特別な投資を行わない限り、科学的プロセスに誤りがあっても損失は生じないからである。すなわち人間にとってネガティブと予想される地球温暖化は、その可能性が如何に判断されるに至ったのかというプロセスを知ることによって、損失を減殺できる可能性があるからである。

同時に必要なのが、動的な内容のアップデートである。2012年の時点で炭酸ガス濃度は年間 3.5ppm増加している。大気中濃度はおよそ 400ppmであるのでおよそ 10年で 435ppmに達するであろう。地球温暖化の将来影響をより明らかにするために、その増加が加速傾向にあるのか減速傾向にあるのかも重要である。すなわち、授業内容には現在の炭酸ガス濃度を基準に、これが将来の地球温暖化の影響に発展する度合いについて常に最新の科学的成果を取り入れるべきである。

### 3.3.合理的な理解力の必要性

地球温暖化の影響のネガティブな将来予測に対しては、科学的説明だけでは不十分である。一般に自然科学は人為的影響の外にあって基本的にはネガティブでもポジティブでもない対象として考えられてきたのであるが、地球温暖化問題は人間の営為が地球という自然環境に与えた、人間にとってネガティブな影響を及ぼすと危惧される現象であるために、講義にあたっては一般の自然科学とは異なった取り扱いが必要ではないだろうか。必要と考えられる理由は 2011 年東北地方太平洋沖地震被害に求められる。この災害に対しては多くの人が科学技術者や科学技術をベースとした政府の発言を理解しようとせずに、有名人、文化人、著名人の科学的根拠をあげない発言に同意することとなったからである。その結果もたらされたのは、論理的な判断が行われれば回避できたはずの、付加的な多くの不安と経済的損失の招来である。これははからずも科学技術に対する理解が必ずしも社会全体で得られていなかった証左となったのである。予測がネガティブな要素を含んでいるにも係らず、その説明と理解を求める努力が回避されてはならないことは、2011 年の大災害によって示唆されたとも言える。

従って、ネガティブな予測について講義を行うことは同時に、科学的な情報に対する理解の仕方についても講義する必要性があるものと考えられる。しかし講義においては、受講生が必ずしも科学的言説を理解する能力を持っているかどうかをあえて問うことはしないものとする。講義の受講者が科学的な言説に対して果たして合理的理解をしているかどうかについては、一般的には試験によってそれを問うこと、つまり、ある質問に対する回答が適切であるかどうかを判断するのであるが、それは、ある質問に対してその質問内容を理解し回答を導き出すプロセスが回答者の内部で働いたことを証するものではない。回答者が質問に対する回答のリストを記憶していて、単に質問にマッチした回答を提示する可能性もあるからである。そこで受講者に対しては、基礎的な科学の言説に対する理解の方法を説明するものとする。

#### 3.4.合理的理解力獲得の基礎

最初に確率についての理解を求める必要がある。確率とは未来の事象の生起に係るものであり、また未来の事象が確定しているものではなく、現在からみてある広がりをもっていること、時間が経つにつれその広がりが大きくなること、そのため、ある未来の事象の生起の予測は常に確率を以てその生起の確からしさを表現するしかないことを述べる必要がある。これは例を挙げて説明するのがよいであろう。例えば受講者に石礫を投げた時の事を思い出させる、遠くにある何かを的に見立てて石礫を投げつけてみたことを。手から離れた石礫はある軌跡を描いて飛んでいき、ある時間を経過的に近くに落ちたであつたらう。数多くの石礫を投げてみれば幾つかは的に当たったかも知れない。これを以て石礫を投げた者はある時間の先の未来はばらつきのを体感したのであろう。この体感を一般化することにより確率を理解することが可能となるのである(図 2)。

さらに科学的言説の理解方法の説明に先立って、科学モデルについて説明する必要がある。科学におけるモデルとは自己以外の自己を取り巻く環境(世界と呼ぶこともある)あるいはそこに存在する対象の挙動が複雑なことに鑑みて、世界あるいは対象を簡略化して表現した

ものである。簡略化することによって世界あるいは対象の理解を容易とすると同時に、その挙動を推し量ることが可能となる。モデルは世界あるいは対象を簡略化したものであるので、現実の世界あるいは対象を完全に表すことができず、常に不完全なものとなる。そこで科学モデルにおいては、モデルが導き出す結果についての信頼性を確率として表すことを述べる。すなわち、モデルは世界を簡略化したものであるので、モデルを用いて導き出された結果は絶対的なものではなく、確率という数字を伴う相対的なものであることを云うのである。科学者あるいは技術者はこのような原理にたつてモデルの導き出す結果を述べるので、しばしば科学に馴染みのない人々からは、曖昧な言説を述べる者達と看做されることがあることも受講者に伝える必要がある。つまり科学的手法に馴染みのない人々の確信に満ちた言説の方が、科学者の確率を伴う言説よりも、社会的に信じられる可能性のあることを述べる。

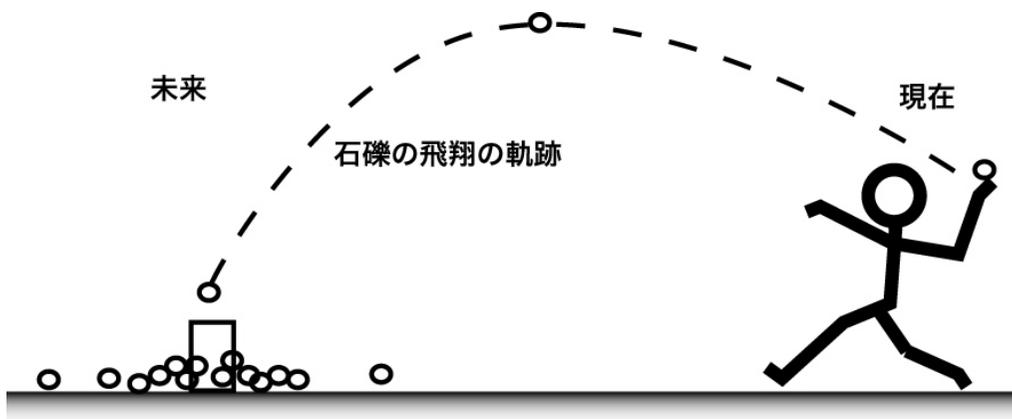


図2.未来に生起する事象の性質を理解する

未来に生起する事象はばらつく。例えば石礫を的に投げてみることは未来が確率的な現象であること  
の理解を助ける。また石礫がある軌跡をもって飛びそして落下することの観察はモデルについての理解  
を助ける。

次に科学的言説の理解がしばしば困難を伴うのは、人間の認識が本来身体的であることを  
以下のように説明する必要がある。「見る事は信じることである」あるいは「百聞は一見に  
如かず」、「よく分る」、「心ここにあらざれば見ても見えず」などは全て、人間の認識が目  
という肉体的な器官にその多くを依っていることを示している、また、そこから派生して、  
「ある」、「ない」、「ないことにする」、「煙と化す」、「消えてなくなる」など、目に見えない  
ものを人間は存在しないものと看做す傾向がある、等である。すなわち、科学的言説はしば  
しば目に見えない存在について述べる、あるいは未来にあつて眼前にはない存在について述  
べることが多いため、人間は肉体的制限のゆえに、これらを認識し次いで理解することが必  
ずしも容易でないことを説明する必要がある。

### 3.5.合理的理解力獲得方法の例示

これまでの論述においては暗黙のうちに、合理的な理解は全ての受講者にとって可能であるとしてきたが、実際には各々の内部の理解のプロセスを推し量ることは困難であるので、その仮定が正しいとは言えない。一般的には受講者の理解の程度は試験によって測るのであるが、受講者がパターンマッチングに優れている場合、すなわち問いに対する答えの対リストを数多く記憶していて、試験の問いに対してこれにマッチする答えをリストの中から選択するという行動をとる場合には、試験によって受講者が上記で求められる理解を得ていることを確信するのは困難である。また、マッチング行動は世界や対象に変化のない場合には強力な問題解決方法の一つであるが、ここで言及している地球温暖化問題のように時間的に変化しつつあって未来予測が困難な問題の場合には、無力あるいは有害な結果しかもたらさない可能性すらある。

従って、合理的理解には多様な人間内部の心的な実現があるとしても、理解をある具体的な実現として提案することは無駄とはならないと考えられる。ここでは一つの提案として理解をマップの構築と操作として定義する。ここでいうマップとは、単語あるいは文章の断片の群を矢印で結びつけてその関係性を二次元的に表現したものを言う\*7。この表現方法は例えば文章を提示してこれをマップに変換することの実習によって受講者が技法を習得することができる (図3)。

### 目玉焼きの手順

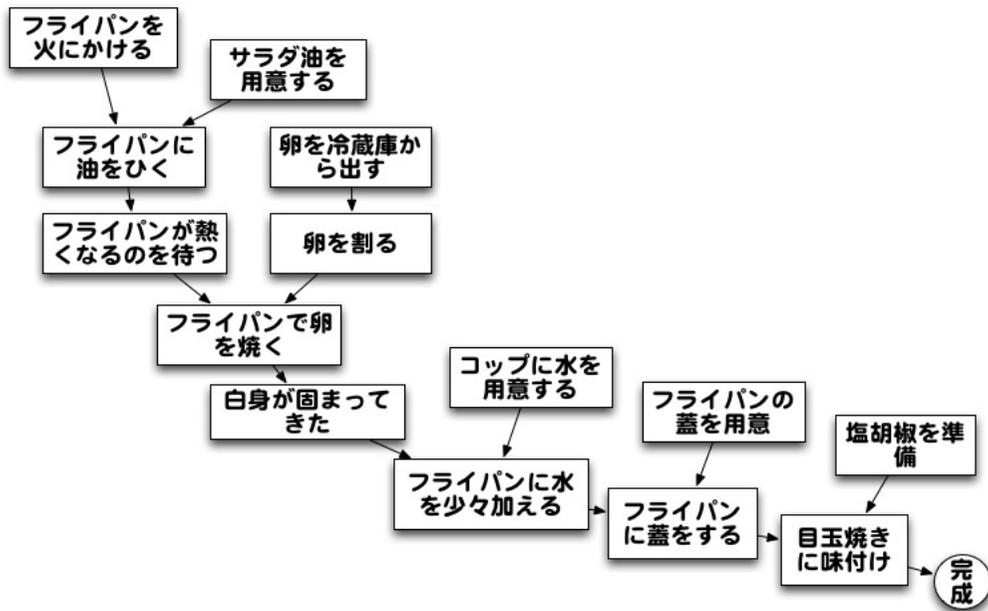


図3.料理の手順のマップ

目玉焼きの手順例をマップにしたもの。作業手順の他にも報告、論文、講演、観察等々、様々な記述をマップにすることができる。またマップにすることによって、対象の関係性を視覚を通して認識することにより、その後の心的な操作を容易なものにできる。マップは二次元的なものであるため視覚から

心的なイメージに変換するのは比較的容易である。

こうして受講者は心的にイメージを思い浮かべる、あるいは描画したマップを用いてプレゼンテーションという方法でマップの元となった文章を再構成する、などの経験を通じて、理解についてある具体的な実現を習得することが可能である。

#### 4.地球温暖化問題に対する理解の実現

こうして地球温暖化問題について、その原理とモデルを使った予測、およびそのネガティブな影響について、その内容を理解の実現方法とともに講義を実施することによって、受講者が未来の地球環境について心的なイメージを確立しそれを操作して、地球温暖化問題と自分との関係もしくは地球温暖化問題と社会との関係について理解することが期待できる。さらに、講義内容については、対象が地球温暖化問題という時間的に変動する問題であることから、受講生が自らその内容を地球環境の変化に沿って再吟味するのではない限り、時間とともに不正確なものとならざるを得ない。従って、受講生に強調すべき点は、問題の理解であり、その理解が常に合理的であることの定期的な再点検の必要性である。

しかしながら、地球環境問題の専門家ではない受講者の、たとえ地球温暖化問題が自身と自身の属する社会の問題でもあると認識できたにせよ、移り行く問題の理解が常に合理的であると期待するのは的外れであろう。本講義が基礎セルフディベロップメントの一環であることを考慮すれば、受講生が地球温暖化問題に自らが対峙していることを理解すること、またその理解が合理的であること、それに到達しない場合においても合理的な理解とは何かを認識するようになることが、この講義の目論みであり、最低限の到達点であろう。

さらに、合理的な地球温暖化問題に対する理解、あるいは現代社会に付随する環境問題、エネルギー問題、平和問題に対する合理的理解こそが、様々な問題に起因して人々の不安や畏れを軽減し無くするために欠くべからざるものであり、それに係る講義を施すことは、地球環境問題を論ずるにあたってその将来に生起する影響の大ききゆえに、論ずる者の義務であるとも言えよう。

#### 5. 今後の課題

本稿では触れなかったのであるが、地球温暖化を含む地球環境問題には、エネルギー問題およびこれを含む全地球的な資源問題がその背後にある。地球温暖化問題が人間の営為によるものであるなら、人間の営為を支えているのはエネルギーと金属などの資源だからである。地球全体の化石エネルギーと金属資源の枯渇は次第に顕著になりつつあり、地球温暖化問題がこれから数世紀続くことと同様に、かつより近い将来に大きな問題として立ち現れることであろう。特にエネルギー問題については、講義では地球温暖化問題に関連する事項として説明されるのであるが、この後に論ずることとしたい。また、以上に述べた考え方に則り、複数年にわたって大学一年生に地球温暖化問題について講義を実施してきたのであるが、その成果については適宜簡単なヒアリングを行うのみで未だに客観的評価作業は実施していない。よりの確な講義を実行するためには、今後の評価作業が必要である。

参考文献、URL等

- (1)Manabe,Syukuro,Richard T.Wetherald,1967:Thermal Equilibrium of the Atmosphere with a Given Distribution of RelativeHumidity.J.Atmos.Sci.,24,241–259.
- (2)産業革命以前と比べ世界平均気温の上昇を2度以内にとどめる「地球温暖化に関する取組」(平成23年12月21日開催エネルギー・環境会議(第5回)参考資料,  
[http://www.env.go.jp/council/06earth/y0613-07/mat03\\_4.pdf](http://www.env.go.jp/council/06earth/y0613-07/mat03_4.pdf)
- (3)気候変動に関する政府間パネル第4次評価報告書に対する第3作業部会の報告,  
[http://www.data.kishou.go.jp/climate/cpdinfo/ipcc/ar4/ipcc\\_ar4\\_wg1\\_spm\\_Jpn.pdf](http://www.data.kishou.go.jp/climate/cpdinfo/ipcc/ar4/ipcc_ar4_wg1_spm_Jpn.pdf)
- (4)State of the Climate Global Analysis, June 2012, <http://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/2012/6>
- (5)Unprecedented Greenland Surface Melt–Every150 Years?,  
<http://dotearth.blogs.nytimes.com/2012/07/25/unprecedented-greenland-surface-melt-every-150-years/>
- (6)Climate Commission, The Critical Decade: Climate science, risks and responses,  
<http://climatecommission.gov.au/report/the-critical-decade/>
- (7)図解 フィンランド・メソッド入門, 北川 達夫, フィンランドメソッド普及会, 2005