

(9) 6年 SS 化学
SS 科目 単元設計書

授業担当者	鮫島朋美	教科・科目名	理科 SS 化学
単元名	化学平衡における比喩的表現とモデル化	対象学年	6年
IBDP の該当単元	Topic 7 Equilibrium 7.1 Equilibrium Topic 17 Equilibrium 17.1 The equilibrium law	生徒数	化学①クラス 16名 化学②クラス 18名
学習指導要領の該当単元	化学 2 物質の変化と平衡 イ 化学反応と化学平衡 (イ) 化学平衡とその移動 (ウ) 電離平衡	授業時間数	

探究：単元の目的を設定する。 **INQUIRY: establishing the purpose of the unit**

学習目標 Transfer goals

List here one to three big, overarching, long-term goals for this unit. Transfer goals are the major goals that ask students to “transfer”, or apply, their knowledge, skills, and concepts at the end of the unit under new/different circumstances, and on their own without scaffolding from the teacher.

私たちは、「化学(科学)用語としての定義」を理解しながらも、比喩的表現として化学用語を使用したり、概念の理解を促すためにある要素を抽出したモデル図を使用したりする。他人に何かを伝えようとするとき、相手にその何かを具体的に想像させるような表現が必要になる。そのとき、科学用語のもつある部分(要素)を利用して比喩的な表現として使用することがある。また、モデルは「理論的な理解に基づいており、観察できないようなプロセスの説明のために開発されるもの」であり、対象を説明するために抽出した要素で組み立てた概念装置とも考えられる。

比喩的表現もモデル化も、分かりやすく表現するためのツールであるが、その一方で科学用語の難しい定義の都合のよい部分だけを解釈しようとしているのではないか？この事が、化学が誤解される要因の1つになっているのではないか？本単元では、科学用語が一般化されること、モデル化されることを通して、科学用語の定義を正しく捉えることについて考えていく。

- ・科学技術の特徴づける知識体系、方法、および手法を応用し活用する。
- ・実験および研究に関する科学的スキルを身につける。スキルには、現在、利用可能な技術を活用することを含む。
- ・科学の学問分野間の関係性と他の知識分野への影響についての理解を深める。

サブテーマとして、「重金属と人間生活」について考えていく。重金属イオンの凝集沈殿法として難溶性塩生成(溶解度積の原理)が利用される。重金属は、私たちの生活に欠かせない非常に有効なものであると同時に、非常に危険性の高いものである。このような物質とどのように付き合っていけばよいかについて理解を深める。

Essential understandings

List here the key content/skills/concepts that students will know/have at the end of the unit

<学習内容><スキル><概念>に分けて記入。

学習内容 Students will know the following content:

- ・可逆反応、化学平衡及び化学平衡の移動について理解する。
- ・平衡の移動については、濃度、圧力及び温度の変化を取り上げ、ルシャトリエの原理を中心に扱う。
- ・電離平衡について水のイオン積、pH 及び弱酸や弱塩基の電離平衡について理解する。
- ・化学工業に利用される化学平衡の原理について、理解する。

スキル Students will develop the following skills:

- ・化学平衡に関連する化学用語の定義を習得する。
- ・化学平衡に関する定性的実験および定量的実験を実施する。
- ・化学平衡の工業的利用について学び、「科学者には自分たちの研究が地球に及ぼす影響に関してどのような責任があるか」「人間生活に有効であるが危険性が高いものとどのように付き合っていくか？」について考える。

概念 Students will grasp the following concepts:

比喩的表現：比喩とは、字・語句・文・文章・出来事・作品全体などの物事を、それと共通項のある別の物事に置き換えて表現する手法である。読み手に対し、例えられる物事を生き生きと実感させる効果を持つ。

モデル化：(DP化学ガイド、NOSより引用)

- 1.10. モデルには、単純なものもあれば、非常に複雑なものもあります。モデルは、理論的な理解に基づいており、観察できないようなプロセスの説明のために開発されるものです。コンピューターによる数理モデルは、検証可能な予測を立てるために用いられ、実験できない場合に特に役立ちます。実験または観察データによって検証された結果、モデルが不適当であると証明されるかもしれません。その場合、そのモデルは、修正されたり、新しいモデルに置き換えられたりします。

- 1.11. 実験結果、モデルの構築によって得られた洞察、および自然界の観察結果は、主張のためのさらなる証拠として用いることができます。
- 1.12. コンピューターの情報処理能力の向上は、モデルの構築力を高めました。現在、モデル（通常は数理モデル）は、実験が不可能である場合に（時には可能である場合にも）新しい理解を引き出すために用いられています。大量のデータ、大量の変数と複雑で長い計算を伴う複雑な状況に関する動的モデルの構築は、コンピューターの情報処理能力が向上した結果、可能になりました。例えば、地球の気候に関するモデルの構築は、将来の気候条件の幅広い予測を行うために用いられます。さまざまな異なるモデルが開発され、どのモデルが最も正確であるかを調べるために、各種モデルによる結果が比較されてきました。時には、過去のデータを用いてモデルを検証し、現在の状況を予測することができるかどうかを調べることもできます。こうした検証で通用したモデルは、正確さにおいて信頼を得るのです。

探究の問い Inquiry questions

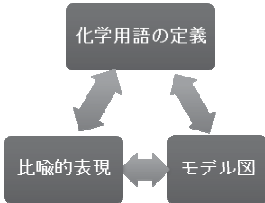
Content-based:
 化学反応はどちらに進むか？

Skills-based:
 化学平衡を定性的および定量的に捉えるには？

Concept-based:
 化学はなぜ誤解されるのか？

学習評価 (学習評価に使用する規準を挙げる) 総合的評価 Summative assessment

<p>規準 A : 知識と理解 規準 C : 実験観察の技能 規準 D : データ処理 規準 F : 科学による影響の振り返り</p>	<p>Outline of summative assessment task(s) including assessment criteria: (各規準のストランド(目標要素)から該当するものを抽出する)</p> <p>規準 A : 知識と理解 i. 科学的知識について説明する。 ii. 科学的知識と理解を応用し、見慣れた状況下と見慣れない状況下で起きた問題を解決する。 iii. 情報を分析・評価し、科学的に裏付けられた判断を下す。</p> <p>規準 C: 実験観察の技能 i. 実験器具、測定機器等の操作が正確である。 ii. 実験操作の過程、結果等、必要な情報を記録する。 iii. 実験室の安全規則を順守する。 iv. 安全性、倫理、または環境の問題を意識して行動する。</p> <p>規準 D : データ処理 i. 課題に対する詳細で妥当な結論の裏づけとなり得る、十分に関連する定量的および定性的な生データが含まれている。 ii. 適切かつ十分なデータ処理が行われている。そのデータ処理には、研究課題の結論を実験データと完全に一致する形で引き出すことを可能にするのに必要とされる正確さが備わっている。</p> <p>規準 F : 科学による影響の振り返り iii. 科学用語を一貫して応用し、理解したことを明確にかつ正確に伝える。</p>	<p>Relationship between summative assessment task(s) and statement of inquiry: (評価課題の内容と学習目標や探究の問いとの関連を記述する)</p> <p><u>斜体・下線部は IB の要素が含まれる部分</u></p> <p>・ 定性的実験の説明【規準 A】 ルシャトリエの原理の検証実験について、変化の様子を化学平衡の原理に基づき説明する。 実験ノートへの記述を評価する。</p> <p>・ 炭酸の酸解離定数を求める実験【規準 ACD】 <u>炭酸ナトリウムと塩酸の中和滴定実験から炭酸の酸解離定数を求める実験をデザインし、実施する。滴定操作には、データロガーを使用し、数学的処理を行った上で平衡定数を算出する。</u></p> <p>・ 緩衝作用に関する検証実験【規準 C】 大学入試問題として出題された「緩衝作用と pH」の記述内容を実験で検証する。</p> <p>・ 溶解度積に関する実験【規準 AC】 銀塩の溶解度積の違いを利用した定性的実験から、溶解性と溶解度積の違いについて考察する。</p> <p style="text-align: right;">後頁に資料あり</p> <p>・ 記述課題【規準 F】 <u>① 化学用語としての定義</u> <u>② 比喩的表現として用いた文例</u> <u>③ モデル図</u> <u>を示し、その関連を明確に示す。</u></p>
--	---	--

学習内容・スキル・概念 Content/skills/concepts	学習課程 Learning process
<p style="text-align: center;"><i>斜体・下線部はIBの要素が含まれる部分</i></p> <p><学習内容> Students will know the following content:</p> <ul style="list-style-type: none"> 可逆反応，化学平衡及び化学平衡の移動について理解する。 → <u>発展的学習となるが、エントロピー、エンタルピー、ギブスエネルギーについて扱い、平衡状態とは左辺のギブスエネルギー＝右辺のギブスエネルギーが成り立つ状態であることを理解する。</u> 平衡の移動については、濃度、圧力及び温度の変化を取り上げ、ルシャトリエの原理を中心に扱う。 → ルシャトリエの原理の理解のために、問題演習を行う。 電離平衡について水のイオン積、pH 及び弱酸や弱塩基の電離平衡について理解する。 → 中和滴定を利用して、炭酸の酸解離定数を求める原理について学ぶ。 → 大学入試問題の検証を通して、緩衝作用について学ぶ。 <p><スキル> Students will develop the following skills:</p> <ul style="list-style-type: none"> 化学平衡に関連する化学用語の定義を習得する。 → <u>化学用語の定義を理解した上で、それを活用した比喩的表現やモデル図を作成する。</u> 化学平衡に関する定性的実験および定量的実験を実施する。 → ルシャトリエの原理を検証する定性実験を行う。 → <u>データロガーを用いた中和滴定実験から、エクセルを用いた滴定曲線の作成や中和点の求めるための数学的処理を通して、弱酸の電離定数を算出する。</u> → 緩衝作用の確認を、pH メーターを使用して定量的に行う。 → 溶解度積を実感する重金属イオンの沈殿生成反応を実施する。 化学平衡の工業的利用について学び、「科学者には自分たちの研究が地球に及ぼす影響に関してどのような責任があるか」「人間生活に有効であるが危険性が高いものとのどのように付き合っていくか？」について考える。 → ハーバーボッシュ法によるアンモニアの工業的製法に利用された化学平衡の原理を説明する。 → 溶液中の金属イオンを取り除くことに応用されるものとして、溶解度積の計算を行う。 <p><概念> Students will grasp the following concepts:</p> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="text-align: center; margin-right: 20px;">  </div> <div> <p><u>平衡状態、エントロピー、エンタルピー等、様々な化学用語の定義を理解するとともに、左図に示される関係性を考える。</u></p> </div> </div>	<p>Learning experiences and strategies/planning for self-supporting learning: (実践した授業形態を選ぶ)</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Lecture <input type="checkbox"/> Socratic seminar <input checked="" type="checkbox"/> Small group/pair work <input checked="" type="checkbox"/> Powerpoint lecture/notes <input checked="" type="checkbox"/> Individual presentations <input type="checkbox"/> Group presentations <input type="checkbox"/> Student lecture/leading <input type="checkbox"/> Interdisciplinary learning</p> <p>Details:</p> <ol style="list-style-type: none"> 「比喩的表現とモデル化」に関する課題提示(1h) 化学平衡について(講義)(2h 程度) ルシャトリエの原理の検証実験(2h 程度) 炭酸の酸解離定数を求める実験(講義、実験デザインを含む)(5h 程度) 緩衝作用に関する演習および実験(3h 程度) 溶解度積を利用した重金属イオンの沈殿凝集法の実験(2h 程度) 化学平衡の工業的利用について(講義)(2h) 「比喩的表現とモデル化」に関する課題の発表(1h) <p>形成的評価 Formative assessment:</p> <ul style="list-style-type: none"> 実験ノートへの記録 エクセルを使ったデータ処理および分析
<p>学習の方法 Approaches to learning (ATL)</p>	
<p><input checked="" type="checkbox"/> Thinking</p> <p>創造的思考：科学的知識を応用して、化学用語の一般化やモデル化について提案する。 批判的思考：科学的研究が地球に与える影響について、科学技術発展の負の側面を捉え、科学者としての責任を問う。</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Social</p> <p>協働：グループ実験において、チームの中で作業する。他者の貢献を認め、意見の交換や統一を行う。 化学実験を実施することに対する責任を考える。実験器具等の扱いにおいて、安全に作業し、廃液処理等においては環境への影響に注意を払う。</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Communication</p> <p>コミュニケーション：実験方法および変化の様子等を実験ノートに記録する。化学用語、化学式、化学反応式、等を正しく使用して、科学的根拠に基づく議論をする。</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Self-management</p> <p>振り返り；得られた実験結果から、実験方法の妥当性について振り返り、評価する。 比喩的表現およびモデル化の作品について、相互評価・自己評価を実施し、自分の理解について熟考し、自分の考え方や学習を評価する。 実験ノート等の相互評価において、他者の取り組みを尊重し、その取り組みや意見を正しく認知する。</p>	

<p>☑Research</p> <p>情報リテラシー：化学用語に関する情報の選択・使用、文献の正しい引用法</p>
<p>資料 Resources</p> <p>垂水雄二(2014)「科学はなぜ誤解されるのか わかりにくさの理由を探る」平凡社新書</p> <p>渡邊泉(2013)「いのちと重金属 人と地球の長い物語」ちくまプリマー新書</p> <p>宮田親平(2007)「毒ガス開発の父ハーバー 愛国心を裏切られた科学者」朝日新聞出版</p> <p>井村秀文(2009)「環境問題をシステムの的に考える 氾濫する情報に踊らされないために」化学同人</p> <p>木村秀次 自然科学用語の意味転用 日本語と日本文学 筑波大学国語国文学会 2006 No.43 pp1-12</p> <p>化学書資料館 丸善</p>

振り返り REFLECTION: Considering the planning, process and impact of the inquiry

What worked well	What didn't work well	Notes/changes/suggestions:
<ul style="list-style-type: none"> 化学用語の比喩的表現については、課題提示の段階で、たくさんの事例が生徒からあがり、活発な議論につながった。 滴定曲線作成におけるデータロガーの使用は有効であった。二段滴定の滴定曲線を精度よく、エクセルを用いて微分により当量点を決定したが、その再現性も良かった。 	<ul style="list-style-type: none"> 化学的知識を生かす実験デザインにするためには、平衡定数に関連する計算練習がさらに必要であった。 【緩衝作用に関する検証実験】において、pHメーターを使用した測定により、緩衝作用の検証はできたが、中和反応後の水溶液のpHの値については理論通りには再現できなかった。 	<ul style="list-style-type: none"> 化学工業に関する扱いは、反応速度や触媒の単元に移行してもよいと感じる。本単元では、科学用語の定義やモデル化に焦点をあてる方が、単元の目指すものが生徒に伝わりやすいのではないかと。

Transfer goals

List the transfer goals from the beginning of this unit planner.

- 化学平衡を学習する単元として、「化学はなぜ誤解されるのか？」という Inquiry Question とともに、以下の3つの学習目標を設定した。
- 科学技術の特徴づける知識体系、方法、および手法を応用し活用する。
 - 「化学反応はどちらに進むか？」という化学変化の原理の根本に関わる知識を身につける単元となる。“涼しくなりたい”=エンタルピーが減る、“バラバラになりたい”=エントロピーが増えるという説明を用いて、DP Chemistry で扱う「平衡状態とは左辺のギブスエネルギー=右辺のギブスエネルギーが成り立つ状態である」ことを理解した。発展的学習内容ではあるが、その理解度は良かったと思われる。化学平衡を定性的に扱うルシャトリエの原理の検証実験において、化学的原理と実験結果をしっかりと対応させて考えることができた。
 - 実験および研究に関する科学的スキルを身につける。スキルには、現在、利用可能な技術を活用することを含む。
 - 本単元においては、平衡定数、緩衝作用における pH の変化、溶解度積に関わる濃度計算など定量的な実験を行う機会が多かった。測定にはデータロガー(滴定センサ、pHセンサ)を使用し、測定結果のデータ処理はエクセルを用いて実施した。実験操作を繰り返すことにより、実験結果の再現性にもこだわった。データロガーの使用により、短時間で多くの情報を得ることができるが、その得られた情報を正しくデータ処理するためには数学的手法に関わるスキルと根気を要する。実験操作への取組みは全体的に良かったが、データ処理や考察への取組みは個人差があった。
 - 科学の学問分野間の関係性と他の知識分野への影響についての理解を深める。
 - 単元内で学習する化学用語について、その定義、モデル図、その用語を用いた比喩的表現の関係を考察した。化学用語の定義を正確に調べるために、化学書資料館(丸善)を活用した。モデル図については、多くの生徒が粒子モデルを活用して表現していた。比喩的表現については、近現代の書籍から検索しているものが多かった。これらの作業を経て、Inquiry Question として設定した「化学はなぜ誤解されるのか？」について考える時間を持った。世の中には、化学用語の特徴を上手く捉えた分かりやすい表現がある一方で、化学用語が間違った解釈をされたまま使用されている事例なども挙がり、議論は発展した。クラス全体で意見を共有することにより、その考えは深まると考えられる。

Transfer reflection

How successful were the students in achieving the transfer goals by the end of the unit?

本単元において、上記3つの学習目標については、概ね達成できたと思われる。

本単元における実験デザインをさらに充実させるためには、化学平衡に関連する計算練習を積み、実験操作に反映できるようにすることが求められるであろう。また、統計的処理に関するスキルは本単元に限らず必要となる。

「化学」はなぜ誤解されるのか？

垂水雄二著、「科学はなぜ誤解されるのか わかりにくさの理由を探る」(平凡社新書)という書籍がある。この書籍の中で…

学術的な用語や概念の誤った理解や使われ方は、生物学に限らず、現代のあらゆる自然科学に見られる現象であるが、その原因には大きく二つの要因が考えられる。

一つは、言葉にかかわるもので、学術用語は新しく造語される場合でも、日常語に限定的につけて転用されることが多い。二つ目の要因は、読者は結局のところ、与えられた科学的概念や法則のうちで自分に都合のいい部分、都合のいい解釈だけを採用する傾向をもつことである。

と述べている。

私たちは、「化学(科学)用語としての定義」を理解しながらも、比喩的表現として化学用語を使用したり、概念の理解を促すためにある要素を抽出したモデル図を使用したりしますよね。

他人に何かを伝えようとするとき、聞き手にその何かを具体的に想像させるような表現が必要になる。そのとき、**科学用語のもつある部分(要素)を利用して比喩的な表現として使用する**ことがある。また、モデルは「理論的な理解に基づいており、観察できないようなプロセスの説明のために開発されるもの」であり、**対象を説明するために抽出した要素で組み立てた概念装置**とも考えられる。

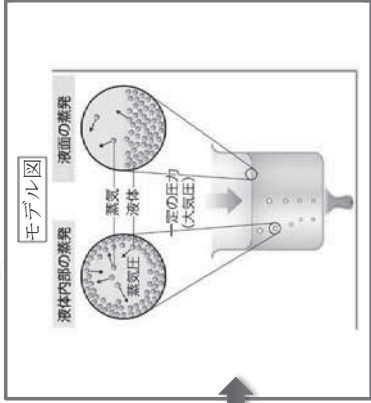
以下に1つの例を挙げます。

例；キートワード「蒸発」

化学用語としての定義
固体、液体が外部から熱などのエネルギーを得て、その表面から気体となっていく現象。固体の場合はとくに昇華という。また液体の内部から気泡が発生して気体となっていくのは沸騰という。(標準化学用語辞典第二版より)

比喩的表現の実例

- ・寺田貞彦「団栗」明治 38 年
 実にいい天気だ。「人間の心が蒸発して霞になりそうだなだね…」
- ・夏目漱石「坑夫」明治 41 年
 赤毛布と並んで歩きだした時、もう先刻のつまらぬない考へが蒸発してゐた…
- ・曾野綾子「一枚の写真」
 青江が蒸発したことは、初め家族も信じなかつた。



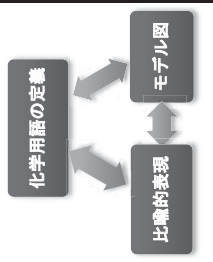
課題

本単元「化学平衡」で学習する化学用語(キートワード)の中から1つ選び、

- ① 化学用語としての定義
- ② 比喩的表現として用いた文例
- ③ モデル図

を示し、その関連を明確に示せ。A4 サイズ PDF ファイルで提出。

提出締め切り 11月27日(金)



この課題は、下記の評価規準をもとに評価します。

規準 F 科学による影響の振り返り	
評価の基礎	この課題における詳細な評価基礎
0	以下の説明で記述されるいずれの基礎にも達しない。 この生徒は以下のことができる。 i. 具体的な問題または課題への対処に科学がどのような役割を果たしているかについて、概要を述べる。 ii. 一つの要因と関係づけながら、具体的な問題または課題の解決に科学を用いることが与える影響についてその概要を述べる。 iii. 完全ではないが、科学用語を応用して理解したことを伝える。
1~2	この生徒は以下のことができる。 i. 具体的な問題または課題への対処に科学がどのように応用されるか、用いられるかをまとめる。 ii. 一つの要因と関係づけながら、具体的な問題または課題の解決に科学とその応用を用いることが与える影響を記述する。 iii. 科学用語をときどき応用し、理解したことを伝達する。
3~4	この生徒は以下のことができる。 i. 具体的な問題または課題への対処に科学がどのように応用されるか、用いられるかをまとめる。 ii. 一つの要因と関係づけながら、具体的な問題または課題の解決に科学とその応用を用いることが与える影響を記述する。 iii. 科学用語をときどき応用し、理解したことを伝達する。 iv. 情報源をときどき正しく明記する。
5~6	この生徒は以下のことができる。 i. 具体的な問題または課題への対処に科学がどのように応用されるか、用いられるかを記述する。 ii. 一つの要因と関係づけながら、具体的な問題または課題の解決に科学とその応用を用いることが与える影響を論じ、評価する。 iii. 大抵の場合、科学用語を応用し、理解したことを明確かつ正確に伝達する。 iv. 大抵の場合、情報源を正しく明記する。
7~8	この生徒は以下のことができる。 i. 具体的な問題または課題への対処に科学がどのように応用されるか、用いられるかを説明する。 ii. 一つの要因と関係づけながら、具体的な問題または課題の解決に科学とその応用を用いることが与える影響を論じ、評価する。 iii. 科学用語を一貫して応用し、理解したことを明確にかつ正確に伝える。 iv. 情報源を完全に明記する。

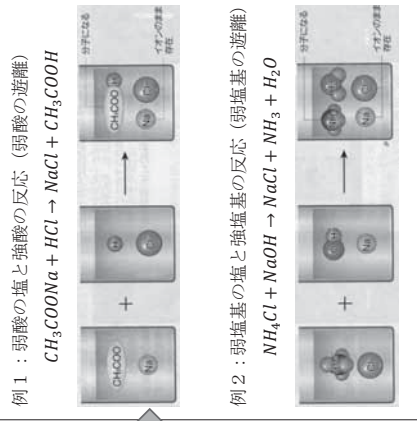
化学用語としての定義

ある元素、基、化合物などが、他の化学成分と結合したり、誘導体をつくったりしないで、そのままの状態が存在していることを示す修飾語。たとえば、他の元素と結合することなく存在する窒素は遊離窒素、塩をつくらないうで酸のままの形で存在するカルボン酸などは遊離酸とよぶ。(標準化学用語辞典第二版より)

比喩的表現の実例

- 太宰治『十五年間』(1946(昭和21)年)
それらの主義が発明された当初の真実を失い、まるで、この世界の新現実と遊離して空転しているようにしか思われないのである。
- 文部科学省『育成すべき資質・能力を踏まえた教育目標・内容と評価の在り方に関する検討会(第9回)議事要旨』(2013年(平成25年))
余りにも言葉が難しいと、学校現場から遊離してしまうため、いかに現場の先生方に分かるような表現にしていけるかが大事である。
- 仲間から一人遊離している

モデル図



化学用語としての定義、比喩的表現、モデル図の関係性

化学用語としての「遊離」の定義は「原子や原子団が他の物質と結合しないで存在すること」であるが、比喩的表現になるとそれが物質以外の存在や概念にも適用されていることがわかる。つまり、あるものが「他のものと離れて存在すること」という意味で使われ、「結合」は「つながり」として認識されている。また、モデル図はその物質に注目すると化学用語としての定義に、視覚的情報に注目すると比喩的表現に用いることができる。「遊離」という言葉は、化学的に使うと特に何も感じないが、比喩的に用いるとマイナスイメージを持つのは、その漢字が「遊ぶ」と「離れる」でどこか遠くを漂っているイメージがあるからかもしれない。

参考文献

- 『サイエンスビュー 化学総合資料』、実教出版編集部、実教出版、2014年3月28日、参照ページ79
- 『化学』、井口洋夫・木下實ほか14名、実教出版、平成27年1月25日、参照ページ149

化学用語としての定義

エントロピー増大 (の法則) とは、エントロピーは、可逆反応では不変、不可逆反応では増大するという法則である。(広辞苑第六版より)
 ここで、エントロピーとは、系の無秩序さの尺度となる状態量の一つで、乱雑さともいう。(旺文社化学辞典より)

比喩的表現の実例

「エントロピー増大 (の法則)」は、比喩的に生から死に向かう変化の意味で使われることがある。
 例) 寺田寅彦、『時の概念とエントロピーならびにプロバビリティー』
 未来はプロバビリティーであり、人間のエントロピー増大と「精神的な時」の進みが伴うのではないだろうか。
 「エントロピー増大 (の法則)」における、秩序あるものは、その秩序が崩壊される方向に動いて平衡状態に至るという要素を抽出し、不可逆反応である生命や地球上の存在物についても、この平衡が移動し、命や地球上の存在物が守り続けられなくなるときに死に至るという共通性・背景により、このような比喩表現が使われるのだと考えられる。

モデル図

