

はじめに

北海道札幌啓成高等学校では、平成27年度、第2期SSHプログラムにおいて、目的、戦略、道具立て、結果、解釈、結論といった「科学的アプローチをデザインする力」及び国際的な場で活躍するための「英語コミュニケーション能力」を育成するため、学校設定科目「K S I・I」として、「科学デザイン」及び「科学英語 I」の学習プログラムの研究開発を進めてきた。「科学英語 I」の学習プログラムにおいても、「科学デザイン」の要素を取り入れたプログラムとなっている。

このテキストは、「科学デザイン」及び「科学英語 I」の授業を行うに当たり作成したプリントを「Science Design & Science Communication」として集約したものである。特に Chapter 2 は、大学4年生が卒業研究を行うときに意識すること、あるいは他の先進国では高校段階で理科の授業で意識づけられることを、世界の多くの高校生が英語で理科を学んでいるのと同じように、英語イマージョンで学ぶ部分である。

〈テキスト (Chapter 2) について〉

• Let's Read!

英語イマージョン科学実験講座で学ぶ科学的な内容（地学が中心であるが、物理、化学、生物も含む）を英語で予習するもの。内容の構成は、本校SSH道内研修、道外研修の研修内容、地域・現代社会と関わりの深い科学的な内容としている。中学校で学ぶ理科の専門用語、理科特有の言い方が、できるだけ多く英語で表現されるように文章を工夫したつもりである。また、英語イマージョンに慣れるために、科学実験講座で頻繁に使う英単語、英語表現が、文章に含まれるようになっている。是非、予習として積極的に活用してもらいたい。

• English Science

留学生及びALTがTAとして入り、英語イマージョン科学実験講座として実施している根幹部分。科学実験を探究的に実施し、科学的アプローチを意識することが習慣となることを目指している。授業では、各トピックで番号のついているところに時間をかけ、全てのトピックを学ぶことにより、科学的アプローチを概観することができる。留学生TAの質問等に答える部分である“Your Answer”には、答えとして真っ先に頭に思い浮かべるイメージを単語にしている。それを瞬時につなげて言葉にして、留学生とコミュニケーションを楽しんでももらいたい。また、他のSSH校での実践例を参考に、英語が使えるようになるためには暗唱も必要だと考え、授業の最後には、授業の振り返りを兼ねて、4つのスライドの暗唱及びプレゼンテーション練習を行う。プレゼンテーション練習では、ループリックを活用して、グループごとに生徒同士で相互評価を行うことになる。是非、積極的に取り組み、1年後には英語コミュニケーションの壁を乗り越えてもらいたい。

• Scientific Communication

ポスターの作成や、論文を書くことを想定して、最も基本的な科学英語表現のいくつかを学ぶもの。現時点では指導時間を確保できないが、是非、チャレンジしてもらいたい。大学院生でも役に立つ部分があるはずである。ポスターの作成においては、Google翻訳に頼るのではなく、このテキストを参考にして、まずは自分で英文を作成することから始めてもらいたい。

以上、このテキストは、英語で科学を学びながら、科学的な内容、科学的な手法及び英語をコミュニケーションの道具として使える力を身につけることを目的としたものである。2年生で課題研究を行うとき、2年生の最後にそれを英語でポスター発表するとき、ここで学んだことを思い出しながら、科学的アプローチをデザインする力、英語コミュニケーション能力を高めてもらいたい。

テキスト作成に当たって、Chapter 2 については、北海道大学工学研究院准教授 内田努氏に、Chapter 3 については、北海道大学工学研究院教授 永田晴紀氏に多くの助言をいただいた。英語表現については、ALTの Ms. Annique Harris に献身的な協力をいただいた。ここに感謝の意を表します。

Science Design & Science Communication

～世界と科学コミュニケーションする～

Chapter 1 The Structure of a Scientific Research Article

■ Read an Original Paper Half a Century Ago -Part 1-	1
・ 科学論文における段落構成(Paragraph Writing)	4
■ 論文の構成	6
・ 英語で科学論文を書くときのルール	7

Chapter 2 Scientific Approach Design & Science Expression

■ Four Fundamental Rules of Calculation	
・ 「計算方法」を説明してみよう！	10
■ Universe (Let's Read!)	11
■ Analyzing Starlight	
・ Construct a Hypothesis	14
・ 序論(Introduction)で使う英語表現	18
■ Igneous Rock (Let's Read!)	21
■ Volcanoes (Let's Read!)	22
■ Volcanic Disasters -Probe the Secret of "Sapporo-Nanseki"	
・ Construct a Hypothesis -the use of logical thinking-	24
■ Interaction Between the Ocean and the Atmosphere (El Niño) (Let's Read!)	34
■ El Niño	
・ Design a Science Approach	37
・ 仮説の設定(Hypothesis Construction)で使う英語表現	42
■ Work and Energy (Let's Read!)	46
■ Conservation of Mechanical Energy	
・ 「グラフ」を説明しよう！	49
・ Test with an Experiment	50
■ Metals (Let's Read!)	55
■ Oxidation-Reduction Reaction (Let's Read!)	56
■ Tatara Iron Making	
・ Analyze the Results	58
・ 方法(Methods)で使う英語表現	63
・ 考察(Discussion)で使う英語表現 1	66
■ Geological History of Earth (Let's Read!)	69
■ Plate Tectonics (Let's Read!)	70
■ Formation of Hokkaido - part 1 -	
・ Construct a Hypothesis -the use of logical thinking-	73
■ Formation of Hokkaido - part 2 -	
・ Discussion -the use of logical/integrating thinking-	80
・ 考察(Discussion)で使う英語表現 2	88

Chapter 3 科学的アプローチをデザインする

■ 課題研究から学ぶ 1 –科学的アプローチを分析する–	91
■ 課題研究から学ぶ 2 –科学的アプローチをデザインしてみる–	93
■ ブレイクスルーの科学者たちから学ぶ –100年前と現代の科学研究の特徴–	94

Chapter 4 多様な知を融合し新たな価値創造を導く「啓成STEAM」

■ 科衛星スペクトルで見た森 –近赤外線分光法–	95
ImageJ 資料	97
■ 位置情報の可視化 –GIS技術の活用–	98
AGOL 資料	100
Survey123 資料	102
■ モノのインターネット –IoTプログラミング–	105
■ バイオミメティクス –生物模倣ロボット–	107
■ Cross-cultural Collaboration – Effective Collaboration with Others –	108

Chapter 5 科学コミュニケーション

■ Read an Original Paper Half a Century Ago - part 2 -	110
■ ノーベル賞級の科学研究をわかりやすく伝えよう –科学と社会の関係&ブレイクスルー–	113

参考文献	115
------	-----

SSH 科学英語プレゼン練習 ルーブリック

Useful expressions for communication

Chapter 1 The Structure of a Scientific Research Article

■ Read an Original Paper Half a Century Ago - part 1 -

Text A は、Nature 誌に掲載（1953 年）された生物学上最も重要な論文の一つ、ワトソンとクリックの「核酸の分子構造（DNA の構造）」の論文です。どのような構成になっているか話し合しましょう。

Text A No. 4356 April 25, 1953

NATURE

737

MOLECULAR STRUCTURE OF NUCLEIC ACIDS

A Structure for Deoxyribose Nucleic Acid

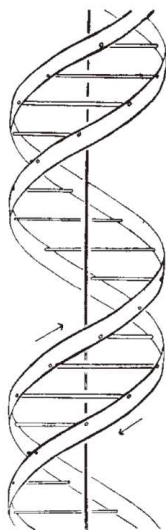
① WE wish to suggest a structure for the salt of deoxyribose nucleic acid (D.N.A.). This structure has novel features which are of considerable biological interest.

② A structure for nucleic acid has already been proposed by Pauling and Corey¹. They kindly made their manuscript available to us in advance of publication. Their model consists of three inter-twined chains, with the phosphates near the fibre axis, and the bases on the outside. In our opinion, this structure is unsatisfactory for two reasons: (1) We believe that the material which gives the X-ray diagrams is the salt, not the free acid. Without the acidic hydrogen atoms it is not clear what forces would hold the structure together, especially as the negatively charged phosphates near the axis will repel each other. (2) Some of the van der Waals distances appear to be too small.

③ Another three-chain structure has also been suggested by Fraser (in the press). In his model the phosphates are on the outside and the bases on the inside, linked together by hydrogen bonds. This structure as described is rather ill-defined, and for this reason we shall not comment on it.

④ We wish to put forward a radically different structure for the salt of deoxyribose nucleic acid. This structure has two helical chains each coiled round the same axis (see diagram). We have made the usual chemical assumptions, namely, that each chain consists of phosphate di-ester groups joining β -D-deoxy-ribofuranose residues with 3',5' linkages. The two chains (but not their bases) are related by a dyad perpendicular to the fibre axis. Both chains follow right-handed helices, but owing to the dyad the sequences of the atoms in the two chains run in opposite directions. Each chain loosely resembles Furberg's² model No. 1; that is, the bases are on the inside of the helix and the phosphates on the outside. The configuration of the sugar and the atoms near it is close to Furberg's 'standard configuration', the sugar being roughly perpendicular to the attached base. There is a residue on each chain every 3.4 Å. in the z-direction. We have assumed an angle of 36° between adjacent residues in the same chain, so that the structure repeats after 10 residues on each chain, that is, after 34 Å. The distance of a phosphorus atom from the fibre axis is 10 Å. As the phosphates are on the outside, cations have easy access to them.

⑤ The structure is an open one, and its water content is rather high. At lower water contents we would expect the bases to tilt so that the structure could become more compact.



This figure is purely diagrammatic. The two ribbons symbolize the two phosphate-sugar chains, and the horizontal rods the pairs of bases holding the chains together. The vertical line marks the fibre axis

⑥ The novel feature of the structure is the manner in which the two chains are held together by the purine and pyrimidine bases. The planes of the bases are perpendicular to the fibre axis. They are joined together in pairs, a single base from one chain being hydrogen-bonded to a single base from the other chain, so that the two lie side by side with identical z-co-ordinates. One of the pair must be a purine and the other a pyrimidine for bonding to occur. The hydrogen bonds are made as follows: purine position 1 to pyrimidine position 1; purine position 6 to pyrimidine position 6.

⑦ If it is assumed that the bases only occur in the structure in the most plausible tautomeric forms (that is, with the keto rather than the enol configurations) it is found that only specific pairs of bases can bond together. These pairs are: adenine (purine) with thymine (pyrimidine), and guanine (purine) with cytosine (pyrimidine).

⑧ In other words, if an adenine forms one member of a pair, on either chain, then on these assumptions the other member must be thymine; similarly for guanine and cytosine. The sequence of bases on a single chain does not appear to be restricted in any way. However, if only specific pairs of bases can be formed, it follows that if the sequence of bases on one chain is given, then the sequence on the other chain is automatically determined.

⑨ It has been found experimentally^{3,4} that the ratio of the amounts of adenine to thymine, and the ratio of guanine to cytosine, are always very close to unity for deoxyribose nucleic acid.

⑩ It is probably impossible to build this structure with a ribose sugar in place of the deoxyribose, as the extra oxygen atom would make too close a van der Waals contact.

⑪ The previously published X-ray data^{5,6} on deoxyribose nucleic acid are insufficient for a rigorous test of our structure. So far as we can tell, it is roughly compatible with the experimental data, but it must be regarded as unproved until it has been checked against more exact results. Some of these are given in the following communications. We were not aware of the details of the results presented there when we devised our structure, which rests mainly though not entirely on published experimental data and stereochemical arguments.

⑫ It has not escaped our notice that the specific pairing we have postulated immediately suggests a possible copying mechanism for the genetic material.

⑬ Full details of the structure, including the conditions assumed in building it, together with a set of co-ordinates for the atoms, will be published elsewhere.

⑭ We are much indebted to Dr. Jerry Donohue for constant advice and criticism, especially on inter-atomic distances. We have also been stimulated by a knowledge of the general nature of the unpublished experimental results and ideas of Dr. M. H. F. Wilkins, Dr. R. E. Franklin and their co-workers at King's College, London. One of us (J. D. W.) has been aided by a fellowship from the National Foundation for Infantile Paralysis.

J. D. WATSON
F. H. C. CRICK

Medical Research Council Unit for the
Study of the Molecular Structure of
Biological Systems,
Cavendish Laboratory, Cambridge.
April 2.

⑮ ¹ Pauling, L., and Corey, R. B., *Nature*, **171**, 346 (1953); *Proc. U.S. Nat. Acad. Sci.*, **39**, 84 (1953).

² Furberg, S., *Acta Chem. Scand.*, **6**, 634 (1952).

³ Chargaff, E., for references see Zamenhof, S., Brawerman, G., and Chargaff, E., *Biochim. et Biophys. Acta*, **9**, 402 (1952).

⁴ Wyatt, G. R., *J. Gen. Physiol.*, **36**, 201 (1952).

⁵ Astbury, W. T., *Symp. Soc. Exp. Biol.*, **1**, Nucleic Acid, 66 (Camb. Univ. Press, 1947).

⁶ Wilkins, M. H. F., and Randall, J. T., *Biochim. et Biophys. Acta*, **10**, 192 (1953).

Reprinted by permission from Springer Nature