

平成18年度科学技術振興調整費「重要政策課題への機動的対応の推進」
日本人が身に付けるべき科学技術の基礎的素養に関する調査研究

平成17年度に行われた本調査研究の準備研究の研究成果

平成17年度「科学技術リテラシー構築のための調査研究」の研究成果

目次

1. 研究の概要	1
(1) 研究の経緯	1
(2) 研究のテーマ	1
(3) 研究の成果	1
2. 科学技術リテラシーの我が国や諸外国の状況	2
(1) 我が国における科学技術リテラシー研究の分析	2
(2) 諸外国における科学技術リテラシーの研究の分析	6
(3) 我が国における児童生徒等の科学技術リテラシーの現状	7
(4) 『すべてのアメリカ人のための科学』の分析	8
3. 科学者コミュニティや産業界等の国民の科学技術リテラシーに関する意見	8
(1) アンケートによる意見集約とその分析	8
(2) インタビューによる意見集約	11
4. アメリカにおける科学技術リテラシー構築の状況	11
(1) 米国科学振興協会の「プロジェクト2061」と『すべてのアメリカ人のための科学』	11
(2) ラザフォード博士のヒアリングの結果	12
(3) ネルソン教授のヒアリングの結果	12
5. 科学技術リテラシー像策定の意義	13
(1) 我が国の科学技術リテラシー像を策定する意義・必要性	13
(2) 政策論議における科学技術リテラシー	13
(3) 科学技術リテラシー像に期待されること	13
(4) アメリカの『すべてのアメリカ人のための科学』との比較	14
6. 「科学技術リテラシー像」の具体的なイメージ	14
(1) 科学技術リテラシーの専門分野別の報告書	14
(2) 科学技術リテラシー像の例	15
(3) 科学技術リテラシー像の1つの項の例	15
7. 我が国の科学技術リテラシー像策定に向けた今後の進め方	18
(1) 我が国の科学技術リテラシー像策定のスケジュール	18
(2) 我が国の科学技術リテラシー像策定の実施体制	18
(3) 科学技術リテラシー像策定する上での幅広い連携の必要性	19
研究メンバー（五十音順）	20

1. 研究の概要

(1) 研究の経緯

日本学術会議（第19期）に、平成15年に「若者の理科離れ問題特別委員会」（後に「若者の科学力増進特別委員会」と改称）が設置され、そこでの検討において、我が国において科学技術教育のゴールが明示されていないこと、あるいは、ゴールについての国民的議論がなされていないことが指摘された。そこで、先行している米国における科学技術リテラシー構築のための「プロジェクト2061」を参考にして、我が国においても科学技術リテラシー像策定の可能性と意義を検討することが必要とされた。

(2) 研究のテーマ

平成17年度に、我が国の科学技術リテラシー像を策定するための課題整理と基盤整備を行うことを目的として、平成17年度科学技術振興調整費（重要課題解決型研究等の推進：科学技術政策に必要な調査研究）のもとで本調査研究「科学技術リテラシー構築のための調査研究」（研究代表者：北原和夫国際基督教大学教授）を発足させた。

研究機関は、国際基督教大学（中核機関）、国立教育政策研究所、お茶の水女子大学、日本学術会議の4機関とし、研究を実施するために以下の3つのサブテーマを設定した。

サブテーマ1：科学技術リテラシーに関する先行研究・基礎文献に関する調査

サブテーマ研究代表者：長崎 栄三（国立教育政策研究所）

サブテーマ2：科学者コミュニティや産業界等の国民の科学技術リテラシーに関する意見集約・類型化調査

サブテーマ研究代表者：服田 昌之（お茶の水女子大学）

サブテーマ3：科学技術リテラシー像の策定に関する検討課題に関する分析

研究代表者：北原 和夫（国際基督教大学）

サブテーマ3は、サブテーマ1と2の調査結果を総合するとともに、具体的に科学技術リテラシー像策定のための戦略を検討し、具体的な例示を行うものである。したがって、日本学術会議の若者の科学力増進特別委員会のメンバーは、基本的にサブテーマ3を担当することになった。

(3) 研究の成果

研究は平成17年7月から開始し、3つのサブテーマの研究を並行して進めた。最終的には、次の3冊の報告書を作成し、関係部署に配布した。

- ・『「科学技術リテラシー構築のための調査研究」報告書』。国際基督教大学。平成18年3月。
- ・『「科学技術リテラシー構築のための調査研究」サブテーマ1 科学技術リテラシーに関する基礎文献・先行研究に関する調査 報告書』。国立教育政策研究所。平成18年3月。
- ・『「科学技術リテラシー構築のための調査研究」サブテーマ2 科学者コミュニティや産業界等の国民の科学技術リテラシーに関する意見集約・類型化 報告書』。お茶の水大学。平成18年3月。

2. 科学技術リテラシーの我が国や諸外国の状況

科学技術リテラシーに関する基礎文献・先行研究に関する調査においては、我が国における科学技術リテラシー研究の傾向、諸外国における科学技術リテラシーの研究の傾向、我が国における児童生徒・学生の科学技術リテラシーの現状、『すべてのアメリカ人のための科学』の特徴などを明らかにした。

(1) 我が国における科学技術リテラシー研究の分析

我が国における科学技術リテラシーに関係する基礎文献や先行研究を整理・分析し、それらを改めて科学技術リテラシーとして捉え直し、我が国の科学技術リテラシー論についての体系化を図り、我が国の科学技術リテラシーを策定する上での学問的基盤を作ることが目的である。

そこで、我が国で発行されている科学技術、理科教育・科学教育、算数・数学教育、技術教育、博物館教育、教育学などにかかわる40誌の学会誌・専門雑誌の1970年以降の論文等を分析対象とした。本分析で対象とした、学会誌・専門雑誌、調査年、及び、分野別のリテラシーに関する論文等数、リテラシー関係論文の初出年をまとめると、表1の通りである。

表1 分野別の分析対象の学会誌・専門雑誌とリテラシー関係論文数

分野	分析対象の学会誌・専門雑誌	論文等数	初出年
科学技術	『日本学術会議月報』(日本学術会議事務局) 1970-1996 『学術の動向:JSCニュース』(日本学術協力財団) 1996-2005 『科学』(岩波書店) 1970-2005 『日経サイエンス』(日本経済新聞社) 1970-2005 『S&T ジャーナル, 科学技術ジャーナル』(科学技術広報財団) 1992-2005 『パリティ』(丸善) 1985-2005 『数学セミナー』(日本評論社) 1970-2005 『数学のたのしみ』(日本評論社) 1997-2002	60点	1984年
理科教育・科学教育	『理科教育学研究, 日本理科教育学会研究紀要』(日本理科教育学会) 1978-2005 『理科の教育』(日本理科教育学会) 1970-2005 『科学教育研究』(日本科学教育学会) 1977-2005 『日本科学教育学会年会論文集』(日本科学教育学会) 1977-2005 『研究報告』(日本科学教育学会) 1986-2005 『物理教育』(日本物理教育学会) 1970-2005 『化学と教育, 化学教育』(日本化学会) 1970-2005 『生物教育』(日本生物教育学会) 1970-2005 『地学教育』(日本地学教育学会) 1978-2005 『環境教育』(日本環境教育学会) 1991-2005	306点	1985年
算数・数学教育	『日本数学教育学会誌・数学教育学論究』(日本数学教育学会) 1970-2005 『日本数学教育学会誌・数学教育』(日本数学教育学会) 1970-2005 『日本数学教育学会誌・算数教育』(日本数学教育学会) 1970-2005 『数学教育論文発表会論文集』(日本数学教育学会) 1970-2005 『日本数学教育学会誌・総会特集号』(日本数学教育学会) 1970-2005 『全国数学教育学会誌・数学教育学研究』(全国数学教育学会) 1995-2005 『数学教室』(数学教育協議会) 1970-2005 『教育科学数学教育』(明治図書) 1970-2000 『教育科学算数教育』(明治図書) 1970-1999 『新しい算数研究』(新算数教育研究会) 1970-2005	168点	1982年

分野	分析対象の学会誌・専門雑誌	論文等数	初出年
技術教育	『日本産業技術教育学会誌』(日本産業技術教育学会) 1970-2005 『産業教育学研究』(日本産業教育学会) 1970-2005 『技術教育研究』(技術教育研究会) 1972-2005 『技術教室』(産業教育研究連盟) 1970-2005 『産業教育』(文部省職業教育課) 1970-2001 『教育と情報』(文部省大臣官房情報処理課) 1970-2001	148点	1982年
博物館教育	『博物館学雑誌』(全日本博物館学会) 1975-2005 『日本ミュージアム・マネジメント学会研究紀要』(日本ミュージアム・マネジメント学会) 1977-2005 『博物館研究』(日本博物館協会) 1970-2005	6点	2000年
教育学	『教育学研究』(日本教育学会) 1970-2005 『教育』(国土社) 1970-2005 『教科教育学会誌』(日本教科教育学会) 1970-2005 『現代教育科学』(明治図書) 1970-2005	147点	1981年
合計		835点	

①我が国における科学技術リテラシーの全体的な傾向

調査対象とした1970年以降では、科学技術リテラシーを主題とした論文等は、1981年から見出され、全体では約850点あった。これらすべてについて論文等一覧表を作成した。

研究の盛んな時期は3回あり、1980年代末は技術教育でコンピュータ・リテラシーが論じられ、1990年代後半には理科教育で科学的リテラシーが論じられ、2001年以降は教育学を中心にOECDの生徒の学習到達度調査(PISA)のリテラシーが論じられている。

これらの科学技術リテラシーは、その用語から次のように分類できる。

- 1) 「科学技術」：科学技術リテラシー，科学・技術リテラシー，サイエンティフィック・テクノロジーカル・リテラシー
- 2) 「科学」：科学リテラシー，サイエンスリテラシー，サイエンス・リテラシー，自然科学リテラシー，グローバル・サイエンス・リテラシー
- 3) 「科学的」：科学的リテラシー，科学的リテラシィ，市民科学リテラシー，サイエンティフィックリテラシー
- 4) 「STS」：STSリテラシー
- 5) 「環境」：環境リテラシー，環境科学リテラシー
- 6) 「地学」：地学リテラシー，アースリテラシー
- 7) 「数学」：数学的リテラシー，ニューメラシー，マテラシー，Mathemacy
- 8) 「統計」：統計的リテラシー
- 9) 「技術」：技術リテラシー，テクノロジーリテラシー
- 10) 「コンピュータ」：コンピュータリテラシー，コンピュータ・リテラシー
- 11) 「情報」：情報リテラシー，インフォメーション・リテラシー
- 12) 「メディア」：メディアリテラシー，メディア・リテラシー，マルチメディアリテラシー
- 13) 「ミュージアム」：ミュージアム・リテラシー
- 14) 一般的：リテラシー
- 15) その他

全体的に見ると、我が国の科学技術リテラシー研究の特徴として、個人研究が主体であること、外国の動向が研究の契機であること、定義が多様であること、教育内容論に傾斜しがちであること

が挙げられる。

なお、リテラシーという概念自体に歴史的に多義性があることも明らかにされている。一方の極に「高度で優雅な教養」があり、他方の極に「読み書き能力」(識字)がある。このほかに我が国では「素養」という使い方もある。科学技術リテラシー策定の際に注意しておく必要がある。

②理科教育・科学教育におけるリテラシー

理科教育におけるリテラシーの論文等は、1970年以降で約250点あり、1985年に初めて見られ、その後、1990年代に増え始め95年には頂点に達する。その後、10点から20点で推移している。

理科教育におけるリテラシー論は、リテラシーの定義について内包的、外延的の両面からの研究がなされている。しかしながら、その多くは外国の影響を受けたものである。リテラシーの育成に関しては、研究者集団として、教育課程や育成に適した内容や評価に関する議論がなされたこともあった。しかしながら、学会組織として理科教育におけるリテラシーの教育に関する全体的な構想を論じるようなことはなかった。

なお、理科教育においては、内外の種々の科学的リテラシーについて、その概念の外延が詳しく論じられている。それらを日本での発表順にまとめると、表2の通りである。

これらからすると、ほとんどの科学的リテラシー論が、科学の本質、科学と社会・技術、科学の知識、科学の技能、科学の思考法などを含んでいる。

表2 理科教育・科学教育における科学的リテラシー

リテラシー論の主唱者・紹介者	科学的リテラシーの構成要素
長洲南海男(1987):バイビー(Bybee,1985)によるNSTAのリテラシー	①科学と技術の諸概念, ②科学的, 技術的探求, ③科学, 技術, 社会の相互関係
平一弘(1988)・鶴岡義彦(1993)・古田良一(1998):ペラら(Pellaら,1966)による分類	①科学的知識, ②科学の本質, ③科学の倫理, ④科学と文化, ⑤科学と社会, ⑥科学と技術
三宅征夫(1992)	①科学的物事・現象について記述する能力, ②科学的物事・現象に関して読む能力, ③科学的物事・現象に関して意見を述べるのできる能力, ④科学的な事実, 概念, 原理, 理論についての知識と理解, ⑤科学的な知識を応用する能力, ⑥問題解決のプロセスを使用する能力, ⑦望ましい科学観を持つこと, ⑧科学的態度と関心を持つこと, ⑨科学の本質を理解すること, ⑩社会における科学と技術と環境の関連を理解すること
鶴岡義彦(1993)・広瀬正美(1997):クローパー, エイジン(Klopfer & Agin)の分類	①科学・技術の概念, ②探求のプロセス, ③科学・技術・社会の関係
下條隆嗣(1995)	①自然の性質や環境についての基礎・基本的知識, ②科学技術と生活・産業の関連, ③科学技術についての総合的認識, ④未知なるものへの挑戦する意欲, ⑤創造性, ⑥問題解決, ⑦システムの思考
中山玄三(1996):ガルシア(Garcia,1985)による4つのカテゴリー	①科学の基礎的知識, ②科学の探求的特性, ③科学の思考過程, ④科学・技術・社会の相互関連
中山玄三(1996):シャンペーン, クローパー(Champagne & Klopfer)による5つのカテゴリー	①科学の重要な事実, 概念, 原理, 理論に関する知識, ②日常生活場面への科学的知識の応用, ③科学的探究の過程を用いる能力, ④科学の特性, 科学・技術・社会の関連についての一般的な考え方の理解, ⑤科学に関する学識ある態度と興味
中山玄三(1996):AAAS(1990)による6つのカテゴリー	①創造的思考力・合理的思考力, ②倫理的・道徳的判断のための価値観と態度, ③環境と地球社会との相互依存関係についての理解, ④全体論的思考力, ⑤問題解決のための科学的概念, 事実ならびに原理の応用, ⑥科学的機器の操作と情報伝達
霜田光一(1997)	①科学の基礎的概念, 基礎法則とその意義を理解する, ②科学的見方, 考え方,

リテラシー論の主唱者・紹介者	科学的リテラシーの構成要素
	実験観察、探求の過程などの科学的方法を身につける、③新聞の科学記事が読める。興味を持ち、理解できる。④物ごとの客観的判断力。特に科学技術の社会的意義を評価できる。
長洲南海男監修(2001)『全米科学教育スタンダードーアメリカ科学教育の未来を展望するー』の章構成	(1)統合概念と過程、(2)探究としての科学、(3)物理科学、(4)生命科学、(5)地球・宇宙科学、(6)科学と技術、(7)個人的・社会的な展望における科学、(8)科学の歴史と本質
熊野善介(2002):バイビー(Bybee,1997)の5段階論	a. 無科学的リテラシー(illiteracy), b. 名称上の科学的リテラシー(Nominal Scientific Literacy), c. 機能的な科学的リテラシー(Functional Scientific Literacy), d. 概念的方法的な科学的リテラシー(Conceptual and Procedural Scientific Literacy), e. 多次元な科学的リテラシー(Multidimensional Scientific Literacy)
熊野善介(2002):OECD・PISAの3つの観点	①科学の概念、②科学の方法、③状況
磯崎哲夫(2003):ソロモン(Solomon)の定義	①科学(に関する文書等)が読め、理解できる能力、②科学についての(自分自身の)意見を表現する能力、③現在はもとより将来に対しても、現代科学に注意を払うこと、④民主的な意志決定に参加すること、⑤科学、技術、社会の相互作用を理解すること
磯崎哲夫(2003):ドライバーら(Driverら)の定義	①科学の内容の理解、②探求の科学的アプローチ、③社会的事業としての科学の理解
清水欽也(2004):ミラー(Miller,1983;1995)の定義	①科学的用語の概念、②科学的手続き、③科学技術の社会的影響
日米理数教育比較研究会(2005):AAASの「すべてのアメリカ人のための科学」(1989)の章構成	第1章 科学の本質、第2章 数学の本質、第3章 技術の本質、第4章 物理的背景、第5章 生命環境、第6章 人間(ヒト)、第7章 人間社会、第8章 設計された世界、第9章 数学の世界、第10章 歴史的観点、第11章 共通の主題、第12章 思考の習慣、第13章 効果的な学習と指導、第14章 教育改革、第15章 次の段階

③算数・数学教育におけるリテラシー

数学教育におけるリテラシーに関する論文等は、1970年以降で約110点あり、1984年に初めて見られた。数学的リテラシーの議論は、1980年代半ばから始まったが、2000年初頭から顕著に増えている。

数学教育におけるリテラシー論については、リテラシーの定義を内包的に述べた上での研究は多いが、リテラシーの構造や外延についての議論はほとんどなされてはいない。その上で、リテラシーの育成に関して、教育課程、育成に適した内容、評価に関する議論がなされている。また、日本数学教育学会や日本数学会などが学会組織として数学的リテラシーに触れたことはあったが、その構造や教育に関する全体的な構想までには至らなかった。

④技術教育におけるリテラシー

技術教育におけるリテラシーに関する論文等は、1970年以降で約140点あり、1982年に初めて見られた。それらはテクノロジーリテラシー、コンピュータリテラシー、情報リテラシー、メディアリテラシーに関したものである。

技術教育におけるリテラシー論については、2005年に日本工学アカデミーが発表した、『技術リテラシーと市民教育』は、我が国で初めて組織的に科学技術リテラシーに取り組んだ研究として特筆すべきものとなっている。

⑤博物館教育におけるリテラシー

博物館教育におけるリテラシーに関する論文等は、1970年以降で10点あり、2000年に初めて見られた。

博物館教育におけるリテラシーについては、リテラシーの議論が始まったばかりである。そこで

は、ミュージアム・リテラシー、博物館のリテラシー、科学技術リテラシー、科学リテラシー、自然史リテラシー、メディア・リテラシーといった様々なリテラシーが議論されている。その中で、ミュージアム・リテラシーは「博物館を使いこなす力」とされている。

(2) 諸外国における科学技術リテラシーの研究の分析

アメリカ、カナダ、イギリス、中国などの諸外国の科学技術リテラシーの状況、OECDやユネスコにおける科学技術リテラシーの状況をまとめた。それらを科学的リテラシー、数学的リテラシー、技術リテラシーとしてまとめた。

①アメリカ・イギリス・カナダ・中国・国際機関における科学的リテラシー論

アメリカでは、科学的リテラシー論が、様々な教育的・社会的な状況変化に伴って、意味内容が知識理解レベルから情意的・行動的レベルへと深化・拡張されてきている。1958年に、科学教育の目標を示す言葉として初めてハードによって使用された「科学的リテラシー」という用語は、科学教育を科学者・技術者養成のための専門教育として捉える立場へのアンチテーゼとして登場した。その後、議論の過程で様々な批判的な立場も提起され、さらには科学的リテラシー論の背後に潜むイデオロギー性も明らかになってきている。

また、アメリカでは、科学教育のあり方について、誰もがより良い市民となるための準備として提言され、内容面では、自然科学領域の枠組みを踏襲しながらも、社会との関連や科学史、探究としての科学などの視点にも配慮したカリキュラムが提案されるよう変化している。このような変遷は、科学的リテラシーを特徴づける側面とも重なっており、科学教育の目的と科学的リテラシーとは表裏の関係にある。

カナダでは、1997年に科学教育の全国的な目標実現のために「幼稚園から第12学年までの科学の学習成果に関する共通フレームワーク」が策定された。これは、すべての生徒が科学的リテラシーを発達させる機会を持つようにするというビジョンに基づいて開発され、科学的リテラシーを、「科学とテクノロジーと社会と環境」「スキル」「知識」「態度」の4つの「基礎力」から捉えている。

イギリスでは、20世紀初頭には「すべての生徒のための科学」がすでに明確に学校教育を対象にスローガンとして掲げられ、1985年には「科学の公衆理解」が学校教育を含む生涯教育の文脈で論じられている。そして、これ以降、主として学校教育の文脈において「科学的リテラシー」について議論されるようになった。

中国では、「科教興国」という国家戦略の下、2049年には全国民が科学的素養を備えることを目指して、着実な措置をとっている。そして、国民の科学的素養を高めるには、学校教育において青少年の科学的素養を育成することが重要であると認識されている。青少年の科学的素養の指標には、おおむね知識領域、能力領域、情意領域という3つの要素が含まれている。

UNESCOでは、「科学的リテラシー」の言葉は「プロジェクト2000+」の中で急速に用いられ始めた。1994年には「科学技術リテラシー、意味と論理的な根拠」が作成され、科学的リテラシーの論理的な根拠が示された。その一方で、OECD・PISAにおいては、明確な「科学的リテラシー」の定義が行われ、「科学的な知識又は概念」、「科学の方法」、「状況又は文脈」という3つの領域が示された。

②アメリカ・イギリス・国際機関等における数学的リテラシー論

アメリカでは、1980年以降、数学的リテラシーを「目的として」捉える立場と「方法として」捉える立場があり、それらは、数学を目的として見て数学的な力の獲得を目指す立場と、数学を道具

として見て科学技術における言語の役割を重視する立場とにそれぞれ対応している。前者は、全米数学教師協会（NCTM）などの立場であり、後者はスティーンの立場である。

イギリスでの数学的リテラシーに相当する概念や言葉は「ニューメラシー」であり、1959年のクラウザー報告で定義された。それ以降今日まで、ニューメラシーのとらえ方は多様である。1982年のコッククロフト報告では、数学学習の意義としてコミュニケーションが挙げられている。その後の国家カリキュラム全体を通じてスキルの育成を目指している。

OECD・PISAの数学的リテラシー、ユネスコの「すべての人々のための教育」の数学的リテラシー、統計教育国際連合の統計的リテラシーは、それぞれのねらいによって規定の重点が異なるものの、数学的な知識・技能が使えるかどうかという「識字力」の意味を超えて、個人が数学的な知識・技能を活用して自分のおかれた状況を批判的・反省的にとらえる力を含むという意味を共有している。

数学教育学者エバ・ヤブロンカは、数学的リテラシーに関わる様々な文献をレビューし、数学的リテラシーの多様な捉え方・考え方を、人的資本の開発のための数学的リテラシー、文化的アイデンティティのための数学的リテラシー、社会変化のための数学的リテラシー、環境についての意識のための数学的リテラシー、数学を評価するための数学的リテラシー、の5つにまとめている。

③アメリカの技術リテラシー論

アメリカの数学・理科・技術科の統合学習（IMaST）では、技術科の学習が、科学的思考方法や数量的思考方法を使って様々な問題解決を行う。IMaSTの学級における問題解決過程の活動は、明確化する、検討する、計画する、実行する、意見交換する、の相互作用からなる。

（3）我が国における児童生徒等の科学技術リテラシーの現状

我が国における児童生徒等の科学技術リテラシーの現状を見るために、理科、算数・数学について、平成15年度教育課程実施状況調査、国際数学・理科教育動向調査2003年調査の結果を再分析した。さらに、技術については、技術の学力に関する国際共同調査の結果をまとめた。

①理科教育における児童生徒の状況

平成15年度教育課程実施状況調査（理科）における小学5年、小学6年、中学1年、中学2年、中学3年の児童生徒の通過率に基づき、主に通過率が80%以上の問題について分析を行った。その結果、通過率80%以上の問題が該当する内容、観点で小学校と中学校には大きな違いが見られた。例えば、小学校段階では通過率80%以上の問題が半数近くを占める「生物とその環境」や「地球と宇宙」の内容に関わる中学校の第2分野において通過率80%以上の問題が占める割合は15%程度であった。

国際数学・理科教育動向調査2003年調査（理科）における小学4年と中学2年の児童生徒の正答率に基づき、主に正答率が80%以上の問題について分析を行った。正答率80%以上の課題を検討したところ、平均正答率の高い内容の多くは学校の授業で取り組んだ学習や活動に結びつくものが多いことが示唆された。

②算数・数学教育における児童生徒の状況

平成15年度教育課程実施状況調査（算数・数学）における小学5年、小学6年、中学1年、中学2年、中学3年の児童生徒の通過率に基づき、主に通過率が80%以上の問題について分析を行った。通過率が80%以上の問題は、領域別では「数と計算」（または「数と式」と「図形」の領域に多いことが特徴で、例えば計算の意味や関係の理解に関わるものもあり、単に計算ができていないだけではない。逆に、「数量関係」領域には少ない。観点別では「表現・処理」「知識・理解」の観点

に多い。

国際数学・理科教育動向調査2003年調査（算数・数学）における小学4年と中学2年の児童生徒の正答率に基づき、主に正答率が80%以上の問題について分析を行った。正答率が80%以上の問題は、内容領域別ではどちらの学年でも「資料・確率」の領域に多く、また、中学校2年では「幾何」の領域にも多い。認知的領域別では、どちらの学年でも「用いる」の領域に多い。出題形式別では、どちらの学年でも「記述」よりも「選択肢」の形式に多い。

③技術教育における生徒・学生の状況

日米韓3か国の子どもの技術的教養を評価するテストを使い、2005年に日本の中学2年、高校2年及び技術系教員養成課程在籍の大学1・2年の生徒・学生を調査した。その結果、中学校技術科として実施されている普通教育としての技術教育は、技術的教養の伸張およびジェンダー格差の解消に貢献していること、子どもの技術的教養は今日の日常生活では培われず、学校での意図的教育によってのみ養うことができること、技術的教養をめぐる課題は、普通高校生への技術教育の提供と中学校技術科の教育内容の抜本的拡充にあること、が示唆された。

（4）『すべてのアメリカ人のための科学』の分析

アメリカの米国科学振興協会（AAAS）のプロジェクト2061は、1989年にアメリカ人のための科学的リテラシーに関する報告書として『すべてのアメリカ人のための科学』を公表した。すべてのアメリカ人が身につける目標としての科学的リテラシーを詳述すると共に、それを達成するための教育課程についても触れたものであった。これは1950年代から80年代にかけてのアメリカ（理科）教育改革の流れの中で開発されるに至ったものであった。80年代の改革のねらいが、主に「あらゆる市民のための科学的リテラシー育成」にあり、プロジェクト2061は、その先導的な役割を果たしてきた。

プロジェクト2061によって作成された『すべてのアメリカ人のための科学』と、それと並行して作成された生物、物理、数学、社会科学、技術などの各専門分野のパネル報告書の目次や序文などを通して、プロジェクト2061で作られた「科学的リテラシー」の全体的な概観や、科学的リテラシーの定義、科学的リテラシー策定の条件、科学的リテラシーの性格、科学的リテラシーの項目選定の規準、科学的リテラシーと科学教育課程の関係などを見ることができる。

本研究会で招聘したプロジェクト2061のディレクターを務めた、ラザフォード博士とネルソン教授との本研究会での質疑応答を通して、『すべてのアメリカ人のための科学』の作成のための運営組織や経費、プロジェクト2061の運営組織などが詳細に分かった。

3. 科学者コミュニティや産業界等の国民の科学技術リテラシーに関する意見

（1）アンケートによる意見集約とその分析

科学技術リテラシーについて既に何らかの考えがあると期待される層を中心に、「水」・「エネルギー」・「科学リテラシー」について、ウェブアンケートを行い、総数1079の回答を得た。回答者の業種は、大学15%、その他教育36%、産業界11%、学生12%であった。理系が86%、学生時代に理科が好きだったのは95%であった。

「水」と「エネルギー」は具体的な個別の知識等に対する理解要求度を質問した。回答結果をまとめると、表3、表4の通りである。回答の傾向では、まず、全体に高いレベルが要求される結果

となった。理科好きや理系職種の回答者が多いと、自身が容易に理解したり既に知っている事柄が多く、それらを常識レベルに求める傾向があるためと推測された。

「水」と「エネルギー」での回答分布を比較すると、「エネルギー」では理解要求度が低い項目が無いのに対し、「水」では項目によって高低の差が見られた。「水」の中では、環境と生活に関わる項目で要求度が高かった。「エネルギー」では、いずれの設問もやや難易度の高い設定であったにもかかわらず、理解要求度が低くないというのは、生活や環境との関わりが密接であるためと思われる。自由記述での意見でも、「水」「エネルギー」共に、生活や環境に関わる事項の理解が重要とする記述が多かった。

科学リテラシーという単語そのものは半数が知らなかった。この比率から、科学リテラシーという言葉と概念の普及状況が、順調に進んでいると考えるか、滞っていると考えるかは、意見の分かれるところかも知れない。

科学技術リテラシーの内容として想定するのは、「科学技術分野の知識と科学的なものの見方・考え方の両方」が半数ほどと最も多かった。製造業では科学の基礎知識が必要とする意見が多く、これは職業による特徴であると推測された。

表3 「水」についての回答結果

水に関して、以下のことを理解していることは、市民として必要だと思いますか？ 各項目の内容をご存知かどうかにかかわらず、直感的に選択肢の中から選んで下さい。					
A. 国民全てが理解していることが望ましいと思う。 B. 理解していることが好ましいが、さほど重要ではない。 C. 専門家が理解していればよい。 D. 判断しかねる。					
設 問	A	B	C	D	無回答
1. 水分子は、水素原子2個と酸素原子1個からできている。	57.4%	38.2%	3.9%	0.4%	0.2%
2. 泳ぐときに水の抵抗が大きいのは、水分子どうしの引きあう力が強いからである。	10.8%	50.7%	33.6%	4.5%	0.4%
3. 食塩（塩化ナトリウム）が水に溶けると、プラスの電気的性質を持つナトリウムイオンとマイナスの電気的性質を持つ塩素イオンとなる。	42.0%	43.5%	12.7%	1.5%	0.4%
4. 水溶液の pH の数値が1小さくなるのは、水素イオン濃度が10倍多くなることである。	14.2%	46.4%	37.3%	1.8%	0.4%
5. 何種類かの物質の溶解度の違いを調べる実験のとき、同じ温度でないと正確な比較ができない。	49.5%	35.6%	13.3%	1.5%	0.2%
6. 洗剤が油を水に溶かすのは、洗剤分子には水になじむ部分と油になじむ部分の両方があるからである。	45.0%	44.5%	9.1%	1.1%	0.3%
7. 物質が水に溶けるのは、その分子が水分子と電気的に引きあうからである。	14.5%	51.0%	31.1%	3.0%	0.6%
8. 水（液体）は温かいほど比重が小さいのは、水分子の運動量が大きくぶつかりあって水の体積が増すからである。	17.5%	47.5%	31.7%	3.1%	0.2%
9. 18グラムの水は、およそ6兆の1千億倍の数の水分子からなる。	7.5%	30.7%	57.3%	4.1%	0.5%
10. 植物は、光のエネルギーを用いて、水と二酸化炭素から炭水化物を作る。	86.1%	11.8%	1.2%	0.4%	0.6%
11. 地球の体積に対して海水の体積は非常に少ない。	47.5%	39.9%	9.3%	3.0%	0.4%
12. 冬の日本海側の豪雪は、黒潮の暖かい水が蒸発したものである。	41.2%	42.6%	10.9%	4.7%	0.5%
13. 海には海流があり、海水は地球規模で循環している。	81.6%	15.3%	2.0%	0.7%	0.5%
14. 大潮や小潮といった海の干満の変化は、太陽と月と地球の位置関係による。	68.4%	27.5%	3.6%	0.2%	0.3%
15. 冬の晴れた夜間には表層の海水が冷えて重くなるため	19.8%	51.1%	25.5%	3.2%	0.4%

に沈み、底層との間で対流が起こる。					
16. 下水の浄化には微生物の働きが取り入れられている。	77.4%	19.5%	2.2%	0.5%	0.5%
17. 飲料水は、蒸発と降雨による自然の水浄化に頼る部分が大きい。	73.6%	20.0%	3.7%	2.3%	0.4%
18. 水道水の塩素系漂白剤による消毒は、塩素系漂白剤の大量摂取による害の可能性よりも、安価に感染症を防げるメリットのほうがはるかに大きい。	60.4%	25.9%	5.7%	7.7%	0.4%
19. 地下水は、通過した地層によっては有害な物質を含むことがある。	82.6%	13.4%	2.7%	1.0%	0.4%

表4 「エネルギー」についての回答結果

エネルギーに関して、以下のことを理解していることは、市民として必要だと思いますか？ 各項目の内容をご存知かどうかにかかわらず、直感的に選択肢の中から選んで下さい。					
A. 国民全てが理解していることが望ましいと思う。					
B. 理解していることが好ましいが、さほど重要ではない。					
C. 専門家が理解していればよい。					
D. 判断しかねる。					
設 問	A	B	C	D	無回答
1. 電気・光・運動・熱など、エネルギー形態が変換されても、エネルギーの量は変わらない。	63.3%	29.2%	5.4%	1.8%	0.4%
2. エネルギー形態を変換させる装置では、エネルギーの一部しか変換できず、残りは熱として排出する。	61.0%	30.4%	7.1%	1.2%	0.3%
3. 物体が動く運動エネルギーの大きさは、その物体の質量に比例する。	44.6%	43.9%	10.3%	0.7%	0.5%
4. 自動車がブレーキをかけて止まる時、運動エネルギーは熱となって放出される。	44.1%	44.4%	8.7%	2.0%	0.8%
5. 機械の電力消費能力と稼働時間をかけたものが、消費される電気エネルギーの量となる。	44.0%	41.2%	12.4%	2.0%	0.4%
6. 太陽から放出されている熱と光のエネルギーは核融合によって生じている。	34.9%	44.2%	19.4%	1.0%	0.6%
7. 燃焼とは、物質が酸素と結合して化学エネルギーを熱エネルギーに急速に変換することである。	51.4%	38.3%	8.8%	1.2%	0.3%
8. 化石燃料の燃焼による熱は、過去の太陽光エネルギーに由来する。	48.3%	34.9%	12.6%	3.9%	0.4%
9. ヒトは休息時であっても、体温発生や神経活動のために多くのエネルギーを必要とする。	74.2%	22.5%	2.1%	0.7%	0.5%
10. ヒトの生存に酸素が必要なのは、食物から化学エネルギーを取り出すのに酸素を用いているからである。	60.2%	32.0%	5.8%	1.9%	0.3%
11. 地球に降りそそいだ太陽光エネルギーの多くは、熱エネルギーとして地球から宇宙空間へ放出される。	38.7%	47.1%	12.1%	1.9%	0.4%
12. 地表の熱が宇宙空間に放出されるとき、雲は熱を反射するため、晴天のほうが夜間に気温が大きく下がる。	57.7%	34.3%	7.0%	0.8%	0.3%
13. 熱によって気体の体積が増える（膨張する）のは、熱エネルギーが気体分子の運動エネルギーに変換されるからである。	23.1%	52.7%	21.3%	2.3%	0.6%
14. 原子力発電では、核反応による熱で水を気体（水蒸気）にして運動エネルギーに変換し、風車を回して電気エネルギーに変換する。	50.0%	38.4%	9.8%	1.6%	0.3%
15. エネルギーは拡散しやすく、エネルギーを集めるにはエネルギーが必要である。	40.7%	35.8%	18.5%	4.5%	0.6%
16. 現在の技術では、エネルギーを長期間にわたって蓄積することは、化学エネルギーの形態以外では損失が多いか困難である。	37.2%	35.9%	22.5%	3.9%	0.6%
17. 電力の単位ワットは、電気エネルギーの量そのものを表すのではなく、時間あたりに変換される電気エネルギーの量を表す。	36.2%	46.5%	14.6%	2.0%	0.6%

18. 電線によって電気エネルギーを運ぶには、送電距離に比例した損失がある。	46.2%	40.5%	11.8%	1.0%	0.6%
19. 原子力発電は、放射性廃棄物が出るデメリットがあるが、火力発電を減らすことで二酸化炭素排出量削減や化石燃料枯渇の先延ばしといったメリットがある。ただし、そのメリットとデメリットのどちらを重視するかについての社会的合意は十分に得られてはいない。	63.3%	29.2%	5.4%	1.8%	0.4%

(2) インタビューによる意見集約

産業界で要職に就いておられる方を主な対象とし、科学技術リテラシーに関する意見を21名から聴取した。科学技術リテラシー像や現状認識について、回答者の経歴による違いについては一貫した特徴は見いだせなかった。

科学技術リテラシーとして重要と考えるものは、身の回りの物事に関する基本的な知識や考え方で、知識よりも、概念の理解・論理性・知識の使い方・情報収集技能がより重要という意見が多かった。時代背景から、情報関連のスキルとモラル、サステナビリティの考え方も必要との指摘があった。さらに、基本的な想像する力・工夫する力・物事を掘り下げて考える力がまず必要という意見が多かった。またリテラシーを身に付けるためには、専門性による軸が必要との指摘もあった。一方、生活に直接関わる科学技術の進展の進歩は日進月歩でめざましく、最低限必要とされる科学技術分野の知識も高度化するものと思われるため、知っていることが望ましい知識は膨大で網羅するのは不可能、また、知識は必要に応じて得ればよい、との意見が多かった。

日本人の科学技術リテラシーの現状に対する認識は、充分とする意見と不十分とする意見が拮抗する結果となった。

科学技術リテラシー向上のためには、教育の役割は重要、次いでメディアが重要で、いずれも改善の余地が大きいとの意見がほとんどであった。教育において科学技術分野の理解が身に付かない理由として、理科分野の楽しさに触れる機会が不足、教育内容が生活に直結していない、体験が少ない、知識ばかり過剰に与えられ過ぎ、といった指摘があった。

職業人として要求される専門の能力と基本的な素養とは別のものであるという意見が多かった。

4. アメリカにおける科学技術リテラシー構築の状況

アメリカでは、米国科学振興協会が1989年に科学技術リテラシーを発表し、アメリカのみならず世界的に大きな影響を与えた。

本調査研究においては、この米国科学振興協会の科学技術リテラシーの構成等を分析するとともに、この構築に関わった関係者を我が国に招聘しアメリカの科学技術リテラシーの状況についての講演会を開催し、さらに科学技術リテラシーの構築の体制や運営等についてのヒアリングを行った。

(1) 米国科学振興協会の「プロジェクト2061」と『すべてのアメリカ人のための科学』

アメリカでは、1980年代、当時の科学教育の危機に対処するために、科学教育改革についての多くの提言がなされるようになり、その中で、すべてのアメリカ人のために科学技術リテラシーの育成の必要性が叫ばれるようになった。

そこで、米国科学振興協会(American Association for the Advancement of Science:略称, AAAS)は、1985年に科学教育改革プロジェクト「プロジェクト2061」(Project 2061)を開始し、1989

年に『すべてのアメリカ人のための科学』(Science for All Americans)を発刊し、すべてのアメリカ人のための科学技術リテラシー(Scientific literacy)を公にした。それと同時に、そのもとになった5つの専門分野の『パネル報告書』(生物学・健康科学、数学、物理学・情報科学・工学、社会科学・行動科学、技術、の5冊)も発刊している。

「プロジェクト2061」の名称は、このプロジェクトが始まった1985年にハレー彗星が地球に接近したことに由来しており、しかも、ハレー彗星が次に地球に接近する2061年をその名称に入れることによって、「プロジェクト2061」が壮大な教育改革であることを示唆している。

「プロジェクト2061」は、科学教育改革を3段階で考えている。第1段階は、科学技術リテラシーを明確にする段階である。第2段階は、科学技術リテラシーに基づいて、カリキュラム開発を行い、教材や教育方法を開発し、教師教育を行う段階である。第3段階は、第1、第2段階の成果を生かして科学技術リテラシー向上のための活動を全国的に展開していく段階である。

(2) ラザフォード博士のヒアリングの結果

ラザフォード博士(F. James Rutherford)を招聘して平成17年8月28日にヒアリングを行なった。ラザフォード博士は、現在、米国科学振興協会(AAAS)の教育顧問である。米国科学振興協会の元教育部長で、プロジェクト2061の創始者で初代ディレクター(1985-1998)であり、『すべてのアメリカ人のための科学』の作成責任者である。元ハーバード大学教授で、物理学で著名である。ラザフォード博士は、前日の8月27日には、「すべての人のための科学技術リテラシー」(Science Literacy for Everyone)と題した講演を行い、科学技術リテラシーの必要性、科学技術リテラシーとは何かなどについて話された。ヒアリングの主な内容は次の通りであった。

- ①プロジェクト2061の第1段階『すべてのアメリカ人のための科学』作成時の運営
- ②『すべてのアメリカ人のための科学』のためのパネルの活動
- ③『すべてのアメリカ人のための科学』のためのパネルの討議内容
- ④『すべてのアメリカ人のための科学』の作成
- ⑤『すべてのアメリカ人のための科学』の考え方

(3) ネルソン教授のヒアリングの結果

ネルソン教授(George D. Nelson)を招聘して平成18年3月5日にヒアリングを行なった。ネルソン教授は、現在、西ワシントン大学物理天文学科教授であり、米国科学振興協会のプロジェクト2061の前ディレクターである。大学で、物理学、天文学を修め、1978年から1989年にかけて宇宙飛行士として、チャレンジャー、コロンビア、ディスカバリーに搭乗し、NASAハッブル望遠鏡評価委員長などを歴任した。ネルソン教授は、前日の3月4日には、「科学技術リテラシーへのシステム・アプローチ」(A Systems Approach to Science Literacy)と題した講演を行い、世界をどう見るか、何が分かっているのか、次世代にとっての課題は何か、我々の戦略は何であったかなどについて話された。ヒアリングの主な内容は次の通りであった。

- ①プロジェクト2061の最近の運営
- ②プロジェクト2061の最近の組織
- ③『すべてのアメリカ人のための科学』の現在
- ④科学技術リテラシーへのアプローチ

5. 科学技術リテラシー像策定の意義

(1) 我が国の科学技術リテラシー像を策定する意義・必要性

科学技術リテラシーとは、「成人段階を念頭において、すべての人々に身につけて欲しい科学・数学・技術に関係した知識・技能・物の見方」であり、「科学技術リテラシー像」とは、その科学技術リテラシーをわかりやすく具体化し、文章化したものである。

現代の我が国において、科学技術リテラシー像を策定する意義・必要性は、具体的には、次の通りである。

- ①科学技術についての判断
- ②科学技術についての世代間の継承
- ③学校教育における理科，算数・数学，技術の学習の長期的展望
- ④科学技術教育の生涯にわたる目標の俯瞰

(2) 政策論議における科学技術リテラシー

日本国民の保持すべき「科学技術リテラシー像」を策定するという活動の必要性は政策課題として位置づけられている。国民の科学技術リテラシーの向上を求める政策議論は、例えば、次の答申、報告書等に見ることができる。

- ・平成11年1月26日：学術審議会学術研究体制特別委員会基本問題小委員会（第14回）
- ・平成13年8月9日：科学技術・学術審議会
「科学技術・学術振興に関する当面の重要事項について」（建議）
- ・平成15年版・16年版・17年版の『科学技術白書』
- ・平成17年4月8日：科学技術・学術審議会基本計画特別委員会
「第3期科学技術基本計画の重要政策（中間とりまとめ）」
- ・平成17年7月：文部科学省の科学理解増進政策に関する懇談会（座長：有馬朗人）
報告書「人々とともにある科学技術を目指して」
- ・平成17年12月27日：総合科学技術会議
「諮問第5号「科学技術に関する基本政策について」に対する答申」
- ・平成18年3月28日：閣議決定「第3期科学技術基本計画」

(3) 科学技術リテラシー像に期待されること

科学技術リテラシー像は、指針、素材、推進力、となることが期待される。具体的には、次の通りである。

①指針としての科学技術リテラシー像

- 1) 人々にとって、身につけるべき基礎的知識・考え方・行動の指針となる。
- 2) 科学館・博物館・学校等で活動内容を検討する際の指針となる。
- 3) メディアが科学技術コミュニケーションを考えたときの指針となる。
- 4) 政策担当者が科学技術と社会に関する政策を判断するときの指針となる。

②素材としての科学技術リテラシー像

- 1) 人々の科学技術への理解・関心を高める素材となる。
- 2) 人々が科学技術の内容・重要性・必要性を理解する素材となる。

3) 教員・科学者等が科学技術を説明する素材となる。

③推進力としての科学技術リテラシー像

- 1) 科学技術リテラシー像を策定する過程で、科学技術の意義や科学技術と社会との関係についての人々の関心が高まり、理解が進む。
- 2) 科学技術リテラシー像を策定する過程で、科学技術リテラシーの向上に関する国民と科学者等関係者との協働関係が強化される。

(4) アメリカの『すべてのアメリカ人のための科学』との比較

我が国で策定を目指している「科学技術リテラシー像」に相当するものとして、アメリカでは1989年に米国科学振興協会(AAAS)が『すべてのアメリカ人のための科学』(資料2参照)を公表している。我が国で「科学技術リテラシー像」を策定する場合には、『すべてのアメリカ人のための科学』に比して、我が国の現在の時代的背景、文化的背景などを踏まえなければならないのであり、新たな課題が出てくるであろう。そこで、『すべてのアメリカ人のための科学』を分析し、我が国で策定する「科学技術リテラシー像」の特徴を明らかにした。

アメリカの『すべてのアメリカ人のための科学』と比べて、我が国で策定する「科学技術リテラシー像」は、以下の4点を特徴とする。

- ①日本人の感性や伝統を考慮する。
- ②新しい時代の科学技術に即応する。
- ③技術も重要な柱とする。
- ④成人段階でもつべき科学技術リテラシーを考える。

6. 「科学技術リテラシー像」の具体的なイメージ

科学技術リテラシー像を策定する上では、総合的な科学技術リテラシー像と、科学技術の専門分野の個々のリテラシー像を策定する。後者の検討を行いながら、それらを総合する形で前者が作成される。最終的な目標は、総合的な科学技術リテラシー像であるが、科学技術の専門分野の個々のリテラシー像の検討においては、それぞれの分野の詳しいリテラシー像が描かれることになる。

(1) 科学技術リテラシーの専門分野別の報告書

科学技術の専門分野の構成については、学問体系によるものと、現在の社会課題によるものと考えられるが、本研究では、学問体系による専門分野の構成を提案する。その理由は、リテラシーを策定する過程では、まずは学問体系による専門分野で、すべての人々が共有すべき素養を検討する方が、現実的には議論が深まると考えられるからである。科学技術の専門分野として、次の7つの分野を考えた。

数理科学 (Mathematics)

生命科学・健康科学 (Biological and Health Sciences)

物質科学 (Materials Science)

情報科学 (Information Science)

地球環境科学 (Earth and Environment Sciences)

社会科学・人間行動学 (Social and Behavioral Sciences)

技術 (Technology)

このことから、本研究では、まず、これらの7つの専門分野の部会によるそれぞれのリテラシーに関する報告書ができることを想定する。

これらの専門部会の成果を活かし、また、それらを総合して、評議会によって「科学技術リテラシー像」が策定される。

(2) 科学技術リテラシー像の例

科学技術リテラシー像は、例えば150頁から200頁くらいの文章としてまとめられる。科学技術のそれぞれの専門分野のリテラシーを総合して、ひとまとまりの科学技術リテラシーとして記述する。

第1部で、「科学技術の本質」として、科学、数学、技術の本質について記述し、第2部の「各論」で、専門分野別に検討したリテラシーを、生命、人間、人間社会、環境（地球、宇宙、環境）、もの（物質）、数学的世界、情報社会、技術社会、の8項目に整理統合して記述する。第3部の「まとめ」では、科学技術リテラシーに共通な視点として、歴史的観点、共通な考え、思考の習慣の3項目にまとめる。第4部の「将来へ」では、科学技術リテラシーの普及に関わる、知恵の継承と共有、教育の改革について記述する。

科学技術リテラシー像の大項目を目次としてまとめると、表5の通りである。

表5 科学技術リテラシー像の大項目の例

前書き
第1部：科学技術の本質
i) 科学の本質 ii) 数学の本質 iii) 技術の本質
第2部：各論
i) 数学的世界 ii) 生命 iii) もの（物質） iv) 情報社会 v) 環境（宇宙、地球、環境）
vi) 人間と社会 vii) 技術
第3部：まとめ
i) 歴史的観点 ii) 共通の考え iii) 科学的精神
第4部：将来へ
i) 知恵の継承と共有 ii) 教育の改革へ

(3) 科学技術リテラシー像の1つの項の例

科学技術リテラシー像の1つの項は、2頁から3頁くらいで構成されることを想定し、例えば、表2の項目例の第2部：各論の「環境」あるいは「もの」の節でのテーマとして「水」を取り上げ、例示として作成を試みた。その主な内容として考えられるものをまとめると、表6の通りである。

表6 科学技術リテラシー像の「水」の例

水
はじめに
水は、私たち人間にとって身近な存在である。日常生活の中で、私たちが水に触れない日は無い。水は衣食住の中で使われているだけでなく、自然に目を向ければ、水は、時に雨や雪として降り、川となって流れ、海として日本を取り囲んでいる。日本人にとって水はあまりにも身近なために、私たちは水

の有り難さを忘れがちではないだろうか。ところが、世界では、水が不足して困っている国が多い。日本のように水道の蛇口からそのまま飲めるきれいな水がいつでも出てくるとい国はむしろ少ない。地球全体を見渡せば水は、貴重な物質であり、そのうえに、地球のように水を湛えた星は宇宙の中でも希有である。しかも、水は物理化学的に極めて特異な性質を持つ物質である。それが、地球を“水と生命の惑星”という特異な星にしている主な理由であり、私たちの環境、生活、生命の存在とも深く関わっている。

人間の日常生活と水（生活用水、農業用水、産業用水、配水の仕組み）

水は人間にとって資源である。しかし、他の資源と異なり消失も再生もしない。私たちの日常生活においては、直接の飲料としてだけでなく、調理、入浴、洗濯などに、多くの水を使っている。生活用水は、しかしながら、全体の僅かな部分であり、水資源の7割は農業、2割は工業に用いられている。しかし、生活に必要な水は都市化とともに増大している。近代の都市生活では上水道によって家庭に配水されており、安定した配水を行うために、取水、浄水の公共設備を都市が管理している。しかし、近年水の供給をビジネスとする動きもある。生活用水、産業用水、農業用水は淡水を主としているが、淡水は地球の水の総量の僅か2.5%であり、その3分の2以上は氷河、永久凍土となっているので人間は利用できない。このように生活や産業の高度化によって淡水の需要は高くなり、世界的には人類の水需要を満たす淡水資源は限界に近づいていて、水を巡る紛争が21世紀には大きな課題となる、と言われている。

生命と水（必要な水、水の生理作用、砂漠化）

人間は1日あたり成人で2リットル以上の水を、飲料と食事から摂取し、ほぼ同じ量の水を排泄している。体内では水分の99%がリサイクルされ、過剰成分を尿、汗として排出する。空気が乾燥すればそれだけ体表から水分が失われる。人間の体の約65%が水であり、そのうちの1%を失えば渴きを感じ、10%以上を失えば生命の危機となる。

生命の起源は海の中であったと考えられている。水は多くの物質を溶かし込む溶媒であり、水分子の特異な電気的性質（イオン化、水素結合など）によりさまざまな化学反応が生体内で起こる。緑色植物は水と二酸化炭素を材料として、光合成によって太陽エネルギーを利用し炭水化合物と酸素をつくる。植物から蒸散する水は、植物体内の水を移動させる吸引ポンプの役割をもち、打ち水と同様に地上を冷やす効果がある。砂漠化すればするほど灼熱化が進む。

環境と水（自然環境と人間活動）

自然環境に人為的な操作を加えるときには、自然が不可逆的な破壊を受けないように注意しなければならない。かつては産業廃液が最大の汚染原因であったが改善されてきている。

日本の農業は、水田を主としてきたが、これは洪水の緩衝地帯として、また水を湛えることで水の蒸発により夏の暑さを緩和させる、という効果があった。また、水田は多様な生物の棲み場所でもあり、水質浄化作用があった。田植えなどによって集中的な耕作によって面積あたりの収穫量が高いにもかかわらず土壌劣化を招かない特異な例であった。しかし、肥料の使用は環境への負荷が大きく、有害な農薬は水質汚染源となっている。

一方、現在では、生活排水が主要な水質汚染源となっている。水が汚染されると、人間の利用可能な水量が減り、水不足を助長する。

地球と水（地球規模の水の動きと環境変動）

地球規模の水の循環が地表における物理的状態の定常性を作っている。蒸発と降雨という水の移動によって地表の熱が移動し、高層で放熱されて、水分が凝結し、再び降雨となる。

また、黒潮と親潮という海流によって、熱は移動する。海洋の表面だけでなく、海洋深層水といわれる海水の流れが、海洋全体の規模で循環している。異常気象は、地球温暖や海水温度の変動により、大気中の水蒸気の動きの異変が原因となって起こると言われている（エルニーニョ現象）。

水の循環は、また、地球環境と生態系を支えるシステムとしても働いている。水の循環は、太陽熱によって絶え間なく引き起こされている地球規模の水の三態変化（気体・液体・固体への変化）である。海と地表から蒸発した水蒸気は、上空で雲となり、雨雪となって地上に降る時に大気を浄化し、湖沼と河川を真水で潤し、土に水を与える。その過程で、森林を育て、多種多様な陸上、水中、土壌生物の生命を育み、地球の生態系を支えている。河川を流れる水と地中にしみ込んだ地下水は、ろか、沈殿作用、微生物の活動によって浄化され、やがて海へと戻って行く。

月と地球の間の万有引力によって、潮汐の干満が周期的に起こる。海の生き物は潮汐リズムに同調した生活をしている。陸上生物のリズムは潮汐と同じ月齢に依存している。人間にも月齢リズムがあり、またかつての農業は陰暦に従っていた。

地球上の水総量は13億8600万km³で、そのほとんどは海水で、地表の71%を覆っている。体積で地球の約1000分の1、平均の深さは3800mである。

水の性質

水という物質は、宇宙の中で最も変わった性質を持っているかも知れない。まず、私たちの日常生活の中で、水は、液体としての水、固体としての氷、気体としての水蒸気という、3つの状態で存在する。水と氷との境目の温度を摂氏0度、水と水蒸気との境目の温度を摂氏100度として、温度の基準が作られた。また、1リットルが1キログラムとして、重量単位グラムのもとになった。

水は温度とともに膨張するが、摂氏0度から4度迄は収縮する。4度以上では膨張し、暖かい水は冷たい水よりも軽くなるために上昇するので、対流が起こる。調理や風呂などで湯を沸かすとき、上部ほど熱くなることを経験するだろう。海でも対流が起こる。水が氷になると軽くなるという性質（固体の密度が液体よりも小さい）は、他の物質ではめったに見られない。水は表面から氷結するという見慣れた現象が特別なことであるということは、他の性質にも現れる。

水は大きな粘性をもつ。また特別に大きな表面張力をもつので、体内の毛細血管の末端にまで水に溶けた酸素と栄養成分が運ばれる。植物では導管を通じて高い樹木の末端にまで水が運ばれる。また、比熱が大きいので、運動をしても急激な体温上昇から免れる。蒸発熱も大きいので、発汗や撒水によって温度を下げることができる。また、水ほど、多くの物質を溶かすものはない。酸素、二酸化炭素ガスも水に溶ける。海は3.5%の塩溶液で、ほとんどあらゆる種類の元素が溶けている。生体内には、海水成分とほとんど同じ無機塩類が細胞液中に溶けている。また、酵素タンパク質や糖質などの有機物質が水に溶けて生命活動を担っている。

いずれの性質も、水分子が電気的な偏り（極性）を持っているためである。水分子は酸素原子(O)1個と水素原子(H)2個からなる（それゆえH₂Oと表記される）。電気のプラスとマイナスは引き合い、プラスどうしまたはマイナスどうしは反発する。

水分子は電氣的に偏ったかたちで（図：水の分子構造）、分子間の引き合う力が大きい。イオンが生じるのも、水分子の極性による。H₂Oは、水素の燃焼すなわち酸素との結合によって生じる。水素は燃焼の際に大きな熱エネルギーを発生するので、燃料電池として利用される。光合成は、燃焼とは逆方向の

反応で H₂O が水素と酸素に分解され、水素は二酸化炭素と共に炭水化物に取り込まれ、酸素は気体として放出される反応である。このように、水の物質的性質を理解することによって、生命・生活・環境における水の関わりを統一的に理解することができる。

静水圧

水のような流体の性質として、重力による圧力がある。深いところほど圧力が大きい。この性質から、物体はその排除する流体の重さ分だけ軽くなる。これを浮力と言う。これによって、重い船も水に浮くことができる。

7. 我が国の科学技術リテラシー像策定に向けた今後の進め方

我が国の科学技術リテラシー像を策定するスケジュールや実施体制について、これまで述べてきた我が国の科学技術リテラシー研究の傾向やアメリカにおける科学技術リテラシーの作成の状況を根拠にし、一方で、我が国における共同研究体制を考慮して、実現可能な方法論を提案する。

(1) 我が国の科学技術リテラシー像策定のスケジュール

我が国の科学技術リテラシー像を策定するには、国家的プロジェクトとして、約2年間が必要である。その間の主な内容は、次の通りである。

平成18・19年度

- ・科学技術リテラシー像策定の企画推進をする事務局と企画推進会議の設立、事務局・企画推進会議による討議、広報、意見収集
- ・科学技術リテラシー像策定を総合的に検討する評議会の設立、評議会による討議、シンポジウムの実施
- ・科学技術リテラシー像を専門別に策定する専門部会の設立、専門部会による討議、シンポジウムの実施
- ・専門部会による報告書の作成、公表、シンポジウムの実施
- ・評議会による科学技術リテラシー像の策定、公表、シンポジウムの実施

平成20年度以降は、科学技術リテラシーの普及活動を行う。なお、この科学技術リテラシー像は提言時の時代を鑑みたものであり、必要に応じて内容の再検討をすることを前提としている。

(2) 我が国の科学技術リテラシー像策定の実施体制

科学技術リテラシー像を策定するための実施体制としては、評議会、専門部会、企画推進会議、事務局、を設ける。

①科学技術リテラシー像策定のための実施体制を考える基本方針

- 1) 科学技術リテラシー像の策定は専門分野別に行う
- 2) 科学技術リテラシー像の策定においては日本学術会議と連携を保つ
- 3) 科学技術リテラシー像策定においては一般の人々との対話を重視する

②科学技術リテラシー像策定のための各組織の役割

科学技術リテラシー像を策定するための実施体制は、評議会、専門部会、企画推進会議、事務局、からなる。

- 1) 評議会：科学技術リテラシー像を総合的に検討する組織
- 2) 専門部会：科学技術リテラシーの専門分野別のリテラシー像を検討する組織
- 3) 企画推進会議：科学技術リテラシー像策定の企画推進をする組織
- 4) 事務局：科学技術リテラシー像策定の企画運営に評議会等の事務局として携わるとともに、庶務や会計などの事務を担当する組織である。

③科学技術リテラシー像策定のための専門部会

科学技術リテラシー像を実質的に検討するのは専門部会である。専門部会は、評議会と並行して運営され、適時、専門部会の議論は評議会に紹介されていく。

専門部会は、現在の学問の体系の中で、成人段階のすべての人々にとって意味があるのは何かを議論する。専門部会が議論を始める前に、専門部会におけるリテラシーに関する議論の前提について、企画推進会議・評議会ですべて決めておく必要がある。

(3) 科学技術リテラシー像策定する上での幅広い連携の必要性

これまで、若者だけでなく日本の社会一般の科学力の衰退の危機が意識され、科学者コミュニティ、教育学者のコミュニティ、あるいは、産業界、教育界で議論されてきたが、必ずしもそれらの間の連携が十分でなかった。本プロジェクトでは、学問の枠を超え、さらに、日本の科学技術の現状と歴史、伝統を踏まえて、科学者と教育学者が協同で、人々に親しみやすいものを策定したい。また、できるだけ多くの人々が参画することによって、このプロジェクト自体が科学技術リテラシー向上の運動となることを目指している。一般に公開しながら共に作っていくということを大切にしたい。

研究メンバー（五十音順）

（平成18年3月現在）

研究代表者

北原 和夫（国際基督教大学教養学部 教授）

共同研究者

長崎 栄三（国立教育政策研究所教育課程研究センター 総合研究官）

服田 昌之（お茶の水女子大学理学部 助教授）

研究推進委員

サブテーマ1：【代表者】長崎栄三（国立教育政策研究所教育課程研究センター 総合研究官）

磯崎 哲夫（広島大学大学院教育学研究科 助教授）

国宗 進（静岡大学教育学部 教授）

熊野 善介（静岡大学教育学部 教授）

重松 敬一（奈良教育大学教育学部 教授）

清水 美憲（筑波大学人間総合科学研究科 助教授）

鈴木 康志（文部科学省初等中等教育局 教科書調査官）

隅田 学（愛媛大学教育学部 助教授）

相馬 一彦（北海道教育大学教育学部旭川校 教授）

田中 喜美（東京学芸大学教育学部 教授）

丹沢 哲郎（静岡大学教育学部 教授）

中山 迅（宮崎大学教育文化学部 教授）

名取 一好（国立教育政策研究所基礎研究部 総括研究官）

二宮 裕之（愛媛大学教育学部 助教授）

人見 久城（宇都宮大学教育学部 助教授）

吉田 淳（愛知教育大学教育学部 教授）

【支援者】

阿部 好貴（広島大学大学院博士課程 院生）

斉藤 萌木（東京大学大学院修士課程 院生）

勝呂 創太（東京学芸大学大学院修士課程 院生）

熊岡 昌子（国立教育政策研究所 研究補助員）

サブテーマ2：【代表者】服田昌之（お茶の水女子大学理学部 助教授）

小倉 康（国立教育政策研究所基礎研究部 総括研究官）

清水 静海（筑波大学人間総合科学研究科 助教授）

千葉 和義（お茶の水女子大学サイエンス&エデュケーションセンター 教授）

鷹野 光行（お茶の水女子大学文教育学部 教授）

室伏 きみ子（お茶の水女子大学理学部 教授）

渡辺 政隆 (科学技術政策研究所 上席研究官)

【支援者】

佐藤 明子 (お茶の水女子大学大学院 研究員)

高山 晴子 (お茶の水女子大学大学院 研究員)

薩佐 久仁子 (お茶の水女子大学 教務補佐員)

サブテーマ3 : 【代表者】北原和夫 (国際基督教大学教養学部 教授)

伊藤 卓 (横浜国立大学 名誉教授)

井上 和子 (神田外語大学 名誉教授)

岩崎 秀樹 (広島大学大学院教育学研究科 教授)

小川 正賢 (神戸大学発達科学部 教授)

小川 義和 (国立科学博物館経営管理部経営計画室 室長)

荻野 博 (放送大学宮城学習センター 所長)

奥林 康司 (摂南大学経営情報学部 教授)

風間 晴子 (国際基督教大学教養学部理学科 教授)

木村 好次 (香川大学学長 東京大学 名誉教授)

小林 興 (帝京平成大学現代ライフ学部 教授)

小林 信一 (筑波大学ビジネス科学研究科 教授)

桜井 宏 (元(社)日本工学アカデミー技術リテラシー・タスク・フォース 主査)

嶋津 格 (千葉大学法経学部 教授)

清水 誠 (東京大学大学院農学生命科学研究科 教授)

高安 礼士 (千葉県総合教育センター科学技術教育部 部長)

田中 英彦 (情報セキュリティー大学院大学情報セキュリティー研究科 研究科長)

長洲南海男 (筑波大学人間総合科学研究科 教授)

浪川 幸彦 (名古屋大学大学院多元数理科学研究科 教授)

兵頭 俊夫 (東京大学教養学部 教授)

平井 篤志 (名城大学農学部 教授)

藤村 重文 (東北厚生年金病院 名誉院長)

本田 孔士 (大阪赤十字病院 院長・京都大学 名誉教授)

本間 典子 (東京大学大学院医学系研究科 助手)

町田 健一 (国際基督教大学教養学部教育学科 教授)

室伏 きみ子 (お茶の水女子大学理学部 教授)

吉野 輝雄 (国際基督教大学教養学部理学科 教授)

吉野 諒三 (統計数理研究所 教授)

【支援者】

曾根 朋子 (国際基督教大学 研究補助員)

原口 るみ (国際基督教大学 研究補助員)