

連載・環境科学のやさしい基礎話し

自然観察指導員埼玉連絡会 会員 理化学研究所 広報室 理学博士 高橋勝緒

豊かな生活と環境保護の両立は21世紀の大きな課題です。もともと「豊かな生活」とは「自然環境に恵まれた生活」として同義語であるべきものなのでしょうが、いつしか物質文明の名のもとに相反する要素を持つに至ってしまっています。

環境問題については、本会の活動の中心であり、既に皆様の深く思考・実践されている課題です。

本連載では、その環境問題の基礎となる科学的事柄のいくつかを取り上げ、物理や化学の基礎知識と環境問題を結びつける「極くやさしい話し」として書いてみたいと思います。複雑な環境の科学的問題を考える上で、その基になっている物質やエネルギーの科学をちょっとだけ思い出していただく機会となれば幸いです。

本編は、自然観察指導員埼玉連絡会の「あらかわ通信」に寄稿した小文をまとめたもので、同連絡会は、私が自然観察ボランティアの活動をしている団体先です。

その6 . 大きな数と小さな数

はじめに

我々の日常生活で「数」が最も重要な役割を果たすのは「お金の勘定」でしょう。

消費税で端数が出ると1円の位までなかなかおまけしてくれません。一方、国家予算の話しでは、百兆円の話しもたびたび耳にします。1から百兆までで、14桁に及ぶ数を取り扱うことになります。

さて、自然界を相手にする環境問題では、もっともっと桁の違う話しが飛び交うことになります。この連載でも、たびたび「分子の数」にふれました。

「水18gの中に水分子は約兆の兆倍個ある」ということは、それだけで24桁もの数を取り扱うことになります。今回は、桁で数字を表す「対数」を思い出していただくことにしましょう。

数の表現

我々は、日常、一、十、百、千、万と一桁ずつ増える数を表し、万から億、兆、京と4桁ずつ大きな数を表す言葉を持っています。

もちろんこれは中国を起源とする数の表し方です。ものの本によると、中国古来の呼び名では、京の上に4桁ずつ増える呼び名がたくさんあり、68桁に相当する数が「無量大数」と呼ばれるそうです。

米語（英国式とやや異なる）でも、ten, hundred, thousand, millionなどは馴染

みの多い言葉です。

小さい数としても10分の1や100分の1を表すのに「分」や「厘」が使われます。これらをまとめたものが表1です。

単位の書き方として、長さを表すのにkm、m、cm、mm、 μm などを用います。

m(メートル)が長さを表し、その前に付く接頭語のk、c、m、 μ は千倍、百分の一、千分の一、百万分の一を示します。色々な桁を表す接頭語も表1に示します。

また、公害物質の濃度を表すときには、%(percent)、ppm (parts per million)、ppb(parts per billion)がよく用いられ、それぞれ、全体を百、百万、十億とした場合の割合です。例えば重さで5 ppb といえ、全体の重さの十億分の5であることを表します。

桁を表す対数

大きな数、小さな数を自由に使いこなすには、億とか兆というより桁数で呼べば簡単です。

億は100000000で、桁数8、それは10を8回かけた数です。ですから、億 = 10の8乗と書けますし、1億2千3百万は 1.23×10 の8乗と書くことができます。例の水18g中の分子の数は 6.02×10 の23乗個で、化学では分子や原子の量をこの 6.02×10 の23乗個を「一盛り」にして「1モル」と呼んでいます。

また、水分子1個の重さは、 $18 \div (6.02 \times 10$ の23乗)gで、約10の23乗分の3g、これを 3×10^{-23} gと表します。

それでは、 6×10 の23乗や 3×10^{-23} を桁数で示す方法を考えましょう。

6×10 の23乗は23桁と24桁の間の数です。

このような場合、電卓で $(23 + \log_{10} 6)$ を計算すると、23.78という数値になり、 6×10 の23乗は、23.78(桁)の数であることになります。

$\log_{10} X$ を計算することを「対数(常用対数)をとる」といいます。

3×10^{-23} の場合には、対数をとると $(-23 + \log_{10} 3 = -22.52)$ となります。

前々回、水質の一指標として、水溶液中のpH(ピーエッチ)のことにふれました。

pHは、水素イオン濃度(水1リットル中の水素イオンのモル数；厳密には活量)の桁数を符号を逆にして表すもので $\text{pH} = -\log_{10} [\text{水素イオン濃度}]$ で表されます。

濃度が $1 \times 10^{-7} \text{ mol/l}$ の場合には、 $\text{pH} = -\log_{10} 10^{-7} = 7$ となります。

pH7を中性といい、それ以下は酸性で、例えばpH4.5の場合には、水素イオン濃度 = $10^{-4.5} \text{ mol/l} = 3.16 \times 10^{-5} \text{ mol/l}$ であり、pH7の中性に比べ、pH4.5の酸性では水素イオン濃度が2.5桁、約300倍も多いこととなります。

pHのように、色々な量を対数尺度(桁数)で表す場合が他にもあります。

騒音を表すデシベル(db)や、地震の規模を表すマグニチュードなどがその例で

す。

我々の家計簿対数尺度で表せば、電話1通話が10円で1、ランチが800円で2.9、車を買うのが150万円で6.18ということになります。

- 表1 - (主に、海老原著、新版 単位の小辞典、講談社(1994)より引用)

[*クリックすると、大きい画像を表示します。](#)

表1 大きな数・小さな数(主に、海老原著「新版 単位の小辞典」講談社(1994)より引用)

数	日本語	英語	単位	log ₁₀	数	日本語	英語	単位	log ₁₀
10 ⁰	(1)	(one)	個	0	10 ⁰	(1)	(one)	個	0
10 ¹	一(ひと)	ten	十(トウ)	1	10 ¹	十(トウ)	decade	10年	1
10 ²	十(トウ)	hundred	百(ヒャク)	2	10 ²	百分(ヒャクブ)	percent	%	-2
10 ³	千(セン)	thousand	千(セン)	3	10 ³	兆(ジョウ)	trillion	兆	-3
10 ⁴	万(マン)	million	百万(マン)	4	10 ⁴	萬(マン)	myriad	萬	-4
10 ⁵	億(オウ)	billion	十億(オウ)	5	10 ⁵	萬(マン)	myriad	萬	-5
10 ⁶	兆(ジョウ)	trillion	十兆(ジョウ)	6	10 ⁶	億(オウ)	billion	億	-6
10 ⁷	京(キョウ)	quadrillion	十京(キョウ)	7	10 ⁷	兆(ジョウ)	trillion	兆	-7
10 ⁸	垓(ガイ)	quintillion	十垓(ガイ)	8	10 ⁸	億(オウ)	billion	億	-8
10 ⁹	穠(ノウ)	sextillion	十穠(ノウ)	9	10 ⁹	兆(ジョウ)	trillion	兆	-9
10 ¹⁰	京(キョウ)	septillion	十京(キョウ)	10	10 ¹⁰	兆(ジョウ)	trillion	兆	-10
10 ¹¹	垓(ガイ)	octillion	十垓(ガイ)	11	10 ¹¹	兆(ジョウ)	trillion	兆	-11
10 ¹²	穠(ノウ)	nonillion	十穠(ノウ)	12	10 ¹²	兆(ジョウ)	trillion	兆	-12
10 ¹³	京(キョウ)	decillion	十京(キョウ)	13	10 ¹³	兆(ジョウ)	trillion	兆	-13
10 ¹⁴	垓(ガイ)	undecillion	十垓(ガイ)	14	10 ¹⁴	兆(ジョウ)	trillion	兆	-14
10 ¹⁵	穠(ノウ)	duodecillion	十穠(ノウ)	15	10 ¹⁵	兆(ジョウ)	trillion	兆	-15
10 ¹⁶	京(キョウ)	tredecillion	十京(キョウ)	16	10 ¹⁶	兆(ジョウ)	trillion	兆	-16
10 ¹⁷	垓(ガイ)	quattuordecillion	十垓(ガイ)	17	10 ¹⁷	兆(ジョウ)	trillion	兆	-17
10 ¹⁸	穠(ノウ)	quintodecillion	十穠(ノウ)	18	10 ¹⁸	兆(ジョウ)	trillion	兆	-18
10 ¹⁹	京(キョウ)	sexdecillion	十京(キョウ)	19	10 ¹⁹	兆(ジョウ)	trillion	兆	-19
10 ²⁰	垓(ガイ)	septendecillion	十垓(ガイ)	20	10 ²⁰	兆(ジョウ)	trillion	兆	-20
10 ²¹	穠(ノウ)	octodecillion	十穠(ノウ)	21	10 ²¹	兆(ジョウ)	trillion	兆	-21
10 ²²	京(キョウ)	nondecillion	十京(キョウ)	22	10 ²²	兆(ジョウ)	trillion	兆	-22
10 ²³	垓(ガイ)	decillion	十垓(ガイ)	23	10 ²³	兆(ジョウ)	trillion	兆	-23
10 ²⁴	穠(ノウ)	undecillion	十穠(ノウ)	24	10 ²⁴	兆(ジョウ)	trillion	兆	-24
10 ²⁵	京(キョウ)	duodecillion	十京(キョウ)	25	10 ²⁵	兆(ジョウ)	trillion	兆	-25
10 ²⁶	垓(ガイ)	tredecillion	十垓(ガイ)	26	10 ²⁶	兆(ジョウ)	trillion	兆	-26
10 ²⁷	穠(ノウ)	quattuordecillion	十穠(ノウ)	27	10 ²⁷	兆(ジョウ)	trillion	兆	-27
10 ²⁸	京(キョウ)	quintodecillion	十京(キョウ)	28	10 ²⁸	兆(ジョウ)	trillion	兆	-28
10 ²⁹	垓(ガイ)	sexdecillion	十垓(ガイ)	29	10 ²⁹	兆(ジョウ)	trillion	兆	-29
10 ³⁰	穠(ノウ)	septendecillion	十穠(ノウ)	30	10 ³⁰	兆(ジョウ)	trillion	兆	-30
10 ³¹	京(キョウ)	octodecillion	十京(キョウ)	31	10 ³¹	兆(ジョウ)	trillion	兆	-31
10 ³²	垓(ガイ)	nondecillion	十垓(ガイ)	32	10 ³²	兆(ジョウ)	trillion	兆	-32
10 ³³	穠(ノウ)	decillion	十穠(ノウ)	33	10 ³³	兆(ジョウ)	trillion	兆	-33
10 ³⁴	京(キョウ)	undecillion	十京(キョウ)	34	10 ³⁴	兆(ジョウ)	trillion	兆	-34
10 ³⁵	垓(ガイ)	duodecillion	十垓(ガイ)	35	10 ³⁵	兆(ジョウ)	trillion	兆	-35
10 ³⁶	穠(ノウ)	tredecillion	十穠(ノウ)	36	10 ³⁶	兆(ジョウ)	trillion	兆	-36
10 ³⁷	京(キョウ)	quattuordecillion	十京(キョウ)	37	10 ³⁷	兆(ジョウ)	trillion	兆	-37
10 ³⁸	垓(ガイ)	quintodecillion	十垓(ガイ)	38	10 ³⁸	兆(ジョウ)	trillion	兆	-38
10 ³⁹	穠(ノウ)	sexdecillion	十穠(ノウ)	39	10 ³⁹	兆(ジョウ)	trillion	兆	-39
10 ⁴⁰	京(キョウ)	septendecillion	十京(キョウ)	40	10 ⁴⁰	兆(ジョウ)	trillion	兆	-40
10 ⁴¹	垓(ガイ)	octodecillion	十垓(ガイ)	41	10 ⁴¹	兆(ジョウ)	trillion	兆	-41
10 ⁴²	穠(ノウ)	nondecillion	十穠(ノウ)	42	10 ⁴²	兆(ジョウ)	trillion	兆	-42
10 ⁴³	京(キョウ)	decillion	十京(キョウ)	43	10 ⁴³	兆(ジョウ)	trillion	兆	-43
10 ⁴⁴	垓(ガイ)	undecillion	十垓(ガイ)	44	10 ⁴⁴	兆(ジョウ)	trillion	兆	-44
10 ⁴⁵	穠(ノウ)	duodecillion	十穠(ノウ)	45	10 ⁴⁵	兆(ジョウ)	trillion	兆	-45
10 ⁴⁶	京(キョウ)	tredecillion	十京(キョウ)	46	10 ⁴⁶	兆(ジョウ)	trillion	兆	-46
10 ⁴⁷	垓(ガイ)	quattuordecillion	十垓(ガイ)	47	10 ⁴⁷	兆(ジョウ)	trillion	兆	-47
10 ⁴⁸	穠(ノウ)	quintodecillion	十穠(ノウ)	48	10 ⁴⁸	兆(ジョウ)	trillion	兆	-48
10 ⁴⁹	京(キョウ)	sexdecillion	十京(キョウ)	49	10 ⁴⁹	兆(ジョウ)	trillion	兆	-49
10 ⁵⁰	垓(ガイ)	septendecillion	十垓(ガイ)	50	10 ⁵⁰	兆(ジョウ)	trillion	兆	-50
10 ⁵¹	穠(ノウ)	octodecillion	十穠(ノウ)	51	10 ⁵¹	兆(ジョウ)	trillion	兆	-51
10 ⁵²	京(キョウ)	nondecillion	十京(キョウ)	52	10 ⁵²	兆(ジョウ)	trillion	兆	-52
10 ⁵³	垓(ガイ)	decillion	十垓(ガイ)	53	10 ⁵³	兆(ジョウ)	trillion	兆	-53
10 ⁵⁴	穠(ノウ)	undecillion	十穠(ノウ)	54	10 ⁵⁴	兆(ジョウ)	trillion	兆	-54
10 ⁵⁵	京(キョウ)	duodecillion	十京(キョウ)	55	10 ⁵⁵	兆(ジョウ)	trillion	兆	-55
10 ⁵⁶	垓(ガイ)	tredecillion	十垓(ガイ)	56	10 ⁵⁶	兆(ジョウ)	trillion	兆	-56
10 ⁵⁷	穠(ノウ)	quattuordecillion	十穠(ノウ)	57	10 ⁵⁷	兆(ジョウ)	trillion	兆	-57
10 ⁵⁸	京(キョウ)	quintodecillion	十京(キョウ)	58	10 ⁵⁸	兆(ジョウ)	trillion	兆	-58
10 ⁵⁹	垓(ガイ)	sexdecillion	十垓(ガイ)	59	10 ⁵⁹	兆(ジョウ)	trillion	兆	-59
10 ⁶⁰	穠(ノウ)	septendecillion	十穠(ノウ)	60	10 ⁶⁰	兆(ジョウ)	trillion	兆	-60
10 ⁶¹	京(キョウ)	octodecillion	十京(キョウ)	61	10 ⁶¹	兆(ジョウ)	trillion	兆	-61
10 ⁶²	垓(ガイ)	nondecillion	十垓(ガイ)	62	10 ⁶²	兆(ジョウ)	trillion	兆	-62
10 ⁶³	穠(ノウ)	decillion	十穠(ノウ)	63	10 ⁶³	兆(ジョウ)	trillion	兆	-63
10 ⁶⁴	京(キョウ)	undecillion	十京(キョウ)	64	10 ⁶⁴	兆(ジョウ)	trillion	兆	-64
10 ⁶⁵	垓(ガイ)	duodecillion	十垓(ガイ)	65	10 ⁶⁵	兆(ジョウ)	trillion	兆	-65
10 ⁶⁶	穠(ノウ)	tredecillion	十穠(ノウ)	66	10 ⁶⁶	兆(ジョウ)	trillion	兆	-66
10 ⁶⁷	京(キョウ)	quattuordecillion	十京(キョウ)	67	10 ⁶⁷	兆(ジョウ)	trillion	兆	-67
10 ⁶⁸	垓(ガイ)	quintodecillion	十垓(ガイ)	68	10 ⁶⁸	兆(ジョウ)	trillion	兆	-68
10 ⁶⁹	穠(ノウ)	sexdecillion	十穠(ノウ)	69	10 ⁶⁹	兆(ジョウ)	trillion	兆	-69
10 ⁷⁰	京(キョウ)	septendecillion	十京(キョウ)	70	10 ⁷⁰	兆(ジョウ)	trillion	兆	-70
10 ⁷¹	垓(ガイ)	octodecillion	十垓(ガイ)	71	10 ⁷¹	兆(ジョウ)	trillion	兆	-71
10 ⁷²	穠(ノウ)	nondecillion	十穠(ノウ)	72	10 ⁷²	兆(ジョウ)	trillion	兆	-72
10 ⁷³	京(キョウ)	decillion	十京(キョウ)	73	10 ⁷³	兆(ジョウ)	trillion	兆	-73
10 ⁷⁴	垓(ガイ)	undecillion	十垓(ガイ)	74	10 ⁷⁴	兆(ジョウ)	trillion	兆	-74
10 ⁷⁵	穠(ノウ)	duodecillion	十穠(ノウ)	75	10 ⁷⁵	兆(ジョウ)	trillion	兆	-75
10 ⁷⁶	京(キョウ)	tredecillion	十京(キョウ)	76	10 ⁷⁶	兆(ジョウ)	trillion	兆	-76
10 ⁷⁷	垓(ガイ)	quattuordecillion	十垓(ガイ)	77	10 ⁷⁷	兆(ジョウ)	trillion	兆	-77
10 ⁷⁸	穠(ノウ)	quintodecillion	十穠(ノウ)	78	10 ⁷⁸	兆(ジョウ)	trillion	兆	-78
10 ⁷⁹	京(キョウ)	sexdecillion	十京(キョウ)	79	10 ⁷⁹	兆(ジョウ)	trillion	兆	-79
10 ⁸⁰	垓(ガイ)	septendecillion	十垓(ガイ)	80	10 ⁸⁰	兆(ジョウ)	trillion	兆	-80
10 ⁸¹	穠(ノウ)	octodecillion	十穠(ノウ)	81	10 ⁸¹	兆(ジョウ)	trillion	兆	-81
10 ⁸²	京(キョウ)	nondecillion	十京(キョウ)	82	10 ⁸²	兆(ジョウ)	trillion	兆	-82
10 ⁸³	垓(ガイ)	decillion	十垓(ガイ)	83	10 ⁸³	兆(ジョウ)	trillion	兆	-83
10 ⁸⁴	穠(ノウ)	undecillion	十穠(ノウ)	84	10 ⁸⁴	兆(ジョウ)	trillion	兆	-84
10 ⁸⁵	京(キョウ)	duodecillion	十京(キョウ)	85	10 ⁸⁵	兆(ジョウ)	trillion	兆	-85
10 ⁸⁶	垓(ガイ)	tredecillion	十垓(ガイ)	86	10 ⁸⁶	兆(ジョウ)	trillion	兆	-86
10 ⁸⁷	穠(ノウ)	quattuordecillion	十穠(ノウ)	87	10 ⁸⁷	兆(ジョウ)	trillion	兆	-87
10 ⁸⁸	京(キョウ)	quintodecillion	十京(キョウ)	88	10 ⁸⁸	兆(ジョウ)	trillion	兆	-88
10 ⁸⁹	垓(ガイ)	sexdecillion	十垓(ガイ)	89	10 ⁸⁹	兆(ジョウ)	trillion	兆	-89
10 ⁹⁰	穠(ノウ)	septendecillion	十穠(ノウ)	90	10 ⁹⁰	兆(ジョウ)	trillion	兆	-90
10 ⁹¹	京(キョウ)	octodecillion	十京(キョウ)	91	10 ⁹¹	兆(ジョウ)	trillion	兆	-91
10 ⁹²	垓(ガイ)	nondecillion	十垓(ガイ)	92	10 ⁹²	兆(ジョウ)	trillion	兆	-92
10 ⁹³	穠(ノウ)	decillion	十穠(ノウ)	93	10 ⁹³	兆(ジョウ)	trillion	兆	-93
10 ⁹⁴	京(キョウ)	undecillion	十京(キョウ)	94	10 ⁹⁴	兆(ジョウ)	trillion	兆	-94
10 ⁹⁵	垓(ガイ)	duodecillion	十垓(ガイ)	95	10 ⁹⁵	兆(ジョウ)	trillion	兆	-95
10 ⁹⁶	穠(ノウ)	tredecillion	十穠(ノウ)	96	10 ⁹⁶	兆(ジョウ)	trillion	兆	-96
10 ⁹⁷	京(キョウ)	quattuordecillion	十京(キョウ)	97	10 ⁹⁷	兆(ジョウ)	trillion	兆	-97
10 ⁹⁸	垓(ガイ)	quintodecillion	十垓(ガイ)	98	10 ⁹⁸	兆(ジョウ)	trillion	兆	-98
10 ⁹⁹	穠(ノウ)	sexdecillion	十穠(ノウ)	99	10 ⁹⁹	兆(ジョウ)	trillion	兆	-99
10 ¹⁰⁰	京(キョウ)	septendecillion	十京(キョウ)	100	10 ¹⁰⁰	兆(ジョウ)	trillion	兆	-100

大きな数と小さな数