

1 以下の「資料Ⅰ」と「資料Ⅱ」を読み、下記の設問に答えなさい。

「資料Ⅰ」 化学物質の健康リスク評価と不確実性

我々は、数多くの化学物質（天然物もあれば人工物もある）にさらされながら、リスクと便益を受けて生活している。リスク（有害影響が生じる可能性とその程度）の推定が確実であれば、リスクと便益とを比較し、ある物質のリスクを受け入れるか否かについて判断することができる。しかし、実際のリスク評価には、さまざまな不確実性が存在する。どのくらい確かであれば「確か」と言えるだろうか？リスクがないことの確信の程度（通常、リスクを見逃してしまう確率の低さの程度を意味する）をどのレベルで要求するかを考える上では、以下の議論が重要である。

仮に用いることができる情報が一定なら、一般に、リスクを見逃すまいとすればするほど、濡れ衣（本当はリスクがないのに「あり」としてしまう）の確率が増えることになる。「濡れ衣」の場合には、その物質を禁止してみても、もともと存在しないリスクが削減されることはない。単に、享受できたはずの物質の恩恵をフイにするだけである。このことを模式的な例（表１）で考えてみよう。１万個の架空の化学物質を想定し、本当にリスクがあるのはそのうち１００個とする。状況１と状況２では異なる安全率^(注)が仮定され、状況２の安全率が相対的に大きく（つまりリスクを見逃す確率が低く）設定されている。いま、どの物質も、リスクがある場合にはその大きさを５００（単位は１００万円でも何でもよい）とし、リスクの有無にかかわらず便益の大きさを１と考える。状況１は、リスクがある物質のうち１０％を見逃してしまい、リスクなしの１００の物質に「濡れ衣」をかけるというものである。リスクが見逃されると、物質１つあたり、リスク（＝５００）と便益（＝１）が生じ、ネットでは４９９の損失である。従って、状況１でのリスク「見逃し」による総損失は（１）（２）（３）（４）となる。一方、状況１で「濡れ衣」がかけられる物質については、損失（フイにされる便益を損失と考える）の総計は（５）（６）（７）（８）となる。よって状況１では、リスク「見逃し」と「濡れ衣」による損失の総計は（９）（１０）（１１）（１２）である。状況２では、リスクの見逃しは１％であり、リスク「見逃し」による損失の総計は（１３）（１４）（１５）（１６）である。ところが、状況２ではリスクを見逃すまいとするあまり「濡れ衣」の確率も大きくなり、「濡れ衣」による総損失は（１７）（１８）（１９）（２０）である。よって状況２では、リスク「見逃し」と「濡れ衣」による損失総計は（２１）（２２）（２３）（２４）となる。状況１と状況２を比べると、損失総計に関しては、「状況１の損失総計」（２５）「状況２の損失総計」となる。

表１ 安全率と「不確実性による損失」の関係（架空の１００００物質を想定）

		リスクありと判断 (禁止)	リスクなしと判断 (許可)	不確実性による損失 (「見逃し」か「濡れ衣」)
状況１	本当はリスクあり	９０物質	１０物質	(１) (２) (３) (４) : 見逃し
	本当はリスクなし	１００物質	９８００物質	(５) (６) (７) (８) : 濡れ衣
状況２	本当はリスクあり	９９物質	１物質	(１３) (１４) (１５) (１６) : 見逃し
	本当はリスクなし	４９００物質	５０００物質	(１７) (１８) (１９) (２０) : 濡れ衣

(注) “安全率” が大きいとは、「資料Ⅱ」で述べられる“不確実性係数” が大きいということに相当する。

(蒲生昌志, 科学 Vol.72 No.10, 990-995頁, 2002年から随意抜粋し, 用語や文章に修正を加えた。)

〔資料Ⅱ〕食品のリスクとリスクコミュニケーション

食品に使用される化学物質の安全性に関しては、動物実験によって、無毒性量（この量以下では毎日摂取しても健康に被害を及ぼさない摂取量）が求められる。しかし、動物と人の感受性の違いや、人の集団内での感受性の違いなどを考慮すると、動物実験のデータをそのまま人に当てはめることはできない。そこで、(ア)不確実領域の大きさを数値化して不確実性係数とし、無毒性量を不確実性係数（100という数値を適用することが多い）で割り算して、1日摂取許容量（それ以下の量であれば一生食べ続けても健康に被害が出ない量）を決めている。これに基づく安全対策によって、「実質安全」が確保される。実質安全レベル以下のリスクは、健康被害の観点からは許容しても問題ないのだが、心理的な問題がある。我々は、「食品は毎日食べるものであり、危険なものは少しでも入っていて欲しくない」と願う。その結果、食品から全てのハザード（危害要因）を排除して絶対安全を達成すること、すなわちゼロリスクの達成こそが安全であり、その実現を倫理的と考える。しかし現実にはこれは不可能で、ゼロリスクを実現しようとすれば、アレルギーを起こす食品、水銀を含んだり食中毒の原因になりやすい魚介類、天然農薬（植物自体が合成する化学物質）をもつ野菜なども全て禁止しなくてはならない。（中略）

本能ではなく理性で考えれば、ゼロリスクが不可能であることはすぐにわかるのだが、多くの人が本能的にゼロリスクを望む理由は、自分が不利にならないために不公平を嫌うという人間の特性にもある。消費者は価格が安いなどのメリットがあれば許容リスクを受け入れるが、事業者のメリットになって自分がリスクを被るという不公平を感じた時には、これを強く拒否する。そして一度判断をすると先入観になる。これは、同じ問題の解決方法を繰り返して考える無駄を省くための行動で、先入観を覆すことは難しい。（中略）

食品安全の原則は、実質安全の確保と許容リスクの受け入れだが、消費者は許容リスクを嫌って絶対安全を主張し、それが倫理的と考える。他方、事業者は、必要な対策を行い安全な食品を供給する責務を負うが、必要以上の対策は経済的負担が大きく、企業の存続にも障害となるため、許容リスクの受け入れという現実的な実質安全論が倫理的と考える。そこで、(イ)消費者と事業者の対立を解消するための話し合いが必要となる。

（唐木英明，遺伝 Vol.60 No.2，65-68頁，2006年から随意抜粋し，用語や文章に修正を加えた。）

問1.〔資料Ⅰ〕の ～ に当てはまる数字を，解答用紙A（マークシート）の解答欄 ～ にそれぞれマークしなさい。ただし，答えが解答欄の桁数よりも小さな桁数の数値になる場合は，千の位，百の位，十の位に0（ゼロ）をマークしなさい。

問2.〔資料Ⅰ〕の に当てはまる最も適切な記号（等号または不等号）を下記の選択肢から選び，その番号を解答用紙A（マークシート）の解答欄 にマークしなさい。

〈選択肢〉

1 > 2 = 3 <

問3.〔資料Ⅱ〕において，下線部（ア）の不確実領域の大きさが極端に大きく設定された場合，下線部（イ）の消費者と事業者では，受けとめ方（賛否）はどのように考えられるか。それぞれの受けとめ方を，理由をつけて，120字以内で答えなさい（解答用紙Bの所定の欄に記入しなさい）。

2 以下の文章を読み、下記の設問に答えなさい。**(設例)**

ずいぶん古い話であるが、大正時代の判例に、信玄公旗掛松事件という有名な事件がある。この事件では、A 鉄道会社の駅にある蒸気機関車の入れ替えを行う駐車場の近くに「信玄公旗掛松」と呼ばれる由緒ある松があり、その松が多量の汽車の煤煙を浴びて枯死してしまった。松の所有者 B は、A に対して松の枯死による損害賠償を求めて訴えを起こした。現在の最高裁判所にあたる大審院は、最終的に B を勝訴させた。

いま、話を単純化し、松が完全に枯死していないものとし、松の被害額を215万円としよう。そして、A 鉄道会社が汽車の停車場に煤煙防止のスクリーンを取り付けることによって（方法1）、あるいは B が松を他の適当な場所に移し替えることによって（方法2）、松の枯死が防止できるものとしよう。しかも、A がスクリーンを購入して取り付けるのには125万円かかり、他方 B が松を移すのには175万円かかるものとする。

このような設例のもとで、松の枯死を防止する手段として方法1と方法2のいずれが望ましいかといえれば、方法1である。なぜならば、方法1のほうが安価ですむからである。

(ケース1)

以上のような設例で、法（判決）が人々の経済行動にどのような影響を与えるのかを考えてみよう。たとえば、設例の裁判で、「A は B に対して損害賠償すべし」という判決になったとしよう。この場合、A はどうするのか。A としてはスクリーンを取り付けないでにおいて、B に215万円の損害賠償金を支払うか、125万円支出してスクリーンを購入して取り付けるか、のいずれかを選択することになる。いうまでもなく、A はより安いスクリーンを購入して取り付けるほうを選ぶであろう。

では、「A に賠償責任なし」という判決になった場合はどうなるのであろうか。〔（ア）〕か、あるいは175万円支出して松を別の場所に移すか、と問われれば、松を別の場所に移すほうがトクである。しかし、もっとトクな方法がある。それは何かといえば、自らが (26) (27) (28) 万円支出して、スクリーンを購入してきて、それを A に寄付して取り付けてもらうことである。

このように考えると、判決がどのような結果になろうと、結果的にはスクリーンが取り付けられ、〔（イ）〕最小費用で煤煙による松の枯死は防止されることになる。つまり、このケースでは、法（判決）は経済的帰結に影響しないのである。（ただし、法〔判決〕が賠償責任ありとした場合には A が支出することになり、逆に賠償責任なしとした場合には B のほうが支出することになる点が異なる。）

(ケース2)

現実の世界では、すべてが上で述べたようにゆくとは限らない。実際には、B が自らスクリーンを購入して、それを A の所へもっていったとしても、A には感情的なしこりがあり、いやがらせとしているんな理由をつけてスクリーンの取り付けを拒むかもしれない。つまり、先の議論は、B が自らスクリーンを購入してそれを A に寄付して取り付けてもらうためにかかる費用、すなわち AB 間での交渉・取引にかかる費用がゼロである場合にはじめて成り立つのである。このような交渉・取引のためにかかる費用、つまりムダは「取引費用」と呼ばれている。これに対して、スクリーン購入費用や松を別の場所に移す費用は、被害の防止に直接かかわるものなので、「損害防止費用」と呼ぶことにしよう。

さて、〔ウ〕について考えてみよう。もし判決が「Aに賠償責任あり」になったとすれば、Aは最も安い方法として125万円で自らスクリーンを購入するだろう。しかし、逆にもし判決が「Aに賠償責任なし」となり、しかもAとBの関係がこじれており、両者の交渉・取引をめぐる「取引費用」が (29) (30) (31) 万円よりも大きいならば、Bは175万円を支出して松を別の場所に移すほうが費用は安くなるので、この方法を選択するだろう。そうなれば、松の枯死は防止できる結果となるものの、社会的にみれば、Aが自らスクリーンを購入すれば125万円ですむのであるから、社会全体としては、 (32) (33) (34) 万円のムダが生じることになる。このように、このケースでは、法（判決）は経済的帰結に大きく影響することになる。

したがって、この場合、経済的に〔エ〕という判決にすべきである。信玄公旗掛松事件の大審院判決は、以上のような見地から支持することができるといえよう。

（小林秀之・神田秀樹著『法と経済学』入門』弘文堂を参考にして問題を作成した。）

問1. (26) ～ (34) に当てはまる数字を解答用紙A（マークシート）の解答欄 (26) ～ (34) にそれぞれマークしなさい。ただし、解答欄の桁数よりも小さな桁数の数値になる場合は、百の位、十の位に0（ゼロ）をマークしなさい。

問2. (ア) (イ) (ウ) (エ) に当てはまる最も適切な文章をそれぞれ下記の選択肢から選び、その番号を解答用紙A（マークシート）の解答欄 (35) ～ (38) にそれぞれマークしなさい。

〈(ア)の選択肢〉 → 解答は解答欄 (35) へ

- | | |
|--------------------|--------------------|
| 1 Aは、215万円を受け取る | 2 Aは、215万円の損害を受忍する |
| 3 Bは、215万円の損害を受忍する | 4 Bは、215万円を受け取る |

〈(イ)の選択肢〉 → 解答は解答欄 (36) へ

- | | | | |
|---------|---------|---------|------------|
| 1 Aにとって | 2 Bにとって | 3 法にとって | 4 社会全体にとって |
|---------|---------|---------|------------|

〈(ウ)の選択肢〉 → 解答は解答欄 (37) へ

- | | |
|----------------|------------------|
| 1 損害防止費用がゼロの場合 | 2 損害防止費用がゼロでない場合 |
| 3 取引費用がゼロの場合 | 4 取引費用がゼロでない場合 |

〈(エ)の選択肢〉 → 解答は解答欄 (38) へ

- | | |
|---------------|---------------|
| 1 AとB共に賠償責任あり | 2 Aに賠償責任あり |
| 3 Aに賠償責任なし | 4 AとB共に賠償責任なし |

問3. ケース1とケース2の帰結に違いをもたらしている原因は何か。解答用紙Bの所定の解答欄に40字以内で答えなさい。

3 以下の文章を読み、下記の設問に答えなさい。

ガリア戦争でジュリアス・シーザーが用いた古代の暗号は、アルファベットのうち A から W までの文字を各々 3 つ後ろの文字で表記することにより暗号化し、X, Y, Z の文字を各々 A, B, C に暗号化するものだったという。例えば平文 DOG を暗号化すると GRJ となり、平文 CAT を暗号化すると FDW となる。シーザーはシフト 3 回で暗号文を作ったそうだが、何回のシフトを用いると決めてもよい。例えば、シフト (39) 回という暗号化規則の下では、平文 PIG に対する暗号文は WPN であり、シフト 80 回の場合、平文 [(ア)] を暗号化すると KEG となる。これらを総称して「シーザー暗号」と呼ぶ。

ここで、平文から暗号文を作るメッセージ送信者の作業を暗号化というのに対して、暗号文から平文に戻すメッセージ受信者の作業を復号化という。例えばシフト回数 25 回で暗号化されたシーザー暗号文は、さらに 1 回シフトすると復号化できる。1000 回ものシフトで暗号化したとしても、復号化は最低 (40) (41) 回のシフトで済む。結局、暗号文＝平文の場合を含めてもシーザー暗号の復号化パターンは (42) (43) 通りしかない。ということは、何回のシフトなのか復号化規則を知らなくても、暗号文を傍受した敵は総当たり法によって容易に平文を類推できることになる。例えば暗号文 APCYK の平文は [(イ)] と類推できよう。それ以外の候補は英語として意味をなさない文字列だからである。万一 2 つ以上の候補が挙がって完全には特定化できなくても、1 単語でかなり絞り込まれるのだから、もう少し長く暗号文を盗聴すれば容易に 1 つに特定化可能である。

敵に暗号文の意味が容易に類推されてしまうというこのシーザー暗号の問題点を解消するために、暗号化・復号化規則を複雑化してみてもどうか。例えば次のような換字表を用いてみよう。平文 GET の暗号文は ZTP、暗号文 IYZ の平文は BIG となる。

平 文	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
暗号文	D	I	Q	M	T	B	Z	S	Y	K	V	O	F	E	R	J	A	U	W	P	X	H	L	C	N	G

よくよく考えると、(あ)シーザー暗号もこれに似た換字表の形で書き表せる「換字暗号」の一種である。しかし、(42) (43) 通りのシーザー暗号と、上表のようなシーザー暗号以外の換字暗号を全て含めると、(い)膨大な数の復号化パターンが考えられるため、総当たり法で暗号が敵に解読されることは阻止できそうである。

しかし、この暗号にも(う)いくつかの問題がある。最大の問題は、言語の統計的性質を知っていれば、総当たり法を試行しなくても解読できてしまうことである。例として G WR W RWL という暗号化された一文を考えよう。ただしこの文が英文であることは分かっているものとする。まず、1 文字の英単語といえば [(ウ)] と [(エ)] の 2 つが思い浮かぶ。この英文の冒頭に試しに前者を置くと推論は直ぐに破綻するため、後者を文頭に置き、G と W を特定化しよう。すると、WR が意味する単語も類推でき、R は [(オ)] ではないかと推論できる。ここまでくると、文末の RWL が意味する単語の候補も相当に絞り込まれる。常識的に考えると、この文は結局、

[(エ)] [(ウ) (オ)] [(ウ)] [(オ) (ウ) (カ)]

ではないかと推論できてしまう。かくして、暗号化・復号化規則を複雑にしても、暗号解読の阻止は難しいと結論づけられるだろう。

シーザーの暗号はごく単純だったのに役立ったそうである。だがそれは、敵が文字の羅列を見ても暗号化されたメッセージだとは気づかなかったせいにはちがいない。その点、現代社会に潜む敵はシーザーの敵ほど素朴ではない。ひとたび傍受された暗号文は解読を試みられる危険性を帯びるのだから、より巧みな暗号化が必要である。

現代の暗号は、0と1から成るデジタル・データに符号化した文章を対象にしている。例えばある文字は01100101というデジタル数列で表せるものとしよう。この数列自体は、ASCII (American Standard Code for Information Interchange) のような一般に公開された規則に基づく符号であって、暗号文ではない。暗号化はメッセージ送受信者しか知らない規則により、デジタル数列を構成する数値を一部だけ0から1、または1から0に置き換えることで行われる。例えば01100101の先頭から2番目と4番目の数値を置き換えて、元の数列とは異なる文字を意味する00110101という数列に変換するという要領である。置換を1、非置換を0で表すと、この事例の暗号化・復号化規則は、鍵01010000で示されるだろう。次表を参照されたい。

平 文	0	1	1	0	0	1	0	1
鍵	0	1	0	1	0	0	0	0
暗号文	0	0	1	1	0	1	0	1

平文と鍵のいずれか一方で1、他方で0ならば、暗号文では1、平文と鍵の両方でともに1または0ならば、暗号文では0、となる点に注目されたい。これを一般に「排他的論理和」という。排他的論理和は暗号化・複合化鍵の自動生成法にも応用される。例えば、各々の鍵の数値を直前の数値と4つ前の数値の排他的論理和とするというルールを設け、鍵の先頭の4桁は1111であるとメッセージの送信者と受信者の間で示し合わせておけば、1111 (44) (45) (46) (47) (48) …という鍵が無限に生成できよう。この鍵を使えば、どんなに長い鍵でもその場で自動生成されるため、メッセージ送受信者が授受したり保管したりする間に第3者が鍵を盗む危険性は低いだろうし、さらに、文章中に複数回現れる特定の文字を異なった文字に暗号化しうるため、鍵を知らない第3者が言語の統計的性質を頼りに元の数列を推論する危険性も低いだろう。このような巧妙な暗号システムが、例えば携帯電話の無線通信にも応用され、現代の情報化社会を下支えしているのである。

(この問題はパイパー、マーフィ著、太田和夫、國廣 昇訳『一冊でわかる暗号理論』(岩波書店、2004年)を参考にして作成した。)

問1. (39) ～ (48) に当てはまる数字を、解答用紙A (マークシート) の解答欄 (39) ～ (48) にそれぞれマークしなさい。ただし、解答欄が十の位までであるのに解答が1桁の値になる場合には十の位に0 (ゼロ) をマークしなさい。

問2. (ア) ～ (カ) に当てはまる英単語ないし英文字を、解答用紙Bの所定の解答欄にそれぞれ大文字で記入しなさい。

問3. 下線部 (あ) に関連して、換字表によってシーザー暗号を書きあらわすと、どんな特徴を持つ換字表になるか、解答用紙Bの所定の欄に60字以内で記入しなさい。

問4. 下線部 (い) の「膨大な数」ないしそれを計算する数式を、解答用紙Bの所定の欄に記入しなさい。

問5. 下線部 (う) に関連して、直後に言及される「最大の問題」のほかはこの暗号が抱える問題とは何か、問題文の範囲内で、解答用紙Bの所定の欄に60字以内で記入しなさい。