

### 3. 宇宙生物を形作る元素の性質

#### 元素の手の数

分子が化学反応で形成されるとき、元素が結びつくことを結合といい、現在までの化学的知識を集約すると、原子が集合体として結びつく結合の仕方は主に3通りあります。1つの結合の仕方は電子の遣り取りで2種類の元素が陽イオンと陰イオンになり、そのイオン同士が電気的な引力で結びつく結合で、イオン結合と呼ばれています。もう一つの結合の仕方は、それぞれの元素に属する電子が他の元素の原子核の陽子とのあいだに電気的な相互作用をして生まれる元素の間の引力で結びつく結合で共有結合と呼ばれています。さらに、一つの元素の2

の電子が他の元素の陽子と電気的な相互作用をして結びつく配位結合があります。共有結合は1個しか充足していない軌道の電子が関与する結合であり、1段階目の軌道が2個の電子で既に充足されて安定化しているヘリウム原子は如何なる元素とも共有結合も配位結合も出来ません。水素原子は1段階目の軌道に1個しか電子が入っていませんから、他の1個の元素と共有結合して軌道を充足するため、水素原子の結合できる元素の数は1個に限られます。ホウ素原子では2段階目の4つの軌道に3個の電子しか入っていません。そのため、3個の元素と共有結合できますが、まだ1つの軌道が空のまま残ってしまいますから、さらに1個の元素と配位結合することが出来ます。炭素原子では2段階目の4つの軌道に4個の電子が入っていますから、4個の元素と同時に共有結合できます。窒素原子は2段階目の4つの軌道に5個の電子が入っていますので、1つの軌道は2個の電子で充足していますが、ほかに充足していない3つの軌道が残りますから3個の元素と共有結合できます。充足した1つの軌道はさらに1個の元素と配位結合することが出来ます。このように元素が結合できる元素の数を原子価といいます。3通りの結合の仕方の組み合わせなどにより、原子価は元素により1つだけとは限らず複数の原子価を持つ元素もあります。元素の持つ原子価はそれぞれの元素によって決まっていますので、表3-1には宇宙に多く存在する元素の原子価をまとめました。

表 3 - 1 宇宙に多く存在する元素の原子価

| 元素 | 原子価     | 元素 | 原子価     |
|----|---------|----|---------|
| H  | 1       | Fe | 3, 2    |
| He | 0       | S  | 4, 3, 2 |
| O  | 2, 1    | Ar | 0       |
| C  | 4, 3, 2 | Al | 3       |
| N  | 4, 3, 2 | Ca | 2       |
| Ne | 0       | Na | 1       |
| Mg | 2       | Ni | 3, 2    |
| Si | 4       |    |         |

原子価が0のヘリウムやネオンやアルゴンは元素が他の元素と結合することが出来ず、複雑な分子を構成することは出来ませんから単原子分子として存在します。原子価が3ないし4のような元素では、沢山の元素と結合することが出来、多種多様な分子を構成することが出来ます。宇宙生物に必要な構成要素としての分子の中心となる元素は炭素、窒素、けい素、りん、硫黄、アルミニウム、鉄などの高い原子価を持つもののうちのいずれかに限られてくるでしょう。

### 液体に溶けても切れない結合

これら 3 種の結合のうち、イオン結合は陰陽 2 種のイオンが電氣的に結びついているため、水やアンモニアなどのイオンを安定化する液体の中では結合を保つことが出来ず、2 つ以上のイオンに分かれその間に液体が入り込んでしまいます。ナトリウムと塩素からなる食塩は代表的なイオ

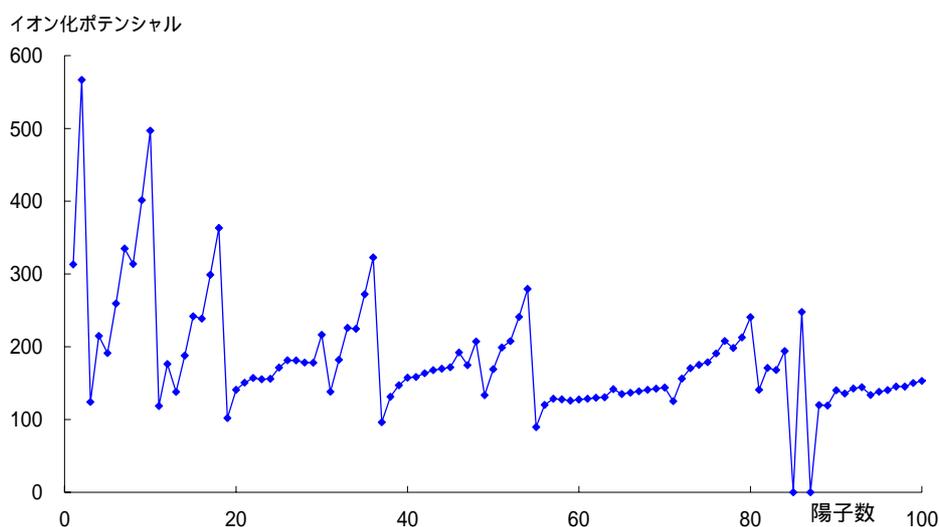


図 3 - 1 元素のイオン化ポテンシャル(kcal/mol)

表 3 - 2 元素のイオン化ポテンシャル(kcal/mol)

| 元素 | イオン化ポテンシャル | 元素 | イオン化ポテンシャル |
|----|------------|----|------------|
| H  | 313.2      | P  | 241.8      |
| He | 566.8      | S  | 238.8      |
| Li | 124.2      | Cl | 298.9      |
| Be | 214.8      | Ar | 363.3      |
| B  | 191.3      | K  | 102.1      |
| C  | 259.5      | Ca | 140.8      |
| N  | 334.9      | Ga | 138.3      |
| O  | 313.9      | Ge | 182.1      |
| F  | 401.5      | As | 226.1      |
| Ne | 496.9      | Se | 224.7      |
| Na | 118.5      | Br | 272.2      |
| Mg | 176.3      | Kr | 322.7      |
| Al | 138.1      | Rb | 96.3       |
| Si | 187.9      | I  | 240.9      |

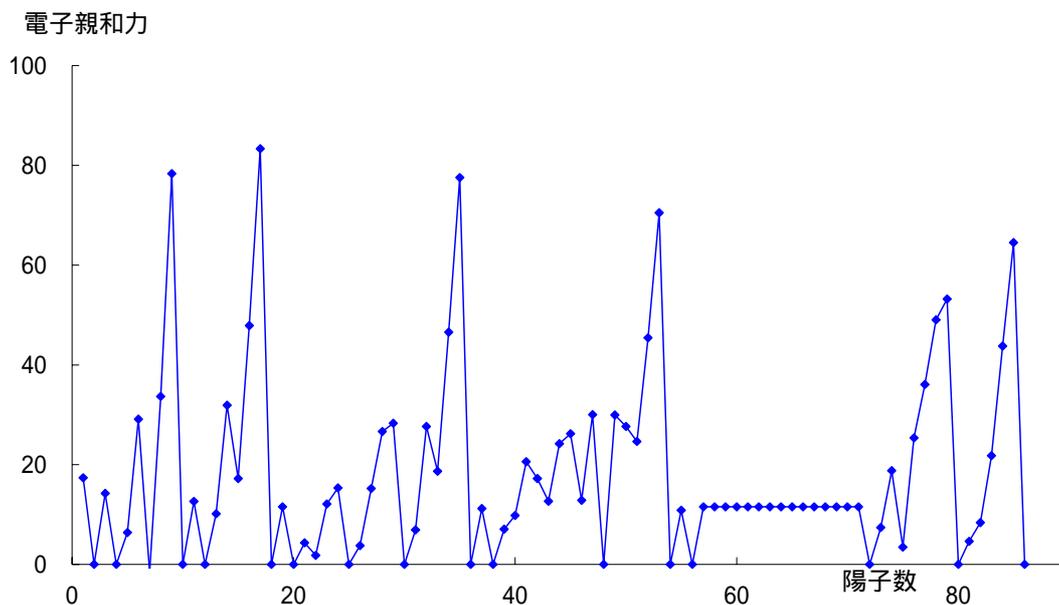


図3 - 2 元素の電子親和力(kcal/mol)

ン結合の化合物ですが、水に溶かしますとナトリウム陽イオンと塩素陰イオンにばらばらに分かれてしまいます。たとえ多くの元素で極めて複雑な分子が構成されていても、それらの元素がイ

表 3 - 3 元素の電子親和力(kcal/mol)

| 元素 | 電子親和力 | 元素 | 電子親和力 |
|----|-------|----|-------|
| H  | 0.0   | P  | 17.7  |
| He | 0.0   | S  | 48.0  |
| Li | 14.3  | Cl | 83.1  |
| Be | -57.6 | Ar | -8.4  |
| B  | 5.5   | K  | 11.5  |
| C  | 29.4  | Ca | -37.3 |
| N  | 0.0   | Ga | 8.6   |
| O  | 33.7  | Ge | 27.7  |
| F  | 78.4  | As | 18.4  |
| Ne | -6.9  | Se | 46.6  |
| Na | 12.7  | Br | 77.4  |
| Mg | -55.4 | Kr | -9.3  |
| Al | 11.9  | Rb | 11.0  |
| Si | 28.7  | I  | 70.5  |

オン結合で結ばれているならば、水などの液体に溶けたときにばらばらにイオンに壊れてしまい、その分子の持つ高い機能を失ってしまいます。イオン結合では高い再現性と発展性を持ち効率の良い系を維持することはできませんから、原子を結び付ける結合は共有結合あるいは配位結合に限られてくるでしょう。元素はイオンになり易ければイオン結合で結ばれることが多くなります。表 3 - 2 および図 3 - 1 に示すイオン化ポテンシャルの値が小さいほど元素は陽イオンへ成り易く、また表 3 - 3 および図 3 - 2 に示す電子親和力の値が大きいほど陰イオンへなりやすい性質を持っています。イオン結合ではなく共有結合あるいは配位結合で結ばれた分子が宇宙生物を構成していると考え、高いイオン化ポテンシャルと低い電子親和力を持った炭素、窒素、けい素、りん、硫黄のいずれかの元素を中心とした分子でなければならないでしょう。

### 単結合と多重結合

イオン結合では高い再現性と発展性を持ち効率の良い系を維持することが出来ませんから、原子を結び付ける結合は共有結合あるいは配位結合でなければなりません。種々の元素の共有結合あるいは配位結合を形成している 1 対の電子には、 $sp^3$  と  $sp^2$  と  $sp$  と呼ばれる 3 種類の結合電子の形があります。図 3 - 3 に示すように  $sp^3$  型の電子は互いに正面で相互作用をして単結合を形成しますので、結合エネルギーが大きく丈夫な結合になります。 $sp^2$  型と  $sp$  型の電子は図 3 -

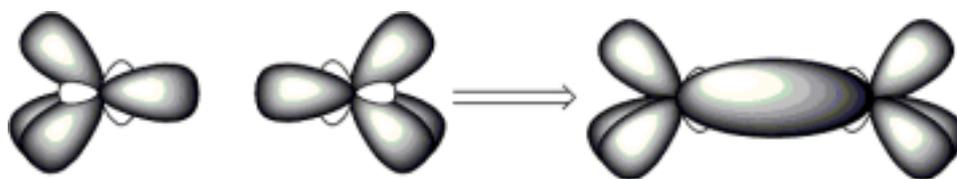


図3-3  $sp^3$ 型炭素から炭素-炭素単結合

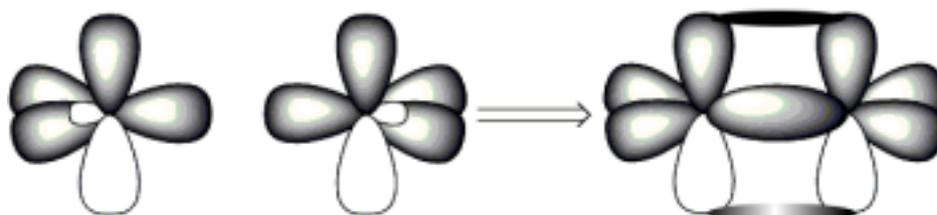


図3-4  $sp^2$ 型炭素から炭素-炭素2重結合

4 に示すように正面で相互作用をして単結合を形成しますが、そのほかにその側面でも電子が相互作用します。この側面の相互作用による結合エネルギーは小さく原子間の距離が近いときに始めて結合が形成され、単独では結合を維持することが出来ません。単結合と組み合わせることにより、やっと結合が維持されます。この時、 $sp^2$  型と  $sp^2$  型の結合が組み合わせるとき 2 重結合となり、 $sp$  型と  $sp$  型の結合が組み合わせるとき 3 重結合となります。

そのため表 3 - 4 に示すように、2 重結合の結合エネルギーは単結合の 2 倍ほどは大きな結合エネルギーを持たず、単結合の 3 倍よりはるかに小さな結合エネルギーを 3 重結合は持っています。このように同じ結合でも単結合と 2 重結合や 3 重結合などの多重結合では、結合エネルギーの違

いによる化学反応性の違いを生むことから、宇宙生物の生命活動を維持するための多種多様な分子には多重結合の可能な元素の方が適していることとなります。種々の元素の中で多重結合の可能な元素は原子価が2以上で無ければなりません。さらに、 $sp^2$ 型と $sp$ 型の電子は原子間の距離が近い時にだけ相互作用をして結合するため、けい素やゲルマニウムなどの共有結合半径の大きな元素では多重結合をすることは困難で通常の状態では存在しません。表3-5には共有結合をする種々の元素の共有結合半径をまとめておきますが、大部分の多重結合は共有結合半径の小さな炭素、窒素、酸素で形成されています。このことを考え合わせると、生物に適した中心元素は炭素、窒素、硫黄、りんであり、けい素、ゲルマニウムなどはむしろ適していないこととなります。

表 3 - 4 単結合と多重結合の結合エネルギー

|      | 炭素 炭素 | 炭素 窒素 | 炭素 酸素 | 窒素 窒素 |
|------|-------|-------|-------|-------|
| 単結合  | 83    | 73    | 86    | 59    |
| 2重結合 | 146   | 147   | 179   | 100   |
| 3重結合 | 200   | 224   |       | 225   |

表 3 - 5 種々の元素の共有結合半径 ( )

|           |           |           |           |           |           |           |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>H</b>  | <b>Be</b> | <b>B</b>  | <b>C</b>  | <b>N</b>  | <b>O</b>  | <b>F</b>  |
| 0.33      | 1.07      | 0.89      | 0.77      | 0.70      | 0.66      | 0.64      |
|           | <b>Mg</b> | <b>Al</b> | <b>Si</b> | <b>P</b>  | <b>S</b>  | <b>Cl</b> |
|           | 1.40      | 1.26      | 1.17      | 1.10      | 1.04      | 0.99      |
| <b>Cu</b> | <b>Zn</b> | <b>Ga</b> | <b>Ge</b> | <b>As</b> | <b>Se</b> | <b>Br</b> |
| 1.35      | 1.31      | 1.26      | 1.22      | 1.18      | 1.14      | 1.11      |
| <b>Ag</b> | <b>Cd</b> | <b>In</b> | <b>Sn</b> | <b>Sb</b> | <b>Te</b> | <b>I</b>  |
| 1.53      | 1.48      | 1.44      | 1.40      | 1.36      | 1.32      | 1.28      |
| <b>Au</b> | <b>Hg</b> | <b>Tl</b> | <b>Pb</b> | <b>Bi</b> |           |           |
| 1.50      | 1.48      | 1.47      | 1.46      | 1.46      |           |           |

#### 共有結合のイオン結合性

2つの元素が近づくときに、一方の元素に属する電子と他方の元素の原子核の陽子との間に電気

的な引力が生まれ、同時に一方の元素の原子核の陽子と他方の元素に属する電子の間にも電気的な引力が生まれます。このように2つの元素が近づくときに元素の間に相互に生まれる引力で結びつく結合を共有結合と呼んでいます。イオン結合では高い再現性と発展性を持ち効率の良い系を維持することが出来ませんから、宇宙生物を形作る物質は多くの原子を結び付ける結合が共有結合あるいは配位結合で結ばれていなければなりません。そこで少し共有結合の性質を調べてみましょう。

物理学で認められている静電引力と同じように、共有結合の基になる陽子と電子の間の引力も2つの中心の電荷の大きさと中心の間の距離に関係します。同じ種類の元素が共有結合するときには、それぞれの原子核に含まれる陽子の数も共有結合半径も等しくなりますから、2つの電気的引力は等しくなります。しかし、異なる元素の場合にはそれぞれの元素の陽子数も共有結合半径も異なりますから、2つの電気的な引力の大きさは当然違ってきます。多くの陽子をもち共有結合半径の小さな元素と電子の間には大きな引力が働き軽い電子は引き付けられますが、陽子数が

表3 - 6 いろいろの物質の双極子モーメント

| 物質名      |                                 | $\mu$ | 物質名       |   | $\mu$ |
|----------|---------------------------------|-------|-----------|---|-------|
| 水素       | H <sub>2</sub>                  | 0.00  | 蟻酸        | HCOOH   | 1.41  |
| 酸素       | O <sub>2</sub>                  | 0.00  | ニトロメタン    | CH <sub>3</sub> NO <sub>2</sub>               | 3.46  |
| オゾン      | O <sub>3</sub>                  | 0.53  | アセチレン     | HC CH   | 0.00  |
| 窒素       | N <sub>2</sub>                  | 0.00  | エチレン      | H <sub>2</sub> C=CH <sub>2</sub>              | 0.00  |
| 二酸化硫黄    | SO <sub>2</sub>                 | 1.63  | エタン       | H <sub>3</sub> CCH <sub>3</sub>               | 0.00  |
| アンモニア    | NH <sub>3</sub>                 | 1.47  | アセトニトリル   | CH <sub>3</sub> CN                            | 3.92  |
| 水        | H <sub>2</sub> O                | 1.85  | 塩化エチル     | CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> Cl            | 2.05  |
| 一酸化窒素    | NO                              | 0.15  | 臭化エチル     | CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> Br            | 2.03  |
| メタン      | CH <sub>4</sub>                 | 0.00  | ヨウ化エチル    | CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> I             | 1.91  |
| 塩化メチル    | CH <sub>3</sub> Cl              | 1.87  | アセトアルデヒド  | CH <sub>3</sub> CHO                           | 2.69  |
| 塩化メチレン   | CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> | 1.60  | 酢酸        | CH <sub>3</sub> COOH                          | 1.74  |
| クロロホルム   | CHCl <sub>3</sub>               | 1.01  | 蟻酸メチル     | HCOOCH <sub>3</sub>                           | 1.77  |
| 四塩化炭素    | CCl <sub>4</sub>                | 0.00  | アセトアミド    | CH <sub>3</sub> CONH <sub>2</sub>             | 3.76  |
| 一酸化炭素    | CO                              | 0.11  | エタノール     | CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH            | 1.69  |
| 二酸化炭素    | CO <sub>2</sub>                 | 0.00  | ジメチルエーテル  | CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>              | 1.30  |
| ホルムアルデヒド | CH <sub>2</sub> O               | 2.33  | ジメチルアミン   | (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> NH            | 1.23  |
| メタノール    | CH <sub>3</sub> OH              | 1.70  | ジメチルスルフィド | CH <sub>3</sub> SCH <sub>3</sub>              | 1.50  |
| メタンチオール  | CH <sub>3</sub> SH              | 1.52  | ピリジン      | C <sub>5</sub> H <sub>5</sub> N               | 2.19  |
| メチルアミン   | CH <sub>3</sub> NH <sub>2</sub> | 1.31  | ベンゼン      | C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>                 | 0.00  |
| ホルムアミド   | HCONH <sub>2</sub>              | 3.73  | トルエン      | C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>3</sub> | 0.36  |

少なく共有結合半径が比較的大きな元素と電子の間では引力が小さく電子をあまり近くには引き付けられません。結果として、多くの陽子をもち共有結合半径の小さな元素の近くに、共有結合に参与する電子がより引き付けられてしまいますから、この元素は相対的に少し電子が多くなってしまい陰イオン性を帯びてしまいます。同時に、陽子数が小さく共有結合半径が大きな元素は少し電子が少なくなってしまいますから、陽イオン性を帯びてしまいます。この電子の偏りを共有結合のイオン結合性といいますが、イオン結合性の陰陽は元素同士の相対的な関係に依存するものです。

表 3 - 7 結合の双極子モーメント ( $\mu$ 、結合モーメント)

| 結合                    | $\mu$ | 結合   | $\mu$ | 結合    | $\mu$ | 結合    | $\mu$ |
|-----------------------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| H-P                   | 0.36  | D-O  | 1.52  | N-O   | 0.3   | C=C   | 0.0   |
| H-I                   | 0.38  | H-F  | 1.94  | N-F   | 0.17  | C=N   | 0.9   |
| H-C(sp <sup>3</sup> ) | 0.30  | C-C  | 0.0   | P-I   | 0.0   | C=O   | 2.3   |
| H-S                   | 0.68  | C-N  | 0.22  | P-Br  | 0.36  | C=S   | 2.6   |
| H-Br                  | 0.78  | C-O  | 0.74  | PCl   | 0.81  | N=O   | 2.0   |
| H-Cl                  | 1.08  | C-S  | 0.9   | As-Cl | 1.64  | C C   | 0.0   |
| D-Cl                  | 1.09  | C-I  | 1.19  | Sb-Cl | 2.6   | N C-  | 3.5   |
| H-N                   | 1.31  | C-Br | 1.38  | S-Cl  | 0.7   | C=N-  | 3.0   |
| D-N                   | 1.30  | C-F  | 1.41  | Cl-O  | 0.7   | Li-C  | 1.4   |
| H-O                   | 1.51  | C-Cl | 1.46  | Cl-F  | 0.88  | Sn-Cl | >3.0  |

あまり電気伝導性の良くない物質の両端に電圧を掛けると電気コンデンサーとなりますが、このコンデンサーの蓄電量から実験的に求められる分子双極子モーメントは各結合の双極子モーメントのベクトル和になっています。そのため多くの物質の分子双極子モーメントよりいろいろの結合の双極子モーメントが求められています。表 3 - 6 と表 3 - 7 には種々の化合物の分子双極子モーメントと代表的な結合の双極子モーメントを纏めておきました。ここで求められる結合の双極子モーメントは結合モーメントと呼ばれ、2つの元素の電荷と原子間距離に比例しますから、正確に原子間距離が測定できればそれぞれの原子の上にある電荷を算出することが出来ます。食塩のように完全なイオン結合であれば、Na<sup>+</sup>とCl<sup>-</sup>のように各原子の上の電荷は電子の電荷と等しくなります。既に電子の電荷は測定されていますから、この値と比較すればいろいろの結合のイオン結合性を実験的に求めることが出来ます。例として、代表的な分子の結合モーメント( $\mu$ )、原子間距離( $r$ )とともに共有結合のイオン結合性を表 3 - 8 に挙げておきます。塩化水素の2つの原子が共有結合 83.5%とイオン結合 16.5%で結ばれている例からも分かるように、異なる元素の間の共有結合では必ず多少のイオン結合性があります。Pauling は共有結合の結合エネルギー

ギーを基に式 3 - 1 の関係式を提案しました。

$$\chi_A - \chi_B = \left( E_{A-B} - \frac{E_{A-A} + E_{B-B}}{2} \right)^{\frac{1}{2}} \quad \text{式 3 - 1}$$

この式で  $E_{A-B}$  は原子 A - B 間の結合エネルギー、 $\chi_A$  は原子 A の電気陰性度を表しています。

表 3 - 8 共有結合のイオン結合性

|                                      | HF   | HCl  | HBr  | HI   | CH <sub>3</sub> O-H |
|--------------------------------------|------|------|------|------|---------------------|
| $\mu$ ( x 10 <sup>-18</sup> esu.cm ) | 1.94 | 1.08 | 0.78 | 0.38 | 0.30                |
| r ( Å )                              | 0.92 | 1.27 | 1.41 | 1.61 | 0.96                |
| イオン結合性 ( % )                         | 45   | 16.5 | 12   | 5    | 6.5                 |

表 3 - 9 Pauling の電気陰性度

|           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>H</b>  |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 2.1       |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| <b>Li</b> | <b>Be</b> |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           | <b>B</b>  | <b>C</b>  | <b>N</b>  | <b>O</b>  | <b>F</b>  |
| 1.0       | 1.5       |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           | 2.0       | 2.5       | 3.0       | 3.5       | 4.0       |
| <b>Na</b> | <b>Mg</b> |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           | <b>Al</b> | <b>Si</b> | <b>P</b>  | <b>S</b>  | <b>Cl</b> |
| 0.9       | 1.2       |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           | 1.5       | 1.8       | 2.1       | 2.5       | 3.0       |
| <b>K</b>  | <b>Ca</b> | <b>Sc</b> | <b>Ti</b> | <b>V</b>  | <b>Cr</b> | <b>Mn</b> | <b>Fe</b> | <b>Co</b> | <b>Ni</b> | <b>Cu</b> | <b>Zn</b> | <b>Ga</b> | <b>Ge</b> | <b>As</b> | <b>Se</b> | <b>Br</b> |
| 0.8       | 1.0       | 1.3       | 1.5       | 1.6       | 1.6       | 1.5       | 1.8       | 1.8       | 1.8       | 1.9       | 1.6       | 1.6       | 1.8       | 2.0       | 2.4       | 2.8       |
| <b>Rb</b> | <b>Sr</b> | <b>Y</b>  | <b>Zr</b> | <b>Nb</b> | <b>Mo</b> | <b>Tc</b> | <b>Ru</b> | <b>Rh</b> | <b>Pd</b> | <b>Ag</b> | <b>Cd</b> | <b>In</b> | <b>Sn</b> | <b>Sb</b> | <b>Te</b> | <b>I</b>  |
| 0.8       | 1.0       | 1.2       | 1.4       | 1.6       | 1.8       | 1.9       | 2.2       | 2.2       | 2.2       | 1.9       | 1.7       | 1.7       | 1.8       | 1.9       | 2.1       | 2.5       |
| <b>Cs</b> | <b>Ba</b> | <b>La</b> | <b>Hf</b> | <b>Ta</b> | <b>W</b>  | <b>Re</b> | <b>Os</b> | <b>Ir</b> | <b>Pt</b> | <b>Au</b> | <b>Hg</b> | <b>Tl</b> | <b>Pb</b> | <b>Bi</b> | <b>Po</b> | <b>At</b> |
| 0.7       | 0.9       | 1.1       | 1.3       | 1.5       | 1.7       | 1.9       | 2.2       | 2.2       | 2.2       | 2.4       | 1.9       | 1.8       | 1.8       | 1.9       | 2.0       | 2.2       |
| <b>Ir</b> | <b>Ra</b> | <b>Ac</b> | <b>Th</b> | <b>Pa</b> | <b>U</b>  | <b>Np</b> |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 0.7       | 0.9       | 1.1       | 1.3       | 1.5       | 1.7       | 1.3       |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |

いろいろな結合の結合エネルギーから各元素の電気陰性度が算出されていますので、表 3 - 9 に挙げておきます。この電気陰性度が大きいほど陰イオン性が大きくなり、小さいほど陽イオン性が大きくなります。例えば、塩化メチルでは炭素は電気陰性度が 2.5、塩素が 3.0 ですから、炭素が僅かながら陽イオンに、塩素が僅かながら陰イオンの性質を帯びていることを示しています。

また、メタンでは水素は電気陰性度が 2.1 ですから若干陽イオン性を示し、炭素は陰イオン性を示していると思われまゝ。言い換えれば、あらゆる共有結合におけるイオン結合性の向きがこの電気陰性度の値から容易に予想することが出来ます。しかも、この電気陰性度の値の差が大きいほどイオン結合性が大きくなることも定性的に表しています。

この電気陰性度の値があまり大きくも小さくもない元素は、結合する相手の元素により陽イオン性も陰イオン性も示すことを意味していますから、宇宙生物が生命活動を維持するために必要とする多種多様な分子の性質を生み出すためには大切なことと思われまゝ。この考えに元素の存在量を加味すると、炭素、りん、硫黄は結合している元素により陽イオンの性質を示す場合と陰イオンの性質を示す場合がありますから、宇宙生物を構成する物質の中心となる元素として適していると思われまゝ。これに対して、けい素の電気陰性度は 1.8 ですから共有結合をし易い元素の中では比較的小さいため、陰イオンの性質を示すことはほとんど無く、常に陽イオンの性質を示します。このことは宇宙生物を構成する物質の中心となる元素としてはむしろ適していないと思われまゝ。

### 連続的な元素の鎖

材料となる宇宙の元素が約 90 種類に限られているにもかかわらず、宇宙生物も化学反応で生命活動を維持するためには多種多様な分子を必要とします。当然、多種多様な分子の中心となる元素は、数多くの元素を一つの分子に構成出来るもので無ければならず、繰り返し結合できる元素であれば、数多くの元素で構成される分子も可能になり、単結合や多重結合などその元素の結合の違いにより飛躍的に多くの分子が構成されます。例えば、4 価の原子価を持つ元素を W、3 価の原子価を持つ元素を X、2 価の原子価を持つ元素を Y、1 価の原子価を持つ元素を Z とするとき、それらの原子で構成できる共有結合化合物の種類を表 3 - 10 にまとめてみました。この表からも判るように、原子の数が少し増すだけで、構成できる分子の種類は飛躍的に増加します。たとえば、 $W_nZ_{2n+2}Y$  の例としてアルコールとエーテルが  $C_nH_{2n+2}O$  の分子式を持っていますが、 $CH_4O$  の分子式を持つ分子はメタノールしか存在しません。分子式  $C_2H_6O$  の化合物はエタノールとジメチルエーテルの 2 種類ですし、 $C_3H_8O$  の分子式の化合物には 1-プロパノール、2-プロパノール、メチルエチルエーテルの 3 種類が存在します。そして表 3 - 10 は  $C_{12}H_{26}O$  の分子式を持つ化合物には合わせて 6123 種類のアルコール類とエーテル類が存在することを意味しています。宇宙に多く存在する高い原子価の元素の中で、酸素や窒素は 3 つまで繰り返し結合できますが、それ以上では不安定で分解してしまいます。炭素、けい素、硫黄はほとんど無限に結合を繰り返すことが出来ます。しかし、連続的に結合をする硫黄の原子価は 2 であり他の元素と結合することが出来ません。当然複雑な分子を構成することは出来ません。

さらに酸素原子を間に挟んでけい素、りん、硫黄は連続的に結合することが出来ます。酸素を挟んで連続的に結合したりんの化合物はポリりん酸あるいはピロりん酸と呼ばれ、水に溶けるとイオン性のりん酸に分解してしまいます。同じように硫黄と酸素が交互に結合した化合物は無水硫酸といい簡単に硫酸に分解してしまいます。けい素と酸素が交互に連続的に結合したものは無水

けい酸あるいはシリカと呼ばれ、非常に融点の高い剛直な固体となります。無水けい酸は石英や長石として岩石中に多く含まれ、非常に安定な物質です。このように元素の結合の仕方やその化合物の性質を考えてみると、炭素あるいはけい素の連続的に結合した鎖が骨格となった分子が、宇宙生物を構成しているのではないのでしょうか。

表 3 - 10 原子の数と異性体数

| n  | $W_nZ_{2n+2}$ | $W_nZ_{2n}$ | $W_nZ_{2n+2}Y$    | $W_nZ_{2n}Y$    | $W_nZ_{2n+3}X$ | $W_nZ_{2n+1}XY_3$ |
|----|---------------|-------------|-------------------|-----------------|----------------|-------------------|
| 類例 | 飽和炭化水素        | 2重結合物質      | アルコール類<br>メルカプタン類 | ケトン類、<br>アルデヒド類 | 飽和アミン類         | ニトロ化合物            |
| 1  | 1             | 0           | 1                 | 1               | 1              | 3                 |
| 2  | 1             | 1           | 2                 | 1               | 2              | 17                |
| 3  | 1             | 1           | 3                 | 4               | 4              | 130               |
| 4  | 2             | 3           | 7                 | 11              | 8              | 751               |
| 5  | 3             | 5           | 14                | 33              | 17             | 3740              |
| 6  | 5             | 13          | 32                | 91              | 39             |                   |
| 7  | 9             | 27          | 72                | 254             | 89             |                   |
| 8  | 18            | 66          | 171               | 698             | 211            |                   |
| 9  | 35            | 153         | 405               | 1936            | 507            |                   |
| 10 | 75            | 377         | 989               | 5296            | 1238           |                   |
| 11 | 159           | 915         | 2460              |                 | 3057           |                   |
| 12 | 355           | 2315        | 6123              |                 |                |                   |