



談話室

“脱炭素”という言葉への違和感

What Does “Decarbonization” Mean?

安田 誠*

Makoto Yasuda

筆者は大阪大学工学部で「有機工業化学」を担当し、燃料・化成品製造の過程を通して有機資源（炭素資源）について化学的観点から講義を行なっている。学生の授業アンケートに「講義を受けるまで炭素資源は悪だと思っていました。しかし本講義を受けて……」とのコメントが散見され、強いショックを受けている。世の中が炭素の本質を理解せず、“脱炭素”の言葉を乱用していることが原因であろう。筆者は有機化学を専門とするものとして、化学的な観点から、あらためて炭素Cについて記述したい。

H						He	
Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	Og

Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn
Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd
	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg
	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn

La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

図に示す周期表において、炭素Cは最前列の中央部、すなわちセンターフォワードに位置している。貴ガスを除いて周期表を眺めれば、左端はカチオンに、右端はアニオンになりやすく、それぞれ+1, -1の酸化数を有する種として天然に存在する。これに対して炭素Cは中央に位置しており、安定な特定の酸化状態が存在せず、多様な酸化数を取り得る。二酸化炭素は+4、メタンは-4、石油・石炭はその間の酸化数を有する。酸化還元は化学エネルギーの源で、エネルギーの流れを司る物質循環の担い手として炭素が用いられることは化学的必然である。また、中央に位置することは価電子数が4を意味し、4本の結合を作りつつオクテットとなり、C-C結合を通して炭素原子同士が長く繋がることができる。結合の手の数が3や2の窒素Nや酸素Oでは、非共有電子対が存在するため、O-O結合やN-N結合は安定ではなく開裂しやすいことは対照的である。

周期表の最前列に位置することは、原子半径が小さいことを意味する。 σ 結合に比して π 結合は結合安定性が原子間距離にとりわけ強い影響を受け、原子間距離が大きくな

るにつれ、その結合は格段に弱まる。かつては二重結合則とよばれ、「第3周期元素以降について、同一元素同士または他の元素との間で二重結合や三重結合を形成できない」と認識されていたほど、大きな元素は多重結合、すなわち π 結合を形成しにくい。現在では二重結合則を克服した分子が合成されているが、その構造は炭素の多重結合種とは大きく異なり、通常の π 結合は第3周期以降の元素では形成しにくいことが再認識されている。一方、最前列の炭素は、 π 結合をも供することで、多様な幾何構造の元となり得る。また、第3周期以降の元素は高配位化を起こし分子構造が外部環境により変化しやすいのに対し、最前列の炭素は高配位化せず、比較的堅固な構造を保持できる。以上のように、多様な酸化数を取り、多様な幾何構造を取り、堅固な構造を保持しつつ自由に結合を繋ぐことを同時に成し得るのは、周期表のセンターフォワードに位置している炭素Cのみがなし得る芸当なのである。

地球資源に目を向ける。大気中には窒素、酸素、二酸化炭素があり、海水中には水と塩がある。地中および地表には酸化ケイ素、酸化アルミニウム、鉄の酸化物/硫化物、石灰岩、岩塩、そして化石燃料や動植物（有機化合物）が存在する。元素の観点で眺めると、これらの中で、複数の酸化数で天然に大量に存在している元素は酸素Oと炭素Cだけであることに気づく。酸化数が-2価で安定な酸素が、酸化数0の O_2 として比較的安定に存在できるのはその分子軌道から説明される高い結合次数が原因である。炭素Cは前述の理由により多様な酸化数で存在しうる。すなわち、資源として大量に存在する酸化剤は酸素 O_2 、還元剤は炭素資源（化石燃料）で、それ以外は存在しない。世の中に多数ある還元剤は、すべて元を辿れば炭素資源の還元力を利用した作り物ばかりである。炭素資源は、酸素 O_2 との反応でエネルギーを生み出し、動力、電力、熱源となる。また金属酸化物から還元力を利用して製錬に使われる。炭素資源が無ければ、橋もビルもクルマもできない。

以上、有機化学者として、あらためて炭素Cのスーパースターぶりを記した。この事実を認識せず、“脱炭素”という言葉が世の中で一人歩きすることに強い違和感と危機を感じるとともに、センターフォワードの炭素Cの唯一無二の有用性、特殊性に関する正しい情報を提供していくべきであると強く思う。

*大阪大学大学院工学研究科応用化学専攻教授
〒565-0871 大阪府吹田市山田丘2-1