アミン-nHF をフッ素源として用いる新しいフッ素化反応の開発

原 正 治*・米 田 徳 彦*

Development of New Fluorination Reaction Using Amine-nHF Complexes as Fluorine Source

Shoji HARA* and Norihiko YONEDA*

Recently, $\text{Et}_3\text{N-nHF}$ complexes have been used for a variety of fluorination reactions instead of hazardous anhydrous HF. This review summarizes the recent progress in the fluorination reaction using $\text{Et}_3\text{N-nHF}$ complexes except $\text{Et}_3\text{N-3HF}$. $\text{Et}_3\text{N-HF}$ and $\text{Et}_3\text{N-2HF}$ have been used as nucleophilic fluorinating reagents in the $\text{S}_{\text{N}}2$ type ring opening of terminal oxiranes and substitution with alkyl halides. On the other hand, $\text{Et}_3\text{N-5HF}$ and $\text{Et}_3\text{N-6HF}$ complexes, which are slightly more acidic than $\text{Et}_3\text{N-3HF}$, have been used as 1) an electrolyte in electrochemical fluorination reactions 2) a hydrofluorination reagent of alkenes and alkenals and 3) a co-reagent of iodotoluene difluoride in the oxidative fluorination of β -dicarbonyl compounds, alkenes, and alkynes.

Key words: $\text{Et}_3\text{N-nHF}$ complexes, Nucleophilic fluorinating reagents, Electrochemical fluorination reactions, Hydrofluorination, Oxidative fluorination

1. はじめに

無水フッ化水素(HF)は安価なフッ素源として工業的に利用されているが、低沸点(約 19 °C)と強い毒性や腐食性のため、取り扱いには特別な装置と熟練を必要とし実験室での利用はむずかしい¹⁾。無水フッ化水素とルイス塩基の錯体は、これらの問題点を解決した使いやすいフッ素化剤であるが、中でも $\text{Et}_3\text{N-3HF}$ 錯体は HF を容易に放出しないことからガラス容器中でも使用できる²⁾。この錯体は市販されており、無水フッ化水素や Olah 試薬(トリジン-9 HF)と比べフッ素アニオンの求核性が高いという特徴があり、様々なフッ素化合物の合成に利用されている³⁾。これに対して最近 $\text{Et}_3\text{N-3HF}$ 錯体よりフッ素アニオンの求核性が高い $\text{Et}_3\text{N-nHF}$ ($n=1$ or 2)錯体や、適度の酸性を持つ $\text{Et}_3\text{N-nHF}$ ($n=5$ or 6)錯体がその特徴をいかして、有機フッ素化合物の合成に

利用されている。ここでは $\text{Et}_3\text{N-3HF}$ 錯体以外の $\text{Et}_3\text{N-nHF}$ 錯体の反応性や性質を $\text{Et}_3\text{N-3HF}$ 錯体との違いを中心に述べる。

2. $\text{Et}_3\text{N-HF}$ および $\text{Et}_3\text{N-2HF}$ 錯体

$\text{Et}_3\text{N-3HF}$ 錯体は常温で液体であるが、これに Et_3N を加えると固体になる。 $\text{Et}_3\text{N-2HF}$ 錯体は $\text{Et}_3\text{N-3HF}$ 錯体に 0.5 当量の Et_3N を加えて調製される。 $\text{Et}_3\text{N-2HF}$ 錯体にさらに 1 当量の Et_3N を加えると $\text{Et}_3\text{N-HF}$ ができる。 $\text{Et}_3\text{N-2HF}$ 錯体や $\text{Et}_3\text{N-HF}$ 錯体はそれぞれ $[\text{Et}_3\text{NH}]^+[\text{HF}_2]^-$ あるいは $[\text{Et}_3\text{NH}]^+\text{F}^-$ の形で存在し、 $[\text{Et}_3\text{NH}]^+[\text{H}_2\text{F}_3]^-$ の形で存在する $\text{Et}_3\text{N-3HF}$ 錯体と比べて錯体中のフッ素アニオンはより自由な状態にあり、高い求核性を持つと予想できる⁴⁾。しかし、これらの錯体は $\text{Et}_3\text{N-3HF}$ 錯体に比べ安定性は低く、減圧下で加熱すると Et_3N を失って $\text{Et}_3\text{N-3HF}$ 錯体に戻る⁵⁾。その構造は確かではないが、Giudicelli らは $\text{Et}_3\text{N-2HF}$ 錯体のアルカリ滴定の結果から、溶液中で次の平衡状態で存

Scheme 1

* 北海道大学大学院工学研究科 ()

* Graduate School of Engineering, Hokkaido University ()

在していると推定している(スキーム 1)⁵⁾。

2.1. オキシランの開環によるフルオロアルコールの合成

フルオロアルコールは生理活性物質や液晶あるいはフルオロアルケンなどの原料として利用範囲が広く、効果的かつ選択的な合成法の確立が望まれている⁶⁾。末端オキシラン(1)に酸性の強いアミン-HF 錯体を反応させると、オキシラン酸素へのプロトン化を経て S_N1 型生成物である 2-フルオロ-1-アルコール(2)が主生成物として得られる。置換基 R のカチオン安定化能力に依存するが、反応は一般に速く選択性も高い(スキーム 2)⁷⁾。

Scheme 2

一方、フッ素求核種を 1 と反応させれば、S_N2 型生成物である 1-フルオロ-2-アルコール(3)が合成できるはずである(スキーム 3)⁷⁾。同じ出発原料から 2 と 3 を作り分けることができれば、フルオロアルコールの有用な合成法となりうることから、これまで多くの研究が行われてきている⁸⁾。

Scheme 3

Haufe らはオキシラン(4)に酸性の強いピリジン-9 HF を反応させると一級アルコール(5)が選択的に得られるが、Et₃N-3 HF 錯体を反応させると S_N2 型生成物(6)の割合が増加することを報告している。しかし選択性はほとんど無く、6 を選択性良く得るためには Et₃N-3 HF 錯体よりも高い求核性を持ったフッ素アニオン種が必要である。そこで、Haufe らは Et₃N-HF 錯体(Et₃N-3 HF 錯体+2 Et₃N)を用い、4 から最も高い選択性で 6 を得ている(スキーム 4)⁹⁾。また、Schlosser^{6a)} や野平^{7b)} も他のアミン-HF 錯体を使用して同様な結果を報告している。しかし、一般にフッ素アニオンの低い求核性のため、S_N2 型生成物を選択的に合成しようとするとき厳しい条件下で反応を行う必要がある。

2.2. 求核置換フッ素化反応

Et₃N-nHF (n=1-3) 錯体のフッ素アニオンの反応性が

Scheme 4

PhCH₂CH₂CH₂OMs の求核置換フッ素化反応によって比較されている⁵⁾。それによると、Et₃N-2HF の反応性は Et₄N⁺-HF₂⁻ より劣るが Et₃N-3 HF より高いと報告されている。しかし、オキシランの開環フッ素化反応で最も高い求核性を示した Et₃N-HF はこの場合にはほとんど反応性を示さない。Giudicelli らは糖誘導体(7)のフッ素化に Et₄N⁺-HF₂⁻ を使用すると塩基性が強すぎてタール状の物質が生成するが、Et₃N-2HF を用いると目的のフッ素化体(8)が収率よく得られると報告している。また、Et₃N-3HF を用いた場合には求核性が低くフッ素化が完全に進行しない(スキーム 5)。

Scheme 5

3. Et₃N-5HF および Et₃N-6HF 錯体

Et₃N-5 HF および Et₃N-6 HF 錯体は市販の Et₃N-3 HF に 2 または 3 当量の無水フッ化水素を加えるか、Et₃N に直接 5 または 6 当量の無水フッ化水素を加えて

調製する。これらの錯体も、 $\text{Et}_3\text{N}\cdot 3\text{HF}$ ほど安定ではなく高温あるいは減圧下では HF を失って $\text{Et}_3\text{N}\cdot 3\text{HF}$ に変わる。また、ガラスを侵すため、テフロン製の実験器具を必要とする。このように、 $\text{Et}_3\text{N}\cdot 5\text{HF}$ および $\text{Et}_3\text{N}\cdot 6\text{HF}$ 錯体は調製に無水フッ化水素を必要とするため従来あまり利用されなかったが、最近これらの錯体に $\text{Et}_3\text{N}\cdot 3\text{HF}$ 錯体にはない興味ある反応性が見いだされている。

3.1. 電解フッ素化反応の支持電解質としての利用

無水フッ化水素を支持電解質として利用する電解フッ素化反応は、フッ素化合物合成法として工業的にも利用されている¹⁾。一方、最近、 $\text{Et}_3\text{N}\cdot 3\text{HF}$ を支持電解質として用いた、電解部分フッ素化反応が開発された。これは、必要な場所に 1 個あるいは 2 個のフッ素原子を導入する精密電解フッ素化法であるが、これについては他に総説がでているので参照願いたい¹⁰⁾。ここでは、 $\text{Et}_3\text{N}\cdot 5\text{HF}$ 錯体を支持電解質として用いた電解フッ素化反応について述べる。

3.1.1. カルボニル化合物の電解フッ素化反応

プラチナ電極を用いて $\text{Et}_3\text{N}\cdot 3\text{HF}$ 錯体の酸化電位を測定すると、2 V (vs. Ag/Ag^+) あたりから少しずつ電流が流れ始める。これは 2 V 以上の電位では $\text{Et}_3\text{N}\cdot 3\text{HF}$ 錯体が酸化されていることを示している。一方、 $\text{Et}_3\text{N}\cdot 5\text{HF}$ 錯体では、同様の操作で 3 V 近くの電位までほとんど電流が流れず、電解酸化に対して安定なことを示している¹¹⁾。一般に脂肪族アルデヒドやケトンの酸化電位は 2–2.4 V であり¹²⁾、 $\text{Et}_3\text{N}\cdot 3\text{HF}$ 錯体を支持電解質として電解酸化を行うとカルボニル化合物の酸化とともに $\text{Et}_3\text{N}\cdot 3\text{HF}$ 錯体の酸化が競争して起こり収率よく生成物が得られない。しかし、同じ反応を $\text{Et}_3\text{N}\cdot 5\text{HF}$ 錯体中で行うと基質の酸化およびフッ素化が選択的に進行する。たとえば、脂肪族アルデヒドを $\text{Et}_3\text{N}\cdot 5\text{HF}$ 錯体中で電解酸化すると、対応する酸フッ化物が収率よく得られる(スキーム 6)^{11,13)}。

Scheme 6

一方、ケトンでも $\text{Et}_3\text{N}\cdot 5\text{HF}$ 錯体中で電解酸化するとカルボニル炭素と α -炭素間の結合の切断が起こり酸フッ化物(9)とフッ化アルキル(10)が生成する(スキーム 7)。

Scheme 7

この反応を環状ケトンで行うと開環フッ素化反応が起こり、反応後ナトリウムアルコキッドで処理することによりフルオロカルボン酸エステルが得られる。環状ケトンの α -位に置換基がある場合、置換された α -炭素とカルボニル炭素間の結合が選択的に切断される(スキーム 8)^{11,14)}。

Scheme 8

3.1.2. 環を持った不飽和エステルの環拡大を伴った *gem*-ジフッ素化反応

オレフィン容易に電解酸化されるが、二重結合にエステル基が付くと酸化電位が高くなり酸化は困難になる。不飽和エステル(11)を $\text{Et}_3\text{N}\cdot 5\text{HF}$ 錯体中で電解酸化すると環の拡大とフッ素化が起こり、*gem*-ジフッ素化合物(12)が得られる(スキーム 9)¹⁵⁾。

Scheme 9

環の拡大は電解酸化により生成する不安定なカチオン中間体(13)が、より安定な 14 へと変わるために起こると考えている(スキーム 10)。

5 から 6 員環および 6 から 7 員環の環拡大フッ素化反応は収率よく進行する。この反応も 2.2 V から 2.5 V の酸化電位で起こるため $\text{Et}_3\text{N}\cdot 3\text{HF}$ 錯体中ではうまくいかない(スキーム 11)。

3.2. ヒドロフッ素化反応

3.2.1. オレフィンのヒドロフッ素化反応

オレフィンのヒドロフッ素化反応は有機フッ素化合物を合成する基本的な反応の 1 つである。ヒドロフッ素化試薬として無水フッ化水素¹⁾、ピリジン-9HF¹⁶⁾、メラミン-

HF ¹⁷⁾ などが用いられてきた。しかし、これらの試薬は酸性が強く、基質の重合や異性化を伴い、官能基を持ったオレフィンの選択的ヒドロフッ素化反応には利用できない。一方、 $\text{Et}_3\text{N}\cdot 5\text{HF}$ 錯体あるいは $\text{Et}_3\text{N}\cdot 6\text{HF}$ 錯体は三級のフッ化アルキルを与えるオレフィンと反応して収率よくフッ素化生成物を与える。また、分子内に含まれる他の官能基に与える影響も少ない(スキーム 12)¹⁸⁾。

この方法では、二級のフッ化アルキルを与えるオレフィンとの反応は非常に遅いが、溶媒にヘキサフルオロイソプロピルアルコールを用いると加速される。蚊の誘引物質として期待される化合物(16)¹⁹⁾は市販の 4-アシルペラトロール(15)のヒドロフッ素化反応により直接合成できる(スキーム 13)。ヒドロフッ素化試薬として、ピリジン-9HF を使用した場合には酸性が強すぎて 15 の二量化や重合が速く、目的の 16 を収率よく得ることができない¹⁹⁾。

3.2.2. 不飽和アルデヒドの環化ヒドロフッ素化反応

5 位に二重結合を持つアルデヒドは、 $\text{Et}_3\text{N}\cdot 5\text{HF}$ 錯体との反応で 5 員環のフルオロアルコールを与える(スキーム 14)。この反応は非常に速く、低温で行うほど立

Scheme 14

体選択性も高い²⁰⁾。

6 位に二重結合を持つアルデヒドは 6 員環生成物を与えるが、5 員環生成の場合と比べて立体選択性は低い。しかし、光学活性なフルオロアルコール(18)を市販の(+)-シトロネラル(17)から簡単に合成できる。18 は普通のシリカゲルカラムで他の異性体と分離できる(スキーム 15)。

Scheme 15

3.3. ジフルオロヨードトルエン-Et₃N-5 HF 錯体による酸化的フッ素化反応

ジフルオロヨードトルエンは調製にフッ素ガスを必要としない穏和な酸化的フッ素化剤であり²¹⁾、ヨードトルエンの塩素化を経て 2 段階で大量に安価に合成できる²²⁾。このジフルオロヨードトルエンを Et₃N-5 HF 錯体と組み合わせて使用すると、これまで危険なフッ素ガスや求電子的フッ素化剤を必要としたフッ素化反応を安全に穏和な条件下で行うことができる。また、これまでにない新しいフッ素化反応も行うことができる。

3.3.1. β-ジカルボニル化合物の α-フッ素化反応

α-フルオロカルボニル化合物は生理活性物質合成の鍵中間体やビルディングブロックとして重要である²¹⁾。β-ジカルボニル化合物の α-位の水素を直接フッ素に置換して α-フルオロ-β-ジカルボニル化合物を合成するにはこれまでフッ素ガスや求電子的フッ素化剤が必要で

あった^{21,23)}。しかし、ジフルオロヨードトルエンと Et₃N-5 HF 錯体あるいはピリジン-9 HF 錯体を用いると β-ケトエステルの α-位の水素を直接フッ素に置換することができる。α-位に置換基の無い β-ケトエステルのフッ素化反応では、モノフッ素化生成物が選択的に得られ、ジフッ素化生成物や他の位置がフッ素化された生成物は全く生成しない(スキーム 16)²⁴⁾。

Scheme 16

この方法を電解反応と組み合わせるとヨードトルエンから反応系中でジフルオロヨードトルエンを合成し、そのまま単離せずに β-ジカルボニル化合物をフッ素化することができる。つまり、電解槽中に基質とヨードトルエンおよび Et₃N-5 HF 錯体を入れ電流を流すだけで α-フルオロ-β-ジカルボニル化合物が収率よく得られる(スキーム 17)²⁵⁾。

Scheme 17

反応機構は次のように考えている。まずヨードトルエンが Et₃N-5 HF 錯体中で電解酸化されジフルオロヨードトルエンに変わる²⁶⁾。ジフルオロヨードトルエンは系中の Et₃N-5 HF 錯体に活性化され β-ジカルボニル化合物と反応し中間体(19)を経てフッ素化生成物(20)を与える(スキーム 18)。ジフルオロヨードトルエンはフッ素化反応後ヨードトルエンに戻るため、ヨードトルエンを触媒的に反応させることができる。

この反応を β-ケトエステルの (-)-8-フェニルメンチルエステル(25)を用いて行くと、ジアステレオ選択的にフッ素化反応を行うことができる(スキーム 19)²⁷⁾。

3.3.2. オレフィンの vic-ジフッ素化反応

オレフィンの vic-ジフッ素化試薬としてはフッ素ガスや XeF₂ が知られている²³⁾。しかし、フッ素ガスは反

Scheme 19

応制御が難しく XeF_2 はその合成にフッ素ガスが必要であるという問題がある。末端オレフィンあるいはシクロヘキセン誘導体にジフルオロヨードトルエン- Et_3N -5 HF 錯体を反応させると *vic*-ジフッ素化反応が進行する (スキーム 20)²⁸⁾。

反応は HF により活性化されたジフルオロヨードトルエンにオレフィンが付加し、続いて付加体(21)からヨードトルエンが脱離しながら 2 番目のフッ素化が進行して生成物(22)が生成していると考えている (スキーム 21)。

3.3.3. 環の縮小を伴った *gem*-ジフッ素化反応

シクロヘキセン誘導体の二重結合にメチル置換基が存在するとジフルオロヨードトルエン- Et_3N -5 HF 錯体との反応では環の縮小を伴った *gem*-ジフッ素化生成物を与える。この基質では *vic*-ジフッ素化生成物は全く生成しない。また 4 位に置換基が存在する場合、トランス生成物が選択的に得られる (スキーム 22)²⁹⁾。

環にベンゼン環が縮合している場合には、反応はより収率よく進行する。この場合、二重結合上にメチル基が無くても環の縮小生成物が選択的に得られる (スキーム 23)。

3.3.4. アルキンへの付加によるアルケニルヨードニウム塩の合成

末端アルキンにジフルオロヨードトルエン- Et_3N -5

Scheme 23

HF 錯体を反応させると、付加体であるアルケニルヨードニウム塩(23)が安定に得られる。23 は二重結合上の F と H の NMR の結合定数から (*E*)-体であることが確認された(スキーム 24)³⁰⁾。

Scheme 24

アルケニルヨードニウム塩の反応に関しては多くの報告がなされているが³¹⁾、23 を落合らの方法に従って塩素化すると 2 種類の生成物(24)と(25)が生成してしまう(スキーム 25)。

Scheme 25

Scheme 26

しかし、23 のヨウ素化反応では(*E*)-1-ヨード-2-フルオロ-1-デセン(24)を選択的に得ることができる。この方法は各種フルオロアルケンの立体選択的合成に利用できると考えている(スキーム 26)³²⁾。

(平成 9 年 10 月 30 日受理)

文 献

- 1) 渡辺信淳 “フッ素化学と工業” 化学工業社 (1973)
- 2) 石川延男, 小林義郎 “フッ素の化合物” 講談社 (1979)
- 3) R. Franz, *J. Fluorine Chem.*, **15**, 423 (1980)
- 4) 総説: M.A. McClinton, *Aldrichimica Acta*, **28**, 31 (1995); G. Haufe, *J. Prakt. Chem.*, **338**, 99 (1996)
- 5) D. Boenigk, D. Mootz, *J. Am. Chem. Soc.*, **110**, 2135 (1988)
- 6) M.B. Giudicelli, D. Picq, B. Veyron, *Tetrahedron Lett.*, **31**, 6527 (1990)
- 7) (a) H. Suga, T. Hamatani, M. Schlosser, *Tetrahedron*, **6**, 4247 (1990); (b) J. Umezawa, O. Takahashi, K. Furuhashi, H. Nohira, *Tetrahedron: Asymmetry*, **4**, 2053 (1993)
- 8) G.A. Olah, D. Meidar, *Israel J. Chem.*, **17**, 148 (1978)
- 9) 総説: C. Bonini, G. Righi, *Synthesis*, **1994**, 225; O.A. Mascaretti, *Aldrichimica Acta*, **26**, 47 (1993)
- 10) A. Sattler, G. Haufe, *J. Fluorine Chem.*, **69**, 185 (1994)
- 11) 総説: 淵上寿雄, 昆野昭則, 有合化, **4**, 301 (1997)
- 12) S.-Q. Chen, T. Hatakeyama, T. Fukuhara, S. Hara, N. Yoneda, *Electrochimica Acta*, **42**, 1951 (1997)
- 13) J.Y. Becker, L.L. Miller, T.M. Siegel, *J. Am. Chem. Soc.*, **97**, 849 (1975)
- 14) N. Yoneda, S.-Q. Chen, T. Hatakeyama, S. Hara, T. Fukuhara, *Chem. Lett.*, **1994**, 849
- 15) S. Hara, S.-Q. Chen, T. Hatakeyama, T. Fukuhara, M. Sekiguchi, N. Yoneda, *Tetrahedron Lett.*, **36**, 6511 (1995)
- 16) S. Hara, S.-Q. Chen, T. Hoshio, T. Fukuhara, N. Yoneda, *Tetrahedron Lett.*, **37**, 8511 (1996)
- 17) G.A. Olah, M. Nojima, I. Kerekes, *Synthesis*, **1973**, 779 and 780; G.A. Olah, J.T. Welch, Y. D. Vankar, M. Nojima, I. Kerekes, J.A. Olah, *J. Org. Chem.*, **44**, 3872 (1979); G.A. Olah, X.-Y. Li, *Synlett*, **1990**, 267
- 18) N. Yoneda, T. Abe, T. Fukuhara, A. Suzuki, *Chem. Lett.*, **1983**, 1135; N. Yoneda, S. Nagata, T. Fukuhara, A. Suzuki, *ibid.*, **1984**, 1241

- 18) S. Hara, M. Kameoka, N. Yoneda, *Synlett*, **1996**, 529
- 19) A.P. Khirmian, A.B. DeMilo, R.M. Waters, N.J. Liquido, J.M. Nicholson, *J. Org. Chem.*, **59**, 8034 (1994)
- 20) E. Hayashi, S. Hara, H. Shirato, T. Hatakeyama, T. Fukuhara, N. Yoneda, *Chem. Lett.*, **1995**, 205
- 21) 総説: J.T. Welch, S. Eswarakrishnan "*Fluorine in Bioorganic Chemistry*", John Wiley & Sons, New York (1991)
- 22) W. Carpenter, *J. Org. Chem.*, **31**, 2688 (1966)
- 23) 総説: M. Hudlicky, A. E. Pavlath, "*Chemistry of Organic Fluorine Compounds II*", American Chemical Society (1995)
- 24) S. Hara, M. Sekiguchi, A. Ohmori, T. Fukuhara, N. Yoneda, *Chem. Commun.*, **1996**, 1899
- 25) S. Hara, T. Hatakeyama, S.-Q. Chen, K. Ishii, M. Yoshida, M. Sawaguchi, T. Fukuhara, N. Yoneda, *J. Fluorine Chem.*, **1997**, in press
- 26) T. Fuchigami, T. Fujita, *J. Org. Chem.*, **59**, 7190 (1994)
- 27) 井尾知明・永原大・福原彊・原正治・米田徳彦, 第21回フッ素化学討論会予稿集, 札幌, **1997**, p. 134
- 28) 石井健二・中東淳・酒井浩司・福原彊・原正治・米田徳彦, 第21回フッ素化学討論会予稿集, 札幌, **1997**, p.132
- 29) 中東淳・福原彊・原正治・米田徳彦, 第20回フッ素化学討論会予稿集, 名古屋, **1996**, p.97
- 30) 吉田雅紀・福原彊・原正治・米田徳彦, 日本化学会北海道支部夏季研究発表会予稿集, 北見, **1997**, p.33
- 31) 総説: A. Varvoglis, *Synthesis*, **1984**, 709; 落合正仁, 長尾善光, 有合化, **44**, 660 (1986); R. M. Moriarty, R.K. Vaid, *Synthesis*, **1990**, 431; R. M. Moriarty, R.K. Vaid, G.F. Koser, *Synlett*, **1990**, 365; 北村二雄, 有合化, **53**, 893 (1995)
- 32) 小林義郎, 熊懷稜丸, 田口武夫, "フッ素薬学", 廣川書店 (1989)

書 評

対話で学ぶ化学の教室

坪村 宏 著

化学同人 229 ページ 定価 2,500 円

化学の面白さは実験ぬきではなかなか伝えにくいものである。かくいう評者も高校生時代は化学嫌いであったし(苦手ではなかったものの面白さがまったくわからなかった), 将来化学に関連した分野に関わりを持つようになろうとは夢にも思っていなかった。その後化学に魅力を感じるようになった経緯がどのようなものであったか今となっては記憶が曖昧であるが, ある時期に持ち前のへそ曲がり性が急激に頭をもたげたというのが正直なところであろう。それに対して, 本書は??年前の評者でなくとも普通の素直な心を持つ若年層を化学に惹き付ける力を持っている。水, 空気の説明から入り簡単な有機化合物の定義へと移って行く展開は十分な知的好奇心さえあれば中高生レベルでもフォローできるものであ

る。前半は説明のほとんどが身の周りの現象との関連において述べられていることに感心させられる。このようにして『化学は面白い』という印象を植え付けてからモル, 酸塩基, エネルギーといったとすれば化学恐怖症を作り出す原因ともなる内容を取り上げるというのは秀逸な構成であるが, これを可能にしているのが著者の化学に対する深い理解と情熱, そして自然に対する観察力であろう。本協会誌の読者のような層を対象として書かれたものではないかもしれないが, 個人的には子供がある程度の年齢になったら是非とも読ませて見たいと感じさせる書物である。その結果, 評者の家庭内での点数が多少とも上がることを希いつつ… (伊藤幸成)